

Д.А. ФАЕМИНГ

ВВЕДЕНИЕ

В

РАДИО



РАДИО-БИБЛИОТЕКА

ИЗДАТЕЛЬСТВА «ACADEMIA»

Дж. А. ФЛЕМИНГ

ПРОФ. ЛОНДОНСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

ВВЕДЕНИЕ В РАДИО

НАПИСАННОЕ ДЛЯ СРЕДНЕГО ЧИТАТЕЛЯ,
НЕ ОБЛАДАЮЩЕГО БОЛЬШОЙ НАУЧНОЙ
ПОДГОТОВКОЙ, НАЧИНАЮЩЕГО ИНТЕ-
РЕСОВАТЬСЯ БЕСПРОВОЛОЧНОЙ ТЕЛЕ-
..... ГРАФИЕЙ И ТЕЛЕФОНИЕЙ

Перевод с английского
под редакцией и с предисловием
радиоинженера В. А. ГУРОВА

с 64 рисунками в тексте

«ACADEMIA»

ЛЕНИНГРАД 1925

ГОС. ПУБЛИЧНАЯ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ
БИБЛИОТЕКА СССР

4994 ~~18~~
64

Б
623

ОБЛОЖКА РАБОТЫ Н. П. АКИМОВА

ПРЕДИСЛОВИЕ К РУССКОМУ ПЕРЕВОДУ

Предлагаемая вниманию читателя книга принадлежит перу одного из величайших радиотехников мира — профессору Джону Амбросию Флемингу — и поэтому представляет собой громадный интерес не только для любителей радио, но для всех занимающихся этой отраслью современной техники.

Ученый, „*rag excellence*“, изобретатель катодного пустотного детектора, послужившего после введения в него де Форестом сетки основой всей современной радиотехники — Флеминг является и пионером этой науки, так как с самых ранних опытов по передаче на большие расстояния он принимает деятельное участие в разработке радиотелеграфных приборов. Можно с уверенностью сказать, что если бы Маркони не окружил себя такой плеядой

блестящих ученых, как Флеминг, Эрскин-Меррей, Лодж, Экклс и ряд других, он, несмотря на всю свою гениальность, не довел бы в столь короткий срок радиотелеграфию до той степени совершенства, на которой она стоит сейчас. И в этой работе, главным образом, по введению точных методов измерений — деятельность Флеминга оказывается одной из наиболее ценных. Им написан капитальный труд основ радиотехники, являющийся неслучайно неотъемлемой частью теоретических познаний всякого радиотехника. Он же пишет теперь и простую книгу для малоподготовленных читателей. Но блеск таланта ученого, выразившийся в его кристально-правильных определениях, остроумных и ясных аналогиях делают эту книгу одним из наиболее ценных вкладов в настоящую научную литературу. Поэтому она и выпускается в русском переводе без всяких дополнений, которые может быть и были бы уместны в любой другой переводной книге.

Вл. Гуров

ПРЕДИСЛОВИЕ АВТОРА

Цель этой маленькой книжки дать среднему читателю, обладающему самым незначительным знакомством с электрическими явлениями, короткий очерк общих принципов беспроволочной телеграфии и телефонии в ее современном состоянии. Она послужит также введением в другие более обстоятельные, книги, посвященные трактовке специальных отделов этой области. В настоящее время, когда тысячи лиц почти ежедневно приобщаются к радио, слушая речи и музыку, передаваемые ширококвещательными станциями, существует широкая потребность в коротких, общедоступных изложениях принципов радио, которые объясняли бы среднему читателю способ действия этого удивительного аппарата, являющегося поистине одним из чудес нашего времени, — аппарата, границ применения которого еще никто не в состоянии

определить. Эта книга не претендует ни на какую историческую или техническую полноту, но она может подготовить читателя к усвоению более полных исследований на ту же тему.

Дж. А. Ф. -

Лондон

Июль 1923 г.

ГЛАВА I

Общие принципы радиотелеграфии и радиотелефонии.

Введение. Беспроволочная телеграфия и беспроволочная телефония суть способы передачи на расстояние известий при помощи сигналов или речи, без применения непрерывных металлических проводов, соединяющих места отправления и приема, как в обыкновенной телеграфии и телефонии.

Некоторые способы использования электромагнитных волн получили особенное развитие в последние двадцать пять лет и часто называются радиотелеграфия и радиотелефония. Последняя приобрела большое значение совсем недавно, и при ее посредстве была создана новая форма публичного развлечения в виде передачи речи и музыки от широкопередательных станций. Она привела к созданию новой отрасли промышленности: изготовлению аппаратов-приемников.

Мы не станем заниматься описанием ранних форм беспроволочной телеграфии, применявших

передачу электрических токов через почву или воду или пользовавшихся электромагнитной индукцией, ибо, хотя эти способы довольно широко применялись во время великой европейской войны, поле приложения их и дальность действия весьма ограничены.

Способы передачи, применяющие электромагнитные волны, имеют гораздо более важное значение, и будет весьма уместно описать элементарные принципы этого вида сообщений по следующему плану:

(1) Общие принципы радиотелеграфии и радиотелефонии.

(2) Радиотелеграфные и радиотелефонные отправительные станции.

(3) Аппараты для приема радиотелеграфных сигналов и радиотелефонных речей и музыки.

(4) Радиотелеграфные станции, действующие на дальние расстояния, и радиотелефонные ширококвещательные станции.

(5) Беспроволочное телеграфирование и телефонирование в определенных направлениях.

(6) Влияние атмосферных возмущений на радиотелеграфию и радиотелефонию, и распространение электромагнитных волн вокруг земли.

Так как радиотелеграфия и радиотелефония являются техническим приложением электромагнитного излучения, то всякому объяснению их принципов необходимо предпослать краткое изложение результатов новейших исследований природы материи и электричества.

Молекулы. Все вообще материальные вещества состоят из маленьких элементов, называемых молекулами. Самая маленькая часть однородного неорганического вещества, обладающая всеми специфическими качествами этого вещества, называется молекулою. Таким образом самое маленькое, какое только можно получить, количество обыкновенной столовой соли (хлористый натрий), имеющее свойства этого вещества, называется молекулой хлористого натрия. Молекулы состоят из химических атомов, удерживаемых вместе, по всей вероятности, силами электрического притяжения.

Электрон. Молекула хлористого натрия образована из атома металла натрия и атома газа хлора, связанных вместе. Однако атомы являются тоже сложными вещами и, согласно новейшим взглядам, состоят из неделимых частиц электричества, называемых электронами. Эти последние бывают двух родов — положительные и отрицательные. Для различия их отрицательный электрон называется просто электроном, а положительный электрон — протоном.

Масса (отрицательного) электрона составляет только $1/1800$ -ю часть массы атома водорода. Масса, или то, что обычно называется весом, атома сосредоточена главным образом в положительных электронах или протонах. Атом состоит из ядра, которое составлено из протонов (одного или нескольких), связанных друг с другом электронами но число протонов в ядре больше числа электронов.

Ион. Вокруг этого ядра вращается по орбитам или располагается группой некоторое число электронов. В нейтральном атоме общее число протонов и электронов одинаково. Если один или большее число электронов отделяются от атома, то остаток называется положительным ионом и представляет собою заряд положительного электричества.

Относительные размеры составных частей атома. Размеры как протонов, так и электронов очень незначительны по сравнению с объемом химического атома, взятого в целом. Этот последний имеет поэтому очень пористое или скважистое строение. Если мы вообразим себе крокетный шар, подвешенный в пространстве, и на расстоянии 100 или 200 ярдов несколько песчинок, вращающихся вокруг крокетного шара подобно тому, как планеты вращаются вокруг солнца, то эта картина даст некоторое представление о том, как будет выглядеть атом при достаточном увеличении. Электроны, взятые в целом, образуют силу, называемую нами отрицательным электричеством.

Что называется наэлектризованным телом? Мы называем тело отрицательно наэлектризованным в тех случаях, когда оно содержит в себе или на себе избыток отрицательных электронов, — такое их количество, которое более чем достаточно для нейтрализации действия положительных электронов. Мы называем тело положительно наэлектризованным, когда оно содержит недостаточное

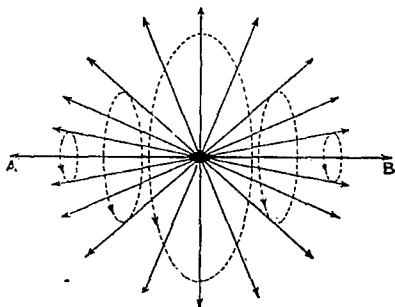
количество электронов. Между электронами и протонами существует мощное притяжение, но электроны отталкивают электроны, а протоны отталкивают протоны.

Проводники и не-проводники. В таких материалах, как металлы и уголь, которые мы называем электрическими проводниками, существуют свободные, несвязанные отрицательные электроны, движущиеся между атомами или перескакивающие с атома на атом. Если помимо совершения неправильных движений свободные электроны несутся все вместе в одном направлении, то получается так называемый электрический ток. Если свободные электроны носятся вперед и назад, медленно или быстро, то получается так называемый переменный ток низкой или высокой частоты.

В веществах, называемых не-проводниками, или, употребляя термин Фарадея, диэлектриками, проводящие электроны не могут уходить далеко от известных фиксированных положений, но могут смещаться, и это движение составляет переменный ток низкой или высокой частоты.

Электролинии. Отрицательный электрон оказывает на другие электроны действие, называемое электрическою силою и выражающееся либо в притягивании, либо в отталкивании их; эта сила проявляется вдоль определенных радиальных линий, называемых линиями электрической силы или электролиниями. Во время движения

электрона, благодаря боковому перемещению электролиний, создается, кроме того, еще и другая сила, называемая магнитною силою. Эта магнитная сила распределяется вдоль круговых линий, центры которых лежат на линии движения электрона, а их



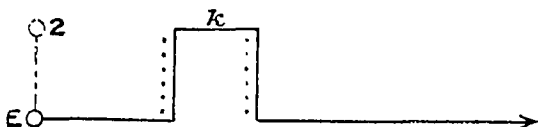
Фиг. 1. Линии электрической силы (сплошные) и магнитные силы (пунктирные), существующие около движущегося электрона. Электролинии распространяются радиально, но круговые линии магнитной силы существуют только в том случае, когда электрон движется в известном направлении, на котором и лежат центры окружностей.

плоскости перпендикулярны этой линии (фиг. 1). Когда электрон движется, то на него следует смотреть, как на тело, несущее с собою эту систему линий электрической и магнитной силы, которые протягиваются вокруг него на бесконечное расстояние. Обычно считалось, что эти силовые линии являются состояниями напряжения или движения повсюду разлитой среды, называемой эфиром. Но новейшими теориями относительности всех физических процессов были выдвинуты некоторые за-

труднения, связанные с представлением неподвижного эфира и материальных тел, движущихся сквозь него наподобие того, как птицы или аэропланы движутся сквозь покоящийся воздух.

Тем не менее, весьма удобно представлять себе электролинии и электроны, как особенные физические условия пространства вдоль некоторых линий или у некоторых точек.

Магнитные силовые линии. Для достижения целей, преследуемых настоящим изложением, можно



Фиг. 2. Петля K , получающаяся на линии электрической силы, когда электрон E прыгает, скажем, из положения 1 в положение 2 и обратно. Точки представляют разрезы магнитных силовых линий, порождаемых движением поперечной части электролинии.

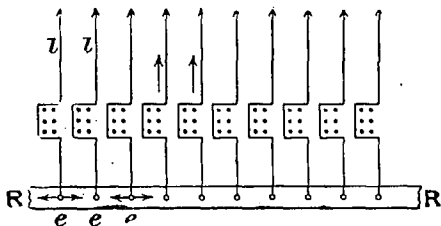
рассматривать линию электрической силы, протягивающуюся от электрона, как реальное допущение. Если электрон внезапно делает прыжок или изменяет свою скорость, то в результате получающиеся петли или смещения системы его электролиний, потому что эти линии ведут себя так, как если бы они имели массивное и эластическое (упругое) натяжение в направлении своей длины (фиг. 2). Такая петля перемещается вдоль линии совсем как петля, которая бежит вдоль прикрепленной за

один конец натянутой веревки, когда мы ее встряхнем за другой, свободный, конец. Эта движущаяся по линии электрической силы петля сопровождается образованием состояния, называемого магнитной силой и распространяющегося в направлении, перепендикулярном изогнутой части электрической силовой линии и параллельным движению последней.

