

№111

2-1

Д.Д. ГАЛАНИН Е.Н. ГОРЯЧКИН  
С.Н. ЖАРКОВ Д.И. САХАРОВ  
А.В. ПАВША

---

**ФИЗИЧЕСКИЙ  
ЭКСПЕРИМЕНТ  
В ШКОЛЕ**

ТОМ  
V

УЧПЕДГИЗ • 1938



Д. Д. ГАЛАНИН, Е. Н. ГОРЯЧКИН, С. Н. ЖАРКОВ,  
А. В. ПАВША, Д. И. САХАРОВ

# ФИЗИЧЕСКИЙ ЭКСПЕРИМЕНТ В ШКОЛЕ

ТОМ V

ЭЛЕКТРИЧЕСТВО

ТРЕТЬЯ ЧАСТЬ

Под редакцией  
Д. Д. ГАЛАНИНА  
и С. Н. ЖАРКОВА



ГОСУДАРСТВЕННОЕ  
УЧЕБНО-ПЕДАГОГИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО  
МОСКВА \* 1938



Книга дает методику и описание демонстрационного и лабораторного экспериментов по переменному току и радиотехнике. Ею заканчивается отдел „Электричество“ (начало см. т. III) данной своеобразной энциклопедии школьного эксперимента по физике. Предназначаясь для преподавателей физики средней школы, книга может быть полезна и работникам физических кабинетов и практикумов вузов.

Отв. редактор *К. И. Исеев*. Технический редактор *В. И. Иванов*. Корректор *Л. И. Беэр*. Рисунки в тексте художников *С. В. Филипповича* и *М. В. Шамарина*.

Сдано в набор 25/X-1937 г.

Тираж 10 000 экз.

Бумага камского бумкомбината

Учетно-авт. листов 34, 41.

Индекс У—2. Заказ № 9903 Учпедгиз № 9812.

Подписано к печати 16/X-1938 г.

Формат бумаги  $60 \times 92 \frac{1}{16}$ .

Изд. листов  $29 \frac{1}{2}$ . Бум. листов  $44 \frac{3}{4}$ .

В одном бумажном листе 109 000 тип. знаков.

Уполномоченный Главлита Б 29266.

Набрано и сматрицировано в 1-й Образцовой типографии  
Москва, Валовая, 28.

Отпечатано с матриц в типографии издательства Свердловского Облисполкома  
«Уральский рабочий», Свердловск, ул. Ленина, 47.

## ПРЕДИСЛОВИЕ.

Эксперимент по электричеству изложен в томах III—V.

Томы содержат:

*Том III.* Электрическая цепь. Электрические измерительные приборы. Сопротивление проводников. Закон Ома. Работа и мощность электрического тока. Тепловые действия тока. Термоэлектричество. Электролиз. Магнетизм.

*Том IV.* Электромагнетизм. Превращение электрической энергии в механическую. Электромагнитная индукция. Разряд в газах. Электростатика.

Следующие тома издания содержат:

*Том VI.* Акустика. Оптика.

*Том VII.* Механика твердых, жидких и газообразных тел. Молекулярные явления.

*Том VIII.* Теплота.

Томы VI и I (издание 2-е) готовятся к печати и выйдут в 1939 г.

Каждый том подразделяется на главы, обнимающие целые самостоятельные разделы курса. Каждая глава разбивается на параграфы, содержащие описание нескольких опытов на одну определенную тему; среди этих опытов обычно имеются варианты, требующие более сложной аппаратуры, и варианты упрощенного типа; опыты, которые могут быть использованы в качестве лабораторных работ, выполняемых самими учащимися, отмечены звездочкой (поставленной после № опыта). Нумерация и заглавия опытов набраны **жирным шрифтом**.

После заглавия опыта приведен (мелким шрифтом) перечень приборов и принадлежностей, необходимых для осуществления описываемого опыта. Если среди приборов повторяются указанные ранее в одном из предыдущих опытов, то после номера таких приборов идет ссылка на соответствующий опыт, например (1—5). См. опыт 4.

Некоторые опыты, в свою очередь, разбиты на несколько случаев; заглавия этих случаев набраны разрядкой.

Каждый том имеет свою сквозную нумерацию параграфов, поэтому при ссылках на какой-нибудь опыт указываются:

№ тома (римской цифрой),

№ параграфа (**жирным шрифтом**) и

№ опыта, например: см. т. II, § 33, 5.

Если ссылка дается в пределах одного и того же тома, то номер тома не указывается.



При ссылках в пределах одного параграфа пропускается и № параграфа, например: „см. опыт 2“ или „в опыте 3...“.

Таблицы с числовыми данными рассеяны по соответствующим параграфам и опытам; для удобства отыскивания нужных таблиц их перечень с указанием их места в книге дается в оглавлении.

Настоящий V том написан Е. Н. Горячкиным и является результатом его работы (в 1934—1936 гг.) в кабинете методики физики Государственного педагогического института имени Карла Либкнехта.

Буквенные обозначения, принятые в книге (для величин, применяемых в электротехнике,—согласно ОСТ 5579 и 5580):

$l$ — длина	$a$ — ампер
$b$ — ширина	$v$ — вольт
$h$ — толщина, высота	$вт$ — ватт
$r$ — радиус	$\phi$ — фарада
$d$ — диаметр	$мкф$ — микрофарада
$S$ — площадь	$гц$ — герц
$V$ — объем	$кгц$ — килогерц
$F$ — сила	$гн$ — генри
$m$ — масса	
$D$ — плотность (грамм/куб. сантиметр)	
$c$ — скорость распространения электромагнитных волн (света)	
$q, Q$ — количество электричества	
$i, I$ — сила тока	
$u, U$ — напряжение, разность потенциалов	
$E$ — электродвижущая сила	
$r, R$ — активное сопротивление (омическое сопротивление)	
$\epsilon$ — диэлектрическая проницаемость (диэлектрическая постоянная)	
$C$ — емкость	
$L$ — индуктивность (коэффициент самоиндукции)	
$W$ — работа тока	
$P$ — мощность тока	
$f$ — частота	
$\varphi$ — разность фаз (угол сдвига фаз)	

Вследствие задержки в напечатании V тома описания некоторых конструкций, получивших распространение в последние годы, не вошли в книгу; чтобы, хотя бы отчасти, восполнить этот пробел, в VI томе будут помещены описания приемников БИ 234, ЦРЛ 10 и Т 35 коротковолнового конвертора и т. п.

Запись звука, фотоэффект и телевизионные приемники будут помещены в главах «Акустика» и «Оптика» VI тома.

Составители.

5 октября 1938 г.

# УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ НА СХЕМАХ.

Генератор, или мотор переменного тока.	Звонок электрический.	Пилник. Зумер.	Реле.	Телеграфный аппарат.	Катушка румкорфа.
Знак переменного тока.	Знак трехфазного тока.	Знак постоянного и переменного тока.	Вольтова дуга.	Гальванометр.	Амперметр.
Вольметр.	Генератор, или мотор постоянного тока.	Лампочка карманного фонарика.	Ламповый реостат. Параллельное соединение ламп.	Неоновая лампа.	Сопротивление.
Безиндукционное сопротивление.	Реостат с ползунок или движком.	Реостат с переключателем или коммутатором.	Магазин сопротивления.	Плавкий предохранитель.	Элемент аккумуляторный или гальванический.
Батарея.	Подвижной контакт.	Ключ. Выключатель.	Выключатель установочный.	Переключатель.	Коммутатор.
Электрическая лампочка.					



## УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ НА СХЕМАХ.

Индукционное соприкосновение. Катушка без железа.	Газотрой.	Когерер.	Кенотрон (тиол).	Кенотрон с двумя анодами.	Триод.	Электронная лампа с двумя сетками.	Экранированная лампа с подогревом.
Катушка с железным сердечником.	Конденсатор постоянный.	Детектор.	Телефонные трубки.	Репродуктор электромагнитный.	Репродукторы электро-динамические.	Микрофон.	Термовакuumный элемент.
Катушка с ответвлением.	Конденсатор переменный.	Искровой промежуток.	Рамочная антенна.	Антенна.	Заземление.	Противовес.	
Катушка со скользящим контактом.							
Катушка без железа, электрически связанные между собой.							
Катушки, степень связи между которыми может быть изменена.							
Вариометр.							

## ПЕРЕМЕННЫЙ ОДНОФАЗНЫЙ ТОК.

## § 1. Действия переменного тока. Частота.

1\*. Сравнение действий постоянного и переменного токов. 1) Два прибора Гофмана. 2) Два прибора по электролизу Горячкина. 3) Два небольших электромагнита. 4) Две лампочки (120 в) с патронами. 5) Две полоски жести. 6) Намагниченное полотно от ножовки. 7) Два штатива.

Описываемые ниже опыты, к сожалению, очень редко показываются в школе ввиду недооценки их значения в методическом отношении. Эти опыты, проведенные в виде демонстраций или лабораторных работ, знакомят учащихся с различиями в действиях постоянного и переменного токов.

Прежде всего показывают, что тепловые действия могут быть вызваны как переменным, так и постоянным током. Для этого накаливают сначала постоянным, а затем переменным током: проводник (см. т. III, § 23) или, проще всего, лампы накаливания на 120 в (рис. 1, I).

Затем, взяв два угля, погруженных в раствор  $\text{CuSO}_4$ , пропускают постоянный ток от двух аккумуляторов или элементов и обращают внимание на выделившуюся на катоде медь. После этого меняют направление тока и обнаруживают исчезновение выделившейся меди и новое отложение ее на том угле, который теперь стал катодом. Повторяют электролиз раствора  $\text{CuSO}_4$ , взяв оба угля без следов отложения меди и пропуская переменный ток от трансформатора на 3—6 в или непосредственно от сети через лампочку накаливания в 15—25 вт, взятую в качестве реостата. Сколько бы времени ни продолжался опыт, следов отложения меди заметить нельзя. Действительно, выделяющаяся в течение полупериода тока медь на электроде А в следующий полупериод будет переходить в раствор и выделяться на электроде В (рис. 1, II). Этот процесс будет повторяться. Строго говоря, в результате опыта один электрод будет содержать ничтожное количество меди, выделившееся в течение того полупериода или его части, который соответствует концу опыта.

Этот опыт показывает, что выделение металлов из растворов солей при помощи переменного тока невозможно. Однако вывести из опыта заключение, что электролиз все же происходит, для учащихся трудно.

Более ясные результаты в этом отношении дает опыт электролиза подкисленной воды. Для этого производят электролиз в приборе Гофмана постоянным током и обращают внимание на неравенство объемов газов, а также на то, что в одной трубке выделяется кислород, а в другой водород (рис. 1, III). Проводя электролиз на переменном токе (через лампу или трансформатор), обнаруживают, что объемы выделяющихся



газов одинаковы и обе трубки заполнены смесью водорода и кислорода<sup>1)</sup>. Этот опыт со всей очевидностью показывает, что переменный ток действительно периодически меняет свое направление.

На периодическое изменение направления переменного тока указывает также свечение обоих электродов неоновой лампы, в то время как при постоянном токе светится один электрод, соединенный с минусом источника (рис. 1, IV). Периодическое переменное свечение электродов при переменном токе доказывается стробоскопическими явлениями (см. т. II, § 15, 3 и т. IV, § 29, 2).

В заключение берут небольшой электромагнит из одной катушки и показывают, что при питании постоянным током небольшая железная полоска притягивается, при пропускании же переменного тока она приходит в колебательное движение (рис. 1, V). Колебание полоски указывает, что магнитное поле, возбуждаемое переменным током, изменяется периодически по своей величине. Опыт становится еще убедительнее, если полоска взята из стали и намагничена. Тогда ее колебания обуславливаются периодически притяжениями и отталкиваниями. Полезно также сравнить действия постоянного тока и переменного тока на магнитную стрелку, осуществив для этого опыт, изображенный на рисунках 9 и 10, т. IV.

Демонстрации сильно выигрывают, если брать для описанных опытов по два одинаковых прибора и одним из них пользоваться для переменного, а другим одновременно для постоянного тока.

**2. Колебательное движение проводника с переменным током в постоянном магнитном поле.** 1) Электромагнит Румкорфа (см. т. IV, рис. 63) или из большого набора электромагнетизма ИПО (с узкой щелью в магнитопроводе). 2) Никелиновый проводник ( $d = 0,3 - 0,5$  мм,  $l = 1,5 - 2$  м). 3) Резиновая трубка. 4) Два штатива. 5) Две струбцины. 6) Реостат.

Осуществляют установку, описанную в опыте т. IV, § 9, 5, с той только разницей, что никелиновый проводник берут длиной в 1,5—2 м и накаливают его (через реостат!) переменным током освещения. Проводник при этом приходит в колебательное движение, ясно видимое при затемнении, и на нем возникает ряд стоячих волн, число которых зависит, главным образом, от степени натяжения колеблющегося проводника (рис. 2). Опыт очень эффектен и рекомендуется как при изучении переменного тока, так и колебательного движения.

**3. Колебание нити лампы, питаемой переменным током.** 1) Лампы угольная и пустотная с патронами. 2) U-образный магнит.

К угольной лампе, питаемой переменным током, подносят U-образный магнит (рис. 3) и наблюдают сильное колебание волоска (рис. 4, I). Это колебание возникает под влиянием перемещения проводника с током в постоянном магнитном поле. Действительно, через каждый полупериод направление тока изменяется на противоположное, поэтому волосок приходит в колебательное движение. Если в кабинете имеется мо-

<sup>1)</sup> Для обнаружения, что газ является гремучим, надо посредством резиновой трубки, погруженной в мыльный раствор, надуть газом пузырь и взорвать. Ни в коем случае нельзя зажигать газ непосредственно у крана прибора Гофмана.


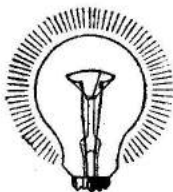
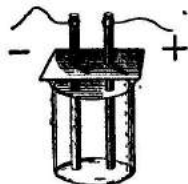

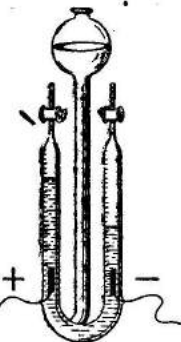
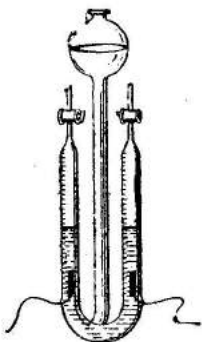

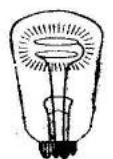
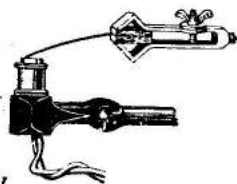
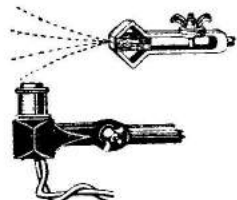
Постоянный ток		Переменный ток
I 	<b>Тепловые действия одинаковы:</b> накаливание волоска электрической лампочки может быть вызвано как переменным, так и постоянным токами.	
II 	<b>Химические действия неодинаковы:</b> при электролизе раствора медного купороса постоянный ток вызывает выделение меди на катоде; при пропускании через тот же раствор переменного тока выделения меди не заметно.	A B 
III 	При электролизе раствора серной кислоты постоянный ток вызывает выделение на аноде кислорода (1 часть по объему) и на катоде водорода (2 части). При электролизе того же раствора переменным током на аноде и катоде выделяются одинаковые количества смеси кислорода и водорода (гремучего газа).	
IV 	У неоновой лампы постоянный ток вызывает свечение одного электрода, при переменном токе светятся оба электрода.	
V 	<b>Магнитные действия неодинаковы:</b> железная полоска притягивается к электромагниту, питаемому постоянным током; при питании электромагнита переменным током полоска колеблется.	

Рис. 1. Сравнение действий переменного и постоянного токов.



тор-генератор на 120 в, то опыт следует для сравнения показывать и в случае питания лампы постоянным током.

При замене угольной лампы пустотной с волоском, подвешенным зигзагами, колебания будут иметь вид, показанный на рисунке 4, II.

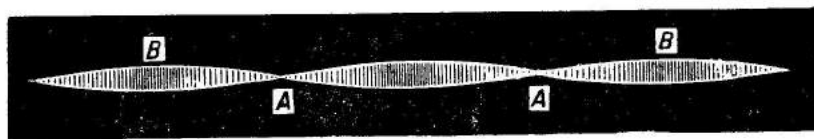


Рис. 2. Стоячие волны в колеблющемся проводе. А—узлы, В—пучности.

Нужно осторожно, не слишком близко, подносить магнит, чтобы колеблющиеся волоски не коснулись друг друга и не сварились между собой, вследствие чего лампа будет испорчена.

В демонстрационных целях колеблющийся волосок А можно посредством линзы В спроектировать на экран С (рис. 5), как это описано ниже, в § 2, 3.

**4. Измерение частоты переменного тока стробоскопическим методом.** 1) Неоновая лампа. 2) Мотор постоянного тока с реостатом. 3) Тахометр. 4) Картонный диск, разделенный на секторы. 5) Магнето телефонное.

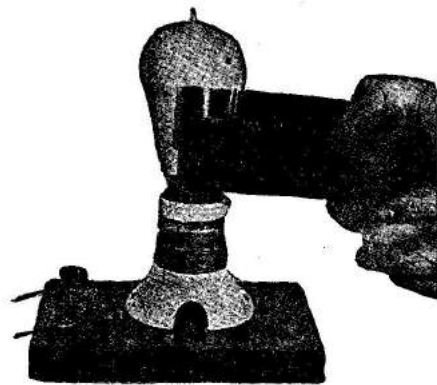


Рис. 3. Установка для наблюдения колебания нити лампы.

Принцип измерения частоты тока стробоскопическим методом при помощи неоновой лампы подобен принципу измерения числа оборотов (см. т. II, § 15, 3).

Картонный диск А, разделенный на секторы, окрашенные через один черной краской, насаживают на вал мотора В, допускающего широкое изменение числа оборотов при помощи реостата R (рис. 6). Пустив в ход мотор, освещают в темноте диск светом неоновой лампы D, питаемой тем переменным током (например от сети освещения или телефонного магнето), частота которого измеряется. Изменяя число оборотов мотора, добиваются, чтобы секторы

диска казались неподвижными. Тогда частота переменного тока будет равна

$$f = np,$$

где  $n$  — число оборотов в секунду, измеряемое тахометром или счетчиком оборотов, и  $p$  — общее число секторов, на которое разделен диск.

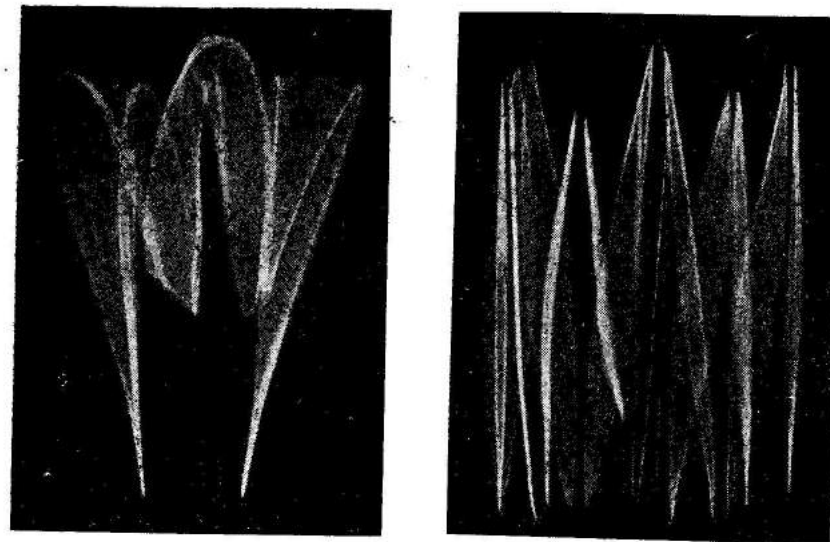


Рис. 4. (I—II) Колебания волосков лампочек (угольной и „экономической“).

**5. Вибрационный частотомер.** Для измерений частоты тока применяется прибор, носящий название вибрационного частотомера. Он изготавливается ВЭСО и имеет марку ВЧ (рис. 7—8).

Основную часть прибора составляет комплект тонких стальных пластинок В (язычков), расположенных в один ряд и укрепленных на металлической полосе А (рис. 9). Верхние концы этих пластинок загнуты под прямым углом и окрашены в белый цвет. Каждая из этих пластинок имеет строго определенный период собственного

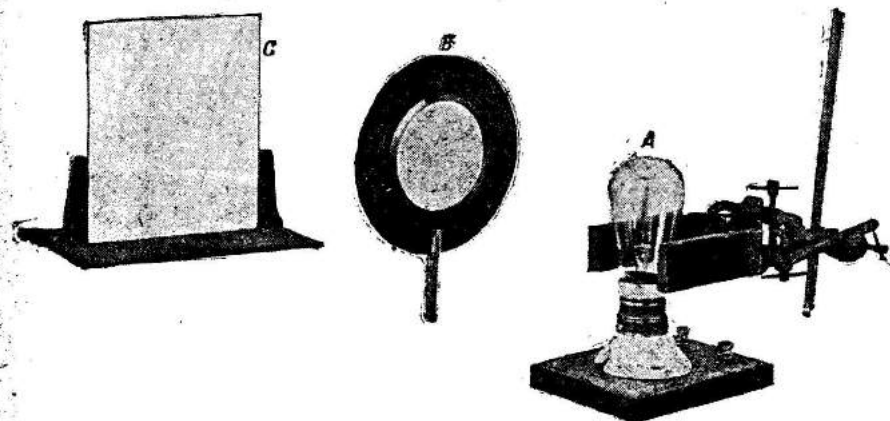


Рис. 5. Проектирование на экран колеблющегося волоска лампочки.

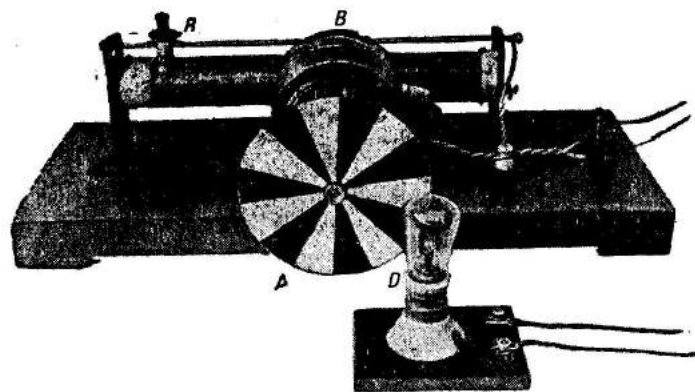


Рис. 6. Измерение частоты стробоскопическим методом.

колебания, который отличается от периода соседних пластинок на величину 0,5 герца в пределах от 45 до 55 герцов.

Около пластинок помещен стальной подковообразный магнит с катушками на концах, питаемыми тем переменным током, частота которого измеряется. Около полюсов укреплен плоский железный якорь, соединенный с полосой (колодкой), на которой помещаются вибрирующие стальные язычки. Колодка укреплена на основании прибора посредством стальных пружинящих пластинок, благодаря чему под влиянием переменного магнитного поля якорь и скрепленная с ним колодка приходят в колебательное движение с частотой тока. Эти колебания вследствие резонанса вызывают наиболее сильные колебания в том язычке, у которого собственная частота ближе всего подходит к числу периодов тока. При этом колебания соседних язычков обнаруживаются более слабо, но также вполне заметно (рис. 10). Так, например, в случае, изображенном на рисунке, частота тока будет равна 49,5 герца.

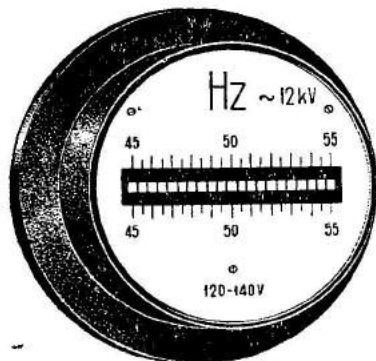


Рис. 7. Вибрационный частотомер типа ВЧ.

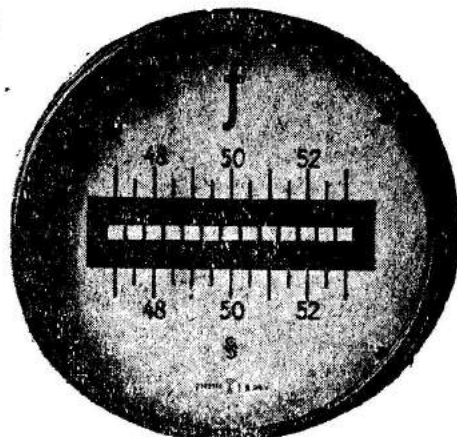


Рис. 8. Вибрационный частотомер Сименса и Гальске.

Правильность показаний частотомера не зависит от напряжения тока. При малых напряжениях уменьшится только амплитуда колебания всех язычков, но относительная величина колебаний сохранится. Для изменения и, в частности, увеличения амплитуды прибор снабжен винтом, регулирующим расстояние якоря от магнита. Этот винт поворачивают посредством отвертки, проникая к нему через отверстие в кожухе, закрываемое подвижной пластинкой.

Прибор должен работать бесшумно; характерный звук и дребезжание указывают, что якорь при своих колебаниях задевает за магнит. В этом случае, поворачивая регулировочный винт, отодвигают якорь до исчезновения звука.

Прибор лучше всего смонтировать на деревянной подставке. Для измерений частоты тока освещения его включают в цепь параллельно и делают отсчет указанным выше образом.

Интересно продемонстрировать зависимость частоты переменного тока телефонного магнето от числа оборотов. Телефонное магнето приводят во вращение от мотора, допускающего изменение числа оборотов, и показывают изменение частоты. То же можно показать с моделью машины (см. рис. 124), но для получения ясно видимых показаний частотомера у него следует выключить помещенное внутри корпуса добавочное сопротивление, включенное последовательно с катушками электромагнита. Сопротивление для этого проще всего замкнуть накоротко.

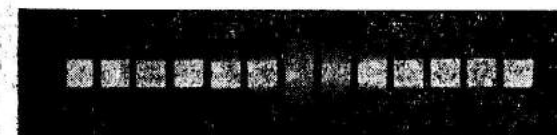


Рис. 10. Вибрации пластинок частотомера при частоте тока около 49,5 герцов (рис. 8).

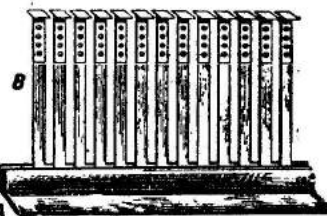


Рис. 9. Вибрирующие пластинки частотомера.

Вибрационный частотомер полезен в школе не только как измеритель частоты, но и для непосредственного изучения его устройства, как интересный пример использования явления механического резонанса.

## § 2. Сдвиг фаз и мощность переменного тока.

1. Основные формулы. Для вычисления мощности  $P$  переменного тока служит формула:

$$P = U \cdot I \cdot \cos \varphi, \quad (1)$$

где  $U$  и  $I$  — соответственное напряжение и сила тока, отсчитываемые по вольтметру и амперметру.

Величина  $\cos \varphi$  носит название коэффициента мощности и может быть измерена непосредственно при помощи фазометра или одним из косвенных методов, указанных ниже.



$\varphi$  — угол сдвига фаз, возникающий между током и напряжением при наличии в цепи индуктивных (катушки) и емкостных (конденсаторы) сопротивлений<sup>1)</sup>.

В случаях, когда цепь обладает только омическим сопротивлением (идеальный случай!) или, вернее, когда индуктивное и емкостное сопротивления исчезающе малы по сравнению с омическим, то угол сдвига фаз может быть принят  $\varphi = 0$ .

Отсюда:

$$\begin{aligned}\cos \varphi &= 1, \\ P &= U \cdot I.\end{aligned}\quad (2)$$

Вычисление мощности по формуле (2) может производиться только в тех случаях, когда в цепь включены лампы накаливания, нагревательные приборы и нет конденсаторов и катушек, в особенности с железными сердечниками.

Если цепь обладает только одним емкостным сопротивлением (идеальный случай!) и не содержит омического, то угол сдвига фаз  $\varphi = 90^\circ$ ,  $\cos \varphi = 0$  и  $P = 0$  (рис. 11).

В реальных случаях цепь содержит и емкостное и омическое сопротивления, и угол сдвига фаз вычисляют:

при параллельном соединении емкости (конденсатор) и омического сопротивления (лампа) по формуле:

$$\varphi = \arctg \left( \frac{R}{2\pi fC} \right); \quad (3)$$

при последовательном соединении:

$$\varphi = \arctg \left( \frac{2\pi fC}{R} \right), \quad (4)$$

где  $f$  — частота тока в герцах,  $C$  — емкость в фарадах и  $R$  — сопротивление в омах.

Важно обратить внимание, что емкость вызывает опережение тока напряжения (рис. 11 и 12).

Если же цепь не содержит омического, а только одно индуктивное сопротивление (идеальный случай!), то  $\varphi = 90^\circ$  и  $\cos \varphi = 0$  (рис. 13), причем ток запаздывает по отношению к напряжению.

Для всякой катушки, включенной в цепь переменного тока, угол сдвига фаз будет равен (рис. 14)

$$\varphi = \arctg \left( \frac{2\pi fL}{R} \right), \quad (5)$$

где  $L$  — коэффициент самоиндукции в генри и  $R$  — омическое сопротивление в омах как самой катушки, так и всей цепи, в том числе и разных приборов.

<sup>1)</sup> Вопрос об индуктивном и емкостном сопротивлениях и способах их измерения рассмотрен в главах XVII и XVIII.

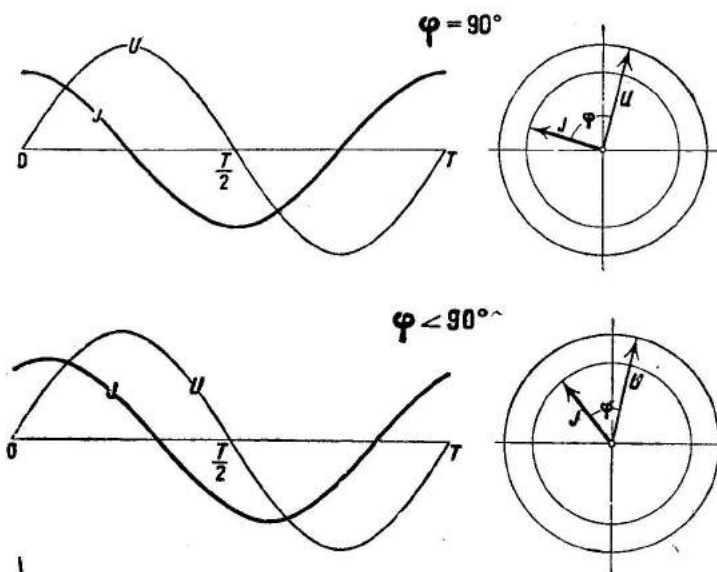


Рис. 11 и 12. Опережение тока напряжения при  $\varphi = 90^\circ$  и  $\varphi < 90^\circ$  (емкостная нагрузка).

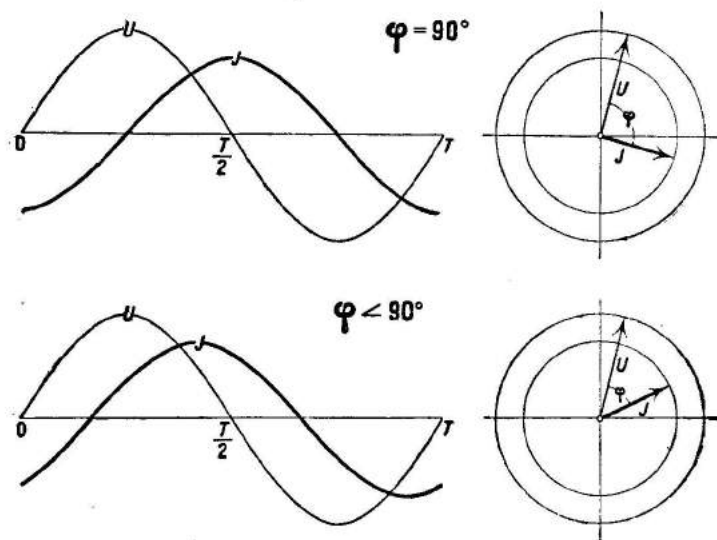


Рис. 13 и 14. Запаздывание тока по отношению к напряжению при  $\varphi = 90^\circ$  и  $\varphi < 90^\circ$  (индуктивная нагрузка).

**2. Типы осциллографов.** Кривые переменного тока могут быть записаны при помощи приборов, называемых осциллографами. В средней школе находят себе применение следующие типы осциллографов.

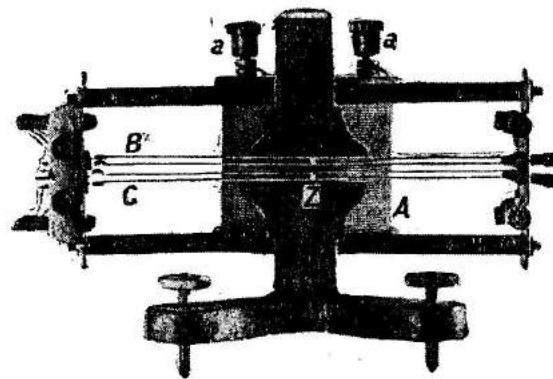


Рис. 15. Осциллограф школьного типа.

Электромагнитный осциллограф проник в школу под названием „школьного“ (рис. 15) и представляет собой несколько видоизмененный, в целях демонстрации его устройства, осциллограф Блонделя.

Устройство простейшего электромагнитного осциллографа показано на рисунке 16. Принцип его действия основан на перемещении проводника с током в магнитном поле (см. т. IV, § 7, 7 и § 9, 5).

Осциллограф состоит из подковообразного стального магнита  $NS$ , или электромагнита, создающего магнитное поле (рис. 16).

В этом поле подвешена петля из тонкого проводника  $ABC$ , который включается в цепь переменного тока. Очевидно, направления тока на участках  $AB$  и  $BC$  будут всегда взаимно противоположны, и если, например, в некоторый момент  $AB$  будет перемещаться от нас, то в то же время  $BC$  будет перемещаться от нас. К обоим проводникам прикреплено маленькое очень легкое зеркальце  $F$ , на которое пускается узкий пучок сильного света, дающего на экране светлое пятно. При питании проводника переменным током зеркальце  $F$  будет колебаться, и пятно (зайчик) на экране растянется в полоску. Если теперь на пути отраженного от зеркальца пучка света поставить вращающиеся зеркала, то зайчиком на экране будет вычерчена кривая переменного тока (см. рис. 30).

Следует иметь в виду, что осциллограф подобного типа в некоторой степени искажает кривую тока. Действительно, как проводники, так и зеркальце обладают известной инерцией и поэтому не могут мгновенно следовать за всеми изменениями тока.

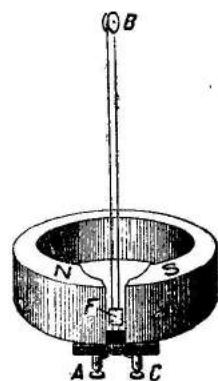


Рис. 16. Устройство простейшего осциллографа.

Получить с помощью машины переменный ток, электродвижущая сила которого изменялась бы строго по закону синуса, оказывается весьма трудным. Даже в лучших технических машинах кривая электродвижущей силы лишь приближается к синусоиде, но не совпадает с ней.

Запись такой кривой посредством осциллографа будет тем ближе к действительности, чем его собственный период находится дальше от периода возбуждающего тока и чем больше затухание колеблющейся системы.

Поэтому в осциллографах зеркальце берется очень легким и подвешивается на очень тонких проводниках, и вся петля или ее часть погружается в масло.

**3. Простейший способ получения осциллограммы переменного тока.** 1) Лампа с одной нитью. 2) Линза. 3) Просвечивающий экран. 4) Щель. 5) Вращающееся зеркало.

Прежде чем пытаться получить осциллограмму переменного тока, следует добиться четкой проекции колеблющейся нити лампочки, питаемой переменным током.

Накаленная током нить лучше однонитной (рис. 17) лампы  $A$ , проектируется при помощи двояковыпуклой линзы  $B$  на экран  $C$ , расположенный перед зрителями (см. рис. 5). Экран состоит из проволоочной или деревянной четырехугольной рамы, заклеенной восковой бумагой или чертежной калькой (размер экрана примерно  $50\text{ см} \times 40\text{ см}$ ). (Можно спроектировать нить лампы также и на полотняный экран или на окрашенную белой клеевой краской стену, но видимость в этом случае будет



Рис. 17. Лампа с одной нитью.

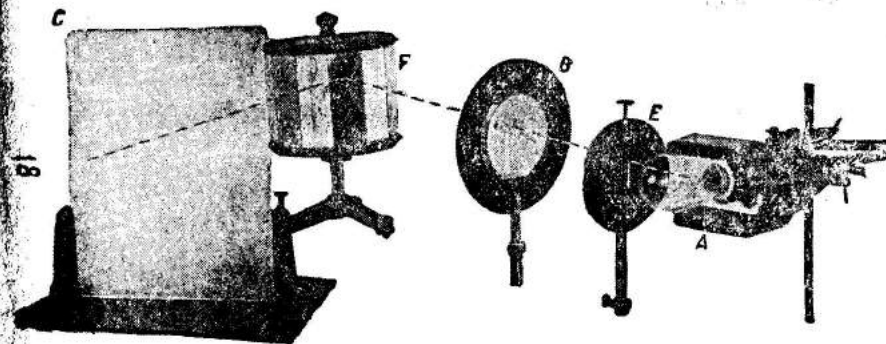


Рис. 18. Получение простейшей осциллограммы.

несколько хуже по сравнению с проектированием на просвечивающий экран.) К лампе подносится U-образный, не очень сильно намагниченный стальной магнит (от телефонного индуктора или магнето) и располагается так, как показано на рисунке 3 или 5. На экране при этом получается ясное изображение колеблющейся нити (см. рис. 4). Опыт очень прост по своему



выполнению и почти не требует никакой подготовки. При возможности накаливать лампу постоянным током это явление легко объяснить при помощи описанной установки, заменив постоянный магнит U-образным электромагнитом. В зависимости от направления тока в электромагните в момент включения этого тока волосок лампы будет давать на экране резкие перемещения вправо или влево от своего нормального положения. Следует предостеречь от питания электромагнита сильным током во избежание разрыва волоска лампы. При проектировании рекомендуется при помощи картонной коробки или иного приспособления избавиться от лишнего света, даваемого лампой. Если же поместить перед лампой *A* узкую (в 1—2 мм шириной) щель *E* (рис. 18), расположенную перпендикулярно к направлению проектируемой нити, и отбросить изображение на экран через посредство линзы *B* и вращающегося зеркала *F*, то на экране *C* может быть получена светлая кривая на темном фоне, представля-

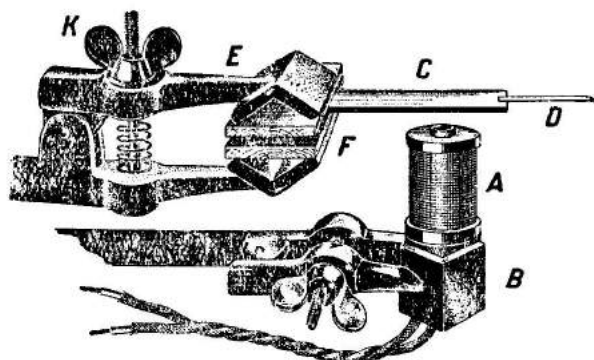


Рис. 19. Прimitивный осциллограф.

ющая осциллограмму переменного тока. В этом случае для получения наилучшей видимости особенно важно закрыть соответствующим образом лампу. Получаемая таким образом осциллограмма имеет слабую освещенность и поэтому видима только с крайне небольших расстояний. Поэтому рекомендуем сильно перекаливать лампу, беря ее меньшего напряжения, чем напряжение в сети, или поднимая напряжение на клеммах лампы с помощью трансформатора. В частности, вопрос решается просто, если напряжение в сети равно 220 в. В этом случае берется лампа в 120 в и включается через реостат (несколько сотен омов) для достижения нормального накала. В момент демонстрации сопротивление в той или иной мере выводится и лампе дается перекал.

**4. Прimitивный осциллограф.** В школьных условиях для демонстрации графика колеблющегося тела нередко пользуются теневой проекцией тонкой проволоочки, укрепленной на конце колеблющейся пластинки или камертона. При этом колебания возбуждаются при помощи электромагнита, питаемого переменным током. Подобное устройство может быть использовано в качестве прimitивного осциллографа.

Простейшее выполнение этого осциллографа изображено на рисунке 19. Электромагнитом является одна из катушек, взятая от электрического звонка. Эта катушка *A* зажата в лапке *B* штатива. Для вибрирующего якоря вырезана из жести (от консервной банки) полоска *C*, примерно следующих размеров: длиной в 55—65 мм и шириной в 10—12 мм. На один конец этой полоски припаяна иголка или кусочек *D* медной проволоки длиной 3—4 см и толщиной 1—1,2 мм (от электри-

ческого проводника сечением 1,5 или 2,5 мм<sup>2</sup>). Другой конец полоски *C* зажимается в лапку *E* того же штатива между двумя деревянными пластинками *F* и притом так, чтобы получилось взаимное расположение якоря и электромагнита, показанное на рисунке 19. Если электромагнит

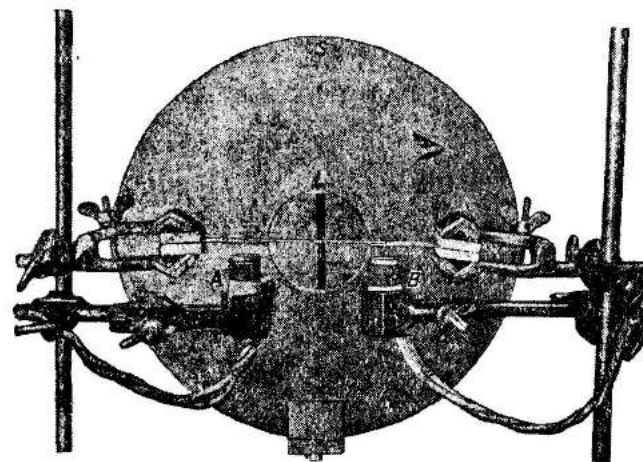


Рис. 20. Установка двух прimitивных осциллографов.

включить в цепь осветительного переменного тока через 2—3 лампы или через реостат другого типа (сила тока  $\frac{1}{2}$ —1 а), то якорь, находясь в переменном магнитном поле, начнет вибрировать. Наибольшая амплитуда колебания якоря будет получена, очевидно, при „резонансе“ между частотой тока и собственным периодом колебания пластинки-якоря. Амплитуду рекомендуется получить возможно большей, примерно в 5—

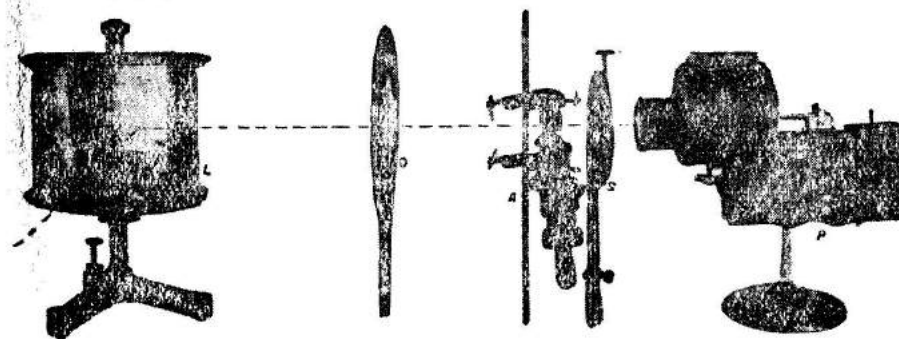


Рис. 21. Получение осциллограммы с прimitивным осциллографом.

10 мм, для упрощения проектирования на экран. В первом приближении для получения резонанса следует изменить длину пластинки *C*, вдвигая ее между деревяшками *F*. Регулирование же гайки *K* до той или иной степени дает возможность подойти к резонансу достаточно точно. Поэтому рекомендуется, беря различные по величине длины свободного

конца пластинки  $C$ , всякий раз постепенно закручивать гайку  $K$  до тех пор, пока не получится наибольшая амплитуда колебания. Важно, чтобы колеблющаяся пластинка при своих вибрациях не касалась сердечника электромагнита; в противном случае записываемые колебания будут заметно не синусоидальны (что, впрочем, может служить предметом особой демонстрации).

Осциллографов описанного типа необходимо построить два экземпляра. Располагаются они около щели  $L$  (рис. 20) экрана  $S$ , через которую

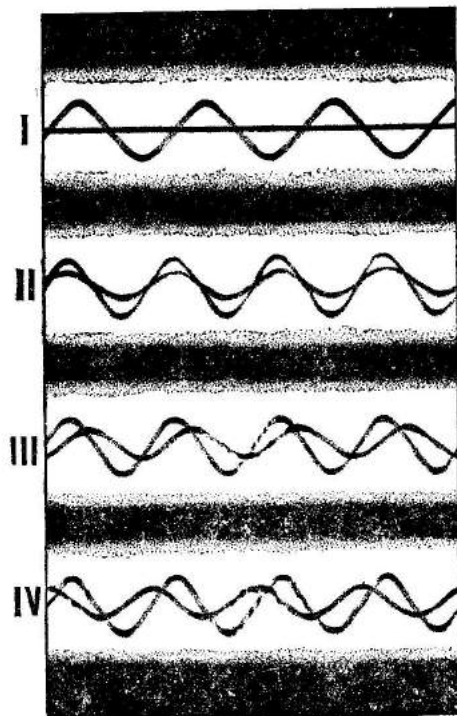


Рис. 22. Осциллограммы, получаемые с примитивным осциллографом.

Опыты с показом кривых тока производятся следующие:

1) Пускается в ход (через ламповый реостат) только один осциллограф, другой остается невключенным. На экране получается (при вращении зеркала) синусоидальная кривая, прочерченная посредине линией, изображающей ось иксов (рис. 22, I).

2) Осциллографы соединяются между собой последовательно и включаются через ламповый реостат. Колебания совпадают по фазе, и одна из кривых условно изображает ток, а другая — электродвижущую силу (рис. 22, II).

3) Для демонстрации сдвига фаз, вызываемого самоиндукцией, осциллографы включают по схеме рисунка 23.

Один из осциллографов  $A_1D_1$  присоединяется в сеть через катушку  $L$  с большим коэффициентом самоиндукции и возможно более малым омическим

сопротивлением, например, через первичные обмотки большой катушки Румкорфа или трансформатора, катушку Э. Томсона или электромагнит от большого набора по электромагнетизму. Другой осциллограф  $A_2D_2$  — через ламповый реостат  $R$ . Ток, текущий через осциллограф  $A_1D_1$ , будет запаздывать по фазе против тока в цепи  $A_2D_2$ , и при проектировании на экране будет получена картина, подобная изображенной на рисунке 22, III.

### 5. Осциллограф из U-образного магнита и лезвия бритвы.

1) U-образный магнит. 2) Катушка от телефона или репродуктора. 3) Лезвие безопасной бритвы. 4) Кусочек тонкого зеркала. 5) Установка с осветителем или проекционным фонарем.

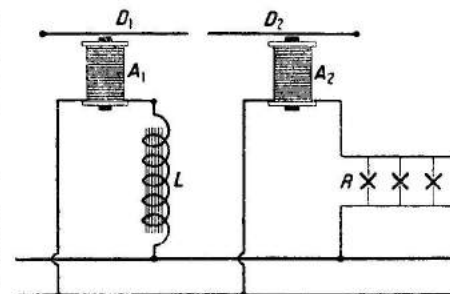


Рис. 23. Схема включения осциллографов для демонстрации сдвига фаз.

Хорошие результаты дает самодельный электромагнитный осциллограф, показанный на рисунке 24. Осциллограф состоит из U-образного магнита  $NS$  и стальной тонкой пластинки  $E$  с зеркальцем  $Z$ , приходящей в колебательное движение под влиянием переменного тока, текущего в катушке  $F$ . Пластинку  $E$  делают из лезвия безопасной бритвы (рис. 25), разламывая его на четыре части, сначала по линии  $AB$ , а затем по  $CD$ .

На середину пластинки наклеивают посредством сургуча, воска или менделеевской замазки зеркальце  $Z$  величиной примерно в 3—4 мм. Такое зеркальце можно проще всего получить, отломав плоскогубцами кусочек от самого тонкого зеркала, употребляемого в быту, но лучше

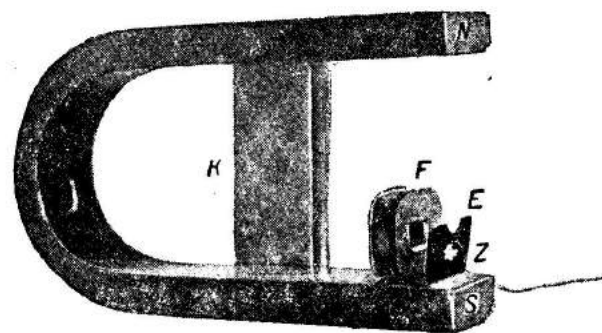


Рис. 24. Осциллограф из U-образного магнита и лезвия бритвы.

всего в качестве зеркала взять кусочек посеребренного покровного стеклышка от микроскопических препаратов.

Пластинку  $E$ , во избежание отражения света от ее полированной поверхности, необходимо предварительно закоптить на пламени скипидара. Пластинку помещают на один из полюсов магнита; она расположится



под влиянием поля вертикально, будет прочно стоять и в то же время легко колебаться.

Рядом с пластинкой укрепляют катушку  $F$  от телефонной трубки или, лучше всего, от громкоговорителя фаранда (рис. 341). При включении катушки в цепь переменного тока через лампочку в 15—25 *вт* пластинка совершает колебательные движения в такт с изменениями тока. Для получения различной чувствительности к магниту прикладывают железный якорь  $K$ , который помещают сначала около нейтральной линии и сдвигают по направлению к полюсам до получения наилучшего результата. Этот якорь  $K$  является магнитным шунтом, ослабляющим поле по мере приближения к полюсам. Ослабление же поля,

в свою очередь, ведет к изменению периода собственных колебаний пластинки  $E$ . Наибольшая амплитуда, т. е. наибольшая чувствительность, будет получена при резонансе между током и собственным периодом пластинки.

Описанный осциллограф является весьма чувствительным и почти не уступает, несмотря на свою примитивность, описанному ниже школьному осциллографу. Для демонстрации сдвига фаз при достаточно широком магните можно расположить на нем две системы, т. е. две катушки и две пластинки, или взять два магнита и построить два осциллографа.

Установка для записи кривой собирается так же, как и для школьного осциллографа  $A$  (см. рис. 28), с той только разницей, что вместо последнего помещен самодельный осциллограф  $B$  (см. рис. 29).

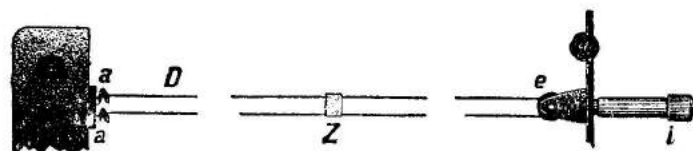
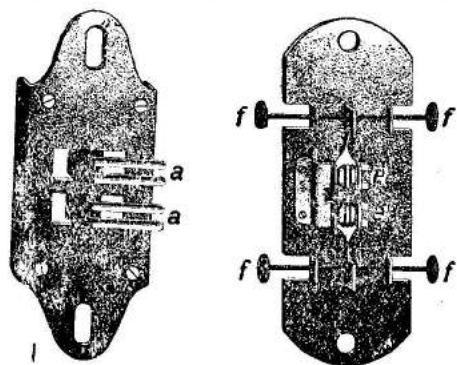


Рис. 25. Устройство подвеса для шлейфа  $D$  осциллографа. Нить шлейфа, перекидываемая через ролик  $e$ , присоединяется к пружинкам  $aa$ , к которым подводится ток. Винт  $i$  меняет натяжение шлейфа. Винтами  $ff$  поворачивается плоскость петли.

**6. Осциллограф школьного типа и получение осциллограмм.** На рисунке 15 изображен осциллограф, имеющийся в продаже и известный под названием школьного. Большим достоинством осциллографа является то, что весь его механизм открыт и поэтому доступен для изучения. Катушка  $A$  питается постоянным током через клеммы  $aa$  и создает в междуполюсном пространстве магнитное поле. В этом пространстве натя-

нуты две пары  $B$  и  $C$  тонких медных проволок в виде петлей (рис. 15), называемых шлейфами.

При прохождении тока через шлейф составляющие его проволоки отклоняются в разные стороны по правилу левой руки. Прикрепленное к проволокам небольшое легкое зеркало также будет отклоняться и иначе отражать падающий на него луч света.

Каждый шлейф имеет приспособления  $ei$  для большего или меньшего натяжения проволок и для поворота ( $ff$ ) плоскости петли, а вместе с ней и зеркало  $Z$  (рис. 26). Последнее необходимо, чтобы можно было регулировать положение лучей, отраженных от обоих зеркал двух шлейфов. Изменение натяжения шлейфов изменяет чувствительность осциллографа. Чем меньше натяжение, тем больше чувствительность; однако при этом изменяется также собственный период колебания системы зеркало — нить. При уменьшении натяжения период увеличивается. Если подобрать период колебания в резонанс с переменным током, чувствительность весьма значительно возрастает.

При исследовании переменного городского тока (50 герцов) удобнее работать на резонансе. Если же при помощи осциллографа хотят показать модулированные микрофоном токи, дающие звуки речи, то необходимо, чтобы период собственных колебаний петли — зеркало был значительно отличен от периода звука, иначе кривые будут значительно искажены. Период описываемого осциллографа, вообще говоря, очень невелик, почему показать модулированные речью токи при помощи его можно только с весьма большими искажениями.

Чувствительность зависит также от расстояния от зеркала до экрана, которое должно быть около 1—3 м. Чувствительность приблизительно (в зависимости от натяжения и расстояния) грубо определяется в 50—100 *ма*.

При работе с осциллографом необходимо иметь вращающееся зеркало и яркий, по возможности точечный, источник света.

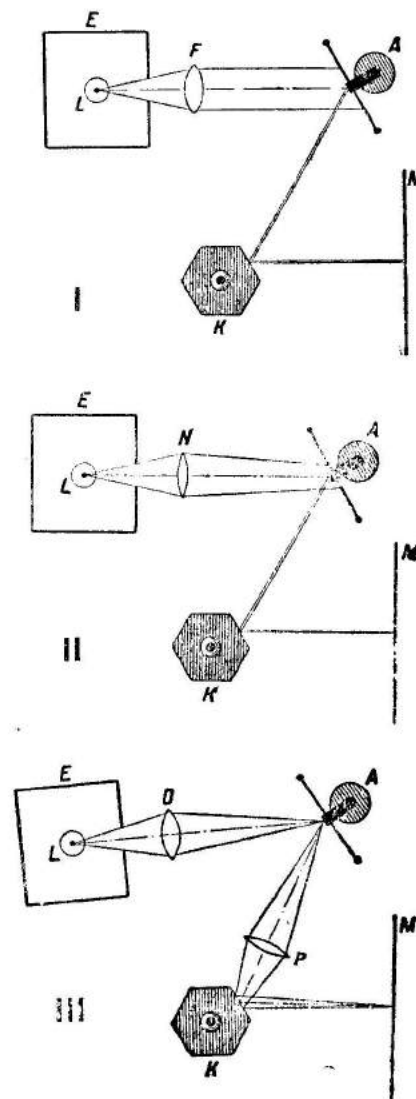


Рис. 27. Различные способы проектирования светового пятна на экран.

Зеркальце осциллографа должно быть по возможности легкое, а потому маленькое ( $3 \text{ мм} \times 3 \text{ мм}$ ;  $4 \text{ мм} \times 4 \text{ мм}$ ) и плоское. Наконец, необходим очень яркий источник света, чтобы можно было рассчитывать на получение яркого зайчика на экране.

В качестве источника света удобнее всего применить маловольтную (6—12 в) кинолампочку  $L$ , несколько перекаливая ее волосок повыше-

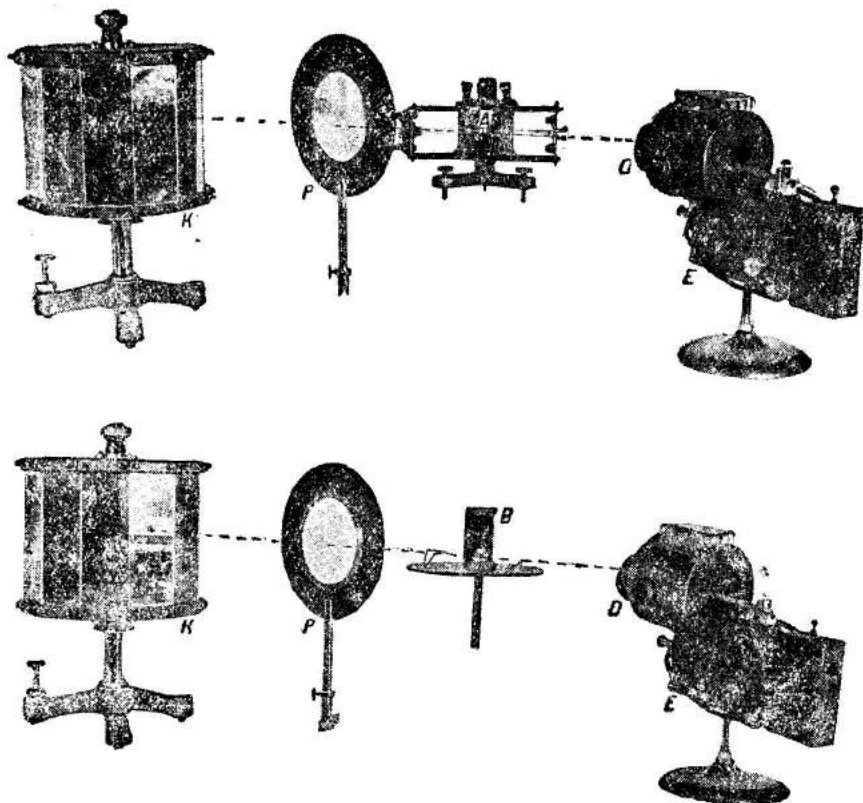


Рис. 28 и 29. Установки для проектирования со школьным и самодельным осциллографами.

нием вольтажа. Лампочку надо поместить в какой-нибудь футляр  $E$  или коробку с небольшим отверстием, чтобы загородить весь посторонний свет (рис. 27).

Далее можно поступать по-разному. Наиболее простая установка, но дающая не очень яркое пятно, получается, если близко от лампочки поставить сильно выпуклое стекло  $F$  (конденсор) и получить параллельный пучок света (рис. 27, I). Этот пучок падает на зеркало осциллографа  $A$ , отражается от него, падает на вращающееся зеркало  $K$  и отражается им на экран  $M$ . Понятно, что при такой установке пятно на экране не может быть очень ярко. Размеры пятна на экране зависят от параллельности пучка лучей.

Другой способ изображен на рисунке 27, II. В этом случае линза  $N$ , стоящая перед лампой, имеет достаточно большое фокусное расстояние ( $f=25\text{--}40 \text{ см}$ ), и на экране получается увеличенное изображение источника света через отражение в зеркале. В этом случае пятно также не может быть очень ярко, так как зеркало осциллографа вырезает отраженный пучок не в том месте, где свет, собираемый линзой, сходится. Чем больше фокусные расстояния линзы, тем меньше увеличение изображения и тем ярче светлое пятно на экране.

Наконец, можно воспользоваться более сложной комбинацией стекол, а именно первым стеклом  $O$  собрать свет на зеркальце осциллографа  $A$ , а вторым стеклом  $P$  передать изображение фокуса на экран  $M$ , отразив свет от вращающегося зеркала  $K$  (рис. 27, III). Эта установка дает наиболее яркое пятно. Расположение стекол изображено на рисунках 27, III, 28 и 29.

Получив на экране пятно, не вращая зеркала, пускают ток в осциллограф. Пятно расплывается в полосу, длина которой определяет амплитуду синусоиды, получаемой на экране при вращении зеркала.

Изменяя натяжение шлейфа винтом  $i$  (см. рис. 26) или изменяя силу тока, текущего в шлейфе, добиваемся надлежащего растяжения пятна.

Если применяют два шлейфа, то световое пятно, даваемое линзой, должно покрыть оба зеркальца. Вращая винтики  $ff$ , регулирующие положение плоскости петли, можно подобрать удобное расположение обоих пятен на экране.

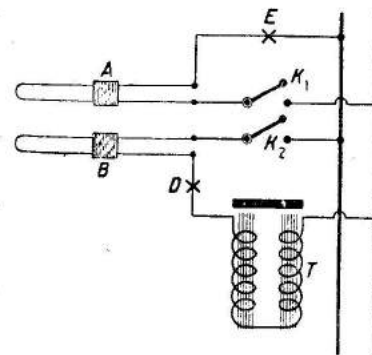


Рис. 31. Схема включения осциллографа для наблюдения сдвига фаз при индуктивной нагрузке.

1) Трансформатор со съемным ярмом. 2) Две лампы накаливания. 3) Осциллограф. 4) Два выключателя. 5) Источник постоянного тока для электромагнита осциллографа. 6) Проекционный фонарь, линзы, зеркало и пр.

Сдвиг фазы силы тока от фазы напряжения зависит не только от абсолютной величины включенной в цепь индуктивности и емкости, но и от омического сопротивления цепи, а также от числа периодов пере-

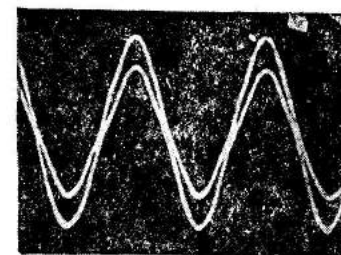


Рис. 30. Осциллограмма при отсутствии сдвига фаз.

Вращение зеркала не должно быть очень быстрым, так как, чем быстрее вращение, тем слабее след нитя, а при чересчур большой скорости синусоиды начинают двигаться в обратном направлении.

На рисунке 30 показана фотография осциллограммы переменного тока, полученная с помощью осциллографа школьного типа.

## 7. Демонстрация сдвига фаз при индуктивной нагрузке.

1) Трансформатор со съемным ярмом. 2) Две лампы накаливания. 3) Осциллограф. 4) Два выключателя. 5) Источник постоянного тока для электромагнита осциллографа. 6) Проекционный фонарь, линзы, зеркало и пр.



менного тока. Приводимые ниже практически удобные индуктивности и емкости подобраны для тока в 50 периодов. Омическое сопротивление цепи сглаживает эффект, производимый емкостью и самоиндукцией, и поэтому должно быть мало.

Сдвиг фаз при индуктивной нагрузке лучше всего продемонстрировать при помощи школьного осциллографа (см. рис. 15). В цепь одного из зеркалец *A* осциллографа включают лампу накаливания *E* мощностью в 15—25 *вт* (рис. 31). Так как нагрузка не содержит в себе самоиндукции и емкости, то получаемую кривую можно рассматривать как кривую напряжения. В цепь второго зеркала *B* включают последовательно лампу накаливания *D* и трансформатор *T* со съёмным ярмом. На трансформатор надевают катушки с малым числом витков и соединяют их между собой последовательно. В рассматриваемом случае трансформатор взят не для трансформирования, а как индуктивное сопротивление,

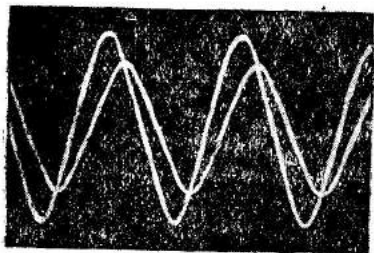


Рис. 32. Осциллограмма при сдвиге фаз, меньшем  $\frac{1}{4}$  периода (индуктивная нагрузка).

индуктивность (коэффициент самоиндукции) которого может быть изменена при помощи ярма. Вместо трансформатора, как и в опыте 8, § 15, можно воспользоваться катушкой с железным сердечником, например катушкой Томсона (см. рис. 50), первичной обмоткой катушки Румкорфа (см. т. IV, § 15) и т. п. Лампа *D* (100—300 *вт*) включена, во-первых, как сопротивление, защищающее цепь осциллографа от возникновения чересчур сильного тока в случае малого индуктивного сопротивления <sup>1)</sup> и, во-вторых, для показа, что сдвиг фазы зависит от соотношения омического и индуктивного сопротивлений.

Получают на экране осциллограммы (см. опыт 6) и наблюдают, что кривая тока, вычерчиваемая посредством зеркала *B*, отстает от фазы на некоторую долю  $\frac{1}{4}$  периода (рис. 32). Это отставание будет наибольшим в случае, когда ярмо наложено на сердечник трансформатора, и наименьшим или равным нулю, когда оно снято. Постепенно сдвигая ярмо, можно показать, как убывает сдвиг фазы, так как в этом случае индуктивное сопротивление будет уменьшаться, омическое сопротивление оставаться постоянным [см. формулу (5), § 2, 1]. Можно продемонстрировать также, что сдвиг фазы будет близок к  $\frac{1}{4}$  периода ( $90^\circ$ ) в случае, когда омическое сопротивление цепи будет мало по отношению к индуктивному. Для этого лампу *D* из цепи выключают совсем и к трансформатору подбирают такие катушки, которые обладали бы достаточным индуктивным сопротивлением, чтобы ток не смог бы испортить (сильно нагреть или сжечь) нити осциллографа. При этом нужно, чтобы катушки обладали малым омическим сопротивлением, т. е. состояли бы из витков толстой проволоки.

<sup>1)</sup> Для защиты шлейфа осциллографа от чересчур сильного тока можно включить шунт (см. т. III, § 8, 6).

Вместо лампы *D* можно взять движковый реостат на 400—500 *ом*.

Желательно демонстрацию наладить так, чтобы кривая от осциллографа *B* имела меньшую амплитуду, чем кривая от осциллографа *A*.

**8. Демонстрация сдвига фаз при емкостной нагрузке.** 1) Три-четыре конденсатора по 1,5—2 *мкф* каждый. 2) Лампа накаливания. 3) Осциллограф. 4) Два выключателя. 5) Источник постоянного тока для электромагнита осциллографа. 6) Проекционный фонарь, линзы, вращающееся зеркало и пр.

Опыт производится, как и предыдущий 7, с той разницей, что вместо индуктивной нагрузки в цепь осциллографа *B* включена емкость *C* (рис. 33). Конденсаторы берут телефонного типа (микрофарды), емкостью по 1,5—2 *мкф* (см. рис. 260) и включают 3—4 шт. параллельно в цепь *B*. Количество включенных конденсаторов берут таким, чтобы получалась достаточная амплитуда колебаний зеркала *B*. Полученная при этом картина (рис. 34) показывает, что кривая тока опережает на некоторую долю (меньшую  $\frac{1}{4}$ ) периода кривую напряжения. Чтобы показать зависимость угла сдвига фаз  $\varphi$  от соотношения между омическим сопротивлением и емкостным [см. формулу (4), § 2, 1], надо включить в цепь *B* последовательно с конденсаторами *C* лампу накаливания в 25—40 *вт*, зашунтовав ее выключателем *K<sub>2</sub>*. Тогда при замкнутом ключе *K<sub>2</sub>* лампа будет выключена, и можно считать, что в цепи *B* имеется только одно емкостное сопротивление. Кривая тока будет при этом на осциллограмме опережать примерно на  $\frac{1}{4}$  периода кривую напряжения. При выключении *K<sub>2</sub>* в цепь вводится значительное омическое сопротивление, которое уменьшает сдвиг фаз, что обнаруживается на получаемой осциллограмме.

**9. Фазометр.** Для непосредственного измерения величины угла сдвига фаз служат приборы, называемые фазо-

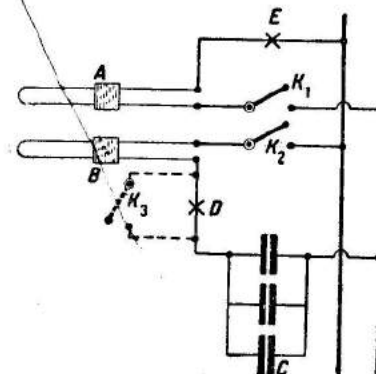


Рис. 33. Схема включения осциллографа для наблюдения сдвига фаз при емкостной нагрузке.

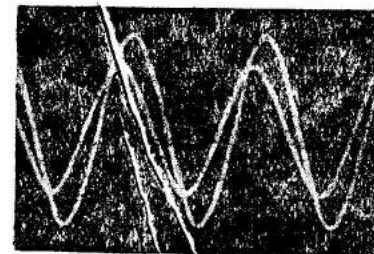


Рис. 34. Осциллограмма при сдвиге фаз, меньшем  $\frac{1}{4}$  периода (емкостная нагрузка).

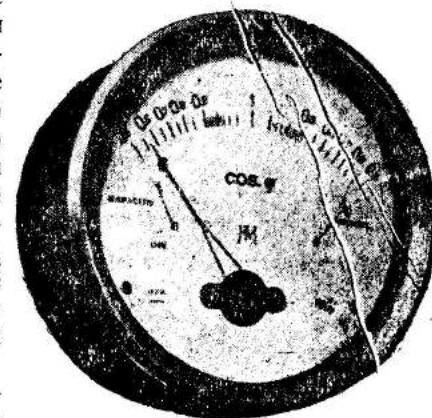


Рис. 35. Фазометр.

метрами. Применяются фазометры двух систем: электродинамические, служащие для точных лабораторных измерений, и технические электромагнитные (рис. 35 и 36). Электромагнитные фазометры выпускаются ВЭСО для измерения в цепях трехфазного тока двух типов: ЭНФ и ЭБФ для технических измерений. Эти фазометры имеют внешнее оформление, характерное для щитовых приборов.

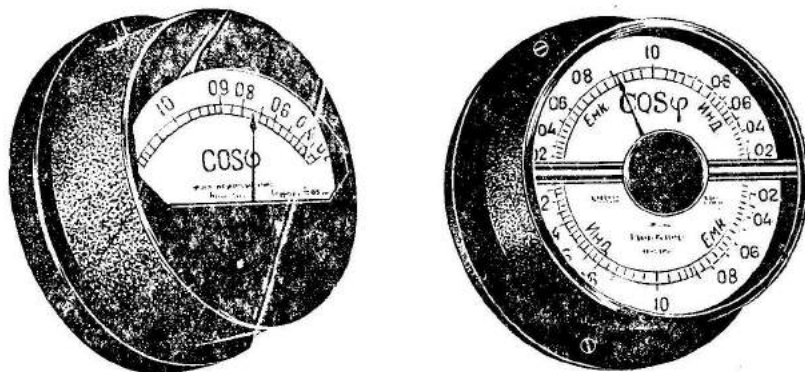


Рис. 36. Фазометры ВЭСО типов ЭНФ и ЭБФ.

Шкалы фазометров имеют деления, соответствующие углам сдвига, или, чаще всего, проградуированы по величине  $\cos \varphi$ .

Электродинамический фазометр имеет следующее устройство (рис. 37). Величина угла сдвига фаз отсчитывается по показаниям стрелки, причем нуль шкалы у одних приборов помещен на конце, у других — посредине. В первом случае прибор позволяет обнаружить сдвиг от 0 до  $90^\circ$  и во втором от 0 до  $45^\circ$ , но в ту или иную сторону (опережение и запаздывание). Основную часть прибора образуют две неподвижные катушки  $A$ , включаемые в цепь последовательно с приемником. В поле, созданном катушками  $A$ , помещены еще две катушки  $B$  и  $C$ , способные вращаться вокруг оси  $O$  и расположенные под углом  $90^\circ$

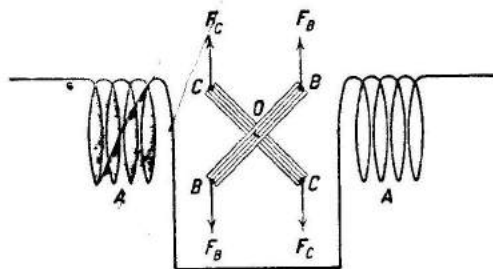


Рис. 37. Устройство фазометра.

друг к другу (рис. 37). Катушки  $B$  и  $C$  включаются в цепь параллельно с приемником, но последовательно с одной из них включено омическое и последовательно с другой  $C$  — индуктивное сопротивление; последнее сдвигает фазу тока этой второй катушки по отношению к первой  $B$  на угол, близкий к  $90^\circ$ . С осью этих катушек соединена стрелка; для успокоения ось иногда связана с алюминиевым диском, расположенным между полюсами магнита.

Катушка  $A$ , как было уже указано, включается в цепь последовательно с приемником, катушки  $B$  и  $C$  — параллельно с приемником.

Рассмотрим коротко принцип действия фазометра. Ток в катушке  $B$  находится в одной фазе с напряжением, в катушке  $C$  ток отстает от напряжения на  $\frac{\pi}{2}$  ( $90^\circ$ ). В случае, если ток, текущий через катушку  $A$ ,

создающую магнитное поле, совпадает по фазе с напряжением, то катушки  $B$  и  $C$  будут находиться в равновесии в положении, изображенном на рисунке 37. Действительно, на катушки  $B$  и  $C$  будут действовать в показанном положении два противоположных и равных вращающих момента под влиянием сил  $F_B$  и  $F_C$ . Если теперь ток, текущий по катушке  $A$ , будет сдвинут по фазе по отношению к напряжению, то вращающие моменты катушек  $B$  и  $C$  перестанут быть равными, вследствие чего катушки повернутся и займут новое положение, в которых действие вращающих сил будет уравниваться. Теория показывает, что угол поворота будет равен углу сдвига фаз тока по отношению к напряжению, благодаря чему шкала имеет равномерные деления.

Измерение сводится к отсчету по шкале, причем отклонение стрелки вправо от нуля соответствует запаздыванию, отклонение влево — опережению. Надпись „Сар“ или „Емк.“ на некоторых приборах на одной половине шкалы обозначает емкостную нагрузку (опережение) и надписью „Инд“ или „Инд.“ на другой — индуктивную нагрузку (запаздывание).

Прибор верен только для определенной частоты переменного тока, т. е. обычно для частоты в 50 герцов.

**10. Измерение  $\cos \varphi$  и угла сдвига фаз фазометром.** 1) Фазометр. 2) Катушка с железным сердечником. 3) Четыре-пять конденсаторов емкостью по 1,5—2 мкф.

Неподвижные катушки  $A$  фазометра включают в цепь последовательно, подвижные  $BC$  — параллельно. В цепь, кроме того, должно быть включено сопротивление — индуктивное или емкостное. В качестве первого берут какую-нибудь катушку с железным сердечником (первичную обмотку большой катушки Румкорта, трансформатор и т. п.), обладающую достаточно большим индуктивным сопротивлением, которое обеспечивает возникновение в цепи 120 в тока силой не более предельного, указанного на фазометре (обыкновенно 5 а). Емкостное сопротивление создают, вводя последовательно с фазометром 4—5 конденсаторов по 1,5—2 мкф каждый, соединяя их параллельно. Стрелка фазометра укажет в первом случае запаздывание тока, а во втором — опережение. Угол сдвига фаз или  $\cos \varphi$  отсчитывается по делениям шкалы. Величина  $\cos \varphi$  в первом случае находится по величине  $\varphi$  из соответствующих таблиц.

**11. Измерение  $\cos \varphi$  и угла сдвига фаз ваттметром, вольтметром и амперметром.** 1) Ваттметр. 2) Трансформатор или катушка с железным сердечником. 3) Вольтметр. 4) Амперметр.

В качестве объекта для измерения  $\cos \varphi$  удобнее всего взять первичную обмотку трансформатора, если работа производится с целью изучения описываемого метода. Включив в сеть освещения трансформа-

тор  $T$  по схеме, изображенной на рисунке 38, измеряют вольтметром напряжение  $U$  и амперметром — силу тока  $I$ . Мощность (ваттная и безваттная) будет в этом случае равна

$$P_1 = UI.$$

Затем производят измерение при помощи ваттметра (см. т. III, § 21, 3), например ВЮ, ваттной мощности  $P$  (рис. 39). Для этого последовательно с измеряемой катушкой  $T$  в цепь включают «толстую» (токовую) обмотку  $I$  ваттметра. Тонкая обмотка  $V$  ваттметра включается параллельно.

Показание ваттметра соответствует ваттной мощности  $P$ :

$$P = U \cdot I \cdot \cos \varphi.$$

Тогда величина  $\cos \varphi$  будет равна

$$\cos \varphi = \frac{P}{P_1}.$$

Угол сдвига фаз может быть определен из соответствующих таблиц по величине  $\cos \varphi$ .

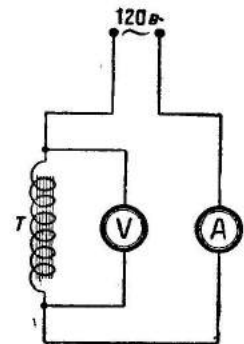


Рис. 38. Схема измерения мощности ваттметром и амперметром.

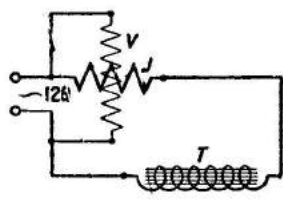


Рис. 39. Схема измерения мощности ваттметром.

## 12. Измерение угла сдвига фаз при помощи трех амперметров.

1) Катушка с железным сердечником. 2) Реостат (ламповый). 3) Три амперметра.

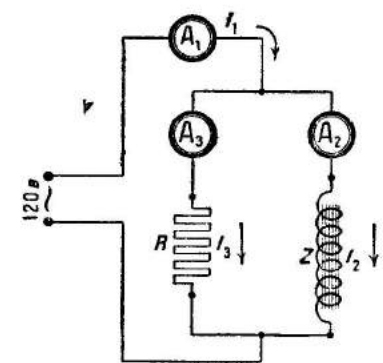


Рис. 40. Схема измерения угла сдвига фаз тремя амперметрами.

по силы тока  $I_1$ ,  $I_2$  и  $I_3$  и вычисляют коэффициент мощности, вызванный прибором  $Z$  по формуле

$$\cos \varphi = \frac{I_1^2 - I_2^2 - I_3^2}{2I_2 I_3}.$$

При отсутствии ваттметра или фазометра угол сдвига фаз в цепи однофазного тока может быть измерен при помощи трех амперметров. Цепь собирают по схеме рисунка 40, где буквой  $Z$  обозначена катушка самоиндукции или прибор, вызывающий измеряемый сдвиг фазы. Параллельно прибору включают какое-нибудь омическое безиндукционное сопротивление  $R$ , например реостат с движком (см. т. III, § 16), или, лучше, ламповый (см. т. I, § 54) по мощности одного порядка с мощностью, потребляемой прибором  $Z$ . По амперметрам  $A_1$ ,  $A_2$ ,  $A_3$ , включенным указанным на рисунке 40 образом, измеряют соответствен-

Угол  $\varphi$  в случае надобности по величине  $\cos \varphi$  находят из соответствующей таблицы.

## 13. Измерение $\cos \varphi$ при помощи счетчика.

1) Мотор трехфазного тока. 2) Амперметр. 3) Счетчик трехфазного тока. 4) Жидкий или ламповый реостат.

Измерение  $\cos \varphi$  электромотора или какой-либо другой установки, дающей одинаковую нагрузку фаз, легко произвести, имея в распоряжении счетчик трехфазного тока. При этом можно воспользоваться, не снимая его, счетчиком, установленным у ввода в здание, если имеется возможность на несколько минут устранить всякую другую нагрузку, кроме мотора. Мотор  $M$  включают в цепь через счетчик  $B$  обычным способом (§ 8, 1) и измеряют в течение какого-нибудь определенного промежутка времени, например одной минуты, число оборотов  $N_1$ , сделанное якорем счетчика (рис. 41). При этом замечают показание амперметра, включенного в один из проводников, подводящих ток к мотору. Выключив мотор из цепи, включают в нее три ламповых реостата  $R$  или жидкий реостат для трехфазного тока и, изменяя их сопротивление, добиваются, чтобы амперметр  $A$  дал такое же показание, как при моторе (рис. 42). Затем подсчитывают при такой безиндукционной нагрузке число оборотов  $N_2$  якоря счетчика за точно такой же промежуток времени, как и в первом случае. Тогда коэффициент мощности, вызываемый мотором, будет:

$$\cos \varphi = \frac{N_1}{N_2}.$$

Описанный способ очень прост и дает хорошие результаты. Он может быть применен к любой установке трехфазного тока (например к трехфазному трансформатору), еще раз повторяем, только при условии одинаковой нагрузки фаз.

14. Принцип действия индукционных приборов (счетчиков и ваттметров) с бегущим магнитным полем (по Феррарису). Некоторые измерительные приборы однофазного переменного тока, например индукционные ваттметры и счетчики, основаны на принципе вращения металлических масс во вращающемся магнитном поле. Этот принцип находит себе применение также при устройстве малых асинхронных моторов

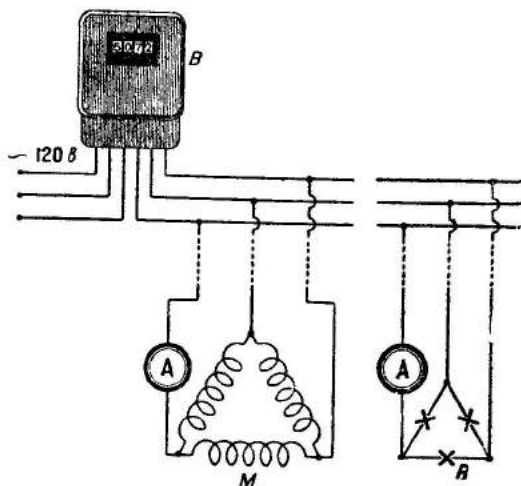


Рис. 41 и 42. Схема измерения  $\cos \varphi$  счетчиком.



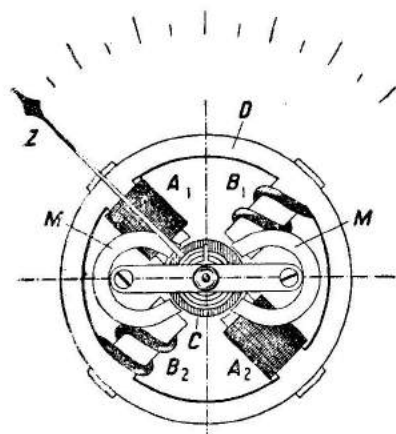


Рис. 43. Схема устройства индукционного прибора устаревшего типа.

$A_2$  и через катушки  $B_1$ ,  $B_2$ , будут сдвинуты между собой по фазе на угол около  $90^\circ$ , то в пространстве между полюсами электромагнитов возникает вращающееся поле, как у двухфазного тока. Под влиянием этого поля в алюминиевом или медном цилиндре или диске  $C$  будут индуцироваться токи, которые, взаимодействуя с вращающимся полем, приведут  $C$  во вращение в том же направлении, в каком вращается поле. Счетчики и индукционные ваттметры с такой конструкцией в настоящее время устарели; в современных приборах при помощи подобного устройства получают также вращающееся, или бегущее, поле.

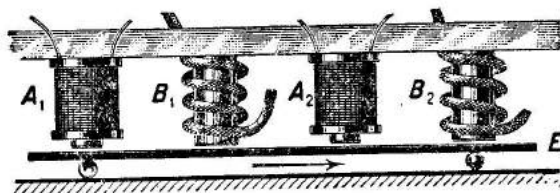


Рис. 44. Устройство для получения бегущего поля.

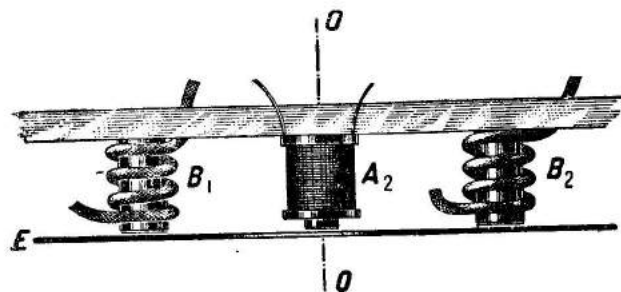


Рис. 45. Схема устройства современного индукционного прибора.

Это поле вызовет в металлическом бруске  $E$ , лежащем на катках, появление индуцированных токов, которые, взаимодействуя с полем, вызовут движение бруска в том же направлении. Результат будет тот же самый, если вза-

однофазного тока. Вращающееся магнитное поле можно получить искусственным путем, превратив однофазный ток, обслуживающий прибор, в двухфазный. На рисунке 43 показана схема устройства индукционного прибора однофазного тока. На железной раме укреплены четыре катушки  $A_1$ ,  $A_2$ ,  $B_1$  и  $B_2$  так, что оси их образуют между собой углы  $90^\circ$ . Две катушки  $A_1$  и  $A_2$  намотаны из большого числа витков тонкого проводника и включены в цепь параллельно. Две другие катушки  $B_1$  и  $B_2$  включены последовательно и состоят из немногих витков толстого проводника. Так как токи, текущие через катушки  $A_1$ ,

и через катушки  $B_1$ ,  $B_2$ , будут сдвинуты между собой по фазе на угол около  $90^\circ$ , то в пространстве между полюсами электромагнитов возникает вращающееся поле, как у двухфазного тока. Под влиянием этого поля в алюминиевом или медном цилиндре или диске  $C$  будут индуцироваться токи, которые, взаимодействуя с вращающимся полем, приведут  $C$  во вращение в том же направлении, в каком вращается поле. Счетчики и индукционные ваттметры с такой конструкцией в настоящее время устарели; в современных приборах при помощи подобного устройства получают также вращающееся, или бегущее, поле.

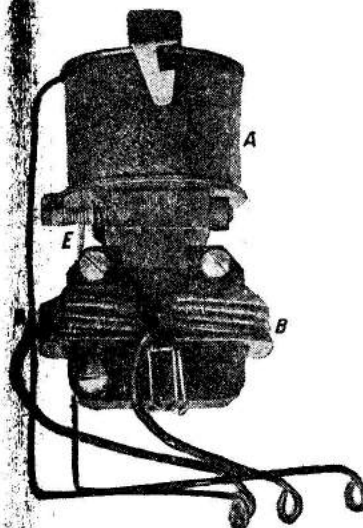


Рис. 46. Расположение катушек в современном счетчике.  $E$  — зазор в магнитопроводе для диска.

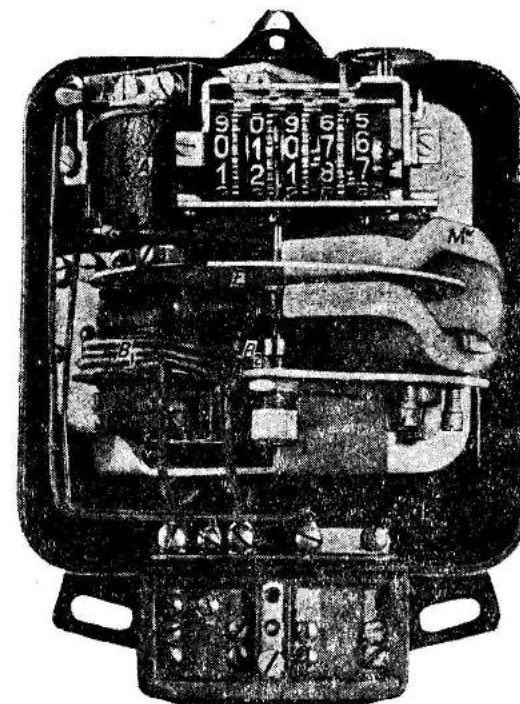


Рис. 47. Механизм счетчика однофазного тока.

При этом одну из катушек  $A$  ( $A_2$ ) помещают по одну сторону диска  $E$  и две другие  $B$  ( $B_1$ ,  $B_2$ ) — по другую (рис. 46). Важно лишь, чтобы оси катушек  $A$  и  $BB$  были параллельны между собой и лежали бы на равном расстоянии друг от друга. Механизм, показанный на рисунке 46, представляет собой электрический индукционный счетчик (рис. 47). О счетчике однофазного тока см. также § 8, 1 и т. III, § 22, 2.

На принципе бегущего поля, кроме электрических счетчиков, устроены индукционные ваттметры (рис. 48 и 49). Об устройстве индукционных ваттметров и способах их включения см. т. III, § 21, 3.

В последнее время в граммофонных механизмах иногда применяются, как совершенно бесшумные, моторы, основанные на принципе бегущего поля.

**15. Проверка электрического счетчика.** См. т. III, § 22, 4. В описанной работе важно обратить внимание, что нагрузка должна быть только омическая, а не индуктивная или емкостная для того, чтобы показания вольтметра и амперметра можно было вычислить мощность (ваттную). В качестве такой нагрузки лучше всего взять, как рекомендовано, ламповый реостат.

**16. Вращение металлического диска в бегущем поле (мотор Феррариса).** Для демонстрации вращения металлического диска в бегущем магнитном поле, или принципа действия мотора Феррариса, может служить механизм из старого счетчика однофазного тока. Для большей наглядности удаляют счетчик оборотов и постоянный магнит *M*, служащий для поглощения механической мощности (см. рис. 47). Лучше всего для наглядности отделить оставшийся механизм от корпуса и смонтировать его на деревянной доске, выведя концы к четырем клеммам. При этом против клемм, соответствующих катушке *A* с тонкой обмоткой, во избежание путаницы надо сделать надпись „параллельно“ и против двух других от катушек *BB* — „последовательно“.

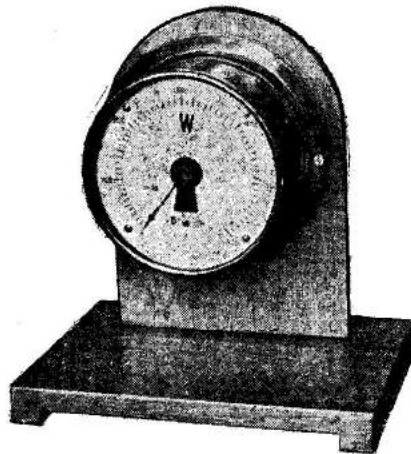


Рис. 48. Технический индукционный ваттметр, смонтированный на деревянной подставке для лабораторных измерений.

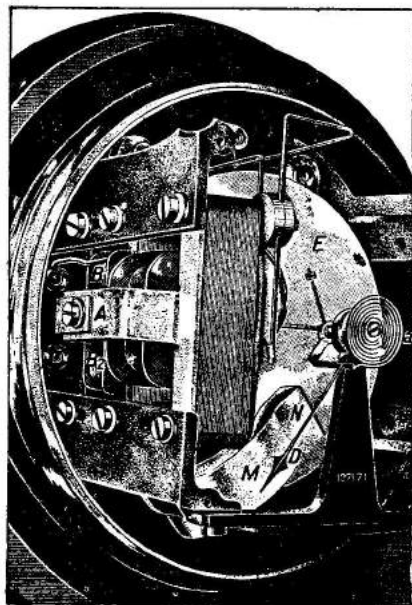


Рис. 49. Устройство индукционного ваттметра.

Прибор включают в сеть тока освещения клеммами, соответствующими катушке *A*, параллельно и клеммами, соответствующими катушке *B*, последовательно через ламповый реостат и наблюдают быстрое вращение диска. Чем меньше взято сопротивление лампового реостата, тем большую мощность разовьет мотор.

На описанном приборе, поставив на место постоянный магнит *M*, можно демонстрировать принцип действия и устройства счетчика однофазного тока.

**17. Измерение мощности однофазного переменного тока.** 1) Ваттметр. 2) Трансформатор или катушка с железным сердечником.

Как это было указано в § 2, 1, мощность переменного тока равна:

$$P = U \cdot I \cdot \cos \varphi,$$

где *U* и *I* — соответственно напряжение и сила тока, измеряемые вольтметром и амперметром. Величина  $\cos \varphi$  может быть определена одним из способов, описанных выше (см. работы 10 и 12).

Проще всего для измерения мощности воспользоваться индукционным ваттметром, включаемым по схеме рисунка 39 (см. работу 11).

Объектом для измерений могут служить трансформатор, первичная обмотка катушки Румкорфа, катушка Томсона (§ 3, 1) и т. п.

### § 3. Прибор Э. Томсона.

**1. Типы приборов Томсона.** Прибор Томсона имеется почти в каждом кабинете и служит обыкновенно только для демонстрации индуктивного отталкивания, в то время как с ним можно показать целый ряд интересных опытов. Наиболее распространен тип прибора, показанный на рисунке 50. Прибор состоит из катушки с выступающим железным сердечником, сделанным из железных проволок. К прибору прилагаются четыре кольца: два широких — медное и алюминиевое, и два узких — из тех же металлов. Прибор следует включать в цепь тока от сети через реостат, чтобы сила тока была не более 10 *a*. При непосредственном включении в цепь прибор иногда берет до 20—25 *a*, и его обмотка быстро нагревается, однако его действие при этом много эффективнее. Прибор Томсона может быть легко изготовлен своими силами или собран из катушки большого набора по электромагнетизму.

Железный сердечник для катушки собирают из хорошо отожженных железных проволок толщиной в 1—1,5 мм и длиной в 30 см. Если проволоки покрыты окалиной, то можно не покрывать их лаком для изоляции. Сердечник плотно спрессовывают и придают ему цилиндрическую форму ( $d = 30$  мм), обматывают его один раз изолирующей лентой и надевают на него два кружка из клееной фанеры толщиной в 5—10 мм с наружным диаметром в 80 мм. Один кружок укрепляют на самом конце сердечника, другой — отступя от первого на расстояние в 15—16 см. Между кружками сердечник обертывают двумя-тремя слоями бумаги и наматывают на него 500—600 витков звонкового провода (ПБ и ПБД толщиной в 0,8 мм). Концы от катушки присоединяют к клеммам, установленным на дощечке, на которой смонтирован весь прибор. Прибор при включении его в цепь осветительного тока будет брать не более 5—8 *a*, благодаря чему надобности в включении реостата нет.

Медное кольцо для самодельного прибора лучше выточить на станке (из красной меди). Можно также спаять его из толстой пластинки листовой красной меди (желательно серебряным припоем). Алюминиевое кольцо



Рис. 50. Прибор Томсона.

спаять нельзя, почему его приходится отрезать от трубки или специально отливать. Размеры алюминиевого кольца показаны на рисунке 51. Алюминиевое кольцо нетрудно отлить в гипсовой форме. Алюминий, имеющий точку плавления около  $650^{\circ}$ , плавят в железной кованой ложке или коробке (согнутой из листового кровельного железа) на пламени газовой горелки или паяльной лампы. После отливки сначала грубым, а потом мелким напильником удаляют у кольца все неровности и приливы. Различное применение прибора описано в опытах § 3, 2 и 3.

Наиболее рациональную конструкцию имеет прибор Томсона, изображенный на рисунке 52.

Железный сердечник ( $l = 26 \text{ см}$ ,  $d = 45 \text{ мм}$ ) состоит из пучка железных проволок толщиной в 1 мм. Обмотка сделана проводником ПБД ( $d \approx 1,5 \text{ мм}$ ) в шесть слоев по 100 витков в каждом и разбита на две

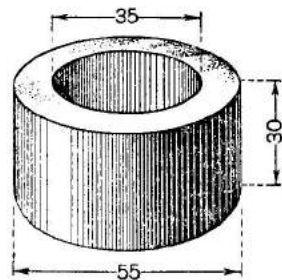


Рис. 51. Алюминиевое кольцо.

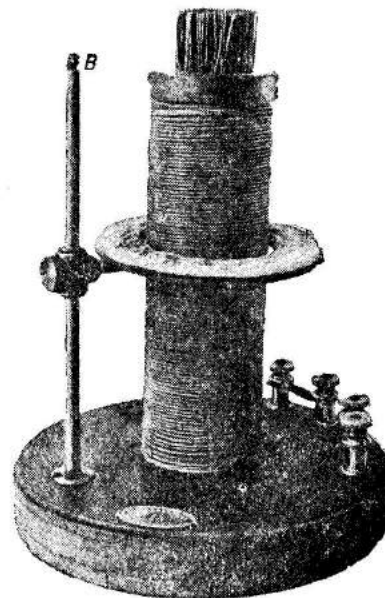


Рис. 52. Прибор Томсона с подъемным столиком.

секции, концы от которых присоединены к четырем клеммам. Эти секции могут быть включены в цепь, посредством соответствующих соединений между клеммами, параллельно или последовательно. Около катушки укреплен медный прут  $B$ , при помощи которого кольцеобразная площадка  $C$  может быть установлена на любой высоте. Площадка для изоляции покрыта сверху асбестовым картоном.

К прибору прилагаются: алюминиевое кольцо  $F$  ( $d = 10 \text{ см}$ ,  $S = 2 \text{ см}^2$ ), витки с лампочкой  $M$ , медное кольцо  $E$ , медное неполное кольцо  $K$  с винтами  $a$  и  $b$  на концах для зажима проводника и медная спираль  $L$ , снабженная на концах клеммами  $II$  и сделанная из провода толщиной в 3—4 мм (рис. 53 и 54). Прибор включают в цепь без реостата. Опыты с этим прибором благодаря его сравнительно большой мощности и хорошей конструкции более эффектны и разнообразны, чем с первой описанной моделью.

На рисунке 55 изображен старый прибор Томсона с набором. После его копировали и упрощали некоторые организации, производив-

не приборы. Сам прибор состоит из катушки (поставленной на трех блоках) с вынимающимся железным сердечником и столиком с держалкой для приборов. Преимущество самого прибора по сравнению с предыдущим заключается только в том, что сердечник сделан вынимающимся и может быть заменен сплошным железным (опыт 11, § 4). Прибор можно демонстрировать как электромагнит (см. т. IV, § 4, 7) или использовать катушку для демонстрации индукции (см. т. IV, § 12, 3). Наконец, катушка с вынимающимся сердечником полезна для постановки некоторых опытов с индуктивным сопротивлением (§ 15).

К числу достоинств относится также то, что можно заставить сердечник, вставляя для это-

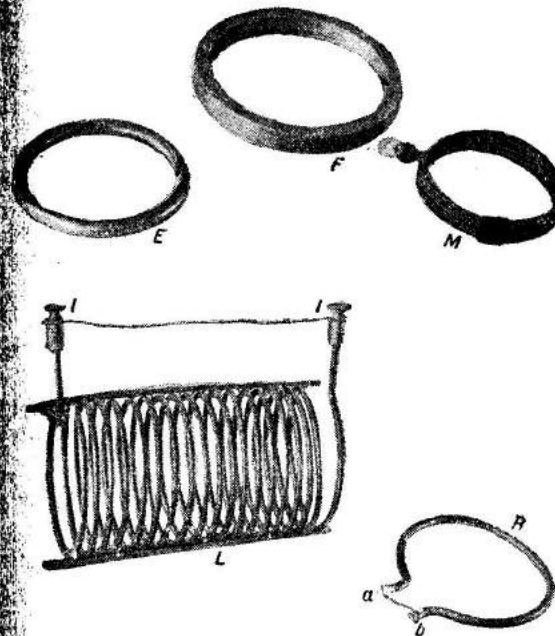


Рис. 53 и 54. Набор к прибору Томсона.

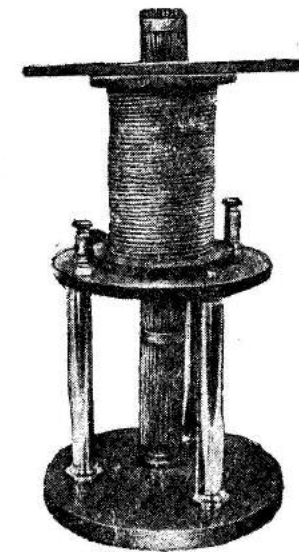


Рис. 55. Прибор Томсона с вынимающимся сердечником.

то деревянную подставку<sup>1)</sup>, высовываться из катушки или расположить так, чтобы его верхнее основание лежало „заподлицо“ с краем катушки.

К прибору прилагался набор приспособлений для интересных опытов, описанных ниже (опыты 2 и 3). Этот набор, за исключением колец, после не изготовлялся.

Если не учитывать универсализма последнего прибора, то следует признать, что он уступает прибору Томсона, изображенному на рисунке 52. С этим последним могут быть показаны, и при том более четко, все нижеописанные опыты.

<sup>1)</sup> У некоторых приборов для закрепления сердечника сделан зажимной элемент.



Прибор Томсона может быть собран также из частей большого набора по электромагнетизму ИПО (см. рис. 101 и 111). Для этого в катушку XIV вставляют ярмо II и на последнее ставят ярмо III. Катушку XIV включают в сеть клеммами  $H_1, K_1$ , соединив для 120 в клеммы  $H_1, H_2$  и  $K_1, K_2$ . Для напряжения 220 в включение производится к тем же клеммам, но одной перемычкой соединяют клеммы  $H_2$  и  $K_1$ . В наборе для опытов Томсона имеются два кольца: алюминиевое XI и медное XII.

**2. Индуктивное отталкивание.** 1) Прибор Томсона. 2) Алюминиевое и медное кольца. 3) Амперметр.

Прибор Томсона Т (рис. 50 и 56) включают в сеть через реостат  $R$  и амперметр  $A$ . Надобность в реостате  $R$  отпадает, если через прибор Томсона при его непосредственном включении в сеть не возникает чересчур сильный ток<sup>1)</sup>, способный испортить обмотку катушки. Амперметр позволит наблюдать, что при надевании кольца на сердечник ток возрастает.

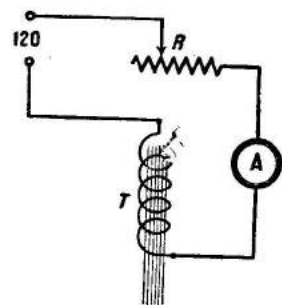


Рис. 56. Схема включения прибора Томсона.

Надевают на сердечник прибора сначала алюминиевое кольцо и затем вместо него — медное и обнаруживают, что кольца держатся в воздухе. При выключении тока кольца падают. С тонким медным кольцом отталкивание наблюдается много слабее. Алюминиевое кольцо, надетое на сердечник, при включении тока соскакивает и летит вверх, медное кольцо при тех же условиях благодаря большей тяжести не может соскочить с сердечника, но поднимается вверх и висит на некоторой высоте. Кольцо, поднявшееся на воздух, будет висеть несколько наискось и касаться сердечника. Если кольцо прикрепить к верхнему основанию катушки при помощи трех нитей, то оно будет висеть, не прикасаясь к сердечнику (рис. 57), отчего опыт несколько выигрывает.

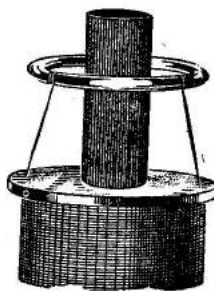


Рис. 57. Привязь кольца на приборе Томсона.

Отталкивание кольца объясняется следующим образом. В кольце происходит индуцирование электродвижущей силы  $E_2$ , которая, как это показывает график рисунка 58, отстает от индуцирующего ее тока  $I_1$ , текущего в катушке, на  $1/4$  периода. Возникающий в кольце ток  $I_2$  является переменным и, в свою очередь, отстает по фазе от электродвижущей силы на некоторую часть периода, меньшую  $1/4$  (рис. 58). Это отставание по фазе тока от электродвижущей силы будет, как это показывает формула

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{2\pi fL}{R},$$

<sup>1)</sup> Это наблюдается у некоторых катушек Томсона, обладающих недостаточным индуктивным сопротивлением.

тем значительней, чем больше индуктивность  $L$  (коэффициент самоиндукции) кольца по сравнению с его омическим сопротивлением  $R$ . Так как кольцо представляет собой проводник очень крупного сечения и, следовательно, имеет малое омическое сопротивление  $R$ , то угол сдвига фаз  $\varphi$  между током  $I_2$  и электродвижущей силой  $E_2$  будет близок к величине  $\frac{\pi}{2}$  ( $1/4$  периода).

Таким образом ток  $I_2$ , текущий в кольце, сдвинут по фазе по отношению к индуцирующему току  $I_1$ , текущему в катушке, почти на полпериода. Известно, что токи одинакового направления притягиваются, токи противоположного направления отталкиваются. Так как в течение каждого периода индуцирующий ток  $I_1$  катушки и индуцированный  $I_2$  кольца текут значительно большую часть времени в противоположных направлениях, то эффект взаимного отталкивания берет перевес над

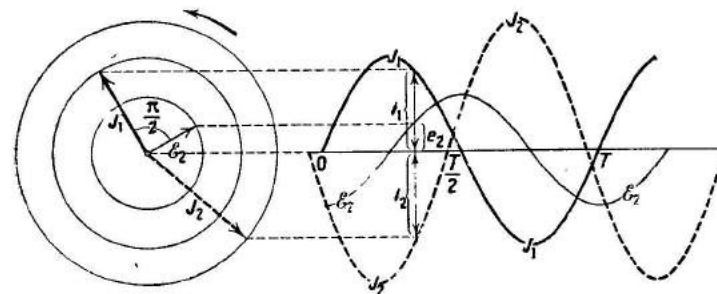


Рис. 58. Векторная диаграмма и график для объяснения отталкивания кольца.

притяжением, вследствие чего кольцо поднимется вверх и останется висеть в воздухе.

На приборе Томсона без выступающего сердечника (см. рис. 52) закрепляют столик  $C$  сначала точно на высоте середины катушки и кладут на него алюминиевое кольцо  $F$  (см. рис. 53). Кольцо при этом остается в покое. Если же столик поднять выше середины, то кольцо поднимается вверх и висит или соскакивает с катушки. В случае, когда столик опущен ниже середины или в самый низ катушки, кольцо также остается в покое, так как оно стремится двигаться вниз, чему препятствует столик. В этом случае кольцо будет сопротивляться руке, поднимающей его вверх. Таким образом, явление индуктивного отталкивания демонстрируется на приборе без выступающего сердечника в более общем виде, чем на других.

Если кольцо, висящее в воздухе, попытаться сдвинуть вниз, то рука испытывает при этом значительное сопротивление. Кольцо, сдвинутое в крайнее положение, очень быстро нагревается настолько сильно, что его приходится выпустить из рук. Нагревание кольца доказывает, что в нем течет весьма сильный ток, индуцированный переменным полем катушки.

Для демонстрации нагревания пользуются полым медным кольцом с наставной трубкой *a* (рис. 59). Такое кольцо, вернее закрытый сосуд кольцеобразной формы, делают из толстой красной меди. Через трубочку наливают немного воды или, лучше, эфира и закрывают плотно пробкой.

Через некоторое время под давлением пара пробка с выстрелом вылетает, и из трубочки вырывается струя пара. При самостоятельном изготовлении толстого кольца трудности заключаются в том, что приходится брать толстую медь и производить пайку наилучшим образом для получения возможно меньшего сопротивления току.

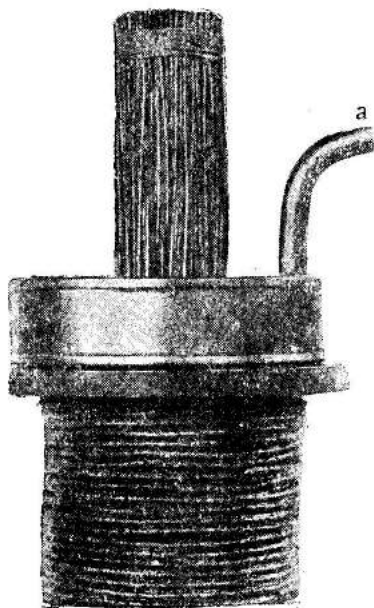
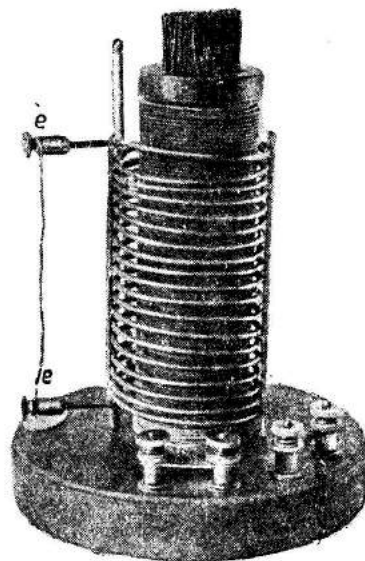


Рис. 59. Полое медное кольцо.

Рис. 60. Железная проволока *ee*, замыкающая спираль, накаливается.

На приборе без выступающего сердечника (см. рис. 52) присутствие индуцированного тока можно обнаружить при помощи неполного кольца *K* (см. рис. 53). В разрыв кольца между винтами *a* и *b* надо для этого включить амперметр, который покажет присутствие тока. Проще и эффектнее включить в разрыв *ab* кусочек железной проволоки ( $d = 1-3$  мм), плотно зажав ее концы винтами. Проволока через короткое время после включения раскалится и затем расплавится. Более длинная железная проволока накаливается посредством спирали *L* (рис. 54 и 60).

Видоизменением демонстрации индуктивного отталкивания является приспособление, изображенное на рисунке 61.

Около сердечника катушки Томсона на равноплечем рычаге повешена медная круглая или квадратная пластинка *A*, уравновешенная

грузом *B*. После включения даже слабого тока пластинка отталкивается, и равновесие рычага нарушается.

Полезен также следующий опыт. На сердечник катушки Томсона ставят высокий стакан с водой (рис. 62), в которую погружена пробка, обмотанная толстым алюминиевым проводником, замкнутым на небольшую лампу накаливания *A*, например рудничную (см. т. III, рис. 135, 2). Важно так сделать эту часть, чтобы лампа с катушкой обладала наименьшей отрицательной пловучестью, т. е. едва-едва не всплывала на поверхность. Число витков проволоки при этом берется таким, чтобы лампа получила сильный накал при непосредственном наложении на сердечник.

При включении тока лампа ярко вспыхивает и затем под влиянием отталкивания витков начинает всплывать вверх, причем свет ее убывает ввиду уменьшения степени связи между катушкой Томсона и витками, питающими лампу. При помощи этого прибора легко показать экранирующее действие толстых пластинок медной и железной, для чего их помещают порознь под сосуд. В первом случае лампа не накаливается и не вспыхивает, во втором — получает слабый накал. Введение под сосуд пластинок из изоляторов, например стеклянной, эбонитовой или листа картона, не препятствует возникновению тока в пловучей катушке.

С помощью больших приборов Томсона (см. рис. 52 и 55) можно показать еще такие опыты. На катушку надеваются „гибкие“ кольцеобразные проводники, сделанные, напри-



Рис. 62. Опыт со всплывающей катушкой.

мер, из мишуры или лишенного изоляции телефонного шнура (см. т. III, рис. 6, II). Еще лучше напать ряд таких кольцевых проводников *B* к небольшой медной стойке *A* (рис. 63). Проводники под влиянием собственной тяжести принимают неправильную форму. После

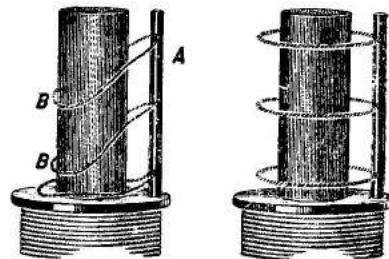


Рис. 63. Опыт с гибкими проводниками.

включения в катушку тока проводники, под действием индуцированного в них тока, принимают форму окружности (рис. 63)<sup>1)</sup>.

Ртуть, налитая в кольцеобразный (неметаллический) сосуд (жолоб), поставленный на катушку Томсона, приходит в волнооб-

<sup>1)</sup> См. рис. 141, т. IV, § 8, 5.

разное движение и имеет тенденцию всползти на наружные стенки сосуда.

**3. Вращение диска при частично заэкранированном переменном поле (принцип Бенишке).** 1) Прибор Томсона. 2) Медная пластина. 3) Медный или алюминиевый диск на оси.

Хорошо центрированный алюминиевый или медный диск укрепляют на оси в рукоятке (рис. 64) или в подставке так, чтобы он мог вращаться вокруг оси  $O$  с самым малым трением. Включают прибор Томсона

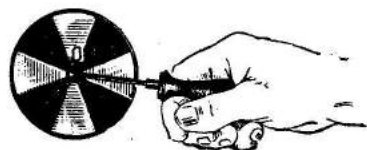


Рис. 64. Диск на рукоятке (к прибору Бенишке).

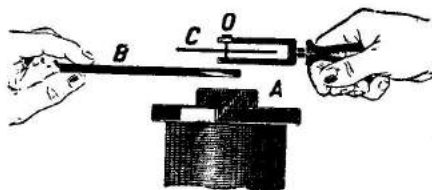


Рис. 65. Опыт Бенишке.

в цепь и закрывают сердечник  $A$  более чем до половины медной пластиной  $B$ , имеющей, например, форму сектора. Над полузакрытым сердечником помещают горизонтально и возможно ближе к нему диск  $C$  (рис. 65 и 66). Тогда в медном секторе и диске будут индуцироваться под влиянием переменного магнитного поля тока, текущие по путям, изображенным на рисунке 66 пунктирными линиями. Эти токи, взаимодействуя между собой, вызовут вращение диска против часовой стрелки. Если же экран  $B$  расположить с другой стороны, то диск будет вращаться по часовой стрелке.

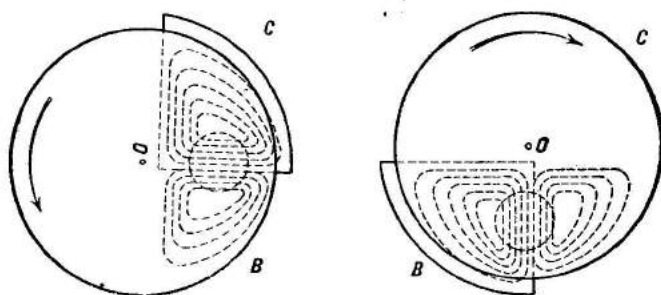


Рис. 66. Направление вращения диска.

Вращение диска будет происходить много быстрее, если взять электромагнит  $D$  с узкой щелью в магнитопроводе и поместить в ней экран  $B$  и диск  $C$  указанным на рисунке 67 образом.

Диск для лучшей видимости вращения следует разделить на секторы и окрасить их через один какой-нибудь яркой краской.

Вместо диска можно вызвать вращение полого медного шарика, плавающего в воде. Сосуд с водой и шариком в этом случае ставят

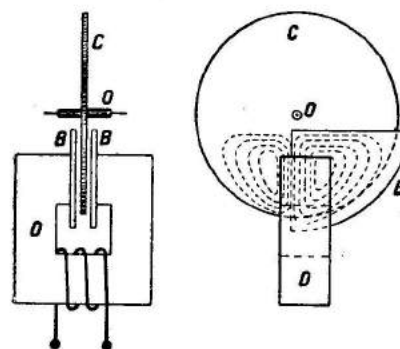


Рис. 67. Прибор Бенишке.

на катушку и закрывают сердечник до половины медным экраном. Металлический шарик  $E$ , положенный на часовое стекло  $F$ , также вращается (рис. 68).

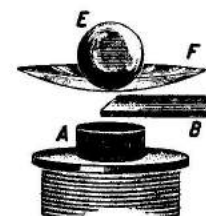


Рис. 68. Вращение шарика.

Описанные опыты знакомят с принципом действия некоторых, правда, редко встречающихся, индукционных приборов Бенишке.

#### § 4. Трансформатор и модель передачи электрической энергии на расстояние.

**1. Типы трансформаторов.** Трансформатор состоит из железной рамы  $A$ , называемой магнитопроводом, на которую на соответствующем изолирующем основании надеты две обмотки  $B$  и  $D$  (рис. 69). Одна из этих обмоток —  $B$ , называемая первичной, питается переменным током, другая —  $D$ , имеющая название вторичной, служит для получения трансформированного тока.

Вторичная обмотка трансформатора делается с большим или меньшим числом витков, чем у первичной, в зависимости от того, должен ли трансформатор повышать или понижать напряжение.

Для самых грубых, ориентировочных расчетов можно пользоваться формулой:

$$E_2 = \frac{n_2}{n_1} E_1, \quad (1)$$

где  $E_2$  — напряжение, индуцируемое во вторичной обмотке;

$E_1$  — напряжение, подводимое к первичной обмотке;

$n_1$  — число витков первичной обмотки;

$n_2$  — число витков вторичной обмотки.

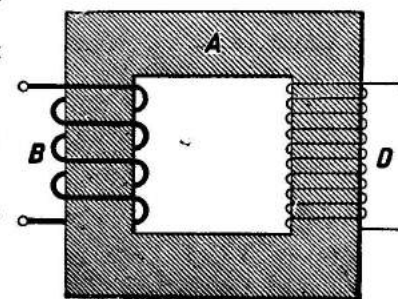


Рис. 69. Схема трансформатора.

В технике получили также распространение трансформаторы, имеющие одну общую обмотку, служащую одновременно для питания трансформатора и для получения трансформированного тока. Такие трансформаторы носят название автотрансформаторов (см. рис. 100). На рисунке 70 изображены схемы автотрансформаторов, предназначенных для понижения (рис. 70, I) и для повышения напряжения (рис. 70, II), причем следует



иметь в виду, что сердечник для простоты чертежа не показан. Клеммы  $A$  и  $B$  автотрансформатора включаются в сеть питающего тока с напряжением  $E_1$ ; от клемм  $D$  и  $F$  получают трансформированный ток с напряжением  $E_2$ . Для приближенного определения числа витков обмоток  $n_1$  и  $n_2$  можно пользоваться формулой (1).

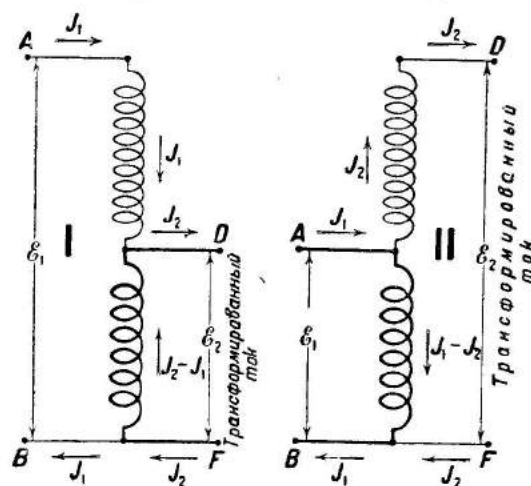


Рис. 70. Схема автотрансформатора.

часть силовых линий, возбуждаемых первичной катушкой, замыкается через воздух и, следовательно, не участвует в создании электродвижущей силы во вторичной обмотке. Это явление магнитного рассеяния уменьшает к. п. д. трансформатора. От указанного недостатка более свободен трансформатор броневого типа, у которого как первичная, так и вторичная обмотки помещены на одном стержне  $A$ , соединенном ярами  $D$  и  $E$  с двумя другими стержнями  $B$  и  $C$ .

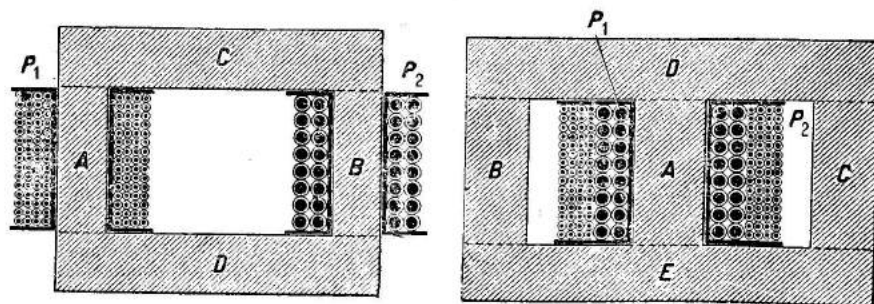


Рис. 71 и 72. Типы магнитопроводов у трансформаторов: стержневой и броневого.

**2. Трансформаторы и их модели.** Трансформаторы в физическом кабинете нужны прежде всего для изучения, а затем для питания вольтовой дуги, выпрямителей и т. п.

Из числа трансформаторов технического типа и их моделей наибольшее распространение получили следующие:

1) Звонковые трансформаторы (известные одно время в продаже также под названием „Гном“) (рис. 73—75) весьма полезны для демонстрационных и лабораторных работ.

Типы звонковых трансформаторов весьма различны по своему внешнему виду, но имеют одинаковое устройство. Магнитопровод состоит из 8—12 уголков сравнительно толстого железа, собранных в перекрышку (рис. 74—75). Первичная обмотка — из нескольких тысяч витков провода ПЭ толщиной около 0,1 мм. Вторичная обмотка сделана также из провода ПЭ ( $d = 0,5—0,8$  мм) и у некоторых имеет, кроме выводов 1 и 3 от концов, еще отвод 2 примерно от  $\frac{1}{3}$  части обмотки. Благодаря этому от вторичной обмотки в зависимости от пары взятых клемм 1, 2; 1, 3; 2, 3 могут быть получены различные напряжения.

Звонковые трансформаторы для непосредственного использования при работах без перемонтажа не годны. У них прежде всего крайне неудобны для включений и ненадежны клеммы. И, наконец, выводы от первичной обмотки сделаны тем же тонким проводником, что и у обмотки. Приобретать звонковые трансформаторы для кабинета не стоит, так как в продаже имеются намного лучшие типы, например СО-0,04 для детских игрушек (см. рис. 80). Если в кабинете есть уже звонковые трансформаторы, их надо перемонтировать. Кожух лучше удалить и смонтировать трансформатор на дощечке или угловой панельке, выведя концы обмоток к клеммам. Во избежание обрыва к тонким проводникам обмотки на 120 в наращивают концы от расплетенного осветительного шнура, обертывают их один раз вокруг катушки и затем подводят к клеммам.

Против этих клемм во избежание неправильного включения надо сделать ясную надпись: 120 в. Клеммы низкого напряжения также отмечаются соответствующими надписями, например: 3; 5 и 8 в.

На рисунке 76 показан монтаж трансформатора  $T$  в стационарной звонковой установке  $SK$ , причем в этом случае, по существующим прави-

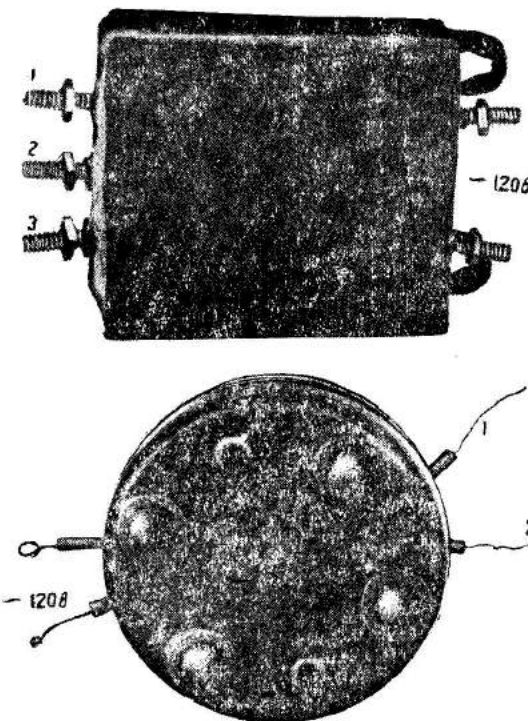


Рис. 73. Звонковые трансформаторы.

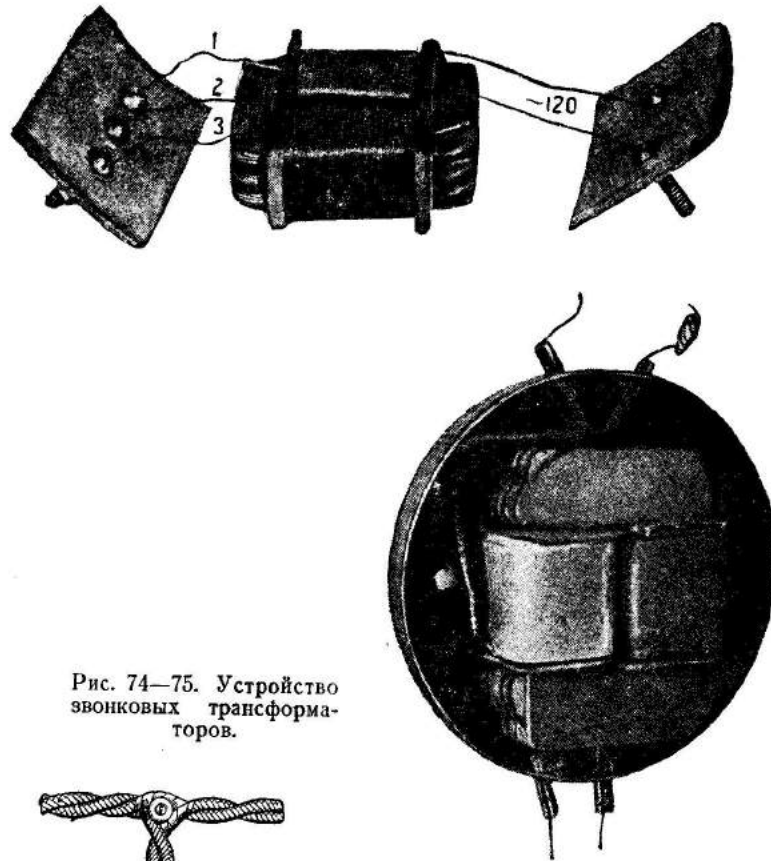


Рис. 74—75. Устройство звонковых трансформаторов.

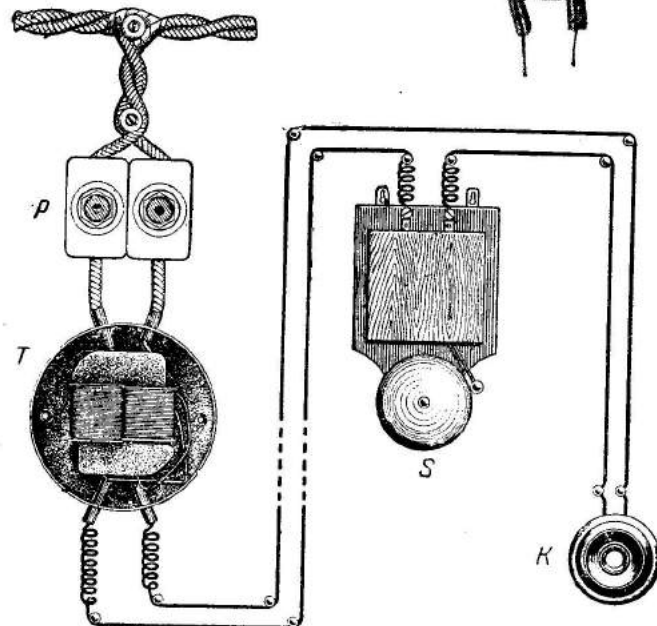
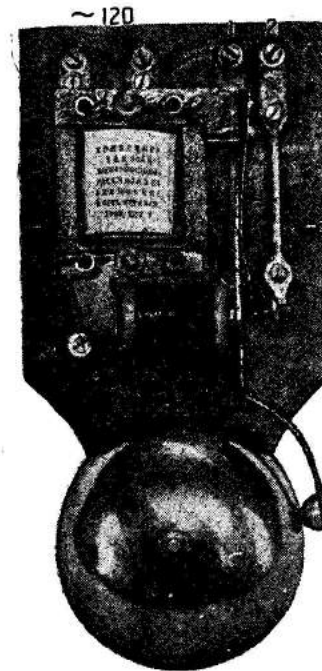


Рис. 76. Монтаж трансформатора в звонковой проводке.

лам, трансформатор должен быть включен в сеть освещения через два пробочных предохранителя.

В последнее время появились в продаже электрические звонки, у которых трансформатор смонтирован внутри корпуса звонка (рис. 77).

Рис. 77. Звонки с трансформатором. К клеммам  $\sim 120$  подводится переменный ток 120 в, к клеммам 1, 2 включается кнопка.

вставлена вилка тремя способами, указанными на рисунке 79 пунктиром.

Трансформатор без вреда для себя позволяет получать во вторичной цепи ток низкого напряжения до 5—10 а. При напряжении в сети в 120 в трансформатор может быть использован как повышающий автотрансформатор для питания приемников малой мощности, например лампы накаливания на 15—25 вт или неоновой лампы на 220 в. В этом случае лампу на 220 в приключают к клеммам 220 в и клеммы 120 в включают в сеть.

2) Трансформатор передвижного кинопроектора весьма ценен как источник тока для накала автомобильных и кинопроекторных ламп в 12 в (рис. 78). Он снабжен двумя парами клемм, из которых одна служит для включения 120 в и другая 220 в. Для получения тока низкого напряжения выведены гнезда. У некоторых трансформаторов для получения напряжений в 12, 14 и 16 в может быть

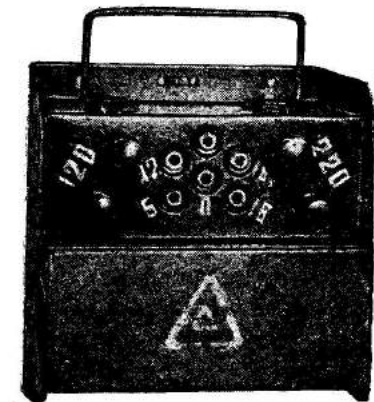


Рис. 78. Трансформатор от кинопередвижки.

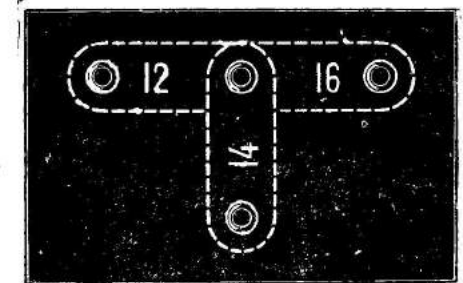


Рис. 79. В зависимости от способа включения вилки получают различные напряжения.

освещения. Если напряжение в сети 220 в, то возможна обратная комбинация, т. е. питание от клемм 120 в ламп 120 в.

3) Трансформатор ОС-0,04 для детских электронгрушек представляет ценное пособие как для работ по электричеству во-

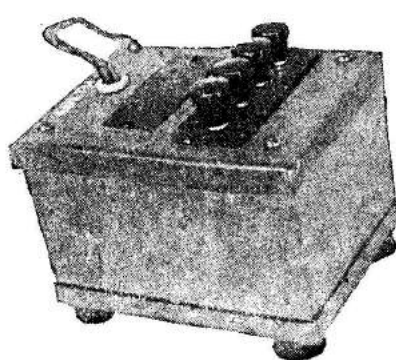


Рис. 80. Трансформатор ОС-0,04 для детских электронгрушек.

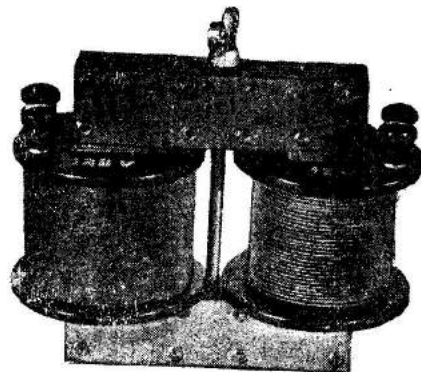


Рис. 81. Трансформатор с разборным сердечником.

обще, так и, в частности, по радиотехнике (рис. 80). Трансформатор включается в цепь на 120 в посредством шнура с вилкой. От трансформатора могут быть получены напряжения в пределах от 2 до 12 в в зависимости от того, к каким клеммам произведено включение приемника. Напряжения равны между клеммами:  $ax$  12 в;  $ax_1$  10 в;  $a_1x$  6 в;  $aa_1$  4 в и  $x_1x$  2 в. Предельная мощность трансформатора около 40 вт.

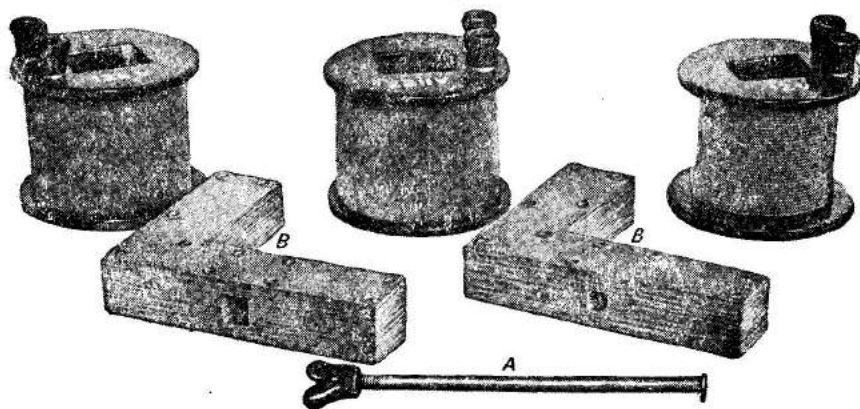


Рис. 82. Трансформатор в разобранном виде. А — болт для скрепления половин сердечника ВВ.

Трансформатор ОС-0,04 ввиду возможности получать от него различные напряжения и, главное, надежности своей конструкции необходим в школе в количестве нескольких экземпляров.

При работах с ним нельзя допускать коротких замыканий во второй обмотке.

4) Трансформатор с разборным сердечником (рис. 81—82) имеет три сменных катушки 12, 120 и 220 в, благодаря которым напряжение со 120 в может быть снижено до 12 в и повышено до 220 в. Крупное достоинство в том, что обмотки его открыты и сам трансформатор может быть разобран и собран на глазах учащихся. Один-два экземпляра следует приобрести для кабинета.

5) Разборный школьный трансформатор (конструкции Неймана) получил широкое распространение в школах, так как выпускался на рынок в весьма значительном количестве (рис. 83). Из-за небрежного выполнения некоторые серии этого трансформатора сначала надо подвергнуть солидному ремонту и только после этого пускать в дело. В частности, разваливаются каркасы катушек, слезает обмотка и т. п.

Трансформатор состоит из Ц-образного железного сердечника, на который могут быть надеты катушки с тем или иным числом витков. Для замыкания сердечника служит железное ярмо, которое для плотного прилегания прижимают посредством струбцинок.

В комплект входят 4 катушки:

А — катушка с 570 витками проволоки  $d=1,0$  мм. Концы обмотки подведены к клеммам 1—3. Кроме того, сделан вывод от 285-го витка к клемме 2. Проволока окрашена в зеленый цвет.

В — катушка с 1230 витками проволоки  $d=0,7$  мм. Концы обмотки подведены к клеммам 4—5. Проволока окрашена в красный цвет.

С — катушка с 45 витками проволоки  $d=2,3$  мм. Концы обмотки подведены к клеммам 6—8. Сделан вывод от 30-го витка к клемме 7. Проволока окрашена в синий цвет.

Д — катушка с клеммами, но без обмотки.

Трансформатор и его составные части, кроме своего непосредственного назначения, могут быть использованы для ряда опытов, как это описано в т. III и IV и ниже. На рисунках 84 и 85 показаны различные варианты включения катушек в цепь тока освещения на 110 в (120 в) как для получения понижения, так и повышения напряжения. Буквы и цифры соответствуют обозначениям, принятым в перечне катушек.

Комбинации, показанные на рисунках 84, I, VI, дают повышение напряжения соответственно до 200 и 350 в. При схемах, изображенных на

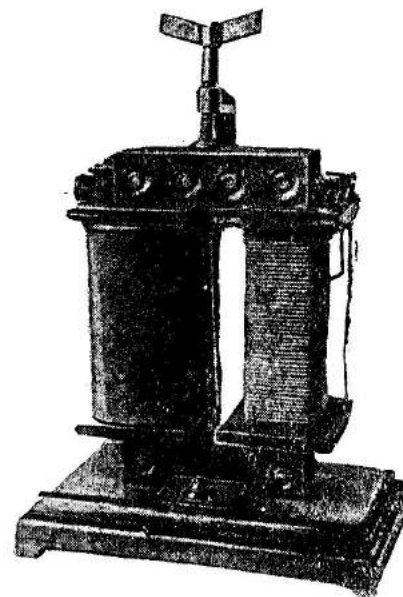


Рис. 83. Разборный школьный трансформатор.



рисунках 84, II, 85, V и VI, трансформатор понижает напряжение, в зависимости от взятых катушек и клемм на них, до 1,5; 2,5; 3; 4; 5; 8; 25 и 50 в. Схема рисунка 84, III показывает использование одной катушки как автотрансформатора для понижения напряжения со 110 до 55 в.

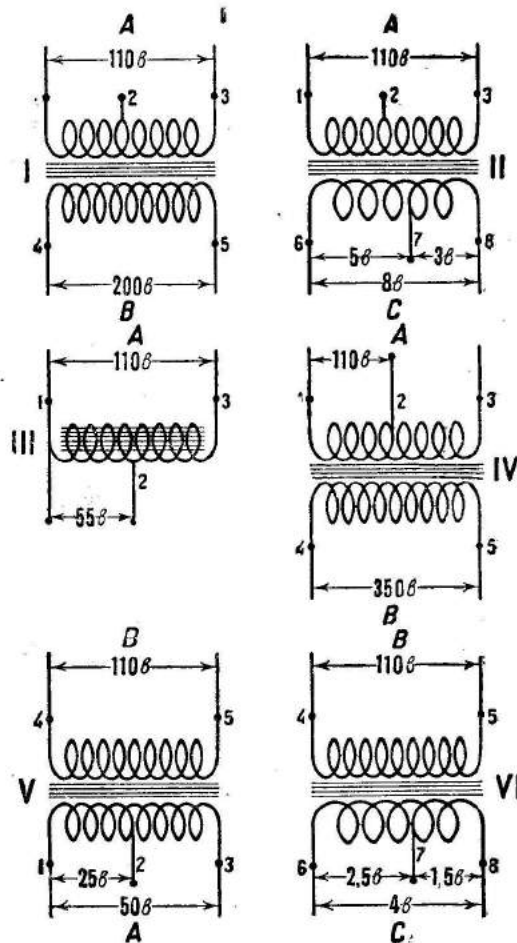


Рис. 84 и 85. Схемы включения школьного разборного трансформатора.

в) Катушка C имеет 452 витка и разделена на ряд секций (по 19 витков), соединенных между собой (рис. 87 и 88). Выводы от секций сделаны к контактам 1—9, по которым перемещается рукоятка переключателя P. Для включения всей обмотки служат клеммы a (начало обмотки) и d (конец).

1) Лучше всего сделать предварительную проверку различных соединений секции, включая в цепь освещения через лампочку на 100—300 вт. При правильном соединении, т. е. когда катушки действуют друг на друга намагничивающе, лампа гореть не будет или даст весьма слабый накал.

При пользовании трансформатором следует включить его только после того, как ярмо будет плотно прижато к сердечнику струбциной.

б) Универсальный школьный трансформатор (Т-1) является разборным и предназначен, в частности, для демонстрации электросварки (рис. 86). Магнитопровод трансформатора сделан стержневой со съемным ярмом, прижимаемым посредством латунной накладки двумя гайками FF с барашками. Рядом с трансформатором смонтированы сварочные тиски K, которые при помощи вставок LL могут обслуживать также вольтовому дугу.

К трансформатору прилагаются четыре катушки:

а) Катушка A имеет 480 витков и разделена на две секции (по 240 витков в каждой), не соединенные между собой. Концы секций подведены к клеммам 1—3 и 2—4. Для правильного включения секций 1) их необходимо соединять между собой или клеммами 2—3.

б) Катушка B также состоит из двух секций по 1000 витков в каждой.

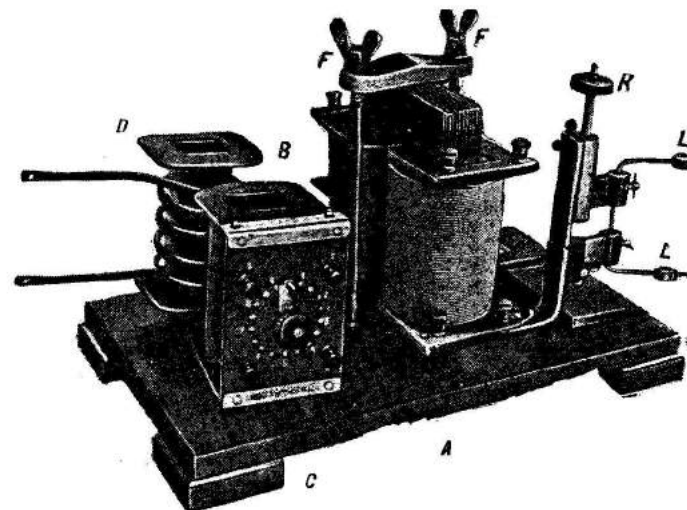


Рис. 86. Универсальный школьный трансформатор.

Клемма c соединена с рукояткой переключателя P<sup>1)</sup>, благодаря чему будет введено при включении к клеммам c и d (рис. 88) и положении рукоятки переключателя на клеммах: 8—19 витков; 7—19 × 2 = 38 витков; 6—19 × 3 = 57 витков; 1—19 × 8 = 152 витка. Остальные комбинации ясны из схемы рисунка 88.

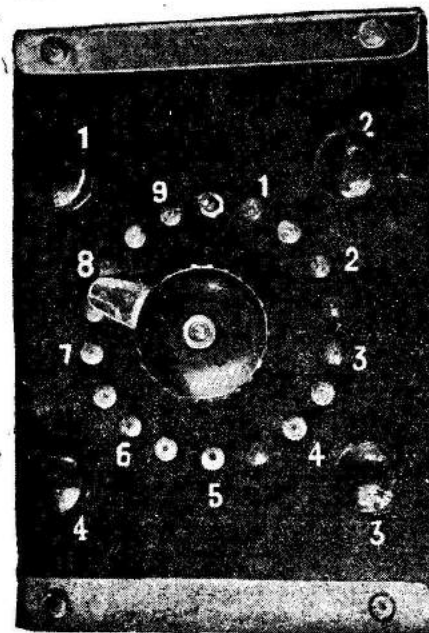


Рис. 87. Катушка с ответвлениями и переключателем.

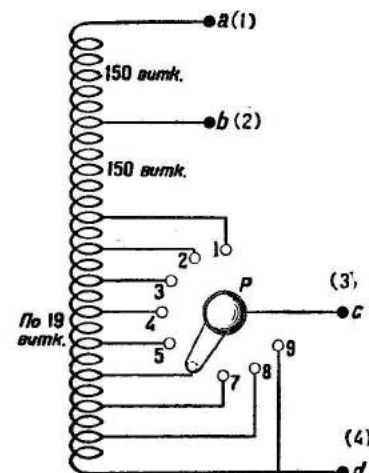


Рис. 88. Схема катушки с переключателем.

1) Нужно упомянуть, что переключатель выполнен очень плохо, дает искрение вследствие плохого контакта и нагревается.

Катушка, по мысли ее конструктора, предназначена в качестве автотрансформатора для питания вольтовой дуги. Ток 120 в включают к клеммам *ad*, дугу соединяют с клеммами *c* и *d*. При положении переключателя на контакте *I* напряжение на дуге будет около 40 в.

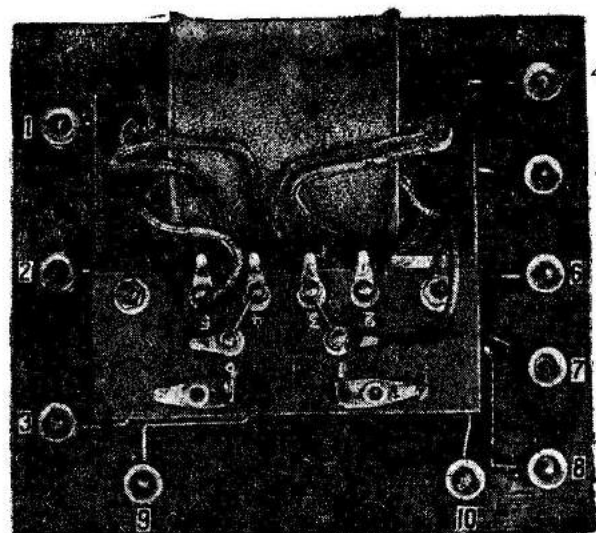


Рис. 89. Монтаж трансформатора приемника ЦРЛ-10. (Клеммы: 1 и 3—700 в, 4 и 6—4 в, 7 и 8—4 в, 9 и 10—120 в от сети).

для питания анодных выпрямителей и накала электронных ламп. Смонтированные на отдельных дощечках с выводами к клеммам они могут служить не только для работ по радиотехнике (рис. 89), давая слабые токи

Для демонстрации горения дуги приложены два стержня *L*, согнутых под прямым углом и снабженных на концах кольцами с зажимными винтами для укрепления углей. Стержни зажимают в сварочные тиски (см. рис. 116). Изменения расстояния между углями производится посредством винта *K*.

г) Катушка *D* из пяти витков медной шины для сварки (§ 4, 9).

7) „Силовые“ радиотрансформаторы предназначены

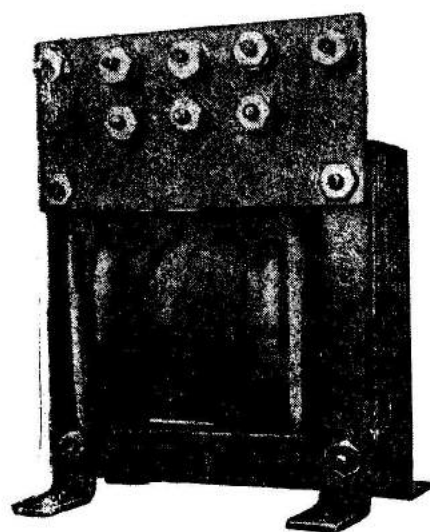


Рис. 90. Трансформатор Т-2.

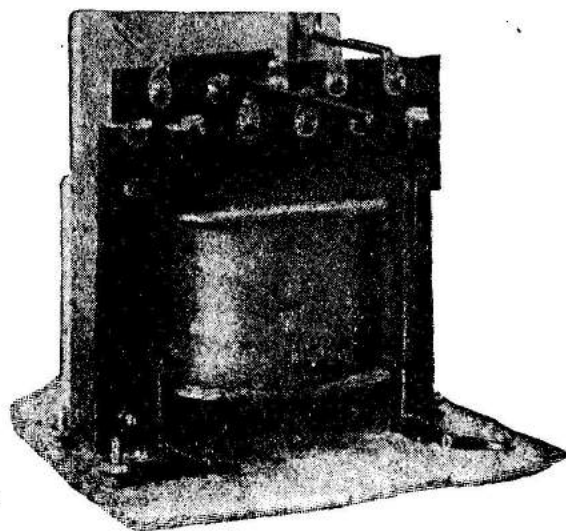


Рис. 91. Трансформатор Т-3-У „Радист“.

высокого напряжения (300—700 в) и сравнительно сильные (2—4 а) — низкого (4 в). Трансформаторы по большей части имеют броневой (Ш-образный) магнитопровод (рис. 90—91) и за редкими исключениями, как, например, ЭЧС-2 и ЭЧС-3 стержневой (рис. 92).

Типы „силовых“ трансформаторов весьма различны. В таблице 1 приводятся различные данные этих трансформаторов.

Как это видно из таблицы, силовые трансформаторы имеют четыре обмотки. Одна из них служит для включения в цепь освещения на 110—120 в и у некоторых трансформаторов, кроме того, для 220 в. Эта обмотка на всех рисунках 93—95, изображающих выводы к клеммам и контактам на щитках трансформаторов, обозначена цифрой *I* или имеет соответствующие надписи 110—120 в. Обмотка *II* повышает напряжение до 600—700 в и имеет вывод от средней точки, обозначенный на рисунках 93—95 черным и буквой *C*. Ток от обмотки *II* подается для выпрямления к анодам кенотрона (§ 6, 6). Следует остерегаться прикосновения руками к выводам от этой обмотки — высокое напряжение может вызвать сильнейшее поражение, а то и смерть. Обмотка *III* служит для накала кенотрона и дает ток силой в 1—2 а при напряжении чаще всего в 4 в. Обмотка *IV* с выводом от средней точки предназначена для питания нескольких электронных ламп и дает ток в 3—4 а при напряжении в 4 в.

Из всех перечисленных в таблице 1 трансформаторов для школы наиболее нужным является Т-3-У „Радист“ (см. рис. 91).

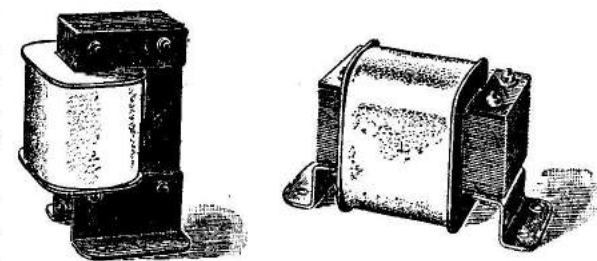


Рис. 92. Трансформаторы приемников ЭЧС-2 и ЭЧС-3.

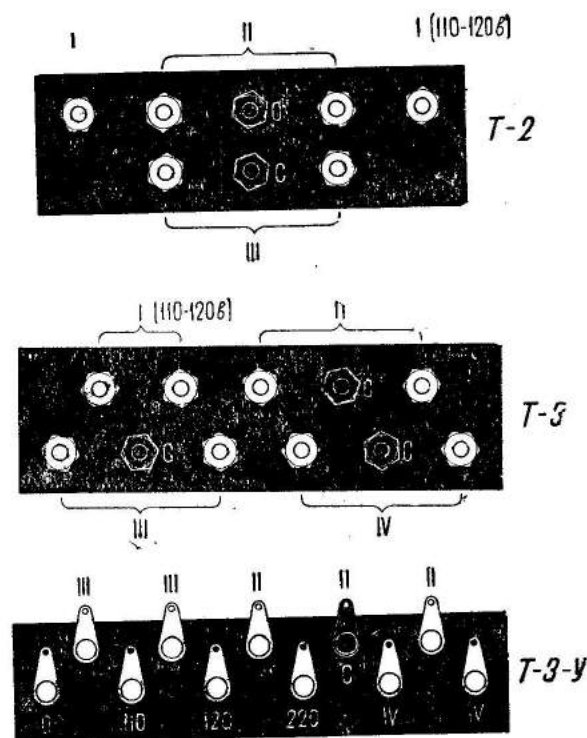
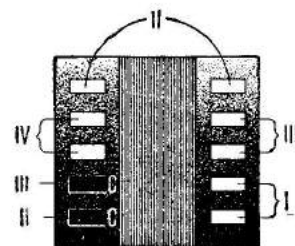


Рис. 93. Выводы у трансформаторов: Т-2; Т-3; Т-3-У.

## Силовые трансфор

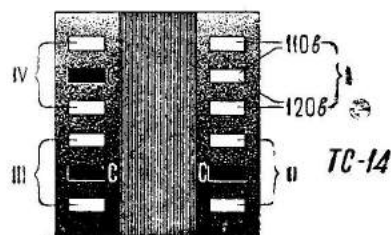
Тип трансформатора	Железный сердечник		Обмотка I, включаемая в сеть освещения		
	форма пластин	сечение сердечника в см <sup>2</sup>	число витков	толщина провода в мм	напряжение в в
ЛВ-2	Ш-образн.	2,2	2 400	0,2	110—120
В-10	Ш-образн.	7,5	1 000	0,55	110—120
ДЛС-2	Ш-образн.	4,0	1 600	0,25	110—120
ТК-2	Г-образн.	7,5	785 × 2 + 71	0,3	110—120—220
Т-3	Ш-образн.	10	650	0,65	120
ТС-9	Ш-образн.	6	1 060	0,31—0,35	110
ТС-12	Ш-образн.	12	510 + 55	0,59	110—120
ТС-14	Ш-образн.	7,5	810 + 90	0,49	110—120
ЭЧС-2	Г-образн.	10	550 × 2 + 50	0,4—0,55	110—120—220
ЭЧС-3	Г-образн.	8	690 × 2 + 62	0,44—0,55	110—120—220
ЭКЛ-4	Ш-образн.	7,5	915 × 2	0,41	110—120—220
ЭКЛ-34	—	8	600 × 2	0,4	110—120
ЦРЛ-10	Г-образн.	8	600 × 2	0,4	110—120
Т-3-У	Ш-образн.	—	$\frac{550 + 50}{a} + \frac{500}{b}$	$a - 0,5 - 0,65$ $b - 0,35 - 0,45$	110—120—220

1) Использованы данные справочных таблиц: Карпов, «Низкочастотные трансфор

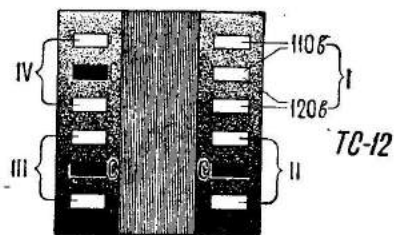


ТС-9

8) Высоковольтный трансформатор для газосветных трубок. На рисунке 96 показан трансформатор для газосветных трубок, повышающий напряжение со 120 до 8000 в и служащий для питания газосветных трубок (см. т. IV, § 23, 2). Высокое напряжение от трансформатора берется от клемм, помещенных



ТС-14



ТС-12

Рис. 94. Выводы у трансформаторов типа ТС.

на фарфоровых изоляторах. При работах с трансформатором надо быть крайне осторожным, так как прикосновение даже к

маторы для радио<sup>1)</sup>.

Таблица 1.

Обмотка II, повышающая напряжение				Обмотка III для накала кенотрона				Обмотка IV для накала приемных ламп			
число витков	толщина провода в мм	напряжение в в	максимальная нагрузка в а	число витков	толщина провода в мм	напряжение в в	максимальная нагрузка в а	число витков	толщина провода в мм	напряжение в в	максимальная нагрузка в а
7 000	0,1	—	—	100	0,55	—	—	—	—	—	—
5 500	0,18	—	—	52	0,8	—	—	22	2,5	—	—
2 000 × 2	0,13	—	—	30 × 2	0,55	—	—	46	1,2	—	—
2 100 × 2	0,16	—	—	30	0,8	—	—	60	0,8	—	—
1 500 × 2	0,18	280 × 2	0,05	22	1,16	4	2	22	1,6	4	4
1 400 × 2	0,12	265	0,025	36	0,8	3,5	1	42	1,2	4	2,2
1 360 × 2	0,2	275 × 2	0,06	15	1,0	3,9	2	20	1,4	4	3
1 960 × 2	0,15	245 × 2	0,04	32	1,0	3,9	2	33	1,3	4	2,7
1 650 × 2	0,15	330 × 2	—	20	1,25	3,9	—	21	1,6	4	—
2 000 × 2	0,17	330 × 2	—	25	1,25	3,9	—	26	1,55	4	—
3 250 × 2	0,17	—	—	3	1,0	—	—	32	1,45	—	—
1 580 × 2	0,18	305 × 2	—	19	1,0	3,7	—	22	1,45	3,9	—
1 660 × 2	0,2	330 × 2	—	19	1,0	3,7	—	22	1,45	3,9	—
1 500 × 2	0,2	—	—	24	1,2	4	—	24	1,45	4	—

маторы и дроссели\*.

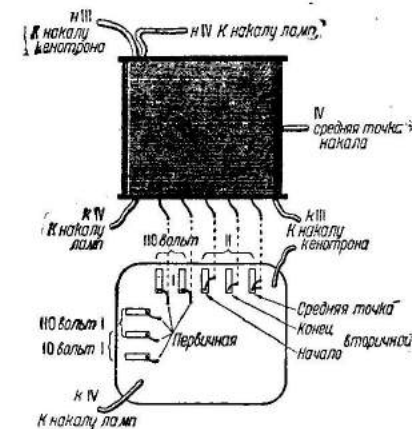
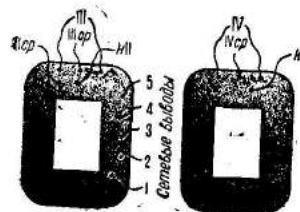


Рис. 95. Выводы у трансформаторов ЭЧС-2 и ЭЧС-3.

одной из клемм высокого напряжения может вызвать смерть.

9) Автотрансформатор АС-21. Автотрансформатор АС-21 предназначен для повышения напряжения, подводимого от сети освещения к приемникам (рис. 97). В осветительной сети, в особенности



в часы наибольшей нагрузки, напряжение бывает меньше нормального и в некоторых местах достигает 60—80 в вместо 120 в. Наоборот, днем напряжение делается больше нормального. В первом случае приемники начинают давать слабый звук, искажать и не принимать дальних

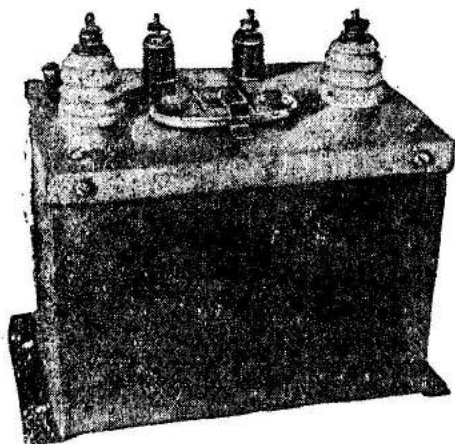


Рис. 96. Трансформатор для газосветных трубок.

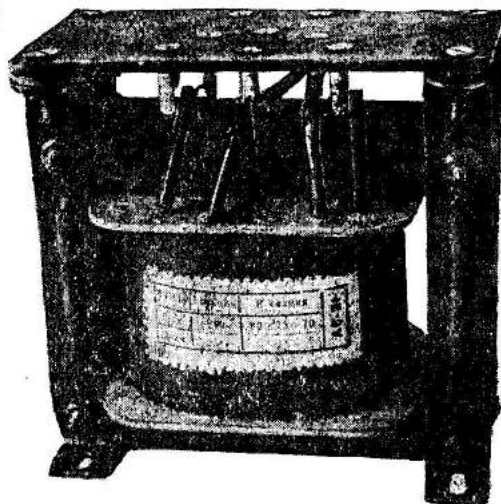


Рис. 97. Автотрансформатор АС-21.

станций. При перенапряжении лампы горят с некоторым перекалом, трансформатор приемника греется и пр., что, безусловно, является вредным. АС-21 и подобные ему автотрансформаторы позволяют изменить напряжение, подводимое к приемнику или к другому потребителю, например лампе накаливания, до нормального, т. е. повысить или понизить напряжение по сравнению с сетью. Схема автотрансформатора показана на рисунке 99, его щиток с гнездами для вилок — на

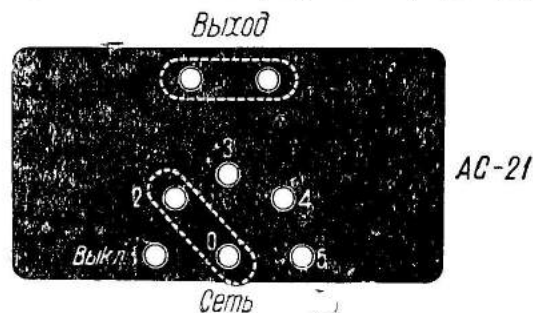


Рис. 98. Щиток автотрансформатора АС-21.

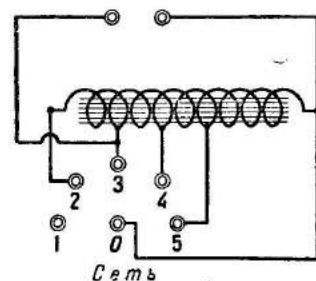


Рис. 99. Схема автотрансформатора АС-21.

рисунке 98. Автотрансформатор имеет первую секцию в 660 витков, намотанную из провода 0,51 мм, дальнейшая намотка сделана более толстым проводником ( $d=1$  мм) и содержит  $80+75+70$  витков. Вилка, ведущая к приемнику, включается в два гнезда, против которых

сделана надпись „выход“. Вилка, подводящая ток от сети, одной ножкой вставляется в гнездо 0. Поворачивая вилку вокруг этой ножки, можно другую вставить в любое из гнезд 1, 2, 3, 4 или 5. Схема на рисунке 99 показывает, что при включениях в гнезда:

01 — сеть выключена;

02 — напряжение на выходе меньше, чем в сети;

03 — напряжение на выходе равно напряжению в сети;

04 — напряжение на выходе больше, чем в сети;

05 — напряжение на выходе еще сильнее повышается по сравнению с предыдущим случаем.

Автотрансформатор АС-21 будет полезен в школе не только для питания приемников, но и для изменения напряжения ламп накаливания при различных опытах.

10) Автотрансформатор для кинопроекторов. Автотрансформатор А/ТСК снижает напряжение с 120 до 45—50 в и предназначен для вольтовой дуги в кинопроекторных аппаратах (рис. 100). Для школы его приобрести надо для питания вольтовой дуги в проекционном фонаре. При включении вольтовой дуги надо последовательно с ней включать также реостат с переключателем (5—6 ом) в качестве успокоительного сопротивления. Вольтова дуга в этом случае будет гореть много спокойнее и устойчивее.

11) Трансформатор БНЭ Института политехнического образования. ИПО разработана конструкция Большого набора по электромагнетизму, которая до настоящего времени выпускалась в продажу в виде комплекта перечисленных ниже частей. В настоящее время набор продается как весь целиком, так и отдельными частями.

Набор БНЭ состоит из следующих основных частей (рис. 101):

I—II-образный сердечник из листового проклеенного бумагой трансформаторного железа.

II—ядро к нему из листового проклеенного бумагой трансформаторного железа.

III—ядро из сплошного мягкого железа.

IV—два наконечника конусообразной формы для создания сильного магнитного поля.

V—два наконечника призматической формы.

VI—две трубки с гайками и двумя сквозными шпильками для закрепления различных наконечников на сердечнике.

VII—машина постоянного и переменного токов для работы мотором и генератором различных систем.

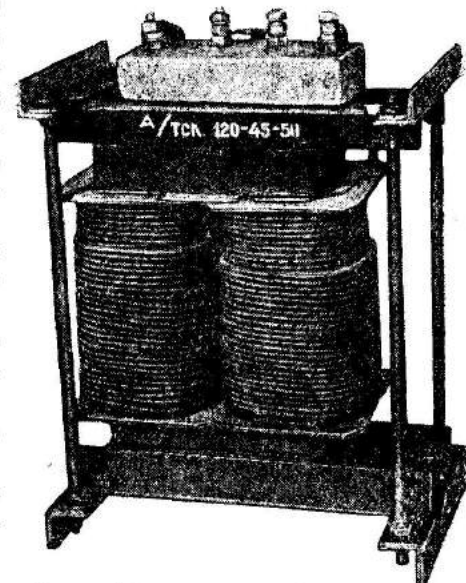


Рис. 100. Автотрансформатор для вольтовой дуги в кинопроекторных аппаратах.

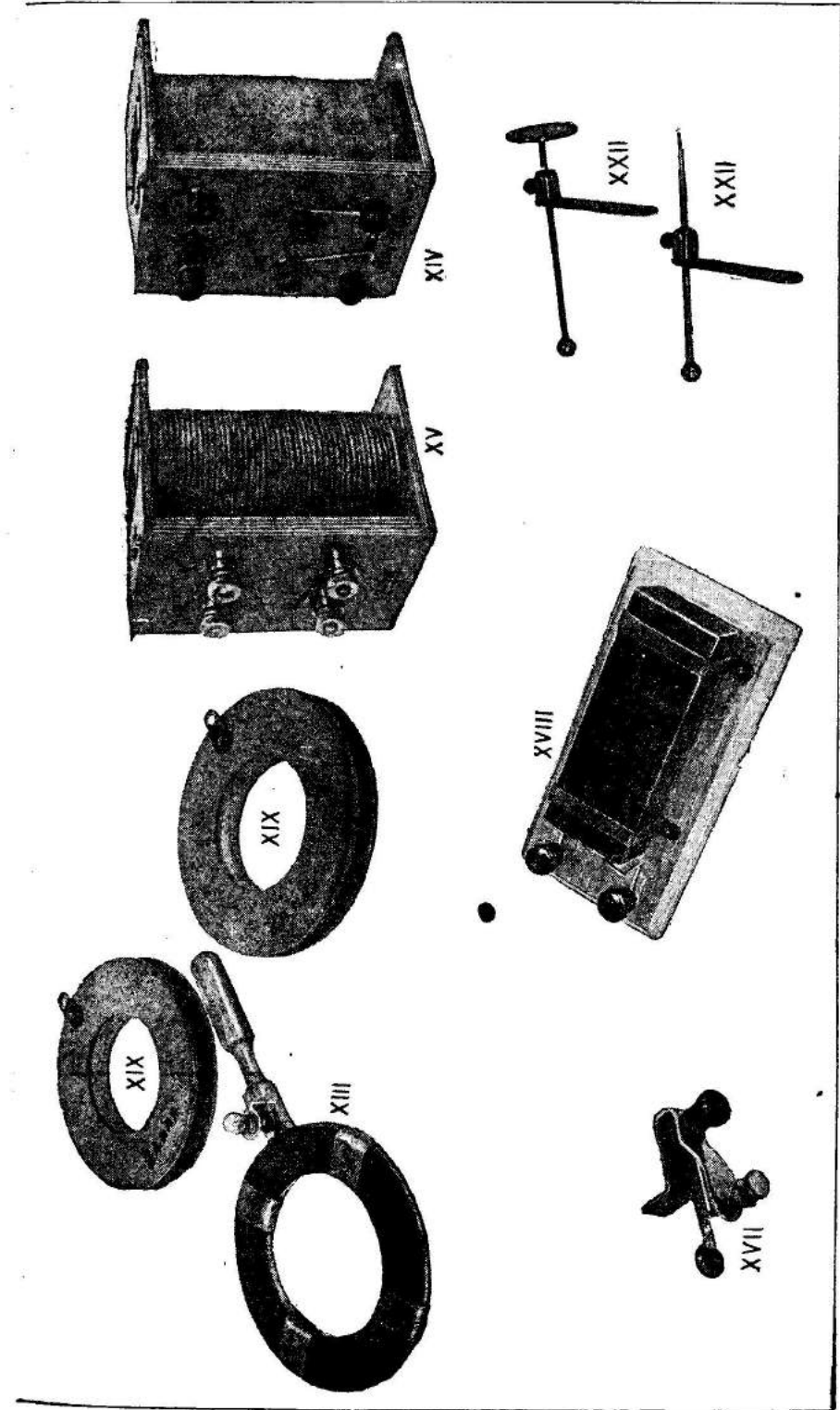
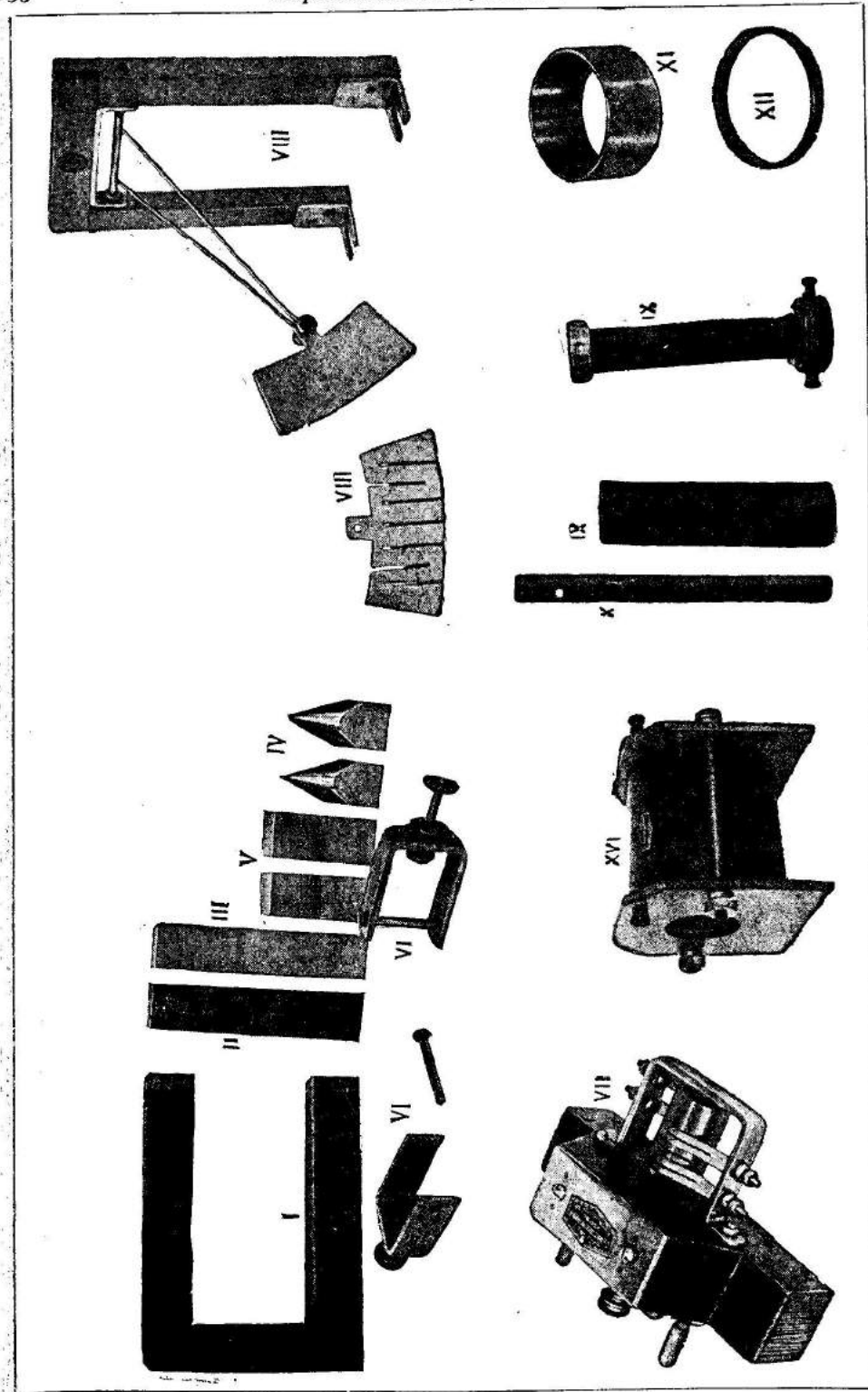


Рис. 101. Большой набор по электромагнетизму ИПО (БНЭ).

VIII — маятник Вальтенгофена с двумя алюминиевыми пластинками, из которых одна с прорезами, а другая без них, на деревянной рамке.

IX — первичная катушка спирали Румкорфа.

X — сердечник к ней из отожженной проволоки.

XI — алюминиевое кольцо для опытов Томсона.

XII — медное кольцо для опытов Томсона и модели индукционной печи.

XIII — плоская катушка на ручке с патроном и лампочкой от карманного фонарика (для опытов с трансформатором и опытов с магнитной утечкой).

XIV — первичная катушка трансформатора с двумя обмотками для присоединения к сетям в 120—220 в. У одной из обмоток, которая может служить и автотрансформатором, сделаны отводы для получения напряжений 40—60 в (см. рис. 102).

XV — вторичная катушка трансформатора напряжением 12—24 в для опытов по электросварке.

XVI — разборная катушка высокого напряжения из двух обмоток тонкой проволоки, залитая изоляционным составом.

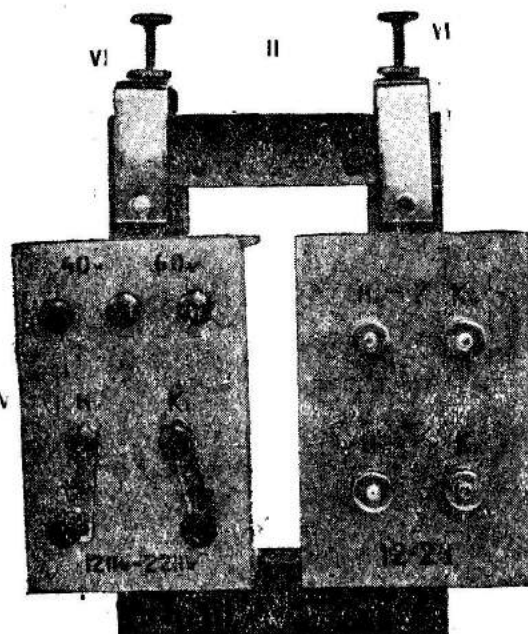


Рис. 102. Трансформатор из большого набора ИПО.

Эти катушки стягиваются посредством изолирующих болтов деревянными щеками, на которых устанавливаются разрядники различной формы (рис. 101, XXII и 103, XXIII).

XVII — молоточковый прерыватель.

XVIII — конденсатор.

XIX — две плоские катушки для демонстрации притяжения и отталкивания двух токов; они же могут служить обмотками повышающего трансформатора на 1000 и 2000 в.

XX — мешочек с железными опилками.

XXI — ситечко для проведения опытов с магнитными спектрами.

Весь набор собран в прочном деревянном ящике, снабженном двумя ручками.

Из U-образного сердечника (рис. 101, I), ярма II и катушек первичной XIV и вторичной XV могут быть собраны:

1) трансформатор со 120 или 220 в на 12 и 24 в (рис. 102) и 2) автотрансформатор: для напряжения 220 в — понижающий до 120, 40 и 60 в, для напряжения 110—120 в — понижающий до 60 и 40 в и повышающий до 220—240 в.

Прежде всего надо ознакомиться со способами включения первичной катушки XIV в сеть при напряжении 120 и 220 в. Первичная катушка состоит из двух отдельных обмоток, концы которых выведены соответственно к клеммам  $H_1$  (начало первой),  $K_1$  (конец первой обмотки) и  $H_2$  и  $K_2$ .

Если напряжение сети 120 в, то эти обмотки включают между собой параллельно, для чего двумя перемычками (рис. 102) соединяют клеммы  $H_1$ ,  $H_2$  и  $K_1$ ,  $K_2$ .

Один провод сети 120 в включается к паре  $H_1$ ,  $H_2$  и другой к паре  $K_1$ ,  $K_2$ . При напряжении в сети 220 в обмотки включают последовательно, для чего одной перемычкой соединяются клеммы  $H_2$  и  $K_1$ .

Провода от сети 220 в присоединяют к паре свободных клемм  $H_1$  и  $K_2$ . Одна из обмоток имеет отводы, позволяющие получить как при 120 в, так и 220 в напряжения 40 и 60 в. Эти отводы сделаны для использования первичной обмотки как автотрансформатора. Для получения трансформатора, снижающего напряжение со 120 или 220 в до 12 и 24 в, на сердечник надевают еще вторичную катушку XV (рис. 102). При сборке трансформатора важно прижать возможно более плотно ярмо II к сердечнику посредством струбцин VI.

Описанный трансформатор является лучшим из всех описанных выше школьных трансформаторов и позволяет осуществить подавляющее большинство опытов, описанных в настоящей главе. Катушка XVI, взятая в качестве вторичной, позволяет поднять напряжение со 120 или 220 в до 10 000 в (рис. 101 и 103).

В качестве первичной обмотки, как и всегда, берется катушка XIV. Для демонстрации разряда тока высокого напряжения к клеммам катушки XVI присоединяют роговидные разрядники XXIII, установив их в наиболее узком месте на расстоянии 2—3 мм. При включении первичной обмотки между рогами появляется дуга, которая ползет вверх и, достигнув наибольшей длины, тухнет. Дуга вновь возникает самостоятельно, и процесс повторяется.

Преподаватель должен раз навсегда запомнить, что прикосновение даже к одной из клемм высоковольтной обмотки смертельно. Поэтому при работе с высоковольтным трансформатором надо соблюдать следующие правила:

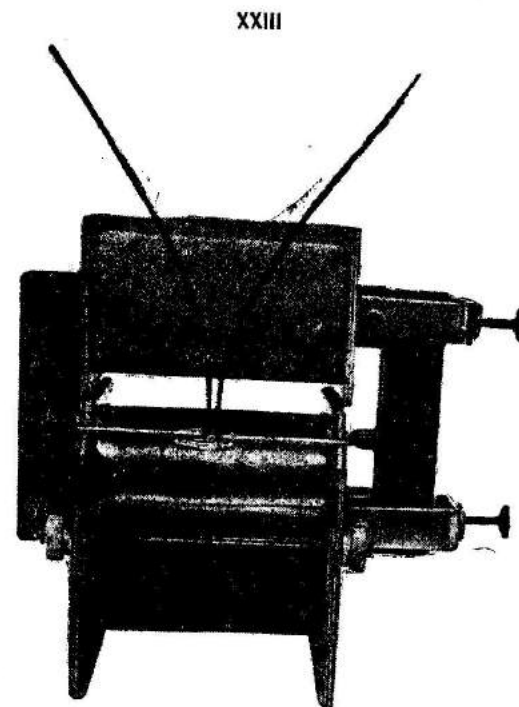


Рис. 103. Высоковольтный трансформатор из большого набора ИПО.



1) Сердечник трансформатора лучше заземлять, т. е. присоединять проводом к трубам отопления или водопровода.

2) Роговидные разрядники следует устанавливать так, чтобы они находились не ближе 6 см от ближайших частей трансформатора или окружающих предметов.

3) Нельзя производить никаких переключений под током, т. е. в то время, когда первичная обмотка включена в сеть.

4) Нельзя не только касаться клемм и разрядников вторичной обмотки, но и подносить к ним очень близко руку.

5) При демонстрациях никто из учащихся не может находиться около демонстрационного стола, а каждый должен сидеть на своем месте<sup>1)</sup>. Поручать же такую демонстрацию кому-либо из учащихся — преступление.

При соблюдении этих простых правил демонстрация абсолютно никакой опасности не представляет ни для учащихся, ни для преподавателя.

Так как БНЭ не был описан в т. IV настоящего издания, то перечисляем важнейшие опыты, которые могут быть с ним продемонстрированы.

1) Электромагнит собирается из сердечника I и катушки XIV. Для питания электромагнита нельзя брать напряжение постоянного тока выше 12 в. При установке на концах сердечника конусообразных наконечников IV<sup>2)</sup> электромагнит служит для демонстрации явлений диа- и парамагнетизма (см. т. III, § 43, 2). При наконечниках V<sup>2)</sup> призматической формы демонстрируют опыт перемещения проводника с током в магнитном поле (см. т. IV, § 9, 5), явление индукции с прямым проводником (см. т. IV, § 12, 7 и др.). При таких же наконечниках и установке маятника Вальтенгофена VIII производится демонстрация тормозящих действий токов Фуко (см. т. IV, § 19, 1). Хорошо выходят также опыты с токами Фуко, описанными в т. IV, § 19, 2—6.

Электромагнит может быть использован также для намагничивания током постоянных магнитов (см. т. IV, § 6, 13).

