

# РАДИО

БИБЛИОПТЕКА

Г. ПАРР

## ОСНОВЫ И ПРАКТИКА РАДИОСООБЩЕНИЙ

С 21 РИС.

*ди*

«ПЕТРОГРАД»  
ЛЕНИНГРАД-МОСКВА

Цена 1 руб.



---

---

**СКЛАД ИЗДАНИЯ:**

**В ЛЕНИНГРАДЕ:** Пр. Володарского  
д. 51. Тел. 2-24-30 и 5-61-46.

**В МОСКВЕ:** Петровка 7, книжн. маг.  
„Маяк“. Тел. 3-63-20 и 5-33-02.





Г. ПАРР

# ОСНОВЫ И ПРАКТИКА РАДИОСООБЩЕНИЙ

Перевод с английского  
М. П. ИВАШКЕВИЧ

Под редакцией  
И. М. БАССА

Издательство „ПЕТРОГРАД“  
Ленинград—1925—Москва



::::: типография ::::::  
„КРАСНОЙ ГАЗЕТЫ“,  
ИМЕНИ ВОЛОДАРСКОГО,  
ЛЕНИНГРАД, ФОНТАНКА, 57.

## ПРЕДИСЛОВИЕ К РУССКОМУ ИЗДАНИЮ.

В ближайшем будущем можно ожидать расширения прав и поля деятельности радиолюбителей С. С. С. Р.: на очереди стоит вопрос о разрешении радиолюбительских отправительных станций.

Заветная мечта каждого радиолюбителя, уже овладевшего до некоторой степени техникой радиоприема — это иметь возможность не только принимать радиопередачи, но и самому передавать. Но законодательства всех стран проявляют чрезвычайную осторожность в этом вопросе: неумелое пользование радиоприемной станцией наносит ущерб почти исключительно радиолюбителю, так как разрешаются к употреблению лишь определенные типы радиоприемников, в которых, при помощи специальных приспособлений, избегнута возможность обратных излучений приемника в антенну; неумелое же пользование отправительными станциями (любым типом современной конструкции) всегда представляет некоторую общественную опасность: мешающее действие этих станций может в значительной степени нарушить правильность радиосообщений между другими станциями государственной и общественной важности.



Англия, первая в Европе страна, допустившая опытные радиоловительские отправительные станции, предъявляет специальные требования к радиоловителям, желающим получить разрешение на право сооружения и эксплуатации радиоловительских отправительных станций для опытов (эти станции не могут быть использованы для широковещания): 1) радиоловителю необходимо иметь достаточный стаж в пользовании радиоприемными станциями, и 2) необходимо выдержать испытание (при Главном Управлении Почт), определяющее степень технической подготовленности и знание правил (как английских, так и международных) эксплуатации отправительных радиостанций.

Несомненно, что в законодательстве С. С. С. Р. будет также предусмотрена для радиоловителей, которые пожелают заняться радиопередачей, необходимость технической подготовки и знания правил эксплуатации, существующих в С. С. С. Р.

В „Основах и практике беспроволочных сообщений“ Г. Парр в доступной форме изложены основы электротехники и радиотехники и даны основные принципы устройства и функционирования различных типов как приемных, так и отправительных радиостанций.

Книга будет с пользой прочитана радиоловителем, который хочет ознакомиться с устройством и работой приемных и отправительных радиостанций и понять физический смысл явлений, имеющих место в беспроволочных сообщениях.

Пусть читателя не смущают формулы и примеры, иллюстрирующие практическое применение этих формул: для понимания этой книги от читателя не требуется технической подготовки, необ-

ходимы лишь общие познания из элементарной математики.

Прочтя эту книгу, читатель сможет перейти потом к более трудному чтению по радио, требующему уже технической подготовки.

В переводе сохранена оригинальная форма изложения английского подлинника, поскольку это возможно было.

Английские единицы мер и весов заменены соответствующими единицами метрической системы. Неупотребляющаяся в С. С. С. Р. английская единица емкости jaг (Джар=1000 см.) переведена в русском переводе в сантиметры.

И. Басс.

Март 1925 г.



# Условные схематические обозначения.



[Frontispiece

## ГЛАВА I.

### Электрический ток.

#### Электроны.

Изыскания современной науки показали, что явление, называемое нами электричеством, или, точнее, электрическим током, вызывается движением мельчайших частиц, называемых *электронами*. Вся масса материи во всем многообразии состояний (твердом, жидком и газообразном) состоит из миллиардов этих электронов. Сгруппированные известным образом, они составляют более крупные частицы, называемые *атомами*. Форма и свойства вещества зависят от расположения и группировки атомов, составляющих их. Величину электрона можно себе представить, приняв одну из точек на этой странице за атом материи. Если поставить в ряд 50.000 электронов — длина этой линии едва равнялась бы диаметру атома. Атом и электроны, из которых он состоит, образуют солнечную систему в миниатюре. Электроны находятся в состоянии непрерывного движения вокруг ядра или центра. Нетрудно нарушить равновесие этой солнечной системы и вытеснить один



или несколько электронов, которые устремятся тогда к другому атому, чтобы с ним соединиться.

С самого начала изучения электричества было установлено, что существуют два вида электричества. Наблюдения показали, что действие их различно, и ученые обозначили их терминами положительного и отрицательного электричества.

Если сургучную палочку потереть о рукав сюртука или, лучше, о мех, то сургуч приобретает способность притягивать легкие предметы — вроде клочков папиросной бумаги или перьев. Трение возбуждало электричество и в сургуче и в мехе, другими словами *наэлектризовало* их, но качества полученных зарядов различны, как опыт это доказывает.

Мы видим, что перо, висящее на тонкой нитке, сначала притягивается сургучом, а затем отталкивается и будет находиться на известном расстоянии от сургуча до тех пор, пока последний остается заряженным. Мы отметим то же явление, если зарядим и подвесим две палочки сургуча: они стремятся оттолкнуться друг от друга. Если же мы поднесем к перу сначала сургучную палочку, а затем заменим ее мехом, то перо будет не отталкиваться, а притягиваться.

Соприкасаясь с сургучной палочкой, перо приобретает электрический заряд, что и заставляет его затем отталкиваться. Этот же самый заряд является причиной притягивания пера мехом.

Указанные примеры приводят нас к заключению, что тела, заряженные однородным электричеством, отталкиваются, а разнородным — притягиваются.

Рассмотрим эти явления с точки зрения современной теории электронов. Мы можем себе представить, что атомы, из которых состоят мех и сургуч, содержат некоторое количество электронов, находящихся в состоянии непрерывного движения вокруг своих центров и не стремящихся, в обычном своем состоянии, покинуть атом, с которым они соединены. Трение пера о сургучную палочку нарушает состояние равновесия. Несколько электронов, отделившись от атома сургуча, соединяются с атомом меха, может быть уже наполненным электронами. Эта перегруппировка электронов возникает как в атомах, имеющих недостаточное количество электронов, так и в атомах с избытком их. Электризация и вызывается этой перегруппировкой электронов, а род электричества зависит от избытка или недостатка электронов в каждом отдельном атоме. Сохраняя термины „положительный“ и „отрицательный“, впервые примененные к этим двум родам электричества, мы можем приложить их к теории электронов и сказать, что атом *положительно* наэлектризован тогда, когда он теряет один или несколько электронов из своего нормального количества. В этом случае он называется *положительным ионом*. Если же в атоме избыток электронов, атом наэлектризован *отрицательно* и обладает свойствами, противоположными свойствам положительно наэлектризованного атома.

Электрон рассматривают, как частицу отрицательного электричества, подчиненную тем же самым законам притяжения и отталкивания. Мы можем представить себе, что электрон переходит от атома к атому до тех пор, пока не найдет



такого, который притянет его вследствие недостающего количества электронов в нем самом.

Переход электронов от атома к атому, сопровождается явлениями электрического тока, а величина тока зависит от числа движущихся электронов. Причина возникновения электрического тока в электрическом проводнике под действием какой-то внешней силы заключается в перегруппировке электронов и общем движении их от атомов с избытком электронов к атомам с недостатком их. Это движение продолжается до тех пор, пока действует эта внешняя сила. Надо отметить, что по этой теории электронного потока направление движения электронов противоположно обычно принятому направлению движения электрического тока. Полюса источника электрического тока называют положительным и отрицательным и условно принимают, что ток идет от положительного полюса через всю цепь к отрицательному. Мы называем полюс гальванического элемента положительным, если атомы, находящиеся в этом конце цепи имеют недостаточное количество электронов. Тогда мы увидим, что поток электронов направится от отрицательного полюса к положительному. Это может смутить человека, изучающего электричество и приступающего к теории электронов, но, как мы дальше увидим, совершенно безразлично, какое направление тока мы примем за положительное, лишь бы только мы соблюдали эту условность для одной части цепи относительно другой.

Все эти замечания необходимо иметь в виду, чтобы уяснить себе теорию катодной лампы. (Глава VIII и сл.).

## Магнетизм.

Магнитами называют вещества (преимущественно железо и сталь), обладающие свойством притягивать куски тех-же металлов. Если они свободно подвешены, то один конец их будет указывать на север, а другой — на юг.

Возможно, что явления магнетизма были уже известны ко времени первых открытий по электричеству, но физикам только в последнее время удалось установить тесную связь между этими двумя явлениями. Если положить намагниченный стержень на стол, то железные опилки, лежащие на некотором расстоянии от стержня, будут им притягиваться и пристанут к нему.

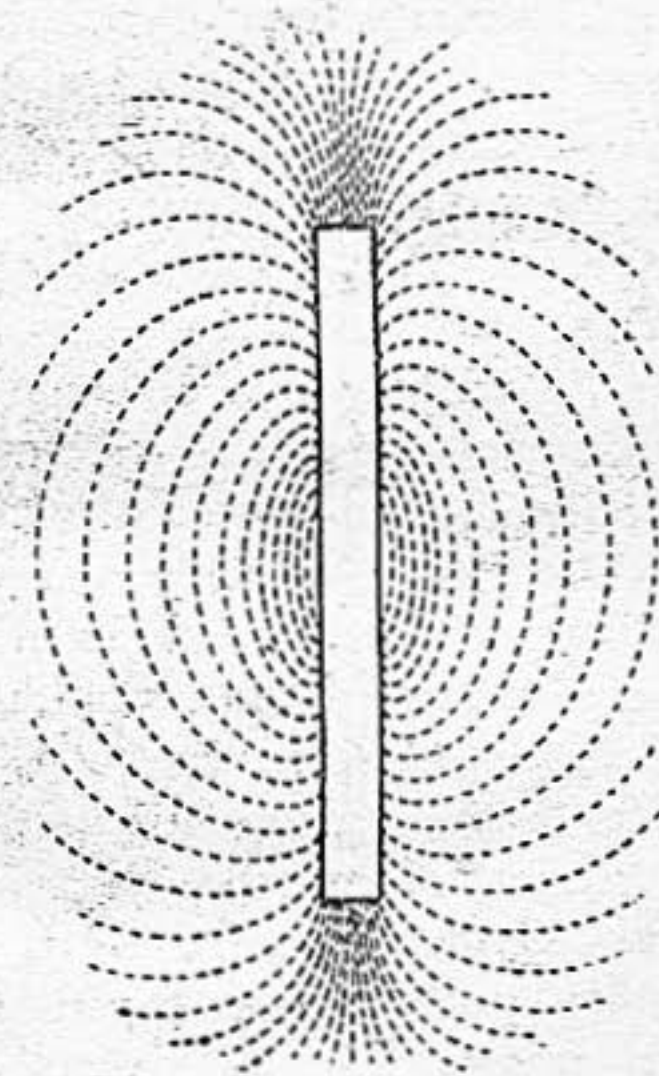


Рис. 1.

Существует известное пространство вокруг магнита, в пределах которого частицы железа притягиваются так сильно, что они начинают двигаться по направлению к магниту.

Пространство вокруг магнита, где действуют магнитные силы, называется магнитным полем.



У этого поля определенная сила и направление при всяком положении в пространстве. Форма и расположение магнитного поля лучше всего видны, если магнит накрыть листом тонкого картона и посыпать картон железными опилками.

Слегка постукивая по картону так, чтобы опилки перемещались, мы увидим, что они образуют симметричную фигуру, как в рис. 1. Опилки описывают „линии сил“ вокруг магнита, и при ближайшем рассмотрении рисунка мы отмечаем следующее:

Линии, начинаясь у одного конца магнита, идут к другому, причем к середине они больше и больше расходятся (рис. 1).

Если поместить компас в поле действия магнита, то направление стрелки будет касательно к линиям сил в любой точке. Мы отмечаем также, что площадь поля неограниченна, хотя на большом расстоянии магнит действует очень слабо.

Линии сил и притяжения повидимому сильнее всего у концов магнита или, выражаясь точнее, в точках, расположенных на расстоянии приблизительно 6 мм. от концов магнита к центру его. Эти точки называются полюсами магнита: северным и южным. Принято считать, что северный полюс магнита указывает на северный полюс земли. <sup>1)</sup>

У магнита не может быть одного полюса: каждому северному полюсу соответствует южный. Если-бы мы разломали магнит на две части, чтобы раз'единить полюса, мы получили-бы два магнита,

<sup>1)</sup> Это утверждение, строго говоря, неверно, т. к. одноименные полюса отталкиваются. На север указывает южный полюс магнита, если употреблять термины в буквальном смысле. Более подходящими терминами были-бы: „полюс, ищущий север“, и „полюс, ищущий юг“.

причем у каждого был-бы свой северный и южный полюс. Число магнитов может быть увеличено до бесконечности, если мы разломим стержень на нужное число кусков. Представьте себе, что мы переломили наш магнитный стержень на 2 части. Теперь у нас два магнита, и у каждого магнитное поле той-же формы, что и первоначально. Подвесим магнит, перевязав его в центре ниткой. Поколебавшись некоторое время, он остановится, одним концом указывая на север, другим—на юг. Если к северному полюсу подвешенного магнита поднести северный полюс другого магнита, он оттолкнется; если-же мы поднесем северный полюс к южному полюсу подвешенного магнита, он будет притягиваться. В данном случае мы имеем явление, аналогичное тому, которое наблюдается при положительном и отрицательном заряде электричества: притяжение разноименных полюсов и отталкивание одноименных.

Заменим постоянный магнит куском мягкого железа. Он будет притягиваться обоими полюсами намагниченного стержня, независимо от „полярности“. Очень важно отметить эту существенную разницу в действии магнита в первом и во втором случае. Ненамагниченное железо всегда притягивается магнитом. Намагниченное железо или притягивается или отталкивается в зависимости от того, сближаем мы одноименные или разноименные полюса.

### Постоянный и временный магнетизм.

Если один из концов мягкого железа, о котором мы упоминали в предшествующем опыте, приложить к концу намагниченного стержня, то же-



лезо действует, как магнит, но лишь до тех пор, пока у одного его конца держат намагниченный стержень. Если его отнять, — железные опилки опадают. Мы видим, что мягкое железо только тогда действует, как магнит, когда на него влияет намагниченный стержень, в то время, как последний проявляет всегда свои магнитные свойства. Мы отмечаем существующую между ними разницу говоря, что мягкое железо обладает *временным* магнетизмом в отличие от *постоянного* магнетизма намагниченного стержня.

Временные магниты только тогда обладают силой притяжения, когда они сами находятся под действием внешней магнитной силы. Если ее устранить — магнитное поле исчезает. Будет ли кусок железа действовать, как постоянный или как временный магнит — во многом зависит от качества железа. Кусок твердой стали после намагничивания сохраняет долгое время свои магнитные свойства: он становится постоянным магнитом, и мы можем размагнитить его, только прибегая к таким сильным средствам, как накаливание докрасна или повторные удары. С другой стороны, мягкое железо и серый чугун действуют, как магниты, только до тех пор, пока они находятся под непосредственным влиянием магнитной силы.

Магнитная сила, как мы это уже видели, может быть возбуждена присутствием постоянного магнита, но есть другой, более подходящий способ вызвать ее. Если стержень из мягкого железа обмотать проволокой и пропустить через нее ток, стержень становится временным магнитом, или, как мы его назовем, — *электромагнитом*. Сила магнита будет зависеть, главным образом, от силы

тока, пропущенного в обмотку, но такая зависимость не продолжается до бесконечности, как мы это узнаем из следующего параграфа.

### Сила поля.

При изучении магнетизма, как и любого другого явления, мы недалеко уйдем, если у нас не будет какого-либо способа измерять его.

Мы могли бы, может быть, сравнивать магниты по силе, устанавливая тот вес, который они способны поднять, но это сравнение будет неверным, если мы не примем во внимание размеров самих магнитов. Самый практический и полезный способ измерения тот, который принимает в расчет число силовых линий на единицу поверхности. За единицу поверхности принимают квадратный сантиметр, измеренный под прямым углом к оси магнита. Плотность силовых линий (или *плотность силового потока*) обозначают буквой  $B$ . Отсюда  $B = 10.000$  кв. см указывает, что в данном магните приходится 10.000 силовых линий на квадратный сантиметр. Если поперечное сечение магнита равняется 4 кв. см., то общее количество силовых линий выразится числом 40.000.

Предположим, что в середину обмотки мы поместим стержень из мягкого кованого железа и пропустим ток через обмотку. Стержень будет действовать как магнит, и при соответственных условиях мы могли бы измерить полученное число силовых линий. Предположим, что их 10.000 на квадратный сантиметр. Если стержень из мягкого железа заменить чугунным, мы увидим, что плотность силового потока выразится всего 3.000 на



квадратный сантиметр, хотя приложена одна и та же намагничивающая сила.

Следовательно, одна и та же намагничивающая сила дает различную плотность силового потока в зависимости от качества железа. Другими словами, отношение магнетизма к вызвавшей его намагничивающей силе зависит и от качества железа. Это отношение называется *магнитной проницаемостью*. Если железо способно сильно намагничиваться малой намагничивающей силой, — говорят, что оно обладает большой проницаемостью.

Чтобы вызвать наиболее сильное магнитное поле наименьшим током, необходимо употреблять железо высокой магнитной проницаемости.

Количество силовых линий, проходящих в воздухе, считается прямо пропорциональным приложенной намагничивающей силе. Другими словами, магнитная проницаемость воздуха равна единице.

Ниже мы даем перечень различных сортов железа по их магнитной проницаемости при слабом намагничивании:

мягкое железо  
мягкая сталь  
чугун  
твердая сталь.

### Кривые намагничивания.

Будем наблюдать действие возрастающего намагничивания, пользуясь той же обмоткой и тем же куском мягкого железа. Для этого усилим ток, проходящий через обмотку, и будем отмечать возрастающую величину плотности силового потока.

Мы найдем, что плотность сначала быстро растет с возрастанием тока, но потом, начиная с некоторой точки, возрастание ослабевает, пока, наконец, довольно значительное усиление тока

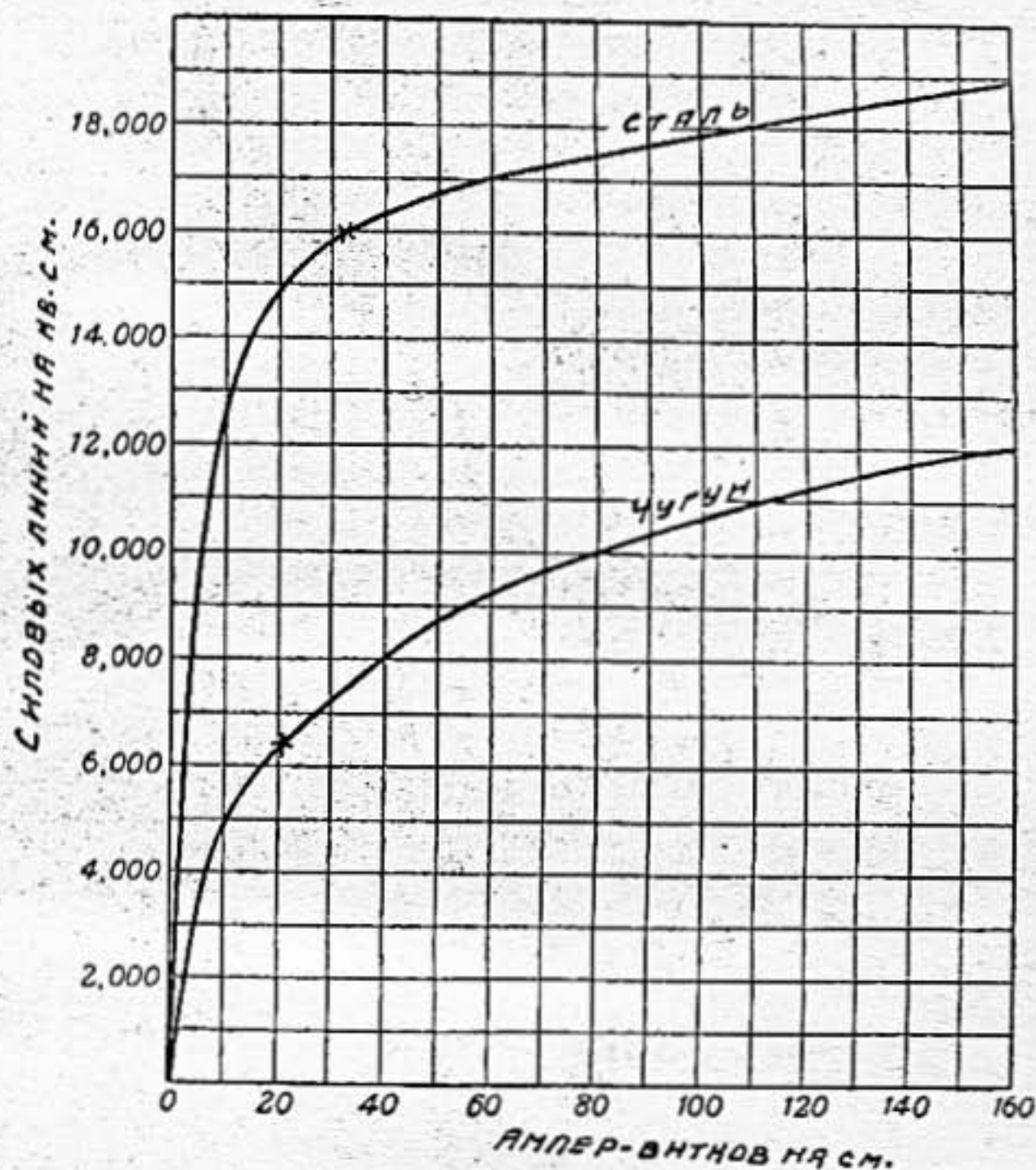


Рис. 2.

не вызовет очень слабого увеличения числа силовых линий или совсем его не вызовет.

Получаемые при этом результаты показывает кривая рис. 2, которая дает изменение плотности потока в зависимости от намагничивающей силы.



для двух различных сердечников. Вертикальная ось указывает число силовых линий на квадратный сантиметр, а горизонтальная — величину намагничивающей силы.

Намагничивающая сила обмотки зависит от числа ее витков и тока, проходящего через обмотку. Условились эту силу выражать числом ампер-витков на квадратный сантиметр, потому что этим способом легко определить количество ампер-витков, необходимое для получения магнитного потока определенной плотности. Пример: найти число ампер-витков, необходимое для получения магнитного потока в миллион линий в стальном стержне длиной в 10 см., имеющем  $8 \times 15$  см., поперечного сечения.

Площадь поперечного сечения стержня равна  $8 \times 15$ , или 120 кв. см. Отсюда плотность силового потока равняется 1.000.000, деленному на 120, или 8.333 линий на кв. см. Для получения этого потока нужно, как это показывает кривая, 4 ампер-витка на см. Таким образом искомое количество ампер-витков будет  $4 \times 10$ , т.-е. 40.

Это потребует обмотки в 20 витков, через которую проходит 2 ампера.

Кривая нам показывает, что после известного момента требуется весьма значительное усиление намагничивающей силы, чтобы вызвать заметное увеличение числа линий на кв. см. Железо можно рассматривать, как „наполненное“ силовыми линиями, и потому его называют *насыщенным*. Точка насыщения каждой кривой отмечена крестом. Мы видим, что чугун быстро достигает точки насыщения. По соображениям экономического характера не советуют намагни-

чивать железо выше точки насыщения, т. к. излишек получаемого при этом магнетизма слишком мал по сравнению с затраченной на получение его силой.

### Электрический ток.

Мы видели, что электрический поток в веществе вызывается приложением какой-либо внешней силы, и постоянное приложение этой силы вызывает постоянный электронный поток или, другими словами, электрический ток. Рассматривая прохождение электрического тока и различные факторы, воздействующие на него, мы условно можем считать его аналогичным течению воды в трубке. Как поток воды зависит от давления у одного из концов трубки, так и ток, проходящий через цепь, зависит от силы приложенного давления. Вдобавок, этот поток воды задерживается трением внутри трубки. Аналогичное явление мы видим и в электрическом токе, встречающем задержку во внутреннем трении металла, через который ток проходит. Только в электричестве оно называется не внутренним трением, а *сопротивлением*. Идеального проводника электричества нет, как нет и трубки, свободной от трения. Однако различные вещества могут быть отнесены или к *хорошим проводникам* или к *непроводникам*. Непроводники оказывают такое сопротивление электрическому току, что самый ток сводится почти на нет. Из хороших проводников электричества на первом месте стоят металлы. Из них лучшие — серебро и медь; за ними следуют по порядку: золото, алюминий, железо и свинец. Из не-метал-



лов наилучший—углерод (графит), хотя сопротивление его в 2 000 раз больше сопротивления серебра.

Прохождение тока в электрической цепи было изучено Омом. Последний нашел, что для любой цепи отношение приложенного давления к току— величина постоянная. Это дает нам возможность вывести закон электрического тока, лежащий в основе большинства тех электрических расчетов и теорий, с которыми нам придется иметь дело.

„Во всякой электрической цепи проходящий ток прямо пропорционален приложенному давлению и обратно пропорционален сопротивлению“.

Измеряя величину тока, сопротивления и давления, мы пользуемся терминами „ампер“, „ом“ и „вольт“ и формулируем закон Ома так: если разность давлений, или, как говорят обычно, разность потенциалов, в один вольт прилагается к сопротивлению в один ом, она вызывает ток в один ампер, или в общем виде:

$$\text{ток (в амперах)} = \frac{\text{Разности потенциалов (в вольтах)}}{\text{сопротивление (в омах)}}.$$

Энергия, получаемая при прохождении тока через цепь, может быть использована различно: для получения тепла и света, для механического движения и для проволочных и беспроводных сообщений.