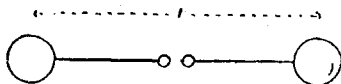
Электромагнитные волны. Само собою разумеется, что „петля“ есть смещение части электрической силовой линии, и что она непрерывно меняет свое положение на линии, в других своих частях остающейся неподвижной. Это ее движение является типическим движением волны, и ее распространение по электрической силовой линии, в сопровождении магнитной силы, называется электромагнитной волной. Она перемещается по воздуху или пустому пространству со скоростью света, т. е. около 300.000.000 метров в секунду.

Вибратор Герца. Предположим теперь, что у нас есть прямой проволочный прут из такого проводящего материала как медь, и вызовем в нем переменный электрический ток высокой частоты. Это означает, что мы заставляем свободные электроны, содержащиеся в пруте, очень быстро прыгать взад и вперед вдоль проволоки. В результате вокруг прута начнет распространяться электромагнитная волна, магнитная сила которой будет располагаться по окружностям с центрами, лежащими на пруте, и с плоскостями (этих окружно-

стей), перпендикулярными ему. Электрическая сила волны будет параллельна пруту, а направление движения волны перпендикулярно пруту по радиусам, расходящимся от него (фиг. 3).



Фиг. 3. Возбуждение электрической волны свободными электронами ee , в проводнике RR во время колебания электронов.



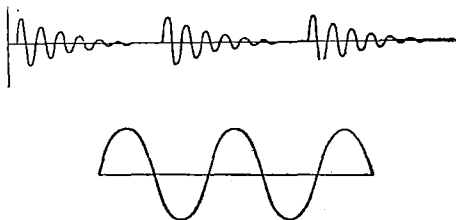
Фиг. 4. Вибратор Герца.

Такой прут называется вибратором; впервые он был применен Г. Герцом (фиг. 4).

Мы можем вызвать два рода электрических колебаний. Одни колебания называются затухающими или перемежающимися, другие — незатухающими или непрерывными.

Затухающие колебания. В первом случае колебания распространяются в виде маленьких

групп или рядов замирающих колебаний. Во втором случае колебания распространяются без перерывов (фиг. 5).



Фиг. 5. Диаграммы, изображающие (а) группы затухающих или ослабевающих колебаний электрических волн, (б) непрерывные или незатухающие волны.

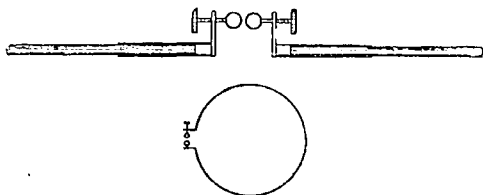
Затухающие колебания создаются следующим образом. Разрежем прут посередине и снабдим его концы полированными металлическими шарами, помещенными по близости друг от друга. Соединим обе половины прута с зажимами электрической машины или индукционной катушки, или какого нибудь другого прибора, вызывающего электрическое напряжение. Это значит, что на одном пруте сосредоточится избыток отрицательных электронов, на другом же будет существовать их недостаток. До известного момента воздух в пространстве между двумя шарами, посаженными на концы прутьев, остается не-проводником, но при известном давлении его молекулы разрываются, и он становится проводником. Избыточные электроны на одном пруте сейчас же

устремляются на другой прут и спешат восполнить их недостаток там, но они восполняют его больше, чем следуют, так что получается небольшой избыток электронов, перенесенных на другой прут. Электронное равновесие устанавливается только после ряда зампрающих переменных движений электронов, перемещающихся с одного прута на другой. Эти короткие электрические токи создают аналогичные угасающие электрические волны, и в результате мы имеем группы затухающих электрических волн, пущенных с прута.

Благодаря тому обстоятельству, что при преодолении изоляции воздушного промежутка мы видим в нем маленькую искру, вышеизложенный способ возбуждения затухающих колебаний называется также искровым способом. Ниже мы изложим способы возбуждения незатухающих колебаний.

Простейший способ обнаружения электромагнитной волны. Когда электромагнитная волна отделяется от вибратора, то ее присутствие можно обнаружить на расстоянии, если заставить ее пересечь другой прут (приемник), помещенный параллельно пруту вибратора. Пусть этот прут будет таких же размеров, как и вибратор, и пусть он будет помещен параллельно последнему и точно также разрезан посередине и снабжен шариками, почти соприкасающимися друг с другом. Если при таких условиях будет излучена волна, то ее движущиеся вперед магнитные силовые линии пересекут прут-приемник и вызовут в нем переменную

электродвижущую силу и слабый ряд колебаний. Герц открыл, что в тех случаях, когда начальная волна обладает достаточной мощностью, она возбуждает в пруте-приемнике индуктированные колебания такой силы, что они могут быть обнаружены при помощи маленькой искры в воздушном промежутке (фиг. 6).



Фиг. 6. Приемник Герца и круглый или замкнутый резонатор с обнаруживающими волну искровыми шариками.

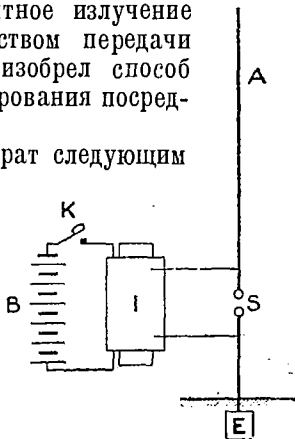
Пользуясь таким сравнительно нечувствительным детектором (обнаруживателем), он доказал, что электромагнитные лучи могут быть отражены и преломлены подобно лучам света; и действительно, они обладают всеми свойствами света, за исключением того, что не могут действовать на наши глаза.

Когерер. Несколько позже Е. Бранли во Франции и сэр Оливер Лодж в Англии открыли, что трубка с рыхло насыпанными в нее металлическими опилками, или, иными словами, не полное соприкосновение между металлическими по-

верхушками, может с успехом заменить искровой промежуток, и этот прибор, названный Лоджем когерером, скоро стал весьма распространенным средством обнаружения слабых электрических колебаний в приемной цепи, а между 1893 и 1895 годом с его помощью была проделана ценная работа по изучению электромагнитных лучей.

Первый аппарат Маркони. Маркони в 1895 году впервые высказал мысль и практически доказал, что электромагнитное излучение может быть сделано средством передачи сообщений, и он первый изобрел способ беспроволочного телеграфирования посредством этого излучения.

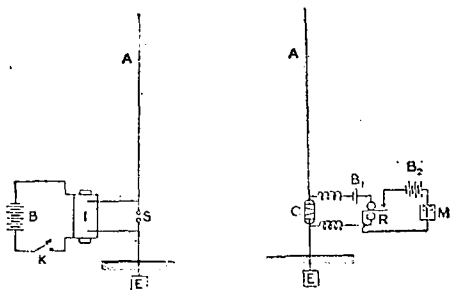
Он построил свой аппарат следующим образом. Его вибратор, который он назвал антенной, состоял из длинного вертикального провода, поддерживаемого у вершины изолятором; его нижний конец был снабжен искровым шаром, расположенным на близком расстоянии от другого искрового шара, соединенного с пластинкой, вкопанной в землю. Он соединил эти искровые шары с вторичными за-



Фиг. 7. Первоначальная форма беспроволочного передатчика или возбuditеля электрической волны - Маркони. А — антенный провод, S — искровой промежуток, I — индукционная катушка, B — батарея, и K — сигнальный ключ.

жимами индуктивной катушки, в первичной цепи которой был ключ или выключатель. Когда ключ был замкнут, то между искровыми шарами имел место ряд колебательных разрядов, и из антенного провода излучались серии быстро затухающих электромагнитных волн (фиг. 7).

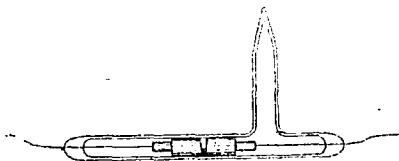
На отдаленной известным расстоянием станции он соорудил аналогичную антенну, но соединенную в промежутке между антенной и заземленной пластинкой когерером особой формы (фиг. 8). По



Фиг. 8. Первоначальная форма передатчика и приемника Маркони. С—трубка когерера, или детектора, B₁—батарея когерера, R—телеграфное релэ, M—пишущий аппарат Морзе, и B₂—батарея пишущего аппарата.

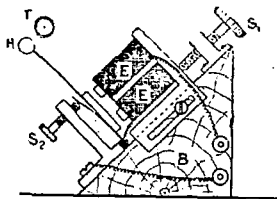
концам небольшой стеклянной трубки им были вставлены платиновые проволоки, заканчивающиеся в серебряных втулках, расположенных на небольшом расстоянии друг от друга. Между этими втулками было помещено небольшое количество рыхло насыпанных никелевых и серебряных стру-

жек (фиг. 9). При обыкновенных условиях эти стружки почти совсем не проводили электричества от одного гальванического элемента. Если, однако, в приемной антенне возбуждались слабые электрические колебания, то их электродвижущая сила вызывала сцепление стружек, вследствие чего они



Фиг. 9. Трубка когерера Марконн, или детектор.

делались проводником. Благодаря этому, местная батарея могла посылать сквозь них электрический ток, который приводил в действие телеграфный прибор, называемый пишущим аппаратом Морзе. Маркони применял электромагнитный молоточек, который слегка ударял по наполненной стружками трубке и таким образом снова делал ее неспособной проводить ток (фиг. 10). Итак, вызывая у шаров передатчика длинные или короткие серии быстро повторяемых электрических колебаний, Маркони мог за-

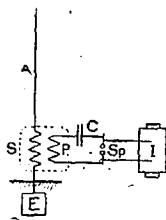


Фиг. 10. Электромагнитный молоточек для непрерывного встряхивания когерера и приведение его снова в состояние чувствительности.

писывать на приемной станции сигналы по азбуке Морзе в виде тире и точек и составлять из них слова.

Попытки сношения через Ла-Манш. В 1898—1899 году Маркони передавал таким способом известия по своему беспроволочному телеграфу через Ла-Манш; он положил также начало сношениям между кораблями, и между кораблями и берегом, пользуясь для этой цели электромагнитным излучением из провода, которое получалось от возбуждения в нем колебаний высокой частоты.

Когерер с опилками был, однако, аппаратом

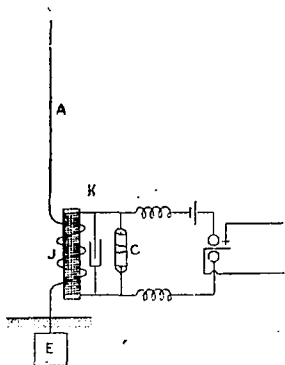


Фиг. 11. Второй тип искрового передатчика Маркони. *SP* — джиггер, или трансформатор колебаний, *A* — антенна, *E* — заземленная пластинка, *Sp* — искровой промежуток, *C* — конденсатор или Лейденская банка, и *I* — индукционная катушка.

медленно действующим и неудобным в обращении, и понадобилось еще множество улучшений в способах обнаружения, а равным образом и генерирования колебаний. Вместо зарядки самого антенного провода заряжалась, при помощи индуктивной катушки, батарея лейденских банок, и эти банки разряжались через искровой промежуток, а также через одну катушку трансформатора, вторичная цепь которого была включена между антенной и заземленной

пластинкой (фиг. 11).

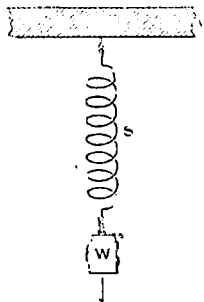
Маркони „настроил“ обе эти цепи, т. е. лейденскую банку и первичную цепь, с одной стороны, антенну и вторичную цепь — с другой, так что они имели один и тот же естественный период электрического колебания, или электрическая вибрация их происходила с одинаковой скоростью, когда банки разряжались через воздушный промежуток. Таким же способом он настроил приемную антенну, пользуясь вторым трансформатором колебаний, одна обмотка которого была включена в приемную антенну и заземление, а к концам второй обмотки был присоединен конденсатор переменной емкости. Две связанные цепи приемника были настроены одинаково в соответствии с настройкой передатчика (фиг. 12).