2) Катушка Румкорфа собирается из катушек IX и XVI, сердечника X и разрядника XXII (о катушках Румкорфа см. т. IV, § 15). Питаят катушку от сети освещения через прерыватель Симона (см. т. IV, § 16, 8). При установке на катушке Румкорфа прерывателя XVII нужно пользоваться током от батареи 4—6 в. Для уменьшения искрообразования в прерывателях и увеличения к. п. д. надо включить конденсатор XVIII по схеме рисунка 273, т. IV.

3) Динамо и мотор (сериеc и шунт) собираются из сердечника I, катушки XIV или XV и якоря с наконечниками VII по схемам рисунков 185 и 186, т. IV.

4) Взаимодействие двух катушек может быть показано при помощи обмоток XIX по описанию, т. IV, § 8, 5, 3.

Назначение остальных частей набора описано в нижеследующих опытах с трансформатором.

<sup>1)</sup> Это требование не является преувеличением, так как в практике бывали совершенно неожиданные случаи, вызывавшие поражения током.

<sup>2)</sup> Наконечники закрепляются на концах сердечника при помощи струбцинок VI.

**3. Простейший самодельный автотрансформатор.** Весьма полезен для кабинета простейший автотрансформатор<sup>1)</sup>, изготовление которого можно произвести в электротехническом кружке (рис. 104, I).

Сердечник автотрансформатора собирают из железной проволоки ( $d=1-2$  мм), известной в продаже под названием печной. Эта проволока должна быть хорошо отожжена, для чего ее помещают в железную коробку, засыпают золой и помещают в топку голландской печи, центрального отопления или, лучше всего, в муфельную электрическую печь (см. т. III, рис. 408). Важно, чтобы проволока остывала длительное время. Проволоку нарезают кусками длиной 50 см. На сердечник надевают два кружка A из фанеры с внешним диаметром 6—7 см и укрепляют их на расстоянии около 17 см друг от друга (рис. 104, II). Сердечник между кружками для изоляции обматывают двумя слоями изолирующей ленты или в крайнем случае материей, пропитанной лаком, и обматывают проводником марки ПБ или ПБД ( $d=0,8-1$  мм) в количестве примерно около 900 витков.

Важно во избежание обрыва конец проводника, соответствующий началу, сделать из расплетенного осветительного шнура; точно так же делаются все отводы. Отводы от катушки должны быть сделаны: 15, 45, 105 и 300 витков и впоследствии приключены к клеммам 1—5 или гнездам. Для включения в цепь освещения начало и конец обмотки выводятся к клеммам ~ 120 в. После намотки проволоки, образующие сердечник, сгибаются указанным на рисунке 104 образом. Некоторая часть из этих проволок может быть согнута наполовину до намотки катушки, чтобы закрепить кружки A от сдвига при плотной намотке. Концы согнутых проволок должны быть связаны между собой лучше непроводящими материалами, чем проволокой, так как в последней будет происходить индуцирование тока, как в замкнутом витке. Включая для питания приемника различное число витков, можно получить напряжение, величина которого будет примерно равна:

$$u = \frac{nU}{N},$$

где  $N$  — число витков всего автотрансформатора;  $n$  — число витков его включенной части;  $U$  — напряжение в сети.

<sup>1)</sup> Описан в журн. „Физика, математика в средней школе“ Маторины М.

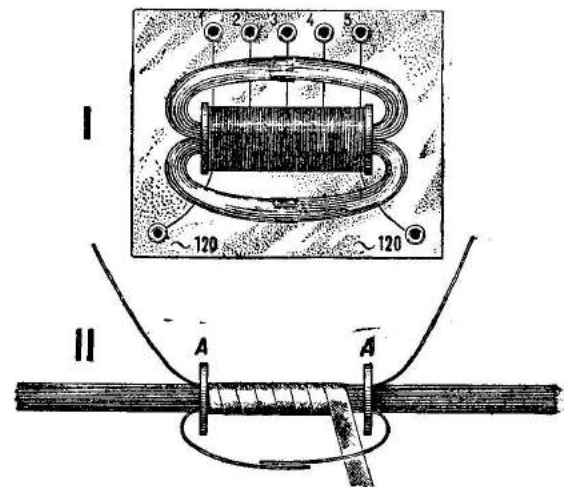


Рис. 104. Самодельный автотрансформатор и его сердечник.

**4. Некоторые практические указания для постройки трансформаторов.** Постройка сердечника. Построить трансформатор своими силами сравнительно нетрудно; при достаточно аккуратном выполнении он будет работать с довольно высоким к. п. д. Магнитопровод рекомендуется делать стержневого типа, так как изготовление его много проще и легче, чем броневое типа.

При постройке трансформаторов особое внимание приходится уделять конструкции магнитопровода. В магнитопроводах существуют два вида потерь: на гистерезис и на индуктирование токов Фуко. Для уменьшения потерь на токи Фуко магнитопровод собирается из отдельных листов железа, изолированных друг от друга прокладками из тонкой бумаги, пропитанной изолирующими веществами, или лакировкой пластинок.

Для борьбы с гистерезисом употребляются особые сорта мягкого железа, получившего название трансформаторного. Вместо трансформаторного железа, достать которое нелегко, для всех описываемых ниже трансформаторов с достаточным успехом можно взять тонкое кровельное железо. Так как сделать обмотку трансформатора на собранном магнитопроводе дело очень сложное, то первичная и вторичная катушки обычно мотаются отдельно и затем уже надеваются на магнитопровод. Для этой цели магнитопровод обычно делается разборным. Железо нарезается

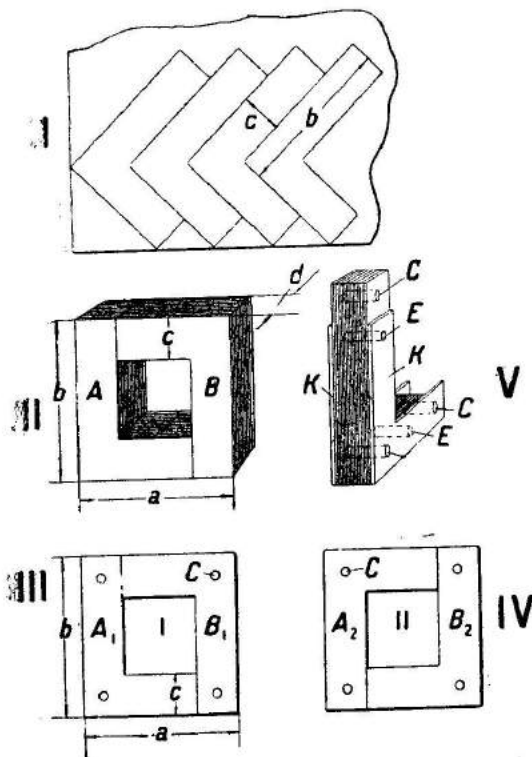


Рис. 105.

из листа в форме уголков, как это показано на рисунке 105, I. Чем аккуратнее выполнена резка, тем меньше усилий будет впоследствии потрачено на опилование сердечника. Для уменьшения потерь на гистерезис нарезанные уголки отжигаются: их накаливают в топящейся печи докрасна и затем дают им медленно остыть. Особенно удобно отжиг производить в электрической муфельной печи (см. т. III, рис. 408). Отжиг лучше всего вести в закрытом сосуде для того, чтобы пластинки не покрылись чересчур толстым слоем окалины (пластинки плотно укладываются в закрываемую крышкой железную коробку, засыпаются золой и в ней отжигаются). Сборка магнитопровода из нарезанных уголков может быть произведена двумя способами: впритык (рис. 105, II) и внахлестку (рис. 105, III и IV). При сборке впритык магнитопровод составляется из двух отдельных частей A и B (рис. 105, II). Размеры

сердечника  $a$ ,  $b$ ,  $c$  и  $d$  находятся из таблицы 2, приведенной на стр. 67, и зависят от мощности строящегося трансформатора. При этом рассматриваемом способе сборки один уголок накладывается на другой с прослойкой из тонкой бумаги, пропитанной асфальтовым или шеллачным лаком. Если производился отжиг и уголки покрылись слоем окислов, то изоляция из бумаги не нужна. Чем лучше спрессованы пластины, тем меньше будет магнитное сопротивление магнитопровода и тем выше к. п. д. трансформатора. Для лучшей спрессовки и надежного соединения частей магнитопровода между собой часто прибегают к следующему способу. Из листового (котельного) железа толщиной в 2—3 мм вырезают ножовкой соответствующих размеров углы  $K$ , форма которых ясна на рисунке 105, V. Эти углы скреплены между собой расклепанными на концах стержнями  $F$  (рис. 105, V и 106). Расклепка делается заподлицо с пластинами  $K$ , для чего отверстия  $E$ , в которые проходят стержни, приходится раззенковывать. Для прохода стержней  $F$  в пластинах просверливаются отверстия  $E$ . Диаметр этих отверстий берется больше диаметра стержней  $F$  на 1—2 мм. Отверстия  $C$  (рис. 105, V) делаются для прохода болтов, скрепляющих половины сердечника друг с другом. Магнитопровод описанного типа в случае надобности легко разобрать на две половины и снять катушки для осмотра и ремонта. Для уменьшения магнитного сопротивления необходимо очень тщательно опилить плоскости частей магнитопровода, приходящиеся впритык, так, чтобы они могли соприкасаться между собой по всей поверхности. Даже небольшой воздушный зазор в этом месте будет сказываться при работе трансформатора очень неблагоприятным образом.

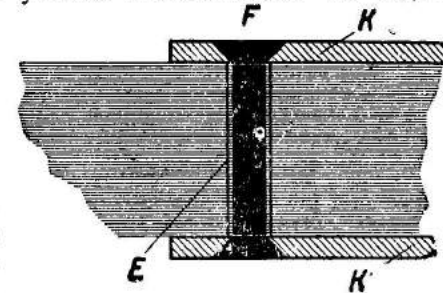


Рис. 106.

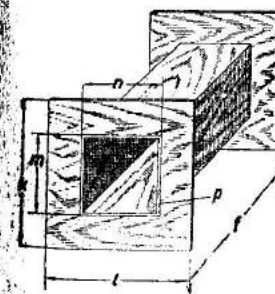


Рис. 107. Гильзы для намотки катушек.

При другом способе сборки пластины вставляются одна за другой в катушки трансформатора по схемам III и IV, изображенным на рисунке 105. Отверстия  $C$  сделаны для прохода болтов, скрепляющих пластины магнитопровода. Этот способ можно рекомендовать всем, кто имеет слабые технические навыки по обработке металлов.

Для намотки вторичной и первичной катушек делаются гильзы из картона, тонкого дерева или тонкой фанеры (рис. 107). Размеры гильз зависят от мощности трансформатора и, в частности, указаны в приведенной на стр. 67 таблице 2. Намотка первичной и вторичной катушек в трансформаторах производится обычным образом (см. т. IV, § 5, 2).

Вторичные обмотки трансформаторов высокого напряжения (несколько тысяч и десятков тысяч вольт) в целях достижения хорошей изоляции рекомендуется составлять из отдельных секций А



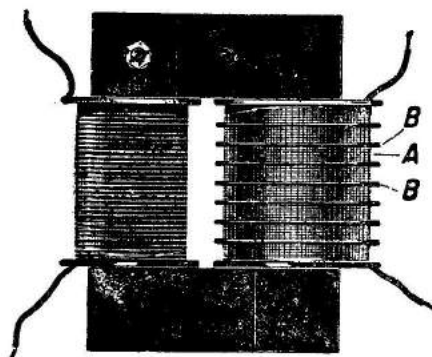


Рис. 108. Вид самодельного высоковольтного трансформатора.

мощностью в 40, 800 и 1800 *вт*. Буквенные обозначения в таблице соответствуют обозначениям на рисунках 105 и 107.

На рисунке 109 показан самодельный трансформатор, повышающий напряжение со 120 до 4000 *в*. Этот трансформатор следует построить для кенотронного выпрямителя, который позволит получать выпрямленный ток от нескольких сот до 1500 *в*, что нужно для питания ламповых генераторов.

Сердечник изготавливать своими силами не стоит, проще всего воспользоваться готовым сердечником от трансформатора (120/12 *в*) для питания котельных ламп<sup>2)</sup>. Можно взять также сердечник от трансформатора Неймана. Первичную обмотку делают из двух катушек по 180 витков провода ПБД ( $d=1$  мм).

На каждую из таких катушек надевают сверху гильзы (см. рис. 107), сделанные из картона, пропитанного шеллачным лаком. Каждую из гильз тремя картонными или тонкими фанерными перегородками разделяют на четыре отделения для намотки четырех секций. Как перегородки, так и трубчатые части гильз необходимо оклеить листиками слюды или миканита.

В каждую секцию укладывается по 1500 витков провода ПБД ( $d=0,3$  мм) (всего в восьми секциях 12 000 витков). Прежде чем

<sup>1)</sup> Миканит — это кусочки слюды, склеенные между собой в несколько слоев посредством шеллака и других изолирующих веществ.

<sup>2)</sup> В частности хорош трансформатор завода № 2 „Техника безопасности“ 880/12 на 300 *вт*.

(рис. 108), изолируя их друг от друга прокладками В из миканита<sup>1)</sup>.

Гильзы для улучшения изоляции также оклеиваются миканитом (толщиной в 0,5 мм) в тех частях, на которых будет лежать обмотка.

Для намотки секций высоковольтных трансформаторов делается специальный станочек (см. т. IV, рис. 72, 73), описанный в т. IV, § 5, 2. Там же указано, как производится парафинирование проводника. Схема соединения секций изображена на рисунке 269, т. IV.

В таблице 2 (на стр. 67) приведены данные для трансформаторов

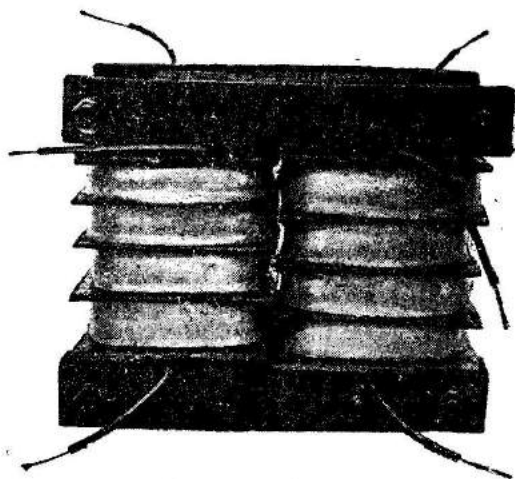


Рис. 109. Трансформатор 120/4000 для кенотронного выпрямителя.

Таблица 2.

Самодельные трансформаторы для физического кабинета.

Назначение трансформатора	Мощность в <i>вт</i>	Напряжение в первичной обмотке		Сила тока при нормальной нагрузке		Размеры магнитопровода в мм (см. рис. 105)				Диаметр проводника без изоляции в мм		Число витков в обмотках		Размеры гильз в мм (см. рис. 107)						Напряжение на отводах от вторичной обмотки	
		в первичной обмотке	во вторичной обмотке	в первичной $I_1$	во вторичной $I_2$	a	b	c	d	в первичной	во вторичной	в первичной	во вторичной	k	l	f	m	n	p	число витков	напряжение
Питание лабораторных установок, требующих малой мощности	40	120	8	0,4	5	84	130	28	30	0,5	2	1 270	94	58	60	72	30	32	1—2	24	2
																				48	4
																				70	6
																				94	8
Питание лабораторных установок средней мощности и вольтовой дуги до 20 <i>а</i>	800	120	40	7,6	20	172	256	57	62	2,2	3,6	270	94	100	105	138	60	65	1—2	24	10
																				48	20
																				72	30
																				94	40
Питание лабораторных установок и вольтовой дуги до 30—35 <i>а</i>	1 800	120	60	17	30	212	228	70	77	3,2	4,0	180	92	122	129	185	72	79	1—2	15	10
																				30	20
																				46	30
																				61	40
																				76	50
																				92	60



наматывать первую секцию, начало наматываемого провода следует, через отверстие в перегородке между первой и второй секциями, пропустить во вторую секцию.

Затем наматывают первую секцию из 1500 витков. Перед обмоткой второй секции наматываемый провод присоединяют к выводу, продетому через перегородку, и намотку ведут обязательно в противоположном направлении. Это значит, что если первая секция наматывалась в направлении часовой стрелки, то вторую секцию необходимо наматывать против часовой стрелки. Затем, пропустив провод через перегородку третьей и четвертой секций, наматывают их так же, т. е. третью, как первую, по часовой стрелке, а четвертую, как вторую, против

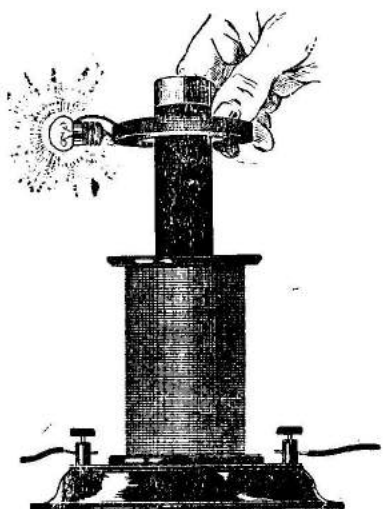


Рис. 110. Опыт для демонстрации принципа действия трансформатора.

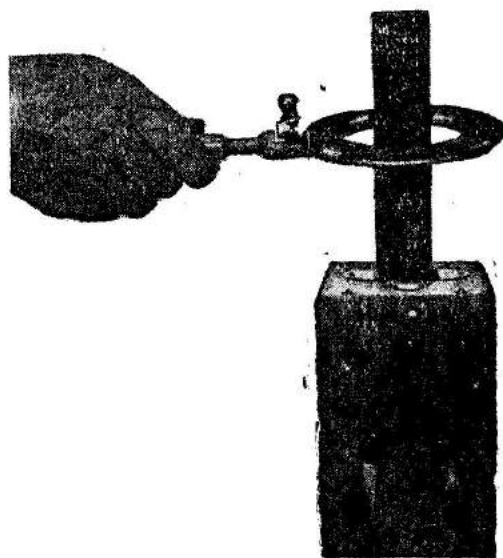


Рис. 111. Демонстрация принципа действия трансформатора с катушкой из набора ИПО.

часовой стрелки. Концы второй и третьей секций соединяют между собой. Подобным же образом обматывают вторую гильзу.

Каждая из секций дает напряжение около 500 в; следовательно, каждая катушка создаст напряжение 2000 в. Катушки соединяют между собой и от места соединения, называемого средней точкой, делают отвод.

**5. Принцип действия трансформатора.** 1) Прибор Томсона. 2) Проводник ПБ ( $d = 0,3 - 0,8$  мм). 3) Лампочка от карманного фонарика.

Для демонстрации принципа действия трансформатора наматывают на бутылку или стакан 30—50 витков проводника марки ПБ и ПБД. Проводник во избежание разматывания связывают в нескольких местах нитками, снимают моток с бутылки и концы присоединяют к лампочке от карманного фонарика или рудничной. Моток постепенно надевают на выступающий конец сердечника прибора Томсона (рис. 110) и наблюдают, что лампочка накаливается.

На рисунке 111 показан такой же опыт с катушкой Томсона, собранной из БНЭ (см. рис. 101) и с индикаторными витками XII, входящими в набор.

**6.\* Питание звонка от трансформатора.** 1) Звонковый трансформатор. 2) Два пробочных предохранителя. 3) Звонковая кнопка. 4) Звонок. 5) Лампочка от карманного фонарика. 6) Вольтметр.

Для изучения способа включения звонкового трансформатора полезно провести следующую лабораторную работу. Смонтированный на подставке трансформатор  $T_1 T_2$  (рис. 112) включают через два пробочных предохранителя  $P$  (см. т. III, рис. 77) в цепь освещения 120 в. Включают к одной паре из клемм 1, 2 и 3 (см. рис. 73) звонок  $A$  через кнопку  $K$ . Для определения напряжения на клеммах 1, 2, 3 можно воспользоваться вольтметром. Полезно также включить к различным клеммам лампочку от карманного фонарика и убедиться, что она горит неодинаковым накалом.

Монтаж трансформатора для питания звонка в стационарной установке показан на рисунке 76.

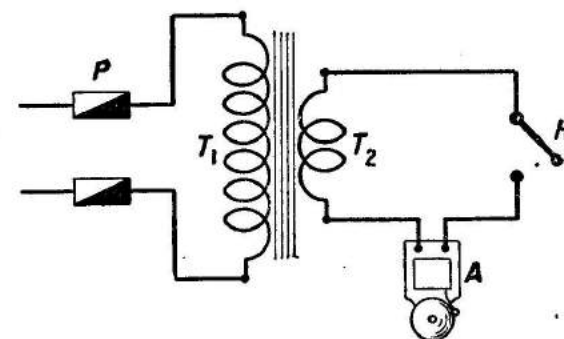


Рис. 112. Схема включения звонкового трансформатора.

**7.\* Зависимость напряжения во вторичной обмотке трансформатора от соотношения чисел витков первичной и вторичной.** 1) Разборный трансформатор. 2) Лампочки с патронами: 220, 120, 12 и 4 в. 3) Вольтметры 120 и 15 в.

Цель работы — изучить зависимость напряжения во вторичной обмотке от соотношения чисел первичной и вторичной. На разборный трансформатор (см. рис. 83) надевают катушки с различным числом витков по схемам рисунков 84—85 и измеряют вольтметрами напряжения во вторичной цепи в различных случаях.

Полезно, кроме измерений вольтметром, включать соответственно взятому числу витков лампочки накаливания 220, 120, 12 и 4 в. При схеме, показанной на рисунке 84, IV (350 в), лампочка 220 в, а тем более 120 в, горит ослепительным светом и чрезвычайно быстро перегорает.

Такие же опыты можно поставить с трансформатором БНЭ (см. рис. 102) или с разборным трансформатором, показанным на рисунках 81 и 82.

**8. Расширение показаний амперметра и вольтметра посредством трансформатора.** 1) Разборный трансформатор или трансформатор БНЭ (см. рис. 102). 2) Вольтметры: 15, 120 и 250 в. 3) Амперметр. 4) Ламповый реостат. 5) Реостат.

В т. III, § 9, 3 и 4 описаны принцип действия и применение трансформаторов тока и напряжения, служащих для измерения обычными

приборами соответствующих величин в цепях с высоким напряжением и сильным током. Для изучения принципа действия измерительных трансформаторов напряжения собирают схемы рисунков 113 и 114. В первом случае берут на разборном трансформаторе катушки *A* и *C* (см. рис. 84), понижающие напряжение со 120 до 8 в. Тогда ко вторичной цепи, т. е. к катушке *C*, может быть включен вольтметр  $V_1$  до 10—15 в. Затем определяют коэффициент трансформации, равный

$$K = \frac{1}{K_1} = \frac{U_1}{U},$$

где  $U$  — напряжение в первичной и  $U_1$  — во вторичной обмотках. Таким образом, трансформатор снижает напряжение в  $K_1$  раз, и вольтметр  $V_1$  будет давать показание в  $K_1$  раз меньше, чем в первичной цепи. Если изменять при помощи реостата  $R$  напряжение в первичной цепи, то по показанию вольтметра  $V_1$ , увеличив его показания в  $K_1$  раз, можно измерить напряжение на клеммах первичной катушки.

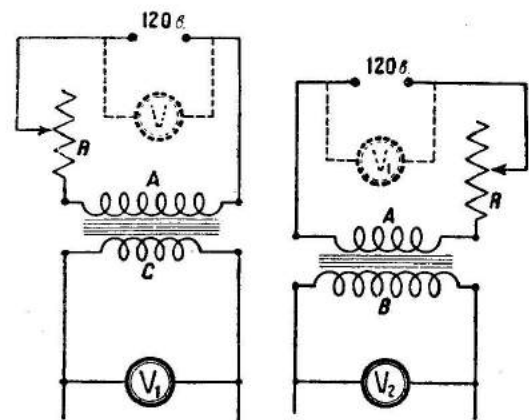


Рис. 113—114. Схемы для изучения действия трансформаторов напряжения.

быть сделано возможно точнее. Действительно, у приборов переменного тока шкала имеет неравномерные деления (см. т. III, § 9, 6), дающие тем большую точность измерения, чем больше величина напряжения. Поэтому отсчет по вольтметру на 250 в, включенному непосредственно в первичную цепь 120 в, дает меньшую точность измерения, чем при включении его через повышающий трансформатор напряжения.

На рисунке 115 показано включение трансформатора тока *T*. Для демонстрации соединяют большой ламповый реостат *R* через амперметр  $A_1$  и катушку *C* (см. рис. 84), состоящую из малого числа витков толстого проводника. Тогда в обмотке *A* (см. рис. 84) под влиянием магнитного поля катушки *C* будет возникать некоторая электродвижущая сила, создающая ток через амперметр  $A_2$ . Отношение числа витков всегда можно подобрать так, что ток во вторичной цепи будет в некоторое определенное число  $K$  раз меньше, чем в первичной. Тогда для оценки величины первичного тока можно пользоваться отсчетами по амперметру  $A_2$ , увеличивая его показания в  $K$  раз. Трансформатор тока позволяет, таким образом, расширить показание амперметра  $A_2$  и измерять, например, при помощи миллиамперметра токи порядка единиц и десятков ампер.

При демонстрации получают при помощи лампового реостата в первичной цепи ток в 5—6 а; во вторичную цепь включают миллиамперметр.

О трансформаторах напряжения и тока см. т. III, § 9, 3 и 4.

**9. Демонстрация электросварки.** 1) Трансформатор (см. рис. 86 и 102). 2) Два железных гвоздя.

Демонстрации электросварки, описанные в т. III, § 23, 9, очень удобно производить при помощи трансформатора, снабженного сварочными тисками (см. рис. 86).

На сердечник трансформатора надевают катушку *A* с 480 витками и включают одну ее секцию (240 витков) клеммами 1, 3 или 2, 4 в цепь освещения на 120 в. При напряжении в 220 в в цепь вводятся обе секции, т. е. все 480 витков. Концы вторичной катушки *D*, состоящей из пяти витков медной шины, присоединяют при помощи винтов с барашками *d* к сварочным тискам (рис. 116). В отверстиях, сделанных в тисках *OP* при помощи соответствующих винтов, зажимают два железных гвоздя или стержня, подлежащих свариванию. Вращая головку *M*, сближают гвозди до соприкосновения и наблюдают, что в месте контакта концы гвоздей раскаляются. По получении желтого каления сближают еще больше гвозди до образования утолщения на месте сварки, после чего ток выключают. После некоторой тренировки удастся сваривать гвозди так, что гвозди ломаются или сгибаются на целом, а не на сваренном месте.

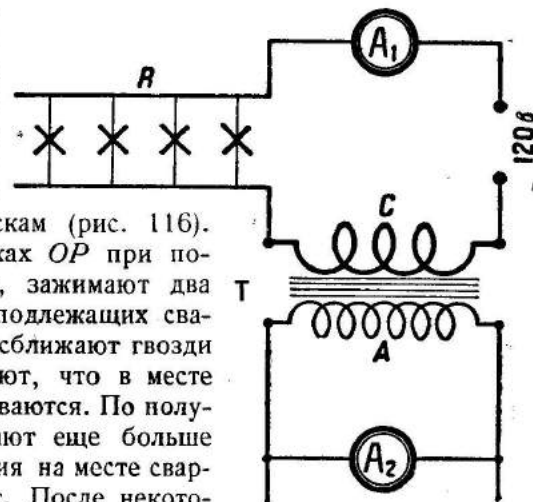


Рис. 115. Схема для изучения действия трансформатора тока.

Электросварку можно показать также и при помощи трансформатора БНЭ (см. рис. 102). Для этого обмотки вторичной катушки *XV* соединяют между собой параллельно. К клеммам включают посредством толстых проводов (6 мм<sup>2</sup>) два небольших железных гвоздя. Каждый гвоздь (в том месте, где вокруг него обернут подводящий ток провод) схватывают плоскогубцами. Гвозди сближаются своими острыми концами, где они быстро раскаляются до сварочного жара и свариваются.

**10. Принцип индукционной печи низкой частоты.** 1) Трансформатор БНЭ (см. рис. 101). 2) Гипс. 3) Свинец.

На один стержень сердечника *I* надевают катушку *XIV*, а на другой — медное кольцо *XII* от опыта Томсона (рис. 101). При включении первичной катушки *XIV* в сеть во вторичной катушке, которой в данном случае является кольцо *XII*, индуцируется некоторая электродвижущая сила. Благодаря весьма малому сопротивлению кольца в нем возникает ток силой в несколько десятков ампер. Под влиянием этого тока кольцо



раскаливается. Во избежание обгорания лака на сердечнике необходимо перед опытом сделать под кольцо прокладку из асбеста.

Если сделать из гипса широкое и толстое кольцо с достаточно глубоким желобком, в которое укладывалось бы медное кольцо, то за счет выделяемой теплоты можно расплавить свинец, олово, баббит и т. п.

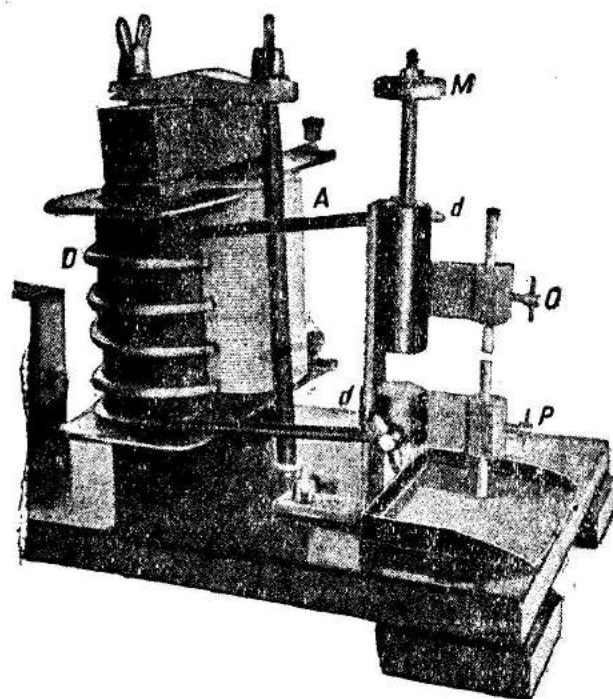


Рис. 116. Сварочные тиски у школьного разборного трансформатора (рис. 86).

всего обнаружить на ощупь; для демонстрации в аудитории в верхнем основании сердечника делается углубление, заполняемое водой или ртутью, в которую погружают шарик демонстрационного термометра. Если термометр подходящего размера отсутствует, о нагревании сердечника судят по кипению спирта или эфира, заполняющих углубление<sup>1)</sup>. Можно также закрыть отверстие пробкой, которая под давлением пара вылетает с выстрелом.

Затем в катушку вводят сплошной, хорошо отожженный железный сердечник и убеждаются одним из указанных выше способов в более слабом нагревании сердечника. Это нагревание возникает не столь быстро, как в первом случае, и происходит под влиянием токов Фуко (см. т. IV, § 19). В заключение делают опыт с катушкой, у которой сердечник состоит из пучка тонких, хорошо отожженных железных проволок. В этом случае нагревание почти незаметно, так как возникающие в отдельных проволоках токи Фуко невелики по своей силе.

<sup>1)</sup> Спирт, а тем более эфир, следует наливать из пробирки, а не из бутылки, опасаясь воспламенения.

Описанные опыты демонстрируют принцип индукционных металлургических печей низкой частоты.

**11. Потери на токи Фуко и гистерезис в сердечнике.** 1) Катушки Томсона (см. рис. 55) или трансформатор БНЭ (см. рис. 101). 2) Ртуть. 3) Термометр. 4) Сердечники: стальной, железный и проволочный.

В катушку Томсона (см. рис. 55) или катушку от разборного трансформатора БНЭ (см. рис. 101), включенную в цепь переменного тока освещения, помещают сначала сердечник, сделанный из стали или неотожженного железа. Этот сердечник через короткое время сильно нагревается как под влиянием гистерезиса, так и токов Фуко. Нагревание проще

Опыты обнаруживают причину, по которой сердечники катушек для переменного тока, во-первых, делаются из мягкого (отожженного) железа, во-вторых, состояются из отдельных тонких листиков или проволок, изолированных друг от друга.

При опытах замену сердечников следует производить, обязательно каждый раз выключая ток. В противном случае после вынимания сердечника сопротивление катушки в весьма значительной мере уменьшится и через нее потечет весьма сильный ток, способный, если не сжечь обмотку катушки, то вызвать порчу ее изоляции.

Нагревание токами Фуко может быть также обнаружено в трансформаторе БНЭ (см. рис. 102), сердечник которого замкнут ярмом из сплошного железа III (см. рис. 101). После включения первичной обмотки в сеть ярмо быстро разогревается.

**12. Модель передачи электроэнергии на расстояние.** 1) Две катушки Румкорфа. 2) Два звонковых трансформатора. 3) Два реостата. 4) Лампочки на 120 и 4 в. 5) Гейслерова трубка.

Модель передачи электроэнергии на расстояние осуществляется по схеме, показанной на рисунке 117, из двух трансформаторов  $T_1$  и  $T_2$ . В качестве трансформаторов могут быть взяты две одинаковые катушки Румкорфа, но при этом преподаватель должен обратить свое внимание на то, что при питании их переменным током прикосновение ко вторичной цепи может быть опасным для жизни. Первичная обмотка катушки  $T_1$  без прерывателя (см. т. IV, § 15, 2) включается в цепь освещения на 120 в последовательно с реостатом  $R_1$  такого сопротивления, чтобы сила тока через обмотку не превышала нормальную. От вторичной катушки протягиваются тонкие проводники 1 и 2 на возможно большее расстояние, например поперек всего класса, и притом так, чтобы в случае обрыва проводов последние не могли упасть на учащихся. Кроме того, провода надо подвесить так, чтобы они были недоступны для прикосновения. В одном из проводников

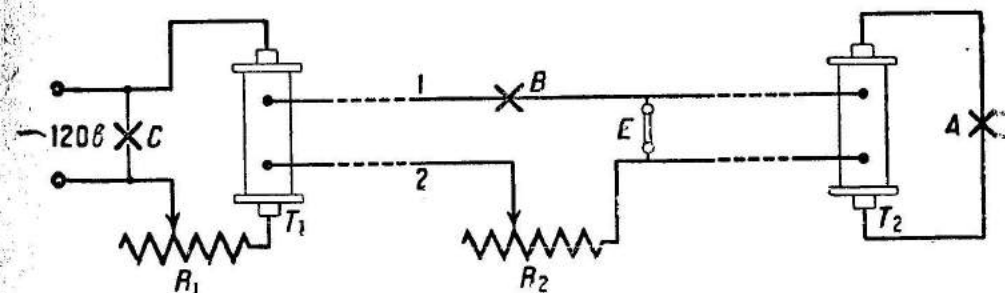


Рис. 117. Схема установки для демонстрации принципа передачи электроэнергии на расстояние.

последовательно включается реостат  $R_2$  с сопротивлением в несколько сотен ом с целью показать, что сопротивление линии высоковольтной передачи может быть очень большим.

Проводники, изображающие линию высоковольтной передачи, присоединяются ко вторичной обмотке второй катушки Румкорфа  $T_2$ .



в ее первичную цепь (замкнув прерыватель контактным винтом) включают электрическую лампочку *A* на 120 в. Мощность этой лампочки экспериментальным путем надо подобрать так, чтобы она горела примерно полным накалом, что, впрочем, удается только при двух неодинаковых катушках  $T_1$  и  $T_2$ . В собранную схему полезно также включить лампочки *C* и *B*, тогда лампа *C* будет гореть, а *B* останется ненакаленной. Гейслерова трубка *E*, включенная между проводами 1 и 2, будет светиться.

Модель передачи на расстояние может быть осуществлена также и при помощи звонковых трансформаторов или трансформаторов СО-0,04. Для этого обмотку с малым числом витков соединяют с машиной Неймана переменного тока (см. т. IV, § 17, 4); от вторичной обмотки (с большим числом витков) проводят проводники, изображающие цепь высокого напряжения, и присоединяют их через сопротивление ко второму звонковому трансформатору, именно к его обмотке с большим числом витков. В первичную обмотку этого трансформатора включают маловольтовую лампочку (например на 4 в), которую подбирают так, чтобы она горела полным накалом.

Демонстрация как с той, так и другой установкой сводится к обнаруживанию, что: 1) лампочка *C*, накаливающаяся в первичной цепи передаточного трансформатора, накаливается и во вторичной цепи приемного (*A*); 2) при включении лампы *B* в цепь высокого напряжения (последовательно) нагревание волоска обнаружить нельзя.

## § 5. Источники переменного однофазного тока и моторы.

**1. Телефонный индуктор.** Магнитоэлектрические машины переменного тока, иначе называемые магнето, находят себе разнообразное применение, например: в телефонии — для приведения в действие звонков, в двигателях внутреннего сгорания — для зажигания рабочей смеси и т. д. Автомобильные магнето в кабинете не могут быть использованы непосредственно без основательной переделки — надо удалить прерыватель, иногда произвести перемотку якоря и т. п. Телефонные магнето, или индукторы, служащие в некоторых (устаревших) системах телефонов для звонкого вызова, благодаря простоте своей конструкции и сравнительно небольшой электродвижущей силе (100—300 в), полезны для некоторых опы-

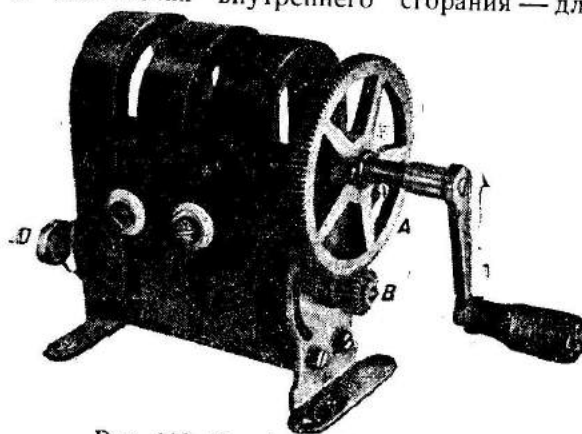


Рис. 118. Телефонный индуктор.

тов. Так, с магнето можно продемонстрировать: накаливание лампы на 120 и 220 в, свечение неоновой лампы, зависимость частоты тока от числа оборотов и некоторые другие опыты (см. т. III, § 19, 4, С).

Телефонный индуктор (рис. 118) состоит из трех-четырех U-образных магнитов *NS*, между полюсными наконечниками которых при помощи зубчаток *A* и *B* вращают якорь *C* (рис. 119—120).

Для уменьшения потерь на токи Фуко якорь иногда собирают из отдельных листиков *a* железа показанным на рисунке 121 образом. Обмотка *b* на якоре делается в зависимости от типа индуктора прово-

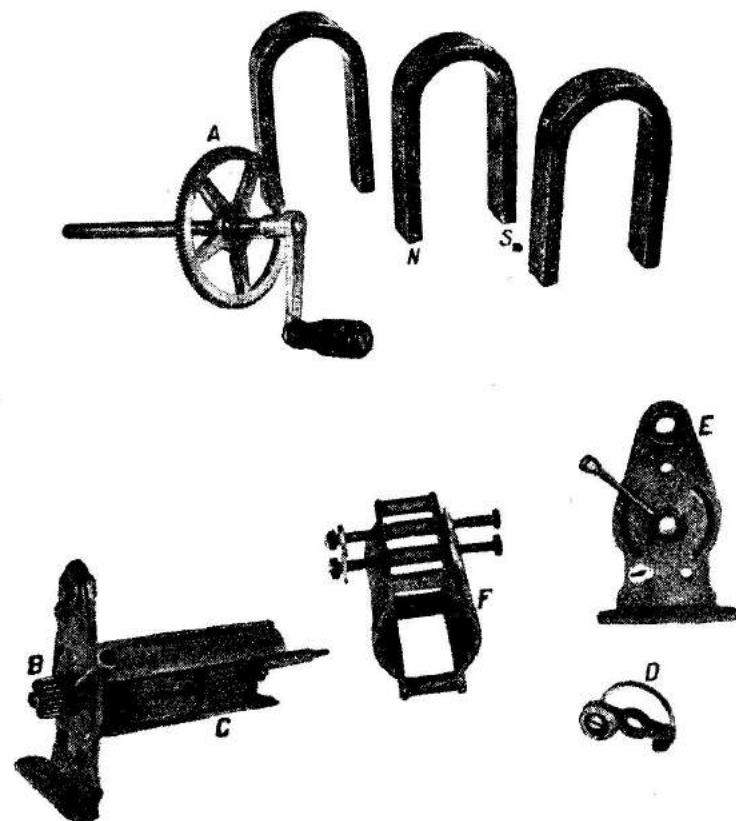


Рис. 119 и 120. Телефонный индуктор в разобранном виде: *F* — полюсные наконечники; *E* — подшипниковые щитки; *D* — центробежный выключатель.

дами различных сечений и содержит несколько сот витков. Один из концов обмотки якоря присоединен к корпусу магнето, другой — к кольцу со щеткой.

Причины неисправности магнето немногочисленны:

- 1) Обрыв в обмотке якоря, что обнаруживается отсутствием тока через его обмотку при включении элемента и гальванометра.
- 2) Размагничивание U-образных магнитов (см. т. IV, § 6, 13).
- 3) Неправильная сборка магнитов. Одноименные полюсы магнитов, например *N*, должны находиться по одну сторону якоря, *S* — по другую.

**2. Модели генераторов переменного тока.** Демонстрационный контур (рис. 122), магнито-электрическая машина (рис. 123) и универсальный

генератор однофазного, трехфазного и постоянного токов (рис. 124) описаны в т. IV, § 17, 2, 4 (5), 4 (7).

### 3. Коллекторный мотор. О моторах сначала см. т. IV, § 10.

Мотор постоянного тока с последовательным возбуждением (серие) будет работать и от переменного однофазного тока. В т. IV, § 10, 7

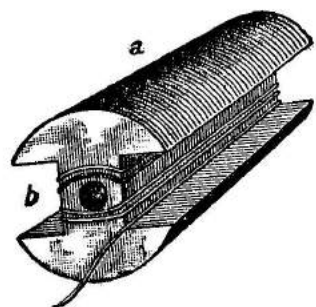


Рис. 121. Устройство якоря у некоторых типов индукторов.

было указано, что при перемене направления постоянного тока путем переключения подводящих ток проводов якорь мотора будет вращаться в одном и том же определенном направлении, зависящем только от соединения между собой обмоток якоря и индуктора. При питании мотора переменным током благодаря последовательному соединению токи якоря и индуктора будут находиться в одной фазе. Взаимодействие магнитного поля и тока, находящегося с ним „в одной фазе“, как это показывает правило левой руки, создает крутящий момент, а следовательно, и вращение в каком-нибудь определенном направлении.

Мотор с шунтовым возбуждением не будет вращаться от переменного тока, так как токи, текущие через якорь и индуктор, будут сдвинуты между собой по фазе на некоторый угол. Эта разность в сдвиге фаз обусловлена неодинаковыми индуктивными сопротивлениями якоря и индуктора. Так как магнитное поле и ток шунтового мотора не находятся в одинаковых фазах, то вращающий момент будет периодически ме-

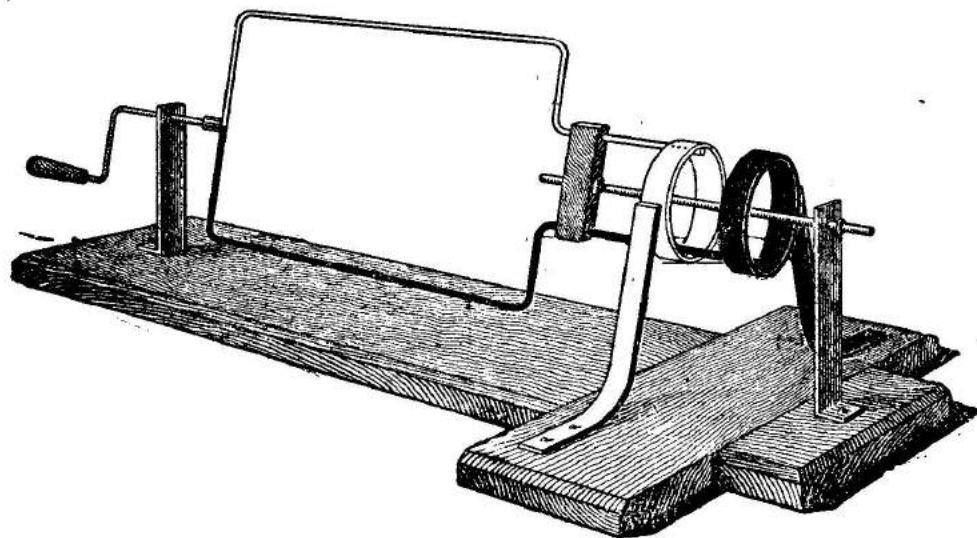


Рис. 122. Демонстрационный контур.

нять свой знак на обратный, т. е. якорь будет испытывать толчки, стремящиеся повернуть его то по часовой стрелке, то в противоположном направлении. Однако шунтовой мотор без железа в индукторе и

якорю может работать от переменного тока, так как токи якоря и индуктора будут находиться почти в одинаковых фазах благодаря сравнительно незначительным коэффициентам самоиндукции обмоток. Примером шунтового мотора, способного вращаться от переменного тока, является счетчик постоянного тока (см. т. III, § 22, 1).

Мотор постоянного тока (за исключением моторов малой мощности) с последовательным возбуждением может без вреда для себя работать только сравнительно небольшое время (около 5—15 минут) ввиду того, что его магнитопровод (корпус) нагревается довольно быстро токами Фуко. Поэтому корпус коллекторных электромоторов переменного тока в отличие от моторов постоянного делают обыкновенно из тонких железных пластин, изолированных друг от друга. Достоинство коллекторных моторов заключается в том, что число оборотов может быть изменено, как и у мотора постоянного тока, при помощи реостата, включенного последовательно (см. т. IV, § 10, 6).

Коллекторные моторы малой мощности нетрудно найти в отдельной продаже, они продаются иногда в качестве вентиляторов вместе с кры-



Рис. 123. Магнито-электрическая машина.

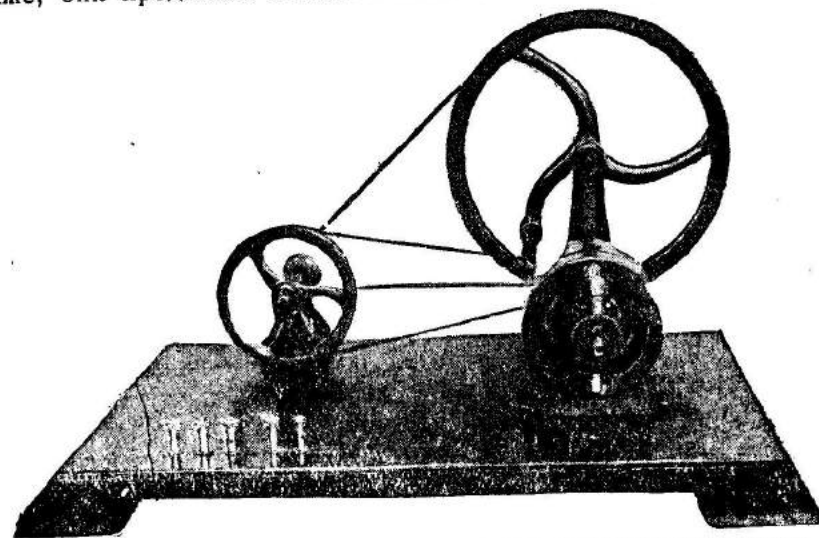


Рис. 124. Модель генератора переменного и постоянного токов.

льями и кожухом. Очень хорош для физического кабинета мотор для кино Т-3 Киномехпрома, изображенный на рисунке 125. Мощность его

около 0,1 квт (110 в, 1,6 а). Число оборотов 3000 в минуту. Для изменения числа оборотов надо последовательно с мотором включить реостат (с движком) сопротивлением в несколько сотен омов. Изменение направления вращения у коллектора мотора переменного тока производится так же, как и мотора постоянного, т. е. при помощи переключения индуктора и якоря между собой (см. т. IV, § 10, 7).

В качестве простейших моделей коллекторных моторов могут быть использованы примитивные моторы с электромагнитом (см. т. IV, рис. 192) при условии, что индуктор и якорь соединены последовательно.

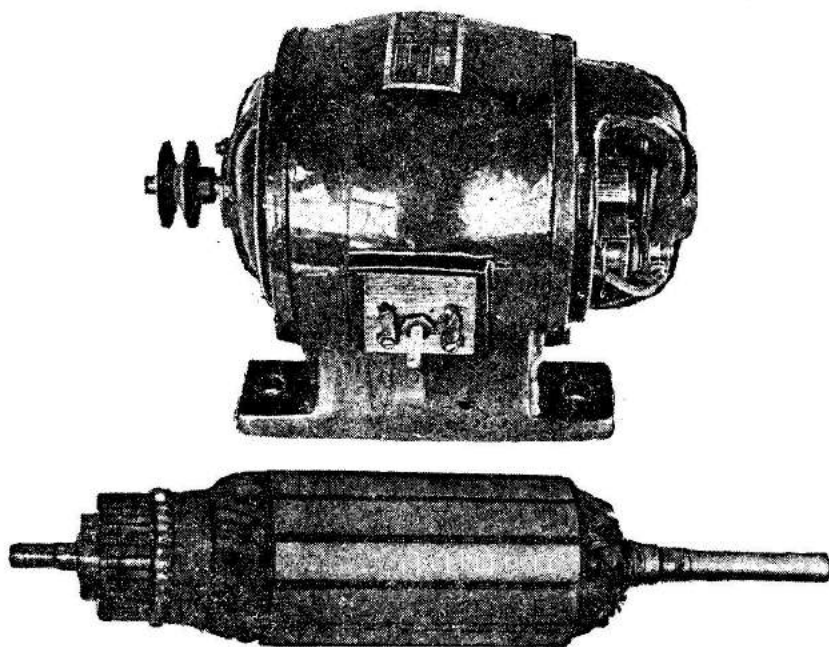


Рис. 125. Мотор и якорь Т-3 Киномехпрома.

Для демонстрации модель включают последовательно с ламповым реостатом в сеть освещения и ввертывают одну лампу за другой до получения достаточного числа оборотов. Однако в этом случае вследствие высокого напряжения быстро обгорают и портятся пластины коллектора, поэтому лучше питать модели от трансформатора СО-0,04 (§ 4, 2) или звонкового.

В заключение следует упомянуть о коллекторном моторчике переменного тока для „Конструктора“, хорошо работающем от трансформатора при 6—12 в (см. т. IV, § 10, 3).

**4. Модели синхронного мотора.** 1) Понятие о синхронизме. Синхронные моторы имеют строго определенное число оборотов, зависящее исключительно от частоты переменного тока и числа пар полюсов на статоре и роторе. Число оборотов у синхронного мотора не может быть изменено. Для пуска синхронного мотора надо его ротор привести во вращение со скоростью, равной его нормальному числу оборотов или немного большей. Для пуска синхронных моторов употребляются

вспомогательные моторы (асинхронные и коллекторные), которые затем выключаются. При пуске малых моторов можно пользоваться веревкой, как для волчка (рис. 126). Для этого веревку одним концом наматывают

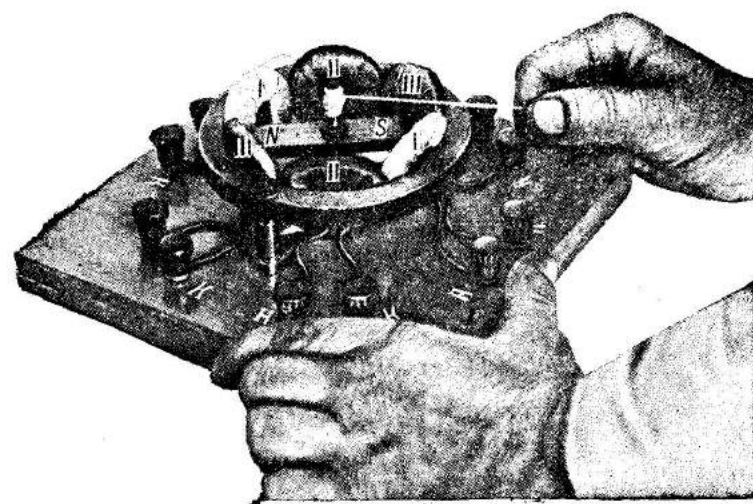


Рис. 126. Пуск синхронного мотора.

на шкив мотора и, потянув быстрым движением за другой, свободный, конец, приводят ротор во вращение. Пуск моделей с числом оборотов 750 в минуту и менее возможен непосредственно от руки.

2) Принцип действия и число оборотов синхронного мотора. Если в переменном магнитном поле, созданном двумя катушками *N* и *S*, поместить магнитную стрелку *ns*, то последняя останется в покое, так как возникающие благодаря взаимодействию полюсов крутящие моменты через каждую  $\frac{1}{100}$  секунды<sup>1)</sup> будут изменять свое направление на противоположное (рис. 127). Если же привести во вращение магнитную стрелку с такой скоростью, чтобы за время полупериода (0,01 секунды) она делала точно пол-оборота (50 оборотов в секунду, или 3000 оборотов в минуту), то стрелка в дальнейшем будет продолжать вращение самостоятельно со скоростью 3000 оборотов в минуту. При двух парах полюсов, питаемых переменным током, магнитная стрелка даст 1500 оборотов в минуту, при трех парах 1000 оборотов в минуту, при четырех 750 оборотов в минуту, при пяти 600 оборотов в минуту и т. д.

Вместо магнитной стрелки в качестве ротора можно взять электромагнит *ns* и питать его тем же переменным током, что и мотор.



Рис. 127. Устройство синхронного мотора с магнитной стрелкой.

<sup>1)</sup> Предполагается, что питание электромагнитов производится током освещения, имеющим частоту в 50 герцов.



3) Простейшая модель синхронного мотора может быть легко выполнена своими силами. Для ее изготовления наматывают на железных сердечниках из отоженной проволоки ( $l=4-5\text{ см}$ ,  $d=5-8\text{ мм}$ ) четыре катушки по 100—200 витков проволоки ПБ или ПВД ( $d=0,3-0,5\text{ мм}$ ). Катушки укрепляют на дощечке, соединив их последовательно и притом так, чтобы соседние полюсы были разноименны. Между катушками на острие помещают магнитную стрелку или намагниченное лезвие от безопасной бритвы. В последнем случае для бритвы в целях получения наименьшего трения надо сделать головку из стеклянной трубки (см. т. III, рис. 503). Включив катушки в цепь через ламповый реостат, дают щелчки стрелке, чтобы привести ее во вращение. После нескольких поиток стрелка продолжает вращение самостоятельно и дает при двух парах катушек точно 1500 оборотов в минуту.

4) Модель синхронного мотора может быть собрана из прибора (завода "Физэлектроприбор"), показанного на рисунках 126 и 238 и служащего для демонстрации вращающегося магнитного поля и принципа устройства асинхронного мотора трехфазного тока. Прибор состоит из железного кольца, внутри которого помещены три пары катушек I, II, III, окрашенных для отличия в различные цвета (обыкновенно красный, желтый и синий). Для получения асинхронного мотора с 1000 оборотов в минуту катушки должны быть соединены между собой последовательно и притом так, чтобы каждые два соседних полюса имели разные знаки. Для этого соединение делают по схеме рисунка 128. При включении прибора в цепь на 120 в последовательно с катушками включают проводочный или ламповый реостат и амперметр и, действуя реостатом, получают для описываемой модели ток не выше 1,2—1,5 а. На ось надевают полюсовый магнит NS и приводят его во вращение от руки, или посредством веревки (рис. 126). После нескольких поиток магнит продолжает вращение самостоятельно.

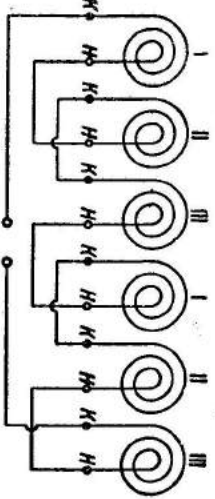


Рис. 128. Схема соединения обмоток модели синхронного мотора завода "Физэлектроприбор".

5) Синхронные моторы для телевизора. См. т. VI.

5. Асинхронные моторы однофазного тока обладают следующими крупными недостатками:

- 1) Они не могут начать вращение самостоятельно без механического толчка или специальных вспомогательных катушек и обмоток<sup>1)</sup>.
- 2) Даже в том случае, когда пусковое приспособление имеется, начальный крутящий момент очень невелик, что сильно ограничивает область применения асинхронных моторов.

1) Для пуска в ход при помощи дополнительной катушки самонадукции сдвигают фазу в одной из катушек, создающих поле, примерно на  $1/4$  периода, и получают, таким образом, двухфазный ток. Этот ток создает вращающееся поле и вызывает вращение ротора. После начала вращения катушка самоиндукции выключается.

Направление вращения мотора может быть любым в зависимости от направления первоначального толчка. Это значит, что если после

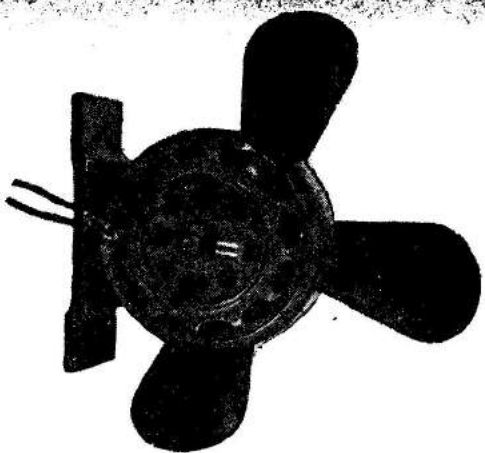


Рис. 129. Асинхронный вентиляторный мотор.

включения мотора повернуть его шкив против часовой стрелки, то мотор придет во вращение в том же направлении. При толчке по часовой стрелке мотор будет вращаться также по часовой стрелке.

Асинхронные моторы однофазного тока применяются<sup>1)</sup>, главным образом, в качестве небольших вентиляторов (рис. 129). Всякий мотор трехфазного тока при включении его к двум (а не трем!) подводящим ток проводникам (фазам) может работать как асинхронный мотор однофазного тока (§ 9). После включения мотор сильно гудит, но не может самостоятельно начать вращение. Если быстро повернуть шкив по часовой стрелке или против нее, то мотор приходит во вращение в том направлении, в каком дан толчок. Устройство асинхронного мотора (вентиляторного) показано на рисунках 130 и 131. У большинства моторов этого типа переменное поле создается двумя парами полюсов (рис. 130), ротор делается короткозамкнутым (рис. 131) (см. § 9, 10).

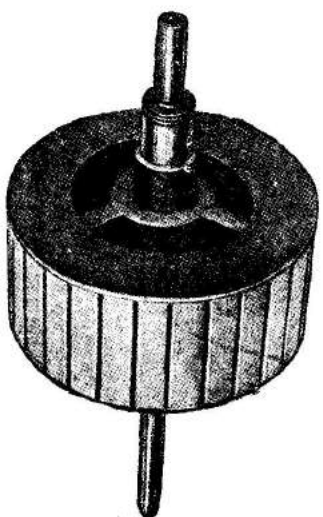
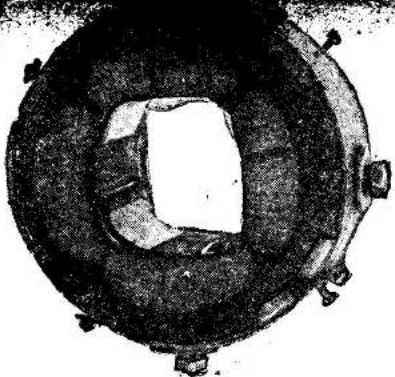


Рис. 130 и 131. Статор и ротор (короткозамкнутый) асинхронного вентиляторного мотора.

Асинхронные моторы в школе могут быть использованы для вентиляторов и некоторых опытов, не требующих сколько-нибудь большого

1) Асинхронные моторы (с двумя полюсами) получили широкое применение в телефонных механизмах. О переделке асинхронного вентиляторного мотора для телевизора см. т. VI.

начального крутящего момента; для приведения в действие моделей динамомашин, измерения мощности и пр. они почти не пригодны.

## § 6. Выпрямители и ртутные лампы.

1. Типы выпрямителей. Выпрямители бывают следующих типов:

- 1) электролитические, из которых наибольшее распространение получили алюминиевые;
- 2) газовые и, в частности, ртутные;
- 3) купроксные;
- 4) кенотронные;
- 5) механические;
- 6) кристаллические.

Первые два типа употребляются для получения сильных токов и применяются в школе для демонстрационного и лабораторного экспериментов,

для питания вольтовой дуги, зарядки аккумуляторов и пр. Купроксные выпрямители могут с большим успехом употребляться для зарядки аккумуляторов и некоторых опытов.

Кенотронные выпрямители с электронными лампами применяются в школе исключительно для работ по радиотехнике для питания анодных цепей и обыкновенно дают ток порядка единиц и десятков миллиампер. Кристаллические выпрямители, или детекторы, также употребляются только в радио для выпрямления весьма слабых токов высокой частоты (см. § 20, 4, 5).

2. Электролитические выпрямители. Об устройстве, формовке, способах включения и т. п. см. т. I, изд. 1-е, § 56—58.

3. Газовые выпрямители (газотроны) несомненно в будущем найдут себе

применение в средней школе, но в настоящее время не испытаны даже в методических лабораториях и педагогических научно-исследовательских институтах. Газовые выпрямительные лампы, или ионные лампы, бывают двух типов: с холодным и накаливаемым катодом. Первый тип обладает рядом недостатков, которые делают лампы с холодным катодом почти неприменимыми на практике.

Выпрямительные ионные лампы с нагретым катодом получили название газотронов и пригодны как для выпрямления высоких напряжений, так и низких. Конструкция газотронов завода „Светлана“ показана на рисунках 132 и 133. Катод состоит из никелевой спирали *K*, навитой бифилярно по цилиндрической поверхности. Спираль покрыта сверху оксидным слоем. Проводники для накала катода у маломощных газотронов выведены к таким же ножкам, как у обычной электронной лампы

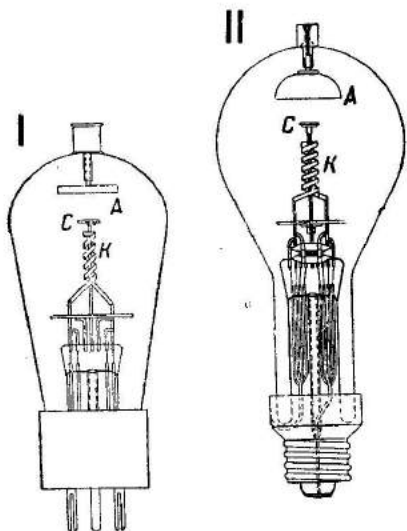


Рис. 132. Газотроны: I—ВГ-161 и II—ВГ-129.

(рис. 132, I), или к цоколю патрона Эдисона (рис. 132, II). Около катода помещена небольшая слюдяная пластинка *C*, на которой откладываются материалы, испаряющиеся с оксидного слоя. Анод *A* имеет форму полушария, обращенного своей вогнутой частью к катоду, и сделан из железа или угля. Газотрон заполнен, чаще всего, парами ртути, несколько капель которой помещено внутри баллона. Встречаются также газотроны, содержащие разреженный аргон (для низкого напряжения) или гелий (для высокого), почему такие выпрямители называются аргонными или гелиевыми.

Разрежение в газотронах доводится до 5—20 мм ртутного столба.

Разреженные газы в большинстве случаев при несимметричных, неодинаковых по размеру электродах обладают односторонней проводимостью, но дают значительное падение напряжения, что заставляет применять их только для высокого напряжения, например выпрямления тока от катушки Румкорфа в рентгеновских установках. Падение напряжения в газотронах, т. е. в ионных лампах с накаливаемым катодом, незначительно (15—20 в) и не зависит от силы выпрямляемого тока.

Газотроны проводят ток (техническое направление!) от анода к катоду и не пропускают тока от катода к аноду. Таким образом, катод в газотроне для выпрямленного тока соответствует плюсу и анод — минусу.

На рисунке 134 показана простейшая схема включения газотрона для полупериодного выпрямления тока. Для накала катода *K* газотрона служит трансформатор *T<sub>K</sub>*, снижающий напряжение до соответствующего числа вольт (см. таблицу 3). Анодный трансформатор *T<sub>A</sub>* или непосредственно цепь переменного тока приключается одним проводом к аноду и другим к средней точке *P* трансформатора *T<sub>K</sub>*. В результате в цепи возникает прямой, пульсирующий ток (см. рис. 156), что может быть обнаружено при помощи амперметра *A*. Направление выпрямленного тока показано на рисунке 134 стрелками. Весьма выгодно также применять при пользовании газотронами схему Греча (рис. 135), употребляемую, особенно в школе, для выпрямления обоих периодов тока электролитическими выпрямителями (см. т. I, рис. 159). К клеммам ~ приключают переменный ток, в случае надобности через повышающий трансформатор; на клеммах плюс и минус получают прямой ток (см. рис. 158). Дроссель *L* и емкость *C* служат для сглаживания пульсаций.

„Зажигание“ газотрона, сопровождающееся свечением газа, происходит при определенном напряжении, после чего газотрон начинает

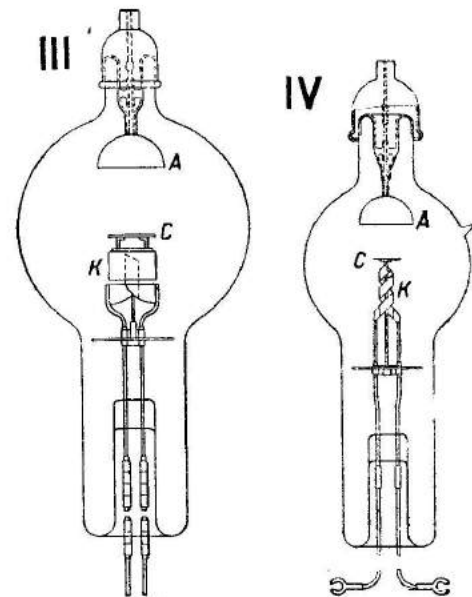


Рис. 133. Газотроны: III—ВГ-130, IV—ВГ-131.



проводить значительный ток. До „зажигания“ сила тока через газотрон ничтожна и выражается миллиамперами.

При пуске в ход выпрямителя сначала накаливают катод и через несколько минут (2—3 минуты) включают напряжение на анод. Изменение напряжения накала газотрона должно составлять не более 4—6% от нормального для получения удовлетворительной работы.

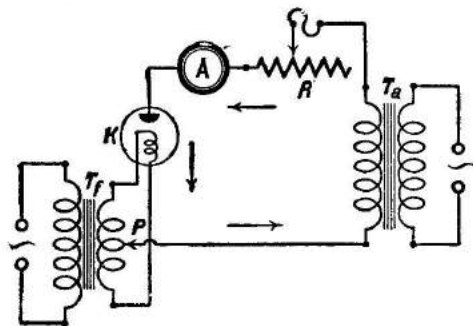


Рис. 134. Схема газотронного однополупериодного выпрямителя.

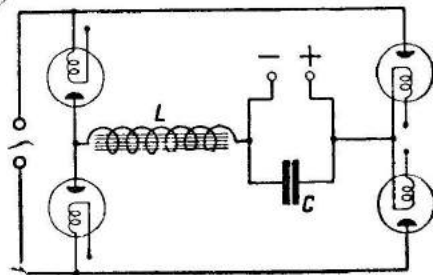


Рис. 135. Схема Греча газотронного двухполупериодного выпрямителя.

Если газотрон включается впервые, то не следует включать анодное напряжение в течение 10—15 минут для удаления прогревом ртути со стенок баллона, анода и катода. Накал газотрона увеличивают при этом постепенно.

В таблице 3 приведены некоторые данные для газотронов завода „Светлана“.

Таблица 3.

Основные данные газотронов завода „Светлана“.

Тип	Максим. диаметр в мм	Максим. высота в мм	Напряж. накала в в	Ток накала в а	Максим. амплит. обратн. напряж. в в	Максим. импульс выпрям. тока в а	Наибольший выпрямленный ток в а	Время прогрева газотрона в эксплуатации в минутах	Время прогрева газотрона после хранения в часах	Средний срок службы в часах
ВГ-161	60	140	2,5	4,5—5,5	2 000	1,0	0,35	2	1	800
ВГ-129	85	215	2,5	8—10	5 000	1,5	0,6	5	1	800
ВГ-130	115	330	2,5	20—25	7 000	4,0	1,3	5	1,5	600
ВГ-131	165	445	5,0	27—33	10 000	10,0	3,5	5	2	600
ВГ-126	225	540	5,0	35—45	12 000	40,0	15,0	10	2	800
ВГ-167	225	430	5,0	50	1 000	100,0	35,0	20	2	800

Данные о 100-амперном газотроне ВГ-167 — ориентировочные.

4. Ртутные лампы и выпрямители. Методические замечания. Ртутные лампы интересны для школы в трех отношениях: 1) для демон-

страции даваемого ими характерного света<sup>1)</sup>, 2) как мощные источники ультрафиолетовых лучей и 3) как выпрямители.

Наиболее важным для школы является выпрямляющее действие ламп, позволяющих заменить мотор-генератор или электролитический выпрямитель ртутным выпрямителем. К сожалению, несмотря на выпуск промышленностью вполне подходящих для школы ртутных выпрямителей, громадное преимущество их перед мотор-генератором не оценено и встретить ртутные выпрямители в кабинете можно только в исключительных

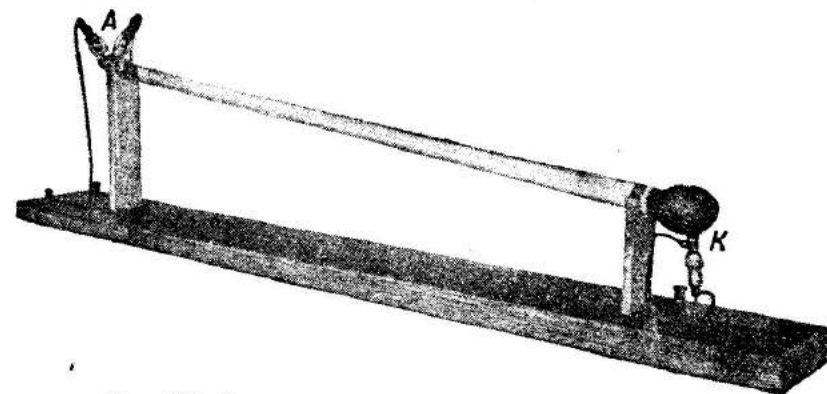


Рис. 136. Ртутная лампа переменного тока типа РЛ.

случаях. Причинами, которые останавливают от категорического призыва устанавливать ртутники взамен мотор-генераторов, являются:

а) при отказе от мотор-генератора исчезнут в кабинете мотор трехфазного тока и динамомашин, служащие не только для получения постоянного тока, но и являющиеся объектами изучения;

б) существует более совершенный и простой тип выпрямителя, именно — газовый или газотронный, о котором до сих пор нет даже упоминания в методической литературе.

1) Принцип действия ртутных ламп. Ртутная лампа имеет два или несколько электродов, из которых один (катод) обязательно образован ртутью, а другие (аноды) сделаны из угля или железа. Положительные электроды (аноды) при работе остаются холодными, в то время как на катоде, т. е. на поверхности ртути, возникает раскаленное „пятно“ благодаря наличию вольтовой дуги между электродами. Это „пятно“ излучает поток электронов, ионизирующих пары ртути, заполняющие лампу. Самый процесс ионизации сопровождается электролюминисценцией, т. е. свечением паров ртути. Ртутная лампа проводит ток только в одном направлении, именно — от угольных электродов ко ртути, но не обратно<sup>2)</sup>.

2) Основные типы ламп. Ртутные лампы прежде всего можно разделить на три типа: 1) для целей освещения (рис. 136), 2) для получения ультрафиолетовых лучей (рис. 137 и 138) и 3) выпрямительные (рис. 139). Лампы для ультрафиолетовых лучей делаются из кварца или особого сорта стекла, называемого увиолевым. Все остальные лампы

<sup>1)</sup> Ртутными лампами освещают иногда улицы за границей и у нас.

<sup>2)</sup> Подразумевается техническое направление тока.



делаются из стекла, поглощающего подавляющее большинство ультрафиолетовых лучей.

При работе с кварцевыми лампами безусловно необходимо во избежание потери зрения защищать глаза очками из темного или в крайнем случае из обыкновенного стекла. Освещение рук и лица не должно продолжаться более 10—15 минут во избежание ожога. При периодических работах с лампами на теле появляется загар, подобный солнечному.

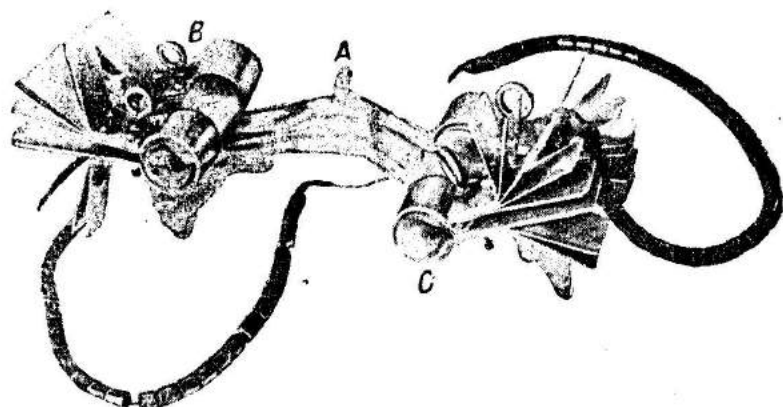


Рис. 137. Ртутная кварцевая лампа постоянного тока (вид сбоку).

На стеклянные лампы также рекомендуется не смотреть долгое время, иначе будут болеть глаза. Кварцевую лампу легко отличить от стеклянной по внешнему виду, именно: изделия из кварца характерны своей неправильной внешней формой, так как дутье кварца (благодаря его высокой точке размягчения) весьма сложно.

Лампы для получения ультрафиолетовых лучей бывают для постоянного (рис. 137) и переменного (рис. 138) токов. Лампа постоянного

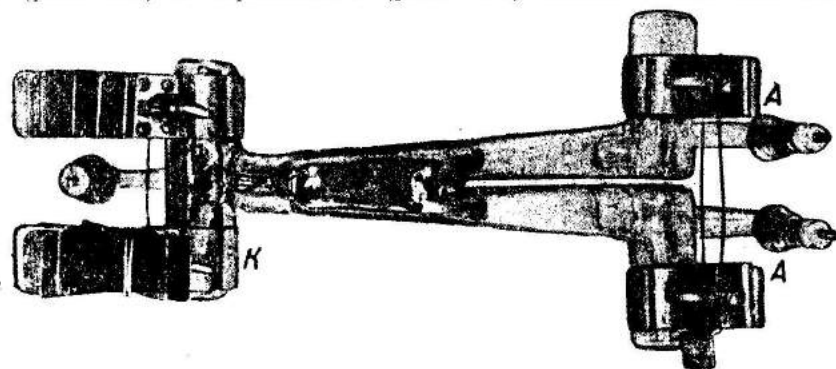


Рис. 138. Ртутная кварцевая лампа переменного тока (вид сверху).

тока состоит из кварцевой трубки *A*, изогнутой посредине и снабженной на концах отрезками *B* и *C*, содержащими внутри электроды. На отрезки для охлаждения надеты металлические кольца, к которым присоединены металлические пластинки, служащие для интенсивной теплоотдачи. Лампа включается в цепь через реостат *R* (рис. 140), разделенный на

две секции, из которых одна может быть выключена выключателем *D*. Лампа смонтирована на штативе и снабжена рукояткой *E* для наклона лампы, что необходимо при пуске. Перед зажиганием лампы прежде всего сливают ртуть в колено *B*, наклонив для этого весь штатив соответствующим образом. Затем убеждаются, что в реостате включены обе секции, т. е. он имеет наибольшее сопротивление, и только после этого включают ток. Зажигание производится наклоном лампы посредством рукоятки *E*. В заключение, повернув выключатель *D*, уменьшают сопротивление реостата. Включение дополнительного сопротивления в момент зажигания имеет целью не допустить возникновения через лампу чересчур сильного тока.

Лампы постоянного тока изготавливаются на различные напряжения — от 70 до 220 в.

Кварцевая лампа переменного тока, предназначенная для медицинских целей (облучение ультрафиолетовым светом), имеет форму двузубой вилки. Ртуть *K* является катодом, анодами служат помещенные в отрезках графитовые или железные цилиндрики *A*, *A* (см. рис. 138).

Ртутная лампа, или колба выпрямителя, показана на рисунке 139. Колбы ртутных выпрямителей выпускаются заводом «Светлана» и имеют данные, помещенные в таблице 4. Буквенные и цифровые обозначения марок колб приняты следующие:

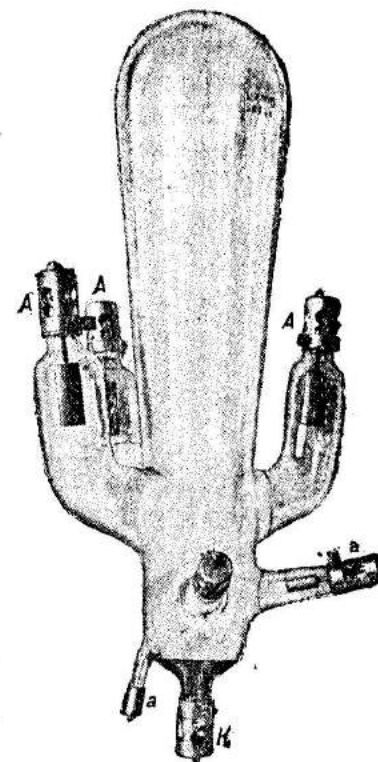


Рис. 139. Ртутная выпрямительная колба ЗВН-30.

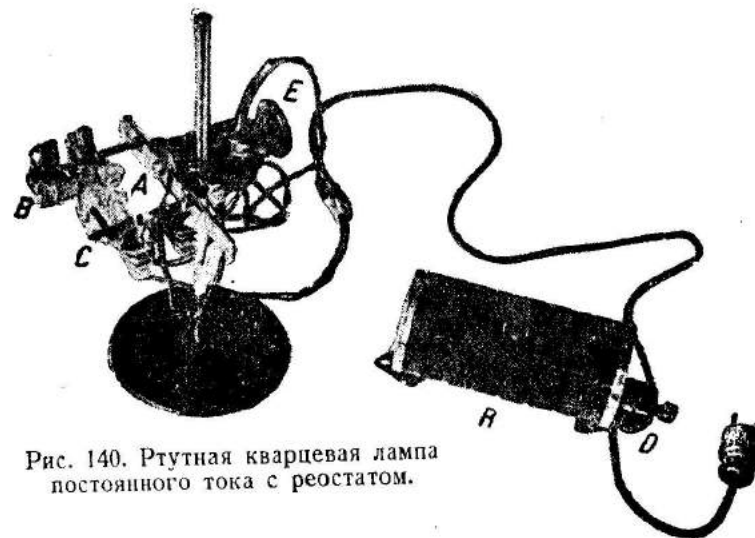


Рис. 140. Ртутная кварцевая лампа постоянного тока с реостатом.

- 1) первая цифра указывает количество анодов (2 — для однофазного, 3 — для трехфазного тока);
- 2) вторая буква В обозначает выпрямитель, буква Н — независимое возбуждение;
- 3) последняя цифра дает максимальное число ампер, получаемое от выпрямителя.

Таблица 4.

Электрические данные ртутных выпрямителей (колб) завода „Светлана“.

Тип выпрямителя (колба)	Род выпрямл. тока	Число анодов		Наибольшая допу- стимая сила выпрямл. тока в а	Наибольшее допу- стимое выпрямл. напря- жение в в	Наименьшая допу- стимая сила выпрямл. тока в а	Пределы тока независ. возбужде- ния в а	Род охлаждения
		основных	вспомогат.					
2В-6	Одноф.	2	—	6	250	3,5	—	Естественное
4В-6		4	—	6	250	3,5	—	
2В-12		2	—	12	250	4,0	—	
2ВН-12	Трехф.	2	2	12	250	0,6	5—7	
3ВН-12		3	2	12	250	0,6	5—7	
2В-20		2	—	20	250	5,0	—	
2ВН-20	Одноф.	2	2	20	250	1,0	5—7	
3В-30		3	—	30	250	5,0	—	
3ВН-30		3	2	30	250	1,5	5—7	

3) Ртутная лампа РЛ Московского электролампового завода. Ртутная лампа РЛ, показанная на рисунке 136, может быть использована не только для демонстрации ртутной дуги, но и как выпрямитель для постоянной нагрузки в 3—5 а, например для зарядки аккумуляторов. Наконец, в частности, свет ртутной лампы, богатый ультра-

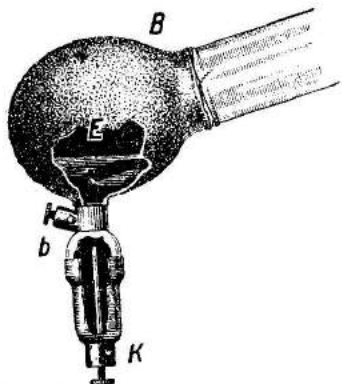


Рис. 141. Катод ртутной лампы РЛ (рис. 136).

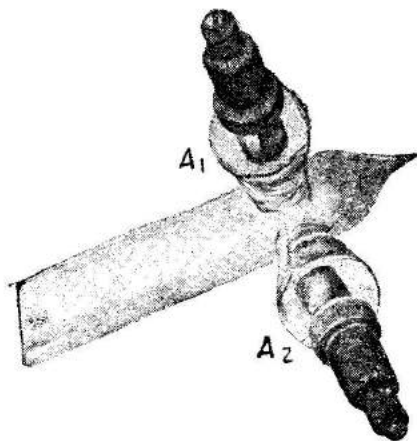


Рис. 142. Аноды ртутной лампы РЛ (рис. 136).

фиолетовыми лучами и не дающий теней благодаря значительному объему светящегося пара, создает „идеальное“ освещение для фотографирования.

Лампа РЛ состоит из прямой стеклянной трубки (длиной около 1 м) (см. рис. 136), на одном конце которой сделано шарообразное расширение  $E$ , частично заполненное ртутью (рис. 141). Ко ртути, являющейся катодом, ток подводится через клемму  $K$  посредством платиновой проволоки, впаянной в стекло. Шар сверху покрыт особым проводящим составом  $B$ , присоединение тока к этому слою делается при помощи хомутника с клеммой  $b$ . На другом конце трубки в двух отростках помещены два железных электрода  $A_1$  и  $A_2$ , служащих анодами (рис. 142).

Трубку следует смонтировать раз навсегда на деревянной подставке (например как на рисунке 136), обязательно с некоторым небольшим наклоном в сторону шара, чтобы конденсирующиеся на стенках пары ртути стекали обратно. От электродов надо подвести провода к клеммам, установленным на подставке; при непосредственном включении проводов к самим электродам легко разбить трубку, которая сравнительно хрупка. Клеммы от электродов  $A_1$ ,  $A_2$  надо пометить знаками  $+A$ ,  $+A$ , от  $K$  — знаком  $-K$  и от  $B$  — буквой  $З$  (зажигание).

Лампу проще всего зажигать на постоянном токе; для питания переменным током потребуются обязательно трансформатор и дроссель.

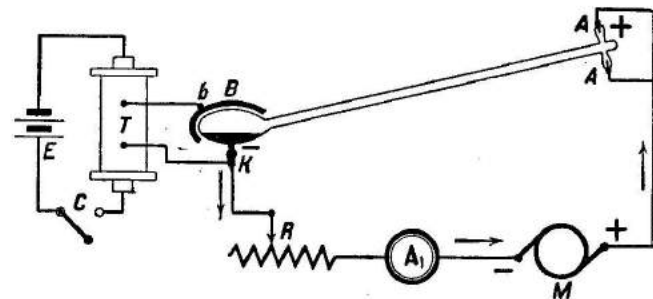


Рис. 143. Схема включения лампы РЛ в цепь постоянного тока.

При обращении с лампой прежде всего надо соблюдать следующее правило: ртуть должна находиться в шаре  $B$  и заполнять ножку с катодом  $K$ . Нельзя также переливать ртуть к анодам  $A_1$ ,  $A_2$ . Зажечь лампу переливанием ртути от анодов к катоду не удастся.

Лампу для горения на постоянном токе включают к мотор-генератору  $M$  (120—220 в) или в сеть постоянного тока по схеме рисунка 143 через реостат  $R$  с ползунком и амперметр  $A_1$ . Аноды  $AA$  соединяются вместе и приключаются к плюсу источника тока  $M$ , катод  $K$  — к минусу. Сила тока в лампе может быть взята в 3—5 а, но не более, во избежание раскалывания анодов и гибели ламп. Так как в дуге лампы РЛ падение напряжения равно около 80 в, то, следовательно, реостат  $R$  должен быть взят для 120 в на 8—10 ом и для 220 в на 30—40 ом.

Зажигание проще всего произвести при помощи малой катушки Румкорфа  $T$ . Вторичную обмотку катушки присоединяют к катоду через клемму  $K$  и к проводящему слою  $B$ , покрывающему шар (см. рис. 141 и 143) через клемму  $b$ . Если катушка имеет молоточковый прерыватель, то ее пускают от батареи  $E$ . Можно также воспользоваться более крупной катушкой без прерывателя (см. т. IV, § 15) и замкнуть ее первичную цепь на мгновение на батарею или цепь переменного тока освещения (через реостат на 10—15 ом) (рис. 144).

Однако при крупной катушке во избежание пробоя стекла высоким напряжением надо присоединить катод  $K$  и слой  $B$  не ко вторичной,



а к первичной обмотке. Зажигание в этом случае будет производиться при помощи импульсов тока размыкания. Вместо катушки можно взять первичную обмотку трансформатора БНЭ, катушку Томсона и т. п.

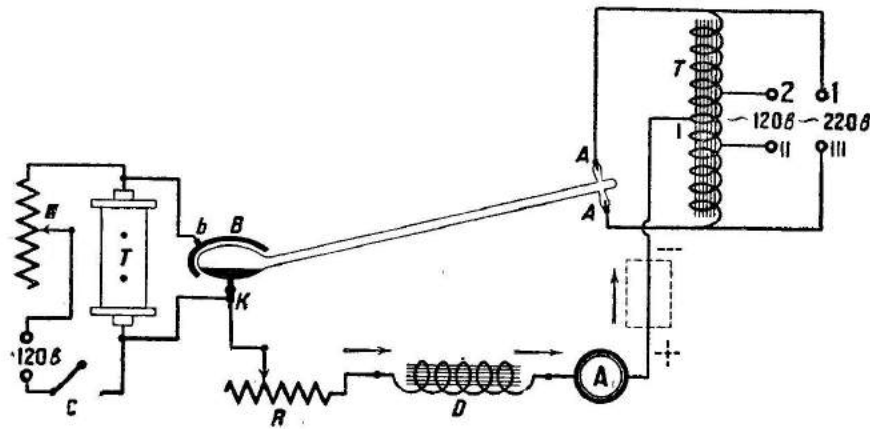


Рис. 144. Схема включения лампы РЛ в цепь переменного тока.

Тогда под влиянием импульсов тока высокого напряжения в шаре между ртутью и проводящей оболочкой  $B$  возникнет электрическое поле с высокой напряженностью, произойдет ионизация паров, и лампа зажжется.

Если лампа вспыхивает только на мгновение, следует убавить сопротивление в реостате  $R$  и после зажигания отрегулировать его так, чтобы ток был не более  $5\text{ а}$ . При дальнейшем горении лампы вследствие нагрева и увеличения давления ртутных паров сила тока в цепи будет падать. Регулируя сопротивление реостата, надо поддерживать ток около  $4\text{ а}$ . Прогретая лампа труднее зажигается, чем холодная.

Для горения от переменного тока, для которого в сущности предназначена лампа, установка собирается по схеме рисунка 144.

Переменный ток надо включать к лампе обязательно через трансформатор или автотрансформатор, имеющий вывод от средней точки (т. е. середины обмотки).

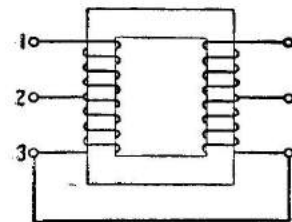


Рис. 145.

Для напряжения в сети  $120\text{ в}$  требуется более сложная схема включения, чем для  $220\text{ в}$ . Действительно, при напряжении  $120\text{ в}$  трансформатор или автотрансформатор должен увеличивать напряжение примерно вдвое.

Для сборки автотрансформатора при напряжении в сети  $120\text{ в}$  надо иметь две одинаковые катушки (рис. 145) с выводами 2, II посредине, т. е. от средней точки. В качестве таковых могут быть взяты две катушки  $A$  школьного разборного трансформатора (рис. 84 и 85) или две катушки  $XIV$  трансформатора БНЭ (рис. 101). Так как в комплект к каждому из трансформаторов входит по одной катушке, то, следовательно, необходимо другую катушку взять от второго подобного набора.

Катушки соединяют между собой по схеме рисунка 145, где цифры  $I, I$  соответствуют началам обмоток и  $3, III$  — их концам. Выводы  $2, II$  служат средними точками. Для разборного трансформатора (рис. 145) средней точкой является клемма 2, а для БНЭ — клемма 60 в (см. рис. 102). Клеммы  $3, I$  соединяются вместе и дают среднюю точку автотрансформатора, которую присоединяют через амперметр  $A$ , дроссель  $D$  и реостат  $R$  с ползунком к катоду  $K$  лампы. От клемм  $1, III$  делают включение к анодам лампы  $AA$ . Если напряжение в сети  $120\text{ в}$ , то ее присоединяют к клеммам  $2, II$ , тогда напряжение между клеммами  $1, III$  будет около  $240\text{ в}$  и между клеммами  $3, I$  и  $III, I$ , а следовательно, между анодами и катодом  $120\text{ в}$ .

При напряжении в сети  $220\text{ в}$  автотрансформатор не нуждается в выводах  $2, II$ , что позволяет пользоваться только одной катушкой  $XIV$  БНЭ. Тогда у катушки  $XIV$  соединяют вместе  $K_1$  и  $H_2$  (см. рис. 101), и эта средняя точка ( $3, I$ ) присоединяется к катоду лампы по схеме рисунка 144. Клеммы  $H_1$  и  $K_2$  катушки  $XIV$  включают в цепь тока  $220\text{ в}$  (на рисунке 144 им соответствуют обозначения  $I$  и  $III$ ).

Ток в цепи катода лампы РЛ не должен превышать  $5\text{ а}$ , для чего необходим реостат в  $5-10\text{ ом}$ . Дроссель, безусловно, необходим, так как без него лампа гореть не будет. В качестве дросселя можно включить толстую обмотку другого трансформатора ( $200-300$  витков провода не тоньше  $1\text{ мм}^2$ ).

Зажигание лампы производится тем же способом, что и для постоянного тока, т. е. от катушки Румкорфа  $T$ , посредством импульса, создаваемого от батареи  $B$  (см. рис. 143), или от сети освещения (см. рис. 144).

Ток в цепи  $KRDA$  будет иметь одинаковое направление, именно — течь в направлении стрелок. Поэтому в эту цепь можно включать для зарядки аккумуляторы, изображенные на рисунке 144 пунктирным прямоугольником.

Подобным же образом производится включение кварцевой лампы переменного тока (см. рис. 138), зажигание же ее делается при помощи переключения ртути (см. рис. 140).

4) Выпрямитель 2В-20. По общепринятой терминологии сама колба (см. рис. 139) называется ртутным выпрямителем. Система обозначения ртутных выпрямителей дана в таблице 4. Выпрямительное устройство (рис. 146—149) содержит в себе: колбу, трансформатор, дроссель и щит управления.

Чтобы преподаватель мог уяснить себе разницу между схемами однофазного и трехфазного выпрямлений как с независимым возбуждением, так и без него, описываем здесь два выпрямительных устройства с колбами 2В-20 и 3ВН-30.

Выпрямитель 2В-20 предназначен для выпрямления однофазного тока и может давать до  $20\text{ а}$  выпрямленного тока (рис. 146). Недосток его в том, что дуга гаснет и выпрямитель выключается при нагрузках, меньших  $3-4\text{ а}$ . Несмотря на меньшую стоимость выпрямляющего устройства с выпрямителем 2В-20 по сравнению с 3ВН-30, в школьной практике надо, безусловно, предпочесть последний.

Переменный ток в  $120$  или  $220\text{ в}$  включается через главный рубильник  $K_1$  и проходит через дроссель  $D_1$  к автотрансформатору  $T$ . Напряжение в автотрансформаторе несколько повышается и от концов  $t, t$



подводится к рабочим анодам  $AA$  лампы 2В-20. Лампа, кроме этих двух электродов и катода  $K$ , соединенного со ртутью, содержит еще анод  $a$ , служащий для зажигания дуги. Этот анод включается посредством кнопки  $k$  лишь на время к половине обмотки автотрансформатора  $T$  через сопротивление  $r$ .

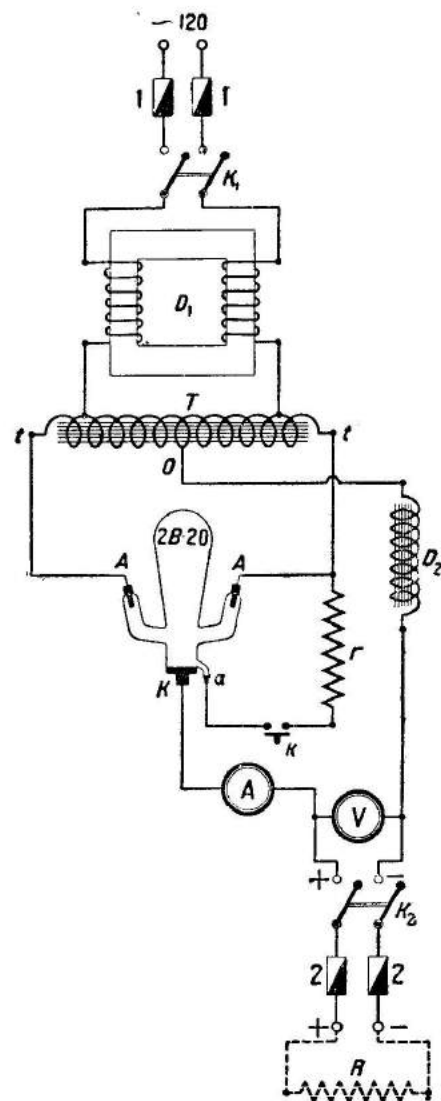


Рис. 146. Схема выпрямляющего устройства однофазного тока с колбой 2В-20 (без независимого возбуждения).

Сопротивление  $r$  не позволяет возникнуть в цепи чересчур сильному току. Выпрямленный ток получается между катодом  $K$  выпрямителя и отводом от средней точки  $O$  автотрансформатора  $T$ . Включенный в эту цепь дроссель  $D_2$  не позволяет дуге между анодами  $AA$  и катодом  $K$  гаснуть в тот момент, когда разность потенциалов (при переменах направления тока) между ними становится равной нулю. В эту же цепь включены амперметр  $A$  и вольтметр  $V$ , показывающие соответственно силу и напряжение выпрямленного тока.

Выпрямленный ток через рубильник  $K_2$  и предохранители 2,2 поступает во внешнюю цепь, условно показанную сопротивлением  $R$ .

Пуск выпрямителя и работа его происходят следующим образом. Включают к клеммам  $+$  и  $-$  внешнюю цепь такого сопротивления, чтобы сила выпрямленного тока была не менее  $4-5$  а; в противном случае пустить в ход выпрямитель не удастся, так как отсутствует независимое возбуждение, имеющееся, например, в 3В-30.

Затем включают рубильники  $K_1$  и  $K_2$  и, замкнув кнопку  $k$  посредством соответствующей рукоятки, наклоняют колбу 2В-20. При наклоне часть ртути из катода  $K$  переливается к аноду зажигания  $a$ , благодаря чему замыкается цепь  $K, +, R, -, D_2, O, T, r, a$ . При возвращении колбы в нормальное, т. е. вертикальное, положение (кнопку  $k$  не выключать!) между анодом зажигания и поверхностью ртути  $K$  возникает вольтова дуга. Часть ртути испаряется, заполняет парами колбу. Эти пары являются ионизированными, и дуга перекидывается на рабочие аноды  $AA$ , которые работают попеременно. Действительно, дуга будет существовать только

на том аноде, который в данный момент имеет положительный потенциал. В следующую половину периода дуга перекинется на другой анод и т. д.

После зажигания дуги на рабочих электродах, о чем легко судить по характерному зеленовато-белому свечению, заполняющему всю колбу, кнопку  $k$  отпускают, и дуга между анодом зажигания и катодом прекращается.

Выпрямляющее устройство с выпрямителем 2В-20 дает, как это легко видеть из схем, выпрямление обоих полупериодов переменного тока (см. рис. 158), пульсация при этом частично сглажена благодаря дросселю.

5) Выпрямитель 3ВН-30. Выпрямляющее устройство с выпрямителем 3ВН-30 (рис. 147 и 148) предназначено для выпрямления трехфазного тока и дает до 30 а выпрямленного тока. Его надо рекомендовать для школы, так как оно имеет независимое возбуждение, позволяет поэтому получать выпрямленный ток любой величины до 30 а максимум и не прекращает своего действия при каких угодно малых нагрузках. Управление им много проще, чем мотор-генератором, которого он заменяет вполне. Единственный недостаток выпрямителя в том, что лампа требует осторожного обращения (ее легко могут разбить учащиеся) и, конечно, не вечна (800—1000 часов).

Выпрямляющее устройство с выпрямителем 3ВН-30 полностью обеспечивает весь школьный демонстрационный и лабораторный эксперимент и зарядку аккумуляторов. Ввиду отсутствия шума его можно установить непосредственно в классе, где происходят занятия.

Очень важно не заменять предохранителей большими, чем они должны быть (30 а выпрямленного тока), как это нередко делается преподавателями. В случае короткого замыкания и несоответствующих предохранителей колба 3ВН-30 будет испорчена и может лопнуть. Вообще же при покупке выпрямителя надо одновременно приобрести запасную колбу.

На рисунке 149 показана схема выпрямляющего устройства с выпрямителем 3ВН-30. Переменный ток в 120 или 220 в включается к клеммам выпрямителя  $\sim 120$  в. Отсюда ток через главный рубильник  $K_1$

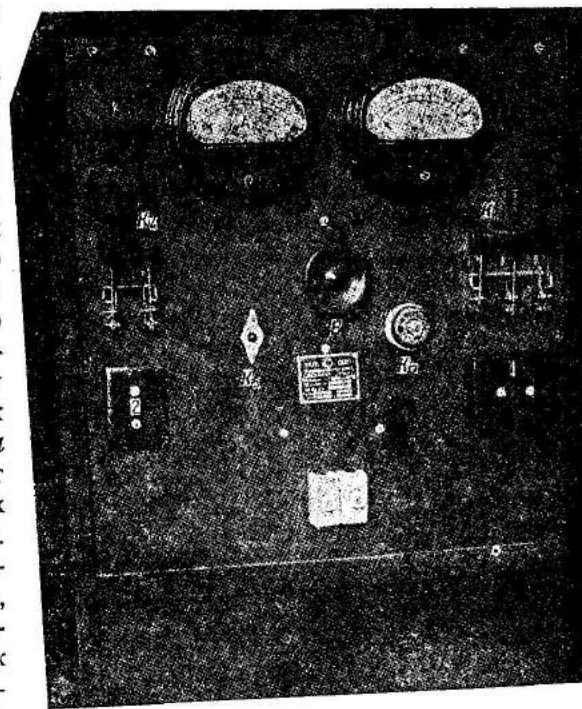


Рис. 147. Шит управления выпрямляющего устройства с колбой 3ВН-30.

поступает в автотрансформатор  $T_1$ , допускающий переключение для напряжения в 120 и 220 в. От автотрансформатора ток подводится к рабочим анодам  $A$  колбы 3ВН-30. Вывод от средней точки  $O$  автотрансформатора служит отрицательным полюсом выпрямленного тока.

От подводящих ток проводов сделано ответвление к однофазному трансформатору  $T_2$ , обслуживающему цепи — независимого возбуждения и зажигания. От концов вторичной обмотки  $t_1 t_2$  трансформатора ток подведен к „дежурным“ анодам  $aa$ . Средняя точка  $O$  трансформатора  $T_2$  присоединена через сопротивление  $R_2$  и дроссель  $D_2$  к катоду  $K$  (ртути) колбы. Для выключения дежурных анодов служит однополюсный выключатель  $K_2$ . В цепи зажигания  $t_1 K_2 K_3 R_3 a$  ток подведен от конца  $t_1$  трансформатора  $T_2$  через кнопочный выключатель  $K_3$  и сопротивление  $R_3$  к аноду зажигания  $a$ . Катод приключен через дроссель  $D_2$  и сопротивление  $R_2$  к средней точке  $O$ .

Этот участок цепи является одновременно частью цепи независимого возбуждения. От катода имеется также отвод через дроссель  $D$  в цепь выпрямленного тока. Этот отвод соответствует полюсу  $+$  выпрямленного тока. Выпрямленный ток через предохранители 2,2 и рубящий выключатель  $K_4$  подведен к клеммам  $+$  и  $-$ , от которых берут выпрямленный ток. Вольтметр  $V$  и амперметр  $A$  показывают соответственно напряжение и силу выпрямленного тока.

Рис. 148. Выпрямляющее устройство с колбой 3ВН-30.

Пуск в ход выпрямляющего устройства производится следующим образом. Включают главный рубильник  $K_1$  и выключатель  $K_2$  цепи независимого возбуждения. Посредством рукоятки  $B$  (рис. 147) наклоняют колбу так, что при этом ртуть заполнит анод зажигания  $a$ . Нажимают кнопку  $K_3$  зажигания и освобождают рукоятку  $B$ ; тогда ртуть из анода

зажигания потечет обратно к катоду  $K$ , и при разрыве струйки возникнет вольтова дуга, испаряющая ртуть и ионизирующая ее пары. Дуга перекинется на дежурные электроды  $aa$ , после чего кнопку  $K_3$  освобождают, и она разомкнет цепь зажигания.

Затем к клеммам  $+$  и  $-$  присоединяют те приборы  $R_1$ , которые нужны в питании выпрямленным током, и замыкают рубильник  $K_4$ . Тогда дуга переходит на рабочие аноды  $A$ ; дежурные аноды также продолжают работать; их можно выключить выключателем  $K_2$  только в том случае, если сила выпрямленного тока, который берут от выпрямителя, будет непрерывна и не сделается меньше 3—5 а. Если нагрузка на выпрямитель меняется и становится меньше 3—5 а или прекращается хотя бы на ничтожно малое время, то цепь дежурных анодов выключать не следует.

Для школы наиболее подходящими являются выпрямительные устройства 1), вы-

1) Выпрямительные устройства имеют следующую систему обозначений:

1) Цифра 2, стоящая спереди, показывает, что выпрямительное устройство имеет две рабочие цепи и предназначено для одновременной зарядки двух аккумуляторных батарей.

2) Буква В обозначает „выпрямительное устройство“, буква Н — „независимое возбуждение“ — не ставится.

3) Число, стоящее после буквы, обозначает предельную силу выпрямленного тока, относящуюся к трансформатору и применяемому для данного устройства стеклянного ртутного выпрямителя, а также к максимальной силе зарядного тока для зарядных выпрямительных устройств.

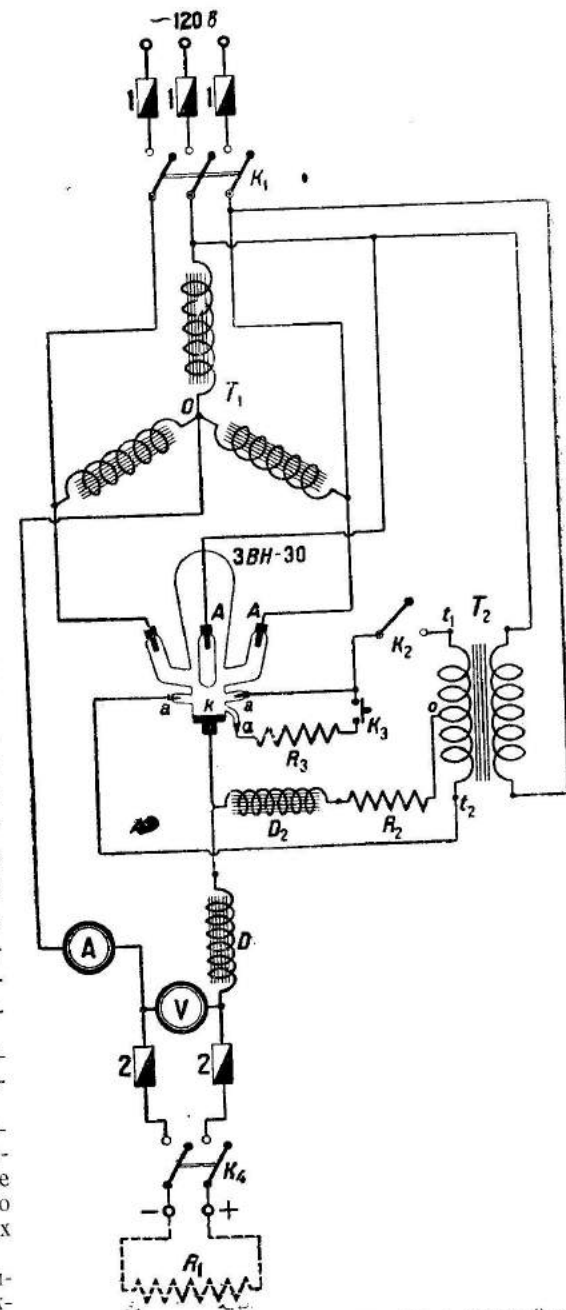


Рис. 149. Схема выпрямляющего устройства трехфазного тока с колбой 3ВН-30 с независимым возбуждением.



пускаемые для силовой нагрузки (моторы, дуговые фонари, электролиз и т. п.) серии С (табл. 5).

Таблица 5.

Электрические данные выпрямительных устройств.

Обозначение серий при напряжении переменного тока		Напряжение выпрямленного тока в в	Обозначение типов					
120 в	220 в		В-20			В-30		
			номинальная сила тока в а	к. п. д.	коэф. мощн.	номинальная сила тока в а	к. п. д.	коэф. мощн.
С 16	С 26	60	20	0,69	0,85	—	—	—
С 110	С 210	120	20	0,72	0,87	30	0,74	0,79
С 120	С 220	220	20	0,80	0,88	30	0,82	0,79
	А 22	24—	—	—	—	30	0,50	0,57
	А 24	48—	—	—	—	30	0,60	0,57
	А 210	130—	—	—	—	30	0,71	0,57
	А 220	220—	—	—	—	30	0,80	0,57

**5. Купроксные выпрямители.** В последнее время широкое распространение получили так называемые купроксные выпрямители. Главное достоинство их заключается в простоте устройства по сравнению со всеми другими типами выпрямителей. Особенно удобны они для зарядки аккумуляторных батарей.

Выпрямляющее действие в купроксных выпрямителях получается за счет односторонней проводимости, которой обладают медные пластинки, покрытые закисью меди. Одним из способов обработки пластин является следующий. Медную пластину помещают в электрическую печь, где нагревают до  $1000^{\circ}$ , благодаря чему на поверхности пластины образуется слой закиси меди. Затем температуру печи уменьшают и через некоторое время вынимают пластину; после обрабатывают ее водным раствором бутилового спирта. В результате пленка закиси меди на своей поверхности превращается в металлическую медь. Таким образом, медная пластина выпрямителя оказывается покрытой весьма тонкой пленкой закиси меди и сверху металлической медью. Если сделать выводы от наружной пленки меди и тела самой пластины и пропускать через пластину ток, то сопротивление ее окажется различным в зависимости от направления тока. Именно: проводимость будет много больше при токе от наружной пленки меди внутрь пластины, чем в обратном направлении. Следовательно, при включении купроксной пластины в цепь переменного тока она будет пропускать ток преимущественно одного направления.

На рисунке 153 показан монтаж на панели купроксного выпрямителя, выпускаемого Киевским радиозаводом для зарядки аккумуляторных батарей 4 в током 1,2—1,5 а. К выпрямителю прилагается трансформатор, снижающий напряжение со 120 в; включается он: в сеть освещения проводами 1,1, к выпрямителю — выводами 2,2 (рис. 150).

Данные трансформатора следующие:

первичная обмотка 1000 витков провода ПЭ,  $d = 0,3$  мм,

вторичная обмотка 75 витков провода ПЭ,  $d = 1,16$  мм.

Выпрямитель собран из  $4 \times 2$  выпрямляющих элементов по схеме Греча (см. т. I, рис. 159), благодаря чему дает выпрямление обоих полупериодов переменного тока (рис. 151). Каждый элемент состоит из медной выпрямляющей пластины *Cu* и двух соединенных между собой жестяных пластин *Fe* с выдавленными посередине круглыми выступами (рис. 152). Медные пластины *Cu* помещают внутри жестяных *Fe*. Отдельные элементы скрепляются между собой посредством сквозного изолированного болта *A*. Для изоляции элементов друг от друга проложены картонные шайбы *C*. Переменный ток подводится к выводам ~ 2, ~ 2 от понижающего трансформатора. Эти выводы помечены на выпрямителе Киевского радиозавода желтой краской. Постоянный ток получают от выводов плюс и минус (зеленая краска).

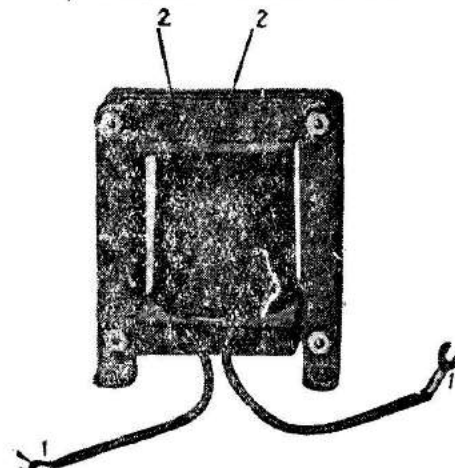


Рис. 150. Трансформатор к купроксному выпрямителю Киевского радиозавода.

Купроксные выпрямители не выдерживают сильного нагревания, во избежание которого пластины меди и жести делают большей величины, чем их выпрямляющие части (выступы). Нагрев выпрямителя выше  $50—55^{\circ}$  недопустим; поэтому лучше не помещать выпрямитель в закрытый ящик и, главное, брать постоянный ток не больше, чем указано заводом в „паспорте“. Наконец, рекомендуется при пуске в ход сначала присо-

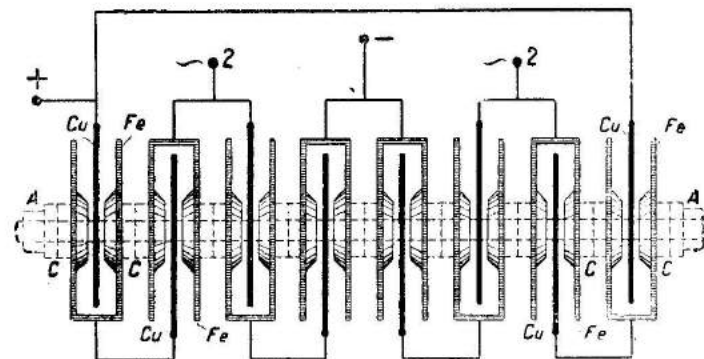


Рис. 151. Схема купроксного выпрямителя.

единить нагрузку, т. е., например, заряжаемые аккумуляторы, и затем включить переменный ток. Работа на „холостом ходу“, т. е. без нагрузки, может вызвать пробой пленки выпрямителя. Включение в сеть освещения на 120 в без трансформатора, безусловно, поведет к гибели выпрямителя.



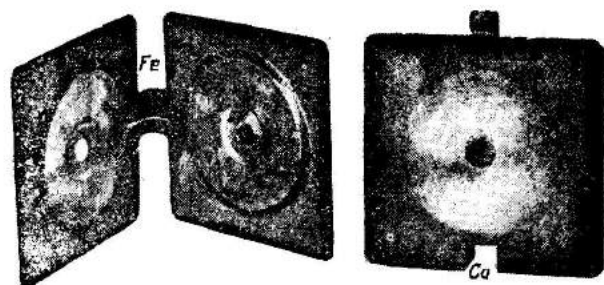


Рис. 152. Устройство выпрямляющего элемента купроксного выпрямителя.

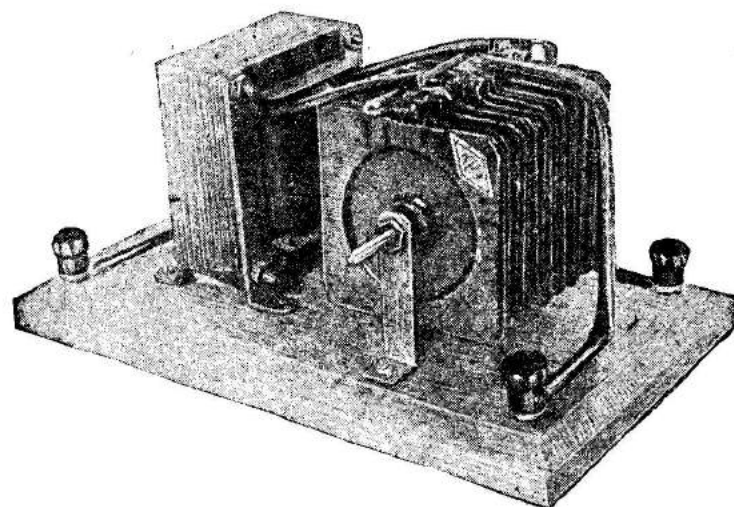


Рис. 153. Монтаж купроксного выпрямителя на панели.

Среди разнообразных применений купроксных выпрямителей следует указать также выпрямление тока для подмагничивания динамиков.

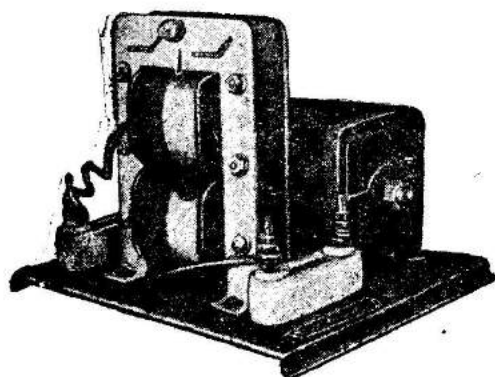


Рис. 154. I. Купроксный выпрямитель типа ПТВ завода имени Казицкого.

Заводом им. Казицкого выпускаются купроксные выпрямители (рис. 154, I и II), главным образом, для зарядки аккумуляторных батарей. Купроксные элементы собраны из пар: медь (с оксидированной стороной) и свинец. Купроксный столбик смонтирован вместе с соответствующим трансформатором. Трансформатор для регулировки напряжения во вторичной обмотке снабжен подвижным магнитным шунтом. При выдвинутом шунте напряжение является наибольшим, при вдвинутом — минимальным.

Таблица 6.

Электрические данные купроксных выпрямителей завода им. Казицкого.

Тип выпрямителя	Обратный ток		Характеристика при шунте, выдвинутом до упора во втулку				Сила выпрямл. тока при шунте, полностью вдвинутом, не более в а
	напряжение не менее в в	сила тока не более в ма	напряжение первичной цепи перем. тока в в	напряжение выпрямл. тока не менее в в	сила выпрямл. тока не менее в а	к. п. д. не менее %	
ПТВ-1	2	30	110	2,2	2,4	30	0,50
ПТВ-2	2	18	110	2,2	2,2	35	0,45
СТВ-1	12	25	110	13,2	0,6	40	0,10
СТВ-2	12	18	110	13,2	0,6	45	0,09
КТВ-1	12	45	110	13,2	2,4—3,0	35	0,40

6. Кенотронные выпрямители. 1) Типы и схемы выпрямителей.

Выпрямители с двухэлектродными электронными лампами, или кенотронами, служат в радиотехнике для питания анодных цепей выпрямленным током низкой частоты. Пульсирующий прямой ток, полученный в результате выпрямления, сглаживают при помощи фильтра и превращают его в постоянный. Выпрямители можно разделить на два типа: однополупериодные, или однокатные, и двухполупериодные, или двухтактные. На

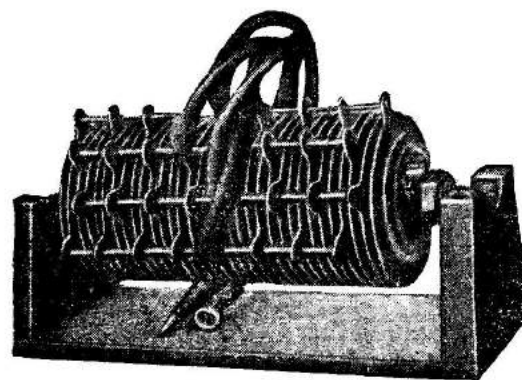


Рис. 154. II. Купроксный столбик от выпрямителя завода имени Казицкого.

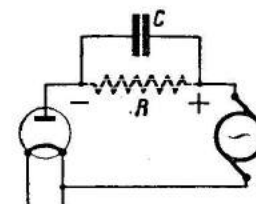


Рис. 155. Схема простейшего однополупериодного выпрямителя.

рисунке 155 показана схема простейшего однополупериодного выпрямителя. Источник переменного тока присоединен к аноду и катоду кенотрона (§ 21, 4). В цепь введен также тот прибор  $R$  (приемник, усилитель и пр.), который надо питать выпрямленным током. Ясно, что кенотрон будет пропускать через себя ток только в том случае, когда на аноде будет положительный потенциал. Следовательно, если напряжения переменного тока характеризуются кривой 1 графика 156, то через прибор  $R$  потечет ток только одного направления, имеющий пульсирующий характер (кривая 2, рис. 156). При включении параллельно

приемнику  $R$  достаточно большой емкости ток приобретает непрерывный характер и будет до некоторой степени сглажен (кривая 3, рис. 156).

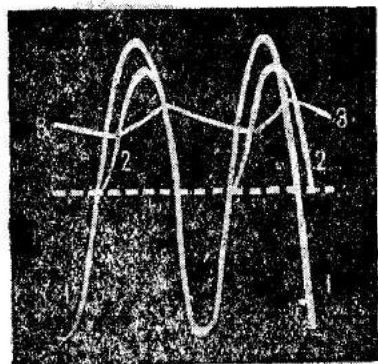


Рис. 153. Кривые переменного и выпрямленного тока при однополупериодном выпрямлении.

Для двухполупериодного выпрямителя надо иметь обязательно трансформатор  $T$  с выводом от средней точки  $O$  (рис. 157). Эта точка соответствует полюсу минус выпрямленного тока; положительным полюсом будет вывод от средней точки  $o$  трансформатора  $T_1$  накала кенотрона. Подобные трансформаторы, служащие для питания анодной цепи и накала ламп, носят название „силовых“ и описаны в § 4, 2. В большинстве случаев первичная обмотка таких трансформаторов делается из нескольких секций для обеспечения нормальной работы при различных напряжениях осветительной сети: 1) 100—115 в<sup>1)</sup> (среднее 110 в), 2) 115—130 в<sup>1)</sup> (120 в) и 3) 200—230 в (220 в). Вторичная обмотка

имеет обычно две или три самостоятельные катушки с выводами от средних точек, например  $II$  — для получения выпрямленного тока,  $III$  — для накала кенотрона и  $IV$  — для накала ламп приемника (см. рис. 93).

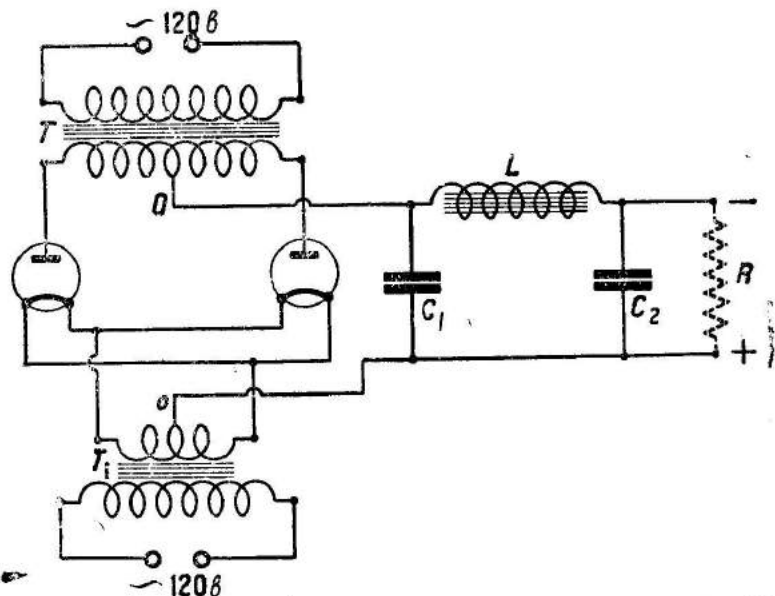


Рис. 157. Схема простейшего двухполупериодного выпрямителя.

В схеме рисунка 157 конденсаторы  $C_1$ ,  $C_2$  и дроссель  $L$  образуют собой фильтр, в результате действия которого пульсирующий прямой ток

<sup>1)</sup> Напряжение в осветительной сети, как правило, не везде одинаково. Вблизи районного трансформатора оно будет более 120 в (до 127 в), вдали — менее 120 в (до 110 в).

(кривая 2) превращается в постоянный (кривая 3, рис. 158). В настоящее время в двухполупериодных выпрямителях вместо двух кенотронов употребляется один с двумя анодами (рис. 159). Обозначения на схеме рисунка 159 следующие:  $T$  — силовой трансформатор,  $r$  — реостат накала кенотрона,  $CLC$  — фильтр,  $R$  — приемник энергии.

Схемы с кенотронами для выпрямления трехфазного тока употребляются для получения сравнительно крупных мощностей, в чем встречается надобность в генераторах электрических колебаний.

В заключение следует упомянуть о схеме Латура, позволяющей получить напряжение, вдвое большее выпрямляемого (рис. 160).

2) Типы кенотронов (см. § 21).

3) Фильтры. Как было уже указано, фильтр служит для превращения пульсирующего прямого тока в постоянный (ср. кривые 2 и 3 рис. 156 и 158). Без фильтра выпрямитель в приемнике даст такое гудение (с основной частотой в 100 герцов), что всякий прием становится невозможным. При плохом качестве фильтра фон вызовет в той или иной мере искажение.

В фильтр входят дроссель  $L$  и обычно две группы конденсаторов  $C$  и  $C$ , включаемых по схеме, показанной на рисунках 157 и 159. Для ориентировочных расчетов фильтра может служить следующее правило:

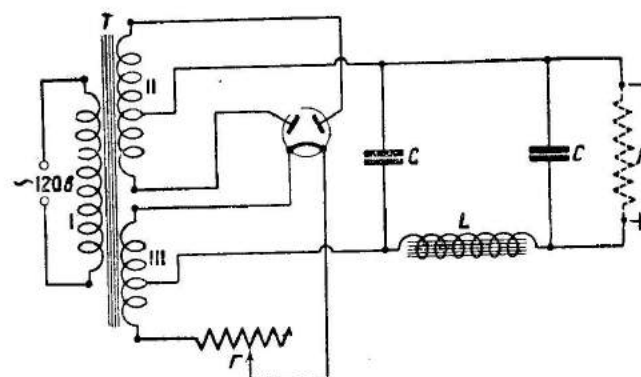


Рис. 159. Схема двухполупериодного выпрямителя при кенотроне с двумя анодами.

произведение коэффициента самоиндукции дросселя  $L$  (в генри) на величину емкости (в микрофарадах) конденсатора  $C$  должно быть равно около 200. Как правило, при построении фильтра приходится подбирать дроссель и количество включенных конденсаторов опытным путем. В учебных целях можно

воспользоваться дросселем с воздушным промежутком, позволяющим изменять его коэффициент самоиндукции. Для этого ярмо  $E$  сердечника  $F$  согласно рисунку 161 делается передвижным, именно: его посредством винтов с гайками  $a$  и  $b$  можно приблизить или удалить от сердечника  $F$ . Размеры таких дросселей указаны в таблице 7 (стр. 102).

Таблица 7.

Дроссели с воздушным промежутком для фильтров.

Допустимая сила тока в а	Коэффициент самоиндукции в гн около	Диаметр эмалированного проводника в мм	Число витков	Воздушный зазор	Толщина С катушки	Ширина В катушки	Ярмо (дл. А × толщ. К)	Сердечник (дл. D × толщ. К)	Поперечное сечение железного сердечника
миллиметры									
0,05	1	0,19	2 300	0,5	13	8	43 × 13	13 × 13	13 × 13
0,05	5	0,19	5 200	0,6	19	13	48 × 13	19 × 13	13 × 13
0,05	10	0,19	5 000	0,8	18	11	64 × 19	19 × 19	19 × 19
0,05	20	0,19	7 600	1,1	23	15	70 × 19	22 × 19	19 × 19
0,05	50	0,19	11 000	2,5	28	19	90 × 26	26 × 26	26 × 26
0,05	100	0,19	8 900	6,3	25	17	140 × 52	26 × 52	52 × 52
0,1	5	0,25	5 200	0,6	25	17	54 × 13	24 × 13	13 × 13
0,1	10	0,25	5 000	0,8	25	17	66 × 19	24 × 19	19 × 19
0,1	20	0,25	2 900	1,1	19	17	125 × 52	19 × 52	52 × 52
0,1	50	0,25	5 300	2,5	25	18	140 × 52	24 × 52	52 × 52
0,1	100	0,25	8 900	6,3	34	23	150 × 52	30 × 52	52 × 52
0,25	5	0,42	3 700	4,3	35	24	90 × 26	30 × 26	26 × 26
0,25	10	0,42	2 000	1,0	27	17	132 × 52	26 × 52	52 × 52
0,25	20	0,42	4 000	7,1	37	24	142 × 52	30 × 52	52 × 52
0,25	50	0,42	5 000	8,4	40	28	198 × 76	32 × 76	76 × 76
0,25	100	0,42	8 400	15,2	53	36	210 × 76	42 × 76	76 × 76

Можно приобрести, а в учебных целях построить, дроссели на основании данных таблицы 8 или воспользоваться трансформатором от усилителя низкой частоты или же, наконец, воспользоваться данными, указанными в нижеследующих описаниях выпрямителей.

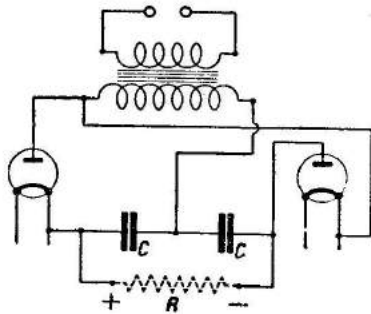


Рис. 160. Схема Латура.

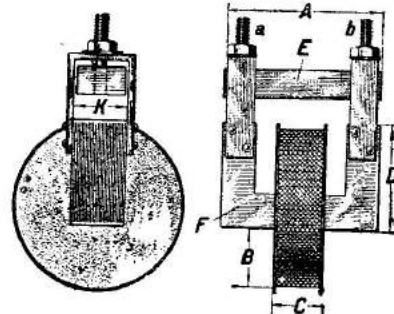


Рис. 161. Дроссель с подвижным ярмом для учебных целей.

При пользовании в качестве дросселя трансформатором низкой частоты его обмотки надо соединить последовательно и притом так, чтобы магнитные поля обмоток были направлены одинаково. Намотка дросселя, а тем более изготовление сердечника, дело утомительное и сложное

Таблица 8.

Фабричные дроссели низкой частоты для фильтров.

Тип	Завод	Сечение сердечника в мм²	Толщина пластин в мм	Число пластин	Число витков	Толщина провода в мм	Омическое сопротивление в ом
ЛВ-2	Им. Орджоникидзе . .	2,2	0,35	60	12 500	0,15	1 400
ДТС-2		4,2	0,35	56	15 000	0,15	1 800
В-10	Им. Казицкого . . . .	7,5	0,35	80	1 300	0,18	200
Д-2	„Радист“ . . . . .	4,0	0,35	110	10 000	0,15	1 100
Д-3	„ . . . . .	8,6	0,35	115	7 000	0,2	650
ДВ-16	„ . . . . .	8,6	0,35	115	7 000	0,2	650
ДФ-1	Леносовиахим . . . .	7,5	0,43	60	10 000	0,18	1 080
ДМ-4	„Радио“ . . . . .	12,0	0,42	110	6 000	0,3	140

и будет стоить недешево, почему рекомендуется приобретать дроссели готовыми (рис. 162).

Конденсаторы для фильтра берут бумажные (§ 10, 3) по 1,5—2 мкф в каждом или электролитические (§ 10, 4). При включении последних надо соблюдать полюсы, т. е. присоединить их клеммами + к проводу, соответствующему положительному полюсу выпрямленного тока. В большинстве выпрямителей емкости  $C_1$  и  $C_2$  берут по 4 мкф в каждой, соединяя для этого в каждой группе по два конденсатора параллельно.

4) Фабричные выпрямители. Значительное распространение получили следующие типы выпрямителей:

а) Выпрямители ЛВ (рис. 163) и ЛВ-2 (рис. 164) были первыми фабричными типами выпрямителей, появившимися на рынке. Собранные они по обычной схеме двухполупериодного выпрямителя (см. рис. 159) и имеют устаревшую теперь лампу с двумя анодами К-2-Т. Переменный ток подводят посредством

вилки к штепсельным гнездам с надписью  $\sim 110$  в, постоянный — получают от клемм, обозначенных + и —. Посредством реостата  $R$ , на рукоятке которого сделана надпись „накал“, можно получать различное напряжение анодного тока в пределах от 10—30 до 80—140 в. Максимальный ток, получаемый от выпрямителя, достигает только 20 ма, благодаря чему выпрямитель не может обслуживать современные приемники с несколькими лампами, но годится для питания до пяти-шести ламп П-7 и ПТ-2. Выпрямитель ЛВ-2 очень удобен для питания анодных цепей вместо анодных батарей в учебных схемах, описанных в § 38 и 39.

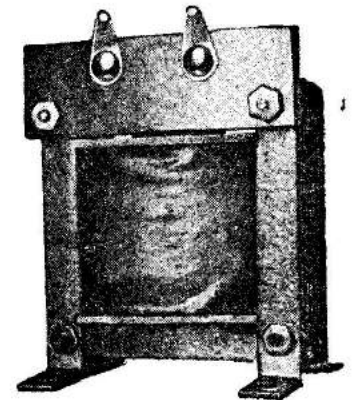


Рис. 162. Дроссель для фильтра ДВ-16.



На рисунке 165 показан монтаж <sup>1)</sup> выпрямителя ЛВ-2 со следующими обозначениями: *T* — трансформатор, *R* — реостат накала, *C* — конденсаторы фильтра, *D* — дроссель.

б) Выпрямитель „Радист“ предназначен для питания анодной цепи и накала ламп современных приемников (рис. 166 и 167).

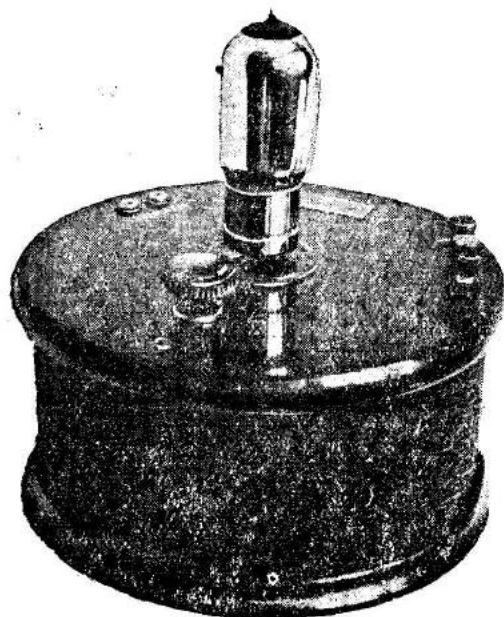


Рис. 163. Выпрямитель ЛВ.

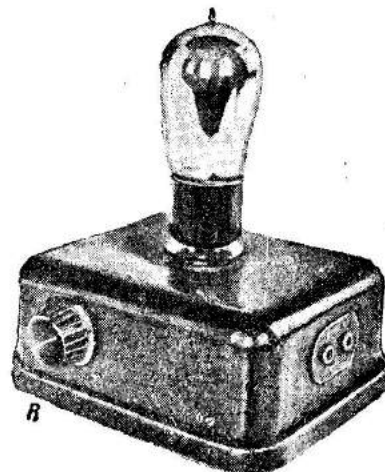


Рис. 164. Выпрямитель ЛВ-2.

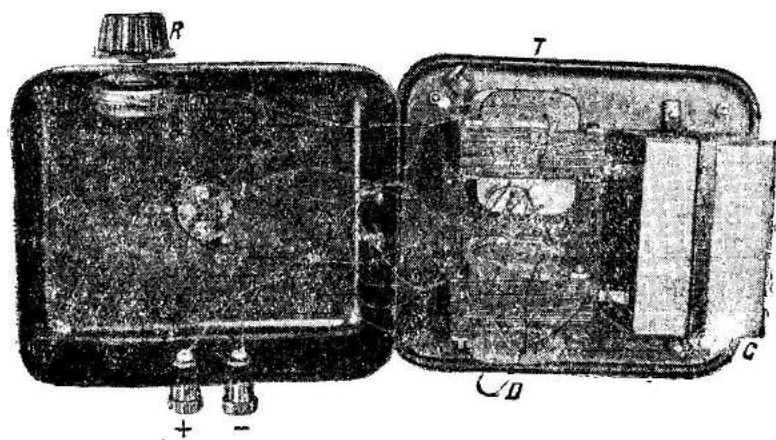


Рис. 165. Монтаж выпрямителя ЛВ-2.

Выпрямитель собран по обычной схеме (рис. 168) с лампой ВО-116. Переменный ток подводится к клеммам  $\sim 120$  в. Выпрямитель дает постоянный ток в 100, 160 и 240 в между клеммой минус и одной из клемм + (100, 160, 240 в). Для накала ламп приемника от

<sup>1)</sup> Примитивностью монтажа ЛВ-2 объясняются между прочим его частые порчи.

клемм  $\sim 4$  можно получить переменный ток в 4 в; от этой секции трансформатора сделан вывод средней точки. На рисунке 167 показан монтаж трансформатора в ящике. Желательно вынуть части выпрямителя из ящика и смонтировать их на отдельном деревянном щите, например, так, как это показано на рисунке 169.

Выпрямитель „Радист“ в школе иметь необходимо в двух экземплярах; причем один из них надо смонтировать в учебных целях указанным выше образом.

в) Выпрямитель динамика КВД Тульского завода. Этот выпрямитель смонтирован в красивом ящике вместе с динамиком и предназначен для питания последнего (рис. 170). Задняя стенка открывается, и весь монтаж выпрямителя динамика и других частей доступен для осмотра и изучения (рис. 171). Чтобы не возвращаться к описанию этого прибора еще раз в последствии, рассмотрим схему не только его выпрямляющего устройства, а всю целиком (рис. 172). Переменный ток  $\sim 110$  в

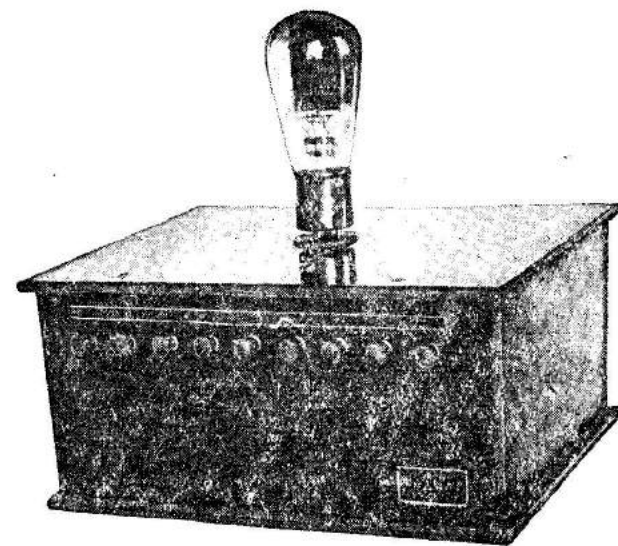


Рис. 166. Выпрямитель „Радист“.

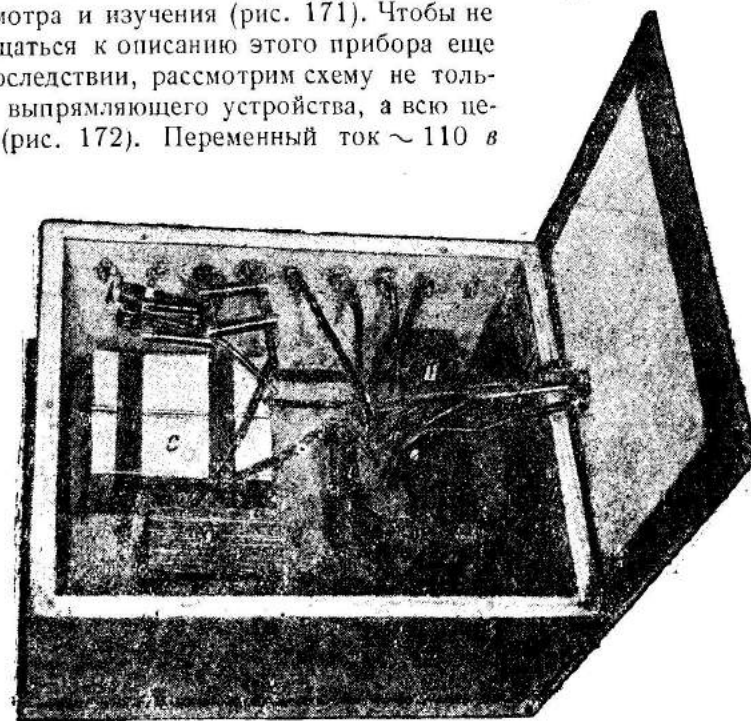


Рис. 167. Монтаж выпрямителя „Радист“.

подводится к силовому трансформатору  $T_1$  через предохранитель  $P$ . Данные этого трансформатора ТСК следующие: первичная обмотка  $600 \times 2$  витков, провод ПЭ,  $d=0,33$  мм, вторичная обмотка  $1350 \times 2$  витков, провод ПЭ,  $d=0,15$  мм. Первичная обмотка имеет две секции, начала которых обозначены буквами  $H_1$  и  $H_2$  и концы  $K_1$  и  $K_2$ . При питании прибора током 110 в эти секции включаются параллельно (рис. 172), для напряжения 220 в — последовательно.

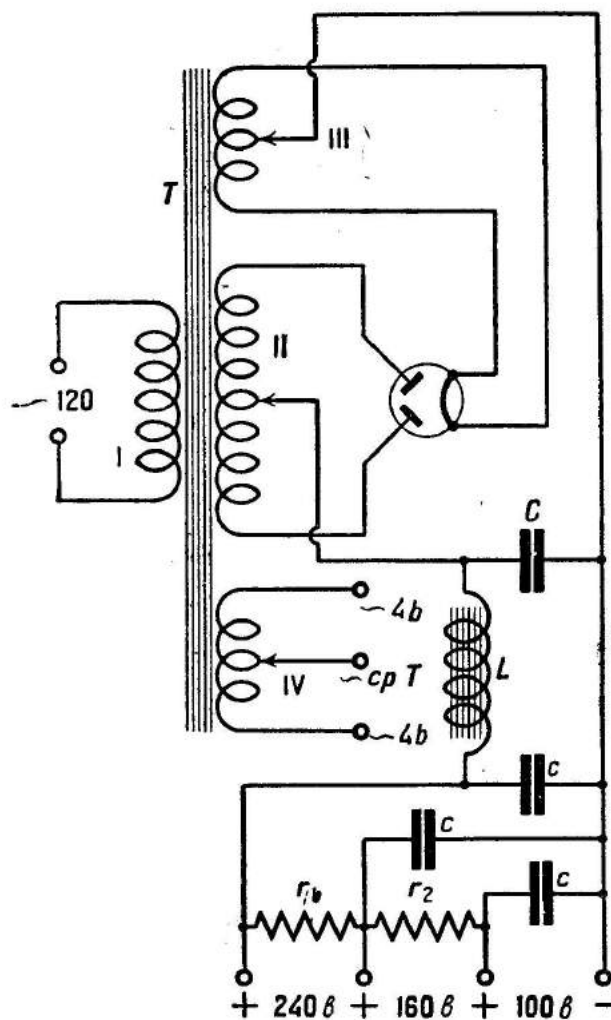


Рис. 168. Схема выпрямителя „Радист“:  $r_1$   $r_2$  — сопротивления Каминского;  $c$  — емкости порядка долей микрофарды.

первичная обмотка 250 витков  $\times$  4, провод ПЭ,  $d=0,2$  мм, вторичная обмотка 90 витков, провод ПЭ,  $d=0,33$  мм.

Начала обмоток секций обозначены буквами  $H_1$ ;  $H_2$ ;  $H_3$ ;  $H_4$ , концы —  $K_1$ ;  $K_2$ ;  $K_3$ ;  $K_4$ . Вторичная обмотка, от которой ток подводится к звуковой катушке  $D$  динамика, обозначена буквой  $B$ . Секции первичной обмотки могут быть соединены между собой различными способами для входных напряжений в 60, 45, 30 и 15 в (рис. 173).

Первые буквы в обозначениях клемм вторичной обмотки означают:  $H$  — начало обмотки,  $K$  — конец ее,  $C$  — средняя точка. Вторые буквы указывают назначение обмоток:  $A$  — для анодной цепи,  $K$  — для накала кенотрона. От трансформатора сделаны выводы к накалу кенотрона ВО-116 и к его двум анодам. Выпрямленный ток (200 в) берется от клемм  $CA$  и  $CH$ . Фильтр образуют два конденсатора  $C$  емкостью по 2 мкф каждый и сама подмагничивающая обмотка  $B$  динамика (§ 16, 7), для питания которой и поставлен выпрямитель. Ток от усилителя приемника подводится к гнездам с надписью „усилитель“ и поступает во входной трансформатор  $T_2$ . Данные этого трансформатора следующие:

первичная обмотка 250 витков  $\times$  4, провод ПЭ,  $d=0,2$  мм, вторичная обмотка 90 витков, провод ПЭ,  $d=0,33$  мм. Начала обмоток секций обозначены буквами  $H_1$ ;  $H_2$ ;  $H_3$ ;  $H_4$ , концы —  $K_1$ ;  $K_2$ ;  $K_3$ ;  $K_4$ . Вторичная обмотка, от которой ток подводится к звуковой катушке  $D$  динамика, обозначена буквой  $B$ . Секции первичной обмотки могут быть соединены между собой различными способами для входных напряжений в 60, 45, 30 и 15 в (рис. 173).

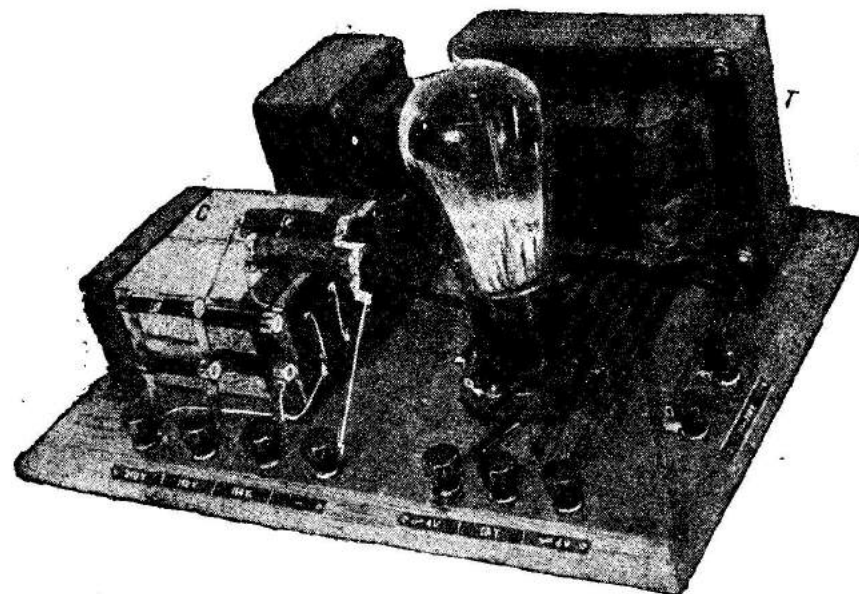


Рис. 169. Монтаж выпрямителя „Радист“ на панели в учебных целях.



Рис. 170. Динамик КВД Тульского завода.

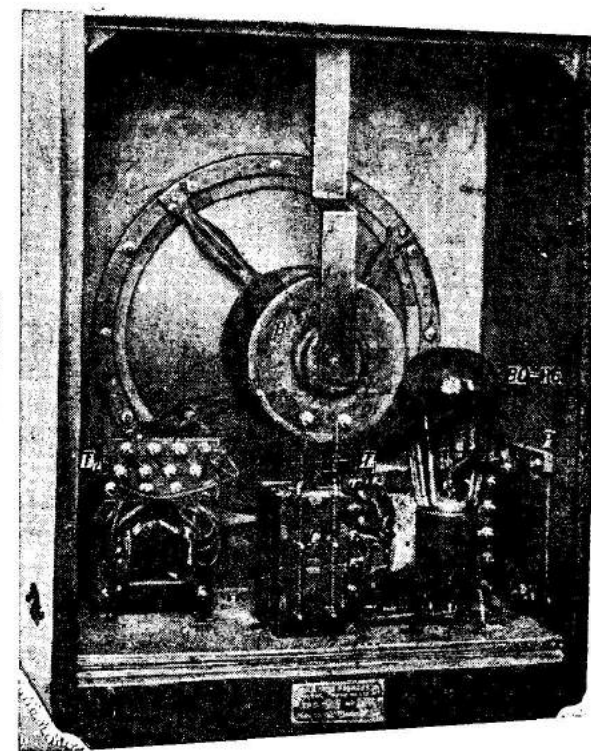
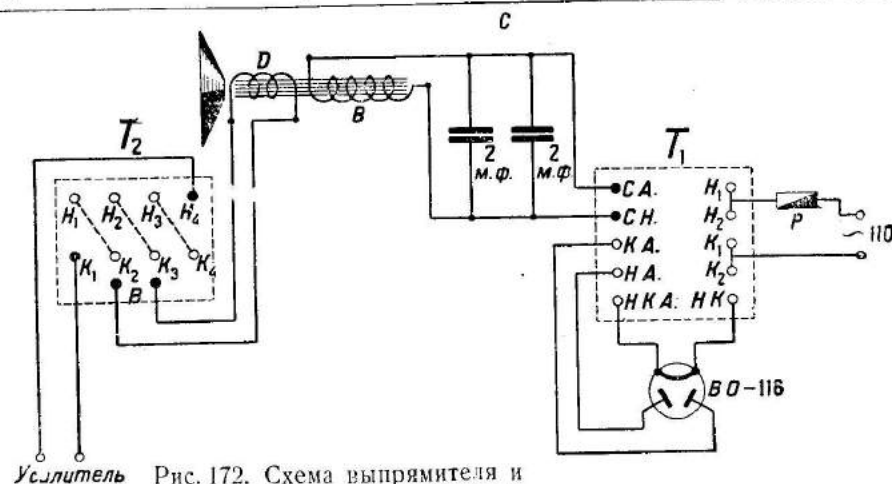


Рис. 171. Монтаж динамика Тульского завода.



Усилитель Рис. 172. Схема выпрямителя и динамика КВД Тульского завода.

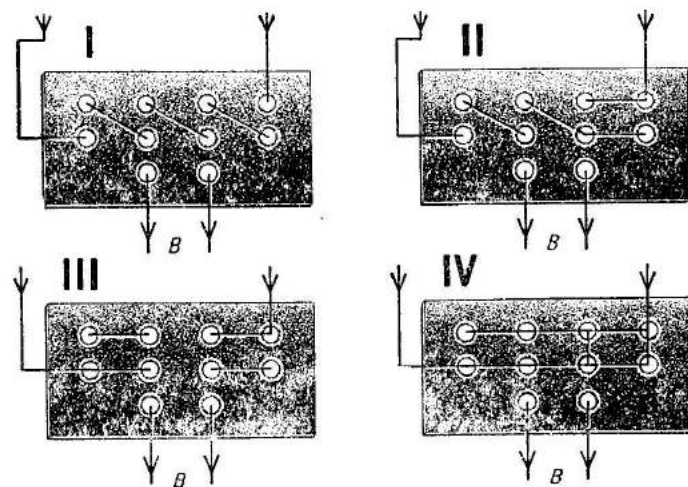


Рис. 173. Схемы переключения секций к трансформатору динамика для различных напряжений.

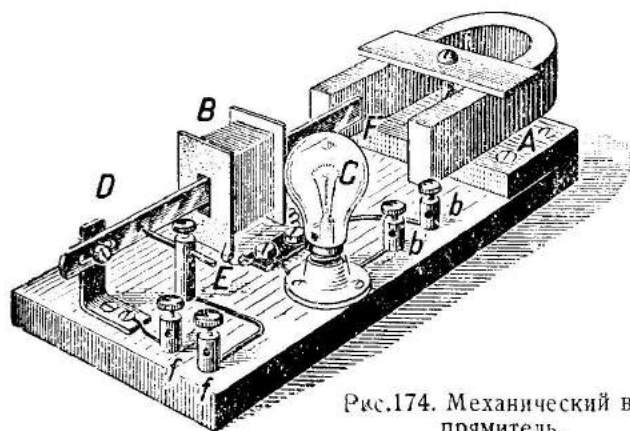


Рис. 174. Механический выпрямитель.

**7. Механический выпрямитель** с успехом может применяться для зарядки аккумуляторов малой емкости, например, в частности, анодных батарей (рис. 174 и 175). Работает выпрямитель по принципу электромагнитного прерывателя, разрывающего цепь переменного тока в течение одного полупериода. Выпрямитель можно устроить своими силами. Сильный U-образный магнит укрепляют на некотором возвышении А и располагают около него катушку В, намотанную на каркас указанных на рисунке 174 размеров. Катушку делают из 200—300 витков ПБ или ПБД провода 0,3—0,35 мм. Для включения катушки в цепь освещения через лампу С служат клеммы bb. Внутри катушки помещают стальную полосу F (пружина, обломок тонкой пилы и т. п.), укрепленную наглухо на одном конце при помощи скобы D. Наиболее подходящими размерами полоски будут: длина 10—12 см, толщина 0,4—0,6 мм. Полоску устанавливают так, чтобы ее свободный конец был расположен около одного из полюсов магнита. При пропускании переменного тока через катушку намагничивание полоски в течение одного полупериода усиливается, другого — ослабляется, благодаря чему она придет в колебательное движение с частотой тока. Около полоски расположен контактный винт E, отрегулированный так, что он дает контакт с полоской примерно в течение полупериода ее колебания. Выпрямитель включается в цепь освещения по схеме рисунка 175. Заряжаемые аккумуляторы К присоединяются через прерыватель Ef, амперметр А и реостат R ко вторичной обмотке понижающего трансформатора Т (звонковый или СО-0,04, § 4, 2). Предварительно надо одним из способов определить полюсы выпрямленного тока, возникающие на клеммах ff. Амперметр А для контроля выпрямления следует взять с механизмом Де пре д'Арсонваля (см. т. III, § 9, 7).

Максимальный ток, который может быть получен от выпрямителя, достигает 1—1,5 а. Весьма важно при постройке выпрямителя в том месте, где винт приходит в соприкосновение с полоской, напаять серебряную пластинку (например от старинной монеты) и в конец винта вставить серебряную проволочку, в противном случае контакт работать не будет. Еще надежнее контакты сделать вместо серебра из платины.

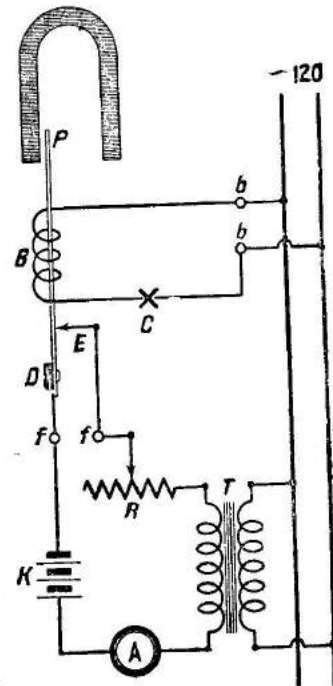


Рис. 175. Схема механического выпрямителя.



## ТРЕХФАЗНЫЙ ТОК.

### § 7. Генераторы и цепи трехфазного тока.

1. Некоторые сведения о трехфазном токе <sup>1)</sup>. Трехфазный ток образуют три самостоятельных переменных тока, имеющие одинаковые частоты и электродвижущие силы, но сдвинутые по фазе на  $1/3$  периода. График и векторная диаграмма трехфазного тока даны на рисунке 176. Величина

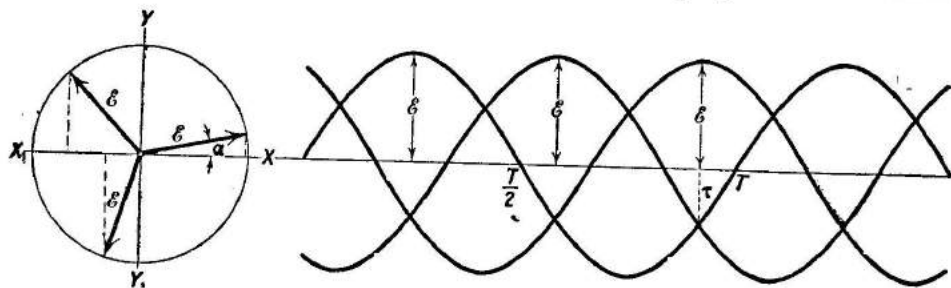


Рис. 176. График и векторная диаграмма трехфазного тока.

векторов  $E$  электродвижущей силы соответствует амплитудам переменных токов; их проекции на ось  $OY$  позволяют определить величину электродвижущих сил для любого момента времени, определяемого углом:

$$\alpha = \frac{2\pi t}{T},$$

где  $T$  — период токов и  $t$  — время, прошедшее от начала периода. Для получения трехфазного тока в простейшем случае служат три самостоятельные обмотки, вращаемые в общем магнитном поле. Соответствующие элементы этих обмоток расположены на расстоянии  $1/3$  окружности друг от друга (рис. 177). Во избежание путаницы в дальнейшем начала обмоток обозначены через  $A_1, A_2, A_3$  или  $a_1, a_2, a_3$  и их концы —  $B_1, B_2, B_3$  или  $b_1, b_2, b_3$ ; это обозначение сохранено во всем изложении этой главы. У генератора трехфазного тока бывает обыкновенно шесть концов, присоединенных к клеммам (рис. 178). Эти обмотки могут быть соединены двумя способами — треугольником (рис. 179) и звездой (рис. 180). Концы обмоток приключены к клеммам так, чтобы можно было быстро и удобно производить соединения посредством металлических накладок или проводов. Для включения треугольником соединяют между собой каждую пару клемм и провода берут от этих перемычек.

<sup>1)</sup> Начала теории однофазного и трехфазного тока см. Горячкин, Переменный ток, Учпедгиз, 1938.

Для звезды соединяются клеммы одного из рядов, верхнего или нижнего. Три свободные клеммы соответствуют фазовым проводам, нулевой провод берется от перемычки.

Указанные способы соединений дают три различных варианта канализации трехфазного тока.

а) Соединение генератора треугольником (рис. 181) дает цепь из трех проводов и употребляется в случаях, когда нагрузка на каждую из фаз является одинаковой.

Напряжение в сети, т. е. между двумя любыми фазовыми проводами, равно напряжению обмотки генератора. Сила тока в каждом из фазовых

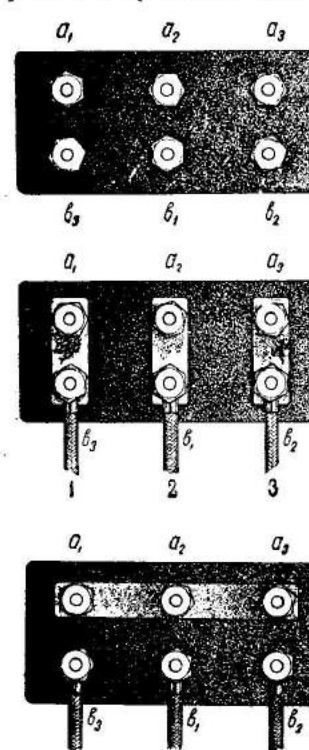


Рис. 178—180. Выводы концов от обмоток генератора трехфазного тока и соединения их треугольником и звездой.

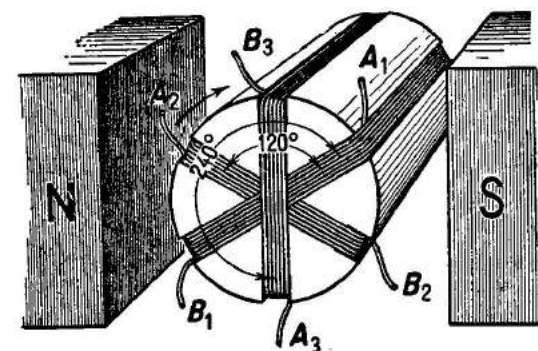


Рис. 177. Простейшие обмотки для получения трехфазного тока.

проводов будет в 1,73 раза больше тока обмотки.

б) Соединение генератора звездой позволяет получить напряжение в 1,73 раза больше, чем в обмотке (рис. 182). Сила тока при этом будет одинакова в фазовых проводах и соответствующих обмотках. Если обеспечена одинаковая нагрузка фаз, то цепь берется трехпроводной (рис. 182); в противном случае необходимы четыре провода (рис. 183).

Таким образом, у генератора трехфазного тока в зависимости от схемы соединений могут быть получены два неодинаковых напряжения, например около 120 и 220 в. В четырехпроводной цепи напряжения будут также различны, например между 0 и одной из фаз около 120 в и между фазами около 220 в.

Несмотря на отсутствие в школе генераторов трехфазного тока, способы соединения их обмоток указываются здесь, так как по этим же схемам включаются обмотки трансформаторов.

О включении приемников см. ниже работы 7 и 8.

2. Демонстрационная модель генератора трехфазного тока. Единственной моделью генератора трехфазного тока, появившейся на нашем рынке, является динамомашинка конструкции

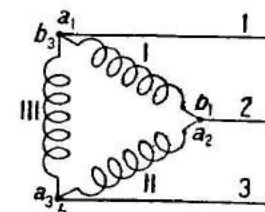


Рис. 181. Схема соединения обмоток генератора треугольником.

Неймана (см. рис. 124 и т. IV, § 17), якорь которой, кроме коллектора, снабжен еще кольцами для снятия трехфазного тока. Якорь состоит из двена-

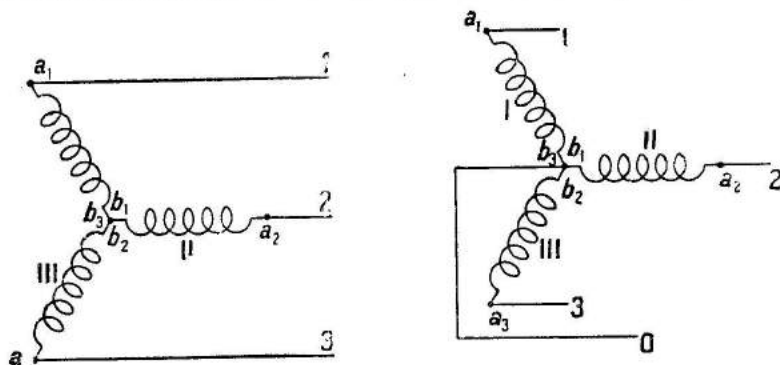


Рис. 182—183. Схемы соединения обмоток генератора звездой.

дцати катушек (секций); от каждой четвертой из этих катушек сделаны три отвода к кольцам. Вследствие своего универсализма модель по конструкции далека от современных генераторов трехфазного тока и обмотка ее сложна для изучения в средней школе. Как генератор трехфазного тока машина, безусловно, необходима там, где такого тока совсем нет. С машиной на прилагаемых в наборе моделях можно показать некоторые опыты по трехфазному току. В условиях городской школы использовать ее как источник трехфазного тока нет особой надобности, так как такой ток служит для освещения, откуда и может быть взят для опытов. Приходится ограничиваться пока пожеланием, чтобы на нашем рынке появилась действующая модель с возможно более простой обмоткой и шестью кольцами для получения возможности производить соединение обмоток звездой и треугольником.

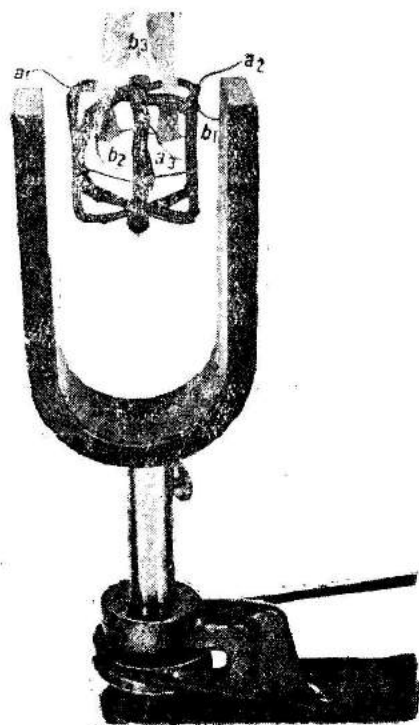


Рис. 184. Катушки для получения трехфазного тока.

**3. Принцип получения трехфазного тока.** 1) Три плоские катушки, укрепленные на общей оси. 2) Три демонстрационных стрелочных гальванометра.

Из тонкой проволоки ( $d = 0,2 \text{ мм}$ ) марки ПБ или ПШ наматывают на каком-нибудь цилиндре ( $d = 5 — 10 \text{ см}$ ) три плоские катушки по 50 — 100 витков в каждой. Катушки во избежание разматывания связывают поперек в нескольких местах нитками, окрашивают в три разных цвета и укрепляют на одной общей металлической или деревянной оси (рис. 184).

От каждой катушки делается по два отвода, которые присоединяют к клеммам трех демонстрационных гальванометров (рис. 185). Можно

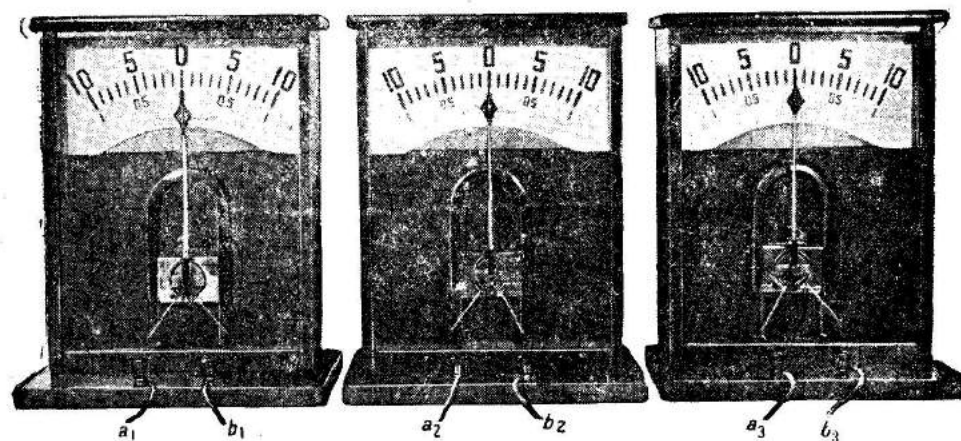


Рис. 185. Гальванометры для обнаружения трехфазного тока.

для получения трехпроводной цепи соединить обмотки звездой или треугольником (см. рис. 181 и 182), причем гальванометры включаются также по любой из этих схем.

Катушки помещают в сильное магнитное поле магнита или электромагнита, поворачивают на угол в  $360^\circ$  и наблюдают, что гальванометры обнаруживают возникновение индукционных токов. Максимум отклонения у каждого гальванометра наступает по отношению друг к другу через  $1/3$  периода, т. е.  $1/3$  времени оборота. Для получения наилучшего эффекта магнит надо закрепить в центробежной машине и медленно поворачивать его. Тогда, подобрав число оборотов магнита, можно раскачать стрелки гальванометров настолько, что они будут давать отклонение на всю шкалу.

Индукционные токи можно еще значительно усилить, если катушки намотать на железный цилиндр.

**4. Осциллограммы трехфазного тока.** Приборы те же, что и в работах § 2, 5, 6.

Осциллограммы трехфазного тока проще всего продемонстрировать при помощи трех неоновых ламп и установки, описанной в работах § 2, 5, 6. О получении этих осциллограмм см. также т. IV, § 29, 2.

Демонстрация со школьным осциллографом (§ 2, 6) вследствие наличия только двух шлейфов может быть проведена для двух каких-нибудь фаз и дает две кривые, сдвинутые на  $1/3$  или  $2/3$  периода.

У осциллографа из U-образного магнита и лезвия бритвы (§ 2, 5) на электромагните надо установить три катушки и три якоря с зеркальцами,

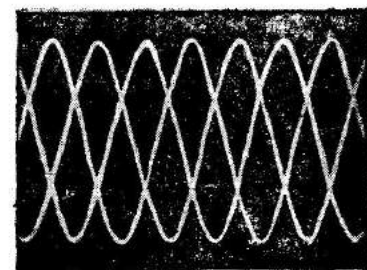


Рис. 186. Фотография осциллограммы трехфазного тока.

что, впрочем, возможно только при достаточно широком магните (от большого автомобильного магнето). Но при близком расстоянии якорей не исключена возможность их взаимного влияния друг на друга благодаря механическим действиям через воздух и взаимодействию магнит-

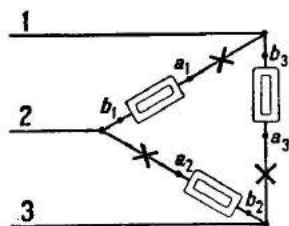


Рис. 187. Схема включения осциллографов в цепь трехфазного тока.

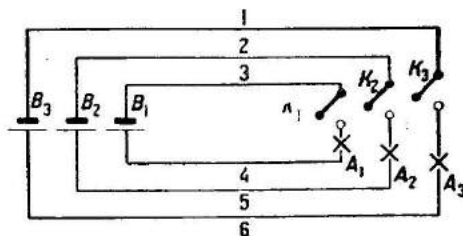


Рис. 188. Схема, аналогичная шестипроводной цепи трехфазного тока.

ных полей. Поэтому лучше всего взять три отдельных U-образных осциллографа и расположить их так, чтобы одноименные полюсы находились рядом.

Каждая из катушек включается в цепь трехфазного тока последовательно с лампочкой на 15—25 *вт* по схеме рисунка 187. При включении важно не перепутать начала и концы в обмотках, в противном случае будет получаться не обычная последовательность фаз.

**5. Аналогия четырехпроводной цепи трехфазного тока.** 1) Три батареи по 4 *в*. 2) Три лампочки на 4 *в* с патронами. 3) Три звонка. 4) Три звонковые кнопки и три выключателя.

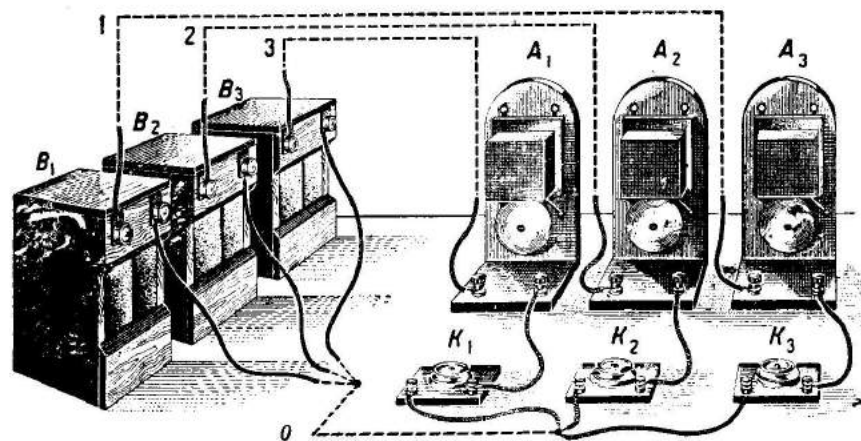


Рис. 189. Установка, аналогичная четырехпроводной цепи трехфазного тока.

Работа имеет целью показать, что при пользовании тремя источниками постоянного тока, питающими три приемника или три группы приемников, шесть проводов с сохранением полной независимости цепей могут быть заменены четырьмя или даже тремя проводами. Для сборки

установок лучше всего пользоваться деталями, смонтированными на досках и подставках так, как это показано на рисунке 78, т. III.

Сначала собирают цепь по схеме рисунков 188 и 189 из шести проводов, расположив три батареи  $B_1, B_2, B_3$  в одном месте и три звонка или лампочки  $A_1, A_2, A_3$  с ключами  $K_1, K_2, K_3$  — в другом. При сборке установки надо обратить особое внимание, чтобы она во взаимном положении своих частей возможно более приближалась к принципиальной схеме, именно: были видны ясно шесть проводов. Продemonстрировав, что каждый из звонков или ламп работает от соответствующего ему ключа, заменяют три проводника 4, 5 и 6 (рис. 188—189) одним общим проводом  $O$  и вновь показывают, что как источники тока, так и приемники сохранили независимость своего действия.

Последняя цепь является аналогией четырехпроводной цепи трехфазного тока.

Для демонстрации трехпроводной цепи собирают схему по рисунку 190 из трех батарей  $B_1, B_2$  и  $B_3$  и трех одинаковых ламп  $A_1, A_2$  и  $A_3$ . Батареи собираются так, чтобы напряжение одной из них, во-первых, было больше нормального напряжения ламп и, во-вторых, сумма напряжений двух батарей равнялась напряжению третьей. Тогда опыт покажет, что будут гореть все три лампы — две нормально и одна с сильным перекалом. Последним смущаться не следует, так как в цепи трехфазного тока сила тока в каждом приемнике периодически изменяется и мигание ламп незаметно лишь благодаря значительной частоте тока.

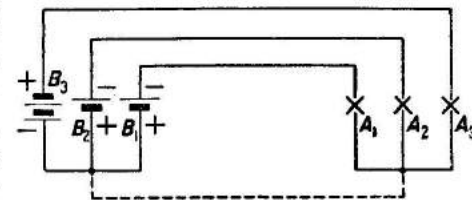


Рис. 190. Схема, аналогичная трехпроводной цепи трехфазного тока для момента  $\tau$  (рис. 176).

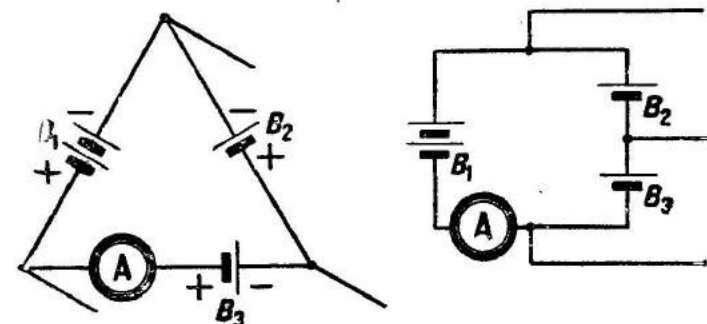


Рис. 191—192. Схемы, аналогичные соединению обмоток генератора треугольником для момента  $\tau$  (рис. 176).

Собранная цепь является аналогичной трехпроводной цепи трехфазного тока (при соединении обмоток генератора и при включении приемников звездами) для одного из моментов времени, например  $\tau$  (рис. 176). Можно, беря различные комбинации напряжений и соблюдая правило, чтобы электродвижущая сила любой батареи была равна сумме электродвижущих сил двух других батарей и направлена против них, составить цепь, аналогичную любому моменту времени трехфазного тока.



**6. Аналогия соединения обмоток треугольником.** 1) Три батареи в 4, 2 и 2 в. 2) Амперметр.

Для демонстрации того, что электродвижущие силы в обмотках I, II и III генератора, соединенных треугольником (см. рис. 181), взаимно уравновешивают друг друга, можно создать следующую аналогичную цепь постоянного тока. Три батареи с напряжением в 4, 2 и 2 в соединяют между собой треугольником по схеме рисунка 191 или 192. Ясно, что амперметр А, включенный в цепь, не дает показаний, так как электродвижущая сила батарей  $B_1$  уравновешивает электродвижущие силы батарей  $B_2$  и  $B_3$ .

**7. Включение ламп в трехпроводную цепь трехфазного тока треугольником и звездой.** 1) Три пробочных предохранителя. 2) Три патрона с лампами. 3) Три выключателя. 4) Вольтметр.

При трехпроводной системе лампы могут быть включены двумя способами: треугольником и звездой. Для сборки схем надо воспользоваться

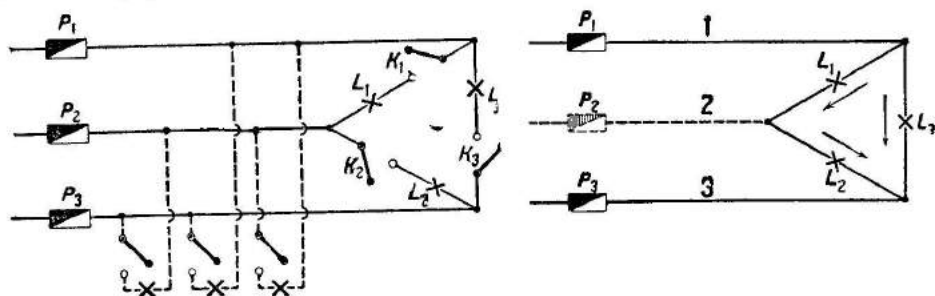


Рис. 193. Схема включения ламп треугольником.

Рис. 194. Последовательное включение ламп при одном сгоревшем предохранителе.

патронами, предохранителями и выключателями, смонтированными так, как это показано в т. III на рисунках 50, 74 и 77. Установка для демонстрации схемы треугольника составляется по схеме рисунка 193 из трех пробочных предохранителей  $P_1$ ,  $P_2$ ,  $P_3$ , трех выключателей  $K_1$ ,  $K_2$ ,  $K_3$  и трех ламп  $L_1$ ,  $L_2$ ,  $L_3$ . Ясно, что включение других ламп, показанное пунктиром и сделанное между двумя любыми проводами, дает также включение треугольником. Каждая из ламп может быть обслужена отдельным выключателем независимо от других лампочек. Выключение одной или двух ламп не отражается на степени накала остальных, что, между прочим, объясняется присутствием других ламп и приемников в цепи, включенных в осветительную сеть трехфазного тока и обеспечивающих равномерную нагрузку.

Интересен часто встречающийся на практике случай, наблюдаемый при перегорании одного из предохранителей, что можно продемонстрировать на установке, вывернув для этого одну из пробок, например  $P_2$ . Тогда лампы  $L_1$  и  $L_2$  будут гореть в полнакала как включенные между проводами 1 и 3 последовательно и лампа  $L_3$  — нормально (рис. 194). При вывертывании двух пробок все лампы погаснут.

При трехпроводной цепи для включения звездой требуется не меньше трех ламп (рис. 195). Важно убедиться при помощи вольтметра, что

если напряжение в сети (между фазами) равно 120 в, то на лампах оно будет в 1,76 раза менее, т. е.  $120:1,73 = 70$  в. Вследствие этого лампы будут гореть с меньшим накалом, чем при включении их между фазами по схеме треугольника (рис. 193). Включение ламп  $L_1$ ,  $L_2$ ,  $L_3$  неодинаковой мощности, что создает различную нагрузку, внесет изменение степени накала. При выключении одной из ламп, например  $L_1$ , треугольник „исчезает“, и лампы  $L_2$  и  $L_3$  окажутся присоединенными между двумя фазами 2 и 3 последовательно, и напряжение на них упадет с 70 до 60 в, что обнаруживается уменьшением накала или вольтметром.

Важно обратить также внимание, что управление лампами с помощью выключателей становится более сложным, чем при треугольнике.

**8. Включение ламп в четырехпроводную цепь трехфазного тока звездой или треугольником.**

1) Три предохранителя пробочных. 2) Шесть ламп (120 и 220 в). 3) Три выключателя. 4) Вольтметр.

Четырехпроводная цепь трехфазного тока применяется по большей части в загородных местностях и позволяет получить два различных напряжения, т. е. около 120 и 220 в (рис. 196).

Лампы  $I$  или  $R$ , включенные между одним из фазовых проводов 1, 2, 3 и нулевым, находятся под напряжением в 120 в. Управление каждой из ламп производится выключателями независимо от других (ср. с включением звездой без нулевого провода в предыдущей работе). Важно, что с нулевым проводом различная мощность взятых ламп не влияет на их накал. При включении треугольником, т. е. между фазами 1, 2, 3, напряжение будет  $120 \cdot 1,73 \approx 220$  в. Схему звезды с нулевым проводом нельзя осуществить в городских условиях без помощи трансформаторов.

Схемы собираются из отдельных панелек с патронами, предохранителями и выключателями, смонтированными способом, указанным в т. III на рисунках 50, 74 и 77.

**9. Трансформатор трехфазного тока.** Надобность в трансформаторах трехфазного тока в школе встречается крайне редко, почему здесь даны только самые краткие сведения (рис. 197—199).

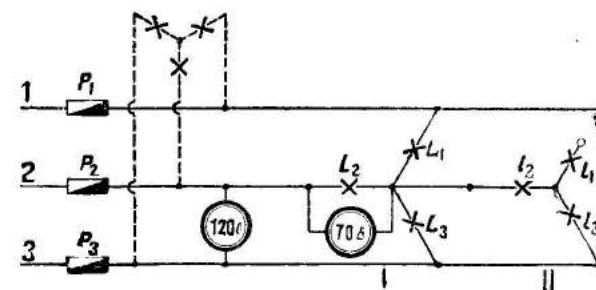


Рис. 195. Включение ламп звездой при трехпроводной цепи.

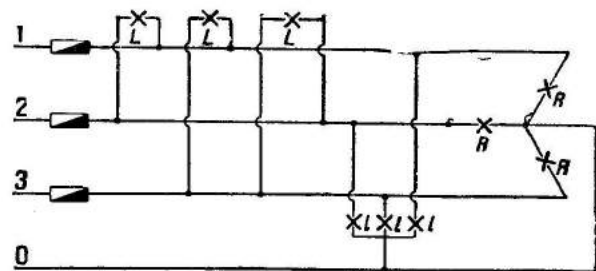


Рис. 196. Включение ламп звездой при четырехпроводной цепи.