Тепло, вызванное электрическим током, аналогично нагреванию тел при механическом трении. Сопротивление проволоки, которое мы можем сравнить с трением внутри трубки, заставляет часть энергии, проходящей через данную проволоку, превратиться в тепло. Если мы попробуем пропустить сильный ток через тонкую проволоку, сопротивление будет так велико, что сначала про-

волока накалится докрасна, а затем расплавится. Тепловое действие тока прямо пропорционально сопротивлению и *квадрату* тока. Если мы нагреем проволоку до необходимой температуры и удалим воздух, чтобы предупредить ее сгорание, мы получим обыкновенную электрическую лампочку. Однако, в некоторых случаях невыгодно тратить часть электрической энергии на нагревание. В этом случае надо позаботиться, чтобы сопротивление проволоки было возможно слабее. Чтобы обеспечить слабое сопротивление, необходимо увеличить диаметр и, тем самым, площадь поперечного сечения проволоки. Сопротивление любого проводника может быть выведено из формулы  $R = \frac{l \times \rho}{s}$  омов, где  $l$ —длина проволоки в сантиметрах,  $s$ —площадь поперечного сечения в кв. см, а  $\rho$ —величина, зависящая от вещества проводника и называемая *удельным сопротивлением*. Для меди  $\rho$ —равняется  $1,57/10^6$  <sup>1)</sup>, для железа— $\rho=15/10^6$  и т. д.

Количество тепловой энергии или энергии другого рода, в которое превращается электрическая энергия в течение одной секунды, называется *мощностью* цепи. Мощность, получаемая в любой электрической цепи, равняется произведению давления на силу тока, или мощность =  $E \times J$ , где  $E$ —давление электродвижущей силы <sup>2)</sup>, а  $J$  обозначает ток.

1)  $10^6 = 1.000.000$ .

2) Этот термин, употребляемый в связи с электрическим давлением, сам по себе понятен, если обратить внимание на то, что ток вызывается разностью потенциалов между двумя частями какой-либо цепи.



Единицей электрической мощности считается *ватт*. При помощи предыдущей формулы мы получаем, что

$$1 \text{ ватт} = 1 \text{ вольт} \times 1 \text{ ампер.}$$

Надо отметить, что в цепи возможно достигнуть одинаковой мощности при разной величине напряжения и тока. Например:  $10.000 \text{ вольт} \times 5 \text{ ампер} = 50.000 \text{ ватт}$  и  $10 \text{ вольт} \times 5.000 \text{ ампер} = 50.000 \text{ ватт}$ .

В первом случае ток слаб, но сопротивление очень велико, а во втором — у нас сильный ток при слабом давлении. Для измерения больших мощностей пользуются термином *киловатт*: 1 киловатт равен 1.000 ватт.

Раз ток равен разности потенциалов, деленной на сопротивление, мы можем написать, что

$$E = J \times R.$$

Подставляя это значение в прежнюю формулу, мы получим, что

$$\text{Ватты} = J \times J \times R \text{ или } J^2 R,$$

т.-е., что мощность в цепи при наличии сопротивления пропорциональна *квадрату* тока.

### Соединение сопротивлений.

Если два сопротивления соединены так, что ток проходит последовательно через каждое из них, про них говорят, что они соединены *последовательно* или *в серию*. Общее сопротивление при прохождении тока будет, очевидно, равно сумме отдельных сопротивлений.

Этот способ соединения указан на рис. 3 (а), и ток вычисляется по формуле:

$$J = \frac{V}{R_1 + R_2}.$$

Другой способ соединения сопротивлений дан на рис. 3 (б) и называется *параллельным*. В этом случае потенциал каждого сопротивления пропорционален отдельному сопротивлению. Общее сопротивление двух или любого количества

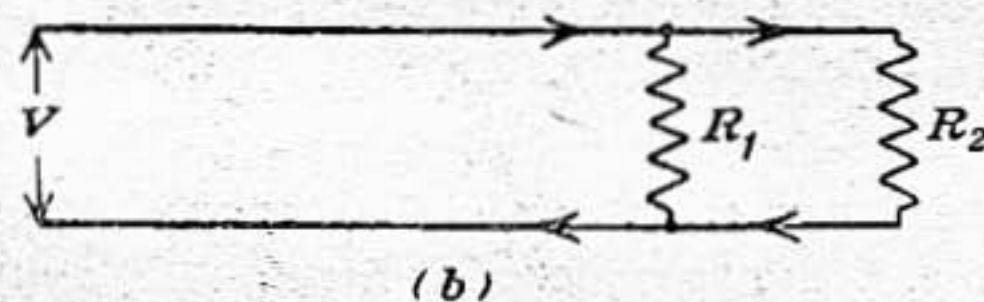
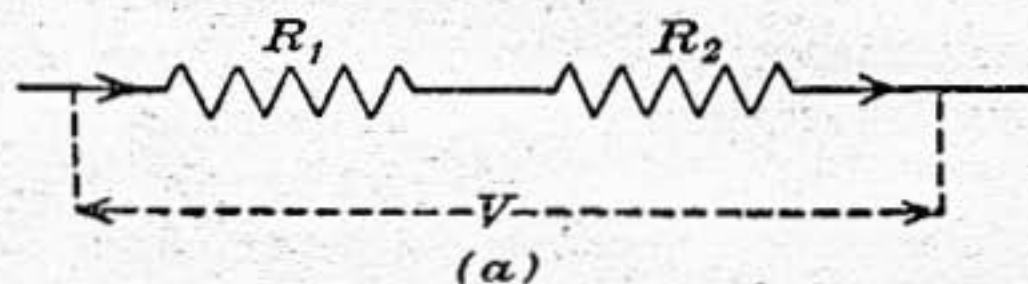


Рис. 3.

сопротивлений, соединенных параллельно, определяется следующим образом: обозначим сопротивления буквами  $R_1$  и  $R_2$ . Ток, проходящий через каждое сопротивление, будет пропорционален величине напряжения, т.-е. равняется  $V/R_1$  и  $V/R_2$ . Предположим, что мы заменили оба сопротивления одним  $R$  так, чтобы ток, проходящий через  $R$ , равнялся бы сумме токов, проходящих через оба сопротивления. Тогда мы получим, что

$$J = V/R = V/R_1 + V/R_2.$$



Исключив в этом уравнении  $V$ , мы получим, что

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}.$$

Или словами: обратная величина общего сопротивления двух параллельно соединенных сопротивлений равна сумме обратных величин этих сопротивлений.

На первый взгляд это положение кажется немного запутанным, но его легко разъяснить на примере.

Предположим, что нужно найти общее сопротивление 2-х сопротивлений, каждого в 5 омов, соединенных сначала (а) последовательно, а затем (в) параллельно, и проходящий через них ток при напряжении в 30 вольт. Если сопротивления соединены последовательно, общее сопротивление будет равняться  $5 + 5 = 10$  омам, а ток  $30/10$ , т.е. 3 амперам. Если сопротивления соединены параллельно, ток, проходящий через каждое, равен  $30/5$ , т.е. 6 амперам, а общий ток — 12 амперам.

Результат может быть получен другим путем. Общее сопротивление будет:

$$\frac{1}{1/5 + 1/5} = 2,5 \text{ ома.}$$

Поэтому ток будет иметь  $30/2,5$ , т.е. 12 амперов, что соответствует результату, полученному прежде. Таким же способом можно определить общее сопротивление любого числа параллельно соединенных сопротивлений. Так, например, при четырех разветвлениях формула примет такой вид:

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4}.$$

## ГЛАВА II.

### Индуктированные токи.

В предыдущей главе мы видели, что электрический ток, проходя через обмотку, вызывает магнитное поле. Теперь рассмотрим обратное явление, т.е. действие магнитного поля на обмотку. Мы увидим, что подобно тому, как ток может вызвать магнитное поле, так и постоянный магнит может возбудить электродвижущую силу, или ток, если цепь замкнута.

Представим себе, что мы присоединили к концам обмотки чувствительный измерительный прибор. Если мы вставим магнит внутрь обмотки, то мы увидим, что поступательное движение магнита будет сопровождаться движением стрелки прибора, указывающим на прохождение тока через обмотку. Когда движение магнита прекращается, стрелка возвращается к нулю, указывая, что ток исчезает. Если мы затем вынем магнит, то мы отметим новое отклонение стрелки в направлении, противоположном первоначальному. Таким образом, ток снова проходит через обмотку, но в обратную сторону. Направление тока меняется как от перемены направления движения магнита, так и от



перемены полярности магнита. Важно также отметить, что индуктированный ток зависит от скорости, с какой мы вдвигаем магнит в обмотку и выдвигаем его.

Каким причинам надо приписать возникновение тока при движении магнита? Прежде всего какому-то свойству самого магнита, потому что кусок простого железа не вызовет никакого тока. Магнит отличается от ненамагниченного железа тем, что у него есть магнитное поле. Следовательно, индуктированный ток вызван взаимодействием магнитного поля и обмотки.

Кроме того, необходимо движение магнитного поля относительно обмотки, так как неподвижный магнит тока не индуктирует.

На основании этих соображений мы заключаем, что ток всегда возбуждается в проводнике или обмотке, если магнитное поле передвигается так, что силовые линии проходят через обмотку. Если мы припомним форму магнитного поля, нам станут понятны слова „проходят через“ или „режут“. Про силовые линии можно сказать, что они пересекаются витками проволоки, с которыми они приходят в соприкосновение. При взгляде на рис. 4 это становится ясным, но нужно помнить, что недостаточно одного движения проводника в магнитном поле, чтобы вызвать ток: движение должно быть таково, чтобы силовые линии пересекались проводником при его движении в магнитном поле.

### Переменный ток.

На указанном принципе электромагнитной индукции основано устройство генераторов электрической энергии. Понятно, что при осуществлении

непрерывного движения магнитного поля через обмотку, или наоборот, мы получим непрерывную индуктивную электродвижущую силу. Чтобы обеспечить непрерывное пересечение магнитного поля обмоткой, мы можем вращать магнит вблизи обмоток, расположенных определенным образом, а в некоторых случаях может быть предпочтительно вращать обмотку, оставляя магнит неподвижным. Подобного рода расположение показано на рис. 4, где NS обозначают полюса магнита, а С — обмотку на поддерживающем ее кольце или *арма-*

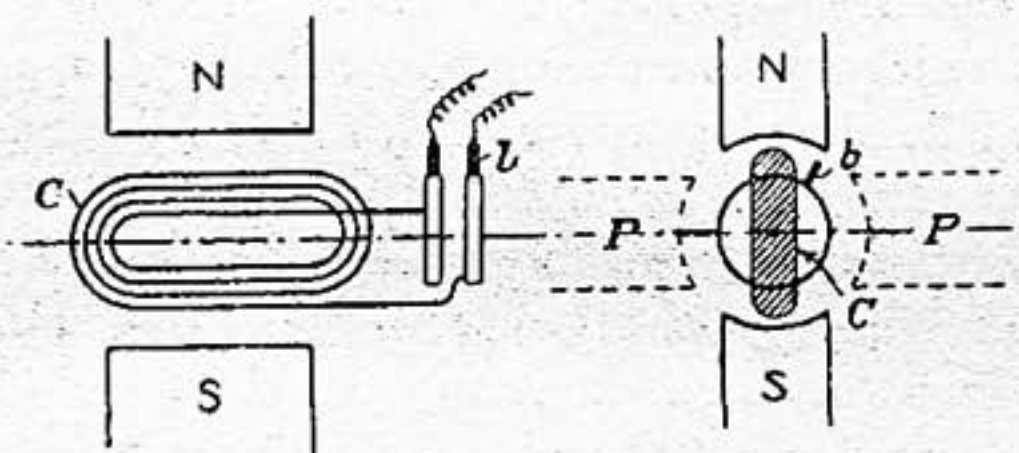


Рис. 4.

*туре.* Если к концам обмотки присоединить два кольца на оси и собирающие щетки так, чтобы между ними существовал контакт, мы получим ток, который будет проходить до тех пор, пока арматура вращается. Направление тока будет зависеть от полярности магнитного поля, и потому при первом полуобороте ток у нас будет одного направления, а при втором полуобороте ток пойдет в противоположную сторону.

Если обмотка находится под прямым углом к плоскости поля, она в своем движении на одно мгновение будет параллельна силовым линиям и *не будет их пересекать.* В этот момент ток



в обмотке равен нулю. Если мы начертим кривую тока или электродвижущей силы в зависимости от разных положений обмотки при вращении, то мы увидим, что в течение каждого оборота кривая достигает максимума (соответствует положению *a*), а затем падает до нуля (положение *b*), чтобы снова достигнуть максимума, но на этот раз в обратном направлении, т. к. направление тока изменилось, и, наконец, ток снова исчезает, когда обмотка приближается к положению *b* при завершении полного оборота (рис. 4). Этот цикл изменений тока повторяется до тех пор, пока мы вращаем обмотку, а от скорости ее вращения зависит быстрота, с которой наступает повторение цикла. Если обмотка делает 3.000 оборотов в минуту, число циклов будет равняться 3.000 в минуту или 50 в секунду. Ток, полученный при помощи контактных колец, называется *переменным* вследствие постоянной и правильной смены полярности. *Частотой* тока мы назовем число полных циклов в секунду.

Величина полученной э. д. с. пропорциональна силе поля, числу витков обмотки и скорости ее вращения. Если мы должны пользоваться электромагнитами, а не постоянными магнитами, то силу поля можно увеличивать и контролировать. Сумма силовых линий также увеличивается при увеличении числа магнитных полюсов, но надо заметить, что это вызовет и увеличение частоты тока. Если мы представим себе еще 2 полюса у РР в рис. 4, легко увидеть, что теперь ток пройдет *дважды* полный цикл за один оборот. Другими словами, частота удваивается. Увеличение числа витков в обмотке повышает электродви-

жущую силу, не меняя частоты. При устройстве *альтернатора* — так называется машина для получения переменного тока — эти факторы принимаются в расчет, и машина устраивается так, чтобы извлекать наибольшую пользу из магнитного поля и тратить минимум энергии в самой машине. Получаемая мощность зависит от величины альтернатора, и нам известны машины мощностью в 10.000 киловатт и выше.

### Машины постоянного тока.

Во многих случаях, в особенности в беспроводной телеграфии, переменный ток не только употребителен, но прямо необходим; в других случаях часто требуется постоянный ток, т. е. ток, идущий только в одном направлении. Чтобы получить ток одного направления посредством машины, изображенной выше, надо перевернуть нижнюю часть каждого цикла, в которой ток меняет свое направление.

Для получения постоянного тока оба кольца на оси заменим одним кольцом, разделенным по оси на две равных части. Каждая из них изолирована и присоединена к соответствующему концу обмотки. Две щетки расположены под небольшим давлением на противоположных частях кольца. Когда обмотка в положении максимального индуктивного действия, ток идет по внешней цепи через каждую половину кольца и соответствующую щетку.

Пусть обмотка прошла  $180^\circ$ , т. е. сделала пол-оборота. Индуктированный ток снова на максимуме, но противоположного направления. Правда, в то же самое время кольцо также обернулось,



так что один из концов обмотки теперь находится под той щеткой, к которой до этого был присоединен другой конец. Это будет равносильно переключению контактов обмотки в каждые пол-оборота. Мы получим, таким образом, пульсирующий ток, т. е. ток, который поднимается от нуля до максимума и падает от максимума до нуля, и притом постоянный по направлению. Если мы представим себе нашу обмотку состоящей из нескольких самостоятельных секций, являющихся как бы отдельными обмотками, тогда, вместо кольца, разделенного на две части, у нас будет известное число ламелей (пластинок), расположенных по радиусу вокруг оси, при чем каждая присоединена к соответствующей обмотке. Это и называется *коммутатором (коллектором)*. Так как пластинки быстро проходят под щетками, то разные токи, идущие от них, соединяются и образуют *постоянный* по величине и направлению ток. Этот принцип лежит в основе конструкции *динамо или генератора постоянного тока*.

Для альтернаторов употребляется вращающееся магнитное поле, а обмотки, в которых индуктируется электродвижущая сила, расположены по периферии железного кольца и окружают магниты. В динамо магнитное поле неподвижно, и обмотки расположены на вращающейся арматуре.

В задачи нашей книги не входит описание деталей устройства электрических генераторов, но ясное представление тех принципов, на которых основана их работа, необходимо для радиолюбителя <sup>1)</sup>.

<sup>1)</sup> Для дальнейшего ознакомления с этим вопросом можно воспользоваться «*Основами электротехники*» П. Кемп.

## Индукция между обмотками.

Мы видели, что обмотка, через которую проходит ток, создает магнитное поле вокруг себя, и что это поле распространяется за пределы обмотки. Если поместить вторую обмотку над первой, ясно, что силовые линии, при своем распространении, будут пересекать нитки второй обмотки. Это индуктирует электродвижущую силу в верхней обмотке, потому что *всякий раз*, когда магнитное поле пересечет обмотку, в последней индуктируется электродвижущая сила. Не важно, как получено магнитное поле: необходимо только, чтобы силовые линии находились в движении. Надо заметить, что в данном случае силовые линии не всегда находятся в состоянии непрерывного движения: если ток постоянен, магнитное поле также будет постоянным. Во второй обмотке индуктируется электродвижущая сила тогда, когда ток увеличивается в одном направлении; когда он падает в другом направлении, силовые линии разрезаются и, пересекая вторую обмотку, возбуждают в ней другую, меньшую электродвижущую силу в обратном направлении. (Сравни с движением магнита взад и вперед внутри обмотки).

Мы видим, что причиной возбуждения электродвижущей силы является всякое возникновение и прекращение тока. Она исчезает, когда ток становится постоянным. Магнитное поле ослабевает по мере удаления от обмотки. Поэтому действие первой обмотки на вторую также уменьшается при их удалении друг от друга.

Возбуждение тока другим током повинует, таким образом, тем же правилам, что и возбужде-



ние тока магнитом. Индуцированная электродвижущая сила пропорциональна числу витков, силе поля и скорости изменения силы поля.

Чтобы отличить ту обмотку, которая вызывает поле, от той, в которой индуцируется электродвижущая сила, мы даем им название *первичной* и *вторичной* обмоток.

Если требуется постоянно меняющаяся индуцированная э. д. с., нам надо иметь приспособление для быстрого изменения тока по величине и направлению; каждое замыкание и размыкание цепи в первой обмотке дает импульс для возбуждения э. д. с. во второй обмотке. На этом принципе основано действие индукционных катушек, чрезвычайно важных для развития беспроволочной телеграфии.

### Индукционная катушка.

Индукционная катушка, разрез которой нам дает рис. 5, представляет собой приспособление, при помощи которого низкое напряжение может быть трансформировано в гораздо более высокое. Эта катушка состоит из трех главных частей: первичной обмотки, вторичной и прибора для замыкания и размыкания цепи, известного под названием *прерывателя*.

Прерыватель приспособлен к индукционной катушке таким образом, что он приводится в действие или внешней механической силой или же магнитной силой самой обмотки.

Первичная обмотка состоит из нескольких витков толстой проволоки, расположенных вокруг железного сердечника. Она получает питание от

батареи в 6--10 вольт. Напряжение, индуцированное во вторичной обмотке, зависит отчасти от числа витков. Чтобы это напряжение достигло возможно большей величины, вторичная обмотка состоит из нескольких тысяч витков тонкой проволоки.

Прерыватель, в своей простейшей форме, состоит из железного диска (*якоря*), монтирован-

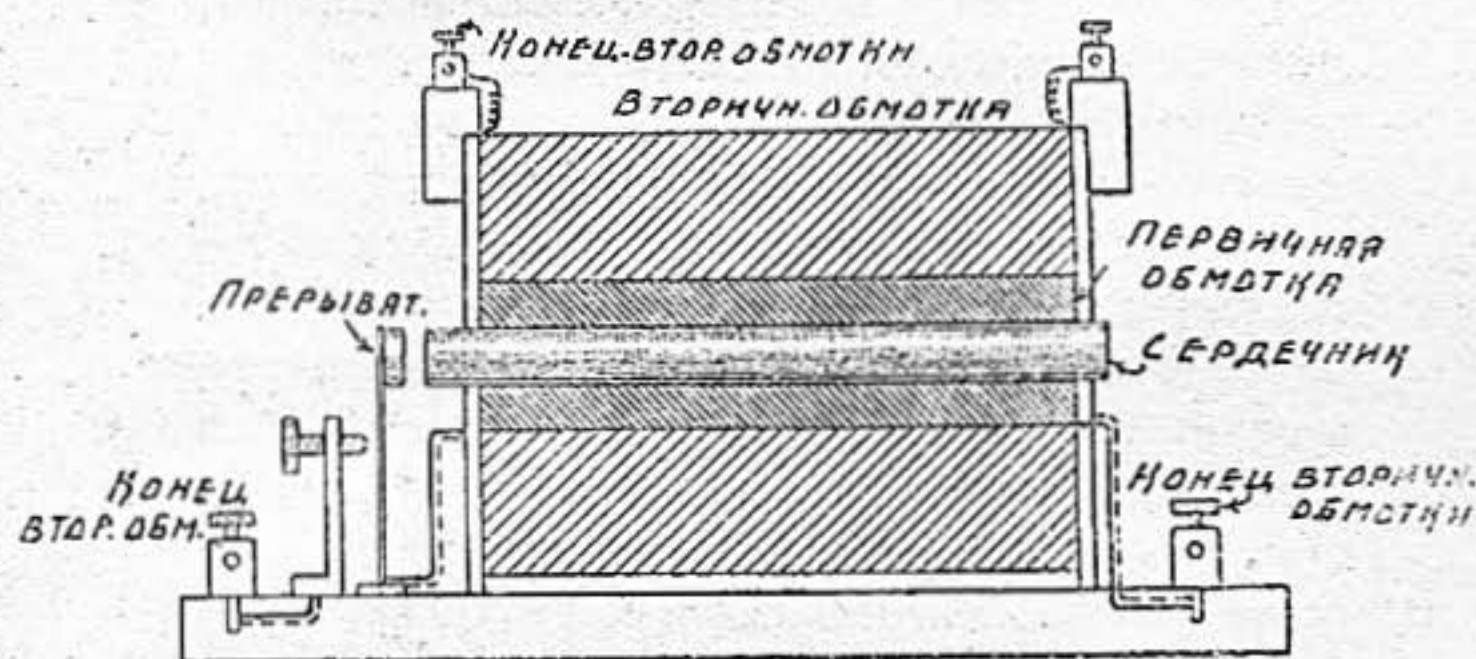


Рис. 5.

ного на упругой полоске из желтой меди <sup>1)</sup>, на которой имеется платиновый контакт. На этот контакт давит платиновое острие винта, соединенного с одним из концов обмотки, как показано на рис. 5. Искра, вызванная замыканием цепи, быстро-бы сожгла любой из обычных легко окисляемых металлов. Вследствие этого и приделывают

<sup>1)</sup> Этот прерыватель имеет вид молотка и называется молоточковым прерывателем.

Прим. ред.



платиновые контакты в тех частях цепи, где имеется быстрое изменение тока. Когда ток идет, увеличиваясь в одном направлении, силовые линии первичной обмотки пересекают вторичную обмотку и индуктируют мгновенную электродвижущую силу. В то же самое время железный сердечник намагничивается и притягивает якорь, раз'единяя этим контакты. Цепь, таким образом, прерывается и силовые линии разрезаются, пересекают витки вторичной обмотки и дают толчок к новой электродвижущей силе. Как только ток падает в другом направлении, железный сердечник больше не намагничивается, платиновые контакты соприкоснутся и этим восстановят цепь. Этот цикл действий затем повторяется. Действие прерывателя совершенно подобно действию обыкновенного электрического звонка; и в самом деле, звонок может действовать, как слабая индукционная катушка, если намотать некоторое количество витков из тонкой проволоки на электромагнитную катушку.

Напряжение, полученное на концах вторичной обмотки, пропорционально числу витков вторичной обмотки, но зависит, главным образом, от быстроты прерывания тока в первичной обмотке. Есть несколько типов прерывателей, предназначенных для быстрого замыкания и размыкания первичной цепи.

Обычной формой такого прерывателя является „ртутный“ прерыватель, который устроен с внешней стороны обмотки и действует при помощи маленького мотора. Струя ртути, под влиянием центробежной силы, выбрасывается, попадает на некоторые из контактов, устроенных кругом по стенкам сосуда, содержащего ртуть, и замыкает цепь.

## Трансформатор.

Вторым видом прибора, основанного на принципе индуктивного действия между обмотками, является *трансформатор*. Так как переменный ток периодически меняется по величине, то силовые линии, вызванные переменным током, проходящим через обмотку, будут находиться в состоянии непрерывного движения и индуктируют переменный ток во вторичной. Если у нас переменный ток, то прерыватель излишен: ток, так сказать, сам собой прерывается. Меняя отношение числа витков одной обмотки к числу витков другой обмотки, можно, по желанию, менять отношение напряжения первичной обмотки (данного) к напряжению вторичной обмотки (индуктированному).

Таким образом, мы можем преобразовать известную мощность одного напряжения в приблизительно ту же мощность более высокого или более низкого напряжения.

Ясно, что во всех тех случаях, когда обмотки создают напряжение благодаря своему магнитному полю, известная часть силовых линий вследствие своего расположения не может пересекать витков вторичной обмотки. Когда две простые обмотки расположены одна над другой, некоторая часть силовых линий не пересечет вторичной обмотки и тем самым не примет участия в индуктировании тока. Эта часть магнитного поля называется „утечкой потока“ и, разумеется, представляет собой потерянную энергию, поскольку речь идет об индуктировании тока.

В интересах лучшей трансформации важно свести к минимуму магнитную утечку. Это дости-



гается тем, что и первичная и вторичная обмотки наматываются на замкнутое железное кольцо или квадрат.

Большинство полученных силовых линий пройдет через железное кольцо. Такое устройство сердечника будет способствовать концентрации магнитного поля в том месте, где оно и должно быть наибольшим.

Магнитная утечка через воздух очень незначительна по отношению ко всему магнитному потоку, получаемому от первичной обмотки.