Фиг. 12. Другая форма синхронической приемной цепи Маркони. *A* — антенный провод, *E* — заземление, *J* — трансформатор колебаний, *K* — конденсатор настройки, *C* — когерер.

Значение и важность настройки. Так как эта электрическая настройка двух цепей является делом величайшей важности в беспроволочной телеграфии и телефонии, то на ней нужно остановиться несколько подробнее. Если мы прикрепим к нижнему концу стальной спиральной пружины

лины груз известной массы или веса и затем прикрепим верхний конец пружины к неподвижной точке, и если мы затем оттянем груз вниз и выпустим его, то окажется, что он будет совершать в минуту определенное число колебаний вверх и вниз, и эта скорость колебаний зависит



Фиг. 13. Груз W , подвешенный к спиральной пружине S , которая может быть приведена в колебание.

исключительно от массы или веса груза и эластичности или упругости пружины (фиг. 13). Возрастание упругости пружины заставляет груз колебаться быстрее, а возрастание его веса заставляет его колебаться медленнее. Мы можем построить другой аналогичный прибор, который будет колебаться вверх и вниз с той же самой скоростью, что и первый, но груз которого будет иметь меньшую массу, а пружина будет

более гибкою. Принято говорить, что обе системы настроены, в таком случае, одинаково. Точно так же, если мы соединяем последовательно лейденскую банку или конденсатор, состоящий из слоя диэлектрика, которым может быть воздух, заключенного между двумя полосами металла, и виток проволоки, обладающий свойством, известным под именем самоиндукции, то мы получаем цепь,

отличающуюся той особенностью, что при введении в нее, а затем удалении электродвижущей силы, электрический заряд продолжает в течение некоторого времени вибрировать в ней с определенной скоростью, называемую естественным периодом колебания цепи. Конденсатор или лейденская банка обладает способностью накопления в диэлектрике энергии в форме электрического напряжения, способностью, сообщаящей банке электрическую емкость. Эта емкость аналогична гибкости или растяжимости пружины, которую мы только что привели для иллюстрации (фиг. 13). Когда электрический ток проходит по витку проволоки, этот последний накапливает энергию в кинетической форме, благодаря свойству, называемому самоиндукцией, которая аналогична массе или весу груза в нашем примере из области механики.

Когда конденсатор бывает заряжен или обладает накопленной в нем электрической энергией и затем разряжается через виток или проволоку со слабым сопротивлением, то разряд принимает форму ряда электрических колебаний и пробегающих взад и вперед по проволоке токов, которые постепенно замирают. Период свободного колебания пропорционален квадратному корню произведения, получающегося от умножения емкости на самоиндукцию.

Синтонические цепи. Две такие цепи, которые имеют одинаковую естественную скорость

вибрации, называются одинаково настроенными или, иначе, синтоническими цепями.

Антенная и заземленная цепь. Возвращаясь теперь к установке для беспроволочной искровой телеграфии, мы можем указать, что приподнятая в воздух изолированная проволока образует, вместе с заземлением, род конденсатора, в котором металлический провод и заземление являются проводящими поверхностями, а воздух — диэлектриком. Поэтому, если мы включим виток проволоки между антенным проводом и заземленной пластиной, то мы получим электрическую цепь, обладающую емкостью и самоиндукцией, и, следовательно, некоторую естественную скорость электрической вибрации.

В соответствии с этим, если вышеупомянутый виток проволоки входит в одну из цепей трансформатора с двойной обмоткой, и если вторичная обмотка этого трансформатора соединена с конденсатором, емкость которого может меняться, то мы можем настроить обе эти цепи на одинаковое число колебаний, изменяя емкость названного конденсатора.

Данное Лоджем объяснение важности синтонии в беспроволочных установках. Особенностью вибрирующей системы, такой, например, как вышеописанная пружина с подвешенным к ней грузом, является то, что она может быть приведена в состояние энергичной вибрации при помощи

очень незначительных импульсов или толчков, лишь бы только они были совершаемы со скоростью, в точности равной естественному периоду колебания системы. Так же дело обстоит с электрической вибрацией цепей. Когда группа прибывающих электрических волн достигает приемной антенны, то они возбуждают в этой последней слабую электродвижущую силу. Если естественный период электрического колебания приемной антенны в точности согласуется с частотой приходящих волн, то в антенне могут быть возбуждены очень сильные электрические колебания, лишь бы только каждая из групп прибывающих волн содержала достаточное количество, скажем — от 20 до 30, волн. Необходимость и основания настройки электрической вибрации цепей в передатчиках и приемниках беспроволочного телеграфа были впервые открыты и отчетливо формулированы в обстоятельной статье сэра Оливера Лоджа, опубликованной им в 1897 году.

Искровая система Маркони. В 1900 году Маркони изобрел синтоническую систему беспроволочной телеграфии с затухающими волнами, обычно называемую искровой системой. Она заключается в следующем.

Излучающий аппарат (Передатчик). Он установил на отправительной станции излучающей волны антенный провод и включил между нижним концом этого провода и заземленной пластиной

один конец катушки, состоящей из 10 или 20 оборотов изолированной проволоки, намотанной на квадратную деревянную раму. К этой катушке была добавлена другая катушка, так называемая катушка настройки, для введения переменной самоиндукции в антенную цепь. На той же самой деревянной раме был намотан один оборот толстой проволоки, соединенной последовательно с конденсатором, состоявшим из некоторого числа лейденских банок, и искрового разрядника из двух шаров.

К шарам разрядника были присоединены зажимы вторичной обмотки индукционной катушки для заряда конденсатора. Когда эта катушка приводилась в действие, банки быстро заряжались и разряжались через искровой промежуток, и если антенная цепь была настроена на то же число колебаний, что и цепь конденсатора, то в антенне возбуждались мощные группы колебаний высокой частоты, и она излучала серии прерывистых слабо затухающих электрических волн, при чем каждая такая серия состояла приблизительно из 20 или 30 волн с постепенно убывающей амплитудой, но постоянной частоты. Длиной волны называется кратчайшее расстояние между гребнями двух последовательных волн; в ранних экспериментах она равнялась приблизительно 300 метрам. Сигналами служили знаки кода Морзе; они посылались при помощи коротких или длинных групп рядов волн.

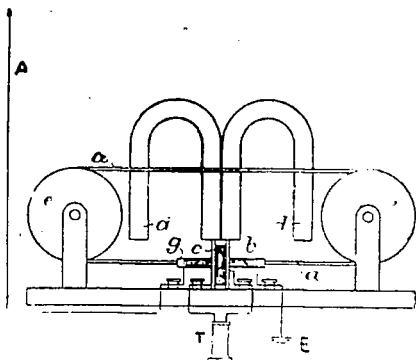
Приемный аппарат. На приемной станции был установлен антенный провод с присоединен-

ной к нему катушкой самоиндукции, при помощи которой его настраивали одинаково с антенной отправительной станции. Приемная антенна была связана через трансформатор колебаний с цепью приемного конденсатора, тоже соответствующим образом настроенной. Присутствие в этой последней цепи электрических колебаний, возбуждаемых проходящими электрическими волнами, обнаруживалось при помощи детектора. Первоначально для этой цели употреблялись металлические стружки или трубочный когерер, и сигналы записывались при помощи прибора Морзе, отбивавшего точки и тире на бумажной ленте, но хлопотливость прилаживания молоточка, релэ и пишущего прибора заставила очень скоро бросить этот способ и заменить его детекторами, дающими слуховой сигнал в телефонную трубку.

Удержавшиеся до настоящего времени типы детекторов. Из всех разнообразных детекторов, которые были испробованы до настоящего времени, удержались три полезные типа их, именно: магнитный детектор Маркони, выпрямляющая электронная лампа Флеминга и ее дальнейшее усовершенствование трехэлектродная лампа, и различные кристаллические детекторы Данвуди, Пирса и Пикара.

Магнитные детекторы. В магнитном детекторе вокруг двух блоков движется с помощью часового механизма бесконечная, туго ватянутая

железная проволока, так что ее часть проходит при этом сквозь стеклянную трубку, на которой намотаны два витка изолированной проволоки (фиг. 14). Один из них включен в цепь телефон-

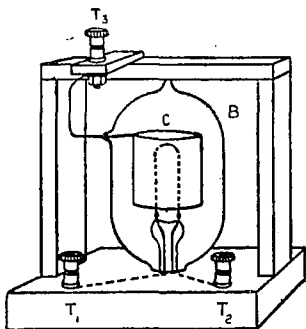


Фиг. 14. Диаграмма магнитного детектора Маркони, *a* — вращающаяся железная проволока, *dd* — постоянные магниты, *T* — телефон, и *b* — катушка, по которой проходят колебания.

ного приемника, а другой соединен с цепью, в которой должны быть обнаружены колебания. Около трубки помещены два постоянных подковообразных магнита, которые должны намагничивать проходящую сквозь трубку часть железной проволоки. Когда в проволоке, обмотанной вокруг трубки, происходят колебания, то результатом их является внезапное увеличение или возрастание намагниченности железной проволоки у того места, где

она окружена обмоткою, каковое обстоятельство возбуждает короткий индуцированный ток в телефонной цепи, и в телефоне слышится звук или щелчек.

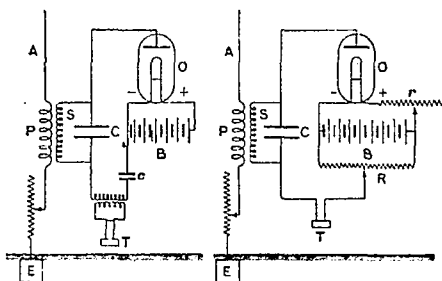
Если ряды колебаний следуют быстро друг за другом, то телефонные щелчки сливаются в звук, который бывает то коротким, то продолжительным, в зависимости от числа возбужденных рядов колебаний. Иными словами, вызываются и слышатся в телефон звуки, равнозначные сигналам Морзе. Надевая на уши соединенные стальной дугой две телефонные трубки, наблюдатель имеет возможность записывать своими незанятыми руками буквы азбуки Морзе, слышимые в телефон в виде резких звуков. Этот основательный, хотя и не очень чувствительный детектор сослужил полезную службу в период 1901 до 1904 или 1905 года.



Фиг. 15. А—лампа Флеминга, В—стеклянный шар, из которого выкачан воздух, С — металлический цилиндр или анод. Накаливающаяся до-бела нить изображена пунктирной линией.

Лампа Флеминга. В 1904 году автором этой книжки был изобретен электронный или термионный вентильный детектор, и это изобретение послужило отправным пунктом для значительных

достижений. Детектор этот состоит из стеклянного баллона, из которого выкачан воздух; наподобие электрической лампы накаливания он заключает внутри угольную или металлическую нить, которая накаливается до-бела при помощи электрического тока, получаемого из небольшой батареек. Эта нить окружена не соприкасающимся с нею металлическим цилиндром, который припаян к платиновой прово-



Фиг. 16. Две схемы с применением лампы Флеминга, в качестве выпрямляющего детектора в беспроволочной телеграфии, *O*—лампа, *B*—батарея нити, *T*—телефон, *A*—антенна, и *C*—конденсатор настройки.

локе, пропущенной сквозь стенку стеклянного шара (фиг. 15). Снаружи цилиндр присоединен к телефонному приемнику высокого сопротивления, и эта цепь может с пользой включать в себя несколько элементов батареек, отрицательный зажим которой соединен с зажимом нити. Когда нить накалена добела, электроны отлетают от нее и

устремляются к цилиндру, если этот последний наэлектризован положительно батареею, в которую он включен. Если теперь эта внешняя цепь включает в себя одну обмотку трансформатора колебаний, в которой возбуждаются ряды затухающих электрических колебаний, то ток, вызываемый в телефоне каждым рядом электрических колебаний, будет проходить только в одном направлении, потому что внутри стеклянного шара отрицательные электроны могут двигаться только от пята к цилиндру. Вследствие этого, при прохождении каждого ряда волн, телефон будет издавать щелчек или короткий звук, а при прохождении известного количества таких рядов—более или менее непрерывный звук, при чем высота этого звука будет определяться частотой рядов или числом рядов в секунду, независимо от частоты волны в ряде. Автор назвал это изобретение вентилем (клапаном), потому что он выпрямляет или пропускает только в одном направлении переменный электрический ток. Вскоре он получил широкое применение в качестве детектора в искровой системе беспроволочной телеграфии (фиг. 16).