Трансформатор чаще всего имеет сердечник с шестью катушками, из которых три, например  $A_1, A_2, A_3$ , являются первичными и три,  $B_1, B_2, B_3$ , — вторичными. В зависимости от соотношения чисел витков вторичных и первичных обмоток трансформатор является, как и однофазный, повышающим или понижающим напряжение. Катушки обмоток трансформатора, как первичной, так и вторичной, могут быть соединены звездой или треугольником (см. рис. 181—183) для получения различных напряжений (см. § 7, 1). При включении вторичных обмоток звездой от их общей точки интересно для опытов отвести нулевой провод (см. рис. 183). Тогда при включениях по схемам рисунка 196 можно получить две величины напряжения, из которых одна в 1,73 раза более другой.

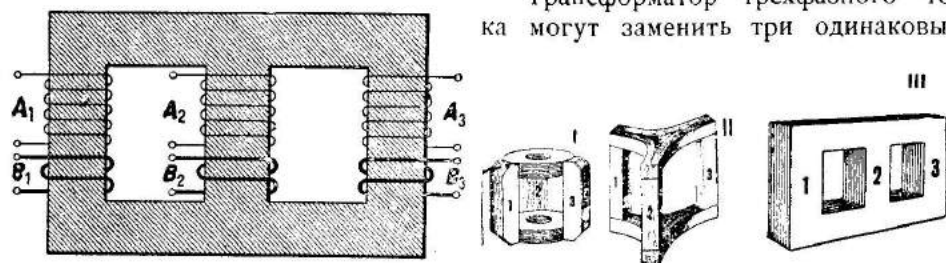


Рис. 197. Схема трансформатора трехфазного тока.

Рис. 198—199. Магнитопроводы трансформаторов трехфазного тока.

однофазного, например ОС-0,04 (см. рис. 80), если включить их первичные обмотки треугольником или звездой. При соединении вторичных обмоток во избежание гибели трансформатора надо знать, где концы и начала обмоток (см. рис. 181—183), что можно выяснить при помощи вольтметра постоянного тока с катушкой Деппе (см. т. III, § 9, 7), замкнув первичную катушку на мгновение на один-два аккумулятора.

## § 8. Мощность и энергия трехфазного тока.

**1. Типы и способы включения индукционных счетчиков.** Устройство и принцип действия счетчиков однофазного тока см. § 2, 13 и 14 и т. III, § 22, 2. На рисунке 200 показана схема включения счетчика в цепь, причем надо обратить внимание, что провода от магистрали подводятся к клеммам 1 и 3.

Технические данные см. в таблице 9.

Счетчик трехфазного тока (рис. 201) содержит в себе два механизма  $A_1 B_1$  и  $A_2 B_2$ , создающих бегущие поля и включенных в цепь трехфазного тока по схеме Арона (рис. 202). Под влиянием этих полей алюминиевый диск  $E$ , сцепленный со счетчиком оборотов, приходит во вращение. Для поглощения механической мощности служит постоянный магнит, не видный на рисунке 202. Схема включения счетчика в цепь трехфазного тока изображена на рисунке 203.

Технические данные для некоторых счетчиков типа И указаны в таблице 10.

Таблица 9.

Счетчик однофазного тока Б<sub>2</sub> ВЭСО.

Технические данные	Пределы измерений		
	120 в—5 а	120 в—10 а	220 в—5 а
Вращающий момент в гсм . . . . .	4,5	4,5	4,5
Передающее число . . . . .	1/500	1/250	1/250
Число оборотов на 1 квт-ч . . . . .	5 000	2 500	2 500
Параллельная обмотка			
Число витков . . . . .	6 000	6 000	11 000
Диаметр провода . . . . .	0,15-ПЭ	0,15-ПЭ	0,12-ПЭ
Сопротивление омическое . . . . .	490	490	2 000
Сопротивление кажущееся . . . . .	5 450	5 450	17 000
Потери мощности в вт . . . . .	1,0	1,0	0,8
Последовательная обмотка			
Число витков . . . . .	2 × 11	2 × 5	2 × 11
Диаметр провода . . . . .	1,35-ПБД	2,1-ПБД	1,35-ПБД
Сопротивление омическое . . . . .	0,02	0,01	0,02
Потери мощности . . . . .	1,15	—	1,15

Счетчики однофазного и трехфазного тока типа И учитывают активную мощность.

**2. Измерение энергии и мощности трехфазного тока счетчиком.** 1) Счетчик трехфазного тока. 2) Три ламповых реостата. 3) Часы.

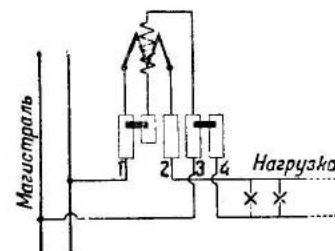


Рис. 200. Схема включения счетчика однофазного тока.



Рис. 201. Счетчик трехфазного тока.

Для измерения энергии и мощности трехфазного тока к счетчику по схеме рисунка 203 включают три ламповых реостата  $R_1, R_2$  и  $R_3$  или мотор трехфазного тока. Вытя из показаний счетчика после опыта его показания до опыта, определяют тем самым работу  $W$  электриче-





При непосредственном включении, т. е. без трансформаторов напряжения и тока, ваттметр ВИТ предназначен для измерения мощности до 1000 *вт*.

#### 4. Измерение мощности трехфазного тока ваттметром ВИО.

1) Ваттметр ВИО. 2) Три ламповых реостата. 3) Мотор.

Измерение мощности трехфазного тока посредством описанного в § 2, и т. III, § 21, 3 индукционного однофазного ваттметра ВИО может быть

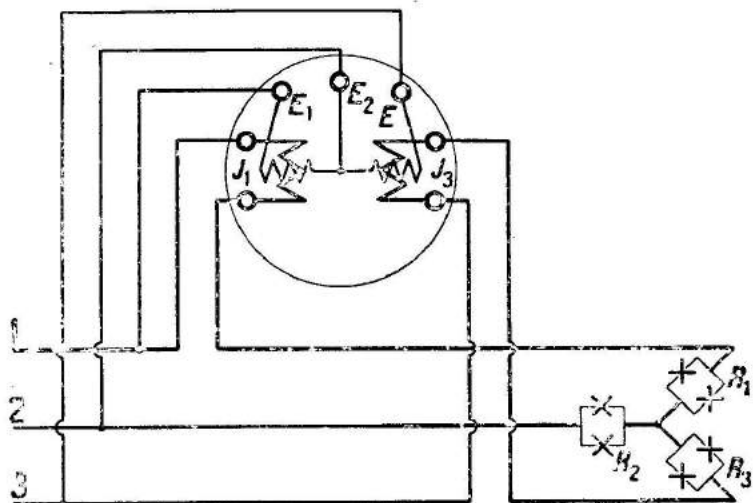


Рис. 204. Схема включения ваттметра типа ВИТ.

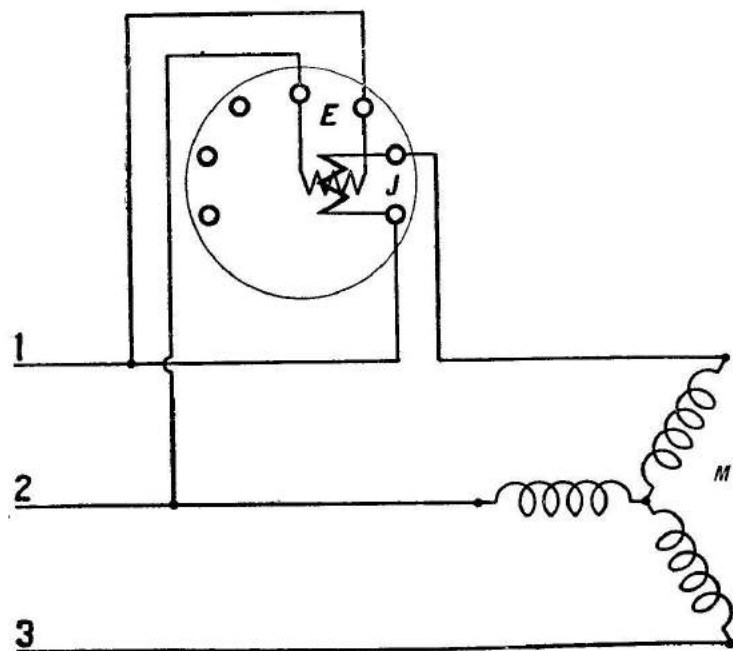


Рис. 205. Схема включения ВИО при одинаковой нагрузке фаз.

произведено при одинаковой нагрузке фаз. Нагрузка может быть индуктивная или безиндуктивная. Для измерения мощности включают в цепь мотор *М* трехфазного тока и присоединяют ваттметр ВИО по схеме, данной на рисунке 205. При этом безразлично, какими проводами воспользовались для включения. Для измерения большой мощности ваттметр должен быть включен в цепь через измерительные трансформаторы тока и напряжения (см. рис. 332, т. III). Показания ваттметра ВИО соответствуют мощности однофазного тока  $P_0$  и для определения мощности трехфазного тока  $P_m$  должны быть увеличены в 3 раза.

Вместо мотора для измерения мощности могут быть в цепь включены звездой или треугольником три ламповых реостата с одинаковым числом ламп.

#### 5. Измерение работы и мощности трехфазного тока вольтметром и амперметром. 1) Вольтметр. 2) Амперметр. 3) Три ламповых реостата.

Измерение мощности и работы трехфазного тока может быть произведено вольтметром и амперметром (рис. 206) только при следующих условиях: 1) нагрузка каждой фазы должна быть одинакова и 2) нагрузка должна быть безиндуктивной и беземкостной (например электрические лампы).

Мощность и работы равны:

$$P = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \quad \text{и} \quad W = \sqrt{3} \cdot U \cdot I t,$$

где  $U$  и  $I$  — соответственно напряжение и сила тока;  $t$  — время.

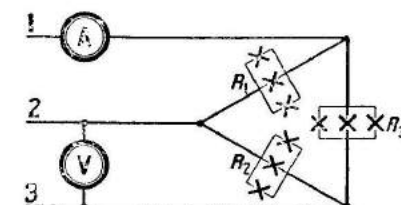


Рис. 206. Схема измерения мощности трехфазного тока при одинаковой нагрузке фаз.

### § 9. Асинхронные электродвигатели трехфазного тока.

**1. Методические замечания.** Ввиду отсутствия в методической литературе указаний об изучении асинхронного двигателя трехфазного тока здесь излагаются некоторые методические замечания более подробно.

В курсе средней школы для объяснения принципов работы двигателей и генераторов обычно пользуются контурами или витками, вращающимися в магнитном поле (см. рис. 175, т. IV). В методическом отношении крайне выгодно сохранить тот же подход в изложении о трехфазном токе, привести учащихся к пониманию принципа асинхронного двигателя, отираясь от хорошо разрабатываемого вопроса в обычном курсе физики — вращения витка в неподвижном поле. Сделать это вполне возможно.

Изложение вопроса об асинхронном двигателе начинают с рассмотрения витка или катушки, помещенной между полюсами постоянного магнита (рис. 207). Повороты этой катушки в магнитном поле при пропускании через нее тока изучены учащимися в VII и вновь в X классах. Учащиеся знают, что под влиянием тока катушка повернется и займет положение, соответствующее нейтральной линии  $MM_1$ . Для получения дальнейшего вращения на  $180^\circ$  следует изменить направление тока.

Непрерывное вращение катушки возникает, если меняют направление тока на обратное в те моменты, когда катушка находится на нейтральной линии, для чего в моторе постоянного тока служит коллектор. Таковы

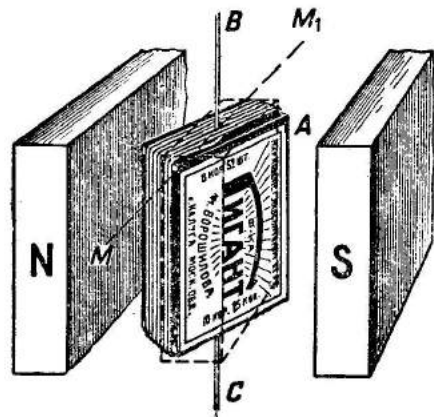


Рис. 207.

знания учащихся: их надо освежить и затем показать, что непрерывное вращение катушки, по которой течет ток неизменяемого направления, может быть получено, если вращать постоянный магнит указанным на рисунке 208 образом. Действительно, при смещении магнита из положения I в положение IV станет перемещаться нейтральная линия, и катушка, под влиянием тока стремясь притти на эту линию, придет во вращение. Изложенный принцип не содержит никаких трудностей и легко усваивается учащимися. Преподаватель при этом не только объясняет

принцип, но и демонстрирует его на опыте (см. рис. 207), подвесив рамку с током на штативе и поворачивая магнит согласно схеме рисунка 208. Таким образом, на основании опытного материала и элементарных теоретических соображений могут быть сделаны следующие выводы:

1) Для получения непрерывного вращения рамки с током надо поворачивать магнит, создающий поле.  
2) Рамка после своей установки в нейтральной линии вне зависимости от направления тока будет вращаться в том же направлении, что и поле. При поворотах магнита по часовой стрелке или против нее рамка будет всегда догонять нейтральную линию.

Это — очень важный вывод для последующего. Нужно обратить внимание, что направление тока в рамке влияет лишь на направление ее первоначального сдвига до установки на нейтральной линии, а не на процесс, указанный выше в пункте 2.

3) Поле, полученное в простейшем случае при помощи вращения магнита, называется вращающимся магнитным полем. Преподаватель при этом должен продемонстрировать спектр U-образного магнита (рис. 209), поворачивающегося вокруг оси под листом картона, посыпанного опилками.

Закончив, таким образом, вопрос о получении вращения катушки с током, переходят к рассмотрению индукции во вращающемся поле.

Для этого берут ту же рамку, что и на рисунке 207, и рассматривают следующие случаи (считая, что магнит поворачивается около оси катушки и тем самым создает вращающееся поле):

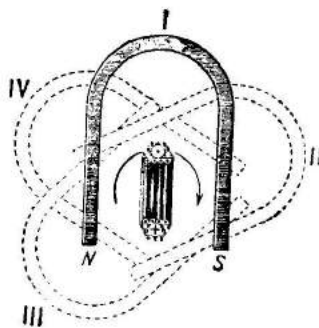


Рис. 208.

1) При неподвижной рамке в ее обмотке будет возникать ток, направление которого легко определить по правилу правой руки. При этом надо не спутать и ставить большой палец против движения магнита, что соответствует фиктивному направлению движения проводника. Легко выяснить, что при движении поля по стрелке часов (рис. 210) направления движения проводников A и B должны быть приняты как бы совершающимися против часовой стрелки. Применение правила правой руки покажет, что в проводнике B будет индуцироваться ток к наблюдателю (●), в проводнике A — от наблюдателя (+) (рис. 210 I—IV). Такое направление индукционных токов сохранится в течение полуоборота поля, т. е. до тех пор, пока полюсы NS не придут в положение, показанное на рисунке 210, V, т. е. поменяются местами.

При дальнейшем вращении в течение следующего полуоборота (рис. 210, VI) будет происходить индуцирование тока противоположного на-

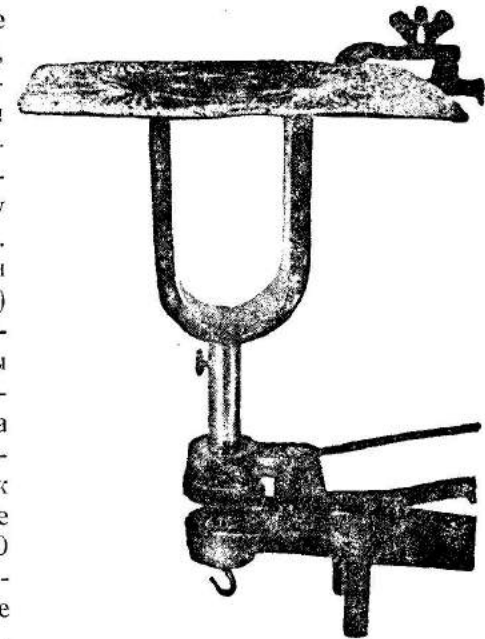


Рис. 209. Установка для демонстрации простейшего вращающегося поля.

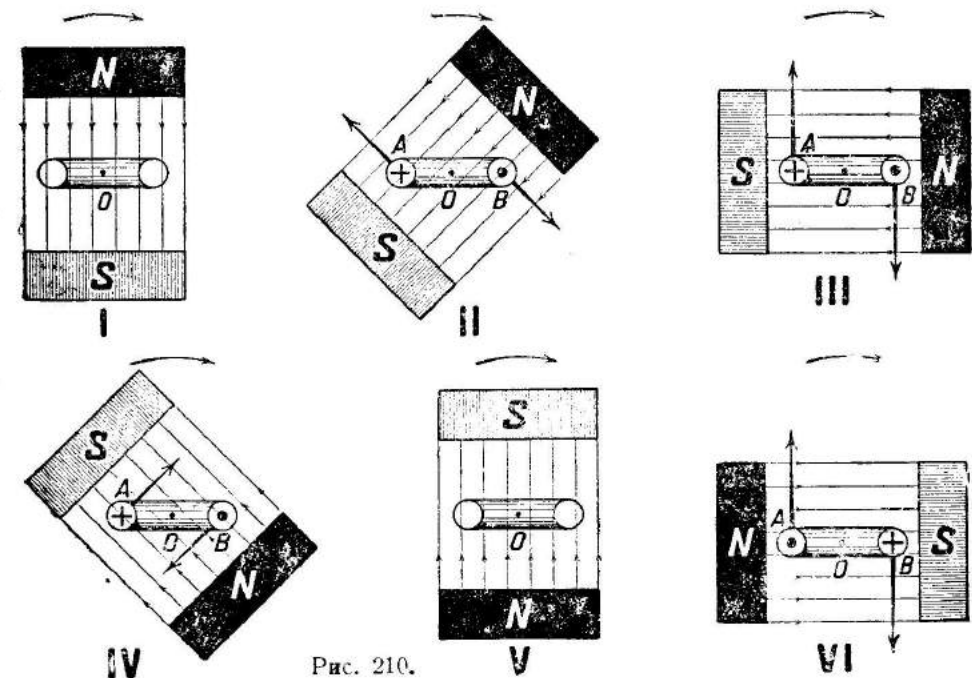


Рис. 210.

правления. Если поле принять вращающимся против часовой стрелки, то индукционные токи будут иметь противоположное направление по сравнению с рисунком 210.

Отсюда получают важный вывод: в неподвижной рамке, находящейся в вращающемся магнитном поле, будет происходить индуцирование переменного тока с частотой, равной числу оборотов поля (магнита). Этот вывод принципиально не нов для учащихся и только лишний раз подчеркивает, что для индукции надо иметь относительное движение поля и проводника и не важно, движется ли в данном случае поле или проводник. Рассмотренная схема представляет собой не что иное, как обычную схему индукции, путем вращения рамки в однородном поле, с той разницей, что вращается не проводник, а поле.

2) Если рамка вращается с такой же скоростью, что и поле, и в том же направлении, то сохраняется все время без изменения относительное положение поля и проводников  $AB$ , например положение, изображенное на рисунке 210, 1. В этом случае проводники  $AB$  не пересекают силовых линий поля и, следовательно, явления индукции не происходит.

Отсюда второй важный вывод, что в рамке, вращающейся со скоростью и в направлении поля, ток не индуцируется.

3) Если рамка вращается в поле в том же направлении и со скоростью меньшей, то, рассматривая относительное движение, можно легко прийти к выводу, что в проводниках наблюдается индуцирование тока. Этот ток будет переменным, именно: изменение направления тока на обратное происходит в момент, когда рамка, отставая от поля, переходит через положения I и V (рис. 210). Частота этого тока будет равна разности между числом оборотов поля и рамки.

Такое движение рамки, отстающей от поля, в электротехнике называют скольжением и выражают в процентах.  $100\%$  скольжения соответствуют неподвижной рамке,  $0\%$  — рамке, движущейся со скоростью поля<sup>1)</sup>.

Из рассмотренного делается суммарный вывод:

В рамке, находившейся во вращающемся поле, происходит индуцирование переменного тока, эффективная электродвижущая сила и частота которого зависят от степени скольжения рамки по отношению к полю.

Покончив вопрос с индукцией, следует свести вместе все сделанные выводы и тем самым познакомить учащихся с принципом действия асинхронного мотора.

Сделать это можно, например, в следующих рассуждениях. В рамке, находящейся в вращающемся магнитном поле, происходит индуцирование переменного тока, который будет течь, если концы обмотки рамки замкнуть накоротко. Этот ток, как было указано выше, взаимодействуя с вращающимся полем, вызовет вращение рамки в направлении вращения поля, в чем легко убедиться, применяя правило левой руки (стрелки на рисунке 210). Таким образом, для получения непрерывного вращения

<sup>1)</sup> Скольжение может быть более  $100\%$ , если рамка вращается против поля, но такие случаи не существенны при рассмотрении асинхронного мотора трехфазного тока и важны для объяснения принципа действия некоторых систем моторов однофазного тока.

рамки нет надобности питать ее током от постороннего источника; необходимый ток индуцируется полем и увлекается им в том же направлении. Для демонстрации рассматриваемого явления служит нижеописанный опыт 5. Демонстрация диска Араго на данном этапе изучения не целесообразна. От учащихся она потребует много больше знаний и воображения.

Выяснив принцип действия асинхронного мотора, следует перейти к рассмотрению вопроса о получении вращающегося поля при помощи трехфазного тока. Здесь попутно следует подчеркнуть, что трехфазный ток своим введением в технику обязан, главным образом, возможности получения при помощи определенной комбинации неподвижных катушек вращающегося поля. Такое поле может быть получено в простейших случаях при помощи трех перекрещивающихся катушек (см. рис. 215), или трех катушек оси, которые расположены под углом  $120^\circ$  (см. рис. 241), или, наконец, трех катушек, намотанных на кольцеобразный сердечник (см. рис. 222). Не представляет затруднений выяснить, почему поле является вращающимся, рассматривая для нескольких последующих моментов смену полюсов и изменение интенсивности поля на концах катушек. Этот вопрос хорошо методически разработан в большинстве элементарных курсов электротехники и поэтому здесь не описывается.

Для доказательства, что поле является вращающимся, в него помещают магнитную стрелку (см. рис. 226) и наблюдают ее вращение. Получение с помощью опилок магнитного спектра вращающегося поля не желательно, так как повело бы к усложнению вопроса ввиду того, что опилки движутся против поля.

Затем проводится цикл опытов примерно в той последовательности, как они изложены в работах 8, 3—11. В заключение можно показать опыт Араго и нужно изучить устройство асинхронного мотора технического типа.

**2. Вращение катушки с током во вращающемся поле магнита.** См. т. IV, § 9, 7.

**3. Спектр вращающегося магнита.** 1) U-образный магнит. 2) Лист картона. 3) Железные опилки. 4) Коробочка с сеткой для опилок.

U-образный магнит лучше всего укрепить в центробежной машине; можно также поворачивать его вокруг продольной оси непосредственно от руки (см. рис. 209). На лист картона посредством коробочки с ситом насыпают железные опилки и получают сначала спектр неподвижного магнита. Затем вращают медленно магнит, встряхивая все время легкими ударами лист картона, и наблюдают спектр вращающегося поля.

**4. Спектр вращающегося магнитного поля.** 1) Модель асинхронного мотора (см. рис. 222). 2) Лист картона. 3) Железные опилки. 4) Коробочка с сеткой для опилок.

На железное кольцо с тремя или шестью катушками (модель асинхронного мотора) кладут лист картона и засыпают его равномерно железными опилками. Включают ток и наблюдают, что опилки начинают вращательное движение и под влиянием центробежной силы быстро



сбрасываются с картона. Важно обратить внимание, что опилки при своем вращении движутся против поля, а не вместе с ним.

### 5. Вращение плавающего витка во вращающемся поле магнита.

1) U-образный магнит. 2) Центробежная машина. 3) стакан. 4) Полоска красной меди или алюминия. 5) Булавки.

Виток *B*, сделанный из полоски алюминия или красной меди, укрепляют на пробке *A* и помещают в стакан с водой (рис. 211 и 212). Пробку подбирают такого размера, чтобы виток не опускался на дно; в пробку для лучшей видимости вращения втыкают бумажные флажки. Булавки *D* служат для того, чтобы при своем вращении виток не задевал за стенки стакана. Стакан с водой и витком помещают между полюсами сильного U-образно-

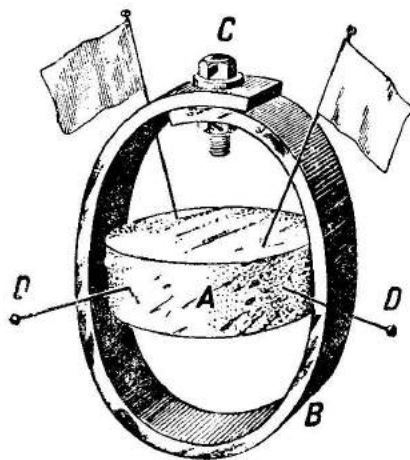


Рис. 211. Виток для плавания.



Рис. 212. Опыт с плавающим витком.

го магнита (например от автомобильного магнето), вращаемого на центробежной машине, и обнаруживают, что виток приходит во вращение (рис. 212). Еще лучше, если виток сделать не целым, а с разрезом наверху. Тогда виток при вращении магнита не будет приходить во вращение до тех пор, пока он не будет замкнут накоротко, например посредством болта *C*.

Демонстрация доказывает, что вращение происходит только в том случае, когда в витке течет ток, возникающий под влиянием индуцированной электродвижущей силы. Если виток в разомкнутом состоянии все же вращается, то это происходит под действием токов, возникающих в толще самого проводника. Нетрудно обнаружить, что при более тонких витках вращение не наблюдается.

Описанное явление следует продемонстрировать, пользуясь для создания вращающегося поля не только постоянным магнитом, но и статором

модели асинхронного мотора (железным кольцом с тремя катушками), питаемым трехфазным током.

**6. Диск Араго.** Опыт с диском Араго показывает, что вращающееся магнитное поле вызывает вращение металлического диска, помещенного в этом поле.

В опыте Араго приводят в быстрое вращение посредством центробежной машины или моторчика U-образный магнит *NS*. Благодаря вращению магнита в помещенном рядом медном диске *B* индуцируются токи (Фукко), которые заставляют диск вращаться в том же направлении (рис. 213).

Медный диск *B* должен быть отделен от магнита пластинкой *A* из стекла, слюды или целлулоида. В противном случае диск будет увлекаться не только магнитом, но любым вращающимся телом вследствие передачи движения через воздух.

На рисунке 213 изображен наиболее совершенный прибор Араго, приводимый в движение посредством мотора *M*. Мотор сцеплен с валом, на котором посажен магнит, посредством фрикционной передачи.

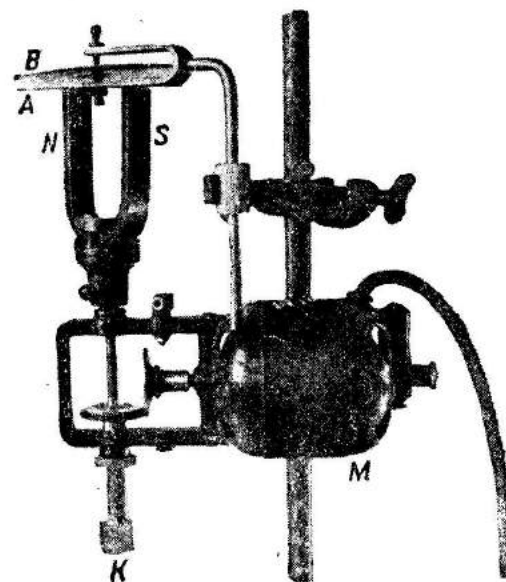


Рис. 213. Диск Араго с моторным приводом.

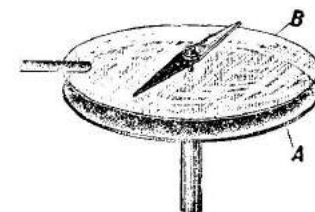


Рис. 214.

Для изменения числа оборотов магнита и перемены направления вращения вращают винт *K* (см. т. II, § 20, 4).

Другой распространенный вид прибора Араго показан на рисунке 214. При помощи центробежной машины приводят во вращение медный диск *A*, над которым помещен неподвижный кружок *B* из прозрачного материала. На этом кружке на острие укреплен магнитная стрелка, которая приходит во вращение под влиянием токов, индуцируемых в медном диске.

**7. Вращение магнитной стрелки во вращающемся магнитном поле.** Наиболее простой и широко распространенный прибор, демонстрирующий вращение магнитной стрелки во вращающемся поле, изображен на рисунке 215. Прибор состоит из трех плоских катушек, намотанных из тонкой проволоки и расположенных под углом  $120^\circ$  друг к другу. Концы обмоток соединены звездой, начала выведены к трем клеммам 1, 2 и 3. Внутри катушек на острие помещена магнитная стрелка,

которая при включении прибора в цепь трехфазного тока приходит во вращение. Источником для питания прибора может служить описанная модель машины трехфазного тока Неймана (см. рис. 124) или сеть освещения. В последнем случае прибор присоединяют к фазовым проводникам через три лампы накаливания (рис. 216).

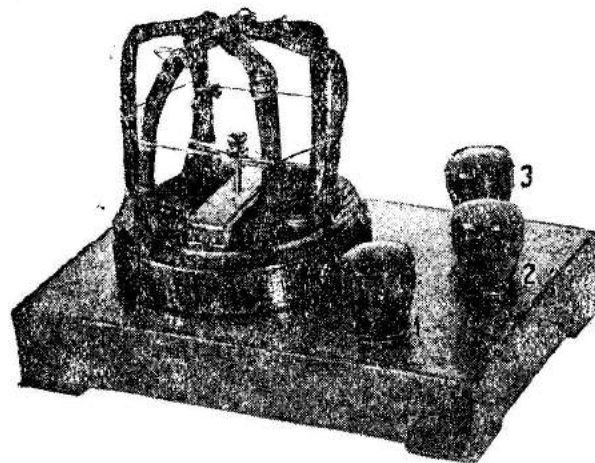


Рис. 215. Простейший прибор для вращения магнитной стрелки.

Указанный размер катушек и их форма не являются обязательными, нужно взять такую ширину катушек, чтобы внутри их могла свободно вращаться магнитная стрелка. Каждую из катушек перед снятием с шаблона перевязывают в нескольких местах поперек нитками, и окрашивают в особый цвет эмалевой краской. Затем вставляют катушки одна в другую

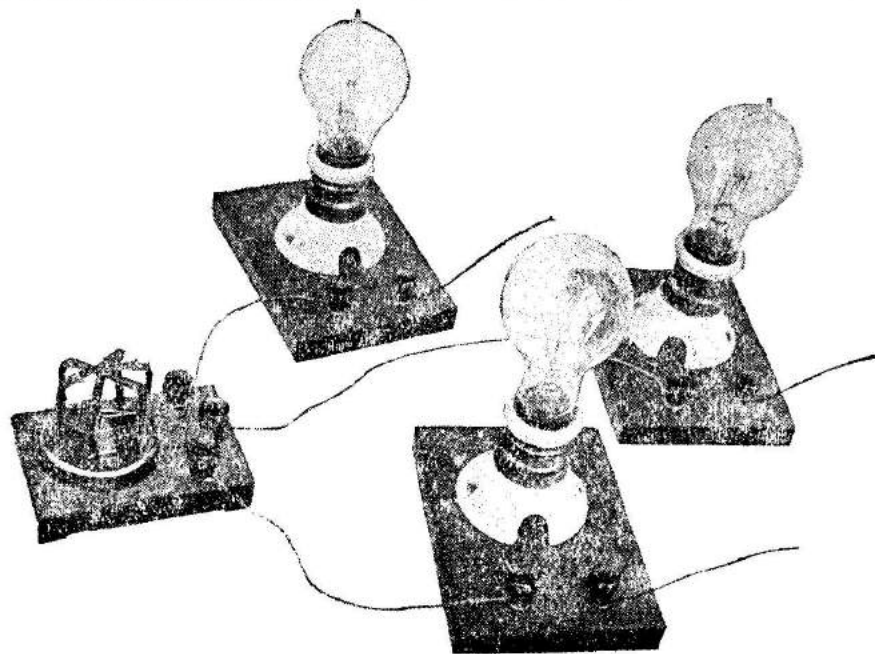


Рис. 216. Включение модели (рис. 215) в цепь трехфазного тока.

Прибор можно легко изготовить самостоятельно, для чего на деревянном шаблоне с прямоугольным сечением ( $5-6 \text{ см} \times 7-8 \text{ см}$ ) наматывают три плоские катушки (по 50—100 витков) из тонкой изолированной проволоки марки ПБД или ПЭ ( $d = 0,2-0,25 \text{ мм}$ ).

так, чтобы они образовали угол  $120^\circ$ , и в местах пересечения связывают нитками. В середине катушек укрепляют на металлической полоске с отогнутыми краями острие (швейную иглолку), на которое надевают магнитную стрелку.

Нужно иметь в виду, что соединения катушек между собой и подключение выводов от них к клеммам очень легко перепутать, вследствие чего магнитная стрелка вращаться не будет.

Пусть все катушки намотаны на шаблоне в одинаковом направлении, т. е., например, по часовой стрелке. Обозначим начала обмоток через  $a_1, a_2, a_3$  и концы через  $b_1, b_2, b_3$ . Обратим внимание, что название „начало“ может быть дано любому, например  $a_1$ , из двух проводников катушки, тогда другой проводник  $b_1$  будет соответствовать концу обмотки. Действительно, пусть катушка состоит для простоты из двух витков (рис. 217). Пусть конец  $a_1$  принят нами за начало обмотки и соединен с плюсом (+) источника тока; тогда вектор магнитного поля будет

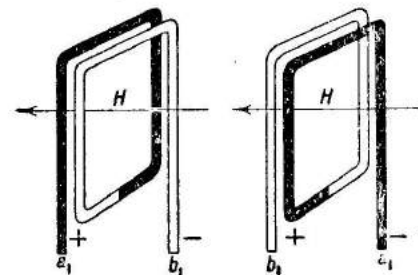


Рис. 217.

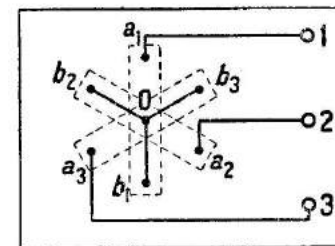


Рис. 218. Схема соединений катушек у модели (рис. 215) звездой.

направлен по стрелке  $H$ . Повернем теперь катушку на  $180^\circ$ , примем за начало проводник  $b_1$  и присоединим к плюсу источника — вектор поля будет иметь то же самое направление, что и в предыдущем случае.

Выводы от катушек через дощечку надо делать не все вместе через одно отверстие, но каждый провод пропускать через отдельную дырку так, чтобы выводы расположились по углам правильного шестиугольника (рис. 218). Правильно сделанный вывод упростит соединение проводников.

Под дощечкой (рис. 218), на которой смонтирован весь прибор, проводники  $a_1, a_2$  и  $a_3$  приключаются к клеммам 1, 2 и 3, проводники  $b_1, b_2$  и  $b_3$  соединяются вместе в точке  $O$  и к клеммам не выводятся. После соединения полезно проверить его правильность посредством постоянного тока. Для этого место  $O$  соединения проводников  $b_1, b_2$  и  $b_3$  приключают к какому-нибудь полюсу батареи, например к плюсу, и на острие надевают стрелку. После соединения проводника  $a_1$  через клемму 1 с минусом той же батареи стрелка должна установиться перпендикулярно к плоскости катушки  $a_1 b_1$ . Затем после переключения минуса батареи сначала к клемме 2, а затем к клемме 3 стрелка должна стать перпендикулярно сначала к плоскости катушки  $a_2 b_2$ , а затем  $a_3 b_3$ , делая поворот в том же направлении. Таким образом, при правильном соединении переключение тока в последовательности  $a_1 b_1; a_2 b_2;$



$a_3, b_3; a_1, b_1$ , и т. д. будет вызывать последовательные повороты стрелки на  $120^\circ$  и притом в одном и том же направлении.

Описанная проверка постоянным током может служить также демонстрацией, выясняющей причину вращения стрелки при питании обмоток трехфазным током.

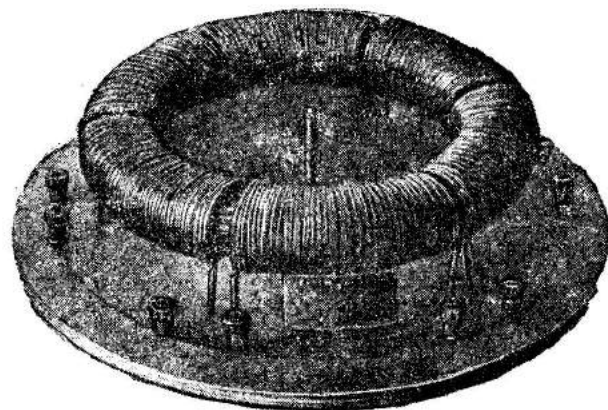


Рис. 219. Модель асинхронного мотора трехфазного тока с шестью катушками.

ра нет, то его надо изготовить своими силами; наибольшую трудность представляет изготовление различного типа роторов (рис. 220), но на первых порах можно обойтись и без них.

Для изготовления сердечника берут железную, хорошо отожженную проволоку ( $d=1-2\text{ мм}$ ). Проще и дешевле приобрести проволоку, известную в продаже под названием печной. Из проволоки на каком-нибудь круглом шаблоне наматывают кольцо, которое временно связывают в нескольких местах проволокой. Для получения ровного кольца лучше всего вырезать кружок ( $d=18-20\text{ см}$ ) из толстой доски ( $b=4-5\text{ см}$ ). На кружок (рис. 221) укрепляют гвоздями или шурупа-

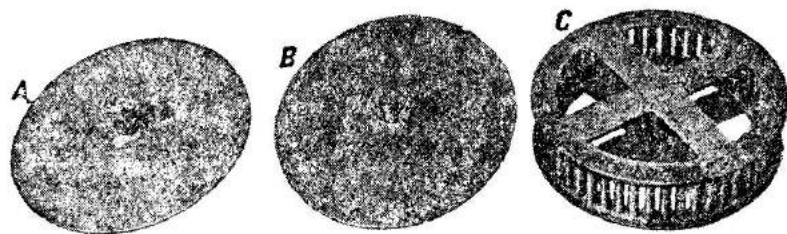


Рис. 220. Роторы модели (рис. 219).

ми в нескольких местах планки А из дерева или полосового железа для того, чтобы намотка вышла плотной и ровной. Перед намоткой бока полезно слегка опилить напильником „на конус“, что облегчит последующую съемку кольца. В нескольких местах до намотки в сделанные небольшие вырезы закладываются поперек концы железного провода для связывания кольца. Проволоку наматывают возможно плотнее

и ровнее, слой за слоем, до получения кольца шириной в 4—5 см. После намотки кольцо связывается на время поперечными проволоками, планки А отбиваются, и кольцо снимается с шаблона. Связывание проволокой надо произвести в тех трех или шести местах, которые соответствуют зазорам между катушками.

На построенный сердечник наматывают из провода ПБД или ПЭ ( $d=0,6-0,8\text{ мм}$ ) три или шесть катушек по три-четыре слоя в каждой и примерно по 60—100 витков в слое. При трех катушках скорость вращения поля будет 3000 оборотов в минуту, при шести катушках прибор является более универсальным, именно: может быть получено 3000 и 1500 оборотов в минуту.

Выводы от катушек следует сделать из толстого гибкого проводника (см. т. IV, рис. 69) и присоединить их к клеммам, установленным на подставке прибора. Катушки надо окрасить тремя различными цветами; у клемм поставить буквы и цифры, обозначающие начала и концы обмоток. Сердечник укрепляют на некоторой высоте от подставки, подложив под

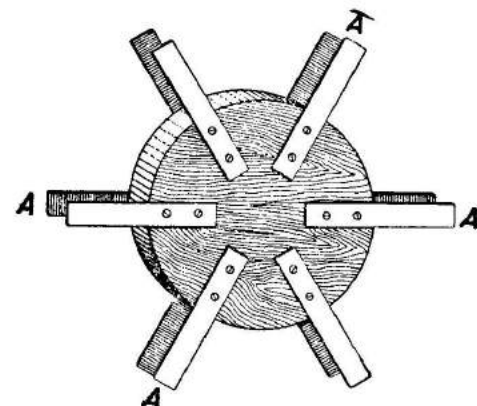


Рис. 221. Шаблон для намотки сердечника.

него три-четыре деревянные подкладки (см. рис. 219), или на трех вертикальных стойках (рис. 222).

Еще лучше сердечник сделать поворачивающимся вокруг горизонтальной оси.

Роторы для описываемой модели асинхронного двигателя изображены на рисунке 220. Ротор А представляет собой железный кружок из толстого котельного железа ( $b=5-10\text{ мм}$ ). Ротор В имеет такое же устройство, но сделан из меди или алюминия. Наиболее сложен ротор С (беличье колесо), подобный по своему устройству короткозамкнутому якорю асинхронного мотора, из которого для

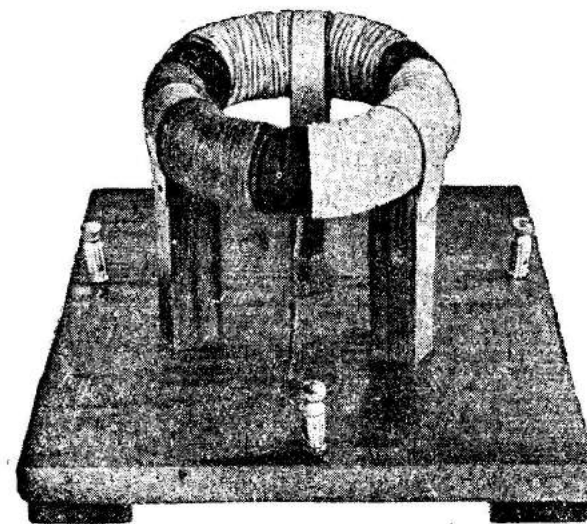


Рис. 222. Модель асинхронного мотора с тремя катушками.

важности удалено железо. Такой ротор состоит из двух колец с крестом внутри (латунь или красная медь), соединенных между собой толстыми медными проводниками.



удалить из прибора на время ось *A* (см. рис. 223) и шарики поместить в круглодонную стеклянную колбу или колпак от воздушного насоса (рис. 230).

Удалив ось *A*, подносят к прибору повешенную на нити чугунную или алюминиевую сковородку и наблюдают ее вращение (рис. 231).

4) Вращение колец. Подвешивают на нитях одинаковые кольца от прибора Томсона (см. рис. 50—55)

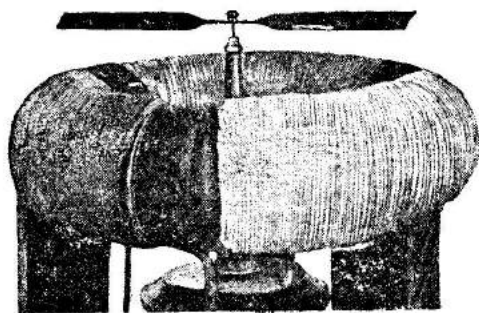


Рис. 226. Вращение магнитной стрелки.

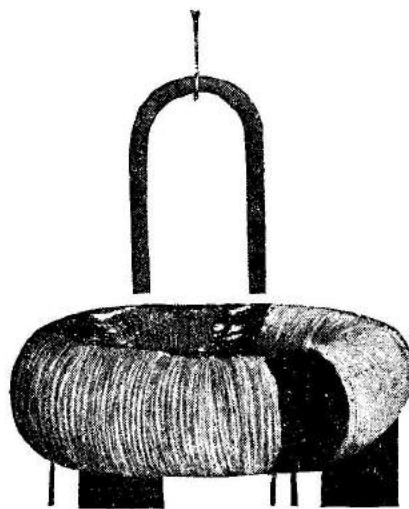


Рис. 227. Вращение U-образного магнита.

так, чтобы плоскость кольца в одном случае была горизонтальной и в другом — вертикальной. Если кольцо не очень толсто, то в первом случае во вращающемся поле оно не вращается совсем или дает слабое вращение. Во втором случае, начав вращение, кольцо под влиянием центробежной силы располагается так, что его плоскость становится горизонтальной, от чего его скорость, между прочим, уменьшается (рис. 232).

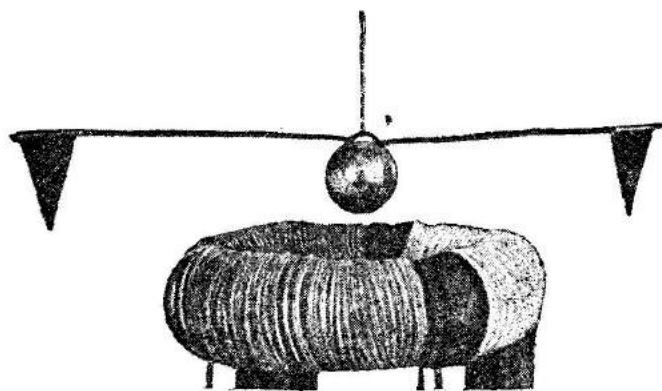


Рис. 228. Вращение шарика.

6) Вращение катушки. Катушку проволоки, проще всего сотворить от радио, подвешивают на нити (рис. 233) и вводят во вращающееся поле. Так как катушка не замкнута, то, несмотря на индуцированные электродвижущей силы, ток в ней не возникает, и катушка остается

5) Вращение плавающего витка. Вносят во вращающееся магнитное поле стакан с плавающим витком и наблюдают его вращение (см. опыт 5).

Весьма важное принципиальное значение, кроме опытов 1—3, имеют следующие — 6 и 7.

в покое. После соединения контактов *a* и *b* проводом катушка приходит во вращение.

7) Опыт с катушкой и лампочкой. Из провода ПБД или ПЭ ( $d=0,2—0,5$  мм) делается плоская катушка из нескольких десятков витков (рис. 234, I). Такую катушку можно намотать на каком-нибудь цилиндрическом теле. Концы катушки присоединяют к лампочке

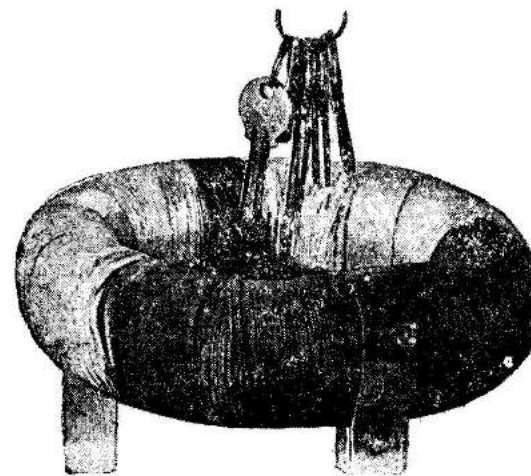


Рис. 229. Вращение ключей.

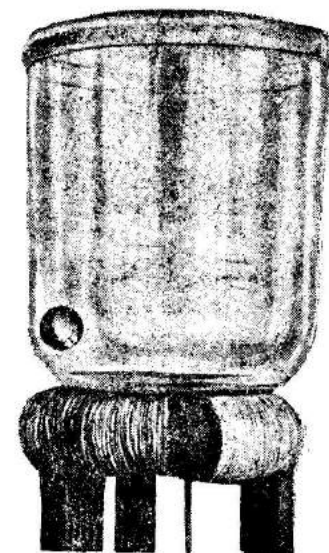


Рис. 230. Вращение шарика в колпаке.

от карманного фонарика. Число витков катушки подбирают таким, чтобы лампа достаточно ярко горела в нижеописанном опыте. Катушку берут в руки и помещают во вращающееся поле способом, показанным на рисунке 234, I. В этом случае лампа не горит, так как силовые

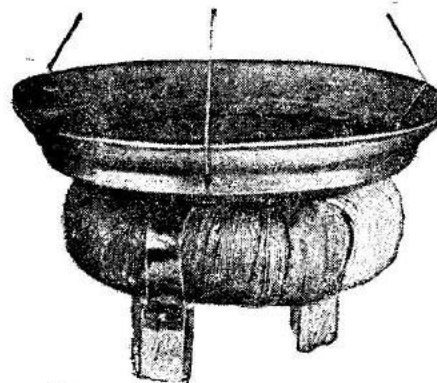


Рис. 231. Вращение сковородки.

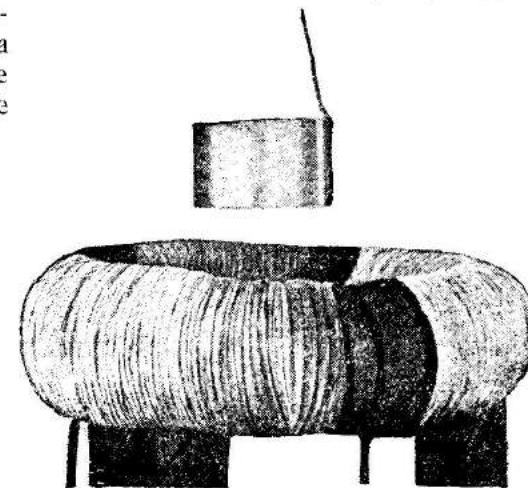


Рис. 232. Вращение кольца вокруг свободной оси.

линии не пересекают проводов катушки. Затем катушку подвешивают на нить и вводят в поле (рис. 234, II). В первый момент, когда скольжение

Для вращения роторов в модели (см. рис. 219) на пластинке *E* укреплен ось *A*, на верхнее основание которой в небольшое углубление положен стальной велосипедный шарик *B*, являющийся подшипником (рис. 223). В каждый из роторов *C* впаива трубка *D*, более широкая, чем ось, и закрытая сверху. Эта трубка опирается внутри своим закрытым концом на шарик и почти не касается оси, благодаря чему трение получается весьма малым. Весьма желательно ось *A* не заделывать наглухо в пластинке *E*, а сделать вывертывающейся или закрепить под деревянным основанием с помощью гаек. Так как медь и котельное железо достать нелегко, то для устройства роторов такого типа можно с успехом взять подходящие по размерам чугунную и алюминиевую сковороды. При этом надо сначала приобрести сковороды, а затем применительно к их размерам сделать сердечник.

Рис. 223. Устройство подшипника модели (рис. 219).

Для демонстрации вращения сковородок, в целях упрощения, их можно подвесить на нитках указанным на рисунке 231 образом.

На рисунке 224 показаны различные способы включения сердечника с тремя катушками: треугольником и звездой. При включении треугольником катушки сильнее нагреваются, чем при соединении звездой. Если и в последнем случае нагревание все же сильно, то необходимо увеличить число витков обмотки или включать каждую из катушек через лампу мощностью в 200—500 *вт*.

На рисунке 225, I и II показаны различные способы включения шести катушек по две последовательно и параллельно (звездой и треугольником), причем вращающееся поле будет иметь 1500 оборотов в минуту.

С прибором можно показать следующие опыты:

1) Движение железных опилок во вращающемся поле. См. опыт 4.

2) Вращение магнитной стрелки. Прибор закрывают сверху листом картона или фанеры, в центре которого укреплен вертикально швейная игла. На иглу надевают большую демонстрационную стрелку с окрашенными полюсами и наблюдают ее вращение после включения тока. Можно также поместить стрелку указанным на рисунке 226 образом.

При перемене местами двух любых проводников, подводящих ток, обнаруживают, что вращение будет происходить в обратную сторону.

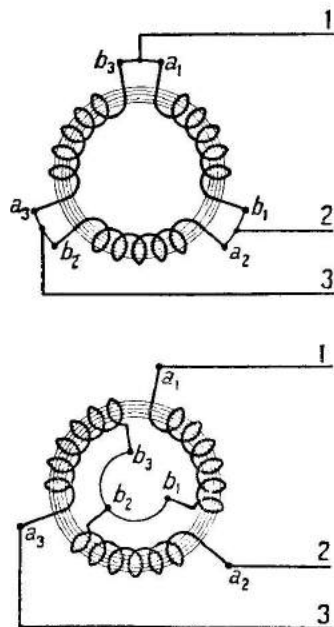


Рис. 224. Включение катушек модели (рис. 222) треугольником и звездой.

Вместо магнитной стрелки можно получить вращение подвешенных на нити U-образного и прямого магнитов (рис. 227).

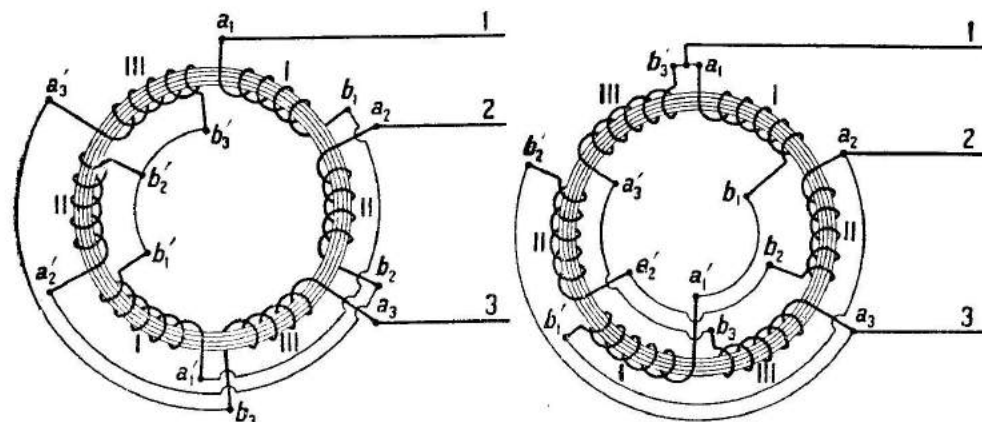


Рис. 225, I. Схемы соединений звездой и треугольником (катушки последовательно).

3) Вращение различных металлических предметов. К стальному автомобильному или медному шарiku припаивают ушко для подвешивания на нити (рис. 228). Желательно, припаявая ушко, оставить концы проволоки длиной в несколько сантиметров для укрепления небольших флажков из цветной бумаги. Держа нить в руках, опускают шарик в середину кольца и обнаруживают, что он приходит в быстрое вращение, что особенно хорошо заметно при наличии флажков.

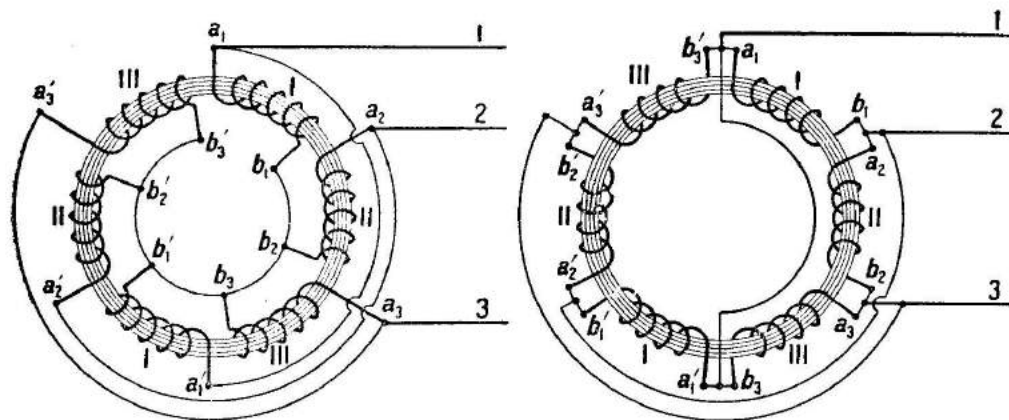


Рис. 225, II. Схемы соединений звездой и треугольником (катушки параллельно).

Эффектно также вращение связки ключей, повешенных на нити и стремящихся, между прочим, под влиянием центробежной силы и поля принять горизонтальные направления (рис. 229).

В фарфоровую выпаривательную чашечку кладут несколько стальных автомобильных шариков. Шарик приходит во вращение и при легких встряхиваниях чашки стремится к движению по экватору. Эффектнее



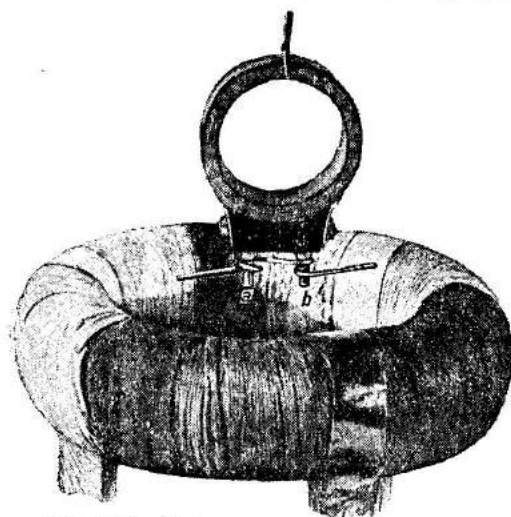


Рис. 233. Вращение сотовой катушки.

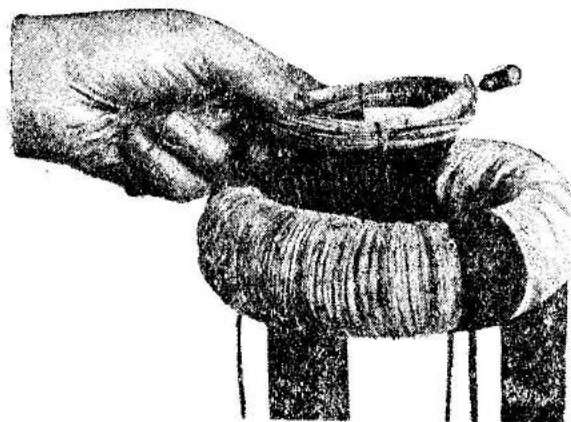
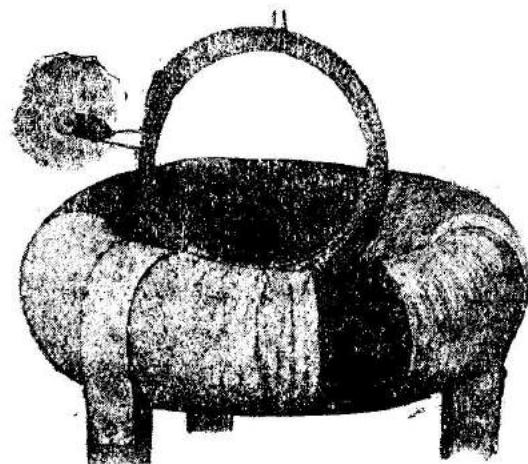


Рис. 234, I и II. Опыты с катушкой, замкнутой на лампочку.



равно 100%, т. е. катушка неподвижна, лампа ярко вспыхивает и затем по мере уменьшения скольжения, т. е. увеличения скорости своего вращения, лампа горит все более и более слабым накалом и, наконец, гаснет. Так как катушка при своем вращении под влиянием центробежной силы стремится расположиться в горизонтальной плоскости (см. рис. 232), то во избежание этого к ней следует подвесить снизу небольшую гирьку.

8) Модель центробежного насоса. В мензурку (емкостью в 1000 см<sup>3</sup>) наливают на  $\frac{1}{3}$  воды и пускают плавать на поверхность железное кольцо (от портьер), внутрь которого вставлены одна или несколько малых пробок (рис. 235). Пробки должны иметь такой размер, чтобы кольцо едва-едва плавало. Поместив низ мензурки во вращающееся поле, наблюдают, что кольцо опускается и приходит во вращение (рис. 236).

9) Вращение роторов. Интересно, что из роторов, показанных на рисунке 220, наибольшую мощность дает железный диск А, так как плохая его проводимость для индукционных токов компенсируется уменьшением сопротивления магнитной цепи.

10) Изменение числа оборотов. Если шесть катушек модели (см. рис. 219) соединены между собой по схемам ри-

сунка 224 (т. е. по две соседние вместе), то ротор дает около 3000 оборотов в минуту. При включении катушек по схемам рисунка 225 число оборотов будет около 1500 в минуту. Изменить число оборотов у асинхронного мотора при помощи реостата нельзя.

11) Перемена направления вращения может быть продемонстрирована на магнитной

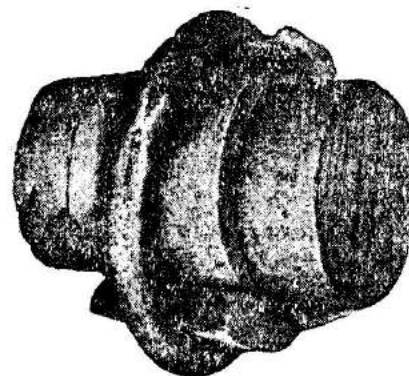


Рис. 235. Плавающее кольцо.

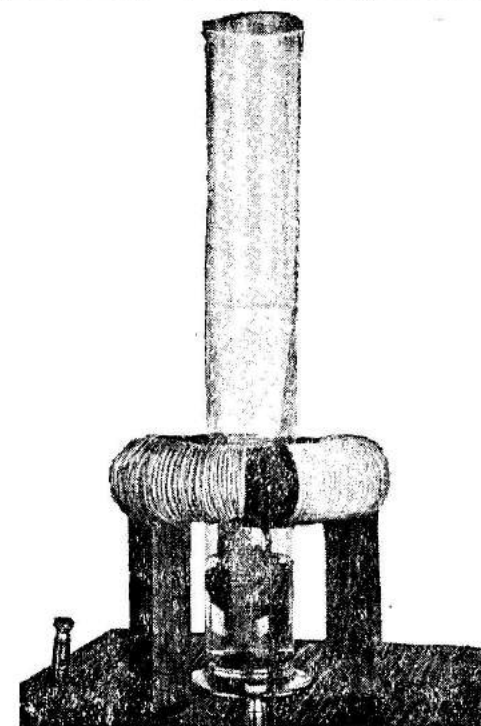


Рис. 236. Модель «центробежного насоса».

стрелке так, как это описано в пункте 2. Можно также для этого поместить внутрь сердечника один из роторов. Для изменения направления вращения надо переменить местами два любых проводника, подводящих ток.

9. Модели асинхронных моторов. Из моделей асинхронного мотора, встречающихся в продаже, лучшей является модель завода «Физэлектроприбор», изображенная на рисунках 237 и 238. К мотору прилагаются различные сменные роторы: диски алюминиевые, сплошной А и разрезной В, диск железный D, а также прямой магнит С. На круглом сердечнике помещены шесть катушек I, II и III красного, желтого и синего цветов. Они могут быть включены треугольником и звездой четырьмя способами по схемам

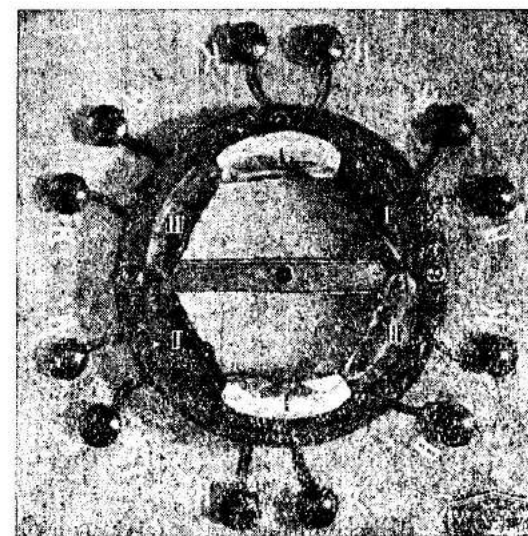


Рис. 237. Модель асинхронного мотора завода «Физэлектроприбор».



рисунка 239 для получения 3000 и 1500 оборотов в минуту. Катушки присоединяются к сети освещения через реостаты ламповые или с ползунком, имеющие такие сопротивления, чтобы сила тока не превышала 1,2—1,5 а. С моделью можно продемонстрировать те же опыты,

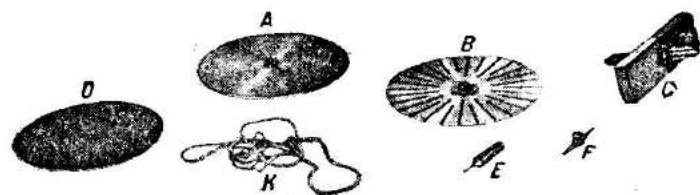


Рис. 238. Роторы модели (рис. 237):  $\hat{E}$  — острие для магнитной стрелки  $F$ ;  $K$  — шнурок для приведения во вращение прямого магнита  $C$ .

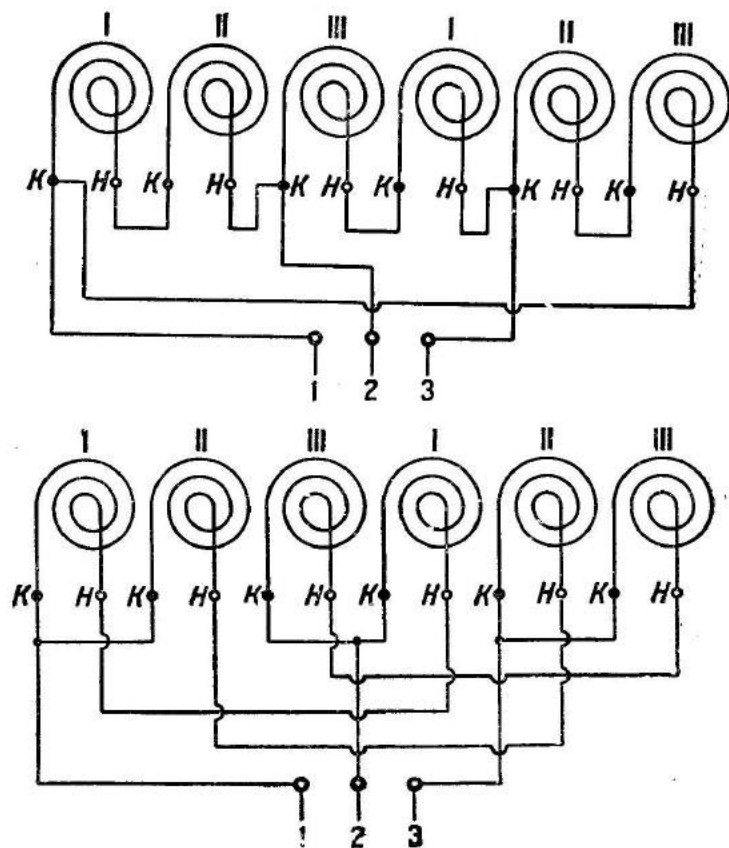


Рис. 239. I. Соединения (треугольником) у модели асинхронного мотора для получения различного числа оборотов.

что с универсальным прибором (см. опыты 1—8), но благодаря малой мощности они выходят значительно хуже, за исключением вращения прямого магнита (§ 5, 4). Отсутствие вращения в разрезном секторе  $B$

(рис. 238) доказывает, что индукционные токи при данной конструкции являются недостаточно сильными.

Из других типов моделей следует упомянуть о моторчике фирмы Макс Коль (рис. 240) и модели, прилагаемой к набору генератора трехфазного тока Неймана (рис. 241). На роторе первой из них нанесены две или три замкнутые на себя обмотки из медного проводника; катушки и соединительные проводники выкрашены в три ярких цвета.

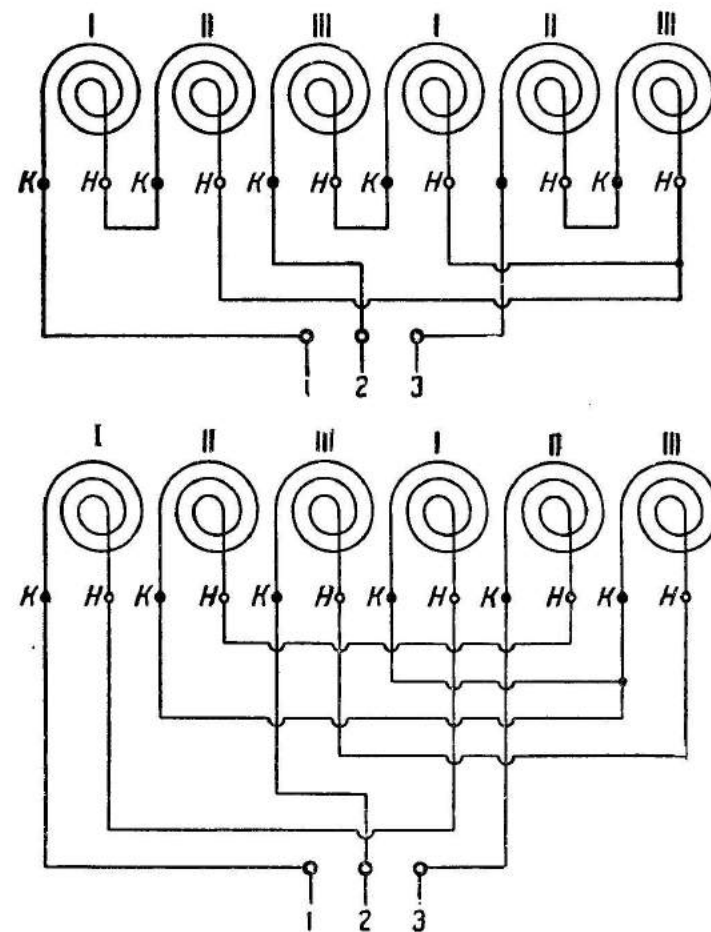


Рис. 239. II. Соединения (звездой) у модели асинхронного мотора для получения различного числа оборотов.

Как та, так и другая модель могут включаться в цепь освещения, но обязательно через три реостата в каждой фазе (ламповых или с ползунком) с тем, чтобы сила тока в обмотках не превысила 1,5—2 а. Наконец, в качестве моделей надо использовать технические моторы от вентиляторов малой мощности, раскрасив их катушки яркими красками (см. рис. 248—249). При удалении крышек и якоря статор с обмотками может служить для описанных выше опытов с вращающимся полем. Во избежание перегрева надо включить в каждую фазу по реостату.

**10. Типы технических моторов.** Имеющиеся в продаже электродвигатели или моторы трехфазного тока бывают следующих типов:

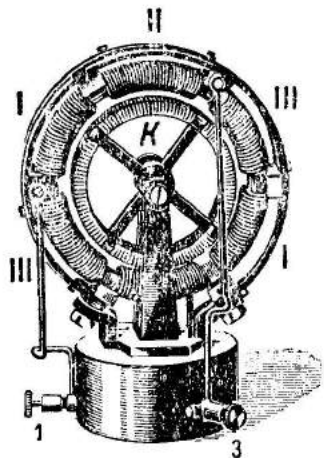


Рис. 240. Модель асинхронного мотора. I, II, III — обмотки статора, включаемые через клеммы 1, 2, 3; K — ротор с короткозамкнутой обмоткой.



Рис. 241. Модель асинхронного мотора с тремя катушками I, II, III.

1) Моторы с короткозамкнутым якорем не имеют никакого ввода в якорь и при пуске поглощают большой ток (рис. 242 и 243). Такие моторы имеют мощность от долей лошадиной силы до 5 (0,2; 0,3; 0,5; 0,6; 1; 1,5; 2; 2,5; 3; 4; 5 л. с.). Этот тип наиболее распространен и обычно находит себе применение в кабине.

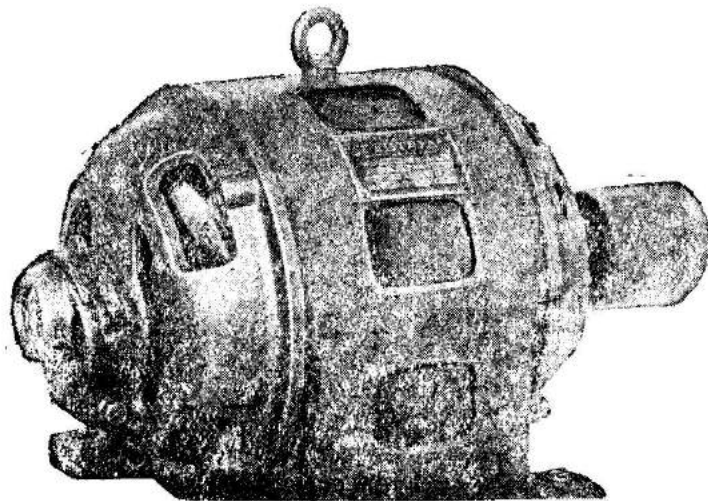


Рис. 242. Технический электромотор трехфазного тока с короткозамкнутым якорем.

2) Моторы с якорем, приспособленным для некоторого изменения числа оборотов. Якорь имеет три кольца, на которые опираются щетки, соединяющие его обмотки с реостатом. При пуске в ход эти моторы поглощают сравнительно небольшой ток. Моторы строятся для мощностей выше 2 л. с.

Изменение (уменьшение) числа оборотов производится при помощи реостата, включенного к якорю.

3) Моторы с пусковым якорем или фазовым ротором отличаются от предыдущих тем, что имеют приспособление для подъема щеток E и замыкания контактных колец накоротко (рис. 244 и 257). Мощность таких моторов бывает больше 2 л. с. Для школьного мотор-генератора предпочтительно в целях экономии энергии взять этот тип мотора, а не мотор с короткозамкнутым якорем.

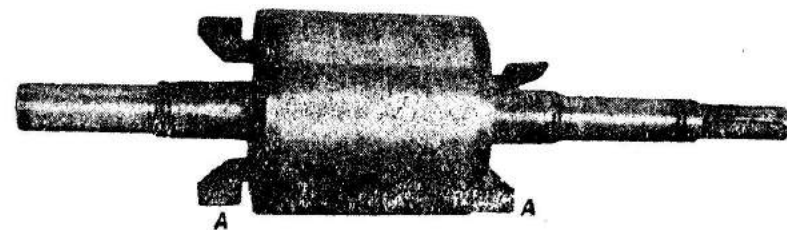
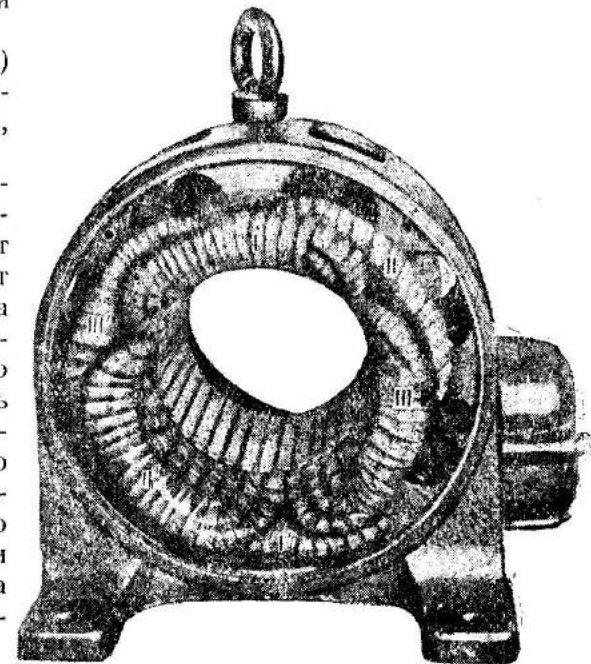


Рис. 243. Статор и короткозамкнутый ротор асинхронного мотора (A — крылья для вентиляции).

Все описанные типы моторов по роду исполнения корпуса бывают:

1) Открытые моторы — имеют подшипниковые щиты с большими отверстиями (рис. 243—245). Такие моторы наиболее подходящи для школы, так как их внутреннее устройство хорошо видно.

2) Защищенные моторы — имеют подшипниковые крышки с косыми прорезами наподобие жалюзи для защиты от проникновения внутрь каких-либо посторонних предметов и брызг воды. Якорь для лучшего охлаждения обыкновенно снабжен вентилятором, создающим ток воздуха через внутренние части мотора. Этот тип рационально взять при установке мотор-генератора.

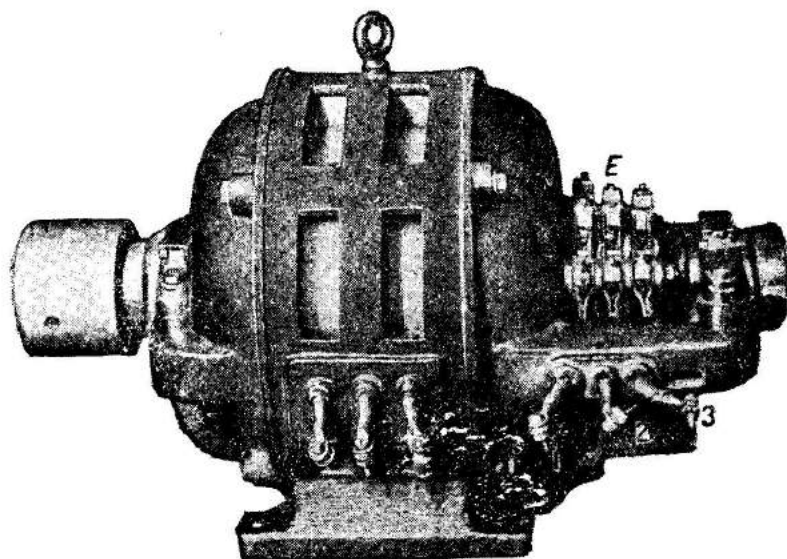


Рис. 244. Технический электромотор трехфазного тока с фазовым якорем (1, 2, 3 — выводы для включения реостата к ротору).

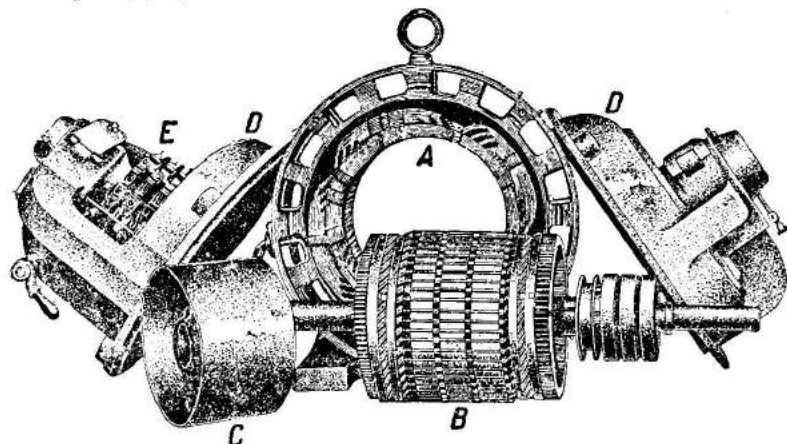


Рис. 245. Электромотор с фазовым ротором в разобранном виде. А — статор; В — якорь; С — шкив; D — подшипниковые щиты; E — щетки.

3) Закрытые моторы — чаще всего строятся с вентиляторами и снабжены патрубками, к которым присоединяют трубы, подводящие и отводящие воздух, необходимый для вентиляции. Такой тип в школе не нужен.

Таблица 11.

Наименьшие допустимые размеры шкивов у моторов.

Мощность в л. с.	0,2—0,5	0,6—2	2,5—5
Диаметр шкива в мм	35—50	60	70

Передача от мотора энергии к приводимой машине совершается чаще всего посредством ременной передачи. О соотношении числа оборотов при различных диаметрах шкивов см. т. II, § 20, 1. При передачах малых мощностей (порядка долей лошадиной силы) пользуются круглым ремнем, для более крупных моторов берутся плоские ремни шириной в 50, 60 и 70 мм и толщиной в 4—5 мм. Шкивы моторов имеют нормально размеры в 50, 60, 100, 120, 130, 150 мм и т. д.

При установке школьного мотор-генератора с ременной передачей мотор необходимо для натяжения ремня устанавливать на салазках А (рис. 246). Отвертывая или заворачывая болты D, можно изменять натяжение ремня. Соединение мотора и генератора, как указано в т. I, § 59, лучше всего сделать при помощи эластической муфты (см. рис. 163, т. I).

Для приведения в действие небольших динамомашин и других машин, требующих малой мощности (порядка десятков ватт), передачу с обычного цилиндрического шкива мотора можно делать при помощи тонкой веревки или оплетки, снятой с осветительного шнура. Очень хорошо также непосредственное соединение валов при помощи надетой на их концы толстостенной резиновой трубки.

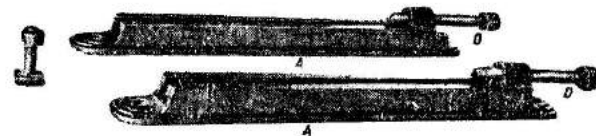


Рис. 246. Салазки для установки мотора.

#### 11. Соединение у технических моторов обмоток статора звездой и треугольником.

У моторов малой мощности обмотки статора соединены между собой звездой или треугольником и для подведения тока на корпусе поставлены три клеммы. У более крупных моторов обыкновенно выведены все шесть концов, которые и присоединены к шести клеммам (см. рис. 178). Для соединения обмоток звездой соединяют вместе три верхние  $a_1, a_2, a_3$  или нижние  $b_1, b_2, b_3$  клеммы (см. рис. 180). Ток от сети в этом случае подводится к тем трем клеммам, которые остались несоединенными. Для включения обмоток треугольником соединения делаются указанным на рисунке 179 образом.

Такой вывод концов позволяет легко производить по желанию соединение обмоток статора I, II, III звездой (см. рис. 182) или треугольником (см. рис. 181) и, таким образом, делать мотор пригодным для двух различных напряжений.

Чаще всего моторы доставляются с соединением звездой и при переключении обмоток треугольником они могут быть включены в сеть с напряжением, равным 0,58 их нормального напряжения при соединении звездой. Так, например, моторы, предназначенные для напряжения в 215 в, при переключении обмоток со звездой на треугольник должны работать от сети с напряжением около 125 в. Величина напряжения указывается на табличке, прикрепленной к мотору, на которой, кроме того, помечены тип мотора, его фабричный номер, мощность и число оборотов (рис. 247).

12. Число оборотов мотора. Так как переменный ток имеет повсюду строго определенную частоту  $f$ , именно 50 периодов в секунду (50 герцов),



или 100 перемен в секунду, то число оборотов  $n$  вращающегося поля в минуту будет равно:

$$n = \frac{60 f}{p},$$

где  $p$  — число пар вращающихся полюсов. Обмотка из трех катушек соответствует одной паре полюсов и дает число оборотов поля

$$n = 60 \cdot 50 = 3000 \text{ оборотов в минуту.}$$



Рис. 247. „Паспорт“ мотора.

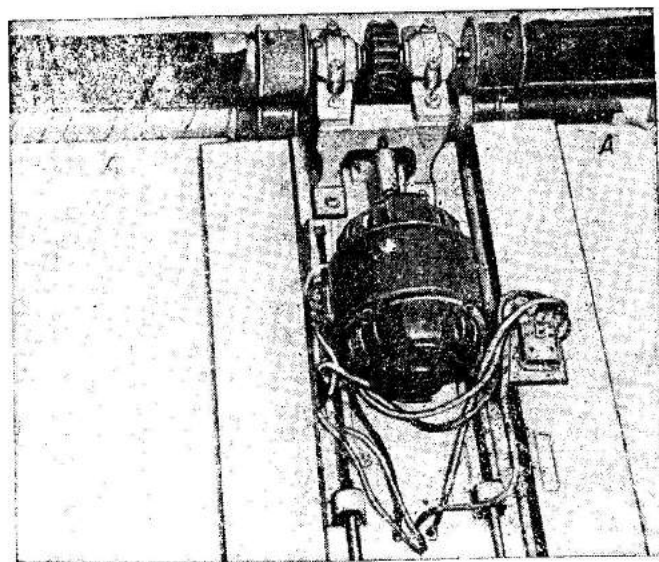


Рис. 248. Мотор трехфазного тока для открывания и закрывания занавесей А.

Обмотка, соответствующая четырем полюсам (шесть катушек), будет давать 1500 оборотов в минуту; обмотка с шестью полюсами (девять катушек)—1000 оборотов в минуту и т. д.

Таким образом, наибольшее число оборотов вращающегося поля трехфазного тока в 50 герцов будет 3000.

Увеличивая число пар полюсов, можно получать числа оборотов, кратные 3000, т. е.:

Короткозамкнутый якорь при своем вращении дает при нормальной мощности мотора скольжение (отставание от числа оборотов поля) от 2 до 8%. Следовательно, число оборотов мотора будет при его нормальной нагрузке приблизительно постоянно и близко к соответствующему числу оборотов поля, т. е. 3000, 1500, 1000 и т. д.

Число оборотов мотора обыкновенно указывается заводом на табличке, укрепленной на корпусе, и чаще всего равно 1410—1450, 935—950 и 710—730 оборотов в минуту.

Если число оборотов мотора не известно, то его легко выяснить, считав число катушек, образующих обмотку, и воспользовавшись данными вышеприведенной таблички.

Число катушек	Число вращающихся полюсов	Число оборотов поля в минуту
3	2	3000
6	4	1500
9	6	1000
12	8	750
15	10	600
18	12	500

В моторах с фазовым ротором число оборотов может быть уменьшено посредством введения (увеличения) сопротивления реостата, включенного в якорь (см. рис. 254). Однако такое изменение числа оборотов связано с сильным уменьшением мощности.

Для рассмотренных типов моторов нельзя никакими пересоединениями получить число оборотов, большее 3000.

**13. Изменение направления вращения.** Для изменения направления вращения якоря мотора трехфазного тока на обратное следует переменить места двух любых проводников, подводящих ток. Так, например, для перемены вращения можно поменять местами проводники: 1 и 2, или 2 и 3, или наконец, 1 и 3 (см. рис. 178—180).

Если почему-либо требуется часто изменять вращение, например в моторе (рис. 248), закрывающем и открывающем в аудитории или

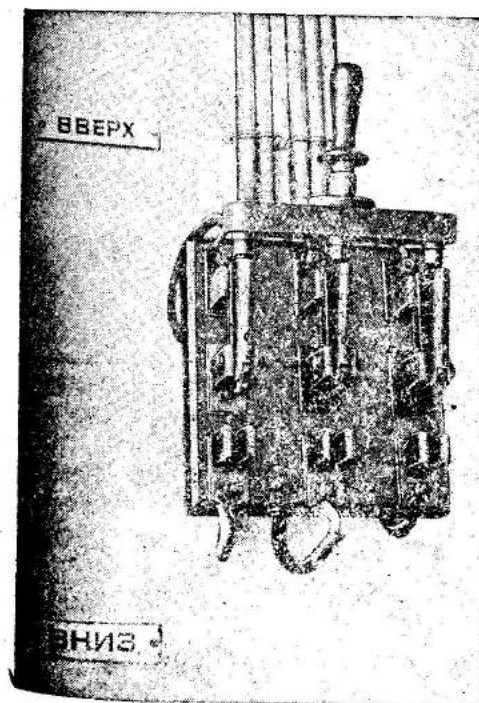


Рис. 249. Рубящий переключатель для открывания и закрывания занавесей.

лаборатории занавеси затемнения, то для удобства можно установить трехполюсный рубящий переключатель (рис. 249), включив его по схеме рисунка 250. Тогда при включении рубильника вправо мотор  $A$  вращается в одном направлении, при включении влево — в противоположном, так как при этом происходит перемена местами включения двух фаз.

**14. Пуск мотора и пусковые приспособления.** 1) Мотор с короткозамкнутым якорем. В момент включения через обмотки мотора с короткозамкнутым ротором течет весьма сильный ток,

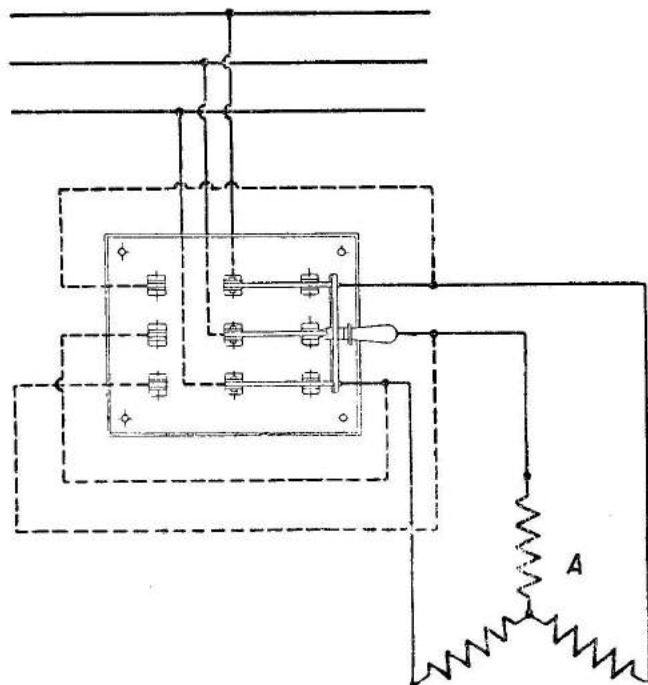


Рис. 250. Схема включения рубящего переключателя к мотору  $A$  для перемены направления вращения.

что может быть, например, обнаружено при помощи амперметра, включенного в один из проводников цепи. В отличие от мотора постоянного тока этот ток обычно не может вызвать сгорание обмоток, если только нет препятствий для вращения ротора. По мере того как ротор приобретает скорость, сила тока постепенно ослабевает. Пусковой ток обыкновенно превышает нормальный в 5—6 раз, что не вызывает неудобств только для моторов малой мощности.

Для пуска в ход моторов с короткозамкнутым якорем существуют следующие способы:

**а) Непосредственное включение в сеть обмотки статора.** Этот способ применим только для моторов малой мощности, примерно не выше 1 л. с. В этом случае мотор включается в цепь через предохранители посредством трехполюсного рубильника. Можно также, но нежелательно, пользоваться непосредственным включением для

моторов большей мощности при условии, что нагрузка на мотор в момент его пуска невелика или отсутствует совсем. Такие условия примерно наблюдаются при пуске вентиляторов, центробежных насосов, станков на холостом ходу, небольших школьных мотор-генераторов<sup>1)</sup>.

**б) Пуск в ход с помощью переключателя со звезды на треугольник.** Сравнительно часто для уменьшения пускового тока к

моторам устанавливают, кроме главного рубильника  $K_1$ , рубящий трехполюсный переключатель  $K_2$ , позволяющий переходить с соединения об-

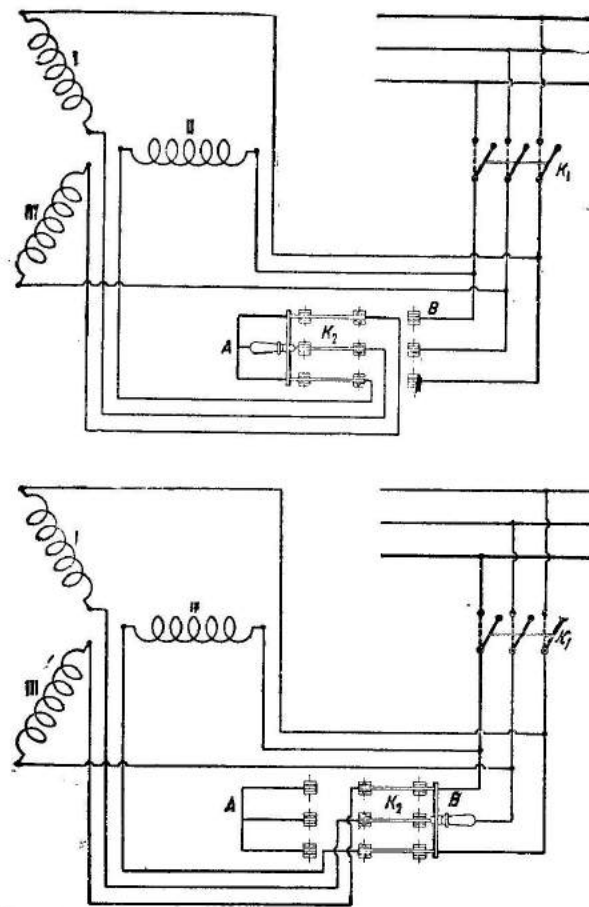


Рис. 251. Схема для переключения обмоток  $I, II, III$  статора мотора со звезды на треугольник.

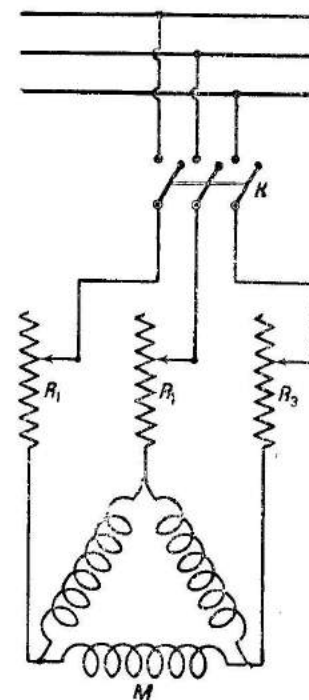


Рис. 252. Схема включения статорного реостата.

мотор звездой на включение их треугольником (рис. 251). Для этого, включив главный рубильник  $K_1$  ставят переключатель  $K_2$  налево на клеммы  $A$ , благодаря чему обмотки включаются звездой. и ток, таким образом, течет через последовательно соединенные обмотки. Затем, когда мотор приобретает скорость, перекидывают рубильник направо на

<sup>1)</sup> Действительно, мощность, потребляемая вентилятором и центробежным насосом, возрастает и становится ощутимой для мотора после приобретения им некоторой скорости. Мотор-генератор при невозбужденном индукторе динамо и отсутствии нагрузки, а также станок на холостом ходу требуют для начала вращения сравнительно незначительной мощности.

клеммы  $B$  и соединяют обмотки треугольником. Этот способ является наиболее простым, но возможен только для тех моторов, для которых при соединении обмоток треугольником напряжение сети является

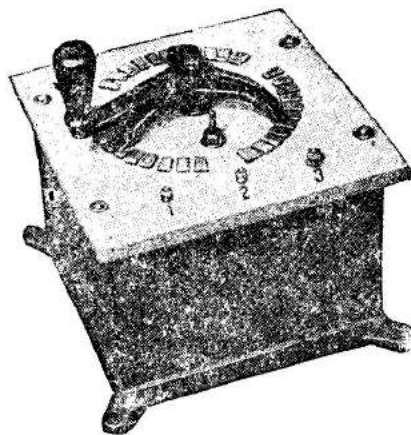


Рис. 253. Статорный реостат для мотора трехфазного тока.

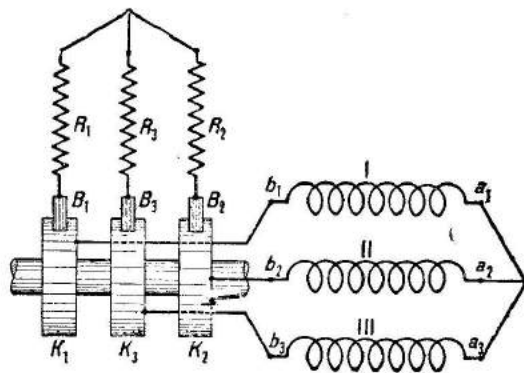


Рис. 254. Схема включения фазового реостата.

нормальным. Во избежание ошибок против клемм  $A$  и  $B$  делаются надписи „звезда“ „треугольник“ или ставятся знаки:  $\star$   $\triangle$ .

в) Пуск с помощью статорного реостата. В целях уменьшения пускового тока в каждый из проводов, подводящих ток к мо-

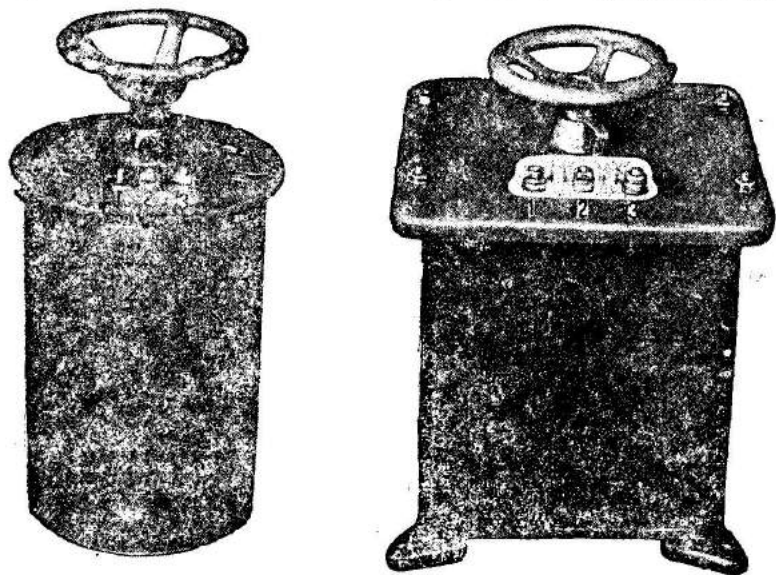


Рис. 255 и 256. Фазовые масляные реостаты.

тору, включают сопротивления  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$ , которые выключают после того, как мотор  $M$  пришел во вращение (рис. 252). Этим сопротивлениям придают вид реостата (рис. 253) и делают их с одной ступенью сопро-

тивления или несколькими. Реостаты с несколькими ступенями сопротивления создают более плавный пуск мотора. В случае необходимости построить временный реостат своими силами проще всего сделать три жидких реостата по образцу рисунка 135 и по описанию в т. I, § 53. Все три реостата должны иметь общую рукоятку для подъема пластин.

2) Мотор с фазовым ротором. При пуске мотора с фазовым ротором (см. рис. 244) пусковой ток по сравнению с нормальным бывает невелик. Якорь такого мотора в отличие от мотора с короткозамкнутым якорем (см. рис. 242) содержит три обмотки  $I$ ,  $II$ ,  $III$ , соединенные между собой звездой (рис. 254). Концы этих обмоток присоединены к трем кольцам  $K_1$ ,  $K_2$ ,  $K_3$  со щетками  $B_1$ ,  $B_2$ ,  $B_3$ . К щеткам включают приобретаемый вместе с мотором роторный реостат, состоящий из трех сопротивлений  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$ , включенных звездой (рис. 255—256). Назначение этого реостата заключается в том, чтобы

увеличить крутящий момент (мощность) во время пуска. Кроме того, этот реостат препятствует возникновению сильного пускового тока в статоре. Мотор с фазовым ротором имеет рукоятку  $K$ , посредством которой щетки могут быть подняты и кольца замкнуты накоротко (рис. 257).

Процесс пуска мотора заключается в следующем:

а) Убеждаются, что короткое замыкание колец не существует, щетки опущены и рукоятка роторного реостата поставлена в положение, соответствующее наибольшему сопротивлению.

б) Включают рубильник от сети и постепенно выводят сопротивления реостата  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$ . По достижении мотором нормального числа оборотов рукояткой поднимают щетки и замыкают кольца накоротко.

Остановка мотора производится выключением рубильника от сети. После остановки опускают щетки и вводят сопротивление реостата, подготовив его, таким образом, к очередному пуску.

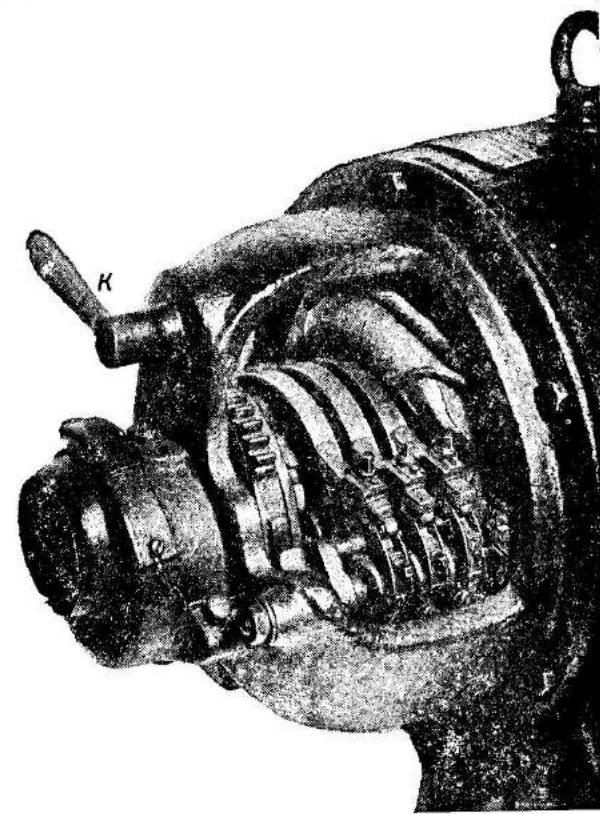


Рис. 257. Кольца фазового ротора и щетки.  $K$  — рукоятка для замыкания колец накоротко.



## ЕМКОСТЬ В ЦЕПИ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА НИЗКОЙ И ВЫСОКОЙ ЧАСТОТЫ.

### § 10. Типы конденсаторов.

1. Единицы для измерения емкости. Для измерения емкости существуют единицы: фарада (ф или F) и сантиметр (см или cm). На практике применяются: сантиметр, микрофарада, или пикофарада, (мкмкф или пФ) и микрофарада (мкф или μF).

Таблица 12.

Перевод единиц емкостей одной системы в другую.

1 см =	1,11	мкмкф =	$1,11 \cdot 10^{-6}$	мкф =	$1,11 \cdot 10^{-12}$	ф
10 "	= 11,1	"	= $1,11 \cdot 10^{-5}$	"	= $1,11 \cdot 10^{-11}$	"
100 "	= 111	"	= $1,11 \cdot 10^{-4}$	"	= $1,11 \cdot 10^{-10}$	"
1 100 "	= $1,11 \cdot 10^3$	"	= $1,11 \cdot 10^{-3}$	"	= $1,11 \cdot 10^{-9}$	"
10 000 "	= $1,11 \cdot 10^4$	"	= $1,11 \cdot 10^{-2}$	"	= $1,11 \cdot 10^{-8}$	"
100 000 "	= $1,11 \cdot 10^5$	"	= 0,111	"	= $1,11 \cdot 10^{-7}$	"
1 000 000 "	= $1,11 \cdot 10^6$	"	= 1,11	"	= $1,11 \cdot 10^{-6}$	"
10 000 000 "	= $1,11 \cdot 10^7$	"	= 11,1	"	= $1,11 \cdot 10^{-5}$	"

1 мкмкф =	0,000001	мкф =	0,9	см =	$1 \cdot 10^{-12}$	ф
10 "	= 0,00001	"	= 9	"	= $1 \cdot 10^{-11}$	"
100 "	= 0,0001	"	= 90	"	= $1 \cdot 10^{-10}$	"
1 000 "	= 0,001	"	= 900	"	= $1 \cdot 10^{-9}$	"
10 000 "	= 0,01	"	= 9 000	"	= $1 \cdot 10^{-8}$	"
100 000 "	= 0,1	"	= 90 000	"	= $1 \cdot 10^{-7}$	"
1 000 000 "	= 1	"	= 900 000	"	= $1 \cdot 10^{-6}$	"

2. Лейденская банка. Лейденская банка находит себе широкое применение не только в электростатике, но и при работе по радиотехнике. Именно: лейденские банки употребляются в колебательных контурах, возбуждаемых от катушки Румкорфа (§ 25,6), а также в целом ряде важных опытов.

Подсчет емкости банки не может быть сделан, так как для их изготовления производящие организации берут первое попавшееся стекло, диэлектрическая постоянная которого весьма различна. Емкость имеющихся в школе банок надо измерить и сделать на них соответствующую надпись.

Об устройстве лейденских банок см. т. IV, § 46.

Лейденскую банку с успехом можно заменить плоским конденсатором, сделанным из оконного стекла или отмытой от эмульсии фотографической пластинки. Конденсатор можно собрать из нескольких фотографических пластинок по образцу, показанному на рисунке 259<sup>1)</sup>.

<sup>1)</sup> Лейденская банка дает меньшие потери, чем плоский конденсатор, у которого контур краев всегда больше.

3. Постоянные конденсаторы. Современные конденсаторы постоянной емкости, употребляемые в радиоприемных устройствах, могут быть разбиты на два основных типа: 1) блокировочные, или слюдяные, имеющие слюдяной диэлектрик и емкость в пределах 10 — 15 000 мкмкф, и 2) „микрофарады“ с бумажным диэлектриком и емкостью в 0,1 — 4 мкф.

1) Блокировочные (слюдяные) конденсаторы с бумажным диэлектриком в настоящее время не выпускаются на рынок. Различные виды блокировочных конденсаторов показаны на рисунке 258.

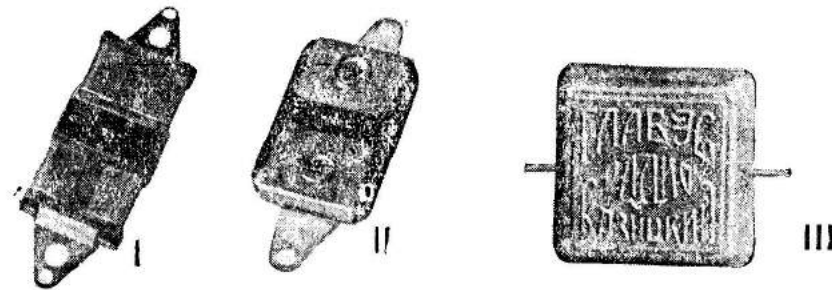


Рис. 258. Блокировочные слюдяные конденсаторы.

Конденсатор II, выпускавшийся ранее радиопромышленностью, в настоящее время не выделяется. Конденсаторы I и III представляют собой стандартные конденсаторы: I — в металлических обжимках и III — запрессованный в пластмассу (бакелитовый). Характеристика этих конденсаторов дана в таблице 13.

Таблица 13.

Электрические данные конденсаторов с металлическими обжимками и бакелитовых.

	Конденсаторы с мет. обжимками (см. рис. 258, I)	Конденсаторы бакелитовые (см. рис. 258, III)
Рабочее напряжение (пост. тока) в в . . . . .	250—1500	1000—7000
Испытательное напряжение (пост. тока) в в . . . . .	300—3000	3000—15 000
Отклонение емкости от номинала нормальное . . . . .	± 20%	± 20%
Сопротивление изоляции в мгом .	не менее 100	не менее 500

В настоящее время на всех выпускаемых конденсаторах делаются надписи, показывающие, во-первых, максимальное допустимое напряжение и, во-вторых, емкость в микрофарадах или сантиметрах.

У конденсаторов с металлическими обжимками конденсаторная секция помещена между прессшпановыми прокладками. На обжимках имеются по два отверстия: одно малое — для впаивания провода и другое большое — для крепления. У бакелитовых конденсаторная секция заделана в пластмассу и выводами служат луженые пластинки или проволоки.

Конденсаторы с металлическими обжимками изготавливаются заводом им. Казицкого следующих емкостей:

а) На рабочее напряжение 250 в (постоянного тока): 125, 150, 200, 250, 300, 400, 500, 700, 1000, 1250, 1500, 2000, 2500, 3000, 4000, 5000, 7000, 10 000, 12 500 и 15 000 мкмкф.

б) На рабочее напряжение 500 в — такой же емкости, что и для напряжения 250 в, но до 10 000 мкмкф включительно.

в) На рабочее напряжение 1500 в: 10, 12,5, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 70, 100, 125 и далее, как для напряжения 250 в, до 7000 мкмкф включительно.

Конденсаторы с металлическими обжимками вне зависимости от емкости имеют одинаковые размеры (длина с обжимками 55 мм, длина без обжимок 40 мм и ширина 18 мм), за исключением толщины, которая колеблется в пределах от 3 до 10 мм.

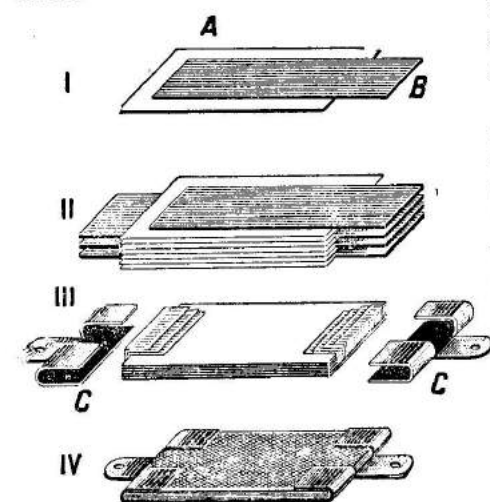


Рис. 259. Способ изготовления блокировочного конденсатора.

Бакелитовые конденсаторы выпускаются заводом им. Казицкого четырех размеров (в миллиметрах):  $20 \times 21 \times 9$ ;  $41 \times 20 \times 9$ ;  $46 \times 27 \times 12$ ;  $64 \times 40 \times 14$ . Предназначены эти конденсаторы для различных рабочих напряжений в 1000, 2000, 3000 и 5000 в и максимальных нагрузок в 200, 500 и 700 ма. Емкости конденсаторов бывают от 10 000 до 7000 мкмкф (см. перечни а и б для конденсаторов с металлическими обжимками). В школьных условиях бакелитовые конденсаторы нужны для генераторов электрических колебаний. При дешевизне блокировочных конденсаторов изготовление их может быть произведено только в учебных целях. Последовательность процесса изготовления показана на рисунке 259. Из хорошей папиросной бумаги, пропитанной парафином, или тонких листиков слюды нарезаются пластинки А размером примерно  $20 \text{ мм} \times 40 \text{ мм}$ . Очень хороша бумага от старого испорченного микрофарадного конденсатора (рис. 260), который вынимают из железной коробки и после нагревания горячим воздухом разматывают, удаляя одновременно и станиолевые пластины. Для нагревания надо взять какой-нибудь сосуд с крышкой, положить туда конденсатор и опустить сосуд в кипящую воду.

Из станиоля нарезают пластинки В размером примерно  $15 \text{ мм} \times 45 \text{ мм}$ . Концы четных пластин выпускаются в одну сторону и нечетных — в другую. После сборки конденсатор закрывают сверху и снизу двумя крышками из картона, отгибают концы станиоля указанным на рисунке 259, III образом и плотно сжимают металлическими обжимками С. При самостоятельном изготовлении обжимки могут быть вырезаны из жести или тонкой латуни. После изготовления конденсатор необходимо испытать на пробой, включая его через лам-

почку непосредственно в цепь или через повышающий трансформатор; при пробое или коротком замыкании между пластинками лампочка загорится. При испытаниях надо обязательно брать напряжение в 1,5—2 раза больше того, под каким будет работать конденсатор.

Для грубых ориентировочных расчетов емкости плоского конденсатора можно пользоваться формулой:

$$C = \frac{\epsilon S}{4\pi d},$$

где  $\epsilon$  — диэлектрическая проницаемость (диэлектрическая постоянная),

$S$  — общая поверхность всех станиолевых пластинок, считая ее с одной стороны,

$d$  — толщина диэлектрика.

Если величины  $S$  и  $d$  выражены соответственно в квадратных сантиметрах и сантиметрах, то величина емкости также будет получена в сантиметрах.

2) Микрофаряды представляют собой конденсаторы с бумажным диэлектриком емкостью порядка десятых долей и единиц микрофарад (рис. 260). При изготовлении конденсаторов две длинные ленты из

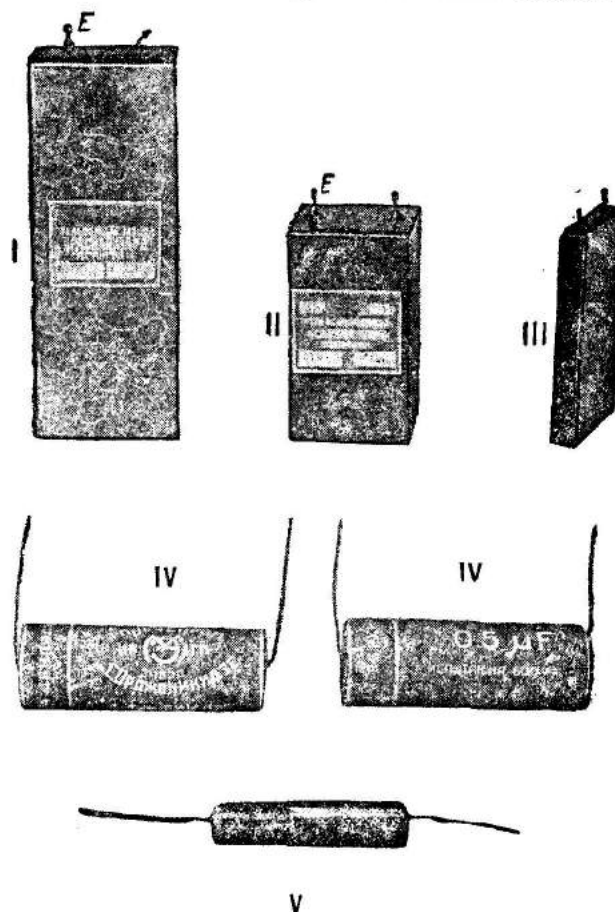


Рис. 260. Микрофарадные конденсаторы (I и II — 1,5—2 мкф; III—0,25 мкф; IV—типа БК; V—типа БИК).

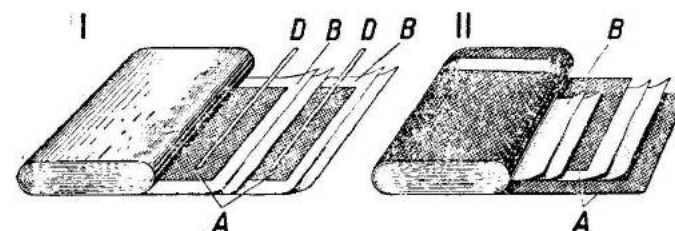


Рис. 261. Способы изготовления микрофарадных конденсаторов: обычного (I) и безиндукционного (II).

станиоля А, изолированные друг от друга пропарафинированной бумагой В лучшего качества, сворачиваются наподобие куска материи (рис. 261, I). Два вывода D из проволоки присоединяются к металлическим контактам E (пластинкам), укрепленным на крышке из изолирующего материала (см. рис. 260). Конденсатор помещается в металлической коробке, и его крышка заливается изолирующим веществом. Для разборки конденсатора это вещество проще всего расковырять до крышки каким-нибудь острым инструментом, например шилом, концом напильника и т. п. Если конденсатор при постукиваниях не выходит из коробки, то последнюю надо слегка нагреть. Конденсаторы, построенные посредством сворачивания полос, обладают некоторым коэффициентом самондукции, что вредно сказывается в иных случаях.

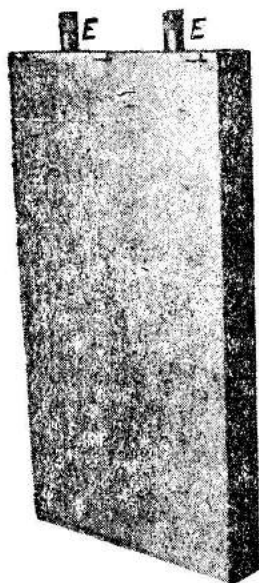


Рис. 262. Конденсатор для напряжения до 1500 в.

К числу „микрофард“ должны быть отнесены конденсаторы типа БК и БИК с емкостью порядка десятых и сотых долей микрофарады, имеющих вид небольшой трубочки из картона (рис. 260, IV и V). Конденсаторы типа БИК являются безиндукционными.

Способ изготовления конденсаторов, обладающих ничтожно малым коэффициентом самондукции, показан на рисунке 261, II. Здесь станиоль-вые обкладки А выступают за край бумажной ленты В: одна с одной стороны и вторая — с другой. После свертывания выводы к контактам делаются от выступающих частей обкладок.

Для быстрой проверки исправности конденсатора его соединяют на короткое время с источником (лучше постоянного, чем переменного тока) с напряжением 120 или 220 в и затем, отсоединив, замыкают каким-нибудь проводником накоп-торку. Появление блестящей искры при разряде, сопровождающейся треском, указывает на исправность конденсатора. Зарядку конденсатора током для целей проверки следует для осторожности про-

изводить через лампочку, так как в противном случае при пробое конденсатора возникнет короткое замыкание. Для испытаний конденсатора может быть использован также способ, изложенный в работе § 12, 1.

Конденсатор, обладающий хорошей изоляцией, держит свой заряд до нескольких часов, ввиду чего, перед тем как касаться контактов руками, надо его разрядить.

Присоединение проводов к контактам E конденсаторов (см. рис. 260) производится посредством пайки (паять с канифолью!). Конденсаторы, показанные на рисунке 262, снабжены клеммами E.

В школе нужны „микрофарады“ для важных опытов с переменным током низкой частоты. Во избежание порчи конденсаторов их надо смонтировать на отдельных дощечках с клеммами, к которым подведены провода от контактов (см. рис. 101, XVIII).

3) Магазины емкостей позволяют быстро посредством штепселей изменять величину включенной емкости (рис. 263). Схема такого

Таблица 14.  
Электрические данные бумажных конденсаторов.

Завод	Тип конденсатора или № по каталогу	Номинальная емкость в мкф	Напряжение постоянного тока в в		Сопротивление изоляции мгом не ниже
			рабочее	испытательное	
„Красная заря“	Б-101	2 × 0,1	200	400	1000
	Б-102	0,05			1000
	Б-103	0,10			1000
	Б-104	0,25			800
	Б-105	0,5			400
	Б-106	1,0			200
	Б-107	2,0			100
„Красная заря“	Б-110	2	200	600	Порядка 50 мгом
„Красная заря“	Б-301	0,05	300	600	1000
	Б-302	0,10			1000
	Б-303	0,25			1000
	Б-304	0,5			750
	Б-305	1,0			500
	Б-306	2,0			200
Им. Орджоникидзе	Б-401	1	400 500 500	1000 1500 1500	
	Б-501	1			
	Б-502	2			
	Тип БК				
	Б-801	0,005			
	Б-802	0,0065			
	Б-803	0,008			
Им. Орджоникидзе	Б-804	0,010	400	800	
	Б-805	0,0125			
	Б-806	0,015			
	Б-807	0,020			
	Б-808	0,025			
	Б-809	0,030			
	Б-810	0,040			
	Б-811	0,050			
Им. Орджоникидзе	Тип БИК		300—400	600—800	
	Б-902	0,1			
	Б-903	0,25			
	Б-904	0,5			



магазина показана на рисунке 264. Для включения магазина служат клеммы *A* и *B*; при вставлении штепселя в гнездо *O* магазин замыкается

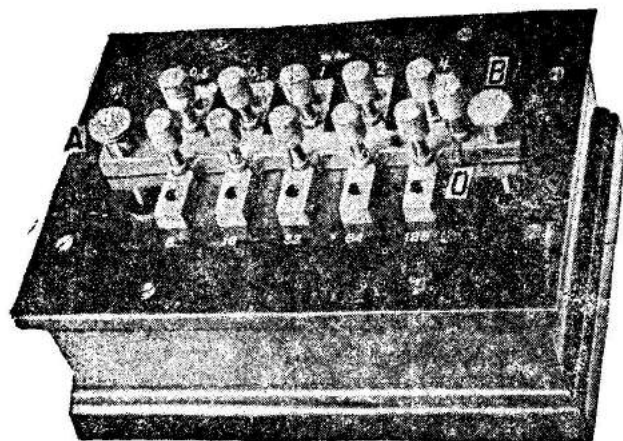


Рис. 263. Магазин емкостей.

накоротко, что бывает нужно в некоторых случаях. Вдоль длинной металлической полосы *D* помещены пластинки с надписями 0,25; 0,5; 1; 2; 4; 8; 16; 32; 64 и 128, которые могут быть соединены с *D* посредством штепселей. Эти штепсели для удобства хранятся на самом же магазине в холостых гнездах, ясно видимых на рисунке 263 и не показанных на схеме рисунка 264, т. е. так же, как в мага-

зинах сопротивления (см. т. III, § 11, 4). Внутри ящика заделаны конденсаторы, емкость которых соответствует указанным на рисунках 263 и 264 цифрам. Одна из обкладок каждого конденсатора приключена к соответствующей пластинке *F*, все другие обкладки присоединены к пластине *E*. Для включения того или иного конденсатора надо вставить штепсель в гнездо, соединяющее пластины *D* и *F* (штепсель *O* надо вынуть, как указано выше). Так, например, если штепсель приключает к *D* пластину с надписью 4, то величина включенной емкости будет равна четырем единицам<sup>1)</sup>, что легко увидеть, рассматривая схему на рисунке 264. При вставлении нескольких штепселей включенная емкость равна сумме емкостей, величины которых указаны соответствующими надписями.

Показанный на рисунках 263 и 264 магазин позволяет получить любое число единиц емкости в пределах от 0,25 до 255,75 через 0,25 единицы. Так, например, для получения емкостей:

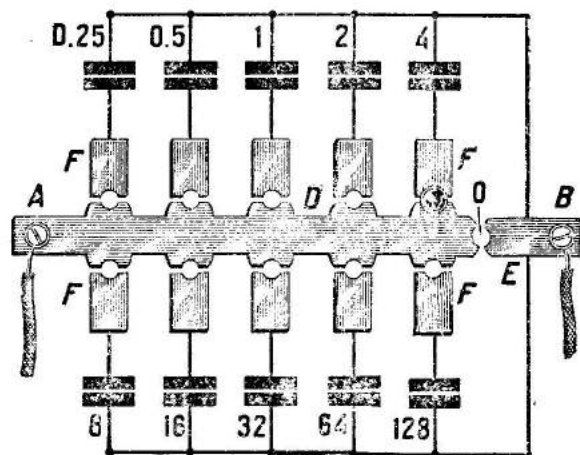


Рис. 264. Схема магазина емкостей (рис. 263).

9 единиц надо вставить штепсель  $8 + 1 = 9$  единиц,  
 227 " " " "  $128 + 64 + 32 + 2 + 1 = 227$  единиц,  
 86,75 " " " "  $64 + 16 + 4 + 2 + 0,5 + 0,25 = 86,75$  единиц.

Подобные магазины очень удобны и за отсутствием их в продаже в упрощенном виде могут быть собраны своими силами.

Проще всего осуществить это следующим образом. На крышке (лучше эбонитовой) ящика, в который помещают конденсатор, ставят два ряда штепсельных гнезд, из которых один ряд соединен металлической лентой с клеммой *A* (рис. 265). Одна из обкладок каждого конденсатора присоединена к соответствующему гнезду второго ряда. Другие обкладки включены все вместе к клемме *B*. Расстояние между рядами должно быть взято таким, чтобы соединение можно было производить штепсельной вилкой, контакты которой соединены накоротко. Конденсаторы следует приобрести готовыми, подобрав их емкость примерно

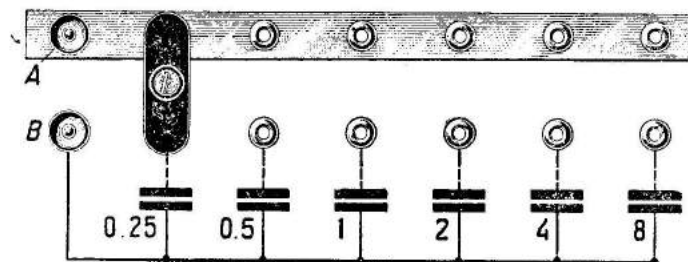


Рис. 265. Схема самодельного магазина.

так: 0,25; 0,5; 1; 2 мкф; для емкостей в 4 и 8 мкф включают параллельно к гнездам соответственно два и четыре конденсатора по 2 мкф. Закороченных вилок надо приготовить столько же, сколько и конденсаторов.

Магазин позволит получать емкости в пределах от 0,25 до 15,75 мкф через 0,25 мкф.

На рисунке 266 показан самодельный магазин емкостей с блокированными конденсаторами для звукового генератора.

Клеммы *BB* включены к пластинам *AA*. Между каждой парой пластин *DD* снизу присоединены посредством пайки конденсаторы по 1000 или 1500 мк.мкф. Показанное на рисунке 266 расположение отверстий штепселей позволяет включать конденсаторы параллельно или последовательно в самых различных вариациях.

4. Электролитические конденсаторы по сравнению с обычными обладают громадной емкостью и отличаются простотой устройства. Они позволяют при сравнительно малом объеме получить емкости порядка десятков и сотен микрофард. Электролитический конденсатор состоит из одной, двух или нескольких пластин алюминия, погруженных в водный раствор некоторых солей калия, натрия и алюминия. После формирования постоянным током на пластинах алюминия, соответствующим аноду, образуется тончайший слой окиси, который и служит диэлектриком.

<sup>1)</sup> Здесь говорится об единицах емкости, но не называется именно каких (см. мк.мкф или мф), что зависит от величины взятых в магазине конденсаторов.

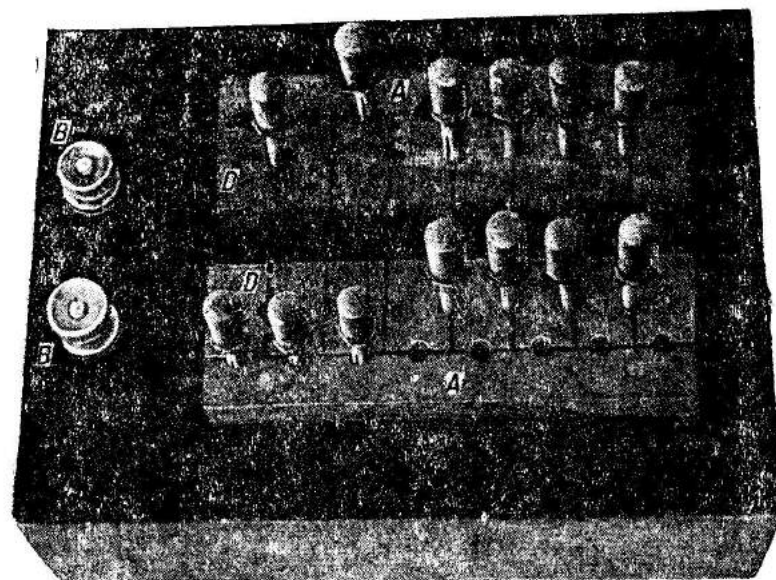


Рис. 266. Самодельный магазин емкостей для звукового генератора.

Емкость конденсатора зависит от величины поверхности пластины и напряжения, при котором производилась формовка конденсатора. На рисунке 267 дан график,

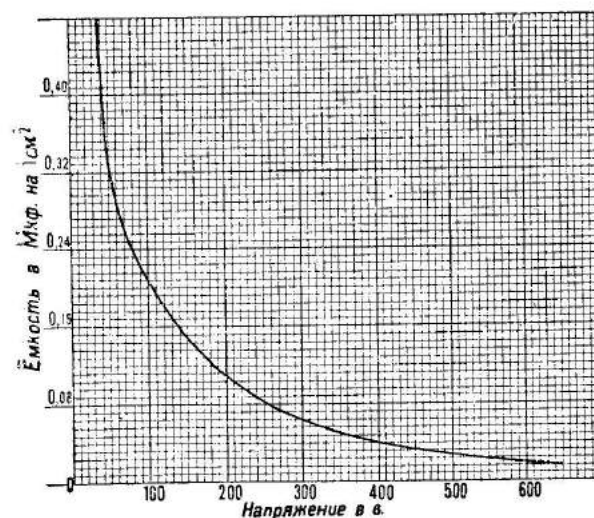


Рис. 267. Зависимость величины емкости электролитического конденсатора от напряжения.

тора берут пластины возможно более чистого алюминия и придают им форму В, показанную на рисунке 268. Особенно важно закруглить напильником (личным) края и углы пластины, придав им округлую форму.

После удаления грязи и окислов шкуркой пластины погружают в раствор едкого кали (KOH) и держат их там несколько минут. Затем их хорошо промывают в течение 5—10 минут под краном водопровода и сушат.

На отростки пластин В надевают резиновые трубки А и пластины укрепляют на расстоянии 0,5—1 см друг от друга на деревянной крышке, для изоляции проваренной в парафине.

Для конденсаторов удобно пользоваться также крышкой С от прибора по электролизу (см. т. III, § 32, 1).

Раствора наливают столько, чтобы его поверхность была на 0,5—1 см выше верхнего края пластин и на границе жидкости находился не алюминий, а резиновая трубка. Во избежание испарения раствора, если конденсатор будет храниться с жидкостью, на поверхность полезно налить слой (в 3—5 мм) хорошего минерального масла, например вазелинового.

Формовка конденсатора производится переменным током так же, как и электролитического выпрямителя (см. т. I, § 56 и рис. 147), до появления светлосерого матового слоя. При формовке постоянным током

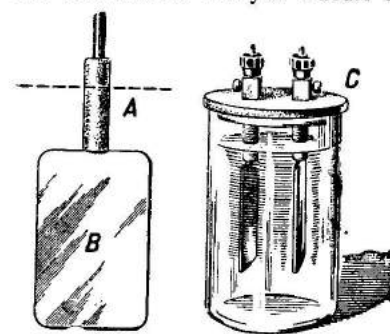


Рис. 268. Самодельный электролитический конденсатор.

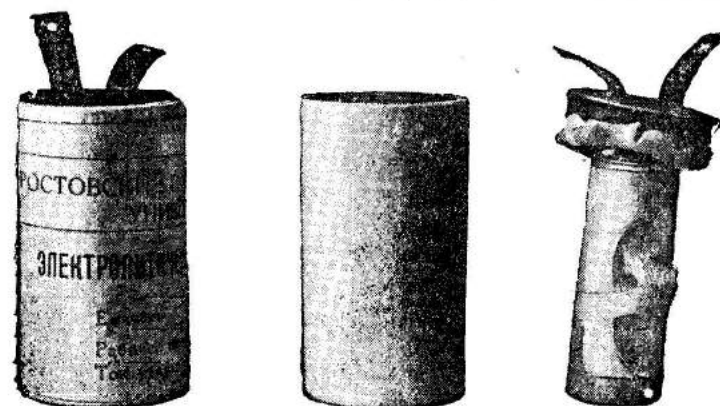


Рис. 269. Электролитический конденсатор научно-технического бюро Ростовского университета.

слой окиси образуется лишь на одной пластинке, и такой конденсатор должен включаться в цепь определенным образом с соблюдением его полюсов (см. ниже).

В продаже имеются „полусухие“ электролитические конденсаторы, изготавливаемые научно-техническим бюро при Ростовском университете (рис. 269). Такие конденсаторы в школьной практике могут найти себе применение в фильтрах выпрямителя. Постановка с ними работ, где через конденсаторы течет переменный ток от освещения, невозможна. Научно-техническое бюро дает о конденсаторе следующие сведения:



Электролитический конденсатор представляет собой два алюминиевых электрода, в виде двух полосок фольги, погруженных в особый электролит<sup>1)</sup>. Один из электродов, а именно положительный, оксидирован, т. е. покрыт тонким слоем окиси алюминия. Этот тонкий слой окиси и является диэлектриком. Таким образом, конденсатор состоит из одной обкладки алюминиевой, слоя диэлектрика — окиси алюминия, а роль другой обкладки играет сам электролит. Вторая пластинка (минус) служит лишь для контакта с электролитом.



Рис. 270. Электролитический конденсатор завода „Электросила“.

Благодаря малой толщине слоя окиси (порядка микрона) и большой диэлектрической прочности (рабочее напряжение 400 в) при такой малой толщине электролитический конденсатор при малых размерах обладает большой емкостью.

В случае дачи на зажимы конденсатора случайно слишком высокого напряжения конденсатор может быть пробит, т. е. слой оксида будет поврежден, но так как пластины погружены в электролит, то пробитое место весьма быстро заживает за счет образования при возникшем электролизе на пробитом месте новой оксидной пленки. Это свойство выгодно отличает электролитический конденсатор от обыкновенного бумажного, у которого слоем диэлектрика служит парафинированная бумага и который при пробое, как правило, гибнет.

Как видно из изложенного, электролитический конденсатор полярен, так как он представляет собой комбинацию положительного и отрицательного электродов, погруженных в электролит. Электроды поляризованы (положительный оксидирован), и поэтому при включении его в схему нужно об этом помнить. Конденсатор можно легко расформовать, если его включить в цепь постоянного тока без учета полярности, т. е. плюс включить в минус, а минус в плюс источника тока. На выводе положительной пластинки выштампован знак плюс.

Таким образом, конденсатор будет нормально работать только в тех цепях, где имеется постоянная составляющая напряжения. Его нельзя включать в цепи, в которых течет ток только переменный (без постоянной слагающей), зато в цепях с постоянной слагающей он работает безукоризненно.

Примеры включения в цепь: 1) фильтр выпрямителя; 2) развязывающие анодные цепи, где минус конденсатора заземлен, а плюс соединен с какой-либо точкой с положительным потенциалом (например экранированная сетка лампы); 3) шунтировка смещающих сопротивлений, включенных в катод лампы, — плюс соединяется с катодом лампы, а минус — с экраном и т. д.

В заграничной аппаратуре в этих цепях электролитический конденсатор почти вытеснил бумажные, благодаря своей устойчивости против пробоя и меньшим размерам при той же емкости.

1) Электролитом пропитана разделяющая пластины бумага.

Конденсатор имеет ток утечки, достигающий при 400 в 0,15 ма на 1 мкф емкости. При снижении рабочего напряжения ток утечки быстро падает. Этот ток утечки в фильтре выпрямителя не причиняет никаких неудобств (он даже способствует сглаживанию постоянного тока).

Завод „Электросила“ выпускает электролитические конденсаторы (в алюминиевых корпусах — рис. 270, и в бумажных) двух типов: высоковольтные с рабочим напряжением 250—400 в и низковольтные — с напряжением 12—40 в. Конденсаторы в алюминиевых корпусах имеют в крышке один вывод, обозначенный знаком +; катод (—) присоединяется непосредственно к корпусу. У конденсаторов с бумажным корпусом сделаны два латунных вывода по торцам.

Таблица 15.

Электролитические конденсаторы завода „Электросила“.

№ каталога	Номинальная емкость в мкф	Напряжение постоянного тока в в		Корпус
		рабочее	пиковое	
Э 101	10	450	525	Алюминиевый
Э 102	7	450	525	
Э 103	10	400	450	
Э 104	7	400	450	
Э 105	10	350	400	
Э 106	7	350	400	
Э 107	10	250	300	
Э 108	7	250	300	Алюминиевый
Э 201	40	40	50	
Э 202	50	40	50	
Э 203	200	40	50	
Э 204	500	40	50	
Э 205	200	12	15	
Э 206	300	12	15	
Э 207	500	12	15	
Э 208	1000	12	15	
Э 209	1800	12	15	
Э 210	2000	12	15	
Э 301	5	15	60	Бумажный
Э 302	10	15	60	

**5. Конденсаторы переменной емкости.** Разнообразие типов переменных конденсаторов, выпущенных на рынок за годы радиолюбительства, велико, поэтому перечислить их не представляется возможным.

Конденсаторы бывают примерно следующих емкостей: 1000, 750, 500, 400, 250 и 150 см. Переменные конденсаторы в зависимости от формы своих пластин могут быть разделены на следующие типы: прямо-емкостные (рис. 272), прямоволновые, или квадратичные, прямочастотные (рис. 273 и 274) и среднелинейные, или логарифмические (рис. 271).



1) Прямоёмкостный конденсатор имеет полукруглые пластины (рис. 271 и 272), благодаря чему его емкость прямо пропорциональна углу поворота пластин.

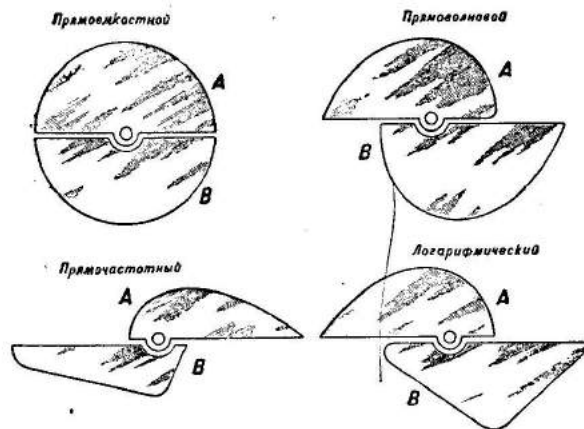


Рис. 271. Форма пластин у различных типов переменных конденсаторов.

сильно отличаться друг от друга. Это значит, что при малых емкостях поворот на небольшой угол уже даст значительное изменение волны. В дальнейшем при поворотах на одинаковые углы изменение волны будет тем меньше, чем больше введенная емкость. Поэтому в начале шкалы настроиться в резонанс труднее, чем в середине или конце ее.

2) Прямоволновые конденсаторы, или квадратичные, имеют форму пластин, обеспечивающих пропорциональность угла поворота квадрату емкости. На рисунках 271 и 275 показаны форма пластин конденсатора и график изменения его емкости (B).

При поворотах на равные углы в любом месте шкалы изменения длины волны будут одинаковы.

Прямоволновые конденсаторы весьма удобны при настройке контуров, а также при школьных работах с волномером; в современных усовершенствованных приемниках они почти не употребляются.

3) Прямочастотные конденсаторы имеют форму пластин (рис. 271), которая позволяет при повороте на равные углы в любом месте шкалы получать одинаковые изменения частоты (рис. 273 и 274). Это весьма удобно в приемниках, так как станции в широковещательном диапазоне отличаются друг от друга частотой в 9—10  $\text{мгц}$  (рис. 275, D).

4) Среднелинейные, или логарифмические, конденсаторы употребляются обычно спаренными в усовершенствованных

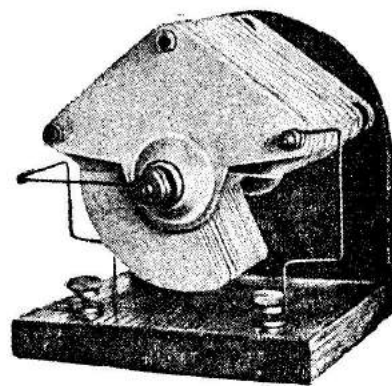


Рис. 272. Конденсатор прямоёмкостный, смонтированный на панелике.

График изменения емкости (A) выражается, если не считать небольшого участка в начале шкалы, прямой линией (рис. 275). Прямоёмкостные конденсаторы весьма хороши при измерениях емкостей способом мостика (§ 13, 2), но неудобны в приемниках, так как изменения длины волны контура при повороте пластин на равные углы в первой и второй половинах шкалы будут весьма

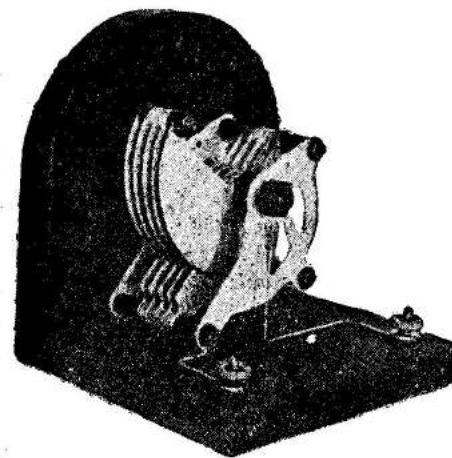


Рис. 273. Конденсатор прямоёмкостный 150 см, смонтированный на панельке.

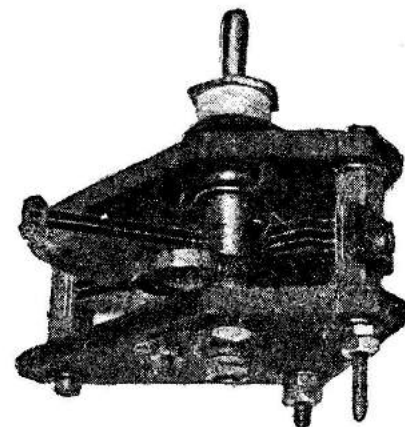


Рис. 274. Конденсатор прямоёмкостный.

приемниках (рис. 275, C). Для первых работ по радио они интереса не представляют.

5) Конденсаторы с твердым диэлектриком (рис. 276) отличаются малыми размерами по сравнению с воздушными. Употребляются они чаще всего для изменения обратной связи в ламповых приемниках, а также для волнометров. Немалое достоинство конденсаторов заключается в их высокой пробивной крепости, почему их можно с большой пользой употреблять при некоторых опытах, в которых между пластинами обычного конденсатора возникают искры.

Для школы следует приобрести наиболее простые типы: прямоёмкостный, прямоволновой или прямоёмкостный. Сдвоенные конденсаторы или другие типы с золочеными пластинками и т. п. для учебных целей в школе не нужны.

Конденсаторы надо обязательно смонтировать по образцу, показанному на рисунках 272—273,

обратив особое внимание на надежную установку клемм. Панельки лучше всего сделать из сухого крепкого дерева — дуба или березы.

Для получения поворотов пластин на малые углы конденсаторы снабжают ручками с верньером (рис. 277). При вращении зубчатки или фрикционного шкива A от руки другая зубчатка или фрикционное

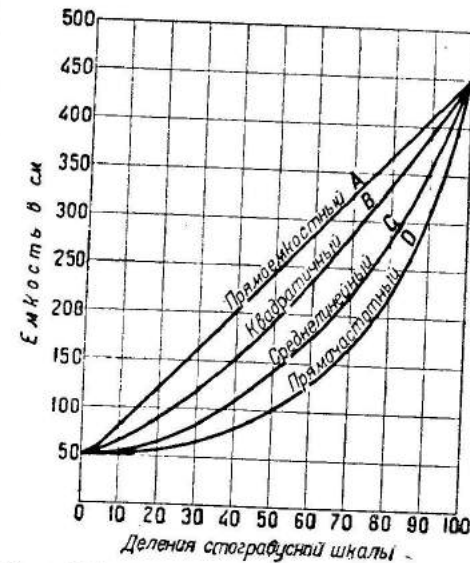


Рис. 275. Графики емкостей для различных типов конденсаторов.

колесо *В* большего диаметра, посаженные на ось конденсатора, могут быть повернуты на какой угодно малый угол. На рисунке 278 показан приставной нониус, служащий также для получения малых перемещений осей конденсаторов. Его ведущая часть снабжена резиновым кольцом *а*. Устанавливается он так, чтобы его резиновое кольцо было плотно прижато к ручке (рис. 280) конденсатора.

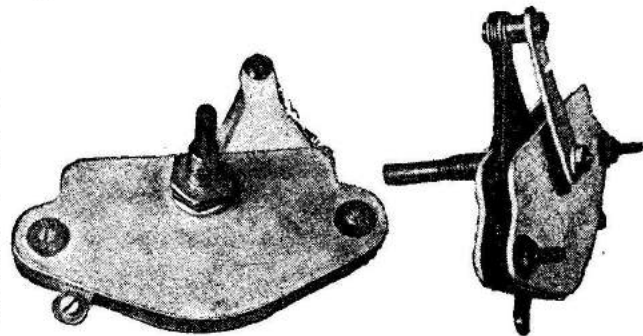


Рис. 276. Переменный конденсатор с твердым диэлектриком.

Для точной настройки раньше употреблялись конденсаторы с отдельной пластиной *С*, поворачиваемой ручкой *В* (рис. 279). Другая ручка *А* служит для вращения всех остальных пластин.

Ручки из карболита или пластмассы без верньера имеют вид, показанный на рисунке 280.

На ручках нанесены условные деления, именно: половина окружности разделена на 100 частей, называемых заведомо неверно градусами. Желательно один или несколько переменных конденса-

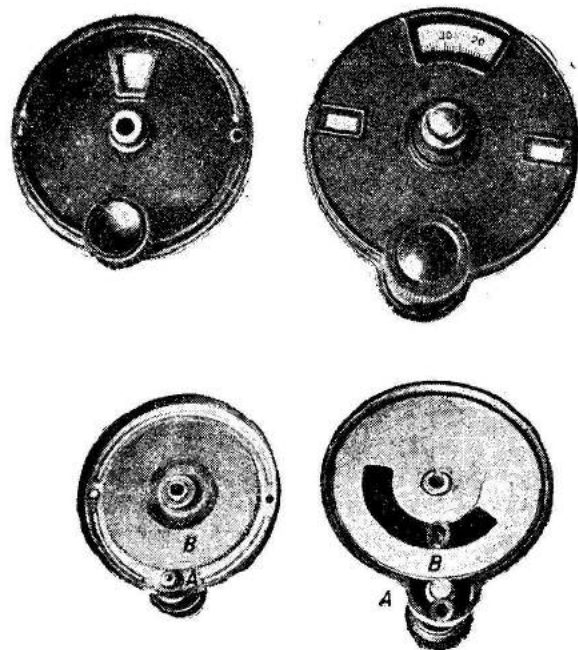


Рис. 277. Ручки для конденсаторов с верньером.

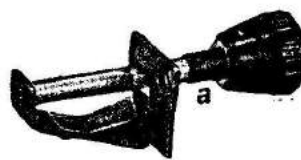


Рис. 278. Приставной нониус.

торов отласть проградуировать в какую-нибудь лабораторию при высшем учебном заведении, детской технической станции или местной ячейке любителей радио. Тогда можно будет поставить некоторые работы по измерению емкостей.

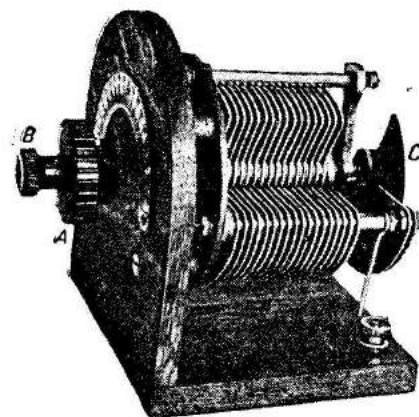


Рис. 279. Конденсатор с дополнительной пластинкой для точной настройки.



Рис. 280. Ручка с делениями для конденсатора.

## § 11. Емкость в цепи постоянного тока.

**1. Зарядка конденсатора постоянным током.** 1) Три-четыре конденсатора по 2 мкф. 2) Источник постоянного тока 80—120 в. 3) Лампочка от карманного фонарика.

Опыт служит для демонстрации зарядки конденсатора от обычного источника постоянного тока. Заряд его обнаруживают посредством электрической лампочки или появлением искры при разряде.

Магазин емкостей (§ 10, 3) или три-четыре микрофарадных конденсатора (емкостью 1—2 мкф каждый), соединенных между собой параллельно, присоединяют на мгновение к источнику постоянного тока на 80—120 в, например к анодной батарее, выпрямителю или цепи мотор-генератора. Присоединение надо делать, только касаясь проводниками от конденсатора клемм источника, а не зажимая их под головки. При этом важно при отсоединении не касаться руками голых проводников и выводов конденсатора, чтобы не дать ему разрядиться. Для этого проводники делаются достаточно жесткими и заранее отгибаются так, чтобы ими можно было, держа конденсаторы в руках за кожух (оболочку), коснуться клемм источника. Вместо этого удобнее взять проводники, снабженные хорошей изоляцией (резиной), например от шнура освещения ШР, тогда провода можно держать за изоляцию в руках. Не мешкая, соединяют проводники заряженного конденсатора между собой и обнаруживают мгновенную довольно яркую искру (смотреть в темноте!), сопровождаемую характерным треском.

Повторяют опыт, присоединяя проводники заряженных конденсаторов к контактам лампочки от карманного фонарика, и наблюдают, что она на мгновение вспыхивает.

Опыты удаются также при пользовании для зарядки переменным током освещения, но они будут выходить не всегда, а только в некоторых случаях. Пользование переменным током в этом первом опыте с емкостью кроме того нежелательно в методическом отношении.



Описанный опыт важен тем, что разрушает сложившиеся у учащихся представления о конденсаторе только как о лейденской банке и о необходимости зарядки конденсаторов от электростатической машины.

**2. Обнаруживание зарядного и разрядного тока посредством гальванометра.** 1) Два-три микрофарадных конденсатора. 2) Демонстрационный гальванометр. 3) Ключ Морза. 4) Источник постоянного тока 80—120 в.

Опыт служит для демонстрации, что в цепи постоянного тока, содержащей конденсатор, при замыкании возникает мгновенный зарядный ток. Для опыта собирают схему, показанную на рисунке 281, I и II, из одного-двух (в последнем случае параллельно соединенных между собой) конденсаторов  $C$ , емкостью около 2 мкф каждый, демонстрационного гальванометра  $G$ , ключа Морза  $K$  и источника  $B$  постоянного тока на 80—120 в (анодной

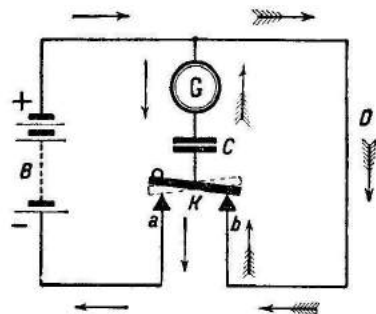


Рис. 281, I. Схема для обнаружения зарядного и разрядного тока.

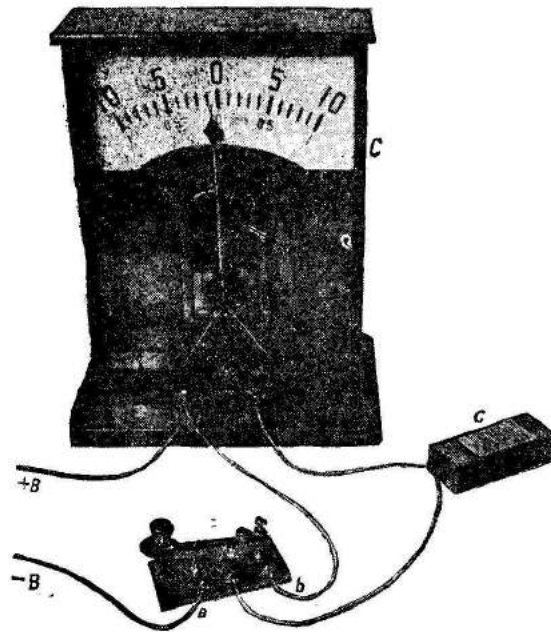


Рис. 281, II. Установка, собранная по схеме рисунка 281.

батареи, выпрямителя или мотор-генератора). При сборке схемы надо обратить особое внимание на правильность соединений во избежание гибели гальванометра при неверном включении. Во избежание короткого замыкания батареи  $B$  следует заранее отрегулировать винт ключа  $K$  (см. т. III, рис. 43), чтобы при работе, т. е. нажимах и прекращении нажима рукой на головку рычага, получалось поочередное включение контактов  $a$  и  $b$ . При нажиме на головку ключа конденсатор окажется присоединенным к источнику тока (цепь  $BGCKaB$ ). Гальванометр при этом отметит появление зарядного тока, продолжающегося весьма короткое время и затем исчезающего. При этом следует обратить внимание, в какую сторону отклонилась стрелка, и выяснить, что ток течет в направлении, показанном на рисунке 281 стрелками без оперения. Затем освобождают ключ от нажима и тем самым замыкают конденсатор коротко проводником  $D$  (цепь  $GCKbD$ ). В этом случае заряженный конденсатор разряжается, и гальванометр показывает возникновение мгновенного раз-

рядного тока, имеющего направление, противоположное по сравнению с первым опытом и изображенное стрелками с оперением. Для демонстрации того, что количество электричества, перемещающегося при разрядке и зарядке, зависит от величины емкости и напряжения источника, продельвают ряд последовательных опытов: 1) включают, не меняя батареи, сначала один, затем параллельно ему второй и т. д. конденсаторы и 2) берут при одном и том же конденсаторе различное напряжение источника, например от 20, 40, 80 и 120 в. Гальванометр будет обнаруживать, что количество электричества возрастает при увеличении емкости и напряжения.

Для демонстрации того, что сила разрядного и зарядного токов зависит не только от количества электричества, нужного для каждой зарядки и разрядки, а также от числа последних, гальванометр включают или в цепь  $BCKaB$  или  $CDBbK$  и быстро действуют ключом. Тогда величина отклонения гальванометра будет тем больше, чем большее число переключений делается в единицу времени. В методических целях желательно для объяснения опыта (§ 12, 1) включить затем в цепь, показанную на рисунке 281, вместо гальванометра достаточно чувствительный тепловой прибор (рис. 193, т. III) и установить по его показаниям, что сила суммарного переменного тока, возникающего вследствие зарядок и разрядок, зависит не только от величины взятой емкости, но и от числа прерываний в единицу времени.

**3. Обнаруживание зарядного и разрядного токов посредством лампочки.** 1) Магазин емкостей или четыре-пять микрофарадных конденсаторов. 2) Лампочка от карманного фонарика. 3) Источник постоянного тока на 80—120 в. 4) Ключ Морза.

Опыт производится так же, как предыдущий, с той разницей, что зарядный и разрядный токи обнаруживаются не гальванометром  $G$  (рис. 281), а электрической лампочкой от карманного фонарика, включенной вместо гальванометра. Для успеха опыта надо взять магазин емкостей или составить батарею из нескольких параллельно соединенных конденсаторов по 2 мкф; при небольшом количестве конденсаторов лампочка не будет вспыхивать.

Замыкая цепь  $BGCKa$  (зарядный ток) и затем цепь  $CDBbK$  (разрядный ток), обнаруживают кратковременные вспышки лампочки. Работая быстро ключом  $K$ , можно получить сравнительно яркое, но пульсирующее горение лампочки под влиянием следующих друг за другом зарядных и разрядных токов.

Опыт является важным для подведения учащихся к объяснению, почему переменный ток „течет через конденсатор“ и от чего зависит величина этого тока.

## § 12. Емкость в цепи переменного тока.

**1. „Проводимость“ конденсатора для переменного тока.** 1) Конденсаторы в 0,5; 1 и 2 мкф. 2) Лампочки на 15 и 25 вт (120 в). 3) Амперметр.

Опыт показывает, что в цепи с конденсатором устанавливается переменный ток; это обнаруживается электрической лампочкой или амперметром. Следует обратить внимание, что конденсатор не проводит перемен-



ного тока, а возникший ток вызывается непрерывно следующими друг за другом перезарядками конденсатора (§ 11, 3).

Для демонстрации включают последовательно телефонный конденсатор емкостью в 2 мкф и электрическую лампочку на 15 или 25 вт

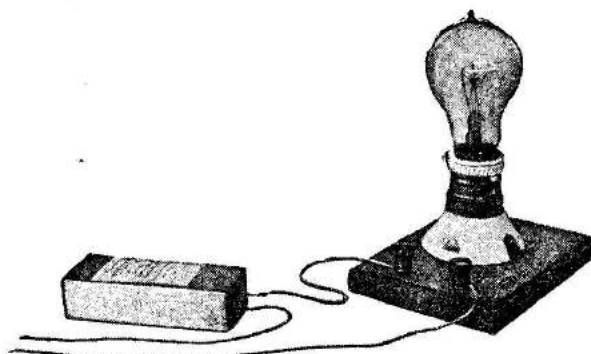


Рис. 282. Включение лампочки через конденсатор.

(120 в) в цепь освещения (переменный ток) и наблюдают, что лампа накаливается, обнаруживая тем самым существование тока „через конденсатор“ (рис. 282). Вместо лампы в цепь можно включить амперметр переменного тока. Судя по степени накала лампы или показаниям амперметра, можно убедиться, что величина силы тока зависит от

величины емкости конденсатора, для чего включают поочередно емкости в 0,5; 1 и 2 мкф. Важно также демонстрировать, что с конденсатором в 2 или 4 мкф наибольший накал будет иметь лампа в 15 вт и меньший — лампа в 25 вт (120 в), а также лампы большей мощности.

**2. Измерение емкостного сопротивления и емкости конденсатора вольтметром и амперметром (на низкой частоте).** 1) Конденсатор в 2 мкф. 2) Вольтметр на 120 в. 3) Амперметр переменного тока (тепловой миллиамперметр) с делениями до сотых долей ампера.

Для измерения емкостного сопротивления собирают схему, показанную на рисунке 283, и измеряют в цепи силу  $I$  переменного тока амперметром  $A$  и напряжение  $U$  на клеммах конденсатора  $C$  вольтметром  $V$ . На основании закона Ома находят величину  $R_c$  емкостного сопротивления:

$$R_c = \frac{U}{I},$$

допуская для упрощения, что омическое сопротивление отсутствует. На самом деле оно исчезающе мало по сравнению с емкостным.

Из формулы емкостного сопротивления

$$R_c = \frac{1}{2\pi fC},$$

где  $f$  — частота переменного тока, можно вычислить величину емкости  $C$ , включенной в цепь. Таким образом, описанным способом можно производить измерение емкостей порядка микрофард.

**Пример.** Вычислить величину емкости конденсатора, если через него при напряжении  $U=120$  в течет ток от освещения силой  $I=0,1$  а.

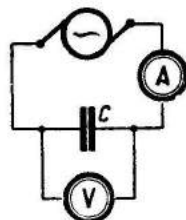


Рис. 283. Схема для измерения емкостного сопротивления вольтметром и амперметром.

Емкостное сопротивление будет равно:

$$R_c = \frac{120}{0,1} = 1200 \text{ ом},$$

искомая величина емкости равна:

$$C = \frac{1}{2\pi f R_c} = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 1200} = 0,000003 \text{ ф} = 3 \text{ мкф}.$$

**3. Последовательное соединение конденсаторов.** 1) Три конденсатора по 2 мкф. 2) Лампочка на 15 вт (120 в). 3) Амперметр с делениями до тысячных долей ампера.

Опыт имеет целью показать, что при последовательном соединении емкостное сопротивление возрастает или общая емкость группы убывает по мере увеличения числа включенных конденсаторов. Для качественного суждения наблюдают накал лампы на 15 или 25 вт (120 в) при одном, двух и трех последовательно соединенных конденсаторах, включенных по схеме рисунка 284, I.

С точным амперметром  $A$  можно проверить зависимость

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}. \quad (1)$$

Для этого сначала измеряют емкости  $C_1$ ,  $C_2$  и  $C_3$  каждого из конденсаторов описанным в предыдущей работе образом; затем — емкости групп из двух и трех конденсаторов и проверяют формулу (1).

**4. Параллельное соединение конденсаторов.** 1) Три конденсатора по 2 мкф или магазин емкостей. 2) Амперметр с делениями до тысячных долей ампера.

Опыт имеет целью показать, что при параллельном соединении емкостное сопротивление убывает или общая емкость группы возрастает при увеличении числа включенных конденсаторов.

Для качественного суждения наблюдают накал лампы в 25 или 40 вт (120 в) при одном, двух и трех параллельно соединенных конденсаторах, включаемых по схеме рисунка 284, II. С точным амперметром  $A$  можно проверить зависимость

$$C = C_1 + C_2 + C_3. \quad (2)$$

Для этого сначала измеряют емкости  $C_1$ ,  $C_2$  и  $C_3$  каждого из конденсаторов описанным в работе 2 образом; затем — емкости групп из двух и трех конденсаторов и проверяют формулу (2).

**5. „Зарядка“ конденсатора переменным током.** 1) Конденсатор в 2 мкф. 2) Демонстрационный гальванометр. 3) Ключ Морза.

Опыт имеет целью показать, что в цепи переменного тока обкладки конденсатора в различные моменты времени заряжены до различной

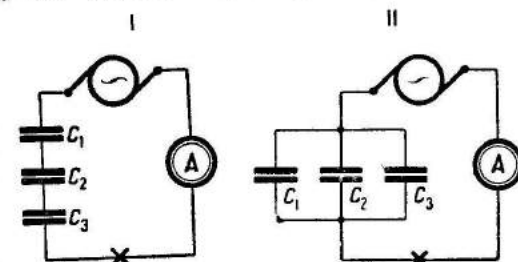


Рис. 284. Схемы последовательного и параллельного включения конденсаторов.

разности потенциалов и притом периодически перезаряжаются противоположными знаками.

Цепь, состоящая из источника  $B$  переменного тока (сеть освещения), ключа  $K$  Морза и демонстрационного гальванометра  $G$ , собирается по схеме рисунка 285. Ясно, что при нажатии на головку ключа конденсатор оказывается включенным в цепь переменного тока (цепь  $BCKa$ ). При положении же рычага ключа на контакте  $b$  конденсатор разряжается через гальванометр (цепь  $CKbG$ ). Так как отсоединение конденсатора от источника переменного тока делается в некоторые неопределенные моменты времени по отношению к началу периодов тока, например в моменты  $\tau_1, \tau_2, \tau_3$  и т. п. (рис. 286), то обкладки будут заряжены до соответствующей разности потенциалов  $U_1, U_2, U_3$  и т. п. Кроме того, знак заряда обкладок будет зависеть от того, в какую половину периода (первую или вторую) произведено отсоединение от цепи переменного тока.

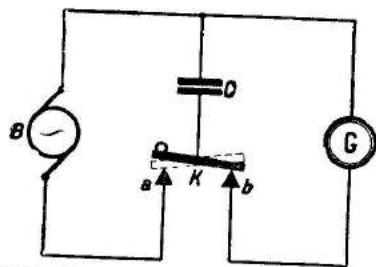


Рис. 285. Схема для изучения действия конденсатора в цепи переменного тока.

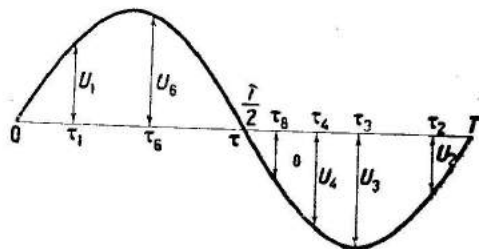


Рис. 286.

При медленной работе ключом делают отсчеты величин отклонения гальванометра и записывают их, придавая им знак для обозначения направления отклонения гальванометра, т. е. направления тока или знака заряда обкладок. Эти отклонения будут неодинаковы по величине и направлению, например  $+3; -2; -6; -4; +5; 0; -2; 0$  и т. п.

По рассмотренным выше причинам при переменном токе опыты, описанные в § 11, 1, выходят не каждый раз, и накал лампы и интенсивность искры будут весьма различны.

### § 13. Измерение емкостей.

**1. Измерение емкостей порядка микрофарады.** 1) Реохорд. 2) Конденсаторы: эталон и измеряемый. 3) Пищик. 4) Ключ или выключатель. 5) Телефонные трубки. 6) Один-два элемента или аккумулятора.

Измерение сравнительно крупных емкостей порядка микрофарад производится посредством мостика Уитстона с реохордом (см. т. III, § 11, 5). Установка собирается по схеме рисунка 287, I из реохорда  $ADC$ , пищика  $P$ , батареи  $B$ , ключа  $K$ , телефона  $T$  и конденсаторов: измеряемого  $C_x$  и эталона  $C$ , т. е. конденсатора, емкость которого известна. Как и при измерении сопротивлений, наибольшая точность будет получена в том случае, когда емкости конденсаторов, измеряемого и эталона, приблизи-

тельно одинаковы. Поэтому в качестве эталона хорошо взять магазин емкостей (§ 10, 3).

Измерение производится точно так же, как и сопротивлений (см. т. III, § 11, 9). Исчезновению звука или его минимуму в телефоне соответствует выполнение известного условия мостика:

$$\frac{R_{xc}}{R_c} = \frac{l_2}{l_1},$$

где  $R_{xc}$  и  $R_c$  — емкостные сопротивления конденсаторов, измеряемого и эталона, и  $l_1$  и  $l_2$  — плечи мостика.

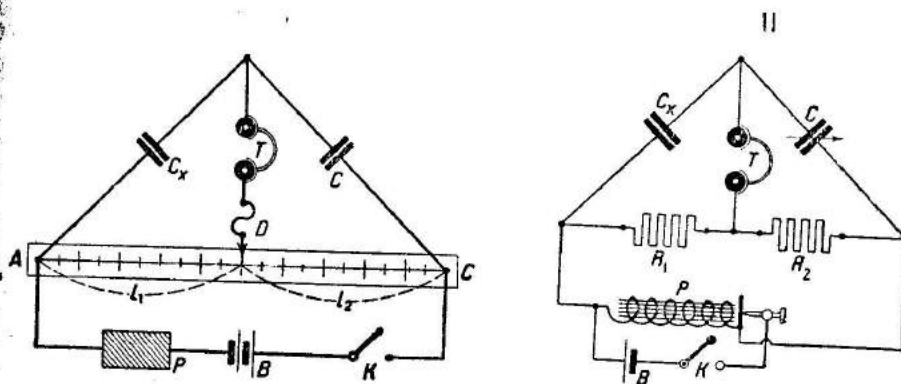


Рис. 287. Схемы для измерения емкостей.

Отсюда следует, что искомая емкость будет равна:

$$C_x = \frac{l_2}{l_1} C_1).$$

**2. Измерение емкостей блокировочных конденсаторов на низкой частоте.** 1) Два магазина сопротивлений. 2) Проградуированный прямоемкий переменный конденсатор. 3) Изменяемый конденсатор. 4) Телефонные трубки. 5) Пищик. 6) Один-два элемента или аккумулятора. 7) Ключ или выключатель.

Измерение емкостей порядка сотен и тысяч сантиметров при помощи мостика представляет собой сравнительно сложную задачу, так как такие конденсаторы представляют прежде всего для тока низкой частоты, получаемого от пищика, громадные сопротивления (порядка миллионов и сотен тысяч омов). Наконец, при наличии потерь в конденсаторах (диэлектрические потери и проводимость) звук в телефоне совсем не исчезает; минимум же звука определить трудно, так как переход к нему является постепенным, как говорят „размазанным“ или „размытым“, а не резким.

Дело несколько упрощается, если в качестве эталона взять проградуированный переменный воздушный конденсатор, лучше всего прямоемкий (§ 10, 5).

<sup>1)</sup> Ср. эту формулу с формулой для измерения сопротивлений.

Установка собирается по схеме С от и, изображенной на рисунке 287, II, причем две стороны моста образуют два крупных сопротивления  $R_1$  и  $R_2$ . В качестве таковых лучше всего взять два магазина сопротивлений с катушками, имеющими сотни или тысячи омов (см. т. III, § 11, 4). В остальном схема подобна обычной, употребляемой для измерения сопротивлений, если не считать, что мост питается токами, самоиндуцированными в обмотке пищика (см. т. III, § 11, 9).

Чтобы овладеть методом измерения, измеряемый конденсатор  $C_x$  берут с воздушным диэлектриком и притом меньшей емкости, чем максимальная емкость эталона  $C$ .

Измеряемым конденсатором может служить другой переменный конденсатор с пластинами, поставленными так, чтобы его емкость была равна нескольким сотням сантиметров. Подбирают на магазинах  $R_1$  и  $R_2$  одинаковые сопротивления и, пустив в ход пищик, изменяют постепенно емкость конденсатора эталона  $C$  до полного исчезновения звука.

Исчезновение звука или его минимум наблюдается при условии

$$\frac{C_x}{C} = \frac{R_2}{R_1}.$$

В данном случае при  $R_2 = R_1$

$$C_x = C,$$

т. е. исчезновение звука получается в случае, когда емкость эталона равна емкости измеряемого конденсатора. Затем в качестве измеряемого берут слюдяной или бумажный конденсатор, опять-таки меньшей емкости, чем эталон, и производят измерение описанным образом. В этом случае звук может не исчезнуть совершенно, и при равенстве емкостей наступит только его минимум. В заключение измеряют емкость, примерно в 1,5 раза большую, чем у эталона, но при этом сопротивление  $R_2$  берут в 2 раза больше, чем  $R_1$ . Вычисление емкости производится при этом по формуле (1). Только овладев описанной техникой, можно будет производить измерение емкостей, величина которых заранее не известна.

**3. Измерение емкостей блокировочных конденсаторов на высокой частоте.** См. § 30, 3.

## САМОИНДУКЦИЯ.

### § 14. Катушки самоиндукции.

**1. Единицы для измерения самоиндукции.** Коэффициент самоиндукции измеряется единицами: генри (гн или Н) и сантиметр (см или см).

$$1 \text{ гн} = 1\,000\,000\,000 \text{ см} = 10^9 \text{ см}.$$

$$1 \text{ см} = 10^{-9} \text{ гн}.$$

**2. Типы катушек самоиндукции.** Замечание. В настоящем параграфе описаны катушки самоиндукции, употребляемые исключительно для целей радиотехники. Описание конструкции катушек с железным сердечником, необходимых для других опытов с токами низкой частоты, даны в соответствующих местах этого и IV томов. Из многочисленного типа радиокатушек указаны лишь те, которые будут нужны для опытов в средней школе при экспериментах, описанных в настоящей книге, а не вообще при занятиях по радио.

Катушки самоиндукции по своему назначению могут быть разделены на следующие:

- 1) катушки настройки — для настраивания контура на данную длину волны;
- 2) катушки связи — для передачи электрических колебаний из одного контура в другой;
- 3) дроссели, или реактивные катушки, применяемые как крупные индуктивные сопротивления для токов высокой или низкой частоты и защищающие от проникновения этих токов те или иные части цепи.

По конструкции катушки самоиндукции чаще всего бывают:

- а) однослойные цилиндрические (рис. 288);
- б) сотовые (см. рис. 293 и 294);
- в) корзиночные (см. рис. 300 и 302).

Все эти катушки в зависимости от условий их применения могут служить для связи или настройки или, наконец, выполнять роль дросселя высокой частоты. Сложные формы обмотки и конструкции катушек обусловлены, главным образом, требованием, чтобы катушка при наименьшем объеме для данного коэффициента самоиндукции обладала возможно более малой внутренней распределенной емкостью, которая является весьма вредным электрическим фактором.

**3. Однослойные цилиндрические катушки.** Простейшими в конструктивном отношении и наиболее ценными по своим электрическим

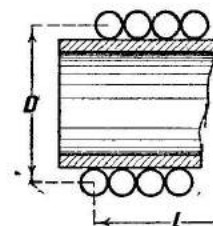


Рис. 288. Однослойная цилиндрическая катушка в разрезе.



свойствам являются однослойные соленоидальные катушки (рис. 288). На цилиндрическую трубку, склеенную из бумаги, картона или, лучше, прессшпана наматывается изолированный провод так, чтобы витки плотно прилегали друг к другу. Покрывание намотки шеллачным лаком не рекомендуется, так как от этого возрастает внутренняя емкость катушки.

На рисунке 289, I показан простой, но надежный способ закрепления концов обмотки. В случае надобности отводы от катушек делаются следующим образом. Уложив нужное число витков, делают из провода петлю и затем скручивают его так, как это показано на рисунке 289, II. Длина петли  $a$  берется такой, чтобы очищенный от изоляции конец  $b$  можно было присоединить к соответствующей части приемного устройства. Важно обратить внимание на то, что провод на отводах не разрезается. Если катушка намотана на трубку и имеет несколько отводов, то последние обычно пропускают через соответствующие отверстия внутрь трубки, как это, например, сделано у катушки с вариометром, показанной на рисунке 723.

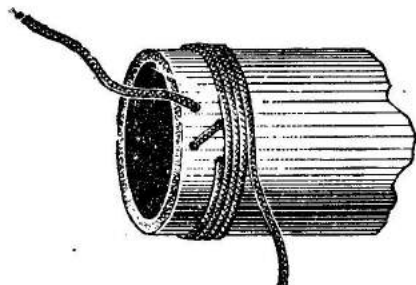


Рис. 289, I. Крепление конца у однослойной цилиндрической катушки.

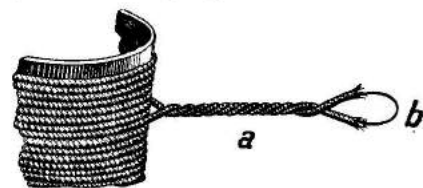


Рис. 289, II. Отвод от цилиндрической катушки.

Для расчета коэффициента самоиндукции однослойных цилиндрических катушек может служить формула:

$$L = k \frac{\pi^2 D^2 N^2}{l}, \quad (1)$$

где  $N$  — число витков,  $D$  — диаметр катушки, измеряемый так, как показано на рисунке 288,  $l$  — длина намотки и  $k$  — поправочный коэффициент, зависящий от отношения диаметра катушки  $D$  к длине намотки  $l$  (см. таблицу 16). При подстановке в формулу величин  $D$  и  $l$  в сантиметрах коэффициент самоиндукции  $L$  выражается в сантиметрах.

Формула (1) может быть представлена в виде:

$$L = k \pi^2 D^2 n^2 l, \quad (2)$$

где  $n$  — число витков на 1 см длины обмотки.

Пример. Найти коэффициент самоиндукции однослойной соленоидальной катушки, если ее диаметр равен  $D = 10$  см, длина намотки  $l = 5$  см и число витков  $N = 50$ .

Величину поправочного коэффициента  $k$  находим из таблицы (16):

$$L = k \frac{\pi^2 D^2 N^2}{l} = 0,52 \frac{9,56 \cdot 10^2 \cdot 50^2}{5} \text{ см.}$$

Таблица 16.

Поправочный коэффициент при расчете самоиндукции однослойных соленоидальных катушек.

$\frac{D}{l}$	$k$	$\frac{D}{l}$	$k$	$\frac{D}{l}$	$k$	$\frac{D}{l}$	$k$
0,00	1,00	0,36	0,86	0,74	0,75	1,8	0,55
0,02	0,99	0,38	0,85	0,76	0,76	2,0	0,52
0,04	0,98	0,42	0,84	0,78	0,74	2,2	0,50
0,06	0,97	0,44	0,84	0,80	0,73	2,4	0,48
0,08	0,96	0,46	0,83	0,82	0,73	2,6	0,46
0,10	0,96	0,48	0,82	0,84	0,72	2,8	0,44
0,12	0,95	0,50	0,82	0,86	0,72	3,0	0,43
0,14	0,94	0,51	0,81	0,90	0,71	3,5	0,40
0,16	0,93	0,54	0,81	0,92	0,71	4,0	0,36
0,18	0,93	0,56	0,80	0,94	0,70	4,5	0,34
0,20	0,92	0,58	0,79	0,96	0,70	5,0	0,32
0,22	0,91	0,60	0,79	0,98	0,69	6,0	0,28
0,24	0,90	0,62	0,78	1,0	0,69	7,0	0,26
0,26	0,90	0,64	0,78	1,2	0,65	8,0	0,24
0,28	0,89	0,66	0,77	1,4	0,61	9,0	0,22
0,30	0,88	0,68	0,77	1,6	0,58	10,0	0,20
0,32	0,87	0,70	0,76	—	—	—	—
0,34	0,87	0,72	0,76	—	—	—	—

Нетрудно также решить обратную задачу, т. е. по данному коэффициенту самоиндукции и диаметру взятого провода найти число витков.

Достаточно точные результаты дает также формула

$$L = \frac{10DN^2}{\frac{L}{D} + 0,44},$$

для расчетов по которой надобность в таблице 16 отпадает.

Особый вид однослойных цилиндрических катушек представляют собой дроссели высокой частоты с прогрессивной намоткой (см. рис. 606). У них провод сначала укладывается виток к витку вплотную, а затем на расстояниях, прогрессивно возрастающих. Дроссели с прогрессивной обмоткой употребляются как в генераторах, так и приемниках у. к. в. § 35, 1 и 2. Катушки для генераторов ультракоротких колебаний делаются обычно из медного толстого провода или трубки, посеребренных порошком или электролитическим путем<sup>1)</sup> (см. рис. 602). Лучше всего применять трубки из красной меди — они сравнительно легко гнутся. Хуже латунные трубки, тем более, что их обязательно приходится серебрить для получения достаточно хорошей проводимости тока высокой частоты. О сгибании трубок см. § 33. В школьных условиях для маломощных генераторов можно пользоваться проводником Гупера сечением в 4 или лучше в 6 мм<sup>2</sup>, удалив с него изоляцию и слой полуды.

<sup>1)</sup> Об устройстве гальваностегической ванны см. т. III, § 37, 8. При серебрении анод берется из серебра.

**4. Многослойные цилиндрические катушки.** Трансформаторы низкой частоты наматываются в виде многослойных катушек обычным образом, т. е. слой за слоем, и потому имеют сравнительно значительную внутреннюю емкость (см. рис. 360).

Для высокой частоты иногда имеется надобность намотать катушку с большим числом витков и притом так, чтобы их внутренняя емкость была возможно меньше. Если



Рис. 290. Схемы обмоток двух- и многослойных катушек внахлестку (II и III).

число витков такой катушки сравнительно невелико, например максимум несколько сотен витков, и диаметр провода более 0,2 мм, то лучше воспользоваться сотовой намоткой (см. ниже); можно также намотать многослойную цилиндрическую катушку внахлестку. Схемы обмоток внахлестку показаны на рисунке 290, II, где цифры показывают последовательность накладывания витков. Рисунок 290, II, например, показывает, что для двухслойной катушки сначала делают два витка (1, 2) и затем кладут в наружном слое виток 3, после чего наматывают в первом слое виток 4, вновь переходят в наружный слой (виток 5) и т. д. Достоинство катушек внахлестку по сравнению с сотовыми заключается в большей простоте изготовления.

Для катушек, содержащих тысячи витков тонкого про-



Рис. 291. Каркас для дросселя высокой частоты.

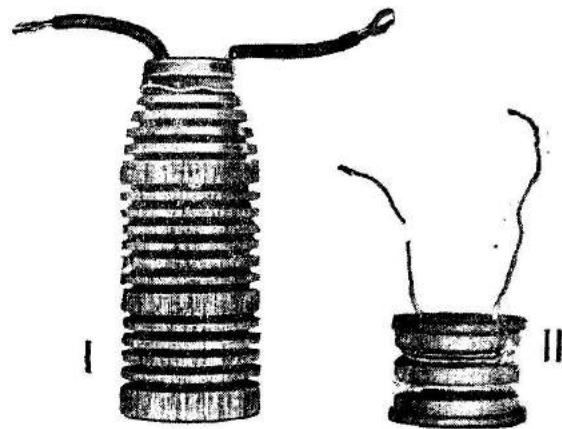


Рис. 292. Дроссель высокой частоты.

вода ( $d \leq 0,1$  мм), употребляется так называемая секционированная обмотка. Так, например,

для дросселей высокой частоты (рис. 292) берут каркас из дерева или эбонита и наматывают в каждую кольцеобразную выточку *М* провод обыч-

ным образом (рис. 291). Отдельные секции при этом должны быть соединены между собой по схеме рисунка 269, т. IV.

**5. Сотовые катушки** (рис. 293), в особенности со штепселями, почти не употребляются в настоящее время в приемниках, между тем как недавно они имели весьма широкое распространение. Однако наборы сотовых катушек (рис. 294), безусловно, нужны в средней школе для проведения работ по сборке и испытанию учебных схем. Если их не удастся купить, то надо намотать и смонтировать на колодках со штепселями описанным ниже способом.

Сотовые катушки получили свое название оттого, что в них расположение проводов образует ячейки, напоминающие пчелиные соты (рис. 293).