### Коэффициент полезного действия.

В предшествующем параграфе мы установили, что общее количество мощности, полученной при помощи вторичной обмотки, *приблизительно* равно тому, которое приложено к первичной. Во всех случаях, когда энергия преобразовывается, переходя из одного вида в другой или сохраняя первоначальный вид, мы не можем получить полностью того количества энергии, которое мы затратили. Известная часть ее будет потеряна, главным образом в виде тепла. Отношение мощности, получаемой от машины, к мощности затраченной называется *коэффициентом полезного действия* (он выражается обычно в процентах).

В трансформаторе, кроме магнитной утечки, у нас известное количество мощности теряется в каждом витке на преодоление сопротивления. Возьмем для примера трансформатор, которому сообщили 100 ватт при напряжении в 50 вольт в первичную обмотку. Предположим, что вторичная обмотка проведена так, чтобы дать напряже-

ние в 100 вольт. Если потери в трансформаторе выразятся 20 в., вторичная обмотка нам даст 80 в. полезной мощности. Этому напряжению в 100 вольт соответствует ток в 0,8 ампера. Ток в первичной обмотке равен 100 ватт, деленным на 50 вольт, или 2 амперам. Коэффициент полезного действия представляет собою отношение мощности получаемой к мощности затраченной и равняется 80/100 или 80%.

Заметим, что если трансформатор употребляется для увеличения данного напряжения, ток соответственно уменьшается. Тот же трансформатор, при полученном на вторичной обмотке напряжении в 500 вольт, дал бы ток только в 0,16 ампера.

Не надо упускать из виду, что магнитное поле в своем непрерывном движении взад и вперед через железный сердечник индуктирует ток и в самом сердечнике. Хотя железо и плохой проводник по сравнению с медью, сопротивление сплошного железного кольца будет, тем не менее, весьма незначительно, и эти циркулирующие паразитные <sup>1)</sup> токи достигнут большой величины. Полученная таким путем энергия будет перегревать сердечник и может повредить изоляцию обмоток. Кроме того, она понижает коэффициент полезного действия трансформатора. Чтобы ослабить действие этих паразитных токов, сердечник обычно делают из пучка проволок или известного числа тонких листов, скрепленных в одно целое. Если листы или проволоки между собой изолированы, индуктированные паразитные токи будут сосре-

<sup>1)</sup> Токи Фуко.



точены в каждом листе и не будут циркулировать через все сечение сердечника. Вследствие того, что сопротивление тонкого листа велико, эти токи могут быть сведены к очень малым величинам, и потерянная мощность будет мала по сравнению с той, которая теряется при сплошном сердечнике. Обычно заменяют плоскими листами сплошное железо всякий раз, когда оно подвержено влиянию быстро меняющихся переменных токов.

---

## ГЛАВА III.

### Самоиндукция и емкость.

До сих пор мы рассматривали только действие одной обмотки на другую при индуктировании электродвижущей силы, но стоит немного подумать, чтобы понять, что индуктирующее действие имеет место и внутри всякой обмотки, через которую проходит ток. На рисунке 6 изображены силовые линии, вызванные проводником при прохождении через него тока. Мы видим, что эти линии принимают вид кругов, concentрически расположенных вокруг проволоки — своего центра. Если проводник представляет собой часть обмотки, то силовые линии, образующие магнитное поле, проходят сначала внутри обмотки от одного конца к другому и затем возвращаются вне обмотки к первому концу, как это происходит и с магнитным стержнем.

Рассмотрим сначала магнитное поле вокруг одного проводника. При прохождении тока эти круговые силовые линии разойдутся радиально от центральной оси проводника, как круги расходятся по воде, когда в нее брошен камень. Если данный проводник составляет часть обмотки, то сило-



вые линии, распространяясь по радиусу, будут пересекать соседние витки. Если электродвижущая сила возбуждается всякий раз, когда движущееся магнитное поле проходит через обмотку, то отсюда следует, что электродвижущая сила будет индуцирована *в самой обмотке*, если только через нее проходит ток. Направление этой самоиндуцированной электродвижущей силы будет противоположно той, которая вызывает ток в обмотке. Поэтому ее называют *противоэлектродвижущей*

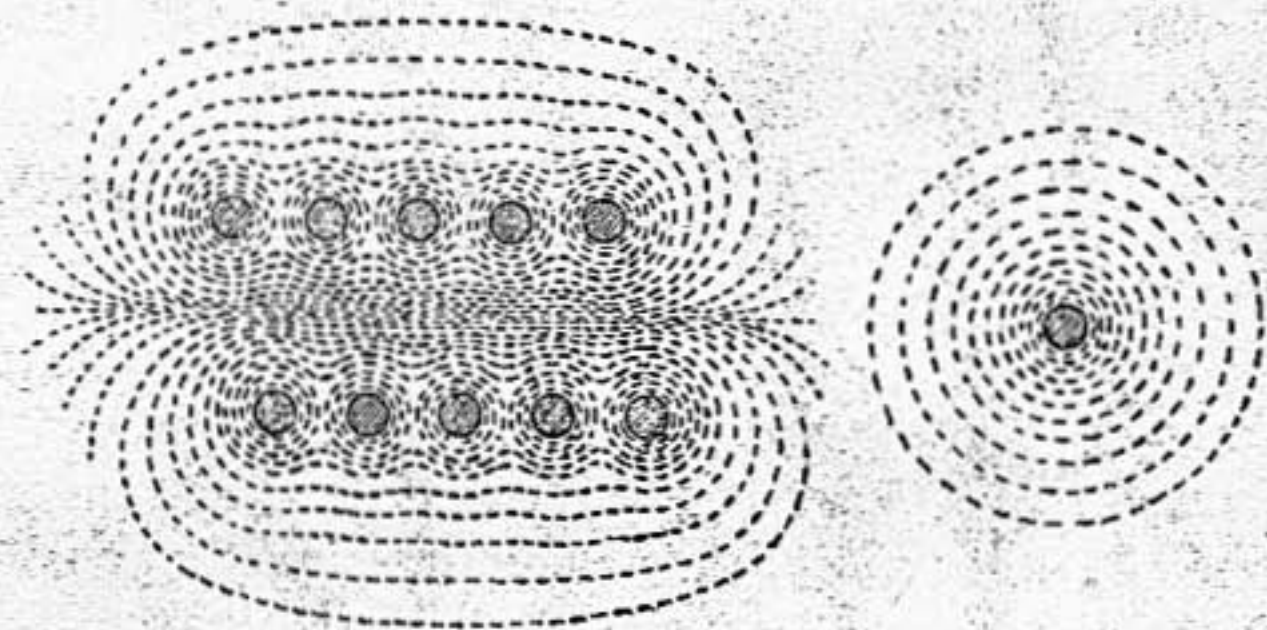


Рис. 6.

*силой*. Для примера представим себе обмотку положенной на страницу так, что своим концом она направлена к наблюдателю. Если ток проходит через обмотку в направлении движения часовой стрелки, самоиндуцируемая электродвижущая сила пойдет в направлении, обратном движению часовой стрелки. Как это повлияет на ток, идущий через обмотку? При прохождении тока силовые линии тотчас же расположатся радиально вокруг каждого витка обмотки, и возбуждается самоиндуцированная э. д. с. Эта э. д. с. явно противоположна той, которая вызывает ток

в обмотке, и этим самым она мешает току немедленно достигнуть полной силы. В то время, как сила тока увеличивается, силовые линии двигаются менее быстро, и поэтому противоэлектродвижущая сила начинает исчезать. Когда ток достигает своей окончательной силы, противоэлектродвижущая сила исчезнет. При размыкании тока имеет место обратное явление: силовые линии претерпевают изменение и, пересекая витки обмотки, возбуждают в ней снова противоэлектродвижущую силу, но уже в направлении, обратном предшествующей. В данном случае действие противоэлектродвижущей силы выражается в том, что она как бы помогает прохождению тока или, вернее, стремится продолжить его. Результатом этого является то, что ток прекращается не сразу, а постепенно, как он и возникает.

То, что происходило, может быть суммировано следующими словами: *самоиндуцированная э. д. с. в обмотке всегда такова, что она стремится предохранить величину тока от каких-либо резких изменений — как усиления, так и ослабления*.

Если обмотка мала, т.-е. с небольшим количеством витков, то противоэлектродвижущая сила будет невелика, и запаздывание возрастания силы тока будет почти незаметно. Если в обмотке несколько тысяч витков, как в обмотке большого электромагнита, току потребуется две или три секунды, чтобы достигнуть своей окончательной максимальной величины. Действие противоэлектродвижущей силы в большой обмотке при размыкании цепи выражается искрой в месте разрыва, и если провода раз'единять руками, то иногда можно почувствовать сильный толчок.



Явления, связанные с действием индуктированной электродвижущей силы: на обмотку, в высшей степени важны для беспроволочной телеграфии, и читатель должен себе уяснить, что обозначают термины „противоэлектродвижущая сила“ и „самоиндукция“. „Самоиндукция“ обмотки — это ее свойство противиться усилению или ослаблению тока, проходящего через нее; этим свойством она обязана вышеописанной противоэлектродвижущей силе.

Отсюда следует, что всякой обмотке свойственна самоиндукция в большей или меньшей степени; и действительно, даже *один проводник и тот обладает самоиндукцией*. Силовые линии, распространяющиеся радиально вокруг проводника, должны сначала пересечь „толщу“ самой проволоки и тем самым вызвать слабую противоэлектродвижущую силу. При постоянном токе самоиндукция проводника незначительна, если проводник короткий, но при значительной длине его, как в телеграфных линиях, например, трансатлантическом кабеле, самоиндукция этого кабеля такова, что значительно мешает возрастанию силы того тока, который проходит через кабель.

Так как самоиндукция обмотки зависит от числа ампер-витков обмотки и количества силовых линий, пересекающих витки, то всякое измерение самоиндукции должно быть выражено в единицах, которые заключали бы в себе и ту и другую величину. Единица самоиндукции носит название *генри* (по имени ученого Жозефа Генри) и равняется пересечению 100 миллионов силовых линий одним витком — при токе в один ампер. В виду того, что число силовых линий пропорционально числу вит-

ков обмотки, самоиндукция будет равна квадрату числа витков. Если через обмотку проходит переменный ток, а не постоянный, то он вызовет непрерывное движение силовых линий. В свою очередь силовые линии возбуждают электродвижущую силу, изменяющуюся периодически, как и переменный ток.

Эта противоэлектродвижущая сила в любой момент будет по направлению противоположна току, идущему через обмотку. Этим самым она будет действовать как непрерывно противодействующая току сила. Поэтому катушки самоиндукции, главным образом употребляемые в цепях с переменным током, можно бы назвать *реактивными катушками*.

Противодействие или реактивное действие обмотки будет зависеть от частоты тока, идущего через обмотку: чем выше частота, тем скорее силовые линии пересекают витки. Обмотка, пропускающая 5 ампер при 50 периодах в секунду, пропустит одну десятую этого тока при 500 периодах в секунду. Самоиндукция обмотки при переменном токе равняется  $2\pi fL$ , где  $L$  — самоиндукция обмотки в генри, а  $f$  — частота.

Ток, проходящий через обмотку, повинуетя также закону Ома, хотя во многих случаях сопротивление обмотки бывает весьма слабо. Соединенное действие сопротивления и самоиндукции в обмотке называется *полным сопротивлением* и выражается математической формулой

$$\sqrt{R^2 + 4\pi^2 f^2 L^2}$$

где  $R$  — сопротивление обмотки, а  $L$  и  $f$  сохраняют прежнее значение.



Для полного сопротивления обмотки употребительно также выражение *кажущееся сопротивление*, которое выражается в омах: в этом случае самоиндукция приравнивается к эквивалентному омическому сопротивлению, которое соответствовало бы той же силе тока. Надо ясно себе представить разницу в действии самоиндукции на постоянный ток и на переменный.

При постоянном токе самоиндукция действует на увеличение и уменьшение тока задерживающим образом.

При переменном токе, непрерывно то увеличивающемся, то ослабевающем, самоиндукция противодействует току и уменьшает его величину.

Раз'ясним это на примере: предположим, что у обмотки сопротивление в два ома и самоиндукция в 0,05 генри. При переменном токе напряжением в 100 вольт, частотой в 50 периодов, проходящий ток будет равен напряжению, деленному на кажущееся сопротивление или

$$\frac{V}{\sqrt{R^2 + 4\pi^2 f^2 L^2}} = \frac{100}{\sqrt{4 + 0,0025 \times 4 \times 9,85 \times 2500}} = \frac{100}{\sqrt{250}} = 6 \text{ амперам приблизительно.}$$

Если взять постоянный ток, сила его будет равняться  $\frac{100}{2}$  или 50 амперам.

### Вычисление катушки самоиндукции.

Величина самоиндукции обмотки в значительной мере зависит от ее размеров и формы, а также от числа слоев проволоки, намотанных на катушку,

т. к. это имеет значение для распределения магнитного поля.

Простейший случай, который мы сначала и рассмотрим, это длинный цилиндр с одним слоем проволоки или *соленоид*, как его называют.

Плотность силового потока в центре соленоида равна  $1,25 \times$  число ампер-витков на см. длины обмотки, если нет железа в сердечнике.

Общий магнитный поток мы найдем, умножив это выражение на площадь, захватываемую каждым витком катушки

$$= 1,25 \times AT \times S$$

где  $S$  — площадь захватываемая витком. Если общее число витков  $N$ , число витков на 1 см. будет  $N/l$  ( $l$  — длина обмотки).

Тогда мы получим, что магнитный поток

$$= \frac{1,25 \times J \times N \times S}{l}$$

Самоиндукция равна магнитному потоку, помноженному на число витков и деленному на  $10^8$ :

$$\text{самоиндукция} = \frac{1,25 \times N^2 \times S}{10^8 \times l} \text{ генри} \dots (1)$$

Постоянная  $10^8$  введена на основании определения самоиндукции, данного выше.

Эта формула верна только для тех катушек, длина которых много больше диаметра. В других случаях надо пользоваться следующей формулой <sup>1)</sup>:

$$L \text{ (генри)} = \frac{K \cdot \pi^2 d^2 \cdot n^2 l}{10^9} \dots (2)$$

<sup>1)</sup> Формула профессора Нагока: „Вычисление самоиндукции и емкости“. В. Г. Ноттедж: „Основы радиотехники“.



причем  $d$  и  $l$  диаметр и длина обмотки в см,  $n$  — число витков на см., а  $K$  величина, зависящая от отношения диаметра к длине обмотки.

Вот таблица значений  $K$ :

Отношение $d$ к $l$ .	Значение $K$ .
0,1 . . . . .	0,9588
0,2 . . . . .	0,9201
0,3 . . . . .	0,8838
0,4 . . . . .	0,8499
0,5 . . . . .	0,8181
0,6 . . . . .	0,7855
0,7 . . . . .	0,7609
0,8 . . . . .	0,7351
0,9 . . . . .	0,7110
1,0 . . . . .	0,6884
1,5 . . . . .	0,5950
2,0 . . . . .	0,5255
2,5 . . . . .	0,4719
3,0 . . . . .	0,4292
4,0 . . . . .	0,3654
5,0 . . . . .	0,3198
6,0 . . . . .	0,2854
7,0 . . . . .	0,2584
8,0 . . . . .	0,2366
9,0 . . . . .	0,2185
10,0 . . . . .	0,2033

Для катушек с несколькими слоями обмотки даются различные формулы, более или менее сложные. Та, которую мы сейчас приведем, дана профессором Перри и годится для катушек с большим диаметром и малой длиной:

$$= \frac{12,57 \times n^2 a^2}{0,23 a + 0,44 v + 0,39 c} \dots (3)$$

$n$ —общее число витков обмотки,  $a$ —средний радиус в см,  $v$ —длина, а  $c$ —толщина обмотки по радиусу.

Полученную формулу нужно разделить на  $10^9$ , чтобы получить результат в генри.

Примеры на данные выше формулы:

1) Требуется намотать обмотку на трубку с диаметром в 6 см, длиной в 12 см. для самоиндукции в 0,0002 генри.

Пользуясь формулой (2), мы получим:

$$0,001 = \frac{K \times 22^3 \times 36 \times n^2 \times 12}{49 \times 10^9},$$

где искомой величиной является  $n$ —число витков на см. Отношение диаметра обмотки к длине равно 0,5, а соответствующая величина  $K$  при этом будет равна 0,818

$$n^2 = \frac{49 \times 10^9 \times 0,0002}{0,818 \times 284 \times 36 \times 12} = \text{приблизительно } 100,$$

откуда  $n=10$  виткам на см.

В английских таблицах стандартной проволоки мы находим, что № 22 S W g. медной проволоки, изолированной двойным слоем шелка, будет соответствовать искомой катушке. Вся катушка будет иметь поэтому 120 витков.

2) Определить самоиндукцию 6-слойной обмотки, при 8 витках на слой; 8 см. внутренний диаметр;  $9\frac{1}{2}$  см—внешний диаметр; длина— $1\frac{1}{2}$  см.

Размеры этой обмотки найдем по формуле Перри (3).

Общее число витков равно  $6 \times 8 = 48$ . Средний радиус равен половине среднего диаметра или  $\frac{17\frac{1}{2}}{2}$  см.



Радиальная толщина и есть толщина обмотки. Она равна разности диаметров внутреннего и наружного, деленной на 2, т. е.  $\frac{3}{4}$  см.

Подставляя эти величины в формулу, мы получаем:

$$L = \frac{12,57 \times 48^2 \times 8,75^2}{0,23 \times 8,75 + 0,44 \times 1,5 + 0,39 \times 0,75} = \frac{2217275,5}{2,96}$$

приблизительно или, при делении на  $10^9$ , 0,0008 генри.

### Емкость.

Если два проводника отделены друг от друга изолирующим веществом и к ним приложена разность потенциалов, то изолирующий слой испытывает электрическое напряжение. Электроны, которые были потревожены приложением электрической силы, в своем стремлении восстановить равновесие, будут производить натяжение в среде, лежащей между проводниками. Если устранить приложенную силу, изолирующий слой останется в состоянии электрического напряжения до тех пор, пока мы, соединив проводники, не восстановим равновесия между электронами.

Два проводника (две обкладки), разделенные изолирующим слоем, называются *конденсатором*. Про конденсатор можно сказать, что он собирает электрическую энергию, которую он отдает при включении в цепь, т. к. последнее позволяет энергии уйти. Действие конденсатора аналогично действию часовой пружины. Мы сообщаем пружине известное количество энергии, заводя ее, и она сохраняет энергию до тех пор, пока не на-

чнет приводить в движение системы колес. Заведенная часовая пружина соответствует заряженному конденсатору, а раскручивание пружины аналогично *разряду* конденсатора.

Энергия, сообщенная конденсатору, зависит от количества электричества и разности потенциалов между обкладками. Если один конденсатор способен собрать большую электрическую энергию, чем другой, про него говорят, что он обладает *большой емкостью*.

Емкость можно измерять количеством электричества, которое требуется, чтобы вызвать единицу разности потенциалов между обкладками. Единицей емкости конденсатора мы назовем ту емкость, при которой единица электричества вызовет единицу разности потенциалов. Ее выражают в *сантиметрах*.

$$Q = C \times V,$$

где  $Q$  — количество электричества,  $C$  — емкость, а  $V$  — разность потенциалов.

Для практических целей берут более крупную единицу, называемую *фарадой*, которая определяется так: фарада есть емкость такого конденсатора, который при заряде в 1 ампер = секунду имеет разность потенциалов между обкладками в 1 вольт.  $\frac{1}{1.000.000}$  часть фарады — *микрофарада* — единица, вполне достаточная для измерения емкостей, с которыми мы встречаемся на практике в радиотехнике. Ниже мы даем числовые взаимоотношения между этими различными единицами емкости.



## Вычисление емкости.

Емкость конденсатора прямо пропорциональна площади поверхности обкладок и обратно пропорциональна толщине *диэлектрика*, т. е. изолирующего слоя. Кроме того, емкость зависит от природы самого диэлектрика, т. к. некоторые вещества обладают большим электростатическим натяжением, чем другие. Чтобы сравнивать различные вещества, берут за единицу воздух, и прилагаемая таблица дает отношение возрастания емкости при употреблении данного вещества вместо воздуха. Поэтому, если даны два конденсатора, и в одном диэлектриком является воздух, а в другом — слой стекла таких же размеров, то отношение их емкостей будет 1 : 3. Это число называется *диэлектрической постоянной этой среды*.

Вполне понятно, что значения этих чисел меняются в зависимости от того, как мы будем комбинировать различные вещества.

Таблица диэлектрических постоянных:

Воздух . . . . .	1
Эбонит (вулканизированная резина) . . .	2,3
Парафин . . . . .	2
Сера . . . . .	2,5
Слюда . . . . .	6—8
Стекло . . . . .	3

Если принять в расчет эти постоянные, то емкость конденсатора выразится формулой  $C$  (см) =  $\frac{K \cdot s}{4\pi \times h}$ , где  $s$  — площадь поверхности обкладок в см,  $h$  — толщина диэлектрика в см., а  $K$  — диэлектрическая постоянная.

Чтобы выразить емкость в микрофарадах, полученный результат надо разделить на 900,000.

Иногда в радиотехнике встречается особая единица емкости, *jar*<sup>1)</sup>, равная 1000 см.

Вот перечень единиц емкости и их отношений:

- 1 фарада . . . = 1.000.000 микрофарад.
- 1 микрофарада . = 900.000 сантим.

Пример: Найти площадь поверхности обкладок слюдяного конденсатора емкостью в 1000 см., если толщина слюды равна 0,5 мм.

$$C = \frac{8 \times \text{площадь (в см.)}}{4\pi \times 0,05 \text{ (см.)}} = 1.000 \text{ см.}$$

Откуда площадь =  $\frac{4\pi \times 50}{8} = 79$  кв. см. приблизительно. Таким образом, нам нужны две пластинки с площадью в 39,5 кв. см. каждая.

Если конденсатор имеет большую емкость, то ясно, что вычисление нам даст обкладки чрезмерной величины. В таком случае обычно на практике устраивают конденсатор из многих металлических пластинок с диэлектриком между ними. Если мы соединим пластинки в две группы (через одну) и присоединим каждую группу к одному зажиму, мы можем получить конденсатор, емкость которого будет та же, что и конденсатора с двумя большими обкладками.

Пример: Определить емкость конденсатора имеющего 49 в одной и 50 пластинок в другой

<sup>1)</sup> Употребительна только в Англи



группе с площадью  $4 \text{ см.} \times 3 \text{ см.}$ , при слюдяном диэлектрике толщиной в  $0,5 \text{ мм.}$

При вычислении мы пренебрегаем лишней пластинкой и считаем, что у нас в каждой группе по 49 пластинок.

Общая площадь будет тогда равна

$$2 \times 49 \times 12 \text{ кв. см. или } 1176 \text{ кв. см.}$$

Отсюда емкость  $\frac{8 \times 1176}{4\pi \times 0,05} = 14970 \text{ см.}$  или, приблизительно,  $0,166 \text{ микрофарады.}$

### Соединение конденсаторов.

Если у двух конденсаторов концы одинаковых пластинок соединены между собою, то говорят, что конденсаторы соединены *параллельно* и общая емкость равна сумме емкостей обоих конденсаторов. Это легко понять, если обратить внимание на то, что присоединяя конец одного конденсатора к концу другого, мы тем самым прибавляем новые пластинки к уже имеющимся в цепи пластинкам. Это рассуждение правильно для любого количества конденсаторов, соединенных параллельно: *общая емкость при таком способе соединения равна сумме емкостей отдельных конденсаторов.* Если два конденсатора соединить *последовательно*, т. е. так, что ток проходит через каждый конденсатор поочередно, вычисление общей емкости не так просто. Однако, ее все же можно вычислить, если принять во внимание, что в этом случае заряды во всех конденсаторах одинаковы, и что общая разность потенциалов равна сумме разностей потенциалов отдельных конденсаторов.

Назвав напряжение одного конденсатора  $V_1$ , а напряжение второго  $V_2$ , мы получим для них соответствующие выражения  $\frac{q}{C_1}$  и  $\frac{q}{C_2}$  где  $q$  — заряд, а  $C_1$  и  $C_2$  — емкость конденсаторов. Тогда общая разность потенциалов  $V$  будет равна  $V_1 + V_2$ , откуда

$$V = \frac{q}{C_1} + \frac{q}{C_2} = q \left( \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} \right)$$

Обозначив общую емкость (пока нам неизвестную) буквой  $C$ , мы получим, что  $V = \frac{q}{C}$ , откуда

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}, \text{ т. е.}$$

*обратная величина общей емкости последовательно соединенных конденсаторов равна сумме обратных величин их емкостей.* Этот закон и приведенные выше рассуждения применимы к любому числу конденсаторов, соединенных последовательно.

*Пример:* Найти емкость трех конденсаторов в  $500 \text{ см.}$ ,  $2000 \text{ см.}$  и  $5000 \text{ см.}$ , если они соединены 1) параллельно, 2) последовательно.

При параллельном соединении общая емкость  $= 500 + 2000 + 5000 = 7500 \text{ см.}$

При последовательном соединении  $\frac{1}{\text{общую емкость}}$   
 $= \frac{1}{500} + \frac{1}{2000} + \frac{1}{5000} = 0,002 + 0,0005 + 0,0002 =$   
 $= 0,0027$  или общая емкость равна  $\frac{1}{0,0027} = 370 \text{ см.}$   
приблизительно.



При данном количестве конденсаторов возможно достигнуть целого ряда различных общих емкостей, соединяя конденсаторы параллельно или последовательно или же комбинируя оба способа. Надо также раз навсегда запомнить, что законы последовательного или параллельного соединения конденсаторов *обратны* законам последовательного и параллельного соединения сопротивлений.

## ГЛАВА IV.

### Волны и движение волн.

Различные виды энергии, известные нам, вроде тепла, света и звука, распространяются в пространстве в виде волн. Представить себе волнообразное движение не трудно для тех, кто видел, как волнение на поверхности пруда доходит кругами до берега. Но с научной точки зрения существуют также и другие волны, кроме тех, которые, при их прохождении через данную среду, непосредственно воспринимаются нашими органами чувств. Звук, вызванный вибрирующей массой, вроде камертона или струны рояля, достигает уха посредством импульсов, передаваемых в определенные промежутки времени через воздух.