Кристаллические детекторы: карборундовый, молибденитовый, цинкитовый, халкопиритовый и из свинцового блеска. В 1906 году Данвуд открыл, что кристалл карборунда, представляющий собою углеродистый кремний, изготовляемый в электрических печах, обладает способностью лучше проводить электрические колебания

в одном направлении, чем в другом; другими словами — он может выпрямлять электрические колебания и действовать совершенно так же, как электронная лампа Флеминга, в смысле превращения их в движение, совершающееся только в одном направлении. Позже Пирс открыл то же самое свойство в молибдените, а Пикар — в соединении кристаллов цинкита (окиси цинка) и халкопирита (сернистой меди и железа). В настоящее время чаще всего употребляется кристалл свинцовый блеск (сернистый свинец), на который нажимает тонкая медная или золотая проволока, называемая кошачьим усом. Через этот контакт отрицательные электроны проходят в одном направлении легче, чем в противоположном.

Применение беспроволочной телеграфии во флоте. Вышеописанный аппарат, взятый в целом и действующий, как было описано, скоро оказался чрезвычайно полезным для сношений кораблей между собою и сношений кораблей с берегом. Общество, носящее название Marconi Wireless Telegraph Company Ltd, выработало принятую теперь во всех странах систему для таких беспроволочных сообщений, и в течение последних двадцати лет были спасены жизни тысяч людей во время корабельных аварий, — людей, которые погибли бы, если бы им не была оказана помощь, вызванная беспроволочным телеграфом. Для этой цели достаточен самый простой и компактный аппарат. Антенные провода протягиваются на кораблях между мач-

тами, к которым они прикрепляются при помощи эбонитовых изоляторов; эти провода соединяются с кабиной беспроволочного телеграфа, помещающейся недалеко от капитанского мостика, так что капитан корабля находится в постоянном общении с берегом и другими кораблями.

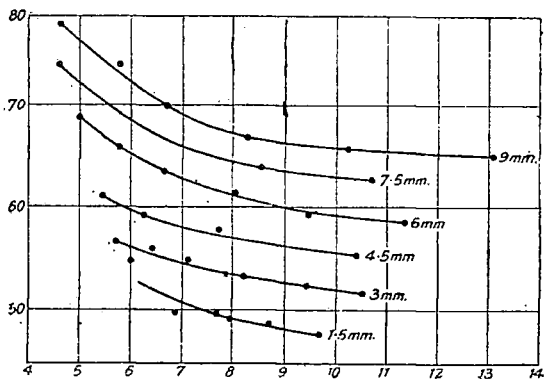
ГЛАВА II

Радиотелеграфные и радиотелефонные передатчики незатухающих колебаний.

Хотя только что описанный искровой аппарат для радиотелеграфирования при помощи затухающих волн очень удобен для сообщения кораблей между собою и употребляется еще и до сих пор, однако скоро выяснилось, что для радиотелеграфии и особенно для все шире развивающейся радиотелефонии огромную пользу принесет изобретение передатчиков, генерирующих незатухающие или неослабевающие колебания.

Вольтова дуга, как генератор. Одним из первых шагов на этом пути было применение особого рода вольтовой дуги. В 1892 году Элайю Томсон разработал способ получения незатухающих электрических колебаний из постоянного электрического тока посредством вольтовой дуги между металлическими шарами.

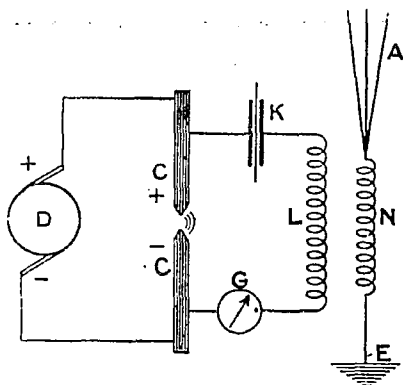
Поющая дуга Дудделя. В 1900 году Дуддель показал, что в тех случаях, когда в вольтовой дуге, получающейся от прохождения между твердыми цилиндрическими углями постоянного тока, часть тока отводится в цепь, состоящую из



Фиг. 17а. Характеристики напряжения вольтовой дуги, показывающие как изменяется разность потенциалов (в вольтах) на концах углей для дуг различной длины.

конденсатора большой емкости, от 1 до 5 μF , микрофард, соединенного последовательно с катушкой, то дуга издает музыкальный тон, и в то же самое время в цепи конденсатора возбуждаются электрические колебания, обусловленные тем обстоятельством, что всякое усиление электрического тока, проходящего сквозь дугу, сопровождается уменьшением разности потенциалов угольных электродов (фиг. 17). По соображениям, изложе-

ние которых заняло бы слишком много места, так называемая музыкальная дуга Дудделя оказалась неспособной создавать непрерывные электрические

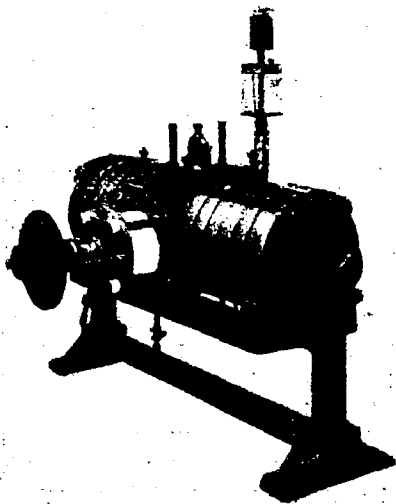


Фиг. 17в. Схема музыкальной или поющей дуги Дудделя, CC —угли дуговой лампы, K —конденсатор, L —индукционная катушка, G —инструмент, измеряющий силу тока.

колебания достаточно высокой частоты и не могла, поэтому, получить применения в беспроводной телефонии и телеграфии.

Дуга Паульсена. В 1903 году Паульсен опубликовал интересное открытие, заключающееся в том, что при окружении вольтовой дуги атмосферой водорода или углеводорода и помещении ее в сильное поперечное магнитное поле оказы-

вается возможным получить от нее незатухающие колебания с частотою свыше миллиона раз в секунду, если часть тока, проходящего сквозь дугу,



Фиг. 18. Дуговой аппарат Паульсена-Эльвелля.

отводится в конденсатор и катушку самоиндукции надлежащей величины. Дуга Паульсена скоро вошла в практику в качестве генератора незатухающих (непрерывных) волн, беспроволочной телеграфии. Дуга создавалась между охлажденным водою положительным медным электродом и вра-

щающимся твердым углем — отрицательным электродом, заключенными в коробку, наполненную парами метилового спирта. Внутри этой коробки выходили концы мощного электромагнита, который создавал магнитное поле с силовыми линиями, идущими перпендикулярно направлению вольтовой дуги. Размеры этого аппарата были самые разнообразные, и фиг. 18 показывает одну из его моделей, изготовленную фирмой Elwell & Co, Ltd.

Прием незатухающих (непрерывных) волн. Применение в беспроводной телеграфии незатухающих волн, излучаемых антенными проводами, делает необходимым изменение устройства приемных аппаратов. Типы детектора, применявшиеся в искровой или прерывистой телеграфии, оказываются непригодными. Сначала применялось изобретение, названное тиккер, предназначенное для разбивания на части принимаемого ряда незатухающих (непрерывных) волн, каждая из которых производит в телефоне тиканье; но затем был введен усовершенствованный способ, называемый гетеродинным приемом. Мы опишем его в следующей главе.

Недостатки дуги Паульсена. Способ генерирования непрерывных электрических колебаний при помощи дуги Паульсена получил очень широкое распространение, но у него есть некоторые недостатки. Во первых, различные моменты колебания тока в течение одного периода не могут

быть представлены в виде правильной кривой (так называемой синусоидальной кривой), изображенной в нижней части фиг. 5: колебание это гораздо более беспорядочно и осложняется добавочными колебаниями высокой частоты (так называемыми гармоническими колебаниями), нарушающими правильность основного колебания. Во вторых, дуга не может быть приведена сразу в колебательное состояние; поэтому мы не можем сигнализировать, прерывая ток дуги; сигнализация производится при помощи укорочения или выключения нескольких оборотов антенной катушки настройки, вследствие чего антенна дает другое число колебаний по сравнению с числом колебаний конденсаторной цепи дуги. Это значит, что дуга работает полной мощностью, как в то время, когда сигнал посылается, так и в то время, когда он не посылается. Третьим недостатком является незначительность использования всей затраченной энергии, т. е. она лишь в незначительной своей части превращается в энергию тока высокой частоты. Процент полезного действия едва равняется 50, и меньше того, какой может быть получен при помощи других способов. Лица, желающие ознакомиться подробнее с действием дуги Паульсена, найдут материал в статьях Педерсена и Фуллера в журнале „Proceeding of the Institute of Radio Engineers“ (Соед. Шт.) т. I, стр. 255 (август 1917), т. III, стр. 449 (октябрь 1919) и в книге Миттеля „Continuous Wave Wireless Telegraphy“.

Альтернаторы высокой частоты. Мы должны теперь рассмотреть второй способ генерирования незатухающих колебаний, именно при помощи альтернатора высокой частоты. Альтернатор представляет собою динамо-машину, производящую электрический ток, направление которого часто меняется. Одна часть этой машины, называемая ротором или якорем, вращается в магнитном поле, так что электродвижущая сила в катушках обмотки производится движением их в этом поле. В альтернаторах, генерирующих токи для электрического освещения и передачи энергии, требуется частота только от 25 или 50 колебаний в секунду, которая может быть легко достигнута при самой умеренной скорости вращения ротора и очень простой конструкции машины. Для беспроволочной телеграфии нам нужны, однако, переменные токи с частотой от 20.000 до 100.000, и получение их является более трудной задачей.

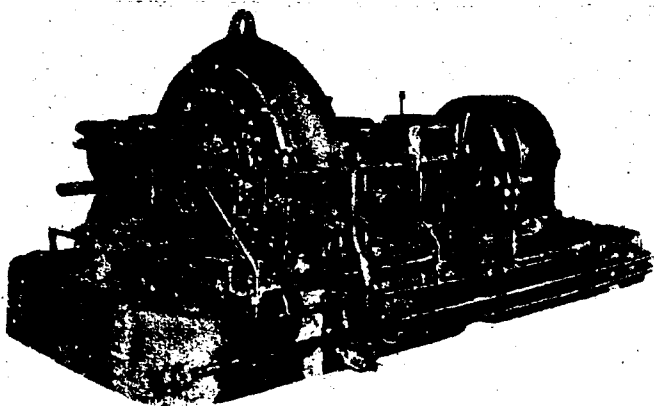
Хотя попытки сконструировать альтернаторы высокой частоты делались Тесла, Дудделем, Фесенденем и другими, однако действительно пригодными для радио оказались только три типа: Гольдшмидта, Александерсона и Латура и Бетено.

Альтернатор Гольдшмидта. Альтернатор Гольдшмидта состоит из неподвижной части, называемой статором, и вращающейся части, называемой ротором: обе эти части особым способом обмотаны проволокой. Когда ротор вращается, то взаимодействие между обмотками ротора и ста-

тора производит токи возрастающей частоты, так что, при возбуждении в обмотке статора переменного тока частотою, скажем, в 10.000, мы можем довести эту частоту до 40.000 и больше. Здесь нет необходимости давать подробное описание этих машин, потому что их было сделано немного (машинны эти германского происхождения). Теорию их можно найти в „The Principles of Electric Wave Telegraphy“ Флеминга, 4 изд. стр. 10.