Намотка сотовых катушек производится на деревянном цилиндре диаметром в 5 см и длиной в 5—6 см или, лучше всего, на специальной

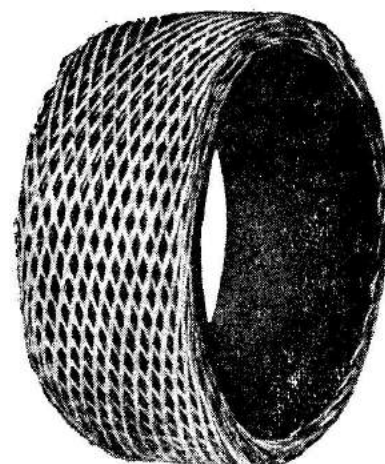


Рис. 293. Сотовая катушка.



Рис. 294. Набор сотовых катушек

деревянной болванке (рис. 295). Полезно деревянный цилиндр для облегчения снятия катушки изготовить несколько конусообразной формы или сделать составным, разрезав его для этого наискось. В цилиндр по окружностям вбиваются два ряда тонких гвоздей без шляпок на расстоянии 2—2,5 см друг от друга.

Лучше просверлить в соответствующих местах в радиальных направлениях ряд отверстий для вставных спиц. Такие спицы можно нарубить из вязальных 12\*

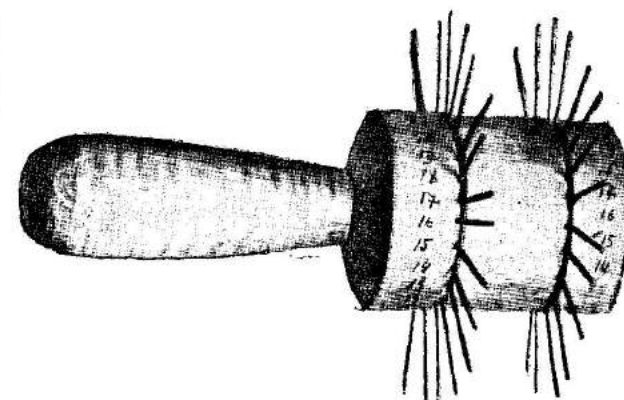


Рис. 295. Болванка для намотки сотовых катушек.

спиц или проволоки. Для правильного расположения спиц, которые должны находиться на строго равных расстояниях друг от друга, полезно при разметке оклеить цилиндр полоской чертежной клетчатой бумаги (миллиметровки).

Число спиц в каждом ряду может быть взято любым; чаще всего берут от 11 до 29 спиц. Наиболее удобным для намотки является, пожалуй, 25 спиц. Стандартные катушки наматываются при 29 спицах в ряду шириной в 2—2,5 см на цилиндр диаметром в 5 см. Провод для

обмотки следует брать ПБД и ПШД, т. е. в двойной бумажной или шелковой оплетке. Диаметр провода обычно берут от 0,7 до 0,25 мм, причем чем меньшее число витков имеет катушка, тем толще ставится провод.

На рисунке 296 показаны развертка цилиндра при 25 спицах в ряду и схема обмотки. Закрепляют провод на спице 1 в левом ряду, обозначив ее 1 л, отсюда огибают провод около спицы 14 в правом ряду (14 п) и затем ведут к спице 2 л. Со спицы 2 л провод огибают около 15 л и т. д. Последовательность намотки одного слоя может быть представлена в виде следующей таблицы:

1 л—14 п—2 л—15 п—3 л—  
—16 п—4 л—17 п—5 л—  
—18 п—6 л—19 п—7 л—  
—20 п—8 л—21 п—9 л—  
—22 п—10 л—23 п—11 л—  
—24 п—12 л—25 п—13 л—

—1 л—14 л—2 п—15 л—3 п—16 л—4 п—17 л—5 п—18 л—  
—6 п—19 л—7 п—20 л—8 п—21 л—9 п—22 л—10 п—23 л—  
—11 п—24 л—12 п—25 л—13 п—1 л.

Далее по той же схеме наматывается второй слой и т. д.

Так как каждый ход провода, т. е., например, 1 л—14 п—2 л или 2 л—15 п—3 л, содержит 1 виток  $\frac{1}{25}$  витка, то в каждом слое намотки уложатся 26 витков.

Для облегчения снятия катушки после намотки пространство между спицами надо обмотать двумя или тремя слоями бумаги. После намотки каждого слоя проволоку пропитывают жидким шеллачным лаком, нанося его кистью. Склеенной катушке дают высохнуть в течение нескольких часов, затем спицы вынимают и катушку осторожно снимают с болванки. Если катушка „не идет“, необходимо кончиком ножа осторожно отклеить ее от цилиндра. Коэффициент самоиндукции сотовых

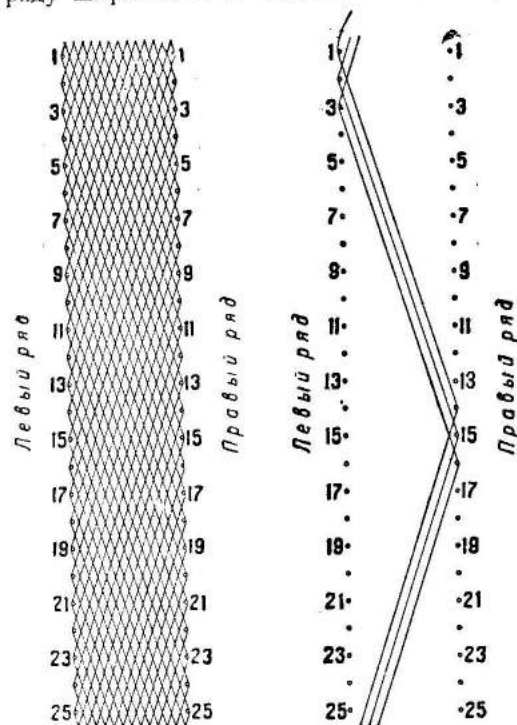


Рис. 296. Схема обмотки сотовых катушек.

катушек может быть вычислен по формуле:

$$L = \frac{80D^2N^2}{3D + 9l + 10h},$$

где  $N$ —число витков,  $D$ —средний диаметр катушки, равный  $D_1 - h$  (рис. 297),  $l$ —ширина катушки,  $h$ —высота катушки; размеры в сантиметрах.

Для приблизительного определения коэффициента самоиндукции стандартных сотовых катушек можно пользоваться формулой:

$$L = 50N^2,$$

которая дает ошибку, не превышающую 10%. На рисунке 298 показан простой способ монтажа сотовой катушки на деревянном цоколе  $F$  с двумя штепсельными контактами, взятыми от штепсельной вилки. Полоску  $A$ , прикрепляемую к цоколю шурупами, следует сделать из хорошего картона, например бристоля, или, лучше всего, из фибры. Катушку можно прикрепить к полоске  $A$  изолирующей лентой  $BD$ . При монтаже важно поставить штепсели так, чтобы расстояние между их центрами равнялось точно 20 мм.

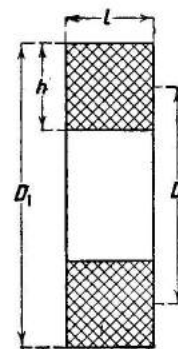


Рис. 297.

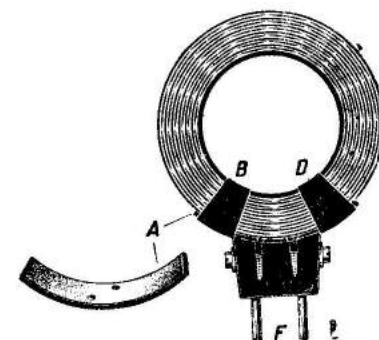


Рис. 298. Монтаж сотовой катушки.

В продаже в настоящее время сотовых катушек нет. Ранее были распространены наборы сотовых катушек заводов „Мэмза“, „Радио“ и „Электросвязь“ (рис. 294).

Данные о катушках завода „Электросвязь“ приведены в таблице 17. Этими данными как ориентировочными можно пользоваться для сотовых катушек вообще при практической работе с учебными схемами (см. главу XXVIII).

Для учебных схем надо располагать катушками со штепселями в 25, 35, 50, 75, 100, 150 и 200 витков. Надо также иметь две-три сотовые катушки с отводами, присоединенными к переключателям (см. рис. 660). Отводы от сотовых катушек делаются так же, как и от однослойных цилиндрических (рис. 289, II).

**6. Корзиночные катушки.** Изготовление плоских корзиночных катушек (рис. 300 и 302) много проще, чем сотовых. Для намотки из картона, имеющего толщину в 1,5—2 мм, вырезают кружок диаметром в 8—12 см (рис. 299). В кружке делается несколько узких прорезов в радиальных направлениях. Число сделанных щелей, вообще говоря, различно, но должно быть обязательно нечетным, так как в противном случае получается неправильная обмотка.



Таблица 17.

Электрические данные сотовых катушек завода „Электросвязь“.

Число витков	Коэффициент самоиндукции в с.м.	Собственная емкость в с.м.	Собственная длина волны в м.	Длина волны в м.			
				Конденсатор 500 с.м.		Конденсатор 700 с.м.	
				при начальной емкости	при полной емкости	при начальной емкости	при полной емкости
25	34 000	30—40	70	90	250	95	290
50	140 000		150	190	510	200	600
75	290 000		210	270	730	290	860
100	500 000		260	350	970	370	1150
125	980 000		300	410	1230	440	1450
150	1 125 000		360	480	1480	510	1750
175	1 860 000		415	570	1710	610	2000
200	2 060 000		500	660	1940	710	2300
300	4 710 000		800	1000	2900	1000	3400

Способ простой намотки ясен из рисунка 299, I. Если катушка должна иметь значительное число витков, то провод продавают не в следующую соседнюю щель, а пропустив известное число зубцов. Тогда намотка ложится звездочками (рис. 301). Звездочку следует считать законченной тогда, когда провод, сделав всевозможные ходы, вновь вернется в ту щель, из которой начата обмотка. При этом не-

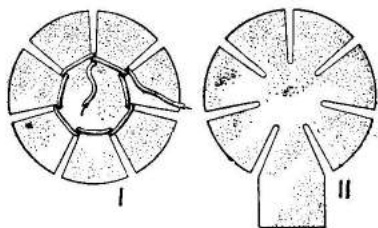


Рис. 299. Каркасы для корзиночных катушек.

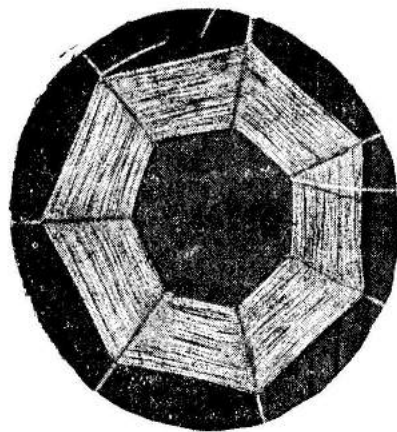


Рис. 300. Плоская корзиночная катушка.

посредственно на каркас ложится только первая звездочка, а следующие будут отходить от каркаса каждый раз на толщину провода и образовывать пирамидальные ячейки (рис. 302). Число витков в звездочке не зависит от числа зубцов в каркасе и всегда в два раза больше числа пропускаемых при намотке зубцов. Так, например, если пропускают по 3 зубца (рис. 301), то число витков в звездочке равно 6.

На практике обыкновенно берут каркасы с 7, 9 или 11 щелями и обмотку делают проводом в 0,3—0,6 мм. Для учебных схем катушки

необходимо снабдить штепселями (рис. 302), для чего проще всего в штепсельных однополюсных контактах (см. рис. 26, т. III) сделать прорезы пилой и укрепить их на каркасах показанной на рисунке 299, II формы.

Катушки для учебных схем надо наматывать в 25, 50, 75, 100, 150, 200 и 300 витков.

**7. Вариометр.** Вариометр состоит из двух катушек, соединенных последовательно; взаимное расположение этих катушек может изменяться так, что магнитные поля или будут ослаблять друг друга или усиливать. Вариометр позволяет получить плавное изменение коэффициента самоиндукции от некоторой весьма малой величины до величины, в 3—4 раза большей коэффициента самоиндукции меньшей катушки.

Вариометр чаще всего представляет собой две обмотки, из которых одна способна поворачиваться внутри другой на угол  $180^\circ$  (рис. 303).

Если катушки ориентированы по отношению друг к другу так, что направление токов в обмотках одинаково, то вариометр обладает наи-

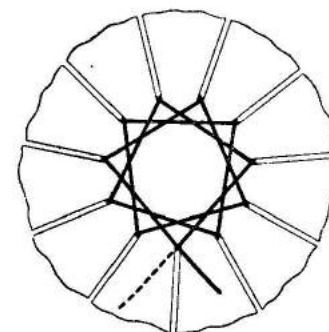


Рис. 301.

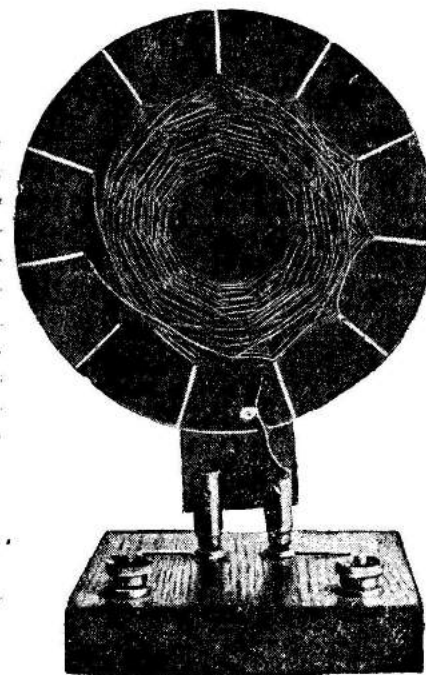


Рис. 302. Корзиночная катушка со сложной обмоткой. Катушка вставлена в штепсельную панельку.

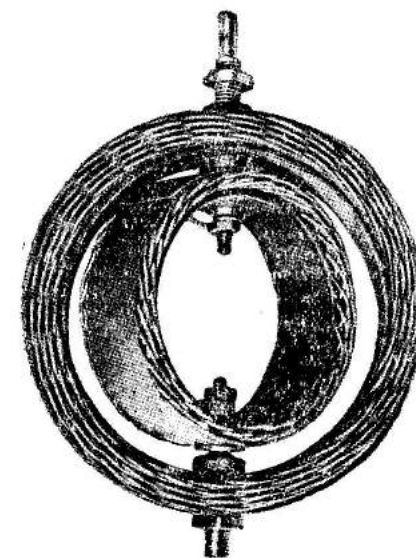


Рис. 303. Вариометр из сотовых катушек.

большим коэффициентом самоиндукции. При повороте на угол  $180^\circ$  из указанного положения самоиндукция делается наименьшей. На рисунке 304

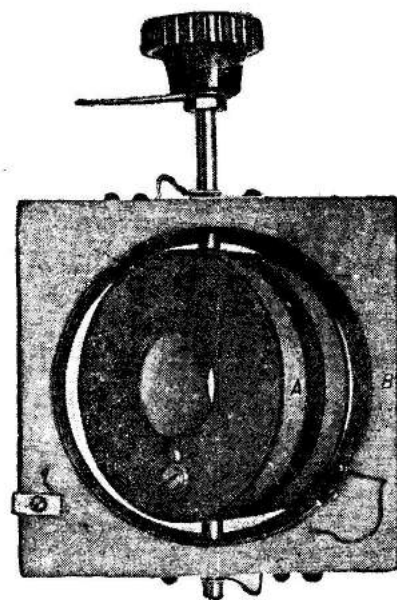


Рис. 304. Вариометр.

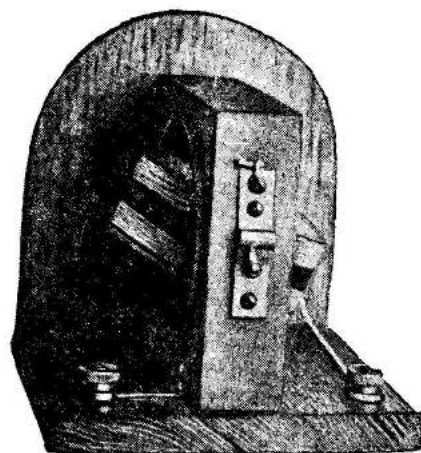


Рис. 305. Монтаж вариометра на панели.

показан наиболее распространенный тип вариометра, выпускавшийся ранее на рынок в значительном количестве и употреблявшийся в некоторых типах заводских приемников (БЧН, БЧЗ). Одна из обмоток *A* ясно видна на рисунке 304, другая *B* помещена на картонном кольце, вставленном в деревянную колодку. Обмотки обычно имеют по 64 витка. Вариометр необходимо смонтировать на деревянной подставке (рис. 305 и 306) и снабдить ручкой с делениями или шкалой. Выводы лучше

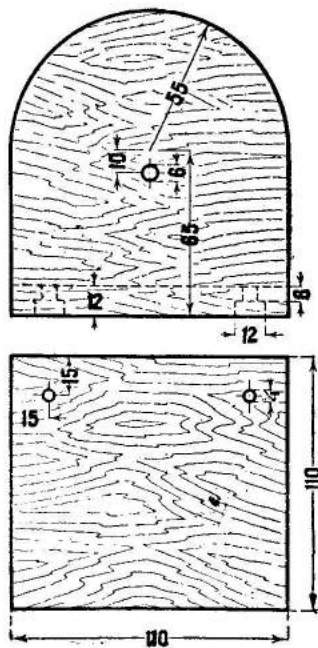


Рис. 306. Чертеж панели для вариометра.

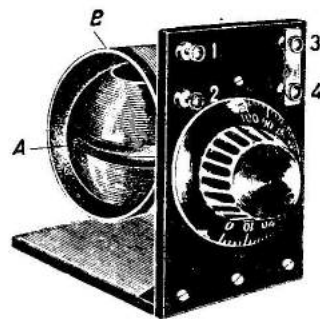


Рис. 307. Шаровой вариометр.

сделать от каждой обмотки, т. е. к четырем клеммам. В качестве вариометра может быть использован также станок с двумя сотовыми или корзиночными катушками (см. рис. 628). В этом случае катушки соединяют последовательно и притом так, чтобы направление токов в них было противоположно. Тогда при полном сближении катушек коэффициент самоиндукции невелик и увеличится тем сильнее, чем дальше они будут раздвинуты друг от друга.

Вариометр с намоткой на шарообразном каркасе *A* показан на рисунке 307. Другая его обмотка *B* сделана на цилиндрической катушке.

## § 15. Явление самоиндукции.

### 1. Гидродинамическая аналогия самоиндукции при размыкании.

- 1) Банка стеклянная с тубусом. 2) Стеклянная трубка ( $l = 1,5 \text{ м}$ ;  $d = 5-8 \text{ мм}$ ).
- 3) Ведро. 4) Стеклянный тройник.

Гидравлический таран может служить аналогией самоиндукции при размыкании цепи. Для устройства тарана берут стеклянную трубку длиной около 1,5 м и укрепляют ее одним концом в пробке, вставленной в тубус *A* большой стеклянной банки (рис. 309). К другому концу трубки присоединяют посредством резиновой трубки тройник с оттянутым отростком *C* длиной в 6—8 см (рис. 308). В банку наливают столько воды, чтобы при закрывании пальцем отверстия *B* тройника уровень воды почти достигал верхнего края трубки *C*. Открыв отверстие *B*, дают воде вытекать; затем затыкают его пальцем быстрым движением и наблюдают, что из трубки *C* вылетает на мгновение тонкая струя на высоту 2—3 м. В рассматриваемой аналогии высота уровня в сосуде

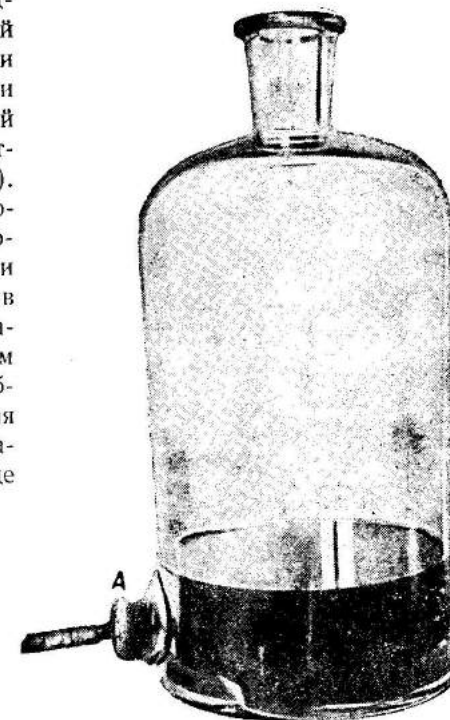
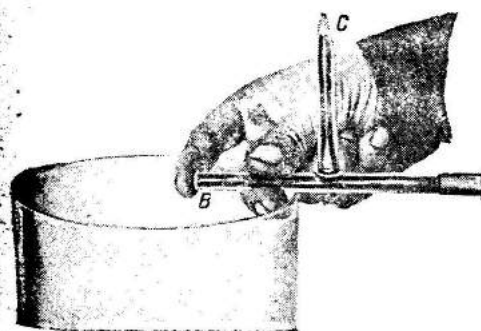


Рис. 308—309. Установка для демонстрации гидродинамической аналогии самоиндукции.

соответствует напряжению тока источника, а высота струи из трубки *C* — электродвижущей силе самоиндукции при размыкании.

## 2. Обнаружение тока самоиндукции при помощи лампочки.

- 1) Школьный трансформатор. 2) Лампочка от карманного фонарика. 3) Ключ.
- 4) Аккумулятор или гальванический элемент.

Для демонстрации тока самоиндукции, возникающего при разрыве цепи, берут один из имеющихся школьных разборных трансформаторов

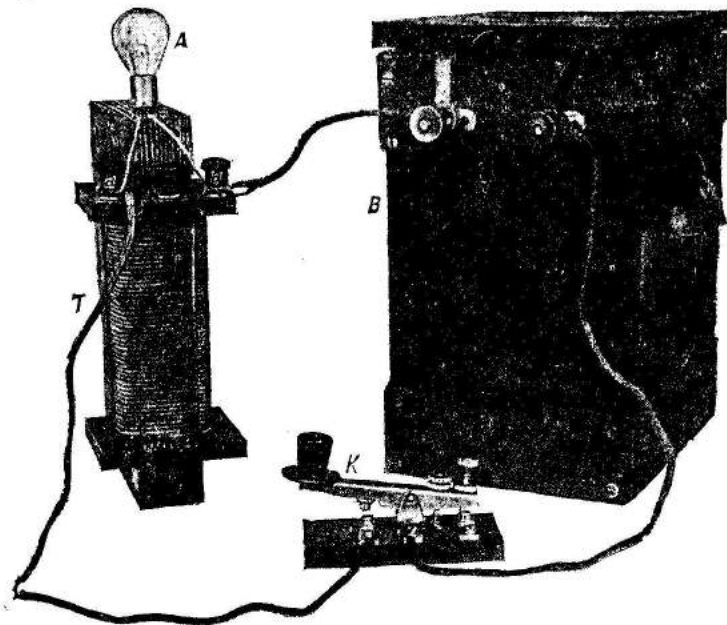


Рис. 310. Установка для демонстрации самоиндукции при размыкании.

ров (§ 4, 2), катушку Томсона (§ 3, 1) или Румкорфа. Для успеха опыта важно, чтобы катушка или обмотка трансформатора имела достаточно большой коэффициент самоиндукции (значительное число витков) и малое омическое сопротивление. Установка собирают по образцу рисунка 310, присоединив катушку Томсона или одну из обмоток трансформатора *T* к одному аккумулятору *B* или элементу Грене или сухому через ключ *K*. При пользовании катушкой Румкорфа в цепь включают ее первичную обмотку; в случае, если катушка снабжена платиновым (молоточковым) прерывателем, ее контактный винт заворачивают так, чтобы молоточек не мог колебаться. К клеммам *aa* трансформатора или катушки параллельно присоединяют лампочку от карманного фонарика или автомобильную *A* на 6 в.

После замыкания цепи лампочка горит слабым накалом; при разрыве цепи лампочка ярко вспыхивает, что показывает, что в момент размыкания возникает самоиндуцированный ток, более сильный по сравнению с тем, который тек при замкнутой цепи. Нужно показать также, что после удаления ядра трансформатора или сердечника, т. е. уменьшения

коэффициента самоиндукции, явление не наблюдается совсем или будет много слабее.

В процессе подготовки опыта надо перепробовать, производя описанный опыт, все имеющиеся катушки, чтобы получить четкий результат. В частности, опыт удастся со школьным разборным трансформатором (рис. 310), снабженным катушкой в 45 витков, лампочкой карманного фонарика и одним аккумулятором.

Для получения более показательного результата нужно взять лампочку автомобильного типа на 6 или 12 в (см. т. III, § 26, 2) и батарею аккумуляторов — в первом случае на 4 в, во втором — на 6—8 в.

Еще лучше опыт выходит с БНЭ (см. рис. 101). На сердечник, замкнув его ярмом, надевают катушку *XIV*, присоединяют параллельно к ее клеммам лампочку на 120 в и к тем же клеммам, через ключ, батарею аккумуляторов на 8—12 в. При размыкании лампа ярко вспыхивает.

## 3. Обнаружение тока самоиндукции ощущением. 1) Электрический звонок. 2) Два-три аккумулятора или элемента.

Опыт позволяет обнаружить ощущением электродвижущую силу самоиндукции при помощи электрического звонка. Со звонками нормального типа опыт плохо или совсем не удается; надо взять звонок большого размера или тирольский колокол (см. т. IV, рис. 84). Если привести звонок в действие и взяться руками за выводы от концов электромагнита, то возникнет ощущение, как от тока с напряжением в несколько десятков вольт.

Можно также воспользоваться первичной обмоткой трансформатора, катушкой Томсона и т. п. и, взявшись руками за концы обмотки, мгновенно замкнуть и разомкнуть цепь, питая ее одним-двумя аккумуляторами или элементами. Но в этом случае надо быть весьма осторожным, так как при большом коэффициенте самоиндукции поражение будет весьма сильно.

## 4. Обнаружение тока самоиндукции при помощи искры. 1) Трансформатор или катушка Румкорфа. 2) Ламповый реостат. 3) Амперметр. Два-три аккумулятора или элемента. 5) Напильник.

Для обнаружения тока самоиндукции при разрыве цепи с индуктивной нагрузкой собирается установка, показанная на рисунке 311. В цепь включают первичную обмотку трансформатора *T* или катушки Румкорфа, катушку Томсона или, наконец, большой электромагнит с возможным большим коэффициентом самоиндукции и малым сопротивлением, амперметр и батарею из двух-трех аккумуляторов *B*. Можно также в случае включения трансформатора или катушки Томсона пользоваться вместо переменной током освещения. Включают цепь и измеряют силу тока. Заменяют индуктивную нагрузку безиндуктивной, для чего вместо катушки присоединяют ламповый или проволочный реостат; меняя его сопротивление, добиваются, чтобы сила тока в цепи была приблизительно равна измеренной в первом случае.

Опыт заключается в сравнении величины искры, возникающей при разрывах цепи с индуктивной нагрузкой (катушка самоиндукции) и без (лампы).



Замыкание и размыкание цепи лучше всего производить при помощи напильника *C*, по которому проводят проводником *a*. Этот провод-

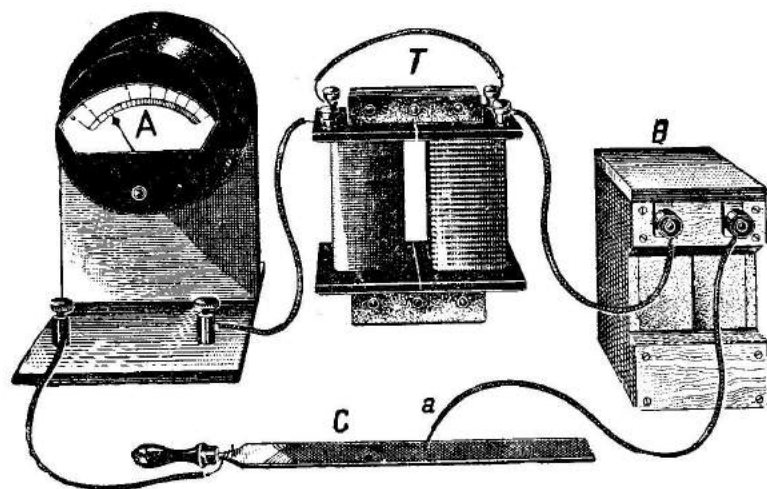


Рис. 311. Установка для обнаружения тока самоиндукции посредством искры.

ник во избежание сильного поражения током надо изолировать от руки. В цепи с катушкой при размыкании цепи появляется много более значительная искра, чем с реостатом. Описанный опыт редко показывают, но он, несмотря на свою простоту, весьма убедителен, выясняя, почему при выключении моторов, электромагнитов и т. п. возникает значительная искра.

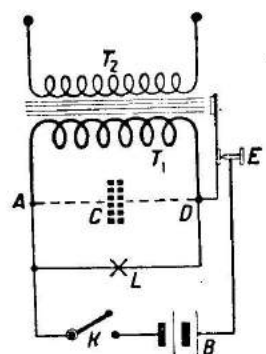


Рис. 312. Схема цепи для накаливания лампы токами самоиндукции.

ке конденсатор *C*. Пускают катушку в ход и наблюдают, что лампа 120 в раскаливается докрасна токами самоиндукции. Действуя контактным винтом *E* прерывателя, демонстрируют, что при увеличении числа колебаний накал лампы возрастает, и наоборот. В случае, если конденсатор *C* включен, нужно иметь в виду, что колебания молоточка делаются неустойчивыми и появляется трещащая искра, иногда свариваю-

**5. Накаливание лампочки на 120 в токами самоиндукции.** 1) Катушка Румкорфа с платиновым прерывателем. 2) Лампочка на 120 в с патроном. 3) Два-три аккумулятора или элемента. 4) Ключ.

Для демонстрации накаливания токами самоиндукции лампочки 120 в при источнике тока в 4—8 в собирается установка по схеме рисунка 312. Первичная обмотка *T<sub>1</sub>* катушки Румкорфа с платиновым (молоточковым) прерывателем включается, как обычно, в цепь батареи *B* аккумуляторов или элементов (4—8 в). К концам *A* и *D* первичной обмотки присоединяют лампочку *L* в 15 или 25 вт (120 в). При этом для получения более четкого результата следует отсоединить имеющийся в катуш-

щая между собой платиновые контакты прерывателя. Последнее обстоятельство особой беды не представляет, по окончании опыта придется лишь слегка почистить контакты.

**6. Медленное нарастание тока в цепи с самоиндукцией.** 1) Крупный трансформатор или электромагнит. 2) Один-два щелочных аккумулятора или элемента с крупной емкостью. 3) Два выключателя. 4) Демонстрационный гальванометр (амперметр). 5) Две лампочки в 100—200 вт. 6) Реостат. 7) Выключатель.

Опыт показывает, что в цепях с крупным коэффициентом самоиндукции как нарастание до нормального постоянного тока при включении, так и исчезновение его при выключении происходит медленно и может при удачном подборе продолжаться, как описывает Поль, более одной минуты. Для опыта необходим крупный трансформатор, например технический сварочный (Поль указывает размеры сердечника 60 см × 40 см × 11 см) или большой электромагнит.

Цепь собирается по схеме рисунка 313 из катушки самоиндукции *L* (трансформатора), амперметра *A*, аккумулятора *B* и двух выключателей *K<sub>1</sub>* и *K<sub>2</sub>*. Для успеха опыта важно, чтобы катушка самоиндукции имела малое омическое сопротивление и результирующий ток при 2—4 в соответствовал отклонению стрелки амперметра более, чем до половины шкалы или до ее конца, что можно достигнуть соответствующим подбором напряжения батареи. Замыкают цепь выключателем *K<sub>1</sub>* и наблюдают, что стрелка амперметра не сразу достигает максимального деления, а медленно „ползет“ к этому положению в течение тем более значительного времени, чем больше коэффициент самоиндукции. Для демонстрации медленного исчезновения тока сначала замыкают ключ *K<sub>2</sub>* (аккумулятор при этом замыкается сопротивлением *R* и затем возможно быстрее выключают ключ *K<sub>1</sub>*. Стрелка опять будет медленно „ползти“ к своему нулевому положению.

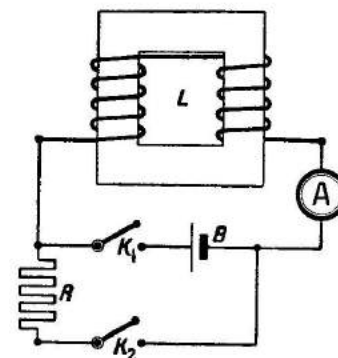


Рис. 313. Схема цепи для обнаружения медленного нарастания тока.

Подобный опыт можно произвести при постоянном токе от мотор-генератора следующим образом. В цепь тока (рис. 314) через лампы *A<sub>1</sub>* и *A<sub>2</sub>* и ключи *K<sub>1</sub>* и *K<sub>2</sub>* включают омическое сопротивление *R<sub>0</sub>* и крупное индуктивное *R<sub>L</sub>* (трансформатор, большой электромагнит, катушку со много и др.). Измерив предварительно силу тока, текущего через индуктивное сопротивление, подбирают омическое сопротивление *R<sub>0</sub>* таким, чтобы силы тока в параллельных ветвях *K<sub>1</sub> A<sub>1</sub> R<sub>L</sub>* и *K<sub>2</sub> A<sub>2</sub> R<sub>0</sub>* были одинаковы. Впрочем, можно обойтись и без амперметра и о равенстве токов судить приблизительно по накалам ламп *A<sub>1</sub>* и *A<sub>2</sub>*. Лампы *A<sub>1</sub>* и *A<sub>2</sub>* берут обязательно одинаковыми в 100, 300 или 500 вт, выяснив, при какой их мощности опыт выходит лучше всего.

Опыт заключается в показе, что лампа *A<sub>1</sub>*, включенная с индуктивным сопротивлением, зажигается через значительно большее время, чем

лампа  $A_2$ . Опыт выходит также с лампочками от карманного фонарика и батарей в 4 в.

### 7. Направление самоиндуцированного тока при размыкании.

1) Катушка самоиндукции. 2) Один-два щелочных аккумулятора или элемента. 3) Демонстрационный гальванометр. 4) Ключ. 5) Реостат.

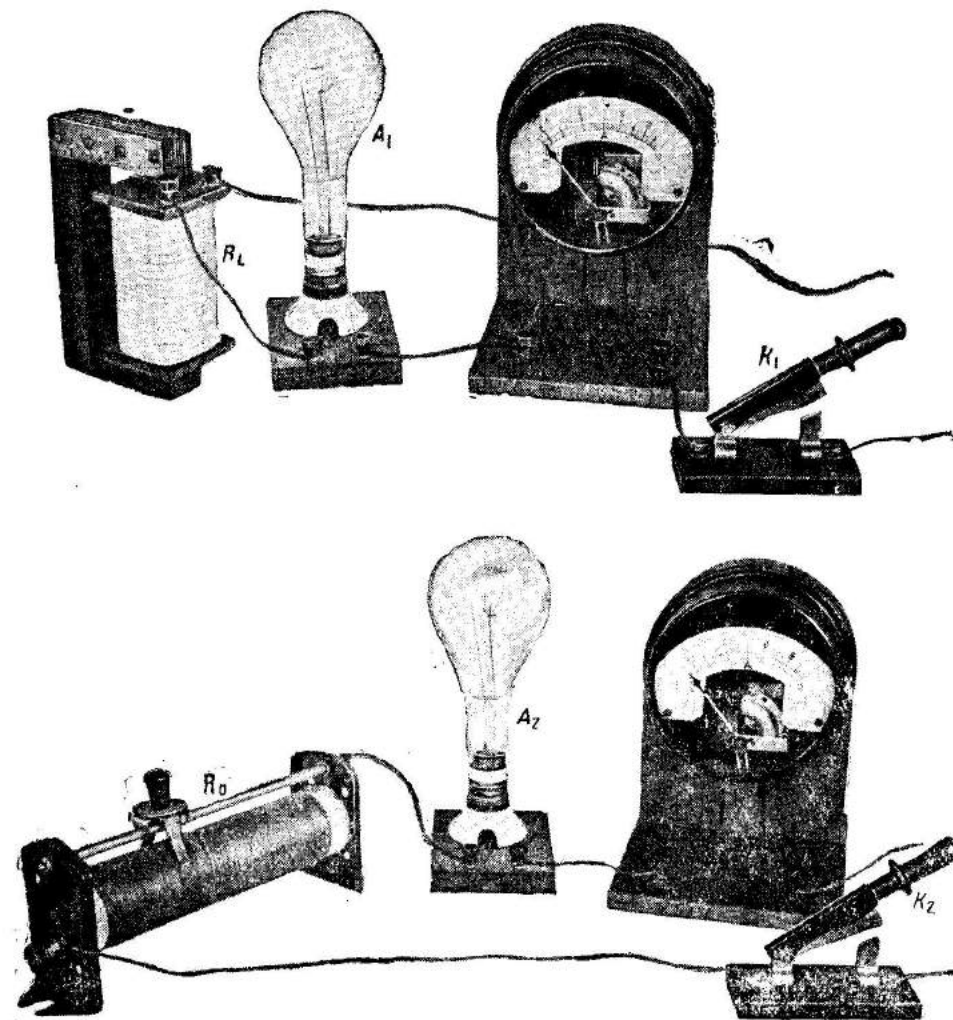


Рис. 314, I. Установки для сравнения времени нарастания тока.

Опыт показывает, что самоиндуцированный ток при размыкании цепи направлен по току источника. В качестве катушки самоиндукции присоединяют первичную обмотку катушки Румкорфа, трансформатор или катушку Томсона  $L$  через ключ  $K$  к батарее  $B$  (рис. 315, II). Параллельно катушке самоиндукции вводят демонстрационный гальванометр  $G$  через безиндукционное сопротивление  $R_0$  такой величины, чтобы ток, установившийся в цепи после замыкания ключа  $K$ , вызывал отклонение

стрелки примерно до середины шкалы. В качестве источника тока берут один-два гальванических или аккумуляторных элемента. Свинцовые аккумуляторы ввиду значительности тока, возникающего через катушку  $L$ , не годятся — надо взять щелочные. Для обнаружения направления самоиндуцированного тока при размыкании, не замыкая цепь ключом, вкалывают булавку  $a$  около нуля шкалы и притом так, чтобы стрелка не могла отклониться после включения тока (рис. 315, II и 316). Затем замыкают цепь и вновь размыкают, наблюдая в последний момент, что стрелка отклонится в сторону, показанную на рисунке 316 стрелкой. Обращаясь к изучению схемы рисунка 315, II, убеждаются, что опыт обнаруживает возникновение самоиндуциро-

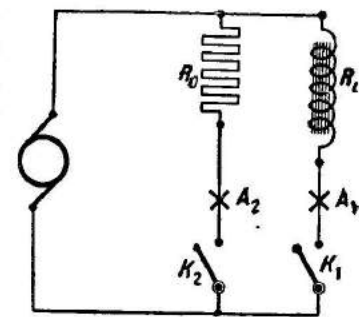


Рис. 314, II. Схема цепей установки рисунка 314, I.

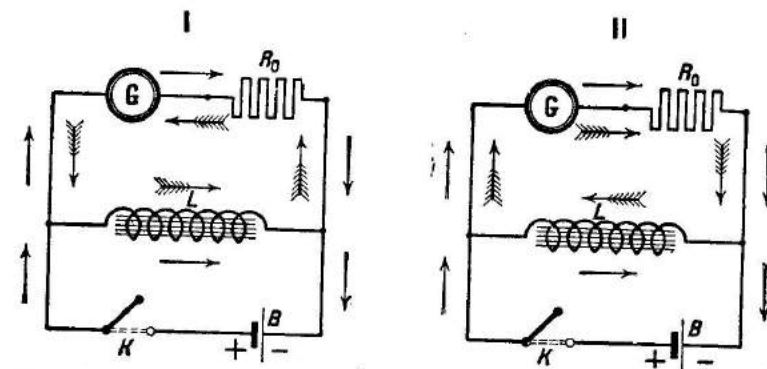


Рис. 315. Схемы для обнаружения направления самоиндуцированных токов.

ванного тока, имеющего одинаковое направление с током в катушке, существовавшем ранее благодаря батарее  $B$ .

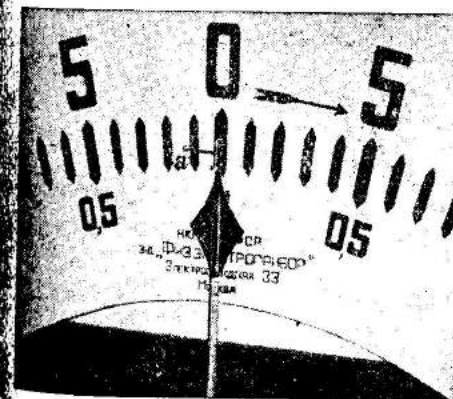


Рис. 316. Булавка, удерживающая стрелку гальванометра.

С установкой, подобной описанной, показывают обычно, что ток самоиндукции при замыкании направлен против тока по схеме рисунка 315, I. Для этого вкалывают булавку после того, как в цепи установится ток, и притом так, чтобы стрелка не могла возвратиться на нуль после прекращения тока. При замыкании цепи стрелка дает отклонение, на основании чего по схеме 315, I доказывают наличие тока самоиндукции, направленного против тока источника. Однако этот опыт совершенно недопустим, в чем легко убедиться: отклоне-

ние возникает и в том случае, когда вместо самоиндукции взят реостат.

**8. Индуктивное сопротивление и его изменение.** 1) Школьный трансформатор. 2) Катушка Томсона. 3) Лампочки в 500 или 300 *вт* (120 *в*). 4) Амперметр. 5) Источник постоянного тока на 120 *в*.

Опыт служит для демонстрации индуктивного сопротивления и его изменения в зависимости от коэффициента самоиндукции. Катушку Томсона, первичную обмотку катушки Румкорфа или одну из обмоток трансформатора  $R_L$  включают последовательно с лампочкой  $A_1$  на 120 *в* и амперметром  $A$  в цепь переменного тока освещения и наблюдают, что лампа горит весьма слабым накалом (рис. 314, I и II). Для успеха опыта

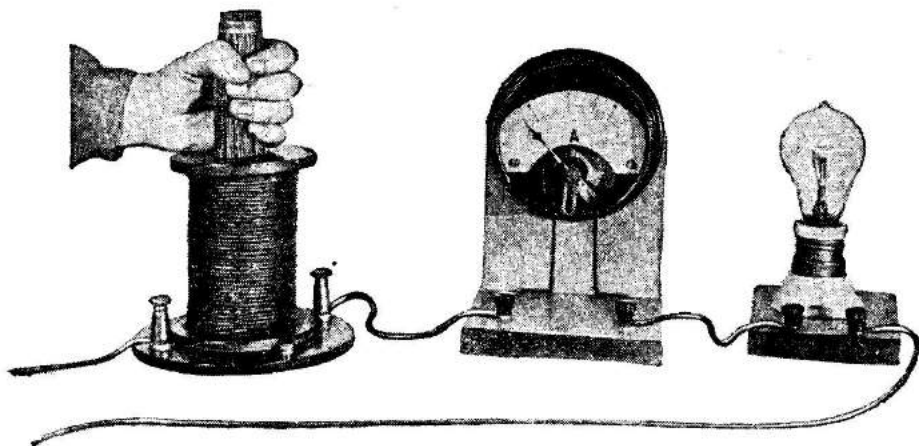


Рис. 317. Установка для наблюдения изменения индуктивного сопротивления.

важно, чтобы включенная обмотка имела возможно больший коэффициент самоиндукции и наименьшее омическое сопротивление. При этом, чем больше мощность взятой лампы, тем слабее будет ее накал, почему опыт обычно очень плохо удается с лампами в 15 — 50 *вт*. Лучше всего пользоваться лампами в 200, 300 или 500 *вт*.

Продemonстрировав слабый накал при переменном токе, включают ту же цепь к мотор-генератору постоянного тока на 120 *в* и наблюдают почти нормальный накал лампы. Такое сравнение проводимости катушки для постоянного и переменного токов покажет, что в цепи последнего катушка, кроме омического, обладает еще индуктивным сопротивлением. Если в шкале нет мотор-генератора, опыт следует проводить, питая цепь от трансформатора, снижающего напряжение до 12 *в* (§ 4, 2), и пользоваться автомобильной или кинопроекторной лампой на 12 *в*. В этом случае для сравнения проводимости цепи для постоянного тока нетрудно набрать батарею в 12 *в*, хотя бы из элементов.

Важно заметить, что существование индуктивного сопротивления становится ясным для учащихся только в случае сравнения показаний амперметра или накала лампы при питании одной и той же цепи сначала постоянным, а затем переменным током.

Для демонстрации изменения индуктивного сопротивления при изменении коэффициента самоиндукции надо воспользоваться катушкой Томсона с вынимающимся железным сердечником (рис. 317) или, еще лучше, школьным разборным трансформатором или же БНЭ (см. рис. 101).

Катушку или обмотку трансформатора включают в цепь переменного тока последовательно с лампой 120 *в* и амперметром (рис. 317 и 318).

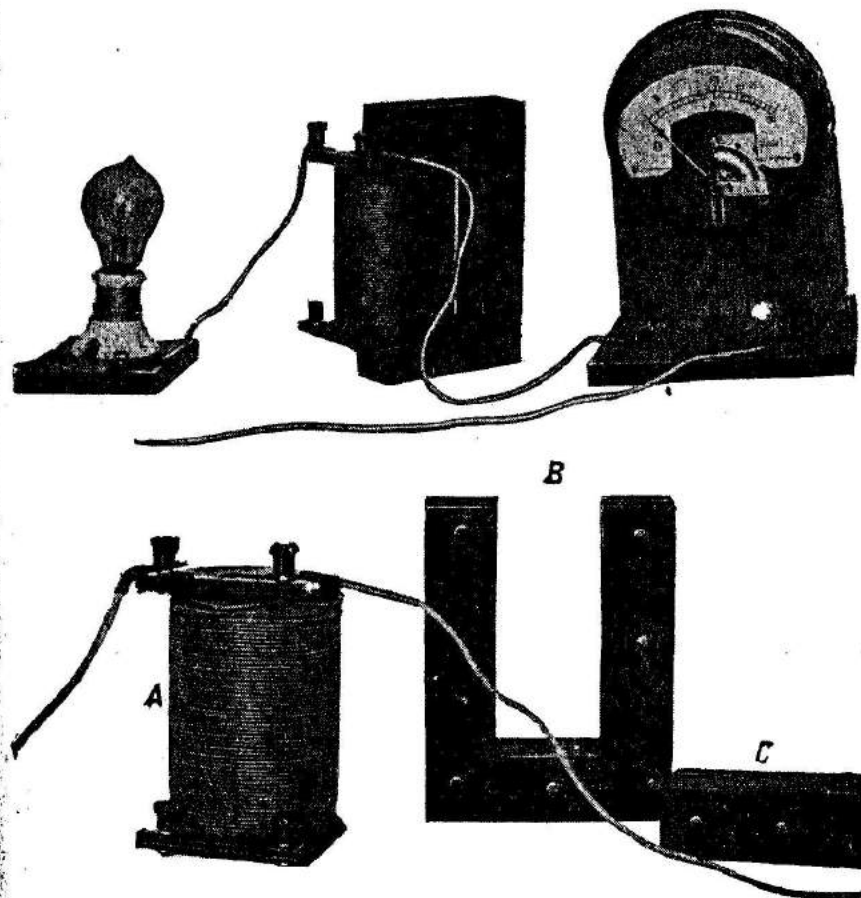


Рис. 318. I и II. Уменьшение индуктивного сопротивления катушки.

лампочку следует взять по возможности большей мощности, чтобы получить наибольшую разницу в степени ее накала. Действительно, по закону Ома сила тока в цепи будет равна:

$$I = \frac{U}{\sqrt{R_0^2 + R_L^2}},$$

$R_0$  — сумма омических сопротивлений катушки и лампы и  $R_L$  — индуктивное сопротивление. Рассмотрение этой формулы показывает, что при изменении индуктивного сопротивления в известных пределах сила тока будет изменяться в том большем диапазоне, чем меньше величина  $R_0$ , т. е. омические сопротивления катушки и самой лампочки.



Опыт заключается в наблюдении изменения силы тока по амперметру или накала лампы при удалении железного сердечника из катушки, т. е. изменения коэффициента самоиндукции последней. При надлежащем подборе катушки можно добиться, что лампа в 300 *вт*, горящая при катушке без сердечника почти нормальным накалом, при введении сердечника будет гаснуть совершенно (рис. 317). Как сказано, очень удобны для опыта школьные разборные трансформаторы. Подобрать соответствующую лампу, сначала показывают, что она не горит, если катушка *A* надета на сердечник *B* (рис. 318, II). Затем постепенно удаляют ярмо *C* и наблюдают, что лампа все сильнее и сильнее накаливается, и, наконец, катушку вовсе снимают с железного сердечника, благодаря чему лампа накаливается почти нормально. Опыт надо показать также в обратном порядке.

**9.\* Измерение индуктивного сопротивления и коэффициента самоиндукции на низкой частоте.** 1) Измеряемая катушка самоиндукции. 2—3) Вольтметр и амперметр переменного тока. 3—4) Вольтметр и амперметр постоянного тока. 5) Два-три аккумулятора. 6) Реостат.

Важно обратить внимание, что измерение индуктивного сопротивления и коэффициента самоиндукции способом вольтметра и амперметра (на низкой частоте) возможно лишь для катушек с железным сердечником, т. е. с большим коэффициентом самоиндукции. Измерение этим способом для обычных катушек радио невозможно.

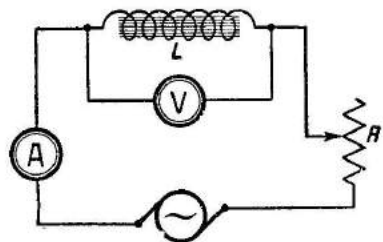


Рис. 319. Схема для измерения индуктивного сопротивления вольтметром и амперметром.

В качестве объектов измерения можно взять первичные обмотки понижающих трансформаторов, катушку Томсона и т. п. Катушку *L* включают в цепь освещения через амперметр *A*; в случае, если индуктивное сопротивление катушки невелико и текущий через нее ток вызывает нагревание обмотки, в цепь вводят реостат *R* (рис. 319). К клеммам катушки присоединяют вольтметр *V*. Если измеренная сила тока равна *I*, при напряжении на клеммах *U*, то полное сопротивление катушки будет:

$$R = \frac{U}{I}.$$

Затем производят измерение омического сопротивления катушки способом вольтметра и амперметра (см. т. III, § 11, 15), пользуясь в качестве источника тока двумя-тремя аккумуляторами. Пусть эта величина равна  $R_0$ .

Тогда, зная, что полное сопротивление равно

$$R = \sqrt{R_0^2 + R_L^2},$$

где  $R_L$  — индуктивное сопротивление, находим:

$$R_L = \sqrt{R^2 - R_0^2}.$$

**Пример.** Вычислить индуктивное сопротивление катушки, если при напряжении  $U = 120$  в через нее течет сила тока  $I = 2$  а и ее омическое сопротивление равно  $R_0 = 5$  ом.

Полное сопротивление:

$$R = \frac{U}{I} = \frac{120}{2} = 60 \text{ ом.}$$

Индуктивное сопротивление:

$$R_L = \sqrt{R^2 - R_0^2} = \sqrt{3600 - 25} \approx 59 \text{ ом.}$$

Измерив индуктивное сопротивление, можно вычислить коэффициент самоиндукции *L* из формулы:

$$R_L = 2\pi fL,$$

где *f* — частота тока,

$$L = \frac{R_L}{2\pi \cdot f}.$$

**Пример.** Вычислить коэффициент самоиндукции катушки, если ее индуктивное сопротивление  $R_L = 100$  ом при частоте тока  $f = 50$  герцов.

$$L = \frac{R_L}{2\pi f} = \frac{100}{2 \cdot 3,14 \cdot 50} \approx 0,3 \text{ гн.}$$

**10. Измерение коэффициента самоиндукции на высокой частоте.** См. § 30, 4.

**11. Параллельное и последовательное соединения катушек самоиндукции.** 1) Две катушки самоиндукции с железными сердечниками. 2) Лампа в 100—300 *вт*.

Опыт показывает, что последовательное соединение катушек вызывает увеличение коэффициента самоиндукции, параллельное — уменьшение.

Для опыта берут две одинаковые катушки с железным сердечником и притом такие, у которых их индуктивное сопротивление сравнительно велико по сравнению с омическим. Катушки включают через лампочку в 100—300 *вт* в цепь переменного тока: сначала одну, затем две последовательно и, наконец, две параллельно. Сравнивая по накалу лампы силы тока, убеждаются, что индуктивное сопротивление, а следовательно, и коэффициент самоиндукции будут наибольшими во втором случае и наименьшими в третьем.

## ТЕЛЕФОН. УСИЛИТЕЛЬ НИЗКОЙ ЧАСТОТЫ.

### § 16. Телефонные трубки и репродукторы.

1. Общие сведения о телефонных трубках. Телефон, несмотря на крайне низкий к. п. д., является одним из чувствительнейших приборов для обнаружения тока, именно: лучшие телефоны реагируют заметным для уха образом при мощности порядка  $10^{-10}$  вт.

Как известно, телефоны разделяются: на телефонные трубки, предназначенные для индивидуального пользования (рис. 320), и репродукторы, служащие для громкогоговора (рис. 321 и 322).



Рис. 320. Телефонные трубки для радиоприема.

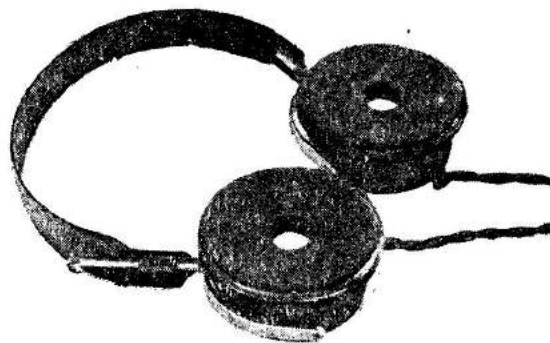


Рис. 321. Один из первых типов репродуктора "Рекорд".  
С — корректор.

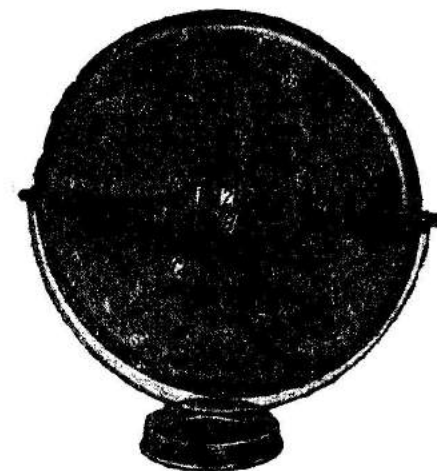


Рис. 322. Репродуктор "Рекорд".  
В — корректор.

Телефонные трубки в настоящее время различают, главным образом, по их внутреннему сопротивлению: для радио применяются трубки с сопротивлением в 1000—2000—4000 ом, для городских телефонов — в 100—200 ом. В домашних телефонах с батарейным вызовом (устаревшего типа), которые можно нередко найти в физических кабинетах, встречаются трубки с сопротивлением в несколько десятков ом. Телефонные трубки последних двух типов для целей радио не пригодны. Необходимость трубок для радио с большим сопротивлением обусловлено прежде всего стремлением намотать на сравнительно малом пространстве наибольшее число витков для получения высшей чувствительности. Намотку поэтому производят весьма тонким проводом ( $d = 0,05$  мм), который при нескольких тысячах витков и создает сопротивление порядка тысяч ом. Наконец, по известной теореме, при сопротивлении  $R_T$  телефонных трубок, равном или одного порядка с сопротивлением цепи, получается наибольший эффект. В частности, в детекторном приемнике, где детектор в цепи обладает наибольшим сопротивлением  $R_D$ , опти-

мальные условия наступают в том случае, когда  $R_T$  равно от  $1/2$  до  $1/5 R_D$ .

Само же сопротивление как таковое является, в сущности, вредным фактором, и трубка, намотанная, например, из проводника с большим удельным сопротивлением (нейзильбера, константана, никелина и т. п.), была бы никуда негодна.

2. Обращение с трубками и устранение неисправностей. 1) При покупке радиотелефонных трубок надо выбрать и взять те, которые дают хотя бы еле слышный щелчок при соприкосновении оконечных контактов (штепселей), слегка смоченных слюной.

2) При падении трубок могут разбиться не только корпус или крышка, но и происходит размагничивание.

3) Надо избегать перекручивания шнура трубок, что систематически наблюдается в кабинетах. Это ведет к быстрому изнашиванию шнура и к его обрывам. После пользования телефоном следует раскрутить шнур и, главное, освобождать его от "барашков" (см. т. IV, § 5, 2).

4) При пользовании ламповыми приемниками важно соблюдать правильное включение полюсов телефона во избежание его размагничивания. Штепсель шнура, помеченный красной ниткой, необходимо включать всегда плюсу. Ток, текущий в анодной цепи, при правильном включении должен усиливать притяжение мембраны, а не ослаблять. Для определения полюсов телефона есть несколько способов, из которых укажем два:

а) К магнитной стрелке NS подносят телефонную трубку без мембраны на такое расстояние, чтобы стрелка повернулась к одному из ближайших полюсов телефона (рис. 323, I). Если при пропускании тока от одного-двух элементов через трубку стрелка отталкивается (рис. 323, II), то полюсы батареи не соответствуют полюсам телефона.

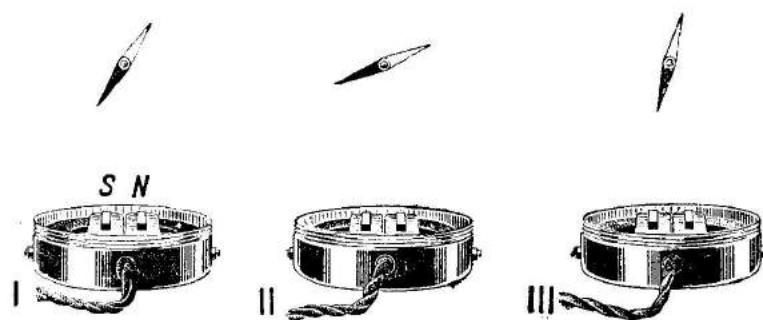


Рис. 323. Проверка полюсов у телефонной трубки магнитной стрелкой.

При притяжении стрелки (рис. 323, III) направление тока взято правильно, и надо на выводах у телефона отметить  $+$  и  $-$  соответственно полюсам батареи.

б) На телефон без мембраны накладывают железный якорь  $A$  (полосу, ключ и т. п.) и присоединяют к гальванометру, по отклонению стрелки которого можно судить о направлении тока (рис. 324). Якорь быстро отрывают от трубки и определяют направление индуцированного тока. Ясно, что полюсы на трубке должны быть помечены противоположными знаками по сравнению с полюсностью тока, вызвавшего отклонение гальванометра.

5) Телефонные трубки не следует перегружать, включая их для громкогоговения в усилитель. В особенности недопустимо, если обмотки катушек при этом греются.

6) Наилучшую слышимость трубки дают в случае, когда мембрана находится от полюсов на расстоянии 0,1—0,3 мм. Если бумажное кольцо между корпусом и мембраной отсутствует, то последняя прилипнет к магнитам, и трубка не будет работать. Для нахождения наилучшей слышимости вырезают из хорошей тонкой бумаги несколько колец и подкладывают сначала одно, затем два, потом три кольца. Каждый раз плотно заворачивая крышку, находят при помощи приемника оптимальные условия.

7) Если трубка стала давать плохую слышимость и указанное в пункте 6 средство не помогает или при поворачивании телефона (без крышки) мембрана отпадает, то, следовательно, телефон размагничен. Для намагничивания крестообразных или Т-образных магнитов радиотрубок весьма удобно воспользоваться малой моделью электромагнита

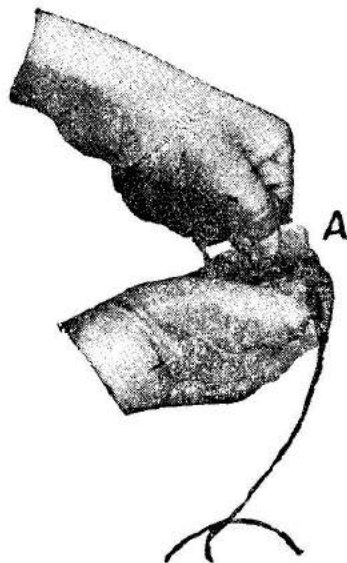


Рис. 324. Проверка полюсов у телефонной трубки отрыванием якоря.

от подъемного крана (рис. 325), руководясь правилами, изложенными в т. IV, § 6, 13<sup>1)</sup>. Магнитную систему при этом можно не вынимать из корпуса.

Намагничивание магнитных колец городского телефона (рис. 331) должно быть произведено при помощи вспомогательных обмоток, наматываемых на время на участках  $NCS$  и  $NDS$ . Возможно также произвести намагничивание, накладывая кольца (как якорь) на сильный U-образный электромагнит. При этом важно, чтобы на полюсах электромагнита кольца лежали теми местами, где имеются по два винта и которые помечены буквами  $NS$  на рисунке 331. Подобным же образом при помощи электромагнита производится намагничивание U-образных магнитов от радиотрубок (рис. 333).

Для получения сильного намагничивания полюсные сердечники  $n$  и  $s$  лучше снять, разъединить магниты на части и намагничивать их каждую в отдельности. При сборке магнитов одноименные полюсы кладутся друг на друга.

Намагничивание посредством пропускания тока через катушки телефона недопустимо.

Вообще говоря, о некотором размагничивании можно судить не только по тому, что отпадает мембрана, а также по тем усилениям, с которыми она сопротивляется отрыву.

8) Если в телефоне совсем ничего не слышно, даже при замыканиях и размыканиях его на один-два элемента, и сделана проверка согласно пунктам 6 и 7, то налицо обрыв в шнуре или в обмотке катушек.

При замене шнура надежным проводом легко обнаружить, замыкая для этого телефон на батарею, где обрыв — в катушках или шнуре.

В первом случае катушку проще всего заменить новой или перемотать, спаяв место обрыва оловом с канифолью, во втором — поставить новый шнур.

9) Когда телефон работает с перерывами, т. е. звук то появляется, то исчезает, это указывает на плохие контакты в местах присоединения к телефону или к штепселям, или же, наконец, обрыв в шнуре. Нередко бывает, что обрыв токопроводящих жилок незаметен снаружи, так как обмотка при этом остается целой.

3. Трубки с прямыми магнитами (рис. 326) — не редкость в физическом кабинете; пользоваться ими для демонстрации устройства имеет некоторый смысл, так как в первом концентре физики принцип действия телефона рассматривается именно с прямым магнитом. Из этого типа наибольшего внимания заслуживают сделанные частично из стекла (рис. 327) или деревянные разборные (рис. 328). У таких трубок ясно видно устройство всего механизма примитивного телефона, подчеркнутое еще яркой раскраской. Среди устаревших часто встречаются телефоны

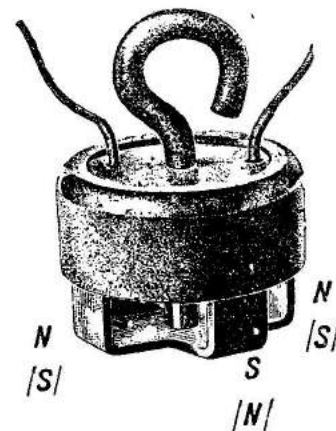


Рис. 325. Намагничивание магнита телефонной трубки.

<sup>1)</sup> Для получения сильного намагничивания надо воспользоваться переменным магнитным полем, как указано в т. IV (рис. 120).



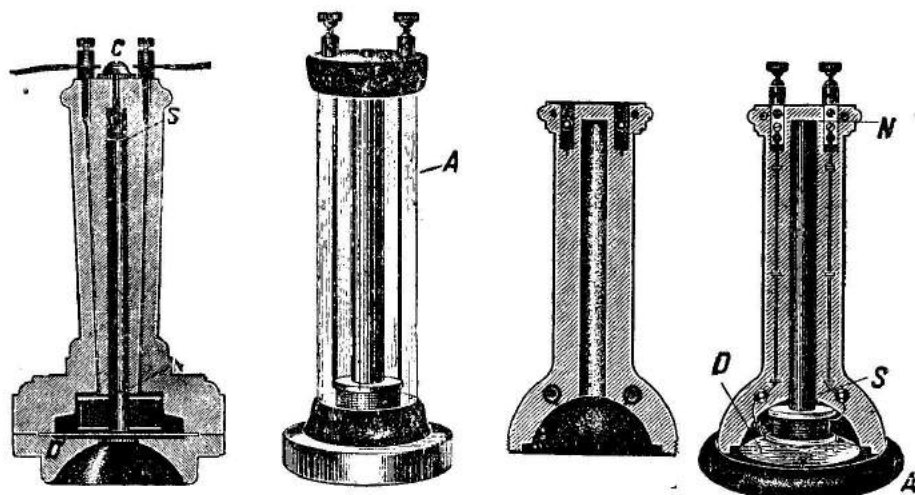


Рис. 326. Устройство трубки с прямым магнитом NS. D—мембрана; C—корректор для установки магнита.

Рис. 327. Телефонная трубка со стеклянной стенкой A.

Рис. 328. Разборная телефонная трубка.

Эриксона, по внешности напоминающие трубки с прямым магнитом, но содержащие U-образный магнит с катушками на концах. Телефоны Эриксона вполне пригодны как для демонстрации своего устройства, так и для всех описанных ниже работ по телефонии.

**4. Микротелефонная трубка. Трубка для радиоприема.** В физическом кабинете необходимо иметь, хотя бы одну, микротелефонную трубку от городского телефона для демонстрации ее устройства (рис. 329 и 330). Такие трубки можно приобрести отдельно от аппарата в магазинах ВЭСО. Микротелефонная трубка состоит из телефона T и микрофона M, закрытого гигиенической крышкой A или разговорным рожком B, и снабжена четырехжильным шнуром. Два провода идут к микрофону, два других — присоединены к телефону. Телефон приключен к рукоятке наглухо; микрофон для его быстрой замены в случае порчи делается съемным. Для его удаления снимают крышку A и вынимают самый микрофон (микрофонный капсульт), который имеет вид, показанный на рисунке 346. Для разборки телефона отвертывают его крышку и снимают мембрану и бумажное кольцо, тогда устройство

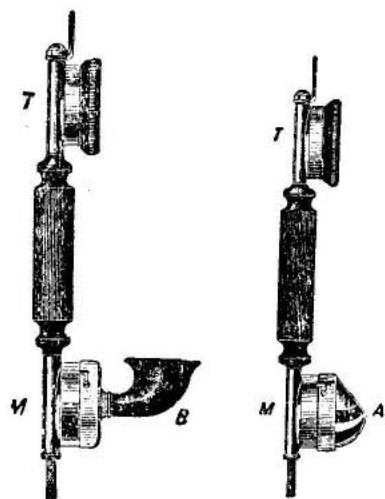


Рис. 329 — 330. Микротелефонные трубки.

магнитной системы телефона будет видно (рис. 331). Постоянными магнитами служат три кольца, магнитные полюсы которых помещаются на

местах, отмеченных буквами N и S. К этим местам посредством винтов прикреплены полюсные сердечники, на которых возникают также магнитные полюсы n и s. На сердечники надеты две катушки, из которых каждая имеет 800 витков из медной эмалированной проволоки ( $d=0,1\text{ мм}$ ) с сопротивлением около 60 ом. Следовательно, сопротивление трубок городского телефона равно только 120 ом, почему они плохо работают в радиоприемниках. Впрочем, существуют микротелефонные трубки, употребляемые для так называемых оконечных усилителей с сопротивлением 2000 ом (в катушке 3200 витков медной эмалированной проволоки диаметром 0,05 мм).

Трубки для радиоприема содержат в катушках несколько тысяч витков и отличаются высоким омическим сопротивлением (2000—4000 ом). Они снабжены наголовьем, состоящим из одной пружины или, что много удобнее, из двух (см. рис. 320). Трубки бывают одноухие и двухухие, первые приобретать не рекомендуется. На рисунках 332 и 333 показаны трубки для радиоприема; устаревшего ныне типа (в разобранном виде) — с крестообразным магнитом NSN — и трубка одной из последних конструкций — с U-образным магнитом.

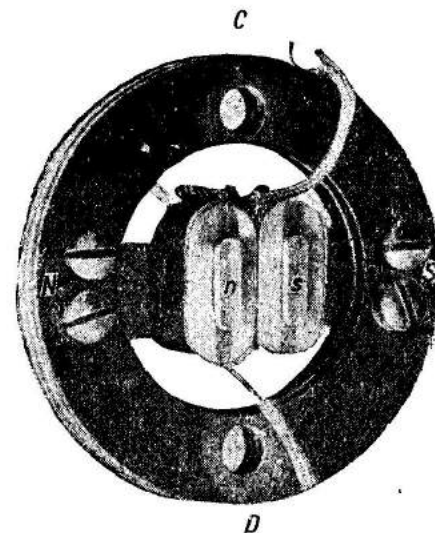


Рис. 331. Устройство телефонной трубки от городского телефона.

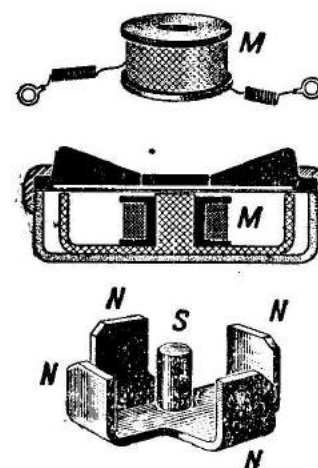
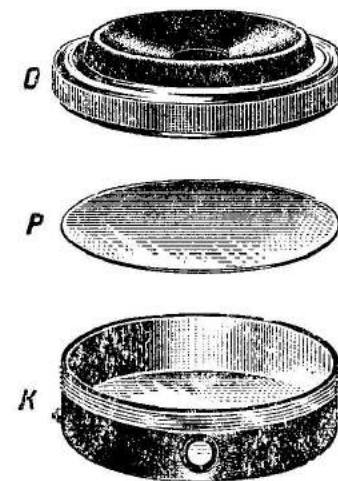


Рис. 332. Устройство телефонной трубки с одной катушкой M. K—корпус трубки; O—крышка; P—мембрана.



**5. Типы репродукторов.** Репродукторы, или громкоговорители, бывают с рупорами (рис. 334) и с диффузорами (см. рис. 321, 322, 335, 336, 337).

Рупор сам по себе вносит искажения, зависящие от его акустических свойств<sup>1)</sup>; благодаря отсутствию рупора репродукторы с диффузорами дают более чистое воспроизведение звука. В репродукторах с диффузором употребляется так называемая поршневая мембрана. Диффузор представляет собой бумажный конус  $G$  (с большим основанием по сравнению с его высотой), соединенный с системой, приходящей в колебательное движение под влиянием модулированного тока (рис. 340).

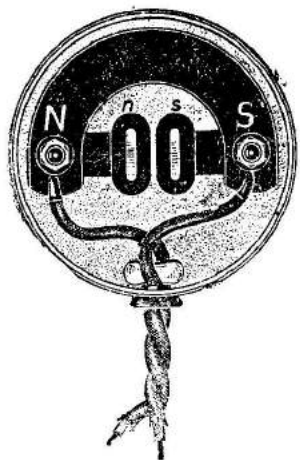


Рис. 333. Устройство телефонной трубки для радиоприема.

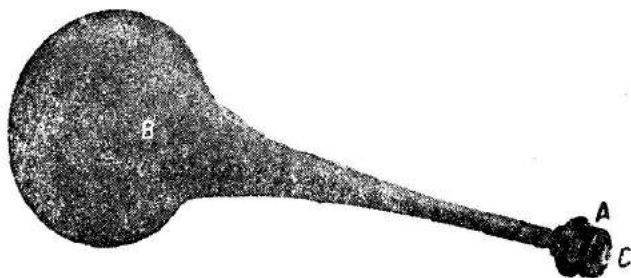


Рис. 334. Репродуктор с рупором  $B$  — один из первых выпущенных типов.  $A$  — телефонная трубка;  $C$  — корректор.

Колеблющейся системой служит в электромагнитных репродукторах (см. рис. 322 и 335—337) железный якорь и в электродинамических, или динамиках (см. рис. 342—345), — катушка. Наиболее совершенны в воспроизведении звука динамики, но они дороже электромагнитных

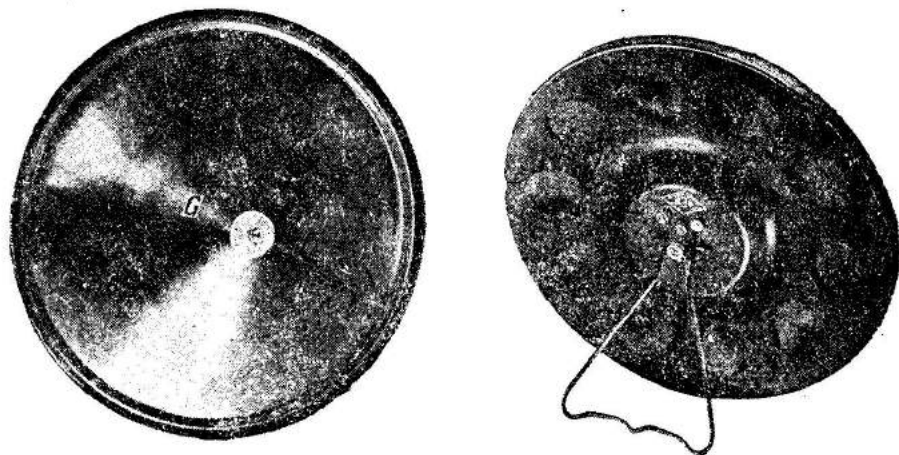


Рис. 335. Репродуктор „Зорька“.

репродукторов и, кроме того, требуют постоянного тока для подмагничивания электромагнита, в поле которого колеблется звуковая катушка.

<sup>1)</sup> Наименьшие искажения дает рупор эквипотенциальной формы (см. рис. 334). Такой рупор хотя и срезает все самые низкие частоты, но остальные пропускает довольно равномерно.

Репродукторы с рупором в школе не нужны, следует иметь один-два электромагнитных („Рекорд“, рис. 322) и обязательно динамик.

**6. Электромагнитные репродукторы.** В продажу выпущено значительное количество типов электромагнитных репродукторов: „Рекорд“

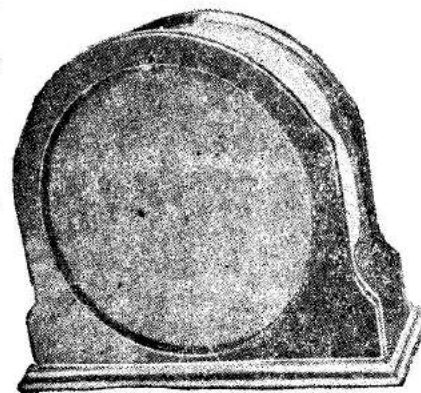


Рис. 336. Репродуктор „Пионер“.

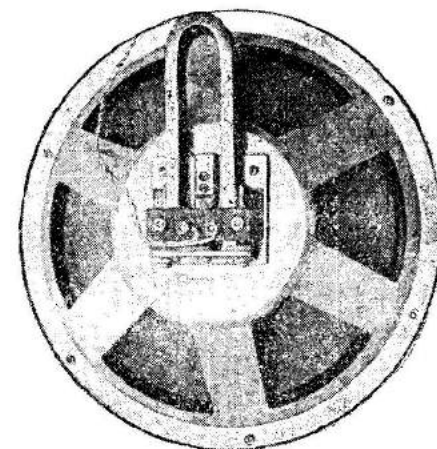


Рис. 337. Репродуктор „Фаранд“.

(см. рис. 322), „Зорька“ (см. рис. 335), „Пионер“ (см. рис. 336), „Фаранд“ (см. рис. 337) и др. Во всех этих репродукторах круглая, закрепленная по краям мембрана отсутствует, так как она имеет большое количество резонансных частот и в силу этого вносит значительные искажения. Взамен круглой употребляется поршневая мембрана. Принцип действия репродукторов типа „Рекорд“ и „Зорька“ можно объяснить по чертежу рисунков 338—340. Железный якорь  $B$ , имеющий вид полоски, одним своим концом помещен между полюсами, например  $SS$ , сильных магнитов  $NS$ . Другой конец якоря находится в междужелезном пространстве сердечников с двумя катушками  $C_1 C_2$ , питаемыми модулированным током. Эти сердечники соединены с другими полюсами магнита, обозначенными на рисунке 338 через  $NN$ . Таким образом, силовые линии электромагнита из своего полюса  $N$  в другой полюс  $S$  проходят (частично) через якорь. Конец якоря  $B$  (на котором возникает полюс  $S$ ) в случае, если он находится по середине зазора между полюсными наконечниками, испытывает к ним одинаковые притяжения и, следовательно, будет находиться в покое. При прохождении через катушки  $C_1 C_2$  модулированного тока, это равенство притяжений периодически нарушается, и якорь приходит в колебательное движение. На рисунках 338—340 показаны механизмы репродукторов, работающих на основе описанного

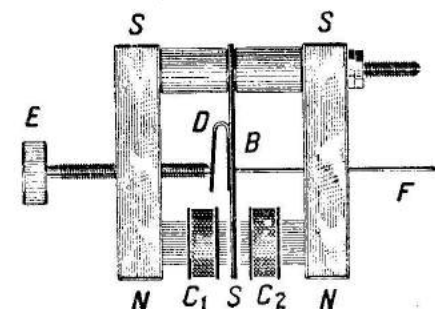


Рис. 338. Устройство простейшего механизма репродуктора „Рекорд“.

принципа. У одного из них (более дешевого типа) магниты состоят из двух коротких стальных полюсов  $NS$  (рис. 338) у другого магниты  $N_1S_1$  и  $N_2S_2$  сделаны U-образными (рис. 340). У обоих якорем служит железная пластинка, одним концом надетая на стержень (между полюсами  $SS$ ); другой, свободный, ее конец находится между полюсными наконечниками катушек  $C_1C_2$ . Якорь  $B$  посредством металлического стержня  $F$  соединен с диффузором  $G$ . Для установки свободного конца якоря посредине междужелезного пространства катушек служит винт  $E$ , упирающийся в пружину  $D$ , прикрепленную к якорю.

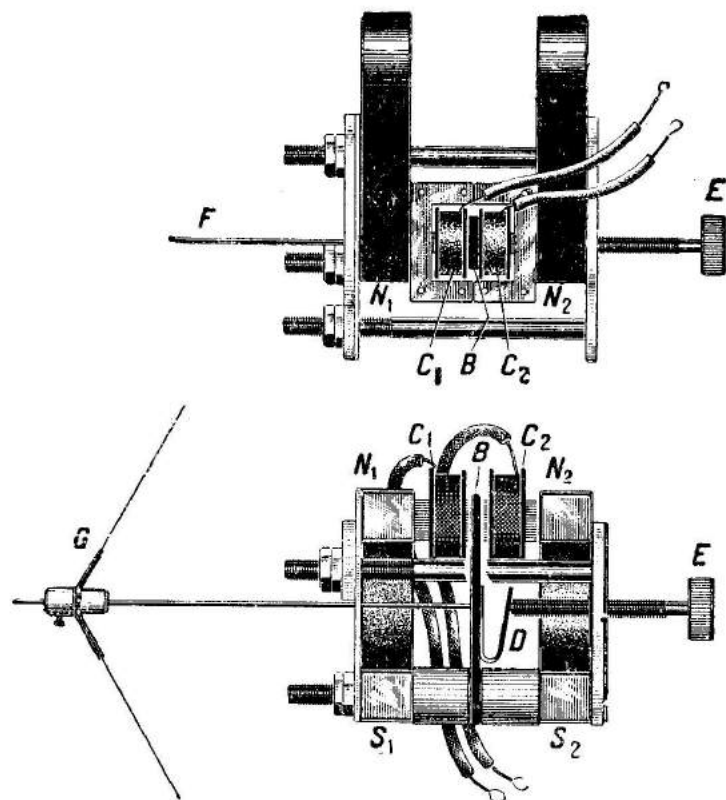


Рис. 339—340. Устройство механизма репродуктора „Рекорд“.

Некоторое отличие от описанных имеет механизм „Фаранда“ (рис. 337), показанный на рисунке 341. У этого репродуктора сильное магнитное поле создается (одним магнитом  $NS$ ) в зазоре  $a$  между железными полюсными наконечниками  $n$  и  $s$ . Вид этих полюсных наконечников показан на рисунке 341, II так, как будто магнит  $NS$  находится сверху. Против этой щели  $a$  помещен свободный конец железного якоря  $B$ , другой конец которого при помощи стальной плоской пружины укреплен на корпусе репродуктора (рис. 341, III). Свободный конец якоря проходит внутри катушки  $C$ , питаемой модулированным током. Ясно, что принцип действия такого механизма подобен описанному при рассмотрении устрой-

ства механического выпрямителя (§ 6, 7). Диффузор  $G$  соединен с якорем посредством металлического стержня  $F$ . Регулировка репродуктора производится при помощи винта  $g$ .

При работе репродуктора во избежание искажений нельзя его перегружать; как правило, они работают достаточно чисто, поскольку это вообще возможно для электромагнитной системы, только при сравнительно негромком приеме. Большое значение для чувствительности репродуктора имеет правильная установка якоря посредством винта  $E$  (рис. 340), которая легко достигается на практике при приеме.

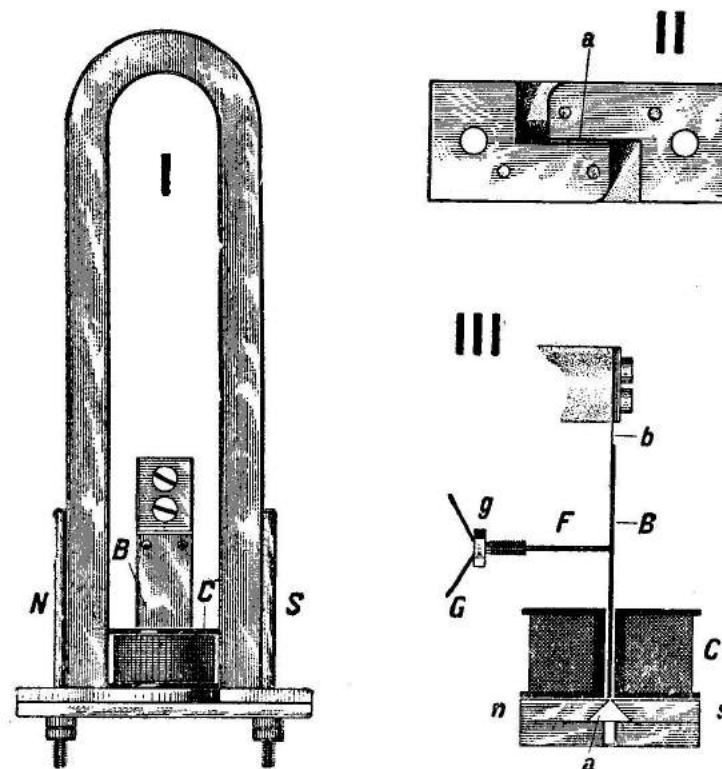


Рис. 341. Устройство механизма репродуктора типа „Фаранд“.

**7. Динамики.** Описанные выше репродукторы не могут дать художественного воспроизведения звука, в особенности, если они хотя бы в малой степени перегружены. В настоящее время в хороших приемниках и усилительных устройствах употребляются исключительно динамики (рис. 342—345). Но они много дороже обычных репродукторов и, кроме того, требуют для своего „подмагничивания“ постоянного тока со сравнительно высоким напряжением (около 200 в).

Таким образом, при покупке динамика надо позаботиться также о выпрямителе; впрочем, существуют динамики, смонтированные в одном корпусе с выпрямителем (см. рис. 170—171). Такой динамик снабжен шнуром с вилкой на конце для включения в цепь переменного тока освещения (120—220 в) и гнездами или клеммами для подведения тока



от приемника или усилителя. Выпрямитель имеет обычное устройство (см. рис. 172) и состоит из силового трансформатора  $T$ , дающего, напряжение для питания лампы ВО-116 и выпрямителя.

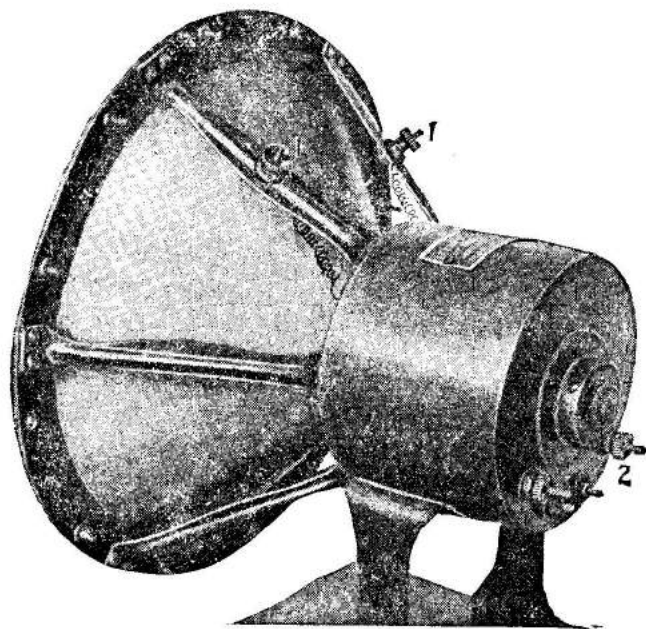


Рис. 342. Электродинамический репродуктор. 1,1 — клеммы от звуковой катушки, 2,2 — клеммы подмагничивания.

Фильтр для динамика состоит из одних конденсаторов  $C$ , так как роль дросселя выполняет сама подмагничивающая катушка динамика.

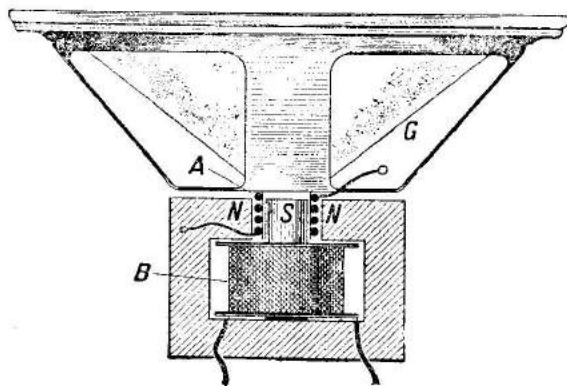


Рис. 343. Устройство электродинамического репродуктора.

Звуковая катушка динамика имеет малое сопротивление (чаще всего около 10  $\Omega$ ) в отличие от катушек электромагнитных репродукторов, обладающих сопротивлением порядка сотен или тысяч омов.

Принцип действия динамика заключается в следующем. В магнитном поле  $NS$ , созданном подмагничивающим электромагнитом  $B$ , питаемым постоянным или выпрямленным током, помещена так называемая звуковая катушка  $A$  (рис. 343). Эта катушка, соединенная с диффузором  $G$ , под влиянием тока звуковой частоты приходит в постоянном магнитном поле в колебание и служит вместе с диффузором источником звука.

Таблица 18.

Электрические данные электродинамических репродукторов.

Тип динамика	Мощность в Вт	Звуковая катушка			Катушка подмагничивания				
		сопротивление в $\Omega$	диаметр в мм	число витков	диаметр провода в мм	сопротивление в тыс. Ом	число витков	диаметр провода в мм	напряжение питания в В
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Киевский (высокоомный) . . .	1,5	2000	40	1850	0,05	9—10	35—40	0,15	220
Киевский, тип ДГ-8 (с купроном) . . .	1,5	9—11	31,5	120	0,15	0,61	1,8	0,8	60
Киевский, тип ДГ-9 (без выпр.) . . .	1,5	9—11	31,5	120	0,15	2±0,2	30	0,2	140
Киевский, тип ДГ-12 (с кинотроном, выпр.) . . .	1,5	9—11	31,5	120	0,15	2±0,2	30	0,2	140
Киевский, тип ДГК-2 (35 руб.) . . .	1,5	30	20,4	49	0,25	10	37,5	0,1	225
Тульский «комнатный» . . .	1,5	30	34	240	0,14	8,5	42	0,13	220
Тульский «зальный» . . .	1,5	30	42	240	0,14	5	37	0,17	220
Тульский «рупорный» . . .	3	50	69	180	0,14	2,05	22	0,25	220
Тульский, тип А-1 . . .	3	4,1	—	61	0,2	10	30	0,12	220
Зав. им. Ленина, «малый» . . .	3	10	20,5	147	0,15	10	33	0,1	220
Зав. им. Ленина . . .	3	7,5	40,6	160	0,2	3,8±1,0	35	0,18	220
Зав. им. Казанского (ог. экл-34) . . .	1	10	25,7	112	0,15	2	22	0,15	90
Зав. им. Казанского (ог. ПРД-10) . . .	1,5	2	24,9	62	0,25	1,1	12,5	0,13	80
Зав. им. Орджоникидзе, тип ДШ . . .	1,5	10	33,8	134	0,13	10	47	0,12	320
Зав. им. Орджоникидзе, тип ДИ-155 . . .	1,5	1,5	25,5	49	1,25	10	37,5	0,1	225
Зав. ДЭМЗО, тип Д-5 . . .	0,8—0,9	9—10	21,3	123	1,15	9—12	35	0,09—0,1	140—220
Зав. ДЭМЗО, тип Д-9 . . .	0,8—0,9	9—10	21,8	123	0,15	17—19	52	0,03	250—370
Зав. «Радиот» . . .	1—2	12	33,3	160	0,14—0,15	4—5	29	0,15	185
Динамик Электрокомбината с пост. магнитами, типа «Электродин» . . .	1	2	23,8	49	0,2	—	—	—	—
2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Киевский (высокоомный) . . .	22	60	70	70	23	52	110	23—31	—
Киевский, тип ДГ-8 (с купроном) . . .	22	60	70	70	23	52	110	23—31	—
Киевский, тип ДГ-9 (без выпр.) . . .	22	60	70	70	23	52	110	23—31	—
Киевский, тип ДГ-12 (с кинотроном, выпр.) . . .	22	60	70	70	23	52	110	23—31	—
Киевский, тип ДГК-2 (35 руб.) . . .	22	60	70	70	23	52	110	23—31	—
Тульский «комнатный» . . .	22	60	70	70	23	52	110	23—31	—
Тульский «зальный» . . .	22	60	70	70	23	52	110	23—31	—
Тульский «рупорный» . . .	22	60	70	70	23	52	110	23—31	—
Тульский, тип А-1 . . .	22	60	70	70	23	52	110	23—31	—
Зав. им. Ленина, «малый» . . .	22	60	70	70	23	52	110	23—31	—
Зав. им. Ленина . . .	22	60	70	70	23	52	110	23—31	—
Зав. им. Казанского (ог. экл-34) . . .	22	60	70	70	23	52	110	23—31	—
Зав. им. Казанского (ог. ПРД-10) . . .	22	60	70	70	23	52	110	23—31	—
Зав. им. Орджоникидзе, тип ДШ . . .	22	60	70	70	23	52	110	23—31	—
Зав. им. Орджоникидзе, тип ДИ-155 . . .	22	60	70	70	23	52	110	23—31	—
Зав. ДЭМЗО, тип Д-5 . . .	22	60	70	70	23	52	110	23—31	—
Зав. ДЭМЗО, тип Д-9 . . .	22	60	70	70	23	52	110	23—31	—
Зав. «Радиот» . . .	22	60	70	70	23	52	110	23—31	—
Динамик Электрокомбината с пост. магнитами, типа «Электродин» . . .	22	60	70	70	23	52	110	23—31	—

Трансформатор для	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Сопротивления звуковой катушки в ом	Тип железа	Сечение железа в см <sup>2</sup>	Количество витков I обмотки	Марка и диаметр провода I обмотки	Количество витков II обмотки	Марка и диаметр провода II обмотки	Коэффициент трансформат.	На какую лампу рассчитан	
1									
Динамик Киевского завода, типов ДГ-8, ДГ-9, ДГ-12, . . . . .	9-11	Ш-19	8	2 000	ПБД-0,2	180	ПЭ-0,55	11,1	УО-104
Динамик Киевского завода, типа ДГК-2, . . . . .	1,5	Ш	4	3 000	ПЭ-0,15	100	ПЭ-0,8	30	"
Тульского "комбината" динамика . . . . .	30	Ш-19	8	1 000	ПЭ-0,2	90	ПЭ-0,21	11,1	"
Тульского "зального" динамика . . . . .	50	Ш-19	8	1 000	ПЭ-0,2	110	ПЭ-0,45	9,7	"
Тульского "ручного" динамика . . . . .	4,1	Ш-19	8	2 000	ПЭ-0,2	270	ПЭ-0,45	3,7	"
Тульского, типа А-1 . . . . .	10	Ш-19	5,13	2 500	ПЭ-0,2-0,25	80	ПЭ-0,51	25	"
"Малого" динамика завода им. Ленина . . . . .	10	Ш	7,35	2 000	ПЭ-0,2-0,25	200	ПБД-0,51	12,6	"
Динамика завода им. Ленина . . . . .	7,5	Ш	7,35	2 000	ПЭ-0,2-0,25	120	ПЭ-0,4-0,59	16,6	"
Динамика от ЭКЛ-34 завода им. Казинского . . . . .	10	Ш	4	1 200	ПЭ-0,15	80	ПЭ-0,55	15	"
Динамика от ЦРЛ-10 завода им. Казинского . . . . .	2	Ш	4	5 000	ПЭ-0,12	80	ПЭ-1,0	62,5	СО-137
Динамика ДИ-155 завода им. Орджоникидзе . . . . .	1,5	Ш	3,6	2 495	ПЭ-0,15	135	ПЭ-0,61	18,3	УО-104
Динамик Д-6 и Д-9 завода ЛЭМЗО, тип ТВ-8 . . . . .	9-10	Ш	1,7	8 250	ПЭ-0,1	100	ПЭ-1,0	82,5	СО-122
Динамик Д-6 и Д-9 завода ЛЭМЗО, тип ТВ-23 . . . . .	9-10	Ш	6	3 100	ПЭ-0,16	165	ПЭ-0,8	18,8	УО-104
Динамик завода "Радист" . . . . .	12	Ш-19	—	7 000	ПЭ-0,12-0,15	175	ПЭ-0,04-0,8	40	О-122 и СО-187
Динамик с пост. магнитами типа "Электродин" Электрокомбината . . . . .	2	Ш	9,5	1 700	ПЭ-0,25	170	ПЭ-0,8-1,2	10,6	УО-104
Динамик с 10-омной звуковой катушкой от радиолы (журнал "РФ" № 19, 1935 г.) . . . . .	10	Г <sup>9</sup>	3,2	2 800	ПЭ-0,1	80	ПЭ-0,72	35	УО-104
Динамик с 10-омной катушкой (описан в журнале "РФ" № 22, 1935 г.) . . . . .	10	Ш <sup>4</sup>	6	6 000	ПЭ-0,1-0,13	150	ПЭ-0,5-0,8	40	СО-122
Высокоомн. говорит. типа ТПВ, ОРЗ . . . . .	—	Ш	4	5 000	ПЭ-0,1	180	ПЭ-0,5	27,7	СО-187
Динамик с 10-омной звуковой катушкой или высокоомн. говорит. типа ТПВ, ОРЗ . . . . .	—	Ш	7	2 400	ПЭ-0,2	1 350	ПЭ-0,18	—	УО-104
Динамик с 10-омной катушкой или высокоомн. говорит. типа ТП-3 (пушпульн.) ОРЗ . . . . .	—	Ш	7	2 × 2 400	ПЭ-0,2	1 350	ПЭ-0,18-0,2	—	УО-104
						180	ПЭ-0,6	—	пушпульн.

Динамик включается к приемнику обязательно через специальный трансформатор, называемый выходным. Первичная обмотка включается в анодную цепь приемника, вторичная обмотка присоединяется к звуковой катушке. В таблицах 18—19 приведены данные динамиков и выходных трансформаторов к ним. Эти таблицы заимствованы из журнала "Радиофронт".

Разбирать динамик неопытному человеку не рекомендуется, так как отрегулировать затем динамик—задача непростая. Для улучшения приема в художественном отношении динамик полезно смонтировать на прямоугольном или квадратном щите размером 0,5—1 м<sup>2</sup> (рис. 344). В качестве щита весьма хорошие результаты дает чертежная доска в половину или в целый лист. Для укрепления динамика в середине щита прорезают отверстие соответствующего размера и привертывают кольцо диффузора винтами или болтами. Щит подвешивают к стене на четырех крюках или болтах или же в качестве настольного снабжают ножками.

Динамик с постоянными магнитами не требует подмагни-

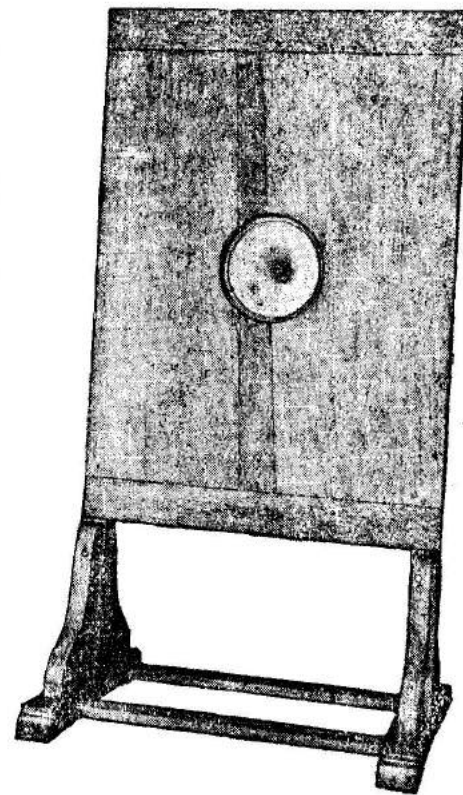


Рис. 344. Монтаж динамика на щите.

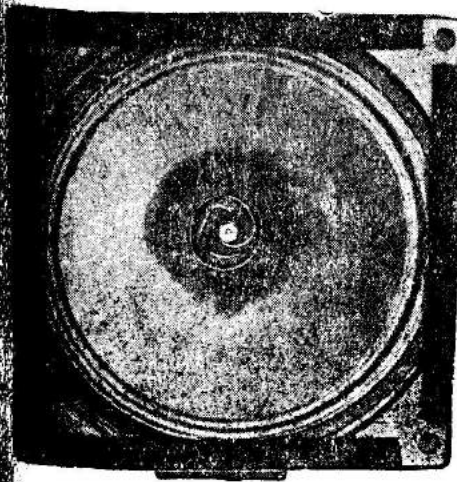


Рис. 345, I и II. Динамик с постоянными магнитами.



чивания, а следовательно, и выпрямителя к нему (рис. 345, I, II и III). Это сильно удешевляет его применение. Наконец, такой динамик интересен для школы тем, что весь его механизм открыт и может быть рассмотрен во всех деталях. Схема устройства динамика показана на рисунке 345, III. Магнитопровод образует два весьма сильных постоянных магнита *пз*, сделанных из особого магнитного сплава и соединенных между собой железными пластинами. Между полюсными наконечниками *S* и стержнем *N* образуется сильное магнитное поле. На стержень *N* надета звуковая катушка *A*, прикрепленная к диффузору *B*. Звуковая катушка *A* не закрыта и поэтому видна на рисунке 345, II. Динамик, показанный на рисунках 345, I, II и III, снабжен выходным трансформатором *T*, первичная обмотка которого через контакты *1* и *1* включается в анодную цепь усилителя. Вторичная обмотка 2, 2 присоединена к звуковой катушке *A*.

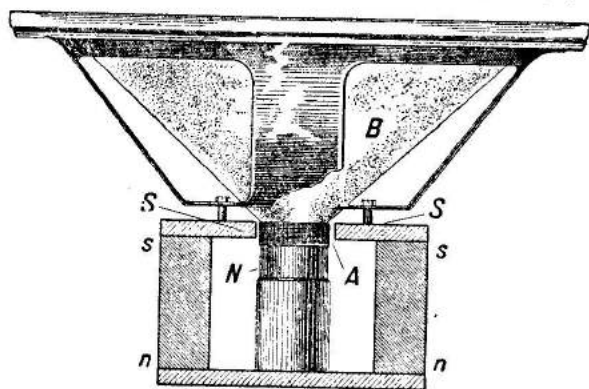


Рис. 345, III. Устройство динамика с постоянными магнитами.

## § 17. Микрофон.

**1. Общие сведения о микрофонах.** В большинстве физических кабинетов имеются школьные микрофоны, представляющие собой три или несколько угольных стержней, наложенных друг на друга и укрепленных на резонансных подставках. Такие микрофоны весьма мало чувствительны и могут служить с грехом пополам только для передачи шумов и стуков (например тиканья часов). Демонстрировать их учащимся не имеет никакого смысла. В физическом кабинете надо иметь несколько описанных ниже микрофонных капсул (рис. 346), очень дешевых и в то же время работающих в телефонии безукоризненно. Устройство их весьма просто и притом они очень легко разбираются на составные части. Для школьных громкоговорящих установок следует достать микрофон от малой „политотдельской“ станции (рис. 347) или типа ММ (рис. 348).

**2. Микрофонные капсулы.** Микрофонная капсула представляет собой микрофон, сконструированный весьма компактно и служащий в случае надобности для замены испорченного капсулы в микрофонной трубке (рис. 346). Он представляет собой металлическую коробочку *A* фасонной формы, закрытую тонкой угольной пластинкой *B*, являющейся мембраной (рис. 346, I и II). Мембрана вкладывается в коробочку и опирается на уступ *a*; для ее укрепления там служит зажимное кольцо *C*. Кольцо сделано разрезным и внутри снабжено двумя зарубками. При разборке микрофонной капсулы следует несколько сжать кольцо за зарубки, тогда оно свободно выйдет из коробочки *A* и перестанет удерживать мембрану. Внутри коробочки на контактном винте *D* (рис. 346, II)

помещен угольный цоколь *E* с радиальными вырезами (рис. 346, III). В эти вырезы вкладывается звездообразная пружина (рис. 346, V) и надевается войлочное кольцо *F* с шестью вырезанными секторами

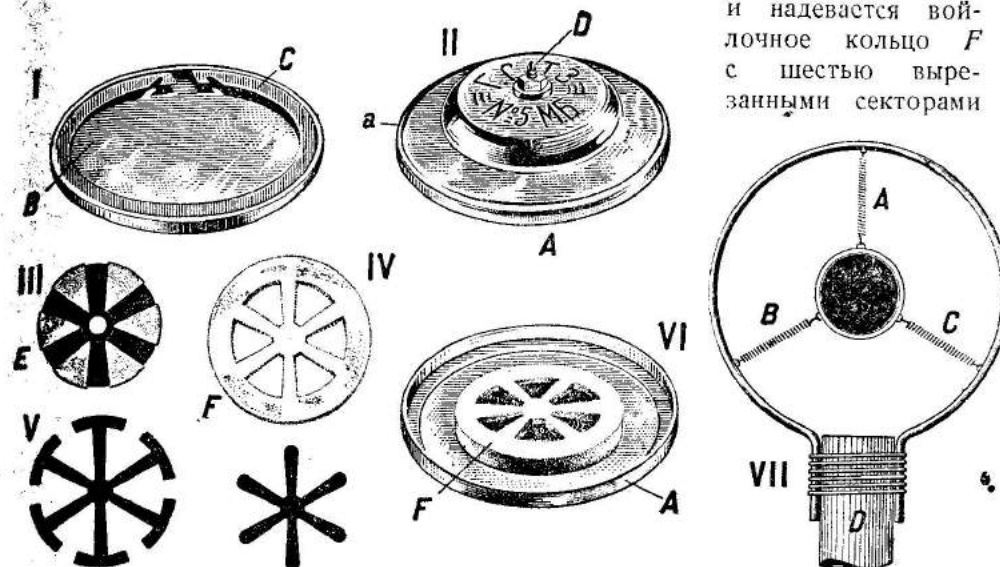


Рис. 346. Микрофонная капсула, ее устройство и монтаж.

(рис. 346, IV и VI), в которые насыпаются угольные зерна. Цоколь *E* и контактный винт благодаря целлулоидной прокладке и изолирующей втулке изолирован от коробочки. Ток от цепи подводится к контактному винту *D*, проходит через цоколь и зерна к угольной мембране и отсюда через корпус коробочки и приключенный к ней провод возвращается в цепь. Важно, чтобы зерен было насыпано в „секторы“ войлочного кольца строго определенное количество, поэтому зерна продают обыкновенно размеренными порциями, обеспечивающими правильную работу микрофона. Для микрофонных капсул № 5 ЦБ и № 5 МБ ВЭСО<sup>1)</sup> порция зерен занимает объем 326 мм<sup>3</sup>. Во всяком случае, лучше, если зерен взято меньше, чем больше нормальной порции; в последнем случае мембрана сжимает зерна настолько сильно, что сопротивление микрофона под влиянием звуковых колебаний почти не изменяется. Подобрать опытным путем нужное количество зерен не представляет труда, для чего, постепенно подсыпая зерна, пробуют микрофон в работе. ВЭСО вы-

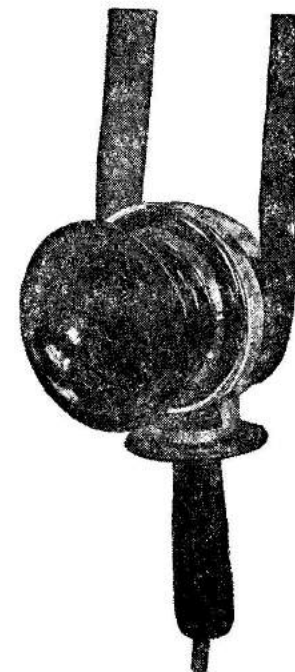


Рис. 347. Микрофон диспетчерский или от малой политотдельской станции.

<sup>1)</sup> ВЭСО — Всесоюзное объединение электрослаботочной промышленности.



пускает два типа капсулей, устроенных, в сущности, одинаково, но имеющих различное сопротивление. Данные для этих капсулей следующие:

Таблица 29, I.

Микрофонные капсули городских телефонов.

Название капсуля	Сопротивление в вертикальном положении в омах	Пределы нагрузки в а	Нормальная сила тока в а
№ 5 ЦБ	100—400	0,008—0,030	0,015
№ 5 МБ	20—100	0,001—0,08	0,04

Как видно из таблички, капсули № 5 МБ имеют меньшее сопротивление и допускают большую силу тока, чем № 5 ЦБ. В условиях школы при кратковременных нагрузках силу тока в капсулях без особого вреда для них можно доводить до 0,1 а.

Для подводки тока к капсулю следует осторожно припаять два проводника: один — к коробочке А и другой — к контактному винту D (см. рис. 346, II).

Для работы по радиотелефонии и усилению речи важно защитить капсули от сотрясений. Для этого одним из простых способов является

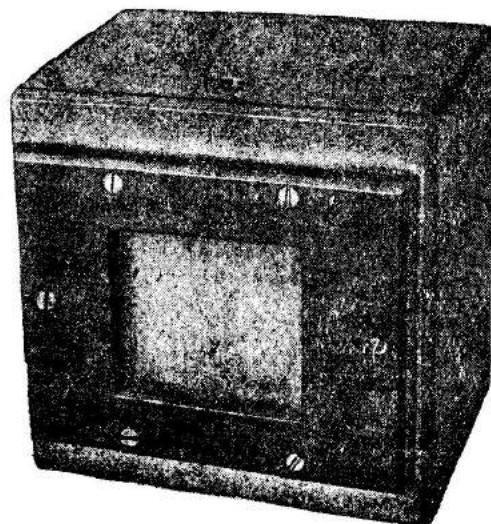


Рис. 348. Микрофон типа ММ.

подвешивание капсуля посредством пружинок ABC или в крайнем случае ниток внутри проволоочного кольца, укрепленного на той или иной подставке D (см. рис. 346, VII). Для этого придется к стенкам коробочки припаять три колечка-ушка или пружинки прикрепить еще ко второму кольцу такого диаметра, чтобы капсуль мог в него свободно вставляться.

**3. Микрофонный трансформатор.** Для целого ряда опытов с радиотелефонной передачей (§ 35) и усилением речи нужны микрофонные трансформаторы. В продаже их достать нельзя, поэтому их надо изготовить своими силами, что весьма просто. Берут один из

трансформаторов низкой частоты небольшого размера и на его сердечник наматывают первичную обмотку проводом ПШД или ПЭ ( $d=0,2—0,3$  мм) в 300 витков, затем наматывают еще 200 витков тем же проводом, сделав ответвления от витков 300, 350, 400, 450 и 500. Эти ответ-

вления служат для подбора опытным путем числа витков, при котором получаются наилучшая чистота и наибольшая громкость передачи. В качестве микрофона проще всего взять капсуль МБ № 5 (см. рис. 346); включается капсуль через источник тока 6—8—10 в. Вторичную обмотку трансформатора наматывают из 8000—10 000 витков провода 0,1—0,12 мм ПЭ. Провод проще всего взять от того самого трансформатора низкой частоты, сердечник которого послужил для изготовления микрофонного трансформатора.

Можно поступить еще проще. Именно, взяв небольшой трансформатор низкой частоты с небольшим коэффициентом трансформации, например 1:2, намотать сверху его обмотки 300—400 витков провода в 0,2—0,25 мм, сделав отводы. В эту обмотку включается микрофон через источник тока. Вторичной обмоткой служат основные обмотки трансформатора низкой частоты, которые могут быть включены порознь или соединенными последовательно. Опыт с радиотелефонными передатчиками выяснит число витков первичной и вторичной обмоток, которые обеспечивают наилучший результат. Последний описанный тип трансформатора особенно пригоден при модуляции на сетку.

**4. Микрофон ММ.** С микрофонным капсулем, в особенности при значительном усилении, трудно получить достаточно чистую передачу. Если в школе ламповый усилитель является не только учебным пособием, но употребляется также для передачи громкоговорящих сообщений, то надо приобрести „мраморный“ микрофон типа ММ (рис. 348). Микрофон ММ (рис. 349) образует мраморное тело А, в котором вырезана камера В, заполняемая угольным порошком. Камера с наружной стороны закрыта тонкой резиновой пленкой К, служащей мембраной. Ток к микрофону подводится к клемме d, откуда поступает в угольный стержень D. Далее ток течет через угольный порошок В в другой стержень Е и затем через клемму e в цепь. Микрофоны рассматриваемого типа отличаются между собой размерами и мощностью и имеют обозначения ММ; ММ-2; ММ-3; в школе нужен малый микрофон ММ.

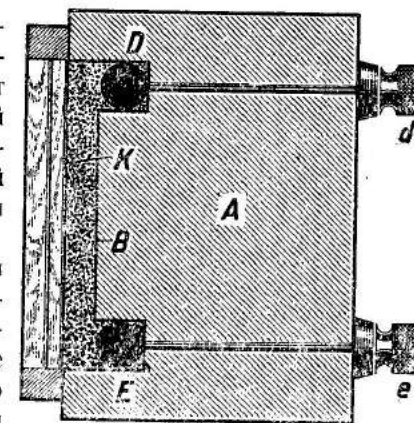


Рис. 349. Устройство микрофона ММ.

Для питания микрофона нужна батарея. Нормальный ток — около 15—20 ма; пользование более сильным током нежелательно, так как при этом микрофон дает характерный шум.

К микрофону нужно приобрести трансформатор, который берется обычно с коэффициентом трансформации 1:20.

Микрофон ММ при передаче нельзя ставить на стол, лучше подвешивать.

**5. Адаптер.** Адаптер служит для воспроизведения при помощи усилителя низкой частоты звуков, записанных на грампластинках.

Адаптер (рис. 350, I) состоит из сильного постоянного магнита NS, в поле которого между полюсными наконечниками находится катушка А с выводами, предназначенными для включения усилителя. Внутри катушки

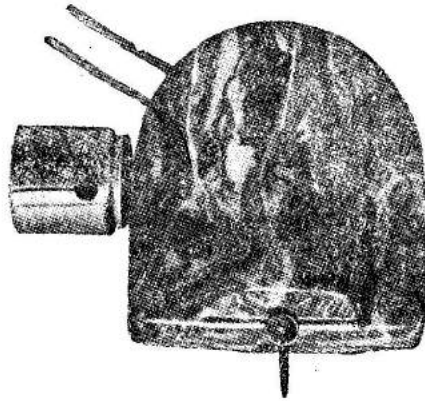


Рис. 350, I. Адаптер.

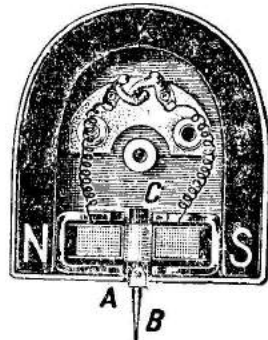


Рис. 350, II. Устройство электромагнитного адаптера.

при помощи резиновой обоймы помещен железный стержень C с отверстием на конце для укрепления граммофонной иглы. Игла B, проходя по борозде пластины, приходит в колебание (слева направо на рис. 350, II) и вызывает такое же движение в стержне C, что, в свою очередь, служит причиной появления в катушке А индуцированного тока. Употребление адаптера в школе бывает нужно для громкого воспроизведения пластинок для большой аудитории. Все современные приемники с несколькими лампами имеют обычно клеммы или гнезда для включения адаптера.

Описанный адаптер принадлежит к числу электромагнитных и выпускается различными предприятиями примерно одинаковой конструкции. В последнее время Главэспромом выпущена опытная серия пьезоэлектрических адаптеров ПЭА-1 (рис. 351). В этом адаптере механические колебания иглы вызывают деформации пьезоэлектрического кристалла (сегнетовая соль), что, в свою очередь, ведет к возникновению переменных электрических зарядов на гранях.

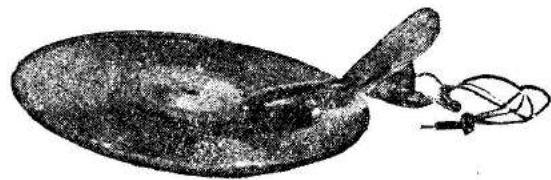


Рис. 351. Пьезоэлектрический адаптер.

На этих гранях укреплены станиоловые электроды, соединяемые посредством проводов с сеткой и нитью электронной лампы усилителя низкой частоты (см. ниже) или гнездами „адаптер“ сетевого приемника (СИ-235; ЭЧС; ЭКЛ-34).

Пьезоэлектрический адаптер дает более совершенное художественное воспроизведение пластинок, чем электромагнитный. Именно он, как показывает частотная характеристика, не ограничивается только воспроизведе-

нием низких частот, но дает равномерное воспроизведение частот до 7000 циклов (рис. 352). Кроме того, пьезоадаптер по сравнению с электромагнитным требует меньшего усиления. Пьезоэлектрический адап-



Снято на частотных пластинках His Masters Voice

Рис. 352. Характеристика пьезоэлектрического адаптера.

тер А должен быть обязательно зашпунтован по схеме рисунка 353, I сопротивлением  $R=0,5—1$  мегома. Лучше всего взять переменное сопротивление (потенциометр) завода им. Орджоникидзе; можно также воспользоваться сопротивлениями Каминского. Потенциометр много удобнее, так как перемещение движка позволит изменять громкость.

Схема рисунка 353, I может служить также и для включения регулятора громкости к электромагнитному адаптеру. Переменное сопротивление (потенциометр) завода им. Орджоникидзе берется в 60—80 тысяч омов.

Для адаптеров безусловно, необходимы регуляторы громкости, так как они, в частности, устраняют перегрузку ламп и тем самым намного улучшают воспроизведение.

Для получения наилучшей чистоты следует также заземлять приемник и адаптер по схеме рисунка 353, I, где земля обозначена буквой З.

Регуляторы громкости в сетевых приемниках на работу адаптера не влияют. Для установки регулятора громкости к адаптеру надо воспользоваться отдельной панелькой.

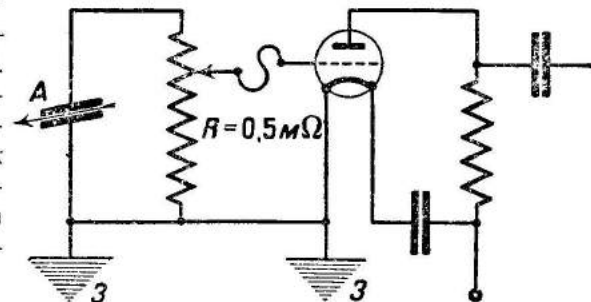


Рис. 353, I. Схема включения пьезоэлектрического адаптера.

Электрический фильтр для уменьшения шума, вызываемого собственными колебаниями механизма, в котором закреплена игла, собирается по схеме рисунка 353, II. Провода от адаптера А присоединяют последовательно с сопротивлением  $R=20—25$  тысяч омов, катушкой  $L=1—2$  гн и двумя параллельно соединенными конденсаторами: постоянным  $C_1=1000$  см и переменным  $C_2=500—700$  см. В качестве сопротивления можно взять реостат с движком (см. т. III, § 16) на 20 000 ом или переменные сопротивления, употребляемые в регуляторах громкости.

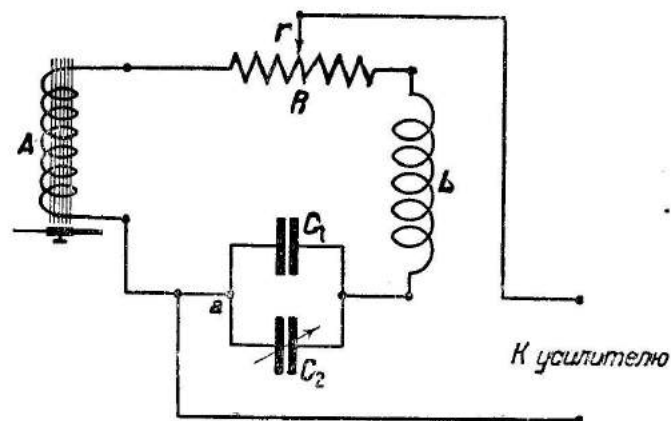


Рис. 353, II. Схема фильтра.

Катушку  $L$  берут цилиндрическую, мотая ее из провода 0,1—0,2 мм, или соловую с 1500—2000 витков. От движка  $r$  сопротивления в точке  $a$  цепи проводится включение к усилителю или клеммам „адаптер“ приемников СИ-235, ЭКЛ-34 и т. п.

О звукозаписывающих адаптерах — „рекордерах“ — см. т. VI.

## § 18. Простейшие телефонные цепи.

**1. Простейшая цепь с микрофоном и телефоном.** 1) Микрофон 2) Телефонные трубки. 3) Два-три элемента.

Простейшая телефонная цепь для односторонней связи собирается из микрофона  $M$ , телефона  $T$  и двух-трех элементов или аккумуляторов  $B$  по схеме рисунка 354, I. Микрофоном может служить капсуль № 5 ЦБ или МБ (§ 17, 2); телефонные трубки лучше взять с небольшим сопротивлением, например от городского или батарейного телефона (§ 16, 4).

При демонстрациях можно вместо телефонных трубок включить низкоомный репродуктор. Тогда надо воспользоваться несколькими телефонными капсулями, включив их параллельно, и увеличивать число элементов батареи до получения ясно слышимого приема. Микрофон в этом случае следует вынести в соседнее помещение.

Практического значения схема не имеет, но дает при громкоговорящем приеме простую и эффектную демонстрацию.

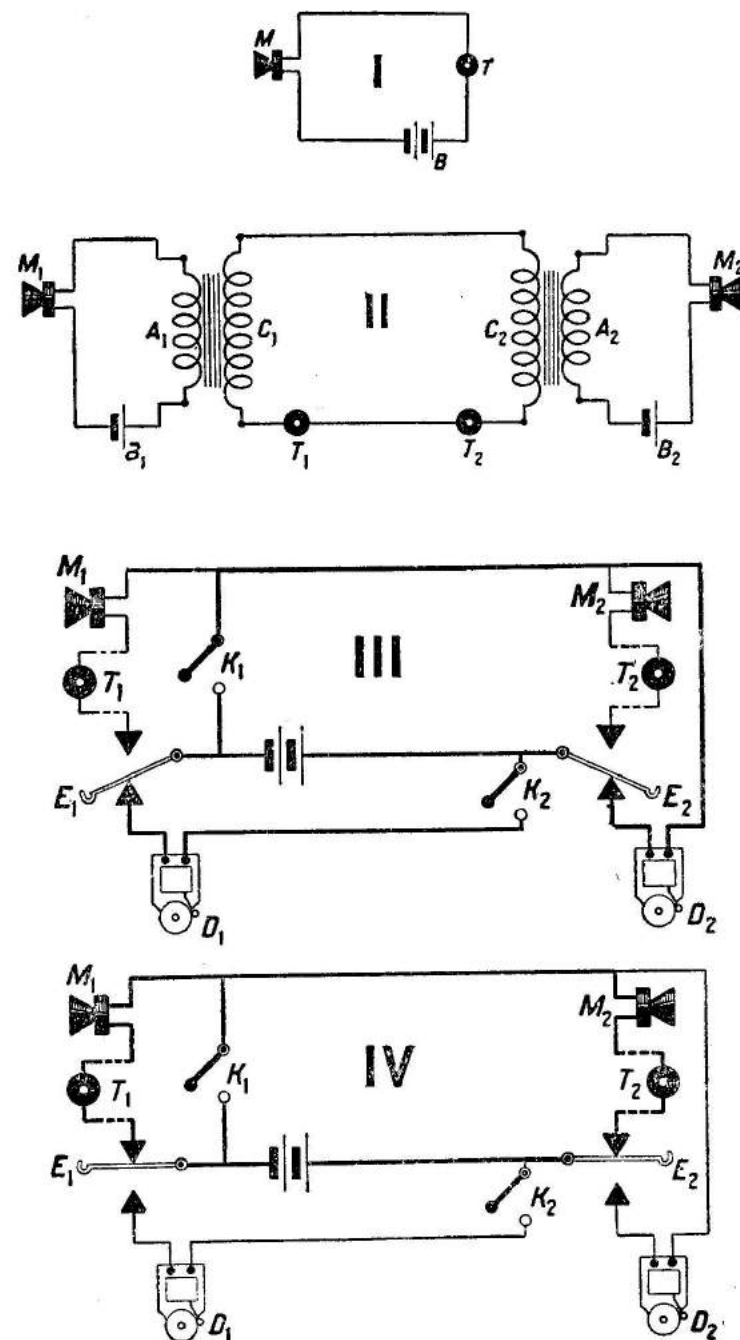


Рис. 354. Схемы простейших телефонных цепей.



**2. Двухсторонняя связь с батарейными телефонами и звонковым вызовом.** 1) Два микрофона. 2) Два телефона. 3) Два рычажных контакта. 4) Две кнопки звонковые. 5) Два звонка. 6) Батарея из двух-трех элементов.

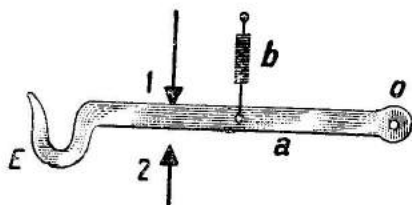


Рис. 355. Устройство рычажного переключателя.

Простейший рычажный переключатель представляет собой металлический рычаг, способный поворачиваться около оси  $O$  (рис. 355). Рычаг оттягивается вверх пружиной  $b$  и прижимается к контакту 1, при подвешивании на крючок телефонной трубки или микрофона рычаг опускается вниз и приходит в соприкосновение с контактом 2. Такие рычажные переключатели употребляются в домашних батарейных телефонах с вызовом звонками (рис. 356). Назначение их — включать батарею в цепь звонков  $D_1 D_2$  (рис. 354, III) или в цепь микрофонов  $M_1 M_2$  и телефонов  $T_1 T_2$  (рис. 354, IV), благодаря чему линия между телефонными аппаратами может быть сделана из трех проводов, и энергия батареи не будет расходоваться в микрофонной цепи при отсутствии разговора. На рисунках 354, III и IV провода, по которым при данном положении рычажного переключателя может течь или течет ток, показаны жирными линиями.

Вызов при повешенной трубке производится одной из кнопок  $K_1$  или  $K_2$ . После ответного сигнала трубки снимаются, рычажные переключатели замыкают на батарею телефоны и микрофоны, и разговор можно начинать. Микрофоны и телефоны в рассматриваемой установке берутся по возможности малоомные, так как они все включены в цепь батареи последовательно.

По этой схеме обычно собраны так называемые домашние телефонные аппараты (рис. 356), иногда встречающиеся в числе приборов физических кабинетов.

### 3. Телефонная цепь Эдисона с двухсторонней связью

1) Два микрофона. 2) Два телефона. 3) Две индукционные телефонные катушки. 4) Два-четыре элемента.



Рис. 356. Батарейные домашние телефоны.

Схема рисунка 354, II телефонной цепи обеспечивает не только двухстороннюю связь, но и передачу на сравнительно значительное расстояние в несколько километров. Для опыта необходимо приобрести две индукционные катушки, имеющиеся в продаже как запасные части к те-

лефонным аппаратам. Индукционная телефонная катушка (рис. 357) представляет собой трансформатор с сердечником, чаще всего в виде прямого пучка проволок. Его первичная обмотка состоит из нескольких сот витков проволоки, вторичная содержит их несколько тысяч. Наиболее подходящими для школьного телефона являются индукционные катушки от аппаратов системы МБ. Данные их следующие:

Таблица 29, II.

Индукционные катушки от телефонов МБ.

Обмотки	Катушка МБ-1817 <sup>1)</sup>		Катушка МБ-1850 <sup>1)</sup>	
	первичная	вторичная	первичная	вторичная
Диаметр провода в мм . . . . .	0,4	0,19	0,5	0,15
Сопrotивление в омах . . . . .	1,5	75	1,5	300
Число витков . . . . .	365	2800	370	5000

Катушки надо смонтировать по образцу, показанному на рисунке 357. Микрофонные капсулы  $M_1$  и  $M_2$  присоединяются к элементам  $B_1$  и  $B_2$  через первичные обмотки  $A_1$  и  $A_2$  катушек (рис. 354, II). Вторичные обмотки  $C_1$  и  $C_2$  соединяются с линией передачи через телефоны  $T_1$  и  $T_2$  от городского телефона. Тогда при разговоре в микрофон во вторичной обмотке будет возникать переменный ток более высокого напряжения. Этот ток благодаря переменам направления не будет действовать на телефоны размагничивающим образом, и, наконец, как ток со сравнительно высоким напряжением будет передавать энергию на расстояние до нескольких километров при батарее с напряжением в 4—8 в.

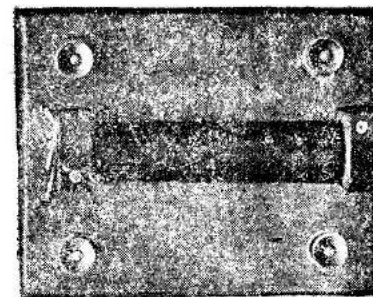


Рис. 357. Индукционная катушка от телефона.

### 4. Превращение звуковой (механической) энергии в электрическую.

1) Телефонная трубка или репродуктор „Рекорд“. 2) Детектор. 3) Гальванометр.

Репродуктор „Рекорд“ включают через кристаллический детектор к чувствительному демонстрационному гальванометру. Перед репродуктором громко поют, регулируя его, и, отыскав чувствительную точку на детекторе, наблюдают отклонение гальванометра. Опыт удастся также с телефонной трубкой и зеркальным гальванометром. Демонстрация иллюстрирует превращение механической (звуковой) энергии в электрическую (см. также т. IV, § 14, 5).

<sup>1)</sup> По каталогу ВЭСО, „Телефония“, вып. XX, 1933.

**5. Некоторые приборы для вызова переменным током.** 1) Сирена. Для вызова переменным током иногда применяется вместо звонка сирена, работающая при непосредственном включении в сеть освещения 120 в (рис. 358). Существенной частью сирены является железная мембрана *A* с небольшим железным стержнем *B* посередине. Катушка *C*



Рис. 358. Сирена в разобранном и собранном виде.

2) Звонок переменного тока показан на рисунке 359. Он состоит из сильного постоянного магнита *NS*, на одном из полюсов которого помещены две катушки *A* и *B* с железными сердечниками. Обмотки соединены между собой так, что на концах сердечников создаются при включении тока различные магнитные полюсы. Железный якорь *C* способен вращаться около оси *O* и соединен с ударником. Якорь при отсутствии тока через катушки испытывает равносильное притяжение как к одному, так и к другому сердечнику. При питании переменным током один из сердечников в течение полупериода сильнее намагнитится, а другой несколько размагнитится, и якорь притянется к тому сердечнику, в котором произошло усиление намагничивания. В течение следующего полупериода, т. е. при перемене направления тока,

надевается в корпусе *D* на железный сердечник *O*, верхнее основание которого помещено несколько ниже его краев. В это углубление входит железный сердечник мембраны. При питании катушки переменным током стержень периодически притягивается к сердечнику и приводит мембрану в колебательное движение с частотой 100 колебаний в секунду (при токе в 50 герцов). Недостаток сирены заключается в том, что проводку надо выполнять на роликах шнуром или проводом и вместо кнопки брать установочный выключатель. В противном случае возможны поражения током и возникает опасность в пожарном отношении. В телефонии сирены не применяются.

якорь окажется притянутым уже к другому сердечнику. В результате якорь придет в колебательное движение с частотой, равной частоте тока.

Описанные звонки переменного тока очень чувствительны и позволяют получать вызов с расстояния до нескольких километров. Для их питания можно пользоваться переменным током освещения в 120 в (частота 50 герцов), лучше через трансформатор, снижающий напряжение

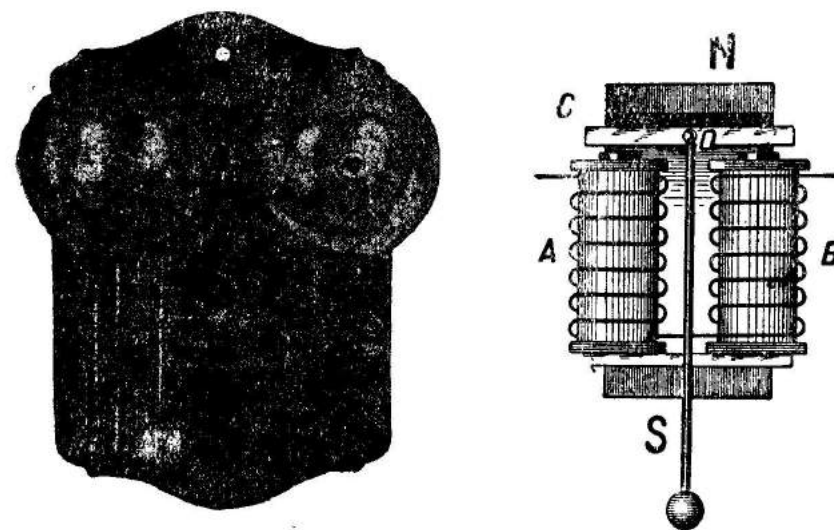


Рис. 359. Телефонный звонок и схема его устройства.

до 70—80 в. Вообще же для приведения их в действие служат телефонные индукторы (§ 5, 1). Телефонный индуктор при числе оборотов 900 в минуту дает напряжение от 65 до 70 в, частоту тока 15 герцов и максимальную мощность 1,2—3,5 вт.

## § 19. Усилители звуковой частоты.

**Замечание.** Усилители звуковой частоты служат для усиления токов от микрофона или в приемниках — токов низкой частоты, получаемых после детектирования.

**1. Трансформаторы для усилителей низкой частоты.** Не так давно почти все усилители низкой (звуковой) частоты строились с трансформаторами. В настоящее время трансформаторы вытесняются сопротивлениями и дросселями.

Трансформатор низкой частоты имеет железный замкнутый сердечник (сечением в 2—3 см<sup>2</sup>) с двумя обмотками, из которых первичная содержит обычно от 3000 до 10 000 витков провода (рис. 360). Вторичная обмотка имеет число витков в 2—5 раз большее, чем первичная. Концы обмоток выведены к клеммам, на которых нередко сделаны для обозначения начала и конца каждой обмотки надписи *И<sub>н</sub>*, *И<sub>к</sub>*, *П<sub>н</sub>*, *П<sub>к</sub>*. Кроме того, на трансформаторе указывается коэффициент трансформации или отношение числа витков первичной обмотки к числу витков вторичной,

например 1:2; 1:3 и т. д. Некоторые типы трансформаторов снабжены броней из железа (рис. 360, III и IV).

Таблица 21.

Трансформаторы низкой частоты<sup>1)</sup>.

Какого завода	Тип	Сечение сердечника в см <sup>2</sup>	Соотношение обмоток	Число витков I обмотки	Число витков II обмотки	Диаметр провода в мм
ВЭСО	Открытый	1,5	1:2	5 500	11 000	0,08 ПЭ
"	"	1,5	1:3	4 800	14 400	0,08 ПЭ
"	"	1,5	1:4	4 000	16 000	0,08 ПЭ
"	"	1,5	1:5	3 000	15 000	0,08 ПЭ
"	"	1,5	1:6	3 200	19 000	0,08 ПЭ
Быв. Мосэлектр-рик и Горьковский радиозавод	Бронированный	Те же данные, что и для открытых типов				
Украинрадио	Открытый	1,7	1:3	4 000	12 000	0,08 ПЭ
"	"	1,7	1:4	3 000	12 000	"
Им. Казинского	"	2	1:2	8 000	16 000	"
"	"	2	1:4	4 000	16 800	"
"	Усиленный	3,8	1:2,25	6 000	13 500	"
"	"	3,8	1:3	4 800	14 400	0,07
Лен. Осоавиах.	ТМ-10 брон.	4	1:2	7 000	14 000	0,09—0,1
Им. Красина	Усиленный	6	1:2,5	6 000	15 000	0,1
"	Малый	1,7	1:3	4 000	12 000	0,08
Завод № 2 НКС	Ширпотреб.	1,5	1:2	6 000	12 000	0,1

Изготавливать трансформатор низкой частоты своими силами не стоит, так как прежде всего для сердечника нужно специальное железо весьма высокого качества, достать которое трудно.

Трансформаторы нередко приходят в негодность по причине обрыва в одной из обмоток. Для проверки трансформатора соединяют его последовательно с одним-двумя элементами и телефонной трубкой. Если при включениях и выключениях трубки щелчки отсутствуют, то это указывает на обрыв в соответствующей обмотке. При обрыве надо перемотать трансформатор, соблюдая правила, изложенные в т. IV, § 5, 2, и сделанное соединение<sup>2)</sup> аккуратно спаять оловом. Изолировка места спая производится при помощи сложенных пополам маленьких кусочков шелковой материи или, что хуже, изолирующей ленты. Перемотка трансформатора благодаря тонкости провода ( $d \approx 0,05$  мм) и значительному числу витков — дело утомительное и трудное. Только исключительно

<sup>1)</sup> Таблица заимствована: Карлов, Низкочастотные трансформаторы и дроссели.

<sup>2)</sup> Удаление изоляции на тонких проводах, в том числе и эмалированных, производится на пламени. Для этого конец провода действительно на мгновение (иначе он расплавится) вносят в пламя спички. Затем посредством деревянной палочки осторожно удаляют нагар.

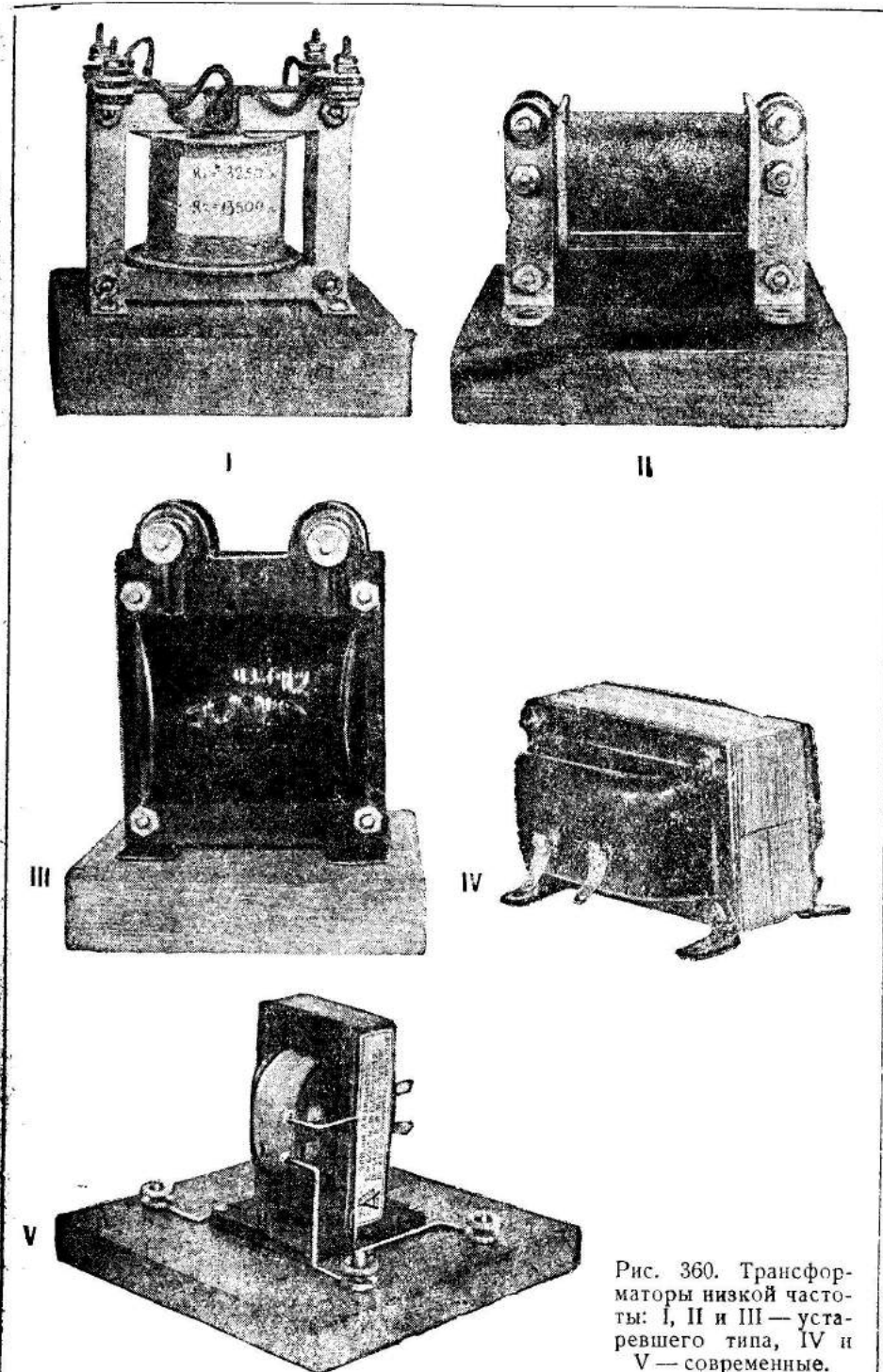


Рис. 360. Трансформаторы низкой частоты: I, II и III — устаревшего типа, IV и V — современные.



терпеливый и аккуратный любитель может произвести ее без помощи станка (токарного) или намоточного станочка. Особенное внимание надо обратить на правильное сматывание провода (см т. IV, § 5, 2).

**2.\* Усилитель низкой частоты с трансформаторами.** 1) Микрофон. 2) Два трансформатора низкой частоты,  $IX^1$ ). 3) Микрофонный трансформатор. 4) Три панели для ламп,  $VI^1$ ). 5) Три лампы ПТ-2 или П-7 или УБ-107. 6) Реостат накала,  $VIII^1$ ). 7) Репродуктор. 8) Выпрямитель ЛВ или „Радист“. 9) Батарея накала (4 в). 10) Батарея для микрофона (4—6 в). 11) Панель для телефона,  $V^1$ ).

Следует иметь в виду, что работы по сборке усилителей, описанных в настоящем и следующих разделах 3 и 4, должны носить учебный характер. Именно: учащихся надо ознакомить со схемами, собираемыми из отдельных деталей. Качества усилителей будут невысоки, и здесь неуместно усложнять схемы, давая, например, смещения на сетку и т. п.

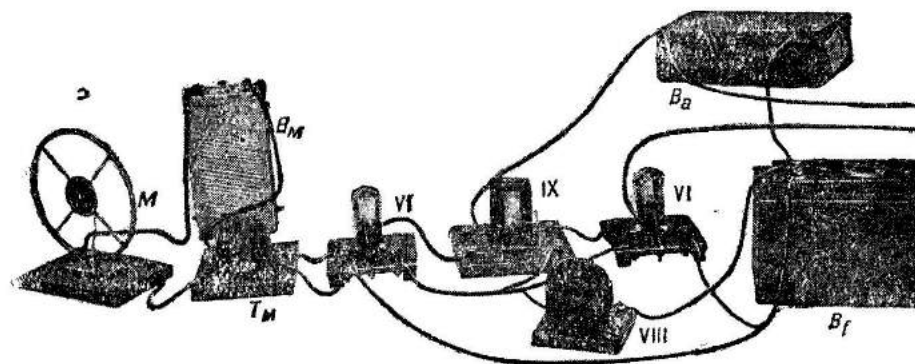


Рис. 361. Микрофонный усилитель, собранный из деталей.

Усилитель для микрофона и адаптера, позволяющий получить неискаженное воспроизведение звука, описан в разделе 5. Его можно использовать, в частности, для опытов по акустике.

Описываемый усилитель может быть использован для усиления микрофонного тока или в учебном приемнике так, как это описано в § 39, 2. Усилитель собирают из деталей (§ 36), поскольку ставится чисто учебная цель — познакомить учащихся с работой схемы (рис. 361). При сборке рекомендуется вести соединения цветными проводами и располагать на столе детали и провода так, чтобы получилась картина, близкая к принципиальной схеме (рис. 362). Микрофон  $M$  (капсуля  $ММ$ , „малый полнотондельческий“, § 17) включают через батарею  $B_M$  из одного-двух элементов в первичную обмотку соответствующего микрофонного трансформатора  $T_M$  (рис. 361, I). Вторичная обмотка трансформатора  $T_M$  присоединяется одним концом к сетке первой лампы и другим — к тому общему проводу, к которому присоединены минусы батарей накала  $B_F$  и анода  $B_A$ . Электронные лампы для работы следует взять наиболее простые П-7, ПТ-2 или УБ-107 (§ 21, 5). Реостат

<sup>1)</sup> Обозначения римскими цифрами у некоторых деталей указывают способ их монтажа согласно таблице § 36, I.

накала  $R_f$  ( $VIII$ ) может быть взят один одновременно для двух ламп, если, конечно, последние являются однотипными (§ 22, 1). За отсутствием реостатов типа, предназначенного для радио, можно с таким же успехом воспользоваться школьными реостатами с движком (см. т. III, § 16). Реостат включают в провод, идущий от плюса батареи накала. Первичная обмотка трансформатора низкой частоты ( $IX$ ) присоединяется своим концом с надписью  $I_n$  или  $+$  80 к положительному полюсу анодной батареи  $B_A$ ,

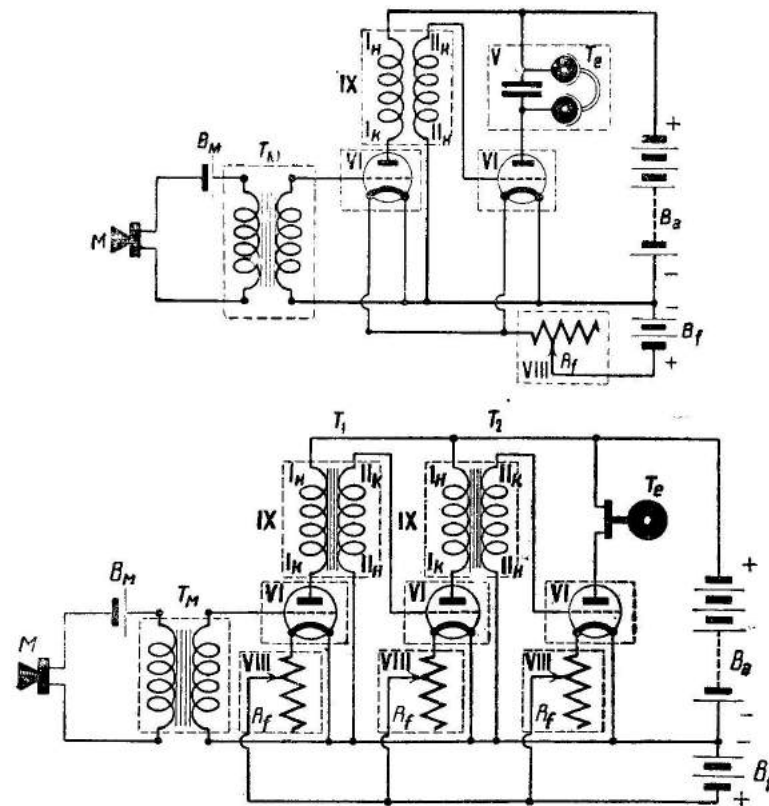


Рис. 362, I и II. Схемы микрофонного усилителя с трансформаторами.

другой конец ее  $I_k$  или  $A$  — к аноду первой лампы. К сетке второй лампы подводится ток от конца  $II_k$  или  $K$  вторичной обмотки, другой конец  $II_n$  или  $H$  включают к общему проводу (минус накала и минус анодной батареи).

Репродуктор  $T_e$ , принимая во внимание обозначенные на его клеммах полюсы плюс и минус, присоединяют к плюсу анодной батареи  $B_A$  и аноду второй лампы. На рисунке 362, II показана схема микрофонного усилителя с тремя лампами, дающего большее усиление, чем описанный. Дальнейшее увеличение числа ламп бесполезно, потому что усиление возрастать почти не будет. Указать точно, какие именно должны быть взяты трансформаторы низкой частоты, нельзя; ориентировочно можно считать, что коэффициент трансформации для первой лампы должен

быть взят большим (1:5; 1:4), чем у второй (1:3; 1:2). Трансформаторы следует подобрать опытным путем до получения оптимальных результатов.

Для питания анода может быть с равным успехом взята анодная батарея в 60—80 в или, проще, выпрямитель типа ЛВ или „Радист“ (§ 6, 6). Микрофон необходимо удалить в соседнюю комнату. Если микрофон находится в том же помещении, то он подхватывает звуки из репродуктора, усиливает их и создает в последнем непрерывный вой. Для прекращения воя надо слегка попридержать мембрану микрофона пальцем.

Для демонстрации усиления дают лампам нормальный накал, включают анодную батарею и тихо и не спеша говорят перед микрофоном. Репродуктор при этом должен воспроизводить речь относительно чисто и ясно. Для получения наилучших результатов можно несколько изменять накал ламп и, если взят выпрямитель ЛВ, — анодное напряжение.

Монтировать описанный усилитель раз навсегда в ящике или на общей панели не стоит — более совершенный усилитель описан в работе 5.

**3. \*Усилитель низкой частоты с сопротивлениями.** 1) Микрофон. 2) Две панели с сопротивлениями для усиления низкой частоты (§ 39, 3). 3) Три панели для лампы, VI. 4) Три лампы П-7, или ПТ-2, или УБ-107. 5) Реостат накала, VIII. 6) Репродуктор. 7) Выпрямитель ЛВ или „Радист“. 8) Панель для телефона, V. 9) Батарея накала (4 в) и для микрофона (4—6 в).

Тип усилителя с сопротивлениями обходится много дешевле, чем с трансформаторами и дросселями. Его существенным недостатком является необходимость брать анодное напряжение большим, чем у других типов усилителей. Так как описываемая работа носит учебный характер и усилитель предназначен не для эксплуатации, а для демонстрации своего устройства, то его собирают из отдельных деталей (§ 36,1).

Схема может быть составлена с двумя или для большего усиления с тремя лампами (рис. 363, I и II). Сборка всего усилителя в его целом и демонстрация действия производится так же, как это описано в предыдущей работе 2, с той разницей, что вместо трансформаторов включаются панельки с сопротивлениями и разделительным конденсатором. Сопротивления  $r_1$  и  $r_2$ , включаемые между анодами соответствующих ламп и плюсом анодной батареи, должны быть в 3—4 раза больше внутренних сопротивлений ламп (§ 21, 5). Если взяты лампы П-7 или ПТ-2, у которых внутренние сопротивления равны 25—30 тысячам омов, то сопротивления  $r_1$  и  $r_2$  будут примерно по 80 000—100 000 ом. Сопротивления утечки  $R_1$  и  $R_2$  берутся по 0,5—1,5 мгом и окончательно подбираются опытным путем. О сопротивлениях и панелях низкой частоты см. § 36, 12 и § 39, 3.

Как показывает практика, произведение величины емкости (выраженной в микрофарадах) разделительного конденсатора  $C_1$  или  $C_2$  на величину сопротивления (выраженную в омах) утечки  $R_1$  или  $R_2$  должно быть равно около 10 000. Следовательно, в рассматриваемом случае емкости разделительных конденсаторов должны быть взяты равными

$$C_1 = C_2 = \frac{10\,000}{500\,000} = 1,5 \text{ мкф.}$$

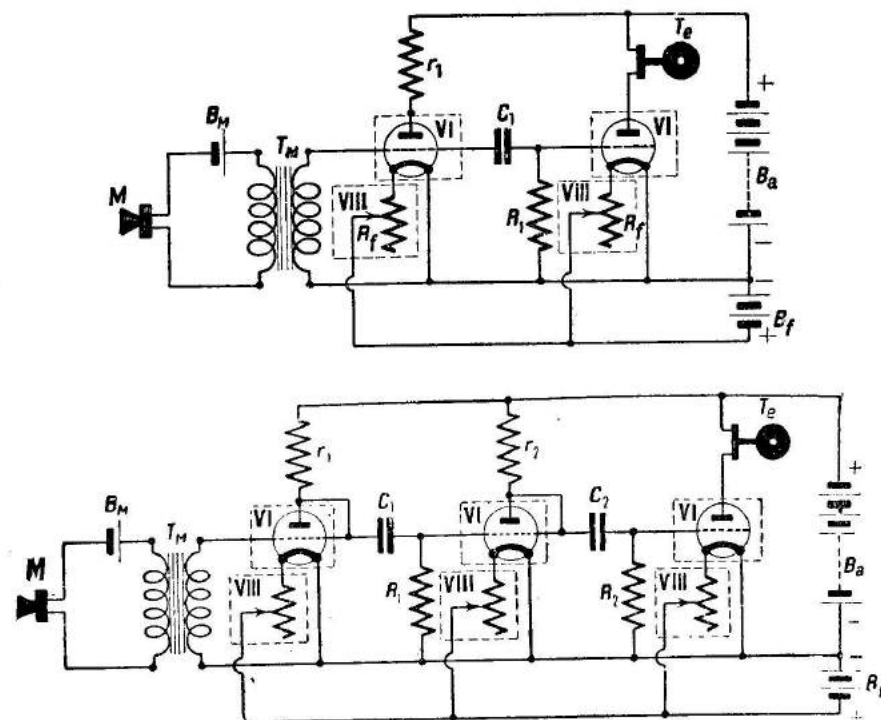


Рис. 363, I и II. Схемы микрофонного усилителя с сопротивлениями.

Все эти расчеты являются грубо ориентировочными и обеспечивают работу усилителя, но для получения наилучших условий необходимо подобрать опытным путем сопротивления и конденсаторы, считая расчетные данные определяющими лишь порядок величин.

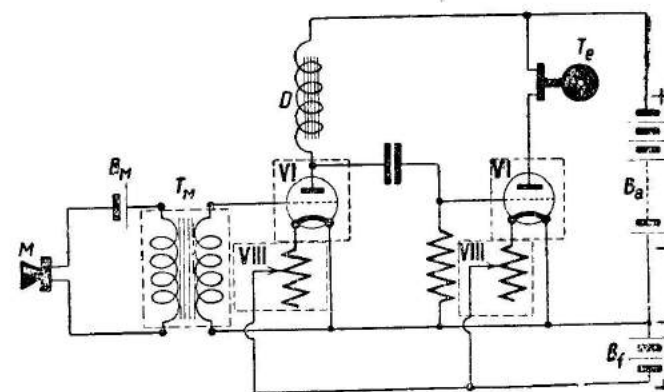


Рис. 364. Схема микрофонного усилителя с дросселем.

**4. \* Усилитель низкой частоты с дросселями.** 1) Микрофон. 2) Микрофонный трансформатор. 3) Две панели для лампы, VI. 4) Две лампы П-7, или ПТ-2, или УБ-107. 5) Реостат накала, VIII. 6) Батарея накала 4 в и микрофона 4—6 в. 7) Выпрямитель ЛВ или „Радист“. 8) Панель для телефона, V.

Установка усилителя собирается так же, как усилитель с сопротивлениями, но с заменой последних дросселями  $D$  низкой частоты (рис. 364). Дроссель низкой частоты имеет железный сердечник и содержит 3000—10 000 витков провода диаметром в 0,05—0,1 мм. В качестве дросселя можно включить первичную или вторичную обмотку трансформатора низкой частоты или дроссель ДВ-16.

**5. Усилитель низкой частоты для микрофона и адаптера.** Простейший усилитель низкой частоты современного типа для усиления речи от микрофона и адаптера показан на рисунке 365. Усилитель может быть использован также для опытов по акустике (см. т. VI). Для пита-

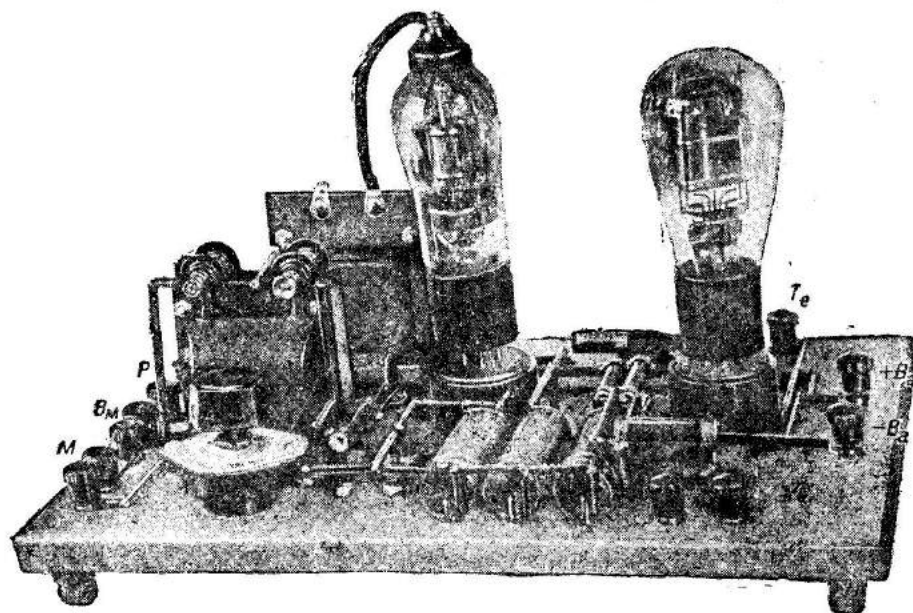


Рис. 365. Монтаж усилителя низкой частоты.

ния усилителя надо пользоваться выпрямителем типа „Радист“. На накал ламп дается 4 в переменного тока, для питания анода берут 240 в выпрямленного тока.

Усилитель предназначен для работы с динамиком, из которых наиболее удобными являются — тульский, показанный на рисунке 170, или с постоянными магнитами (см. рис. 345). Конечной лампой следует поставить УО-104. Первая лампа взята экранированная с подогревным катодом СО-124. Для обслуживания репродуктора „Рекорд“ усилитель не годится без специального дроссельного выхода (см. ниже). Катушки „Рекорда“ сгорают при непосредственном включении этого репродуктора.

Для включения тульского динамика (см. рис. 170) или с постоянными магнитами (см. рис. 345) служат клеммы, обозначенные на рисунках 366 и 367 буквами  $T_e$ . Анодное напряжение 240 в подается от выпрямителя „Радист“ (рис. 166) к клеммам  $+B_a$  и  $-B_a$ . Питание лампы производится от того же выпрямителя 4 в переменного тока. Для включения микрофона служат клеммы  $M$ ; для батареи микрофона на 4—10 в

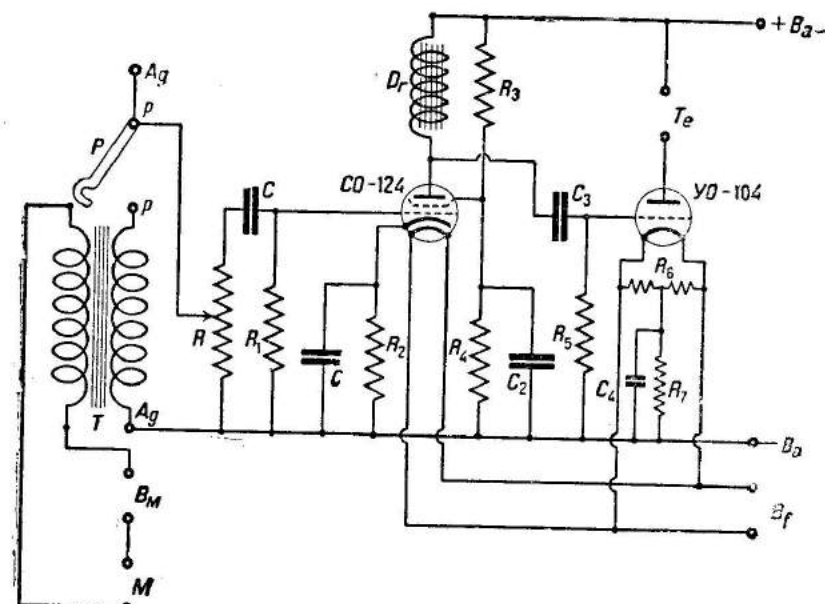


Рис. 366. Принципиальная схема усилителя низкой частоты.

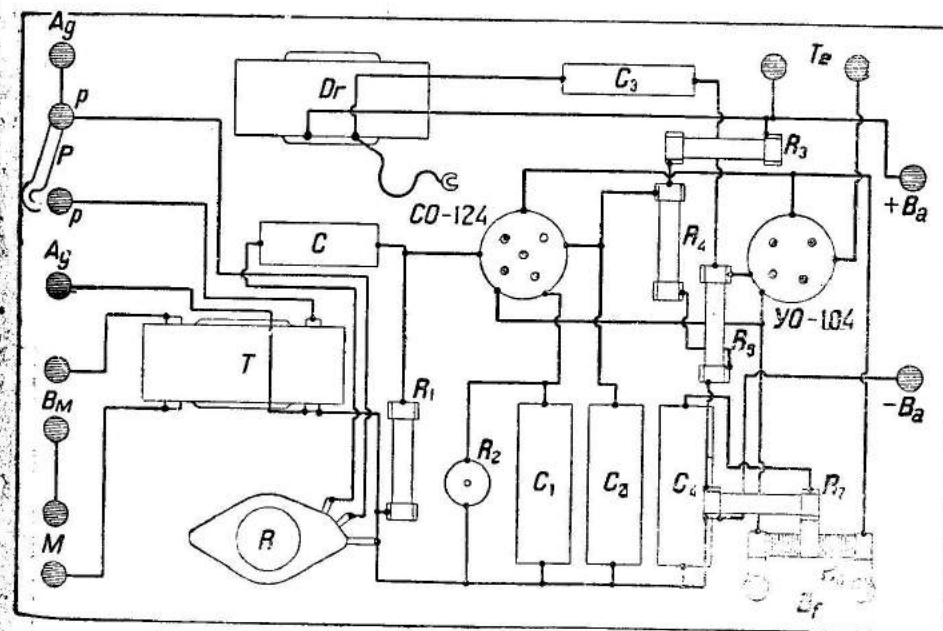


Рис. 367. Монтажная схема усилителя низкой частоты.

(батарейки от карманного фонарика) — клеммы  $B_m$ . При работе с микрофоном перемычка  $P$  обязательно должна соединять клеммы  $pp$ . Наоборот, при пользовании адаптером, присоединяемым к клеммам  $A_g$ , перемычка  $P$  должна быть разомкнута, т. е., например, находиться в положении, показанном на рисунках 366 и 367.



Монтажная схема, т. е. такая, которая показывает действительное расположение частей, дана на рисунке 367. Микрофонный трансформатор взят с отношением 1:30, т. е. типа, описанного выше (§ 17, 3). Для изменения силы звука поставлен регулятор громкости  $R$  завода им. Орджоникидзе; об устройстве регулятора см. § 36, 12. В основу положена

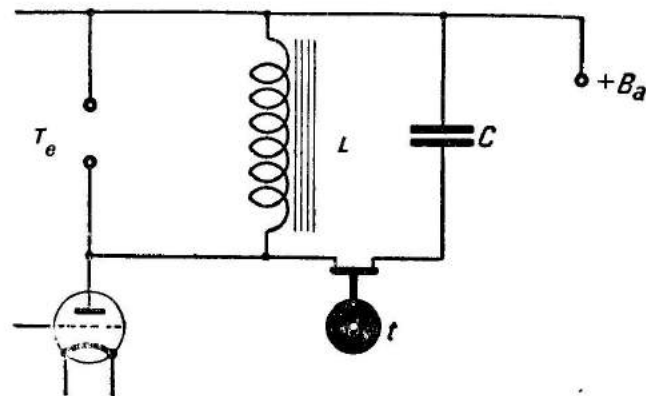


Рис. 368. Дроссельный выход от усилителя (рис. 365) для репродуктора „Рекорд“.

схема усиления с дросселем, для чего поставлен дроссель ДВ-16 „Радист“ (см. рис. 162). Смонтировать усилитель не представляет большого труда. Весь монтаж следует произвести посеребрённым монтажным проводом, изгибая его при поворотах под прямым углом. Во избежание короткого замыкания надо на провода надеть изолирующие бумажные трубочки, известные в продаже под названием „кембрик“.

Таблица 22.

Технические данные усилителя низкой частоты для адаптера и микрофона.

Буквенные обозначения на рисунках 336 и 367	Название детали	Электрические данные
$T$	Микрофонный трансформатор	—
$R$	Регулятор громкости	$8 \cdot 10^4$ ом
$R_1$	Сопротивление Каминского	$1,2$ мгом
$R_2$	"	$300$ ом
$R_3$	"	$2 \cdot 10^3$ "
$R_4$	"	$8 \cdot 10^4$ "
$R_5$	"	$0,7$ мгом
$R_7$	"	$700$ ом
$R_8$	Проволочное сопротивление	$20$ "
$Dr$	Дроссель ДВ-16	—
$C$	Конденсатор бумажный	$0,1$ мкф
$C_1$	"	$0,5$ "
$C_2$	"	$0,5$ "
$C_3$	"	$6 \cdot 10^4$ мкмкф
$C_4$	"	$0,5$ мкф

Все детали берутся с электрическими данными, указанными в таблице 22. В качестве микрофона можно пользоваться телефонным капсюлем МБ № 5 (см. рис. 346).

Настоятельно рекомендуем собрать в школе описанный усилитель, который послужит для ряда интересных опытов. Монтаж усилителя надо произвести раз навсегда на панели; собирать его временно из деталей, описанных для учебных схем в § 36, нерационально.

Для включения репродуктора „Рекорд“, как указано выше, надо сделать дроссельный выход (рис. 368). Для этого к клеммам  $T_e$ , служащим для присоединения динамика, включают первичную обмотку выходного трансформатора от динамика или дроссель, например ДВ-16. К концам дросселя  $L$  присоединяют, через конденсатор  $C$  емкостью 1—2 мкф, репродуктор „Рекорд“  $t$ . Тогда постоянная слагающая анодного тока течет от  $+B_a$  через дроссель  $L$ , а звуковая частота — через конденсатор  $C$  и репродуктор. Такое разделение токов происходит потому, что дроссель представляет огромное (индуктивное) сопротивление для тока звуковой частоты и сравнительно малое — для постоянного тока. Наконец, конденсатор  $C$  пропускает звуковую частоту, но непреодолим для постоянной слагающей.

Описание подобного же усилителя, используемого также в качестве модулятора, дано дальше в § 35, 2.

## КРИСТАЛЛИЧЕСКИЙ ДЕТЕКТОР.

## § 20. Кристаллический детектор.

**1. Типы детекторов.** Детектор служит в приемниках для преобразования токов высокой частоты в токи низкой (звуковой) частоты или, проще говоря, для выпрямления переменных токов (рис. 376). В качестве детектора может быть использована электронная лампа (§ 21, 5 и § 24, 6) или кристаллический детектор.

Кристаллический детектор состоит из металлической проволоочки *B*, опирающейся на кристалл *A*, или двух кристаллов *EF*, соприкасающихся друг с другом (рис. 369). Для устройства детектора могут быть употреблены вещества, перечисленные в таблице 23.

Детекторные пары.

Таблица 23.

Название кристаллов	Русское название	Химическая формула	Цвет	Соответствующая пара
Галенит	Свинцовый блеск	PbS	Свинцово-серый	1) Сталь 2) Нейзильбер 3) Серебро
Пирит	Железный колчедан	FeS <sub>2</sub>	Золотистый	1) Медь 2) Золото
Халькопирит	Медный колчедан	CuFeS <sub>2</sub>	Латунножелтый с зеленоватым оттенком	1) Алюминий 2) Золото 3) Цинкит
Цинкит	Окись цинка	ZnO	Кровянокрасный	1) Халькопирит 2) Медь (латунь)
Карборунд	—	SiC	Темнозеленый или зелено-голубой	1) Сталь 2) Латунь 3) Пирит

Работа детектора характеризуется:

- 1) чувствительностью, т. е. способностью в той или иной мере выпрямлять переменный ток;
- 2) устойчивостью по отношению к некоторым электрическим перегрузкам и механическим сотрясениям.

Большое значение имеет также сопротивление детектора, влияющее, как известно, на величину затухания. Сопротивление детектора обычно равно нескольким сотням или тысячам омов и зависит от целого ряда причин:

- 1) направления тока (§ 20,3);
- 2) величины приложенной к детектирующей паре электродвижущей силы (§ 20,3);
- 3) степени нажима проволоки на кристалл и др.

На рисунке 369 изображены типы наиболее распространенных в настоящее время детекторов. Детекторы ДС и ДС-4 представляют собой

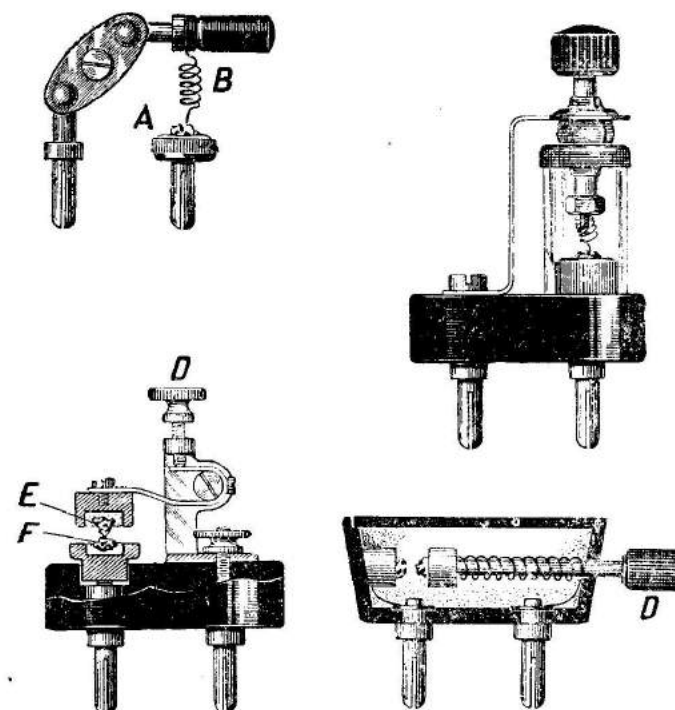


Рис. 369. Различные типы кристаллических детекторов.

типы детектора с проволочкой; у них в чашечке *A* вплавлен кристалл галена, проволочка *B* сделана из стали. Детектор ДС-4 более устойчив в работе, чем ДС и, кроме того, обладает тем достоинством, что его кристалл защищен стеклянной трубкой от загрязнения пылью. Детекторы с двумя кристаллами (цинкит-халькопирит) обладают меньшей чувствительностью, чем ДС и ДС-4, но отличаются большей устойчивостью и быстрым нахождением чувствительной точки. Открытый детектор этого типа позволяет посредством винта *D* изменять степень нажима кристаллов друг на друга, что является немалым достоинством, в то время как детектор, заделанный в эбонитовую коробочку, обладает постоянной степенью нажима. Для работ в школе наиболее подходящим является детектор ДС как наиболее простой.

**2. Некоторые практические указания.** 1) Наиболее примитивный детектор может быть создан между поверхностью полированной стали и графитом от карандаша. Проще всего взять для изготовления детектора лезвие безопасной бритвы *A*, укрепить ее на дощечке и опереть на лезвие кусочек остро отточенного графита *B* (от карандаша № 3), заделанного в пружинящей полоске (рис. 370). Желательно сделать также нажимной винт *C*. Для демонстрации выпрямляющего действия пары графит — сталь можно воспользоваться также перочинным ножом из хорошей стали и карандашом (рис. 371).

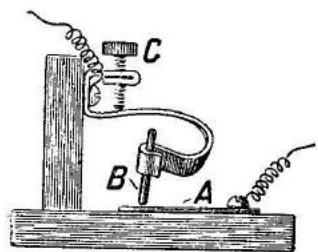


Рис. 370. Самодельный детектор из пары графит — сталь.

2) Чувствительная точка („детектируют“ не все точки кристалла!) находится опытным путем. Для этого поднимают за головку рычаг детектора с пружинкой, вновь осторожно опускают ее на кристалл и затем слегка увеличивают нажим. После ряда проб находят точку и степень нажима, при которых слышимость в телефоне является наилучшей при данных условиях.

3) Гален можно изготовить самостоятельно. Для этого кусок свинца (лучше всего — химически чистого или в крайнем случае от свинцовой трубы) очищают ножом от малейших следов окиси и затем превращают с помощью крупного напильника<sup>1)</sup> в опилки. Опилки смешивают с серным цветом (4 части свинца и 1 часть серного цвета) и высыпают в пробирку, которую нагревают на пламени сначала слабо до плавления серы и затем сильно до красного каления. Затем пробирку кладут горизонтально и оставляют до остывания, после чего, разбив ее, вынимают гален.

Кристалл разделяют на части величиной с мелкую горошину и кусочек его заделывают в чашку детектора. Чем чище по своим химическим свойствам был взят свинец, тем лучше будет детектировать кристалл.

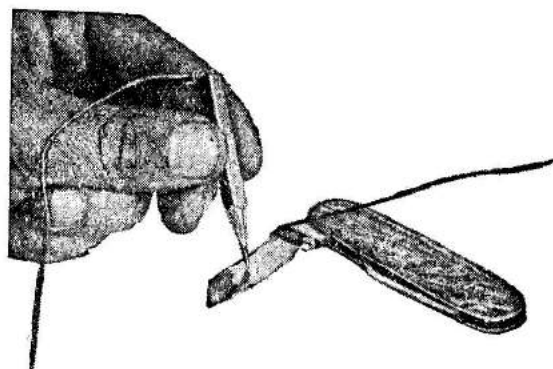


Рис. 371. Демонстрация выпрямляющего действия пары графит — сталь.

При изготовлении самодельного детектора можно взять для упрощения проволоку, медную, диаметром около 0,3 мм.

4) Укрепление кристалла производится при помощи металла Вуда (5 частей свинца, 2 части олова и 8 частей висмута). Металл помещают в чашечку, которую осторожно нагревают, держа ее щипцами не в

<sup>1)</sup> Напильник должен быть совершенно чистым, лучше — новым.

пламени, а над пламенем, в восходящем токе горячего воздуха. После плавления устанавливается кристалл и оставляется так до отвердевания металла. За отсутствием металла Вуда кристалл временно можно заделать так: кристалл размером покрупнее кладется в чашку и пространство между ним и стенками забивается обрезками станиоля. Кристалл после его заделки в металл Вуда или станиоль следует промыть спиртом.

5) В открытых детекторах кристалл сравнительно скоро загрязняется пылью, вследствие чего его детектирующие свойства ухудшаются, а то и прекращаются совсем. Во избежание загрязнения полезно детектор закрывать сверху перевернутым вверх дном стаканчиком. Причиной загрязнения являются также прикосновения к нему руки. Если загрязнение произошло, следует промыть кристалл спиртом; если же это не помогает, нужно повернуть кристалл другой стороной, расплавив очень осторожно металл Вуда. Можно также осторожно сколоть (а не срезать!) поверхность кристалла острым ножом.

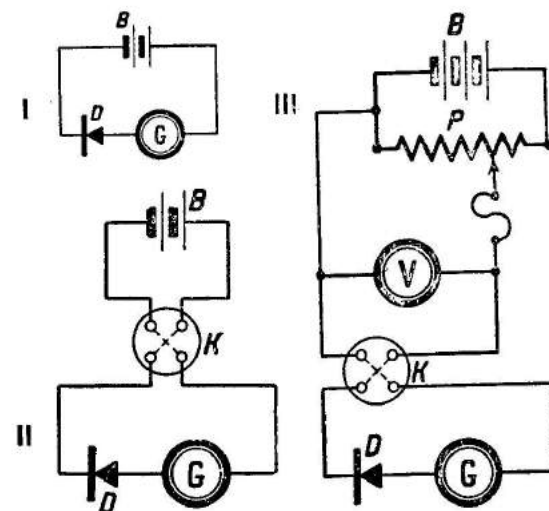


Рис. 372. I, II и III. Схемы для обнаружения выпрямляющего действия детектора.

**3. Односторонняя проводимость детектора.** 1) Детектор. 2) Демонстрационный гальванометр. 3) Коммутатор. 4) Потенциометр. 5) Батарея (4—6 в).

Детектор создает различное сопротивление в зависимости от направления тока. Это значит, что он обладает различной проводимостью, смотря по тому, как течет ток: от проволоки к кристаллу или от кристалла к проволочке. Для демонстрации указанного явления собирается установка, изображенная на схеме рисунка 372, I. Детектор *D* включают последовательно с демонстрационным гальванометром *G* и присоединяют к батарее *B* из элементов или аккумуляторов с напряжением 4—6 в. Отыскав наиболее чувствительную точку у детектора, замечают величину отклонения стрелки гальванометра. Затем у детектора меняют местами подводящие ток проводники и наблюдают увеличение или уменьшение силы тока. Опыт повторяют несколько раз и убеждаются, что детектор в одном направлении проводит ток много лучше, чем в другом.

Если демонстрационный гальванометр проградуирован в миллиамперах, то, измерив величины сил токов  $I_1$  и  $I_2$  одного и другого направления и зная напряжение  $U$  батареи, можно вычислить сопротивление детектора для обоих случаев по формулам:

$$R_1 = \frac{U}{I_1} \quad \text{и} \quad R_2 = \frac{U}{I_2}.$$



Много удобнее для изменения направления тока в детекторе ввести коммутатор  $K$  (см. т. III, рис. 66 и 69) и собрать схему по образцу рисунка 372, II. При налаживании демонстрации надо проделать несколько предварительных опытов, беря различные напряжения в 1, 2, 3, 4 и т. д. вольт, и для показа воспользоваться тем случаем, когда разница в сопротивлении детектора будет особенно велика. Вместо утомительных переключений батареи для изменения напряжения лучше включить потенциометр  $P$  и для измерения получаемого вольтажа — вольтметр  $V$  (рис. 372, III). Последняя

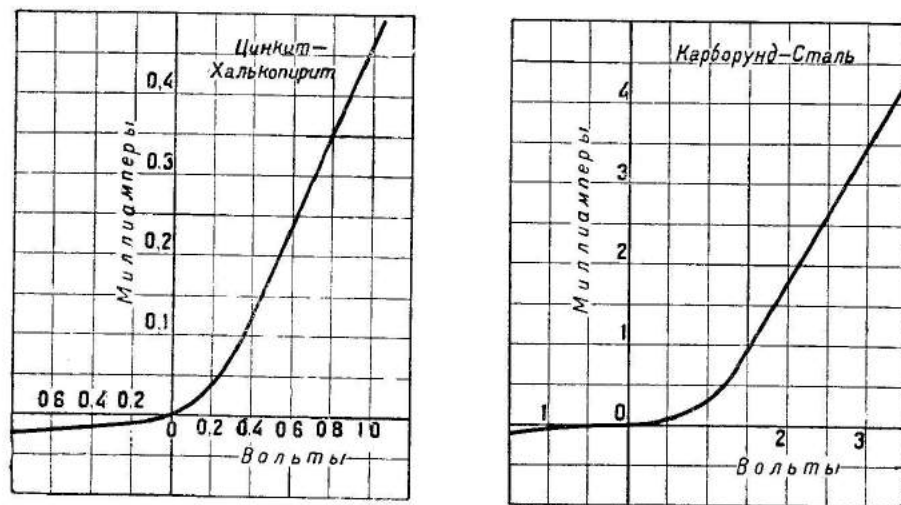


Рис. 373. Статические характеристики детекторов.

схема, между прочим, позволяет снять статическую характеристику детектора (рис. 373), т. е. зависимость силы текущего через него тока от напряжения. Для этого меняют с помощью потенциометра величину напряжения, приложенного к детектору, и измеряют соответствующие силы тока. Полученные величины используют для построения графика. Лучше для каждого из напряжений измерять ток два раза: в одном и в противоположном направлении, и откладывать на оси ординат сумму этих сил токов.

**4. Выпрямление детектором тока низкой частоты.** 1) Детектор. 2) Демонстрационный гальванометр. 3) Трансформатор звонковый или ОС-0,04. 4) Конденсатор (0,5—2 мкф).