Всякая *среда*, передающая колебания, должна обладать двумя механическими свойствами: *упругостью* и *плотностью*. Упругостью вещества называется свойство его принимать прежнюю форму после исчезновения силы, эту форму изменившей. Если ударить по одному концу стального бруска, то он на мгновение сожмется, но, благодаря своей крайней упругости, он тотчас же вернется к преж-



нему виду. С другой стороны кусок замазки, после того, как его сжали, не примет прежней формы: замазка не обладает упругостью. Импульс, данный одному концу упругого вещества, передается по всей его длине со скоростью, пропорциональной его упругости и обратно пропорциональной его плотности. Когда проволока вибрирует, частицы окружающего ее воздуха получают ряд импульсов. Эти импульсы выражаются в сгущениях воздуха преходящего характера. Воздух действует, как упругая среда, каждая частица которой передает импульс другой, более отдаленной частице, а затем возвращается в свое нормальное положение. Вследствие упругости воздуха частицы его не возвратятся в нормальное положение мгновенно, но будут колебаться некоторое время, прежде чем придут в состояние покоя. За каждым движением вперед следует соответствующее движение назад в направлении, противоположном движению распространения.

Эти колебания известны под именем волн *сгущения и разрежения* и посредством их передаются звуки через воздух. С другой стороны, у нас есть все основания предполагать, что свет передается волнообразными движениями через эфир, причем колебания находятся под прямым углом к направлению движения луча света <sup>1)</sup>.

Будут ли колебания волнообразными или волнами сгущения и разрежения, они подчиняются

<sup>1)</sup> В то время как колебания воздушных частиц двигаются по направлению распространения звуковых волн.

Прим. ред.

одинаковым законам движения в пространстве, которые мы можем формулировать так:  
*скорость волны*—это быстрота ее распространения, выраженная числом метров в секунду;  
*длиной волны*—называют расстояние между двумя соседними гребнями волн или между двумя соответственно расположенными точками двух волн (см. рис. 7);  
*частотой волны* мы назовем число полных волн, проходящих в секунду через любую взятую точку

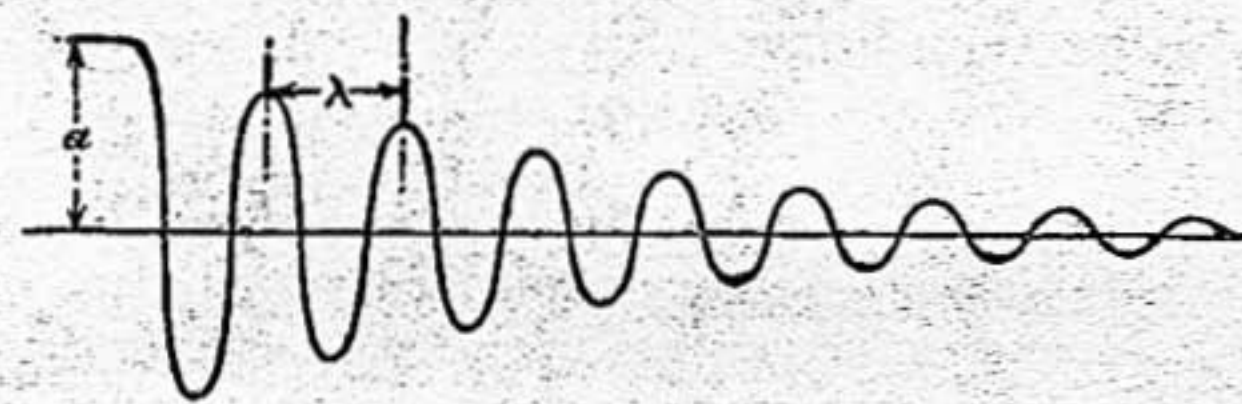


Рис. 7.

Если у нас через данную точку проходит  $f$  волн в секунду, и при этом каждая волна имеет определенную длину, то ясно, что скорость, с которой распространяются волны, равна длине волны, умноженной на число волн в секунду, т.-е.

$$v = \lambda \times f,$$

где  $v$ —скорость,  $f$ —частота, и  $\lambda$  обозначает длину волны.

Мы не можем идти дальше в деле изучения движения волн, не дав графического изображения волны. Посмотрим сначала на движение простого маятника, состоящего из тяжелого шарика на шнурке. Если маятник отвести в сторону и отпустить его, шарик вернется к первоначальному



положению вследствие силы тяжести. Придя в первоначальное свое положение, маятник моментально бы остановился, если бы не сила *инерции*.

*Инерцию* лучше всего определить, как свойство материи противиться всякому изменению движения. Когда шарик в состоянии покоя, надо приложить известную силу, чтобы преодолеть его инерцию и вывести его из этого состояния. Точно так же, если шарик в движении, инерция стремится удержать его в состоянии непрерывного движения, и надо снова приложить некоторую силу, чтобы остановить его. Таким образом, в случае с маятником инерция тяжести заставляет его быстро пройти первоначальное положение и двигаться в противоположную сторону. На шарик действуют все время две силы, стремящиеся привести его в состояние покоя: сопротивление шнура и трение воздуха. Скорость движения шарика возрастает до тех пор, пока он не достигнет своей исходной точки. Затем она постепенно уменьшается, пока шарик в известной точке на противоположной стороне не остановится. После этого начнется обратное движение маятника. Цикл движения затем повторяется: скорость возрастает, доходит до своего максимума, когда маятник приходит в свое исходное положение, а затем снова уменьшается. Расстояние, проходимое шариком при каждом последовательном колебании, постепенно уменьшается вследствие трения воздуха, пока маятник не остановится окончательно.

Кривая на рис. 7 изображает движение маятника в зависимости от времени. Часть кривой,

находящаяся *над* горизонтальной линией, изображает движение маятника по одну сторону исходной точки, другая же часть кривой, *под* горизонтальной линией, изображает движение маятника по другую сторону. Отклонение маятника от его первоначального положения в любой момент изображается перпендикуляром, восстановленным к горизонтальной линии в точке, соответствующей данному моменту.

*Максимальное* отклонение маятника называется *амплитудой* (обозначена на рисунке буквой *a*). Когда маятник проходит исходную точку, его скорость максимальна, — и кривая в этой точке близка к вертикальной прямой. При наименьшей скорости, что соответствует максимальным отклонениям (амплитудам) по обе стороны горизонтальной прямой, кривая становится касательной к горизонтальной линии.

### Затухающие и незатухающие волны.

Рассмотренная нами кривая может служить образцом кривых, изображающих колебательное движение тел, постепенно возвращающихся в состояние покоя или, как говорят, колебаний, *затухающих* под влиянием какой-нибудь внешней силы.

Рассматривая кривую, мы видим, что она состоит из ряда волн. Амплитуда каждой последующей волны меньше амплитуды предшествующей, но *длина* волны остается неизменной. Длина волны равна на рисунке расстоянию  $\lambda$  (см. выше определение  $\lambda$ ). Всякий раз, когда встречается выражение *затухающие волны*, читатель должен себе представить ряд волн (что можно изобразить



в виде кривой), постепенно ослабевающих, а затем и исчезающих после долгого или короткого промежутка времени.

Если не позволить колебаниям маятника затухнуть, а приложить в конце каждого размаха известную силу, достаточную, чтобы уничтожить действие сопротивления воздуха и трения, движения маятника останутся все время неизменными. Если снова провести кривую, амплитуда волны была бы постоянной (рис. 8).

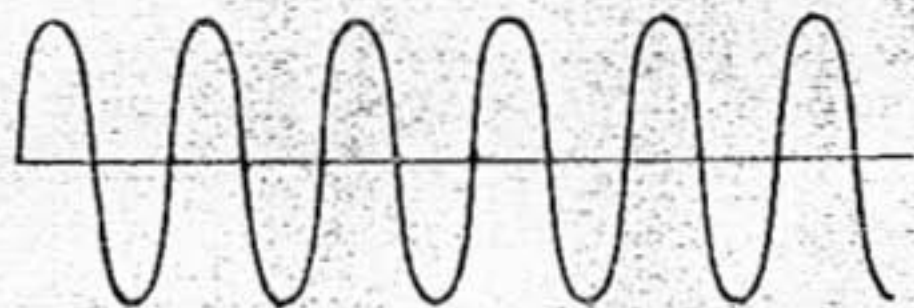


Рис. 8.

Такое колебание называется *незатухающим*, и на практике примером его может служить маятник часов. Постоянная амплитуда его колебания сохраняется при помощи часового механизма.

Если бы мы каким-либо электрическим способом заставили непрерывно вибрировать камертон, то амплитуда распространяемых волн будет тоже неизменна. (Необходимо заметить, что кривые могут изображать также волны сгущения и разрежения, соответствующие колебательным движениям частиц воздуха или другой среды).

Ряд подобных волн изображает вместе с тем прохождение переменного тока (см. страницу 30); амплитуда волн представляет максимальное значение индуктированного напряжения, а число волн

в секунду будет частотой. Когда говорят о переменном токе, термин „длина волны“ неупотребителен: обычно говорят о *периоде*<sup>1)</sup>, т.-е. о расстоянии во времени между двумя подобно расположенными точками двух волн.

### Эфир.

Если мы возьмем прибор, вызывающий звуковые волны, например электрический звонок, и заключим его в непроницаемый для воздуха сосуд, звук ослабеет, но, несмотря на это, все же будет слышен. Вибрации воздуха внутри сосуда сообщаются сначала стеклу или другому материалу, из которого сделан сосуд, а от него — внешней среде. Теперь удалим воздух из сосуда воздушным насосом. Звук постепенно ослабевает. Когда воздух будет совершенно удален, мы уже ничего больше не услышим. Отсюда ясно, что воздух и есть та среда, через которую передаются звуковые волны; если его удалить — звук исчезает. Но в случае *световых* волн удаление воздуха, окружающего светящуюся субстанцию, не вызывает каких-либо изменений в излучении света. (Вспомним, что проволока электрической лампочки заключена в стеклянный шар, откуда воздух выкачан). Очевидно, световые волны передаются не через воздух, а через какую-то другую среду.

Возьмем теперь распространение волн электрической энергии, что нас, главным образом, и интересует в нашей книге. На практике даже

<sup>1)</sup> Периодом называется время совершения полного цикла одного колебания.

Прим. ред.



предметы, непроницаемые для световых волн, не задерживают электрических волн. Есть, таким образом, какая-то универсальная среда, проникающая все твердые и жидкие тела и передающая электрические волны независимо от воздуха. Этой среде ученые дали название *эфира*. Он обладает любопытными и отчасти противоречивыми свойствами. Казалось бы, что это должен быть сильно разреженный газ, в виду того, что он не имеет заметного веса и не оказывает сопротивления твердым телам, проходящим через него. Тем не менее, при прохождении световых волн, он похож в некоторых отношениях на твердое, весьма упругое тело.

Скорость света равна 300.000 клм. в секунду. Если эфир передает вибрации с такой быстротой, то он, очевидно, обладает большей упругостью, чем какая-либо другая известная нам субстанция. Кроме того, надо предположить, что он заполняет все пространство, но, повидимому, не препятствует прохождению через него земли и других планет.

Данная глава не ставит своей задачей рассматривать различные теории природы эфира. Пока мы должны удовольствоваться замечанием, что он действует как среда, через которую распространяются световые, электрические и магнитные волны. Возбуждение этих волн и управление ими будут описаны дальше.

## ГЛАВА V.

### Электрические колебания.

Если концы заряженного конденсатора соединить через сопротивление, то энергия, накопленная в диэлектрике, проявляется в виде тока, идущего через сопротивление до тех пор, пока вся энергия заряда не рассеется, и электроны в цепи снова не придут в состояние равновесия.

Если заменить сопротивление куском толстой проволоки, оказывающей весьма малое сопротивление прохождению тока, то мы не получим в цепи постоянного непрерывного тока: полученный ток будет быстро колебаться то в одну, то в другую сторону, прежде чем окончательно не исчезнет. Нам легко будет понять причину этого явления, если мы припомним колебания маятника (стр. 59). По мере того, как мы будем двигаться вперед и изучать факторы, влияющие нахождение этого колебательного тока, сходство между механическими и электрическими колебаниями делается все более и более явным.

Замыкание цепи заряда конденсатора вызывает внезапный резкий поток электронов от одной обкладки к другой через проводник. Этот поток нельзя остановить сразу: он будет продолжаться



некоторое время после размыкания цепи точно также, как маятник, при обратном движении, миная свое исходное положение, проходит дальше. Отсюда следует, что на той обкладке конденсатора, которой не хватало электронов, получится избыток электронов. Это соответствует новому заряду конденсатора, но в направлении обратном первоначальному. Не успели электроны прийти в состояние покоя, как они тотчас же идут обратно, подобно обратному движению маятника, и тем самым сообщают конденсатору заряд первоначальной полярности.

Колебательное движение электронного потока продолжается, постоянно ослабевая, пока, наконец, не остановится окончательно. Затухание колебаний электронов вызывается сопротивлением проволоки, всегда имеющимся налицо, независимо от того, какой толщины или длины проволока. Это электрическое затухание соответствует уменьшению размаха маятника вследствие трения воздуха. Если мы проведем кривую, изображающую изменения тока при разряде конденсатора, она примет тот же вид, что и на рис. 7; единственная разница заключается в том, что колебания маятника прекращаются в течение нескольких минут, а электрические колебания разряжающегося конденсатора исчезают в течение нескольких десятитысячных секунды.

### Действие сопротивления.

Если сопротивление внешней цепи велико, колебательного тока не будет, и разряд принимает вид импульса в одном направлении, исчезающего в течение короткого промежутка времени (*апериодический разряд*). Мы можем сравнить этот импульс

с движением маятника в плотной среде, хотя бы в патоке. Трение патоки так замедлит движение шарика, что он постепенно остановится без всякого колебания.

Если трение среды немного меньше, как, например, у воды, возможно, что маятник сделает два или три колебания с быстро уменьшающейся амплитудой, прежде чем придет в состояние покоя.

Точно таким же образом, увеличивая или уменьшая сопротивление цепи, мы можем увеличивать или уменьшать промежуток времени, который требуется для исчезновения электрических колебаний. Чем больше сопротивление цепи, тем скорее исчезнут колебания; и обратно, при очень малом сопротивлении они продолжают довольно долго. Ясно, что должна существовать какая-то величина сопротивления, которая совсем не даст возможности току колебаться, в то время как всякое меньшее по величине сопротивление допустит одно или два колебания. Эта величина называется *критическим сопротивлением* цепи. Смотря по тому, исчезают ли колебания быстро или продолжают некоторое время, их называют *сильно затухающими* или *слабо затухающими*.

Возвратимся к маятнику и посмотрим, какие факторы влияют на время колебания или *период*, как его называют. Чтобы упростить вопрос, предположим, что маятник состоит из свинцового шарика на стальной пружине, другой конец которой неподвижно укреплен. Период можно увеличить, делая пружину более тугой, для чего обычно пружина укорачивается. Если колебания маятника доходят до 30 — 50 в секунду, колеблющаяся пружина издает музыкальный тон. Предположим теперь,



что мы увеличили вес шарика. Его инерция увеличится, и маятник будет колебаться медленнее. Кроме того, мы заметим, что при увеличении веса шарика продолжительность колебаний увеличивается.

Следовательно, мы можем изменять период колебания маятника или делая пружину более тугой или увеличивая массу шарика на конце пружины.

Теперь попробуем применить эту аналогию к электрической цепи. Конденсатор мы можем рассматривать, как пружину. Чтобы зарядить его, мы должны употребить известное количество энергии, как мы ее тратим на сжатие пружины. Чем больше будет емкость конденсатора, тем меньше будет потенциал при одном и том же количестве электричества; отсюда большая емкость соответствует слабой пружине. Чтобы увеличить период, другими словами — чтобы уменьшить частоту колебаний, надо повысить емкость конденсатора. Механической инерции в электричестве соответствует самоиндукция, так как обмотка, при изменении тока, проходящего через нее, как бы представляет электрическую энергию. Поэтому усиление самоиндукции в цепи действует так же, как более тяжелый шарик на маятник: частота колебания уменьшается.

Мы видим, что частота тока в колебательной цепи (*колебательном контуре*) может быть уменьшена увеличением или емкости или самоиндукции в этом колебательном контуре.

Математическая связь между этими двумя величинами и периодом может быть выражена так: период одного колебания дается формулой

$$T = 2\pi \sqrt{L \times C},$$

где  $L$  — самоиндукция цепи в генри, а  $C$  — емкость в фарадах.

$$2\pi = 2 \times 3.1416 \text{ или } 6,283.$$

Удобнее вычислять в микрофарадах. Тогда формула примет следующий вид:

$$T = \frac{2\pi}{10^3} \sqrt{L \cdot C}$$

При этом частота в секунду равна „числу периодов“ в секунду или  $\frac{1}{T} = N$ .

Таким образом, частота колебаний равна  $N = \frac{10^3}{2\pi \sqrt{L \cdot C}}$  или, приблизительно,  $\frac{160}{\sqrt{L \cdot C}}$ .

Пример. — Какова частота тока, колеблющегося в цепи с емкостью в 0,01 микрофарады и самоиндукцией в 0,0025 генри?

Частота  $N = \frac{160}{\sqrt{0,0025 \times 0,01}} = \frac{160}{0,005} = 32000$  в секунду, а время полного колебания, т.-е. период — будет  $T = \frac{1}{32,000}$  секунды.

Мы видели, что действие сопротивления в цепи выражается в затухании колебаний; если сопротивление достаточно велико, они вообще не возникают. Величина критического сопротивления цепи дается формулой:  $R = \sqrt{\frac{4L}{C}}$ ,

где  $L$  и  $C$  выражены в генри и фарадах. Если сопротивление меньше полученной величины, в цепи получится колебательный ток. Если сопротивление колебательного контура не так мало, чтобы им пренебречь, мы должны учесть его



влияние на период колебания. Тогда формула примет такой вид:

$$\text{частота } N = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{1}{L \cdot C} - \frac{R^2}{4L^2}} \quad 1),$$

где  $L$  выражено в генри, а  $C$  — в фарадах.

### Электромагнитное излучение.

Теперь мы должны рассмотреть то весьма важное действие колебательного тока, на котором основаны беспроволочные сообщения: а именно, излучение энергии в окружающее пространство.

Внешнее (т.-е. происходящее вне цепи) действие, сопровождающее прохождение электронов через проводник, двояко: оно создает магнитное поле и электрическое поле. В первой главе мы видели, что тела, обладающие неравным количеством электронов, или притягиваются одно другим или отталкиваются друг от друга. Причиной такого притяжения или отталкивания мы можем считать вызванное электронами электрическое поле, точно так-же, как магнитное притяжение или отталкивание вызывается магнитным полем. Таким образом, движущий электрон создает две системы излучения силовых линий: электрическое поле, имеющее вид линий, идущих радиально из центра по всем направлениям, и магнитное поле,

1) Данная формула нам показывает, что частота будет иметь реальное значение лишь при условии, если сопротивление  $R \leq \sqrt{\frac{4L}{C}}$ . Если  $R > \sqrt{\frac{4L}{C}}$ , частота утрачивает реальное значение, т.-е. ток в цепи делается аperiодическим.

*Прим. ред.*

распространяющееся концентрическими кругами. Если движущий электрон внезапно остановлен, эти силовые линии, в силу инерции, продолжают существовать. Это явление можно уподобить известному числу пассажиров, стоящих в трамвае: если движение трамвая внезапно прекращается, они продолжают на мгновение свое движение вперед и, вследствие этого, теряют равновесие. Чем внезапнее остановка трамвая, тем сильнее толчок, испытываемый пассажирами. Точно так-же внезапная остановка электрона как-бы дает резкий толчок силовым линиям, а последние передают его в пространство волнами в виде пульсирующей энергии.

Поэтому всякий раз, когда электрону сообщается или внезапное движение или резкое изменение скорости, возникает излучение незначительного количества энергии по силовым линиям электрического поля. Чем резче перемена движения, тем больше количество излучаемой энергии.

В колебательном токе движение электронов непрерывно меняется и по скорости и по направлению. Следовательно, прохождение через проводник колебательного тока сопровождается постоянным излучением энергии в окружающий эфир.

Важнее всего запомнить, что количество энергии, полученной путем излучения, зависит от быстроты возникновения или прекращения электронного потока.

При обычном переменном токе в 50 периодов в секунду поток электронов хотя и меняется, но скорость его возникновения и прекращения отно-



сительно невелика: поэтому и количество излучаемой энергии будет бесконечно мало.

Чтобы получить непрерывное излучение энергии от электрической цепи, мы должны устроить так, чтобы ток находился в состоянии непрерывного колебания. Мы достигнем этого непрерывной перезарядкой конденсатора после каждого колебательного разряда. Само собою разумеется, что при этом конденсатор должен сначала быть присоединен к источнику энергии, чтобы разрядиться затем в индуктивной цепи и снова быть присоединенным к источнику, заряжающему конденсатор. На практике этот способ получения ряда колебаний неудобен, так как затрудняет быстрое переключение контактов в конденсаторе.

Более простой способ указан на рис. 9. Он состоит в следующем: конденсатор и катушка самоиндукции соединены последовательно с небольшим воздушным промежутком между двумя маленькими медными шариками. К зажимам этих шариков присоединена вторичная обмотка индукционной катушки, первая обмотка которой возбуждается аккумуляторной батареей.

Конденсатор зарядится, когда ток пройдет через обмотку, и напряжение на его концах возрастает до тех пор, пока оно не уничтожит изолирующего действия воздушного промежутка между шарами и не вызовет искры.

Тут можно сделать отступление и рассмотреть свойства электрической искры. Если разность потенциалов приложена к двум проводникам, отделенным друг от друга изолирующим веществом, эта изолирующая среда испытывает натяжение. При достаточной величине разности потенциалов,

натяжение, испытываемое изолирующим веществом, становится так велико, что изоляция пробивается; прохождение электрической энергии через пространство, разделяющее проводники, выражается в виде искры. Искра сама становится проводником электричества и обладает, как и всякий проводник, сопротивлением. Разность потенциалов, необходимая, чтобы вызвать искру в воз-

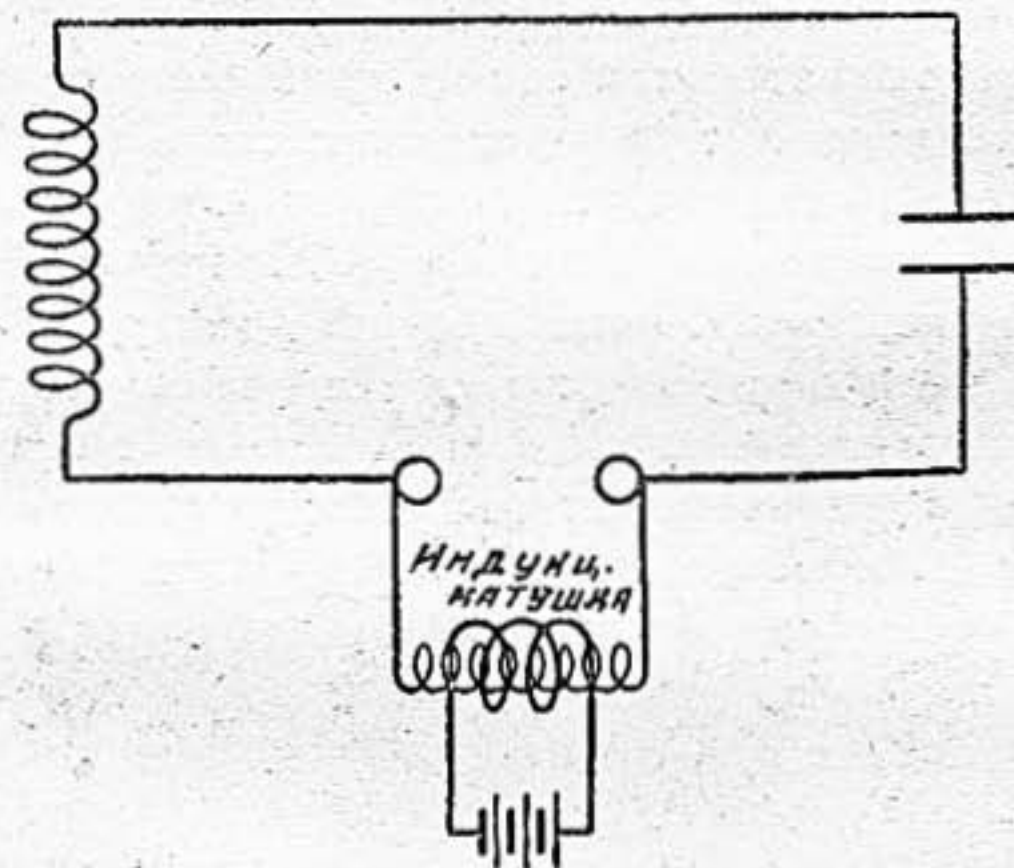


Рис. 9.

духе, зависит от нескольких факторов, но, главным образом от расстояния между электродами и сухости воздуха. Так как влажный воздух лучший проводник электричества, чем сухой, то для пробивания этого искрового промежутка понадобится меньшая разность потенциалов. Для сухого воздуха напряжение, необходимое для получения искры, равно приблизительно 30,000 вольт на 1 см. воздушного промежутка. Как только искра прой-



дет в этом промежутке, цепь, образованная конденсатором и самоиндукцией, замыкается, и конденсатор разряжается, давая колебательный ток, проходящий через искровой промежуток. Как только разность потенциалов конденсатора уменьшится, искра стремится прекратиться, а колебания — исчезнуть. Но индукционная катушка тотчас же снова заряжает конденсатор, и наступает новый разряд.

В действительности кажется, что искра совсем не прекращается, так как на практике и заряд и разряд конденсатора продолжают непрерывно все время, пока работает индукционная катушка. Следовательно, мы имеем как бы непрерывное излучение энергии колебательным контуром; частота излучения зависит от величины емкости, сопротивления и самоиндукции в цепи; это излучение и устанавливает тот метод передачи сигналов, который известен как Беспроволочная Телеграфия.