Альтернатор Александерсона. Более интересен альтернатор Александерсона; было сконструировано известное число таких альтернаторов, мощностью до 200 киловатт. Эта машина принадлежит к типу так называемых альтернаторов индукторного типа, в которых единственную вращающуюся частью является стальной диск с зубьями, вырезанными по его краю. Арматура и обмотка поля находятся на неподвижном кольце из листового железа, и зубья вращающегося диска служат для периодического увеличения и уменьшения магнитного тока, проходящего сквозь обмотку арматуры, и таким образом генерируют требуемые переменные токи высокой частоты (фиг. 19). Для сохранения постоянной скорости вращения этого диска (допустимы отклонения лишь на 0,1%) необходим целый ряд сложных приспособлений. Напряжение тока, генерируемого альтернатором, повышается посредством трансформатора, вторичная обмотка которого включена между антенной и заземлением или противовесом. Этот трансформатор

имеет еще третью обмотку, и при помощи замыкания этой последней цепи на катушку переменной самоиндукции энергия может быть направлена в антенну или отведена в катушку. Таким способом



Фиг. 19. Альтернатор высокой частоты Александерсона мощн. 200 к.

даются сигналы. Существует специальный уравнивающий механизм, при помощи которого удерживается должная скорость машины и в тех случаях, когда часть ее энергии отвлекается на подачу сигнала. Для получения дополнительных сведений об устройстве альтернатора читатель должен обратиться к „Proceedings of The Institute of Radio Engineers“ (Соед. Шт.) т. IV стр. 101 (апрель 1916) и к „The Wireless World“ т. VIII, стр. 702 (январь 1921).

Альтернаторы Александерсона установлены на большой радиостанции в Лонг Айленд (около Нью - Йорка), сооруженной Радио - Корпорацией (Соед. Штаты); два таких альтернатора есть также на радиостанции Компании Маркопп в Карнарвоне, Северный Уэльс.

Альтернатор Латура и Бетено. Другой тип альтернатора высокой частоты, так называемый однополярный индуктор, был сконструирован Латуром и Бетено. Статор этого альтернатора имеет некоторое сходство со статором машины Александерсона. Круговая намагничивающая катушка изолированной проволоки захвачена круговым железным кольцом, разделенным на несколько седловидных частей, по краям которого укреплены зубцы из тонкого листового железа.

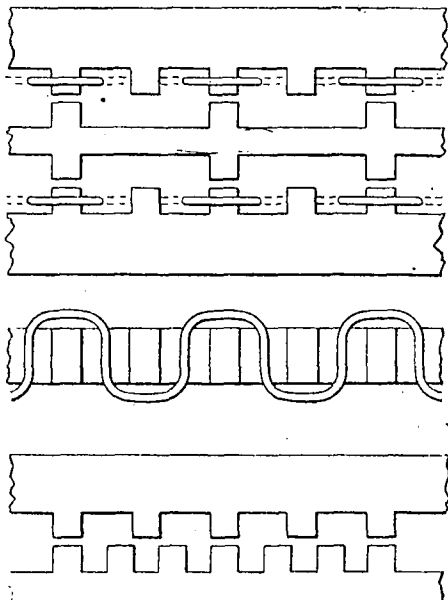
Таким образом все зубцы на одной стороне составляют северный полюс, а все зубцы на другой — южный. Обмотка проведена зигзагообразно около зубцов. В центре этого статора вращается барабан ротора, построенный из листового железа. Периферия барабана пзоборождена выемками, параллельными оси вращения, и когда барабан вращается, то эти борозды так направляют линии магнитных сил, исходящих от зубцов статора, что они захватывают сначала одну, а затем другую сторону арматурной проволоки, возбуждая в ней таким образом электродвижущую силу. В обыкновенном индукторном альтернаторе зубцов на статоре вдвое больше, чем борозд или зубцов

на роторе. Если на роторе находится m борозд, и ротор совершает N оборотов в минуту, то частота будет $\frac{mN}{60}$. В альтернаторе Латура борозд больше, чем зубьев на статоре. На каждой стороне ротора находится $(2n+1)m$ борозд, а на каждой стороне статора $2m$ зубьев; благодаря этому получается частота $(2n+1)\frac{mN}{60}$. Большею частью $n=1$, так что три борозды ротора приходятся на каждые два зуба статора. Мы, следовательно, можем увеличить частоту в три раза, не уменьшая расстояния между зубьями статора и не увеличивая скорости ротора (фиг. 20).

Другую особенностью этого французского альтернатора является то, что он заключен в непроницаемый для воздуха футляр, из которого выкачан воздух, так что избегнута потеря энергии от воздушного трения. Машина нуждается в особом чувствительном регуляторе для контроля скорости, которая может отклоняться от нормальной не больше, чем на одну тысячную.

Ротором в этих машинах служит широкий барабан, состоящий из дисков листовой кремнистой стали. В машине мощностью в 220 киловатт он совершает 3.000 оборотов в минуту и приводится в движение мотором постоянного тока, мощностью в 375 киловатт. Обмотка статора состоит из четырех секций, и сигналы даются при помощи замыкания накоротко одной обмотки. Альтернаторы этого типа мощностью в 25 кв. установлены

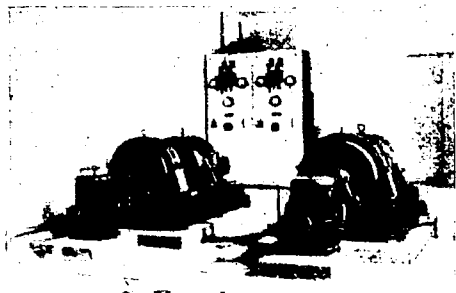
на радиостанции в Лионе (Франция), и некоторое число их мощностью в 220 кв. находится на боль-



Фиг. 20. Диаграмма, иллюстрирующая метод увеличения частоты в альтернаторе высокой частоты Латура-Бетено путем применения неодинакового числа зубьев или борозд на роторе и статоре.

шой радиостанции в Сент-Ассизе, около Парижа (фиг. 21). Частота этих машин от 15.000 до 20.000. Коэффициент полезного действия этих больших аль-

тернаторов новейшего типа колеблется от 76 до 82 процентов; это значит, что они обращают в энергию высокой частоты от 76 до 82 процентов механической энергии, затраченной на вращение ротора и на возбуждение магнитного поля.



Фиг. 21. Альтернаторы высокой частоты Латура-Бетено на радиостанции в Лионе (Франция).

Хотя изготавливаемые в настоящее время альтернаторы высокой частоты весьма экономно генерируют переменные токи высокой частоты, все же это машины довольно дорогие. Вероятно, сооружение генераторов этого типа прекратится, благодаря недавно достигнутым большим успехам в построении третьего типа генераторов тока высокой частоты, именно в построении трехэлектродной лампы, к описанию которой мы сейчас приступаем.

Электронная лампа, как генератор колебаний высокой частоты. Уже было упомянуто, что

при помещении накаливаемой угольной нити или, лучше, вольфрамовой проволоки в пространстве с очень разреженным воздухом от них отделяется обильное количество отрицательного электричества, т. е. так называемых электронов. Это выделение называется термionicным выделением. Когда мы пользуемся вольфрамом, который может быть накален, не расплавляясь до 2500° Цельсия или даже больше, то такое выделение электронов может достигать одного ампера на квадратный сантиметр поверхности вольфрама. Выделение будет совершаться непрерывно только в том случае, если накаленная проволока окружена металлическим цилиндром, которому сообщается высокий положительный потенциал по сравнению с нитью.

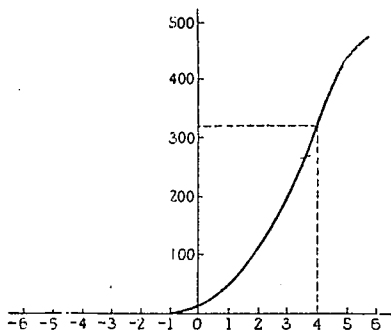
Стеклянный или кварцевый баллон, воздух из которого по возможности выкачан, с заключенною в нем вольфрамовой или иной нитью, окруженною металлическим цилиндром, обыкновенно никелевым, называется двухэлектродною катодною лампою, потому что он обладает свойством пропускать отрицательное электричество через пустое пространство между нитью и цилиндром только в одном направлении. Он называется также выпрямительной лампой, потому что при включении пространства между нитью и цилиндром в цепь, по которой проходит переменная э. д. с. он позволяет току течь только в одном направлении, именно—отрицательному току от нити к цилиндру через пустое пространство.

Трехэлектродная лампа. Если между нитью и окружающим ее металлическим цилиндром в шар вводится металлическая сетка или спираль металлической проволоки, как это впервые было сделано д-ром Лн де Форест в 1907 г., то мы получаем прибор, называемый трехэлектродной лампой: он имеет три составные части: нить, сетку и анод.

„Жесткие“ лампы и „мягкие“ лампы. Если воздух в баллоне разрежен очень сильно, так что не происходит никакой ионизации оставшегося в ней воздуха, но весь ток переносится с нити на анод или цилиндр при помощи электронов, выделяемых раскаленной нитью, то лампа называется жесткою лампой. Если же в баллоне остается некоторое количество газа, то она называется мягкой лампой.

Ток и потенциал анода. Мы соединяем батарею от 20 до 50 элементов, называемую батареею анода, таким образом, чтобы ее положительный полюс был соединен с наружным зажимом анода или цилиндра, а отрицательный — с зажимом нити. Мы употребляем также другую аккумуляторную батарею из нескольких элементов, называемую батареею нити, для накаления нити до бела. Если мы измерим электрический ток в цепи анода, то обнаружим ток в несколько миллиамперов, текущий в этой цепи и называемый током анода. Разность потенциалов в вольтах между анодом и нитью называется напряжением анода.

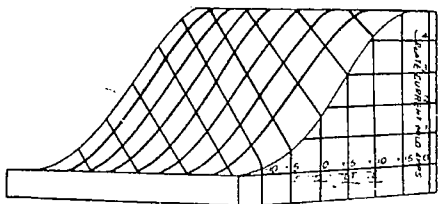
Потенциал сетки. Если мы будем пользоваться еще третьей батареей, зажим которой соединен с нитью, а другой с металлической сеткой или спиральной проволокой, то мы можем сообщить сетке известный потенциал, который может быть или отрицательным или положительным.



Фиг. 22. Характеристика катодной лампы. Кривая, определяемая значениями разности потенциалов между сеткой и нитью и соответствующими им значениями тока анода трехэлектродной лампы.

Отношение между потенциалами анода и сетки и током анода. Пусть I_p обозначает ток анода в амперах, V_p — потенциал анода и V_g — потенциал сетки. Тогда оказывается, что ток анода зависит не только от напряжения анода, но и от напряжения сетки. Если сетка сильно наэлектризована отрицательно, по отношению к нити, то ток

анода будет сведен к очень маленькой величине, которая может приблизиться к нулю. Это объясняется тем, что при отрицательной наэлектризованности сетки, отрицательные электроны выделяющиеся из нити, отталкиваются теми, что находятся на сетке, и не могут проникнуть сквозь отверстия сетки и достигнуть анода. С другой стороны, если сетка наэлектризована положительно,



Фиг. 23. Модель, изображающая характерную поверхность трехэлектродной лампы и кривые, характеризуемые профилем их сечений.

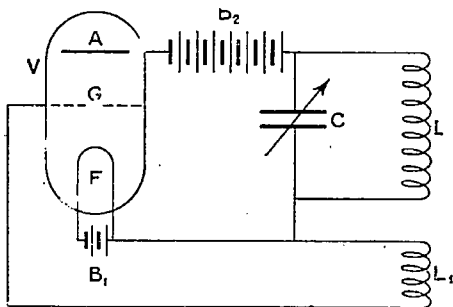
то ток анода возрастает, потому что электроны получают добавочный толчок, переносающий их по направлению к аноду. Если мы измерим ток анода в соответствии с различными величинами напряжения сетки и при постоянном напряжении анода, то можем изобразить результаты своих наблюдений в виде особой характерной кривой (фиг. 22).

Характеристики трехэлектродной лампы. Если мы произведем такие же измерения для различного напряжения анода, то получим ряд характер-

ных кривых, которые могут быть представлены, как профиль параллельных сечений характерной поверхности (фиг. 23).

В жесткой лампе центральная часть характеристики тока анода, снятой при различных напряжениях сетки, является почти прямою линией, а оба изогнутые концы ее—почти полу-параболами.

Взаимодействие между цепями анода и сетки. Если мы включим во внешнюю цепь анода



Фиг. 24. Трехэлектродная катодная лампа, содержащая в своей цепи анода катушку L , а в цепи сетки катушку L_1 , которые индуктивно связаны и вследствие этого генерируют незатухающие колебания.