Для демонстрации выпрямляющего действия детектора собирают схему, показанную на рисунке 374. Демонстрационный гальванометр через детектор  $D$  присоединяют к трансформатору  $T$  ОС-0,04 (§ 4, 2), включенному в цепь тока освещения. За отсутствием трансформатора ОС-0,04 с равным успехом можно взять звонковый. Так как детектор выпрямляет переменный ток только отчасти, т. е. только пропускает ток одного направления сильнее, чем другого, то гальванометр следует шунтировать конденсатором  $C$  емкостью в 0,5—2 мкф. Тогда через этот конденсатор пройдет переменная составляющая тока. Присоединение к ОС-0,04

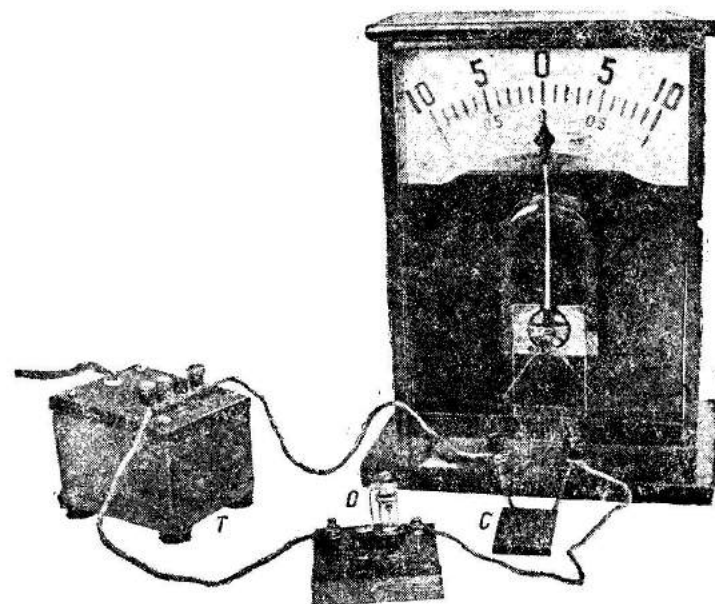


Рис. 374. Установка для демонстрации выпрямления детектором тока низкой частоты.

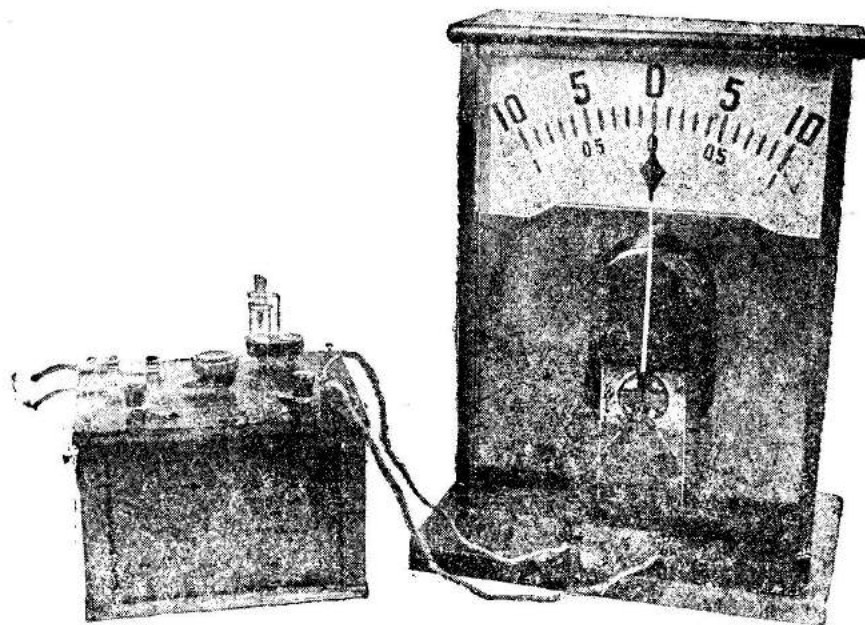


Рис. 375. Установка для демонстрации выпрямления детектором тока высокой частоты.

сначала делают к клеммам, дающим напряжение 2 в, и наблюдают отклонение стрелки гальванометра, что указывает на выпрямление детектором тока низкой частоты. Если отклонения гальванометра будут малы,

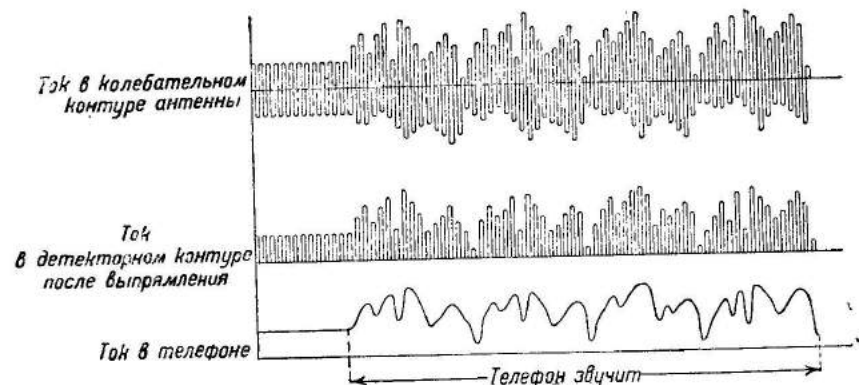


Рис. 376. График выпрямления токов высокой частоты.

присоединяют цепь к клеммам, соответствующим 4 в. Ясно, что предварительно опытным путем должна быть найдена чувствительная точка на кристалле детектора. При перемене местами проводов от детектора стрелка гальванометра отклонится в противоположную сторону.

**5. Выпрямление детектором тока высокой частоты.** 1) Детекторный приемник. 2) Демонстрационный гальванометр.

Если детекторный приемник, включенный в антенну, настроить на ту станцию, которая слышна достаточно громко, и затем вместо телефона включить демонстрационный гальванометр, то последний даст отклонение (рис. 375 и 376).

Выпрямляющее действие можно показать также, пользуясь установками, описанными в § 27,9.

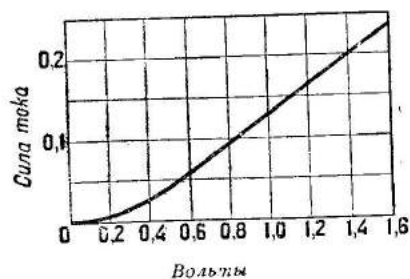


Рис. 377. Динамическая характеристика детектора.

**6. \*Снятие динамической характеристики детектора.** 1) Детектор. 2) Трансформатор ОС - 0,04 или звонковый. 3) Миллиамперметр. 4) Конденсатор емкостью в 0,5—2 мкф. 5) Реохорд.

Динамическая характеристика показывает зависимость силы выпрямленного тока от величины приложенного к детектору переменного напряжения (рис. 377). Для снятия характеристики собирается схема, показанная на рисунке 378. Трансформатор  $T$  ОС-0,04 или звонковый (§ 4, 2), включенный в цепь освещения, замыкается своей вторичной обмоткой (4—6 в) на струну реохорда  $R$  с сопротивлением в 5—10 ом, служащего потенциометром. Детектор  $D$  присоединяется к одному из концов струны и через миллиамперметр постоянного тока  $mA$ , шунтированный конденсатором  $C$  в 0,5—2 мкф, — к ползунку реохорда. На детектор подается различное напряжение и производится по миллиамперметру отсчет выпрямленного тока. Величина напряжения определяется по длине включенного участка  $a$  струны. Пусть известно, что напряжение, даваемое трансформатором, равно 4 в и длина реохорда равна 1 см. Тогда при положении ползунка  $P$  на расстоянии 1 см от конца реохорда подаваемое на детектор напряжение будет равно  $\frac{4}{1}$  в. Очевидно, что для получения напряжения 0,1, 0,2, 0,3 в и т. д., надо ползунок поставить соответственно на следующие расстояния от конца:  $\frac{0,1l}{4}$ ;

$\frac{0,2l}{4}$ ;  $\frac{0,3l}{4}$  и т. д. Результаты измерений записываются сначала в таблицу, а затем обрабатываются в виде графика (см. рис. 377).

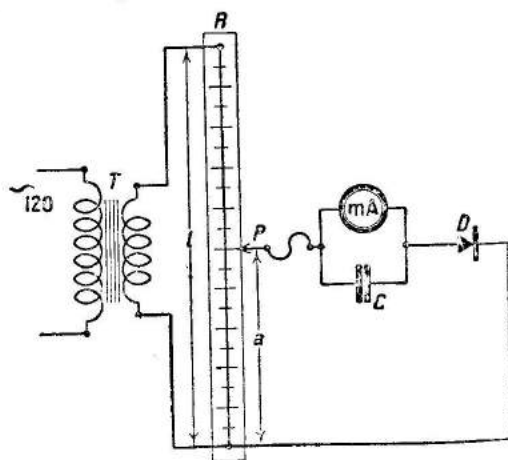


Рис. 378. Схема для снятия динамической характеристики детектора.

## ЭЛЕКТРОННЫЕ ЛАМПЫ.

### § 21. Типы электронных ламп и их параметры.

1. **Материал и конструкция электродов.** 1) Разрежение в электронных лампах достигает  $10^{-7}$ — $10^{-8}$  мм ртутного столба. В выпрямительных лампах — газотронах (§ 6, 3) — вместо вакуума баллон лампы заполняют инертным газом или иногда парами ртути. В этом случае процессы, происходящие в лампе при ее работе, являются ионными, а не чисто электронными. В лампах, требующих значительного разрежения, удаление последних следов газа производится химическим путем. Для этого в баллон вводят металлический магний или барий. После сильного прогрева эти металлы испаряются, соединяются с остатками газов и откладываются на стенках в виде серебристого (магний) или темного слоя.

2) **Материал катодов.** В современных электронных лампах для устройства катодов (нитей накала) употребляется как основной материал вольфрам. Различают следующие катоды:

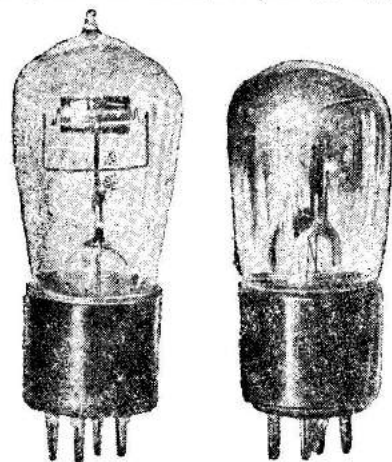


Рис. 379. I и II. Электронные лампы П-7 и ПТ-2 (микро).

а) **Вольфрамовый катод** состоит из чистого вольфрама без каких-либо примесей. Вольфрамовый катод употребляется в настоящее время почти исключительно в мощных генераторных лампах, в которых весьма трудно получить устойчивую работу с катодами других типов. Для работ измерительного порядка выпускаются лампы П-7 с вольфрамовым катодом (рис. 379, I). Эти лампы отличаются постоянством тока эмиссии и не боятся перекала и механических повреждений, почему в школе, в особенности при первых работах по радио, являются незаменимыми.

Температура накала катода берется в пределах  $2400$ — $2600^\circ\text{K}$ , благодаря чему лампы горят с такой же примерно степенью накала, что и обычные лампы накаливания.

б) **Торированный катод** состоит из вольфрамовой нити, содержащей внутри себя небольшую примесь металлического тория и покрытую на своей поверхности тончайшим слоем (толщиной „в один атом“) этого металла.

При работе температура накала берется  $1700$ — $1800^\circ\text{K}$ , почему лампа „горит“ красным накалом. При больших температурах в зависимости от степени перекала поверхностный слой вследствие усиленного испарения тория более или менее быстро исчезает, так как убыль последнего не успевает пополняться посредством диффузии из тела нити.

Лампа в этом случае отказывается работать. Для восстановления активного слоя на поверхности катода ее следует накаливать в течение нескольких секунд током в два-три раза более сильным, чем нормальный.

Потеря тория происходит также и при нормальной работе лампы. Срок ее службы определяется не перегоранием катода, а истощением тория не только на поверхности, но и внутри катода. Лампы с торированным катодом применяются теперь сравнительно редко, но лампа ПТ-2 (рис. 379, II), называемая ранее микролампой, хороша для работ по радио в школе благодаря своей дешевизне. Ток накала требуется ей почти в 10 раз меньше, чем для лампы П-7.

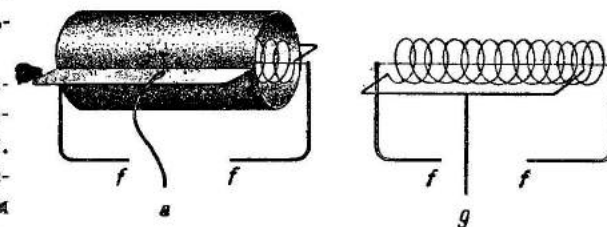


Рис. 380. Устройство электродов ламп П-7 и ПТ-2.

в) **Оксидные катоды** получили в современных лампах широкое применение. Оксидный катод состоит из платиновой, никелевой или сделанной из особого сплава проволоки, покрытой окислами щелочных металлов: кальция, бария, стронция. Окислы, в свою очередь, обработаны так, что на их поверхности имеется активный слой (мономолекулярный) металлов толщиной „не более одного атома“.

Нормальная температура накала оксидных катодов  $900$ — $1000^\circ\text{K}$ , благодаря чему накал катода мало заметен. При перекале оксидный слой дезактивируется, и лампа выбывает из строя.

г) **Бариевый катод** работает при температуре  $700$ — $900^\circ\text{K}$ , благодаря чему накал его на глаз почти незаметен. При сильных перекалах (в  $2\frac{1}{2}$ —3 раза больше нормального) активный слой, состоящий из мономолекулярного слоя бария, разрушается, и лампа, таким образом, гибнет. Вообще же некоторый кратковременный перегрев катода отражается не так губительно, как у торированных ламп. По сравнению с оксидными катодами бариевые дают большую эмиссию на каждый ватт накала.

д) **Карбидированный катод** представляет собой видоизменение торированного и по сравнению с последним дает большую устойчивость эмиссии и экономичность. Отличие от торированного катода заключается в том, что активный слой тория располагается на слое карбида вольфрама, а не на чистом металле.

Температура нагрева катода несколько выше, чем у торированного, и равна  $1900$ — $2000^\circ\text{K}$ .

3) **Форма катода.** В простейшем случае катод имеет форму прямой нити  $ff$  (см. рис. 380) или в лампах с плоскими анодами — перевернутой кверху ногами буквы V и W (см. рис. 382 и 385).



О подогревных катодах см. ниже § 22, 2.

4) Форма анода. В лампах П-7 и ПТ-2 (рис. 379 и 380), а также в некоторых усилительных, например, СО-148, СО-122 (см. рис. 386 и 387) и генераторных Г-1, ГKB-4, ГТ-65 и т. п. (см. рис. 389), применяют цилиндрические аноды  $a$ . Кроме цилиндрических анодов, применяются также плоские аноды  $a$  (см. рис. 382—385).

2. Условные обозначения типов ламп обыкновенно состоят из двух букв и числа, например УК-30.

Первая буква обозначает:

П — приемная (универсальная) лампа;

У — усилительная лампа;

Г — генераторная лампа;

М — модуляторная или мощноусилительная;

С — лампа специального назначения (например с двумя или тремя сетками);

В — выпрямительная лампа (двухэлектродная);

Т — трансляционная лампа (усилительная для трансляций).

Вторая буква показывает материал катода:

К — карбидированный катод;

Т — торированный катод;

О — оксидный катод;

Б — бариевый катод.

Примечание. Отсутствие второй буквы соответствует катоду, сделанному из чистого вольфрама.

Вторая буква Г указывает, что лампа наполнена газом.

Число в названии лампы является заводским порядковым номером и само по себе не характеризует ее основные свойства.

Примеры.

ВО-116 — выпрямительная лампа с оксидным катодом (заводской номер типа — 116).

ПТ-2 — приемная (универсальная) лампа с торированным катодом (заводской номер 2) (старое название — микролампа).

УК-30 — усилительная лампа с карбидированным катодом.

П-7 — приемная лампа с вольфрамовым катодом (старое название Р-5).

ГК-36 — генераторная лампа с карбидированным катодом (мощность 20 вт).

3. Обозначения параметров электронных ламп. В таблицах 24—28 приведены типы ламп, в которых преподаватель может нуждаться при работах по радио в школе.

Принятые для обозначения различных параметров ламп буквы значат следующее:

$U_f$  в в — напряжение накала в вольтах;

$I_f$  в а — ток накала в амперах;

$U_a$  в в — анодное напряжение в вольтах;

$I_a$  в ма — анодный ток (ток эмиссии) в миллиамперах;

$\mu$  — коэффициент усиления лампы<sup>1)</sup>;

$S$  в ма/в — крутизна характеристики в миллиамперах на вольт<sup>2)</sup>;

$R_i$  в ом — сопротивление (внутреннее) на участке нить — анод (переменному току) в омах;

$G$  в мвт/в<sup>2</sup> — добротность лампы<sup>3)</sup> в милливаттах на (вольт)<sup>2</sup>;

$U_{вв}$  — выпрямленное напряжение в вольтах;

$I_{вма}$  — выпрямленный ток в миллиамперах;

$P_a$  в вт — мощность, рассеиваемая на аноде, в ваттах;

$P_R$  в мвт — мощность в милливаттах при неискаженной передаче;

$U_{(g)}$  в в — напряжение на экранирующей сетке в вольтах;

$U_g$  в в — напряжение смещения на управляющей сетке.

4. Выпрямительные лампы (кенотроны) служат для выпрямления переменного тока, т. е. превращения его в ток одного направления (прямой ток).

Таблица 24.

Общие данные кенотронов с оксидным катодом<sup>4)</sup>.

Тип кенотрона <sup>5)</sup>	ВО-116 (2В-400)	ВО-125 (ВО-202)	ВО-188	ВО-196
Число анодов . . . . .	2	2	2	1
Напряжение накала $U_f$ в в . . . .	4	3,6	4	4
Ток накала $I_f$ в а . . . . .	1,95	0,42	2,3	3,2
Средняя крутизна $S$ в ма/в . . . .	$\geq 2,7$	$\geq 1,7$	$\geq 6$	$\geq 13$
Выпрямленное напряжение $U_a$ в в . .	400	240	500	850
Выпрямленный ток $I_a$ в ма . . . .	130	37	150	150
Напряжение анодного трансформатора в в . . . . .	$2 \times 420$	$2 \times 230$	$2 \times 470$	770

Из перечисленных типов электронных выпрямителей (кенотронов) в практике школы находят себе применение типы ВО-125 (ВО-202) и ВО-116 (рис. 381 и 382). Эти кенотроны имеют по два анода  $a_1$  и  $a_2$  и катод  $ff$  (рис. 382, II и III).

Описанные кенотроны ВО-116 и ВО-125 служат для выпрямления обоих полупериодов переменного тока в так называемых двухтактных схемах (см. рис. 157 и 158). На рисунке 382, I показана конструкция

<sup>1)</sup> Коэффициент усиления лампы показывает, какому напряжению, приложенному к аноду лампы, равно по своему действию на анодный ток напряжение в 1 в потенциала сетки;  $1/\mu$  называется проницаемостью лампы.

<sup>2)</sup> Коэффициент крутизны численно показывает, на сколько изменяется анодный ток при изменении потенциала сетки на 1 в.

<sup>3)</sup>  $G = \tau \cdot S$  и характеризует мощность, которая может быть получена в анодной цепи. Коэффициент добротности лампы численно равен восьмеренной мощности переменного тока, выделяемой в сопротивлении  $R = R_R$ , включенном в анодную цепь лампы, при подаче на сетку переменного напряжения с амплитудой в 1 в.

<sup>4)</sup> Данные каталога: «Электронные выпрямительные лампы», Главлэспром 1936.

<sup>5)</sup> По новому обозначению: первая цифра показывает количество анодов; буква В — соответствует слову выпрямитель; для ламп с амплитудой обратного напряжения более 1000 в за буквами ставится число, равное амплитуде обратного напряжения, в кВ; число, стоящее после тире, равно амплитуде анодного тока в ма; последняя значащая цифра показывает модель лампы.

кенотрона К-2-Т, предназначенного для выпрямителей ЛВ-2 (см. рис. 164—165). Так как К-2-Т в настоящее время не изготавливается, то в выпрямителе ЛВ-2 его можно заменить ВО-125 или ВО-202. Кенотрон ВО-116 является более мощным, чем ВО-125, и употребляется для четырехламповых приемников (ЭЧС, ЭКЛ-34) и одновременно для питания подмагничивающей обмотки динамика. Кенотроны ВО-188 и ВО-196 позволяют получать до 150 мА при напряжениях соответственно 500 и 850 в, что нужно в школьных условиях для питания генераторов у. к. в.

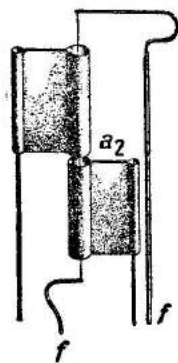


Рис. 381. I. Устройство электродов кенотрона К-2-Т.



Рис. 381. II. Кенотрон ВО-116.

Для мощных выпрямителей, т. е., например, для получения токов 0,3 и 0,6 а, надо пользоваться газотронами ВГ-161 и ВГ-129.

Для получения выпрямленного тока с напряжением до 1500 в следует брать кенотроны В-17 (В4-200).

Расположение выводов к ножкам цоколя показано на рисунке 390.

**5. Приемные (универсальные) лампы** (см. рис. 379, 380 и 383) являются универсальными и могут употребляться для усиления высокой и низкой частот, для детектирования и даже для генерирования. Но эти лампы по качествам усиления и генерирования значительно уступают специальным (усилительным и генераторным) лампам, почему их применяют только в простейших приемниках и усилителях. Они весьма ценны также для работ по радио в средней школе, где сложные типы приемников, как правило, не рассматриваются и не строятся.

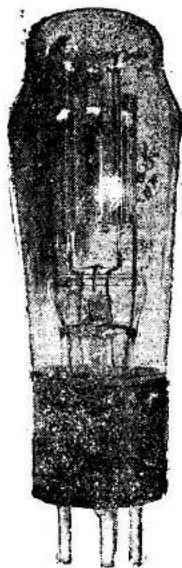


Рис. 382. I. Кенотрон ВО-125 (ВО-202).

Как в простых, так и в сложных приемных устройствах универсальные лампы могут быть с достаточным успехом применены для детектирования. В этом случае следует брать на анод наименьшее из указанных напряжений; большие напряжения употребляются при использовании ламп в качестве усилительных. Таблица 25 показывает, что коэффициент усиления  $\mu$  приемных ламп не высок и колеблется примерно в пределах 8—12; крутизна характеристики в старых типах  $S = 0,3—0,4$  мА/в, в новых типах  $S = 1,2—1,8$  мА/в.

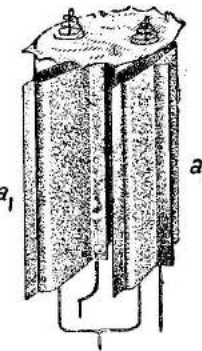
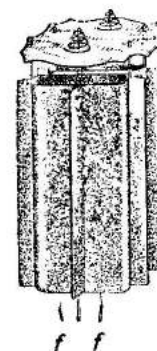
ПТ-2 несколько лет назад имела широкое распространение и была известна под названием микролампы (см. рис. 379). Лампа имеет весьма простую конструкцию электродов и прямую нить (см. рис. 380). Полезна как наиболее дешевая лампа. Очень чувствительна к перекалу, теряя в этом случае через короткое время свою эмиссию. Накал производится постоянным током.

П-7 одна из первых ламп, имевшая название Р-5 и широко употребляемая в первых ламповых приемниках (см. рис. 379 и 380). Имеет

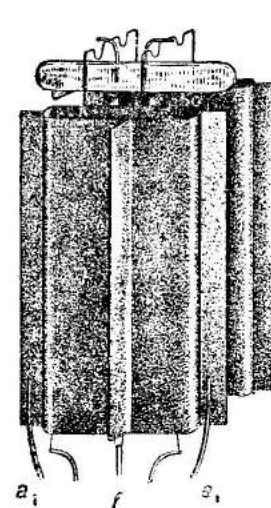
Таблица 25.

Типы и параметры приемных (универсальных) ламп (триоды).

Типы ламп	$U_f$ в в	$I_f$ в а	$U_a$ в в	$I_a$ в ма	$\mu$	$S$ в ма/в	$R_i$ 10 <sup>3</sup> ом	$G$ в мет/в <sup>2</sup>
ПТ-2 . . .	3,6	0,07	40—120	6—8	10—13	0,35—0,45	25—30	4—5
П-7 . . .	3,8	0,7	40—160	6—8	8—10	0,25—0,3	25—30	3
ПБ-108 . .	1—1,2	0,08—0,1	40—80	6—8	7—9	0,4—0,5	18—20	3—4
УБ-107 . .	4	0,008	80—160	25	10—12	1,1—1,4	10	10—12
ПО-119 . .	4	0,9—1,1	80—240	60—70	10—14	1,8—2,4	5—6	24—28
УБ-152 . .	2	0,1	40—120	15—18	11—12	1,7	6—7	17—20



ВО-202



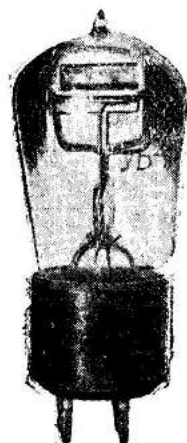
ВО-116



Рис. 382, II и III. Устройство электродов ВО-125 (ВО-202) и ВО-116.

чисто вольфрамовый катод; не боится перекала, как ПТ-2, и весьма устойчива по отношению к механическим сотрясениям. В настоящее время употребляется при всякого рода измерениях. Особенно должна быть рекомендована для нижеописанных опытов и при изучении схем простейших приемников как лампа, которую „трудно испортить“. Недостаток ее (помимо невысококачественных параметров) в необходимости питать ее постоянным током сравнительно значительной силы — до 0,7а.

УБ-107 имеет лучшие параметры, чем ПТ-2 благодаря применению бариевого катода (ср. величины  $S$ ,  $R$  и  $G$ , приведенные в таблице 25). Для накала лампы требуется постоянный ток. Внешний вид и форма электродов, анода  $a$ , сетки  $g$  и катода  $f$ , показаны на рисунке 383. Нить  $ff$  накала имеет W-образную форму; анод — плоский.



УБ-152 интересна тем, что напряжение накала равно 2 в; это позволяет пользоваться для ее питания одним кислотным аккумулятором.

ПО-119 единственная из всей рассматриваемой серии может быть питаема переменным током, так как имеет подогревный катод.

6. Усилительные лампы должны быть разбиты на две группы: 1) лампы-усилители напряжения и 2) лампы-усилители мощно-

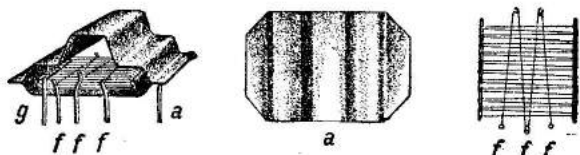


Рис. 383. Электронная лампа УБ-107 и устройство ее электродов.

сти. Первые употребляются, главным образом, в усилителях низкой частоты с дросселями и сопротивлениями и также в качестве усилителей с трансформаторами и детекторов. Лампы-усилители мощности находят себе применение в оконечных каскадах мощных усилителей низкой частоты.

Таблица 26.

Типы и параметры усилительных ламп напряжения (триоды).

Типы ламп	$U_f$ в в	$I_f$ в а	$U_a$ в в	$I_a$ в ма	$\mu$	$S$ в ма/в	$R_i$ $10^3$ ом	Примечание
УБ-110	4	0,08	80—160	25	20—25	1,1—1,4	13—20	
ТО-141	2,6	1	220	120	25	2,4	10—11	
УБ-178	2	0,1	80	15—18	35	0,9—1	35—40	
СО-118	4	1,1	160—240	—	28—36	1,8—2,7	14—18	С подогревом

Следует обратить внимание прежде всего на лампу УБ-178, требующую для своего накала напряжения 2 в, т. е. питания от одного кислот-

ного аккумулятора (см. лампу приемную УБ-152). Наконец, интересна лампа СО-118 с подогревным катодом, т. е. допускающим нагрев ее при помощи переменного тока (рис. 384 и 392).

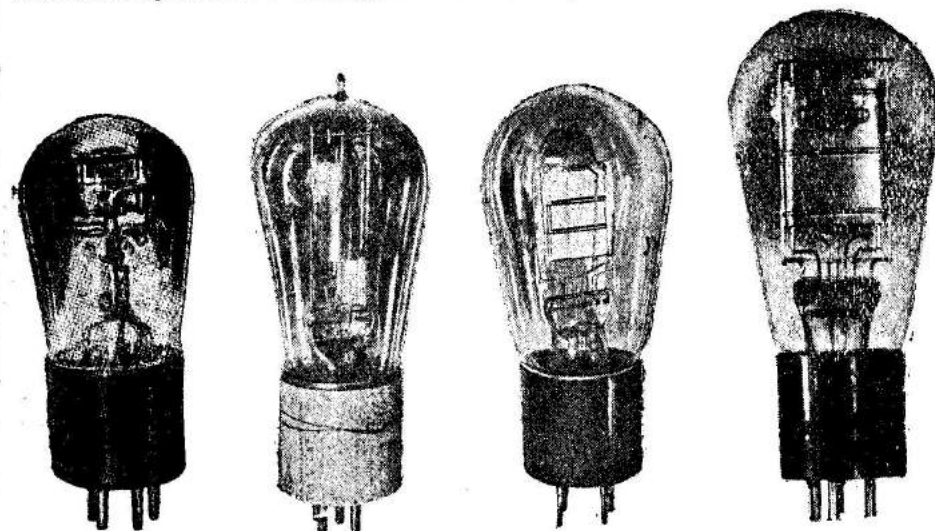


Рис. 384. Электронные лампы: УБ-110, СО-118, УК-30, УО-104.

Все перечисленные выше лампы являются триодами, так как имеют три электрода: анод  $a$ , нить накала  $ff$  и сетку  $g$ , которые выведены к ножкам цоколя указанным на рисунке 390 образом. Пять ножек имеют подогревные лампы ПО-119 и СО-118, у которых электрод, соответствующий катоду, присоединен к средней ножке  $k$  на цоколе (см. рис. 390). Лампы ПО-119 и СО-118 требуют для своего питания переменного тока напряжением в 4 в, получаемого, например, от силового трансформа-

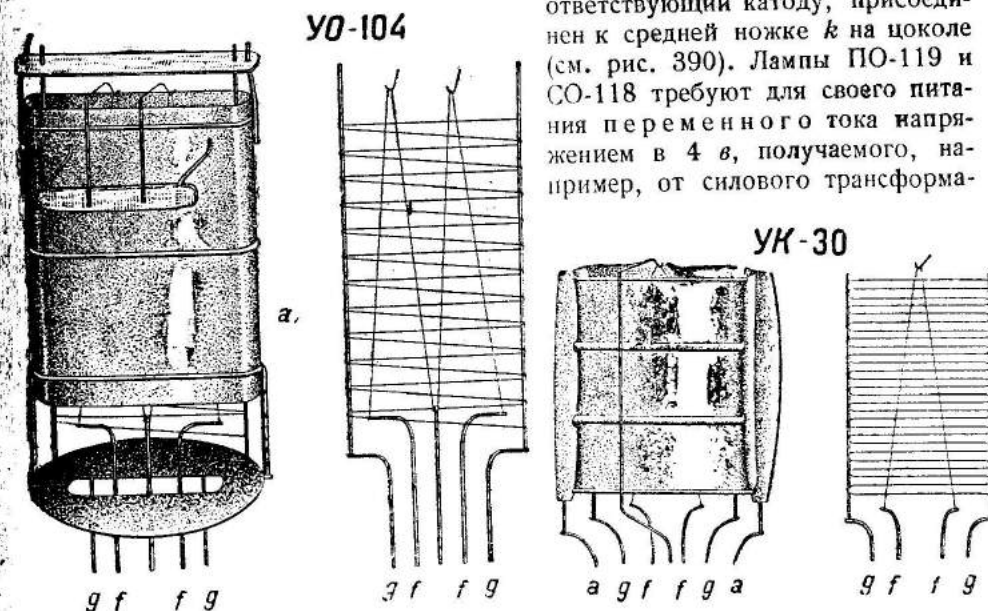


Рис. 385. Устройство электродов ламп: УО-104 и УК-30.



Таблица 27.

Типы и параметры усилительных ламп мощности (триоды).

Типы ламп	$U_f$ в в	$I_f$ в а	$U_a$ в в	$I_a$ в ма	$\mu$	$S$ в ма/в	$R_i$ в ом	$G$ в мвт/в <sup>2</sup>	$P_R$ в вт	$P_{a\max}$ в вт
УК-30 . .	5,6	0,7—0,95	240—400	150—220	8—12	1,2—1,9	5—7	15—18	800	8
УО-104 . .	4	0,75	160—240	—	4—5	3,0	1,2—1,5	12—15	1000	12
ТО-142 . .	2,5	1,0	220	115	12	2,5	4—5	30	—	6
ТО-143 . .	3,5	1,0	220	130	4—5	2,8	1,5—1,8	12—14	—	10
УБ-132 . .	4	0,15	160	70	8—9	2,2	3,5—4	18—20	250	3
УБ-153 . .	2	0,2	80—120	—	8—10	2,5	3,5—4	20—25	—	—
УБ-179 . .	4	2	300	—	6	6	1	35	—	30
УБ-180 . .	4	2	750	—	5	5—7	1—0,8	35	—	50

тора (§ 4, 2). Питание накала у всех остальных ламп должно производиться постоянным током по схеме рисунка 391. Однако эти же лампы можно накаливать переменным током по схеме рисунка 394 как в некоторых приемных, так и передающих устройствах. В школьных условиях для учебных схем, главным образом, нужны универсальные лампы. Лампы УБ-132, УО-104 служат обычно оконечными в усилителях низкой частоты (§ 19, 5). СО-118 используется в усилителях низкой частоты на сопротивлениях или применяется как детектор. С лампами УБ-179 и УБ-180 преподаватель встретится в установках звукового кино.

7. Специальные лампы. В таблице 28 приведены типы и параметры некоторых специальных ламп, которые преподаватель может увидеть в современных приемниках, питаемых от сети. Применять их при сборке учебных схем нельзя, но следует использовать их при настройке приемников и усилителей постоянного типа.

Таблица 28.

Типы и параметры специальных ламп.

Типы ламп	$U_f$ в в	$I_f$ в а	$U_a$ в в	$U_{(g)}$ в в	$U_{(f)}$ в в	$\mu$	$S$ в ма/в	$R_i$ в ом	$G$ в мвт/в <sup>2</sup>	$P_R$ в вт	$P_a$ в мвт
СО-124 .	4	1	240	60	—1,—2	425	2	210 000	850	—	4
СО-148 .	4	1	240	60—80	—1,—1,5	400	2	200 000	800	—	4
СО-122 .	4	1	240	140	—9,—12	140	2	70 000	280	1	5
СО-187 .	4	2	240	200	—6,—10	150	7	21 500	1050	3	8

Лампы СО-124 и СО-148 (рис. 386 и 387) являются четырехэлектродными, именно: у них между анодом  $a$  и управляющей сеткой  $g$  помещена так называемая экранирующая сетка ( $g$ ). Назначение этой сетки заключается в устранении электростатического воздействия между анодом  $a$  и управляющей сеткой  $g$ , или, говоря иными словами, в уменьшении «паразитной» емкости анод-сетка. Емкость анод-сетка весьма вредна для усилительной лампы, именно: она ведет к возникновению искажений и уменьшению усиления.

На рисунке 388 показана схема, разъясняющая действие экранирующей сетки. Пусть источник переменного тока замкнут через амперметр  $A$  и некоторое сопротивление  $R$  на конденсатор  $C$  (рис. 388, I). Тогда благодаря электростатическому полю, возникающему между пластинками конденсатора  $C$ , в цепи  $BCRAB$  возникнет некоторый ток, и амперметр даст отклонение. Если же между пластинками конденсатора поместить пластинку — экран ( $g$ ), то ток на участке  $CRAD$  исчезнет и амперметр  $A$  не даст отклонения (рис. 388, II). Подобную роль играет экранирующая сетка ( $g$ ), принимающая на себя большую часть силовых линий поля. На экранирующую сетку всегда дается некоторый положительный потенциал  $U_{(g)}$ , величина которого указана в таблице 28.

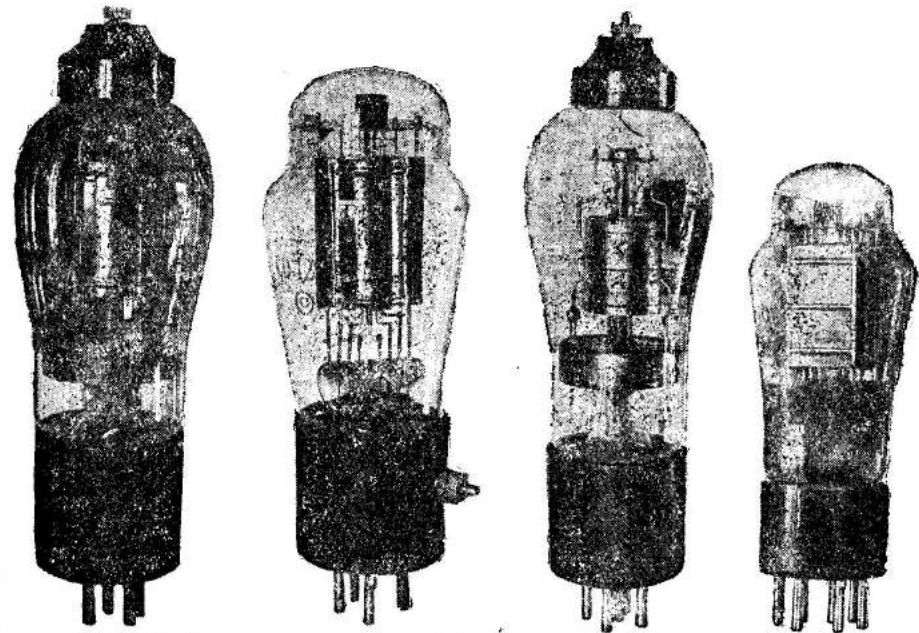
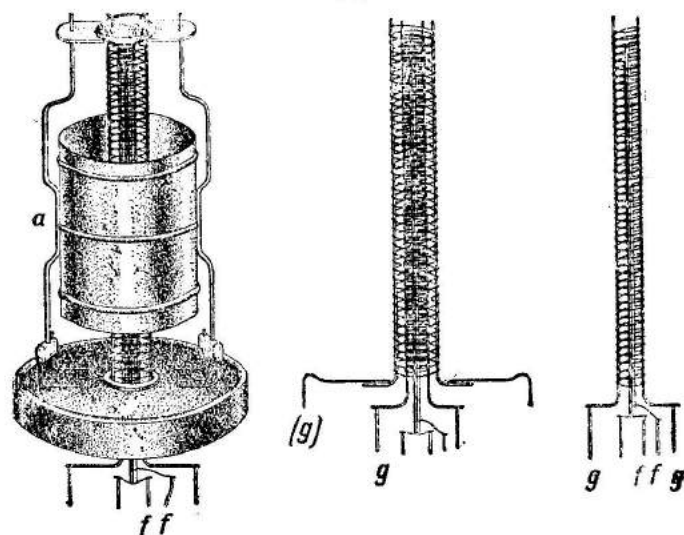


Рис. 386. Электронные лампы: СО-148, СО-122, СО-124 и СО-187.

Лампа СО-148 имеет переменные параметры и носит для отличия от простых экранированных ламп, например СО-124, название варимю. Лампы варимю характеризуются способностью давать значительно большее усиление на высокой частоте для слабых сигналов дальних станций, чем для сильных, что позволяет вести прием как тех, так и других без искажений. В конструктивном отношении СО-148 отличается от СО-124 только намоткой управляющей сетки. Лампа СО-148 употребляется исключительно для усиления высокой частоты и позволяет получить не искаженный прием как ближних, так и дальних станций. СО-124 хороша для усиления низкой частоты (§ 19, 5) и может использоваться и как детектор.

Лампа СО-122 имеет пять электродов: анод  $a$ , антидинаatronную сетку ( $adg$ ), экранирующую сетку ( $g$ ), управляющую сетку  $g$  и катод  $f$ . Антидинаatronная сетка ( $adg$ ) соединена с катодом внутри лампы.

## CO-148



## CO-122

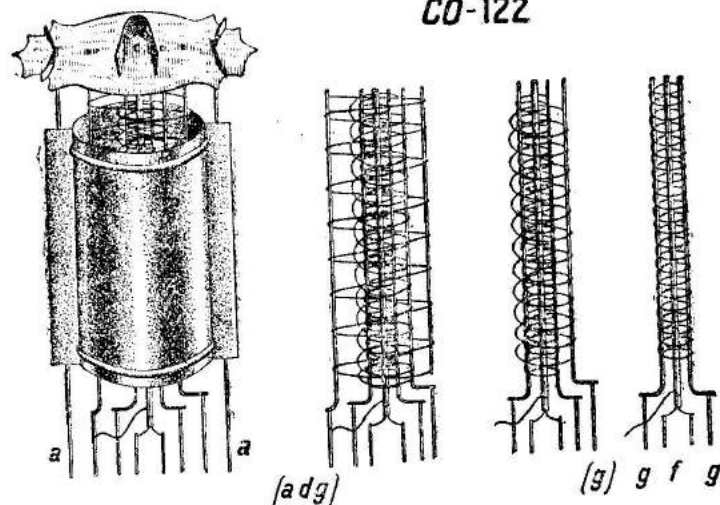


Рис. 387. Устройство электродов специальных ламп CO-148 и CO-122.

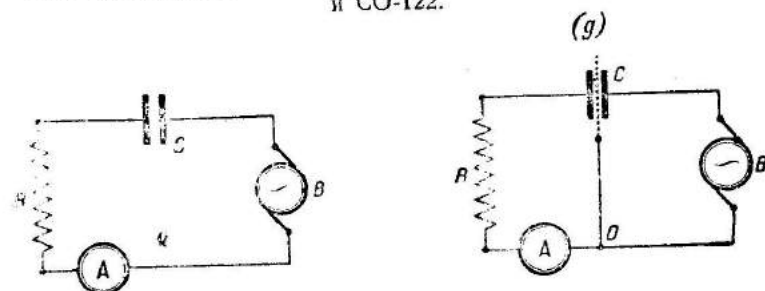


Рис. 388. I и II. Схемы для объяснения действия экранирующей сетки.

и поэтому всегда имеет тот же потенциал и, следовательно, по сравнению с анодом обладает меньшим, т. е. отрицательным, потенциалом. Расположена антидинатронная сетка между анодом  $a$  и экранирующей сеткой ( $g$ ). При мощном усилении низкой частоты, т. е. значительном изменении анодного тока, потенциал анода в некоторые моменты может делаться меньше постоянного потенциала экранирующей сетки. В этом случае так называемые вторичные электроны, выбитые с анода, будут создавать ток анод—экранирующая сетка, т. е. уменьшать общий анодный ток, что вызывает искажения. Это явление носит название динатронного эффекта. Антидинатронная сетка в пентоде не будет пропускать вторичных электронов к экранирующей сетке ( $g$ ) и тем самым устранять динатронный эффект. Лампа CO-122 позволяет

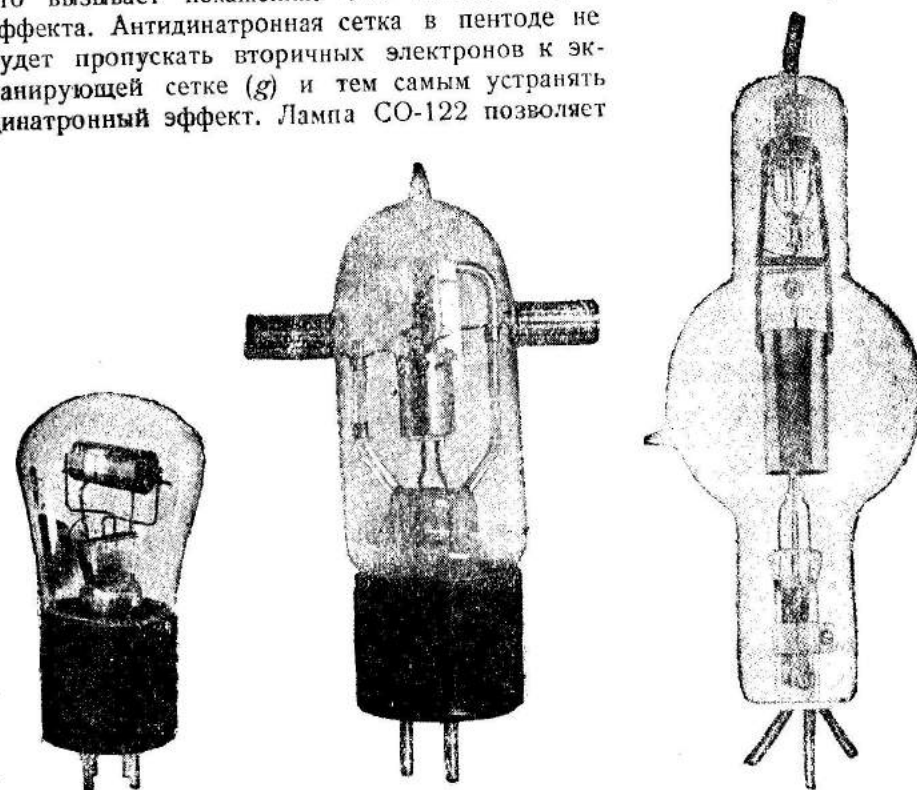


Рис. 389. Генераторные лампы: Г-1, ГКВ-4 и М-41.

получить до 1 *вт* неискаженной передачи. Выводы от электродов к ножкам лампы показаны на рисунке 390.

**8. Генераторные лампы.** Для генерирования колебаний проще всего пользоваться приемными или некоторыми усилительными лампами. Получаемая с этими лампами мощность зависит от их типа и колеблется в пределах от долей ватта до максимума в несколько ватт. В частности, в описанных ниже генераторах: радиопередвижке (§ 35,1), звуковом, Мэни и Кюна и др. (см. § 33, 4, 5, 7, 8), использованы лампы УБ-107, УБ-110, УБ-132, УК-30, УО-104. Особенно хорошо генерируют лампы УК-30.

Лампы, специально предназначенные для генерирования, имеют нить накала (из вольфрама), сетку и анод (рис. 389). С обозначением типа ламп существует значительная путаница, именно: некоторые из них имеют

до трех названий: два старых и одно новое — последнее. В школьных условиях нужны генераторные лампы Ж-9, Г-1 (Г-65) ГKB-4, ГK-36 и для получения сравнительно большой мощности (около 50 вт) лампа М-50 (она же М-41 и ГТ-5).

Таблица 29.

Маломощные генераторные лампы.

Тип	Новое обозначение	Старое обозначение	$U_f$ в в	$I_f$ в а	$U_a$ в в	$I_a$ в ма	$P_a$ в вт
Г-1 . . . .	Г-65	—	5,2	1,15—1,3	750	68	10
ГK-36 . . .	ГK-20	—	5,6	0,85	750	240	15
М-41 . . . .	М-50	ГТ-5	11	3,4	1200	200	50
ГKB-4 . . .	ГУ-4	—	7	1,8	500—700	—	25

Лампы Ж-9 и Г-65 (Г-1) имеют устройство, подобное приемной вольфрамовой лампе П-7 (см. рис. 379 и 389). Неудобство Г-65 (Г-1) состоит в том, что ее напряжение накала 5,2 в. Лампа ГKB-4, предназначенная для генерирования ультракоротких колебаний, на цоколе имеет выводы к нити накала, сетка и анод для уменьшения паразитной емкости выведены к контактам, помещенным на баллоне лампы.

## § 22. Питание накала и анодной цепи электронных ламп.

1. Лампы с накалом от постоянного тока. Напряжения накала и анодное всегда указываются в „паспорте“, прилагаемом при покупке лампы, или могут быть выяснены из таблиц 24—29.

Вообще же для усилительных ламп напряжения бывают: для накала — от 1 до 4 в; для анодной цепи — от 80 до 300 в; для генераторных употребляются напряжения: для накала — от 5 в; для анодной цепи — от 750 в.

Простейшие лампы с накалом от постоянного тока имеют на цоколе четыре ножки, из которых две, симметрично расположенные  $ff$ , соответствуют накалу, ножка  $a$ , наиболее удаленная от центра, — аноду и ножка  $g$  — сетке (рис. 390). Для накала лучше всего пользоваться аккумуляторами, из которых наиболее удобными являются 4-вольтовые батареи для радио. Об уходе за аккумуляторами и их зарядке см. т. 1, § 67 и 68.

Накал волоска лампы, т. е. его температура, должен быть строго определенный. При недокале катода лампа не будет совсем работать или даст незначительный эффект; наоборот, при перекале работа катода форсируется, и срок службы лампы сильно сокращается. Лампы же с террированными нитями особенно не терпят перекала (§ 21,1).

Для поддержания в катоде нормального для него тока в цепь накала включают реостат  $R$  (рис. 391). Величина сопротивления реостата и диаметр проволоки берутся в зависимости от типа лампы.

Ориентировочно можно принять для лампы:

- 1) П-7, УО-104 —  $R=5$  ом и  $d$  (проволоки)  $=0,5—0,6$  мм;
- 2) ПТ-2, УБ-107, УБ-110 —  $R=25$  ом и  $d=0,1—0,25$  мм;
- 3) УБ-132 —  $R=15$  ом и  $d=0,2—0,3$  мм;

Так как круглые реостаты для радиоприемников не всегда легко достать, то можно с успехом пользоваться реостатами с подзунком (см. т. III, § 16) или изготовить их своими силами.

Для контроля режима цепи накала можно пользоваться или амперметром  $A_f$ , включенным последовательно, или, лучше, вольтметром  $V_f$ , присоединяемым за реостатом к клеммам лампы параллельно (рис. 391).

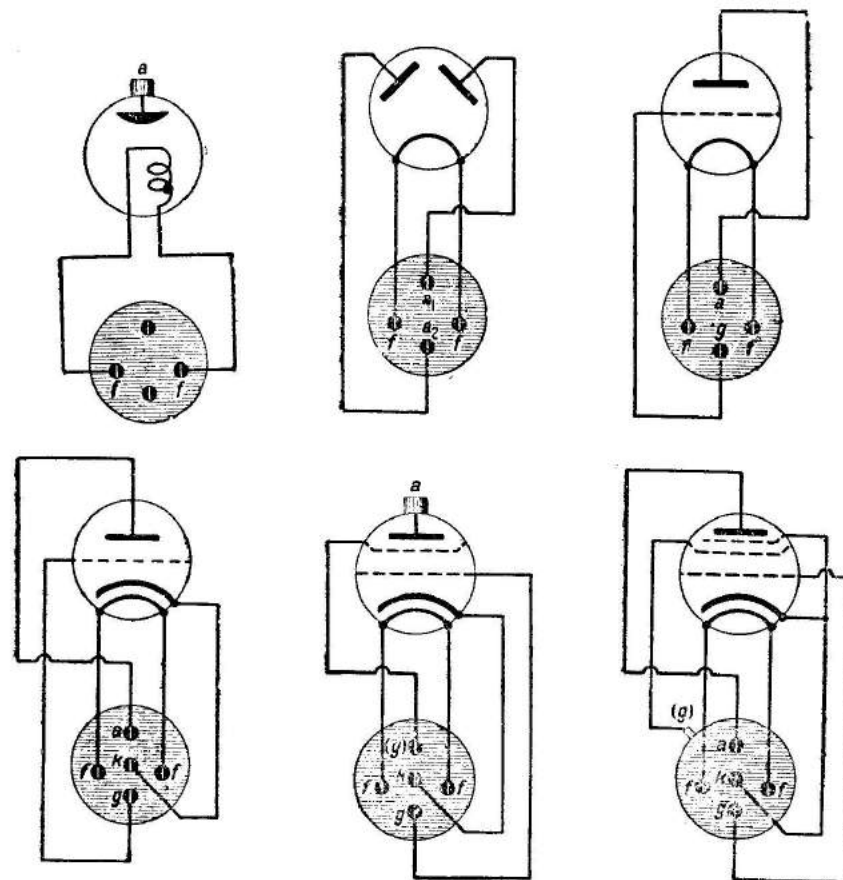


Рис. 390. Выводы у электронных ламп к ножкам цоколя. Обозначения:  $ff$  — нить накала;  $k$  — катод;  $a$  — анод;  $g$  — сетка и  $(g)$  — экранирующая сетка.

Выгоднее для контроля брать вольтметр, так как у него разница в показаниях для получения изменения температуры накала на некоторую определенную величину будет более значительной, чем у амперметра.

2. Лампы с подогревным катодом получают все большее и большее распространение, так как для своего питания требуют переменного тока. Для получения постоянной по величине эмиссии электронов (вне зависимости от периодических изменений силы переменного тока) катод (рис. 392) конструируют в виде фарфорового цилиндрика  $A$  ( $d \approx 1$  мм), нагреваемого находящейся внутри его вольфрамовой нитью  $ff$ . Фарфор закрыт сверху никелевым цилиндром, на который нанесен активный



оксидный слой. Переменный ток, накалив вольфрамовые проволочки, разогревает тем самым фарфоровый и никелевый цилиндры до температуры, при которой происходит излучение с оксидного слоя. Благодаря сравнительно значительной массе цилиндров они не успевают остывать при переменах тока и обеспечивают эмиссию постоянной величины.

У подогревных ламп пять ножек; *ff* — соответствуют накалу подогревающей вольфрамовой нити, *k* — подогретому катоду, излучающему электроны, *a* — аноду и *g* — сетке (см. рис. 390).

Питание накала производится от трансформатора, снижающего соответствующим образом напряжение переменного тока со 120 или 220 в. Очень удобен в школьных условиях для этого трансформатор от детских игрушек ОС-0,04 (рис. 80).

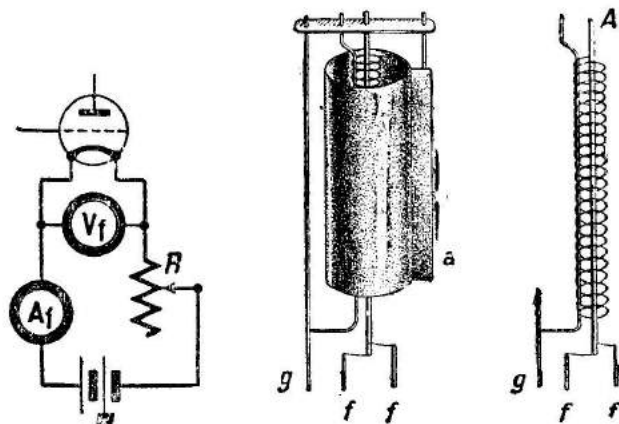


Рис. 391. Схема включения реостата накала.

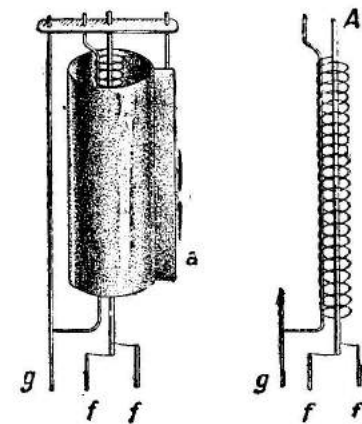


Рис. 392. Устройство подогревного катода (лампа CO-118).

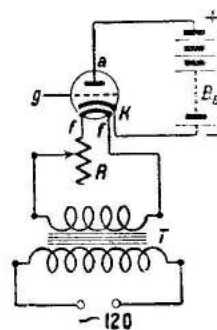


Рис. 393. Схема питания подогревной лампы от трансформатора.

Включение лампы с подогревом производится по схеме, показанной на рисунке 393. Плюс анодной батареи  $B_a$ , как всегда, приключается к аноду лампы *a*, минус к подогретому катоду *K*, но не к вольфрамовой нити. Нить *ff* присоединяется ко вторичной обмотке понижающего трансформатора *T*, в случае надобности через реостат *R*.

Следует иметь в виду, что лампы с нагревом начинают работать не сразу после включения накала, а только через некоторое время (около 1 минуты) после того, как катоды разогреются.

**3. Питание накала ламп переменным током.** В усилительных схемах некоторые лампы со сравнительно массивными катодами, требующими, между прочим, для своего питания малых напряжений и сравнительно сильных токов, работают без фона при непосредственном питании переменным током. К числу таких ламп относятся ТО-142, ТО-143, УО-104. Очень надежную работу на переменном токе дают лампы УК-30 в генераторе ультракоротких колебаний (§ 33,5).

Обязательным условием является присоединение минуса анода к средней точке накаливающей лампы трансформатора *T* (рис. 394) или к средней точке потенциометра  $P_1P_2$  (100—200 о.м.). Потенциометр с движком

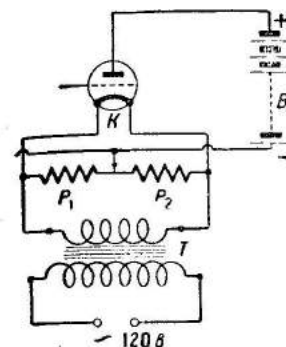


Рис. 394. Схема питания накала лампы от переменного тока а.

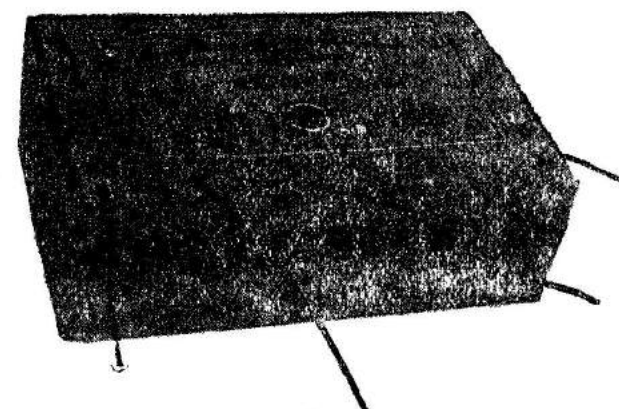


Рис. 395. Анодная сухая батарея с отводами для получения различных напряжений.

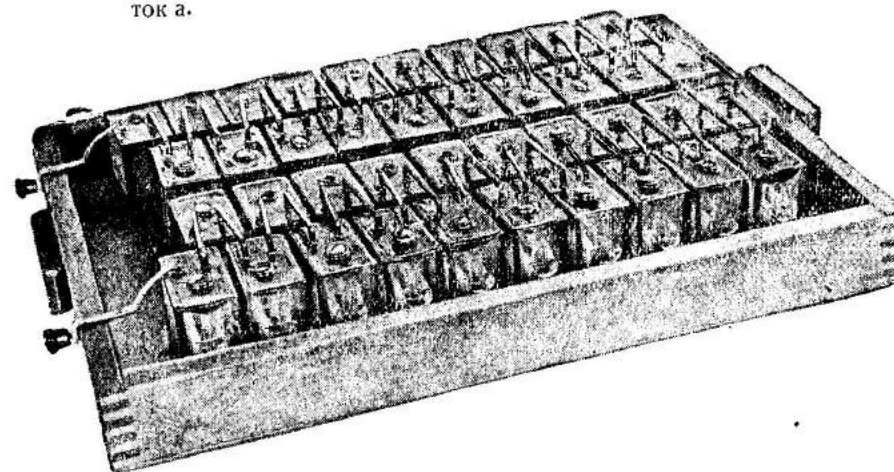


Рис. 396. Аккумуляторная анодная батарея.

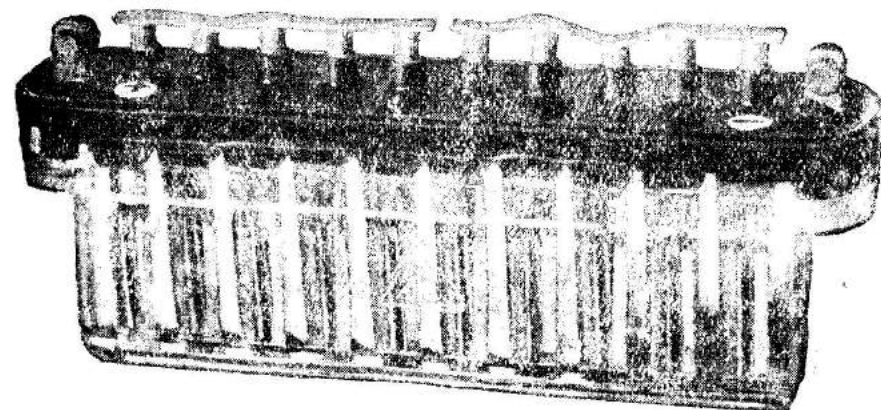


Рис. 397. Анодная аккумуляторная батарея на 20 в в общем стеклянном сосуде.

не пужен, и следует взять две проволочные катушки одинакового сопротивления, намотанные лучше бифилляром (см. т. III, рис. 218).

Лампа, питаемая переменным током, при сеточном детектировании дает некоторый фон.

Мощные генераторные лампы и кенотроны накаливаются почти всегда переменным током, что, между прочим, увеличивает срок их службы.

4. Анодная батарея. Питание анодной цепи от батарей элементов (рис. 395) или аккумуляторов (рис. 396 и 397) производится в настоящее время в исключительных случаях, так как употребление анодных выпрямителей много удобнее и стоит при эксплуатации дешевле.

О зарядке анодных аккумуляторов см. т. I, § 67.

5. Выпрямители для анодного тока. См. § 6, 6.

### § 23. Излучение электронов накаливаемыми телами. Двух-электродная лампа.

1. Демонстрация испускания электронов нитью лампочки накаливания при посредстве гальванометра. 1) Пустотная лампа накаливания. 2) Гальванометр. 3) Лейденская банка.

Берут послужившую пустотную вольфрамовую лампочку. Оклеивают ее листовым оловом так, чтобы обклейка не доходила на 1—2 см до цоколя (рис. 398). Соединяют обклейку через гальванометр (с чувстви-

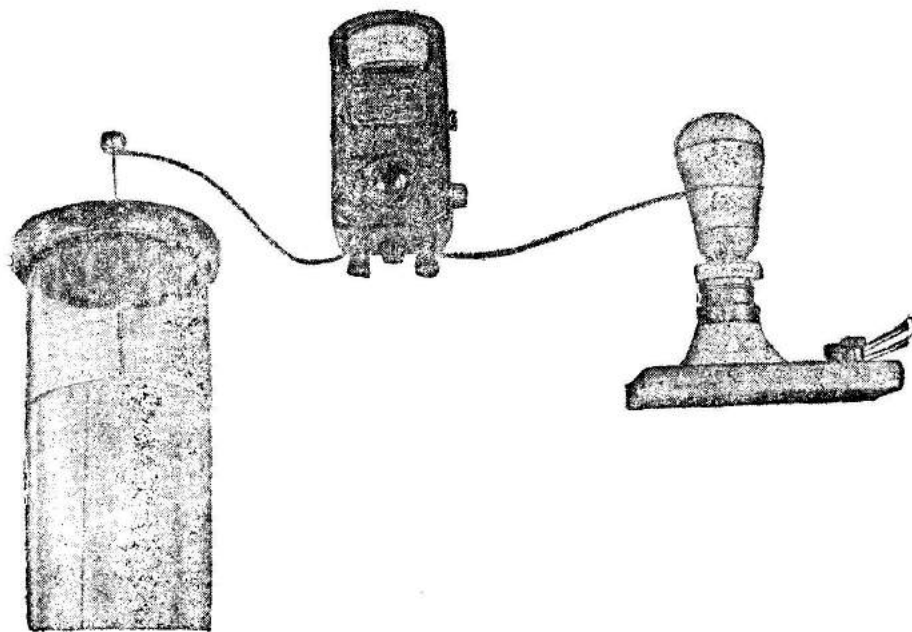


Рис. 398. Испускание электронов нитью лампы накаливания обнаруживается гальванометром.

тельностью около  $10^{-8} \text{ а}$ ) с внутренней обкладкой большой лейденской банки. Гальванометр изолируют от земли, поместив его на кусок эбонита или на сургуч и т. п.

Заряжают банку положительно. Часть этого заряда перейдет на обклейку. Однако эта часть будет весьма мала вследствие ничтожной емкости об-

клейки. Зажигают лампу. Гальванометр немедленно даст небольшое отклонение, так как на обклейку перетечет еще некоторая часть заряда. Это объясняется тем, что при зажигании лампы электроны, слетевшие с накаливаемой нити, оседают на внутренней стенке колбы лампы и таким образом, из обклейки и из этого слоя электронов образуется конденсатор, имеющий (вследствие тонкости стенок колбы)

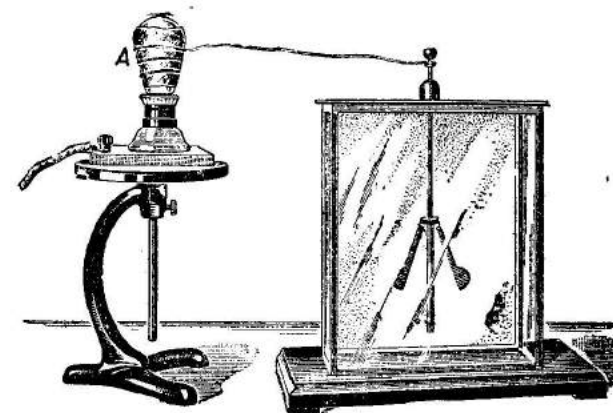


Рис. 399. Установка для обнаружения испускания электронов нитью лампы накаливания.

емкость, во много раз превышающую прежнюю емкость обклейки.

Повторяют этот опыт, зарядив банку отрицательно. Никакого отклонения гальванометр не дает.

Не следует ничем двигать перед стрелкой гальванометра, так как это вызовет, вследствие электризации через влияние, движение стрелки без всякого тока.

2. Обнаружение испускания электронов волоском лампы накаливания посредством электроскопа. 1) Пустотная лампа накаливания. 2) Чувствительный электроскоп. 3) Стекла и эбонитовая палочка. 4) Шерстяная материя и амальгамированная кожа.

Пустотную лампу оклеивают полоской станиоля А так, чтобы она отстояла на 2—3 см от цоколя (рис. 399). Чувствительный электроскоп соединяют проводом с обклейкой лампы. Если электроскоп посредством эбонитовой палочки зарядить отрицательно и включить лампу, то заряд не исчезает. При положительном заряде электроскоп быстро разряжается.

3. Обнаружение испускания электронов волоском лампы накаливания. 1) Пустотная лампа накаливания. 2) Стекла и эбонитовая палочка. 3) Шерстяная материя и амальгамированная кожа. 4) Цветное или запыленное стекло.

Подносят к выключенной лампе по очереди положительно и отрицательно заряженные палочки. Наблюдают движение волосков, которые притягиваются к заряженным палочкам, как и все вообще легкие тела. Отмечают отсутствие разницы в действии положительных и отрицательных зарядов.

Помещают перед лампой запыленное стекло для защиты глаз от действия яркого света. Включают лампу. Подносят сперва отрицательно заряженную палочку. Происходят те же явления, как и при холодном



волоске. Подносят теперь положительно заряженную палочку, — волосок остается неподвижным. Если палочку поднести к самому стеклу, слышен легкий треск искорки, заряжающей внешнюю поверхность колбы лампы положительно. При отведении положительно заряженной палочки в сторону волосок сильно выпучивается по направлению к колбе лампы (отвести палочку надо быстро).

Это выпучивание поддерживается в продолжение некоторого времени. Если рукой коснуться колбы, волоски немедленно принимают нормальное положение.

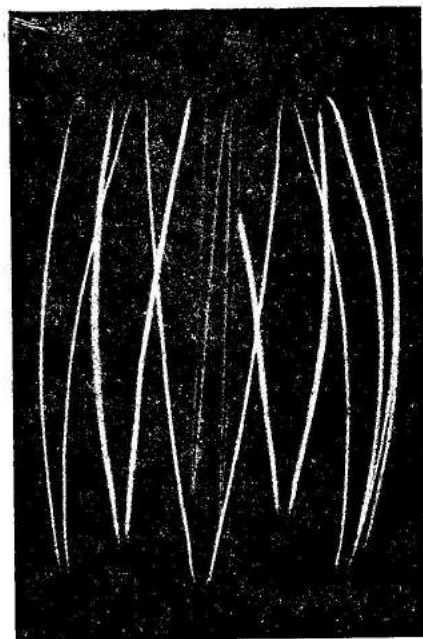


Рис. 400. Вид волосков пустотной лампочки, у которой стеклянный баллон заряжен положительно.

Объяснение заключается в том, что с волоска по направлению к положительному заряду двигаются электроны, испускаемые накалившимся волоском. Осаждаясь на стенке колбы, они создают внутри колбы поле, уничтожающее внешнее поле. Поэтому волосок остается в покое. После удаления положительно заряженной палочки электроны остаются на стенке колбы, и создаваемое этим обстоятельством поле внутри колбы заставляет волоски выпучиваться.

Когда положительный и отрицательный заряды на внешней и внутренней сторонах колбы соединяются сквозь прогретое стекло или когда внешний заряд будет снят рукой, внутреннее поле исчезает, и волосок принимает обычное положение.

Те же опыты можно произвести и с угольной лампой.

В некоторых лампах выпучиваются только те из волосков, которые расположены ближе к подносимому

заряду. В других лампах выпучиваются все волоски, причем получается форма бочки (рис. 400). Эта разница, вероятно, зависит от различия в электропроводности стенок колбы в различных лампах.

Этот опыт удается не со всякой лампой (нужен хороший вакуум) и не при всяком накале. Лучше выбрать послужившую (но не потемневшую) лампу. Если опыт не удастся сразу, надо, не смущаясь неудачей несколько раз повторить его. Часто это ведет к успеху, объясняемому, вероятно, улучшением вакуума лампы под действием поля.

Описанные опыты не удаются с лампами, имеющими недостаточный вакуум. Волоски при приближении отрицательного и при удалении положительного зарядов остаются в покое. Это объясняется большим количеством ионов, которые получают внутри лампы благодаря разряду между положительно и отрицательно заряженными частями волоска.

Удаление положительного заряда не вызывает при недостаточном вакууме выпучивание волоска, потому что имеющиеся внутри колбы положительные ионы немедленно уничтожают отрицательный заряд на стенке, как только положительно заряженная палка будет удалена.

Приближение отрицательного заряда не вызывает выпучивание волоска, потому что по направлению к заряду летят положительные ионы, которые и осаждаются на стенках колбы, уничтожая этим поле внутри колбы.

Правильность этого объяснения подтверждается следующим наблюдением. Если перебрать несколько лампочек, то легко подобрать такую, у которой описанные в этом параграфе опыты удаются при быстром приближении отрицательного заряда и быстром удалении положительного заряда, но не удаются при медленном движении зарядов. Это объясняется так. Присутствие отрицательного заряда на стенке, обуславливая появление положительного заряда на волоске, уменьшает испускание им электронов. При достаточной величине отрицательного заряда электронный ток может быть и совсем прекращен (заперт). Это вызывает прекращение образования новых пар ионов. Вследствие воссоединения ионов число их внутри колбы быстро уменьшается. Поэтому, после того как такой „запирающий электроны“ заряд на стенке колбы образовался, он уже будет держаться долго, так как ионов, которые могли бы его разрядить, в колбе нет. Однако если приближать отрицательный или удалять положительный заряды медленно, то за время движения заряда успеет образоваться достаточное число ионов, чтобы уничтожить поле внутри лампы при приближении отрицательного заряда (или чтобы уничтожить заряд, осевший на внутренней стороне колбы при удалении положительного заряда). При быстром же движении этого не случится.

Таким образом, чем меньше скорость движения заряда, при которой получается выпучивание волосков, тем совершеннее вакуум.

**4. Формулы Ричардсона и Лэнгмюра.** Ричардсон, подходя к решению вопроса теоретическим путем, дал следующее соотношение, позволяющее определить количество электричества, излучаемое поверхностью катода в единицу времени, т. е. силу тока:

$$I_e = F_f a T^2 e^{-\frac{b}{T}},$$

где  $F_f$  — поверхность катода в  $\text{см}^2$ ,  $T$  — абсолютная температура накала нити,  $a$  и  $b$  — некоторые постоянные величины, зависящие от вещества катода (нити) и определяемые из опыта;  $e = 2,7183$ .

Для вольфрама:

$$a = 2,36 \cdot 10^7 \text{ и } b = 52\,600.$$

Для практических расчетов в настоящее время служит более простая формула Воынкина:

$$I_e = F_f a_1 10^{-\frac{b_1}{T}}.$$

Величины  $a_1$  и  $b_1$  равны:

Материал катода	Вольфрам	Торированный вольфрам	Оксидный катод
$a_1$	$1,48 \cdot 10^9$	$3,4 \cdot 10^7$	$6 \cdot 10^4$
$b_1$	24 400	14 300	7200



График рисунка 401 показывает изменение электронного тока, излучаемого с  $1 \text{ см}^2$  поверхности вольфрамового катода при различных температурах последнего.

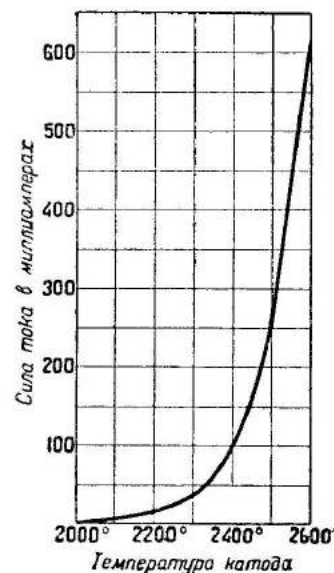


Рис. 401. Кривая Ричардсона.

Таким образом, по формуле Ричардсона может быть определена величина тока насыщения для данной температуры накала.

Лэнгмюр теоретическим путем установил следующую зависимость анодного тока от величины напряжения на аноде, допуская между прочим, что катод излучает какое угодно число электронов:

$$I_a = 14,65 \cdot 10^{-6} \frac{l_a}{r_a} U_a^{\frac{3}{2}},$$

где  $l_a$  и  $r_a$  — соответственно длина и радиус цилиндрического анода и  $U_a$  — напряжение на аноде<sup>1)</sup>.

Для плоского электрода эта формула принимает иной вид.

График рисунка 402 показывает зависимость анодного тока от напряжения на аноде.

Сила тока, однако, будет возрастать не бесконечно, а только до некоторого определенного значения, определяемого по формуле Ричардсона.

Следовательно, кривая Лэнгмюра должна при этом значении тока перейти в прямую, параллельную оси, так как дальнейшее увеличение потенциала анода не поведет к возрастанию силы тока (все электроны попадают на анод). Для разных накалов ординаты  $I_1, I_2, I_3$  соответствующих прямых  $AB, CD, EF$  будут тем больше, чем выше температура нити.

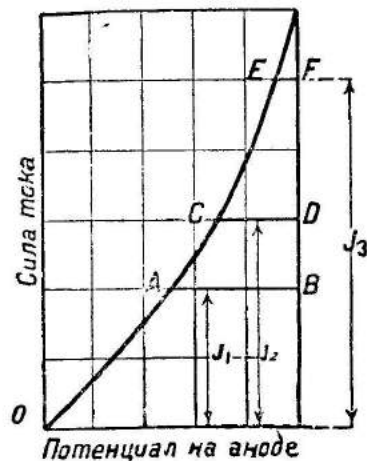


Рис. 402. Зависимости анодного тока от величины потенциала анода.

Полученные кривые  $OAB, OCD, OEF$  носят название теоретических характеристик двухэлектродной лампы.

**5. Накаливание анода электронной бомбардировкой.** 1) Лампа П-7. 2) Панель для лампы, VI. 3) Реостат накала, VIII. 4) Батарея накала.

Лампу П-7 (рис. 403), предварительно соединив у нее вместе сетку и анод,

1) Формула дана в несколько упрощенном виде, возможном для случая  $\frac{r_a}{r_f} \geq 10$ , где  $r_f$  радиус нити.

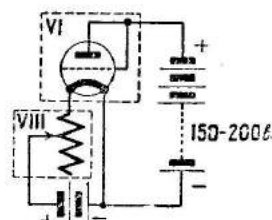


Рис. 403. Схема для демонстрации накаливания анода.

присоединяют к источнику тока 150—200 в<sup>1)</sup>. Анод лампы сравнительно быстро раскаливается под влиянием анодной бомбардировки докрасна. Накал лампы при опыте следует взять повышенным. Лампу после нагрева анода долгое время оставлять под током нельзя — она может лопнуть.

**6. Выпрямление электронной лампой переменного тока.** 1) Электронная лампа П-7 или ВО-116. 2) Панель для лампы, VI. 3) Батарея накала. 4) Реостат накала, VIII. 5) Гальванометр демонстрационный. 6) Телефонные трубки.

Так как в двухэлектродной катодной лампе ток между анодом и нитью может течь только в одном направлении, то лампу можно употреблять для выпрямления переменного тока. На рисунке 404 показана схема простейшей выпрямительной установки.

Составляя цепь накала по обычной схеме, соединяют анод лампы с одним из проводов электрического освещения через гальванометр G.

Другой проводник включают к одному из полюсов батареи накала  $B_f$ . Вместо лампы П-7 можно взять также ВО-116, ВО-125 или ВО-202, включив аноды параллельно. Гальванометр, способный регистрировать только постоянный ток, даст отклонение, указывая тем самым, что в цепи течет постоянный выпрямленный ток. Легко выяснить, что получается пульсирующий ток, текущий в одном направлении толчками с правильными интервалами. Если выпрямляемый переменный ток имеет 50 периодов, то, следовательно, в 1 секунду мы будем иметь 50 пульсаций продолжительностью в 0,01 секунды каждая и 50 промежутков такой же продолжительности, когда ток в цепи будет отсутствовать.

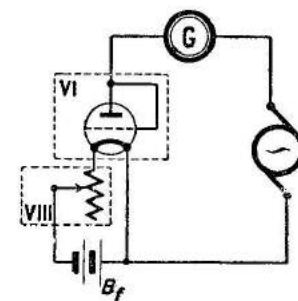


Рис. 404. Схема для демонстрации выпрямления электронной лампой переменного тока.

Если вместо гальванометра включить телефонные трубки или репродуктор, что можно сделать только для лампы П-7, то будет слышен характерный для 50-периодного тока тон. Взяв вместо гальванометра осциллограф (§ 2, 6), можно получить осциллограмму выпрямленного тока.

**7. \* Зависимость величины анодного тока двухэлектродной лампы от напряжения на аноде при постоянном накале.** 1) Лампа П-7 или ВО-116. 2) Панель для лампы, VI. 3) Батарея накала. 4) Реостат накала, VIII. 5) Анодная батарея или выпрямитель ЛВ-2. 6) Миллиамперметр. 7) Вольтметр.

Соединив между собой клеммы сетки и анода электронной лампы П-7 проводником, собирают схему, изображенную на рисунке 405. Для опыта удобна батарея из аккумуляторов (см. рис. 396), позволяющая давать на анод различное напряжение при включении того или иного числа элементов. Очень удобно также воспользоваться выпрямителем ЛВ-2, дающим различное напряжение при изменении накала кенотрона (§ 6, 6).

<sup>1)</sup> Опыт удастся также с лампами УК-30, УО-104 и т. п., но ввиду возможности их порчи лучше брать П-7.

На миллиметровой бумаге (клетчатке) строят график, откладывая на ось  $OX$  напряжение на аноде, которое отсчитывается по вольтметру, и на оси  $OY$  — соответствующие значения анодного тока, определяя величину последнего по показаниям миллиамперметра. Соединяя полученные точки, получают кривую, характеризующую зависимость силы анодного тока двухэлектродной лампы от величины напряжения на аноде при постоянном накале.

Рекомендуется начать измерение, дав на анод напряжение 4—6 в, и прибавлять для последующих измерений каждый раз по 2—3 элемента. Следует сравнить полученную кривую с графиком рисунка 402, построенным на основании формул Ричардсона и Лэнгмюра.

**8. \* Зависимость величины анодного тока двухэлектродной лампы от изменения температуры катода при постоянном напряжении на аноде.** 1) Лампа П-7. 2) Панель для лампы, VI. 3) Реостат накала, VIII. 4) Батарея накала. 5) Анодная батарея или выпрямитель. 6) Миллиамперметр. 7) Вольтметр на 4—10 в.

Установку собирают по схеме рисунка 405. Анодную батарею  $B_a$  берут с постоянным напряжением, например 60—100 в; удобнее воспользоваться выпрямителем. Для характеристики накала включают вольтметр  $V_f$  с делениями до десятых долей вольта.

Постепенно уменьшают сопротивление реостата и тем самым меняют силу тока накала, делая в анодной цепи отсчеты по миллиамперметру  $G$ ; строят на клетчатке соответствующие точки. Соединяя эти точки, получают на графике кривую, показывающую зависимость анодного тока от накала катода. Эта кривая не соответствует кривой, изображенной на графике рисунка 401, так как там по оси  $OX$  были отложены температуры нити, на нашем же графике отложено напряжение тока, нагревающего катод.

**9. Выпрямление переменного тока электронной лампой с двумя анодами.** См. § 6, 6.

**10. Типы выпрямительных ламп — кенотронов.** См. § 21, 4.

## § 24. Трехэлектродная электронная лампа.

**1. Основная формула триода.** Изменение анодного тока  $I_a$  и тока сети  $I_g$  в зависимости от напряжения на аноде  $U_a$  и на сетке  $U_g$  для цилиндрических электродов будет равно:

$$I = I_a + I_g = 2,33 \cdot 10^{-6} \frac{F_a}{r_a r_g} \left( U_g + \frac{1}{\mu} U_a \right)^{\frac{3}{2}},$$

где  $F_a$  — геометрическая поверхность анода,  $r_a$  и  $r_g$  — соответственно радиусы цилиндрических анода и катода и  $\mu$  — коэффициент усиления.

В том случае, если на сетке имеется отрицательное или малое положительное напряжение, ток сетки может быть принят равным нулю, и формула служит для вычисления величины анодного тока. О параметрах, характеризующих лампу, см. § 21, 3.

**2. Отрицательные заряды на сетке электронной лампы.** 1) Гальванометр. 2) Электронная лампа ПТ-2 или П-7. 3) Анодная батарея 40—80 в или выпрямитель. 4) Батарея накала. 5) Панель для лампы, VI. 6) Реостат накала, VIII. 7) Эбонитовая палочка и кусок меха. 8) Металлический шар на изолирующей подставке.

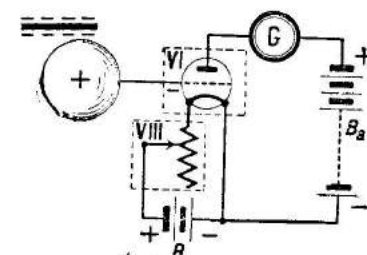


Рис. 406. Схема для демонстрации действия отрицательного заряда на сетке.

Собирают цепь так, как это показано на рисунке 406, и соединяют плюс анодной батареи или выпрямителя  $B_a$  через гальванометр  $G$  с анодом катодной лампы, минус — с батареей накала  $B_f$ . Сетка лампы соединяется с металлическим шаром  $C$ , укрепленным на изолирующей ножке. Такой шар обыкновенно имеется в физическом кабинете для опытов по электростатике. Накалив лампу, получают отклонение стрелки гальванометра, которое дает знать о том, что через лампу течет электрический ток. Судя по направлению отклонения стрелки выясняют, в каком направлении течет ток (от анода к нити накала). Подносят к шару эбонитовую палочку, на которую наведен отрицательный электрический заряд. Тогда вследствие электростатической индукции на шаре появится положительный заряд, а равный ему отрицательный заряд удалится на сетку лампы. Благодаря этому ток в анодной цепи исчезнет, и стрелка гальванометра установится на нуле. После того как палочка будет убрана, заряды исчезнут, и вновь установится анодный ток. Тот же эффект наблюдается, если коснуться шара или клеммы от сетки отрицательно заряженной палочкой. Обратное, прикосновение стеклянной палочкой, имеющей положительный заряд, вызовет увеличение тока анода. Опыты удаются только при условии тщательной изоляции шара и сетки лампы от земли.

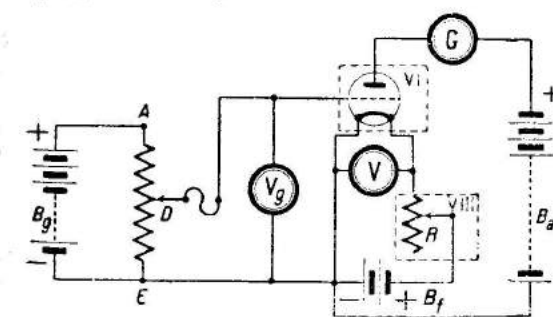


Рис. 407. Схема для снятия сеточной характеристики электронной лампы.

**3. \* Сеточная характеристика электронной лампы.** 1) Электронная лампа ПТ-2 или П-7. 2) Панель для лампы, VI. 3) Миллиамперметр. 4) Вольтметр (до 15—20 в). 5) Анодная батарея 80 в или выпрямитель. 6) Батарея накала. 7) Реостат накала, VIII. 8) Батарея для потенциометра.

Зависимость анодного тока от изменения потенциала сетки при постоянном напряжении на аноде называют сеточной характеристикой катодной лампы. Нить лампы замыкают через реостат  $R$  на батарею  $B_f$  из двух аккумуляторов (рис. 407). Вольтметр  $V$  позволит определить напряжение на катоде.



Перемещая скользящий контакт реостата, дают нормальное напряжение накала, равное 3,8 в для П-7 и 3,6 в — для ПТ-2. Батарею  $B_a$  для анодной цепи берут с напряжением 80—120 в. Плюс  $B_a$  приключают к аноду лампы, минус — к накалу. В анодную цепь вводят миллиамперметр  $G$ . Для изменения

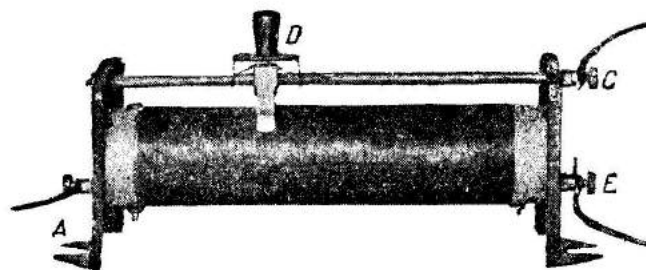


Рис. 408. Реостат с движком, используемый в качестве потенциометра. (Буквенные обозначения те же, что и на рис. 407).

потенциала сетки нужен прибор ADE, носящий название потенциометра. В качестве потенциометра может быть с успехом использован реостат с движком (рис. 408) (см. т. III, § 16).

Потенциометр представляет собой катушку, намотанную в один слой из тонкой проволоки, имеющей большое омическое сопротивление. Концы проволоки подведены к клеммам A и E. По виткам может скользить движок D, соединенный с клеммой C. Потенциометр замыкается на батарею  $B_g$ , состоящую из нескольких элементов или аккумуляторов; электро-

движущая сила берется равной 15—20 в (10—13 сухих элементов). Скользящий контакт D соединяется с сеткой. Один из концов потенциометра приключается к нити лампы.

Вдоль всего проводника, образующего потенциометр, существует падение потенциала, и в каждой точке проводника потенциал имеет определенную величину. Ползун D (а следовательно, и соединенная с ним сетка лампы), образующий контакт с определенной точкой проводника потенциометра, будет иметь потенциал этой точки. Если к нити накала присоединен конец потенциометра, связанный с минусом  $B_g$ , то потенциал движка и сетки будет выше потенциала катода и, следовательно,

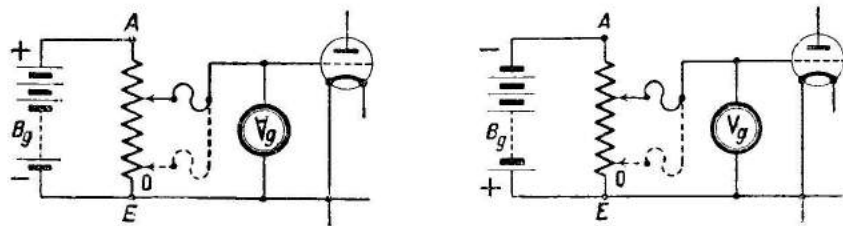


Рис. 409 и 410. Схемы включения потенциометра для получения потенциала сетки: положительного и отрицательного.

его можно принять положительным. Величина этого потенциала будет увеличиваться по мере передвижения ползуна D вверх (рис. 409). Соединение плюса  $B_g$  с катодом будет давать на сетке отрицательный потенциал (рис. 410). Ток, текущий через потенциометр от батареи  $B_g$ , идет на бесполезное нагревание проводника. В целях экономии сопро-

тивление потенциометра берется возможно большим, т. е. в несколько сот или тысяч омов.

Удобнее, вместо переключения потенциометра для перемены знака заряда на сетке, т. е. для перехода со схемы рисунка 409 на схему рисунка 410 пользоваться коммутатором. Вольтметр  $V_g$  позволяет определить величину потенциала сетки.

Для построения характеристики лампы берут миллиметровую клетчатку и строят оси координат. На оси OX откладывают потенциалы сетки, на оси OY — соответствующие величины анодного тока. Дают сначала

сетке отрицательный потенциал (см. рис. 410) и увеличивают его до нуля, передвигая ползун потенциометра. С некоторого значения потенциала сетки, примерно с —8 в ( $U_a = 80$  в) для лампы П-7, миллиамперметр начнет указывать возникновение и постепенное увеличение тока в анодной цепи. Делая отсчеты по вольтметру  $V_g$  и миллиамперметру  $G$ , строят соответствующие точки на графике. Далее, приключая потенциометр минусом к нити (см. рис. 409), ставят ползун потенциометра в точку E, т. е. так, чтобы вольтметр  $V_g$  показывал нуль. Начиная увеличивать потенциалы сетки, теперь уже положи-

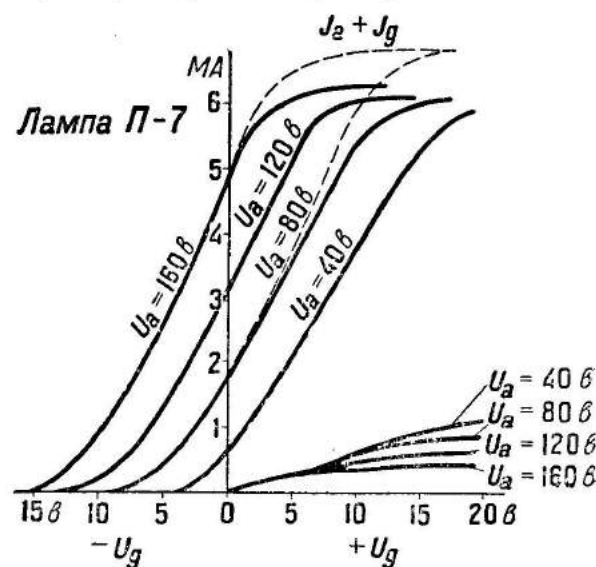


Рис. 411. Сеточные характеристики лампы П-7 для различных напряжений на аноде. Справа внизу — график токов сетки.

тельные, и производят соответствующие отсчеты и строят точки на графике. С некоторого положительного значения потенциала сетки, примерно с +12 в ( $U_a = 80$  в), сила тока в анодной цепи перестает возрастать; дальнейшее увеличение  $I_a$  будет определять на графике ряд точек, приближающихся к оси OX<sup>1)</sup>. Соединяя полученные точки плавной линией, получают сеточную характеристику лампы П-7 или ПТ-2 (рис. 411). Если взять демонстрационные: гальванометр  $G$  (см. т. III, рис. 149) и вольтметр  $V_g$  (см. т. III, рис. 149 и 151), то работу легко провести как демонстрацию.

**4. \* Сеточные характеристики лампы при различных напряжениях на аноде и постоянном накале.** 1) Лампа П-7 или ПТ-2. 2) Панель для лампы, VI. 3) Реостат накала, VIII. 4) Батарея накала. 5) Анодная батарея или выпрямитель. 6) Батарея потенциометра. 7) Миллиамперметр. 8) Вольтметр до 120 в. 9) Вольтметр до 15—20 в. 10) Потенциометр.

<sup>1)</sup> Уменьшение анодного тока происходит за счет увеличивающихся токов сетки (см. формулу триода в пункте 1).



Для получения характеристик лампы при различных напряжениях на аноде снимают описанным в предыдущей работе способом характеристики лампы, давая на анод потенциалы:  $+40$ ,  $+80$ ,  $+120$  в. Накал лампы

должен быть при всех измерениях постоянным. Приборы соединяют по схеме, изображенной на рисунке 413. Для анодной цепи можно пользоваться батареей или выпрямителем. Снимают прежде всего характеристику лампы для анодного напряжения в 40 в и строят на графике кривую. Потом, давая на анод потенциал сначала  $+80$ , а затем  $+120$  в, строят характеристики на том же чертеже. Характеристики остаются приблизительно подобными кривыми и располагаются примерно на равных расстояниях друг от друга (см. рис. 411 и 412). Можно представить себе, что характеристика лампы при увеличении анодного потенциала как бы сдвигается справа налево. Это очень важный вывод, которым пользуются на практике. К этому заключению можно прийти и теоретическим путем, исследуя формулу:

$$I_a = 2,33 \cdot 10^{-6} \frac{F}{r_a r_g} (U_g + DU_a)^{\frac{3}{2}}.$$

Сила тока в анодной цепи (вернее, полная сила тока, включая и цепь сетки) зависит от величины суммы: потенциал сетки  $U_g$  плюс приведенный потенциал анода  $DU_a$ . Следовательно, при изменении одного из слагаемых ток может остаться таким же, если другое слагаемое тоже соот-

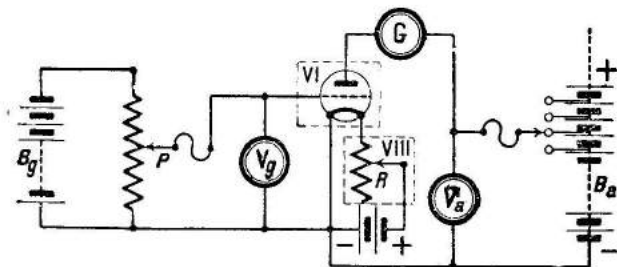


Рис. 413. Схема для снятия сеточных характеристик при различных напряжениях на аноде.

ветственно изменилось. Возьмем пример: для лампы П-7 (см. рис. 411) коэффициент усиления  $\mu$  равен приблизительно 10, тогда проникаемость будет:

$$D = \frac{1}{\mu} = 0,1.$$

Пусть  $U_a$  сначала равен 80 в, потом 40 в, тогда соответствующие значения  $DU_a$  будут:

$$DU_{80} = 0,1 \cdot 80 = 8 \text{ в};$$

$$DU_{40} = 0,1 \cdot 40 = 4 \text{ в}.$$

Пусть величина силы тока при анодном напряжении в 80 в и при потенциале на сетке в  $+6$  в будет равна 4 ма. Для сохранения тока без изменения при  $U_a = 40$  в сумма  $(U_g + U_a)$  должна быть увеличена также на 4 в.

Действительно, из графика видно, что при  $U_a = 40$  в и  $U_g = 6 + 4 = 10$  в ток приблизительно имеет ту же величину: 3,5 ма.

Допуская, что эти рассуждения справедливы для всех точек характеристики: 1) будем иметь приблизительно подобие характеристик и 2) можем сказать, что при изменении анодного потенциала на равные величины характеристика будет сдвигаться примерно на одинаковые расстояния от своего предыдущего положения (см. рис. 411 и 412).

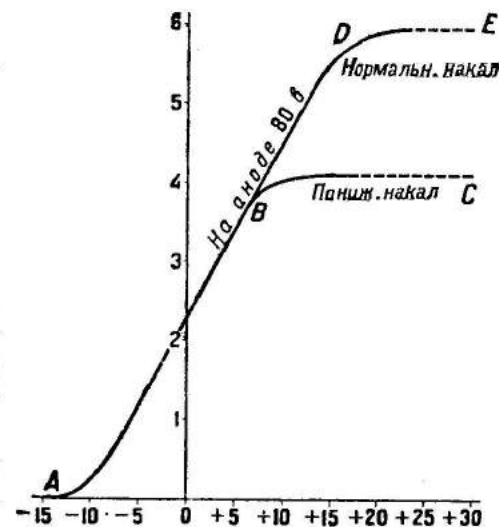


Рис. 415. Сеточные характеристики при различных накалах катода.

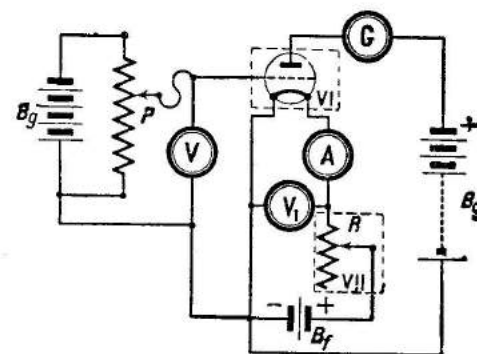


Рис. 414. Схема для снятия сеточных характеристик при различных накалах катода.

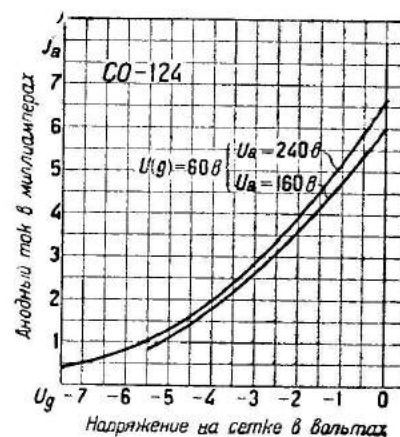


Рис. 416. Сеточные характеристики лампы CO-124.

**5. \* Характеристики лампы при постоянном напряжении на аноде и различных накалах катода.** 1) Лампа П-7. 2) Панель для лампы. VI. 3) Реостат накала, VIII. 4) Батарея накала. 5) Анодная батарея или выпрямитель. 6) Потенциометр. 7) Миллиамперметр. 8) Вольтметр до 20 в. 9) Амперметр с делениями до десятых долей вольта.

Собрав приборы по схеме рисунка 414, ведут измерение описанным в работе 3 способом. Изменение степени накала, т. е. силы текущего

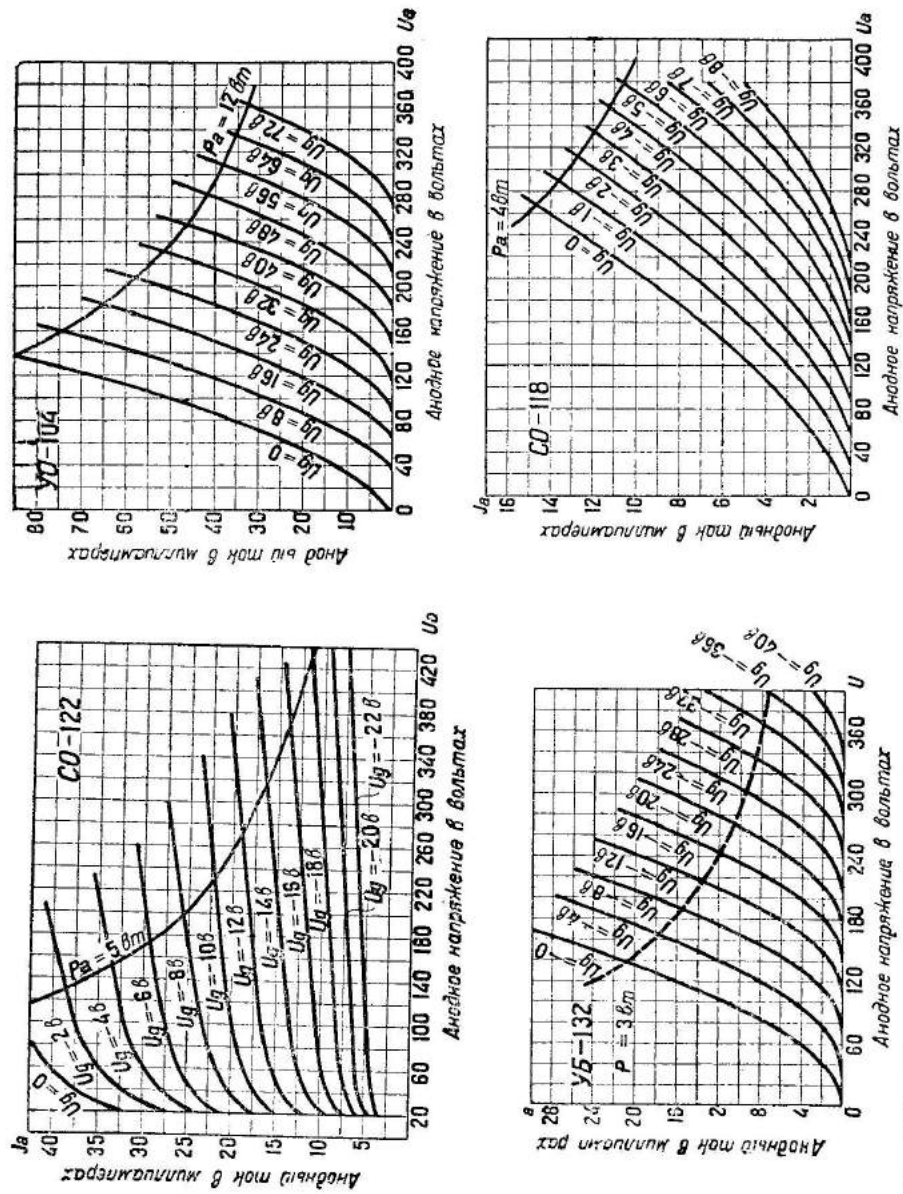


Рис. 417—420. Анодные характеристики некоторых электронных ламп (зависимость анодного тока от анодного напряжения для различных потенциалов сетки).

через катод тока, производится реостатом  $R$  (VIII). В цепь катода включают амперметр  $A$  и накал характеризуют величиной силы тока, текущего через нить. Снимая ряд характеристик для тока в 0,5, 0,65, 0,8 а, получают кривые, подобные изображенным на рисунке 415. Кривые  $ABC$  и  $ADE$ , очевидно, наложились друг на друга своими нижними концами, оставшимися без изменения. Верхний перегиб, соответствующий в каждом отдельном случае току насыщения при данном накале, будет лежать тем ближе к оси  $OX$ , чем меньше температура катода (т. е. сила тока накала). Такой вид характеристик можно было предвидеть, иля теоретическим путем. Эмиссионная способность нити падает с уменьшением ее температуры. Следовательно, ток насыщения при постоянном потенциале на аноде будет наступать при соответственно меньших потенциалах сетки.

На рисунках 416—420 представлены сеточные и анодные характеристики различных электронных ламп.

6. Электронная лампа как усилитель и детектор. См. § 19 и § 38.

## КОЛЕБАТЕЛЬНЫЙ КОНТУР. ТОКИ ВЫСОКОЙ ЧАСТОТЫ.

### § 25. Колебательный контур и возбуждение в нем колебаний.

**1. Принцип построения колебательного контура. Основные формулы.** Колебательный контур в его классическом виде представляет собой замкнутую электрическую цепь, состоящую из конденсатора  $C$  и катушки самоиндукции  $L$  (рис. 421). Если ввести в контур некоторое количество электрической энергии, то в нем „автоматически“ возникнут переменные токи определенной частоты, зависящей от величины емкости  $C$  и коэффициента самоиндукции  $L$ .

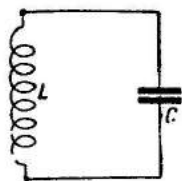


Рис. 421. Схема колебательного контура.

Период переменного тока, генерируемого в контуре, по формуле Томсона<sup>1)</sup>, равен:

$$T = 2\pi \sqrt{LC}, \quad (1)$$

где  $L$  — коэффициент самоиндукции и  $C$  — емкость конденсатора.

При подстановке величины  $L$  — в генри и  $C$  — в фарадах период колебаний будет вычислен в секундах.

**Пример 1.** Найти период колебания тока, генерируемого в контуре, если емкость  $C$  конденсатора равна  $1 \text{ мкф}$  и коэффициент самоиндукции  $L = 0,25 \text{ гн}$ .

$$T = 2\pi \sqrt{LC} = 2 \cdot 3,14 \sqrt{0,25 \cdot 0,000001} = 0,00315 \text{ секунды.}$$

Для вычисления частоты тока служит формула:

$$f = \frac{1}{2\pi \sqrt{LC}} = \frac{1}{T}. \quad (2)$$

В данном случае  $f = 318$  герцов.

В настоящее время принято характеризовать колебательный ток не длиной волны, а его частотой.

За единицу частоты — килогерц — принимают 1000 колебаний в 1 секунду.

1 килогерц = 1000 кол./сек.

Для более точных вычислений, с учетом сопротивления  $R$  контура, служит формула:

$$T = \frac{2\pi \sqrt{LC}}{\sqrt{1 - \frac{R^2 C}{4L}}}. \quad (3)$$

<sup>1)</sup> Формула Томсона справедлива для идеального контура, не имеющего сопротивления, и поэтому может служить только для ориентировочных расчетов [см. формулу (3)].

Анализ формулы показывает, что если  $\frac{R^2 C}{4L} \geq 1$ , колебания не могут возникнуть, и контур является апериодическим.

Для вычисления длины волны  $\lambda$  в сантиметрах служит формула:

$$\lambda = 2\pi \sqrt{LC}, \quad (4)$$

где  $L$  и  $C$  должны быть подставлены в сантиметрах.

**Пример 2.** Найти длину волны контура, составленного из конденсатора емкостью  $C = 1000 \text{ см}$  и самоиндукции  $L = 100\,000 \text{ см}$ :

$$\lambda = 2\pi \sqrt{LC} = 2 \cdot 3,14 \sqrt{10^5 \cdot 10^3} = 63 \cdot 10^3 \text{ см} = 630 \text{ м.}$$

Вместо утомительных вычислений величин  $\lambda$  и  $f$  по данным  $L$  и  $C$  и перерасчета длины волны на частоту, нужно пользоваться таблицей 30.

Если введенная в контур для его возбуждения энергия затем не пополняется, то колебания ввиду наличия ряда потерь будут затухающими (см.

т. II, § 49, 1, 2) (рис. 422).

К числу важнейших потерь энергии в контуре относятся:

1) потери на джоулево тепло вследствие наличия омического сопротивления;

2) потери в конденсаторе (проводимость диэлектрика, истечение с обкладок, диэлектрический гистерезис);

3) излучение энергии в виде электромагнитных волн.

Для характеристики затухания колебаний служит так называемый логарифмический декремент затухания:

$$\vartheta = \pi \frac{R}{\rho} = \pi R \sqrt{\frac{C}{L}}, \quad (5)$$

где величина  $\rho$  носит название характеристики цепи.

Если же в должной мере в контуре непрерывно пополнять потери, то колебания будут незатухающими (рис. 423).

Энергия в контур может быть вводимая несколькими способами:

- 1) в виде электростатического поля (т. е. зарядки конденсатора);
- 2) в виде магнитного поля вокруг катушки самоиндукции;
- 3) тем и другим способами вместе.

Получение затухающих колебаний (и только затухающих!) возможно при помощи электростатической машины (§ 25, 7), катушки Румкорфа (§ 25, 6), зуммера или пищика (§ 25, 5) и др.

Для генерирования незатухающих колебаний служит, главным образом, электронная лампа.

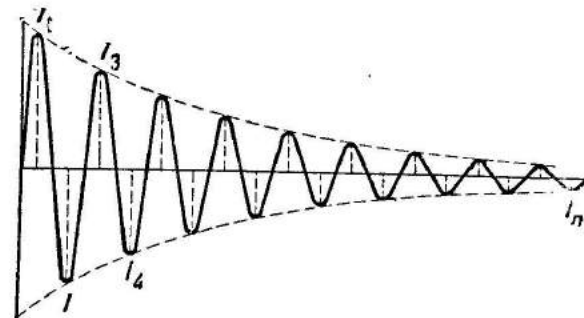


Рис. 422. График затухающих колебаний.



Таблицы 30—31.

Определение: 1) частоты — по длине волны; 2) длины волны — по частоте; 3) произведения  $LC$  — по данной частоте или длине волны; 4) частоты (или длины волны) по данным  $L$  и  $C$  (и их произведению).

Длина волны в м	Частота в килогерцах	Произведение $L_{см} \cdot C_{см}$	Длина волны в м	Частота в килогерцах	Произведение $L_{см} \cdot C_{см}$
5	60 000	6 350	310	968	24 300 000
6	50 000	9 100	320	938	25 900 000
7	42 900	12 500	330	909	27 600 000
8	37 500	16 200	340	883	29 300 000
9	33 300	20 500	350	857	31 100 000
10	30 000	25 400			
11	27 300	30 700	360	834	32 900 000
12	25 000	36 500	370	811	34 700 000
13	23 100	42 800	380	790	36 500 000
14	21 400	49 700	390	769	38 600 000
15	20 000	57 000	400	750	40 500 000
20	15 000	102 000	410	732	42 600 000
25	12 000	158 000	420	715	44 700 000
30	10 000	228 000	430	698	46 800 000
35	8 570	310 000	440	682	49 000 000
40	7 500	405 000	450	667	51 300 000
45	6 670	513 000	460	652	53 600 000
50	6 000	635 000	470	639	56 000 000
60	5 000	910 000	480	625	58 500 000
70	4 300	1 250 000	490	612	60 800 000
80	3 750	1 620 000	500	600	63 500 000
90	3 300	2 050 000			
100	3 000	2 540 000			
110	2 727	3 070 000	510	588	66 000 000
120	2 500	3 650 000	520	577	68 500 000
130	2 308	4 280 000	530	566	71 200 000
140	2 143	4 970 000	540	556	74 000 000
150	2 000	5 700 000	550	546	76 700 000
160	1 875	6 500 000	560	536	79 500 000
170	1 764	7 320 000	570	527	82 500 000
180	1 667	8 200 000	580	517	85 200 000
190	1 579	9 100 000	590	509	88 200 000
200	1 500	10 200 000	600	500	91 000 000
210	1 429	11 200 000	610	492	94 000 000
220	1 364	13 300 000	620	484	98 000 000
230	1 304	13 400 000	630	476	101 000 000
240	1 250	14 600 000	640	469	104 000 000
250	1 200	15 800 000	650	462	107 000 000
260	1 154	17 100 000	660	455	111 000 000
270	1 111	18 500 000	670	448	114 000 000
280	1 071	20 000 000	680	441	117 000 000
290	1 034	21 300 000	690	435	121 000 000
300	1 000	22 800 000	700	429	124 500 000

Продолжение.

Длина волны в м	Частота в килогерцах	Произведение $L_{см} \cdot C_{см}$	Длина волны в м	Частота в килогерцах	Произведение $L_{см} \cdot C_{см}$
710	423	128 000 000	1 120	267,9	318 000 000
720	417	131 500 000	1 400	263,2	329 000 000
730	411	135 000 000	1 160	258,6	341 000 000
740	405	139 000 000	1 180	254,2	353 000 000
750	400	142 500 000	1 200	250,0	365 000 000
760	395	146 500 000	1 220	245,9	377 000 000
770	390	150 000 000	1 240	241,9	390 000 000
780	385	154 000 000	1 260	238,1	403 000 000
790	380	158 500 000	1 280	234,4	415 000 000
800	375	162 000 000	1 300	230,8	428 000 000
810	370	166 000 000	1 320	227,3	442 000 000
820	366	170 000 000	1 340	223,9	455 000 000
830	361	175 000 000	1 360	220,6	468 000 000
840	357	179 000 000	1 380	217,4	482 000 000
850	353	183 000 000	1 400	214,3	497 000 000
860	349	187 000 000	1 420	211,3	512 000 000
870	345	192 000 000	1 440	208,3	525 000 000
880	341	196 500 000	1 460	205,5	540 000 000
890	337	200 000 000	1 480	202,7	550 000 000
900	333	205 000 000	1 500	200,0	570 000 000
910	330	210 000 000	1 550	193,5	608 000 000
920	326	214 000 000	1 600	187,5	650 000 000
930	323	219 000 000	1 650	181,8	690 000 000
940	319	224 000 000	1 700	176,4	732 000 000
950	316	229 000 000	1 750	171,4	775 000 000
960	313	233 000 000	1 800	166,7	820 000 000
970	309	239 000 000	1 850	162,2	866 000 000
980	306	243 000 000	1 900	157,9	910 000 000
990	303	248 000 000	1 950	153,8	970 000 000
1 000	300	254 000 000	2 000	150,0	1 020 000 000
1 020	294,2	264 000 000			
1 040	288,5	274 000 000			
1 060	283,0	285 000 000			
1 080	277,8	295 000 000			
1 100	272,2	307 000 000			

## 2. Механическая аналогия электрического колебательного процесса. 1) Деревянный шарик. 2) Две пружины. 3) Стойка.

Поль дает очень удачную механическую аналогию электрического колебательного процесса при помощи шарика, подвешенного на стойке между двумя спиральными пружинами (рис. 424). Об этой аналогии надо только рассказать учащимся, но и показать прибор в действии. Приборе шарик принимают аналогичным катушке, пружины — конден-

сатору. Если сдвинуть рукой шарик в сторону, то одна из пружин сожмется, а другая растянется и, таким образом, будет обладать некоторым запасом потенциальной энергии (рис. 425, I и II). Это аналогично зарядке конденсатора от какого-нибудь источника, в результате которой

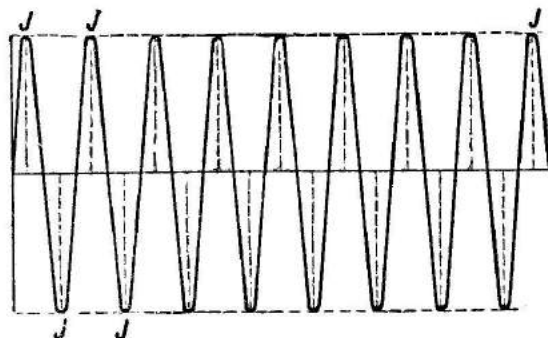


Рис. 423. График незатухающих колебаний.

конденсатор обладает запасом электрической энергии в электростатической форме. При разрядке конденсатора возникает ток, и образуется вокруг катушки магнитное поле (рис. 425, III), что аналогично превращению потенциальной энергии пружины в кинетическую энергию (движения шарика). Шарик, придя в положение равновесия, под влиянием инерции будет продолжать движение и, наконец, остановится, сжав правую пружину (рис. 425, IV). Энергия из кинетической превратилась вновь в потенциальную, что аналогично зарядке конденсатора под влиянием тока, самоиндуцированного в катушке исчезающим магнитным полем. При этом важно обратить внимание, что шарик находится вправо от положения равновесия и пластинки конденсатора имеют заряды, противоположные по знаку по сравнению со случаем II. Шарик начнет движение в противоположном направлении, и конденсатор даст ток тоже противоположного направления (рис. 425, V). Шарик под влиянием инерции пройдет положение равновесия, сожмет левую пружину; самоиндуцированный в катушке ток зарядит конденсатор так же, как в случае II (рис. 425, VI). В дальнейшем весь процесс повторится. Колебания шарика вследствие потерь энергии будут носить затухающий характер; точно так же колебания в контуре явятся затухающими.

Для увеличения затухания к шарiku надо прикрепить кружок из картона, подобрав его размеры опытным путем; тогда колебания будут быстро затухать, т. е. шарик остановится через 2—3 колебания под влиянием сопротивления воздуха. Это соответствует быстрому затуханию электрических колебаний в контуре с большим омическим сопротивлением. Прибор для получения сильного затухания можно поместить также в воду. В вязкой среде (или в воздухе при достаточно большом кружке из картона, укрепленном на шарике) система окажется не колебательной, но аperiodической.

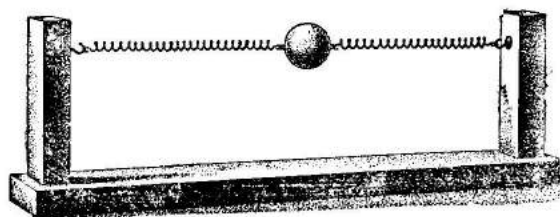


Рис. 424. Механическая аналогия электрического колебательного процесса (прибор).

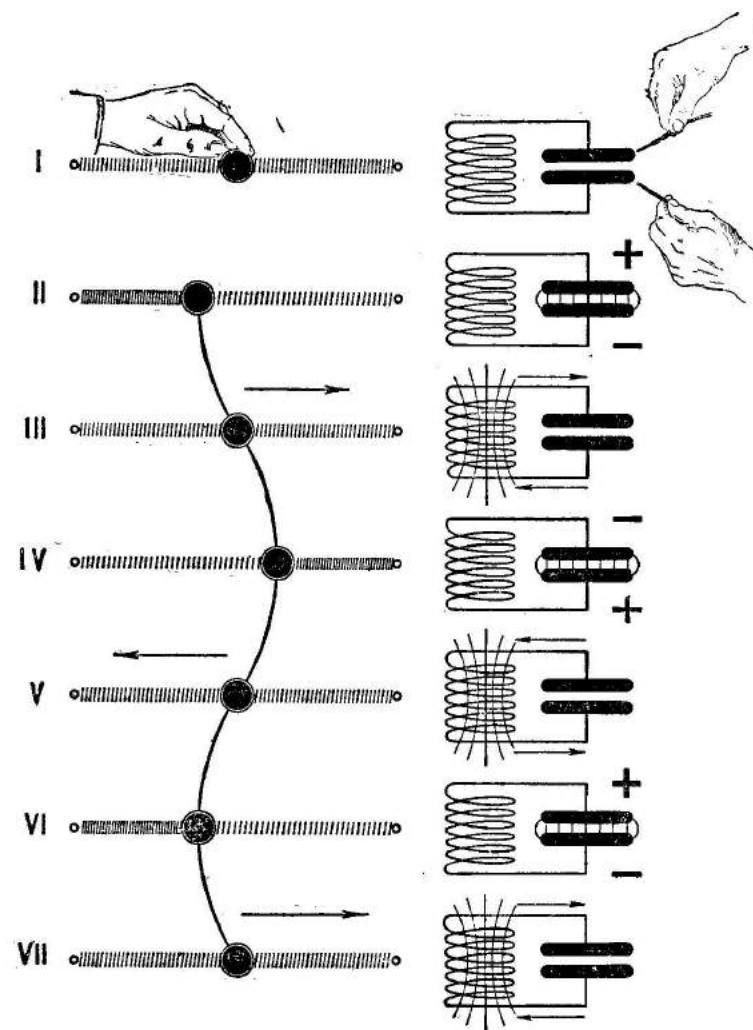


Рис. 425. Механическая аналогия электрического колебательного процесса (схема).

### 3. Механическая аналогия возбуждения навязанных колебаний.

1) Стальная пружина. 2) Блок.

На спиральной стальной пружине *B* (рис. 426, 1), изготовление которой описано в т. II, § 16, 2, подвешивают металлический грузик *A* (см. т. II, рис. 309 или 311). Концы пружины привязывают к нити, перекинутой через блок. Держа свободный конец *C* нити в руках, периодически натягивают нить и наблюдают, что шарик с пружиной приходит в сравнительно слабое колебательное движение. Этот случай соответствует возбуждению в контуре навязанных колебаний от постороннего источника.

Затем демонстрируют случай, соответствующий резонансу. Для этого периодически слегка натягивают нить в те моменты, когда грузик

занимает самое низкое положение. В этом случае получаются колебания грузика с весьма значительной амплитудой, что аналогично возбуждению в контуре колебаний от постороннего источника при резонансе.

Грузик на пружине может при известном усложнении установки служить для демонстрации совозбуждения незатухающих колебаний. Для этого пружину  $B$  подвешивают на гибком проводнике  $CD$  (см. т. III, рис. 6, II), перекинутом через блок  $C$  и прикреплённом к якорю  $D$  реле (или телеграфного аппарата) (рис. 426, II). Электромагниты реле включа-

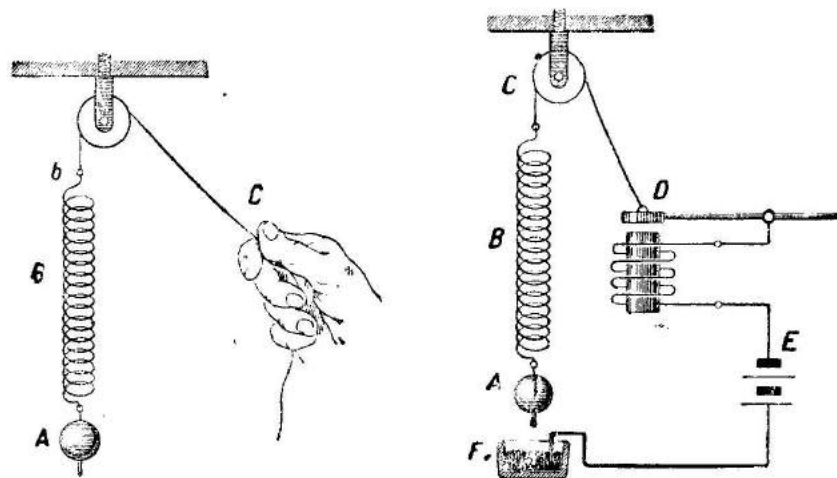


Рис. 426, I и II. Приборы по механической аналогии незатухающих электрических колебаний.

ются в цепь батареи  $E$  через проводник  $CD$ , пружину  $B$ , грузик  $A$  и чашечку со ртутью  $F$ . Чашечку  $F$  ставят при помощи подъемного столика на такой высоте, чтобы грузик  $A$  в момент своего наиболее низкого положения прикасался ко ртути и тем самым замыкал ток. Тогда в эти моменты якорь, притягиваемый электромагнитом, будет давать толчки пружине через проводник  $CD$ .

**4. Колебательный разряд лейденской банки.** 1) Электростатическая машина. 2) Лейденская банка. 3) Разрядник. 4) Провод изолированный ПБ или ПР ( $d=0,8-1$  мм,  $l=60-80$  см).

Лейденская банка разряжается колебательно, если ее обкладки соединить проводником, имеющим не очень большое сопротивление, например разрядником или каким-нибудь медным проводником. Лейденская банка, замкнутая проводником, представляет, несмотря на отсутствие в цепи катушки, колебательный контур — некоторым коэффициентом самоиндукции обладают провод и сама банка.

Обнаружить колебательный разряд с помощью вращательного зеркала (опыт Федерсена) в школьных условиях весьма трудно. Для демонстрации колебательного разряда можно воспользоваться косвенными способами.

В т. IV, § 46, 5 описано намагничивание стальной спицы. Опыты показывают, что полярность спицы не всегда одинакова, что указывает на колебательный характер разряда.

Описываемый ниже опыт может служить также для демонстрации того, что индуктивное сопротивление даже при малых коэффициентах самоиндукции в цепи колебательного тока бывает велико.

Лейденскую банку заряжают сначала от электростатической машины (рис. 427), соединив обкладку с разрядником машины проводами  $a$  и  $b$ , причем последний провод, идущий к наружной обкладке, рекомендуется заземлить. К внутренней обкладке банки заранее надо присоединить один из шариков искрового промежутка  $D$ ; к другому шарiku приклю-

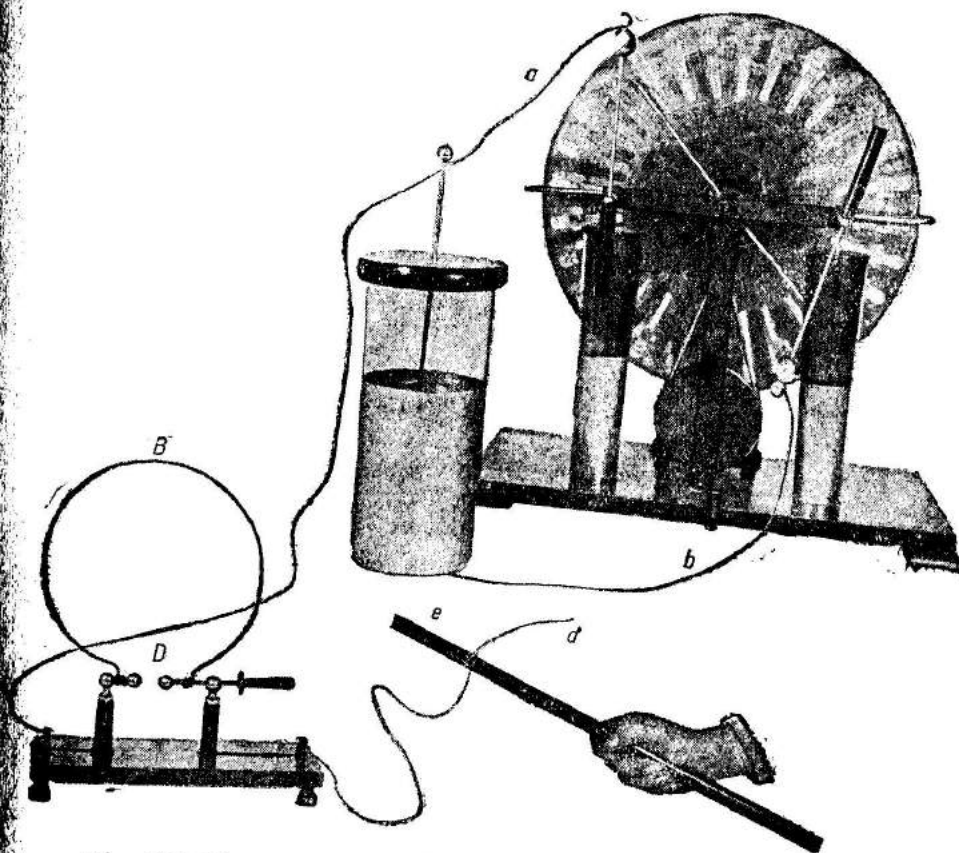


Рис. 427. Обнаружение колебательного разряда лейденской банки.

чают провод  $d$ , укрепив его на конце изолирующей палочки  $e$ . После зарядки банки, держа в руке палочку  $e$ , присоединяют провод  $d$  к наружной обкладке банки и получают искру в промежутке  $D$ . Искровой промежутком шунтируют витком  $B$  ( $d=25-30$  см) изолированного нетолстого провода ( $d=0,8-1$  мм) ПБ или ПР и вновь повторяют опыт. Несмотря на малое омическое сопротивление витка, разряд происходит через искровой промежуток. Это указывает, что индуктивное сопротивление витка для тока оказывается больше, чем сопротивления промежутка  $D$ ; отсюда — вывод, что ток является колебательным. Для доказательства, что току препятствует именно индуктивное



сопротивление, опыт следует повторить, сплющив виток  $B$  в бифиляр, т. е. придав ему форму, показанную на рисунках 474 и 475. Искры в этом случае не образуются.

При опытах важно подобрать такую величину искрового промежутка, при котором опыты выходят безотказно.

**5. Возбуждение в контуре затухающих колебаний при помощи зуммера.** 1) Катушка самоиндукции. 2) Конденсатор постоянной емкости. 3) Переменный конденсатор. 4) Зуммер (пищик). 5) Батарея 2—4 в.

Если в контур ввести энергию в виде магнитного поля вокруг катушки самоиндукции  $L$ , то эта энергия принимает форму собственных колебаний. Для этого к колебательному контуру  $LC$  присоединяют зуммер (пищик)  $P$ , питаемый батареей  $B$  (рис. 428). Из схемы видно, что ток от батареи к пищику пройдет через катушку  $L$  и, следовательно, образует вокруг нее магнитное поле. После того как якорь пищика притянется его электромагнитом и цепь будет разорвана, исчезающее магнитное поле самоиндуцирует в контуре ток, который примет колебательный характер<sup>1)</sup>. Таким образом, колебательные токи

в контуре, при этом быстро затухающие, будут возникать после каждого разрыва пищиком цепи батареи (рис. 429).

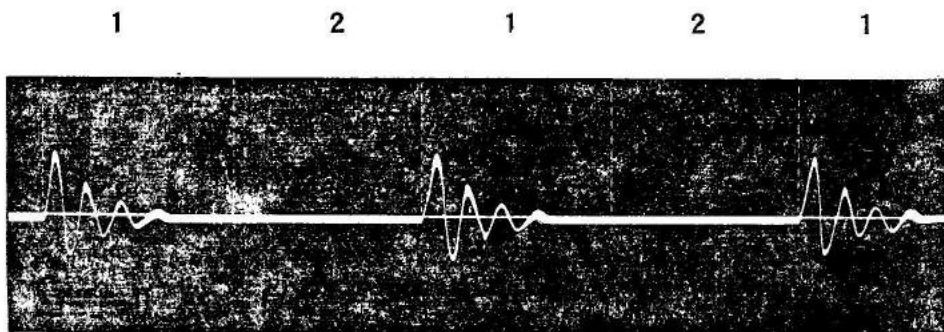


Рис. 429. Схематизированный график колебательного процесса в контуре, возбуждаемом пищиком. В промежутки времени 1, 1 цепь пищика разомкнута в промежутки 2, 2 замкнута.

Для уменьшения потерь при размыкании благодаря искре, образующейся между контактами пищика, параллельно разрыву включают иногда конденсатор  $c$  через достаточное сопротивление  $r$  или шунтируют сопро-

<sup>1)</sup> Энергия запасается также в виде электростатического поля, так как конденсатор заряжается до разности потенциалов, равной падению напряжения в катушке. По сравнению с энергией магнитного поля энергия конденсатора весьма мала, почему здесь и не принимается во внимание.

тивлением  $R$  катушку электромагнита (рис. 430). Энергия, запасенная в магнитном поле катушки, равна:

$$\frac{LI^2}{2}.$$

Так как величина коэффициента самоиндукции  $L$  в контуре бывает строго определенной, то для получения возможно большей мощности колебательного тока надо: 1) получить наибольшее число прерываний в единицу времени, 2) пользоваться для питания пищика сильным током.

Для возбуждения контура пользуются обыкновенно пищиком, показанным на рисунке 431. Пищик этого типа<sup>1)</sup> благодаря механическим свойствам своего якоря, состоящего из небольшой стальной пластинки  $A$  и способного колебаться со звуковой частотой, дает при радиоприеме музыкальный тон, что весьма важно (§ 29, 4). Регулировка его производится сначала до появления колебания якоря винтом  $B$  и затем для получения тона той или иной высоты—винтом  $D$ . Сила тока, пропускаемого пищиком, измеряется долями ампера. Пищик, показанный на рисунке 249 т. III, позволяет получить большую силу тока, но не спосо-

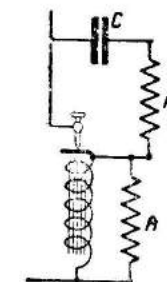


Рис. 430. Схема для уменьшения потерь при размыкании.

бен давать высоких звуковых тонов. У него винт  $a$  служит для установки якоря на том или ином расстоянии от сердечника катушки электромагнита, винт  $b$  является контактным. Действуя обоими винтами, надо получить наиболее высокий тон при устойчивой работе. Наконец, для получения сильного тока можно воспользоваться любой катушкой Румкорфа с платиновым молоточковым прерывателем (см. т. IV, § 15).

Возбуждение контура пищика употребляется при работах с волномером (§ 29 и 30) и нужно для демонстрации радиотелеграфной передачи (§ 34, 3).

**6. Возбуждение в контуре затухающих колебаний при помощи катушки Румкорфа.** 1) Катушка самоиндукции. 2) Лейденская банка. 3) Искровой промежуток. 4) Катушка Румкорфа с прерывателем. 5) Тепловой амперметр. 6) Лампочки от карманного фонарика, на 12 и на 120 в с патронами.

Рис. 431. Монтаж пищика на панели.

Для опытов проще всего воспользоваться контуром от трансформатора Теслы, удалив вторичную катушку  $L_2$  (см. рис. 442) и разделив

<sup>1)</sup> Такие пищики, или зуммеры, выпускаются ВЭСО для посылки фониических вызовов в телефонных аппаратах. Сопротивление обмотки 3 ома.

его на отдельные части по образцу рисунков 433—435. В случае отсутствия трансформатора контур (рис. 432) составляют из катушки  $L$ , состоящей из 5—10 витков ( $d=10—15$  см) толстой медной проволоки ( $S=4—6$  мм<sup>2</sup> или  $d=2—3$  мм), лучше — изолированной (ПР) (рис. 433), и одной или двух лейденских банок  $C$  (рис. 434). В контур вводят также искровой промежуток  $D$ , который берут от трансформатора Теслы (рис. 435) или изготавливают следующим образом. Два шарика припаивают к двум стержням  $a$  и  $b$  из толстой проволоки ( $d=3—4$  мм) и вставляют в массивные клеммы с отверстиями (рис. 436). Свободные концы стержней снабжаются эбонитовыми палочками  $c$  и  $d$ . Клеммы лучше приподнять над основанием и смонтировать их на колонках так, как это показано на рисунке 436<sup>1)</sup>. В качестве

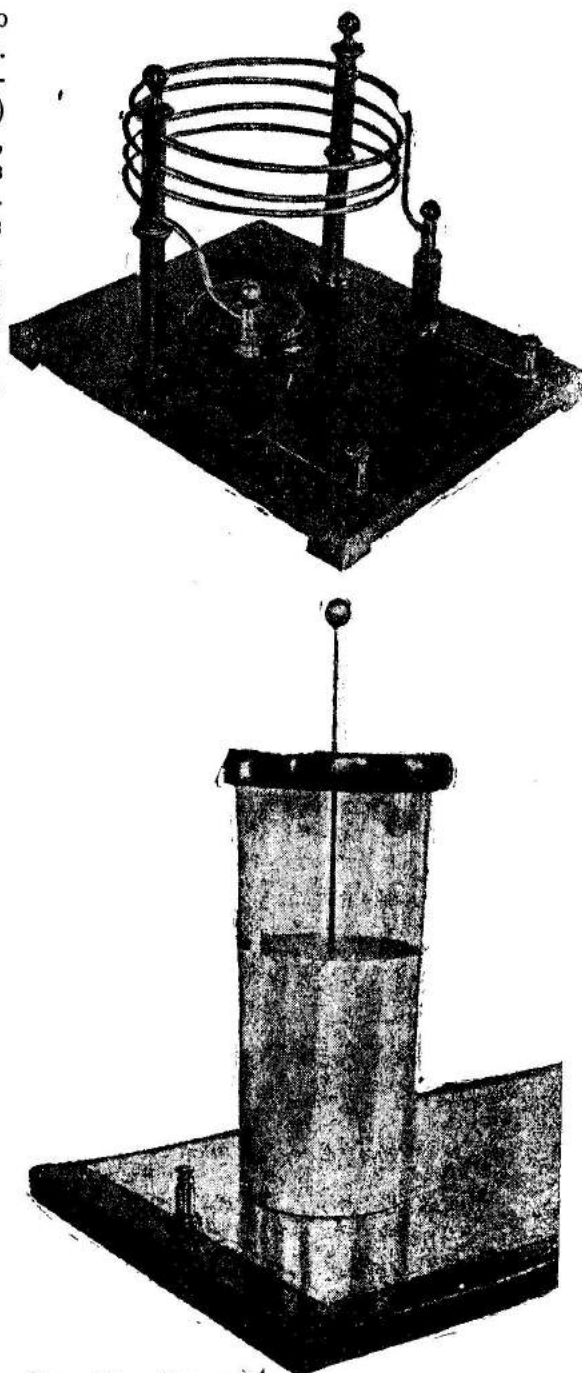


Рис. 432. Схема возбуждения контура катушкой Румкорфа.

<sup>1)</sup> Очень удобный искровой промежуток можно создать, пользуясь настоящими клеммами с изолирующей подставкой (см. т. III, рис. 31).

Рис. 433 и 434. Части трансформатора Теслы, смонтированные на отдельных панельках.

конденсатора берут одну или две лейденские банки или собирают плоский конденсатор с диэлектриком из стекла.

Все соединения в контуре делают толстым проводом (ПР,  $S=1,5—4$  мм<sup>2</sup>) для лучшего контакта банки ставят на лист жести соответствующего

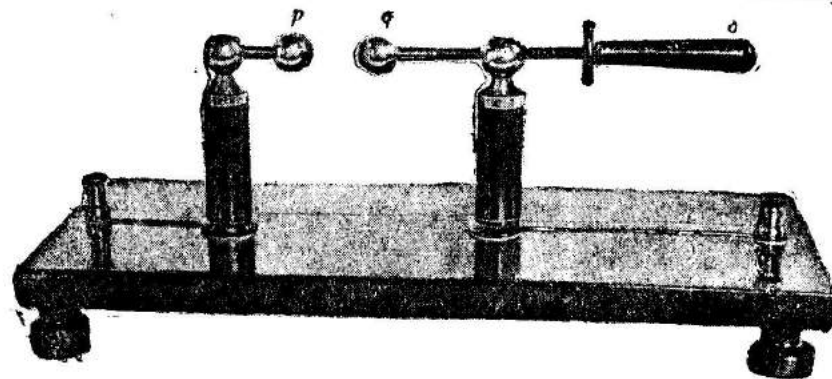


Рис. 435. Разрядник трансформатора Теслы.

размера с клеммой или припаянным к листу проводом. Собрав контур (рис. 432), включают к искровому промежутку  $D$  вторичную обмотку катушки Румкорфа. Чем мощнее катушка, тем эффектнее будут опыты. Катушка может быть взята с платиновым молотчковым прерывателем  $P$  (см. т. IV, § 15) или большая с прерывателем Симона (см. т. IV, § 16). В первом случае ее питают от батареи  $B$ , во втором — можно пользоваться переменным током освещения.

Пустив катушку в ход, устанавливают такой размер искрового промежутка, при котором искра имеет наибольшую длину, но сохраняет свой устойчивый характер.

Для обнаружения колебательного тока можно включить в цепь тепловой амперметр (рис. 437 и 438), разорвав для этого контур,

например, на участке  $ef$  (рис. 432). Амперметр для высокой частоты обычно включается через трансформатор тока. Сила колебательного тока в цепи, смотря по мощности взятой катушки, будет от 1 до 10 а. Наблюдая показания амперметра или силу света лампочки (см. ниже), можно добиться

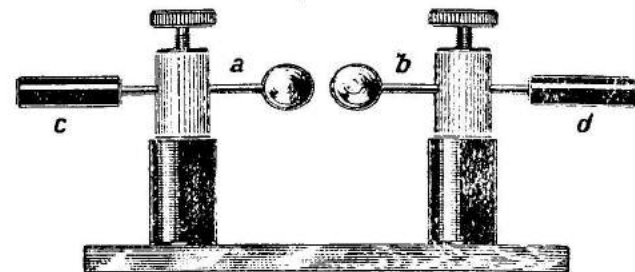


Рис. 436. Самодельный искровой промежуток.

оптимальных условий работы контура, изменяя для этого число включенных витков катушки  $L$ , число лейденских банок и, наконец, величину искрового промежутка. В случае, когда катушка Румкорфа имеет первичную обмотку, разделенную на секции (см. т. IV, рис. 279), надо испытывать в тех же целях различные способы их включения (см. т. IV, рис. 283).



Вместо теплового амперметра для обнаружения колебательного тока в контуре можно включить электрическую лампочку. Мощность и напряжение лампочки определяются опытным путем. При малых катушках Румкорфа хорошо горят лампочки от карманного фонарика и рудничная (см. т. III, рис. 135—136), при больших (см. т. IV, рис. 272 и 279) — кинопроекторная, автомобильная, котельная (см. т. III, рис. 137—138, § 26, 2), а также на 120 в, 25—50 вт.

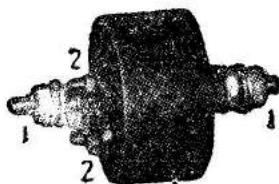
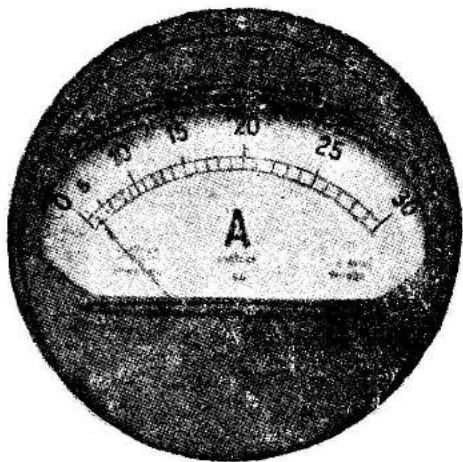


Рис. 437 и 438. Тепловой амперметр с шунтом. Клеммы 1,1 включаются в контур, клеммы 2,2 служат для присоединения к прибору.

Следует также продемонстрировать принцип работы трансформатора высокой частоты. Для этого из толстой проволоки ( $d = 2—3$  мм), голый или изолированной (ПР,  $S = 4—6$  мм<sup>2</sup>), делают два-три-четыре витка такого же диаметра, как у катушки колебательного контура, и замыкают на лампочку в 4—12 в (рис. 439). Витки подносят к катушке контура и наблюдают свечение лампочки, что указывает на существование переменного магнитного поля, созданного током высокой частоты.

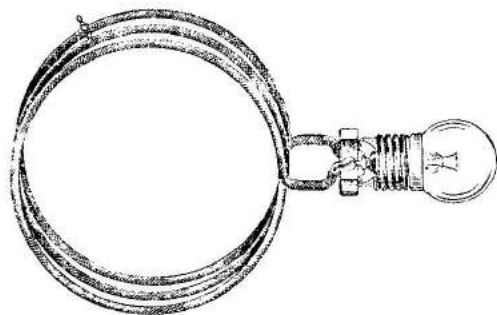


Рис. 439. Витки для обнаружения индуктивного действия токов высокой частоты.

Демонстрируя описанный опыт в методическом отношении, важно показать также принцип трансформатора низкой частоты (§ 4, 5) и обратить внимание на черты различия и сходства этих трансформаторов.

**7. Возбуждение в контуре затухающих колебаний при помощи электростатической машины.** 1) Электростатическая машина. 2) Контур из предыдущей работы.

Опыты с питанием контура от электростатической машины удаются плохо. Только при очень малых емкостях конденсатора и крупной машине удастся получить непрерывную искру в промежутке. Мощность, получаемая при этом в контуре, ничтожна.

**8. Возбуждение в контуре незатухающих колебаний звуковой частоты электронной лампой (звуковой генератор).** См. § 33, 4.

**9. Возбуждение в контуре незатухающих колебаний высокой частоты электронной лампой.** См. § 33, 5, 7 и 8.

**10. Получение прерывистого тока при помощи неоновой лампы.** 1) Неоновая лампа. 2) Три-четыре телефонных конденсатора. 3) Репродуктор или телефон.

Описываемый опыт по существу никакого отношения к колебательному контуру не имеет, но интересен как один из способов получения прерывистого тока, могущего создать звуковую частоту.

Неоновую лампу  $A$  включают в цепь постоянного тока 120 в через емкость  $C$  и репродуктор или телефон  $T$  (рис. 440 и 441). Конденсатор шунтируется значительным сопротивлением  $R$ . При включении тока через лампу и телефон в конденсатор  $C$  пойдет зарядный ток, благодаря чему лампа вспыхнет. Этот ток прекратится в тот момент, когда напряжение, приходящееся на лампу, упадет до напряжения зажигания, т. е. конденсатор зарядится до числа вольт, равного разнице между напряжением источника тока и напряжением погасания (см. т. IV, § 28, 1). Затем конденсатор будет разряжаться через сопротивление  $R$ . Когда он разрядится настолько, что напряжение, приходящееся на лампу, достигнет величины напряжения зажигания, лампа снова вспыхнет. Конденсатор вновь зарядится, и весь процесс повторится. Таким образом, процесс примет периодический характер, и неоновая лампа даст ряд вспышек, следующих друг за другом через правильные промежутки времени, и в репродукторе будут слышны при зажигании „щелчки“.

Величина промежутка времени между вспышками лампы зависит от величины емкости конденсатора  $C$  и величины сопротивления  $R$ . Чем больше емкость и больше сопротивление, тем медленнее будет разряжаться конденсатор и тем больше будут перерывы между вспышками. Изменениями длительности горения лампы в зависимости от емкости конденсатора можно пренебречь. Таким образом, изменяя емкость или сопротивление, мы меняем число вспышек и щелчков в репродукторе. При относительно больших сопротивлениях получается звуковая частота. Для опыта надо взять несколько телефонных конденсаторов емкостью 1—2 мкф каждый и соединить их параллельно между собой. Конденсаторы шунти-

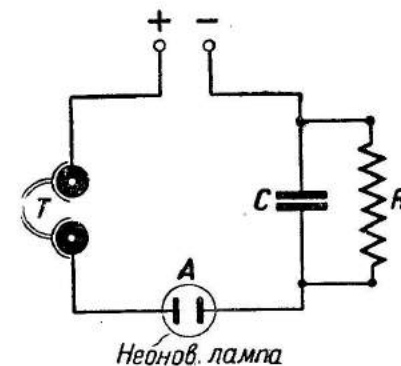


Рис. 440. Схема для получения прерывистого тока с неоновой лампой.



руют сопротивлением  $R$ , проще всего — из катушечной нитки, слегка смоченной водой (рис. 441). Можно также в качестве сопротивления взять сосуд с дистиллированной водой, в которую опущены два подвижных электрода. Установку собирают, включив в цепь постоянного тока 120 в последовательно репродуктор  $T$ , неоновую лампу  $A$  и конденсатор  $C$  с сопротивлением  $R$ , и наблюдают периодические вспышки, а также щелчки репродуктора. Уменьшая длину нити  $R$  или число включенных конденсаторов, получают увеличение числа вспышек и звуковых сигналов. Уменьшая сопротивление еще больше, можно добиться непрерывного для глаза горения лампы и появления в репродукторе

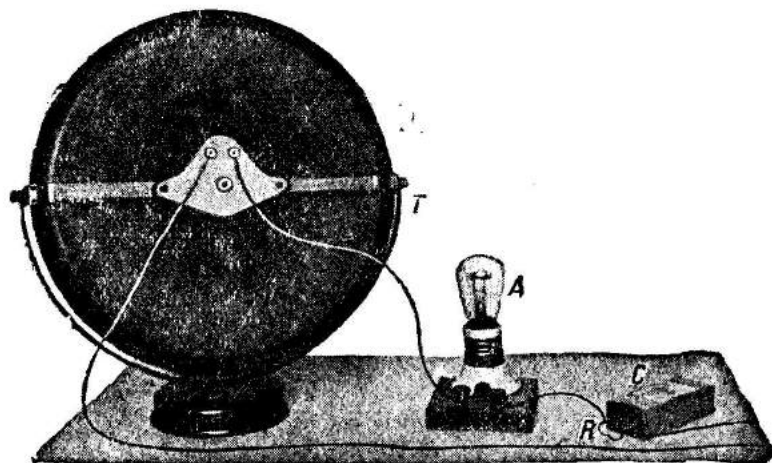


Рис. 441. Установка по схеме рисунка 440.

тона той или иной высоты, соответствующей числу вспышек лампы. Изменяя емкость и сопротивление, можно менять высоту этого тона.

#### 11. Возбуждение в контуре колебаний вольтовой дугой. См. т. VI.

### § 26. Трансформатор Теслы. Свойства токов высокой частоты.

1. Трансформатор Теслы. Для демонстрации свойств токов высокой частоты может служить трансформатор Теслы (рис. 442). Трансформатор состоит из первичного контура  $CL_1D$ , в котором генерируется посредством катушки Румкорфа ток высокой частоты, и индуктивно связанной с ним вторичной катушки  $L_2$  (рис. 443). Ток от катушки Румкорфа подводят двумя способами: к обкладкам лейденских банок  $C$  (рис. 443, II) или, что практически одно и то же, непосредственно к искровому промежутку (рис. 443, I). Катушка  $L_1$  контура содержит малое число витков, катушка  $L_2$  имеет их весьма большое количество. В катушке  $L_2$  под влиянием поля высокой частоты индуцируется ток такой же частоты с очень высоким напряжением. Оптимальные условия

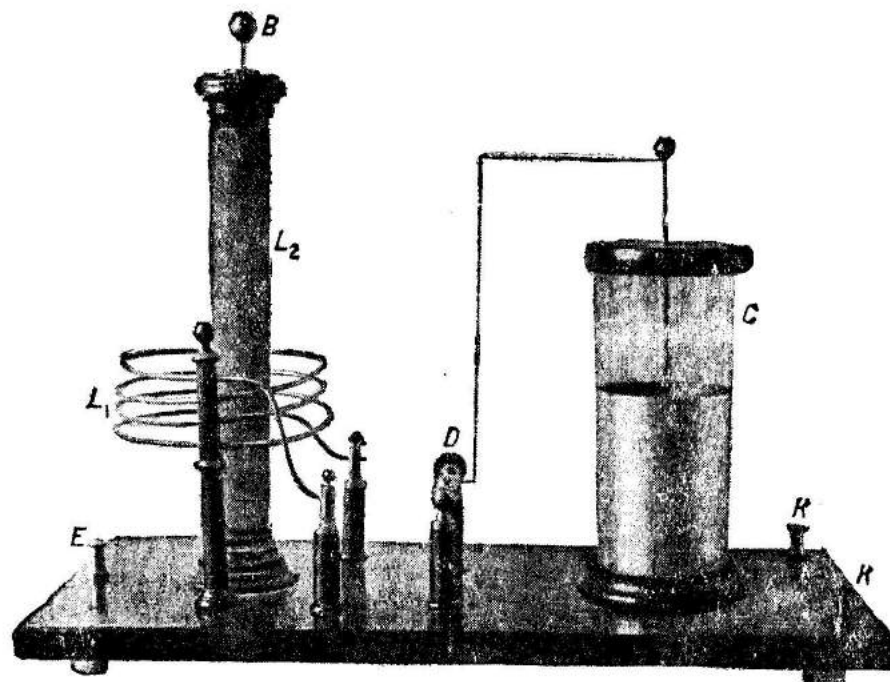


Рис. 442. Трансформатор Теслы (33Т).

наступают в случае, когда катушка  $L_2$  настроена в резонанс по отношению к току колебательного контура. Таким образом, в приборе Теслы происходит трансформация: сильный ток высокой частоты со сравнительно невысоким напряжением трансформируется в ток такой же частоты, но с чрезвычайно большим напряжением.

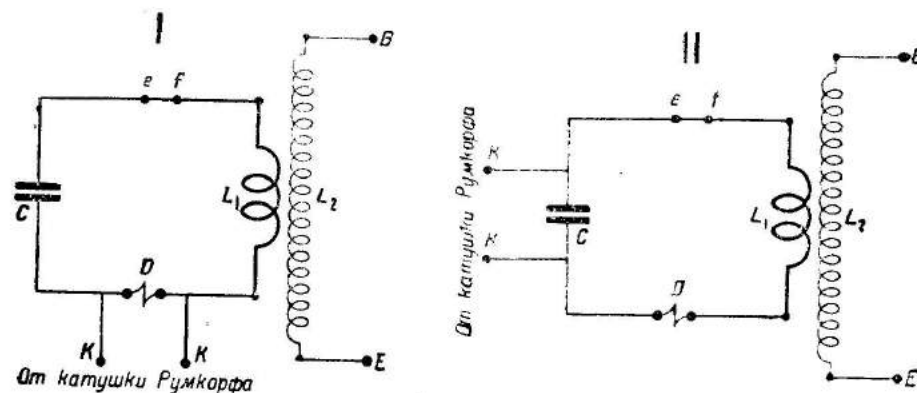


Рис. 443. Схема возбуждения трансформатора Теслы.

Конденсатор  $C$  в трансформаторе Теслы делается, как правило, из лейденских банок — одной (рис. 442) или нескольких (рис. 444). В последнем случае банки соединены между собой параллельно.

Искровой промежуток состоит из двух шариков, из которых один  $p$  является неподвижным, а другой  $q$  при вращении за изолирующую рукоятку  $o$  может быть придвинут или удален от шарика  $p$  (рис. 435). Несколько иная конструкция промежутка показана на рисунке 445. У этого типа разряд происходит между основаниями стержней  $a$  и  $b$ . Сравнительно мелкая резьба на стержне  $b$  обеспечивает более плавную подачу и точную установку величины промежутка.

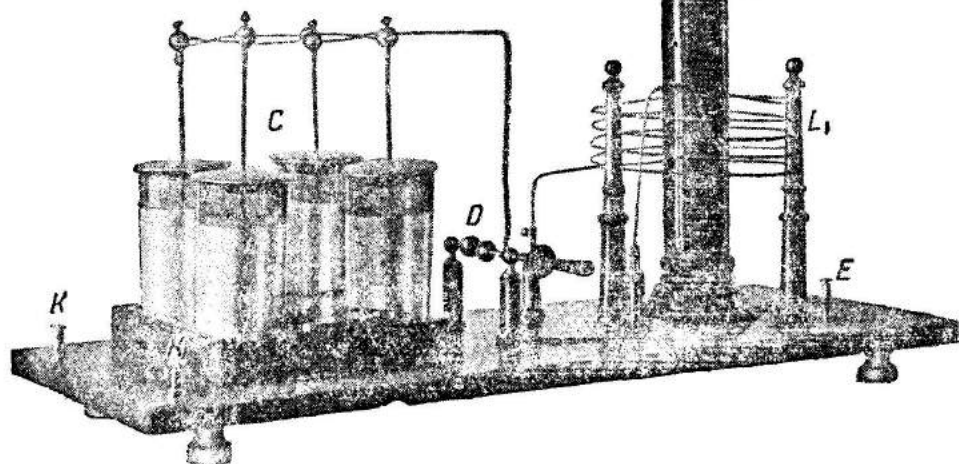


Рис. 444. „Большой“ трансформатор Теслы (ЗЭТ).

Первичная обмотка трансформатора состоит обычно из пяти-семи витков толстого медного голого (см. рис. 442 и 444) или изолированного провода (рис. 446). Крепление голого провода делается на колонках (см. рис. 442 и 444), изолированный провод иногда наматывают на изолирующую трубку (рис. 446).

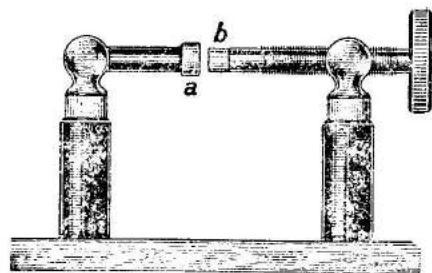


Рис. 445. Искровой промежуток.

Вторичная обмотка трансформатора  $L_2$  представляет собой сравнительно узкую и длинную трубку из изолирующего вещества, на которую нанесено несколько сот или тысяч витков изолированного провода диаметром 0,3—0,5 мм. Катушка помещается внутри первичной обмотки и обыкновенно делается съемной. В конструкциях, показанных на рисунках 442 и 444, основание катушки  $L_2$  снабжено стержнем, ввертывающимся в металлическую пластинку, укрепленную на доске, на которой смонтирован прибор (клемма  $E$ ). В другой конструкции (рис. 446) стержень вставляется в гнездо. К этому стержню, смонтированному на нижнем основании, присоединен

один конец обмотки. Другой ее конец приключают к стержню с шариком  $B$ , помещенному на верхнем основании катушки.

В кабинетах в настоящее время еще встречаются трансформаторы Теслы, выпускавшиеся ранее фирмой ЗЭТ, малый (см. рис. 442) и большой (см. рис. 444). Работают они, в конце концов, неплохо, но качество выполнения настолько скверно, что они требуют перемонтажа. Собраны они по схеме рисунка 443, II. Все соединения сделаны у трансформаторов тонким проводом и при том на нижней стороне

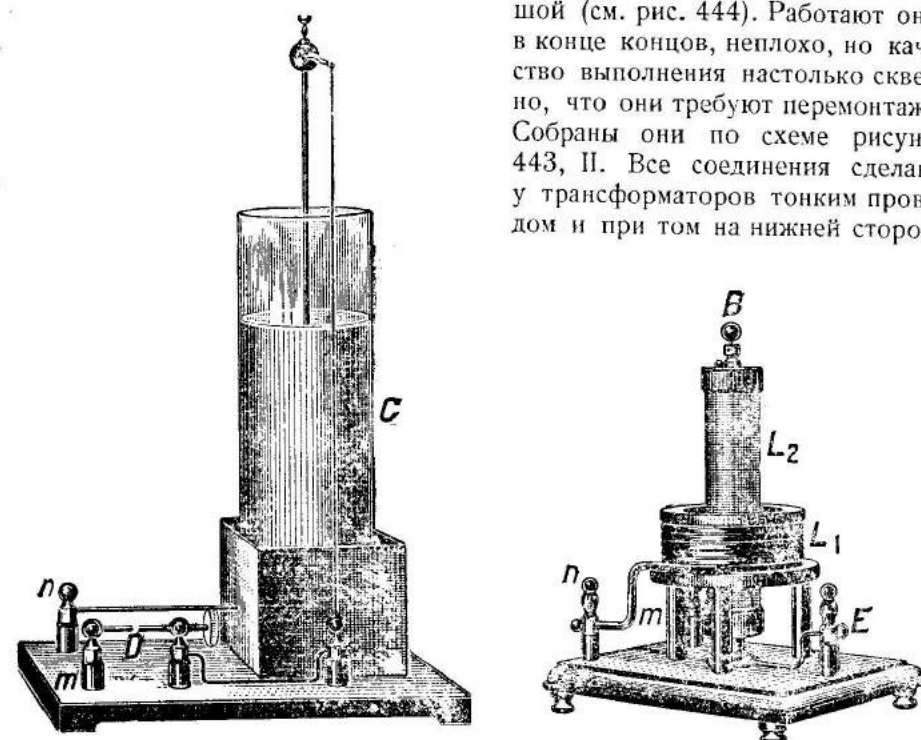


Рис. 446. Трансформатор Теслы.

доски, благодаря чему учащийся не видит схемы. Первое, что надо сделать, это все соединения выполнить толстым проводом ( $S = 4—6 \text{ мм}^2$ ), лучше изолированным, на верхней стороне. Подводка тока от катушки Румкорфа, т. е. от клемм  $KK$ , может быть сделана на нижней стороне тонким проводом, но показана сверху краской — белыми или красными линиями. Очень важно для описываемых ниже опытов сделать разрыв в контуре и поставить две солидные клеммы  $ef$  (см. рис. 443 и 447), соединяемые посредством проводника  $l$ . Эти клеммы будут служить для удобного включения теплового амперметра, лампы накаливания, прибора для демонстрации индуктивного сопротивления и т. п.

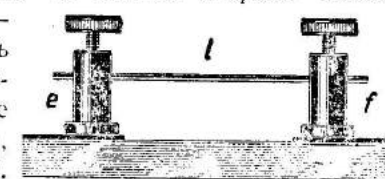


Рис. 447.

Подводку тока от нижнего конца (пластинки) катушки  $L_2$  также надо сделать на верхней стороне. Лейденские банки  $C$  лучше вынуть и заменить станиолевую обклейку, на которой они стоят, листом жести или латуни.

Для защиты от света искры необходимо сделать из прессшпана или асбестового картона коробочку, которой покрывают сверху искровой промежуток (рис. 448).

В кабинетах встречается прибор Теслы, выпускавшийся ранее (см. рис. 446). Он представляет собой целый набор для всевозможных опытов с токами Теслы. Самый трансформатор состоит из двух частей: лейденской банки  $C$  с искровым промежутком  $D$  и катушек  $L_1$

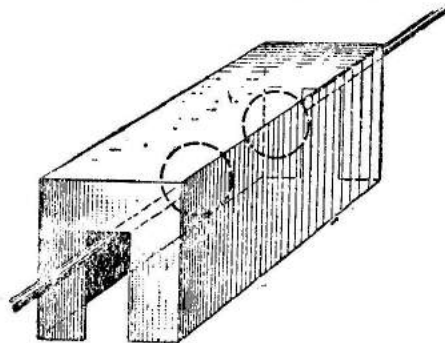


Рис. 448. Коробочка для защиты от света искры.

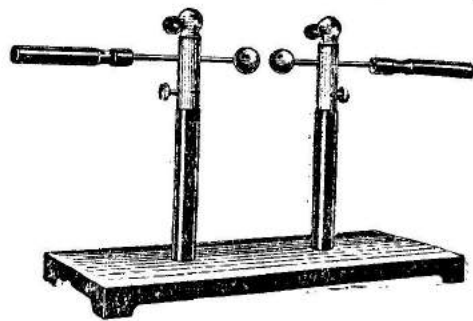


Рис. 449. Разрядник для токов Теслы.

и  $L_2$ . Очевидно, что для пуска в ход эти части должны быть соединены между собой клеммами  $m$  и  $n$ . Такое разделение трансформатора уничтожает его громоздкость, позволяет отдельно использовать катушки  $L$  и лейденскую банку для других опытов и, наконец, открывает возможность включать в контур через клеммы  $m$  и  $n$  тепловой амперметр и другие приборы.

Из многочисленного набора, прилагавшегося к трансформатору, следует упомянуть: разрядник для токов Теслы (рис. 449), лампочка, замкнутая на витки (см. рис. 439) и пластины для получения поля высокой частоты (рис. 450).

Главтехучпрот в настоящее время выпускает в продажу трансформатор Теслы, показанный на рисунке 451. К прибору прилагаются витки  $I$ , замкнутые на лампочку, лампочка  $III$  на 120 в, 15 или 25 вт, дуга из проволоки  $II$  с перемещающимся по ней патроном и кинопроекционной лампой (рис. 452) и, наконец, проволоочные контуры, при помощи которых лейденские банки от трансформатора могут быть превращены в банки Лоджа (см. рис. 484). Буквенные обозначения на рисунке 451 соответствуют принятым ранее для приборов, показанных на рисунках 442, 444 и 446.

Рис. 450. Пластины для получения поля высокой частоты.

Прибор Теслы весьма легко построить своими силами, в особенности если в кабинете имеются свободные лейденские банки. Впрочем, банки нетрудно сделать или вполне возможно заменить их плоским конденсатором со стеклом в качестве диэлектрика.

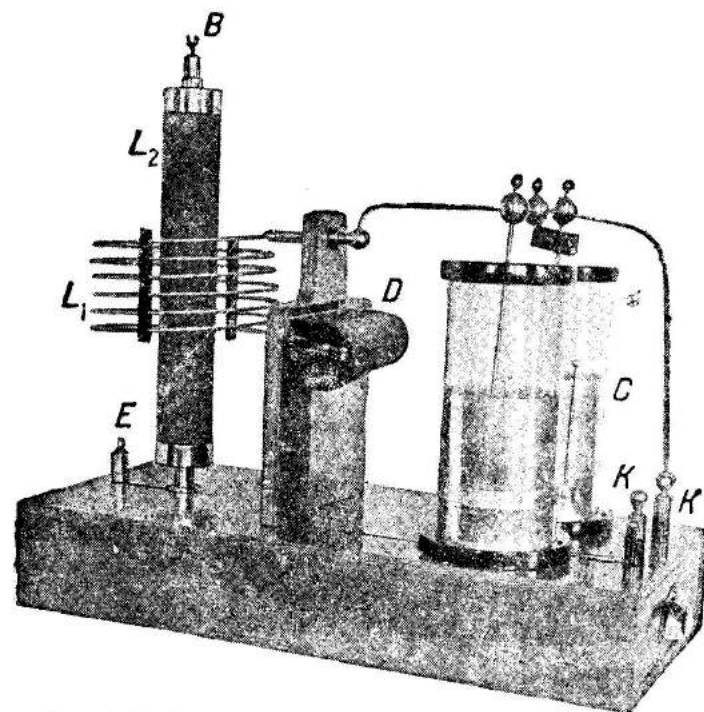


Рис. 451. Трансформатор Теслы Главтехучпрома.

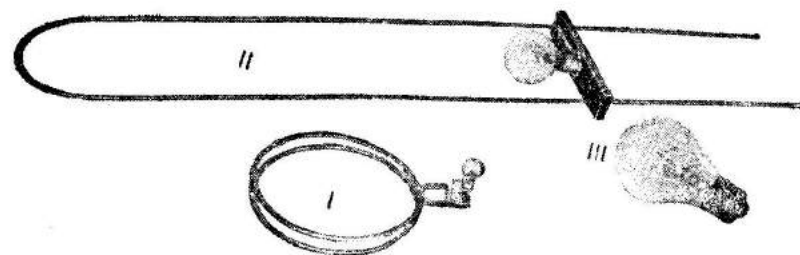


Рис. 452. Набор к трансформатору Теслы (рис. 451).

**2. Приведение трансформатора в действие.** Катушка Румкорфа для питания малого трансформатора может быть взята с длиной искры не менее 5—10 см, для большого — с искрой в 20—30 см. Наиболее подходящими являются катушки, показанные на рисунках 270, 272 и 279 т. IV. Питание их следует вести через прерыватель Венельта или Симона (см. т. IV, § 16, 7 и 8), в последнем случае возможно использование переменным током освещения (см. т. IV, рис. 301). Вторичная обмотка катушки Румкорфа присоединяется к трансформатору через клеммы  $KK$  тонким (0,3—0,5 мм) или толстым проводом — безразлично.

Перед пуском в ход катушки Румкорфа сближают на малое расстояние шарики разрядника трансформатора и только после этого



включают ток. Если в разряднике возникла искра, то постепенно увеличивают искровой промежуток до максимальной величины, при котором она остается непрерывной и не теряет устойчивого характера.

**3. Непосредственный разряд в воздух вторичной катушки.** После приведения в действие вокруг шарика *B* и верхних витков катушки  $L_2$  наблюдается тихий разряд непосредственно в воздух в виде интенсивного фиолетового пучка. Этот разряд усиливается, если другой конец обмотки  $L_2$  через клемму *E* заземлить, т. е. присоединить ее, например, к трубе водопровода. В мощных трансформаторах тихий разряд превращается в сноп разветвляющихся искр, постепенно исчезающих в воздухе, и сопровождается характерным звуком.

Полезно шарик катушки сделать съемным, чтобы заменить его патроном от освещения, для ввертывания различного типа ламп. Для этого один из полюсов патрона соединяют с медным стержнем *A*, конец которого снабжают резьбой для ввертывания на место шарика (рис. 453). Патрон лучше всего взять с карболиновой крышкой.

В патрон ввертывают неоновую лампу и наблюдают ее исключительное яркое свечение.

Пустотная лампа накаливания на 15 и 25 *вт* (см. т. III, § 26,2) дает яркую флуоресценцию стекла таким зеленоватым светом, какой получается в кружковых или рентгеновых трубках. В газонаполненной



Рис. 453 и 454. Укрепление лампы и колеса Франклина.

лампе (40 *вт* и более) разряд с ее волоска подобен непосредственному разряду с шарика, но имеет более интенсивный характер.

Если к лампочке поднести на достаточно близкое расстояние руку, то между стеклом и рукой возникает искра. Если шарик заменить острием с колесом Франклина, то последнее под влиянием истечения зарядов в воздух приходит во вращение (рис. 454).

**4. Физиологическое действие токов высокой частоты.** Токи высокой частоты при малой мощности совсем не ощущаются человеком<sup>1)</sup>. Чтобы убедиться в этом, берут в руки какой-нибудь металлический предмет, например ключ, плоскогубцы и т. п., и подносят его к шарiku трансформатора.

<sup>1)</sup> При больших мощностях могут возникнуть ощущения тепла внутри организма.

Между предметом и шариком возникает искра, но человек при этом абсолютно ничего не ощущает. Если же поднести просто палец, то почувствуется более или менее значительный, в зависимости от мощности трансформатора, укол или ожог, и запахнет горелой кожей. Рассматривая пораженное на пальце место, легко убедиться, что сгорел небольшой участок кожи в том месте, где ток проникал в человеческое тело. Имея в руках металлический предмет, соприкасающийся с телом на большой поверхности, мы уменьшаем плотность тока, проникающего через кожу к проводящим слоям. Следовательно, тепловой эффект, вызываемый током высокой частоты, распространился на сравнительно большую поверхность, благодаря чему ожог будет отсутствовать.

Если предмет будет невелик по размерам, то в месте соприкосновения с кожей будет чувствоваться нагревание, тем большее, чем меньше поверхность той части предмета, которую держат в руках. В этом легко убедиться, если взять в руку небольшой гвоздь и, держа его двумя пальцами, поднести к шарiku трансформатора.

**5. Разряд трансформатора через разрядник.** Разрядник с двумя шариками в искровом промежутке (см. рис. 449) соединяют с концами *B* и *E* вторичной катушки трансформатора (см. рис. 444 и 451). Раздвинув предварительно шарики на максимально возможное расстояние, постепенно приближают их друг к другу и наблюдают образование тихого разряда в виде фиолетовых пучков. Наконец, после некоторого дальнейшего сближения возникает сильно трещащая искра. Если в верхние клеммы универсального разрядника вставить два толстых медных проводника в виде рогов громоотвода (рис. 455), то искра, образовавшись в промежутке *a*, поднимается вверх, удлиняется и, наконец, прервется. Тотчас же внизу вновь возникнет разряд, искра побежит вверх, прервется и т. д. (см. т. IV, § 20, 5). В результате будут наблюдаться непрерывное образование искр и воспламенение их вдоль рогов.

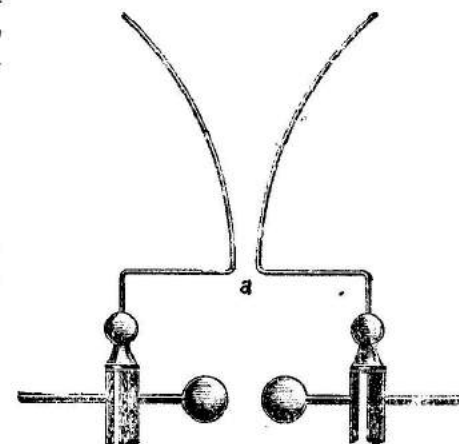


Рис. 455. Роговидный разрядник.

От искры можно зажечь вату, пропитанную спиртом или эфиром, чтобы показать тепловое действие тока высокой частоты. Иногда в разрядник вставляют два параллельных прямых или кольцеобразных провода, чтобы продемонстрировать явление тихого разряда между ними, но это едва ли имеет какую-нибудь методическую ценность (рис. 456 и 457).

**6. Свечение трубок с разряженным газом.** Если к шарiku вторичной катушки приближать гейслерову или плюмкернову трубку, держа ее в руке, то она начнет светиться все сильнее и сильнее по мере уменьшения расстояния и, наконец, после образования искры будет ярко «гореть». Взамен гейслеровой трубки можно будет взять пустотную

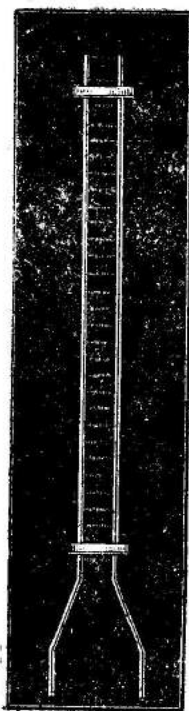


Рис. 456 и 457. Тихий разряд между параллельными и кольцеобразными проводниками.

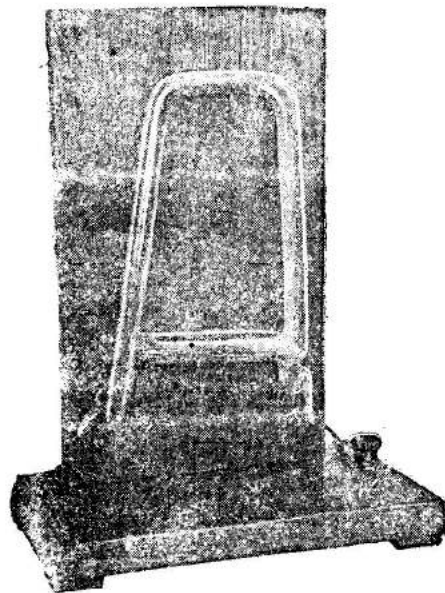
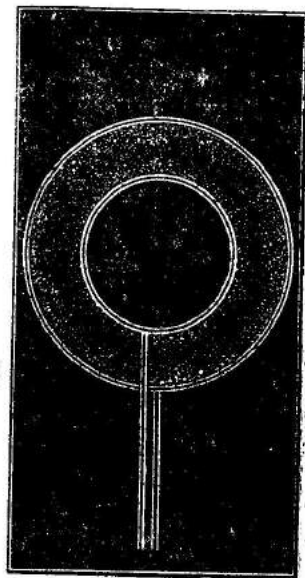


Рис. 458. Газосветная неоновая трубка.

лампочку накаливания, у которой стекло начнет флуоресцировать зеленоватым светом. Интенсивнее всего будет светиться неоновая лампа или газосветная «рекламная» трубка (рис. 458 и т. IV, § 23, 2). Интересно, что трубка с разреженным газом светится и в том случае, когда она не имеет электродов, т. е. металлических вводов для тока внутрь. Такие безэлектродные трубки получили название трубок Теслы (рис. 459).

За отсутствием таких трубок в продаже их можно изготовить самостоятельно, если преподаватель обладает некоторыми навыками в стеклодувном деле.

Для изготовления трубок Теслы берутся стеклянные трубки с внутренним диаметром 11—12 мм и толщиной стенок около 2 мм. Вообще же говоря, размер трубок не важен, нужно лишь, чтобы они были не слишком тонки.

Для небольших трансформаторов трубки берутся длиной до 1 м. Один конец трубки запаивают наглухо, другой оттягивают по образцу рисунка 460 в тонкую трубочку с расширением на конце для надевания резиновой трубки *b*.

Запайвание трубок после их откачки удобнее производить при помощи ручной горелки, хотя эту работу вполне возможно выполнить и при помощи обычной стеклодувной горелки (см. т. I, § 143). После откачки трубочку осторожно прогревают в месте *a* (рис. 460), поворачивая взад и вперед всю трубку Теслы и затем, разогрев в достаточной мере, ее оттягивают. Образовавшийся после оттяжки кончик с оплавливают (рис. 461) и затем во избежание появления трещин вносят носик в красное пламя (без

дутия!) и через короткое время постепенно удаляют его из этого пламени. Для откачивания можно пользоваться насосом Геде или Комовского; применение насоса Шинца весьма утомительно и не даст разрежения до гейслерова свечения.



Рис. 459. Трубка Теслы.

Установка для откачивания собирается по образцу, показанному на рисунке 463. Насос Комовского или насос Геде *B* (рис. 463) посредством толстостенной резиновой трубки соединяется с ртутным манометром *C* и откачиваемой трубкой *D*.

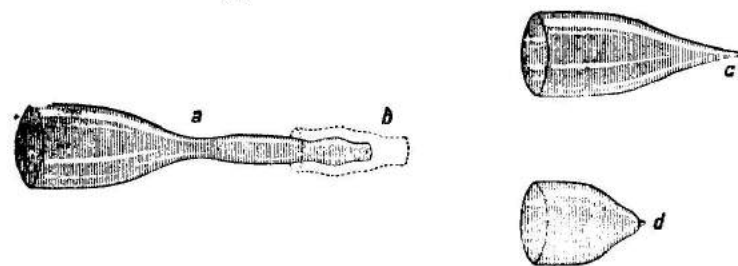


Рис. 460—462. Заделка конца трубки для откачки и запайка его.

Желательно сделать несколько трубок с различными степенями разрежения, соответствующими шнуровому разряду, гейслерову и круковому свечению (см. т. IV, рис. 6, цветн. табл.). Полезно также наполнить несколько трубок углекислотой, если имеется баллон с этим газом. Уста-

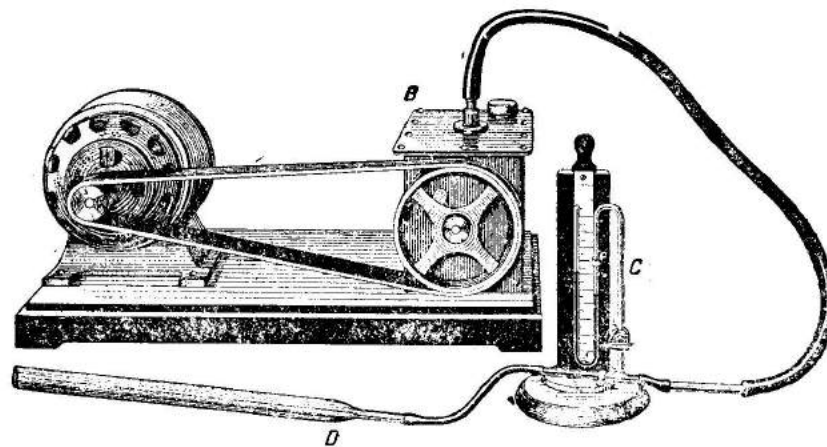


Рис. 463. Откачивание трубки.

новка в этом случае собирается следующим образом. Насос Комовского или Геде соединяется с манометром и разрежаемой трубкой, которая сначала наполнена воздухом. В разрежаемую трубку включают тройник для присоединения баллона с углекислотой. Сначала откачивают трубку до давления 2—4 см ртутного столба; затем, не останавливая работы



насоса, слегка приоткрывают вентиль баллона и заполняют всю систему углекислотой до атмосферного давления. После этого, закрыв вентиль баллона, производят откачивание до давления 2—4 см, вновь заполняют углекислотой, разрезают окончательно до нужной степени и трубку заплавляют.

Трубки Теслы с воздухом светятся лиловым светом; углекислота дает зеленовато-белый свет. Трубки с углекислотой желательно сделать с различными степенями разрежения.

Для демонстрации свечения трубку Теслы берут рукой за один конец другой подносят к шарiku трансформатора (см. рис. 442). Между шариком и трубкой возникает искра, и трубка светится тем интенсивнее, чем больше мощность трансформатора. Для увеличения свечения можно взять трубку не за конец, а посередине.

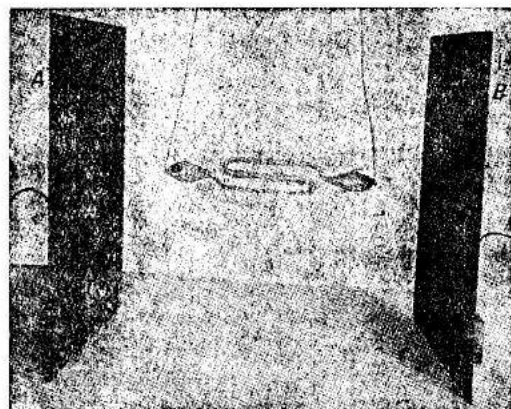


Рис. 464. Свечение трубки в поле высокой частоты.

с разреженным газом с электродами или без них будет светиться в пространстве между листами. Трубку при опыте следует также подвесить, а не держать в руках. Особенно эффектно светятся газосветные «рекламные» буквы от вывесок (см. рис. 458). В универсальном наборе опытов с токами Теслы имеются две пластины (см. рис. 450), вставляемые в разрядник (см. рис. 449).