## ГЛАВА VI.

### Искровая передача.

На количество лучистой энергии, даваемой данной цепью, влияет природа самой цепи и способ комбинации самоиндукции и емкости. Как было уже сказано (стр. 44), свойством самоиндукции обладают не только обмотки, но и всякие провода, через которые проходит переменный ток. Со словом „емкость“ мы также не должны непременно связывать представления о конденсаторе, состоящем из некоторого числа пластинок. Если два проводника отделены друг от друга изолирующей средой, например — воздухом, они обладают емкостью. Поэтому в любой цепи мы должны рассматривать общую емкость, т. е. емкость конденсатора, включенного в данный момент в цепь (эту емкость мы можем назвать „концентрированной емкостью“), и емкость соединительных проводов. Последняя зависит от расположения цепи и может быть названа „распределенной“ емкостью. Эту разницу в определении емкости необходимо установить потому, что цепи, обладающие большим количеством „распределенной“ емкости и само-



индукции, лучше излучают электрическую энергию по сравнению с теми цепями, в которых она отсутствует. При данной величине самоиндукции прямой проводник (незамкнутая цепь) излучает больше энергии, чем замкнутая обмотка. Поэтому та часть цепи, которая излучает энергию, должна собой представлять прямой проводник. Как известно, его называют *антенной*. В простейшей и первоначальной форме он состоит из прямой проволоки, подвешенной посредством изоляторов к мачте на известном расстоянии от земли и присоединенной к одному из концов передаточного аппарата.

Отныне мы будем делить передаточную цепь на две части: займемся поочередно каждой. Существует „замкнутая“ цепь, которая возбуждает колебания, и „развернутая“ (разомкнутая) или излучающая цепь (контур), посредством которой волны энергии распространяются в эфире. Колебательный контур был описан в предшествующей главе, поэтому мы сначала рассмотрим антенну.

Антенна образует одну из „пластинок“ конденсатора; поверхность земли—другую; воздух, находящийся между ними, является диэлектриком. Если имеется разность потенциалов между антенной и землей, электроны перемещаются по антенне вверх до тех пор, пока не достигнут вершины: антенна будет заряжена. Если соединить антенну с землей, то возникнет колебательный переменный ток, частота которого будет зависеть от емкости и самоиндукции антенны. Таким образом, антенна и земля образуют колебательный контур; период колебания дан формулой на стр. 68, но в данном случае мы исключительно имеем в виду

емкость и самоиндукцию соединительных проводов. Частоту колебаний в антенне можно изменять, включая конденсатор или самоиндукцию между антенной и землей; точно так же можно изменять частоту „замкнутого“ колебательного контура.

Отныне мы будем говорить уже не о периоде, а о *длине волны* антенны. Скорость волн энергии, излучаемой колебательным контуром, равняется скорости света, т. е.  $3 \times 10^8$  метр. в секунду.

Если длина волны равна скорости, деленной на частоту (стр. 53), то длину волны мы найдем, разделив  $3 \times 10^8$  на частоту колебаний.

Так как частота  $= \frac{1}{2\pi \sqrt{L \cdot C}}$ , то, подставляя полученное значение в прежнюю формулу, мы получаем следующее выражение:

Длина волны в метрах  $= 1885 \sqrt{L \cdot C}$  <sup>1)</sup>, где  $L$ —выражено в микрогенри, а  $C$ —в микрофарадах. Каждая антенна имеет *собственную* длину волны, величина которой зависит от самоиндукции и емкости соединительных проводов. Если желательно *увеличить* собственную длину волны антенны, надо включить последовательно между антенной и землей добавочную самоиндукцию. Самый простой способ *уменьшить* собственную длину волны,—это уменьшение емкости, потому что мы не можем уменьшить величины самоиндукции соединительных проводов антенны.

<sup>1)</sup> Если все величины в сантиметрах, то длина волны  $\lambda$  см  $= 2\pi \sqrt{C$  см  $L$  см.

Прим. ред.



Емкость самой антенны легко уменьшить, включая последовательно в антенну конденсатор.

На первый взгляд это требует объяснения. Почему включением дополнительной самоиндукции длина волны увеличивается, а последовательным включением дополнительной емкости достигается обратный результат? Причину легко понять, если мы вспомним законы соединения емкостей (стр. 55). Общая емкость двух конденсаторов, последовательно соединенных, меньше, чем емкость каждого в отдельности. Чтобы уменьшить длину волны, достаточно поэтому последовательно включить в антенну емкость.

### Связь.

Для передачи энергии от главного колебательного контура к антенне пользуются индуктивным действием между двумя обмотками, подобно тому, как в трансформаторе мощность передается от первичной обмотки во вторичную. В беспроволочной телеграфии такое расположение двух обмоток, при котором их магнитные поля действуют друг на друга, называется *связью*. Если две обмотки настолько удалены одна от другой, что лишь незначительная часть силовых линий первичной обмотки пересекает вторичную обмотку, то такую связь называют *слабой*. Сближая обмотки так, что индуктивное действие усиливается, мы получаем *сильную* связь.

Вот наиболее удобный способ переменной связи между двумя обмотками: две катушки, из которых одна находится в другой, смонтированы на оси, проходящей через обе таким образом,

что одна из них перемещается относительно другой. (Внутренний диаметр одной из катушек несколько больше внешнего диаметра второй).

Наиболее сильной связь бывает тогда, когда обе катушки находятся в одной плоскости. Мы увидим дальше преимущества переменной связи между катушками для получения переменной самоиндукции в передающих цепях. Важно отметить, что для связанных цепей высокой частоты в обмотках нельзя употреблять железа. Можно было бы предполагать, что железный сердечник улучшает связь цепей в виду того, что он уменьшает утечку (стр. 37), но различные другие факторы делают невозможным его применение. Противодействие обмотки с железным сердечником при токах высокой частоты так велико, что делает эти токи незначительными. Кроме того, довольно значительная часть мощности терялась бы в самом железе вследствие паразитных токов и других потерь. В цепях с высокочастотными токами надо с величайшим старанием избегать не только железа, но даже присутствия поблизости больших масс металла: в них могут быть возбуждены паразитные токи, уменьшающие полезную мощность цепи.

### Настройка.

Предположим, что ряд колебаний, возбужденных в первичном контуре, передан в излучающий контур. Частота колебаний определяется прежде всего самоиндукцией и емкостью первичной цепи. Колебание электронов в антенне будет стремиться двигаться с собственной частотой цепи антенны;



возможно, что эта собственная частота будет разниться от частоты первичной цепи. Обе цепи, таким образом, оказались в тех-же условиях, что и два вибрирующих камертона. Каждый камертон издает ноту, зависящую от механических постоянных инерции и упругости: если они в обоих случаях различны, камертоны издадут различные ноты.

Теперь предположим, что два одинаковых камертона поставлены рядом, и частота вибраций у них одна и та же. Если ударить по одному камертону, звуковые волны, распространяясь, будут ударяться о другой камертон. Рассмотрим волну, исходящую от камертона № 1. Второй камертон начинает слегка колебаться и стремится к вибрациям собственной частоты. Если эта частота *равна* частоте первого камертона, то вторая прибывающая волна застанет второй камертон как раз в момент готовности его получить второй импульс. Каждая вновь приходящая волна усилит действие предшествующей, и через некоторое время второй камертон будет вибрировать и издавать ту же ноту, что и первый.

Действительные цифры помогут уяснить это утверждение. Частота, т. е. количество полных колебаний, делаемых камертоном, издающим ноту До<sub>3</sub><sup>1)</sup>, равна 256. Каждое колебание камертона возьмет, следовательно,  $\frac{1}{256}$  секунды. Если взять первый камертон, то волны будут следовать одна за другой с интервалами в  $\frac{1}{256}$  секунды.

<sup>1)</sup> Служит для настройки органов.

*Прим. ред.*

Поэтому в промежуток между прибытием первой и второй волны второй камертон должен совершить одно полное колебание и быть готовым послать другое. Второе колебание будет усилено прибытием второго импульса, и так продолжается до тех пор, пока амплитуда колебаний не достигнет известной величины, зависящей от силы полученных импульсов.

Теперь предположим, что собственная частота колебаний второго камертона равна 250 вместо 256. Вторая волна прибудет прежде, чем камертон закончит полное колебание и поэтому не только не усилит, а, наоборот, стремится приостановить вибрацию. И действительно, только раз в полсекунды волна прибудет во-время и усилит колебание, все же остальные волны или придут немного раньше или немного запоздают. Поэтому вибрации первого камертона не смогут усилить вибраций второго. Это рассуждение применимо и к связи, существующей между колебаниями антенны и первичного колебательного контура.

Волны посылаются первичным контуром в антенну в регулярные промежутки времени и до тех пор, пока эти интервалы не будут соответствовать собственной частоте антенны, их действие будет незначительно. Для получения максимального эффекта надо, чтобы собственная частота антенны была та же, что и частота первичного колебательного контура. Изменение собственной частоты в одной цепи для того, чтобы она соответствовала другой, носит название *настройки*. Отсюда, если две цепи имеют одну и ту же частоту колебания, про них говорят, что они *настроены* (настроены в резонанс).



Каждый разряд конденсатора в колебательном контуре вызовет ряд колебаний, подобных тем, которые изображены на рис. 7, и эти ряды волн будут с небольшими интервалами следовать один за другим до тех пор, пока колебательный контур возбужден. Волны, излучаемые антенной, также представляют собой группы колебаний, подобных колебаниям первичного колебательного контура.

Надо строго отличать длину волны и частоту колебаний от частоты *группы волн*, т. е. числа рядов волн, излучаемых в секунду. Частота самих волн зависит от постоянных цепи, а число рядов, излучаемых в секунду, зависит всецело от частоты, с которой конденсатор может быть заряжен и разряжен. Эта частота, в свою очередь, зависит от индукционной катушки или другого приспособления, которым поддерживаются колебания.

Для передачи сообщений электромагнитным излучением ряды волн прерываются на долгие и короткие промежутки, по азбуке Морзе, при помощи ключа.

Сигнал Морзе, для *A* . —, и нажим ключа соответственно будет для . коротким, для — долгим. Это вызывает излучение известного числа рядов волн; каждый ряд состоит из волн данной длины, число же волн зависит от частоты рядов. Обычно ключ Морзе включен в первичную цепь индукционной катушки, потому что включение его в колебательный контур было бы равносильно прибавлению другого искрового промежутка.

В маломощных передатчиках для снабжения энергией колебательного контура употребительны индукционные катушки. Однако, для больших мощностей этот способ неудобен, т. к. возникают затруднения с прерывателем.

На практике для снабжения энергией колебательного контура чаще употребляют альтернатор, причем напряжение усиливают посредством трансформатора с железным сердечником. Можно, например, пользоваться альтернатором, дающим 5 киловатт при 100 вольтах и 50 периодах, а напряжение во второй обмотке трансформатора будет 10.000 вольт. При употреблении альтернаторов для снабжения энергией колебательного контура возникают большие затруднения с искрой.

Если индукционная катушка присоединена к зажимам искрового промежутка, создаются известные паузы между пульсациями электродвижущей силы, и получается перемежающаяся искра. (Ранее было указано, что прекращение искры незаметно для глаза потому, что данное явление происходит в исключительно короткий промежуток времени).

При употреблении альтернатора мы имеем непрерывное изменение напряжения, и искра, вместо того, чтобы быстро пройти между электродами, стремится продлиться и образовать дугу. Эту дугу можно рассматривать, как искру, при которой употребляемый для электродов металл испаряется, и образуется проводящий электричество газ. Как только дуга образовалась, ее под-



держивает энергия, которую доставляет альтернатор или трансформатор: поскольку дело идет о колебательном контуре, это является потерей мощности.

### Вращающийся разрядник.

Чтобы насильственно прерывать искру и предупредить образование дуги, изменили самое устройство искрового промежутка. Между шариками искрового промежутка монтирован зубчатый диск, быстро вращаемый при помощи маленького мотора. Длина промежутка такова, что позволяет конденсатору разрядиться в тот момент, когда один из зубцов приходится между шариками. Когда зубец в дальнейшем своем движении выходит из промежутка, колебательная цепь замыкается благодаря удлинению искрового промежутка. Тогда искра исчезает, и колебания прекращаются до тех пор, пока другой зубец не становится в промежутке.

Такое устройство дает возможность индукционной катушке разряжаться при таких условиях, что колебания внезапно прерываются и *возникают в правильные промежутки времени*. При помощи индукционной катушки легкое мгновенное изменение в скорости действия прерывателя вызывает изменение в частоте излучения рядов волн. Если вращающемуся разряднику придана постоянная скорость (предпочтительно монтировать его на оси альтернатора) частота рядов волн будет постоянна. Изменяя скорость вращающегося диска, мы по желанию увеличиваем или уменьшаем частоту рядов волн. Действительно, если ско-

рость диска достаточно велика, ряды волн следуют один за другим без ощутимого интервала, что существенно для приемной станции.

Другой невыгодной стороной употребления стационарного искрового разрядника является то, что при сильной связи волна, излучаемая антенной, получится не совсем такой, как на рис. 7. Это происходит оттого, что антенна не излучает моментально энергии, вызываемой каждым рядом колебаний.

Рассмотрим тот промежуток времени, в течение которого колебания в первичной цепи исчезают, и энергия передана антенне. Ток в цепи антенны будет колебательным с высокой амплитудой и, в случае сильной связи, в свою очередь *возбуждает колебания в первичной цепи*.

Другими словами, энергия, „которая должна быть излучена“ антенной, возвращается в первичный контур, уменьшая колебания в антенне, и заново возбуждает их в первичном контуре. Правда, в следующее мгновение первичная энергия еще раз передается антенне, и процесс продолжается до тех пор, пока искра в колебательном контуре не исчезнет. Если антенна быстро излучает энергию (это зависит от ее формы), число передач будет невелико; если же связь сильная, а скорость излучения невелика, энергия несколько раз пройдет взад и вперед между контурами во время прохождения искры. Волна, излучаемая антенной при таких условиях, состоит из двух волн, частоты которых слегка разнятся <sup>1)</sup>,

<sup>1)</sup> Для дальнейших объяснений этого явления отсылаем читателя к „Беспроволочной Телеграфии“ Бенгея, часть I, параграф 370.



что плохо для отправительной станции. Чтобы избавиться от этого неудобства, можно ослабить связь, что, разумеется, повлечет за собой потерю некоторой мощности. Гораздо лучше устроить так, чтобы после первой передачи энергии первичная цепь была разомкнута. Другими словами надо внезапно прекращать искру или *гасить* ее.

Для этой цели употребляют специальный тип разрядника, в котором электроды сделаны из известного числа медных или латунных дисков, отделенных друг от друга тонкими кольцами изолирующего вещества. Вся установка тогда эквивалентна известному числу малых воздушных промежутков, соединенных последовательно, и общая длина искрового промежутка будет равна толщине всех изолирующих слоев между пластинками. При значительной площади поверхности пластинок охлаждающее их действие на горячие газы увеличивается, и искра не стремится продлиться. Этот разрядник улучшает искрогашение благодаря резкому усилению движения воздуха между пластинками в момент прохождения искры.

Несмотря на удобства, представляемые искрогасящим разрядником, самый разрядник требует тщательной регулировки цепи для получения наилучшего результата. Вследствие этого для простых искровых передатчиков предпочитают вращающийся разрядник. Рисунок 10 показывает устройство цепи простого искрового передатчика, требующего индукционной катушки или небольшого альтернатора для сообщения энергии колебательному контуру. Сама индукционная катушка могла бы дать искру в 14—15 см. при обычном типе „молоточкового“ прерывателя. Мощность,

требуемая для первичной цепи такой катушки, будет приблизительно равна 8 вольтам и 5 амперам, а сама первичная обмотка потребует около 1½ фунтов проволоки калибра № 14 или 16 (по английским таблицам стандартной проволоки). Для вторичной обмотки требуется около 40.000 витков на сецкию. (Смотри ниже). Подходящей проволокой для этого будет № 36 (по той же

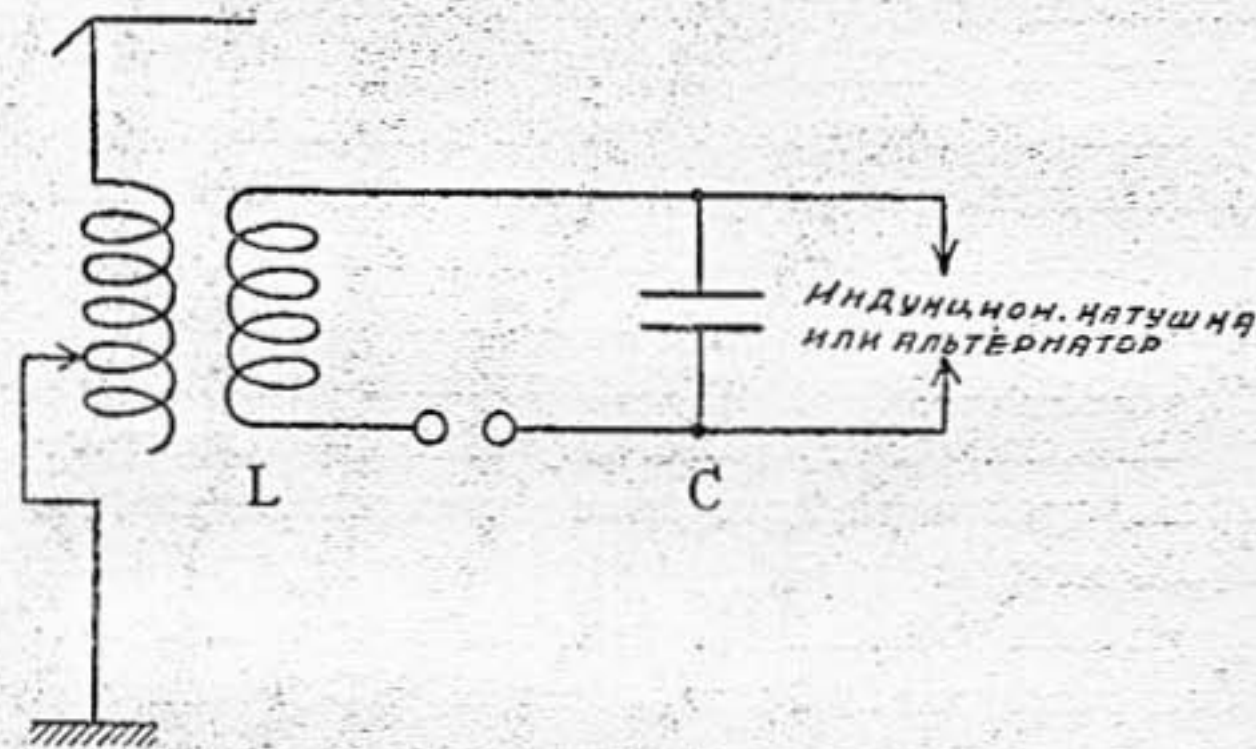


Рис. 10.

таблице) с ординарной или двойной шелковой изоляцией. Вместо сплошного железного сердечника предпочтительно брать пучок железных проволок, чтобы свести паразитные токи к минимуму.

В больших искровых катушках имеет некоторое значение изоляция между слоями вторичной обмотки. Напряжение между внутренним и внешним слоями обмотки может достигать полного напряжения искрового промежутка, и в этом случае искра может пройти через обмотку, внутри катушки.



Чтобы не допустить этого, вторичную обмотку делят на несколько секций, причем каждая наматывается отдельно и изолируется от соседней, а соединение происходит с наружной стороны обмоток. Вычисление покажет нам преимущества такого устройства обмотки.

Предположим, что напряжение вторичной обмотки равно 100.000 вольт. Следовательно, напряжение между внутренним и внешним слоями также равно 100.000 вольт.

Если обмотку разделить на десять секций, то напряжение каждой будет равно всего 10.000 вольт, что уменьшает трудности при изолировании их. Полное напряжение вторичной обмотки мы получим, если соединим последовательно секции.

Вычислим теперь величину самоиндукции и емкости, требуемые для передач на волне длиной в 600 метров.

Частота размыкания при помощи вращающегося разрядника будет порядка 100 в секунду. Разумеется, ее можно вычислить точно, умножая скорость вращения мотора на число контактов на один оборот. С обыкновенным молоточковым прерывателем частота редко бывает выше 50 в секунду.

Цепь, заключающая в себе индукционную катушку и конденсатор ( $C$ ), должна быть настроена на эту частоту для того, чтобы получились наилучшие результаты. Самоиндукция вторичной обмотки может быть равна 500 генри, что для частоты 100 требует емкости

$$C = \frac{9 \times 10^{10}}{(1885)^2 \times (100)^2 \times 500 \times 10^6} = 0,005 \text{ микро-}$$

фарады. Этот конденсатор составляет часть колебательного контура ( $L C$ ), который должен быть настроен на длину волны в 600 метров. Величина требуемой самоиндукции ( $L$ ) равна

$$\frac{(600)^2}{(1885)^2 \times 0,005} = 20 \text{ микрогенри приблизительно.}$$

Нет необходимости вычислять с большой точностью величину самоиндукции, так как окончательно установить длину волны можно исключением одного или нескольких витков у конца катушки.

Средняя величина емкости для малой антенны равна 0,003 микрофарады; подставив эту величину в формулу, данную выше, мы для самоиндукции получим величину в 22 микрогенри.

Вычисление обмотки катушек производится на основании формул на стр. 47, причем допускают некоторое увеличение полученных размеров, чтобы возможна была точная настройка. Следует отметить два или три пункта в связи с употреблением самоиндукции в высокочастотных цепях.

Если самоиндукция действует на постоянный ток или переменный ток обычных частот, то ток распределяется равномерно по всему сечению проводника. При токах высокой частоты распределение тока уже не будет равномерно, так как он стремится проходить по наружному слою проводника, т.-е. по слою, наиболее удаленному от центра. Это свойство высокочастотного тока известно под названием *скин-эффекта*<sup>1)</sup>, и оно выражается в уменьшении полезной площади

<sup>1)</sup> Неиспользование центральной части провода.

Прим. ред.



роводника, по которой проходит ток. Скин-эффект вызывает увеличение сопротивления и вытекающую из этого потерю мощности.

Сопротивление, оказываемое проводом прохождению высокочастотного тока, может, таким образом, быть значительно больше сопротивления, оказываемого прохождению постоянного тока.

Вычисление „высокочастотного“ сопротивления несколько затруднительно и, когда это требуется, прибегают к методу измерения. Различные способы, употребительные при этом, основаны на том, что мощность, теряемая в проводе, всегда пропорциональна  $J^2R$ : и при колебательном токе и при токе постоянном по направлению. Провод, сопротивление которого надо измерить, сравнивают с подобным же проводом, через который проходит постоянный ток. Токи, проходящие через каждый из этих проводов, подбирают до тех пор, пока они не будут выделять одинакового количества тепла. Тогда сопротивления их будут обратно пропорциональны квадратам токов.

Можно довести до минимума потери, причиняемые высокочастотным сопротивлением, если обматывать катушку канатиками из проволоки, вместо проводов из сплошной меди.

Провода из канатиков стремятся обеспечить более равномерное распределение тока. Это особенно необходимо для обмоток катушек передающих станций. Обычно употребляют проволоку № 36 *SWG* <sup>1)</sup>, причем сначала свивают в канатик три проволоки, затем из этих трех канатиков де-

лают новый, и так до тех пор, пока в полученный канатик не войдет 27 или 81 проволока. Чтобы уменьшить потери в индукционных катушках передатчиков, витки располагают на небольшом расстоянии друг от друга и избегают ставить вблизи обмоток большие металлические держатели.

---

<sup>1)</sup> По английским таблицам стандартной проволоки.  
*Прим. ред.*



## ГЛАВА VII.

### Передача незатухающими волнами.

Особенности искровой передачи обусловлены природой затухающей волны, излучаемой антенной. С точки зрения приема эти перемежающиеся волны не являются вполне желательными, так как представляют некоторые трудности при настройке приемного аппарата.

Мы видели, как употребление искрогасящего разрядника укорачивает интервалы между группами колебаний. После изобретения этого разрядника внимание экспериментаторов было обращено на получение волн с неизменной амплитудой, которые следовали бы одна за другой без всякого интервала. Подобного рода волны изображены на рис. 8, и мы станем называть их непрерывными или *незатухающими* волнами.

Хотя возникли новые трудности при приеме незатухающих волн, однако открылись и новые возможности, когда их стали употреблять для передачи речи. Действительно, было сделано несколько попыток передать речь еще тогда, когда искровая система была единственной известной системой передачи, но искажение звуков, про-

исходившее при этом, сделало эти способы практически неудобными. На практике беспроводная передача звуковых волн сделалась возможной благодаря применению незатухающих волн.

### Высокочастотные альтернаторы.

Существует три метода возбуждения незатухающих волн в контуре антенны:

- 1) Высокочастотный альтернатор.
- 2) Дуговой генератор.
- 3) Катодная лампа.

Мысль употребить альтернатор, как средство возбуждения цепи антенны, приходит сама собой, если вспомнить, что непрерывный колебательный ток в действительности представляет собой переменный ток с весьма высокой частотой. Если частоту альтернатора довести до достаточно большой величины, то возможно связать его прямо с контуром антенны, и, таким образом, излучение незатухающих волн будет производиться без промежуточного колебательного контура.

Существенной частью обыкновенного альтернатора является, как мы это видели, известное число полюсов, расположенных радиально вокруг оси и возбуждающих переменную электродвижущую силу в окружающих обмотках. Употребление прибора этого типа для высоких частот встречает несколько непреодолимых механических затруднений, сущность которых об'яснит нам следующий пример.

Предположим, что надо излучать в антенне незатухающие волны длиной в 1000 метров. Частота колебаний будет (стр. 77) равна  $\frac{3 \times 10^8}{1000} =$



= 300.000 в секунду. Частота альтернатора зависит от скорости вращения и от числа пар полюсов и дана формулой:

$f = \frac{p}{2} \times \frac{\text{число оборотов в минуту}}{60}$ , где  $p$  — число полюсов.

Пределом скорости для альтернатора обычного типа будет приблизительно 3000 оборотов в минуту, если диаметр вращающейся части не велик. Подставляя эту цифру в прежнюю формулу значения  $f$ , мы получим, что требуемое количество полюсов будет

$$p = \frac{120 \times 300.000^1)}{3000} = 12000.$$

Ясно, что невозможно построить машину с таким количеством полюсов.

Однако, с помощью специального типа машины возможно достигнуть того же действия, что и при большом количестве полюсов, и в то же время заставить скорость превысить указанный предел. Этот тип машины известен под названием *альтернатора индукторного типа* (индукторная машина), и наибольшая частота, достигнутая им, будет около 200.000.