и сетки катушки самоиндукции низкого сопротивления, настроенные при помощи конденсаторов соответствующей емкости, и если мы сблизим эти катушки так, чтобы они с надлежащею силой индуктировали друг друга, то ясно, что всякое изме-

пенне тока анода, скажем—его возрастания, сообщит сетке напряжение (в данном случае отрицательное), которое будет обращать в противоположную сторону направление переменной части тока анода. Вследствие этого возрастание или убывание тока анода вызовет как раз такие изменения напряжения сетки, которые необходимы для поддержания этих переменных возражений и убываний тока анода. Таким образом трехэлектродная лампа сама поддерживает генерирование электрических колебаний при помощи энергии, почерпнутой от батареи анода. Связав индуктивно с катушкой анода и сетки третью цепь, мы можем получить в ней электрические токи высокой частоты, частота которых зависит от емкости и самоиндукции соответствующих цепей (фиг. 24).

Необходимые условия для колебаний. Чтобы обеспечить эти сами себя поддерживающие колебания, индуктивная связь цепей анода и сетки должна быть осуществлена в некотором правильном направлении, и коэффициент самоиндукции должен иметь численное значение большее, известного предела, ниже которого колебания не генерируются. Знакомство с полной теорией электронной лампы читатель может получить из книги Флеминга „The Thermionic Valve“ J. A. Fleming.

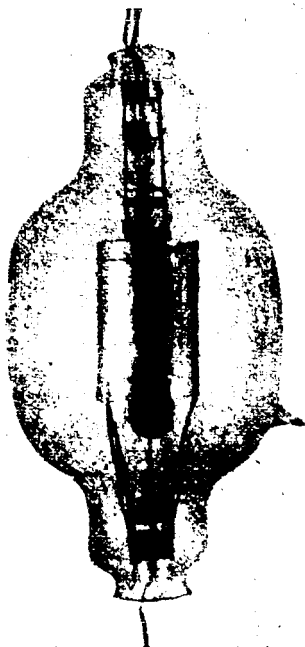
Характер колебаний, генерируемых электронными лампами. Примененная таким образом трехэлектродная лампа является весьма важным

генератором колебаний. Возбужденные ею непрерывные или незатухающие колебания носят почти чистую форму синусоидальной волнообразной линии, т. е. являются чистой простой вибрацией без примеси гармонических колебаний. Амплитуда колебаний остается неизменной с самого момента их возникновения, если только напряжение анода сохраняется постоянным. Достижимо совершенное управление их частотой.

Для генерирования колебаний высокой мощности напряжение анода должно достигать 10.000 — 20.000 вольт, но более слабые колебания могут быть получены при помощи катодных ламп, напряжение анода которых не превосходит 100 вольт. Полезное действие трансформации может равняться 75% или около того; это означает, что 75% энергии, затраченной на накаливание нити и напряжение тока пластинки превращается в энергию колебаний высокой частоты.

Ламповые генераторы высокой мощности. Электронная лампа, генерирующая колебания высокой мощности, должна быть обязательно больших размеров, потому что существует известный предел для плотности электронного потока от нити к аноду — около одного ампера на квадратный сантиметр при употреблении нити из вытянутой вольфрамовой проволоки. Цилиндр или анод должны иметь определенную поверхность — в противном случае он раскалывается под действием бомбардировки электронов. Это приводит к необходимости

более сложного устройства механизма, поддерживающего металлические части. Большие генерирую-



Фиг. 25. Мощная трехэлектродная генераторная лампа.

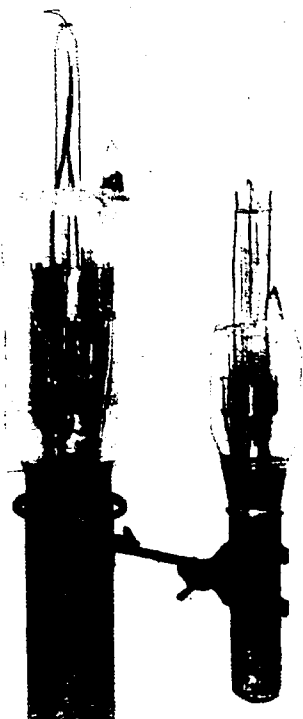
щие катодные лампы, мощностью в 1—5 kw делаются из теплоупорного стекла, имеют яйцевид-

пую форму и достигают длины 8—12 дюймов. С обеих сторон они заканчиваются в виде трубок; через одну из этих трубок проходят провода нитей; другая поддерживает большой металлический цилиндр (из никеля, молибдена или другого тугоплавкого металла). Нити делаются из вытянутой вольфрамовой проволоки, которая иногда пропитывается торием, сетки—из тоненькой никелевой проволоки (фиг. 25). В конструкции катодной лампы большой мощности очень важно достигнуть возможно большего разрежения воздуха—оно не должно превышать одной 100 миллионной части атмосферы—ибо в противном случае будет происходить ионизация газа, и нить окажется не долговечной. Равным образом анодный цилиндр быстро накаливается докрасна и этот жар должен быть рассеян при помощи излучения через стекло.

Кварцевые электронные лампы. Это последнее обстоятельство привело к необходимости заключать катодные лампы в кварцевые баллоны в тех случаях, когда они рассчитаны на получение большой мощности; эти лампы не так легко лопаются от жара, тогда как стеклянные электронные лампы могут выдержать мощность лишь в 5—7 kw.

Наполовину стеклянные, наполовину металлические лампы. Очень удачной оказалась недавно введенная в употребление конструкция катодной лампы, оболочка которой состоит частью из металла—меди или никеля,—частью из стекла.

При этом металлическая часть оболочки образует анодный цилиндр и может быть охлаждаема струею



Фиг. 26. Большая металлически-стеклянная катодная лампа высокой мощности. Металлическая часть образует анод катодной лампы.

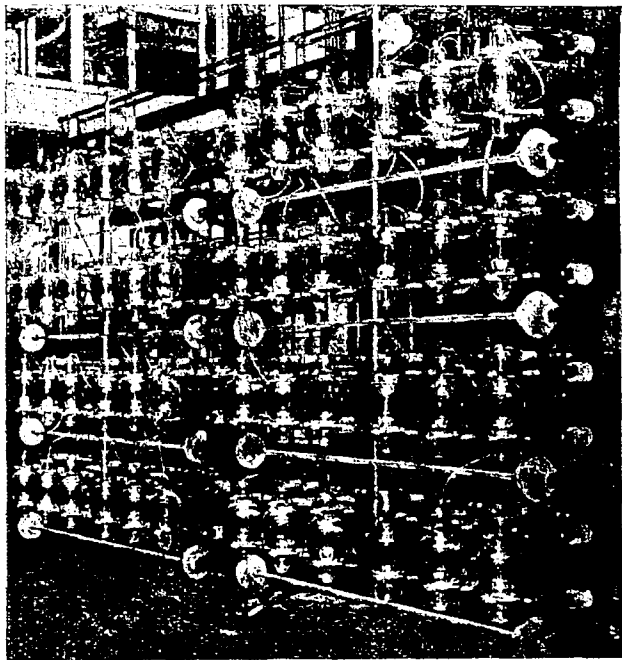
воды или током воздуха. Это изобретение оказалось возможным после того, как удалось найти способ припаять медную трубку к стеклянной; для этого необходимо, чтобы край медной трубки был тонко заострен и не подвергался никакому окислению во время припайвания. Были изготовлены лампы этого типа, мощностью до 10 кв, проектируются также лампы мощностью до 150 киловат (фиг. 26).

Лампа Флеминга высокой мощности. Интересным вариантом является конструирование мощной генерирующей трехэлектродной лампы, или лампы Флеминга. Если нить этой лампы накаляется добела при помощи переменного тока высокой частоты, то магнитное поле, окружающее нить, становится тоже переменным и периодически то возрастает до максимума, то падает до нуля. Когда поле достаточно сильно, оно оказывает отклоняющее действие на отрывающиеся от нити электроны и возвращает их к ней обратно, т. е., другими словами, прерывает термionicный ток. Когда напряжение поля равно нулю, этот термionicный ток достигает своей полной силы. Таким образом поток электронов является периодическим и легко можно увидеть, что его частота в два раза превышает частоту накаливающего нить тока. Благодаря этому свойству катодная лампа может быть применена для увеличения частоты колебаний. Говорят, что Всеобщая Электрическая Компания в Америке сконструировала лампу этого типа мощностью в 1000 киловат.

Возможно, таким образом, что в скором времени войдут в употребление катодные лампы очень высокой мощности, но пока что наиболее распространенным методом является параллельное соединение большого числа небольших ламп мощностью в 5—7 kw. Так этот тип генератора применяется на устроенных в различных городах широкоэмиттерных радиотелефонных станциях.

Карнарвонская станция. Компания Беспроволочного Телеграфа Марконн имеет на своей Карнарвонской станции в Северном Уэльсе большую панель, содержащую 56 катодных ламп, по 5—7 kw каждая. Нити потребляют по 10 амперов, напряжением—20 вольт и питаются динамо постоянного тока. На анодах или цилиндрах поддерживается высокий потенциал от 18.000 до 20.000 вольт при помощи других динамо постоянного тока, последовательно соединенных между собою. Анодный ток каждой лампы равен 0,2 ампера при применении 9 ламп, соединенных параллельно; весь анодный ток равен 3,5 ампера при 18.000 вольт. Таким образом вся питающая энергия равна 62 kw, включая энергию, накаливающую лампы. Лампы дают в колебательной цепи 47,3 kw и возбуждают в антенне ток в 260 ампер. Таким образом коэффициент полезного действия равен 75%. Большая панель катодных ламп в Карнарвоне дает 360 ампер и 160 kw в антенне (фиг. 27).

Таким образом при помощи этих панелей катодных ламп можно без труда получить очень



Фиг. 27. Большая панель катодных ламп на радиостанции Карнарвон в Северном Уэльсе.

высокую мощность, т. е. очень значительную амплитуду частого синусоидального тока. Легкость, с какою этот ток может быть изменяем при сигнализации, и совершенная бесшумность работы такой ламповой установки являются ее большими преимуществами.

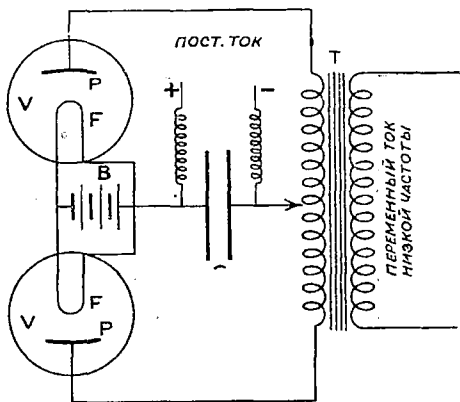
Устарелость искровых систем. Большие генераторы искровой системы в настоящее время применяются редко или даже не употребляются вовсе; поэтому нет необходимости занимать место описанием таких устаревших генераторов, как например генераторы системы Маркони с наложением колебаний, хотя в свое время они сослужили хорошую службу, пока термionicная лампа не достигла своего современного совершенного состояния.

Батареи для напряжения анода. Для сообщения высокого напряжения анодам или цилиндрам термionicных ламп обыкновенно применяются батареи из элементов или аккумуляторы, когда напряжение не превышает 400.

Генераторы анодного напряжения. Для более мощных ламп употребляются соединенные последовательно динамы, которые дают таким образом напряжение до 20.000 в.

Ламповый выпрямитель Флеминга. Для средних установок наиболее удобно выпрямлять ток высокого напряжения и низкой частоты посредством катодных (термionicных) ламп Флеминга. Ток низкой частоты может быть доставляем альтернатором или вращающимся конвертером, дающим ток, скажем, в 150 вольт, с частотою колебаний, равную 50. Напряжение его может быть повышено статическим трансформатором; и он может быть выпрямлен двумя жесткими лампами Флеминга,

которые соединены так, как показано на ф и г. 28. Проводники от конденсатора присоединяются к нити и анодам генерирующих трехэлектродных ламп через дроссельную катушку и несколько конденсато-



Фиг. 28. Способ соединения двух ламп Флеминга для выпрямления переменной электродвижущей силы, доставляемой трансформатором T . V_1 , V —две катодные лампы, а C —конденсатор, одна пластинка, которая заряжается положительным, а другая—отрицательным электричеством.