**8. Емкостный ток.** Если человек касается шарика вторичной катушки, то ток будет течь через тело человека не только в землю, но и существовать благодаря емкостному эффекту. Тело человека представляет собой известную емкость, как бы одну обкладку конденсатора, у которого другой обкладкой является земля. Чтобы убедиться в существовании емкостного тока, нужно встать на изолирующую скамью или, лучше всего, на лист резины, эбонита или другого хорошего изолятора. При прикосновении к шарiku трансформатора образуется искра, указывающая, что ток течет в тело, несмотря на изоляцию его от земли. На рисунке 465 изображена схема цепи, созданной при рассматриваемых условиях. Катушка  $L_2$  является источником тока высокой частоты и оказывается замкнутой на конденсатор (одна обкладка А — человеческое тело, дру-

гая С — земля, диэлектрик — изолирующая скамья); следовательно, в цепи установится ток (§ 12, 1). Этот конденсатор представляет собой известное емкостное сопротивление:

$$R_c = \frac{1}{2\pi fC}.$$

Благодаря громадной частоте тока сопротивление его будет сравнительно невелико, несмотря на небольшую емкость.

Если шарика трансформатора коснется фланговый шеренги людей, вставших за руки, то емкостный ток увеличится. Чтобы убедиться, что между отдельными звеньями шеренги течет ток, делают следующий опыт. Один человек, стоя на полу или на изоляторе — безразлично, берется за шарик трансформатора одной рукой, а другой держит за

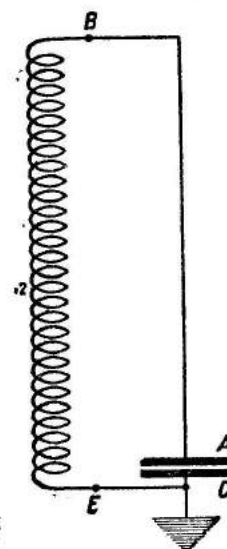


Рис. 465.

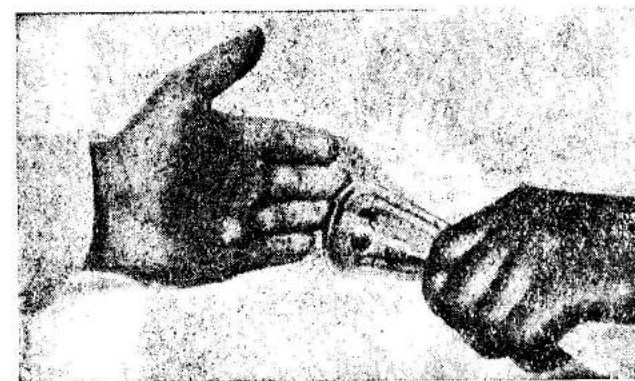


Рис. 466. Обнаружение емкостного эффекта с неоновой лампой.

цоколь неоновую лампу. Другой человек пальцем или металлическим предметом касается контакта, и лампа ярко вспыхивает. При большой мощности удастся подобным образом зажечь в руках лампу накаливания от 12 до 220 в.

Интересен также следующий опыт. Человек, касаясь рукой шарика, держит в другой руке неоновую лампу, которая при этом светит очень слабо или совсем не светит. Если другой человек поднесет к лампе руку, то она ярко вспыхивает (рис. 466). Тот же эффект наблюдается, если лампу поднести к стене или какому-нибудь другому предмету.

**9. Конденсатор в цепи тока высокой частоты.** 1) Трансформатор Теслы. 2) Лейденская банка. 3) Разрядник.

Конденсатор даже малой емкости по причинам, изложенным в предыдущей работе, представляет собой сравнительно незначительное сопротивление току высокой частоты. Для демонстрации этого явления замыкают вторичную катушку  $BE$  трансформатора на искровой промежуток  $D$  и приблизительно определяют максимальную длину искры. Затем в один



из подводящих к разряднику проводов включают лейденскую банку *C* и наблюдают искру в разряднике (рис. 467). Искра лишь немного изменится по своей длине, что указывает на сравнительно малое сопротивление банки.

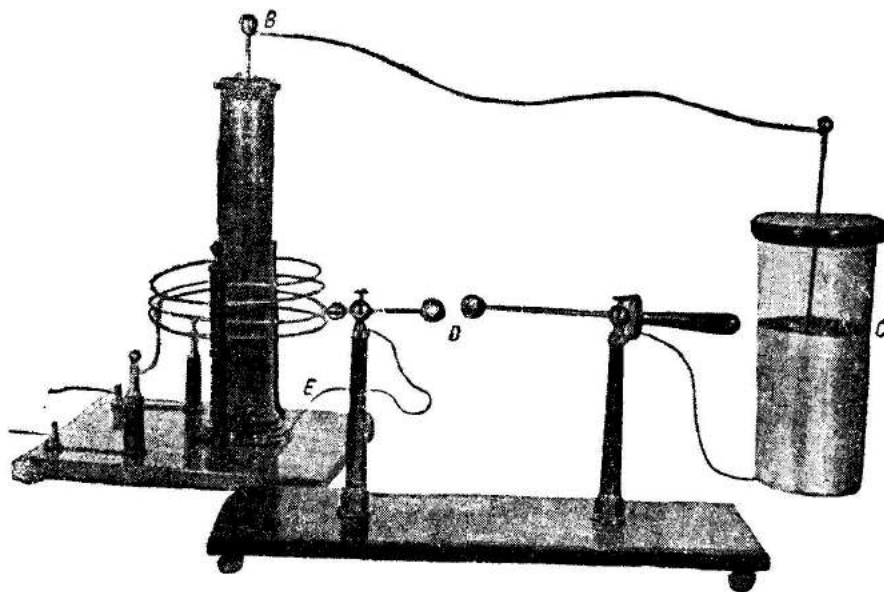


Рис. 467. Емкостное сопротивление в цепи тока высокой частоты.

**10. Самоиндукция в цепи тока высокой частоты.** 1) Трансформатор Теслы. 2) Лампочка на 12 в. 3) Медный провод ( $l=1,5$  м,  $d=3-5$  мм).

Индуктивное сопротивление даже при малых коэффициентах самоиндукции для тока высокой частоты бывает велико. Действительно, индуктивное сопротивление равно:

$$R_L = 2\pi fL,$$

где  $f$  — частота тока и  $L$  — коэффициент самоиндукции. Частоты  $f$  для тока высокой частоты выражаются сотнями тысяч и миллионами герцов, так что даже при малых  $L$  величина  $R_L$  является весьма значительной.

Демонстрация этого явления весьма эффектна и может быть проведена несколькими способами. Неудачи описываемых ниже опытов обыкновенно происходят потому, что ток берут от вторичной катушки трансформатора Теслы, где он по большей части настолько слаб, что не может накаливать лампы. Для опытов следует пользоваться первичным контуром.

1-й способ. Из толстой ( $d=3-5$  мм) медной проволоки ( $l=1,5$  м) сгибают контур *A*, показанный на рисунке 468. Концы контура толстым проводником присоединяют к клеммам. На контуре укрепляют крючки *aa* для подвешивания и в то же самое время для включения лампочки *B*. Для большего удобства патрон для лампы следует снабдить двумя жесткими проводами и отогнуть их указанным на рисунке 469 образом.

Провод можно взять марки ПР (4—6 мм<sup>2</sup>); изоляцию на концах удалить и слегка загнуть их. Лампа для опытов должна быть взята такая, которая ярко накаливается при ее непосредственном включении в контур (§ 25, 6), т. е. лампочка от карманного фонарика, лампа на 12 или 120 в. Демонстрацию весьма важно поставить так, чтобы учащиеся могли увидеть зависимость индуктивного сопротивления от

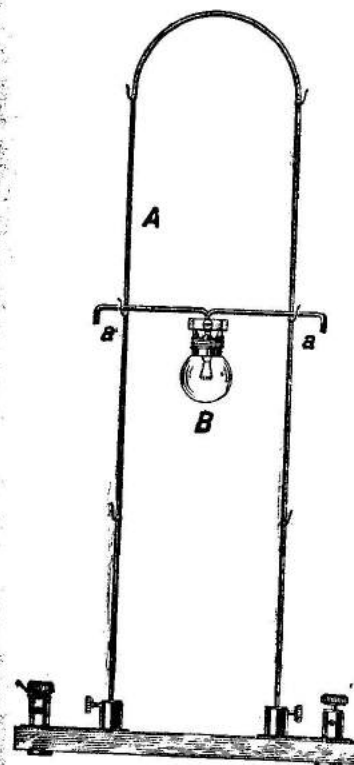


Рис. 468. Контур для наблюдения индуктивного сопротивления.

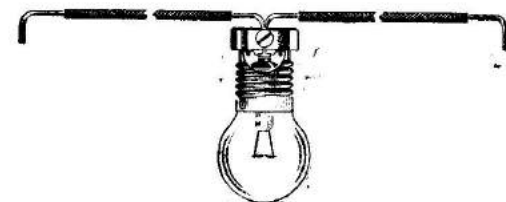


Рис. 469.

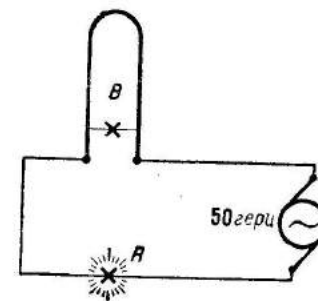


Рис. 470.

частоты тока. Поэтому сначала нужно прибор включить в цепь тока освещения низкой частоты через лампочку в 100—300 вт в качестве реостата или через ламповый реостат *R* и продемонстрировать, что лампа *B* не будет накаливаться (рис. 470). Действительно, омическое и индуктивное сопротивления участка, шунтирующего лампу *B*, весьма малы, и поэтому сила тока через нее будет недостаточна для накала.

Затем прибор включают в разрыв *ef*, сделанный в цепи первичного контура трансформатора Теслы (см. рис. 443), и убеждаются, что лампа будет гореть почти полным накалом. Причиной этого служит весьма значительное индуктивное сопротивление участка *A*, шунтирующего лампу.

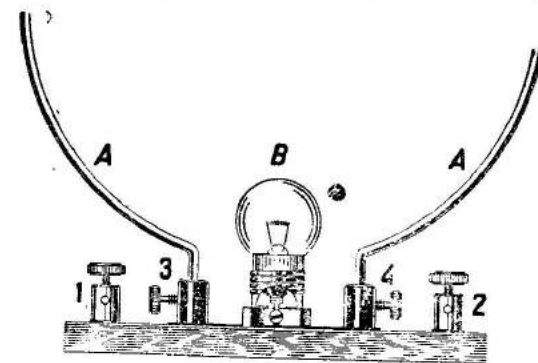


Рис. 471. Демонстрация индуктивного сопротивления.

Затем демонстрируют, что накал лампы зависит от площади витка  $A$ , который шунтирован лампой  $B$ . Именно, лампа будет накаливаться наиболее сильно на нижних крючках прибора и слабее всего — на верхних.

Описанный опыт можно продемонстрировать также с трансформатором Теслы, показанным на рисунках 451 и 452.

У прибора удаляют вторичную  $L_2$  и первичную  $L_1$  катушки и на место последней вставляют провод U-образной формы (см. рис. 452, II).

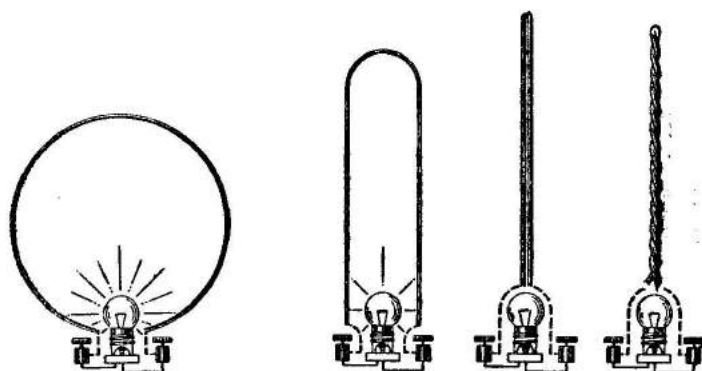


Рис. 472—475.

На проводе имеется ползунок с патроном для лампы на 12 в. При возбуждении контура Теслы от катушки Румкорфа лампа будет накаливаться тем сильнее, чем ближе сдвинута она к основанию U-образного провода.

2-й способ. На изолирующем основании монтируют лампочку и приключают каждый ее вывод к паре клемм (рис. 471). Крайние клеммы 1, 2 служат для включения лампы в контур трансформатора Теслы, средние 3, 4 — для укрепления витка  $A$  диаметром в 25—30 см. Эти клеммы имеют соединения между собой: 1 с 3 и 2 с 4.

Виток делают из изолированного, возможно более мягкого провода, например из толстого шнура (4—6 мм) освещения или алюминиевого провода. При включении в первичный контур трансформатора лампочка будет гореть при наличии витка (рис. 472). Если затем растянуть виток, уменьшив его площадь (рис. 473), накал лампы ослабнет; при полном сближении проводов (рис. 474) или их скручивании (рис. 475) т. е. бифиляре, лампа гореть не будет.

Все свойства токов высокой частоты демонстрируются более наглядно и просто при помощи генератора незатухающих колебаний, описанного в § 33.

## ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ РЕЗОНАНС. ВОЛНОМЕР.

### § 27. Электрический резонанс.

1. Виды и степень связи между контурами. Если колебания из одного контура передаются тем или иным способом в другой, то такие контуры носят название связанных. Контур, который служит источником колебаний, называется первичным, генераторным или вибраторным, второй контур, воспринимающий колебания, — вторичным, приемным, или, в частности, резонирующим и резонатором. Существует несколько видов связи.

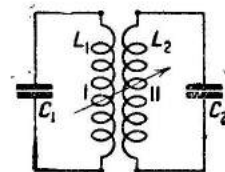


Рис. 476. Схема трансформаторной связи.

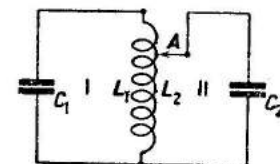


Рис. 477. Схема автотрансформаторной связи.

Связь индуктивная — трансформаторная, называемая иногда магнитной, возникает в том случае, когда переменное магнитное поле катушки  $L_1$  генератора возбуждает ток в катушке  $L_2$  приемного контура (рис. 476). Такая связь осуществляется путем сближения двух катушек и установки их так, чтобы плоскости витков были параллельны или образовывали угол, меньший  $90^\circ$ .

Связь индуктивная — автотрансформаторная показана на схеме рисунка 477. Здесь катушка  $L_1$  контура  $C_1L_1$  является одновременно катушкой вторичного контура  $L_2C_2$ . При автотрансформаторной связи катушка  $L_1$  включается во вторичный контур вся целиком или, чаще всего, только частично посредством подвижного контакта  $A$ .

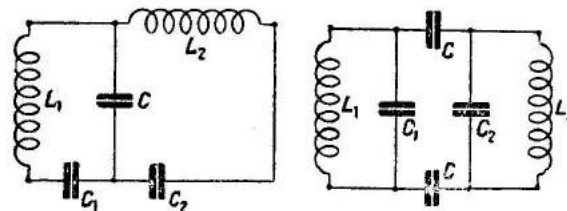


Рис. 478. Схемы емкостной связи.

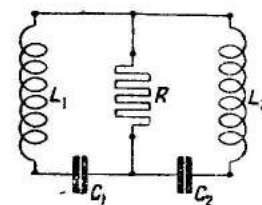


Рис. 479. Схема гальванической связи.

Связь емкостная между контурами  $C_1L_1$  и  $C_2L_2$  осуществляется посредством одного или двух конденсаторов  $C$ , включаемых по схемам рисунка 478.

Связь гальваническая получается при помощи сопротивления  $R$ , включенного между контурами  $C_1L_1$  и  $C_2L_2$  по схеме рисунка 479.

Связи гальваническая и емкостная возникают за счет разности потенциалов, возникающих на сопротивлении  $R$  (рис. 479) или конденсатора  $C$  (рис. 478).

Явления, наблюдающиеся в связанных контурах, весьма разнообразны и сложны. Дело в том, что если первичный контур передает энергию во вторичный, то последний, в свою очередь, воздействует на первичный через ту же связь и как бы возвращает ему обратно часть энергии. В частности, при затухающих колебаниях может, например, наблюдаться картина, как у двух резонирующих маятников, охарактеризованных графиком рисунка 596, т. II. Явление взаимодействия двух контуров между собой носит название взаимной индукции.

При незатухающих колебаниях тока, вызванные вторичным контуром в первичном, взаимодействуют с „собственными“ токами этого последнего и могут уменьшить или усилить их. Благодаря этому в первом случае в первичном контуре возникает как бы добавочное некоторое сопротивление и увеличивается затухание.

Степень связи бывает сильная и слабая. Характеризуется она коэффициентом связи, выражаемым обычно в процентах или десятичной дробью от нуля до единицы.

Для характеристики степени связи приводим табличку:

Степень связи	Коэффициент связи	Возвратное действие
Очень слабая . . . .	0— 1 %	Не существует.
Слабая . . . . .	1— 5 %	Практически неощутимо.
Сильная . . . . .	5— 95 %	Существует.
Очень сильная . . .	95—100 %	Весьма сильно. Получается при связывании катушек железным сердечником (трансформатор).

При очень слабой связи количество энергии, перетекающее из одного контура в другой, весьма мало. При сильной связи благодаря возвратному действию вторичный контур создает в первичном дополнительное сопротивление — мешает существующим в последнем колебаниям и, в частности, может прекратить их. Поэтому наибольшее количество энергии из одного контура в другой может быть передано только при определенной степени связи, именно при такой, при которой сопротивление, вызываемое вторичным контуром в первичном, равно полному внутреннему сопротивлению этого последнего.

**2. Два вида электрического резонанса.** Если два контура  $C_1L_1$  и  $C_2L_2$  связаны между собой, например, индуктивно и в одном из них генерируется ток, частота которого, как известно, определяется величинами  $C_1L_1$ , то в другом  $C_2L_2$  благодаря связи возникает ток такой же частоты (рис. 480). Колебания во вторичном контуре будут навязанными, если частота его собственных колебаний, зависящих от величин  $C_2$  и  $L_2$ , отлична от частоты тока первичного контура. Максимум

энергии будет поступать из первичного контура<sup>1)</sup> во вторичный, и ток в последнем достигнет наибольшей величины в случае резонанса, т. е. при условии:

$$C_1L_1 = C_2L_2.$$

Этот вид резонанса называется резонансом напряжений.

Описанная картина наблюдается также в случае, когда непосредственная связь отсутствует и передача энергии совершается в форме электромагнитных колебаний.

Положим теперь, что в цепи  $ABDE$ , в которую включен контур  $CL$ , течет ток высокой частоты (рис. 481). При настройке контура в резонанс ток в самом контуре достигнет наибольшей величины, но в цепи он

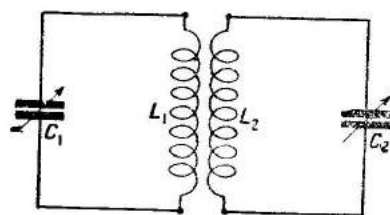


Рис. 480. Схема для получения резонанса напряжений.

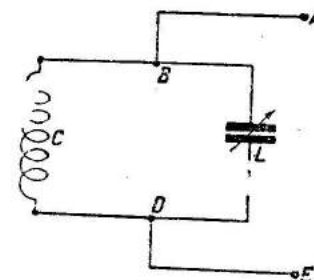


Рис. 481. Схема для получения резонанса токов.

будет сильно задерживаться. Причиной последнего явления служит то обстоятельство, что создающиеся на клеммах конденсатора и катушки напряжения (а в случае резонанса они достигают очень большой величины!) будут противодействовать действующему напряжению, которое вызывает ток в цепи  $ABDE$ . Таким образом, контур  $CL$  при резонансе препятствует прохождению тока в цепи. Этот вид резонанса в отличие от резонанса напряжений получил название резонанса токов.

Если через контур  $CL$  пустить два тока разной частоты, то можно, настроившись по отношению к одному из них в резонанс, задержать или, как говорят, отфильтровать этот ток, в то время как другой в той или иной мере свободно будет течь через контур. Схема параллельного включения контура употребляется во многих случаях, например при настройке анода (§ 39, 7), для отстройки от станции, мешающей приему, в схеме приемника для „длинных волн“ (§ 37, 1), в фильтрах (§ 6, 6) и т. п.

**3. Механическая аналогия электрического резонанса при затухающих колебаниях.** См. т. II, § 62, 2 и 3.

**4. Механическая аналогия электрического резонанса при незатухающих колебаниях.** 1) Маятник Роуланда.

Маятник Роуланда состоит в простейшем случае из деревянного бруска  $A$  ( $70-80 \text{ см} \times 4-5 \text{ см} \times 1-1,5 \text{ см}$ ), подвешенного при помощи гвоздя  $D$  к какой-нибудь подставке (рис. 482). Маятник снабжен

<sup>1)</sup> Аналогично см. т. II, § 62, 2 и 3.



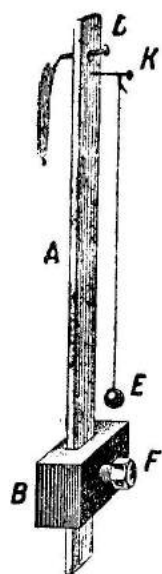


Рис. 482.  
Маятник  
Рюланда.

очень тяжелым грузом  $B$ , который может быть сдвинут вдоль бруска  $A$  и закреплен в любом месте посредством винта  $F$ . Такой груз возможно отлить из свинца. Благодаря значительной массе груза затухание будет весьма незначительно, и колебания маятника можно рассматривать как незатухающие. На гвоздь  $D$  или, лучше, на гвоздь  $K$ , вбитый в планку достаточно близко к оси вращения  $D$ , вешают на нитке небольшой металлический шарик. Опыт показывает, что после пуска в ход маятника Рюланда наибольшая амплитуда колебаний наблюдается при резонансе, т. е. при одинаковой длине маятников, считая ее от оси вращения до центра тяжести.

Характерно, что в описываемом опыте не наблюдается того поочередного перехода энергии от одного маятника к другому, который характеризуется графиком рисунка 596, т. II.

### 5. Акустическая аналогия электрического резонанса.

1) Два камертона, настроенных в унисон.

Два камертона на резонаторных ящиках, настроенных в резонанс, или, выражаясь иначе, в унисон, ставят на расстоянии 0,5—2 м друг от друга и возбуждают в одном посредством резинового молоточка или смычка колебания рукой, наблюдают, что во втором камертоне возникли колебания, и он дает звук.

Следует продемонстрировать также, что это явление наблюдается только в том случае, когда камертоны имеют одинаковую частоту колебаний. Для изменения частоты колебаний на ножку одного надевают

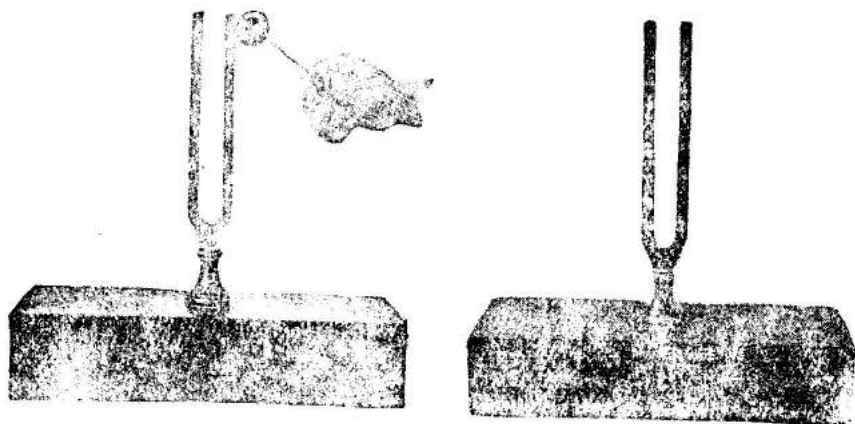


Рис. 483. Акустический резонанс.

обычно прилагаемый к камертонам металлический грузик или за его отсутствием подвешивают туда парафином какой-нибудь маленький металлический предмет, например шарик, гайку, гвоздик и т. п. Явление

резонанса при расстройке камертонов не будет наблюдаться. Важно показать, кроме того, что количество энергии, передаваемое при резонансе одним камертоном, зависит от степени „связи“ между ними, т. е. в данном случае от расстояния между вибратором и резонатором. Опыт показывает, что с уменьшением расстояния резонирующий камертон будет давать более сильный звук<sup>1)</sup>.

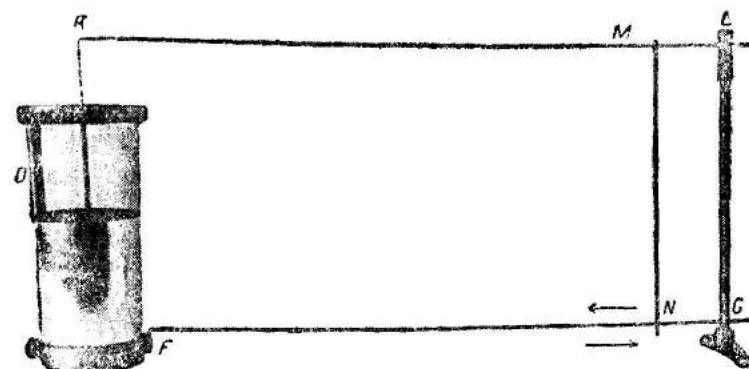
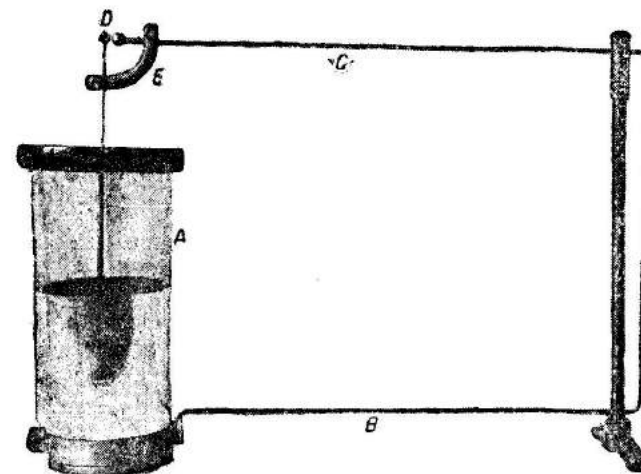


Рис. 484. Банки Лоджа.

6. Банки Лоджа. 1) Банки Лоджа. 2) Катушка Румкорфа. 3) Источник тока для питания катушки. 4) Неоновая лампа 120—220 в.

Банки Лоджа служат для демонстрации электрического резонанса. Устройство их показано на рисунках 484—487. У одной из лейденских банок  $A$  обкладки соединены через искровой промежуток  $D$  толщиной ( $d = 3—4$  мм) медным проводником  $BCD$ , изогнутым в форме прямо-

<sup>1)</sup> Для обнаружения колебаний у резонирующего камертона около одной из его ножек вешают маленький металлический шарик.

угольника ( $30—40\text{ см} \times 40—60\text{ см}$ ) и образующим вместе с банкой колебательный контур. Для поддержания величины искрового промежутка определенным по величине ( $l=5—10\text{ мм}$ ), а также в случае надобности изменения этого расстояния служит эбонитовая перемычка  $E$ . У второй банки (рис. 484) точно такого же размера к обкладкам присоединены прямые медные проводники  $FG$  и  $KL$  такой же толщины, что и первой банки. Концы этих проводников укреплены в эбонитовой или деревянной перемычке  $LG$ . Длину их делают на  $5—10\text{ см}$  больше, чем соответствующие им проводники  $CB$  первой банки. Для соединения проводников  $FG$  и  $KL$  между собой служит медный провод  $MN$ , способный перемещаться в направлении стрелок. Верх этого провода сделан в виде кольца и надет

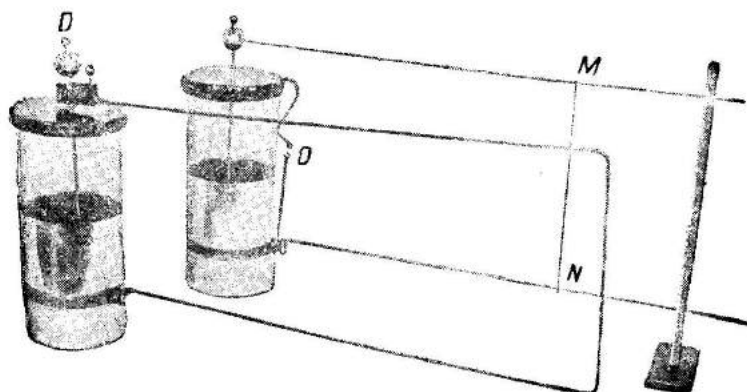


Рис. 485. Банки Лоджа, собранные из прибора Теслы Главтехучпрома.

на  $LK$ , нижний конец свободен и касается  $FG$ . Благодаря проводу  $MN$  может быть изменена величина прямоугольника  $KMFN$ , а следовательно, величина коэффициента самоиндукции контура, что служит для настройки в резонанс контура банки  $F$  по отношению к контуру банки  $A$ . Снаружи банки  $F$  сделаны выводы от ее обкладок к искровому промежутку  $O$ . Выводы делают или из двух проволок с шариками на концах (рис. 485), или из двух полосок станиоля (рис. 484 и 487), наклеенных на стенки банки. Величину искрового промежутка берут  $1—3\text{ мм}$ . Опыт производится следующим образом. К искровому промежутку  $D$  банки присоединяют концы вторичной обмотки катушки Румкорфа с длиной искры не менее  $10—15\text{ см}$ . Катушку можно питать постоянным или переменным током и пользоваться молотчковым или электролитическим прерывателем. Изменяя расстояние искрового промежутка  $D$ , добиваются при его наибольшей величине непрерывной искры. Вторую банку располагают сначала на расстоянии  $30—40\text{ см}$  от первой, ориентируя ее так, чтобы плоскости контуров были параллельны (индуктивная связь) (рис. 485). Перемещая провод  $MN$ , находят его положение, при котором в искровом промежутке  $O$  появляется искра. Затем постепенно отодвигают банки друг от друга на максимальное расстояние, при котором происходит образование искры в резонирующей банке. Это расстояние, смотря по мощности и степени налаженности приборов, бывает обычно от  $50\text{ см}$  до  $1—1,5\text{ м}$ .

Опыт заключается в демонстрации того, что искра в резонирующем контуре возникает только при определенном положении провода  $MN$ , т. е. настройке контура  $KMFN$  в резонанс с контуром  $DCBA$ . Важно проследить также, что при перемещении  $MN$  на некотором участке искра сначала увеличивает свою интенсивность и, пройдя через максимум (резонанс!), постепенно убывает и затем исчезает.

Много убедительней и эффектней выходит опыт, если вместо искрового промежутка включить неоновую лампу  $M$  (рис. 486). Тогда, во-первых, расстояние между банками может быть увеличено до  $5—6\text{ м}$ , во-вторых, момент наступления резонанса по интенсивности свечения определяется точнее и, в-третьих, свечение лампы лучше видимо для аудитории, чем искра.

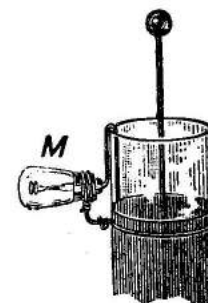


Рис. 486. Включение неоновой лампы к банке Лоджа.

Изготовление банок Лоджа самостоятельно не представляет затруднений. За отсутствием банок можно взять плоское стекло, оклеив его станиоля с той и другой стороны. Вид банок Лоджа, выпускавшихся в последнее время на рынок, показан на рисунке 487. Настройка резонирующей банки производится посредством металлической перемычки  $MN$ .

**7. Обнаружение электрического резонанса неоновой лампы.** 1) Колебательный контур из работы § 25, 5. 2) Катушка Румкорфа. 3) Панель для одной катушки,  $I_1$ . 4) Набор сотовых катушек. 5) Неоновая лампа ( $120—220\text{ в}$ ) с патроном. 6) Переменный конденсатор,  $IV^1$ .

Для опыта можно воспользоваться генераторным контуром, описанным в § 25, 6. При питании его крупной катушкой Румкорфа электрический резонанс можно обнаружить с помощью неоновой лампы на расстоянии до  $1—2\text{ м}$ .

Колебательный контур можно собрать и более примитивный из нескольких витков провода  $L$  (ПР), искрового промежутка  $D$  и лейденской банки  $C$  и питать его от катушки Румкорфа  $T$  (рис. 488). Резонирующий контур собирают из панельки  $I^1$  для сотовых катушек или катушки  $L_2$  (рис. 489) и переменного конденсатора  $C_2$  ( $IV$ ), к зажимам которого присоединена неоновая лампа  $M$ . Возбудив колебания

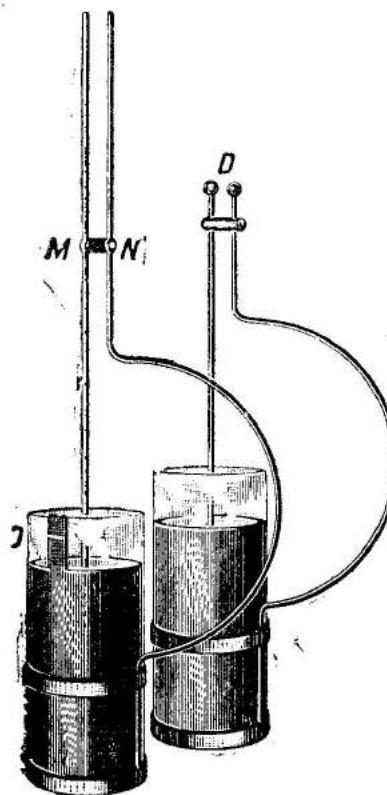


Рис. 487. Банки Лоджа.

или катушки  $L_2$  (рис. 489) и переменного конденсатора  $C_2$  ( $IV$ ), к зажимам которого присоединена неоновая лампа  $M$ . Возбудив колебания

<sup>1)</sup> См. таблицу 33, § 36 и рис. 492.

в генераторе, дают катушкам наиболее сильную связь, устанавливая их основаниями в параллельных плоскостях и достаточно близко друг к другу. Катушку  $L_2$  сначала берут с наименьшим числом витков. Если неоновая лампа горит и между пластинами конденсатора образуются искры при любой емкости, то контур  $C_2L_2$  отодвигают и устанавливают на том ближайшем расстоянии от катушки  $L_1$ , при котором лампа не зажигается. Затем, медленно вращая рукоятку конденсатора, вводят постепенно емкость от минимума до максимума сначала с одной катушкой, затем со следующей по числу витков и т. д. При одной из сотовых катушек лампа будет гореть при положениях указателя рукоятки конденсатора на некотором определенном участке, больше или меньше, в зависимости от степени затухания. Вновь изменяют расстояние (связь) между катушками  $L_1L_2$  и находят условия, при которых лампа дает при резонансе яркую вспышку. Горение лампы соответствует настройке контуров  $C_1L_1$  и  $C_2L_2$  в резонанс.

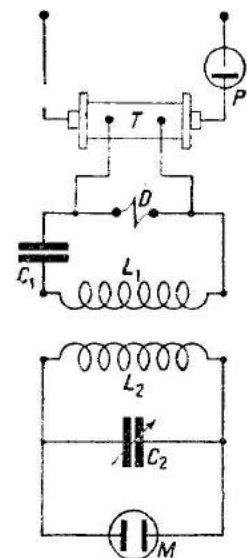


Рис. 488. Схема для демонстрации электрического резонанса.

**8. Обнаружение электрического резонанса лампы накаливания и тепловым миллиамперметром.**  
1) Приборы те же, что в работе 7, с заменой неоновой лампы лампой от карманного фонарика. 2) Тепловой миллиамперметр.

Опыт проводится так же, как работа 7, с той только разницей, что вместо неоновой в контур  $C_2L_2$  включают по схеме рисунка 490 лампочку  $N$  от карманного фонарика. Перед опытом следует узнать, достаточно ли развиваемая генератором мощность вообще для накаливания лампы во вторичном контуре. Когда убедятся, дав сильную связь, в горении лампы, после этого пере-

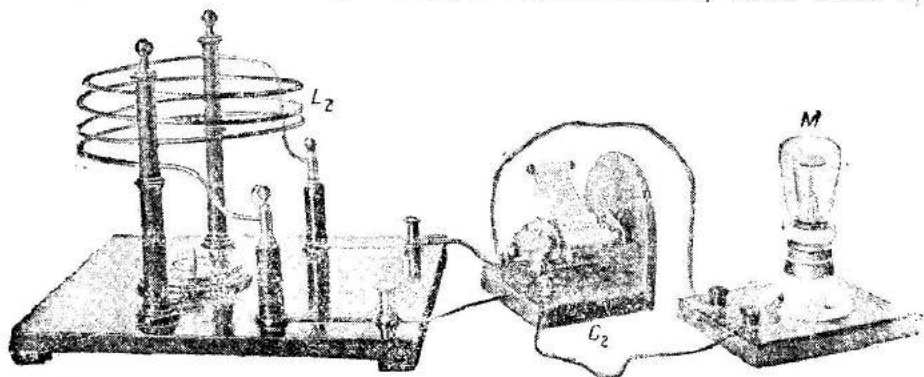


Рис. 489. Контур для демонстрации резонанса (с неоновой лампой).

ступают к отысканию наилучших условий для наблюдения резонанса. Если опыт с сотовыми катушками налаживается плохо или совсем не выходит, полезно заменить их катушкой из толстого провода примерно такого же диаметра и с таким же числом витков, что и у генератора (рис. 490).

Может случиться при опытах, что лампа не будет тухнуть, а гореть все время слабым накалом и только в момент резонанса даст яркую вспышку.

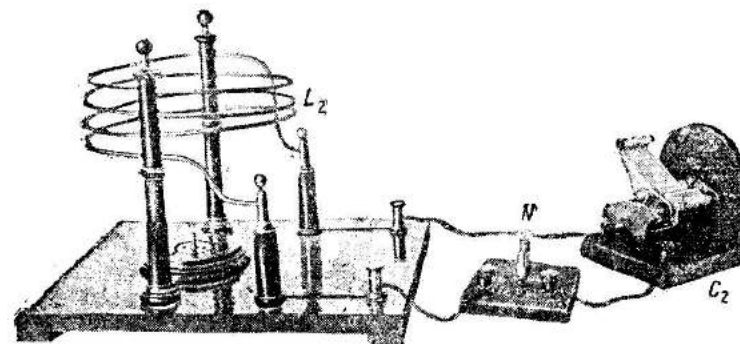


Рис. 490. Контур для демонстрации резонанса (с лампой накаливания).

Много легче при тех же условиях наладить демонстрацию резонанса, включив во вторичный контур тепловой миллиамперметр по схеме рисунка 491. При резонансе тепловой прибор даст максимальное отклонение.

Можно создать комбинированную цепь, введя в контур лампу накаливания и тепловой миллиамперметр вместе.

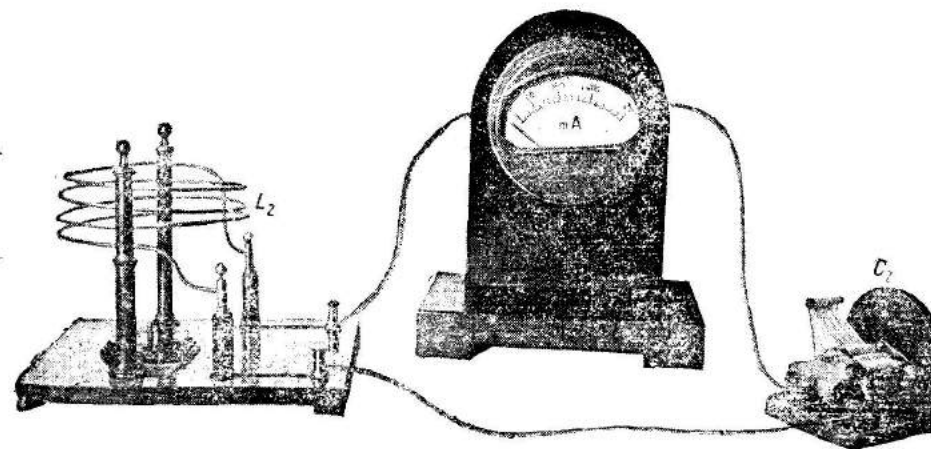


Рис. 491. Контур для демонстрации резонанса (с тепловым миллиамперметром).

Вместо теплового амперметра можно пользоваться милливольтметром постоянного тока, включенным к термовакуумному элементу (§ 29, 5). Кроме того, для этой же цели может служить термоэлектрический прибор, описанный в разделе 10.

Явление электрического резонанса с лампой в качестве индикатора много эффективнее демонстрировать с генератором незатухающих колебаний (§ 33, 9).



**9. \* Обнаружение электрического резонанса детектором с телефоном или с гальванометром.** 1) Гальванометр демонстрационный. 2) Два набора соевых катушек. 3) Две панели для одной катушки,  $I^1$ . 4) Конденсаторы переменный,  $IV^1$  и постоянный. 5) Пищик. 6) Один-два элемента или аккумулятора. 7) Панель для детектора и телефона,  $V^1$ . 8) Телефонные трубки.

Генераторный контур, состоящий из соевой катушки  $L$  и конденсатора постоянной емкости  $C = 300—500$  см возбуждается пищиком  $P$ , питаемым от батареи  $B$  по схеме рисунка 503. Приемный контур состоит из соевой катушки  $L_2$  и переменного конденсатора  $C_2$ ,  $IV^1$ , к клеммам которого присоединена по схеме рисунка 492 панель  $V$  для кристаллического детектора и телефона. (Вместо телефона на рисунке 492 включен гальванометр).

Возбудив колебания в генераторе и найдя чувствительную точку на детекторе, отодвигают приемный контур до тех пор, пока звук в телефоне станет едва слышимым. Звук пищика при этом необходимо предварительно заглушить, накрыв последний чехлом. Заменяя одну



Рис. 492. Контур для демонстрации резонанса (с детектором и гальванометром).

катушку  $L_2$  другой и медленно проходя при каждой из них всю шкалу конденсатора, наблюдают усиление звука в телефоне и затем при дальнейшем введении емкости — его исчезновение, что соответствует резонансу.

Неопытному экспериментатору рекомендуется сначала в поисках резонанса брать одинаковые катушки  $L_1$  и  $L_2$  и конденсатор  $C_1$  по емкости меньше  $C_2$ .

Для получения наиболее четкого резонанса надо брать возможно более слабую связь и включение телефона и детектора по схеме рисунка 506. Для демонстрации всему классу надо выпрямленный детектором ток усилить при помощи усилителя низкой частоты в 1—2 лампы, к которому включить репродуктор.

<sup>1</sup> См. таблицу 33, § 36

При замене телефона чувствительным демонстрационным гальванометром и сравнительно сильной связи резонанс характеризуется наибольшим отклонением стрелки гальванометра (рис. 492).

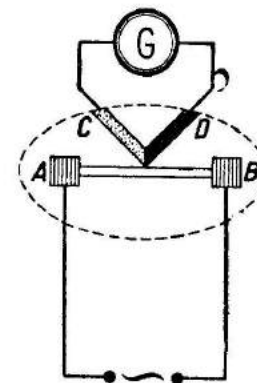
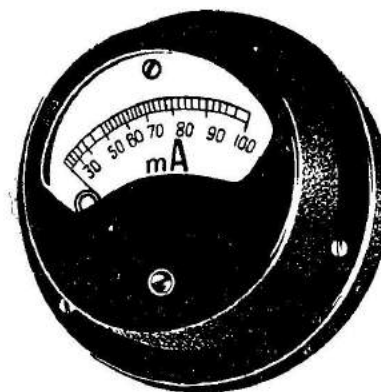


Рис. 493 и 494. Термоэлектрический миллиамперметр и схема его устройства.

**10. Термоэлектрические приборы ВЭСО.** Термоэлектрические приборы, выпускаемые ВЭСО, предназначены для измерения переменных токов высокой и низкой частот (рис. 493).

В состав прибора входят гальванометр (магнитно-электрической системы), соединенный с одной или несколькими термопарами; нагрев одного спая у них производится измеряемым переменным током. Термопары дают ток, вызыва-

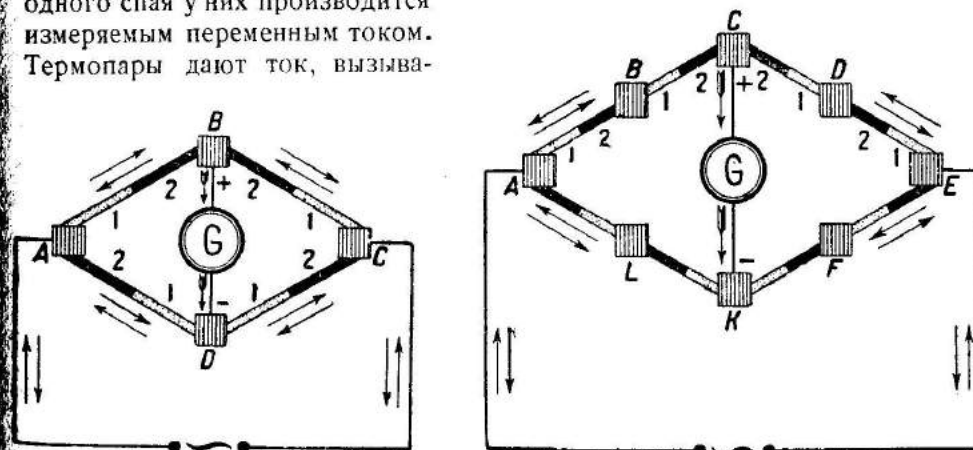


Рис. 495. Схемы мостиков Саломсона.

ющий отклонение гальванометра. Гальванометр проградуирован так, что его деления на шкале соответствуют значениям силы переменного тока.

Термопреобразователь устраивается следующим образом. В простейшем случае переменный ток течет по платиновому проводнику  $AB$  и вызывает нагревание его, а также и спая присоединенной к нему термопары (железо — константан)  $CD$  (рис. 494). Термопара дает ток,

воздействующий на гальванометр  $G$ . Проводник  $AB$  и термопара  $CD$  помещены в баллон, из которого воздух выкачан, что придает термопреобразователю большую чувствительность. У другой, более чувствительной системы термопары собраны по схеме мостика Саломсона. На рисунке 495, I показаны четыре термопары 1, 2, причем одни и те же металлы обозначены одинаково: железо — черным и константан — белым. Места соединений термопар  $A, B, C$  и  $D$  представляют собой сравнительно массивные металлические колодки, служащие для охлаждения. Переменный ток, протекая по мостику (стрелки без оперения), производит нагревание спаев термопар, в результате чего возникает постоянный ток (стрелки с оперением) через гальванометр  $G$ .

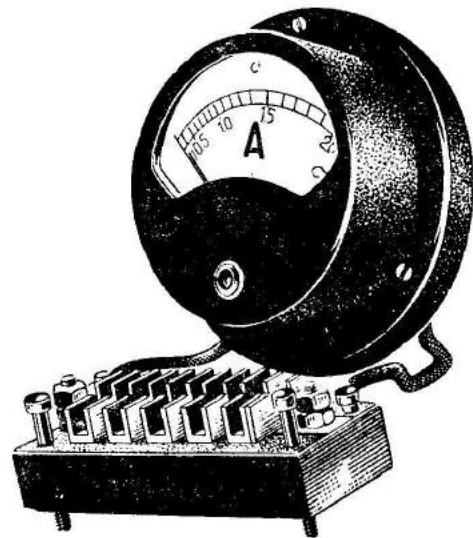


Рис. 496. Амперметр с термопреобразователем.

На рисунке 495, II показана схема мостика с восемью термопарами.

Термопреобразователь заделан в приборах ВЭСО или в их корпус, или для сильных токов смонтирован в отдельной коробочке (рис. 496). Сверх коробочки видны  $\square$ -образные скобки, служащие для охлаждения.

Приборы с вакуумным термопреобразователем выпускаются на 100 ма, с отдельным преобразователем — на 1, 2 и 3,6 а.

**11. Резонанс в приборах Теслы и Зейбта.** См. § 26, 3, § 32, 2 и § 33, 9.

**12. Электрический резонанс между генератором ультракоротких колебаний и диполем.** См. § 33, 6.

## § 28. Биения.

**1. Акустические биения.** 1) Два камертона, настроенные в унисон. 2) Парфин. 3) Несколько дробиншек.

Весьма важно, как для выяснения сущности явления электрических биений, так и в качестве аналогии, продемонстрировать акустические биения.

Берут два камертона, настроенные в унисон, и возбуждают в них одновременно колебания. В результате будет слышен сильный совершенно ровный тон.

Затем один из камертонов слегка расстраивают, наклеив на его ножку парафином маленькую дробинку или какой-либо подходящий по размерам металлический предмет. При возбуждении камертонов звук перестает быть ровным, а периодически то усиливается, то ослабевает, т. е. возникают биения (рис. 497). Если приклеить вторую, третью и т. д. дробинки, т. е. все сильнее и сильнее расстраивать камертоны, то число

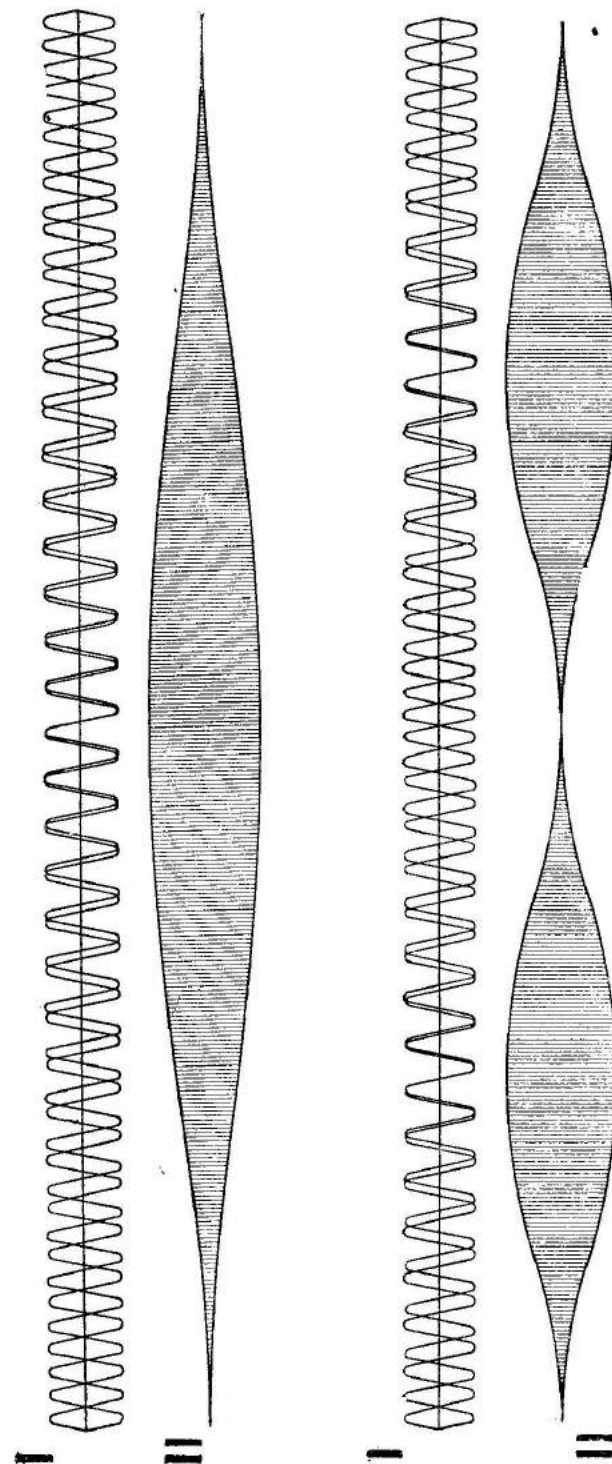
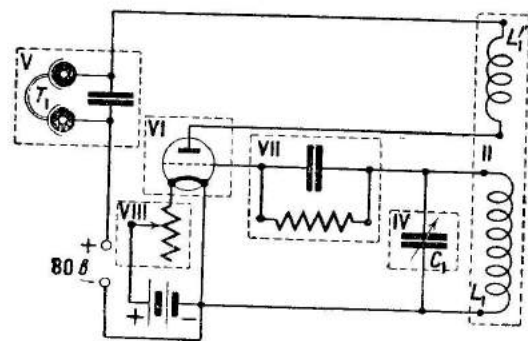


Рис. 497. Графики биений.

биений в секунду будет возрастать. Теория и опыт показывают, что число биений в секунду равно разности чисел колебаний звучащих тел.

**2. Биения при электрических колебаниях.** 1) Две панели с лампами П-7 и ПТ-2, VI<sup>1</sup>). 2) Четыре сотовые катушки: две на 100 витков и две на 75 витков. 3) Две колодки для изменения связи, II<sup>1</sup>). 4) Два гридлика, VII<sup>1</sup>). 5) Два переменных конденсатора, IV. 6) Два реостата накала, VIII. 7) Панель для телефона, V. 8) Телефонные трубки. 9) Две батареи накала.



Если два контура, связанные между собой, генерируют частоты, близкие друг другу, то в результате возникают биения. Число биений в секунду, как и в акустике, равно разности частот генерируемых колебаний. В том случае, когда число биений в секунду лежит в пределах от 40 до 10 000—15 000 в секунду, то в телефоне после

детектирования будет слышен звук той или иной высоты. Для демонстрации электрических биений проще всего собрать два регенеративных приемника (рис. 498), являющихся, как известно, в то же время генераторами колебаний высокой частоты. Можно также вызвать биения по более простой схеме, но это менее ценно в методическом отношении, так как наличие двух самостоятельных генераторов не так ясно видно. Подробности о сборке

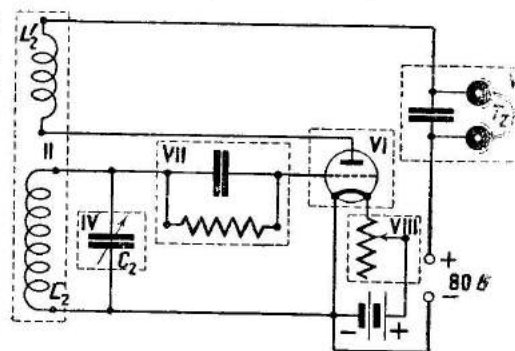


Рис. 498. Схема для получения биений.

регенеративных приемников и управлении ими см. в § 38, 6. Для быстрого успеха опыта рекомендуется собрать два совершенно одинаковых регенератора, т. е. катушки  $L_1$  и  $L_2$  взять с равными числами витков, так же как и катушки  $L'_1$  и  $L'_2$ ; переменные конденсаторы  $C_1$  и  $C_2$  — приблизительно с одинаковой емкостью.

Сначала возбуждают колебания в одном генераторе, изменяя связь между катушками  $L_1$  и  $L'_1$  до появления „шорохов и шелестов“ в телефоне после „щелчка“. Затем поступают так же со вторым приемником, удалив при этом катушки  $L_1$  и  $L_2$  друг от друга. При одинаковых катушках и конденсаторах берут примерно одинаковые емкости и сдвигают постепенно колодки с катушками  $L_1$  и  $L_2$ . Медленно вращают один из конденсаторов и наблюдают в телефоне появление сначала очень высокого тона, который при дальнейшем изменении емкости становится

<sup>1</sup> См. таблицу 33 и § 36

все ниже и ниже, затем исчезает и вновь появляется в виде низкого тона, постепенно повышающегося до предела слышимости. Для демонстрации всему классу нужно включить к приемнику усилитель низкой частоты с одной-двумя лампами и биения демонстрировать с помощью репродуктора.

Для упрощения следует взять один из конденсаторов, например  $C_1$ , постоянной емкости.

## § 29. Устройство волномера и принцип его действия.

**1. Общие сведения о волномере.** Волномер служит для важнейших измерений в области радио. Волномер представляет собой колебательный контур, длина волны которого или его частота колебаний точно известны.

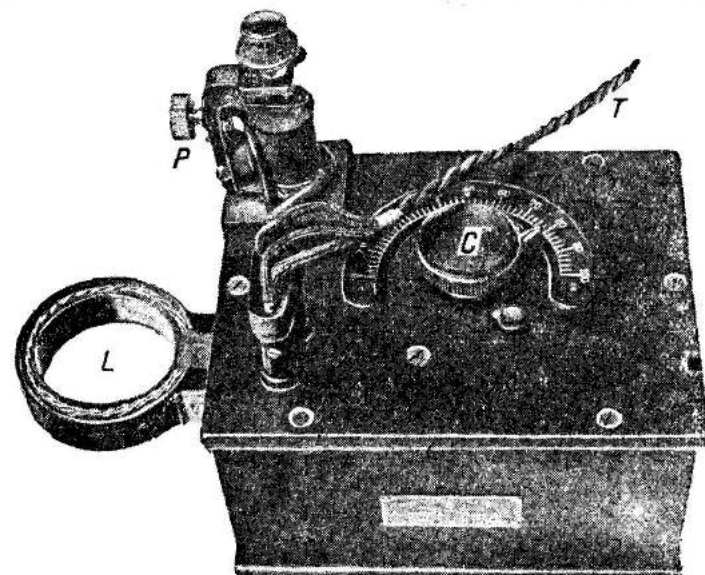


Рис. 499. Простой волномер с сотовыми сменными катушками  $L$ ;  $C$  — переменный конденсатор;  $P$  — пищик;  $T$  — провод от батареек.

В волномере конденсатор делается переменным или, реже, при постоянном конденсаторе вместо катушки берется вариометр. Тогда при изменениях у вариометра его самоиндукции  $L$  или у конденсатора его емкости  $C$  от их наименьшего до наибольшего значения волномер охватит известный диапазон частот или длин волн.

Чаще всего волномер состоит из переменного конденсатора  $C$  до 500—1000 см, снабженного верньером для плавного изменения емкости, и серии катушек  $L$  (сотовых или однослойных цилиндрических), намотанных в конструктивном отношении так, чтобы их коэффициент самоиндукции под влиянием механических воздействий не изменялся и оставался постоянным (рис. 499 и 500). Переменный конденсатор охватит с каждой катушкой некоторый диапазон волн, например: 1) от 50 до 400 м,



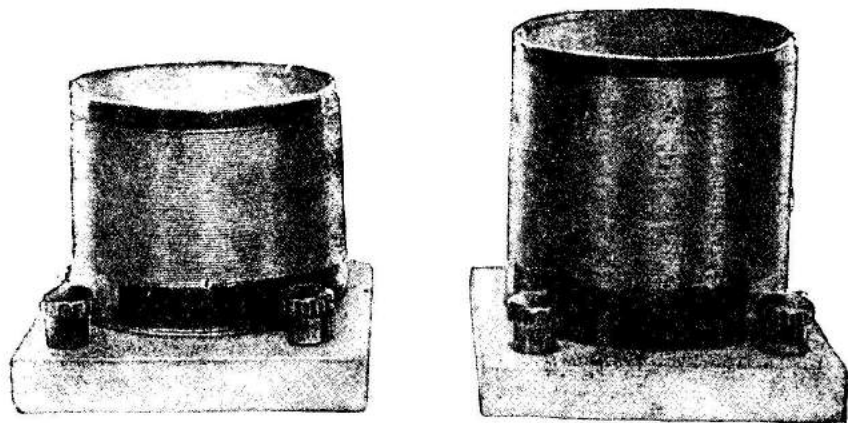


Рис. 500. Катушки самодельного волномера.

2) от 250 до 900 м, 3) от 800 до 2000 м. Каждый из диапазонов берут таким, чтобы он перекрывал предыдущий на 10—20%, чтобы уменьшить ошибки, наблюдающиеся при отсчетах в начальных и конечных частях шкалы переменного конденсатора (рис. 501).

**2. Понятие о расчете волномера.** Волномер нетрудно построить своими силами, если, конечно, не рассчитывать на большую точность его измерений, что в школьных условиях вполне допустимо (рис. 500). В школе благодаря малой чувствительности и малой точности приборов измерения носят, главным образом, относительный характер. Прежде чем строить волномер, его надо рассчитать применительно к тому переменному конденсатору, который предназначен для волномера. Пусть емкости конденсатора будут: начальная (т. е. при положении указателя на нуле) 30 см и конечная (100° шкалы) 780 см. Если эти емкости неизвестны, их надо измерить по способу, указанному в § 13, 2.

Кроме емкости конденсатора, при расчетах должна быть принята во внимание также соб-

ственная (распределенная) емкость катушки. В среднем можно считать, что для однослойных катушек емкость равна 20 см и для сотовых 40 см. Тогда начальная емкость волномера будет при однослойной катушке равна около 50 см и конечная — около 800 см.

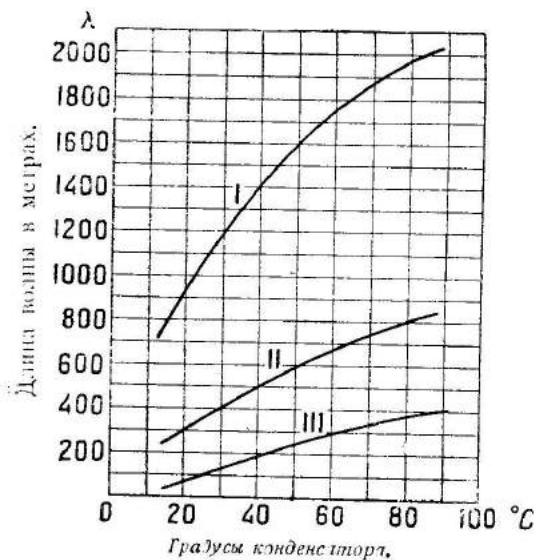


Рис. 501. График волномера с катушками I, II и III.

Пусть волномер предназначен для диапазона волн от 100 до 2000 м. Длина волны контура зависит от величин емкости  $C$  и самоиндукции  $L$  и рассчитывается по формуле (4) § 25, 1. Длина волны в метрах равна:

$$\lambda = \frac{2\pi}{100} \sqrt{LC},$$

где  $L$  и  $C$  выражены в сантиметрах. Обозначим величины емкостей конденсатора: начальную  $C_{\min}$  и конечную  $C_{\max}$ .

Тогда соответствующие этим емкостям величины длин волн у волномера при некоторой катушке с определенным коэффициентом самоиндукции  $L_1$  будут:

$$\lambda_{\min} = \frac{2\pi}{100} \sqrt{C_{\min} L_1} \quad \text{и} \quad \lambda_{\max} = \frac{2\pi}{100} \sqrt{C_{\max} L_1}.$$

Взяв отношение этих формул, находим:

$$\frac{\lambda_{\max}}{\lambda_{\min}} = \sqrt{\frac{C_{\max}}{C_{\min}}}.$$

Подставляя указанные выше величины емкостей, получим:

$$\frac{\lambda_{\max}}{\lambda_{\min}} = \sqrt{\frac{800}{30}} = \sqrt{16} = 4.$$

Отсюда следует, что волномер даст увеличение длины волны при полной емкости конденсатора в 4 раза по сравнению с волной, которую контур имеет при наименьшей емкости. Если начальная длина волны диапазона по заданию должна быть 100 м, то при наибольшей емкости конденсатора волна будет  $100 \cdot 4 = 400$  м.

Коэффициент самоиндукции катушки для диапазона волн от 100 до 400 м можно рассчитать из формулы:

$$\lambda_{\min} = \frac{2\pi}{100} \sqrt{L_1 C_{\min}} \quad \text{или} \quad \lambda_{\max} = \frac{2\pi}{100} \sqrt{L_1 C_{\max}}.$$

Отсюда находим искомый коэффициент самоиндукции:

$$L_1 = \frac{\lambda_{\max}^2 \cdot 10^4}{4\pi^2 C_{\max}}.$$

Нетрудно высчитать, что катушки  $L_2$  и  $L_3$  для второго и третьего диапазона волн должны охватывать

$$L_2 \text{ — от } 350 \text{ до } 350 \cdot 4 = 1400 \text{ м,}$$

$$L_3 \text{ — от } 1200 \text{ до } 1200 \cdot 4 = 4800 \text{ м}$$

и вычислить указанным выше способом их коэффициенты самоиндукции.

**3. Конструкция катушек самоиндукции и конденсатора у волномера.** Контур волномера должен быть сконструирован так, чтобы получилась возможно меньшее затухание. Так как работа волномера основана

на явлении резонанса, то следует иметь в виду, что при большом затухании получается тупая настройка, характеризуемая, например, кривой 3 графика (рис. 502, I). Кривая показывает, что ток в контуре при

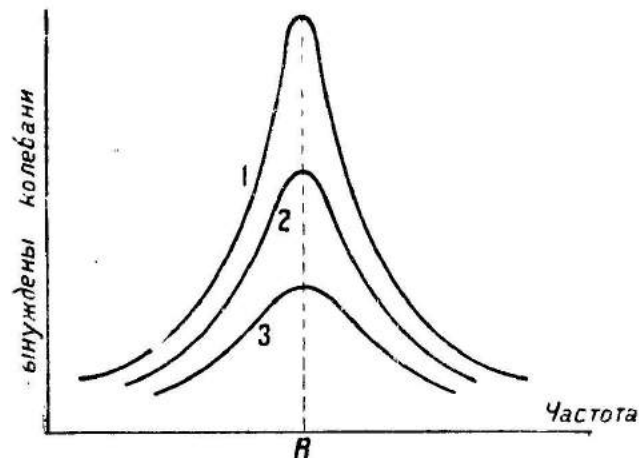


Рис. 502, I. Кривые резонанса.

настройке его в резонанс (точка  $R$ ) увеличивается сравнительно незначительно, а следовательно, увеличение силы звука в телефоне или соответствующего эффекта в других индикаторах (термовакuumный элемент, тепловой миллиамперметр и т. д.) будет весьма невелико и потому малозаметно. Меньшее затухание характеризуется кривой 2, еще меньшее — кривой 1.

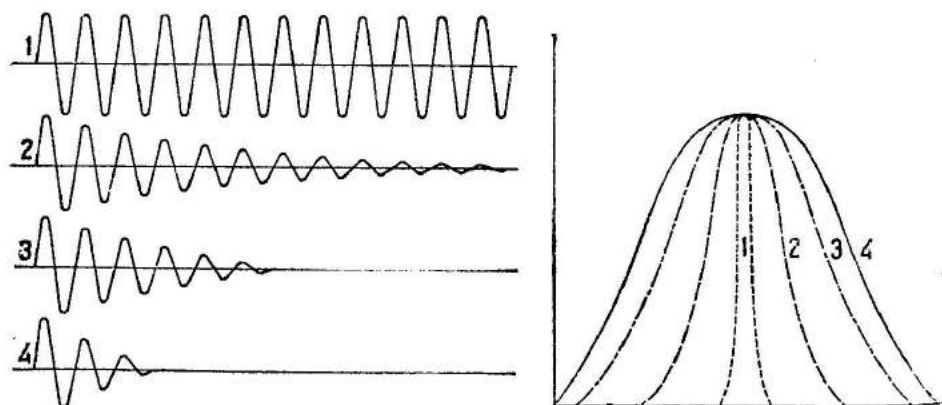


Рис. 502, II. Зависимость остроты резонансных кривых от характера принимаемых колебаний.

Наконец, на остроту настройки влияет также характер принимаемых волномером колебаний (рис. 502, II). Чем больше затухание колебаний, тем тупее становится настройка.

Не входя в подробный разбор того, как может быть сконструирован волномер наилучшим образом, что в школьных условиях недостижимо, да и не нужно, ограничимся следующими замечаниями:

1) Переменный конденсатор может быть взят с круглыми пластинами (см. рис. 272), прямочастотный (см. рис. 273) или прямоволновой с воздушным диэлектриком — наилучшей конструкции, желательно с vernierом (см. рис. 277) для обеспечения плавного изменения емкости. Монтируют его по образцу, показанному на рисунке 273. Емкость конденсатора безразлична: 300—1000 см; неудобство лишь в том, что при малой емкости увеличится число катушек самоиндукции.

2) Катушку самоиндукции лучше всего сделать однослойной, наматывая ее возможно крепче на деревянный пропарафинированный цилиндр ( $d = 70—80$  мм) или прессшпановую трубку с толщиной стенок 2—3 мм (см. рис. 500). Следует обратить особое внимание, чтобы витки обмотки держались крепко и не могли сдвинуться с места; парафинировать их или склеивать шеллачным лаком не рекомендуется. Обмотку надо делать проводом ПБД или ПШБ, 0,3—1 мм; для волн короче примерно 300 м можно брать провод 0,3—0,4 мм, для волн, больших 300 м, — провод 0,5—0,8 мм. Концы обмотки следует присоединить к надежным клеммам, расположенным по обе стороны обмотки (см. рис. 500). Необходимое число витков катушек в зависимости от величины их коэффициентов самоиндукции, рассчитанных способом, указанным в разделе 2, находится по формулам § 14, 3.

3) При измерениях связь между катушками  $L_1$  и  $L_2$  контуров волномера и измеряемым должна быть возможно меньшей. Слышимость будет при этом много меньше, но острота настройки сильно возрастет (§ 27, 1).

4) Волномер должен быть проградуирован (см. рис. 501). Проверку его или построение ориентировочных данных можно произвести, пользуясь волномером, как приемным контуром, путем приема радиостанций с известными длинами волн.

**4. Волномер-генератор и волномер-приемник.** Существуют два способа пользования волномером при измерениях; в одном случае в волномере тем или иным способом возбуждают колебания. При этом приемным контуром является измеряемый; последний снабжают индикатором для обнаружения колебаний. В другом случае, наоборот, измеряемый контур служит генератором и волномер с теми или другими индикаторами — приемником.

Волномер-генератор может быть возбужден посредством пистика  $P$  (рис. 503) (§ 25, 5) или электронной лампы (рис. 504). В первой схеме возникают затухающие колебания, в остальных — (модулированные) незатухающие, позволяющие получить много большую остроту настройки. Для возбуждения колебаний лампой проще всего воспользоваться схемой обратной связи, как в регенеративном приемнике, т. е. по схемам рисунков 504, I и II. Катушка  $L$  и переменный конденсатор  $C$  являются волномером, катушка  $L_1$  служит обратной связью.

О приемах управления генератором с обратной связью см. § 38, 6, там же указаны назначения отдельных частей и их величины.

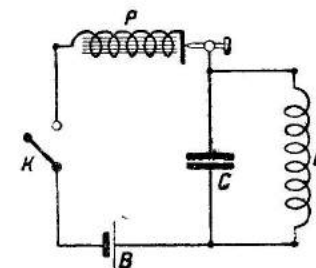


Рис. 503. Возбуждение волномера-генератора пистиком (схема).

Колебания модулируются, чтобы их можно было обнаружить в приемном контуре посредством детектора с телефоном. В схеме, изображенной на рисунке 504, II, пицлик  $P$ , обмотка которого шунтирована сопротивлением  $r=40$  ом, питается от батареи  $B_f$ . Если индикаторами служат в прием-

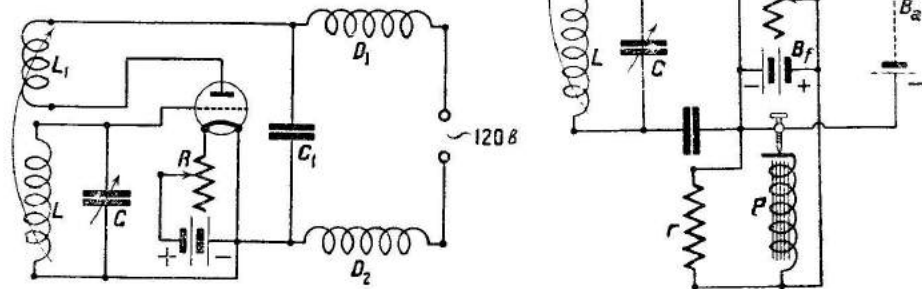


Рис. 504. Схемы возбуждения волномера-приемника электронной лампой. В первой схеме для модуляции питание анодной цепи производится переменным током, во второй — модуляция создается пицликом.

ном контуре тепловой миллиамперметр или термовакуумный элемент, то модулирование колебаний пицликом не нужно.

Возбуждение волномера катушкой Румкорфа не практикуется.

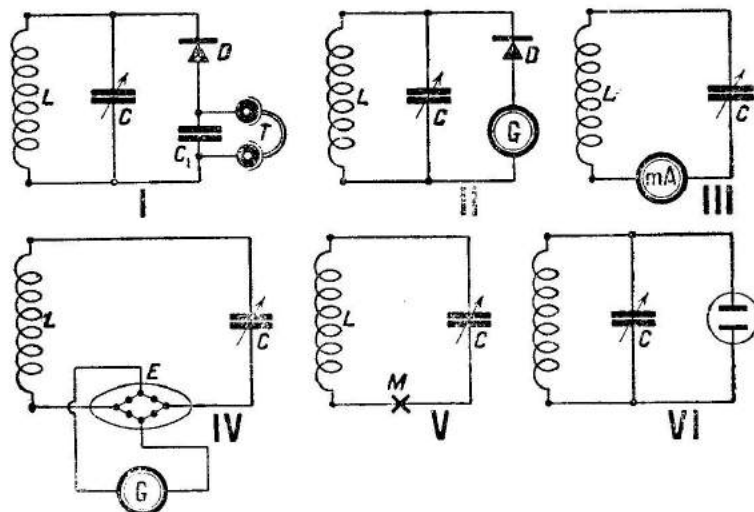


Рис. 505. Включение различных индикаторов в волномер-приемник (схемы I-VI).

В тех случаях, когда волномер является приемником, обнаружение колебаний производится:

- 1) детектором  $D$  с телефоном  $T$  (рис. 505, I);
- 2) детектором  $D$  с гальванометром  $G$  (рис. 505, II);
- 3) тепловым миллиамперметром  $mA$  (рис. 505, III);

- 4) термовакуумным элементом  $E$  с гальванометром (рис. 505, IV) и в случае существования в измеряемом контуре сильных колебаний:
- 5) лампой накаливания  $M$  (рис. 505, V) и
- 6) неоновой лампой  $N$  (рис. 505, VI).

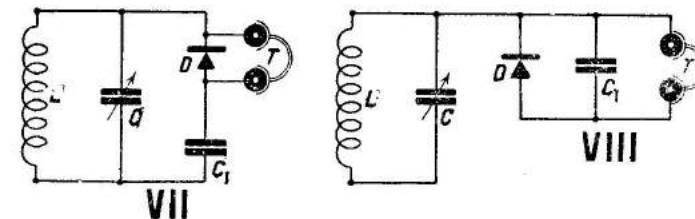


Рис. 506. Схемы включений детектора и телефона для повышения остроты настройки.

Наиболее слабые токи в приемном контуре обнаруживаются способами 1), 2) и 3).

Все индикаторные приспособления вносят известное затухание, что весьма нежелательно по изложенным выше причинам. Поэтому для включения детектора и телефона, кроме обычной схемы (рис. 505, I), пользуются в целях повышения остроты настройки (уменьшения затухания) еще несколькими, из которых укажем две VII и VIII, изображенные на рисунке 506.

Из них наибольшую остроту и наименьшую слышимость дает последняя схема; схема VII рисунка 506 обладает несколько меньшим затуханием по сравнению с обычной схемой включения детектора.

5. Термовакуумный элемент. Термокранты и термовакуумные

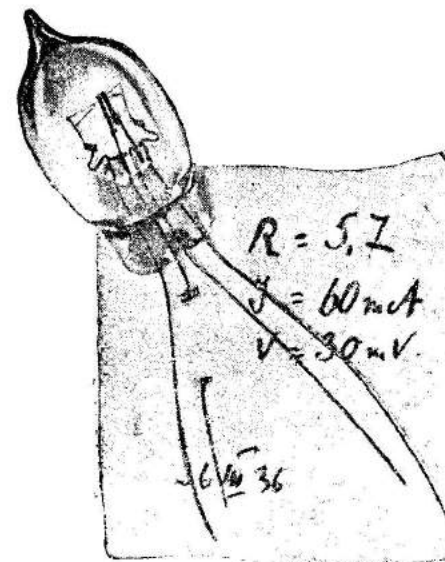


Рис. 507 и 508. Термовакуумный элемент для волномера и его схема.

элементы служат для преобразования тока высокой частоты в постоянный. Принцип действия термомоста см. т. III, § 31,4. Термовакуумный элемент представляет собой четыре термоэлемента, собранных по схеме мостика



Саломсона (§ 27,10) и помещенных в вакуум. На рисунке 507 показан один из типов термовакуумных элементов, употребляемых в волномерах. Внутри стеклянного баллона, из которого выкачан воздух, помещены термоэлементы, составленные из нихромовых  $N_c$  и константановых  $K$  тонких проволок (рис. 507 и 508). Места спаев на рисунке 508 обозначены жирными точками. Ток высокой частоты подводится к проводам  $a, a$ , обозначенным, кроме того, знаком  $\sim$ ; для вывода постоянного тока, возникающего под влиянием нагревания спаев термопар колебательным током, служат провода плюс (+) и минус (—). Вывод минус (—) соответствует отрицательному полюсу (константан) и плюс (+) — положительному (нихром). Чтобы определить полюс в элементе, надо иметь в виду, что константановая проволока обычно берется большей толщины, чем нихромовая (рис. 508). Постоянный ток обнаруживают при помощи милливольтметра или гальванометра, причем возникающая электродвижущая сила термопар в описываемом элементе достигает до 40 мВ при пропускании колебательного тока силой в 100 мА.



Рис. 509. Термовакуумный элемент с термоккестом.

Чем больше величина электродвижущей силы постоянного тока, тем будет сильнее ток высокой частоты. Таким образом, вакуумный термоэлемент позволяет при измерениях вместо теплового миллиамперметра пользоваться гальванометром или милливольтметром постоянного тока, которые являются более доступными для школы.

Для тех же целей служит термовакуумный элемент с термоккестом (рис. 509), о котором см. т. III, § 31, 4.

Удобно термовакуумный элемент снабдить покоем от старой перегоревшей трехэлектродной лампы. Тогда для включения элемента удобно воспользоваться ламповой панелькой (см. рис. 628).

## § 30. Измерения с волномером.

### 1. \*Измерение длины волны контура волномером-генератором.

1) Сотовая или цилиндрическая катушка. 2) Конденсатор постоянный. 3) Панель для соединения детектора и телефона,  $V^1$ ). 4) Детектор. 5) Телефонные трубки. 6) Волномер. 7) Пищик. 8) Один-два элемента или аккумулятора. 9) Выключатель.

Если измерение длины волны контура производится только в учебных целях, то его собирают из сотовой или цилиндрической катушки  $L_2$  и слюдяного конденсатора  $C_2$  емкостью в 100—500 см (рис. 510).

1) См. § 36.

Можно взять также контур из работы, описанной в § 25, 6, замкнув искровой промежуток накоротко. К контуру присоединяют панель с детектором и телефоном по схеме рисунка 505, I или рисунка 506, VII и VIII. Волномер  $C_1L_1$  возбуждается пищиком (рис. 510) или электронной лампой, генерирующей модулированные колебания (см. рис. 504). Взяв для волномера катушку, соответствующую диапазону с наиболее короткими волнами, замыкают ключ  $K$  и приводят тем самым в действие пищик. Пищик регулируют так, чтобы он давал приятный для уха, довольно высокий музыкальный тон (§ 25, 5). Пищик для заглушения звука следует поставить на что-либо мягкое, например кусок войлока, и закрыть сверху железной коробкой. Сначала измеряемый контур ставят довольно близко к волномеру и, если звук в телефоне получается сильным, увеличивают расстояние настолько, что звук становится, хотя и слабо, но достаточно ясно слышен. Медленно поворачивают рукоятку конденсатора волномера и при той или другой катушке  $L$  на определенном участке шкалы конденсатора наблюдают резонанс. Определив возможно точнее резонансную точку, для чего, между прочим, иногда полезно еще увеличить расстояние между волномером и измеряемым контуром, находят по соответствующему графику (см. рис. 501) искомую длину волны или частоту. Так, например, если резонанс наступает при второй катушке волномера и показаниях конденсатора  $50^\circ$ , то длина волны контура будет равна 600 м (см. рис. 501).

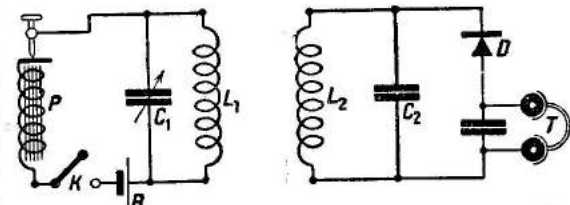


Рис. 510. Схема измерения длины волны контура.

### 2. \*Измерение длины волны контура волномером-приемником.

1) Измеряемый контур. 2) Катушка Румкорфа с прерывателем. 3) Пищик. 4) Один-два элемента или аккумулятора. 5) Выключатель или ключ. 6) Панель для соединения детектора и телефона,  $V^1$ ). 7) Детектор. 8) Телефонная трубка. 9) Неоновая лампа с патроном. 10) Термовакуумный элемент. 11) Демонстрационный гальванометр. 12) Тепловой миллиамперметр.

Работа проводится по тому же плану, что и предыдущая, с той только разницей, что колебания возбуждаются в измеряемом контуре, а индикаторы присоединяются к волномеру. Если контур имеет искровой промежуток и допускает возбуждение от катушки Румкорфа (например первичный контур трансформатора Теслы, контур в работах § 25, 6 и т. п.), то в волномере употребляются индикаторы: неоновая лампа (рис. 505, VI), лампочка от карманного фонарика (см. рис. 505, V), термовакуумный элемент, замкнутый на демонстрационный гальванометр (см. рис. 505, IV) (§ 23, 5), и тепловой миллиамперметр (см. рис. 505, III). Волномер при этом ставят сначала подальше, а затем постепенно придвигают ближе, если резонанс сказывается на индикаторах недостаточно ясно. При резонансе неоновая лампа и лампа накаливания загора-

1) См. § 36.

ются, гальванометр, при термовакуумном элементе, или тепловой миллиамперметр дают максимальное показание. При достаточно сильной связи в момент настройки в резонанс между пластинами конденсатора волномера в некоторых случаях появляются искры.

При возбуждении измеряемого контура пищиком резонанс в волномере обнаруживается детектором с телефоном или с гальванометром по схемам рисунков 505, I и II и 506, VII и VIII точно таким образом, как в предыдущей работе 1.

**3. \* Измерение емкости конденсатора волномером.** 1) Волномер с детектором и телефоном. 2) Эталон самоиндукции. 3) Конденсатор. 4) Пищик. 5) Один-два элемента или аккумулятора.

С помощью волномера, кроме длины волны контура, может быть измерена емкость какого-нибудь конденсатора. Измерение, в особенности с самодельным эталоном самоиндукции, дает приближенные результаты,

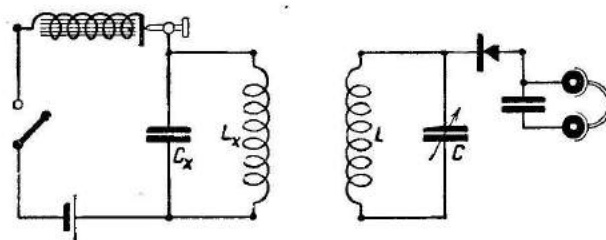


Рис. 511. Схема измерения коэффициента самоиндукции катушки и емкости конденсатора.

так как при простейших расчетах не принята во внимание собственная емкость катушки. Для измерения собирается колебательный контур из измеряемого конденсатора  $C_x$  и катушки  $L_x$ , для которой коэффициент самоиндукции известен (рис. 511). Этот контур возбуждается пищиком, и в нем генерируется колебательный ток, частота которого зависит от величин: емкости конденсатора и коэффициента самоиндукции катушки. Если длина волны составленного контура известна, то искомая емкость конденсатора может быть определена из формулы Томсона:

$$C_x = \frac{\lambda^2}{4\pi^2 L_x} = \frac{\lambda^2}{39,4 L_x}.$$

Следует помнить, что емкость будет вычислена в сантиметрах, если длина волны  $\lambda$  и коэффициенты самоиндукции  $L$  выражены в сантиметрах. При подстановке  $\lambda$  в метрах формула примет вид:

$$C_x = \frac{100^2 \lambda^2}{38,2 L_x} = \frac{262 \lambda^2}{L_x}.$$

Длина волны составленного контура измеряется обычным способом при помощи волномера.

Пусть измерением найдено, что  $\lambda = 100$  м и включенная самоиндукция имеет  $L = 5000$  см; тогда, подставляя эти величины в формулу, находим, что искомая емкость  $C_x$  равна:

$$C_x = \frac{262 \lambda^2}{L} = \frac{262 \cdot 100^2}{5000} = 524 \text{ см.}$$

Измерение упрощается, если в волномере и собираемом контуре катушки самоиндукции взяты одинаковыми; тогда при достижении резонанса искомая емкость конденсатора равна емкости переменного конденсатора в волномере. Этот способ применим только в том случае, когда величина измеряемой емкости меньше максимальной емкости переменного конденсатора.

**4. \* Измерение коэффициента самоиндукции волномером.** 1) Волномер с детектором и телефоном. 2) Катушка самоиндукции. 3) Эталон емкости. 4) Пищик. 5) Один-два элемента или аккумулятора. 6) Вариометр.

Измерение производится способом, описанным в предыдущей работе, только контур, возбуждаемый пищиком, собирается из той катушки, коэффициент самоиндукции  $L_x$  которой подлежит измерению, и конденсатора  $C$ , емкость которого известна (рис. 511). Искомый коэффициент самоиндукции  $L_x$  вычисляется по формулам:

$$L_x = \frac{\lambda^2}{38,2 C} \quad (1)$$

или

$$L_x = \frac{262 \lambda^2}{C}. \quad (2)$$

Следует помнить, что  $\lambda$  подставляется в формулы: в первую, выраженной в сантиметрах, во вторую — в метрах. Коэффициент самоиндукции  $L$  в том и в другом случаях вычисляется в сантиметрах, если  $C$  выражено также в сантиметрах. Весьма интересно проградировать вариометр (см. рис. 303 и 304). Для этого его включают в измеряемый контур и производят измерения для ряда случаев, соответствующих различным углам катушек между собой. На основании данных строят график, откладывая по оси  $OX$  градусы вариометра и по оси  $OY$  — соответствующие им величины коэффициентов самоиндукции.

**5. \* Измерение собственной длины волны антенны.** 1) Волномер с детектором и телефоном. 2) Антенна. 3) Пищик. 4) Один-два элемента или аккумулятора. 5) Рубильник однополюсный или выключатель.

Измерение собственной длины волны антенны проще всего произвести с помощью пищика. К волномеру  $CL$  присоединяют пищик  $P$  по обычной схеме (рис. 512). Тогда волномер служит генератором колебаний, период которых зависит от коэффициента самоиндукции катушки  $L$  и введенной емкости конденсатора  $C$ . Эти колебания передаются в антенну посредством одного-двух витков связи  $A$ . Тогда в антенне возникнут навязанные ей колебания. Взяв в антенне второй виток  $B$ , индуктивно свяжем с ним аperiодический детекторный контур, который состоит из катушки  $L_1$ , детектора  $D$  и телефона  $T$  с блокировочным конденсатором  $C$ . Важно аperiодический контур расположить возможно дальше от волномера, чтобы избежать непосредственной передачи колебаний без участия антенны. Чтобы убедиться в этом, в антенне делают разрыв или выключают рубильник  $J$  и затем пускают в ход пищик. Если в телефоне

звук отсутствует, то расстояние между катушками детекторного контура  $L_1$  и волномера  $L$  достаточно. При наличии звука витки связи берут дальше друг от друга и отодвигают контуры.

Изменяют длину волны волномера, беря различные катушки самоиндукции и изменяя емкость переменного конденсатора. При некоторой комбинации получают наиболее сильный звук в телефоне, что и будет указывать момент наступления резонанса. При наступлении резонанса

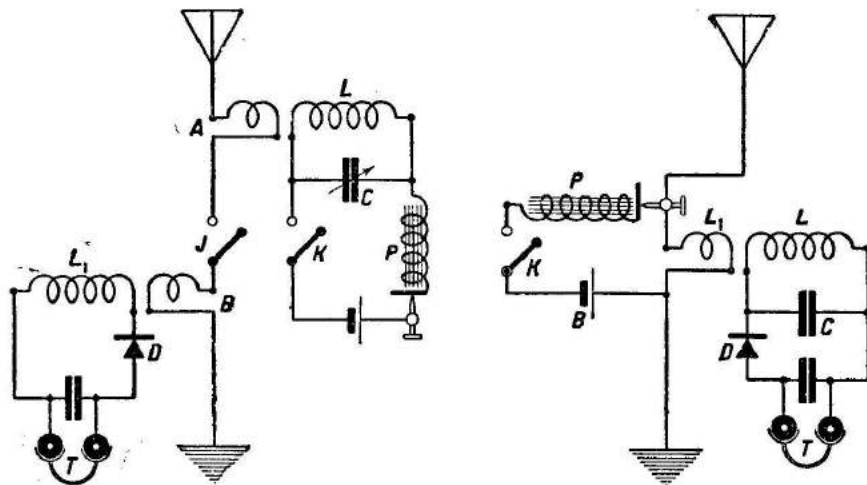


Рис. 512 и 513. Схемы измерения собственной длины антенны.

длина волны волномера будет равна собственной длине волны антенны. Возможно также для измерения собственной длины волны антенны воспользоваться более простой схемой, показанной на рисунке 513. Пищик, питаемый от батареи  $B$  через ключ  $K$ , включается в участок антенны через один-два витка связи  $L_1$ . Волномер  $CL$  собирается с детектором и телефоном. Измерение производится описанным выше способом с той только разницей, что надо найти опытным путем наилучшее расстояние между катушками  $L_1$  и  $L$  для получения достаточно острой настройки.

## АНТЕННА И ЗАЗЕМЛЕНИЕ.

### § 31. Антенна и заземление.

**1. Типы антенны.** Антенны могут быть прежде всего разделены на следующие типы: 1) нормальные, или наружные, антенны, устанавливаемые вне здания, 2) комнатные антенны и 3) рамочные антенны, или рамки. Кроме того, прием возможен также на „суррогатные“ антенны, которыми являются провода освещения, звонковая проводка, крыши, деревья и т. п.



Рис. 514 и 515. Т-образная и Г-образная антенны.

**2. Виды нормальных антенн.** В настоящее время из наружных антенн завоевали себе право гражданства: Г-образная (рис. 515), Т-образная (рис. 514) и вертикальная антенна с емкостью, сосредоточенной на своем свободном конце (рис. 531). Антенны с сосредоточенной емкостью на конце ставятся там, где невозможно или трудно подвесить горизонтальную часть. Выбор Т-образной или Г-образной антенны также зависит от окружающих условий. Если горизонтальная часть для Г-образной выходит слишком короткой, ставят Т-образную антенну, вообще же говоря, следует предпочитать Г-образную.

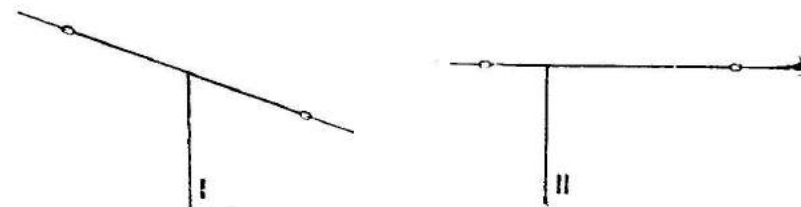


Рис. 516. Неправильные формы Г-образных антенн.

Для Т-образной антенны важно: 1) подвешивать ее горизонтальную часть именно горизонтально (рис. 516, I) и 2) вертикальную часть необходимо подвешивать к середине горизонтальной, в противном случае антенна всегда будет настроена одновременно на две различные волны (рис. 516, II). У Г-образной антенны допустимо, в том случае если „горизонтальная“ часть почему-либо подвешена наклонно, взять вертикальную часть от нижней точки (рис. 517, II). Форма антенны, показанная на рисунке 517, I, является теоретически неправильной и действи-



тельно дает на практике худшие результаты, чем антенна II. Точки подвеса антенны располагают так, чтобы снижение шло приблизительно вертикально к месту ввода в помещение. Антенны для приемных

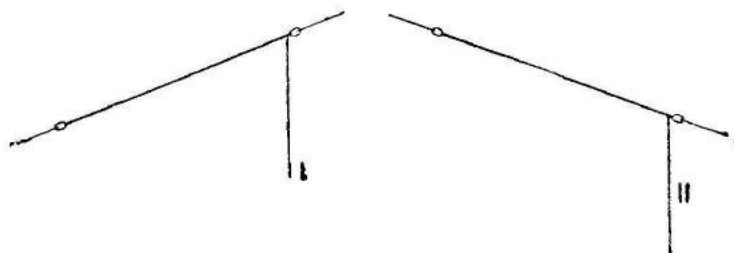


Рис. 517. Неправильные формы Г-образных антенн.

станций делаются всегда в виде одного луча, исключение составляют антенны, у которых нельзя по окружающим условиям сделать достаточно длинную горизонтальную часть.

**3. Размеры нормальных антенн и некоторые данные.** При определении геометрических размеров школьной или любительской антенны можно руководствоваться следующими ориентировочными данными: общая длина провода, образующего антенну (горизонтальная часть плюс вертикальная), должна быть равна:

для волн меньше	100 м — около	25 м
• от 100 до	1000 м —	50
• „ 1000 м и	больше —	75

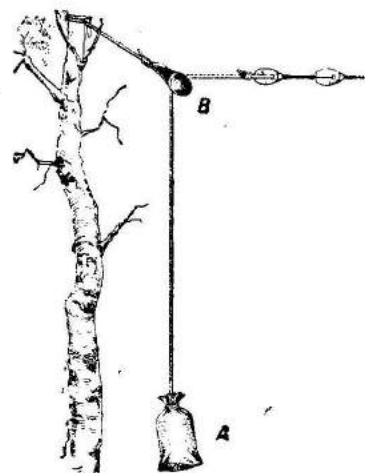


Рис. 518. Укрепление конца антенны на верхушке дерева.

У наиболее распространенной нормальной любительской антенны общая длина равна обычно 30 м при высоте подвеса 10 м.

Собственная длина волны антенны: для Г-образной в 5 раз больше суммы вертикальной и горизонтальной частей, т. е. равна  $5 l_1$  (см. рис. 515); для Т-образной — от 4,5 — до 5,5 раза больше суммы вертикальной и половины горизонтальной, т. е. равна  $4,5 l_2$  —  $5,5 l_2$  (рис. 514). Измерение собственной длины антенны см. § 30, 5.

Для приблизительных расчетов можно принимать, что каждый метр длины провода антенны соответствует самоиндукции в 2000 см и емкости в 5 см. Так, например, если антенна имеет общую длину 50 м, то приблизительно ее самоиндукция равна  $2000 \cdot 50 = 100\,000$  см и емкость  $5 \cdot 50 = 250$  см.

**4. Монтаж антенны и ввода.** Антенну следует устанавливать так, чтобы ее части были удалены от окружающих предметов: домов, крыш, деревьев и т. п., что легко осуществимо в загородных условиях и трудно

в городских. Антенну чаще всего приходится подвешивать к мачтам, поставленным на крышах или укрепленным на деревьях. Пользование деревьями нежелательно не только потому, что это портит их, но и по причине частых обрывов антенн при ветре. Во всяком случае, если одной или обеими опорами служат деревья, то горизонтальную часть натягивают слабо, что гарантирует в некоторой мере от обрывов при обычных ветрах. Иногда конец антенны, укрепленной на дереве, подвязывают к веревке с грузом А на конце, перекинутой через блок В (рис. 518).

Если мачта устанавливается на крыше, то под ее основание следует сделать из досок подушку по образцу, показанному на рисунках 519, I и II. Закон не разрешает на крышах установку мачт больше 8 м высоты. Надобность в высоких мачтах встречается редко, чаще всего ставятся мачты в 4—5 м. В случае, если мачта делается составной, для соединения отдельных частей прибегают к креплению по образцу, показанному на рисунке 520, III. Каждая мачта (кроме установленных на деревьях) снабжается одним или двумя ярусами оттяжек из железной (лучше — оцинкованной) проволоки толщиной в 2—3 мм. В каждом ярусе

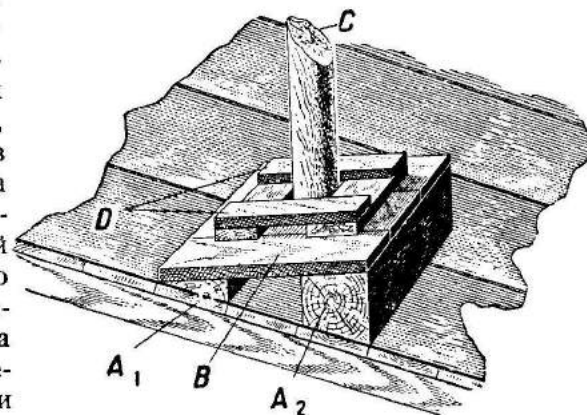
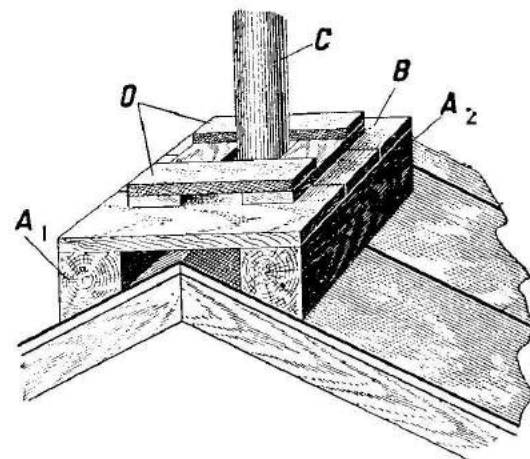


Рис. 519, I и II. „Подушки“ для больших мачт С на крыше;  $A_1$  и  $A_2$  — бруссы; В и D — доски.

ставятся по три оттяжки под углом  $120^\circ$  между собой и при том так, чтобы одна из них была противоположна по отношению к направлению луча антенны. Оттяжки к мачте прикрепляются путем обкручивания вокруг нее (рис. 520, I), к крыше — посредством привязывания к крючкам А, нее (рис. 520, II). Во избежание образования течи в ввернутом в стропила (рис. 520, II). Во избежание образования течи в крыше место соприкосновения крюка и кровельного железа промазывается замазкой. Антенну, подвешиваемую к мачтам, можно закрепить раз навсегда, но лучше сделать съемной при помощи веревок А, продетых через блоки В (рис. 521).

Для антенны в продаже имеется медный антенный канатик сечением в  $1,5$  —  $2,5$  мм<sup>2</sup>; в последнее время на рынке появился в продаже

железный оцинкованный канатик, который, если не предъявлять к антенне особых требований, обеспечивает такой же прием, что и медный.

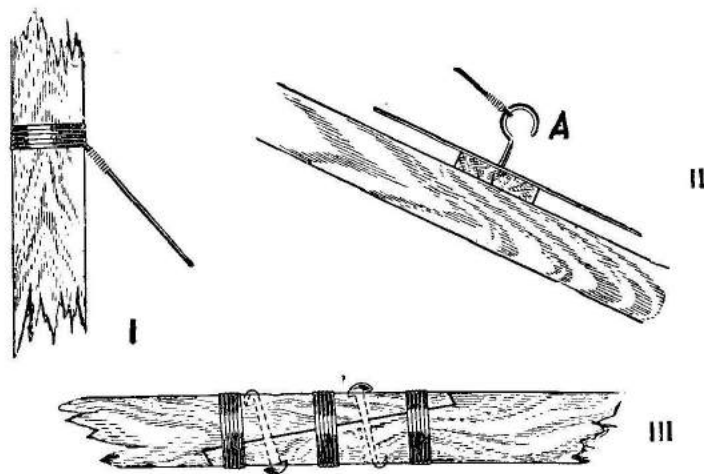


Рис. 520. I и II — укрепление оттяжки на мачте и на крыше; III — укрепление отдельных частей мачты.

Вместо канатика возможно подвесить провод ( $S=1,5—2,5 \text{ мм}^2$ ), но красная медь обычно легко растягивается, и длинная антенна будет иметь значительный провес. Бронзовый провод свободен от этого недостатка. Антенну лучше изолировать при помощи двух орешковых изоляторов (рис. 522), за их отсутствием можно воспользоваться крупными роликами (рис. 523).

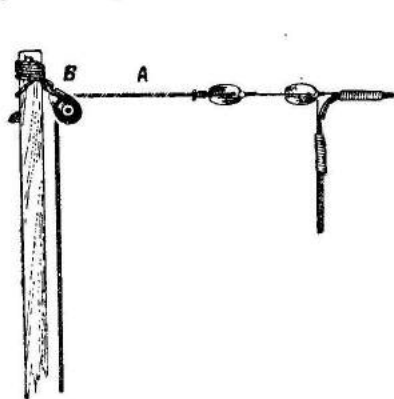


Рис. 521. Укрепление антенны на блоках.

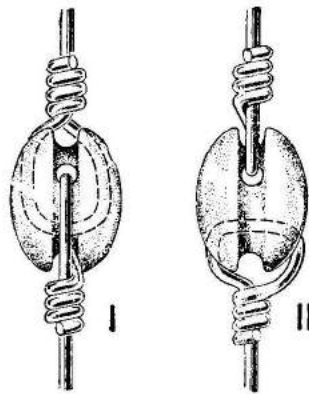


Рис. 522. Правильная (I) и неправильная (II) привязь орешкового изолятора.

Проволоки подвязываются к изолятору так, чтобы они сжимали его (рис. 522, I), а не растягивали (рис. 522, II). Провод Г-образной антенны со стороны снижения может быть укреплен двумя способами: со вязкой



Рис. 523. Изоляция антенны (из роликов).

жесткого угла *A* из толстой проволоки ( $S=6—10 \text{ мм}^2$ ) (рис. 524) или без него. При антенне из канатика отращивание лучше всего сделать «врасцеп» (рис. 525); провод присоединяется обычным способом (см.

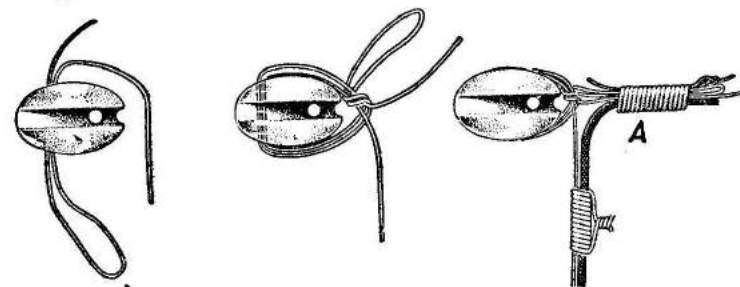


Рис. 524. Привязь канатика антенны к изолятору со стороны снижения.

рис. 13, т. III). Место соединения горизонтальной части и вертикальной должно быть обязательно пропаяно оловом (см. т. III, § 1, 3). Все скрутки у изоляторов надо также подвергнуть пайке. Провод снижения должен по возможности вертикально спускаться к тому окну, в которое сделан ввод к приемнику. Это не всегда возможно, например при постановке Г-образной антенны *A* над крышей зданий, тогда нужно вести снижающий провод ко вводу кратчайшим путем, прибегая к помощи распорок (т. е. деревянных палок с колокольными изоляторами *B* или роликами на концах) (рис. 526). Прокладывать на роликах снижение вдоль стены не рекомендуется, в особенности при каменных стенах: такой монтаж вызовет емкостную утечку колебательного тока.

Ввод делается обычно в окно способами, показанными на рисунке 527. Конец вертикальной части антенны привязывается или к колокольному изолятору *A*, или к орешкам *B*. В этом месте канатик соединяется с изолированным проводом *E* (ПР,  $S=1,5—2,5 \text{ мм}^2$ ), причем место соединения обязательно спаявается. Провод пропускается через отверстие, просверленное в рамах, в эбонитовой трубке, снабженной двумя фарфоровыми втулками или втулкой *C* и воронкой *D*. Важно, чтобы провод, в особенности при

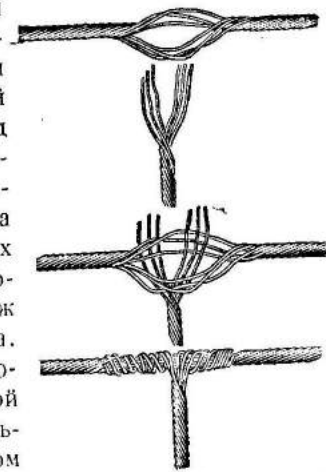


Рис. 525. Отращивание канатика для Т-образной антенны.

втулкой *C* и воронкой *D*. Важно, чтобы провод, в особенности при

отсутствии воронки, изгибался петлей *E*; тогда дождевая вода не будет затекать по проводу в помещение.

**5. Грозовой переключатель.** При ударе молнии в антенну образующие ее провода под действием тока, достигающего порядка сотен и тысяч ампер, безусловно сгорят, и грозовой переключатель в этом отношении никакой помощи оказать не может. Однако его установка необходима для отведения, в землю, минуя приемник, зарядов возникающих в антенне при грозе под влиянием индукции и других причин. Эти заряды могут вызвать не только порчу приемника, но и поражения людей, касающихся незаземленной антенны во время грозы или приближения последней.

Антенна во время грозы должна быть безусловно заземлена и приемник выключен. В условиях школы преподаватель должен иметь антенну всегда заземленной, за исключением того времени, когда ею пользуются.

Включение грозowego переключателя производится по схеме рисунка 528, где буквой *K* обозначен нож, или подвижная часть, переключателя, соединяемая с антен-

ной, буквами *A* и *З* — контакты, включающиеся соответственно к клеммам приемника „Антенна“ и „Земля“. Клеммы приемника „Земля“ и переключателя *З* заземляются. На рисунке 529 показаны различные виды наиболее распространенных грозвых переключателей.

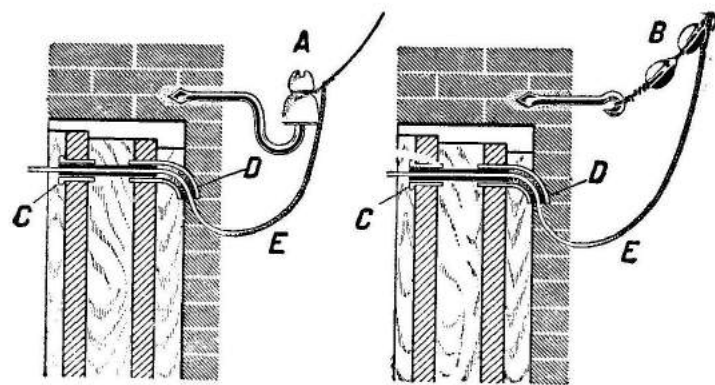


Рис. 527. Вводы антенны в окно здания.

Полезно также, кроме переключателя, включить между антенной и землей искровой промежуток *D* (рис. 528 и 530). Через этот промежуток заряды, наведенные в антенне, образуя искру, будут стекать в землю, если переключатель забыли заземлить.

Для стекания зарядов особенно хороши пластинки с зубчатыми, как у пилы, краями. Пластинки монтируют на изолирующем основании так, чтобы зубцы были расположены друг против друга на расстоянии 1—2 мм. Включают пластинки так же, как искровой промежуток.

**6. Антенна с емкостью, сосредоточенной на конце,** в некоторых случаях дает большую избирательность приема, чем нормальная. Для ее устройства на крыше ставится возможно более высокий вертикальный шест, на верш которого сделан деревянный крест, связанный из двух планок ( $l=60-70$  см). На этом кресте посредством роликов укрепляется спиралеобразно несколько витков провода или канатика, к которым присоединена вертикальная часть антенны.

К числу антенн со сосредоточенной емкостью надо отнести антенну с кистью (рис. 531). В настоящее время она получила широкое распространение, так как в большинстве случаев дает весьма хороший прием.

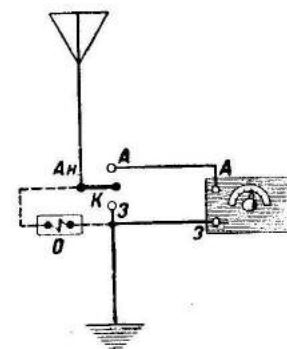


Рис. 528. Схема включения грозowego переключателя.

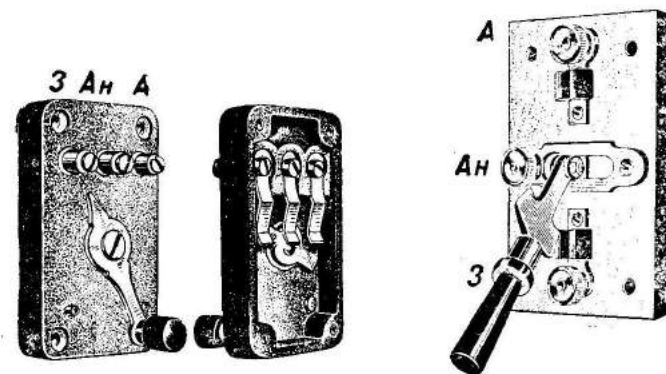


Рис. 529. Грозвые переключатели (буквенные обозначения см. рис. 528).

Кисть делается из 20—40 проволок длиной в 30—40 см; диаметр выбирается в зависимости от материала (медь, латунь, железо); проволоки должны сохранить свое расположение в виде кисти, несмотря на действие ветра и снега; поэтому чем мягче материал (например красная медь), тем толще надо взять проволоку; в общем диаметр может колебаться от 1,5 до 3 мм. Нижние концы всех проволок складываются вместе и тщательно пропаиваются оловом; сюда же припаивается верхний конец снижения, идущего к приемнику.

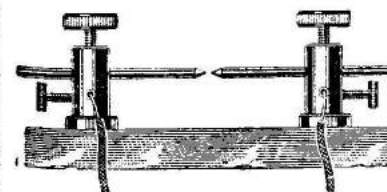


Рис. 530. Самодельный искровой промежуток.

Вся кисть укрепляется вертикально на крупном фарфоровом изоляторе. Можно кисть привязать к ролику, укрепив его



горизонтально на конце деревянного или металлического стержня, играющего роль кронштейна. Лучше взять большой изолятор и продолбить в нем сквозное отверстие для помещения нижней пропаянной части кисти; диаметр этой части, а следовательно, и требуемого отверстия примерно равняется 12—15 мм. Пробивание надо производить маленьким трехгранным подпилком (надфилем), закалив его и отточив конец в трехгранное острие. При помощи легких ударов небольшим молотком удастся легко откалывать маленькие кусочки фарфора и достаточно быстро пробить сквозное отверстие диаметром в 2—3 мм и длиной около 15 мм; для расширения отверстия надо взять большой трехгранный подпилком и, вставив его в отверстие, качать подпилком во все стороны так, чтобы острые его ребра крошили фарфор; очень глубоко вдвигать подпилком в отверстие опасно, так как можно расколоть изолятор.

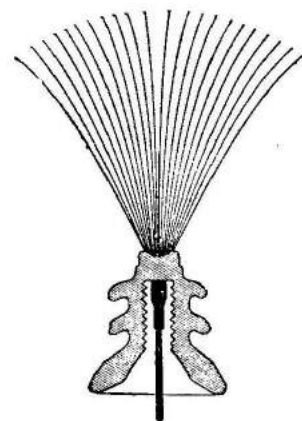


Рис. 531. Схема устройства антенны с кистью.

Когда кисть вставлена в отверстие, внутренняя полость изолятора с нижней стороны заливается расплавленной серой для окончательного укрепления кисти. Изолятор при помощи металлической проволоки или полоски укрепляется на конце деревянного или металлического кронштейна, который привязывается на крыше дома к какой-либо крепкой опоре, например к перилам, имеющимся на краю крыши. Можно небольшой кронштейн укрепить на шесте, как многие это делают, для подвешивания антенны.

7. Комнатная антенна. Комнатная антенна находит себе применение при приемниках с усилителями. Главное ее достоинство помимо простоты устройства в том, что прием получается более чистым от атмосферных и других помех, чем при пользовании наружной антенной. В демонстрационном классе должны быть натянуты две антенны не столько для приема, сколько для опытов с радиопередачей (§ 34). Натягивают их параллельно двум из противоположных стен лаборатории, отступая примерно на 0,5 м от потолка и 1 м от стены. Если антенны идут вдоль класса, то их делают Г-образными, беря снижение около края демонстрационного стола или в противоположном углу комнаты; при поперечном расположении более удобны Т-образные антенны. В иных случаях антенну натягивают вдоль диагонали комнаты или крестообразно, или вдоль соседнего коридора в виде двух параллельно идущих (на расстоянии около 1 м) лучей (рис. 532).

Для изоляции на концах комнатной антенны вполне достаточно по одному орешковому изолятору или ролику. Провод может быть взят изолированный или голый, безразлично какой толщины, лишь бы он давал нужную механическую прочность.

8. Прием на осветительную сеть производится по схеме рисунка 533, обязательно через «разделительный» конденсатор  $C$  и плавкий предохранитель  $D$ . Приемник  $P$  своей клеммой  $A$  присоединяется к одному из проводов освещения, например проводу  $F$ , через конденсатор  $C$  со слюдяным диэлектриком емкостью в 200—500 см и предохра-

тель  $D$  телефонного типа (см. т. III, § 25,1). Клемма приемника  $З$  заземляется. При отсутствии конденсатора  $C$  из провода освещения через приемник потечет такой сильный ток, который способен сжечь обмотки.

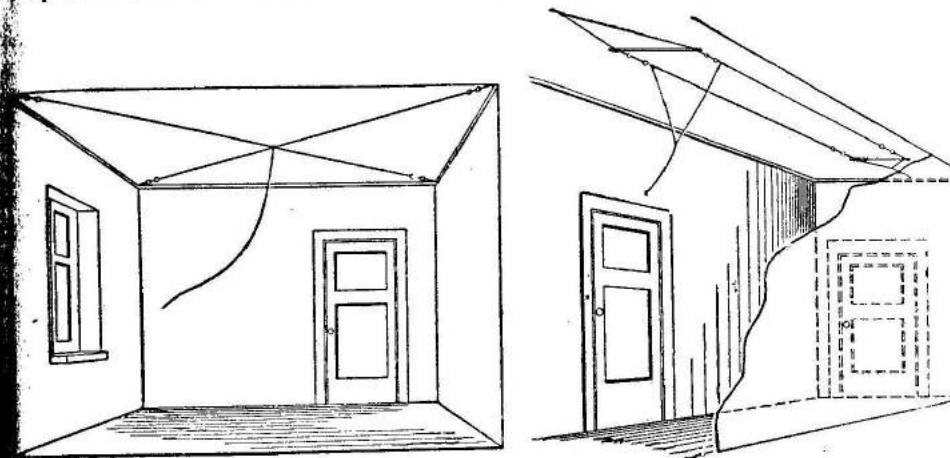


Рис. 532. Комнатные антенны.

Плавкий предохранитель  $D$  поставлен в тех целях, чтобы разомкнуть цепь при пробое конденсатора. В продаже имеются очень удобные разделительные конденсаторы  $C$  с предохранителем  $D$ , заделанные в эбонитовую коробочку и снабженные вилкой (рис. 534). Вилка включается в любую розетку освещения, клемма  $A$  присоединяется к приемнику, к клемме «Антенна». Приемник обычным образом заземляется. Прием на телефонные провода не разрешается.

9. Заземление. В школе необходимо иметь заземление на демонстрационном столе и в препараторской не только для приема и занятий по радио, но и других работ.

Заземление, как правило, должно иметь возможно более малое омическое сопротивление, почему проводку к земле следует выполнять медным или алюминиевым проводом, голым или изолированным — безразлично. Тонкие провода ( $d = 0,3—0,8$  мм) для этого мало пригодны — они легко рвутся. Наиболее подходящими являются провода ПР сечением 1,5—2,5 мм<sup>2</sup> или толстые соответствующей толщины. Провод надо закреплять гвоздями или пользоваться скобками.

Клеммы заземления следует установить на демонстрационном столе, на его боковой стенке, и в препараторской на стене около рабочего стола.

В качестве земли могут служить:

1. Трубы водопровода являются хорошим видом заземления (сопротивление 50—80 ом). Трубу очищают напильником от краски и окислов до металла и плотно обкручивают, сделав 10—15 витков

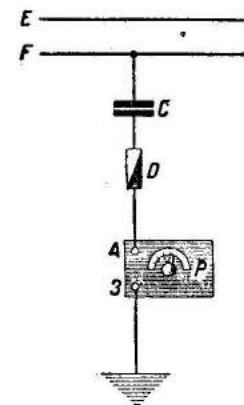


Рис. 533. Схема приема на осветительную сеть.

концом провода, идущего от клеммы заземления. Припаять провод к трубе — безнадёжное дело, приходится ограничиваться только обкруткой. Через некоторое время труба и провод<sup>1)</sup> окислятся, и поэтому необ-

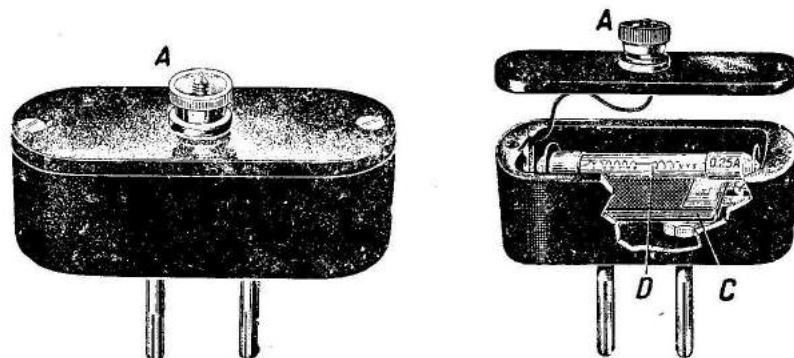


Рис. 534 и 535. Штепсельная вилка с разделительным конденсатором и плавким предохранителем.

ходимо периодически производить осмотр заземления и, размотав провод, очищать его шкуркой и трубу — напильником от окислов. Рационально месту соединения с трубой придать вид, схематически показанный на рисунке 536. В этом случае обкрутка делается через трубу с наложенной на нее железной скобкой *A*, снабженной винтом *B*. Скоба служит для плотного прижатия витков к трубе, что достигается при поворачивании винта *B*.

2. Трубы водяного или парового отопления обычно дают заземление несколько хуже водопровода. Обкрутка делается описанным выше образом. Чрезвычайно желательно в летнее время, когда в трубах нет воды, припаять провод — это избавит раз навсегда от необходимости очистки от окислов.

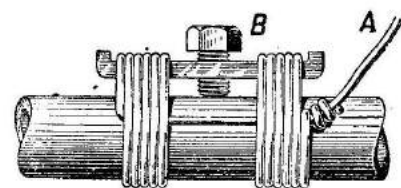


Рис. 536.

3. Использование газовой проводки в качестве заземления запрещено законом.

4. Заземление в почве распространено в загородных условиях. Наилучшее заземление получается в тех случаях, когда оно сделано в слоях, содержащих грунтовые воды. Поэтому, если в непосредственной близости имеется колодец, то заземляющую пластину надо опустить в воду. Однако в устройстве такого заземления в школьных условиях необходимости обыкновенно нет. Для устройства хорошего заземления в ближайшем к физическому кабинету месте около стены здания выкапывается яма глубиной в 1,5—2 м. В яму закапывают старое оцинкованное ведро, лист из латуни или оцинкованного железа с припаянным к ним проводом заземления. Иногда рекомендуется к земле, окружающей лист,

<sup>1)</sup> Алюминиевый провод окисляется значительно меньше медного.

примешивать кусочки кокса, раздробленный древесный уголь, хлористый цинк и другие удерживающие влагу вещества — это способствует в некоторой мере сохранению хорошего качества заземления в засушливое время года.

5. Комнатный противовес дает хорошие результаты при небольших антеннах. Его устройство возможно в случае, если пол сделан из досок. В щели между досками закладывают голые медные проводники, располагая их параллельно на расстоянии 0,5—0,75 м друг от друга. У одной из стен комнаты концы проводов соединяют между собой и соединительный провод подводят к клемме заземления.

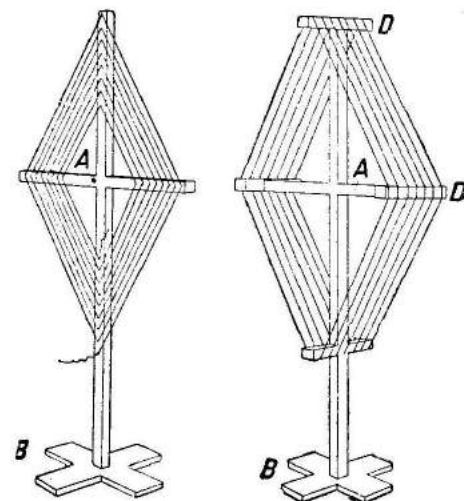


Рис. 537 и 538. Рамки — плоская и соленоидальная.

10. Рамочная антенна. Рамочная антенна, или рамка, (рис. 537 и 538) весьма удобна для приема на ламповые приемники (§ 38, 5 и 7). Преимущества приема на рамку по сравнению

Электрические данные для квадратных рамок.

Диаметр провода 1 мм.

Таблица 32.

Размеры рамки в м	Длина волны в м	Число витков	Шаг об- мотки в мм	Самон- дукция в см	Собствен- ная ем- кость в см	Собствен- ная длина волны в м	Относи- тельное удлинение	Удлиню- щая емкость в см
0,5 × 0,5 . . .	300	8	5	86 000	15	71	4,2	250
	500	12	5	168 000	18	109	4,6	300
	1000	25	3	660 000	20	210	4,75	320
	1500	36	3	1 180 000	20	305	4,9	340
1 × 1 . . . .	300	5	10	80 000	20	80	3,75	260
	500	8	10	176 000	25	132	3,8	340
	1000	18	10	655 000	28	270	3,7	355
	1500	28	5	1 690 000	30	448	3,3	305
1,5 × 1,5 . . .	300	4	12	88 400	27	97	3,1	260
	500	7	12	234 500	34	177	2,8	235
	1000	14	12	714 000	40	336	3,0	325
	1500	22	12	1 480 000	42	495	3,0	340
2 × 2 . . . .	300	4	12	135 600	32	131	2,3	140
	500	6	12	280 000	40	210	2,4	185
	1000	12	12	910 000	50	424	2,4	230
	1500	18	12	1 940 000	53	637	2,4	240



с обычной антенной заключаются в следующем: рамка прежде всего обладает направляющим действием, т. е. дает максимум слышимости в приемнике в том случае, когда ее плоскость направлена на передаточную станцию, и минимум слышимости, а то и полное отсутствие последней, — при перпендикулярности направления на станцию к плоскости рамки. Это свойство помимо самостоятельного интереса (радиокомпас) позволяет даже вблизи от крупных станций получить избирательный прием.

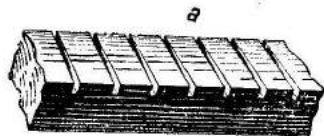


Рис. 539. Пропилы для провода.

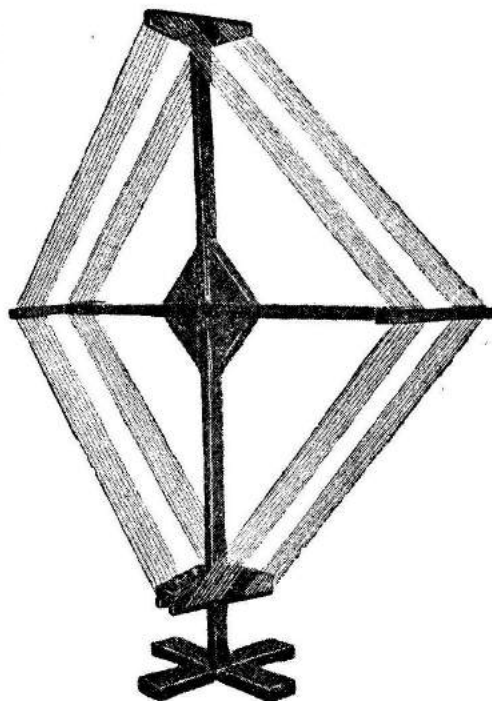


Рис. 540. Соленоидальная рамка с двумя секциями.

Кроме того, рамка дает прием, почти совершенно свободный от атмосферных и других помех.

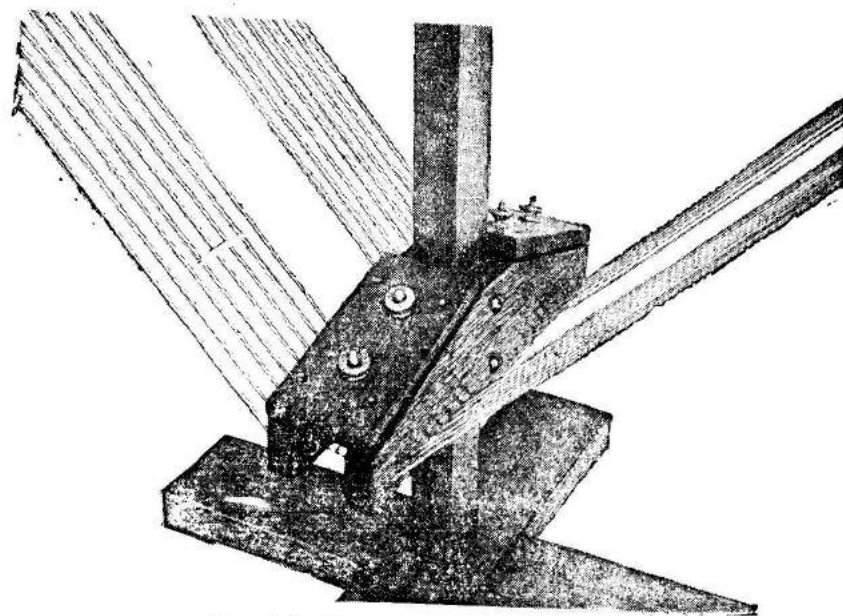


Рис. 541. Выводы от секций рамки.

Рамка по сравнению не только с наружной, но даже комнатной антенной дает много более слабый прием, почему и требует приемника регенеративного или с большим усилением.

Рамки бывают двух типов — плоские (рис. 537) и соленоидальные (рис. 538). В плоских рамках провод расположен в одной плоскости, в соленоидальных — по боковой поверхности параллелепипеда.

Для устройства рамок из крепкого сухого дерева (дуб, береза) делается крестовина *A*, в свою очередь укрепленная на кресте или доске *B*. Размеры крестовины *A* зависят от данных, определяемых путем соответствующих расчетов из таблицы 32 (стр. 335). У соленоидальных рамок на концах крестовины делаются поперечные планки *D*. Для укрепления обмотки рамки пилой пропиливают ряд параллельных канавок *a* (рис. 539), располагая их на расстоянии, равном шагу обмотки.

На рисунках 540 и 541 показана полезная для школы рамка площадью в  $1 \text{ м}^2$ , намотанная в две секции по 9 витков в каждой. Обмотка с шагом в  $1 \text{ см}$  сделана посеребренным проводом (монтажным). Такая рамка при конденсаторе в  $500 \text{ см}$  будет охватывать диапазон волн от  $500$  до  $1500 \text{ м}$ .

Весьма полезна, если кабинет располагает соответствующим помещением, большая рамка, концы которой укреплены на потолке и полу и способны поворачиваться около вертикальной оси в соответственно устроенных деревянных подшипниках. На рамке посредством кронштейнов подвешивается круглый столик, на котором и располагается приемная аппаратура (рис. 542). Рамки можно наматывать голым или изолированным медным проводом, толщиной в  $0,8$  —  $1 \text{ мм}$  и толще; более тонкий провод при неаккуратном обращении растягивается и затем выскакивает из канавок. Лучшие всего обмотку сделать из тонкого антенного канатика.

Размеры рамки для получения наилучших результатов должны быть определенные, в зависимости от длины принимаемых волн. Ориентировочно можно считать, что собственная длина волны должна быть в  $4$ — $5$  раз больше принимаемой. В свою очередь, собственную длину волны грубо можно принять в  $4$ — $6$  раз больше длины намотанного провода.

При устройстве рамки на длинные волны полезно ее обмотку разделить на две неодинаковые части (например  $\frac{1}{3}$  и  $\frac{2}{3}$ ), тогда рамка при пользовании всей обмоткой и ее частями позволит принимать различные длины волн. На концах секций надо поставить клеммы.

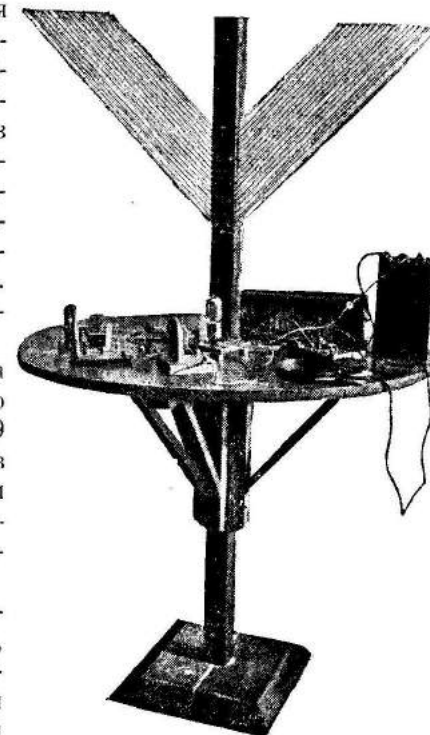


Рис. 542. Крупная рамка со столиком. На столе приемник, собранный из деталей.



## СТОЯЧИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ВОЛНЫ.

### § 32. Стоячие электрические волны.

**1. Демонстрация механических стоячих волн.** Перед демонстрацией стоячих электрических волн важно показать механические стоячие волны в веревке или резиновой трубке. Демонстрация проводится одним из способов, описанных в т. II, § 55.

**2. Прибор Зейбта.** 1) Катушка Румкорфа. 2) Катушка самоиндукции. 3) Две-три лейденские банки. 4) Искровой промежуток. 5) Прибор Зейбта. 6) Два-три витка, замкнутых на лампочку.

Прибор Зейбта служит для демонстрации стоячих волн, возникающих в катушке.

Для опыта необходимо иметь катушку из толстого провода ( $d = 3 - 5$  мм), устроенную так, чтобы число витков, включенных в

колебательный контур, легко можно было изменять. Для ее изготовления берут деревянный цилиндр ( $d = 8 - 10$  см и  $l = 25$  см) и обматывают его голым медным проводом так, чтобы витки были расположены примерно на расстоянии 1 см друг от друга. Во избежание сдвига витков со своего места их надо закрепить с помощью маленьких гвоздиков, вбитых по ту и другую сторону провода. Самое трудное для выполнения — это устройство движка, позволяющего включать то или иное число витков катушки. Вместо его изготовления рекомендуется снять прут с движком со старого сожженного реостата (см. т. III, § 16). Один

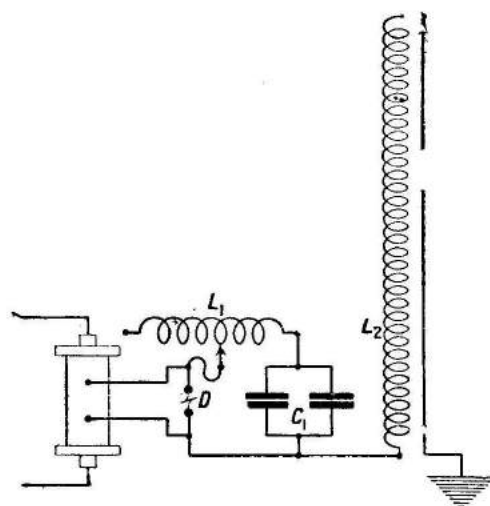


Рис. 543. Схема для получения стоячих волн в катушке Зейбта.

из концов обмотки выводится к массивной клемме; другая клемма должна быть на пруте с движком. Из одной-двух-трех (это надо выяснить на опыте) лейденских банок  $C_1$ , соединенных между собой параллельно, искрового промежутка  $D$  и катушки  $L_1$  (коэффициент самоиндукции которой можно менять, включая то или иное число витков) составляется первичный замкнутый контур так, как это видно на рисунке 543. Контур возбуждается при помощи крупной катушки Румкорфа с прерывателем Симона или Венельта. К контуру посредством провода

(лучше — от внешних обкладок лейденских банок) присоединяется катушка Зейбта  $L_2$  (рис. 544 и 545).

Для ее изготовления берут толстостенную стеклянную трубку диаметром в 15 мм и длиной в 100 см и обматывают ее изолированным шелком проводником толщиной в 0,1—0,15 мм так, чтобы витки плотно лежали друг к другу. Полезно трубку перед намоткой как снаружи, так и внутри покрыть один или два раза шеллачным лаком. Обмотка делается на протяжении около 80 см. Она должна не доходить до края у нижнего конца на 5—8 см и у верхнего — на 10—15 см. Нижний конец обмотки соединяется с небольшим кольцом из меди  $B$ , причем на него предварительно напаявается клемма для включения прибора.

Трубка с намоткой заделывается одним концом в деревянную подставку или, лучше, в треногу  $F$  от штатива (рис. 545, II). На верхний конец трубки надевается металлическая или деревянная шапочка  $M$ , на которой укреплен стержень  $N$  длиной в 6—7 см (рис. 545, I). Важно, чтобы расстояние между шапочкой  $M$  и началом обмотки было достаточно велико во избежание проскакивания искр. На подставке (рис. 545, II) укрепляется скоба  $K$  так, чтобы она лежала в одной плоскости со стержнем  $N$ . Между стержнем  $N$  и скобкой  $K$  натягивается голый медный проводник  $E$  диаметром в 0,3—0,5 мм и укрепляется так, чтобы его можно было перемещать, приближая или удаляя от катушки. Провод  $E$  через скобку  $K$  присоединяется к клемме  $O$ .

Эта построенная длинная и тонкая катушка самоиндукции, как и всякая, вообще говоря, катушка, представляет собой развернутый колебательный контур и способна к собственным колебаниям. Такой контур имеет сравнительно большую самоиндукцию; емкость контура составляет внутренняя, распределенная емкость катушки.

Оба контура связываются между собой, для чего соединяют их по схеме, показанной на рисунке 543.

Настраивают теперь первичный и вторичный контуры в резонанс, меняя коэффициент самоиндукции  $L_1$  первого контура; для этого включают то или иное число витков катушки. Кроме того, надо подобрать число лейденских банок, если резонанс не наступает.

Момент наступления резонанса характеризуется снопом искр, возникающих у верхнего конца обмотки катушки  $L_2$ , или при небольшой мощности установки — появлением сильного голубоватого сияния.

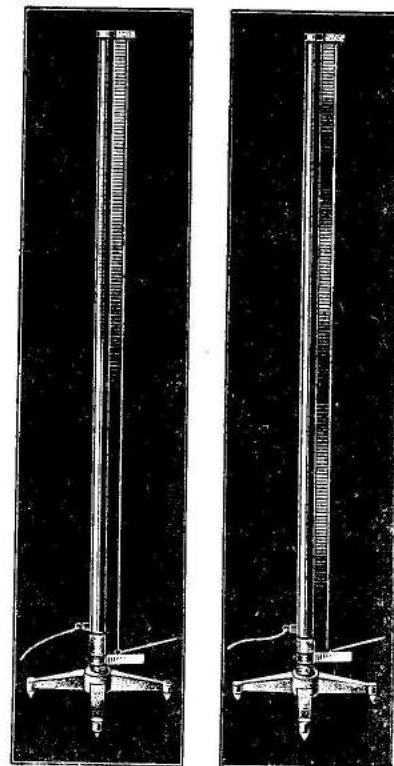


Рис. 544, I и II. Стоячие волны в катушке Зейбта.

При повторении произведенного опыта можно познакомиться с электрической стоячей волной, возникающей во вторичном контуре, и изучить в нем распределение силы тока и напряжения. Соединив проводник  $F$ , натянутый параллельно вторичному контуру, с землей и подстроив в резонанс генераторный контур, наблюдают голубоватую ленту тихого разряда, возникающего между катушкой и заземленным проводом (рис. 544, I).

Интенсивность этого свечения, достигая максимума наверху, постепенно убывает по направлению книзу, где свечение совершенно исчезает.

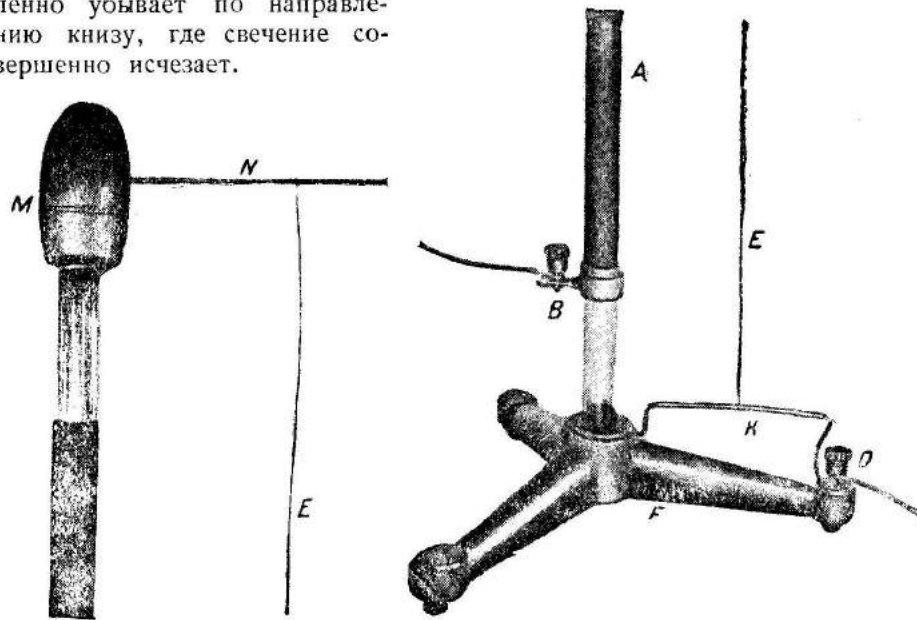


Рис. 545, I и II. Верхняя часть и основание катушки Зейбта.

Эти наблюдения позволяют вывести заключение, что в катушке  $L_2$  колебания напряжения на верхнем конце достигают наибольшего значения и падают до нуля в точке соединения с генераторным контуром.

Таким образом, во вторичном контуре возникает стоячая волна, у которой пучность напряжения находится на верхнем конце, узел — на нижнем.

Взяв два-три витка звонковой проволоки, замкнутых на лампочку от карманного фонарика, надевают их на катушку  $L_2$ . По мере приближения витков к нижней части катушки лампочка начинает светиться и все ярче загорается около нижней части. Из этого опыта следует, что сила тока на верхнем конце равна нулю и достигает максимума внизу. Таким образом, во вторичном контуре пучность тока лежит внизу, узел — наверху.

Настроив генераторный контур на частоты, в 2 и 3 раза меньшие основной, получают на приборе Зейбта распределения и напряжения, соответствующие обертонам (рис. 544, II).

На рисунке 546 показан генераторный контур с переменной самоиндукцией от прибора Зейбта в выполнении фирмы Триндина. В частности, в комплект к этому прибору входит несколько катушек на подставках с различным числом витков (рис. 547). При присоединении этих кату-

шек к контуру и при изменении частоты у последнего на шарике резонирующей катушки появляется интенсивное свечение.

В заключение надо заметить, что демонстрацию стоячих волн в катушке Зейбта при затухающих колебаниях имеет смысл производить только в том случае, когда почему-либо нет возможности собрать ламповый генератор у.к.в. (§ 33). Вообще же говоря, демонстрация стоячих волн в катушке Зейбта при незатухающих колебаниях много проще и в то же время несравненно эффектнее (§ 33, 9).

**3. Прибор Лехера для затухающих колебаний.** Прибор Блондло или Лехера для получения стоячих волн в проводах можно встретить в кабинетах некоторых старых школ. Прибор Лехера служит для демонстрации стоячих электрических волн в проволоках. Устройство прибора следующее (рис. 548). Два полукруга из проволоки  $A$  и  $B$  снабжены с одной стороны шариками, образующими разрядник, и на другой — пластинками  $CC$ , составляющими конденсатор. В этом вибраторе, присоединенном через провода  $a$  и  $b$  к катушке Румкорфа, возбуждаются электрические колебания, частота которых огромна благодаря малым самоиндукции и емкости контура. Если конденсатор  $C$  отсутствует, как это делается в некоторых случаях, то длина волны, соответствующая контуру, приблизительно равна удвоенной длине проволок  $A$  и  $B$ . Так, например, при диаметре контура  $d = 10$  см длина волны будет равна около 60 см. Контур  $ABC$  погружен в сосуд, заполненный керосином или маслом. В том же сосуде находится виток провода  $D$ , присоединенный к двум длинным параллельным проводам  $E$  и  $F$ , натянутым в воздухе, например над столом. Эти провода должны быть тщательно изолированы друг от друга и от земли. На провода около сосуда кладется мостик — металлическая палочка или отрезок толстой проволоки  $K^1$ ). Ясно, что в этом месте  $K$  будет находиться узел напряжения. Электрические

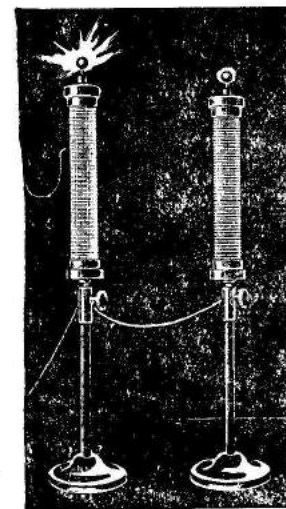


Рис. 547. Свечение у резонирующей катушки.

Рис. 546. Колебательный контур для опыта Зейбта.

<sup>1</sup>) Положение мостика  $K$  далеко не безразлично. Максимальный эффект будет получен, когда контуры  $KD$  и  $ABC$  окажутся в резонансе, что достигается перемещением мостика  $K$ .



колебания распространяются вдоль проволок  $E$  и  $F$ , что может быть обнаружено с помощью трубки  $L$  с разреженным газом. На провода кладут второй мостик  $M$ , и трубка тотчас перестанет светиться. Однако, передвигая его, можно найти положение, при котором трубка  $L$  вновь вспыхнет, это случится тогда, когда мостик  $M$  будет находиться на узле напряжения стоячей электрической волны, возникающей в проводах  $E$  и  $F$ . Смещая трубку  $L$  к одному и затем к другому мостику,

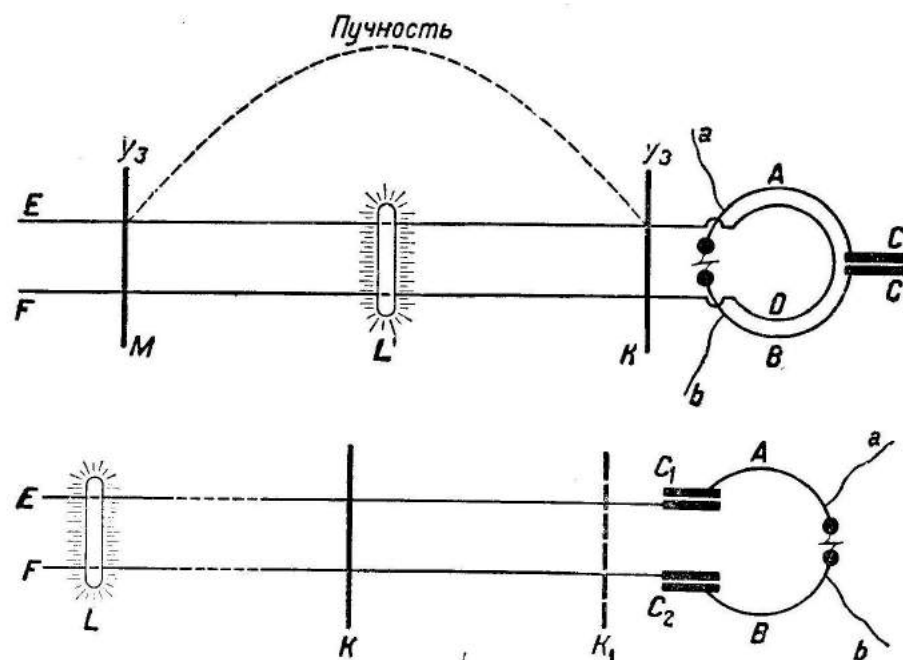


Рис. 548 и 549. Схема приборов Лехера для получения стоячих волн.

убеждаются, что наибольшее свечение наблюдается в тот момент, когда трубка находится на середине между  $M$  и  $K$ , т. е. в положении, соответствующем пучности напряжения.

Видоизменение схемы показано на рисунке 549. Здесь провода  $E$  и  $F$  связаны с проводами  $A$  и  $B$  посредством конденсаторов  $C_1$  и  $C_2$  и входят, таким образом, в колебательный контур. На провода  $EF$  кладут примерно посредине мостик  $K$  и около конца трубку с разреженным газом. Тогда в установке образуются две системы: первичная  $AC_1KC_2B$ , в которой возникают колебания (благодаря катушке Румкорфа, присоединенной проводами  $a$  и  $b$ ), частота которых будет тем меньше, чем ближе мостик  $K$  расположен к конденсаторам, и вторичная  $EKF$ . Перемещая мостик  $K$ , можно найти такое его положение, при котором вторичная система окажется настроенной в резонанс к первичной и во вторичной возникнет стоячая электрическая волна, соответствующая частоте  $AC_1KC_2B$ . Трубка  $L$  в этом случае будет ярко гореть.

Мостик затем сдвигают в направлении к контуру, причем трубка гаснет и через некоторое время, например при положении мостика  $K_1$ ,

вновь светится, что указывает на возникновение в проводах  $E$  и  $F$  уже не одной, а двух стоячих полуволн. Чтобы убедиться в существовании этих волн, смещают трубку  $L$  и находят, что она вспыхивает в определенных положениях, соответствующих пучностям напряжения.

С последним прибором могут быть также выполнены опыты с двумя мостиками так, как это описано выше для прибора Лехера—Блондло.

Систему Лехера легко изготовить своими силами. Для изготовления контура  $AC_1C_2B$  берут медный провод ( $d=3-5$  мм) и снабжают его на концах шариками  $a$  и  $b$  и медными кружками  $C_aC_b$  (рис. 550, I) размером в трех- или пятикопеечную монету. Провода  $AB$  должны быть согнуты по окружности ( $d=10-15$  см) и взяты такой длины, чтобы расстояние между шариками было равно 3—5 мм и между центрами кружков 5—7 см. Вибратор укрепляют на одной или двух де-



Рис. 550. Детали самодельного прибора Лехера.

ревянных пластинках  $D$  и кладут на дно стеклянного кристаллизатора, заполненного керосином или вазелиновым маслом (рис. 550, II). Катушку Румкорфа присоединяют к шарикам вибратора посредством двух тонких проводников. Проводу  $M$ , продетому в резиновую трубку, придают форму показанную на рисунке 550, II, и на один из его концов напаивают металлический кружок  $N$  (монету); другой конец снабжают петелькой, служащей для присоединения проводов  $E$  или  $F$  (рис. 551). Тогда пластинки  $N$  и  $C_b$  будут образовывать между собой конденсатор. Более резкий, чем показано, изгиб  $M$ , охватывая стенку кристаллизатора, позволит установить пластинку  $N$  на любом расстоянии от пластинки  $C_b$ . Подобный же провод  $P$  делают и устанавливают для другой пластинки контура  $C_a$  (рис. 551). К петлям привязывают медные проводники ( $l=2-2,5$  м), лучше всего—антенный канатик, и натягивают их параллельно на расстоянии 5—7 см друг от друга. Подвешивание можно произвести при помощи лабораторных штативов (рис. 552). Важно обратить внимание на тщательную изоляцию проводов друг от друга.

**4. Получение стоячих электрических волн по системе Лехера при незатухающих колебаниях.** Получение стоячих волн в проводах по системе Лехера при затухающих колебаниях, несмотря на простоту прибора (рис. 552), представляет собой далеко не легкую задачу. Наоборот, с описанными в § 33,5 и 7 генераторами ультракоротких незатухающих



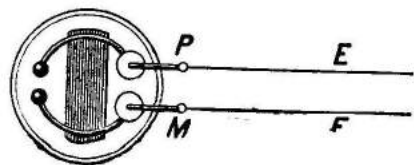


Рис. 551.

до которой не достанет человек, стоящий с поднятой рукой. Провода  $EF$  должны идти от демонстрационного стола  $A$  вдоль одного из проходов между лабораторными столами  $B$  и притом не ближе 1 м к параллельной им стене.

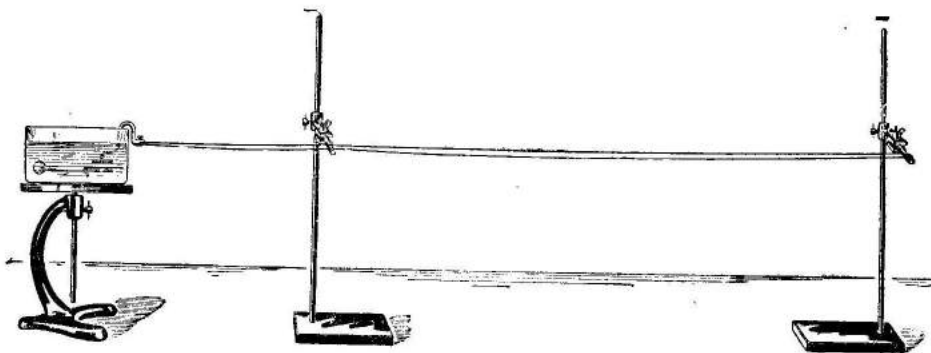


Рис. 552. Самодельный прибор Лехера.

Провода  $EF$  лехеровской системы делаются из антенного канатика и привязываются через орешковые изоляторы  $DD$  к проволокам, прикрепленным к крюкам, вбитым в стены <sup>1)</sup>. Изоляторы над демонстрационным столом устанавливаются так, чтобы они находились, считая по вертикали, несколько ближе к стене, чем середина стола. Изоляторы  $D_1 D_1$  располагаются не ближе 1—1,5 м от стены. Провода должны быть натянуты строго параллельно друг другу на расстоянии 25—30 см. Важно на одном из концов лехеровскую систему снабдить натяжным приспособлением в виде груза, благодаря чему провес проводов будет незначителен. Одна из лучших по конструкции система натяжения показана на рисунке 554. Провода  $EF$  проходят через блоки  $KK$ , прочно подвешенные к крюкам, вбитым в стену, и образуют петлю, продетую

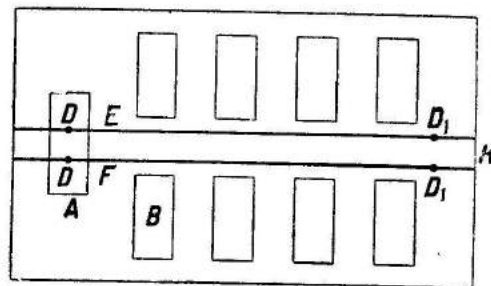


Рис. 553. План установки системы Лехера в классе.

<sup>1)</sup> Крюки при каменных стенах укрепляются в деревянных пробках, забитых в отверстия, сделанные шлямбуром.

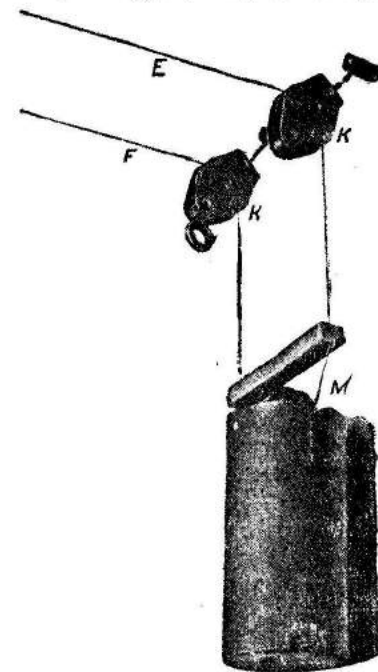
через подвижной блок  $M$ . К обойме этого блока подвешен тяжелый (12—20 кг) груз, например гири или мешок с песком, или же блок вделан в груз так, как это показано на рисунке 554.

Во избежание несчастия вследствие обрыва необходимо обратить внимание: 1) на прочное укрепление крюков в стене и 2) правильную и прочную подвязку орешковых изоляторов (§ 31, 4) <sup>1)</sup>. Наконец, необходимо, отступая на 2—3 см от нижнего края груза, подвесить прочную полку. От проводов  $EF$  лехеровской системы над демонстрационным столом делают канатиком снижения, которые подвязываются к петле  $K$  из проволоки ( $d = 1,5—3$  мм) красной меди (рис. 555). Петля должна висеть на такой высоте над столом, чтобы центр ее совпадал с центром витка контура генератора (§ 33, 5), поставленного на демонстрационный стол. Для настройки лехеровской системы делается перемычка (мостик) из проволоки  $A$ , к концам которой припаяны две изогнутые пластинки  $B$  (рис. 556). К пластинкам  $B$  привязана гиря. Такой мостик легко передвигать палкой вдоль проводников  $EF$  системы.

После возбуждения генераторов у. к. в. (§ 33, 5, 7) вдоль проводников возникают электрические волны, которые отражаются от концов проводов  $CC$  (рис. 557). В случае, если длина от начала до мостика  $III$  равна полному числу полувольт, возбуждаемых генератором, то в системе возникают стоячие волны. На рисунке 557 дан график стоячих волн в лехеровской системе, когда от начала системы, [т. е. витка  $K$ , связывающего с контуром генератора (рис. 555)] в вертикально идущих проводах  $EF$  (показанных пунктиром) и горизонтальных проводах  $AC$  до мостика  $III$  помещаются три полуволны.

Для обнаружения стоячих волн можно пользоваться в рассматриваемой установке следующими индикаторами тока:

- 1) термоамперметром,
- 2) для генератора у. к. в. с лампами УК-30 (§ 33, 5) — лампочкой накаливания от карманного фанарика, рудничной (см. т. III, § 26, 2) или, лучше, электронной лампой П-7 <sup>2)</sup>.

Рис. 554. Гиря с блоком  $M$  для натяжения лехеровской системы.

<sup>1)</sup> Место скрутки проводов надо пропаять.

<sup>2)</sup> Лампы П-7 и ПТ-2 берутся только как более или менее интенсивные и чувствительные источники света, чем лампа от карманного фанарика. То, что П-7 и ПТ-2 являются электронными, никакого отношения к опыту не имеет.

До красного или желтого каления накаливается также лампочка в 12 в 3 вт (см. рис. 580, II).

Если генератор работает на лампах УБ-107, П-7, то в качестве индикаторной следует брать лучшую старую, потерявшую эмиссию лампу



Рис. 555. Устройство снижения лехеровской системы к генератору.

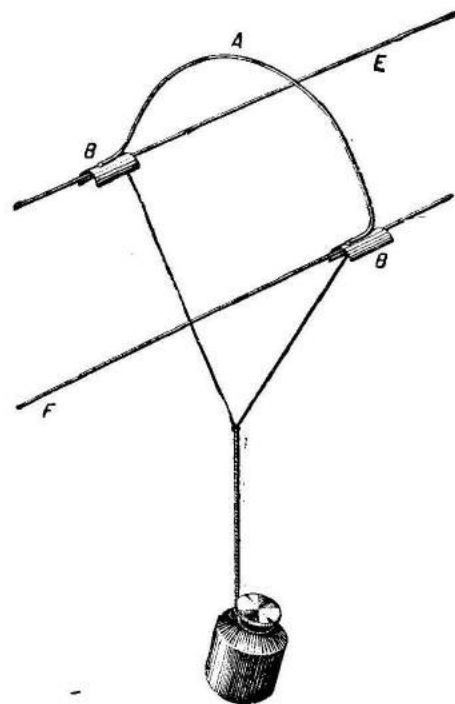


Рис. 556. Мостик для лехеровской системы.

ПТ-2, удалив у нее зеркальный слой (§ 33,3). При сравнительно мощных генераторах [лампы ГKB-4 или ГТ-65 (М-30)] великолепно жалеются добела лампы в 15—40 вт нормальные (120 в) или кинопроекторные, котельные и автомобильные 12 в.

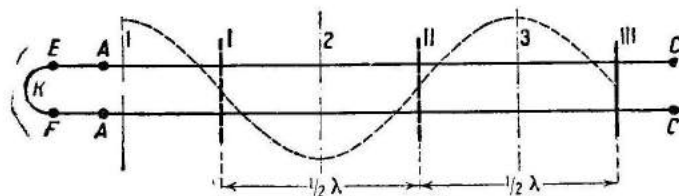


Рис. 557. Схема стоячих волн в лехеровской системе.

Особенно хороши в этом случае однопитные лампы, показанные на рисунке 17.

В качестве индикаторов напряжения можно применять:

- 1) неоновые трубочки, служащие для проверки автомобильных магнето (рис. 580, I),
- 2) нормальные неоновые лампы на 120—220 в,
- 3) небольшие неоновые или аргоновые газосветные рекламные трубки (см. т. IV, § 23,2).

Термоамперметр (рис. 558) можно сделать из прибора с механизмом Де пре д'Арсонваля (см. т. III, § 9,7), выключив шунт, если это амперметр, или сопротивление в случае вольтметра. Внутри корпуса помещают термовакуумный элемент (§ 29, 5) с шунтом. Можно также воспользоваться термоамперметром ВЭСО, описанным в § 27,10, или тепловым амперметром (см. т. III, § 9,9).

К клеммам прибора припаивают два металлических провода E и F с загнутыми концами для присоединения к лехеровским проводам. Так как описываемая стационарная лехеровская система подвешена под потолком, то прибор надо смонтировать на деревянной палке. Подобным же образом на палках монтируются патроны для нормальных ламп (котельной, 120-вольтовой или неоновой) и ламп П-7 и ПТ-2 (рис. 559).

Демонстрация стоячих волн подготавливается следующим образом. Генератор у. к. в. (наиболее удобны для этого описанные в § 33, 5 и 7) ставят на демонстрационный стол А (см. рис. 553). Для демонстрации стоячих волн генератор по схеме Хут Кюна (Зибера) не годится как имеющий сравнительно длинную волну. Генератор ориентируют так, чтобы виток его контура расположился около витка К снижения (см. рис. 555 и 557) возможно ближе к последнему, но не касаясь его.

Пустив в ход генератор и убедившись с помощью индикаторной лампы (§ 33, 3), что он генерирует колебания, один из экспериментаторов, касаясь отрезками EF от неоновой лампы, стоит около начала (снижения) лехеровских проводов<sup>1)</sup> (рис. 560). Другой экспериментатор палкой передвигает мостик III<sup>2)</sup> от концов CC к началу (см. рис. 557). Вскоре будет найдено положение мостика, при котором неоновая лампа интенсивно вспыхнет. Тогда, немного переместив ее в то место, где она горит наиболее сильно, перемещают еще мостик до получения максимального свечения.

<sup>1)</sup> Вернее, на расстоянии (по проводу), примерно равном четверти длины волны от витка К. Это расстояние для генераторов, рекомендуемых для опыта, будет примерно равно 1,5—2,5 м ( $\lambda = 6—10$  м).

<sup>2)</sup> Другие мостики I и II, показанные на рисунке 557, класть не нужно.

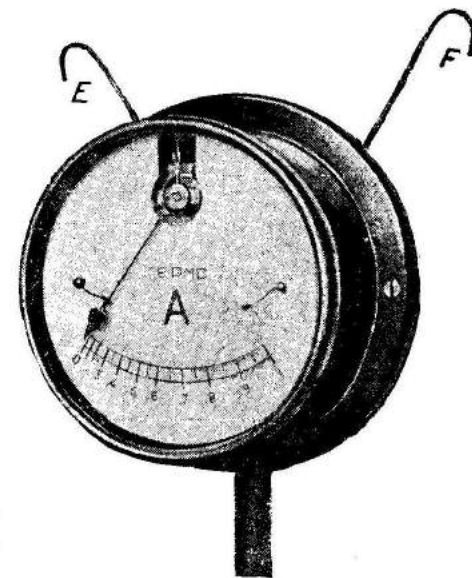


Рис. 558. Термоамперметр, смонтированный для системы Лехера.

Нужно иметь в виду, что неоновая лампа будет светить при этом синеватым светом; небольшое оранжево-желтое свечение наблюдается только около ее электродов.

Так как неоновая лампа является весьма чувствительным индикатором и дает свечение на значительном участке около пучности, то лучше воспользоваться неоновой трубкой, прикрутив к ее концам проводники, или рекламной трубкой, положенной поперек проводов. Эти индикаторы, зажигаясь на сравнительно коротких участках, позволяют точнее определить пучности напряжения и положение мостика III. Если теперь перемещать неоновую лампу (рис. 560), направляясь к мостику III,

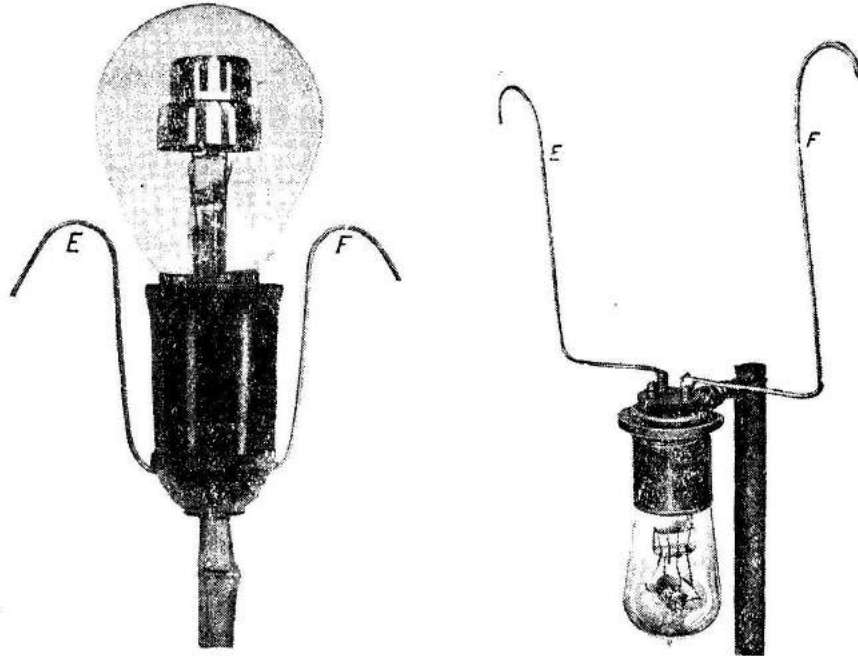


Рис. 559. Образцы монтажа патронов для нормальной или неоновой лампы и для электронных ламп ПТ-2 и П-7.

то она будет гореть около пунктов I, 2 и 3 и гаснуть около пунктов I, II и III. Неоновая лампа, способная реагировать только на напряжение, обнаруживает тем самым, что пункты I, 2 и 3 являются пучностями напряжения стоячей волны.

При повторении того же опыта с лампой накаливания, например с лампой П-7, обнаружится ее горение в пунктах I, II. Пункты I, II, где лампа накаливается сильнее всего, являются пучностями тока стоячей волны. В пучностях тока термоамперметр будет давать также наибольшее отклонение, и его показания будут равны нулю в пунктах I, 2 и 3. Для измерения длины стоячей волны, а следовательно, и волны, генерируемой источником колебаний, отмечают возможно более точно (судя по интенсивности горения) места пучностей тока или напряжения. Расстояние между этими пучностями, измеренное обычным способом (метром), будет равно половине длины волны ( $\frac{1}{2} \lambda$ ).

Пучности тока, судя по интенсивности горения лампы накаливания, определить легко. Труднее найти пучности напряжения, так как их нельзя принимать за середины участков, на которых горит неоновая лампа или трубка. Действительно, в т. IV было выяснено, что напряжения зажигания и погасания у неоновой лампы неодинаковы, так что пучность лежит не посередине между ними. Для определения пучности надо участок пройти два раза вперед и назад, отметив две точки зажигания или погасания. В этом случае пучность будет лежать посередине. В заключение надо указать, что чем большее число полуволи уложится на проводах Лехера, тем эффективнее будет демонстрация. Поэтому рекомендуется употреблять генераторы с возможно меньшими длинами волн и, в частности, для этого хорош генератор, описанный в § 33,5, имеющий волну около 5,5—6 м.

2) Временная установка для измерения длины волны.

Построив генератор у. к. в., для каких бы целей он ни предназначался, надо измерить генерируемую им волну или диапазон волн в пределах от минимальной до максимальной емкости его переменного конденсатора. Для подобных измерений описанная в разделе 1 стационарная установка мало пригодна, вернее, неудобна. Рациональней для измерения создавать временную лехеровскую систему. Натягивают ее между двумя стенами на такой высоте, чтобы мостик и индикаторные лампы можно было свободно перемещать рукой. Провода укрепляют на расстоянии 7—10 см друг от друга, изолировав их от точек подвеса, посредством роликов. Провод для системы Лехера надо взять обязательно голый ( $d = 0,5—0,8$  мм), например звонковый, обжегши на нем изоляцию, или, лучше, монтажный посеребренный. Снижение к генератору с одним или двумя витками K на конце делают подобно показанному на рисунке 555. Привязав к концам неоновой трубки провода, подвешивают трубку примерно в пункте I (см. рис. 557) и, сделав мостик из куска голого провода, положенного поперек, двигают его из пункта I к пункту I. Если в пункте I помещается узел напряжения, то неоновая трубочка загорится. Перемещают несколько трубочку и мостик, чтобы точнее определить положение в узле мостика I. Затем переносят трубочку примерно в пункт 2 и ставят второй мостик, не снимая первого мостика. Второй мостик перемещают в такой пункт II, чтобы находящаяся точно посередине между мостиками I и II неоновая трубочка



Рис. 560. Демонстрация стоячих волн при помощи лампы.



ярко светилась. Перемещать второй мостик надо медленно и при этом лучше двигать также трубочку, располагая ее посредине участка  $I-II$ , так как она засветится при строго определенном положении мостика  $II$ . Тогда длина волны генератора будет в два раза больше расстояния между мостиками  $I$  и  $II$ .

Для проверки, если лехеровские провода достаточно длинные, можно положить еще третий мостик  $III$  на расстоянии  $II-III$ , равном  $I-II$ . Тогда трубочка будет также светиться в пункте 3.

Эффектно для демонстрации вместо мостиков взять лампочки накаливания ( $I$ ,  $II$ ,  $III$ ) и одновременно несколько неоновых трубочек ( $I$ ,  $2$ ,  $3$ ), тогда можно показать распределение волн тока и напряжения на всем протяжении системы Лехера.

Можно также вместо неоновой трубочки воспользоваться как индикатором лампой накаливания, например на  $12\text{ в}$ ,  $3\text{ вт}$ , от карманного фонарика, П-7 или ПТ-2, смотря по мощности генератора. Тогда лампочку сдвигают весьма медленно от пункта  $I$  к пункту  $II$ . В пункте  $I$ , являющемся узлом тока, она накалится. Положив на это место  $I$  мостик из проволоки, вновь перемещают лампочку к пункту  $II$ , где она вновь загорится. Расстояние  $I-II$  между узлами тока равно также половине длины волны.

Измерение с лампой накаливания в качестве индикатора сложнее, чем с неоновой трубочкой, и менее точно, так как лампа, поглощая известное количество энергии, нарушает соотношение между бегущей и отраженной волнами. При помощи лехеровской системы, беря различные по величине емкости переменного конденсатора у генератора, полезно проградировать последний на длины волн. Найденные величины лучше записать краской в соответствующих местах против указателя конденсатора на панелях генератора.

3) Стоячая волна в диполе. См. § 33, 6.

## ГЕНЕРАТОРЫ У. К. В.

### § 33. Ламповые генераторы незатухающих колебаний и опыты с токами высокой частоты.

**1. Типы генераторов у. к. в.** Для демонстрации свойств токов высокой частоты, стоячих электрических волн и т. п., описанных в § 33 и 35, надо построить по крайней мере один генератор ультракоротких колебаний. Под ультракороткими понимают волны от 1 до 10 м. Так как для работ с лехеровской системой и диполями желательно иметь возможно более короткие волны, то казалось бы, что надо строить генератор на волну 1—2—3 м. Однако чем короче волна, тем меньше будет к. п. д., и нужны специальные лампы. Поэтому надо собрать генератор для волн 4—6 м, для которого можно взять любые усиленные лампы (триоды), например УК-30, УО-104, УБ-107, УБ-132 и т. п.

В § 33 и 35 даны описания различных типов генераторов, построенных по различным схемам: Мэни (§ 33, 5 и 7), Хут Кюна (§ 33, 8), Хартлея (§ 35, 1).

**2. Питание генераторов.** В случаях, когда генератор не предназначен для радиотелефонии, питание анодной цепи и накала может производиться переменным током соответствующего напряжения (4 в и 200—700 в), например от трансформатора Т-3-У (§ 4, 2). Это допустимо, например, для генераторов, описанных в разделах 7 и 8. Однако следует иметь в виду, что при питании анода переменным током используется только половина периода. Таким образом, при переменном токе в генераторе получается мощность, меньшая, чем при питании анода постоянным током. Для работ по радиотелефонии на анод надо давать постоянный ток, получив его от выпрямителей с фильтром или анодных батарей. Питание накала можно производить переменным током, присоединяя при этом минус анода к средней точке потенциометра  $P$  (см. рис. 394). Пользование аккумуляторами или батареями для накала вполне возможно, но совершенно не рационально, в особенности для генераторных ламп.

**3. Индикаторы колебаний.** Чтобы убедиться в существовании в контуре лампового генератора колебаний, имеется несколько способов:

1) Неоновой трубочкой, служащей для проверки автомобильных магнето; касаются контура, держа ее в руках указанным на рисунке 580, I образом. Если в контуре существуют колебания, то трубочка ярко вспыхивает. Можно также пользоваться обычной неоновой лампой на 120—220 в, вводя ее в катушку контура (см. рис. 580, III). Лампа, кроме основного желто-оранжевого свечения около электродов, светится внутри еще фиолетовым светом. По степени свечения в маломощных генераторах можно судить об интенсивности колебаний.

2) К контуру подносят три-четыре витка из изолированного или голого провода, замкнутых на лампочку (см. рис. 580, IV). Лампочку можно взять от карманного фонарика, автомобильную или кинопроекторную на 6—12 в, нормальную на 110—220 в. Ясно, что первый тип лампы может быть взят для генераторов порядка нескольких ватт, второй и третий — для генераторов порядка десятков ватт. Для совсем маломощных генераторов, например на лампах УБ-107, П-7 и т. п., в качестве индикатора нужно воспользоваться лампой микро ПТ-2. В этом случае на витки замыкают ее ножки накала и по степени свечения волоска судят о мощности колебаний. Эта лампа весьма чувствительна к току, именно при токе около 0,05 а волосок дает красный накал. Ясно, что лампа ПТ-2, употребляемая как индикатор колебаний, будет уже негодна для использования в приемниках. ПТ-2 можно взять из числа ламп, потерявших эмиссию<sup>1)</sup>. Лампа П-7 как индикатор является более чувствительной к току, чем лампочка от карманного фонарика, но уступает ПТ-2. Использование П-7 в качестве индикатора не портит ее как приемную. Если параллельно виткам включить переменный конденсатор для настройки индикаторного контура в резонанс (см. рис. 581), то можно получить более интенсивный накал лампы и на большем расстоянии от генераторного контура. Описание устройства индикаторного контура см. § 33, 9.

3) В провод, подающий анодный ток на анод лампы (от батареи, выпрямителя или трансформатора), включают миллиамперметр постоянного тока (см. т. III, § 9, 7) магнитоэлектрической системы (с катушкой Де пре) до 20, 50, 250 ма, смотря по мощности генератора. Если в генераторе существуют колебания, то при поворотах конденсатора контура должны быть ясно заметны изменения анодного тока. То же самое будет происходить при прикосновениях пальцем к катушке контура.

**4. Простейший генератор звуковой частоты.** Для демонстрации генерирования лампой переменных токов низкой частоты служит так называемый звуковой генератор (рис. 561). Если генератор служит источником токов, частоты которых лежат в пределах примерно от 40 до 6000 герцов, то эти токи, протекая через телефон

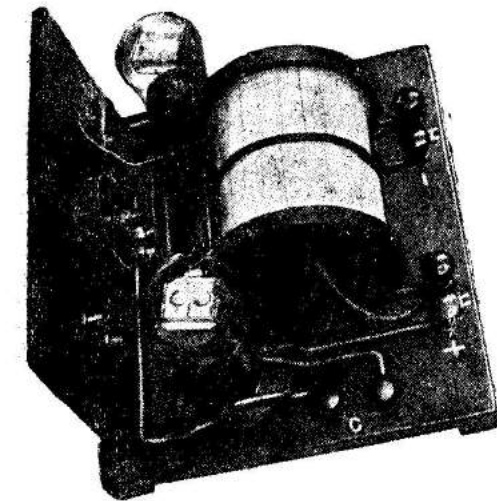


Рис. 561. Генератор звуковой частоты.

или репродуктор, дадут музыкальные тоны соответствующей высоты. При этом нет надобности детектировать эти токи звуковой частоты для их обнаружения, что сильно упрощает самую демонстрацию генерирования

<sup>1)</sup> Для лучшей видимости у ПТ-2 надо удалить зеркальный налет внутри лампы. Для этого баллон лампы осторожно подогревают на небольшом пламени спиртовки или газовой горелки.

электронной лампой переменных токов. Простейший звуковой генератор, позволяющий получать скачками тона разных высот, показан на рисунке 561. Лампы одна или две могут быть взяты П-7, УБ-110 и т. п., лучше пользоваться лампами УБ-132, УО-104, УК-30, Ж-9 или ГТ-65 (Г-1), тогда генерацию можно обнаружить на репродуктор „Рекорд“ без усилителя. Схема звукового генератора (принципиальная) показана на рисунке 562, I. Лампа генераторная может быть взята одна; две лампы дадут большую мощность. Наиболее трудной для изготовления и существенной частью являются катушки  $L_1$  и  $L_2$  контура и сетки (рис. 563).

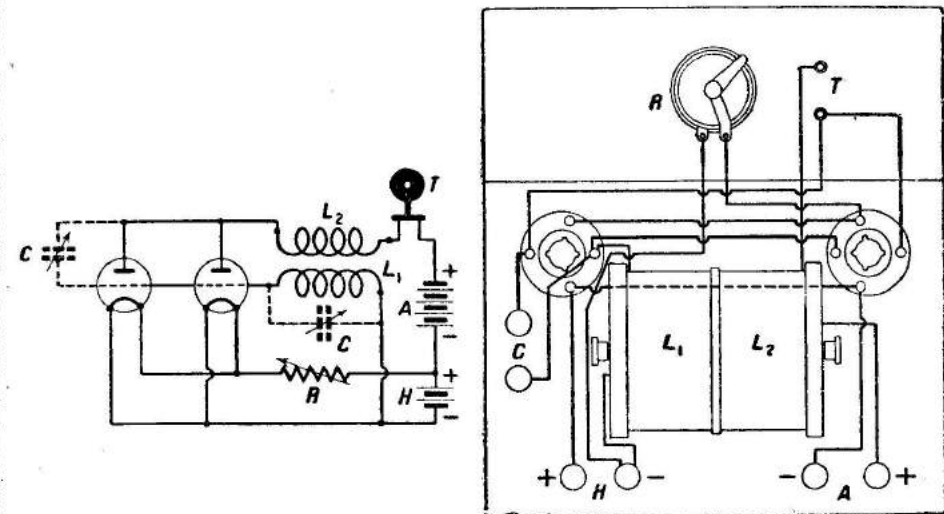


Рис. 562, I и II. Схемы генератора звуковой частоты: принципиальная и монтажная.

Намотку катушек следует производить на деревянный или эбонитовый цилиндр ( $d=25$  мм), снабженный тремя кружками  $D^1$  ( $d=90$  мм) из эбонита или толстой клееной фанеры (рис. 563). Катушку  $L_1$  делают в 32 слоя провода ПБД или ПШД ( $d=0,15$  мм), катушку  $L_2$  наматывают в 32 слоя такого же провода. Намотку надо производить возможно более аккуратно, плотно укладывая виток к витку, слой за слоем. Для намотки лучше всего воспользоваться токарным станком. Концы обмоток следует обязательно сделать из более прочного и гибкого провода (см. т. IV, § 5,2). Важно включить катушки между собой так, чтобы ток имел в них противоположные направления. Для упрощения монтажа весьма полезно поставить безъемкостные панели для электронных ламп. Монтаж лучше всего делать монтажным посеребренным проводом в кембрике. На панели ставятся клеммы А, Н, Г и С, служащие соответственно для включения батареи анода и накала, телефона и конденсаторов или магазина емкостей. Для получения большей мощности как при лампах УК-30, так и Г-1 следует давать на анод напряжение в 160—240 в от

<sup>1)</sup> Расстояние между кружками берут 40 мм, тогда после обмотки получится катушка с наружным диаметром около 38 мм.

выпрямителя. К клеммам  $C$  присоединяют постоянный конденсатор сначала емкостью в 1000 см, затем 2000 см, потом в 3000 см и т. д. и наблюдают в телефоне звук, повышающийся по своей высоте по мере увеличения включенной емкости. Удобнее всего взять магазин емкостей, смонтированный по описанию, данным в § 10, 3, тогда изменение высоты звука производится соответствующими переключениями штепселей. При самых низких тонах включенный параллельно емкости переменный конденсатор емкостью в 1000 см позволит достигнуть плавного изменения звука вместо скачкообразного.

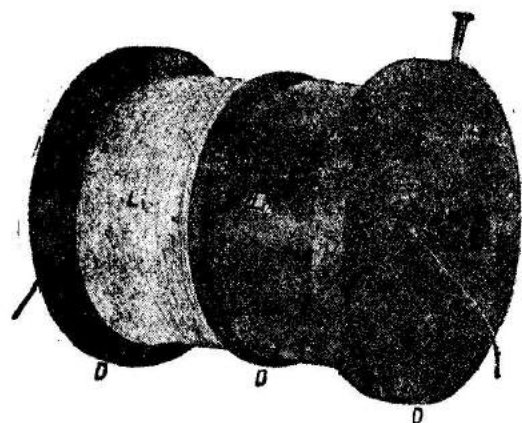


Рис. 563. Катушки колебательного генератора.

обойдется дешево, если применить две усилительные лампы, из которых наиболее подходящими являются УК-30 или УО-104, что обеспечивает, между прочим, мощность, достаточную для ряда интересных опытов, описанных в § 32, 4 и § 33, 6.