Рис. 11. изображает поперечное сечение альтернатора индукторного типа Александерсона. Отличительная особенность машин этого типа заклю-

<sup>1)</sup> Эта формула выводится из предыдущей подстановкой соответствующих величин частоты и числа оборотов в минуту, а именно:

$$300.000 = \frac{p \times 3000}{2 \times 60}, \text{ откуда } p = \frac{2 \times 60 \times 300.000}{3000}$$

Прим. ред.

чается в том, что и обмотки электромагнитных возбuditелей и те обмотки, в которых возбуждается электродвижущая сила, — все они окружают центральный вращающийся диск или *ротор*. Этот диск ( $D$ ) делается из стали высокого качества, по краю его расположен ряд зубцов, а промежутки между ними заполнены немагнитным веществом. Некоторое число полюсов ( $P P$ ) расположено по каждую сторону диска, и обмотка альтернатора  $W$  проходит зигзагообразно между

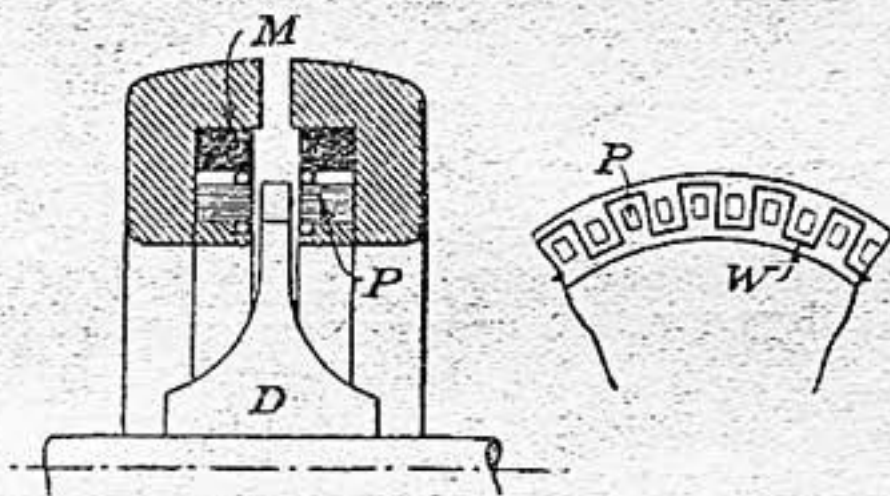


Рис. 11.

ними. Магнитное поле получается от обмотки  $M$ , находящейся внутри рамы. Нам легче будет понять действие машины, если мы рассмотрим один из зубцов ротора в тот момент, когда против него находится один из неподвижных полюсов  $P$ . Магнитный поток пройдет через воздушный промежуток (возможно меньшего размера) от полюса к зубцу и оттуда к смежному полюсу. Когда зубец ротора проходит между полюсами, магнитная цепь как бы замыкается, и магнитный поток проходит через зубец до тех пор, пока он не удалится из промежутка между полюсами, и на смену



ему не придет другой зубец, через который магнитный поток проходит снова, но в обратном направлении.

При движении ротора мы имеем действие непрерывно колеблющегося магнитного потока,двигающегося то в ту, то в другую сторону через обмотку armатуры и возбуждающего этим самым переменную электродвижущую силу. Количество колебаний, делаемых потоком за один оборот ротора, зависит от числа зубцов, которых в больших машинах бывает около 300. Отсюда при каждом обороте 300 циклов. При очень большой гладкости поверхности ротора и хорошей уравновешенности его возможно скорость вращения ротора довести до 20.000 оборотов в минуту. Частота

машины будет равна  $\frac{300 \times 20.000}{60} = 100.000$  пе-

риодов. Частоту индукторной машины можно, в случае необходимости, увеличить еще при помощи так называемого *трансформатора частоты*. Он представляет собой обмотки с железным сердечником; с его помощью можно удвоить частоту самого альтернатора.

В альтернаторе Гольдшмидта частота увеличивается посредством известного числа настроенных контуров, присоединенных к обмоткам альтернатора. Этим способом возможно в пять раз увеличить первоначальную частоту. Настоящая книга не ставит своей задачей дать теорию различных типов преобразователей частоты, и мы отсылаем читателя к более подробным пособиям, вроде „Беспроволочной Телефонии“ Коурсея и „Описанию беспроволочных сообщений“ Л. Б. Тернера. Когда высокочастотные альтернаторы употребля-

ются для непосредственного возбуждения контура антенны, для сигналов Морзе волны прерываются посредством телеграфного ключа, который включается последовательно в цепь возбuditелей.

### Дуга Паульсена.

Открытие, что электрическая дуга может при известных условиях вызвать незатухающие колебания, было сделано Дудделем в 1900 году. Позже датский инженер Паульсен улучшил способы возбуждения незатухающих волн и применил их к беспроволочным сообщениям; поэтому этот способ обычно известен под названием „Дугового генератора Паульсена“.

Электрическая дуга, как мы это видели, представляет собой светящуюся полосу проводящего газа, возникающую между двумя электродами, обычно сделанными из угля. Дуга может поддерживаться любыми двумя электродами, разность потенциалов между которыми не меньше 50 вольт; она образуется, если оба электрода сначала сблизить, чтобы замкнуть цепь, а затем раз'единить их на небольшое расстояние. При раз'единении проводников искра, образовавшаяся в момент размыкания цепи, вызывает испарение небольшой части самого электрода, а этот газ, будучи частично проводником электричества, позволит току продолжиться через промежуток. Если промежуток становится слишком большим, разность потенциалов дуги делается недостаточной для прохождения тока через промежуток, и дуга исчезает. Чтобы непрерывно поддерживать горение дуги, необходимо такое приспособление, которое де-



лало бы расстояние между электродами постоянным по мере того, как они сгорают. Таким образом для возникновения дуги необходимо сначала привести электроды в соприкосновение и затем раз'единить их, а затем необходимо поддерживать их на определенном расстоянии.

Наиболее важное свойство дуги заключается в том, что хотя газ и является проводником электричества, он все же не подчиняется и даже противоречит закону Ома.

Увеличение тока, проходящего через дугу, вызывает соответствующее уменьшение разности потенциалов дуги, а при уменьшении тока возрастает разность потенциалов между электродами. Возникает вопрос: как может напряжение *увеличиваться*, если дуга питается источником постоянной электродвижущей силы? Ответ дает тот факт, что всякая дуга должна быть присоединена к источнику энергии через сопротивление. Это сопротивление имеет два назначения: оно не позволяет току достигнуть большой силы, когда дуга возникает, а когда дуга установилась, — оно стабилизирует ее, т. е. делает ток постоянным.

Общее напряжение у концов дуги и сопротивления равно разности потенциалов дуги + сопротивление, умноженное на проходящий через него ток. Если  $R$  — сопротивление,  $J$  — ток,  $V$  — общее напряжение, а  $V.g$  — напряжение дуги, мы получим, что

$$V = J R + V.g$$

Таким образом, при одном и том же общем напряжении, возможно изменять напряжение дуги, изменяя напряжение сопротивления.

Чтобы дуга могла вызывать электрические колебания, ее включают так, как это указано на рис. 12. Электроды присоединены к источнику постоянного тока через сопротивление и реактивную катушку (катушку самоиндукции), назначение которой предупреждать всякие внезапные изменения тока. К самой дуге присоединены конденсатор и самоиндукция. Действие будет следующее: когда возникает дуга, часть тока, проходящего через нее, ответвляется для зарядки конденсатора.

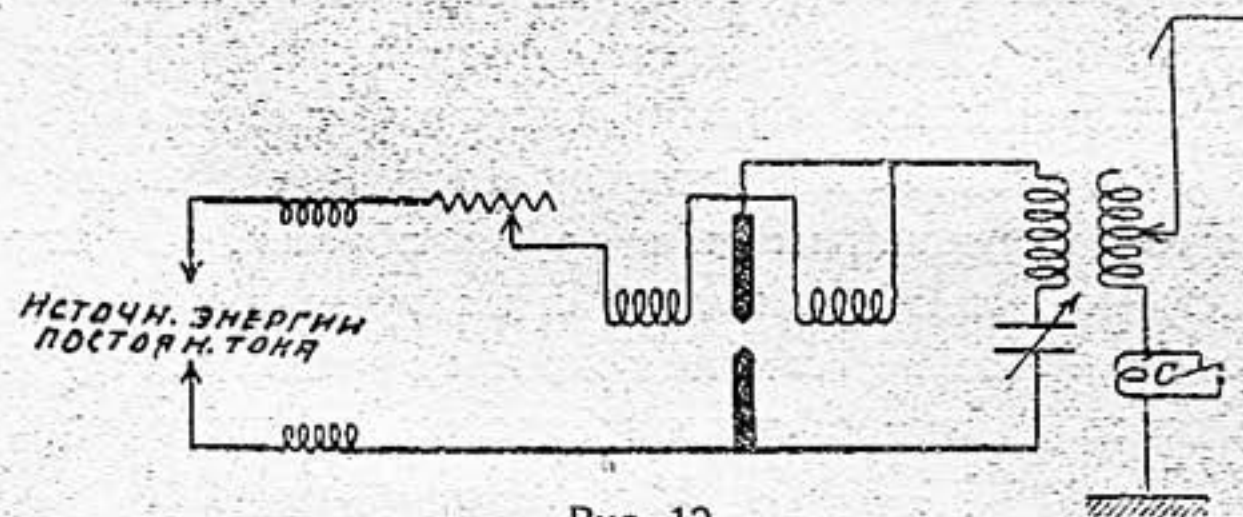


Рис. 12.

Мгновенное ослабление тока в дуге увеличивает в ней разность потенциалов (смотри выше). Это увеличение разности потенциалов в дальнейшем усиливает заряд конденсатора до тех пор, пока разность потенциалов его не будет выше разности потенциалов дуги. Когда конденсатор зарядится, ток, проходящий через дугу, увеличится до первоначальной величины, и разность потенциалов начинает падать. Тогда конденсатор разряжается через дугу и самоиндукцию до тех пор, пока напряжение не упадет ниже напряжения дуги. Этот цикл операций затем повторяется до тех пор, пока горит дуга. Таким образом, мы получим постоянные колебания тока в цепи, со-



стоящей из конденсатора, самоиндукции и дуги. Эти колебания могут быть переданы во внешний контур через катушку связи обычным способом. Включение реактивной катушки в цепь источника энергии и дуги (назовем ее главной цепью) предупреждает ответвление зарядного тока непосредственно от главной цепи вместо ответвления его от тока дуги.

Без реактивной катушки изменения в напряжении дуги не были бы так явственными, и колебательный ток соответственно бы уменьшился. Кроме того, присутствие реактивных катушек предупреждает возможность возвращения высокочастотных токов обратно в источник энергии.

Частота колебания зависит от величины емкости и самоиндукции, как и в других случаях, но было найдено, что для получения наилучших результатов отношение самоиндукции (в микрогенри) к емкости (в микрофарадах) должно равняться приблизительно 50000.

Позднейшие опыты показали, что для получения высокочастотных колебаний можно значительно усовершенствовать простую дугу, горящую в воздухе. Эти усовершенствования выразились в том, что дугу заключили в камеру, наполненную водородом или светильным газом. Присутствие газа вызывает большее изменение разности потенциалов при данном увеличении тока. Дальнейшим усовершенствованием был металлический электрод, хотя-бы медный, которым заменили один из угольных электродов. Можно было-бы думать, что светильный газ, окружающий пламя, представляет некоторую опасность, но не надо забывать, что опасность взрыва является только при смешивании газа с воздухом. Если предва-

рительно выкачать воздух из камеры, а затем пропустить дугу, вышеуказанная опасность устраняется.

Постоянство колебания зависит от сохранения периодически-прерывистого характера дуги и, кроме тщательного ручного контроля, может быть улучшено образованием сильного магнитного поля в промежутке между электродами. Обмотка для возбуждения электромагнита может быть использована как часть самоиндукции в главной цепи источника энергии, как это показывает рисунок 12.

Встречаются одно или два затруднения при прерывании незатухающих колебаний для передачи сигналов Морзе. Прерывать ток в цепи, питающей дугу, нельзя, и, следовательно, надо найти иной способ для воздействия на высокочастотный контур. На практике чаще всего включают самоиндукцию (С) в цепь антенны (рис. 12), которую можно замкнуть на короткую посредством ключа. Нажим на ключ уменьшает общую самоиндукцию, и длина волны мгновенно увеличивается.

Если приемная станция настроена на эту общую большую величину длины волны, то колебания, излучаемые в момент, когда на ключ не нажимают, не будут в резонансе и не произведут какого-либо действия. Невыгодной стороной этого метода является то, что мощность непрерывно излучается вне зависимости от того, посылаются сигналы или нет, а это, разумеется, убыточно. Несмотря на эту невыгодную сторону, Паульсеновскую дугу широко применяют для генерации незатухающих волн для, передачи сигналов на далекое расстояние, и при большой мощности это весьма действительный метод передачи.



## ГЛАВА VIII.

### Катодная лампа.

Если проводник нагреть до высокой температуры, то электроны в нем приходят в состояние сильного возбуждения и устремляются прочь с поверхности металла. При обычных условиях воздух, окружающий накаливаемый проводник, будет препятствовать этому движению электронов, но если его удалить — электроны свободно могут уйти в окружающее пространство.

Проводник, вроде ламповой нити, заключенный в стеклянную трубку, из которой выкачан воздух, свободно выделяет электроны, когда он накален до свечения. Если поместить внутри трубки другой проводник в виде пластинки, известное количество освобожденных электронов пройдет через пространство и будет притянато пластинкой. Если вне лампы присоединить пластинку к накаленной нити при помощи проводника, электронный поток устремится от нити к пластинке.

Так как электроны являются отрицательными частицами электричества, они повинуются законам электрического притяжения и отталкивания. Заряджение пластинки *положительным* потенциалом

вызовет увеличение притяжения электронов. Этого можно достигнуть, включив батарею между пластинкой и нитью так, чтобы положительный конец батареи был присоединен к пластинке.

Условно говорят, что ток идет от положительного конца к отрицательному, т. е. от пластинки к нити, но это направление, как мы видели, прямо противоположно направлению электронного потока. Условно мы принимаем такое направление тока: надо только помнить, что электронный поток идет от нити к пластинке.

Излучение электронов из нити зависит от температуры, до которой нить доведена, что, в свою очередь, зависит от точки плавления проволоки. Нить обычно делается из вольфрама; она рассчитана на ток в 0,5—0,75 ампера для малых трубок. Этим трубкам было сначала дано название „выпрямителя“ за их свойство пропускать ток лишь в одном направлении. Проводники, находящиеся внутри пустотной трубки, обычно называются электродами. Трубки с двумя электродами носят название *диодов*, трубки с тремя электродами — *триодов*. Электрод, который притягивает к себе электроны, обычно называют *пластинкой*, *цилиндром* или *анодом*. Последний термин, пожалуй, предпочтительнее. Рис. 13 изображает конструкцию современной трехэлектродной лампы; электроды присоединены в цоколе лампы соответственно к четырем штепсельным вилкам.

В настоящее время катодная лампа состоит из стеклянной трубки с очень хорошим вакуумом, содержащей *нить* (кусочек вольфрамовой проволоки), *сетки* и *анода*, или пластинки, как его иногда называют. Анод обычно имеет форму маленького



цилиндра из никкеля той-же длины, что и нить, которая помещена внутри его.

Нить накала питается обычно аккумулятором в 4-6 вольт, хотя в больших катодных лампах обычно употребляют небольшой агрегат мотор-генератор для преобразования напряжения осветительной сети в более низкое напряжение.

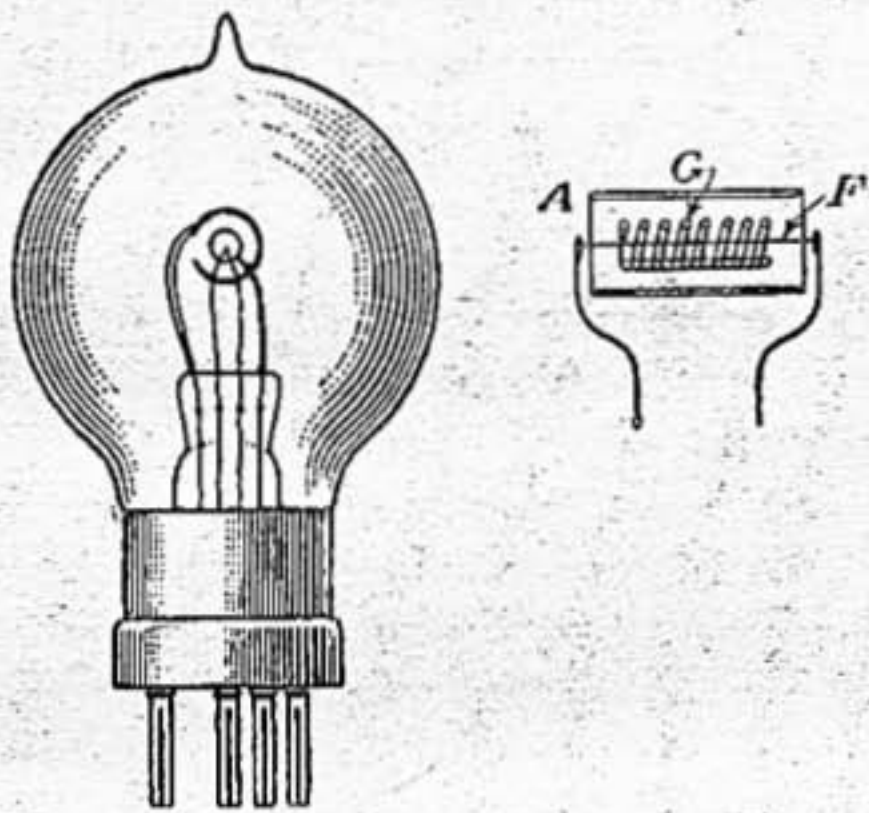


Рис. 13.

Чтобы увеличить число электронов, выделяемых малой катодной лампой, были применены различные усовершенствования. Главным усовершенствованием является покрытие нити окисью тория. Присутствие этого металла значительно повышает количество выделяемых электронов и позволяет пользоваться этой нитью при более низкой температуре, что делает лампу более долговечной. Кроме того, можно употреблять более слабый ток и пользоваться в качестве источника энергии сухими элементами.

Очень популярна в Америке, как по своим малым размерам, так и по малой величине потребляемой энергии, лампа, известная под названием Polar „Pea-nut“.

Стеклянная оболочка ее имеет форму трубки длиной в 5 см. при диаметре в  $12\frac{1}{2}$  м/м; верхушка ее остроконечна, как у обычной лампочки накаливания. Лампа берет от 0,8 до 0,25 ампера при 1 вольте напряжения и служит вдвое дольше, чем обычная лампа с тунгстеновой нитью. Хотя она стоит немного дороже лампы обычного типа, надо надеяться, что преимущества, представляемые ею, заставят скоро принять ее и в Англии.

Сетка (регулирующий электрод) представляет собой спираль из проволоки и также окружает нить, находясь между ней и анодом. Сетка играет большую роль в работе лампы; сейчас мы подробно рассмотрим ее действие. Так как она ближе к нити, чем анод, то поток электронов должен пройти через ее отверстия. Поэтому сетку можно использовать для регулирования электронного потока.

Посмотрим сначала, что получится, если мы включим батарею между сеткой и отрицательным полюсом нити так, чтобы потенциал сетки был меньше, другими словами, чтобы сетка была отрицательна по отношению к нити. Отрицательно заряженные частицы, выделяемые нитью, будут отталкиваться отрицательно заряженной сеткой и не смогут пройти через нее к аноду. Поэтому анодный ток очень сильно уменьшится. Отталкивание, производимое сеткой, не может помешать всем электронам достигнуть анода отчасти вследствие отверстий, отчасти и потому, что нить может



выделять блуждающие электроны, которые избегнут сетки. Для практических целей, однако, мы можем считать, что отрицательный заряд сетки прекращает электронный поток, идущий к аноду.

Если напряжение изменить так, чтобы сетка сделалась *менее* отрицательной по отношению к нити, мы отметим соответствующее возрастание анодного тока, и анодный ток будет возрастать по мере возрастания напряжения сетки.

С другой стороны, если сделать сетку *положительной* по отношению к нити, это облегчит прохождение электронов, и анодный ток будет все усиливаться, пока большинство электронов, выделяемых нитью, не перейдет к аноду. Слово „большинство“ употреблено намеренно, так как не надо забывать, что в данном случае у нас в лампе два положительно заряженных электрода, и поэтому электронный поток разветвится, так как часть его пройдет в цепи, образованной сеткой и нитью, и образует так называемый *ток сетки*.

Отношение анодного тока к току в цепи сетки поэтому очень велико и, за исключением известных случаев, мы можем не принимать во внимание токов в цепи сетки.

Когда потенциал сетки достигает достаточно высокой положительной величины, может наступить такой момент, что возрастание анодного тока прекратится. Это указывает на то, что анод не может больше притягивать электронов, излучаемых нитью, пока не повысится его напряжение или не увеличится излучение электронов из нити накала: в этом случае говорят, что анод *насыщен*.

Действие сетки на анодный ток легче изучить при помощи кривых рис. 14, показывающих хорошо известные свойства лампы. Ордината (верти-

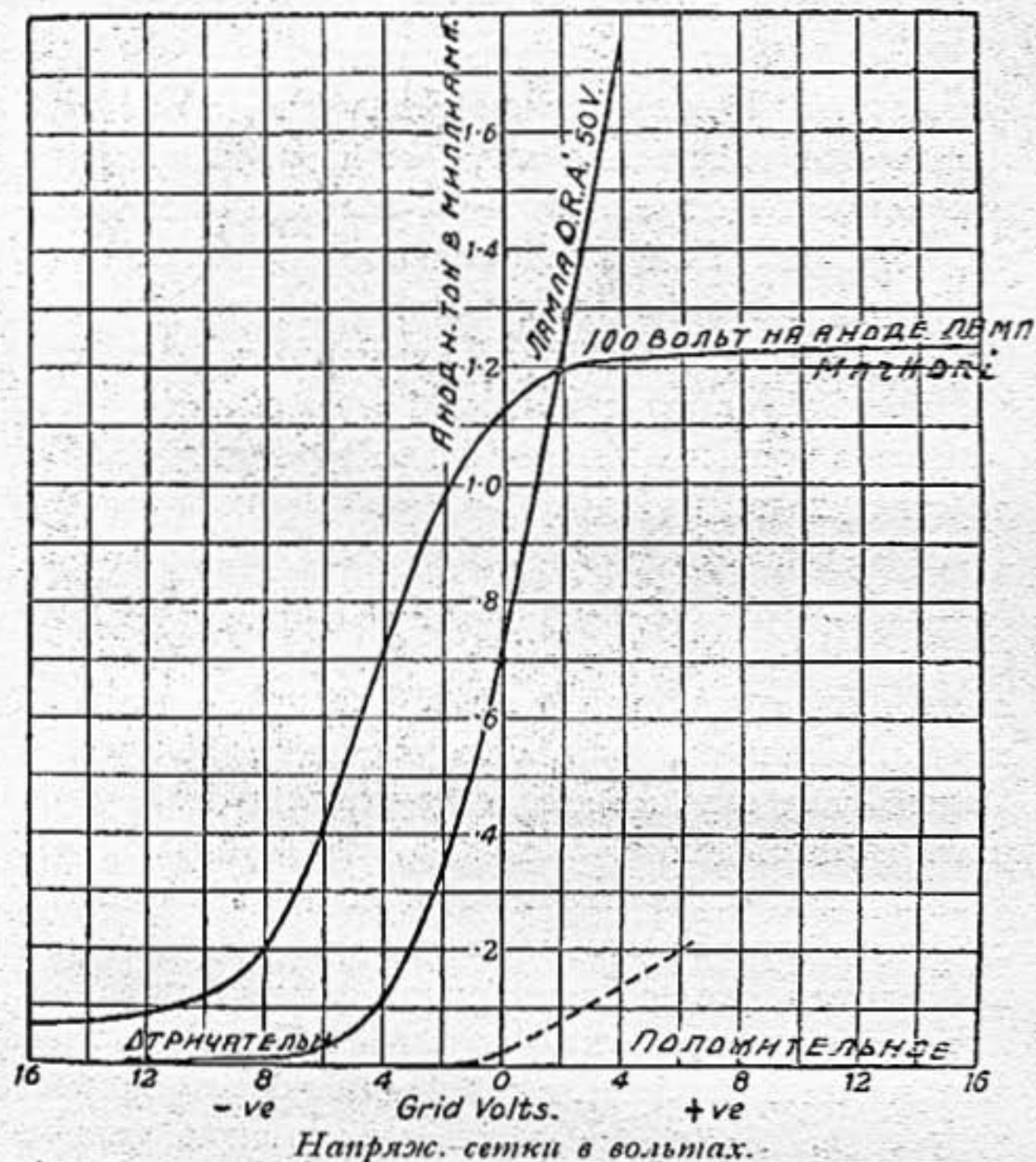


Рис. 14.

кальная ось) изображает анодный ток в миллиамперах, горизонтальная ось (абсцисса) — потенциалы сетки, положительные и отрицательные. Такая кривая известна под названием *характеристики*



сетки—анода. Общий вид кривой не будет особенно меняться для различных типов ламп. Влияющие факторы следующие:

- 1) Форма и размеры электродов.
- 2) Степень вакуума в лампе.

Регулирующее действие сетки будет зависеть от частоты витков спирали или частоты решетки, а также от расстояния сетки от нити. На анодный ток также действует величина анода и расстояние его от нити. Если анод сильно удален от нити, требуется высокое напряжение для того, чтобы получался электронный поток через этот промежуток. Если анод слишком близок к нити, сетка не может оказывать значительного регулирующего действия на электроны.

Присутствие малого количества воздуха или газа очень сильно влияет на действие лампы. Присутствие значительного количества газа совершенно приостанавливает действие катодной лампы, так как прекращается движение электронов. Малый след газа может, с другой стороны, улучшить прохождение анодного тока, потому что атомы газа, отталкиваемые электронами от нити, стремятся освободить собственные электроны и этим самым увеличивают поток, идущий к аноду. Повидимому, тут имеется физическое действие газа на нить накала, выражающееся в усилении излучения. Лампочка с незначительным количеством газа называется *мягкой трубкой*; лампу из которой газ выкачан в сильной степени, называют *жесткой трубкой*. Для передач предпочитают жесткую трубку, так как при большом вакууме мы можем приложить большой потенциал к аноду, не опасаясь искры.