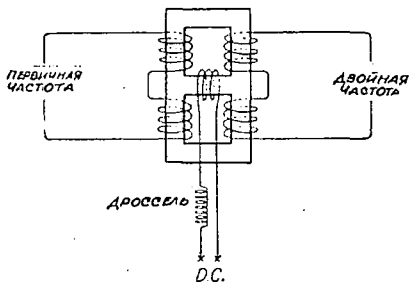
ров, называемых гасящими конденсаторами. Назначение этого последнего приспособления является заглушение пульсирующих напряжений и превращения их в устойчивый высокий вольтаяк. Таким образом мы обращаем переменную электродвижущую силу низкой частоты в устойчивую электродвижущую силу постоянного тока высокого напряжения.

Управление током антенны. Мы должны, далее, уметь изменять поток непрерывных колебаний, создаваемых этим способом в какойнибудь цепи, скажем, в антенных проводах. В беспроводной телеграфии мы должны уметь разделять этот поток на короткие и длинные периоды так, чтобы получить точки и тире азбуки Морзе.

Существуют различные способы, при помощи которых это может быть достигнуто: пользуясь ламповыми генераторами, мы можем сообщать сеткам ламп большой отрицательный потенциал, который моментально останавливает ток анода, или, в некоторых случаях, мы можем прервать ток анода, или, когда напряжение анода создается выпрямленной электродвижущей силой низкой частоты, мы можем включить ключ в обмотку низкого напряжения трансформатора низкой частоты. Наконец мы можем, как и в случае дугового передатчика, укоротить часть антенной цепи и таким образом настроить ее иначе, чем настроена цепь конденсатора. Изменение колебаний в беспроводной телефонии будет описано отдельно в следующей главе.

Трансформаторы, повышающие частоту. Следует также вкратце упомянуть и о другом методе генерирования колебаний высокой частоты, именно — при помощи трансформаторов, повышающих частоту; они увеличивают или умножают сравнительно небольшую частоту. Для этой цели может быть использован альтернатор, дающий частоту 6.000; его легко построить для больших

мощностей. Посредством неподвижных удвоителей частоты, соединенных последовательно, эта частота может быть увеличена до 12.000 или 24.000, т.-е. до частоты, вполне достаточной для целей радиотелеграфирования на большие расстояния. Принцип этих неподвижных удвоителей частоты следующий.



Фиг. 29. Трансформатор, удваивающий колебания. Двойной прямоугольник представляет железный сердечник, средняя перемычка которого намагничивается постоянным током. П. Т. (Переменный ток. Пер. Т.) доставляется одной обмоткой, а от другой мы можем получить переменный ток удвоенной частоты.

Пусть будут даны две замкнутых железных цепи, построенных из тонкой листовой стали, и пусть они будут намагничены постоянным током до возможно максимального предела. Пропустите теперь ток низкой частоты через последовательно соединенные обмотки каждого сердечника (фиг. 29). В результате получится небольшое возрастание магнитного напряжения в одном сердечнике и очень значительное ослабление его в другом в продол-

жение каждого полупериода. Если на сердечнике есть вторичная обмотка, все части которой последовательно соединены одна с другою и так намотаны, что упомянутые изменения магнитного напряжения противоположны друг другу, то в этой вторичной цепи будет возбуждена электродвижущая сила двойной частоты по сравнению с переменным током первичной цепи. Трансформаторы, повышающие частоту только что описанного типа, применяются на большой германской радиостанции в Науэне около Берлина.

Альтернаторы высокой частоты и дуга Паульсена. Хотя альтернаторы высокой частоты установлены на многих больших радиостанциях, например машины Александерсона на Лонг-Айлендской станции в Америке и альтернаторы Латура-Бетено на Сент-Ассизской станции около Парижа, и хотя дуга Паульсена получила очень широкое распространение в радиосообщениях на большие расстояния, однако, по единодушному мнению всех радиопромышленников, будущее мощных радиосообщений на большие расстояния принадлежит термionicной (катодной) лампе, особенно после того, как, по видимому, стало возможным изготовление очень мощных ламп этого рода с оболочками или внешними анодами из металла, охлаждаемого водою. Особенно в радиотелефонии катодная лампа играет исключительно важную роль и без нее было бы невозможно много таких вещей, как сообщение между аэропланами и землею.

ГЛАВА III

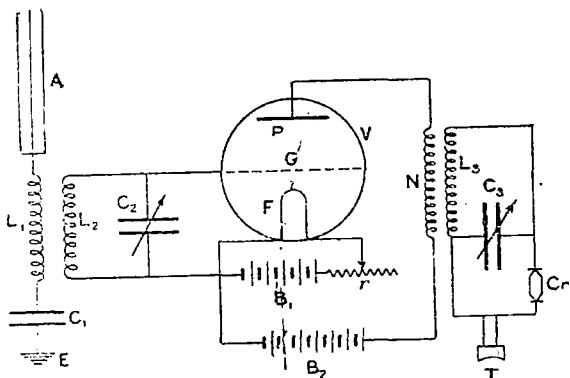
Аппараты для приема радиотелеграфных сигналов и радиотелефонной речи и музыки.

Мы уже дали краткое объяснение того, как электромагнитные волны, пересекая антенные провода, возбуждают в них электрические колебания, составляют прерывающиеся группы; они могут быть обнаружены при помощи выпрямления каждой такой группы затухающих колебаний либо кристаллическим выпрямителем, либо двухэлектродною термионическою лампою Флеминга, и превращения в короткий электрический ток одного направления. При прохождении через телефонный приемник каждый такой ток вызывает в нем короткий звук, и если число колебаний достигает сотни или больше в секунду, то щелчки сливаются в непрерывный тон, который может быть принят при помощи сигналов азбуки Морзе, производимых ключем на отправительной станции.

Прием сигналов в искровой телеграфии. Было установлено большое преимущество пскровых или групповых волн частотою от 500 до 1000 в секунду, потому что при этой частоте ухо более чувствительно к звуку, чем при более низкой частоте. Больше того: так как звуки радиосигналов при этих условиях являются резкими, то они легче могут быть отличены от мешающих шумов, происходящих от разрядов атмосферного электричества.

Итак, для обнаружения пскровых сигналов нам необходим только выпрямляющий детектор и телефон.

Катодная лампа, как усилитель. Мы можем применить трехэлектродную термивонную лампу



Фиг. 30. Трехэлектродная термивонная лампа V , примененная в качестве усилителя для увеличения амплитуды колебаний высокой частоты перед тем, как они выпрямляются кристаллическим выпрямителем Cr и направляются в телефон T .

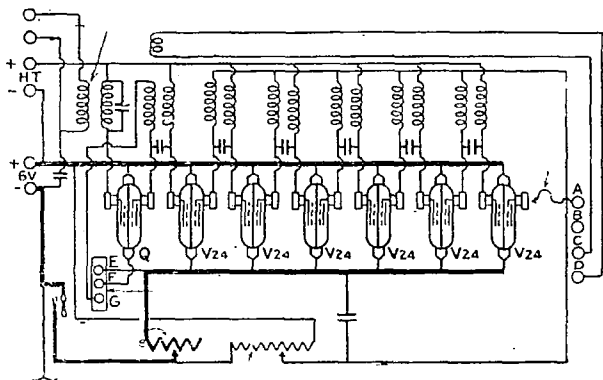
в качестве усилителя колебаний следующим образом. Если сетка поставлена в такие условия, что потенциал ее меняется, по лишь в таких пределах, что ток анода меняется строго пропорционально изменениям вольтажа сетки, то мы можем пропустить этот ток через трансформатор с одиночной или двойной обмоткой и передать полученные увеличенные изменения потенциала на сетку второй подобной лампы, а затем включить таким же образом третью лампу. Этим способом можно усилить до желательной степени переодические изменения потенциала высокой частоты на зажимах приемного конденсатора. Прием этот называется радиоусилением (фиг. 30).

Катодная лампа, как детектор в искровой телеграфии. Мы можем также применить трехэлектродную лампу в качестве детектора прерывистых групп колебаний следующим образом. Допустим, что сетке катодной лампы сообщен небольшой отрицательный потенциал в один или два вольта, так что сила термического тока выражается точкой, лежащей близко к середине нижней части характеристичной кривой (фиг. 22). Если мы сообщим затем сетке добавочный переменный потенциал, то в течение одной половины периода будет немного убывать, скажем, отрицательный потенциал сетки и возрастет ток анода; но если сетка уже имеет высокий отрицательный потенциал, то никакое возрастание отрицательного потенциала не произведет большого эффекта на

ток анода. Благодаря этому сообщение сетке переменного потенциала высокой частоты производит только возрастание тока анода. Если теперь такую лампою принимаются группы волн, посылаемые искровым передатчиком, то каждая группа вызовет внезапное нарастание тока пластинки этой детекторной лампы, и если цепь анода содержит телефонный приемник, то в телефоне будет слышаться звук. Если группы волн прибывают с известной правильностью, то щелчки сольются в музыкальный тон, который может быть прерываем ключом в цепи передатчика, так что будут слышаться сигналы, обозначающие точки и тире Морзе. Если колебания непрерывные или незатухающие, но с различной амплитудой, то в детекторной лампе будут происходить изменения силы тока пластинки, соответствующие медленным изменениям амплитуды колебаний сетки.

Усилители низкой частоты. Для усиления этих медленных изменений тока анода детекторной лампы мы можем пользоваться одною или несколькими последовательно соединенными трехэлектродными лампами совершенно так же, как мы пользуемся пмп для усиления изменений высокой частоты (фиг. 30). Это усиление называется усилением низкой частоты или звуковым. Допустим теперь, что нами принимаются сигналы искрового передатчика; для обнаружения их мы можем пользоваться некоторым числом ламп, при чем одна из них или несколько производят радио-

усиление колебаний; одна из ламп является детектором, а одна или несколько — усилителем низкой частоты. Такая установка заставит зазвучать сигналы точек и тире в телефонном приемнике, включенном в цепь пластинки последней лампы, а равным образом позволит нам слышать передаваемую по радио речь, как это будет описано ниже (фиг. 31).

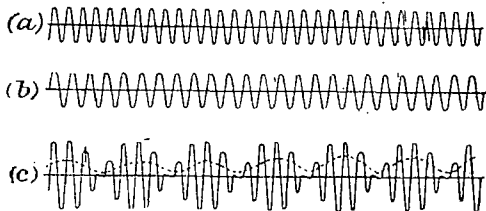


Фиг. 31. Схема септ-лампового усилителя и детектора Маркони. Состоит из шести катодных ламп, обозначенных $V\ 24$, которые являются радиоусилителями и увеличивают амплитуду принимаемых колебаний высокой частоты. Лампа, обозначенная Q , является детекторной или выпрямительной лампой.

Если, однако, телеграфные сигналы посылаются при помощи непрерывных волн, то для обнаружения их требуется видоизменение только что описанной установки. Наиболее распространенным

методом является так называемый гетеродинный прием.

Прием незатухающих колебаний. Допустим, что антенну пересекают незатухающие волны и вызывают в ней незатухающие колебания. Помощью термипонной трехэлектродной лампы мы можем вызвать в антенне, как уже описано, другую терию добавочных незатухающих колебаний с частотою, отличною от частоты колебаний, возбужден-



Фиг. 32. Диаграмма, показывающая получение „биений“ или периодического возрастания амплитуды производного колебания, при наложении друг на друга двух незатухающих колебаний с небольшой разностью частот.