Наконец, главное, электрические качества генератора весьма высоки, именно: он дает 1) большую мощность (при пользовании такими же

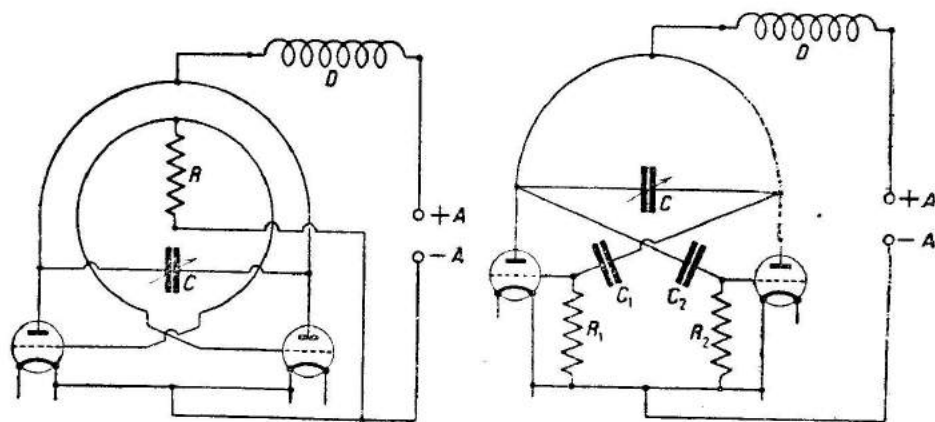


Рис. 564. I и II. Генераторы у. к. в. схемы Мэни.

лампами), чем при известных схемах Хартлей Эзау и др., 2) легко возникающие и устойчивые колебания. Генератор отличается также малой

зависимостью частоты колебаний от свойств источников тока, расположения подводящих проводов и пр.

Описываемая ниже конструкция позволит провести следующие опыты:

1) демонстрация распределения тока в диполе и зависимость силы тока от степени настройки в резонанс;

2) демонстрация стоячих электрических волн в проводах по системе Лехера;

3) демонстрация радиотелефонной и телеграфной передач на ультракоротких волнах.

Принципиальные схемы Мэни, осуществляющие так называемые двухтактные генераторы, показаны на рисунках 564, I и II, причем для упрощения цепи накала ламп не показаны. Буквенные обозначения соответствуют:  $+A$  и  $-A$  — плюс и минус анодного питания,  $C$ ,  $C_1$ ,  $C_2$  — конденсаторы,  $D$  — дроссели,  $R$ ,  $R_1$ ,  $R_2$  — сопротивления. Первая схема дает обычную индуктивную связь между анодом и сеткой, вторая — построена с емкостной (конденсаторы  $C_1$  и  $C_2$ ) обратной связью. Присутствие конденсатора  $C$ , служащего для изменения частоты колебаний, обязательно. На рисунке 564, III показана практическая схема, по которой должен быть построен предлагаемый демонстрационный генератор<sup>1)</sup> (рис. 565—567). Генератор необходимо в целях наглядности смонтировать на деревянном каркасе, сделанном из какого-нибудь крепкого дерева, например дуба или березы, именно так, как это изображено

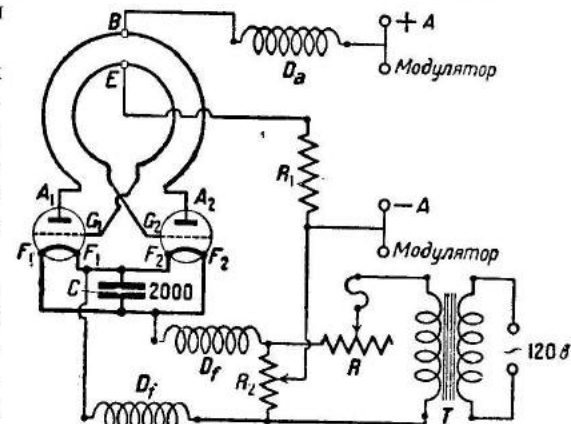


Рис. 564, III. Схема демонстрационного генератора.

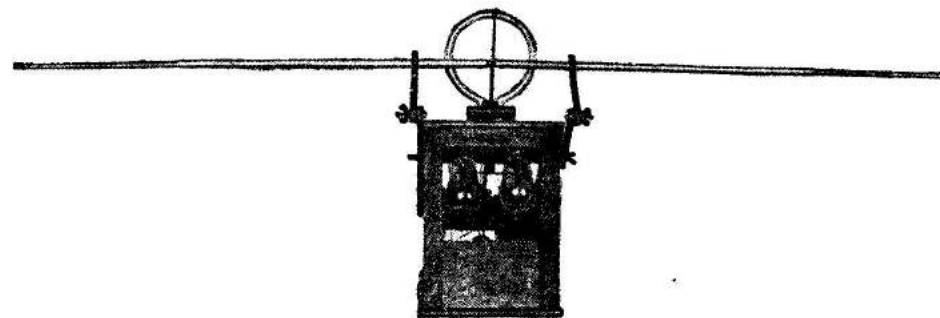


Рис. 565. Демонстрационный генератор у. к. в. с диполем (вид сзади).

рисунке 567. Размеры каркаса показаны на рисунке 568. Панели двух ламп УК-30 монтируются на эбонитовых основаниях  $P$ , сделанных

<sup>1)</sup> Демонстрационный генератор смонтирован для кабинета методики физики ГПИ имени Либкнехта инженером Крыловым.



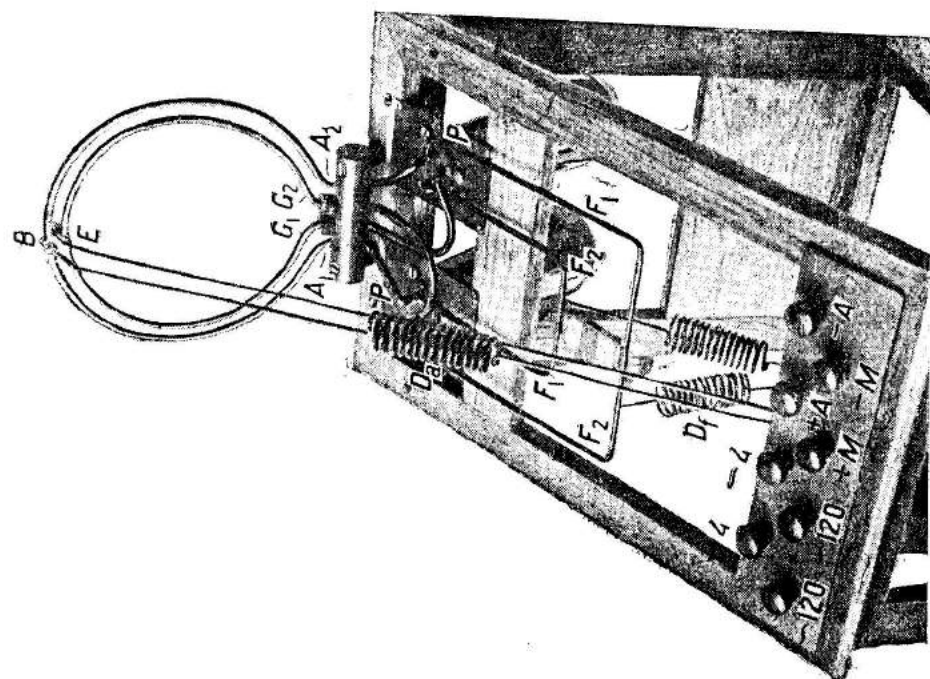


Рис. 567. Колебательный контур и панель демонстрационного генератора у. к. в.

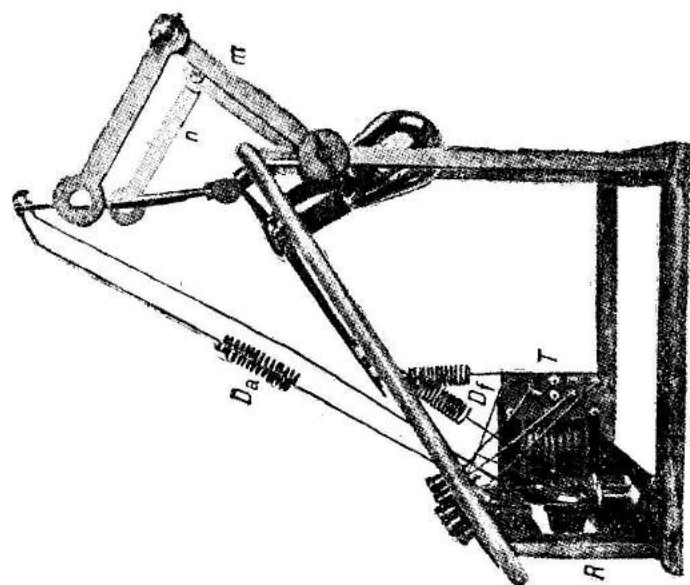


Рис. 566. Демонстрационный генератор у. к. в. (вид сбоку).

из пластины толщиной примерно в 5—10 мм (рис. 567). Лампы при таком монтаже оказываются внутри каркаса обращенными книзу и, таким образом, не мешают четко выявить основную схему генератора. Аноды  $A_1$  и  $A_2$  ламп соединяются проволочным витком  $A_1BA_2$  ( $d=145$  мм), сделанным из медного проводника толщиной в 4 мм. Концы витков прочно припаиваются к соответствующим штепсельным гнездам ламп. Сетки ламп  $G_1$  и  $G_2$  также соединяются между собой проволочным витком  $G_1EG_2$  ( $d=125$  мм) из проводника такой же толщины, что у анодов. Витки должны иметь правильную геометрическую форму (для чего их предварительно сгибают на каких-нибудь шаблонах, например на шкиве от мотора подходящего диаметра) и после установки должны идти на всем протяжении параллельно (в рассматриваемой конструкции — на расстоянии 5—6 мм друг от друга). Гнезда накала  $F_1$  и  $F_2$  ламп также соединяются проводом указанной толщины согласно рисункам 564 и 567. Изготовление витков и припаивание их к штепсельным гнездам ламп — самая трудная

часть работы, в остальном монтаж не представляет затруднений. До припаивания витков на каждый из них надевается по небольшой клемме  $B$  и  $E$  (рис. 567) для присоединения провода от  $\pm A$  ( $B$ ) и подключения сетки к цепи накала (см. рис. 564). Впрочем, можно обойтись и без клемм и соединение сделать обычным образом, но при клеммах точки присоединения  $B$  и  $E$  могут быть

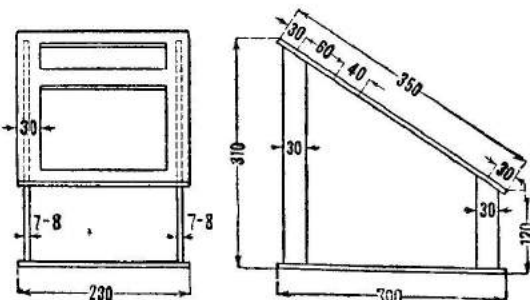


Рис. 568. Каркас демонстрационного генератора (размеры в мм).

в целях точной регулировки перемещены. Анодный контур  $A_1BA_2$  через клемму  $B$  подключается медным проводом ( $d=2$  мм) через дроссель  $D_a$  к двум клеммам, против которых делаются надписи  $\pm A$  и „Модул“ или  $M$ . К клемме  $\pm A$  присоединяется плюс анода от выпрямителя, к клемме  $M$  — модулятор. Дроссели  $D_a$  и  $D_f$  представляют собой спирали, намотанные на цилиндр диаметром в 15 мм, и состоят из 12 витков (рис. 569). Сетки  $G_1$ ,  $G_2$  ламп через клемму  $E$  присоединены (проводом диаметром в 2 мм) к средней точке проволочного сопротивления  $R_2=100—200$  ом через сопротивление  $R_1 \approx 2000$  ом<sup>1)</sup>. Необходимость сопротивления  $R_2$  обусловлена тем, что питание накала ламп производится переменным током. Клеммы —  $A$  и „Модул“ подключены к цепи накала также через среднюю точку сопротивления  $R_2$ .

Цепь накала ламп может быть также непосредственно присоединена к клеммам для питания со стороны. Лучше в генераторе поставить собственный трансформатор  $T$ , понижающий напряжение со 120 до 5,6 в, т. е. до напряжения накала ламп УК-30, и подводить (через соответствующие клеммы 120 в) для питания переменный ток в 120 в. Для ламп УО-104 напряжение накала берется 4 в.

<sup>1)</sup> Сопротивление  $R_1$  надо подобрать на опыте, добиваясь максимального свечения индикаторной лампы, замкнутой на 2—3 витка и поднесенной к контуру.

Наличие реостата  $R$  в рассматриваемой конструкции обусловлено тем, что взятый трансформатор дает снижение напряжения до 6 в.

Для возбуждения генератора к цепи накала (клеммы  $\approx 120$  в) присоединяют переменный ток освещения; к клеммам  $+$  А и  $-$  А включают провода от соответствующих полюсов выпрямителя. В качестве источника анодного тока лучше всего взять два выпрямителя типа „Радист“ (§ 6, 6) и соединить их, для получения напряжения в 500 в, между собой последовательно.



Рис. 569. Дроссель.

Для того чтобы убедиться, что колебания возникли к витку  $A_1BA_2$ , подносят лампочку от карманного фонарика, замкнутую на два-три витка провода (см. рис. 580, IV). Горение лампы указывает на работу генератора. Подобная же проверка может быть произведена также при помощи диполя описанным в следующей работе образом.

Использование генератора для демонстрации стоячих электрических волн см. § 32, 4.

**6. Распределение тока в диполе.** Для наилучшего излучения электромагнитной энергии генератором ультракоротких волн необходимо построить диполь. Диполем называется развернутый колебательный контур, не содержащий катушек и конденсаторов и представляющий собой прямолинейный проводник (рис. 570). С диполем связывают генератор или приемник, смотря по тому, служит ли он для излучения или извлечения энергии из электромагнитных волн (см. рис. 565). Длина диполя берется строго определенной, именно она должна быть равна точно половине длины волны ( $1/2 \lambda$ ).

Устройство диполя к генератору ультракоротких колебаний необходимо также, кроме целей излучения, и для самостоятельных опытов с диполем. Диполь для генератора надо построить такой, чтобы легко было изменять его длину для настройки в резонанс (рис. 570). Генератор, описанный в предыдущей работе, дает длину волны около 5 м, благодаря чему средняя длина диполя должна быть взята около 2,5 м. Лучше всего для выяснения величины диполя предварительно произвести измерения длины волны по системе Лехера (§ 32, 4), так как при несоблюдении указанных для генератора размеров могут быть значительные отклонения волны от величины 5 м.



Рис. 570. Раздвижной диполь.

Диполь делается раздвижным так, чтобы конечные его части  $a$  и  $b$ , состоящие из латунных или медных стержней или трубок, могли вдвигаться внутрь трубок  $c$  и  $d$  из того же материала (рис. 570). Для изготовления диполя, соответствующего в среднем волне в 5 м, берут две латунные трубки ( $d = 8 - 15$  мм)  $c$  и  $d$  длиной около 60—70 см каждая, тщательно отполировывают их снаружи и крепко соединяют между собой при помощи

эбонитового брусочка  $e$ , концы которого плотно вставляются внутрь трубок (рис. 572). На концах, около места соединения, ставятся две клеммы стандартного типа. Важно диаметр частей  $a$  и  $b$  подобрать такой, чтобы они плотно и в то же время легко входили внутрь трубок  $c$  и  $d$ . Длину их берут около 50—60 см каждая. Для облегчения получения симметричного диполя на стержни  $a$  и  $b$  наносят деления через 1 см, отмечая их метками, поставленными, например, с помощью трехгранного напильника.

Тогда при подборе величины диполя легко получить одинаковые длины той и другой его половины. Для удобного укрепления диполя, а также изменения степени связи между ним и контуром на каркасе генератора укрепляются держатели  $m$  и  $n$  (рис. 566). Держатель состоит из двух половин  $or$  и  $oq$  (формы, показанной на рисунке 571), скрепленных между собой посредством болтиков с барашками  $o$ . Держатель посредством такого же болтика  $q$  прикреплен к каркасу генератора. Отверстие на конце  $r$  служит для помещения диполя. Держатели делают из эбонита, выпиливая их из листа толщиной около 8—10 мм. Описанная конструкция держателя позволяет помещать диполь на любом расстоянии от контура генератора, достигая тем самым различной степени связи (см. рис. 565). Для демонстрации, что в диполе течет ток, пучность которого находится в его геометрической середине, диполь помещают возможно ближе к виткам контура, включив предварительно между его клеммами лампочку от карманного фонарика (рис. 572).

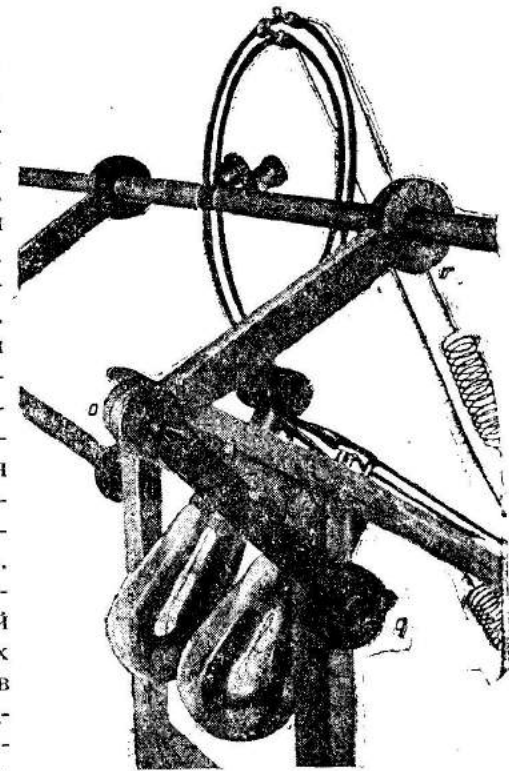


Рис. 571. Держатели для диполя.

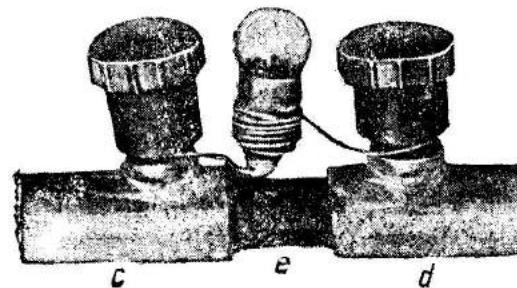


Рис. 572. Включение индикаторной лампочки в середину диполя.

После возбуждения генератора изменяют длину диполя, вдвигая или выдвигая его концы  $a$  и  $b$  до получения наиболее сильного свечения лампы. Затем смещают положение диполя по отношению к контуру, добиваясь увеличения света до возможных пределов. Опыт показывает, что наибольшая



яркость свечения, а следовательно, и максимум тока в диполе наступают при строго определенной его длине, которая соответствует резонансу ( $1/2 \lambda$ ) между диполем и контуром.

В случае если диполь служит для излучения, лампочка выключается, и клеммы соединяются между собой медным проводником.

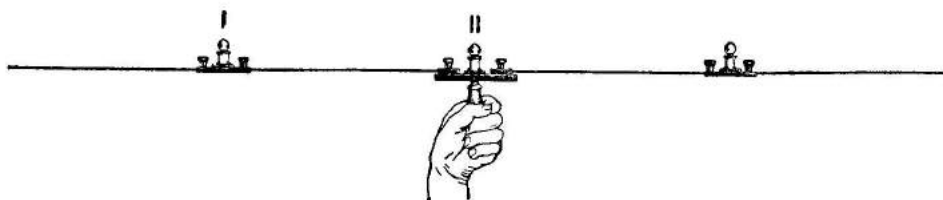


Рис. 573. Диполь с тремя лампами для демонстрации распределения тока.

Свечение лампочки в диполе, помещенном на расстоянии хотя бы в несколько десятков сантиметров от контура с генератором, работающим на двух лампах УК-30, получить не удастся.

Полезно также построить диполь с тремя лампочками, смонтированными по образцу рисунка 573. Диполь в этом случае раздвижным сделать трудно; его делают из толстого провода длиной, точно равной

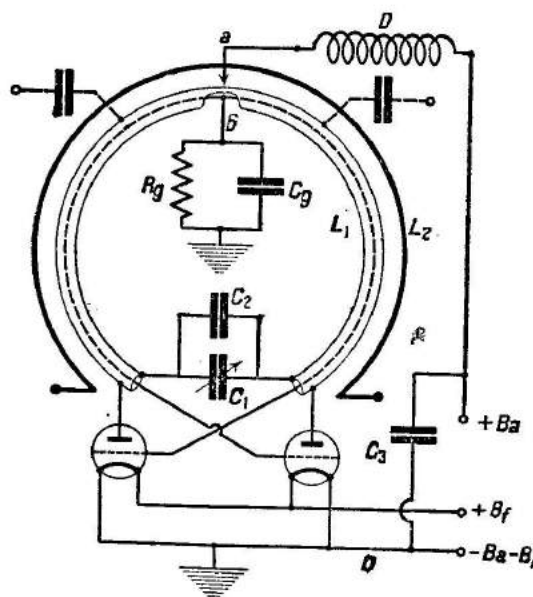


Рис. 574. Схема Мэни. Генератор у. к. в. с переменным конденсатором.

длину генерируемой волны. Схема генератора показана на рисунке 574. внешний вид — на рисунке 575. Изготовление этого генератора много проще, чем демонстрационного, но он уступает последнему в смысле наглядности расположения своих частей.

Колебательный контур генератора образует медная посеребренная трубка  $L_1$ , присоединенная непосредственно к болтикам, служащим

половине волны. Эта длина может быть определена по настроенному раздвижному диполю. В диполе с тремя лампами средняя II будет гореть полным накалом, крайние I — слабым, что указывает, что пучность тока находится посередине. В диполе с тремя лампами, у которого длина равна целой волне, средняя лампа не горит (узел тока), крайние лампы I (рис. 573), помещающиеся на узлах тока, будут сильно накаливаться.

**7. Генератор у. к. в. по схеме Мэни.** Описываемый генератор собран по схеме Мэни и отличается от демонстрационного генератора Мэни (§ 33, 5): 1) в конструктивном отношении и 2) тем, что имеет в контуре переменный конденсатор  $C_1$ , позволяющий изменять

выводами от переменного конденсатора  $C_1$ . Трубка согнута в кольцо диаметром 12 см. За отсутствием трубки из красной меди можно взять латунную трубку и посеребрить, что, конечно, хотя и в малой мере, но все же скажется на увеличении потерь. Трубка должна иметь толщину 10—15 мм. Перед сгибанием трубки подбирают какой-нибудь цилиндр подходящего диаметра, разница в диаметре по сравнению с указанным в 1—2 см беды не представляет. Цилиндр или шаблон может быть деревянным или металлическим, в частности удобно воспользоваться шкивом от мотора. Чем длиннее трубка, тем легче ее согнуть, поэтому рекомендуется брать отрезок около 1 м. Трубку безусловно необходимо возможно более плотно набить сухим песком, заткнув прочно концы деревянными

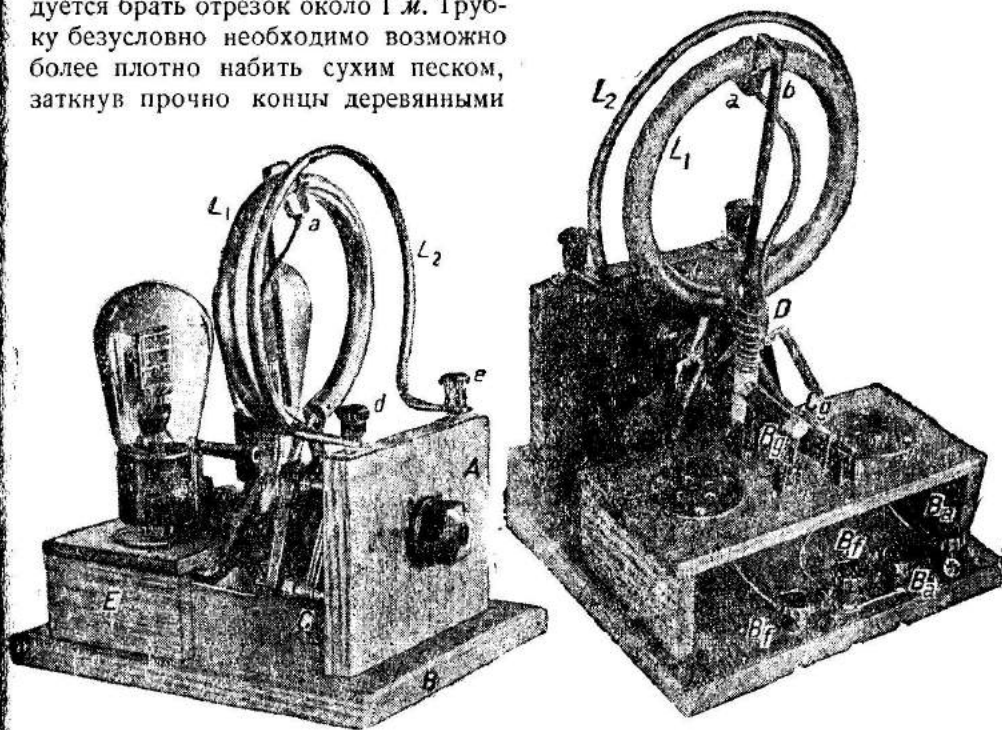


Рис. 575. Генератор у. к. в. по схеме рисунка 574.

пробками; тогда она при сгибании не сплющится. Трубка должна быть в середине, т. е. на том протяжении, на котором она будет согнута, сильно прогрета на пламени паяльной лампы или другой горелки. Нагретую трубку, держа за концы, огибают вокруг шаблона, дают остыть и отрезают ножовкой лишние части. К концам трубки припаивают толстые медные полоски с отверстиями на концах. Форма и размер этих полосок должны быть таковы, чтобы после надевания на болтики (выводы переменного конденсатора) трубка прочно держалась. Конденсатор  $C_1$  берут емкостью в несколько десятков сантиметров, для чего у одного из обычных переменных конденсаторов малого размера оставляют две подвижные и три неподвижные пластины, удалив все остальные. При желании для увеличения длины волны параллельно  $C_1$  может быть включен постоянный воздушный конденсатор  $C_2$ , собранный, например, из оставшихся пластин от переменного конденсатора (рис. 574).



Конденсатор монтируют обычным способом на деревянной вертикальной стойке  $A$ , укрепленной на панели  $B$ . От мест соединения витка  $L_1$  и конденсатора  $C_1$  делается включение посеребренным монтажным проводом в кембрике к анодам ламп. Внутри витка  $L_1$  вставляют провод в резиновой изоляции, взятый, например, от расплетенного шнура сечением в 4—6 мм<sup>2</sup>. Концы этого провода, обязательно крест-накрест, присоединяют к сеткам ламп. На самом верху трубки делается оконце  $b$  для прохода отвода от сеточного провода. Припаяв отвод  $b$  к сеточному проводу, производят заливку оконца, например канифолью, чтобы сеточный провод не мог замкнуться на виток  $L_1$ , что может, в частности, дать короткое замыкание анодного тока. В отвод от сетки должен быть включен гридлик  $R_g C_g$ , присоединяемый к земле, т. е. к общему проводу  $O$  ( $-B_a, -B_f$ ). Так как величины в гриднике зависят от типа взятых ламп, то следует монтировать его не наглухо, а поставить четыре зажима, например типа, показанного на рисунке 636. Конденсатор берется обычный — слюдяной (см. рис. 258) емкостью в 200—300 см, величина же сопротивления (Каминского) бывает обычно от 1000 до 20 000 ом (см. рис. 635). Надо помнить, что для получения максимальной мощности сопротивление  $R_g$  должно быть подобрано на опыте, для чего рекомендуется иметь набор сопротивлений Каминского от 1000 до 20 000 ом, примерно через 1000 ом. Благодаря указанным зажимам производится быстрая и удобная смена сопротивлений.

Провод, идущий от плюса анодного напряжения  $+B_a$ , присоединяют к середине витка  $L_1$  не наглухо, а посредством щипка  $a$  через дроссель высокой частоты  $D$ . Дроссель  $D$  наматывают прогрессивно на эбонитовую, стеклянную или сухую деревянную палочку ( $l=65—75$  мм,  $d=12$  мм) из 50 витков провода ПБД, ПЭ или ПШД ( $d=0,5$  мм). Между проводом  $B_a$  и общим проводом  $O$  ( $-B_a, -B_f$ ) включается конденсатор  $C_3$  емкостью в несколько сотен омов, обязательно такой, который способен выдерживать без пробоя напряжение до 1000 в.

Для отведения колебаний при опытах или для включения диполя полезно смонтировать две клеммы  $d$  и  $e$ , под которые может быть зажат виток  $L_2$  из толстого провода примерно такого же размера, что и  $L_1$ . В остальном монтаже генератор не представляет затруднений. Полезно панели для ламп смонтировать на скамеечке  $E$ , что позволит несколько укоротить провода, ведущие от витка  $L$  к анодам, а также и сеточный провод. Для накала и анода ставятся четыре клеммы  $+B_a, -B_a, +B_f, -B_f$ .

Лампы для генератора могут быть взяты генераторные Ж-9, Г-1, ГК-36 или усиленные УБ-132, УО-104, УК-30. Питание может производиться постоянным током от выпрямителя и батареи накала, что нужно для целей радиотелефонии. Для опытов с диполями и других проще всего взять ток от трансформатора Т-3-У: на анод — от крайних клемм  $I$  ( $\sim 600—800$  в переменного тока), для накала через реостат с движком в 15—20 ом — от последовательно соединенных секций  $II$  и  $III$  ( $\sim 8$  в), т. е. так, как сделано в генераторе, описанном в следующем разделе 8 (рис. 91).

Генератор работает очень хорошо на лампах УК-30, которыми настоятельно рекомендуем пользоваться, питая их от трансформатора Т-3-У.

Для первых проб гридлик при лампах УК-30 можно замкнуть накоротко, в дальнейшем подбираются емкость  $C_g$  ( $C=300$  см) и сопротивление  $R_g$  (1000—3000 ом). Включив ток и дав нормальный накал лампам, убеждаются, что неоновая трубочка, которой касаются концов витка  $L_1$ , ярко светит. Важно заметить, что в генераторе Мэни свечение трубочки не наблюдается на середине витка  $L$ , а только у концов. Точно так же лампа для обнаружения емкостного тока должна быть присоединена к тем же концам (см. рис. 580, I и II).

Если неоновая трубочка не светит, изменяют емкость конденсатора  $C_1$ , что обычно заставляет возникнуть колебания. Если и это не помогает, изменяют реостатом накал.

В качестве указателя колебаний надо также взять индикаторные настраивающиеся витки (см. рис. 581). При их помощи можно накалить почти нормально автомобильную лампу в 3 вт. Лампы большей мощности каются при резонансе докрасна. Лампа Р-5, замкнутая на витки (см. рис. 580), накаливается добела уже на расстоянии около 10—12 см от витка  $L$  генератора. Микролампа дает белоз свечение еще на большем расстоянии.

Преподаватель может согласно сделанным выше и ниже описаниям воспользоваться генератором для опытов с диполями и для демонстраций свойств токов высокой частоты.

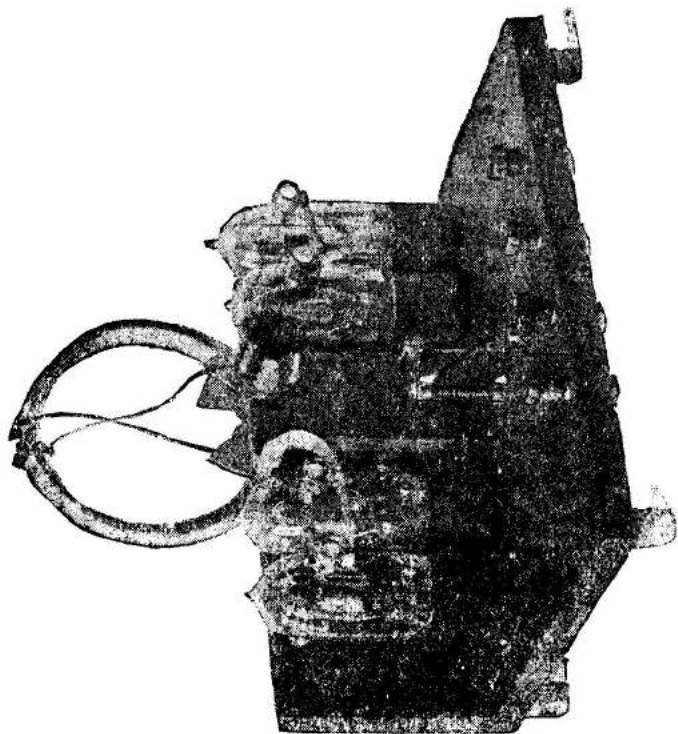
Переведя питание анода генератора на постоянный ток 240—500 в (один-два выпрямителя), можно демонстрировать (лампы УК-30) радиотелефонную передачу с модулятором, описанным в § 35. Ясно, что питание накала должно производиться при этом от аккумуляторов или при переменном токе в 4 в, цепь накала переключается по схеме рисунка 394.

Описанный генератор очень хорошо работает при лампах ГКВ-4 (см. рис. 576). При двух лампах генератор может дать до 30—40 вт; при четырех лампах, соединив их по две параллельно, можно получить мощность до 70—80 вт. Такая сравнительно крупная мощность в опытах с диполями и с токами высокой частоты позволит пользоваться в качестве индикаторов нормальными лампами на 120 в, 25—40 вт. Лампы ГКВ-4 (см. рис. 389) позволяют получить волну около 3 м.

**8. Генератор по схеме Кюна для опытов по Зиберу.** Ленинградский методист Зибер В. А. дает в книге Зибер, Красиков и Челюсткин „Методика и техника демонстрационных опытов по физике“ интересную и оригинальную методическую разработку по электрическим колебаниям и волнам. Зибер в своих опытах пользуется двумя генераторами — одним маломощным (рис. 577), порядка нескольких ватт, и другим мощностью в несколько сотен ватт. Последний генератор позволяет провести все многочисленные опыты, которые описаны в указанной книге. Естественно, что с маломощным генератором число опытов несколько уменьшается, и некоторые из них, которые весьма легко выходят с мощным генератором, требуют в рассматриваемом случае весьма кропотливого налаживания. Мощный генератор вряд ли будет нужен для средней школы, тем более, что он требует для анодной цепи опасного для жизни напряжения порядка нескольких тысяч вольт. Здесь описаны маломощный генератор и некоторые наиболее эффектные и нужные



Рис. 576. Генератор у. к. в. мощностью 70 вт с лампами ГKB-4 и к нему контур для демонстрации резонанса.



в школе опыты с ним. Наладив генератор, преподаватель может в случае надобности воспроизвести другие опыты по описанию Зибера.

Генератор собран по устаревшей ныне схеме Хут Кюна и работает на сравнительно длинной волне в 10—20 м. Последнее обстоятельство при пользовании диполями с лампочками, описанными Зибером, заставляет в середину их около индикаторных ламп включать два-три витка. Это позволит тогда взять раздвижной диполь меньших размеров, т. е. длиной в 1,5—2 м.

Несмотря на устарелость схемы и ряд ее недостатков, рекомендуется брать эту схему по следующим причинам:

1) Монтаж генератора настолько прост, что доступен любому преподавателю, даже не искушенному в радиотехнике.

2) Колебания в генераторе возникают безотказно и являются весьма устойчивыми.

3) Генератор прекрасно работает на лампах УК-30, УО-104 и не требует выпрямителя. Для питания анода и накала надо взять трансформатор Т-3-У, стоящий около 20 руб.

Генератор смонтирован на поставленной вертикально дощечке размером примерно в 12 см × 50 см (см. рис. 577 и 579). Принципиальная схема (Кюна) генератора показана на рисунке 578. Колебательный контур составляют катушка  $L_1$  и переменный конденсатор  $C_1$ . Катушка  $L_2$ , включенная в анодную цепь, используется для связи с теми или иными приборами, с которыми производятся опыты. Конденсатор  $C_2$  является разделительным;  $B_a$  и  $B_f$  — соответственно батареи или трансформаторы анода и накала;  $r$  — реостат накала.

Монтажная схема генератора показана на рисунке 579 и видна также на фотографии рисунка 577. Генератор лучше всего собрать для получения большей мощности из двух ламп, включенных параллельно. Катушку  $L_1$  ( $d=7-8$  см) колебательного контура делают из двух-трех витков голого медного провода, например из лишенного изоляции провода электрического освещения (ПР — сечением в 2,5, 4 или 6 мм<sup>2</sup>). Из такого же провода монтируют и катушку  $L_2$  (10—11 витков диаметром в 8 см). Катушку  $L_1$  приключают к выводам переменного конденсатора  $C_1$  емкостью в 150—200 см. Провода от выводов конденсатора присоединяют соответственно к сеткам ламп  $g$  и  $g$ . Панели для ламп рекомендуется взять для наиболее четкого выделения схемы „безъемкостные“, т. е. образца, показанного на рисунке 625. Аноды  $aa$  у панели ламп соединяются проводом, который подводится к клемме  $a_1$ . Клеммы  $a_1$  и  $a_2$  служат для укрепления катушки  $L_2$ , концы которой делаются

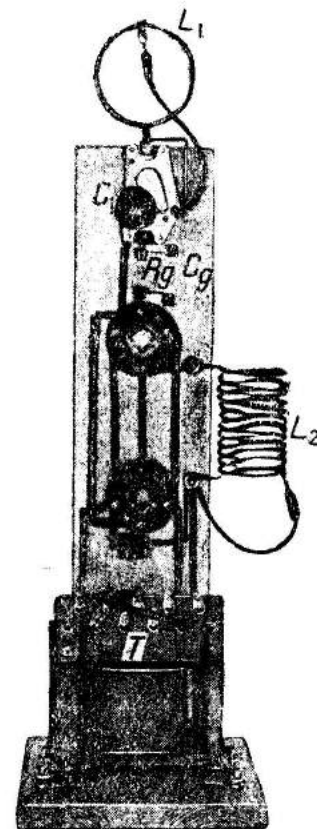


Рис. 577. Генератор по схеме Хут Кюна.







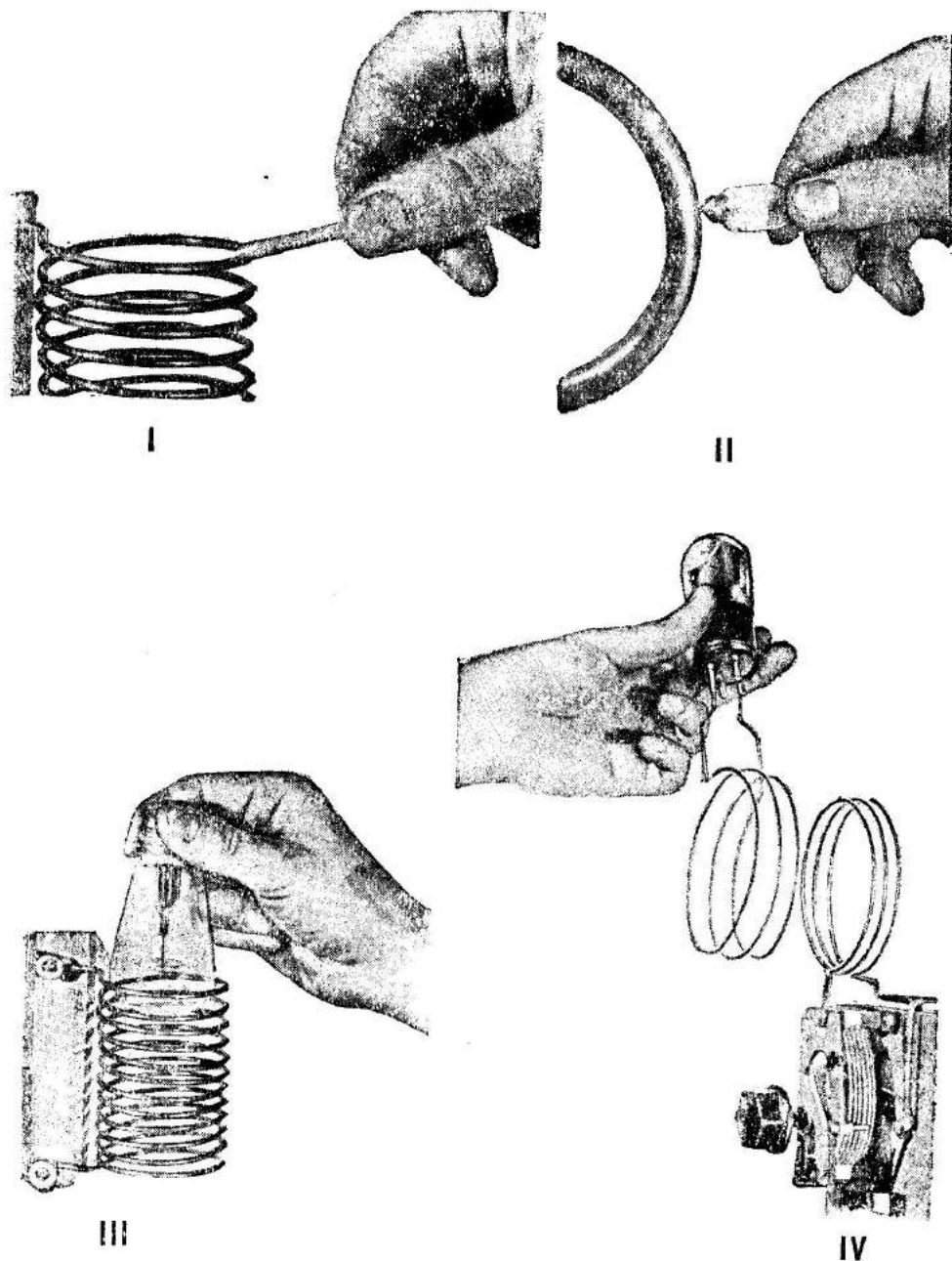


Рис. 580. Различные способы обнаружения колебаний.

в контуре посредством пищика и катушки Румкорфа сравнительно просто и доступно для учащихся. Принцип же действия лампового генератора много сложнее, и „минуты“, отведенные для его изучения, явно недостаточны. Таким образом, с затухающими колебаниями надо показать опыты: возбуждение контура катушкой Румкорфа (§ 25, 6), обнаружение колебаний при помощи витков с лампочкой и трансформатором Теслы. Все остальные опыты следует демонстрировать с ламповыми генераторами у. к. в.

1) Физиологическое действие токов высокой частоты (§ 26, 4). Емкостный ток (§ 26, 8).

Если прикоснуться пальцем к верхнему витку катушки  $L_2$  генератора Зибера или катушки  $L_1$  контура иного генератора у. к. в. (§ 33, 5 и 7), то возникнет ощущение ожога и укалов. При этом ясно запахнет горелой кожей. При прикосновении металлическим предметом можно заметить жирную искру. Эта искра будет много короче, чем при пользовании трансформатором Теслы.

Искра указывает на существование емкостного тока в человеческое тело; при этом никаких ощущений не будет. Касаясь неоновой трубкой или лампой контура, наблюдают яркое свечение их (см. рис. 580, I и III). Весьма нагляден также следующий опыт, доказывающий, что в человеческое тело течет ток порядка десятых долей ампера. Для этого берут лампочку от карманного фонарика и припаивают к ее выводам провода. Один из проводов берут за конец, очищенный от изоляции, пальцами и другим проводом прикасаются к катушке контура. Особенно удобна для опытов лампочка 12 в, 3 вт, показанная на рисунке 580, II. За счет емкостного тока в человеческое тело лампочка в той или иной мере раскаливается, стоит ли человек на изолирующем основании или непосредственно на полу — безразлично. Так как накал такой лампы требует десятых долей ампера, то, следовательно, емкостный ток достигает этой величины. С генераторами, имеющими лампы УК-30 или УО-104 накаливаются до красна лампы в 15—25 вт (120 в), если держа лампу за винтовую резьбу, прикоснуться другим ее контактом (кружком) к катушке контура.

Нужно еще раз подчеркнуть, что во избежание поражения, экспериментируя с емкостным током, нельзя одновременно ни в коем случае касаться ни проводов накала, ни трансформа-

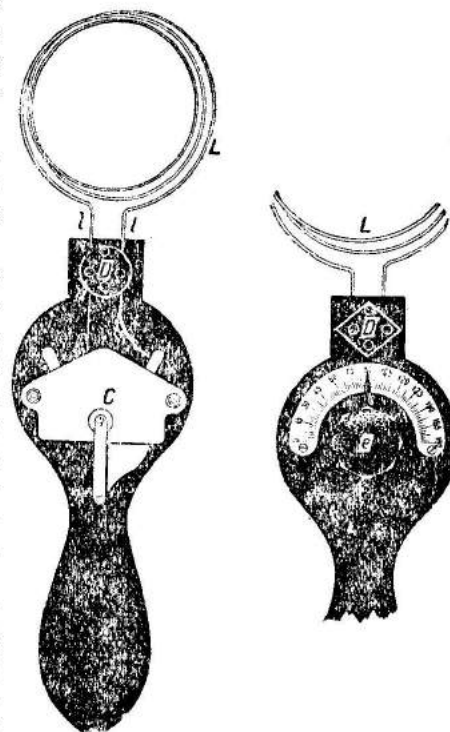


Рис. 581 и 582. Настраивающиеся индикаторные витки.

тора, ни реостата накала. При соблюдении указанного условия опыты с емкостным током безусловно безопасны.

С генератором мощностью в 50—60 *вт* удается, создав цепь людей, получить накал малой лампы между первым и вторым человеком.

2) Переменное поле высокой частоты.

При введении в катушку неоновой лампы указанным на рисунке 580, III образом получают ее интенсивное свечение.

Три-четыре витка, замкнутых на микролампу или на лампочку от карманного фонарика, подносят к контуру генератора (рис. 580, IV). Лампочка загорается, что демонстрирует явление индукции полем высокой частоты (§ 25, 6). При удалении витков от контура или поворачивании их так, чтобы поперечные сечения катушки и витков теряли параллельность, накал лампы убывает.

Этот опыт безотказно удается с описанными генераторами Кюна и Мэни, даже с самыми маломощными, при пользовании в качестве индикатора микролампой. Ее нить при опытах накаливается до белого каления и при сильной связи, т. е. малом расстоянии, может сгореть. Если же витки замкнуты на конденсатор переменной емкости для настройки в резонанс, то можно получить накал более мощных ламп, например на 12 *в*, 3 *вт*. Удобная конструкция индикаторных витков показана на рисунках 581 и 582. Два-три витка  $L$  ( $d=7-8$  см) монтируют на выпиленной из фанеры рукоятке, на которой, кроме того, поставлены переменный конденсатор  $C$  и панель  $D$  для электронной лампы. Переменный конденсатор для придания компактности прибору следует взять с твердым диэлектриком<sup>1)</sup> 150—300 см, например от волнометра (см. рис. 276). Концы  $II$  от катушки  $L$  приключают один к подвижному и другой к неподвижным пластинкам конденсатора. Эти провода  $II$  „по дороге к конденсатору“ присоединяют к ножкам накала панели электронной лампы для удобного включения индикаторной микролампы.

Для придания универсализма в центр панели надо вмонтировать патрон для ламп от карманного фонарика, который, впрочем, с тем же успехом можно поместить рядом. Для включения лампы 12 *в*, 3 *вт* к ножкам накала панельки напаивают пружинящие пластинки, между которыми вставляют лампу. Настроив индикаторный контур конденсатором сначала с микролампой, убеждаются, что по сравнению с ненастраиваемыми витками индукция возникает: 1) на большем расстоянии и 2) только при определенных величинах емкостей. После замены микролампы лампой на 12 *в* (3 *вт*) подносят витки почти вплотную к катушке контура и убеждаются, что при настройке эта лампа горит белым накалом. С описанными генераторами Кюна и Мэни можно при помощи настраивающихся индикаторных витков получить красный или желтый накал автомобильных ламп (6 и 12 *в*). Возможно также накалить лампу на 120 *в*, 15—25 *вт*. Зибера для демонстрации индукции в идущих параллельно прямолинейных проводниках предлагает следующие приборы

<sup>1)</sup> С конденсатором с воздушным диэлектриком, не имеющим потерь на гистерезис, накал лампы будет получаться сильнее. Однако конструкция настраивающихся индикаторных витков будет более громоздкой.

(рис. 583). На деревянных стойках укрепляют два прямоугольных контура (размером примерно 40 см × 60 см) из толстого медного или алюминиевого провода ( $S=4-6$  мм<sup>2</sup>). Один из контуров присоединяют к клеммам  $BB$ , поставленным на таком расстоянии друг от друга и на такой высоте, на которой находятся клеммы  $a_1a_2$  генератора (см. рис. 579 и 583). К клеммам  $BB$  надо присоединить, лучше всего раз навсегда, гибкие проводнички  $bb$  с крючками на концах. Построенный контур включают вместо катушки  $L_2$  генератора. Второй контур замкнут на переменный конденсатор  $C$  с воздушным или с твердым диэлектриком ( $C=150-200$  см) и лампочку от карманного фонарика, рудничную или на 12 *в*, 3 *вт* (рис. 583).

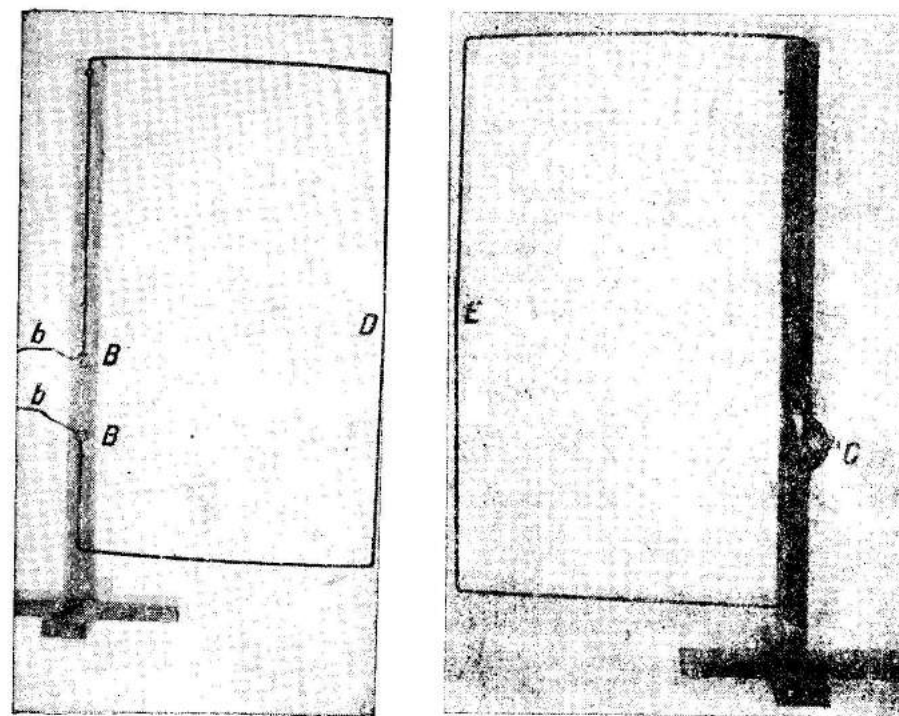


Рис. 583. Приборы для обнаружения индукции в параллельных проводниках.

Второй контур ставят по отношению к первому показанным на рисунке 583 образом сначала так, чтобы проводники  $DE$  находились друг от друга на расстоянии в 1—2 см. Пустив в ход генератор, настраивают посредством конденсатора  $C$  приемный контур в резонанс и убеждаются, что лампочка накаливается добела. Затем отодвигают контуры на такое максимальное расстояние (15—20 см) друг от друга, при котором удастся получить в случае резонанса, хотя бы слабый, красный накал. При пользовании в качестве индикатора микролампой можно демонстрацию провести при расстоянии между  $D$  и  $E$  около 30—40 см.

## 3) Резонанс.

Опыты, демонстрирующие резонанс, в сущности изложены в предыдущих и последующих разделах, так как большинство описанных демонстраций проводится при резонансе. Самый простой способ показа резонанса осуществляется при помощи настраивающихся индикаторных витков (см. рис. 582). Можно также, взяв смонтированный на панели переменный конденсатор (см. рис. 272) с включенными по схеме рисунка 582 двумя-тремя витками и с лампой, показать явление резонанса, т. е. при условии, когда колебательный контур будет иметь более простой и знакомый для учащихся вид. Лучше построить специальный контур (рис. 576).

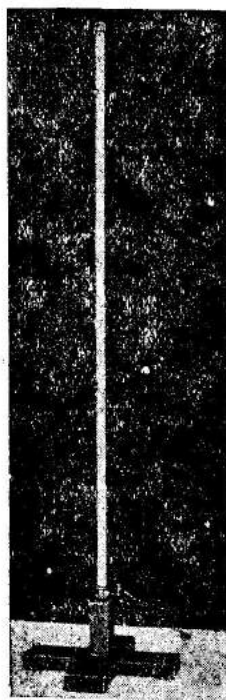


Рис. 584. Катушка Зейбта.

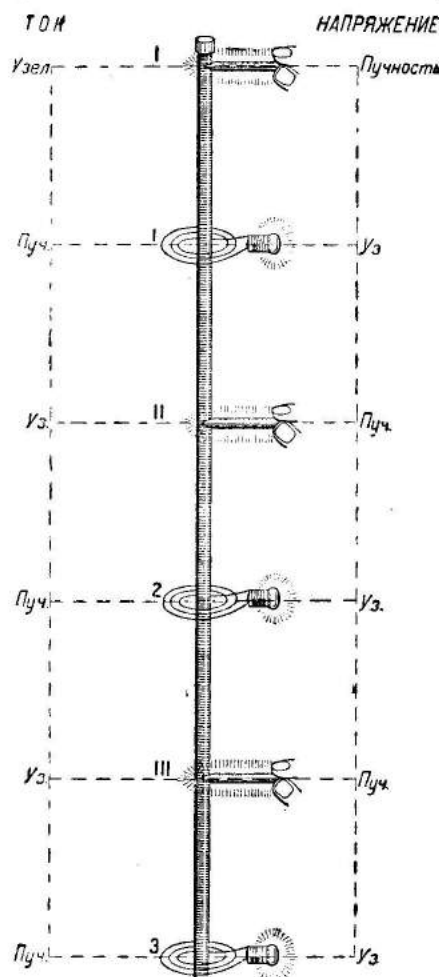


Рис. 585. Распределение стоячих волн тока и напряжения в катушке Зейбта.

## 4) Стоячие волны в катушке Зейбта.

Весьма просто с генератором у. к. в. продемонстрировать стоячие волны в катушке Зейбта. Катушку Зейбта наматывают на стеклянную палочку толщиной около 15 мм и длиной около 85 см. Обмотка делается проводом ПЭ, ПБД или ПШД толщиной в 0,5 мм. Палочку укрепляют вертикально в деревянной подставке (рис. 584 и 585). Конец обмотки наверху тем или иным способом закрепляют во избежание раз-

матывания провода; другой нижний конец присоединяют к металлическому концу, снабженному клеммой. Эту клемму включают к нижнему концу катушки  $L_2$  генератора Кюна (см. рис. 577) или Мэни (см. рис. 575). Посредством неоновой трубочки сначала убеждаются, что в генераторе возникли колебания. Затем касаются трубочкой верхнего конца катушки Зейбта в точке I (рис. 585) и поворачивают рукоятку переменного конденсатора  $C_1$  в генераторе (см. рис. 577) до тех пор, пока неоновая трубочка не начнет ярко светиться. В этом случае производится подстройка самого генератора к катушке Зейбта, чтобы в ней возникли стоячие волны. Если теперь провести трубочкой по катушке сверху вниз, то ее свечение прекращается в пунктах I, 2, 3, соответствующих узлам напряжения стоячих волн. Точки I, II и III будут соответствовать пучностям напряжения, и трубочка даст в них особо яркое свечение. Надев на катушку Зейбта витки настраиваемого индикатора с микролампой (см. рис. 582), легко убедиться, что лампа даст свечение в точках I, 2, 3, соответствующих пучностям тока.

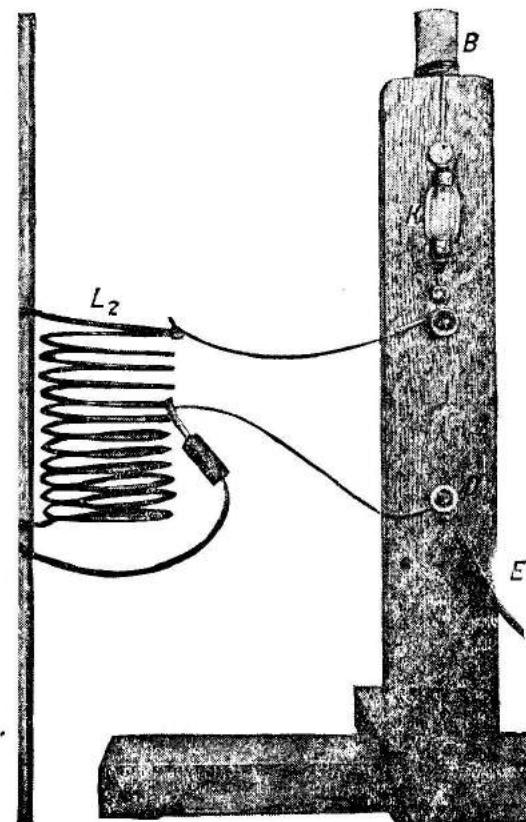


Рис. 586. Модель передатчика.

Интересно, что лампочка на 12 в, 3 вт, включенная в провод, подводящий ток к катушке Зейбта от контура, будет светиться в случае настройки. Весьма полезно после испытания катушки Зейбта окрасить ее обмотку зеленым или черным цветом, выделив цветными поясками пучности напряжения (ярко-красным) и тока (белым).

## 5) Модели передатчика и приемника.

На вершине стоек, укрепленных на деревянных крестах, помещают вертикально латунные трубки B или медные пруты ( $l=1-1,5$  м) (см. рис. 586 и 587). На этих стойках монтируют также клеммы D, служащие для включения проводов E ( $l=1-1,5$  м,  $d=0,5-1$  мм). Трубки B в рассматриваемых моделях служат антеннами, а провода E изображают противовесы. Ясно, что каждая из трубок B вместе с проводом E образует собой диполь.

Модель передатчика (рис. 586) включают к катушке  $L_2$  генератора Зибера (см. рис. 577). Лампочка K позволяет судить о силе тока,



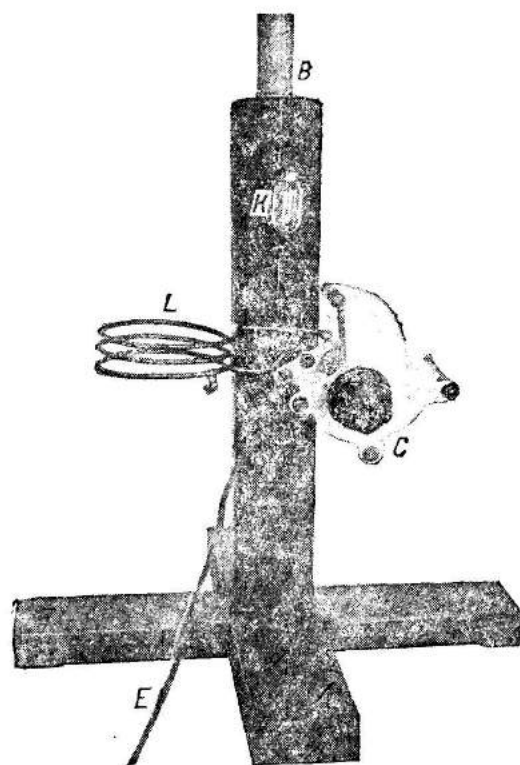


Рис. 587. Модель приемника.

К катушке  $L_2$  генератора Зибера (см. рис. 577) включают лампу  $P$  на 120 в (рис. 588). Поворачивая конденсатор  $C_1$ , получают наи-

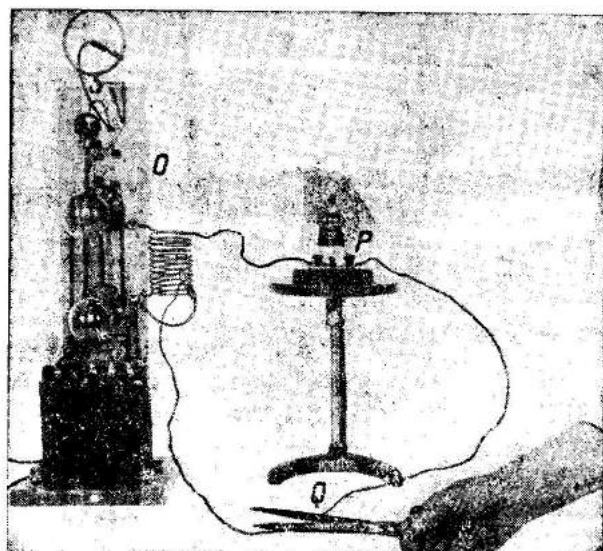


Рис. 588. Горение лампы при „разомкнутой“ цепи.

текущего в диполе. Изменяя емкость конденсатора  $C_1$ , получают наиболее интенсивное горение лампочки  $K$ .

Модель приемника также имеет лампочку  $K$  в качестве индикаторной и содержит в себе контур  $LC$ , настраиваемый конденсатором. Катушку  $L$  делают из двух-трех витков ( $d=8$  см); конденсатор собирают из одной подвижной и двух неподвижных пластин.

Модели передатчика и приемника располагают на столе на расстоянии 40—50 см друг от друга. Настраивая модель приемника, при резонансе получают горение лампы. Если в качестве индикаторной взять лампу ПТ-2, то расстояние может быть увеличено.

6) Горение лампы, включенной через конденсатор.

более яркое горение лампы, которую при данных условиях можно накаливать до желта. Затем ножницами перерезают один из подводящих ток проводов  $Q$  на расстоянии в 50—70 см от клеммы лампы (рис. 588). Лампа продолжает гореть за счет емкостной связи между проводами. Если отстригать кусок за куском провод, идущий к лампе, то накал ее будет уменьшаться. На рисунке 589 показана установка для демонстрации горения лампы через конденсатор  $P$  в цепи тока высокой частоты.

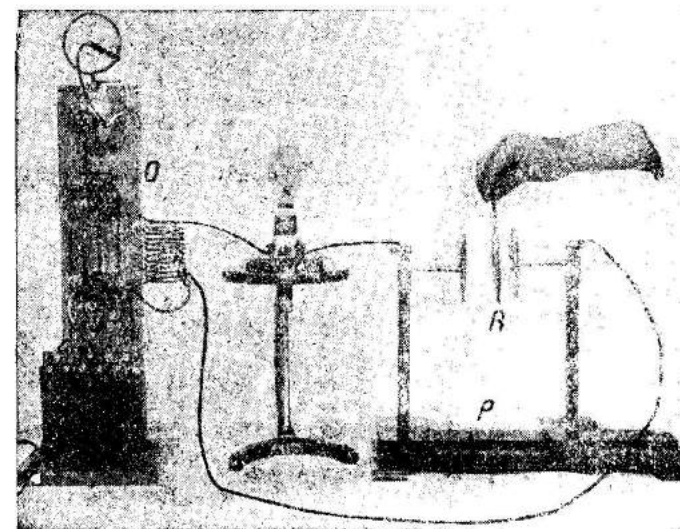


Рис. 589. Горение лампы, включенной через конденсатор.

Сдвигая и раздвигая пластины конденсатора, можно изменять накал лампы. Нетрудно подобрать такую цепь, чтобы резонанс наступал при введении между пластинами конденсатора стеклянной пластины  $R$ . Тогда этот опыт может служить для демонстрации влияния диэлектрика на емкость конденсатора.

## ДЕМОНСТРАЦИИ РАДИОПЕРЕДАЧИ.

### § 34. Передатчики затухающих колебаний.

**1. Методические замечания.** В предыдущей главе было уже описано устройство различного типа генераторов затухающих и незатухающих колебаний. В настоящей главе рассматриваются демонстрации радиотелеграфной и телефонной передач с этими генераторами. При демонстрации в классе при существующей программе приходится пользоваться наиболее примитивными способами передачи; тогда учащиеся увидят не только эксперимент, но и смогут получить хотя бы общие представления о совершающихся явлениях. Слабые знания учащихся в области электронных ламп и вообще в радиотехнике без соответствующей подготовки в кружках придадут демонстрациям сложных передатчиков (например радиотелефонных) догматический характер, обратят их в эффектные показы современных достижений в области радиотехники — и только. Подобному отношению к эксперименту не место в школе; эксперимент не является самоцелью, а лишь средством для раскрытия физической сущности явлений в одних случаях и проверки теоретических выводов — в других. Поэтому глубоко неправы те педагоги-методисты, которые доказывают, что искровой метод передачи и даже детекторный прием являются устаревшими, умершими в современной технике и поэтому не нужны для изучения в средней школе. Если же стать на путь, проложенный Полем и Ганом, перестроить методику преподавания электричества на совершенно иной лад, то и тогда эксперимент, сильно видоизменив свой характер, все же сохранит примитивные опыты, отражающие рождение радиотехники.

Преподаватель не должен ни в коем случае допускать возбуждение колебаний в наружной антенне катушкой Румкорфа или пищиком. Подобные эксперименты ведут к засорению эфира и вызывают привлечение преподавателя к ответственности.

Точно так же работа на ультракоротких незатухающих колебаниях, в особенности если они модулированы пищиком (§ 29, 4), может производиться только как классный эксперимент в пределах здания школы. Если при школе имеется кружок, то для дальнейшей передачи на генератор у. к. в. должно быть получено соответствующее разрешение.

**2. Примитивный искровой передатчик с приемом на когерер и детектор.** 1) Катушка Румкорфа. 2) Четыре медных прута или трубки ( $d = 5-10$  мм,  $l = 1$  м). 3) Когерер. 4) Электрический звонок. 5) Панель для детектора и телефона. 6) Детектор. 7) Телефонные трубки. 8) Два-три гальванических элемента или аккумулятора.

Для демонстрационных целей необходимо построить примитивный искровой передатчик и приемник. Вибратор (рис. 590) состоит из

двух металлических шариков  $a$  и  $b$ , укрепленных на изолирующих подставках из дерева или эбонита и присоединенных к двум прутам  $E$  и  $F$  из медной проволоки или трубки ( $l = 1$  м). Пруты должны иметь одинаковую длину. Искровой промежуток  $ab$  лучше через дроссели  $DD$

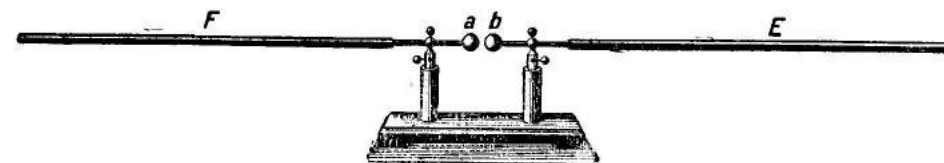


Рис. 590. Вибратор Герца.

соединить со вторичной обмоткой катушки Румкорфа  $T$  (рис. 591). Дроссели делают из 10—15 витков диаметром 15—20 мм (см. рис. 569).

В построенном развернутом контуре возникают колебания, вследствие чего происходит излучение энергии в окружающее пространство. Частоту колебаний и длину волн можно вычислить, зная длину вибратора. Если, например, для вибратора были взяты проволоки длиной  $l = 100$  см каждая, то длина волны приблизительно равна  $2l$ , или 2 м. Частота колебаний будет:

$$f = \frac{c}{\lambda} = \frac{3 \cdot 10^8}{2} = 150\,000\,000 \text{ в секунду.}$$

Мощность возникающих колебаний, а следовательно, и количество излучаемой энергии в описанном передатчике невелики, и поэтому сиг-

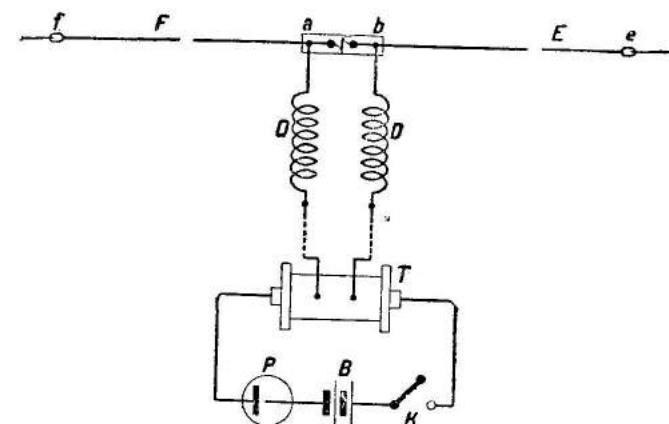


Рис. 591. Схема возбуждения колебаний в вибраторе;  $P$  — прерыватель для катушки.

налы могут быть переданы лишь на небольшое расстояние. Для увеличения мощности шарики искрового промежутка иногда погружают в парафиновое масло, но в этом случае приходится брать катушку Румкорфа с длиной искры (в воздухе) в 20—30 см.

Так как медные пруты или трубки достать нелегко и стоят они недешево, то рекомендуется вместо них взять антенный канатик или медный

провод ( $S=1-2,5 \text{ мм}^2$ ) (рис. 591). Канатик  $FE$  общей длиной  $l=3-5 \text{ м}$  натягивают вдоль одной из стен класса под потолком, изолировав его концы с помощью орешковых изоляторов  $f$  и  $e$ . Заранее точно посредине канатик разрезают и его концы присоединяют к двум клеммам,

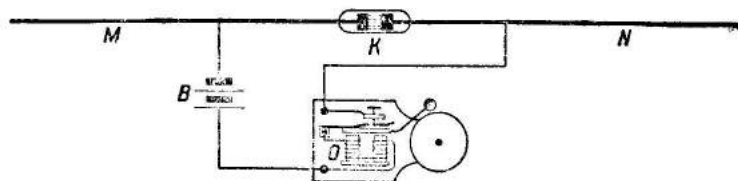


Рис. 592. Схема простейшего приемника.

укрепленным в небольшой эбонитовой дощечке  $ab$ . Эти клеммы служат также для создания искрового промежутка, состоящего из двух проволок с шариками на концах. Сюда же подводится через дроссели  $D$  ток от вторичной обмотки катушки Румкорфа. Приемник состоит из такого же развернутого контура, сделанного из двух прутков или трубок  $M$  и  $N$  (рис. 592) или проводов  $FE$  (рис. 593) такой же длины, как у передатчика.

Для обнаружения возникающих в приемном контуре колебаний, вводят в него когерер (рис. 594) — прибор, с которым производил свои первые опыты проф. Попов. Когерер изобретен Бранли, почему его иногда называют трубкой Бранли.

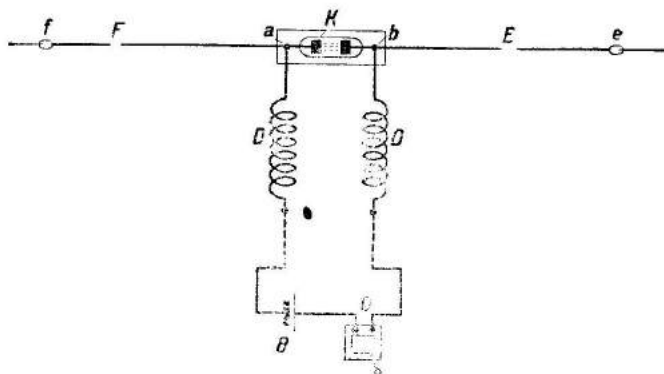


Рис. 593. Схема приемника с когерером и звонком.

Когерер состоит из стеклянной трубки  $A$ , внутренний диаметр которой равен нескольким миллиметрам ( $3-4 \text{ мм}$ ). В трубку плотно входят две толстые металлические проволоки  $B$  и  $D$ . Выгоднее подобрать диаметр стеклянной трубки по толщине имеющейся проволоки, чем пригонять толщину проволоки к диаметру трубки. Вставленные проволоки не должны доходить друг до друга на расстояние нескольких миллиметров. Получившийся таким образом просвет  $E$  между торцами проволок заполняется никелевыми или серебряными опилками. Опилки напили-

ваются чистым напильником из серебряной монеты или из куска никеля. С медными опилками когерер будет менее чувствителен.

Когерер можно сконструировать также следующим образом. В стеклянную или целлулоидную трубочку  $A$  ( $d=8-10 \text{ мм}$ ,  $l=25-30 \text{ мм}$ ), заткнутую двумя пробками, введены два медных проводника  $B$  и  $C$ , концы которых загнуты так, что расстояние между ними равно  $1-2 \text{ мм}$  (рис. 595). Эти концы засыпаны слоем мелких опилок толщиной в  $5-8 \text{ мм}$ . Подобный когерер не нуждается в регулировке и является более чувствительным, чем описанный выше.

Когерер  $K$  включается между прутами  $M$  и  $N$  (см. рис. 592) или проводниками  $F$  и  $E$  (см. рис. 593), образуя развернутый приемный контур. В то же время когерер вводится в цепь обыкновенного электрического звонка  $O$ , работающего от одного или двух элементов  $B$ . Сопротивление когерера в обычном состоянии очень велико, и поэтому текущий в цепи ток недостаточно силен для приведения в действие электрического звонка. Если в приемном контуре возникает под влиянием приходящих к нему электромагнитных волн колебательный ток, то сопротивление когерера сильно уменьшается, и звонок начинает звонить.

После прекращения колебательных токов сопротивление когерера не изменяется и остается таким же малым.

Достаточно легкого встряхивания когерера, чтобы его сопротивление опять возросло до большой величины и, следовательно, цепь звонка оказалась разомкнутой.

Поставив приемник и передатчик на расстояние  $2-3 \text{ м}$  друг от друга, прежде всего добиваются наибольшей чувствительности когерера.

Для этого сближают проводники когерера  $B$  и  $D$  (см. рис. 594), сжимая тем самым опилки так, чтобы звонок звонил. Затем стучат пальцем по когереру, встряхивая опилки до прекращения звона.

Если постукивания не возвращают когереру его большого сопротивления, то это указывает, что опилки сжаты чересчур сильно.

Приводят в действие катушку Румкорфа. В момент появления искры звонок приемника начинает звонить, обнаруживая таким образом возникновение в приемном контуре колебаний.

Затем постепенно отодвигают приемник и передатчик друг от друга и находят то максимальное расстояние, при котором получается передача без отказа.

Нужно иметь в виду, что опыты выходят лучше с установками, показанными на схемах рисунков 591 и 593. Всю аппаратуру, за исключением когерера и искрового промежутка, можно поместить внизу на столах, но дроссели  $DD$  должны быть расположены вблизи от клемм  $a$  и  $b$ . Развернутые контуры провода  $EF$  натягиваются раз навсегда и будут служить не только для описываемой демонстрации, но и других. В том числе они могут быть использованы в качестве комнатных антенн.

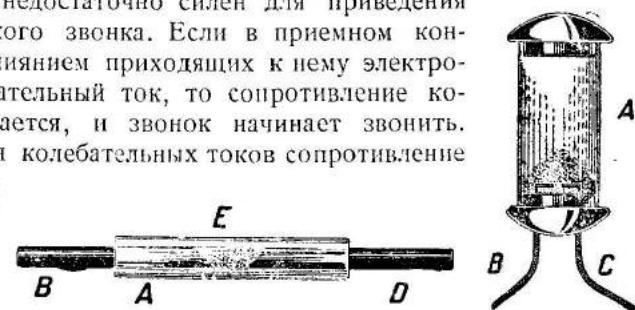


Рис. 594 и 595. Когереры.



Для приема на детектор удаляют когерер и заменяют его кристаллическим детектором (рис. 596), параллельно которому включают демонстрационный гальванометр  $G$ . Детектор лучше взять из двух кристаллов

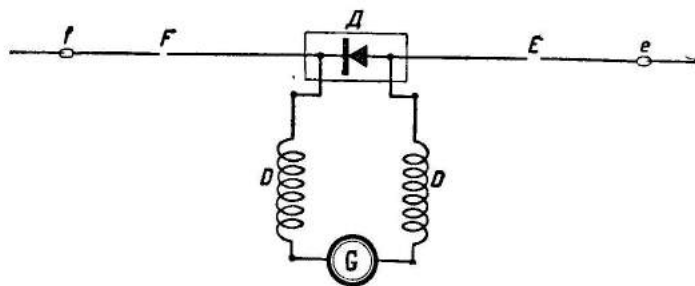


Рис. 596. Схема приемника с детектором и гальванометром.

(см. рис. 369, IV), отличающийся устойчивостью в работе, так как отыскивать под потолком чувствительную точку — дело утомительное.

При работе передатчика гальванометр будет давать отклонения. Вместо гальванометра можно включить телефон, тогда будут слышны трещащие сигналы. При включении усилителя низкой частоты (§ 19) или приемников ЕЧС или СИ-235 клеммами „адаптер“ сигналы будут слышны в какой угодно большой аудитории.

Приемник с когерером можно заставить работать на пишущий аппарат Морза. В этом случае к когереру  $K$  должны быть включены реле  $A$

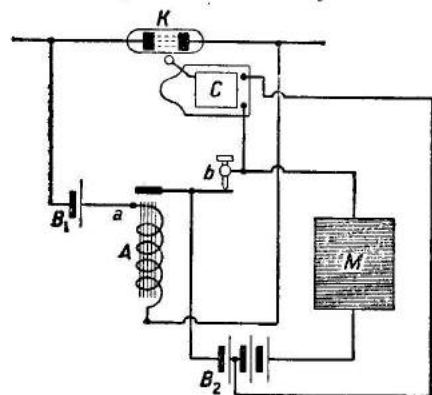


Рис. 597. Схема включения реле и пишущего аппарата Морза.

(см. т. IV, § 6, 11) и декогерирующий прибор  $C$  (рис. 597). В качестве последнего нужно взять обыкновенный электрический звонок и удалить у него чашку. Установку собирают по схеме рисунка 597, включив аппарат Морза  $M$  к якорю и винту  $b$  реле через батарею  $B_2$ . Звонок  $C$  включают к тем же контактам, но только не от всей батареи  $B_2$ , а ее части, чтобы колебания якоря были не очень сильны. Звонок  $C$  прикрепляют около когерера в таком месте, чтобы при его работе шарик ударника слегка стучал по трубке  $K$ . Когерер, показанный на рисунке 595 для

декогерирования, обыкновенно укрепляют на самом звонке вместо ударника (рис. 598). Звонок в этом случае регулируют так, чтобы его якорь колебался с весьма малой амплитудой. Для демонстрации, предварительно наладив работу когерера, реле и аппарата Морза в передатчике, замыкают и размыкают на длительное и короткое время ключ  $K$ , включенный в первичную цепь катушки Румкорфа (см. рис. 591). Тогда аппарат Морза будет писать черточки соответственно длинные и короткие и таким образом может быть передано то или иное сообщение при помощи азбуки Морза (см. т. IV, § 6).

Возиться с налаживанием приема на пишущий аппарат Морза для классной демонстрации не имеет смысла; надо ограничиться только приемом на один звонок (см. рис. 593). Работа с пишущим телеграфом хороша для кружка.

В частности, заметим, что любительский опыт показывает возможность применения когерера для целей телемеханики, т. е. управления на расстоянии.

**3. Передатчик с пишущим.** 1) Две приемные рамки. 2) Два переменных конденсатора, IV. 3) Пищик. 4) Один-два элемента или аккумулятора. 5) Панель для детектора и телефона, V. 6) Детектор. 7) Телефонные трубки.

Передачу с пишущим и прием можно вести с помощью комнатных антенн, возбуждая колебания, например, по схеме рисунка 512. Однако это потребует немало хлопот, поэтому как для передачи, так и для приема рациональнее воспользоваться рамочными антеннами, тем более, что здесь можно будет продемонстрировать направляющее действие антенны этого типа. Параллельно одной из рамок  $L_1$  включают постоянный или, лучше, переменный конденсатор  $C_1$  и цепь пищика  $P$  (рис. 599). Рамка служит в этой схеме катушкой самоиндукции, в которой запасается энергия, вводимая в контур пищиком, и одновременно излучает энергию. Для приемника берут рамку  $L_2$ , присоединяют к ее клеммам переменный конденсатор  $C_2$  и панель  $V$  с детектором  $D$  и телефоном  $T$  (рис. 600). Желательно взять рамки и конденсаторы одинаковые, тогда

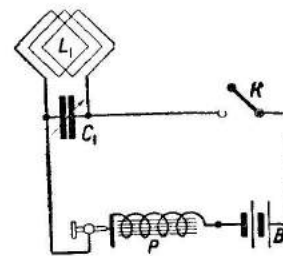


Рис. 599. Схема передатчика с рамкой, возбуждаемой пищиком.

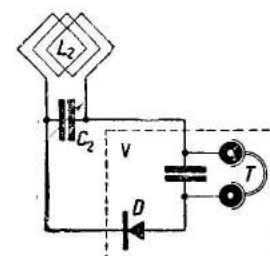


Рис. 600. Схема приемника с рамкой.

настройка опыта будет особенно проста. Рамки ориентируют так, чтобы витки их лежали в одной плоскости, и располагают сначала на расстоянии 1—2 м друг от друга. Найдя резонанс, отодвигают рамки друг от друга на максимальное расстояние, при котором слышны сигналы, еще раз настраиваются и наблюдают, поворачивая одну из рамок

на 90°, что прием исчезает. Для получения лучшей слышимости и, главное, большей остроты настройки в приемной рамке, следует собрать обычный ламповый (§ 38, 2 и 5) или регенеративный приемник (§ 38, 7). Для демонстрации целому классу к приемной рамке после детектора включают усилитель низкой частоты и репродуктор. В этом случае вследствие большого усиления демонстрация на близких расстояниях не удастся, так как сигналы будут слышны при любых ориентировках рамок

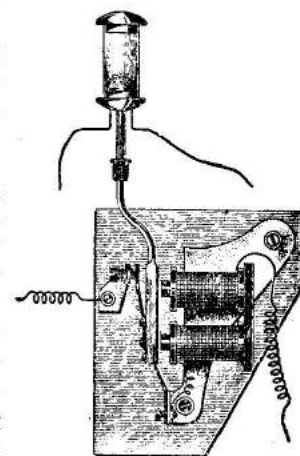


Рис. 598. Укрепление когерера вместо ударника звонка.

и настройках. При расположении приемной рамки в соседней комнате или далее демонстрация выходит без отказа.

Если в цепь пищика передаточной рамки  $L_1$  включить ключ  $K$ , то тогда можно продемонстрировать работу радиотелеграфа, передавая сигналы Морзе (см. т. IV, § 6).

Возбуждение пищиком колебаний в наружной антенне так же недопустимо, как и искрой.

### § 35. Передатчики незатухающих колебаний.

1. Передвижные радиотелефонный и телеграфный передатчик и приемник ультракоротких волн ( $\lambda = 7-8$  м). В журнале „Радиокоротких волн на волне 7—8 м, представляющие собой чрезвычайно ценные конструкции для демонстраций в средней школе. Главное достоинство приборов заключается в простоте их устройства. Описываемые приемник и передатчик позволяют осуществить радиотелефонную связь самыми примитивными средствами в пределах здания школы и, в частности, в летнее время организовать связь (например в пионерских лагерях) на расстоянии 1—3 км.

Передатчик, так же как и приемник, надо смонтировать вместе с батареями в чемоданах, и притом так, чтобы их панели со всеми частями легко вынимались для осмотра и демонстрации (рис. 602 и 603). В чемоданах, в соответственно устроенных гнездах, должны быть помещены батареи анода на 80 в и накала, а также микрофон и телефонные трубки.

Монтаж в чемоданах позволит переносить станции не только в пределах одного здания, но и пользоваться генератором на улице на ходу. Это придает демонстрации значительный эффект. После показа работы радиотелефона в пределах класса один из учащихся, говоря в микрофон, постепенно удаляется из кабинета и выходит на двор, где продолжает передачу.

Передатчик собирается по схеме рисунка 605 и имеет вид, изображенный на рисунках 603—604. В целях увеличения мощности в передатчике взяты две лампы, соединенные параллельно. На тщательное выполнение монтажа надо обратить особое внимание — все соединения следует делать посеребренным монтажным проводом и при том так, чтобы они шли кратчайшим путем.

Катушка  $L_1$  контура делается из трех витков ( $d = 70$  мм) медного провода толщиной в 3—4 мм (см. рис. 603—605). Можно взять провод и тоньше, но тогда для жесткости катушки придется ее витки закрепить при помощи эбонитовой пластинки. Переменный конденсатор  $C_1$  делается из двух пластин — одной подвижной и другой неподвижной — любой формы (прямоугольной или прямоугольной, § 10). Для его изготовления снимают с обычного переменного конденсатора все пластины, за исключением двух. Все дроссели  $D_1$ ,  $D_2$ ,  $D_3$  наматываются на круглые деревянные или, лучше, эбонитовые палочки диаметром в 10—15 мм и в 70—80 мм длиной. Намотка производится по образцу рисунков 606 и 607, т. е. сначала делается вплотную, а затем с некоторым

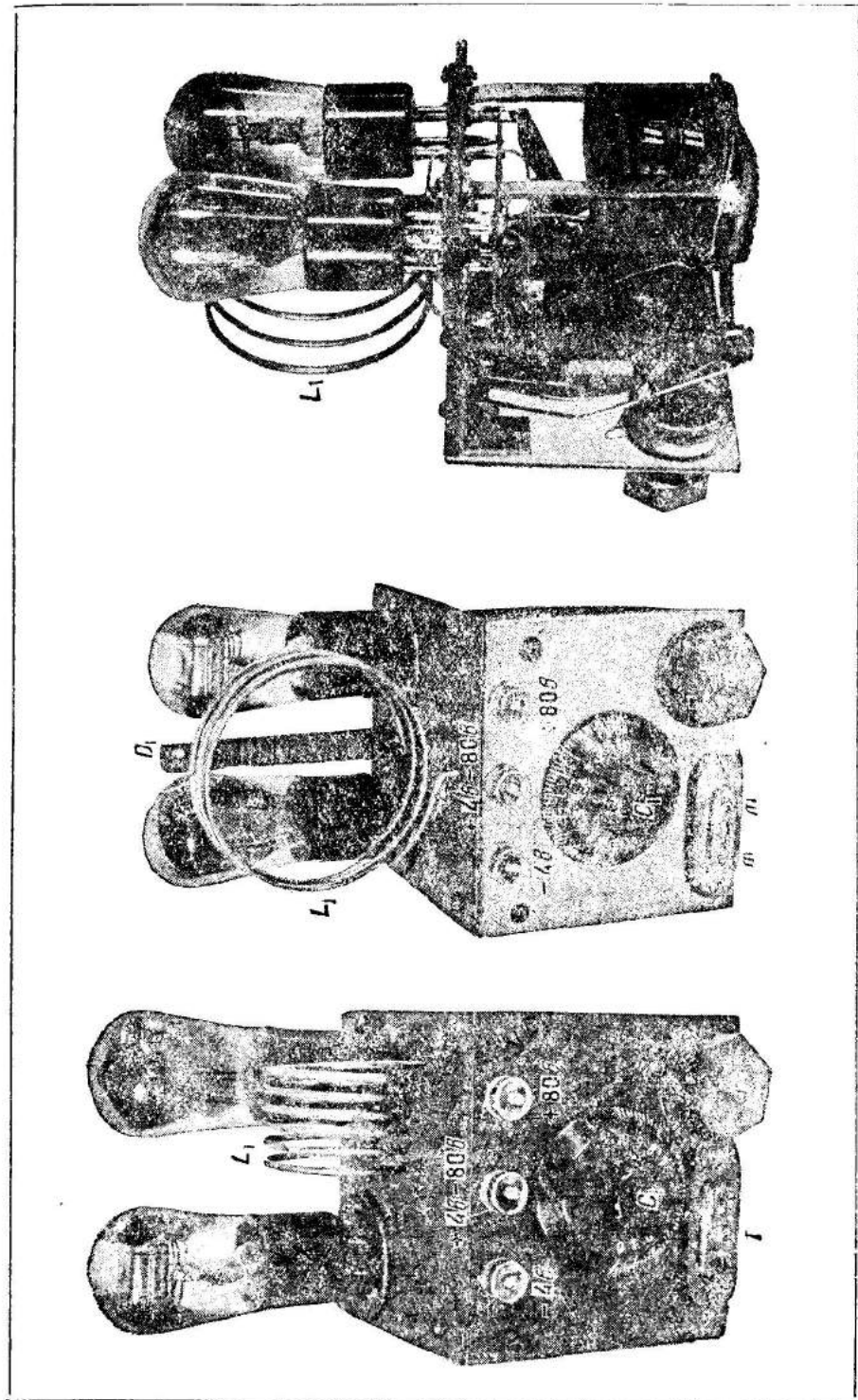


Рис. 602—604. Панели с радиоприемником и передатчиком для передвижки у. к. в.



постепенно увеличивающимся шагом. Дроссель  $D_2$  наматывается одновременно двумя проводами 1 и 2 из 40—50 витков провода ПШД или ПЭ

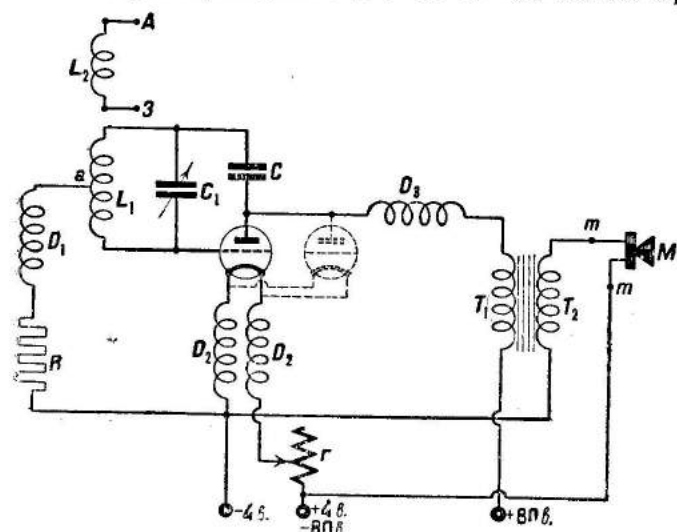


Рис. 605. Схема радиотелефонного передатчика.

фон лучше взять от малой „политотдельческой“ или можно воспользоваться микрофонными капсулами МБ (§ 17, 2). Микрофонный трансформатор  $T_1$ ,  $T_2$  приходится изготовлять самостоятельно; описание его устройства дано в § 17, 3. Конденсатор берется слюдяной, постоянный емкостью в 200—300 см.

Включение дросселей концами с редкой обмоткой производится для  $D_2$  и  $D_3$  к электродам лампы и для  $D_1$  — к катушке  $L_1$  контура. От конца обмотки дросселя  $D_1$  отвод делается гибким проводом со щипком  $a$  на конце.

На лицевой стороне панели (см. рис. 603) монтируют ручки:  $C_1$  — переменного конденсатора и  $r$  — реостата накала, а также клеммы  $-4$  в;  $+80$  в;  $+80$  в для батарей. Для включения микрофона ставят клеммы или штепсельные гнезда  $m$ .

Если передатчик предназначен для демонстраций только в пределах здания школы, монтировать его в чемодане не следует. Погоня за экономией места ведет к такому тесному расположению частей, что учащимся трудно будет разобрать его схему. Поэтому в методическом отношении более ценен генератор, смонтированный по той же схеме на открытой панели.

Генератор работает на двух лампах УБ-107 (§ 21, 5), включенных параллельно (см. пунктир на рис. 605), — вполне возможно ограничиться одной лампой. В случае монтажа в чемодане для опытов с передатчиками надо приобрести сухую анодную батарею

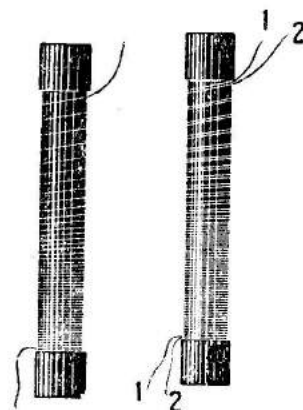


Рис. 606 и 607. Дроссели с прогрессивной обмоткой.

80 в и для питания накала две-три батарейки от карманного фонарика, соединив их параллельно.

Для увеличения мощности передатчика следует взять лампы УБ-132, и давать на анод 160 или 240 в от выпрямителя, что, конечно, невозможно в случае монтажа в чемодане.

Если работа генератора и приемника будет происходить в пределах здания школы, то можно не устраивать для генератора антенны и противовеса. Вообще же говоря, антенна и противовес сильно повысят излучение и тем самым обеспечат много больший радиус действия. Антенна к передатчику представляет собой прут из проволоки ( $d=5-6$  мм,  $l=1-1,5$  м), присоединенный к концу  $A$  катушки  $L_2$  в два витка (см. рис. 605). Противовес из провода длиной около 1,5 м включают к другому концу  $Z$  катушки  $L_2$ . Катушку  $L_2$  можно смонтировать на внутренней стороне крышки так, чтобы после того, как чемодан будет закрыт, катушки  $L_1$  и  $L_2$  расположились бы рядом. Клеммы  $A$  и  $Z$  от катушки  $L_2$  в этом случае монтируют на внешней стороне крышки. Нужно однако заметить, что генератор с диполем для работы на ходу перестает быть удобным.

Для суждения о том, как генерирует передатчик, и для его налаживания надо сделать два-три витка провода, замкнув их на старую, потерявшую эмиссию микролампу ПТ-2 (см. рис. 580, IV). Включив батареи и дав лампам нормальный накал, о чем можно судить, включив на время вольтметр, меняя место присоединения провода  $a$  от дросселя  $D_1$  и поднося витки с лампой к катушке  $L_1$  (см. рис. 603 и 605). Этот провод приключают окончательно и припаивают в таком месте, при котором свечение пробной лампочки является наиболее сильным. При каждой из подобных проб необходимо поворачивать рукоятку конденсатора на полную шкалу.

Перед пуском в ход полезно включить в анодную цепь (например между клеммой  $+80$  в на панели и клеммой  $+$  анодной батареи) миллиамперметр постоянного тока (см. т. III, § 9, 7) или демонстрационный гальванометр, зашунтировав последний так, чтобы он давал отклонение примерно до середины шкалы. Индикатор с лампочкой при включении миллиамперметра будет не нужен. Если приемник генерирует, то при изменениях емкости конденсатора  $C_1$  или прикосновении пальцем к катушке  $L_1$  отклонение миллиамперметра будет изменяться. То же самое происходит, если начать говорить в микрофон. Пробная лампочка, поднесенная к виткам  $L_1$ , при разговоре должна при правильной работе изменять свою яркость.

Антенна и противовес должны быть настроены в резонанс к генератору. В качестве индикатора включают между антенной и катушкой  $L_2$  микролампу и поворачивают рукоятку конденсатора  $C_1$  у генератора до получения наиболее сильного накала лампы. Если лампа не накаливается, следует изменить длину антенны и противовеса.

Вообще же говоря, надо, наладив генератор, измерить длину его волны при том положении конденсатора, когда генерация получается наиболее сильной, и затем взять антенну и противовес по длине немного короче четверти длины волны.

Приемник (см. рис. 602 и 608) можно, так же как и передатчик, смонтировать на панели, вкладывающейся в чемодан, вместе с батареями



и телефонной трубкой. Принципиальная схема приемника показана на рисунке 610. Приемник представляет собой суперрегенератор с одним каскадом усиления низкой частоты и работает на лампах УБ-107 или УБ-110. Монтаж, показанный на рисунке 602, выполненный в погоне за наименьшим объемом приемника, а следовательно, и чемодана, является более сложным, чем рекомендуемый журналом „Радиофронт“. Последний указывает следующий способ монтажа и расположения частей (рис. 608 и 609).

Катушка контура  $L_1$  (6 витков) и катушка  $L_2$  антенны (3 витка) наматываются из голого медного провода ( $d = 2-3$  мм) диаметром 40 мм

и расстоянием между витками в 3—5 мм. Монтируют их на эбонитовой подставке  $K$ , на панели  $S$ , передняя стенка которой защищена экраном  $N$ , сделанным из листа тонкой латуни (рис. 608 и 609). Конденсатор  $C_1$ , так же как и у передатчика, делается из двух пластин: одной подвижной и другой неподвижной, с той только разницей, что ось управления его удлиняют посредством эбонитовой палочки  $M$ . Удлинение оси и экранирование защищают от влияния руки при настройке конденсатора. Гридлик собирается из сопротивления  $R = 1-1,5$  мгом и конденсатора  $C = 200$  см.

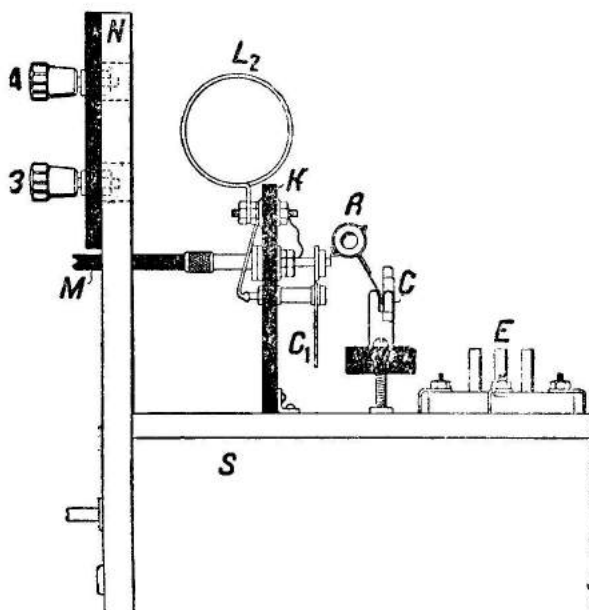


Рис. 608. Монтаж приемника (вид собоку).

Реостат накала  $r$  берут в 15—25 ом, трансформатор низкой частоты — с коэффициентом трансформации 1:3. Дроссели  $D_2$  изготавливаются так же, как и дроссели  $D_2$  передатчика; дроссель  $D_1$  делают из 80 витков провода. На лицевую сторону панели делают выводы к клеммам:  $A$  — антенна,  $Z$  — противовес,  $T$  — телефон. Для присоединения батарей также ставятся клеммы — 4 в; + 4 в; — 80 в; + 80 в (см. рис. 602) или делаются выводы проводами (см. рис. 609).

Антенну для приемника, так же как и для генератора, делают из медного прута длиной в 1—1,5 м, противовес — из гибкого провода такой же длины.

После включения батарей медленно поворачивают ручку реостата накала до появления в телефонной трубке характерного шипения, напоминающего шум примуса. Если шум при нормальном накале и всевозможных положениях конденсатора отсутствует, то причиной, если, конечно, весь монтаж выполнен точно по указаниям, может быть чересчур

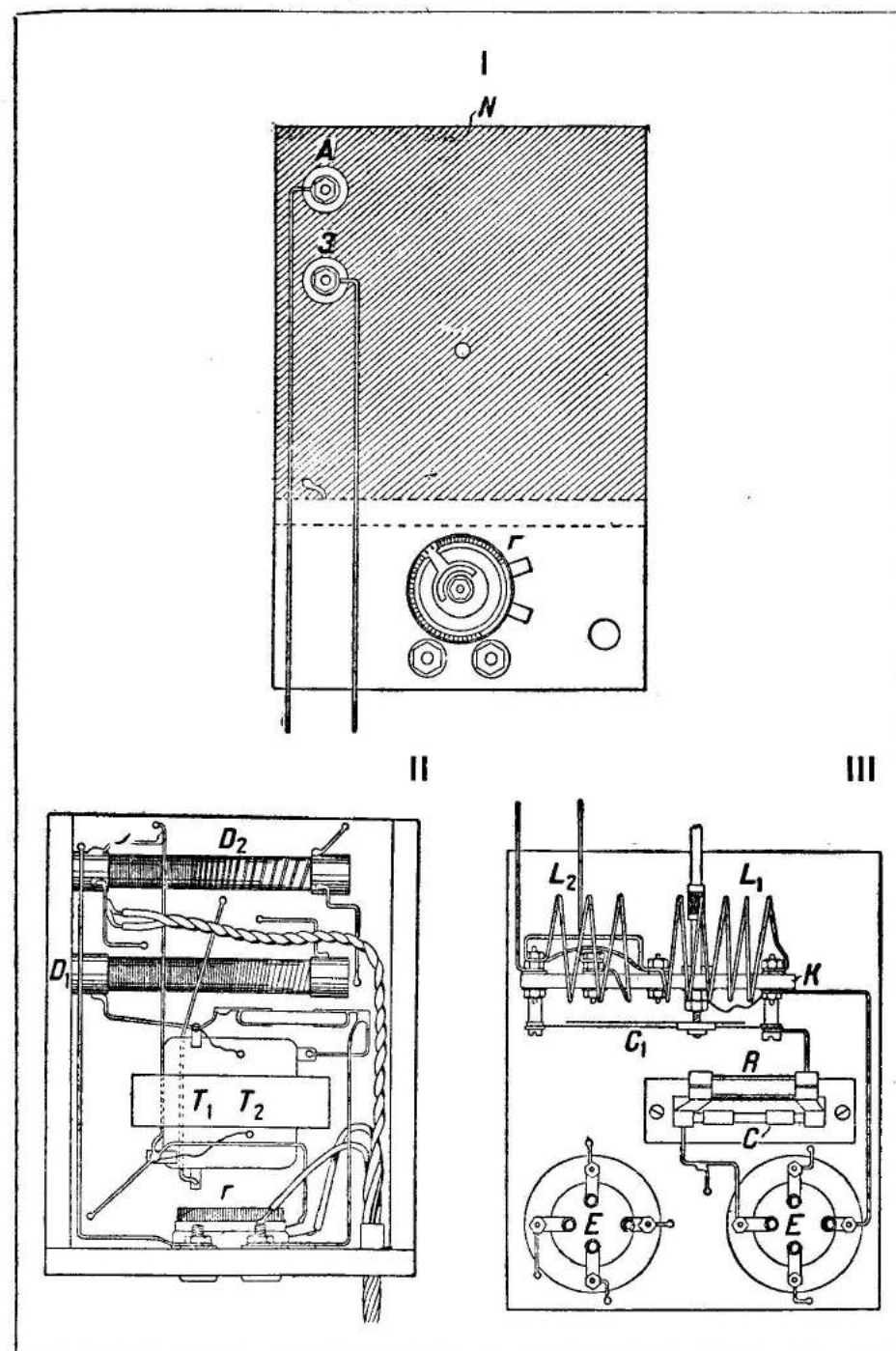


Рис. 609. Монтажная схема приемника; I — вертикальная стенка; II — горизонтальная часть панели  $S$  (рис. 603) (вид снизу); III — то же (вид сверху).

сильная связь контура с антенной. Тогда необходимо катушку  $L_2$  слегка отодвинуть от катушки  $L_1$ .

Для приема медленно поворачивают рукоятку конденсатора и на некотором участке настройки обнаруживают работу генератора; при этом шум обычно исчезает.

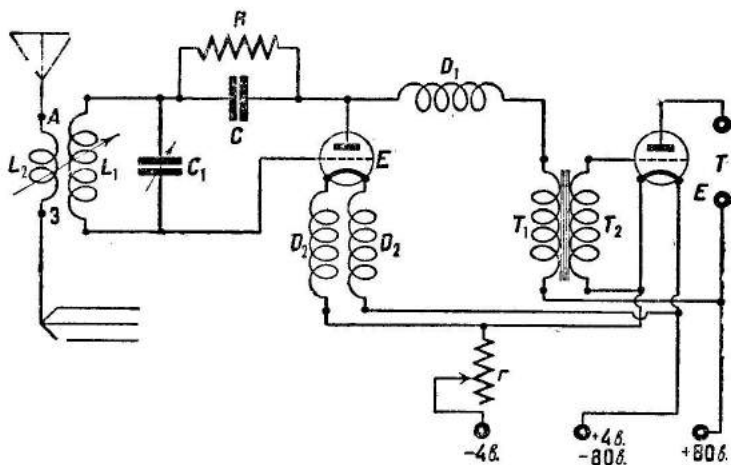


Рис. 610. Схема приемника для передвижки у. к. в.

Если генератор и приемник не имеют антенны и противовеса, то в пределах небольшого здания можно получить прием на телефонные трубки. Приемник с антенной дает достаточно хорошо слышимый прием на репродуктор „Рекорд“.

Для демонстрации работы примитивного радиотелеграфа вместо микрофона  $M$  (см. рис. 605) к точкам  $m, m$  включают пищик  $P$  и ключ  $K$  по схеме рисунка 611. Колебания генератора в этом случае будут модулированы звуковой частотой пищика. Действуя ключом  $K$ , получают в приемнике сигналы азбуки Морзе.

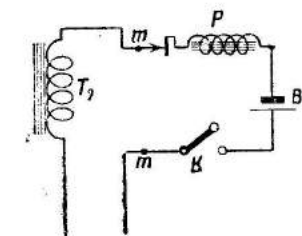


Рис. 611. Включение пищика к генератору у. к. в. для модулирования колебаний.

## 2. Радиотелефонная передача на ультракоротких волнах с генератором § 33, 5.

1) Передатчик у. к. в. 2) Два диода, настраивающихся. 3) Модулятор. 4) Микрофон. 5) Приемник у. к. в. 6) Усилитель низкой частоты.

Описанный в § 33, 5 и 7 генератор ультракоротких колебаний может служить в соединении с модулятором для демонстрации радиотелефонной передачи. На рисунке 613 показана принципиальная схема мо-

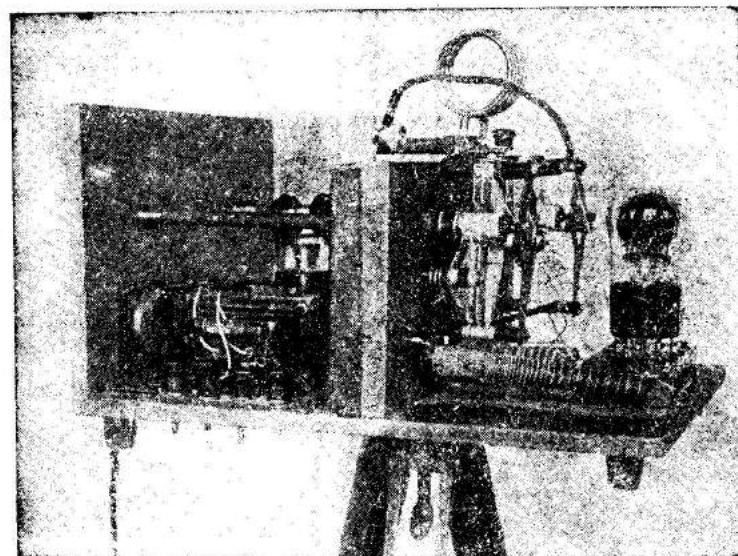


Рис. 612. Радиопередвижки для двухсторонней телефонной связи.

дулятора, в которой использован способ анодной модуляции Хессинга. Модулятор годится как для работы с микрофоном (клеммы *Мик.*), так и для адаптера (клеммы *Ад.*).

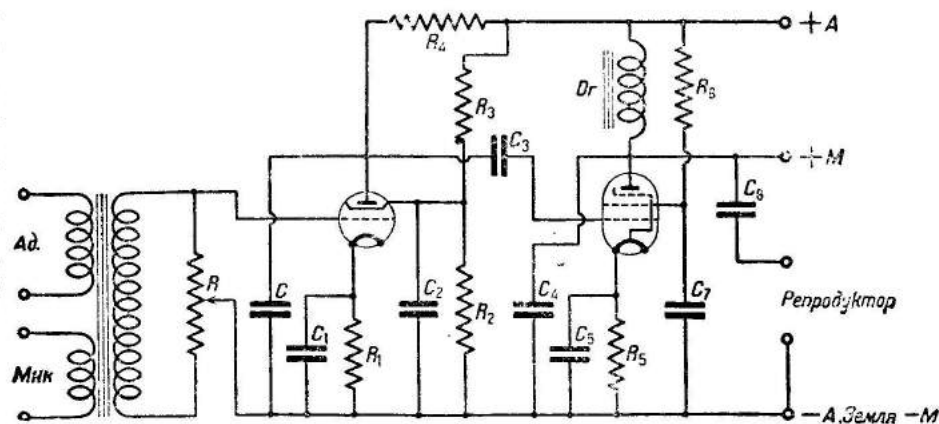


Рис. 613. Схема модулятора к генератору у. к. в.  $R = 80\,000$  ом (переменное сопр., рис. 642);  $R_1 = 1500$  ом;  $R_2 = 60\,000$  ом;  $R_3 = 40\,000$  ом;  $R_4 = 100\,000$  ом;  $R_5 = 350$  ом;  $R_6 = 10\,000$  ом;  $C = 150$  мкмкф;  $C_1 = 0,5$  мкф;  $C_2 = 0,5$  мкф;  $C_4 = 3000$  мкмкф;  $C_5 = 0,5$  мкф;  $C_6 = 2$  мкф;  $C_7 = 0,5$  мкф;  $D_1$  — диод от выпрямителя ЛБ-2.

Модулятор, кроме своего прямого назначения, т. е. модуляции, может быть использован как усилитель низкой частоты, работающий на репродуктор. Для репродуктора (типа „Рекорд“) служат клеммы *Репродуктор*.

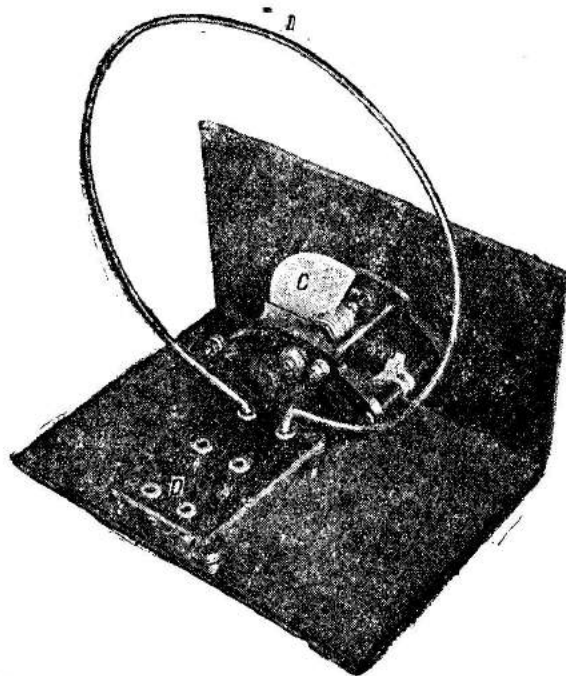


Рис. 614. Прimitивный коротковолновый приемник.

тарю элементов с соответствующим напряжением к клеммам или гнездам *Мик.* модулятора. Возбудив в генераторе колебания, берут диполь с лампочкой, укрепляют его в лапках (см. рис. 565) и настраивают его, изменяя длину и связь до максимального горения лампы. Микрофон надо обязательно поместить в соседнем помещении (§ 17 и § 19, 5).

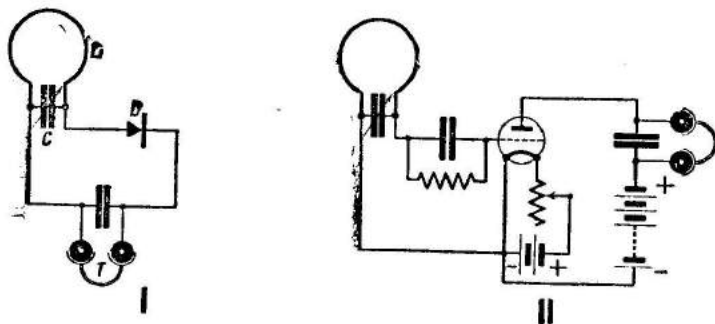


Рис. 615. Схемы примитивных коротковолновых приемников.

Для приема может быть использован суперрегенератор, описанный в предыдущей работе. Однако лучше приемнику придать более примитивную и, следовательно, более наглядную форму (рис. 614).

Приемник делают из настраивающего диполя и связанного с ним контура *LC* с детектором и телефоном. Приемник с кристаллическим

детектором собирается по схеме рисунка 615, I. Катушку самоиндукции образует виток *L* ( $d=15$  см) из медной проволоки ( $d=3-5$  мм); переменный конденсатор *C* состоит из одной поворачивающейся пластины. Для выпрямления может служить кристаллический детектор *D* или электронная лампа, включаемая по обычным схемам (рис. 615, II). Для индивидуального слушания включают телефонные трубки *T*, при демонстрациях включают усилитель низкой частоты или приемники ЭЧС-4 и СИ-235 клеммами „адаптер“. Приемник нужно настроить, для чего изменяют длину диполя и емкость конденсатора. Удобно при настройке вместо микрофона в передатчик включить пищик. Приемник и передатчик ставятся друг от друга на расстоянии 5—10 м или в соседних комнатах. При разговоре перед микрофоном в телефонных трубках и в репродукторе усилителя получается совершенно чистый и громкий прием.

Связь с описанным генератором и приемником может быть свободно осуществлена в пределах здания школы, в загородных условиях — с суперрегенеративным приемником на расстоянии нескольких километров.

Для демонстрации работы радиотелеграфа вместо микрофона включают пищик *P*, элемент *B* и ключ *K* по схеме рисунка 611. Колебания генератора в этом случае будут модулированы звуковой частотой пищика. Действуя ключом *K*, получают в приемнике сигналы азбуки Морзе.

3. Прimitивный радиотелефонный и телефонный передатчик из деталей. См. § 39, 9.



## УЧЕБНЫЕ СХЕМЫ ПРОСТЕЙШИХ ПРИЕМНИКОВ.

### § 36. Детали для учебных схем.

**1. Методические указания о проведении занятий с простейшими приемниками.** Работы по радио в школе как при занятиях в классе, так и в кружках носят по большей части в методическом отношении карикатурный характер. Изучаются не физические основы радио на экспериментальном материале, а идет по схемам и рецептам постройка одного приемника за другим без всякого понимания хотя бы элементарнейших процессов, происходящих не только в конструируемой сложной аппаратуре, но даже в простейших приемниках или усилителях. В результате таких занятий учащийся способен поразить своими практическими знаниями некомпетентного человека и „шикнуть“ терминологией, что представляет собой худший вид дилетантизма, борьба с которым ведется соответствующими общественными организациями и их органом — журналом „Радиофронт“. Однако нельзя также удариться в другую крайность — пытаться изучать теорию радиотехники; если при этом учащиеся не разбегутся (а это почти навверное случится), то руководитель в конце концов сойдет на путь догмы и рецептуры. Дело школы — дать элементарные физические основы, познакомив с переменным током и его свойствами, колебательным процессом, электронной лампой и простейшими, именно простейшими, приемниками и т. п. Тогда учащемуся, полкованному в основах, будет открыта дорога к конструированию „последних слов“ радиотехники, описываемых в многочисленных книгах и журналах.

Опыт работы автора показал, что при изучении простейших схем надо:

1) Отказаться от совмещения изучения с монтажом, что отвлекает учащегося от его основной цели знакомства со схемой, назначением и работой отдельных частей установки. Для учебы монтажу надо отвести особое время.

2) Обеспечить быструю сборку установки и проверку ее в действии.

3) Приближать в возможной мере установку к ее принципиальной схеме, а не к монтажной.

Автор на долгом опыте в школе убедился, что учебные схемы должны: а) собираться из отдельных стандартизированных частей, снабженных хорошими клеммами, и б) соединения делаться не из случайных, а предназначенных на то проводов. Комплект частей или панелек, заранее смонтированных, позволит в сравнительно короткое время изучить важнейшие примитивные схемы и даст то осмысленное отношение к вопросу, какое нужно. Затраты на панельки быстро окупятся тем, что аппаратура при надлежащем наблюдении будет служить годзми и не только для учебных схем, но и других частей курса электричества. Наконец, каждый

приемник, раз навсегда собранный в ящике и не предназначенный для целей приема — мертвый капитал для школы.

Ясно, что приемники из панелек не дадут того результата, как специально смонтированные, но не в этом основная задача. Работать они будут весьма удовлетворительно даже при трех лампах (триодах), и этого вполне достаточно.

В полный комплект, обеспечивающий проведение описанных работ, должны входить панели по нижеприлагаемому списку. Условные обозначения (римские цифры по табличке) на чертежах показывают, какие именно детали надо взять для сборки той или иной схемы (рис. 643—652).

Таблица 32.

Список деталей для сборки учебных схем.

Условное обозначение	Название детали	Количество
	Набор сотовых катушек	1
III	Вариометр (см. рис. 305)	1
I	Панель для одной катушки (см. рис. 618)	1
II	Станок для двух или, лучше, трех катушек (см. рис. 619)	1
IV	Переменный конденсатор (см. рис. 272)	1—2
V	Панель для детектора и телефона (см. рис. 622)	1
	Детектор (см. рис. 369)	1
	Телефонные трубки (см. рис. 320)	1
	Лампы П-7 или ПТ-2, УБ-107, УБ-110	1
VI	Панель для электронной лампы (см. рис. 628)	2—3
VII	Гридлики (см. рис. 637)	1
IX	Трансформатор низкой частоты (см. рис. 360)	1—2
VIII	Реостат накала (см. рис. 631 и 632)	1—3
	Проводники для соединений	
	Конденсаторы: емкостью в 0,5 и 2 мкф, емкостью в 30—1000 см	
	Сопrotивления Каминского	
X	Катушка с отводами и одним переключателем	1
XI	Катушка с отводами и двумя переключателями (рис. 660)	1

В продаже в настоящее время имеются комплекты радиодеталей, известных под названием „Первая радиолaborатория“ и предназначенных для сборки различных типичных схем простейших приемников и передатчиков (рис. 616). В набор входят следующие детали:

1. Монтажная панель	2 шт.
2. Катушкодержатели	2 „
3. Катушки самоиндукции по 23 витка с гибкими проводниками	2 „
4. Катушка самоиндукции в 23 витка с клеммами	1 „
5. Катушки самоиндукции по 30 витков с гибкими проводниками	2 „
6. Катушка самоиндукции в 30 витков с клеммами	1 „
7. Дроссельная катушка в 250 витков	1 „
8. Конденсатор переменной емкости	1 „
9. Вариометр	1 „
10. Трансформатор	1 „
11. Детектор	1 „
12. Конденсатор постоянной емкости 100 см	3 „
13. То же емкостью 500 см	1 „



Рис. 616. Набор „Первая радиолaborатория“.

14. То же емкостью 10 000 см
15. Сопротивление типа Каминского 0,2 мг ом
16. То же 1,5 мг ом
17. Держатели для сопротивлений и конденсаторов
18. Микрофон
19. Телефон
20. Зуммер
21. Панель для электронной лампы
22. Антенный канатик
23. Фарфоровые изоляторы орешковые
24. Телеграфный ключ
25. Штепсельные гнезда
26. Штепселя одиночные (вилки)
27. Винты диаметром 3 мм
28. Гайки 3-мм
29. Барашки
30. Шайбы
31. Электронная лампа (микро или УБ-107)
32. Монтажный луженый провод
33. Проводники гибкие с кабельными наконечниками
34. Трубка резиновая
35. Провод с бумажной изоляцией
36. Отвертка

1 шт.  
1 "  
1 "  
2 "  
1 "  
1 "  
1 "  
1 "  
1 "  
2 куска по 5 м  
4 шт.  
1 "  
14 "  
4 "  
30 "  
30 "  
10 "  
30 "  
1 "  
100 "  
4 шт.  
1 "  
50 "  
1 шт.

К набору прилагается достаточно ясно и просто написанная брошюра, почему работы с набором здесь не описываются.

В методическом отношении „Первая радиолaborатория“ уступает рекомендуемому выше набору. Наконец, в техническом отношении, вследствие сравнительно низкого качества монтажа, „радиолaborатория“ через одно-два занятия обычно требует ремонта.

**2. Проводники для соединений.** Так как всякий собранный учебный приемник или усилитель должен прежде всего наглядно знакомить учащихся со схемой, то для соединения отдельных панелек между собой рекомендуется употреблять мягкий многожильный провод и притом различных цветов. В качестве такого провода можно воспользоваться расплетенным цветным шнуром от осветительной проводки марки ШР и ШРШ (т. III, § 1, 2) или проводами от телефонной трубки городского телефона. У телефонной трубки четыре цветных провода провода помещены вместе в одну общую оплетку, которую удаляют, разрезав ее вдоль. На конце проводов следует напаять наконечники (см. т. III, рис. 23) в виде крючков, а не петелек или заделывать их вилочками (см. т. III, рис. 25); в противном случае они быстро истреплются и выйдут из строя. Для каждого набора панелек следует заготовить комплекты „концов“ трех-четырех цветов различной длины: в 10, 20, 30, 40 и 50 см. Употребление цветных шнуров сильно упрощает сборку самой схемы: одним цветом соединяют колебательный контур, вторым — цепь анода, третьим — цепь накала и т. д. Такой способ позволит преподавателю проверить составленную схему с одного взгляда и, наконец, возбудит у учащихся много интересных вопросов, над разрешением которых полезно бывает задуматься и самому преподавателю.

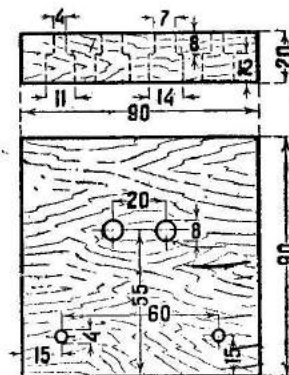


Рис. 617.

Соединения панелек, в особенности в ламповых схемах, при помощи обрывков проводов звонкового и от шнура освещения, которые обычно в виде спутанного комка составляют необходимую принадлежность каждого физического кабинета, совершенно недопустимы ни в методическом, ни в техническом отношении. Провода будут давать ненадежные контакты и вследствие испорченной изоляции могут вызвать „короткие замыкания“ анодной цепи и гибель ламп.

**3. Катушки самоиндукции.** При сборке учебных схем наиболее удобны сотовые или корзиночные катушки (§ 14, 5 и 6), хотя вполне возможно, но менее удобно употребление однослойных цилиндрических. В учебных простейших схемах важнейшим объектом, на котором фиксируется внимание учащихся, должна быть именно сама схема, а не выяснение тонкостей, при которых установка дает наилучший результат; поэтому замена одних частей другими должна производиться наиболее простым и быстрым образом. Поэтому лучше всего пользоваться сотовыми катушками, взяв их полный набор для каждого комплекта деталей.

**4. Панель для одной катушки (Л).** На дощечке (из сухого крепкого дерева: дуба или березы) монтируют два гнезда на расстоянии 20 мм



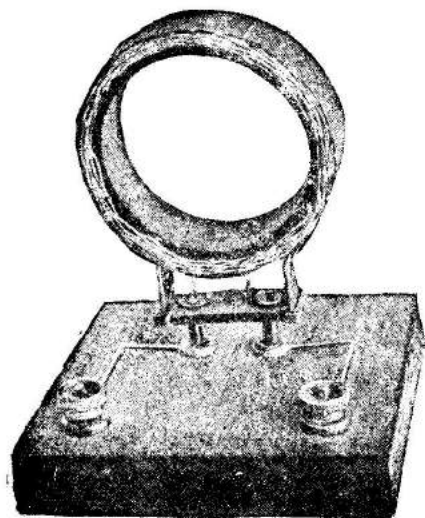


Рис. 618. Панель для одной катушки.

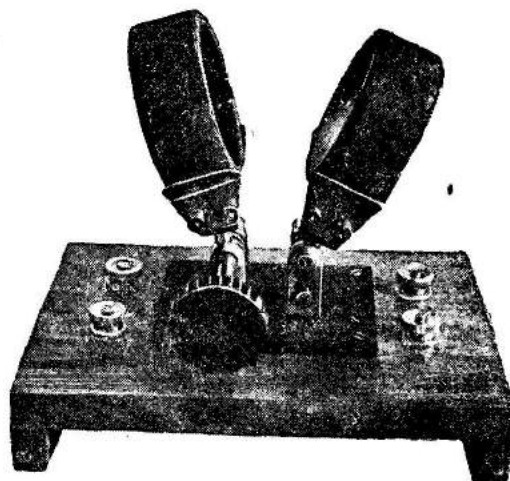


Рис. 619. Станок для двух катушек.

между центрами их отверстий и две клеммы (рис. 618). Соединения между гнездами и клеммами делают на верхней части дощечки голым, лучше посеребренным, проводником ( $d=1-1,5$  мм). Панель служит для сотовых или корзиночных катушек, но может быть использована в некоторых работах для детектора в качестве переходной штепсельной розетки и т. д. О катушках с отводами и переключателями см. § 37, 2.

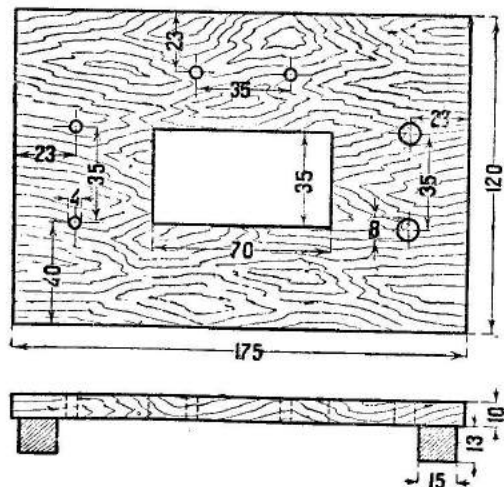


Рис. 620. Панель для станка из трех катушек (размеры в мм).

620. Клеммы удобно расположить попарно на трех сторонах, взяв хотя бы одну пару с изолирующими прокладками. Соединение гнезд и клемм делают на нижней стороне жестким проводом, почему подставку необходимо сделать с небольшими ножками.

5. Станки или колодки для двух и трех сотовых катушек (II) служат для изменения степени связи, в качестве вариометров и т. п. Различных типов колодок было выпущено на рынок большое количество, из них наилучшими являются показанные на рисунке 619. Сотовые катушки вставляются в гнезда; изменение степени связи между ними производится при помощи одной или двух рукояток. Станок надо смонтировать на деревянной подставке, ориентировочные размеры которой показаны на рисунке

Возможно самодельное изготовление станков, у которых изменение степени связи производится при отодвигании катушек друг от друга. Устройство их ясно из рисунка 621.

### 6. Вариометр (III)

См. § 14, 7.

7. Переменный конденсатор (IV). Типы конденсаторов и их монтаж см. § 10, 5.

8. Панель для детектора и телефона (V) представляет собою важную деталь для быстрого их соединения и включения блокировочного конденсатора (рис. 622). На дощечке показанных на рисунке 623 размеров ставятся четыре гнезда: два — для детектора и два — для телефона, а также три клеммы 1, 2 и 3. Параллельно гнездам телефона включают стандартный постоянный конденсатор емкостью в 500—1000 см. Панель в детекторные приемники присоединяется клеммами 1, 3, в ламповые — клеммами 2, 3.

### 9. Панель для электронной лампы (VI). Встречающиеся панельки

или колодки для ламп отличаются большим разнообразием. Наиболее подходящей для учебных схем является панель с гнездами, снабженными гайками для закрепления проводов (рис. 624). Полезны также безъемкостные панели (рис. 625). Панельки без гаек (рис. 626) мало удобны для описываемых ниже работ. У таких панелек приходится провода, подводящие ток, припаивать к гнездам.

Панели с числом гнезд, большим четырех (рис. 626), поскольку работы проводятся на лампах П-7 и

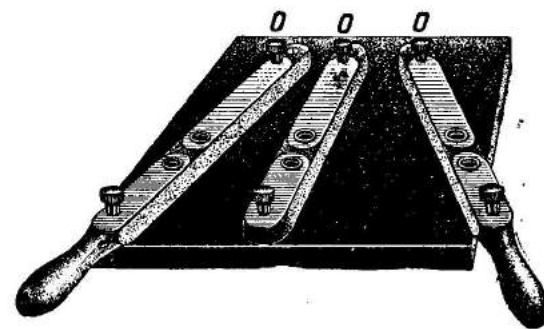


Рис. 621. Самодельный станок для трех катушек (O, O, O — оси вращения).

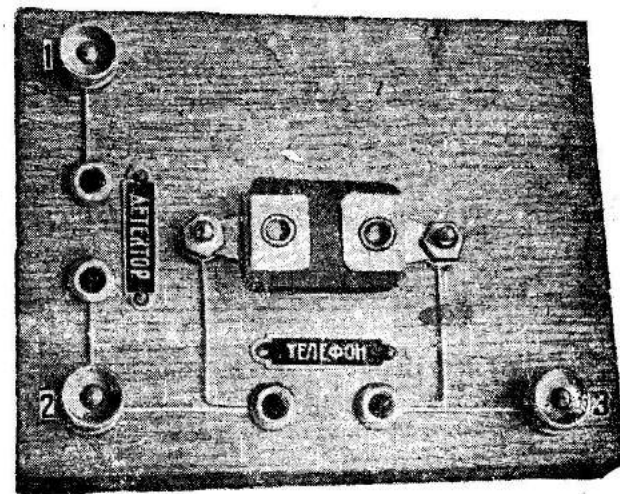


Рис. 622. Панель для детектора и телефона.

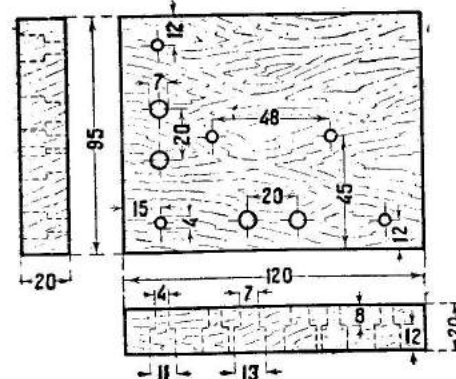


Рис. 623. Чертеж панели для детектора и телефона (размеры в миллиметрах).



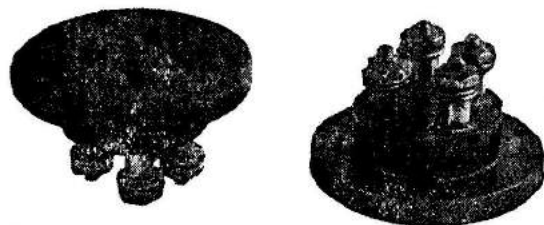


Рис. 624. Панель с гайками для электронной лампы.

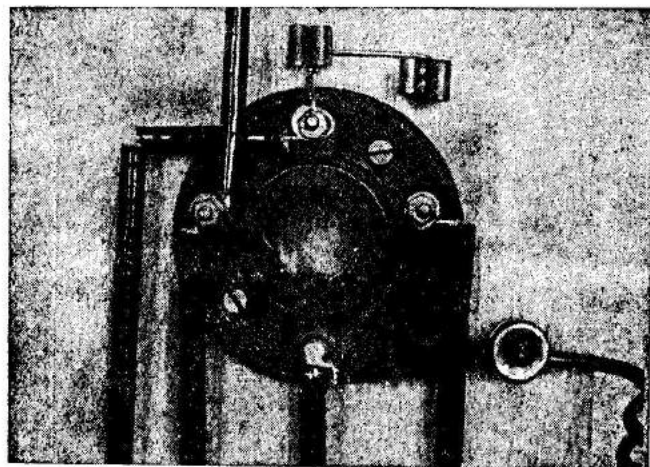


Рис. 625. Безъемкостная панель, смонтированная на генераторе рисунка 577.

Против клемм во избежание путаницы необходимо сделать соответствующие надписи: „анод ( $B_a$ )“, „сетка  $g$ “, „накал  $B$ “, „катод  $K$ “.

10. Реостаты накала (VIII). Для многих современных ламп, например с подогревным катодом (§ 22, 2), реостаты накала не требуются. Напряжение, необходимое для питания таких ламп и получаемое от трансформатора, может изменяться в некоторых (небольших) пределах без нарушения правильной работы ламп. Для ламп, у которых напряжение должно иметь строго определен-

ПТ-2, в школе мало нужны; необходимо лишь иметь панели с пятью гнездами для подогревных ламп.

Монтаж панельки делается на дощечке с ножками (рис. 627) по образцу рисунков 628 и 629. Весьма важно при подводке тока от гнезд к клеммам расположить клеммы показанным образом, перекрестив для этого провод от сетки через один из проводов накала. Такое расположение клемм позволит при сборке учебных схем располагать соединительные проводники без перекрещивания на столе, приближаясь к принципиальной схеме.

Сетку и анод лучше снабжать клеммами с изолирующими прокладками.

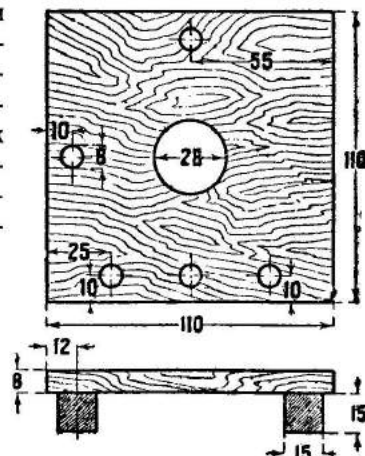


Рис. 627. Чертеж ламповой панели (размеры в мм).



Рис. 626. Панель для электронной лампы с семью штырьками.

ную величину, иногда в приемниках вводят в цепь барреты, автоматически поддерживающие постоянное напряжение. Барреты представляют собой железный провод, помещенный в стеклянный баллон, за-

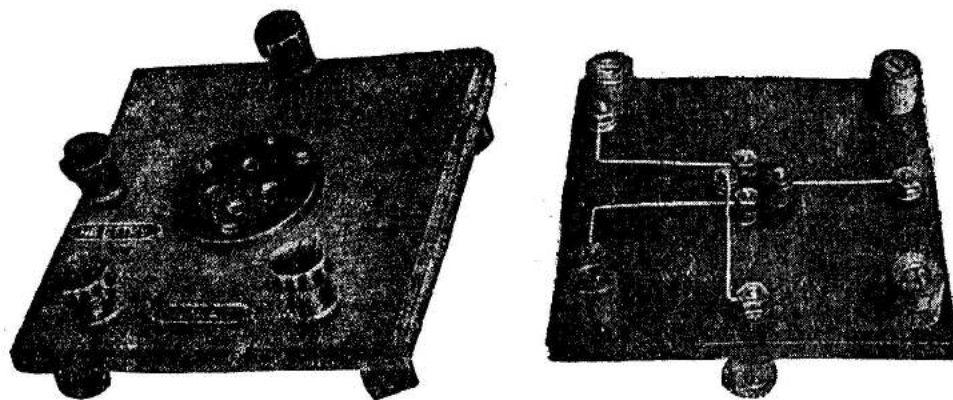


Рис. 628. Ламповая панель (вид сверху и снизу).

полненный водородом (давление в 5—20 см ртутного столба). При увеличении силы тока возрастает температурный коэффициент и, следовательно, увеличивается сопротивление барреты. Провод барреты подбирается так, что сила тока через него остается постоянной при изменениях падения напряжения в некоторых пределах (рис. 630).

В учебных схемах, где рекомендуется применять простейшие лампы: П-7, ПТ-2, УБ-107 и т. п., реостаты безусловно необходимы. Для

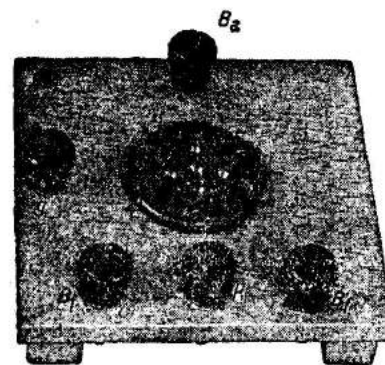


Рис. 629. Ламповая панель для подогревной лампы.

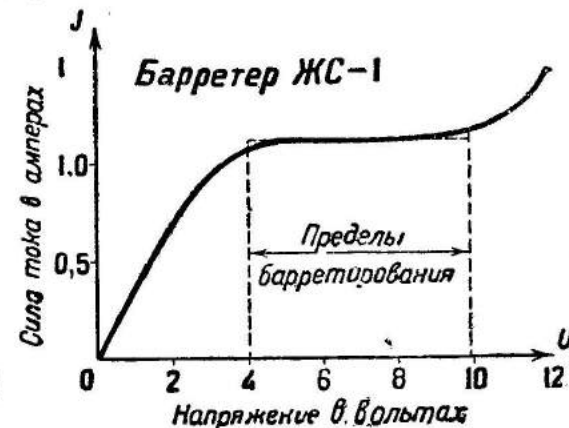


Рис. 630. Характеристика барреты ЖС-1.

лампы П-7 хороши реостаты ( $R=3-5$  ом) из толстой проволоки в виде спирали, к сожалению, исчезнувшие из продажи (рис. 631). Реостаты для микроламп имеют разнообразную конструкцию. Наиболее распространенный тип состоит из изолирующего кольца, поперек которого сделана намотка из никелиновой проволоки (рис. 632). Реостаты

имеют чаще всего сопротивление в 10 или 25 ом; в первом случае они могут служить для одновременного обслуживания четырех-пяти ламп, во втором — для одной-двух ламп. Достать радиореостаты весьма жела-

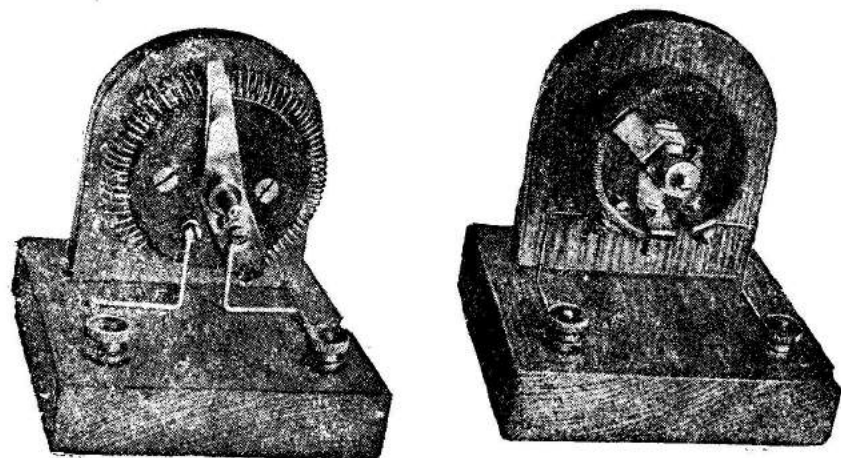


Рис. 631 и 632. Реостат (3—5 ом) на панели.

тельно, так как благодаря своей портативности они очень удобны при сборке учебных схем. Реостаты надо смонтировать на панельках (рис. 633) и снабдить клеммами (см. рис. 631 и 632).

За отсутствием радиореостатов можно воспользоваться реостатами с движком (см. т. III, § 16). О сопротивлениях реостатов для различного типа ламп см. § 22, 1.

**11. Трансформатор низкой частоты.** См. § 19, 1. Трансформаторы необходимо смонтировать на отдельных дощечках (рис. 634).

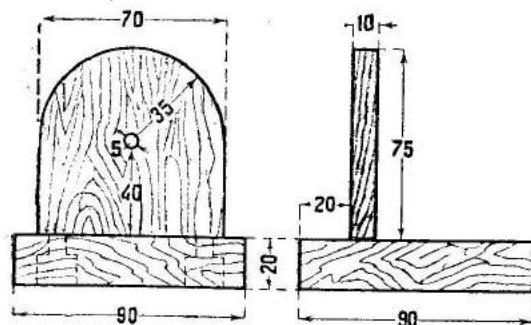


Рис. 633. Панель для реостата (размеры в миллиметрах).

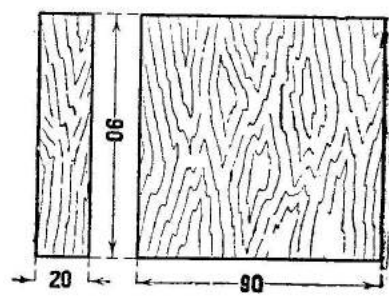


Рис. 634. Чертеж панели для трансформатора низкой частоты.

**12. Гридлик.** Для получения детектирующего действия лампы в цепь сетки включают конденсатор  $C_g = 150—300$  см, шунтированный крупным сопротивлением  $R_g = 1—3$  млн. омов (см. рис. 688). Иногда сопротивление  $R_g$  присоединив его одним концом к сетке, включают другим

к минусу нити накала (см. рис. 689). Эта комбинация из конденсатора и сопротивления утечки называется грид-ликом.

Лучше приобрести готовыми — конденсатор стандартного типа и сопротивление системы Каминского. Сопротивление Каминского представляет собой фарфоровую трубочку, покрытую плохо проводящим ток веществом (рис. 635). На концах сопротивления имеются латунные колечки с отrostками, к которым обычно припаивают подводящие ток провода. Сопротивления делают различными, применительно к величинам, употребляемым на практике, и указываются в соответствующей надписи на отrostке. Для удобной замены при подборе сопротивлений  $B$  и конденсаторов  $C$  лучше всего на панели смонтировать четыре за-

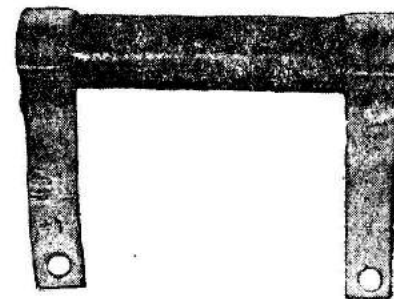


Рис. 635. Сопротивление Каминского.

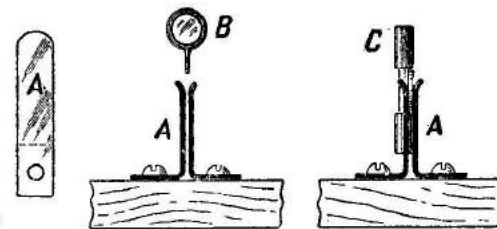


Рис. 636, I. Самодельные зажимы для сопротивлений и конденсаторов.



Рис. 636, II. Зажим для сопротивлений.

жима, из которых каждый состоит из пары латунных полосок А. Способ изготовления зажимов ясен из рисунков 636, I и 636, II. Монтаж гридлика (рис. 637) нужно сделать на хорошо высушенной дощечке из дуба или другого дерева, но в последнем случае ее надо пропарафинить. Последняя предосторожность необходима, так как сопротивление самого дерева между зажимами для мегома может оказаться порядка мегома, будет давать известную утечку, и включение сопротивления Каминского любой величины даже ухудшит действие гридлика.

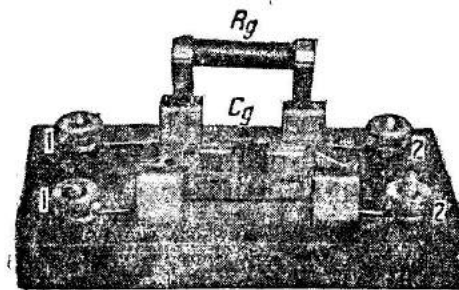


Рис. 637. Панель для гридлика.

Для замены конденсаторов  $C$  также нужно поставить на панельке два зажима (рис. 637). Всего на панельке следует поставить четыре клеммы: две — для конденсатора и две — для сопротивления, что позволит включить их в случае надобности независимо друг от друга и соединять как по схеме рисунка 688, так и по схеме рисунка 689.



Изготовление мегомов и крупных сопротивлений своими силами вполне возможно. Само сопротивление делается из полоски бумаги  $A$  ( $30 \text{ мм} \times 5 \text{ мм}$ ), заштрихованной (в одном направлении) до блеска карандашом или пропитанной тушью. Полоску  $A$  накручивают на стеклянную палочку, на концы которой накручены станиольевые листочки  $B$



Рис. 638 и 639. Самодельные мегомы.

(рис. 638). Для подведения тока служат провода, наложенные двумя-тремя витками на станиоль. Для защиты от действия влаги палочку следует обернуть

сверху листочками бумаги и погрузить в расплавленный парафин. Другая не менее удобная конструкция мегома, изготовленного из такой же полоски, помещенной между двумя листиками целлулоида, показана на рисунке 639. Края листиков плотно зажимаются в металлические накладки такие же, как у постоянного конденсатора.

Перед заделкой полоски, покрытой тушью, необходима тщательная ее просушка.

Для измерения сопротивления  $R$  следует взять батарею из двух-трех элементов или аккумуляторов и миллиамперметр (рис. 640). Тогда сопротивление мегома будет:

$$R = \frac{U}{I},$$

где  $U$  — напряжение батареи, известное или измеренное вольтметром.

Для подбора нужной величины сопротивления вырезают экспериментальную полоску, измеряют  $R$  и затем из того же материала делают другие, соответственно шире или уже. Расстояние между станиольевыми полосками также влияет на величину сопротивления мегома.

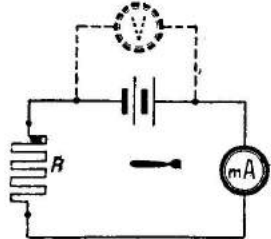


Рис. 640. Схема для измерения сопротивления мегома.

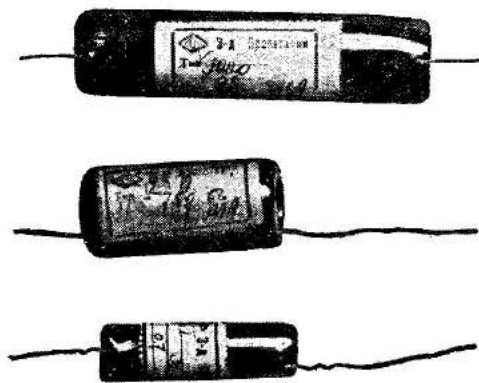


Рис. 641. Сопротивления завода «Пролетарий».

Из постоянных сопротивлений, имеющих в продаже, полезны остеклованные сопротивления завода «Пролетарий», способные пропускать через себя токи до нескольких десятков миллиампер (рис. 641).

В школе надобность в них может встретиться при устройстве делителей напряжения в сравнительно мощных электронных выпрямителях. Схема деления напряжения в выпрямителе «Радист», где поставлены для этого сопротивления Каминского, ясна из рисунка 168. При пользовании кенотронами, более мощными, чем ВО-116, сопротивления Каминского не выдерживают и горят, почему приходится в делитель напряжения вводить остеклованные сопротивления.

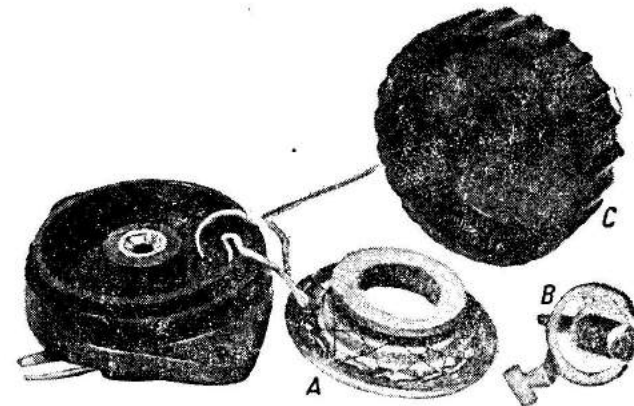


Рис. 642. Проволочное переменное сопротивление (регулятор громкости).

На рисунке 642 показано проволочное переменное сопротивление в разобранном виде, употребляемое в качестве регулятора громкости. Проволочное сопротивление  $A$  имеет ряд отводов и посредством контакта  $B$  с ручкой  $C$  может быть включено все целиком или частично. Сопротивление обычно имеет несколько единиц или десятков тысяч омов.

## § 37. Детекторные приемники.

1. **Схема коротких и длинных волн.** Прием на один замкнутый контур возможен только в непосредственной близости от передающей станции и притом посредством приемников высокой чувствительности. В приемных радиостанциях извлечение энергии из электромагнитных волн производится с помощью антенны. Переменный ток высокой частоты, возникающий в антенне, в простейшем случае детектируется и дает соответствующий эффект в телефоне.

Для детектирования пользуются кристаллическими детекторами (§ 20) и электронными лампами (§ 21). Отсюда разделение приемников на детекторные и ламповые.

Наибольший эффект, как известно, будет получен в антенне, настроенной в резонанс по отношению к принимаемым волнам. Поэтому простейший приемник состоит:

1) из частей (катушка самоиндукции, переменный конденсатор, вариометр и т. п.), с помощью которых производится настройка контура антенны;

2) из частей, детектирующих ток высокой частоты;

3) из телефона.

На рисунках 653, I и 654 показаны две основные схемы приемников. Первая (рис. 653, I) из них носит название схемы коротких волн и употребляется обыкновенно для приема волн широкодиапазонного диапазона, соответствующих частоте  $1500-500 \text{ кгц}$  ( $\lambda = 200-600 \text{ м}$ ).



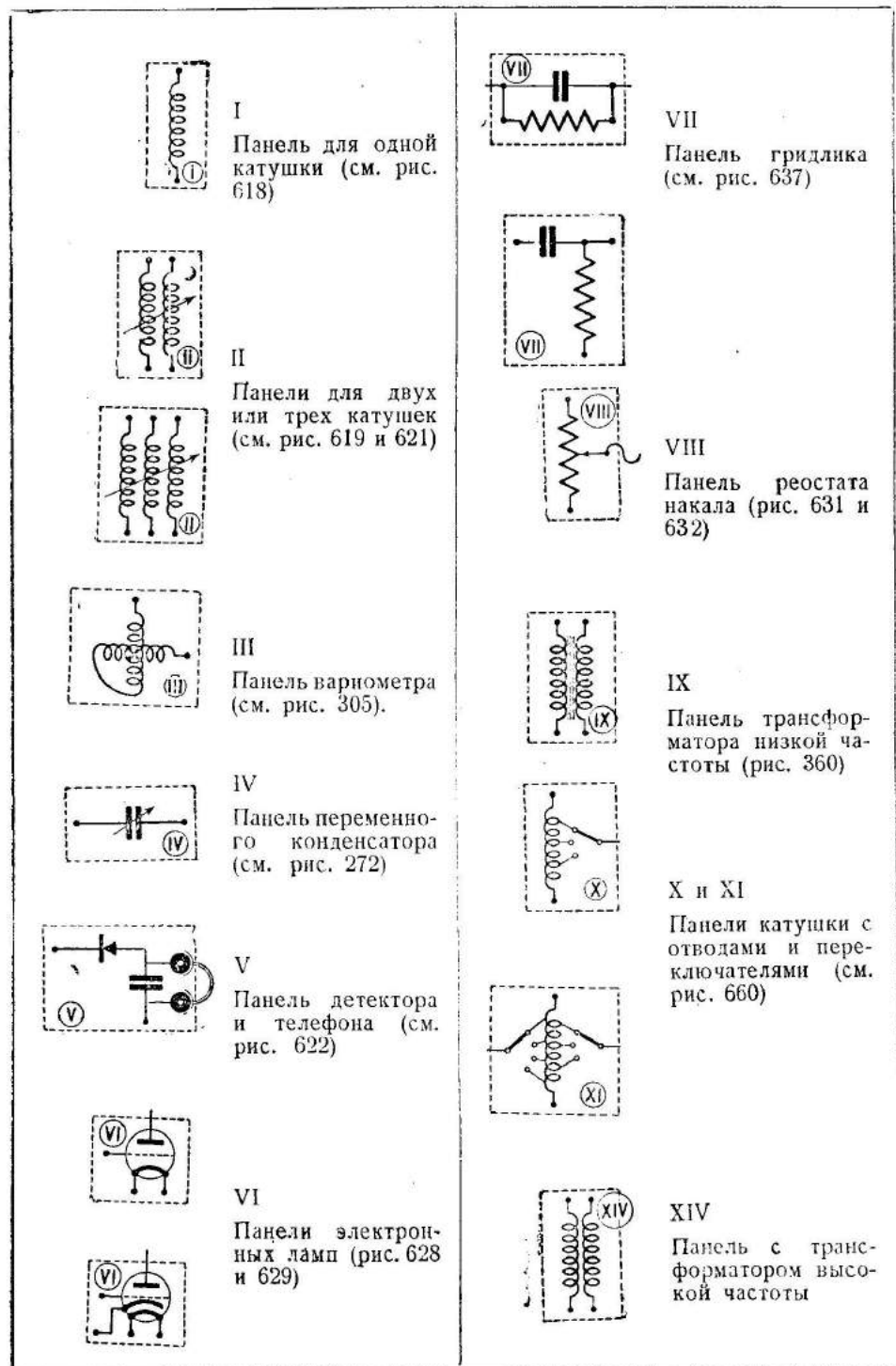


Рис. 643—652. Условные обозначения панелей с деталями, принятые в § 36—38.

Вторая схема длинных волн находит применение при частотах 750—150 кГц ( $\lambda = 400—2000$  м). Однако такое разделение вовсе не обязательно.

Настройка антенного контура в рассматриваемых схемах производится при помощи катушки  $L$  и переменного конденсатора  $C$ . На рисунке 653, II

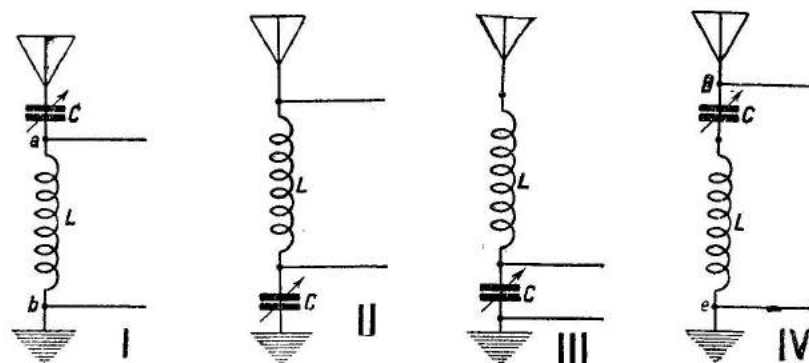


Рис. 653. Схемы «коротких волн» радиовещательного диапазона — правильные (I и III) и неправильные (II и IV).

показана теоретически неправильная схема коротких волн; ее недостатки сказываются, однако, только в ламповых приемниках. В приемниках чаще всего ставится переключатель  $K$ , позволяющий от схемы длинных волн, получаемой при положениях переключателя на контактах 1, 2, переходить к схеме коротких волн, перемещая его на контакты 2, 3 (рис. 655). Ответвления к детектору и телефону берутся от концов  $a$  и  $b$  катушки самоиндукции  $L$  или, реже, от клемм конденсатора  $C$  (рис. 653, I и 653, III). Включение детекторной цепи к катушке  $L$  и конденсатору  $C$  вместе — неправильно (рис. 653, IV) и дает более плохой прием по сравнению со схемой рисунка 653, I. Действительно, в схеме рисунка 653, I напряжение подается с концов катушки самоиндукции  $ab$ , где оно больше, чем напряжение между точками  $d$  и  $e$  (рис. 653, IV), созданное катушкой  $L$  и конденсатором  $C$  вместе<sup>1)</sup>.

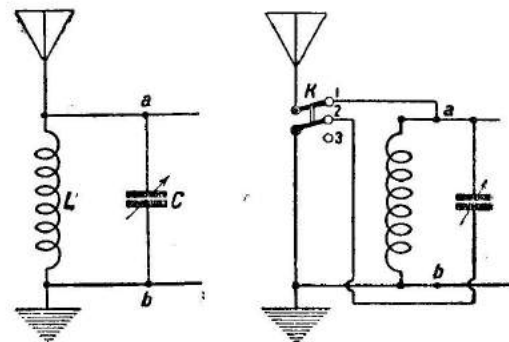


Рис. 654. Схема «длинных волн». Рис. 655. Схема «коротких и длинных волн» с переключателем.

Рассмотренные схемы дают наиболее громкий прием, но обладают слабой избирательностью, т. е. не позволяют отстроиться от других станций, работающих на частотах, близких к принимаемой.

<sup>1)</sup> Напряжения на клеммах конденсатора и катушки направлены друг против друга.

Схемы, показанные на рисунке 656 и состоящие из двух контуров  $C_1L_1$  и  $C_2L_2$  дают менее громкий прием, но обладают большей избирательностью по сравнению с рассмотренными.

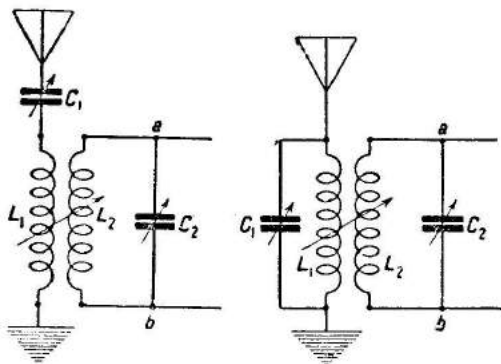


Рис. 656. Схемы со слабой связью.

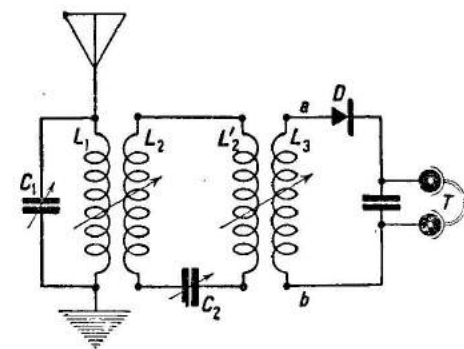


Рис. 657. Схема детекторного приемника с промежуточным контуром.

Если приемник находится вблизи нескольких мощных передающих станций, то для получения избирательности иногда прибегают к сложной схеме (рис. 657) с промежуточным контуром  $C_2L'_2L_2$ .

**2. \* Примитивные детекторные приемники.** 1) Набор сотовых или корзиночных катушек. 2) Панель для одной катушки, I. 3) Катушка с отводами и переключателями, X и XI. 4) Панель от гридлика, VII. 5) Три постоянных конденсатора (250, 500, 750 см). 6) Панель детектора и телефона, V.

Примитивный детекторный приемник, позволяющий вести прием близрасположенных станций, составляется по схеме рисунка 658. Собирают

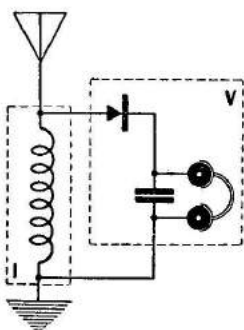


Рис. 658. Схема примитивного детекторного приемника.

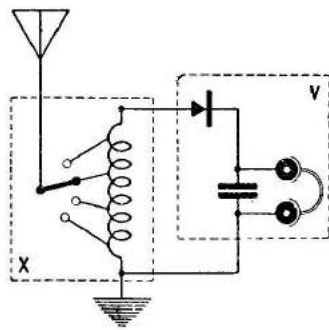


Рис. 659. Схема детекторного приемника с грубой настройкой (изменением числа витков катушки).

его из панели I с гнездами для одной катушки (см. рис. 618) и панели V для детектора и телефона (см. рис. 622). Его грубая настройка производится путем смены сотовых катушек с различным числом витков (§ 14, 5).

Вместо смены катушек можно взять одну сотовую, например в 175 витков с ответвлениями от 35, 50, 75, 100 и 175 витков, и включить ее в цепь по схеме рисунка 659. Для удобного изменения числа витков следует поставить на панельке X переключатель K и клеммы (рис. 660).

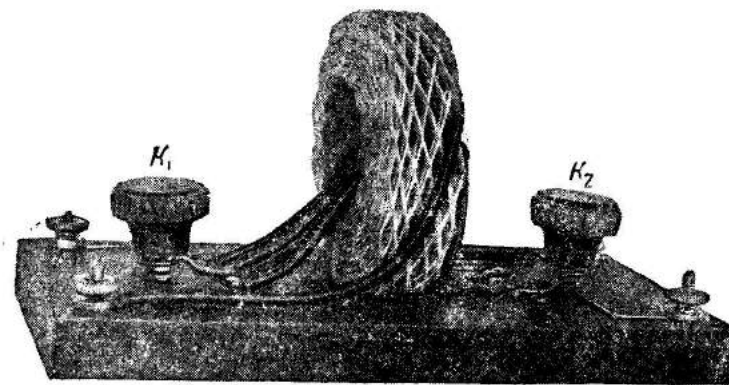


Рис. 660. Сотовая катушка (XI) с двумя переключателями.

Для третьего варианта примитивного приемника надо взять только одну катушку I, а для настройки приключить к ней последовательно или параллельно постоянные конденсаторы (рис. 661). В первом случае берут катушку с большим числом витков (200—300 витков), во втором — с относительно малым (50, 100, 150 витков). При параллельном включении конденсаторов 250, 500 и 750 см указанные катушки дают соответственно настройку на волны, величины которых можно выяснить из таблички 17 на стр. 182.

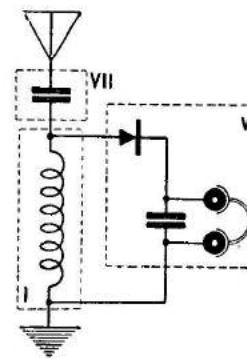


Рис. 661. Схемы детекторного приемника с грубой настройкой (изменением емкости постоянных конденсаторов).

Для удобного включения конденсаторов и их смены хорошо взять панельку VII от гридлика (см. рис. 637).

Для четвертого варианта приемника с переменной связью детекторной цепи следует взять сотовую катушку XI с отводами (см. рис. 660), снабженную двумя переключателями  $K_1$  и  $K_2$ , которые включены по схеме

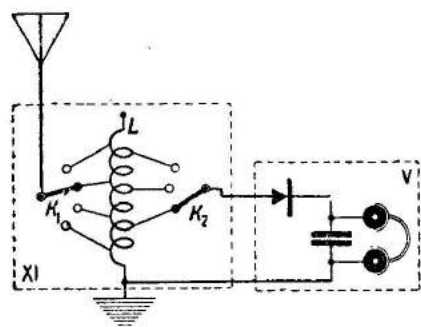


Рис. 662, I. Схема детекторного приемника с переменной связью в детекторной цепи.

чена наибольшая громкость. Это может случиться, когда в цепь детектора и телефона будет включено большее или меньшее число витков, чем в ан-

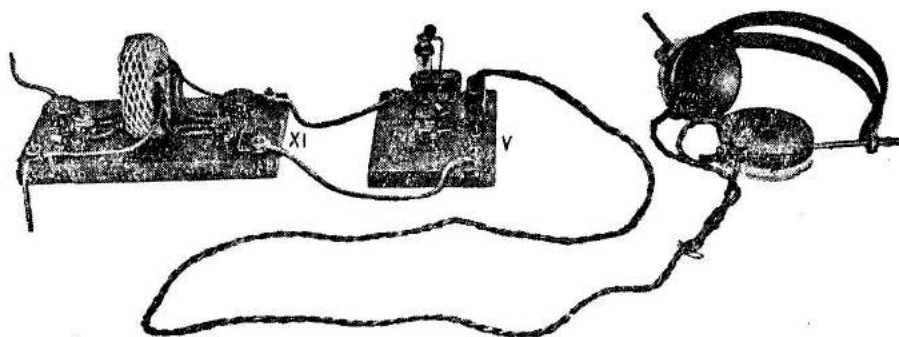


Рис. 662, II. Детекторный приемник, собранный по схеме рис. 662, I.

тенну. Объясняется описанное явление тем, что сопротивление детекторной цепи (составленное из сопротивлений: детектора, блокировочного конденсатора с телефоном и катушки L) должно находиться в определенном отношении к сопротивлению: антенны, катушки L и заземления. Так как сопротивление колебательной цепи не может быть изменено так же, как сопротивление детектора и телефона, то, следовательно, приходится менять число витков в катушке L, включенных в детекторную цепь.

Недостатки всех описанных примитивных приемников следующие:

1) можно принимать только близлежащие передающие станции;

2) так как изменение самоиндукции или емкости может быть произведено только скачками, то нельзя точно настроиться в резонанс (это может быть только случайно) и, следова-

тельно, слышимость будет много хуже, чем в настраивающихся приемниках (см. раздел 3 и далее);

3) нельзя отстроиться от других передатчиков, работающих на волне, близкой к принимаемой.

Изучение схем этих приемников и проверка их в работе обязательно нужны как подготовка к ознакомлению с более сложными схемами.

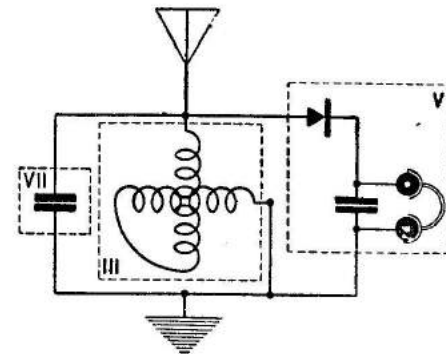
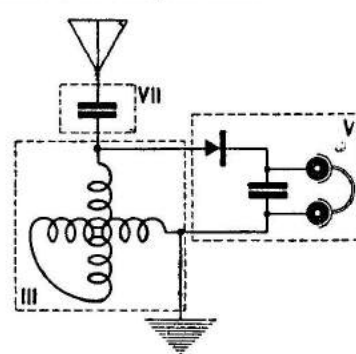


Рис. 664 и 665. Схемы детекторного приемника с постоянным конденсатором и вариометром для коротких и длинных волн.

**3. \* Приемники с вариометрами.** 1) Вариометр, III. 2) Панель с детектором и телефоном, V. 3) Панель от гридлика, VII. 4) Конденсаторы постоянные. 5) Панель для одной катушки, I. 6) Набор сотовых катушек. 7) Катушка сотовая с отводами, X и XI.

Приемник с вариометром представляет собой технически совершенный тип, весьма распространенный на практике. Простейший приемник составляют из одного вариометра III и панели V с детектором и телефоном (рис. 663). Для его настройки нужно медленно поворачивать рукоятку в пределах от 0 до 100°. Если взять вариометр, показанный на рисунке 304, то приемник охватит диапазон волн примерно от 550 до 1250 м. В качестве вариометра могут быть взяты также две сотовые или корзиновые катушки, соединенные последовательно и помещенные на станках, изображенных на рисунке 619. Настройка в этом случае производится путем сближения и удаления катушек (§ 14, 7).

Для приема волн, более коротких, чем указанные, в антенну надо включить конденсатор VII (рис. 664). Для этого лучше всего взять панельку от гридлика и включить в нее постоянные конденсаторы различной емкости, например в 100, 300, 500 см. При каждом из этих конденсаторов следует медленно „пройти всю шкалу“ вариометра и наблюдать настройку на различные станции. Вариометр (см. рис. 304) при-

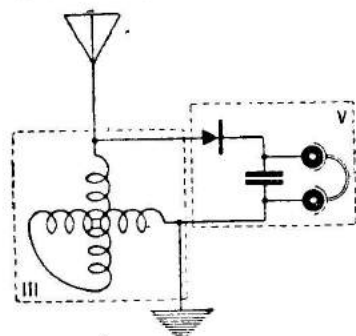


Рис. 663. Схема детекторного приемника с вариометром.

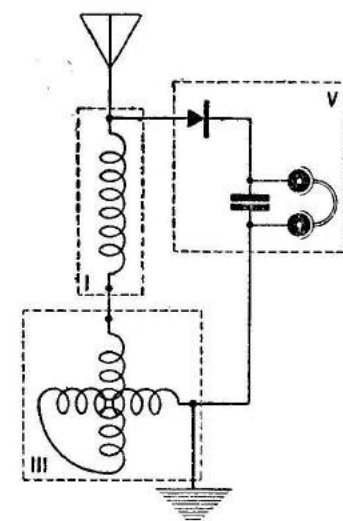


Рис. 666. Схема детекторного приемника с вариометром.



конденсаторах около 100 и 400 см охватит соответственно диапазоны 250—550 и 400—900 м.

Для получения длинных волн можно поступить двояко: или включить последовательно сотовую катушку I (рис. 666 и 667), или же присоеди-

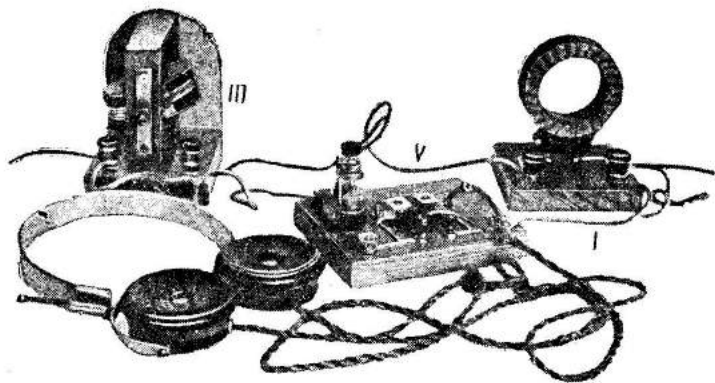


Рис. 667. Детекторный приемник по схеме рис. 666.

нить параллельно конденсатор VII (рис. 665). Необходимые для настройки на желаемую волну катушку I (из набора сотовых) или конденсатор VII находят опытным путем. Вариометр (см. рис. 304) при конденсаторе VII ( $C=500$  см), включенном параллельно, охватит диапазон примерно 300—1900 м. Удобно вместо смены сотовых катушек в панельке I взять

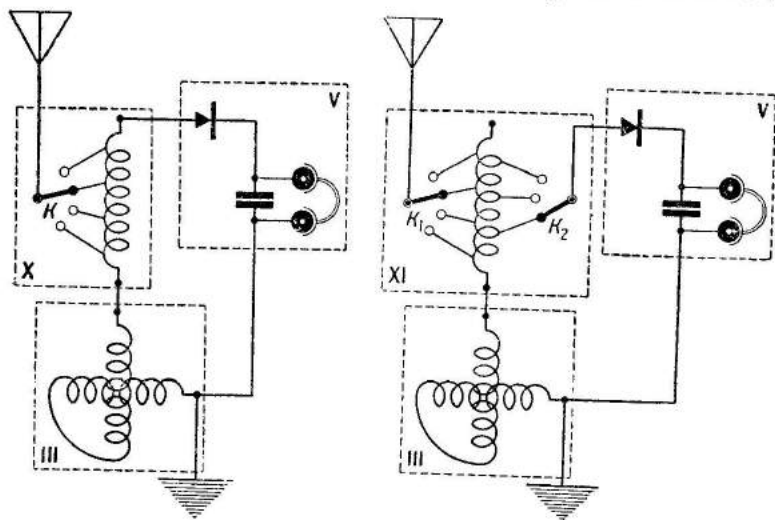


Рис. 668 и 669. Схемы детекторных приемников с вариометром.

катушку X с отводами и переключателем K (рис. 660 и 668) или XI с двумя переключателями  $K_1$  и  $K_2$  (рис. 669). В последнем случае приемник даст лучшую слышимость, так как может быть произведено изменение связи детекторной цепи.

Из приемников с вариометром, представляющих дальнейшую комбинаторику, в целях охватить значительный диапазон волн надо указать на схему рисунка 720. Приемники подобных схем выпускаются промышленностью и дают прием мощных станций на расстоянии нескольких сот километров (см. рис. 719).

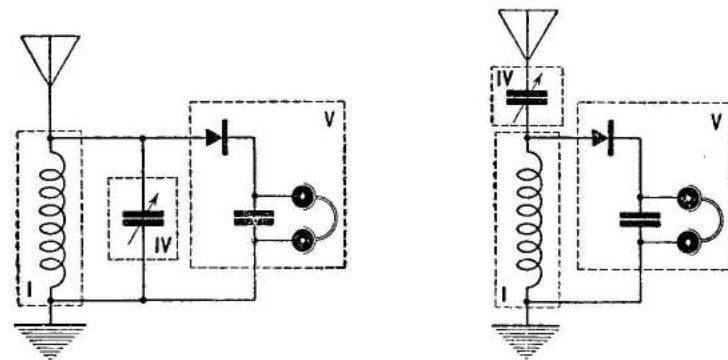


Рис. 670 и 671. Схемы детекторных приемников с переменным конденсатором для длинных и коротких волн.

**4. \* Детекторные приемники с переменным конденсатором.** 1) Переменный конденсатор, IV. 2) Панель с детектором и телефоном, V. 3) Панель для одной катушки, I. 4) Набор сотовых катушек. 5) Катушка с отводами, X и XI. 6) Вариометр, III. 7) Станок для двух катушек, II.

Приемники с переменным конденсатором на практике применяются редко вследствие сравнительной дороговизны последних. Простейшие приемники

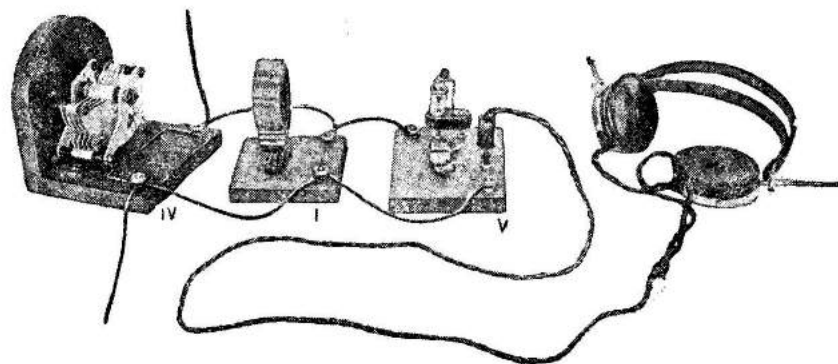


Рис. 672. Детекторный приемник с переменным конденсатором, собранный по схеме рис. 670.

могут быть составлены для длинных и коротких волн по схемам рисунков 670 и 671 из панельки для одной катушки I, набора сотовых катушек, переменного конденсатора IV и панели с детектором и телефоном, V (рис. 672). При каждой из катушек переменный конденсатор будет охватывать известный диапазон волн; нужная для настройки катушка находится

опытным путем<sup>1)</sup>. Вместо набора сотовых катушек и панельки *I* лучше взять катушку с отводами и переключателями *XI* (рис. 673 и 674). Тогда переключателем *K<sub>1</sub>* можно менять число витков, включенных в антенну, а переключателем *K<sub>2</sub>* — связь с детекторной цепью.

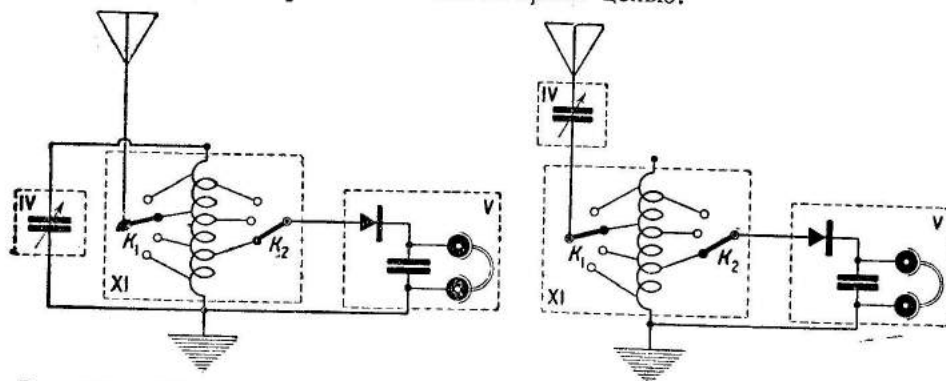


Рис. 673 и 674. Схемы детекторных приемников с катушкой, имеющей отводы, и с переменным конденсатором.

Меньшую громкость приема, но большую избирательность дадут приемники, построенные по схемам рисунков 675 и 676. Связь между контурами осуществляется при помощи станка *II* для двух катушек самоиндукции. За отсутствием станка для связи можно воспользоваться вариометром *III*, у которого одна обмотка присоединена к детектору и телефону, а другая включена в антенну (рис. 677).

Наконец, возможны еще комбинации для приемников со слабой связью из вариометра *III*, станка *II*, переменного конденсатора *IV*; создать эти

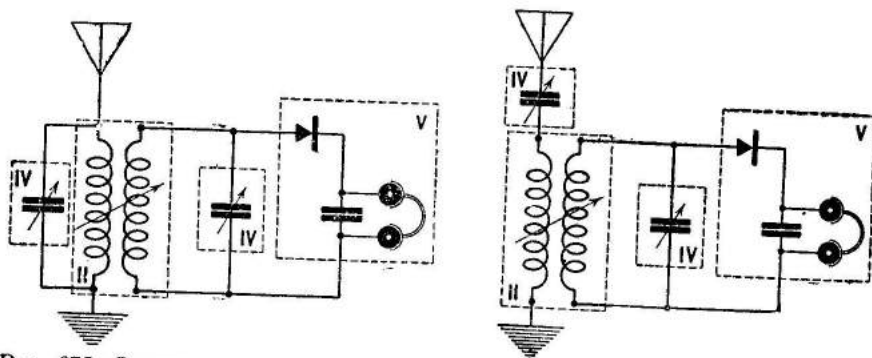


Рис. 675. Схемы детекторных приемников со слабой связью (для длинных и коротких волн).

комбинации должны сами учащиеся. Приемники со сложной схемой, т. е. составленные из двух настраиваемых контуров, очень хороши

<sup>1)</sup> Оптимальные условия для приема будут с такой катушкой, у которой отношение коэффициента самоиндукции в сантиметрах к емкости конденсатора в сантиметрах будет лежать в пределах от 100 до 1000.

в больших центрах, где сосредоточено несколько станций, обыкновенно работающих одновременно. Влияние атмосферных разрядов, трамвайных разрядов и других помех, проявляющихся в тресках и шелестах в телефоне, сказываются менее, чем в приемниках с одним настраиваемым кон-

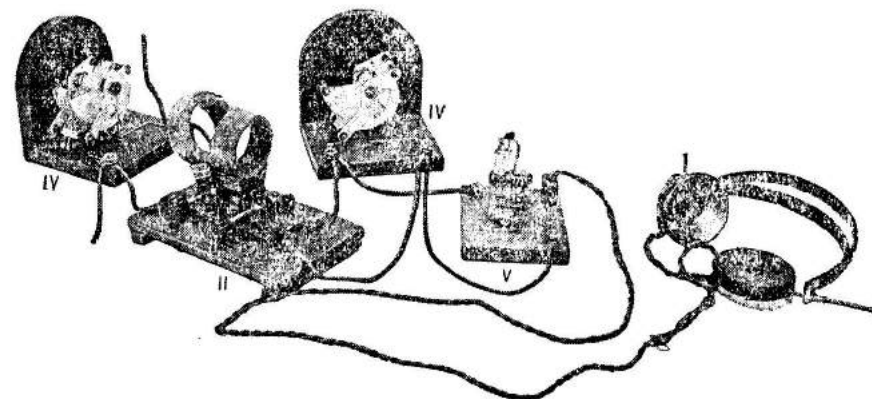


Рис. 676. Детекторный приемник для длинных волн, собранный по схеме рис. 675.

туром. Но настройка приемника (рис. 675 и 676) со сложной схемой, в особенности для далеких передатчиков, несколько сложнее, чем у приемников с одним контуром (см. рис. 673 и 674).

**5. \* Приемник с карборундовым детектором.** 1) Панель для одной катушки, *I*. 2) Набор сотовых катушек. 3) Переменный конденсатор, *IV*. 4) Потенциометр. 5) Панель для детектора и телефона, *V*. 6) Карборундовый детектор. 7) Два-три элемента или аккумулятора.