## Потенциометр.

Постоянное изменение напряжения сетки, описанное выше, может производиться при помощи прибора, изображенного на рис. 15, известного под названием *потенциометра*.

Реостат большого сопротивления со скользящим контактом (с ползунком) присоединен к зажимам группы элементов. Скользящий контакт со-

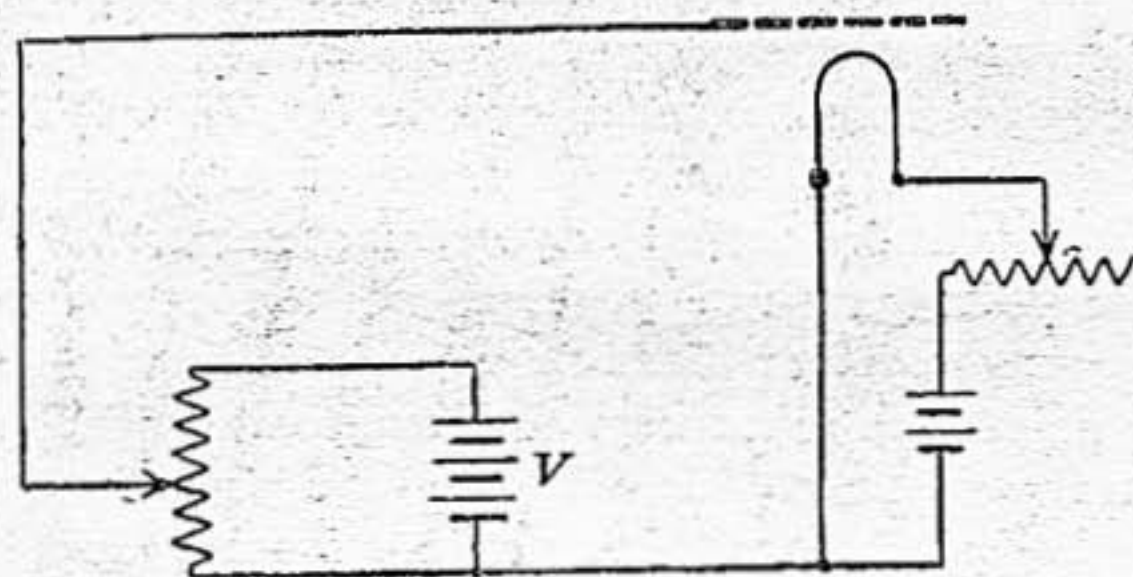


Рис. 15.

единен с сеткой, а один из концов батареи присоединен к отрицательному полюсу нити. Разность потенциалов между скользящим контактом и каждым зажимом батареи прямо пропорциональна расстоянию — вдоль — по сопротивлению — между этим контактом и соответствующим зажимом батареи. Это легко понять, если рассмотреть частный случай, когда скользящий контакт находится в начале сопротивления. Разность потенциалов между ним и отрицательным полюсом батареи равна  $0$ , если контакт у отрицательного полюса, но разность потенциалов между контактом и положительным полюсом равна  $V$ , где  $V$  — напряжению батареи.



Если контакт на середине сопротивления, разность потенциалов между ним и любым полюсом батареи равна  $\frac{1}{2} V$  вольт.

При постепенном движении контакта от одного конца к другому потенциал сетки возрастает положительно от  $0$  до  $V$  вольт. Дальнейшим усовершенствованием будет присоединение отрицательного полюса нити накала к середине батареи, а не к концу ее, как показано на рисунке. Тогда потенциал сетки относительно нити накала будет изменяться от положительного до отрицательного значения в зависимости от того, к какому концу сопротивления подвигают контакт. Центральное его положение соответствует  $0$  потенциала.

В тех цепях, где у сетки нет определенного потенциала по отношению к нити, возможно, что по истечении известного времени сетка будет заряжена отрицательно. Этим она обязана той незначительной части электронов, которые притягиваются к сетке и скопляются до тех пор, пока ее потенциал не станет сильно отрицательным. Тогда анодный ток прекращается, и лампа перестает действовать. Чтобы предупредить это, сетку обычно присоединяют к нити через высокое сопротивление (два или три миллиона омов), что позволяет электронам медленно уходить и этим самым поддерживать в сетке ее нормальный потенциал. Эта так называемая *сеточная утечка* (*гридлик*, высокое сопротивление) стремится прекратить прохождение колебательного тока; это неудобство устраняется присоединением небольшого конденсатора к концам данного сопротивления (*гридлика*). Эти два новых элемента монтажа будут указаны нами в дальнейших схемах.

Наиболее важное применение катодной лампы в радиотехнике основано на том, что небольшие изменения потенциала сетки могут вызвать сравнительно большие изменения тока в анодной цепи. Лампу можно рассматривать как весьма чувствительное релэ; преимущество его в том, что у него нет подвижных частей и, следовательно, инерции. Другими словами, изменение потенциала сетки *моментально* вызывает изменение анодного тока. Другим преимуществом является то, что мощность, поглощаемая в цепи сетки, незначительна, так как требуется только изменение ее потенциала.

На рис. 14, дающем кривые катодной лампы, мы видим небольшую пунктирную линию, изображающую связь, существующую между током сетки и ее напряжением. Как этого и следует ожидать, когда у сетки отрицательный потенциал, к ней нет притока электронов. Теперь рассмотрим ту часть характеристики анода лампы *O.R.A.*, которая находится между точками, соответствующими отрицательному напряжению в 4 вольта и в 2 вольта.

Если первоначальный потенциал сетки равен — 3 вольтам, заряд в 1 вольт в том и другом направлении вызовет изменение в 0,1 миллиампера, — в анодном токе. Если напряжение сетки колеблется между — 4 и — 2, тока в сетке не будет.

Отсюда следует, что если к сетке приложено переменное напряжение от + 1 до — 1 вольт, форма волны этого напряжения будет в точности воспроизведена переменным током в анодной цепи.

Теперь предположим, что сетка будет на потенциале  $0$ . Эти-же изменения вольтажа вызовут



изменения в анодном токе от 0,5 до 1,0 миллиампера, но при этом каждая положительная полуволна вызовет ток в сетке в 0,05 миллиампера, который ответвится от главного электронного потока. Отсюда следует, что изменения в анодном токе не будут точно соответствовать изменениям потенциала сетки. Во время всякой положительной полуволны изменение анодного тока будет меньше, чем в отрицательной полуволне, вследствие поглощения электронов в цепи сетки.

Для чистого усиления важно, чтобы изменения анодного тока в точности соответствовали изменениям напряжения сетки, а поэтому на практике можно сетку делать отрицательной.

Если анодная цепь лампы включает в себе самоиндукцию и конденсатор, соединенные параллельно, всякое легкое изменение потенциала сетки вызовет в цепи колебательный ток, частота которого зависит от соответствующих величин емкости и самоиндукции. Далее, если эта частота та же, что и у приложенных к сетке колебательных импульсов, то лампа будет работать в наилучших для усиления условиях, так как всякий импульс потенциала появляется вовремя, чтобы поддерживать колебательный ток в анодной цепи.

### Регенеративный прием, или прием с обратной СВЯЗЬЮ.

Можно вызвать еще большее усиление, если позволить некоторой части энергии анодного контура действовать обратно на контур сетки для увеличения воспринимаемых импульсов.

На рис. 16 мы видим, что катушка самоиндукции, включенная в колебательный контур анода,

разделена на две части  $A$  и  $A'$ . Одна из них связана с катушкой самоиндукции контура сетки  $G$ . Устройство катушки таково, что ток, идущий через нее, индуцирует соответствующие э. д. с. в контуре сетки; если анодный контур в резонансе с

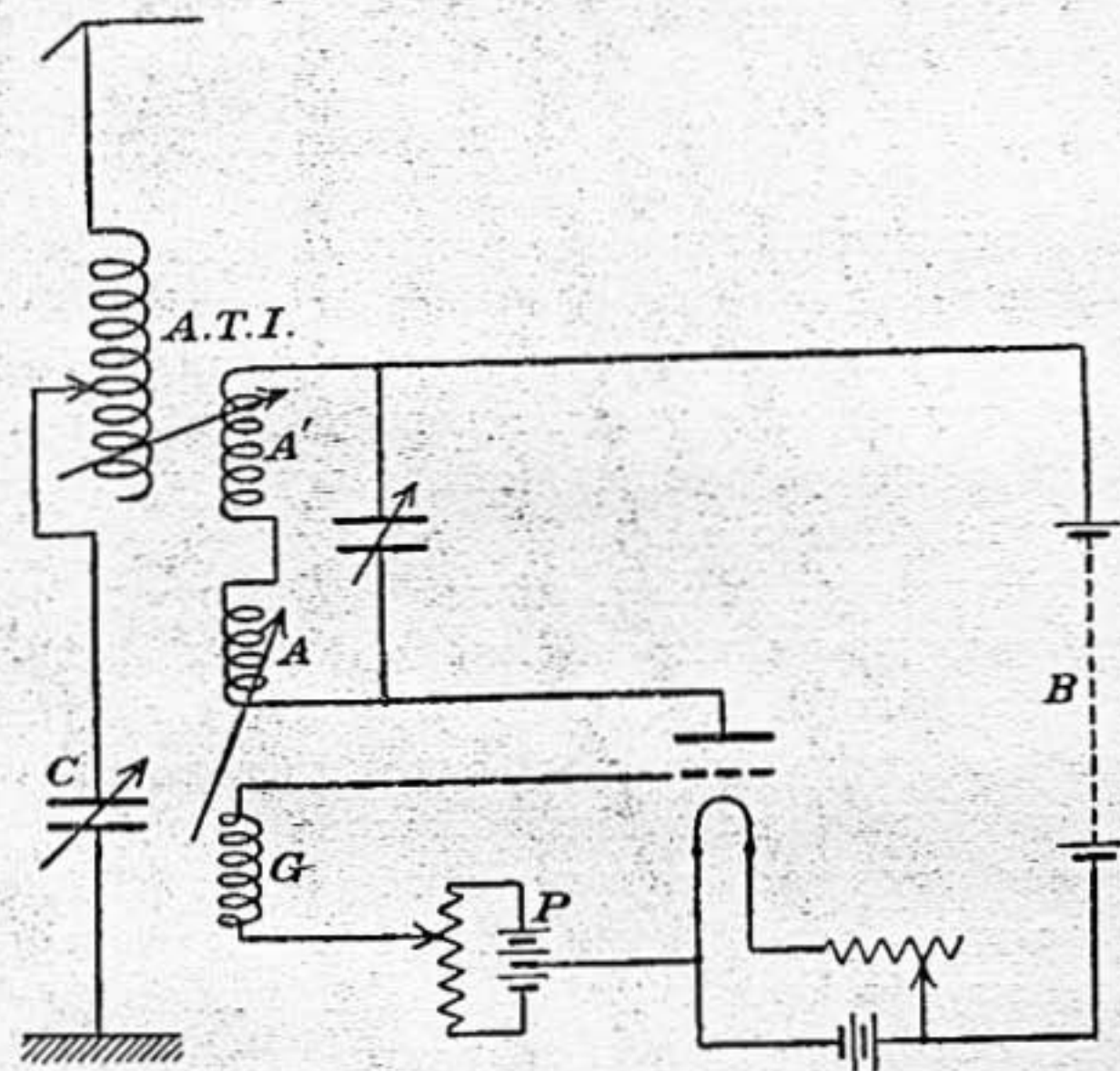


Рис. 16.

колебаниями этой э. д. с. сетки, индуцированная э. д. с. увеличивает ее амплитуду. Это выразится освобождением большего количества энергии в анодном контуре, и процесс „обратной передачи“ (регенерация) продолжается до тех пор, пока мы не достигнем максимальной отдачи лампы. Вышеописанным способом пользуются в приемных кон-



турах и называют его *регенеративным* приемом, или приемом с обратной связью.

Действие регенерации выражается в том, что колебания, вызванные первоначальным импульсом в сетке, продолжаются, и скорость их исчезновения зависит от сопротивления, как и в обыкновенном колебательном контуре (стр. 69).

### Генераторная лампа (лампа — генератор колебаний).

Рассмотрим действие единичного импульса напряжения в контуре сетки лампы, показанном на рис. 16. Внезапная посылка тока от батареи  $B$  в контур анода вызовет в этом контуре колебательный ток, циркулирующий между самоиндукцией  $AA^1$  и конденсатором.

Действие сетки можно уподобить действию переключателя, включающему конденсатор для заряда. Как только колебания возникнут, они будут стремиться исчезнуть благодаря сопротивлению цепей сетки и анода. Но если бы мы располагали достаточным источником энергии, чтобы восстановить эту потерю в сопротивлении, колебания после первого импульса продолжались бы. Это легко сделать, увеличивая связь между контурами сетки и анода так, чтобы энергия передавалась бы сетке с такой же скоростью, как она теряется в сопротивлении. На первый взгляд это приспособление может показаться как-бы осуществлением „*perpetuum mobile*“ (вечного движения), но надо помнить, что энергия системы получается от батареи высокого напряжения, а сетка действует просто как регулятор посылки импульсов в анодный контур в правильные промежутки времени.

При таком значении связи, лампа будет продолжать давать колебания и после первоначального импульса в сетке (до тех пор, пока источник высокого напряжения будет давать ток и поддерживать излучение); лампой можно пользоваться для излучения непрерывных волн, если связать этот контур с контуром антенны.

### Колебательные контуры маломощных передатчиков.

Теперь рассмотрим подробнее схему контуров на рисунке 16, типичную для большинства маломощных передатчиков незатухающих волн.

Контур антенны настроен при помощи переменной самоиндукции и емкости ( $A, T, I.$  и  $C$ ) и связан с верхней частью  $A^1$  катушки самоиндукции анодного контура, так как анодный контур, очевидно, тот, в котором возбуждается максимум энергии. Другая часть  $A$  катушки самоиндукции анодного контура связана с катушкой  $G$  контура сетки, как было раньше отмечено.

Потенциометр  $P$  включен между сеткой и нитью для того, чтобы доводить напряжение сетки до величины наилучшего действия. Анодный контур настраивается при помощи переменного конденсатора, включенного параллельно к катушке самоиндукции  $AA^1$ . Не всегда необходимо настраивать контур сетки, хотя это и можно сделать, включая конденсатор параллельно катушке  $G$ . Надо только всегда включать катушку самоиндукции анода так, чтобы способствовать увеличению изменений напряжения сетки. Если катушка включена в обратном направлении, колебаний в контуре вовсе не будет, так как э. д. с., вызванная



анодным током, не стремится противиться напряжению сетки. Во многих случаях отсутствие колебаний в контуре можно приписать включению в обратном направлении одной из катушек.

Естественно задать здесь следующий вопрос: как можно определить, будет ли контур колебательным?

Если пользуются ламповым приемником, то приемник может быть настроен на ту длину волны, когда в телефоне будет слышно завывание. Это завывание можно прекратить, действуя на нить накала в передаточном контуре<sup>1)</sup>.

Лучший способ заключается в последовательном присоединении к контуру антенны термического амперметра<sup>2)</sup>, при помощи которого обнаруживается присутствие колебательного тока. Приблизительное указание может также дать маленькая лампа, включенная в цепь антенны (предпочтительно включать ее между конденсатором и землей).

Если в контуре колебания не возникают, это явление надо приписать одной из нижеследующих причин:

1) Недостаточной связи между контуром анода и сетки.

<sup>1)</sup> Читатели, пользующиеся регенерацией в приемных контурах, поймут необходимость этой предосторожности, так как возможно, что в контуре приемного аппарата имеются собственные колебания.

<sup>2)</sup> Действие термического амперметра основано на том, что если через тонкую проволоку пропущен ток, она от нагревания удлиняется. Это удлинение вызывает отклонение стрелки, прикрепленной к ней, которая тем самым указывает на прохождение тока в цепи амперметра. Этот амперметр одинаково пригоден как для переменного, так и для постоянного тока.

2) Включению в обратном направлении катушки самоиндукции анода.

3) Слишком высокому сопротивлению контура, вызванному плохими контактами или *плохим заземлением*.

Вычисление самоиндукции и емкости для данной длины волны производится так же, как это было указано на стр. 77. Если длина волны меняется, иногда приходится слегка изменять связь для настройки колебательного контура. Контур будет посылать сигналы в том случае, если включить последовательно ключ Морзе с сеткой лампы.

### Источники высокого напряжения (анодного).

Количество энергии, даваемой только что описанным контуром, неизбежно зависит от величины электронного потока, идущего через лампу. Это прохождение тока, как мы уже видели, зависит от температуры нити и напряжения анода для лампы данных размеров. Температура нити ограничена: всякая попытка увеличить даваемую энергию путем повышения температуры вызывает разрушение и недолговечность лампы. Если потенциал анода перейдет известную границу, бомбардировка электронов и заряженных частиц настолько усилится, что заставит анод накалиться докрасна; кроме того, можно опасаться возникновения дуги, вызываемой прохождением высокого напряжения между электродами. Поэтому лучше пользоваться при передаче жесткими лампами с высоким напряжением.

При помощи охлаждения и электродов большей величины удалась сконструировать лампы



мощностью в 1000 ватт с сеткой и анодом, устроенными так же, как и в малой лампе, описанной выше. Производство ламп больших мощностей представляет довольно большие затруднения<sup>1)</sup>.

Когда требуется высокое напряжение в аноде<sup>2)</sup>, батареи из сухих элементов уже не годятся. Действительно, мы можем сказать, что для любой лампы передачи, которая должна будет работать в продолжение долгого времени, желателен надежный источник высокого напряжения, могущий давать большую мощность, чем та, которой снабжает батарея из сухих элементов. Для вышеописанной цели можно пользоваться генераторами постоянного или переменного тока: каждый из них требует специальной схемы включения.

### Генераторы постоянного тока.

В нашем изложении теории машин постоянного тока мы уже видели, что постоянство тока по направлению достигается действием коммутатора (коллектора). Сколько бы ламелей (пластинок) ни устроили в коллекторе, всегда будет легкое колебание в постоянном токе, колебание, вызванное прохождением секций под щетками. Эти колебания неприемлемы тогда, когда генератор используется как источник тока высокого напряжения для радиопередачи, так как они вызывают соответствующие изменения в анодном токе и

<sup>1)</sup> В настоящее время строят лампы мощностью свыше 100 киловатт.

<sup>2)</sup> Лампа в 500 ватт требует 2000 вольт напряжения в аноде.

*Прим. ред.*

излучаются антенной. Чтобы по возможности уменьшить это неудобство при коммутации — включают в цепь источника реактивную катушку, шунтированную (параллельным включением) конденсатором. Назначение конденсатора — поддерживать постоянным вольтаж источника энергии, так как всякое внезапное повышение напряжения усиливает зарядный ток, и этот заряд возвращается, когда напряжение на мгновение ослабевает. Употребительны конденсаторы с емкостью в 1-2 микрофарады и реактивные катушки с самоиндукцией от 0,5 до 1 генри.

### Переменный ток.

Механические затруднения, возникающие при конструкции машин постоянного тока высокого напряжения, делают эти машины неприменимыми для напряжения свыше 1000 в. Если для высокого напряжения пользоваться переменным током, то преимущество последнего в том, что его легко трансформировать, но в то же самое время возникают новые осложнения вследствие необходимости *выпрямлять* ток, прежде чем он дойдет до анода. Выпрямление переменного тока заключается в том, чтобы перевернуть половину каждого колебания и заставить результирующий ток пульсировать в одном направлении. Этого можно добиться несколькими способами. Один из них состоит в том, что катодная лампа включена последовательно с источником энергии. Так как электронный поток идет в одном направлении, то отсюда следует, что через лампу пройдет лишь одна половина волны. Полуцикл противоположной



полярности уничтожается. Поэтому через лампу пройдет ток, пульсирующий с частотой, равной половине частоты источника энергии, а интервалы между пульсациями равны половине периода. С экономической точки зрения этот способ невыгоден.

Чтобы использовать обе полуволны, включаются две лампы во вторичной обмотке трансформатора, как это показано на рис. 17; соединительные провода высокого напряжения монтированы следующим образом: один присоединен к середине вторичной обмотки трансформатора, другой — к

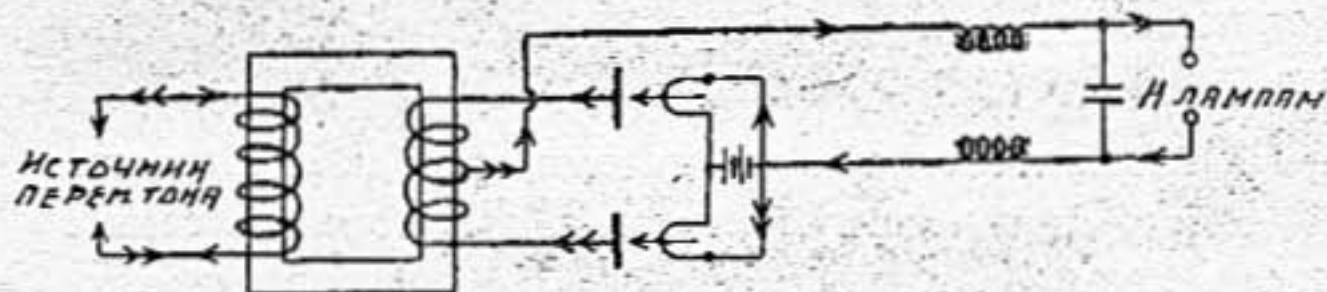


Рис. 17.

батарею нити накала. В первый полупериод ток пройдет через одну лампу в направлении, показанном ординарной стрелкой, а во второй — пройдет через вторую лампу, что указано двойной стрелкой.

Для мелких мощностей можно пользоваться для выпрямления обыкновенным типом приемной лампы: величина тока будет зависеть от мощности лампы. Сетка, как бесполезная для выпрямления, может быть присоединена к аноду для того, чтобы увеличить полезную поверхность прохождения тока. Падение напряжения в самой лампе может быть значительно, что допускается для выпрямительных

ламп. Можно увеличить мощность параллельным соединением анодов двух или нескольких ламп. Конденсатор, который присоединяется параллельно к источнику тока, действует, как резервуар или выравнитель энергии, отдающий заряд, когда величина пульсирующего тока уменьшается, и вновь заряжающийся, когда ток возрастает.



## ГЛАВА IX.

### Беспроволочная телефония.

В радиотелефонной передаче речь преобразуется в электрические колебания, а излучение этих колебаний производится наложением их на незатухающие колебания, излучаемые антенной.

Для преобразования звуковых волн в электрическую энергию пользуются свойством несовершенных контактов, изменяющих свое сопротивление под влиянием легкого нажима. Представим себе, что ток проходит через три угольные пластинки, из которых одна свободно лежит между двумя подобными ей пластинками. Сопротивление этого приспособления будет велико до тех пор, пока эти пластинки мало нажимают друг на друга, и контакт недостаточно хорош. При легком нажиме на центральную пластинку со стороны одной из внешних контактов тотчас же улучшается, и сопротивление ослабевает. Быстрые изменения давления повлекут за собой соответствующие изменения в токе, идущем через пластинки. На этом принципе основано устройство передатчика речи, т. е. *микрофона*. Поперечное сечение небольшого микрофона дает рис. 18. Главной частью прибора

является угольный диск  $D$ , находящийся на небольшом расстоянии от подобного ему диска  $D^1$ . Пространство между дисками заполнено свободно лежащими зернами угля. Диск  $D^1$  свободно перемещается в заключающем его барабане  $M$  и прикреплен винтом к большой диафрагме  $I$ , сделанной из листа тонкой стали или другого вещества. К коробке, в которой это все заключено, приделан рупор, и диски  $D$  и  $D^1$  (или диафрагма, если она металлическая) электрически соединены с зажимами микрофона.

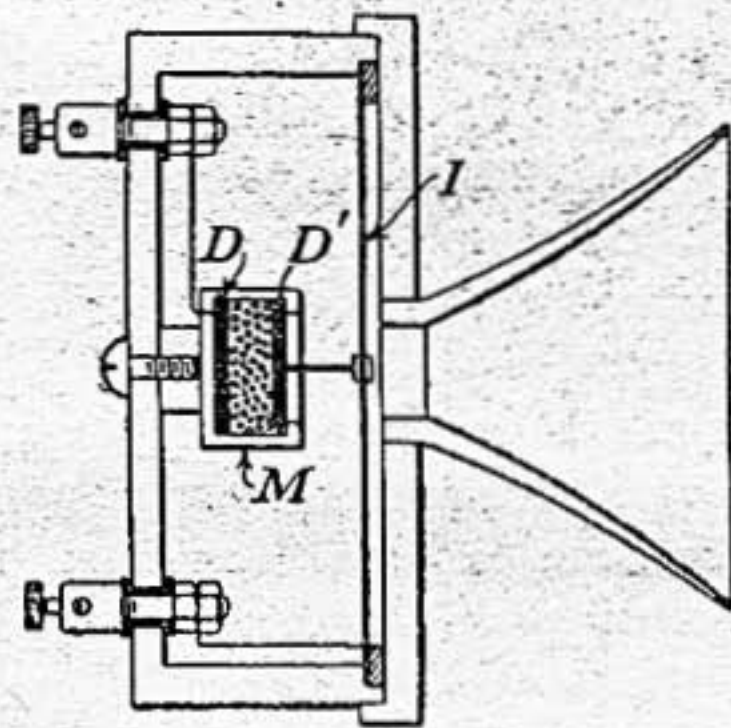


Рис. 18.

Звуковая волна, ударяясь в диафрагму  $I$ , заставляет ее выпятиться внутрь. Это перемещение передается диску  $D^1$ , который переместится по направлению к  $D$ , сжимая зерна, лежащие между  $D$  и  $D^1$ . Сопротивление цепи уменьшится, и через микрофон пройдет усиленный ток. После прекращения звукового импульса упругая диафрагма возвращается в первоначальное положение, и



сопротивление цепи возрастает до прежней величины.

Звуковые волны, вызванные речью, весьма сложны и резко отличаются от простых вибраций, изображенных на рис. 8. Диафрагма, во время разговора, будет находиться в состоянии непрерывного колебания и вызывать быстрые колебания тока. Чтобы следовать изменениям звуковых волн и точно воспроизводить их, диафрагма должна быть тонкой и обладать малой инерцией. При толстой диафрагме речь получится неясной, заглушенной. В том типе микрофона, который был только что описан, угольные зерна имеют тенденцию осесть на дно барабана и уплотниться. Этого уплотнения можно избежать, если вырезать в задней угольной пластинке спираль или ряд круговых выемок, которые удерживают зерна в их положении.

Для получения максимума эффекта, вариации (изменения) тока, вызванные речью, должны быть возможно больше, и для больших мощностей прибор должен быть рассчитан на значительные токи.

Безопасность рабочего тока, проходящего через микрофон, ограничена пределами допустимой нагрузки на угольные зерна. Для небольших передатчиков, вроде изображенного на рисунке, ток не должен превышать 1 ампера. При большей силе тока зерна нагреваются и стремятся превратиться в твердую сплошную массу.

Было предложено несколько способов увеличения мощности передатчиков-микрофонов: наиболее простой—это параллельное соединение двух и более микрофонов. При таком расположении

трудно равномерно распределить между ними ток и заставить звуковые волны одинаково действовать на микрофоны. Но, благодаря незначительной разнице в их конструкции, возможно, что в то время, как один прибор будет только слегка задет, другому придется нести на себе большую часть работы.

Лучший способ регулирования сильных токов микрофоном заключается в употреблении магнитного *реле* или катодной лампы. В типе микрофона с магнитной регулировкой, изобретенном Марци, пользуются небольшим микрофоном для регулирования тока электромагнита. Между полюсами магнита монтирован рычаг, присоединенный к угольной пластинке. На небольшом расстоянии над пластинкой монтировано вместилище, откуда медленно падают струей угольные зерна. Изменения в токе, вызываемые речью, заставляют через электромагнит двигаться рычаг, а последний изменяет расстояние между пластинкой и отверстием вместилища зерен.

Преимущество этого способа регулирования заключается в охлаждении при движении угольных зерен. Частицы угля не задерживаются на пластинке настолько, чтобы нагреться или „уплотниться“. Для оборудования слабых передач обычно на практике присоединяют микрофон к сетке лампы и пользуются изменениями анодного тока для действия на главный колебательный контур. Такое расположение будет рассмотрено дальше при описании „методов модуляции“.

Мы видели, что радиотелефонная передача состоит в наложении звуковых волн на незатухающие волны, излучаемые антенной. Этот про-



цесс наложения волн известен под названием *модуляции*; приемы, которыми она производится, бывают *непосредственные* и *косвенные*.

До введения катодных ламп—генераторов незатухающих волн—в телефонной передаче пользовались дугой Паульсена и высокочастотным альтернатором, как источником энергии. Регулировка в этом случае производилась микрофоном, непосредственно включенным в цепь источника постоянного тока, (цепь питания дуги или цепь питания обмоток, возбуждения альтернатора). Так как в обоих случаях (источник энергии постоянного тока, питающий дугу, или возбудители альтернатора) ток слишком силен, необходимо помещать какой-нибудь вид магнитного релэ между самим микрофоном и цепью.

#### Непосредственная модуляция.

При всех методах прямой модуляции микрофон всегда включается так, чтобы непосредственно действовать на колебательный ток антенны и, следовательно, на амплитуду излучаемой волны.

Простейший способ заключается в последовательном включении микрофона в цепь антенны. Больше или меньшее количество излучаемой энергии тратится на сопротивление в микрофоне. Поэтому данный метод считается несколько невыгодным, как ограничивающий ток в антенне, но при небольших мощностях для покрытия небольших расстояний он представляет преимущества своей простотой. Во избежание несчастных случаев от утечки токов высокого напряжения в микрофон, последний на практике всегда присоединяют к заземлению катушки настройки антенны.

Усовершенствованный способ прямого соединения тот, когда микрофон включают параллельно к части катушки самоиндукции антенны; причем берут такое число витков, чтобы ток, проходящий через прибор, не достигал слишком большой величины. Модуляция тут достигается двумя действиями: изменением энергии в цепи антенны, вызванным изменением сопротивления микрофона, и легким изменением в длине волны, вследствие включения или выключения некоторой части самоиндукции.

Если непосредственное включение в антенну нежелательно, микрофон можно включить в катушку, которая связана с частью катушки самоиндукции для настройки. Этот способ дает весьма удовлетворительные результаты, потому что он позволяет сделать хорошую настройку. Величина модуляции может быть отрегулирована изменением связи между катушками.

При всех трех вышеописанных способах модуляции надо заботиться о том, чтобы модуляция, вызванная микрофоном, не была бы слишком велика. Если сопротивление непосредственно включенного микрофона слишком велико, ток в антенне настолько ослабевает, что передача слышна разве только на очень незначительном расстоянии. Кроме того, весьма вероятно, что внезапный сильный импульс на диафрагму уничтожит настройку антенны.

В контурах, где анод непосредственно присоединен к антенне (см. рис. 20, стр. 132), мы можем опасаться возможности прекращения колебаний, вследствие внезапности звуковых импульсов, сопровождающихся резкими изменениями сопро-



тивления в этих контурах. Поэтому предпочтительно пользоваться связанными колебательными контурами с прямой модуляцией.

Другой тип микрофона, годный для прямой модуляции, — это тот, в котором изменения мощности вызываются голосом. Прибор обычно состоит из двух тонких металлических пластинок, отделенных друг от друга воздушным промежутком. Одна из пластинок может свободно двигаться при действии на нее вибрации речи. Движение этой пластинки увеличивает или уменьшает слой воздуха — диэлектрика, а этим самым и емкость прибора. Так как изменения весьма незначительны, то обычно употребляют усиливающий прибор для усиления движения пластинки. Затем ее включают в цепь антенны, согласно одному из описанных способов, и регулируют излучение, меняя длину волны. Благодаря ограниченности вариаций в этом типе микрофона, он не вошел в общее употребление. Этот метод модуляции был бы удовлетворительным, если бы мы нашли способ делать вариации более мощными при данном импульсе.

### Косвенная модуляция.

Способы, посредством которых микрофон косвенным образом модулирует излучаемую энергию, можно классифицировать различно. Вкратце оба главных способа модуляции можно определить так:

1) Микрофон может быть связан с колебательным контуром сетки лампы, и этим самым он изменяет ток анода и энергию, возбуждаемую в ан-

тенне. Этот способ известен под названием *модуляции потенциала сетки*.

2) Мощность, возбуждаемую в цепи антенны, можно соответствующим образом модулировать, включая микрофон так, чтобы регулировать или колебательный контур антенны или колебательный контур анода. Этот способ требует реактивной катушки и двух ламп: одной для главного колебательного контура, другой — для модуляции. Для цепей малой мощности предпочитают первый способ, т.-е. модуляцию напряжения сетки, как сравнительно более простой, а также и потому, что через микрофон не проходит такой сильный ток, как при непосредственной модуляции. Надо при этом заметить, что изменения в колебательном контуре, вызванные изменением потенциала сетки, невелики: этим методом можно поэтому пользоваться только для передач на короткое расстояние.

При втором способе косвенной модуляции, как мы это уже видели, микрофон или непосредственно регулирует излучаемую энергию в самой цепи антенны, или регулирует известную часть энергии, возбуждаемой в антенне колебательным контуром.

Теория этого метода становится понятна, если рассмотреть тот простой случай, когда анодные цепи двух ламп соединены при помощи трансформатора. Предположим, что анодный ток лампы-модулятора проходит через первичную обмотку трансформатора; вторичная обмотка последовательно присоединена к аноду колебательного контура через катушку самоиндукции антенны.

Когда говорят в микрофон, потенциал сетки модулятора меняется. Это вызывает больший или



меньший ток в анодной цепи и в обмотке трансформатора. В соответствии с каждым изменением в первичной обмотке будет получаться усиление или ослабление напряжения вторичной обмотки, что увеличит или уменьшит действующее напряжение колебательного контура, получаемое от батареи.

Ток в аноде колебательного контура испытывает вследствие этого изменения потенциала и, следовательно, изменения тока, пропорциональные изменениям в цепи сетки модулятора.

На практике трансформатор можно заменить реактивной катушкой, разность потенциалов которой зависит от величины проходящего тока.

Контур с модуляцией напряжения сетки указан на рис. 19. В этом контуре сама антенна действует, как колебательный контур анода, а анод непосредственно связан с ней через постоянный конденсатор. Частота колебаний регулируется изменением самоиндукции настройки антенны. Сетка соединена через вторичную обмотку трансформатора с отрицательным полюсом нити. Если желателен потенциометр, его вводят в цепь сетки для лучшей настройки. Микрофон включен последовательно с небольшой батареей в первичную обмотку трансформатора, который может иметь обычный железный сердечник, так как имеет здесь дело с токами низкой частоты. Для прохождения тока высокой частоты включается конденсатор параллельно вторичной обмотке, а также конденсатором шунтируется батарея высокого напряжения.

Для телефонных передатчиков этого типа пользуются различными видами ламп в зависимости

от требуемой мощности и расстояния (смотри приложение).

Для малых мощностей можно пользоваться любой из известных приемных ламп, только бы она была жесткой. Потенциал анода может быть равен 500 вольтам и выше. Для передатчиков мощностью в 30 ватт производится специальный

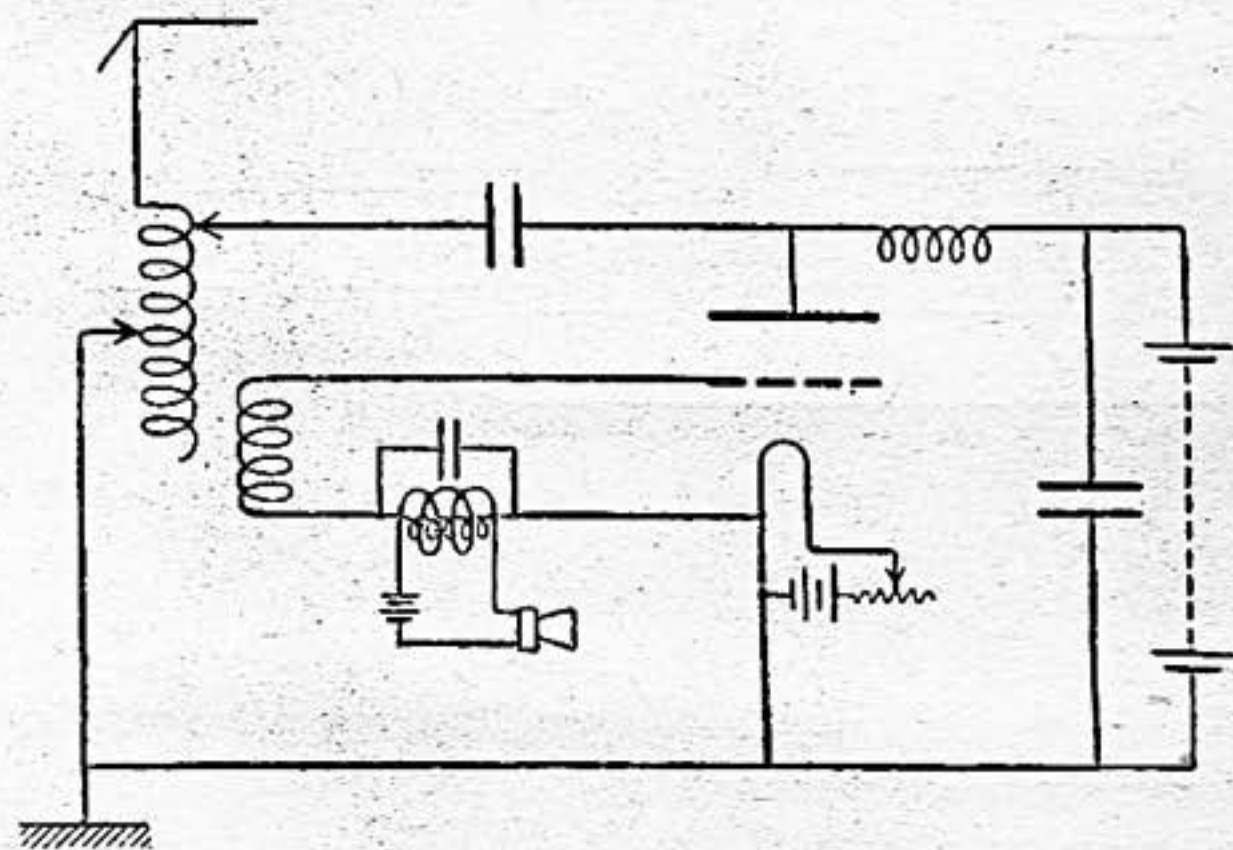


Рис. 19.

тип генераторной лампы *Marconi Osram C°* и *Mullard Valve C°*. Анодное напряжение в этих лампах—1000 и 500 вольт, и соответственно этому ток цепи нити должен быть от 1,5 до 2,5 ампера.

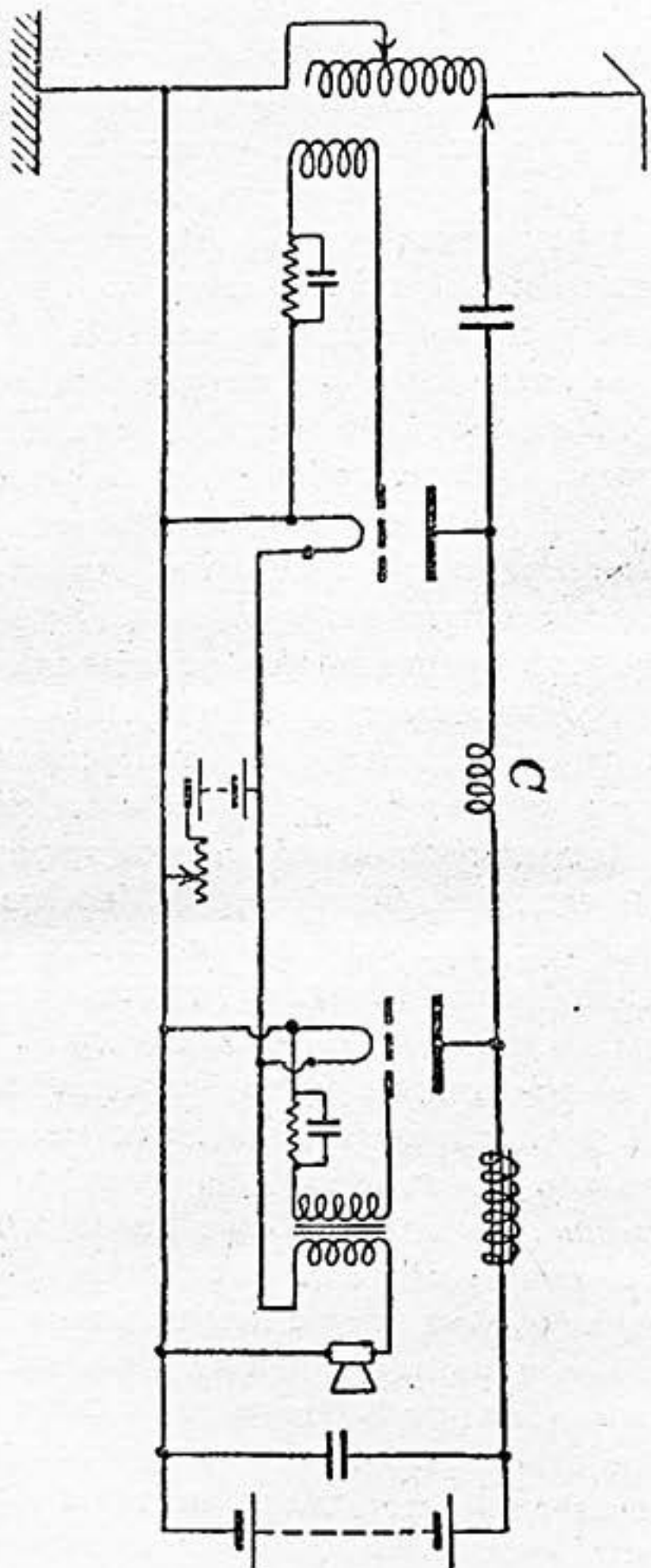
Для передатчиков мощностью в 10 ватт можно пользоваться лампами *Mullard* типа *0/10A* и *0/10B*, в которых анодное напряжение в 600 вольт и ток в цепи нити в 1 ампер.







Рис. 21.



висимо от изменений тока. Величина самоиндукции будет равна 5—10 генри. Разность потенциалов катушки, если нам известен ток анода, может быть вычислена по формуле, данной на стр. 45.

(Соответствующие размеры обмоток для данной величины самоиндукции дает журнал *Wireless World*, том XII № 205).

Отношение напряжений между обмотками микрофонного трансформатора должно быть, приблизительно,  $\frac{8}{1}$ , причем микрофон, разумеется, включается в обмотку низкого напряжения.

Можно приготовить подходящий трансформатор, если намотать первичную и вторичную обмотки на простую катушку и поместить пучок железной проволоки внутри катушки. Некоторые авторы поднимали вопрос о том, благоразумно ли включать конденсатор параллельно к источнику высокого напряжения: но это совершенно необходимо, если источником тока является осветительная сеть или небольшой генератор.

При передачах задача экспериментатора заключается в обеспечении наилучшей модуляции. Было найдено, что излучение хорошо модулированных волн высокой частоты дает лучшие результаты, чем излучение волн большей амплитуды, но лишь слегка модулированных разговорными токами.

Передающая и приемная станции, настроенные на одну и ту же длину волны, могут быть объединены для пользования одной и той же антенной при соответствующем способе управления. Нет основания, чтоб одна и та же антенна не могла бы выполнять этого двойного назначения,



если ее снабдить переключателем для включения приемника или передатчика. Подходящей формой переключателя будет кнопка; при нормальном положении этой кнопки в антенну включен приемник; при нажатии на кнопку приемник выключается, в антенну включается передатчик; одновременно включается высокое напряжение на лампы.

### Правила получения разрешения на радиолюбительскую передающую станцию.

Для получения разрешения на право установки и эксплуатации отправительных станций от радиолюбителя требуют в этой области радиотехники соответствующие познания. Предварительным стажем для получения этого разрешения служит разрешение на опытные приемные станции. Оно дается любителям, выказавшим свое умение в радиоприемных установках станций не только для слушания концертов, но и для опытов с различными типами приемных схем.

Любитель - экспериментатор, который желает получить разрешение на отправительную станцию, согласно правилам, должен представить Главному Директору Почт удостоверение, что он:

1) Обладает достаточными сведениями в установке и действии аппарата, с которым он хочет работать.

2) Знает правила Международных Конвенций, касающиеся отправительных станций.

3) Может передавать и принимать сигналы по азбуке Морзе со скоростью по крайней мере 12 слов в минуту.



Для получения этих удостоверений существует экзамен при Главном Управлении Почт (экзамен стоит 5 шиллингов), но в некоторых случаях, когда человек не может явиться на экзамен лично, удостоверение дается на основании адекватного испытания познаний оператора.

Правила для этих любительских отправительских станций следующие:

1) Комбинированная высота и длина антенны не должна превышать 100 футов.

2) Мощность, употребляемая при передаче, не должна превышать 100 ватт, и передача делается на волнах от 150 до 200 метров включительно (искровая, незатухающие волны и телефонная), и на волне в 440 метров (незатухающие волны и телефонная передача).

3) Станция всегда должна быть снабжена всем необходимым, как для приема, так и для передачи, и приемный аппарат всегда должен быть точно настроен в разрешенных границах.

4) Передачи могут быть делаемы в любое время, но на них нельзя тратить больше двух часов в сутки. Длиной волны в 440 метров можно, однако, пользоваться в будни только от 5 до 11 часов вечера.

5) Прежде, чем начать передачу, надо сначала испытать ту длину волны, которой хотят пользоваться, чтобы определить, будет ли предполагаемая передача мешать работе какой-либо другой станции. Отдельная непрерывная передача не должна продолжаться более 10 минут, после чего в продолжении по крайней мере 3 минут испытывают ту длину волны, на которой делают передачу. Это испытание должен всегда произ-

водить сам оператор. Передачи прекращаются или откладываются по предложению любой государственной или коммерческой станции.

6) Передачи посылаются только тем станциям, которые работают в данное время с этой станцией над теми-же опытами и служат исключительно для подобных экспериментов. Запрещается пользоваться аппаратом для общего пользования или передачи новостей, информации и т. п.<sup>1)</sup>

7) Станция должна быть одобрена Главным Управлением Почт; уполномоченным на это агентам предоставляется право осмотра станции в установленное время.

8) Станцией нужно пользоваться так, чтобы не мешать другим станциям. В частности, в будни от 5 до 11 вечера и в течение всего воскресенья никакие генераторные лампы или цепи лампы не должны быть прямо связаны с антенной или вторичной цепью антенны на волне от 300 до 500 метров. Запрещается также употребление специальных гетеродинных цепей, связанных с антенной, а также настройка вторичного контура антенны на длину волны от 300 до 500 метров.

Плата за отправительские станции мощностью до 10 ватт в первый год равна 30 шиллингами, в последующие—1 фунту. С более мощных станций взимается и большая плата.

---

<sup>1)</sup> Отсюда следует, что прежде, чем ходатайствовать о разрешении, надо удостовериться, есть ли другой экспериментатор, который будет участвовать в данных опытах.



## Предметный указатель.

	Стр.		Стр.
Александрсон —	94	Емкость —	50
Альтернатор —	31	Вычисление . . . . .	52
Высокочастотный . . . . .	93	Антенны . . . . .	77
Частота . . . . .	94	Определение . . . . .	51
Ампер —	22	Железо —	13
Амплитуда —	61	Заземление, земля —	117
Анод —	103	Затухающие волны —	61
Антенна —	76	Излучение —	70
Емкость . . . . .	89	Индуктированный ток —	27
Арматура —	29	Индукторная машина —	94
Атом —	9	Инерция —	60
Вакуум —	103	Искра —	72
Вариации —	124	Напряжение . . . . .	73
Волна —	57	Искрогашение —	86
Длина . . . . .	59	Искровой промежуток —	73
Движение . . . . .	57	Кажущееся сопротивление	46
Затухающие . . . . .	61	Катушка самоиндукции —	45
Незатухающие . . . . .	62	Киловатт —	24
Ряды . . . . .	82	Козэффициент полезного	38
Вольт —	22	действия —	38
Вращающийся разрядник	84	Колебания —	65
Вторичная обмотка —	34	Возбуждение . . . . .	70
Выключатель —	103	Частота . . . . .	68
Выпрямитель —	103	Колебательный контур,	68
Генри —	44	цепь —	32
Гольдшмидт —	96	Коллектор —	50
Гридлик —	110	Конденсатор —	50
Дифрагма —	123	Соединение . . . . .	54
Динамо —	32	Вычисление . . . . .	54
Диод —	103	Критическое сопротивле-	67
Диэлектрик —	52	ние —	67

Ламели —	32	Перри —	48
Магнетизм —	13	Формула . . . . .	48
Постоянный . . . . .	15	Пластинка —	103
Магнитное поле —	13	Платина —	35
Микрофарада —	51	Плотность силового по-	17
Микрофон —	122	тока —	15
Сопротивление . . . . .	127	Полярность —	31
Модуляция —	126	Постоянный ток —	103
Косвенная . . . . .	128	Потенциометр —	39
Непосредственная . . . . .	126	Потери —	34
Потенциал сетки . . . . .	129	Прерыватель —	18
Мощность —	23	Проницаемость —	42
Вычисление . . . . .	23	Противо-электродвижущая	22
Потеря . . . . .	38	сила —	45
Нагек —	47	Разность потенциалов —	45
Формула . . . . .	47	Реактивная катушка —	113
Нагревание проволоки	22	Регенерация —	41
при прохождении тока	62	Самоиндукция —	47
Незатухающие волны —	23	Вычисление . . . . .	44
Накаливание —	16	Определение . . . . .	64
Намагничивание —	18	Свет —	78
Кривые . . . . .	18	Скорость . . . . .	78
Насыщение —	106	Связь —	78
Ламп . . . . .	20	слабая . . . . .	78
Магнитное . . . . .	79	сильная . . . . .	14
Настройка —	126	Северный полюс —	103
Непосредственная моду-	21	Сетка —	106
ляция —	104	Модуляция . . . . .	106
Непроводники —	112	Ток . . . . .	109
Нить накала —	22	Потенциометр . . . . .	110
Ом —	22	Утечка . . . . .	89
Закон . . . . .	112	Скин-эффект —	59
Обратная связь —	39	Скорость —	64
Паразитные токи —	97	света . . . . .	80
Паульсен —	97	Собственная частота коле-	47
Дуга . . . . .	34	баний —	21
Первичная обмотка —	115	Соленоид —	90
Передачик —	130	Сопротивление —	23
Незатухающих волн . . . . .	63	Высокочастотное . . . . .	66
Телефонный . . . . .	28	Вычисление . . . . .	67
Период —	28	Действие . . . . .	21
Переменный ток —	49	Критическое . . . . .	49
		Определение . . . . .	49
		Таблицы стандартной про-	49
		волоки —	49



Тепловое действие тока —	Стр. 23	Фарада —	Стр. 51
Телефония —	122	Характеристика —	107
Ток —	21	Электризация —	11
Трансформатор —	37	Электричество —	9
Триод —	103	Электромагнит —	16
		Электроны —	9
Упругость —	57	Энергия —	71
Утечка —	37	Южный полюс —	14
Магнитная . . . . .	37		
Сеточная . . . . .	110		

## СО Д Е Р Ж А Н И Е.

	СТР.
Глава I. Электрический ток и электромагнетизм . . .	9
Глава II. Индуцированные токи . . . . .	27
Глава III. Самоиндукция и емкость . . . . .	41
Глава IV. Волны и движение волн . . . . .	57
Глава V. Электрические колебания . . . . .	65
Глава VI. Искровая передача . . . . .	75
Глава VII. Передача незатухающими волнами . . . . .	92
Глава VIII. Катодная лампа . . . . .	102
Глава IX. Беспроволочная телефония . . . . .	122
Приложение. (Правила получения разрешения на радиолюбительскую передающую станцию) . . .	137
Предметный указатель . . . . .	140