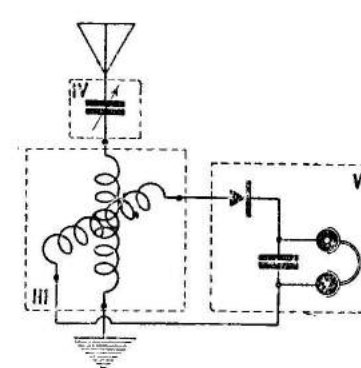


Рис. 677. Схема приемника с вариометром.

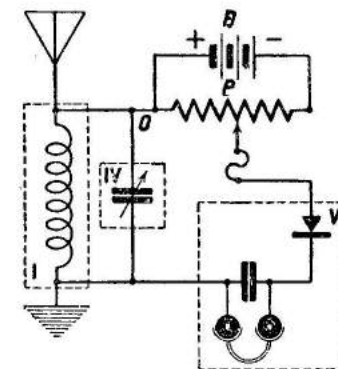


Рис. 678. Схема приемника с карборундовым детектором.

Весьма интересными качествами обладает приемник с карборундовым детектором, состоящим из кристалла карборунда и стальной проволоочки или пластинки (§ 20, 1). Приемник собирается по схеме длинных волн (рис. 678) или коротких волн из панельки *I*, переменного конденсатора *IV*, панели с карборундовым детектором и телефоном *V* и потенциометра *P*.

К потенциометру приключены три-четыре гальванических или аккумуляторных элемента  $B$ . При перемещении ползуна потенциометра на детектор будет накладываться некоторое напряжение, тем большее по своей величине, чем дальше от точки  $O$  сдвинут движок потенциометра. Будем считать, что на детектор наложен положительный потенциал в том случае, когда кристалл присоединен со стороны минуса батареи. Дав дополнительный положительный потенциал на детектор, сдвигают движок примерно на середину потенциометра и настраиваются на одну из станций обычным способом. Затем перемещают движок и наблюдают ослабление или усиление звука в телефоне. Опыт покажет, что наибольшая громкость приема наступает при некотором определенном напряжении на детекторе. Напряжение это может быть измерено хорошим<sup>1)</sup> вольтметром, включенным между точкой  $O$  и движком  $K$ . Карборундовый детектор еще замечателен тем, что находить чувствительную точку почти не надо и, кроме того, раз установленный, он будет работать весьма долгое время без какой-либо регулировки.

**6. \* Приемники с двумя детекторами и телефонами.** 1) Панель для одной катушки,  $I$ . 2) Набор сотовых катушек. 3) Две панели с детекторами и телефонами,  $V$ . 4) Переменный конденсатор,  $IV$ . 5) Станок для двух катушек,  $II$ . 6) Сотовая катушка с отводом посередине,  $X$ .

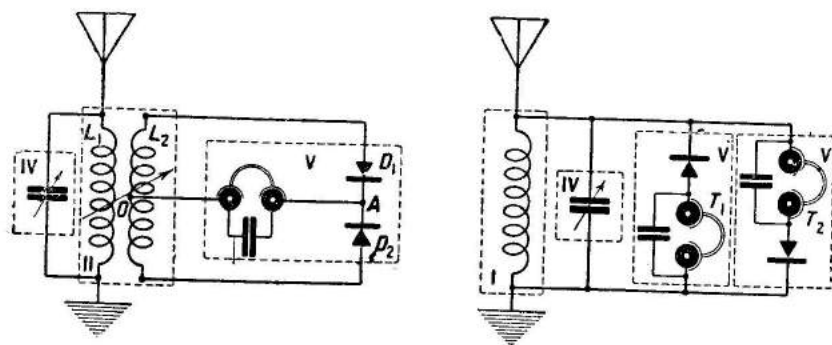


Рис. 679 и 680. Схемы приемников с двумя детекторами и двумя телефонами.

Детектор, грубо говоря, пропускает к телефону ток только одного направления, и телефон использует в течение периода только одну половину колебательного тока. Энергия другой половины пропадает неиспользовано. Схема рисунка 679 позволяет использовать энергию обеих полуволн при условии, что детекторы  $D_1$  и  $D_2$  включены так, что к точке  $A$  приключены или их оба кристалла или обе проволоочки. Схему собирают: из станка  $II$  для двух катушек [одна катушка  $L_1$  служит для настройки, а другая  $L_2$  (200—300 витков) имеет отвод  $O$ , сделанный посередине], переменного конденсатора  $IV$  и двух панелек  $V$  с двумя детекторами и одним телефоном. Другой вариант с двумя детекторами и двумя телефонами показан на рисунке 680. Следует обратить внимание

<sup>1)</sup> Под „хорошим“ вольтметром подразумевается чувствительный прибор с большим внутренним сопротивлением (см. г. III, § 9, 5).

на способ включения детекторов. К телефонам должны быть обращены или кристаллы или проволоочки. Энергия одной полуволны используется в телефоне  $T_1$ , другой — в телефоне  $T_2$ .

Практическое значение схем сомнительно, но работу следует провести, так как она более глубоко поставит вопрос о детекторе.

**7. \* Прием на осветительную сеть детекторным приемником.** Приемник собирается из деталей по одной из описанных выше схем и включается в осветительную сеть через разделительный конденсатор и предохранитель. Настройка приемника производится обычным образом. Подробности о включении в осветительную сеть — см. § 31, 8.

## § 38. Простейшие ламповые приемники.

**1. \* Ламповый приемник с анодным детектированием.** 1) Панель для одной катушки,  $I$ . 2) Набор сотовых катушек. 3) Переменный конденсатор,  $IV$ . 4) Панель для электронной лампы,  $VI$ . 5) Лампа П-7 и ПТ-2. 6) Панель для детектора и телефона,  $V$ . 7) Потенциометр. 8) Реостат накала,  $VIII$ . 9) Батареи: 8, 4 в и анодная 60—80 в или выпрямитель.

Включение потенциометра подробно рассмотрено в § 24, 3. Приемники с анодным детектированием менее чувствительны, чем приемники с сеточным детектированием, почему они употребляются в тех случаях, когда амплитуда колебаний сравнительно велика. Применению их на практике препятствует также необходимость брать третью батарею  $B_p$  и потенциометр  $P$  (рис. 681 и 682). Приемник может быть собран по схеме длинных (рис. 681) или коротких (рис. 682) волн. Настраивающийся контур составляют из панели для катушки  $I$  и переменного конденсатора  $IV$  емкостью в 300—500 см. Контур со стороны заземления приключают к общей нулевой точке  $O$ , в которой соединены также своими минусами батареи: накала  $B_f$  и анодная  $B_a$ . Точку  $a$  присоединяют через потенциометр  $P$  к сетке лампы  $VI$  по схеме рисунков 409 и 410. Для

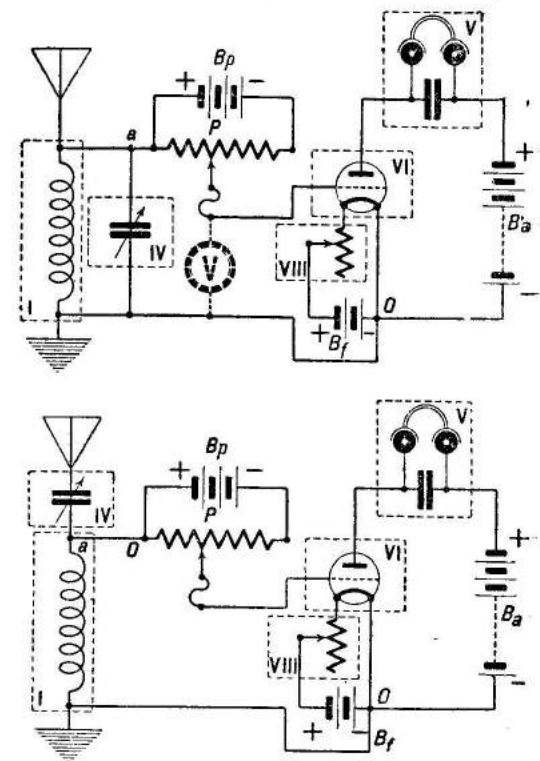


Рис. 681 и 682. Схемы ламповых приемников с анодным детектированием (для длинных и коротких волн).

Настраивающийся контур составляют из панели для катушки  $I$  и переменного конденсатора  $IV$  емкостью в 300—500 см. Контур со стороны заземления приключают к общей нулевой точке  $O$ , в которой соединены также своими минусами батареи: накала  $B_f$  и анодная  $B_a$ . Точку  $a$  присоединяют через потенциометр  $P$  к сетке лампы  $VI$  по схеме рисунков 409 и 410. Для



питания потенциометра  $P$  берут батарею  $B_p$  с напряжением в 8 в. Так как на сетку должен быть дан отрицательный потенциал, то к проводу  $a$  от контура приключают тот конец потенциометра, который соединен с плюсом батареи  $B_p$ . Тогда при положении движка в точке  $O$  потенциал будет равен нулю; отрицательный потенциал на сетке будет тем

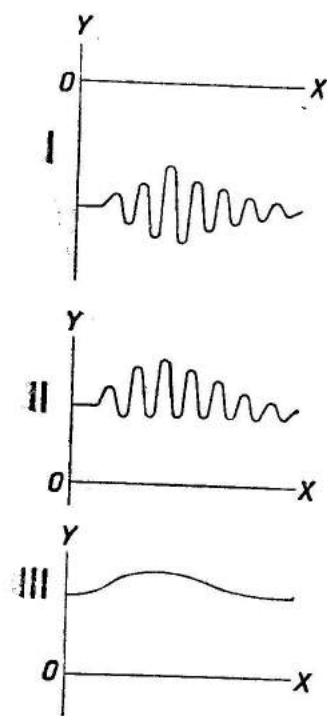


Рис. 683—685. Графики анодного детектирования:  $I$  — изменения потенциала на сетке;  $II$  — изменения анодного тока;  $III$  — ток через телефон.

конденсатора  $IV$  до появления наиболее громких, хотя бы искаженных, звуков в телефоне. В заключение медленно перемещают движок потенциометра, сначала увеличивая отрицательный потенциал на сетке, а затем уменьшая его до получения наиболее громкого неискаженного приема. При опыте важно проследить за качеством и силой приема при различных потенциалах сетки и получить его полное исчезновение, дав на сетку нуль или положительный<sup>1)</sup> потенциал. При этом для отсчета величины потенциала желательно включить вольтметр  $V$ , показанный на рисунке 681 пунктиром.

Изменив напряжение анодной батареи или выпрямителя, например с 80 до 60 в, полезно убедиться, что нормальный прием получается уже при ином напряжении на сетке.

1) Для этого надо переключить полюсы батареи у потенциометра.

больше, чем дальше от точки  $O$  смещен движок. Батарею накала  $B_f$  своим минусом присоединяют к минусу батареи анода, включенной к заземленной части контура, и к нити накала. Реостат накала  $VIII$  надо ввести в провод, соединяющий другой конец нити с плюсом батареи  $B_f$ . Панель  $V$  для детектора и телефона включена своими клеммами 2, 3 (см. рис. 622) в анодную цепь, так как кристаллический детектор не нужен. Батарея анода с напряжением в 60—80 в присоединяется своим плюсом через панель  $V$  к аноду лампы, своим минусом — к минусу батареи накала  $B_f$ .

На рисунках 683—685 приведены графики, характеризующие работу анодного детектирования. Колебания на сетке благодаря некоторому отрицательному потенциалу, создаваемому потенциометром, характеризуются кривой  $I$ . Важно обратить внимание, что они происходят около некоторого отрицательного значения и, следовательно, на графике  $I$  характеризуются кривой, лежащей ниже оси  $OX$ . Кривая  $II$  показывает изменения тока в анодной цепи и кривая  $III$  — ток через телефон.

Для приведения в действие сначала дают лампе нормальный накал и сдвигают движок потенциометра примерно на середину потенциометра или немного далее. Затем производят настройку обычным способом, т. е. подбирают катушку  $I$  и изменяют емкость переменного кон-

Что касается типа ламп, которые могут быть применены для этой и следующих работ, то, несмотря на потребность в сильном токе для накала, наиболее подходящей является П-7, не боящаяся даже некоторого перекала. Лампу ПТ-2 (микро) можно давать учащимся, инструктировав их о последствиях перекала. Возможно применение и других типов, о чем см. в работе 2. Приемник можно собрать также по „сложным“ схемам (см. рис. 657), но это едва ли нужно, поскольку с их работой проще познакомиться при сеточном детектировании (см. работу 3).

## 2. \* Ламповый приемник с сеточным детектированием.

1) Панель для одной катушки,  $I$ . 2) Набор сетовых катушек. 3) Переменный конденсатор,  $IV$ . 4) Панель для электронной лампы,  $VI$ . 5) Лампы П-7, ПТ-2, УБ-107 и УБ-152. 6) Панель для детектора и телефона,  $V$ . 7) Гридлики,  $VII$ . 8) Реостат накала,  $VIII$ . 9) Батарея 4 в и анодная 80 в или выпрямитель.

Приемник с сеточным детектированием собирается так же, как описанный в предыдущей работе, с той разницей, что вместо потенциометра в цепь сетки включают гридлик  $VII$  (рис. 686 и 687). Гридлик (§ 36, 12) представляет собой конденсатор емкостью в 150—300 см и сопротивление  $R_g$  (1—3 млн. омов). Сопротивление может быть включено двумя способами: параллельно конденсатору  $C_g$  или между сеткой и нулевой точкой (минус батареи накала и анодной батареи и земля) (рис. 688 и 689).

Для выяснения действия гридлика предположим, что на сетку лампы действуют колебания (рис. 690, 1). Таким образом, левая обкладка конденсатора гридлика будет получать то положительные, то отрицательные заряды. В эти же моменты, благодаря явлению электростатической индукции, на правой обкладке будут возникать заряды, равные по величине и противоположные по знаку зарядам правой обкладки. На сетке лампы, опять благодаря тому же явлению электростатической индукции, образуются заряды, одноименные с зарядами левой обкладки.

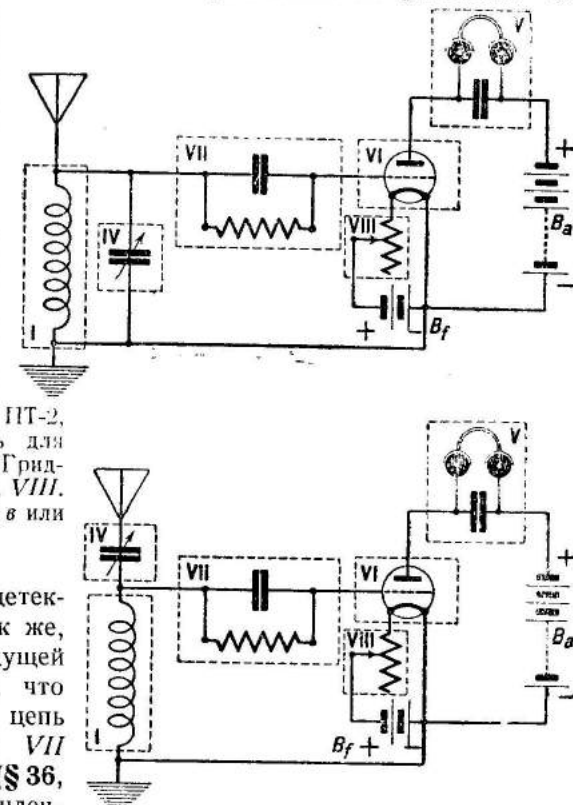


Рис. 686 и 687. Схемы ламповых приемников с сеточным детектированием (для длинных и коротких волн).

Рассмотрим подробнее этот вопрос. Пусть в некоторый момент левая обкладка конденсатора получила положительный заряд; тогда правая

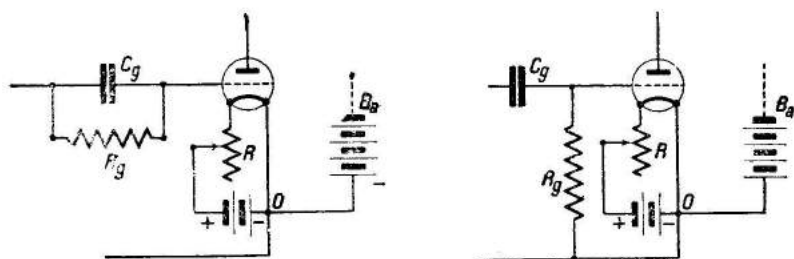


Рис. 688 и 689. Два способа включения гридлика.

обкладка заряжена отрицательно, сетка лампы — положительно. Положительный заряд сетки вызовет увеличение анодного тока. Некоторая часть электронов, испускаемых нитью лампы, попадет на сетку и уменьшит ее положительный заряд. В следующий момент, когда потенциал левой обкладки делается равным нулю, на сетке будет существовать отрицательный заряд, возникший за счет ранее попавших на сетку электронов.

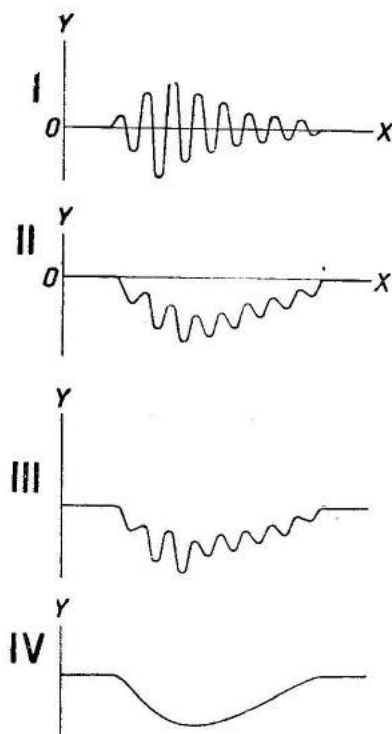


Рис. 690. Графики сеточного детектирования.

процесса. Легко видеть, что при положительном заряде левой обкладки опять произойдет частичная нейтрализация положительного заряда сетки, и, таким образом, на сетке будет идти постепенное накопление отрицатель-

ного заряда. Действительно, если бы в рассматриваемый момент лампа была не накалена, следовательно, не происходило бы частичного уничтожения положительного заряда сетки, то в тот момент, когда потенциал левой обкладки делается равным нулю, на сетке заряд также отсутствовал бы. Это произошло бы по той причине, что возникшие под влиянием электростатической индукции на правой обкладке и сетке равные и противоположные заряды уничтожили бы друг друга после исчезновения причины, вызвавшей индукцию.

В следующей фазе процесса, т. е. тогда, когда потенциал правой обкладки будет иметь отрицательное значение, заряд левой обкладки будет положительным, заряд сетки — отрицательным. Заряд сетки будет по величине больше, чем это следовало бы по закону индукции, на величину того заряда, который остался на сетке от предыдущей фазы процесса.

Легко видеть, что при положительном заряде левой обкладки опять произойдет частичная нейтрализация положительного заряда сетки, и, таким образом, на сетке будет идти постепенное накопление отрицатель-

ного заряда. Через некоторое время, когда этот заряд делается достаточно большим, изменения потенциала сетки под влиянием колебаний в переменном контуре будут всегда лежать в области отрицательных величин (рис. 690, II) и будут, следовательно, колебательно ослаблять анодный ток (рис. 690, III). Ток через телефон будет иметь характер, показанный на рисунке 690, IV.

Мегом  $R_g$  служит для стока отрицательных зарядов сетки, в противном случае величина их постепенно увеличивалась бы и, наконец, совсем прекратился бы электронный поток через лампу. Ясно, что величина сопротивления для стока зарядов должна быть подобрана такой, чтобы колебания сетки лежали в области отрицательных значений, но не переходили бы известных пределов.

Прием на ламповый приемник производится следующим образом. Вставляя в панель I одну катушку за другой (из набора корзиночных или сотовых катушек), вращают при каждой из них конденсатор от 0 до 180° и следят за появлением сигналов принимаемого передатчика. Лампа может быть накалена немного слабее нормального, о чем на первых порах нужно судить по вольтметру, впоследствии — просто на глаз. Получив с одной из катушек прием, подстраиваются возможно точнее конденсатором и меняют накал до получения наибольшего эффекта в телефоне, однако не перекаливая лампы. При приеме станций, работающих на волнах до 500 м, следует пользоваться схемой для коротких волн.

Если приемник не принимает совершенно передачи или дает слабый эффект, следует прежде всего убедиться, что:

- 1) батареи анода и накала не разрядились;
- 2) полюсы анодной батареи включены правильно;
- 3) обрывов в цепи нет и
- 4) были взяты из серии все катушки самоиндукции.

Если вскоре после начала работы в телефонной трубке начнется „вой“, то это указывает, что анодная батарея не держит напряжения и требует замены.

Затем надо искать причины в гридлике. Мегом, особенно покрытый тушью или графитом и плохо заделанный, от влияния окружающего воздуха меняет благодаря гигроскопичности свое сопротивление и, таким образом, позволяет слишком быстро стекать зарядам. Рекомендуется, наделав различных по величине сопротивлений в 1; 1,5; 2,5; 3 млн. омов, подобрать мегом для гридлика. Подбор емкости конденсатора для гридлика в некоторых случаях также сильно увеличивает эффект.

Ламповые приемники, построенные по описанным схемам, более чувствительны, чем детекторные. При непосредственной близости передатчиков вообще для приема более рационально пользоваться приемом на детектор. Однако сборка простейших приемников с анодным и сеточным детектированием важна в учебном отношении, и до тех пор, пока учащиеся не овладеют в достаточной мере „схемой“ и техникой приема, нельзя переходить к экспериментам с другими ламповыми схемами<sup>1)</sup>.

<sup>1)</sup> При сборке ламповых приемников следует обязательно применять проводники с накопечниками, устройство которых описано в § 36, 2.

Вместо лампы П-7 или ПТ-2 можно воспользоваться более совершенными лампами, работающими много лучше, чем указанные. Из них прежде всего надо упомянуть лампы: УБ-107 (см. рис. 383) с бариевым катодом, которая требует для своего накала тока в 0,08 а при 4 в; 2) УБ-152, интересную тем, что для ее накала достаточно одного аккумулятора в 2 в (0,1 а) (§ 21, 5).

Для того, чтобы выяснить преимущества новых ламп, надо сравнить прежде всего их работу в приемнике и затем потребляемые ими мощности.

**3. \* Ламповый приемник со сложной схемой.** 1) Станок для двух катушек, II. 2) Набор сотовых катушек. 3) Два переменных конденсатора, IV. 4) Панель для электронной лампы, VI. 5) Лампы П-7, ПТ-2, УБ-107, УБ-152. 6) Панель детектора и телефона, V. 7) Гридлик, VII. 8) Реостат накала, VIII. 9) Батареи 4 и 80 в или выпрямитель.

Приемники, собранные по сложной схеме (рис. 691), имеют меньшую чувствительность и большую избирательность, чем описанные в работе 2, и, кроме того, менее подвержены воздействию атмосферных разрядов и других помех. Ставить

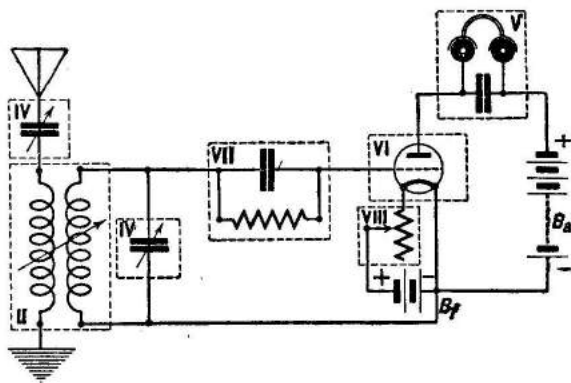


Рис. 691. Ламповый приемник со сложной схемой

сборку этих приемников в качестве отдельной работы не стоит. Надо тотчас после работы 2, не разбирая схемы, дать учащимся заменить панель I (см. рис. 686 и 687) станком II (рис. 691) и добавить второй переменный конденсатор и проэкспериментировать с приемником для сравнения его работы с приемниками, построенными по простым схемам (см. рис. 686 и 687).

#### 4. \* Ламповые приемники с питанием накала от переменного тока.

1) Панель для одной катушки, I. 2) Набор сотовых катушек. 3) Переменный конденсатор, IV. 4) Панели для электронной лампы с четырьмя-пятью гнездами, VI. 5) Лампы СО-118 и УБ-107. 6) Панель для детектора и телефона, V. 7) Гридлик, VII. 8) Потенциометр или два проволочных сопротивления по 50 ом. 9) Анодный выпрямитель. 10) Трансформатор 120/4 в.

Цель работы — познакомиться со способами включения подогревных ламп и питания обычных ламп от сети переменного тока. Ставить работу можно только в том случае, когда учащиеся овладели техникой лампового приемника § 38, 2.

Питание накала ламп в большинстве современных приемников<sup>4)</sup> производится переменным током (§ 22, 2, 3). Для этого нужно взять подогревную лампу СО-118 (см. рис. 384, § 21), требующую для своего накала напряжения в 4 в (0,9—1 а). Схема приемника собирается обычным образом с панелькой VI для лампы с пятью ножками (рис. 692—693).

<sup>4)</sup> Подразумеваются приемники переменного тока (сетевые СИ-235, ЭЧС, ЭКЛ-34, ЦРЛ-10 и т. п.)

Подогревный катод через клемму K присоединяется к общей точке O. Клеммы накала, обозначенные на панельке буквами HH, включаются ко вторичной обмотке трансформатора T, снижающего напряжения со 120 до 4 в. В качестве такого трансформатора может быть взят „силовой“ (§ 4, 2) или трансформатор ОС-0,04 для детских игрушек. Включение реостата накала не нужно, так как лампа работает вполне устойчиво при всех обычных колебаниях напряжения в осветительной сети. Для питания анодной цепи следует взять выпрямитель; лампа требует на анод от 80 до 240 в.

В схемах с анодным детектированием (рис. 693), т. е. с батареей и потенциометром в цепи сетки, возможно питание нити накала обыкновенных электронных ламп переменным током. В приемниках с сеточным детектированием получается некоторый „фон“, что, между прочим, интересно испытать на опыте. Нить накала присоединяют к трансформатору T, снижающему напряжение до 4 в через реостат R (рис. 693). Параллельно нити накала включают потенциометр в 100 ом или более, или два проволочных сопротивления (две катушки) P<sub>1</sub> и P<sub>2</sub> по 50 ом каждая. Минус анода и провода от контура присоединяют к средней точке сопротивления, т. е. между двумя катушками P<sub>1</sub> и P<sub>2</sub>, или к движку потенциометра, поставленному на середину его обмотки. Интересно, испытывая приемник, сдвинуть с середины движок потенциометра и наблюдать увеличение фона.

При пользовании лампами ПТ-2 и УБ-107 важно не перекаливать их во избежание порчи, что достигается при помощи реостата R. Накаливание двухвольтовой лампы УБ-152 переменным током не имеет никакого смысла.

Настройка приемников с питанием цепи накала от переменного тока производится обычным образом.

**5. \* Прием на рамку.** 1) Рамка, XII. 2) Переменный конденсатор, IV. 3) Гридлик, VII. 4) Панель для лампы, VI. 5) Реостат накала, VIII. 6) Электронная лампа П-7, ПТ-2 или УБ-107. 7) Панель для детектора и телефона, V. 8) Батарея накала. 9) Анодный выпрямитель.

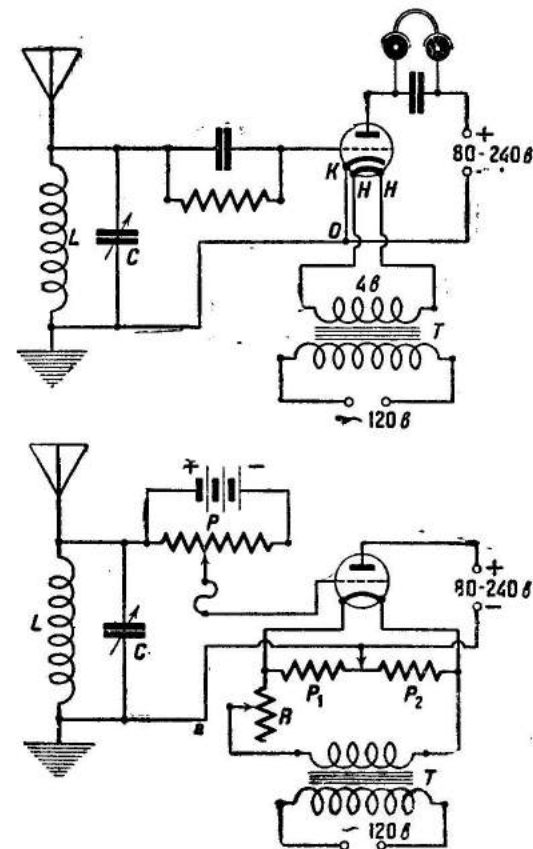


Рис. 692 и 693. Схемы ламповых приемников с подогревными лампами.



Прием на рамку (рис. 694 и 695) вместо антенны дает благодаря направляющему действию рамки большую избирательность и в большей мере свободен от тех помех, которые наблюдаются, в особенности летом.

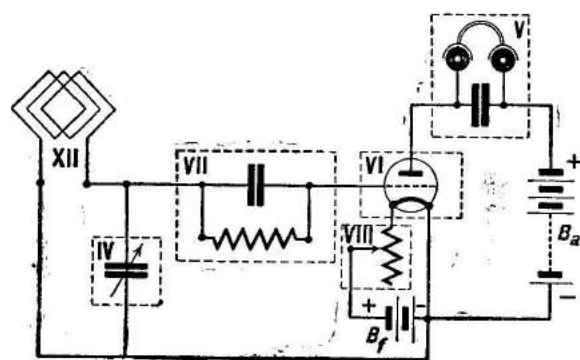


Рис. 694. Схема лампового приемника с приемом на рамку.

Параллельно рамке XII, ориентированной на передатчик, включается переменный конденсатор IV небольшой емкости в 300—500 см.

Полученный таким образом замкнутый колебательный контур обычным образом присоединяется к лампе VI.

Устройство рамки описано в § 31, 10.

Управление приемником производится обычным способом; число витков, необходимых для

включения, легко приблизительно определить по длине волны передатчика. Если направление передатчика неизвестно, то вращают рамку около вертикальной оси до получения сигналов в телефоне, все время меняя емкость конденсатора.

Вследствие незначительной действующей высоты рамки с одной лампой возможен прием только мощных, расположенных вблизи станций. Настоящая работа важна постольку, поскольку создает у учащегося навыки включения к рамке и позволяет изучить ее направляющее действие.

В случае надобности для увеличения длины волны контура с рамкой должна быть включена сотовая катушка I по схеме рисунка 695, I.

Присоединение катушки I по схеме рисунка 695, II, т. е. параллельно рамке, вызывает уменьшение длины волны контура (§ 15, 11).

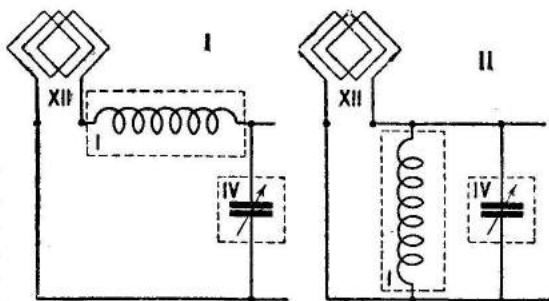


Рис. 695. Схемы включения катушек для изменения длины волны.

**6. \* Приемник с обратной связью (регенеративный).** 1) Станок для двух катушек, II. 2) Набор сотовых катушек. 3) Переменный конденсатор с верньером, IV. 4) Грид-лик, VII. 5) Панель для лампы, VI. 6) Реостат накала, VIII. 7) Панель для детектора и телефона, V. 8) Лампы П-7, ПТ-2, УБ-107 или УБ-152. 9) Батарея 4 в и анодная или выпрямитель.

В большинстве случаев, где даже ламповый приемник оказывается недостаточно чувствительным, приемник с обратной связью дает уверенный прием.

Недостатком приемника с обратной связью является его способность генерировать собственные колебания, которые излучаются антенной и, следовательно, мешают другим приемным радиостанциям, почему употребление регенеративных приемников в некоторых странах запрещено законом. Работать неопытному человеку с регенератором на наружную антенну — преступление; для обучения надо пользоваться рамкой или, в крайнем случае, комнатной антенной. Эта способность к генерированию собственных колебаний, между прочим, позволяет вести прием телеграфных сигналов радиостанций, работающих незатухающими колебаниями, что для всех приемников, описанных в предыдущих работах, является невозможным.

При рассмотрении схемы (рис. 696, I и II) приемника с обратной связью нетрудно видеть, что она отличается от схемы обыкновенного лампового приемника только катушкой  $L_2$ , включенной в анодную цепь и воздействующей на катушку  $L_1$  колебательного контура.

Действие регенеративного приемника грубо объясняется следующим образом. Колебания в антенне, хотя бы и весьма слабые, действуют на сетку лампы и вызывают изменения анодного тока. Благодаря связи между катушками  $L_1$  и  $L_2$  под влиянием этих изменений в антенне возникают усиленные колебания, которые, в свою очередь, действуют на сетку и вызывают уже более мощные колебания в анодной цепи.

Направление витков катушки  $L_2$  берется обратным по отношению к направлению обмотки катушки  $L_1$ . Степень усиления при обратной связи зависит от степени связи между катушками  $L_1$  и  $L_2$ . Катушку обратной связи обычно берут на 20—25% менее или равной по величине катушке  $L_1$ .

Изменение связи между катушками  $L_1$  и  $L_2$  достигается приближением или удалением их друг от друга, для чего пользуются станком для двух катушек II.

Кроме станков (см. рис. 619), можно пользоваться вариометром (см. рис. 303), используя одну его обмотку как катушку  $L_1$ , включающую в антенну, и другую — в качестве обратной связи  $L_2$ .

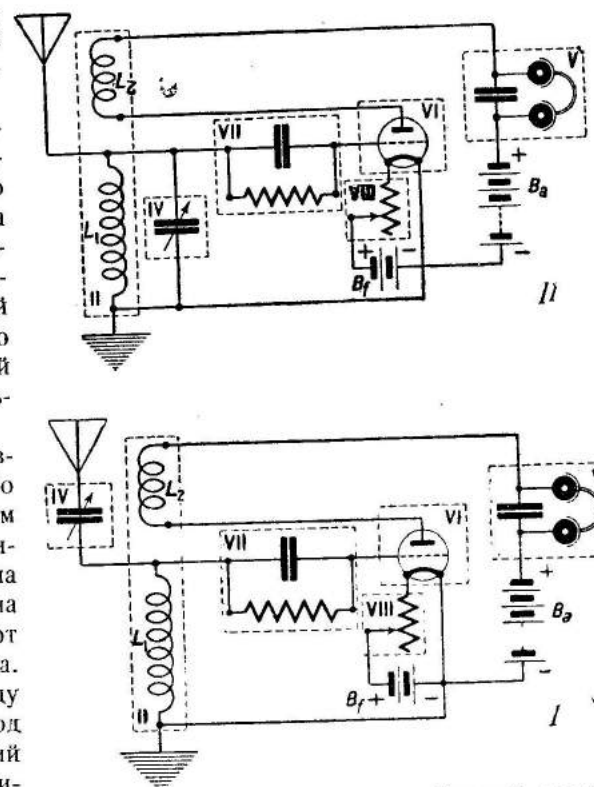


Рис. 696. Схемы приемников с обратной связью.

Переменный конденсатор IV следует взять с емкостью около 300—400 см и обязательно с верньером (§ 10, 5) или с одной дополнительной пластиной. В остальном приемник собирается так же, как и ламповый.

Прежде всего следует убедиться, что регенеративный приемник при отсутствии принимаемых сигналов способен генерировать колебания. Если приемник исправен, то при постепенном увеличении связи между катушками  $L_1$  и  $L_2$ , т. е. при приближении катушки  $L_2$  к  $L_1$ , в телефоне в момент возникновения колебаний будет слышен как бы щелчок, и затем будут слышны от времени до времени слабые звуки, напоминающие шелест или шорохи. Кроме того, признаком исправности служат щелчки в телефоне, появляющиеся в моменты прикосновения пальцем к клемме сетки лампы. При последнем способе проверки надо дать между катушками  $L_1$  и  $L_2$  достаточно сильную связь.

Чаще всего приемник не генерирует потому, что катушка обратной связи  $L_2$  включена неправильно; тогда в ней надо поменять направление тока, для чего следует поменять местами подводящие токи проводники. Следует заметить, что если катушку вынуть из гнезд, повернуть на  $180^\circ$  и затем опять вставить, то направление тока в ней не изменится и останется прежним.

Прием радиотелеграфных станций, обнаружить которые детекторный и обыкновенный ламповый приемники не в состоянии, производится следующим образом. Взяв такую степень связи между катушками  $L_1$  и  $L_2$ , при которой возбуждаются колебания, медленно поворачивают ручку конденсатора и обнаруживают при некоторых определенных емкостях появление в телефоне коротких и длинных сигналов в виде музыкальных тонов. Эти сигналы соответствуют азбуке Морзе (см. т. IV, § 6). Важно обратить внимание, что тон сигналов изменяется при изменениях емкости. Именно, сначала тон будет высокий, затем постепенно понижается, проходя весь звуковой диапазон, на мгновение исчезает и вновь появляется в виде весьма низкого. В дальнейшем тон, опять-таки охватывая весь звуковой диапазон, повышается и, наконец, исчезает. Проследить это явление можно, только пользуясь конденсатором с верньером или с дополнительной пластинкой, допускающими плавное изменение емкости и притом на весьма малые величины. Конденсатор без верньерной подачи для регенеративного приемника не годится. Описанное явление объясняется той или иной станцией, накладываемые колебания, генерируемые приемником. В результате возникают биения (§ 28, 2), которые при частотах, достаточно близких друг к другу, могут дать звуковую частоту той или иной высоты в зависимости от разности частот колебательных токов. Полное исчезновение звука после получения низкого тона соответствует числу биений менее 40 в 1 секунду, т. е. частоте, не воспринимаемой ухом, и в частности, равенству частот электромагнитных колебаний, принимаемых и генерируемых.

При приеме радиотелеграфа следует получить такой тон, который для уха является наиболее приятным и в то же время наилучше слышимым.

Если при приеме радиотелеграфа приемник должен генерировать, то для радиотелефонного приема надо связь между катушками  $L_1$  и  $L_2$

взять лишь такой, чтобы только при дальнейшем ее увеличении возникла генерация. Для приема сближают катушки до тех пор, пока в телефоне получится характерный щелчок, указывающий на возникновение собственных колебаний. Затем конденсатор медленно вращают до появления непрерывного свиста и с помощью верньера добиваются получения наиболее низкого тона. Если принимают близрасположенную станцию, то вместе со свистом обычно получается весьма искаженный прием. После появления низкого тона уменьшают связь между катушками  $L_1$  и  $L_2$  до

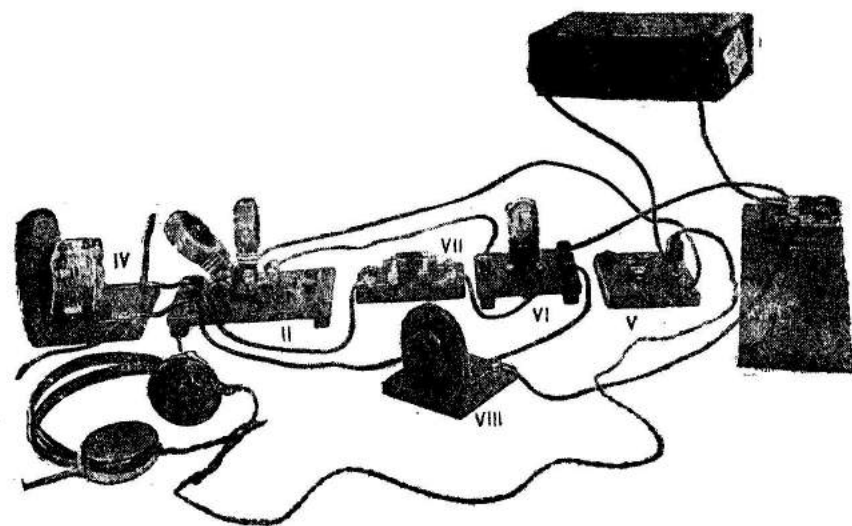


Рис. 697. Регенеративный приемник (из деталей).

получения чистого, неискаженного приема. Настройка на отдаленную станцию требует некоторого навыка, который, впрочем, легко и быстро приобретается на опыте.

Регенеративный приемник может быть собран также по сложной схеме (см. рис. 656 и 691). На рисунке 698 показана схема регенеративного приемника с ненастроенной антенной, в которую для связи с настраиваемым контуром  $C_1L_1$  включена катушка  $L_3$ ; число ее витков легко подобрать опытным путем. Избирательность регенеративного приемника с ненастраиваемой антенной будет еще больше, чем у обыкновенного регенератора.

Обратная связь в регенераторах может быть осуществлена не только при помощи катушки  $L_2$ , но и многочисленными иными способами, которые здесь не рассматриваются.

Лампы для регенератора могут быть взяты: П-7, ПТ-2, УБ-107, УБ-152 или подогревая СО-118.

**7. \* Прием на рамку с обратной связью.** 1) Рамка, XII. 2) Станок для двух катушек, II. 3) Переменный конденсатор с верньером, IV. 4) Гридлик, VII. 5) Панель для лампы, VI. 6) Лампы П-7, ПТ-2, УБ-107, УБ-152. 7) Реостат накала, VIII. 8) Панель для детектора и телефона, V. 9) Набор катушек. 10) Батареи 4 и 80 в или выпрямитель.

Для получения обратной связи в контур рамки включается катушка самоиндукции  $L$  последовательно (рис. 695 и 699) по отношению к рамке. Катушка  $L'$ , вставленная в другие гнезда станка  $II$  и включенная в анодную цепь, служит катушкой обратной связи. Необходимо иметь в виду, что катушка  $L$ , включенная по схеме рисунка 699, увеличивает длину волны контура. Конденсатор  $IV$  необходимо взять с верньером.

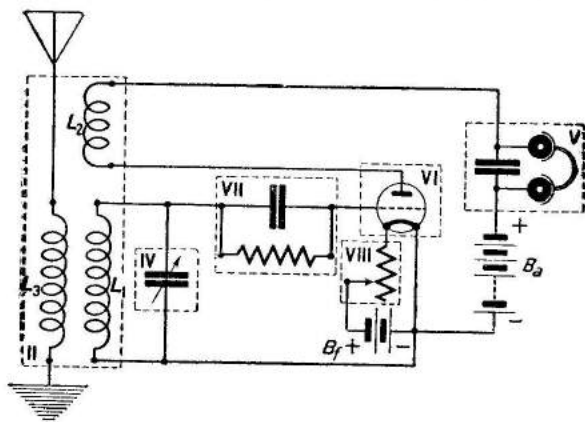


Рис. 698. Схема регенеративного приемника с не-настраиваемой антенной.

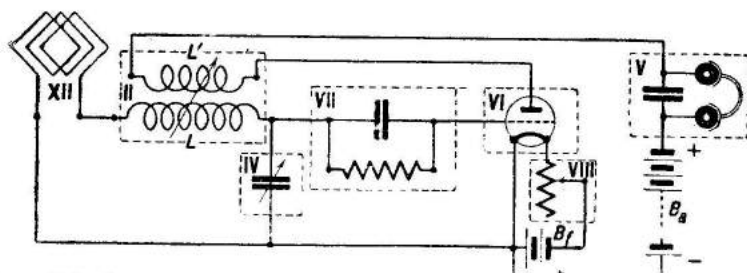


Рис. 699. Схема регенеративного приемника с приемом на рамку.

Так как излучающая способность рамки незначительна, то в случае возникновения колебаний „засорение эфира“ будет невелико.

### § 39. Простейшие двух- и трехламповые приемники и усилители.

**1. Замечание.** Двухламповый приемник представляет собой комбинацию, состоящую из лампы, усиливающей колебательные токи, и лампового детектора. Если лампой производится усиление тока, текущего в приемном контуре, без предварительного детектирования, то такой усилитель носит название усилителя высокой частоты. Усилитель низкой частоты предназначен для усиления токов, полученных после детектирования посредством лампы или кристаллического детектора.

Пользование усилителем высокой частоты имеет смысл в тех случаях, когда колебательные токи, получаемые в приемном контуре, настолько

слабы, что не могут после своего детектирования вызвать колебаний мембраны телефона.

Усиление низкой частоты практикуется для получения громкоговорящего приема.

Изучения схем усиления в школьных условиях должны быть проведены именно в тех простейших случаях, которые описаны в дальнейших работах. Работы с лампами: экранированными, варимю, пентодами и пр., можно вообще ставить только в тех случаях, когда учащиеся основательно ознакомятся с простейшими схемами усиления высокой и низкой частот с трехэлектродными лампами. Это может случиться только в таких радиокружках, в которых одни и те же учащиеся работают непрерывно в течение двух-трех лет. Наконец, главное, работа с усовершенствованными лампами почти невозможна при пользовании отдельными стандартными деталями. Подобные работы выходят из рамок школьных занятий по радио. Дело школы — познакомить с самыми основами; при желании в дальнейшем учащийся может работать самостоятельно, пользуясь, например, журналом „Радиофронт“, где обычно даются все исчерпывающие указания.

При постановке занятий по радио преподаватель должен помнить, что в погоне за последними достижениями современности он легко может соскользнуть на тот путь, который по отношению к физике осужден ЦК партии, т. е. когда за техникой исчезала сама физика.

Во всех нижеследующих схемах приемники построены с одним настраиваемым контуром, включаемым в антенну; для получения большей избирательности приемники могут собираться с двумя контурами (см. рис. 656 и 657). На схемах не показана также обратная связь, включение которой на основании принципа, изложенного в § 38, 6, может быть сделано только после того, как учащиеся совершенно овладеют изучаемой схемой усиления. Занятия по данному разделу надо начинать с усиления низкой частоты, что представляет сравнительно легкую задачу, и добиться получения громкоговорящего приема близких станций на двух основных схемах: с трансформаторами и с сопротивлениями.

**2. \* Приемник с одной и двумя ступенями усиления низкой частоты при помощи трансформаторов.** 1) Станок для одной, двух или трех катушек, *II*. 2) Переменный конденсатор, *IV*. 3) Гридалик, *VII*. 4) Три панели для лампы, *VI*. 5) Два трансформатора низкой частоты, *IX*. 6) Реостат накала, *VIII*. 7) Панель для детектора или телефона, *V*. 8) Кристаллический детектор. 9) Лампы П-7, ПТ-2, или УБ-107. 10) Репродуктор „Рекорд“. 11) Батареи 4 и 80 в или выпрямитель.

В приемнике с усилителем низкой частоты в качестве детектора могут быть использованы: кристаллический детектор (рис. 700) или лампа (рис. 701). Кристаллический детектор, вообще говоря, нежелателен, так как хотя и дает экономию в виде одной лампы, но усложняет управление.

О трансформаторах низкой частоты, способах их включения и управления усилителем см. § 19, 1—4, где изложены все основные положения.



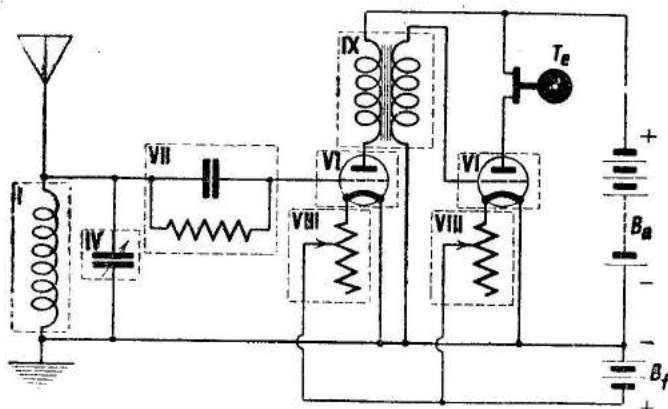
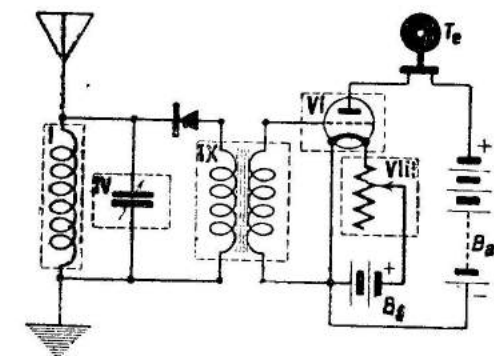


Рис. 700 и 701. Схемы приемников с одним каскадом усиления низкой частоты.

Для получения приема дальних станций можно взять обратную связь.

### 3. \* Приемник с одной и двумя ступенями низкой частоты при помощи сопротивлений.

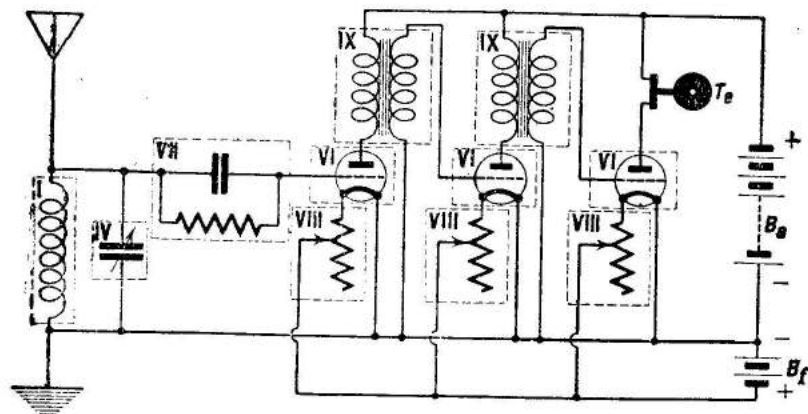


Рис. 702. Схема трехлампового приемника с двумя каскадами усиления низкой частоты.

При работе сначала следует собрать приемник с одной ступенью усиления низкой частоты и произвести прием ближней станции, которая заведомо слышна на детекторный или простой ламповый приемник. Прием ведут на телефонные трубки и затем заменяют их репродуктором „Рекорд“. В заключение добавляют еще одну ступень усиления низкой частоты по схеме рисунка 702.

Для усилителя следует пользоваться лампами ПТ-2 или УБ-107, поскольку учащиеся уже овладели техникой обращения с ними. Три лампы П-7 требуют для своего накала сравнительно сильного тока, около 1,5 а.

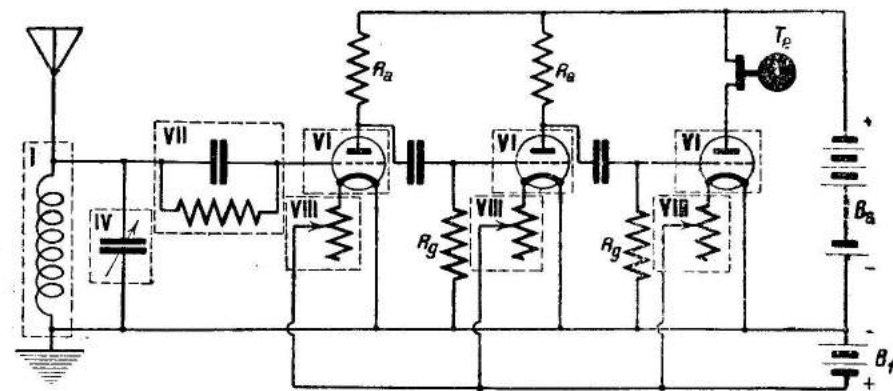


Рис. 703. Схема приемников с двумя каскадами усиления низкой частоты на сопротивлениях.

Приемник собирается из деталей сначала с одной, а затем с двумя ступенями усиления. Указания о сборке усилителя, подборе сопротивлений и пр. см. § 19, 3 (рис. 704).

4. \* Приемник с одной и двумя ступенями усиления низкой частоты при помощи дросселей. Приборы те же, что в работе 2; вместо трансформаторов надо взять: два дросселя (ДВ-16), два конденсатора емкостью 0,5 мкф и два сопротивления К а м и н с к о г о по 1—2 мгом.

Приемник собирается из деталей по схеме рисунка 705. Сначала с одной, а затем с двумя ступенями усиления низкой частоты.

О сборке усилителя, дросселях и пр. см. § 19, 4.

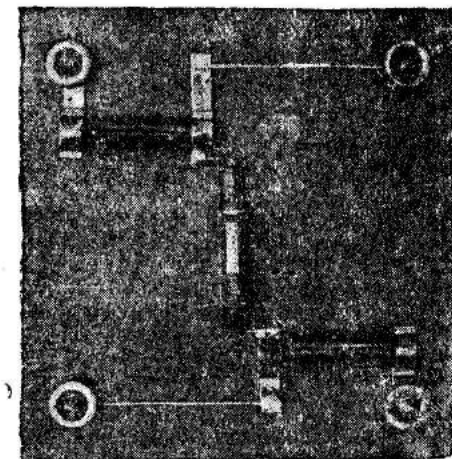


Рис. 704. Панель с элементом усиления низкой частоты на сопротивлениях.

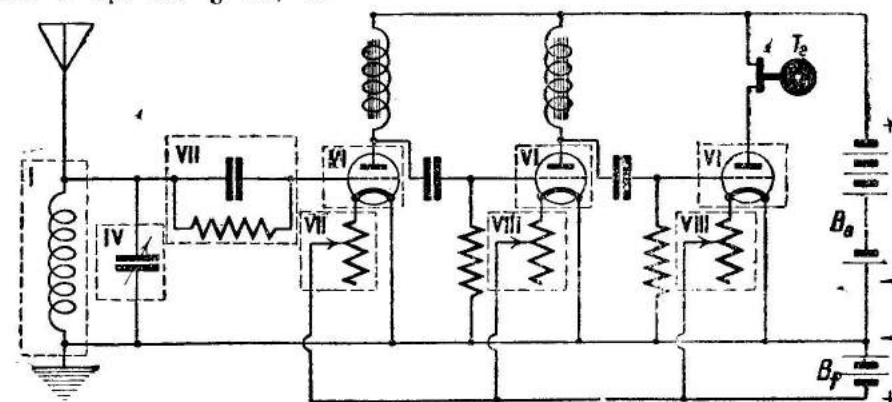


Рис. 705. Схема приемника с двумя каскадами усиления низкой частоты при помощи дросселей.

**5. \* Приемник с усилением высокой частоты при помощи сопротивления.** Приборы те же, что и в работе 2.

Приемник собирается из деталей (рис. 706) по схеме рисунка 707. Если сравнить между собой схемы рисунков 703 и 707, то видно, что гридлик  $VII$  у первой лампы отсутствует и функции детектора выполняет вторая лампа. В отличие от усилителя низкой частоты конденсатор  $C_g$  берется малой емкости ( $C_g = 200-400$  см). Емкость этого конденсатора лучше подобрать на опыте; точно так же подбирают сопротивление  $R_a = 50\,000-100\,000$  ом и сопротивление утечки  $R_g = 1-2$  мгом (рис. 706 и 707).

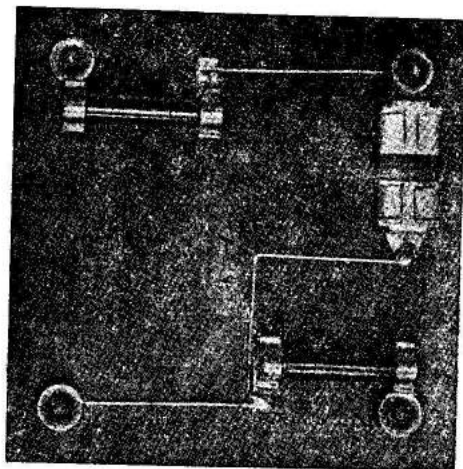


Рис. 706. Панель с элементом усиления высокой частоты на сопротивлениях.

**6. \* Приемник с усилением высокой частоты (настроенный анод).** Приборы те же, что и в работе 5, нужно добавить только: 1) панель для одной катушки, 1 и 2) переменный конденсатор,  $IV$ .

В рассматриваемом приемнике (рис. 708) в цепь анода включается настраиваемый контур, составляемый из панели  $I$  с сотовой или корзиночной катушкой  $L_1$  и переменного конденсатора  $IV$  ( $C \approx 300$  см). При приеме сначала настраивают контур антенны  $CL$  и затем контур анода  $C_1L_1$ , для чего, в частности, надо подобрать катушку из набора. Благодаря тому, что настройка производится в двух контурах, приемник отличается

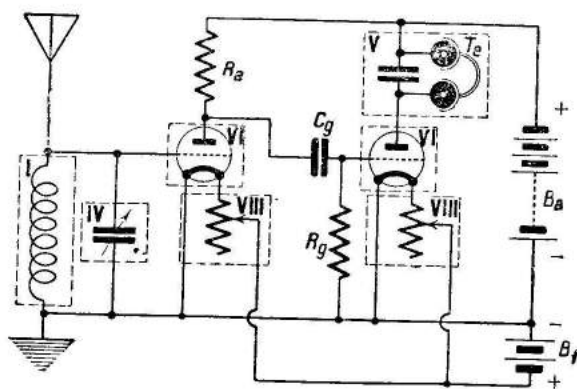


Рис. 707. Схема приемника с одним каскадом усиления высокой частоты на сопротивлениях.

**7. \* Приемник с усилением высокой частоты при помощи трансформатора.** Приборы те же, что и в работе 2.

Приемник собирается по схеме на рисунке 709, причем между первой и второй лампами включается указанным образом трансформатор высокой частоты  $T$ . Числа витков в первой и второй обмотках трансформатора

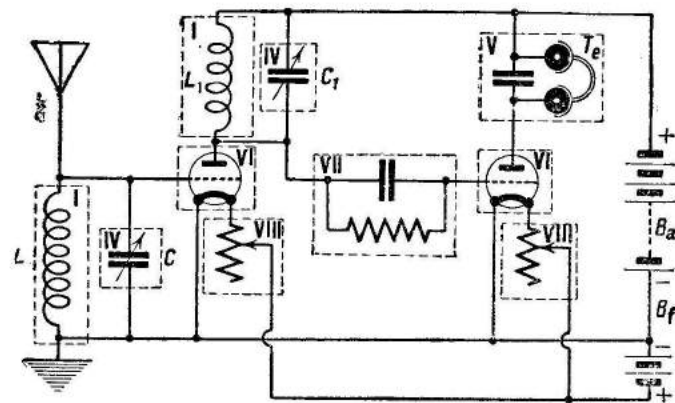


Рис. 708. Схема приемника с одним каскадом усиления высокой частоты (настроенный анод).

делаются обыкновенно одинаковыми. Надо намотать несколько трансформаторов с различным числом витков, так как каждый из них будет работать хорошо только на определенном диапазоне волн. В таблице 34 указаны данные трансформаторов.

На рисунке 710 показаны каркасы для трансформаторов, сделанные из хорошего толстого картона (например бристольского). Трансформаторы с малым числом витков наматываются на каркасы  $A$ , сначала первичная,

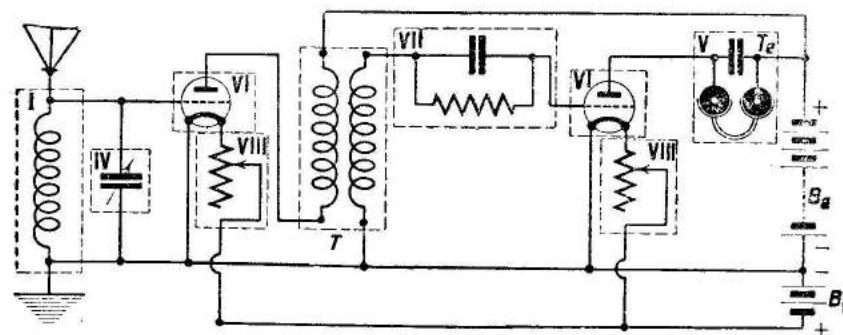


Рис. 709. Схема приемника с одним каскадом усиления высокой частоты при помощи трансформатора.

а затем на нее вторичная обмотка. Для трансформаторов с большим числом витков  $B$  обмотку надо сделать секционной, располагая поочередно секции первичной и вторичной обмоток (рис. 711). Прокладки между секциями делаются из парафинированного картона. Важно правильно соединить между собой секции обмоток. Способ соединения секций показан на рисунке 712.

Таблица 34.

Технические и конструктивные данные трансформаторов высокой частоты.

Длина волны в м	Число витков в каждой обмотке	Диаметр провода ПЭ или ПШ в мм	Внутрен- ний диа- метр $d$ каркаса в мм	Внешний диаметр $D$ (рис. 710, II) каркаса в мм	Толщина намотки одной секции в мм
190—240	30	0,15	44	50	3
200—300	45	0,15	44	56	3
300—400	80	0,15	44	68	3
400—550	150	0,15	44	72	3
550—750	240	0,15	44	75	3
750—1000	340	0,15	44	51	3
1000—2000	450	0,10	38	80	3

Трансформаторы для быстрой замены и правильного включения надо снабдить штепселями, для чего проще всего взять цоколь от негодной

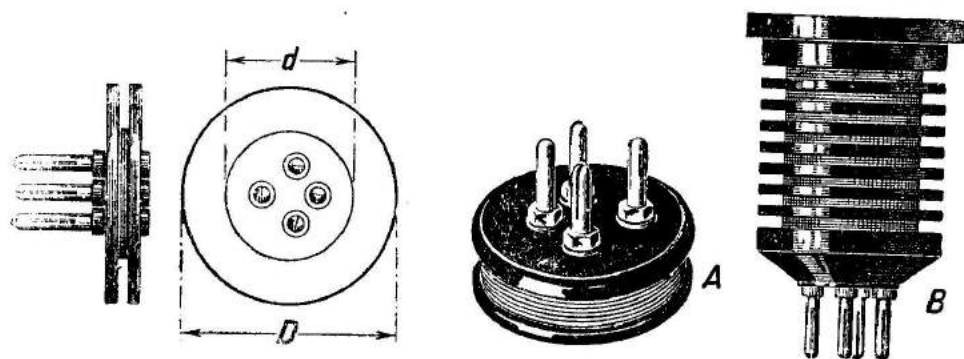


Рис. 710 и 711. Каркасы для трансформаторов высокой частоты.

электронной лампы. Для включения трансформатора можно пользоваться панелью от электронной лампы (рис. 628), сделав надписи около клемм, соответствующие схеме присоединения концов обмоток к штепселям цоколя.

8. \* Приемник с одной ступенью усиления высокой и одной ступенью низкой частоты. Приемник может быть собран из деталей в результате присоединения к одной из схем рисунков 707, 708 и 709 одной ступени низкой частоты, например так, как это показано на рисунке 713.

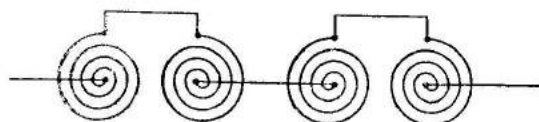


Рис. 712. Схемы соединений секций трансформатора.

### 9. \* Простейший радиотелефонный передатчик.

1) Станок для двух катушек, II. 2) Панель для одной катушки, I. 3) Набор сотовых катушек. 4) Переменный конденсатор, IV. 5) Микрофон. 6) Микрофонный трансформатор. 7) Пищик. 8) Ключ. 9) Конденсатор постоянной емкости. 10) Батареи накала и анода или выпрямитель.

Хорошо работающий радиотелефонный передатчик можно собрать из деталей по схеме рисунка 714. Антенный контур  $CL$  составляется из сотовой или корзиночной катушки  $L$  с небольшим числом витков и конден-

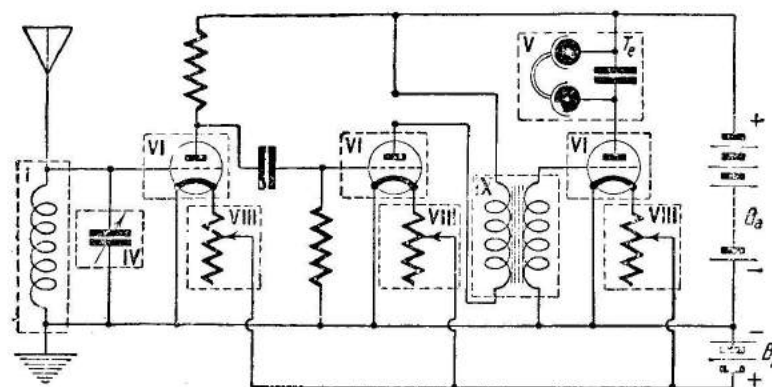


Рис. 713. Схема приемника с каскадами усиления высокой и низкой частот.

сатора переменной емкости  $C$ . Контур присоединяют к комнатной антенне и земле или противовесу (например проводу в 5—6 м длиной, положенному на пол). Катушку  $L_1$  берут также сотовую или корзиночную с таким же примерно числом витков, что и у катушки  $L$ . Передатчик будет генерировать только при определенной степени связи между катушками  $L$  и  $L_1$ , для чего их вставляют в станок II. Конденсатор  $C_1$  берут постоянной емкости (5000 — 10 000 см); дросселем  $D$  служит сотовая или корзиночная катушка с числом витков 200 — 300 или более.

Дроссель наилучшим образом будет выполнять свои функции в том случае, когда его собственная частота равна частоте, генерируемой контуром. Включение микрофона  $M$  через микрофонный трансформатор  $T$  (§ 17, 3) ясно из схемы рисунка 714. Для передачи телеграфных сигналов надо включить пищик  $P$  и ключ  $K$ .

Лампы могут быть взяты П-7, ПТ-2 или УБ-107.

Прием производится в той же комнате или в соседнем помещении на рамку или комнатную антенну на ламповый приемник, желательно с усилением низкой частоты для получения громкоговорящего приема.

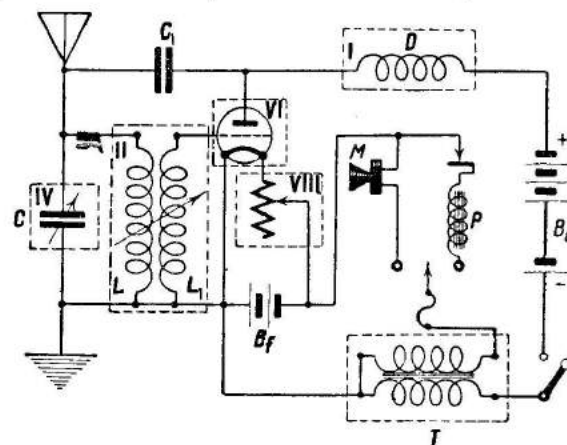


Рис. 714. Схема передатчика.



## § 40. Справочные сведения о фабричных приемниках.

**1. Замечание.** В физическом кабинете школы необходимо иметь один из современных трех- или четырехламповых приемников как для демонстрации дальнего приема (наших и зарубежных станций), так и для использования его в качестве усилителя низкой частоты при целом ряде опытов по радио и акустике.

Наконец, такой приемник позволит получить художественный прием, достаточно громкий для обычного классного помещения. Рекомендуется приобрести приемник СИ-235 или ЭКЛ-34, прием на которые удовлетворяет самого взыскательного слушателя (см. рис. 734 и 740).

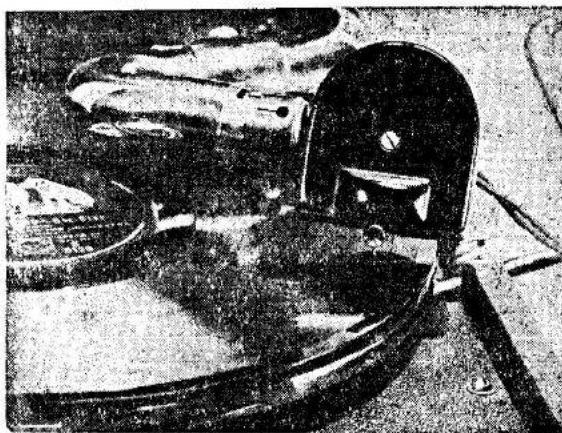


Рис. 715. Адаптер.

В этом случае адаптер (§ 17, 5) от патефона включается к клеммам или гнездам „адаптер“ возможно более коротким проводом (рис. 715). Антенна и земля приемника должны быть при этом выключены и регулятор громкости поставлен на минимум (рис. 740). Нередко при хорошем адаптере шум иглы уменьшается, и звук получается более сильным и свободным от искажений, чем при непосредственном воспроизведении на патефоне.

**2) Усиление речи.** Если к клеммам „адаптер“ включить телефонную трубку или репродуктор „Рекорд“ и говорить перед ними, то приемник дает сравнительно значительное усиление звуков. Недостаток этого способа в том, что вскоре звук, даваемый приемником, воздействуя на телефонные трубки, поведет к возникновению непрерывного воя в репродукторе приемника. Вытянуть провода и удалить трубки в другую комнату нельзя, появляется характерный свист или вой вследствие емкостной связи (образованной проводами) между сеткой лампы и катодом. Поэтому лучше в клеммы „адаптер“ включить вторичную обмотку микрофонного трансформатора (§ 17, 3), расположив его у приемника. Первичную цепь проводят в соседнее помещение, где располагают микрофон и элемент.

Для приема даже зарубежных станций с этими приемниками нет особой надобности применять наружную антенну; вполне достаточно будет комнатной антенны, протянутой вдоль или по диагонали класса (§ 31, 7).

Приемники, кроме приема, могут быть использованы для следующих целей:

1) Воспроизведение записи грампластинок.

**3) Усиление звуковой частоты** требуется во многих опытах, описанных в настоящей книге. Приемник в этом случае включается клеммами „адаптер“.

**4) Эффектна демонстрация приема на человеческое тело.** Достаточно взяться рукой за клемму „антенна“ или „земля“, чтобы при соответствующей настройке получить громкий и чистый прием местных станций.

В заключение еще раз подчеркиваем необходимость иметь в кабинете приемник СИ-235 или ЭКЛ-34 если, конечно, в школе для освещения употребляется переменный ток 120 или 220 в. Для постоянного тока эти приемники непригодны и перемонтировать их для этого тока весьма трудно.

Приобретать для школы детекторные приемники не нужно, их легко собрать из деталей (§ 37) и в случае надобности смонтировать на панели или в ящике. Из ламповых приемников, которые могут быть смонтированы самостоятельно, вместо покупки СИ-235 или ЭКЛ-34, надо указать ЭКР-14 и РФ-1, описанные в журнале „Радиофронт“ № 8 за 1933 г. и № 9/10 за 1934 г.

В настоящем параграфе помещены краткие справочные сведения о тех фабричных приемниках, которые были выпущены в продажу и получили значительное распространение. Сведения будут полезны для опытного преподавателя при ремонте, в особенности в провинции. Неопытный человек должен обращаться в мастерские, ремонтирующие радиоприемники.

**2. Детекторный приемник ЛДВ-5.** Один из первых хороших детекторных приемников, появившихся в продаже, был ЛДВ-5. Схема его и устройство показаны на рисунках 716 и 718, внешний вид изображен на рисунке 717. Антенна приключается к клемме А; земля — к клемме З. Переключатель  $K_1$  служит для включения параллельно катушке  $L$  и вариометру  $B$  постоянных конденсаторов  $C_1, C_2, C_3$  различной емкости и, таким образом, позволяет изменять длину волны скачками. Точная настройка в резонанс производится рукояткой  $B$  вариометра. Переключатель  $K_2$  служит для изменения детекторной связи.

**3. Детекторный приемник П-8** показан на рисунке 719, схема его — на рисунке 720. У приемника три клеммы:  $A_g$  — для включения антенны при приеме длинных и средних волн (перемычка  $K_4$  должна в первом случае соединять клеммы  $A_k$  и З и быть разомкнута во втором);  $A_k$  —

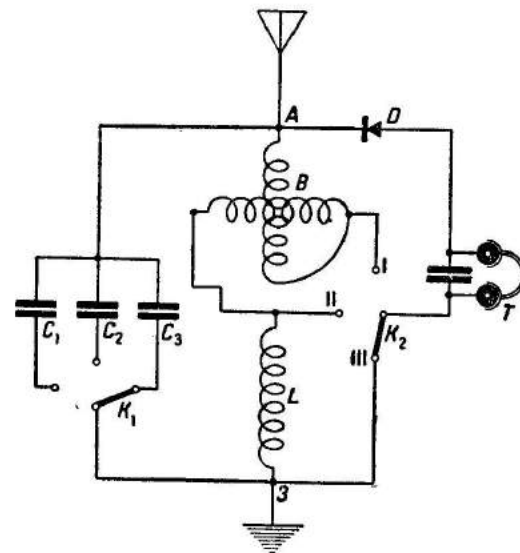


Рис. 716. Схема детекторного приемника ЛДВ-5.

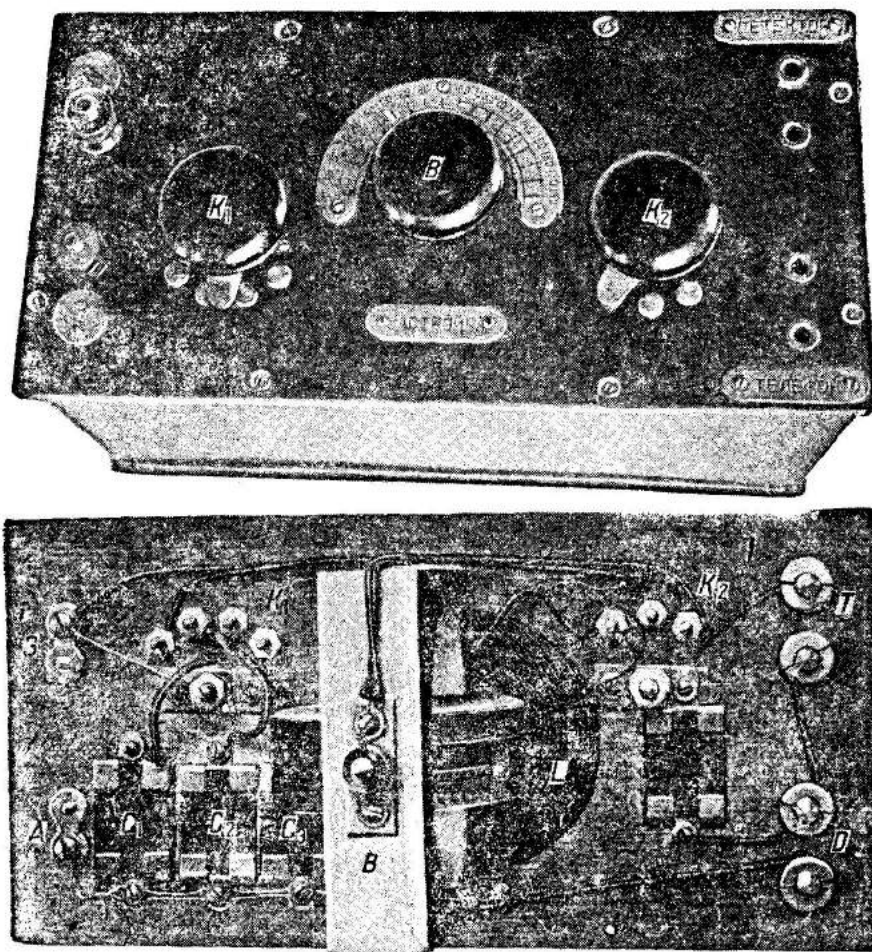


Рис. 717 и 718. Детекторный приемник ЛДВ-5 и его устройство.

Таблица 35.

Градуировка приемника П-8 при нормальной любительской антенне.

Схема	Антенна включена к клемме	Переключатель $K_1$	Деления шкалы вариометра $K$	Положение рукоятки переключателя $K_1$ (рис. 720 и 71) на контакте			
				1 (I)	2 (II)	3 (III)	4 (IV)
Короткие волны . .	$A_K$	Разомкнута	5 100	300 670	370 780	460 860	560 950
Средние волны . .	$A_g$	Разомкнута	5 100	470 1300	580 1200	720 1360	870 1510
Длинные волны . .	$A_g$	Замкнута	5 100	500 1250	700 1480	900 1675	1080 1575

для антенны при коротких волнах (перемычка  $K_4$  — разомкнута) и 3 — для земли.

Грубая настройка производится переключателем  $K_1$ , точная — рукояткой вариометра  $D$ . Переключатель  $K_2$  служит для изменения детекторной связи.

При обычной любительской антенне приемник охватывает указанные в таблице 35 диапазоны волн, в зависимости от положения переключателя  $K_1$  на той или иной клемме.

Приемник П-8 представляет собой стандартный вариометр (см. рис. 304). Его ротор  $L$  диаметром в 60 мм имеет 50 витков, сделанных проводом 0,25 ПЭ. На статоре  $B$  диаметром в 70 мм тем же проводом намотаны 118 витков, разделенных на секции: 1) 60 витков (контакты VI, VII); 2) 25 витков (I, II и VII, VIII); 3) 20 витков (II, III и VIII, IX) и 4) 48 витков (III, IV).

Конденсаторы имеют емкости 1 — в 200 см и 2 — в 2000 см.

4. „Приемник Шапошникова“. Детекторный приемник Шапошникова с вариометром пользовался среди радиолюбителей значительным распространением, благодаря тому, что его изготовление своими силами весьма просто. В школе его и теперь надо иметь для демонстрации простейшего приемника. Схема приемника показана на рисунке 722, устройство катушки и вариометра — на рисунке 723. Вариометром служит отрезок картонной трубки или деревянный цилиндр ( $d=90$  мм,  $l=70$  мм), вращающийся внутри картонной трубки ( $d=120$  мм,  $l=220$  мм). На ротор намотаны 38 витков звонкового провода. Обмотку на статоре можно сделать по образцу рисунка 723 следующим образом. Сначала наносят



Рис. 719. Приемник П-8.

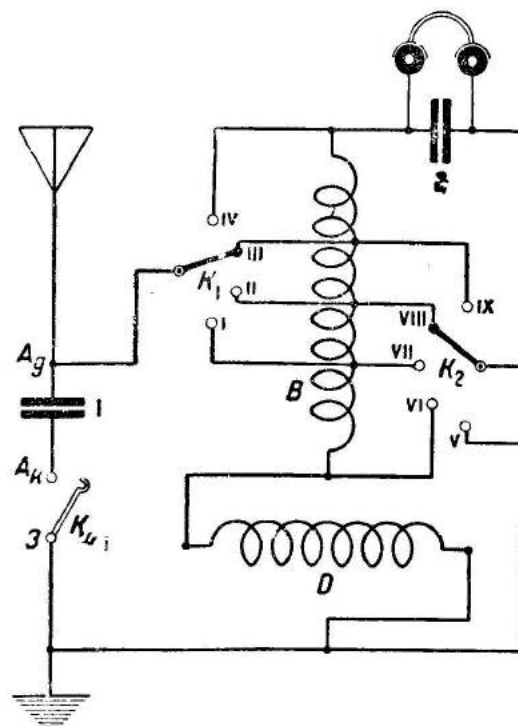


Рис. 720. Схема детекторного приемника П-8.



19 витков и, сделав отвод к контактам *IV*, оставляют следующие 8—10 мм без обмотки. Этот пояс, свободный от обмотки, служит для помещения оси вариометра. Вся остальная обмотка из 118 витков с отводами от 13 (*IV*), 48 (*III*) и 83 (*II*) витков.

### 5. Детекторный приемник „Радиолюбитель“.

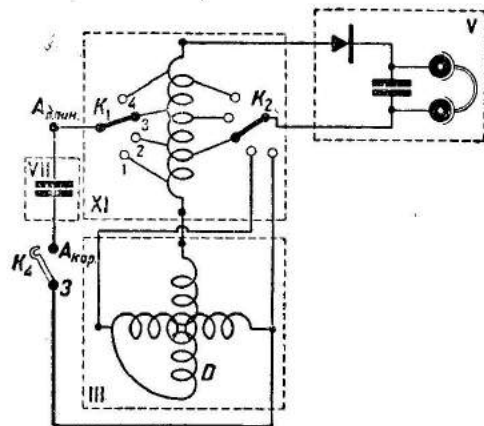


Рис. 721. Схема детекторного приемника типа П-8, собираемая из деталей.

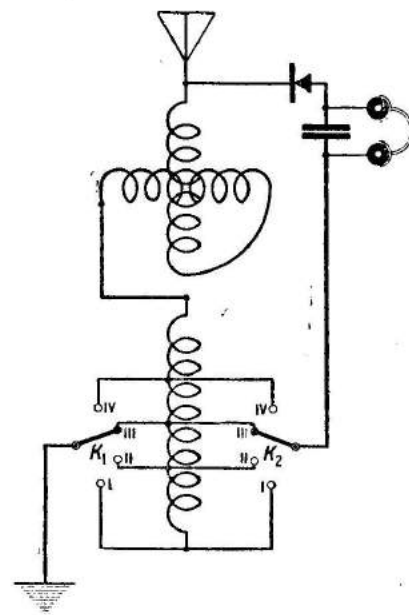


Рис. 722. Схема детекторного приемника Шапошникова.

с переменным конденсатором *C* имеет схему, показанную на рисунке 724. Клеммы две: *A* — для антенны и *Z* — для земли. Посредством коммутатора *K* конденсатор *C* может быть включен параллельно катушке *L* (длинные волны) или последовательно с ней (короткие волны). Переключатели *K1* и *K2* служат соответственно: первый — для грубой настройки, второй — для изменения детекторной связи.

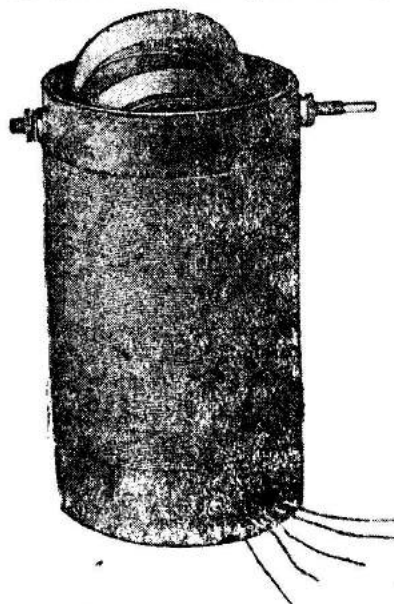


Рис. 723. Катушка и вариометр приемника Шапошникова.

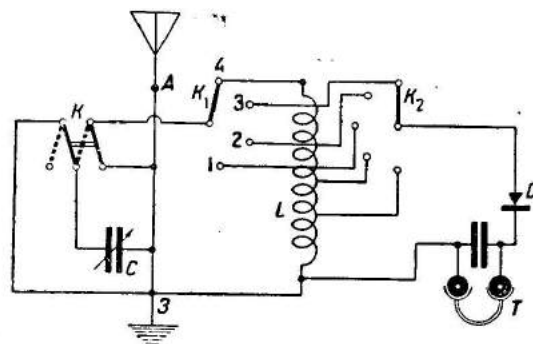


Рис. 724. Схема детекторного приемника „Радиолюбитель“.

Таблица 36.

Градировка приемника „Радиолюбитель“ при нормальной любительской антенне.

Положение рукоятки переключателя <i>K1</i> на контакте	Короткие волны		Длинные волны	
	длина волны в м		длина волны в м	
	0° конденсатора	180° конденсатора	0° конденсатора	180° конденсатора
1 . . . . .	160	290	290	520
2 . . . . .	190	350	430	770
3 . . . . .	250	520	600	1000
4 . . . . .	300	770	910	1560

6. Детекторно-ламповый приемник ПЛ-2. Приемник ПЛ-2 (рис. 725) является универсальным, позволяя получить:

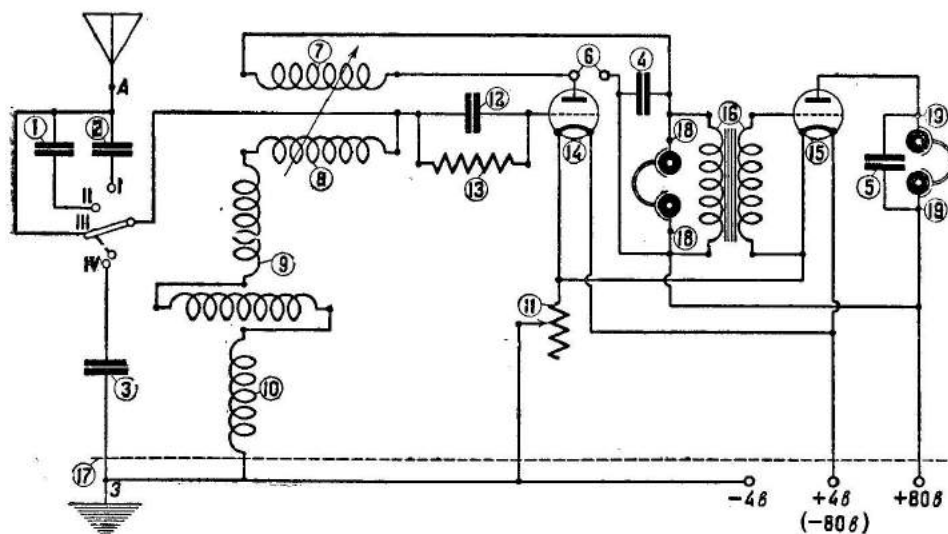


Рис. 725. Схема приемника ПЛ-2.

а) прием на один детектор, для чего детектор включается в гнезда 6 и телефон — в гнезда 18;

б) прием на детектор с усилением лампой 15 низкой частоты; для этого детектор включают в гнезда 6 и телефон — в гнезда 19;

в) регенеративный приемник на одну лампу 14, для чего телефон включается в гнезда 18;

г) регенеративный приемник (лампа 14) с усилением лампой 15 низкой частоты; для этого телефон включают в гнезда 19.

Клеммы служат для включения: *A* — антенны, *Z* — земли, — 4 в и + 4 в (— 80 в) — батареи накала, — 80 в (+ 4 в) и + 80 в — батареи анода.



Настройка грубая производится переключателем I—IV, точная — вариометром 10, изменение обратной связи — ручкой 7—8.

Приемник работает на лампах ПТ-2 или УБ-107.

Прием дальних станций ведется на телефонные трубки; ближние станции могут быть приняты на репродуктор „Рекорд“.

Приемник ПЛ-2 в настоящее время не выпускается в продажу. Данные его могут быть использованы для самостоятельного изготовления.

Таблица 37.

Технические и конструктивные данные приемника ПЛ-2.

№ на схеме рисунка 725	Название детали	Электрические данные
1	Конденсатор постоянной емкости . .	250 см
2	То же . . . . .	25 "
3	" . . . . .	550 "
4	" . . . . .	1000 "
5	" . . . . .	5000 "
6	Гнезда детектора . . . . .	—
7	Катушка обратной связи . . . . .	Цилиндрическая ( $d = 60$ мм и $l = 25$ мм) 90 витков (ПЭ — 0,2 мм)
8	Катушка контура . . . . .	Сотовая ( $d = 75$ мм) 40 витков (ПБО — 0,35 мм)
9—10	Вариометр . . . . .	Из сотовых катушек: неподвижная катушка ( $d = 75$ мм) 60 витков, подвижная ( $d = 60$ мм) 50 витков (ПБО — 0,35 мм)
I—IV	Переключатель диапазона . . . . .	—
11	Реостат накала . . . . .	—
12	Конденсатор постоянной емкости . .	150 см
13	Сопротивление Каминского . . . . .	1,5 мгом
14	Лампа ПТ-2 или УБ-107 . . . . .	—
15	То же . . . . .	—
16	Трансформатор низкой частоты . . . .	1:4 (350 и 14 000 витков провода 0,08 мм)
17	Экран . . . . .	—
18	Гнезда для телефона . . . . .	—
19	" . . . . .	—
A	Клеммы для включения антенны . . .	—
3	" . . . . .	—
—4 в и } +4 в }	Батарея накала . . . . .	—
—80 в и } +80 в }	" . . . . .	—
	анода . . . . .	—

Таблица 38.

Градуировка приемника ПЛ-2 при нормальной любительской антенне.

Шкала вариометра	Длина волны при положении ручки переключателя I—IV на:			
	контакт I	контакт II	контакт III	контакт IV
0 . . . . .	300	480	700	1000
10 . . . . .	330	505	745	1050
20 . . . . .	355	550	820	1175
30 . . . . .	400	600	910	1300
40 . . . . .	430	630	980	1400
50 . . . . .	460	650	1050	1475
60 . . . . .	490	665	1100	1575
70 . . . . .	515	715	1160	1625
80 . . . . .	550	760	1220	1725
90 . . . . .	580	800	1270	1800
100 . . . . .	590	815	1300	1850

7. Ламповые приемники БЧН и БЧЗ. Приемники БЧН и БЧЗ получили одно время широкое распространение, но в настоящее время сошли

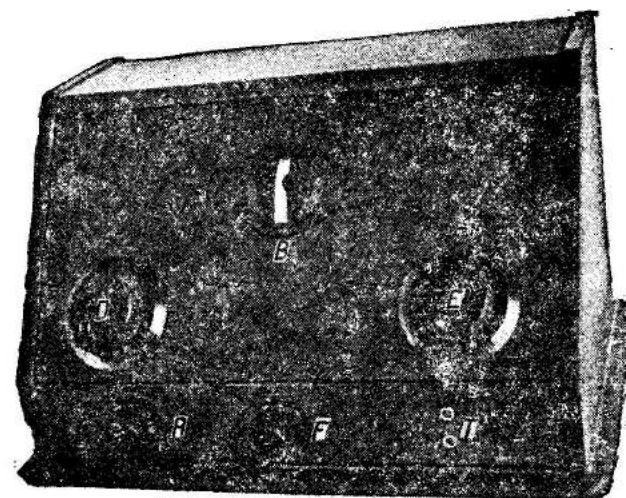


Рис. 726. Приемник БЧЗ.

со сцены как в силу ряда недостатков, так и потому, что требуют для своего питания постоянного тока (рис. 726 и 727). Приемники предназначены для ламп ПТ-2 и могут работать на лампах УБ-107.

Они дают громкоговорящий прием на репродуктор „Рекорд“; при употреблении более мощной конечной лампы (УТ-1) и повышении анодного напряжения для нее до 160 в приемники могут нагрузить два-три громкоговорителя.

Первая лампа является усилителем высокой частоты, вторая — детектором, третья и четвертая — усилителем низкой частоты (рис. 728).

Таблица 39.

Технические и конструктивные данные приемника БЧН.

№ на чертеже (рис. 728)	Название детали	Электрические данные
1 } 2 } 3 } 4 }	Гнезда для включения антенны . . . .	— — — —
5	Конденсатор постоянной емкости . .	50 см
6	То же . . . . .	300 "
7	" . . . . .	500 "
8	" . . . . .	150 "
9	" . . . . .	1000 "
10	" . . . . .	500 "
11	Переменный конденсатор . . . . .	500 "
12	Катушка анодной цепи второй лампы	13 витков (d = 70 мм) ПЭ — 0,2 мм
13	" " " первой "	33 витка (d = 70 мм) ПЭ — 0,2 мм
14	Вариометр обратной связи . . . . .	Неподвижная 22 витка Подвижная 36 витков (d = 70 мм) ПЭ — 0,2 мм
15	Катушка анодного контура первой лампы . . . . .	12 витков (d = 70 мм) ПЭ — 0,2 мм
16	Вариометр контура . . . . .	Неподвижная катушка 60 витков (d = 70 мм l = 45 мм) Подвижная 66 витков (d = 65 мм l = 25 мм) ПЭ — 0,2 мм
17	Вариометр антенного контура . . . . .	Неподвижная катушка 60 витков (d = 70 мм l = 25 мм) Подвижная 66 витков (d = 65 мм l = 25 мм) ПЭ — 0,2 мм
18	Сопротивление утечки . . . . .	2 мгом
19	Трансформатор низкой частоты . . . .	1 : 3 (4800 и 14 400 витков)
20	" " " " . . . . .	1 : 2 (5500 и 11 000 витков) ПЭ — 0,08 мм

Продолжение таблицы 39.

№ на чертеже (рис. 728)	Название детали	Электрические данные
21	Конденсатор постоянной емкости . .	0,5 мкф
22	Реостат накала . . . . .	10 ом
23	Клеммы для включения телефона . .	—
24	" " " " " . .	—
25	" " " " " . .	—
Клеммы: 3	Для включения земли . . . . .	—
—C, +C	Батареи для подачи отрицательного потенциала на сетку . . . . .	—
+4, -80, -160 } и +C, -4 } +160, -160 } +80 -80 }	Батареи накала . . . . .	—
	" 160 в . . . . .	—
	" 80 в . . . . .	—

Приемник БЧН может работать от трех ламп (клеммы для репродуктора 23, 23) и от четырех (клеммы 24, 24). Антенна включается штепсельным



Рис. 727. Клеммы для включения антенны, земли и батарей у приемника БЧЗ.

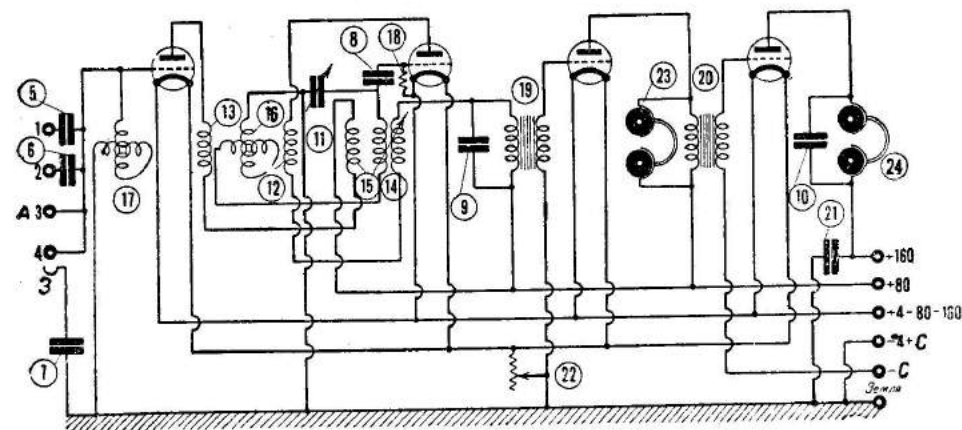


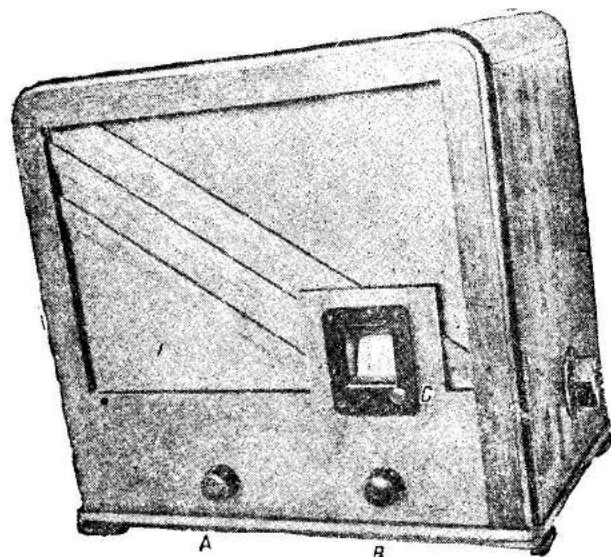
Рис. 728. Схема четырехлампового приемника БЧН.

контактом в одно из гнезд 1, 2, 3 или 4. Гнезда антенны соответствуют при нормальной любительской антенне примерно следующим диапазонам:

1 — от 300 до 520 м	3 — от 800 до 1700 м
2 — „ 500 „ 1000 „	4 — „ 1000 „ 2000 „

Точная настройка производится сначала рукояткой  $D$  антенного ва-  
риометра 17 (рис. 726) и затем рукояткой верньера  $B$ .

Рукоятка *E* служит для изменения обратной связи.  
Рукоятка *R* соединена с реостатом накала.



Настройка контура  
верньером *B* дает при-  
мерно:

Деления шкалы	Длина волны в м
10°	300
20°	450
40°	840
60°	1250
80°	1750
100°	2000

Приемник БЧЗ (см.  
рис. 726) имеет ту же  
схему, что БЧН (рис.  
728), со следующими  
изменениями:

а) Вместо штеп-  
сельных гнезд 1—4  
имеется переключатель  
диапазона *F*, что много  
удобнее.

б) Реостат накала при  
поворотах от его нулевой  
точки: по часовой стрелке  
включает четыре лампы, про-  
тив часовой стрелки — три  
лампы.

Панель для включения  
батарей антенны и земли у  
приемника БЧЗ имеет вид,  
показанный на рисунке 727.

**8. Ламповые приемники  
ЭЧС-2, ЭЧС-3 и ЭЧС-4.**  
Весьма распространенные  
приемники ЭЧС-2 и ЭЧС-3  
(экранированный четырех-  
ламповый сетевой) требуют  
отдельного репродуктора. У  
приемника ЭЧС-4 динамик  
установлен в самом прие-  
мнике (рис. 729—730.) Для  
получения художественного

Рис. 729. Приемник ЭЧС-4. *D* — переключатель диапазона; *C* — настройка; *A* — обратная связь; *B* — регулятор громкости.

воспроизведения к ЭЧС-2 и ЭЧС-3 надо включить динамик (§ 16,7).

Схемы ЭЧС-2 и ЭЧС-3 показаны на рисунках 731 и 732. Схема ЭЧС-4 отличается от ЭЧС-3 тем, что содержит устройства для подмагничивания установленного в самом приемнике динамика и фильтр к последнему (см. таблицы 40 и 41 на стр. 449 и 451).

Все указанные приемники предназначены для полного питания переменным током. Включать их в цепь постоянного тока ни в коем случае нельзя. ЭЧС-2 имеет лампы: высокая частота СО-124 (см. рис. 386), детектор СО-118 (см. рис. 384), низкая частота СО-118, оконечная УО-104 и выпрямитель ВО-116 (см. рис. 381). У ЭЧС-3 те же лампы, что у ЭЧС-2, но на детектор поставлена СО-124.

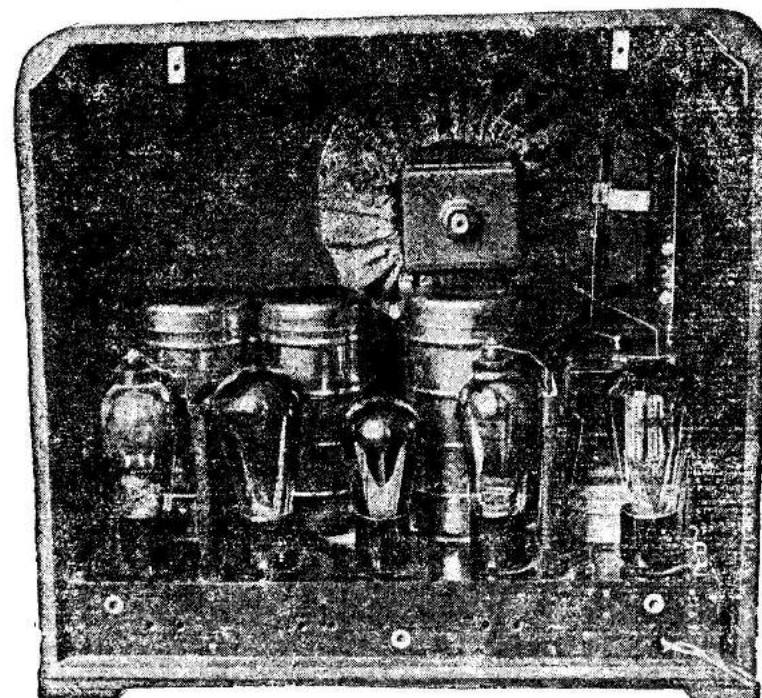


Рис. 730. Устройство приемника ЭЧС-4.

Приемники ЭЧС-3 и ЭЧС-4 одни из лучших, выпускавшихся на рынок; к сожалению, теперь их в продаже нет.

**9. Приемник „Комсомолец“ Харьковского радиозавода.** Приемник „Комсомолец“ (рис. 733) имеет динамик, вмонтированный в его ящик. Приемник предназначен для питания исключительно переменным током.

Работают следующие лампы: СО-124 — высокая частота, СО-124 — детектор, СО-122 — низкая частота (рис. 386) и ВО-202 или ВО-125 — выпрямитель (рис. 382). Для школы лучше приобрести приемник СИ-235 или ЭКЛ-34. (Данные см. в таблице 42.)

**10. Приемник ЭКЛ-34 радиозавода им. Казицкого.** Приемник ЭКЛ-34 (рис. 734—736) является лучшим из имеющихся в настоящее время, почему его особенно надо рекомендовать для приобретения в кабинет. Приемник имеет динамик, вмонтированный в ящик, и предназначен для питания исключительно переменным током (см. т. близу 43).

Работают следующие лампы: СО-124 — высокая частота (рис. 386), СО-124 — детектор, СО-118 — низкая частота (рис. 384), УО-104 — оконечная лампа, ВО-116 — выпрямитель (рис. 381, II).



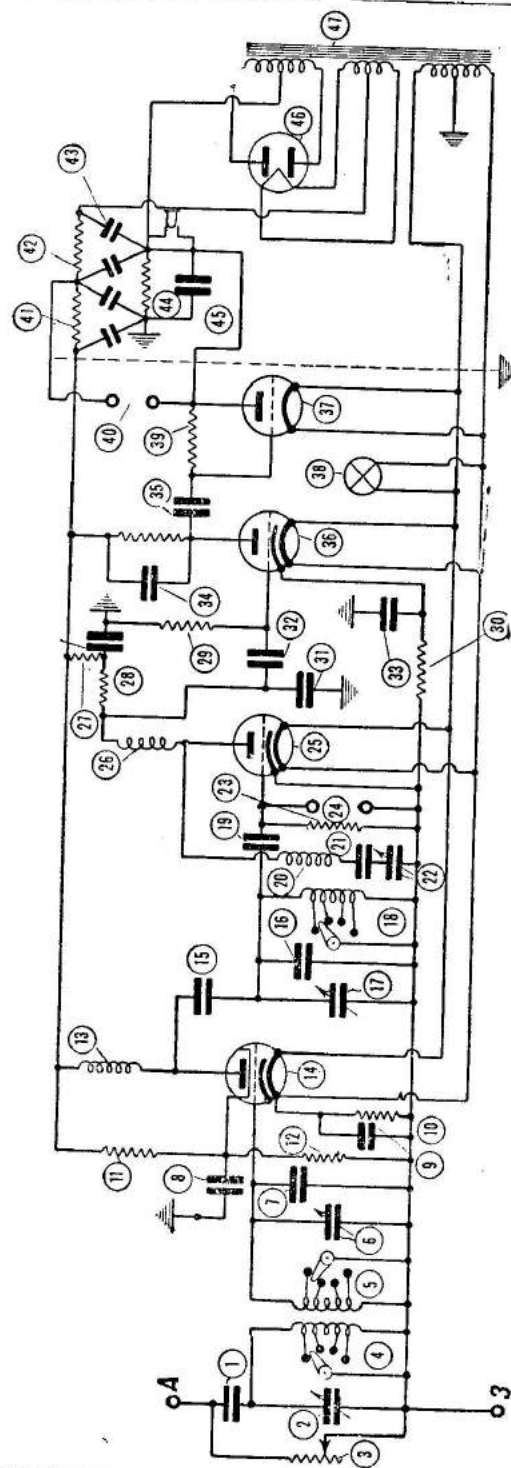


Рис. 731. Схема приемника ЭЧС-2.

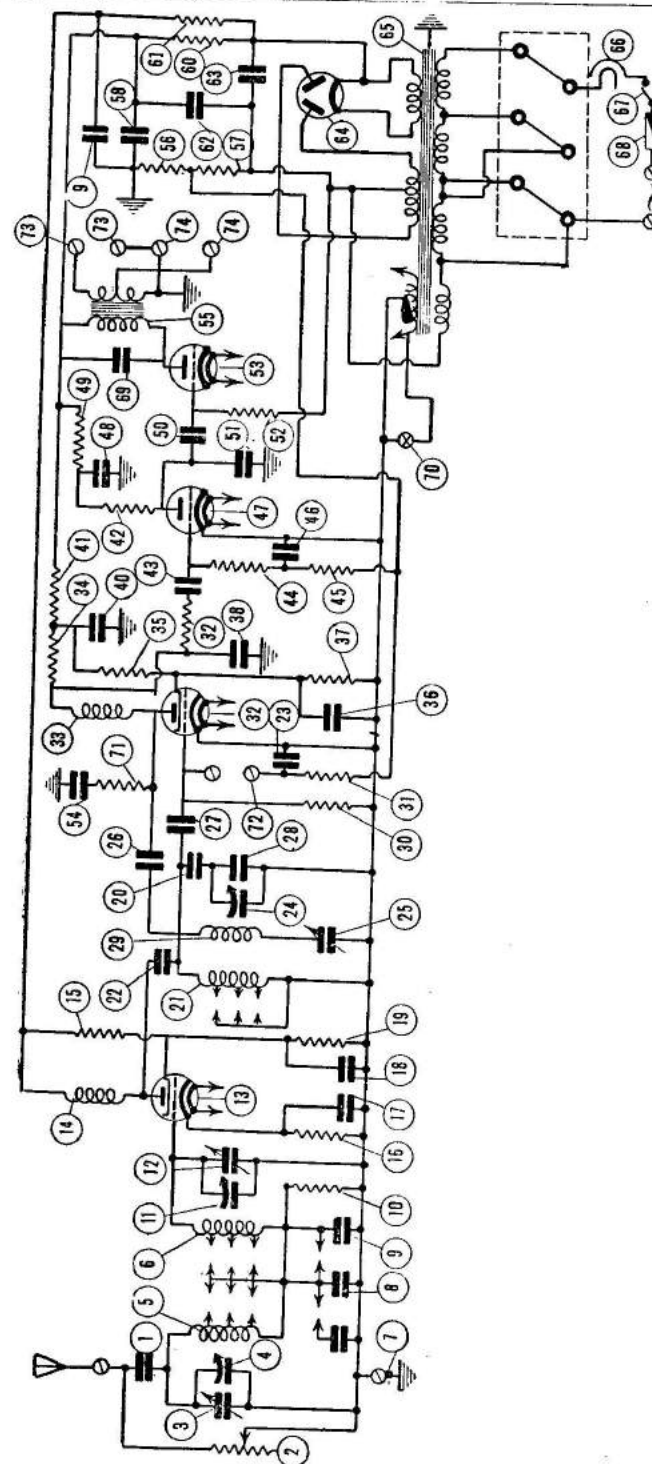


Рис. 732. Схема приемника ЭЧС-3.

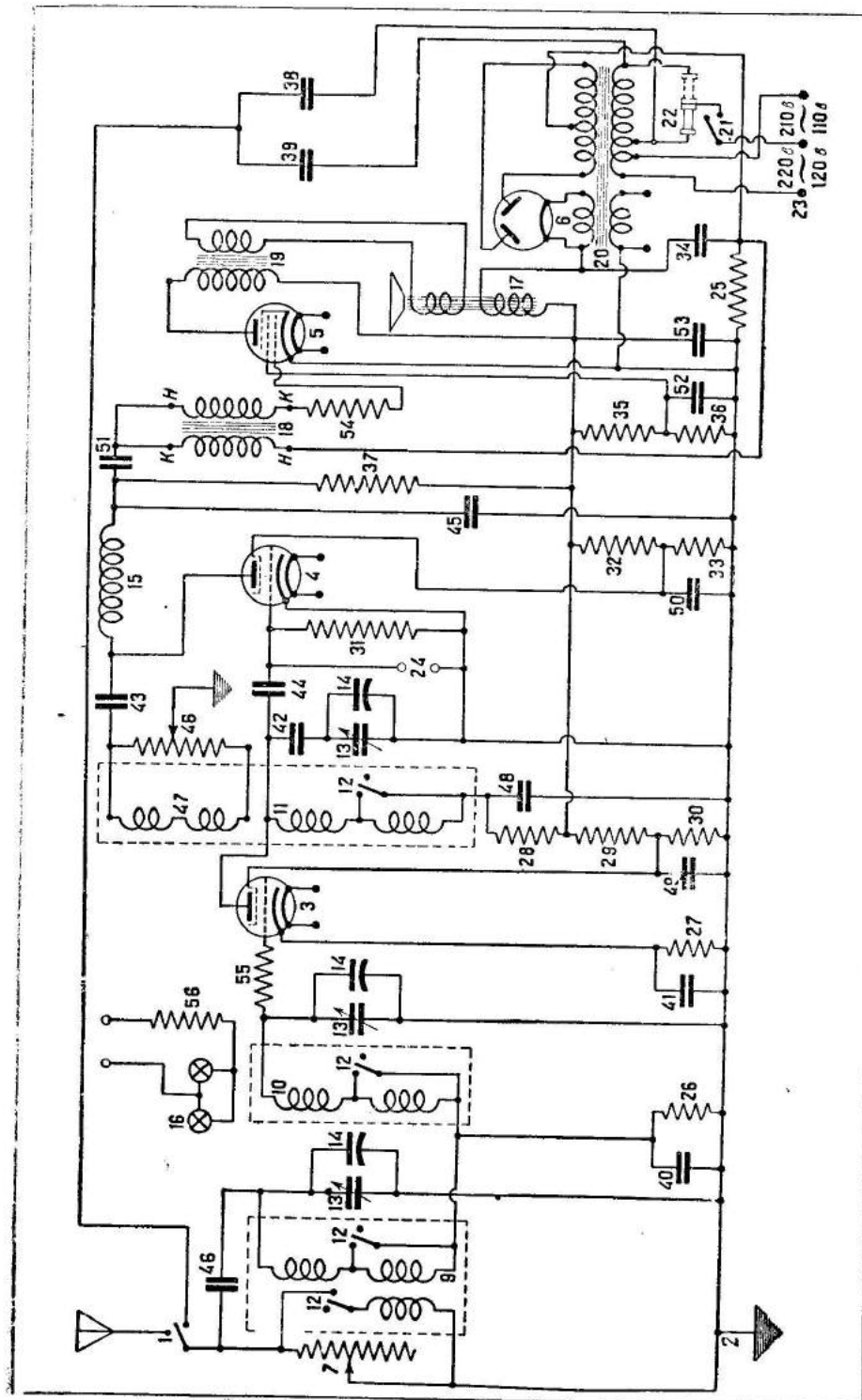


Рис. 733. Схема приемника "Комсомолец" Харьковского завода.

Таблица 40.

## Технические и конструктивные данные приемников ЭЧС-2.

№ на чертеже (см. рис. 731)	Название детали	Электрические данные
1	Конденсатор полупеременный . . . . .	30—110 см
2	переменный . . . . .	500 см
3	Регулятор громкости . . . . .	5 000 ом
4—5	Катушки настройки . . . . .	I — 1,9 мкгн II — 550 III — 220 IV — 85
6	Конденсатор переменный . . . . .	500 см
7	полупеременный . . . . .	30—110
8	постоянный . . . . .	5 000
9	Сопротивление . . . . .	5 000
10	Сопротивление . . . . .	180 ом
11	Сопротивление . . . . .	65 000
12	Сопротивление . . . . .	12 000
13	Дроссель высокой частоты . . . . .	0,07 гн
14	Лампа . . . . .	CO-124
15	Конденсатор постоянный . . . . .	500 см
16	Сопротивление . . . . .	30
17	переменный . . . . .	500
18	Катушка . . . . .	I — 1,9 мкгн II — 550 III — 220 IV — 85
19	Конденсатор постоянный . . . . .	30 см
20	Катушка обратной связи . . . . .	59 мкгн
21	Конденсатор постоянный . . . . .	5 000 см
22	переменный с твердым диэлектриком . . . . .	350—450 см
23	Сопротивление . . . . .	65 000 ом
24	Гнезда адаптера . . . . .	—
25	Лампа . . . . .	CO-118
26	Дроссель высокой частоты . . . . .	0,07 гн
27	Сопротивление . . . . .	20 000 ом
28	Сопротивление . . . . .	80 000
29	Сопротивление . . . . .	2 мгом
30	Сопротивление . . . . .	6 000 ом
31	Конденсатор постоянный . . . . .	500 см
32	То же . . . . .	5 000
33	Сопротивление . . . . .	0,1 мкф
34	Сопротивление . . . . .	200 см
35	Сопротивление . . . . .	5 000
36	Лампа . . . . .	CO-118
37	Сопротивление . . . . .	УО-104
38	для освещения шкалы . . . . .	4 в
39	Сопротивление . . . . .	2 мгом
40	Гнезда для репродуктора . . . . .	—
41	Сопротивление . . . . .	8 000 ом
42	Сопротивление . . . . .	20 000
43	Конденсаторы постоянные . . . . .	по 3 мкф
44	Сопротивление . . . . .	1 000 ом
45	Конденсатор постоянный . . . . .	0,1 мкф
46	Лампа . . . . .	BO-116
47	Силовой трансформатор . . . . .	—

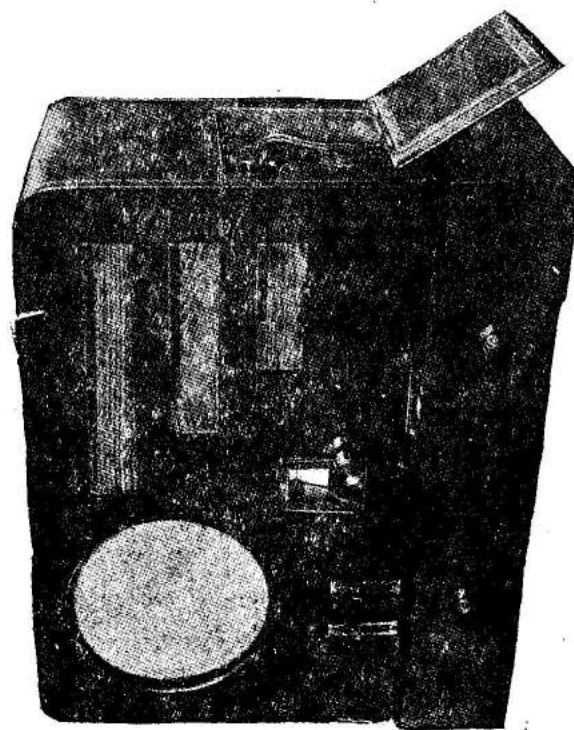
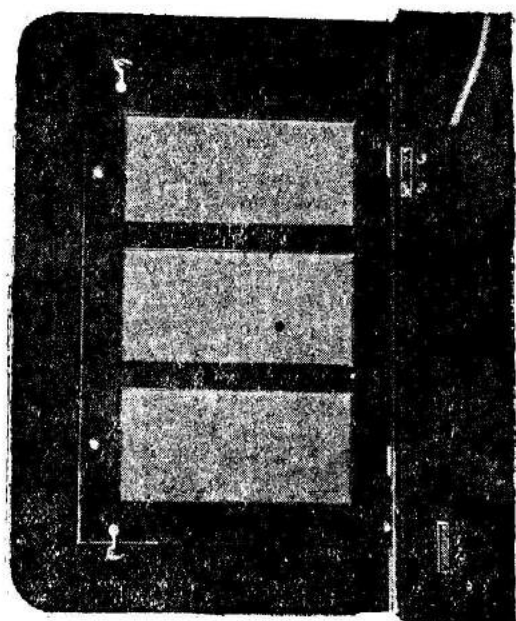


Рис. 734 и 735. Приемник ЭКЛ-34.

Таблица 41.

## Технические и конструктивные данные приемника ЭЧС-3.

№ на чертеже (см. рис. 732)	Название детали	Электрические данные
1	Конденсатор постоянной емкости . . .	30 мкмкф
2	Сопротивление регулятора громкости .	1 500 ом
3	Переменный конденсатор . . . . .	330 мкмкф
4	Полупеременный . . . . .	90
5—6	Катушка . . . . .	I — 4 472 мкГн II — 1 443 " III — 466 " IV — 136 "
7	Конденсатор постоянной емкости . . .	7 500 мкмкф
8	То же . . . . .	7 500
9	" . . . . .	15 000 "
10	Сопротивление . . . . .	1 мгом
11	Полупеременный конденсатор . . . . .	90 мкмкф
12	Переменный . . . . .	330 "
13	Лампа . . . . .	СО-124
14	Дроссель . . . . .	40 мкГн
15	Сопротивление . . . . .	65 000 ом
16	" . . . . .	1 000
17—18	Конденсатор постоянной емкости . . .	по 5 000 мкмкф
19	Сопротивление . . . . .	12 000 ом
20	Конденсатор постоянной емкости . . .	15 000 мкмкф
21	Катушка . . . . .	I — 4 472 мкГн II — 1 443 " III — 466 " IV — 136 "
22	Конденсатор постоянной емкости . . .	1 000 мкмкф
23	То же . . . . .	0,5 мкф
24	Полупеременный конденсатор . . . . .	90 мкмкф
25	Переменный . . . . .	350 "
26	Конденсатор постоянной емкости . . .	1 000 "
27	То же . . . . .	70 "
28	Конденсатор переменный . . . . .	330 "
29	Катушка . . . . .	360 мкГн
30	Сопротивление . . . . .	1 мгом
31	" . . . . .	2
32	Лампа . . . . .	СО-124
33	Дроссель . . . . .	40 мкГн
34	Сопротивление . . . . .	50 000 ом
35	" . . . . .	65 000 "
36	Конденсатор постоянный . . . . .	0,5 мкф
37	Сопротивление . . . . .	15 000 ом
38	Конденсатор постоянный . . . . .	70 мкмкф
39	Сопротивление . . . . .	0,1 мгом
40	Конденсатор постоянный . . . . .	4 мкф
41	Сопротивление . . . . .	40 000 ом
42	" . . . . .	0,5 мгом
43	Конденсатор постоянный . . . . .	5 000 мкмкф
44	Сопротивление . . . . .	1,5 мгом
45	" . . . . .	0,5
46	Конденсатор постоянный . . . . .	0,1 мкф
47	Лампа . . . . .	СО-118
48	Конденсатор постоянный . . . . .	0,1 мкф
49	Сопротивление . . . . .	0,1 мгом



Продолжение таблицы 41.

№ на чертеже (см. рис. 732)	Название детали	Электрические данные
50	Конденсатор постоянный	5 000 мк.мкф
51	Сопротивление	200
52	Сопротивление	1,5 мгом
53	Лампа	УО-104
54	Конденсатор постоянный	70 мк.мкф
55	Выходной трансформатор	—
56	Сопротивление	50 ом
57	Сопротивление	850
58	Конденсатор постоянный	3 мкф
59	Сопротивление	1,5
60	Сопротивление	1 200 ом
61	Сопротивление	15 000
62	Конденсатор постоянный	1,5 мкф
63	Сопротивление	3
64	Лампа	ВО-116
65	Силовой трансформатор	(см. рис. 92)
66	Блокировка	—
67	Выключатель	—
68	Предохранитель	—
69	Конденсатор постоянный	2 000 с.м
70	Лампа для освещения шкалы	4 в
71	Сопротивление	6 000 ом
72	Гнезда для адаптера	—
73 — 74	Гнезда для репродукторов	—

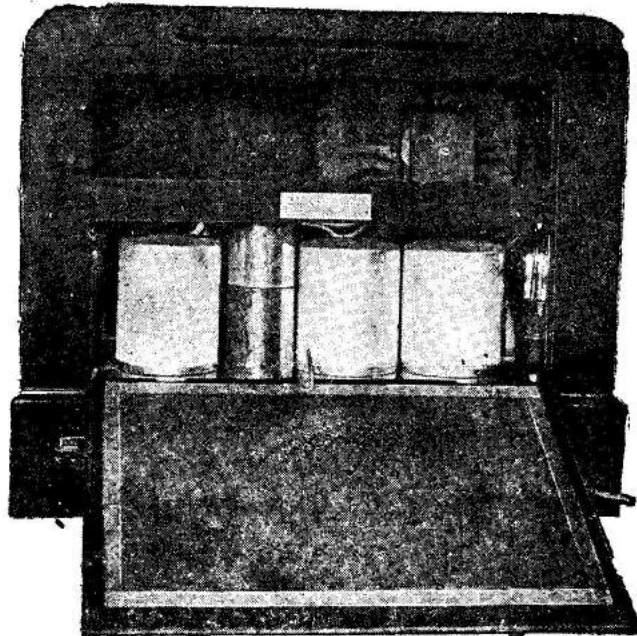


Рис. 736. Устройство приемника ЭКЛ-34.

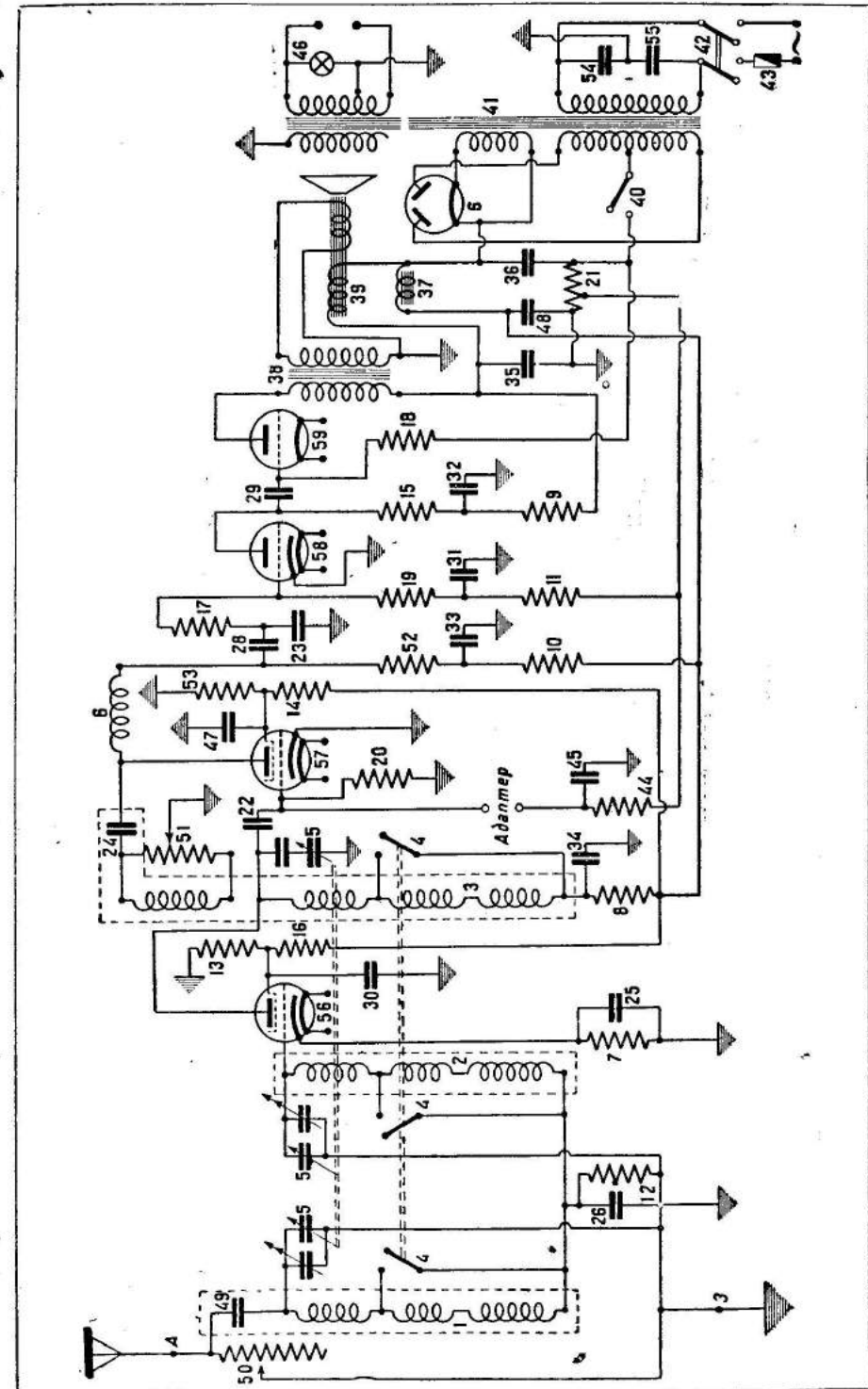


Рис. 737. Схема приемника ЭКЛ-34.

Таблица 42.

Технические и конструктивные данные приемника „Комсомолец“ Харьковского радиозавода.

№ на чертеже (см. рис. 733)	Название детали	Электрические данные	Количество
1	Зажим „антенна“ . . . . .	—	1
2	„земля“ . . . . .	—	1
3	Лампа высокой частоты . . . . .	СО-124	1
4	„ детектор . . . . .	СО-124	1
5	„ низкой частоты . . . . .	СО-122	1
6	„ выпрямитель . . . . .	ВО-202	1
7	Потенциометр . . . . .	2 500 о.м	1
8	Потенциометр . . . . .	1 500 „	1
9	Катушка антенного контура . . . . .	—	1
10	„ контура в/ч . . . . .	—	1
11	„ детекторного контура . . . . .	—	1
12	Переключение диапазона . . . . .	—	1
13	Конденсатор настройки (блок из трех конденсаторов) . . . . .	$3 \times 625$ см	1
14	Подстраивающий конденсатор . . . . .	—	3
15	Дроссель высокой частоты . . . . .	—	1
16	Лампочка освещения шкалы . . . . .	—	2
17	Громкоговоритель динамического типа . . . . .	—	1
18	Трансформатор низкой частоты . . . . .	1:3	1
19	„ выходной . . . . .	—	1
20	„ силовой . . . . .	—	1
21	Выключатель . . . . .	—	1
22	Предохранитель . . . . .	1 а	1
23	Гнезда сети . . . . .	—	3
24	„ адаптера . . . . .	—	2
25	Сопротивление смещения . . . . .	280 о.м	1
26	„ Каминского . . . . .	10 000 „	1
27	То же . . . . .	800 „	1
28	„ . . . . .	26 000 „	1
29	„ . . . . .	60 000 „	1
30	„ . . . . .	23 000 „	1
31	„ . . . . .	1 м.г.о.м	1
32	„ . . . . .	55 000 о.м	1
33	„ . . . . .	90 000 „	1
34	„ . . . . .	50 000 „	1
35	„ . . . . .	10 000 „	1
36	„ . . . . .	30 000 „	1
37	„ . . . . .	50 000 „	1
38	Конденсатор постоянной емкости . . . . .	500 см	1
39	То же . . . . .	500 „	1
40	„ . . . . .	20 000 „	1
41	„ . . . . .	10 000 „	1
42	„ . . . . .	10 000 „	1
43	„ . . . . .	330 „	1
44	„ . . . . .	100 „	1
45	„ . . . . .	100 „	1
46	„ . . . . .	30 „	1
47	Катушка обратной связи . . . . .	—	1
48	Конденсатор завода „Красная заря“ . . . . .	0,1 мкф	1
49	То же . . . . .	1 „	1
50	„ . . . . .	1 „	1

Продолжение таблицы 42.

№ на чертеже (см. рис. 733)	Название детали	Электрические данные	Количество
51	Конденсатор завода „Красная заря“ . . . . .	2 мкф	1
52	То же . . . . .	2 „	1
53	„ . . . . .	$2 \times 2$ „	—
54	Конденсатор зав. им. Орджоникидзе . . . . .	$2 \times 2$ „	—
55	Сопротивление Каминского . . . . .	500 о.м	1
56	Поглотительное сопротивление . . . . .	5 „	1

**11. Приемник СИ-235**  
завода им. Орджоникидзе. Приемник СИ-235 выпускается в продажу в значительных количествах и может быть рекомендован для приобретения в кабинет (рис. 740 — 742). Цена его с лампами сравнительно невысока — около 300 руб. Приемник, несмотря на то что динамик вмонтирован в ящик, отличается малыми размерами. Питание может производиться исключительно переменным током.

Работают следующие лампы: СО-148 — высокая частота (см. рис. 386), СО-124 — детектор (см. рис. 386), СО-122 — низкая частота (см. рис. 386) и ВО-202 или ВО-125 — выпрямитель (см. рис. 382).

Для ориентировочных сведений при приеме станций может служить таблица 44.

Ниже приведены сведения (таблицы 45 и 46), заимствованные из описания (ОНТИ, 1935 г.), прилагаемого к приемнику, об устранении некоторых неисправностей в приемнике СИ-235.

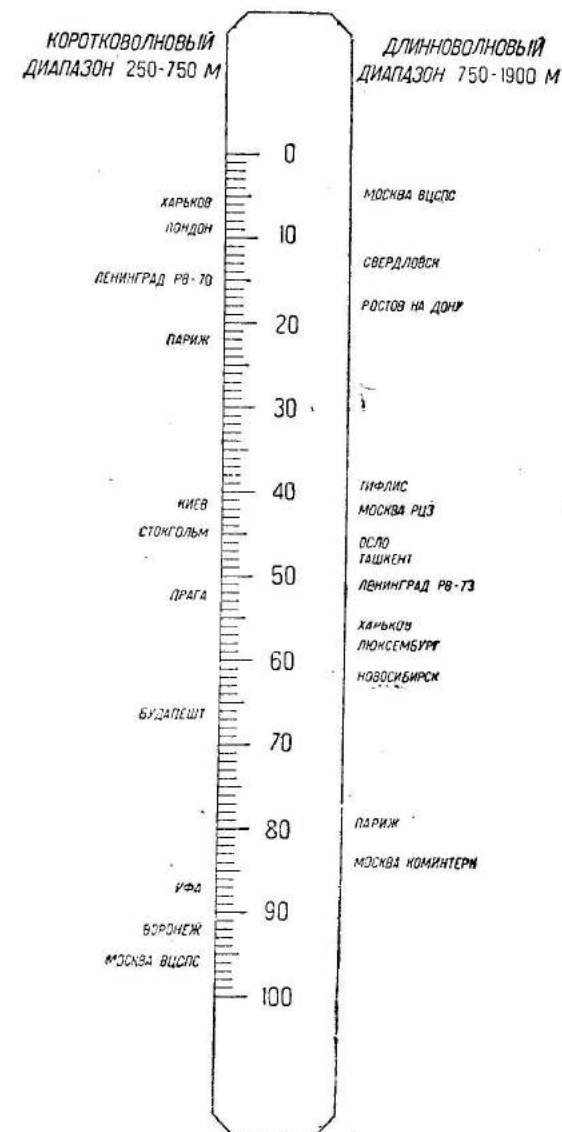


Рис. 738. Примерное распределение станций на шкале приемника ЭКЛ-34.

Таблица 43.

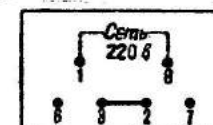
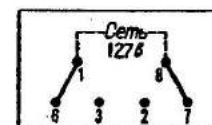
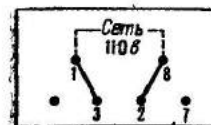
## Технические и конструктивные данные приемника ЭКЛ-34.

№ на чертеже (см. рис. 737)	Название детали	Электрические данные
1	Катушка I контура . . . . .	—
2	" II " . . . . .	—
3	III " и обратной связи . . . . .	—
4	Переключатель диапазона волн.	—
5	3 конденсатора переменной ем- кости . . . . .	540 см
6	Дроссель высокой частоты . . .	$L=0,06$ гн. Намотан на деревянном каркасе, 10 секций по 200 витков. Всего 12 000 витков.
7	Сопротивление проволочное . .	Провод ПЭ, $d=0,08$ мм $R=190$ ом. Намотано на деревянном каркасе. Про- вод константан. $d=0,15$ мм ПЭШО, 140 витков.
8	Сопротивление Каминского . . .	8 000 ом
9	То же . . . . .	10 000 "
10	" . . . . .	40 000 "
11	" . . . . .	100 000 "
12	" . . . . .	10 000—100 000 ом
13	" . . . . .	30 000 ом
14	" . . . . .	40 000 "
15	" . . . . .	50 000 "
16	" . . . . .	40 000 "
17	" . . . . .	50 000 "
18	" . . . . .	100 000 "
19	" . . . . .	500 000 "
20	" . . . . .	500 000 "
21	Сопротивление проволочное . . .	800 ом. Намотано на деревянном каркасе. Про- вод константановый $d=$ $=0,15$ мм ПЭШО. От- вод от 50 ом. Число вит- ков $300+23$ .
22	Конденсатор постоянной емкости	125 мкмкф
23	То же . . . . .	250 "
24	" . . . . .	400 "
25	" . . . . .	7 000 "
26	" . . . . .	15 000 "
27	" . . . . .	12 500 "
28	" . . . . .	$2 \times 10 000$ "
29	" . . . . .	$1 \times 10 000$ "
30	" . . . . .	2 мкф (400 в)
31	" . . . . .	0,5 " (400 ")
32	" . . . . .	2 " (600 ")
33	" . . . . .	2 " (600 ")
34	" . . . . .	2 " (600 ")
35	" . . . . .	2 " (600 ")
36	4 конденсатора постоянной ем- кости . . . . .	1 " (1000 ")
37	Дроссель фильтра . . . . .	Обмотка провода ПЭ, $d=0,1$ мм, 10 000 витков

Продолжение таблицы 43.

№ на чертеже (см. рис. 737)	Название детали	Электрические данные
38	Выходной трансформатор . . . .	Первичная обмотка 1 200 витков. Провод ПЭ, $d=0,15$ мм. Вторичная обмотка 80 витков. Про- вод ПЭ, $d=0,55$ мм.
39	Электродинамический громкого- воритель . . . . .	—
40	Блокировочный выключатель . .	—
41	Трансформатор питания . . . . .	—
42	Выключатель двухполюсный . . .	—
43	Предохранитель БОЗЕ . . . . .	(1—2 а)
44	Сопротивление Каминского . . .	100 000—500 000 ом
45	Конденсатор постоянной емкости	0,5 мкф (400 в)
46	Лампочка, освещающая шкалу. .	4 в
47	Конденсатор постоянной емкости	2 мкф (400 в)
48	То же . . . . .	2 " (600 ")
49	" . . . . .	30 мкмкф
50	Сопротивление переменное . . .	1 500 ом
51	" . . . . .	750 "
52	" . . . . .	50 000 "
53	" . . . . .	6 000 " (иногда про- волочн.)
54	Конденсатор постоянной емкости	10 000 мкмкф
55	То же . . . . .	1 000 "
56	Лампа . . . . .	CO-124
57	" . . . . .	CO-124
58	" . . . . .	CO-118
59	" . . . . .	УО-104
60	" . . . . .	ВО-116

СТАРЫЙ ТИП



НОВЫЙ ТИП

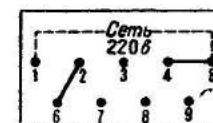
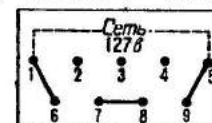
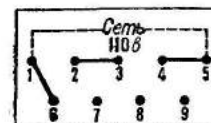


Рис. 739. Переключения для различных напряжений приемника ЭКЛ-34.



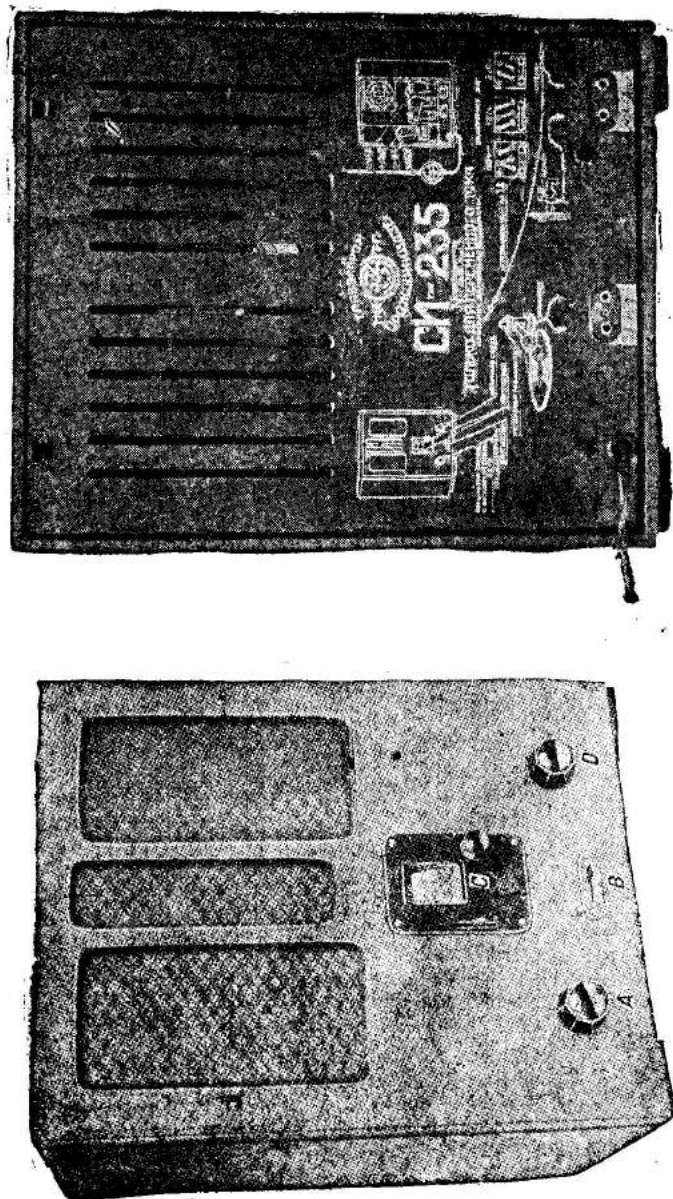


Рис. 740 и 741. Приемник СИ-235. В — переключатель диапазона; С — настройка; А — регулятор громкости; Д — обратная связь.

Таблица 44.

Градунровка приемника СИ-235.

Градусы шкалы	10°	30°	50°	70°	90°
Метры					
Короткие волны . . . . .	191	234	297	395	532
(рычаг В влево, рис. 740)					
Килогерцы	1 570	1 230	1 010	760	565
Метры					
Длинные волны . . . . .	717	843	1 055	1 364	1 815
(рычаг В вправо, рис. 740)					
Килогерцы	419	356	284	220	165

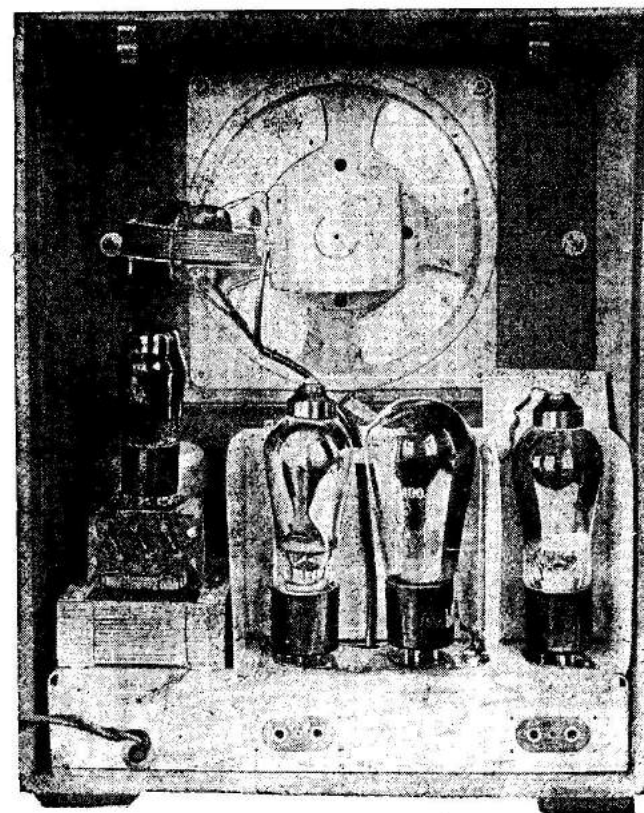


Рис. 742. Устройство приемника СИ-235.

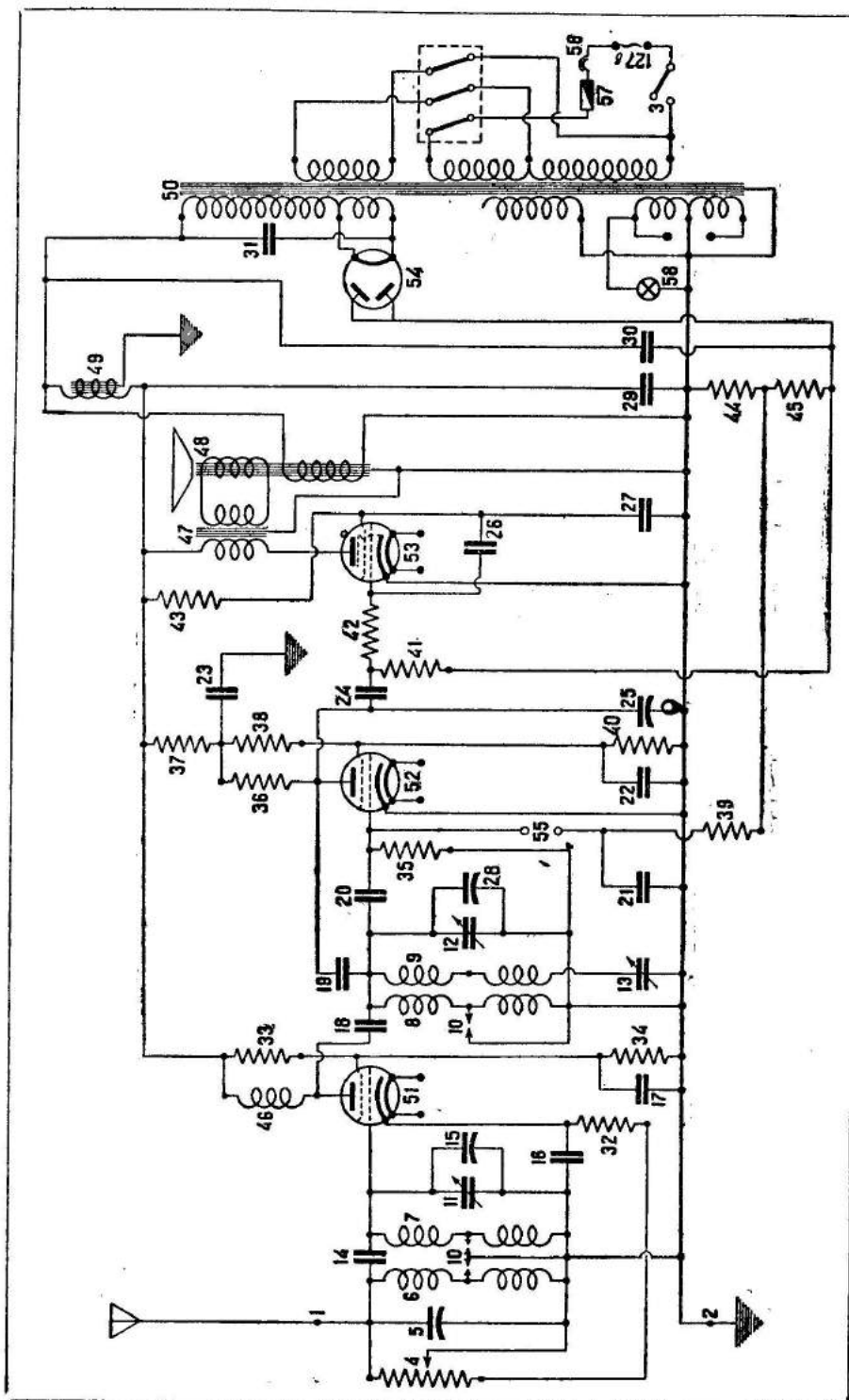


Рис. 743. Схема приемника СИ-235.

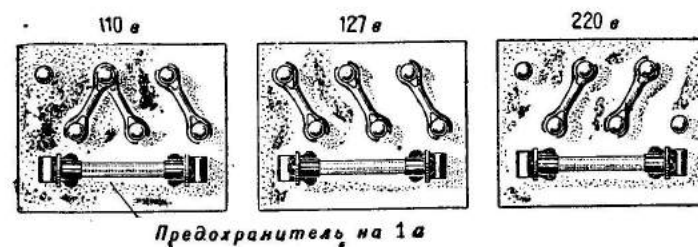


Рис. 744. Переключения трансформатора для различных напряжений приемника СИ-235.

Таблица 45.

### Технические и конструктивные данные приемника СИ-235.

№ на чертеже (см. рис. 629)	Название детали	Электрические данные
1	Гнездо „антенна“ . . . . .	—
2	„ „земля“ . . . . .	—
3	Выключатель . . . . .	—
4	Регулятор громкости . . . . .	—
5	Конденсатор полупеременный . . . . .	80 мкмкф
6	Самондукция антенного контура . . . . .	—
7	„ сеточного „ . . . . .	—
8	„ анодного „ . . . . .	—
9	„ обратной связи . . . . .	—
10	Переключатель диапазона . . . . .	—
11	Конденсатор переменной емкости . . . . .	760 мкмкф
12	„ „ . . . . .	760 „
13	„ обратной связи „ . . . . .	340 „
14	„ „ . . . . .	10 „
15	„ полупеременный . . . . .	—
16	„ бумажный . . . . .	5 000 „
17	„ „ . . . . .	5 000 „
18	„ „ . . . . .	5 000 „
19	„ „ . . . . .	5 000 „
20	„ „ . . . . .	70 „
21	„ „ . . . . .	0,25 мкф
22	„ „ . . . . .	1 „
23	„ „ . . . . .	1 „
24	„ „ . . . . .	5 000 мкмкф
25	„ полупеременный . . . . .	50 „
26	„ бумажный . . . . .	300 „
27	„ „ . . . . .	0,5 мкф
28	„ полупеременный . . . . .	—
29	„ бумажный . . . . .	3 мкф
30	„ „ . . . . .	3 „
31	„ „ . . . . .	500 мк.мкф
32	Сопротивление Каминского . . . . .	500 ом
33	То же . . . . .	50 000 „
34	„ . . . . .	25 000 „
35	„ . . . . .	1 мгом
36	„ . . . . .	80 000 ом
37	„ . . . . .	20 000 „
38	„ . . . . .	60 000 „
39	„ . . . . .	1,5 мгом
40	„ . . . . .	15 000 ом

Продолжение таблицы 45.

№ на чертеже (см. рис. 629)	Название детали	Электрические данные
41	Сопротивление Каминского . . . . .	1 мгом
42	" . . . . .	0,25 "
43	" . . . . .	15 000 ом
44	Сопротивление проволочное . . . . .	30 "
45	" . . . . .	170 "
46	Дроссель высокой частоты . . . . .	40 мкгн
47	Выходной трансформатор . . . . .	—
48	Динамик . . . . .	—
49	Дроссель фильтра . . . . .	—
50	Силовой трансформатор . . . . .	—
51	Лампа СО-148 . . . . .	—
52	" СО-124 . . . . .	—
53	" СО-122 . . . . .	—
54	" ВО-202 . . . . .	—
55	Гнезда адаптера . . . . .	—
56	Блокировка . . . . .	—
57	Предохранитель . . . . .	—
58	Лампа освещения шкалы . . . . .	4в

Таблица 46.

## Неисправности в приемнике СИ-235 и их устранение.

Признаки	Причины	Устранение
<p>А. Полное отсутствие слышимости:</p> <p>1. Не накаливаются лампы приемника. Лампочка для освещения шкалы не горит. Настольная лампа, включенная вместо приемника, также не накаливается</p> <p>2. То же, но настольная лампа накаливается</p>	<p>Нет напряжения в розетке, в ней сгорел предохранитель</p>	<p>Поставить новый предохранитель в розетку</p>
<p>3. Отсутствие гудения (фона) в репродукторе</p>	<p>1. Сгорел предохранитель в приемнике</p> <p>2. Не замкнута блокировка приемника</p> <p>Не работает выпрямитель:</p> <p>1. Отсутствует контакт между ножками кенотрона и гнездами ламповой панели</p>	<p>Сменить предохранитель. Если предохранитель вновь перегорит, обратиться в ремонтную мастерскую</p> <p>Плотнее завинтить фасонные клеммы, крепящие заднюю стенку</p> <p>Вынуть кенотрон и раздвинуть ножки</p>

Продолжение таблицы 46.

Признаки	Причины	Устранение
<p>4. Фон в репродукторе прослушивается очень слабо. При выключении приемника не слышно щелчка в репродукторе</p>	<p>2. Кенотрон перегорел или потерял эмиссию</p> <p>Не работает выходной каскад:</p> <p>1. Не присоединена контактная пружина к клемме на цоколе лампы СО-122</p> <p>2. Отсутствует контакт между ножками лампы СО-122 и гнездами ламповой панели</p> <p>3. Лампа СО-122 перегорела или потеряла эмиссию</p>	<p>Сменить кенотрон</p> <p>Присоединить</p> <p>Вынуть лампу и раздвинуть ножки</p> <p>Сменить лампу</p>
<p>5. Отсутствие щелчка при повороте ручки обратной связи. При прикосновении к гнездам адаптера не слышно гудения в репродукторе</p>	<p>Не работает детекторный каскад:</p> <p>1. Не присоединена контактная пружина к верхнему зажиму лампы СО-124</p> <p>2. Отсутствует контакт между ножками лампы СО-124 и гнездами ламповой панели</p> <p>3. Перегорела или потеряла эмиссию лампа СО-124</p>	<p>Присоединить</p> <p>Вынуть лампу и раздвинуть ножки</p> <p>Сменить лампу</p>
<p>6. При повороте ручки обратной связи щелчок есть</p>	<p>Не работает каскад усиления высокой частоты</p> <p>1. Не присоединена контактная пружина к верхнему зажиму лампы СО-148</p> <p>2. Отсутствует контакт между ножками лампы СО-148 и гнездами ламповой панели</p> <p>3. Перегорела или потеряла эмиссию лампа СО-148</p>	<p>Присоединить</p> <p>Вынуть лампу и раздвинуть ножки</p> <p>Сменить лампу</p>
<p>Б. Передача слышна в сопровождении тресков и с перерывами:</p> <p>1. При отключении антенны и заземления трески прекращаются</p>	<p>Неисправность антенны и заземления</p> <p>1. Периодическое касание антенны оттяжек, крыши, ветвей дерева и т. д.</p> <p>2. Плохие соединения в проводах антенны и заземления</p>	<p>Устранить повреждения</p> <p>Устранить касание</p>



Продолжение таблицы 46.

Признаки	Причины	Устранение
2. При отключении антенны и заземления трески продолжают	1. Плохое качество контактов между ножками ламп и гнездами ламповой панели 2. Плохо поджаты контактные пружины к верхним зажимам ламп СО-148 и СО-124 или к клемме на цоколе лампы СО-122	Проверить соединения и улучшить их Исправить контакты
В. Приемник работает нормально, лампочка для освещения шкалы не горит	Лампочка для освещения шкалы перегорела	Сменить лампочку (нормальная лампочка от карманного фонаря на 3,5 в)
Во всех других случаях неисправностей обратитесь в ближайшую ремонтную радиомастерскую.		

## ТАБЛИЦЫ.

	Стр.
1. Силовые трансформаторы для радио. . . . .	54—55
2. Самодельные трансформаторы для физического кабинета . . . . .	67
3. Основные данные газотронов завода „Светлана“ . . . . .	84
4. Электрические данные ртутных выпрямителей . . . . .	88
5. Электрические данные ртутных выпрямительных устройств . . . . .	96
6. Электрические данные купроксных выпрямителей завода им. Казанского . . . . .	99
7. Дроссели для фильтров с воздушным промежутком . . . . .	102
8. Фабричные дроссели низкой частоты для фильтров. . . . .	103
9. Счетчики однофазного тока Б <sub>2</sub> ВЭСО . . . . .	119
10. Счетчики трехфазного тока типа И ВЭСО . . . . .	120
11. Наименьшие допустимые размеры шкивов у моторов . . . . .	144
12. Перевод единиц емкостей одной системы в другую . . . . .	152
13. Электрические данные конденсаторов с металлическими обжимками и бакелитовых . . . . .	153
14. Электрические данные бумажных конденсаторов . . . . .	162
15. Электролитические конденсаторы завода „Электросила“ . . . . .	163
16. Поправочный коэффициент при расчете однослойных соленоидальных катушек . . . . .	177
17. Электрические данные соловых катушек завода „Электросвязь“ . . . . .	182
18. Электрические данные электродинамических репродукторов . . . . .	207
19. Электрические данные выходных трансформаторов . . . . .	208
20, I. Электрические данные микрофонных капсулей . . . . .	212
20, II. Индукционные катушки от телефонов МБ . . . . .	219
21. Трансформаторы низкой частоты . . . . .	222
22. Технические и электрические данные усилителя низкой частоты для адаптера и микрофона . . . . .	230
23. Детекторные пары . . . . .	232
24. Общие данные кенотронов с оксидным катодом . . . . .	243
25. Типы и параметры приемных (универсальных) ламп . . . . .	245
26. Типы и параметры усилительных ламп напряжения (триоды) . . . . .	246
27. Типы и параметры усилительных ламп мощности (триоды) . . . . .	248
28. Типы и параметры специальных ламп . . . . .	—
29. Маломощные генераторные лампы . . . . .	252
30—31. Для перерасчета длины волн на частоту и обратно, определения величины произведения LC для волн от 5 до 2000 м и частот от 60 000 до 150 килогерцов . . . . .	272—273
32. Электрические данные для квадратных рамок . . . . .	335
33. Список деталей для сборки учебных схем . . . . .	393—394
34. Технические и конструктивные данные трансформаторов высокой частоты . . . . .	432
35. Градуировка приемника П-8 при нормальной любительской антенне. . . . .	436
36. Градуировка приемника „Радиолучитель“ при нормальной антенне. . . . .	439
37. Технические и конструктивные данные приемника ПЛ-2 . . . . .	440
38. Градуировка приемника ПЛ-2 при нормальной любительской антенне . . . . .	441
39. Технические и конструктивные данные приемника БЧН . . . . .	442—443
40. Технические и конструктивные данные приемника ЭЧС-2 . . . . .	449
41. Технические и конструктивные данные приемника ЭЧС-3 . . . . .	451—452
42. Технические и конструктивные данные приемника „Комсомолец“. . . . .	454—455
43. Технические и конструктивные данные приемника ЭКЛ-34 . . . . .	456—457
44. Градуировка приемника СИ-235 . . . . .	459
45. Технические и конструктивные данные приемника СИ-235 . . . . .	461—462
46. Неисправности в приемнике и их устранение . . . . .	462—463

## ОГЛАВЛЕНИЕ.

Предисловие . . . . .	3
-----------------------	---

## Глава пятнадцатая.

## ПЕРЕМЕННЫЙ ОДНОФАЗНЫЙ ТОК.

§ 1. Действия переменного тока. Частота. . . . .	34	17. Измерение мощности однофазного переменного тока . . . . .	34
--	----	---	----

1. *Сравнение действий постоянного и переменного токов . . . . .	7
2. Колебательное движение проводника с переменным током в постоянном магнитном поле . . . . .	8
3. Колебания нити лампы, питаемой переменным током . . . . .	—
4. Измерение частоты переменного тока стробоскопическим методом . . . . .	10
5. Вибрационный частотомер . . . . .	11

## § 2. Сдвиг фаз и мощность переменного тока.

1. Основные формулы . . . . .	13
2. Типы осциллографов . . . . .	16
3. Простейший способ получения осциллограмм переменного тока . . . . .	17
4. Примитивный осциллограф . . . . .	18
5. Осциллограф из U-образного магнита и лезвия бритвы . . . . .	21
6. Осциллограф школьного типа и получение осциллограмм . . . . .	22
7. Демонстрация сдвига фаз при индуктивной нагрузке . . . . .	25
8. Демонстрация сдвига фаз при емкостной нагрузке . . . . .	27
9. Фазометр . . . . .	—
10. Измерение $\cos \varphi$ и угла сдвига фаз фазометром . . . . .	29
11. Измерение $\cos \varphi$ и угла сдвига фаз ваттметром, вольтметром и амперметром . . . . .	—
12. Измерение $\cos \varphi$ и угла сдвига фаз при помощи трех амперметров . . . . .	30
13. Измерение $\cos \varphi$ при помощи счетчика . . . . .	31
14. Принцип действия индукционных приборов (счетчиков и ваттметров) с бегущим магнитным полем (Феррарис) . . . . .	—
15. Проверка электрического счетчика . . . . .	33
16. Вращение металлического диска в бегущем поле (мотор Феррариса) . . . . .	34

## § 3. Прибор Э. Томсона.

1. Типы приборов Томсона . . . . .	35
2. Индуктивное отталкивание . . . . .	38
3. Вращение диска при частично заэкранированном переменном магнитном поле (принцип Бенишке) . . . . .	42

## § 4. Трансформатор и модель передачи электрической энергии на расстояние.

1. Типы трансформаторов . . . . .	43
2. Трансформаторы и их модели . . . . .	44
3. Простейший самодельный автотрансформатор . . . . .	63
4. Некоторые практические указания для постройки трансформаторов . . . . .	64
5. Принцип действия трансформатора . . . . .	68
6. *Питание звонка от трансформатора . . . . .	69
7. *Зависимость напряжения во вторичной обмотке трансформатора от соотношения чисел витков первичной и вторичной . . . . .	—
8. Расширение показаний амперметра и вольтметра посредством трансформатора . . . . .	—
9. Демонстрация электросварки . . . . .	71
10. Принцип индукционной печи низкой частоты . . . . .	—
11. Потери на токи Фуко и гистерезис в сердечнике . . . . .	72
12. Модель передачи электроэнергии на расстояние . . . . .	73

## § 5. Источники переменного однофазного тока и моторы.

1. Телефонный индуктор . . . . .	74
2. Модели генераторов переменного тока . . . . .	75

3. Коллекторный мотор . . . . .	76	2. Электролитические выпрямители . . . . .	82
4. Модели синхронного мотора . . . . .	78	3. Газовые выпрямители . . . . .	—
5. Асинхронные моторы . . . . .	80	4. Ртутные лампы и выпрямители . . . . .	84
§ 6. Выпрямители и ртутные лампы. . . . .		5. Купроксные выпрямители . . . . .	96
1. Типы выпрямителей . . . . .	82	6. Кенотронные выпрямители . . . . .	99
		7. Механический выпрямитель . . . . .	109

## Глава шестнадцатая.

## ТРЕХФАЗНЫЙ ТОК.

§ 7. Генератор и цепь трехфазного тока. . . . .		4. Измерение мощности трехфазного тока ваттметром ВЮ . . . . .	122
1. Некоторые сведения о трехфазном токе . . . . .	110	5. Измерение работы и мощности трехфазного тока вольтметром и амперметром . . . . .	123
2. Демонстрационные модели генератора трехфазного тока . . . . .	111	§ 9. Асинхронные электродвигатели трехфазного тока. . . . .	
3. Принцип получения трехфазного тока . . . . .	112	1. Методические замечания . . . . .	123
4. Осциллограммы трехфазного тока . . . . .	113	2. Вращение катушки с током во вращающемся поле магнита . . . . .	127
5. Аналогия четырехпроводной цепи трехфазного тока . . . . .	114	3. Спектр вращающегося магнита . . . . .	—
6. Аналогия соединения обмоток треугольником . . . . .	116	4. Спектр вращающегося магнитного поля . . . . .	—
7. Включение ламп в трехпроводную цепь трехфазного тока треугольником или звездой . . . . .	—	5. Вращение плавающего витка во вращающемся поле магнита . . . . .	128
8. Включение ламп в четырехпроводную цепь трехфазного тока звездой или треугольником . . . . .	117	6. Диск Араго . . . . .	129
9. Трансформатор трехфазного тока . . . . .	—	7. Вращение магнитной стрелки во вращающемся магнитном поле . . . . .	—
§ 8. Мощность и энергия трехфазного тока. . . . .		8. Универсальная модель и основные опыты с вращающимся магнитным полем . . . . .	132
1. Типы и способы включения индукционных счетчиков . . . . .	118	9. Модель асинхронных моторов . . . . .	139
2. Измерение энергии и мощности трехфазного тока счетчиком . . . . .	119	10. Типы технических моторов . . . . .	142
3. Измерение мощности трехфазного тока ваттметром ВИТ . . . . .	121	11. Соединение у технических моторов обмоток статора звездой и треугольником . . . . .	145
		12. Число оборотов мотора . . . . .	—
		13. Изменение направления вращения . . . . .	147
		14. Пуск мотора и пусковые приспособления . . . . .	148

## Глава семнадцатая.

## ЕМКОСТЬ В ЦЕПИ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА НИЗКОЙ И ВЫСОКОЙ ЧАСТОТЫ.

## § 10. Типы конденсаторов.

1. Единицы для измерения емкости . . . . .	152
2. Лейденская банка . . . . .	—
3. Постоянные конденсаторы . . . . .	153
4. Электролитические конденсаторы . . . . .	159
5. Конденсаторы переменной емкости . . . . .	163

## § 11. Емкость в цепи постоянного тока.

1. Зарядка конденсатора постоянным током . . . . .	167
2. Обнаружение зарядного и разрядного тока посредством гальванометра . . . . .	168
3. Обнаружение зарядного и разрядного тока . . . . .	—

рядного тока посредством лампочек . . . . .	169	4. Параллельное соединение конденсаторов . . . . .	171
§ 12. Емкость в цепи переменного тока.		5. „Зарядка“ конденсатора переменным током . . . . .	—
1. „Проводимость“ конденсатора для переменного тока . . . . .	169	§ 13. Измерение емкостей.	
2. Измерение емкостного сопротивления и емкости конденсатора вольтметром и амперметром (на низкой частоте) . . . . .	170	1. *Измерение емкостей порядка микрофарады . . . . .	172
3. Последовательное соединение конденсаторов . . . . .	171	2. *Измерение емкостей блокировочных конденсаторов на низкой частоте . . . . .	173
		3. *Измерение емкостей блокировочных конденсаторов на высокой частоте . . . . .	174

## Глава восемнадцатая.

## САМОИНДУКЦИЯ.

§ 14. Катушки самоиндукции.		3. Обнаружение тока самоиндукции ощущением . . . . .	187
1. Единицы для измерения самоиндукции. . . . .	175	4. Обнаружение тока самоиндукции при помощи искры . . . . .	—
2. Типы катушек самоиндукции . . . . .	—	5. Накаливание лампочки на 120 в токами самоиндукции . . . . .	188
3. Однослойные цилиндрические катушки . . . . .	—	6. Медленное нарастание тока в цепи с самоиндукцией . . . . .	189
4. Многослойные цилиндрические катушки . . . . .	178	7. Направление самоиндуцированных токов . . . . .	190
5. Сотовые катушки . . . . .	179	8. Индуктивное сопротивление и его изменение . . . . .	192
6. Корзиночные катушки . . . . .	181	9. *Измерение индуктивного сопротивления и коэффициента самоиндукции на низкой частоте. . . . .	194
7. Вариометр . . . . .	183	10. Измерение коэффициента самоиндукции на высокой частоте. . . . .	195
§ 15. Явление самоиндукции.		11. Параллельное и последовательное соединения катушек самоиндукции . . . . .	—
1. Гидродинамическая аналогия самоиндукции при размыкании. . . . .	185		
2. Обнаружение тока самоиндукции при помощи лампочки . . . . .	186		

## Глава девятнадцатая.

## ТЕЛЕФОН. УСИЛИТЕЛЬ НИЗКОЙ ЧАСТОТЫ.

§ 16. Телефонные трубки и репродукторы.		§ 17. Микрофон.	
1. Общие сведения о трубках . . . . .	196	1. Общие сведения о микрофонах. . . . .	210
2. Обращение с трубками и устранение неисправностей . . . . .	197	2. Микрофонные капсулы . . . . .	—
3. Трубки с прямыми магнитами . . . . .	199	3. Микрофонный трансформатор . . . . .	212
4. Микрофонная трубка. Трубка для радиоприема . . . . .	200	4. Микрофон ММ . . . . .	213
5. Типы репродукторов . . . . .	201	5. Адаптер . . . . .	—
6. Электромагнитные репродукторы . . . . .	203	§ 18. Простейшие телефонные цепи.	
7. Динамики . . . . .	205	1. Простейшая цепь с микрофоном и телефоном . . . . .	216

2. Двухсторонняя связь с батарейными телефонами и звонковым вызовом . . . . .	218	§ 19. Усилители звуковой частоты.	
3. Телефонная цепь Эдисона с двухсторонней связью . . . . .	—	1. Трансформаторы для усилителей низкой частоты . . . . .	221
4. Превращение звуковой (механической) энергии в электрическую . . . . .	219	2. *Усилитель низкой частоты с трансформаторами . . . . .	224
5. Некоторые приборы для вызова переменным током . . . . .	220	3. *Усилитель низкой частоты с сопротивлениями . . . . .	226
		4. *Усилитель низкой частоты с дросселями . . . . .	227
		5. Усилитель низкой частоты для микрофона и адаптера . . . . .	228

## Глава двадцатая.

## КРИСТАЛЛИЧЕСКИЙ ДЕТЕКТОР.

## § 20. Кристаллический детектор.

1. Типы детекторов . . . . .	232	4. Выпрямление детектором тока низкой частоты . . . . .	236
2. Некоторые практические указания . . . . .	234	5. Выпрямление детектором тока высокой частоты . . . . .	238
3. Односторонняя проводимость детектора . . . . .	235	6. *Снятие динамической характеристики детектора . . . . .	—

## Глава двадцать первая.

## ЭЛЕКТРОННЫЕ ЛАМПЫ.

## § 21. Типы электронных ламп и их параметры.

1. Материал и конструкция электродов . . . . .	240	2. Обнаружение испускания электронов волоском лампы накаливания посредством электро-скопа . . . . .	257
2. Условные обозначения типов ламп . . . . .	242	3. Обнаружение испускания электронов волоском лампы накаливания . . . . .	—
3. Обозначения параметров электронных ламп . . . . .	—	4. Формулы Ричардсона и Лэнгмюра . . . . .	259
4. Выпрямительные лампы (кено-троны) . . . . .	243	5. Накаливание анода электронной бомбардировкой . . . . .	260
5. Приемные (универсальные) лампы . . . . .	244	6. Выпрямление электронной лампы переменного тока . . . . .	261
6. Усиленные лампы . . . . .	246	7. *Зависимость величины анодного тока двухэлектродной лампы от напряжения на аноде при постоянном накале . . . . .	—
7. Специальные лампы . . . . .	248	8. *Зависимость величины анодного тока двухэлектродной лампы от изменения температуры катода при постоянном напряжении на аноде . . . . .	262
8. Генераторные лампы . . . . .	251	9. Выпрямление переменного тока электронной лампой с двумя анодами . . . . .	—
		10. Типы выпрямительных ламп—кенотронов . . . . .	—

## § 22. Питание накала и анодной цепи электронных ламп.

1. Лампы с накалом от постоянного тока . . . . .	252
2. Лампы с подогревным катодом. . . . .	253
3. Питание накала ламп переменным током . . . . .	254
4. Анодная батарея . . . . .	256
5. Выпрямитель для анодного тока. . . . .	—

## § 23. Излучение электронов накаливаемыми телами. Двухэлектродная лампа.

1. Демонстрация испускания электронов нитью лампочки накаливания при посредстве гальванометра . . . . .	256
---	-----

## § 24. Трехэлектродная электронная лампа.

1. Основная формула триода . . . . .	262
2. Отрицательный заряд на сетке электронной лампы . . . . .	263



- |  |     |  |     |
|--|-----|--|-----|
| 3. *Сеточная характеристика электронной лампы . . . . .  | 263 | 5. *Характеристики лампы при постоянном напряжении на аноде при различных накалах катода . . . . . | 267 |
| 4. *Сеточные характеристики лампы при различных напряжениях на аноде и постоянном накале . . . . . | 265 | 6. Электронная лампа как усилитель и детектор . . . . .  | 269 |

## Глава двадцать вторая.

## КОЛЕБАТЕЛЬНЫЙ КОНТУР. ТОКИ ВЫСОКОЙ ЧАСТОТЫ.

- |  |   |     |
|--|---|-----|
| § 25. Колебательный контур и возбуждение в нем колебаний.  | хающих колебаний высокой частоты электронной лампой . . . . .       | 283 |
| 1. Принцип построения колебательного контура. Основные формулы . . . . .   | 10. Получение прерывистого тока при помощи неоновой лампы . . . . . | —   |
| 2. Механическая аналогия электрического колебательного процесса . . . . .  | 11. Возбуждение в контуре колебаний вольтовой дугой . . . . .       | 284 |
| 3. Механическая аналогия возбуждения навязанных колебаний . . . . .  | § 26. Трансформатор Теслы. Свойства токов высокой частоты.          |     |
| 4. Колебательный разряд лейденской банки . . . . .   | 1. Трансформатор Теслы . . . . .                                    | 284 |
| 5. Возбуждение в контуре затухающих колебаний при помощи зуммера . . . . .   | 2. Приведение трансформатора в действие . . . . .                   | 289 |
| 6. Возбуждение в контуре затухающих колебаний при помощи катушки Румкорфа . . . . .                                | 3. Непосредственный разряд в воздух вторичной катушки . . . . .     | 290 |
| 7. Возбуждение в контуре затухающих колебаний при помощи электростатической машины . . . . .                       | 4. Физиологическое действие токов высокой частоты . . . . .         | —   |
| 8. Возбуждение в контуре незатухающих колебаний звуковой частоты электронной лампой (звуковой генератор) . . . . . | 5. Разряд трансформатора через разрядник . . . . .                  | 291 |
| 9. Возбуждение в контуре незатухающих колебаний . . . . .  | 6. Свечение трубок с разреженным газом . . . . .                    | —   |
|  | 7. Переменное поле высокой частоты . . . . .                        | 294 |
|  | 8. Емкостный ток . . . . .  | —   |
|  | 9. Конденсатор в цепи тока высокой частоты . . . . .                | 295 |
|  | 10. Самоиндукция в цепи тока высокой частоты . . . . .              | 296 |

## Глава двадцать третья.

## ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ РЕЗОНАНС. ВОЛНОМЕР.

- |   |  |     |
|---|--|-----|
| § 27. Электрический резонанс.   | резонанса лампой накаливания и тепловым миллиамперметром . . . . .                           | 306 |
| 1. Виды и степень связи между контурами . . . . .                                       | 9. *Обнаружение электрического резонанса детектором с телефоном или гальванометром . . . . . | 308 |
| 2. Два вида электрического резонанса . . . . .  | 10. Термоэлектрический прибор ВЭСО . . . . .   | 309 |
| 3. Механическая аналогия электрического резонанса при затухающих колебаниях . . . . .   | 11. Электрический резонанс в приборах Теслы и Зейбта . . . . .                               | 310 |
| 4. Механическая аналогия электрического резонанса при незатухающих колебаниях . . . . . | 12. Электрический резонанс между генератором ультракоротких колебаний и диполем . . . . .    | —   |
| 5. Акустическая аналогия электрического резонанса . . . . .                             | § 28. Биения.  |     |
| 6. Банки Лоджа . . . . .  | 1. Акустические биения . . . . .   | 310 |
| 7. Обнаружение электрического резонанса неоновой лампой . . . . .                       | 2. Биения при электрических колебаниях . . . . .   | 312 |
| 8. Обнаружение электрического   |  |     |

## § 29. Устройство волномера и принцип его действия.

- |  |     |
|--|-----|
| 1. Общие сведения о волномере . . . . .                                  | 313 |
| 2. Понятие о расчете волномера . . . . .                                 | 314 |
| 3. Конструкция катушек самоиндукции и конденсатора у волномера . . . . . | 315 |
| 4. Волномер-генератор и волномер-приемник . . . . .                      | 317 |
| 5. Термовакuumный элемент . . . . .                                      | 319 |

## § 30. Измерения с волномером.

- |  |     |
|--|-----|
| 1. *Измерение длины волны контура волномер-генератором . . . . . | 320 |
| 2. *Измерение длины волны контура волномер-приемником . . . . .  | 321 |
| 3. *Измерение емкости конденсатора волномером . . . . .          | 322 |
| 4. *Измерение коэффициента самоиндукции волномером . . . . .     | 323 |
| 5. *Измерение собственной длины волны антенны . . . . .          | —   |

## Глава двадцать четвертая.

## АНТЕННА И ЗАЗЕМЛЕНИЕ.

## § 31. Антенна и заземление.

- |   |     |   |     |
|---|-----|---|-----|
| 1. Типы антенн . . . . .                                  | 325 | 5. Грозовой переключатель . . . . .                       | 330 |
| 2. Виды нормальных антенн . . . . .                       | —   | 6. Антенна с емкостью, сосредоточенной на конце . . . . . | 331 |
| 3. Размеры нормальных антенн и некоторые данные . . . . . | 326 | 7. Комнатная антенна . . . . .                            | 332 |
| 4. Монтаж антенны и ввода . . . . .                       | —   | 8. Прием на осветительную сеть . . . . .                  | —   |
|   |     | 9. Заземление . . . . .                                   | 333 |
|   |     | 10. Рамочная антенна . . . . .                            | 335 |

## Глава двадцать пятая.

## СТОЯЧИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ВОЛНЫ.

## § 32. Стоячие электрические волны.

- |   |     |   |     |
|---|-----|---|-----|
| 1. Демонстрация механических стоячих волн . . . . . | 338 | 3. Прибор Лехера для затухающих колебаний . . . . .   | 341 |
| 2. Прибор Зейбта . . . . .                          | —   | 4. Получение стоячих электрических волн по системе Лехера при незатухающих колебаниях . . . . . | 343 |

## Глава двадцать шестая.

## ГЕНЕРАТОРЫ У. К. В.

## § 33. Ламповые генераторы незатухающих колебаний и опыты с токами высокой частоты.

- |  |     |   |     |
|--|-----|---|-----|
| 1. Типы генераторов у. к. в. . . . .               | 351 | ультракоротких волн по схеме Мэни . . . . .               | 354 |
| 2. Питание генераторов . . . . .                   | —   | 6. Распределение тока в диполе . . . . .                  | 358 |
| 3. Индикаторы колебаний . . . . .                  | —   | 7. Генератор у. к. в. по схеме Мэни . . . . .             | 360 |
| 4. Простейший генератор звуковой частоты . . . . . | 352 | 8. Генератор по схеме Кюна для опытов по Зиберу . . . . . | 363 |
| 5. Демонстрационный генератор                      |     | 9. Некоторые опыты с незатухающими колебаниями . . . . .  | 367 |

## Глава двадцать седьмая.

## ДЕМОНСТРАЦИИ РАДИОПЕРЕДАЧИ.

## § 34. Передатчики затухающих колебаний.

- |  |     |
|--|-----|
| 1. Методические замечания . . . . .  | 376 |
| 2. Прimitивный искровой передатчик с приемом на когерер и детектор . . . . . | —   |
| 3. Передатчик с пещиком . . . . .  | 381 |

## § 35. Передатчики незатухающих колебаний.

- |   |  |
|---|--|
| 1. Передвижные радиотелефонный и телеграфный передатчик и |  |
|---|--|

- |   |     |
|---|-----|
| приемник ультракоротких волн ( $\lambda = 7-8$ м) . . . . .                         | 382 |
| 2. Радиотелефонная передача на ультракоротких волнах с генератором § 33,5 . . . . . | 388 |
| 3. Прimitивный радиотелефонный и телефонный передатчик из деталей . . . . .         | 391 |

## Глава двадцать восьмая.

## УЧЕБНЫЕ СХЕМЫ ПРОСТЕЙШИХ ПРИЕМНИКОВ.

## § 36. Детали для учебных схем.

1. Методические указания о про-	
ведении занятий с простейшими	
приемниками . . . . .	392
2. Проводники для соединений . .	395
3. Катушки самоиндукции . . . .	—
4. Панель для одной катушки (I) .	—
5. Станки или колодки для двух и	
трех сотовых катушек (II) . . .	396
6. Вариометр (III) . . . . .	397
7. Переменный конденсатор (IV) .	—
8. Панель для детектора и теле-	
фона (V) . . . . .	—
9. Панель для электронной лам-	
пы (VI) . . . . .	—
10. Реостаты накала (VIII) . . . .	398
11. Трансформатор низкой ча-	
стоты . . . . .	400
12. Гридлик . . . . .	—

## § 37. Детекторные приемники.

1. Схемы коротких и длинных волн.	403
2. *Примитивные детекторные при-	
емники . . . . .	406
3. *Детекторные приемники с ва-	
риометром . . . . .	409
4. *Детекторные приемники с пе-	
ременным конденсатором . . . .	411
5. *Приемник с карборундовым	
детектором . . . . .	413
6. Приемники с двумя детекто-	
рами и телефонами . . . . .	414
7. Прием на осветительную сеть	
детекторным приемником . . . .	415

## § 38. Простейшие ламповые приемники.

1. *Ламповый приемник с анод-	
ным детектированием . . . . .	415
2. *Ламповый приемник с сеточ-	
ным детектированием . . . . .	417
3. *Ламповый приемник со слож-	
ной схемой . . . . .	420
4. *Ламповый приемник с питанием	
накала от переменного тока . .	—
5. *Прием на рамку . . . . .	421
6. *Приемник с обратной связью	
(регенеративный) . . . . .	422
7. *Прием на рамку с обратной	
связью . . . . .	425

Таблицы (перечень) . . . . .	465
------------------------------	-----

## § 39. Простейшие двухламповые и трехламповые приемники и усилители.

1. Замечание . . . . .	426
2. *Приемник с одной и двумя	
ступенями усиления низкой ча-	
стоты при помощи трансфор-	
маторов . . . . .	427
3. *Приемник с одной и двумя сту-	
пенями низкой частоты при по-	
мощи сопротивлений . . . . .	428
4. *Приемник с одной и двумя сту-	
пенями усиления низкой частоты	
при помощи дросселей . . . .	429
5. *Приемник с усилением высокой	
частоты при помощи сопроти-	
вления . . . . .	430
6. *Приемник с усилением высо-	
кой частоты (настроенный анод)	
— . . . . .	—
7. *Приемник с усилением высо-	
кой частоты при помощи транс-	
форматора . . . . .	—
8. *Приемник с одной ступенью	
усиления высокой и одной сту-	
пенью низкой частоты . . . . .	432
9. *Простейший радиотелефонный	
передатчик . . . . .	—

## § 40. Справочные сведения о фабричных приемниках.

1. Замечание . . . . .	434
2. Детекторный приемник ЛДВ-5.	435
3. Детекторный приемник П-8 . .	—
4. Приемник Шапошникова . . .	437
5. Детекторный приемник „Радио-	
любитель“ . . . . .	438
6. Детекторно-ламповый приемник	
ПЛ-2 . . . . .	439
7. Ламповые приемники БЧН и	
БЧЗ . . . . .	441
8. Ламповые приемники ЭЧС-2,	
ЭЧС-3 и ЭЧС-4 . . . . .	444
9. Приемник „Комсомолец“ Харь-	
ковского радиозавода . . . . .	445
10. Приемник ЭКЛ-34 радиозавода	
им. Казицкого . . . . .	—
11. Приемник СИ-235 завода им.	
Орджоникидзе . . . . .	455



ЦЕНА 8 Р 55 К.