ных приходящими пзвне волнамп, приблизительно па 700—1.000 колебаний в секунду. Но когда две серпи колебаний различной частоты накладываются друг па друга, то в результате создаются перподпческпе пзмещения амплитуды, которые называются „биениямп“. Чпсло биений в секунду равно разности двух частот (фиг. 32). В случае незатухающих электрических колебаний, наложе-

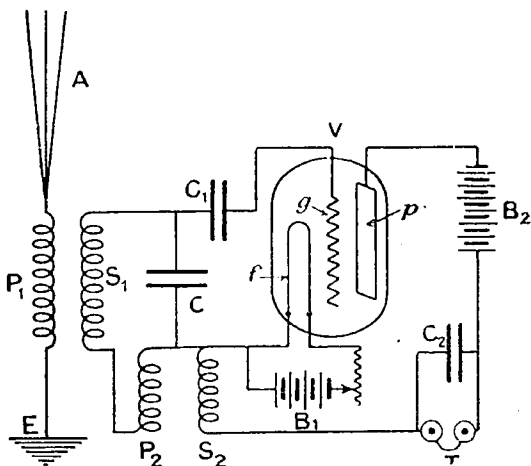
ние друг на друга двух серий различной частоты эквивалентно поэтому некоторой производной серии затухающих колебаний, с медленными нарастаниями амплитуд. Благодаря этому мы можем применить уже описанные методы обнаружения, пользуясь усилителями и детекторной лампой; надев на уши телефон, мы услышим тон, высота которого будет соответствовать частоте биений в течение всего того времени, когда получаются волны из отдаленной станции. Когда эти волны перестают приходить, звуки прекращаются; манипулируя ключом на отправительной станции, мы можем посылать таким образом сигналы азбуки Морзе.

Частота и длина волны; простое правило. При помощи этого метода наблюдатель на приемной станции управляет высотой звука или частотой биений. Если, например, длина проходящих волн равна 300 метров, то частота их равна миллиону, потому что произведение длины волны в метрах и частоты колебаний должно всегда равняться 300 миллионам, т. е. скорости движения волны в метрах в секунду. Если теперь приемник создает сам местные колебания с частотой в 999.000, то в результате получатся биения 1000 периодов в секунду.

Регенеративная связь. Были придуманы методы, при помощи которых одна и та же катодная лампа служит как для возбуждения местных колебаний, так и для обнаружения биений, полученных благо-

даря наложению друг на друга двух рядов колебаний.

Очень важным принципом в приеме беспроводных сигналов при помощи термionicных ламп яв-



Фиг. 33. Схема индуктивной регенерации посредством трансформатора $P_2 S_2$, одна катушка которого находится в цепи сетки, а другая в цепи анода и трехэлектродной лампы.

ляется так называемая регенерация или обратная связь. Рассматривая возбуждение колебаний катодной лампой, мы видим, что при индуктивной связи цепей сетки и анода, катодная лампа начнет

генерировать колебания, которые сами себя поддерживают, при чем энергия для них черпается из батарей пластинки. Однако, было открыто Армстронгом и Франклином, что если цепи сетки и анода катодной лампы связаны между собой индуктивно так, что положение двух обмоток — одной, принадлежащей цепи сетки, и другой принадлежащей цепи пластинки — таково, что их взаимная индукция недостаточно велика для генерирования колебаний, — катодной лампе все же сообщится большая чувствительность. Лампа, так сказать, стоит на краю пропасти, и малейший толчок повергает ее в нее (фиг. 33).

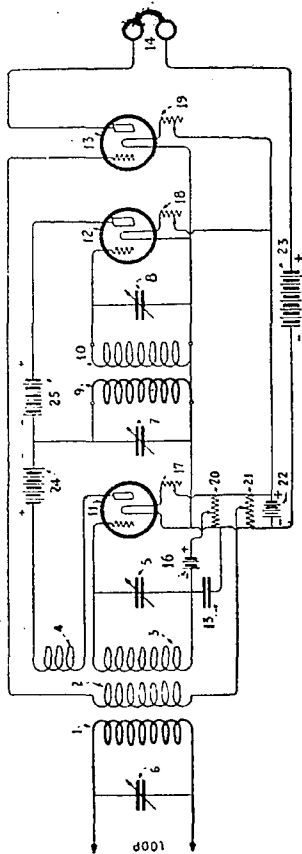
Связь посредством вариометра. На практике, цепи сетки и пластинки связываются обыкновенно при помощи особого рода трансформатора, называемого вариометром. Он состоит из одной или двух катушек, одной намотанной снаружи трубки и другой, заключенной внутри ее и прикрепленной к некоторой оси, так что она может вращаться и становиться либо совмещая свою ось с осью внешних обмоток, либо под прямым углом к ней. В этом последнем положении взаимная индукция двух обмоток равна нулю. Если же внутренняя обмотка повернута так, чтобы увеличить взаимную индукцию, то может быть найден пункт, при котором сигналы слышатся отчетливее. Если связь сделана более сильной, то возбуждаются колебания, и наблюдатель слышит вой в телефоне, включенном в цепь пластинки.

Сверхрегенеративная схема Армстронга.

Армстронг недавно пошел еще дальше и изобрел сверхрегенеративную приемную схему, которая необычайно чувствительна к слабым сигналам. Для того, чтобы дать краткое описание этой системы, необходимо предварительно объяснить значение термина отрицательное сопротивление. Когда ток проходит через металлический проводник, то всякое его возрастание сопровождается возрастанием разности потенциалов концов цепи. Однако, это явление имеет место не во всяких проводниках; например, оно не наблюдается в газовом проводнике в пространстве между угольными вольтовой дуги. Здесь возрастание тока дуги сопровождается уменьшением разности потенциалов электродов (фиг. 17а). На этом основании мы говорим, что дуга имеет отрицательное сопротивление. Отрицательное сопротивление может быть отчасти или полностью аннулировано положительным сопротивлением, последовательно соединенным с ним. Если зажимы конденсатора присоединены к катушке самоиндукции с положительным сопротивлением, то при возбуждении колебаний в этой цепи при помощи возбужденной в ней э. д. с., которая затем обрывается, эти колебания более или менее быстро затухнут, со скоростью, обусловленной отношением самоиндукции к сопротивлению. Если, однако, сопротивление отрицательное, то однажды возбужденные колебания сохраняются. Это как раз имеет место в дуге Дудделя и Паульсена,

шунтированной при помощи конденсатора и самоиндукции (глава II).

В случае простой регенеративной ламповой схемы, устройство которой было только что описано, индуктивная связь цепей сетки и анода эквивалентна сообщению цепям отрицательного сопротивления, если только эта связь достаточно сильна. Благодаря этому возникают незатухающие колебания. Однако, при приеме музыкально звучащих сигналов мы не можем устанавливать столь тесную связь цепей. Мы можем, тем не менее, сделать установку более чувствительной, если мы сблизим катушки цепей сетки и анода немного меньше, чем нужно для возбуждения таких поддерживающих себя колебаний, но этим мы введем в цепь сетки дополнительную электродвижущую силу, которая вращается как раз тогда, когда могли бы возникнуть незатухающие колебания. Мы можем изложить все это другим способом, сказав, что для предотвращения возникновения поддерживающих себя колебаний, получающееся в результате сопротивление должно быть слегка положительным, но можно добиться заметного усиления сигнальных звуков, если устроим так, чтобы сопротивление цепи было попеременно то положительным, то отрицательным, но чтобы в среднем оно было слегка положительным. Эффект получается почти такой же, как если бы мы попеременно то увеличивали, то уменьшали напряжение анода регенерирующей катодной лампы, но только возбуждив незатухающие колебания, сейчас же обрывали их. Существует много



Фиг. 34. Схема сверхрегенеративного приема Армстронга с усилением и детектированием.

возможных сверхрегенеративных схем Армстронга, но основные их принципы всюду одинаковы. Следует упомянуть, что притязание на приоритет изобретения этой сверхрегенеративной схемы было предъявлено капитаном Болито, но здесь не место разбирать споры о приоритете.

Объяснение устройства этой схемы. Двеграмма соединений на фиг. 34 дает представление об устройстве цепи этого типа. Приходящие волны попадают на рамочную антенну или широкую проволочную петлю, которая настроена конденсатором 6 на длину принимаемой волны. Эти колебания действуют через трансформатор из катушек 1 и 3 на сетку усилительной лампы 11, при чем цепи анода и лампы связаны катушками 4 и 3 как раз так, чтобы сп-

стема начала генерировать. Далее установлена вторая катодная лампа 12, возбуждающая гораздо более медленные колебания, скажем — 10.000 — 15.000 в секунду, что достигается индуктивной связью цепей анода и сетки 9 и 10 катушками, настроенными конденсаторами 7 и 8. Но катушка 9 включена также в цепь пластинки катодной лампы 11 и устроена таким образом, что колебания, возбуждаемые катодной лампой 11 постоянно прерываются колебаниями катодной лампы 12. Непосредственно вслед за лампой 12 помещена третья катодная лампа 13, являющаяся детектором или усилителем. Цепь ее сетки связана через катушку 2 с катушкой 3 сетки катодной лампы 11, а в цепь анода лампы 13 включен приемный телефон 14 и батарея анода 23. Таким образом, усиленные в катушке 3 колебания передаются назад и еще более усиливаются катодной лампой 13.

Потенциометры 20 и 21 сообщают сеткам ламп 11 и 13 устойчивый отрицательный потенциал, необходимый для такого понижения характерной кривой, при котором катодная лампа 13 становилась бы, как уже описано, выпрямителем колебаний. Желющие более детально ознакомиться с этой сверхрегенеративной системой найдут материал в статье Армстронга „О некоторых недавних усовершенствованиях регенеративных цепей“ в „The Wireless World and Radio Review“ — от 18 ноября 1922 г., т. XI, стр. 234, и в брошюре Эльца, опубликованной фирмой The Radio Directory and Publishing Company (New York).

Механическая аналогия. Средний читатель, который не интересуется подробностями метода, а желает только получить общее представление о нем, может воспользоваться следующей аналогией. Если бы мы пожелали повернуть один или два раза маховое колесо паровой машины рукою, то нам пришлось бы затратить значительные усилия для того, чтобы сдвинуть его с места. Этому соответствует мало чувствительная, нерегенеративная схема приемника. Если, однако, мы дадим небольшое давление пара на цилиндр, то нам будет легче повернуть колесо рукою, и легкость эта будет возрастать по мере того, как давление пара будет приближаться к той величине, которая в состоянии вращать колесо машины без помощи руки. Этому соответствует простой регенеративный приемник. Мы всегда рискуем довести давление до точки, слишком близкой к той, при которой машина начнет вращаться и уже не остановится. Этому соответствует возбуждение поддерживающих себя колебаний в ламповом приемнике.

Предположим, однако, мы пустили пар более высокого давления, но все время то открываем, то закрываем кран так, что колесо машины не в состоянии вращаться под действием одного этого давления; тем не менее, при таких условиях его легче вращать рукою, потому что усилие приходится затрачивать только в течение тех коротких перерывов, когда доступ пара к двигателю прерывается. Этому соответствует сверхрегенеративная схема. В этом последнем случае, приемная система

более чувствительна и легче возбуждается приходящей сигнальной волною и в то же время не легко переходит в непрерывное колебательное состояние.

Свойства термионной лампы. Итак, мы видим, что, по сравнению со старым простым выпрямляющим детектором, когерером или магнитным детектором, трехэлектродная термионная лампа дает возможность:

1) Усиление радиоколесаний, т. е. колебаний высокой частоты, до выпрямления их детектором.

2) Усиление выпрямляемых колебаний, сигнальных токов или токов, передающих речь в телефонии. Это усиление называется звуковым усилением.

3) Надлежащая связь цепей сетки и анода дает регенеративную систему, и

4) Введение дополнительной генерирующей лампы дает нам сверхрегенерацию.

5) Пользуясь увеличивающеюся мощностью термионных ламп, соединенных последовательно или каскадом, мы можем построить приемники из большого числа таких ламп почти любой чувствительности.

Теперь объясним способ конструкции приемников и их составных частей.

Антенна. Различные типы антенн и их свойства будут рассмотрены несколько ниже; предва-

рительно же можно заметить, что антенная проволока или рамка является средством, при помощи которого улавливаются несущиеся в пространстве электромагнитные волны; эти волны создают в антенном проводнике слабые переменные электродвижущие силы и токи, являющиеся очень бледной копией токов в отправительной антенне. Когда через антенный проводник проходит электромагнитная волна, то магнитная сила, входящая в ее состав, индуцирует или возбуждает в этой проволоке переменную электродвижущую силу и ток высокой частоты. Назначение приемного аппарата, взятого, как целое, — обнаружить эти токи и сделать их слышимыми или видимыми при помощи какогонибудь регистрирующего их прибора. В качестве регистратора сигналов в 90% всех радиоприемников употребляется обыкновенный телефон Белля, но для записи радиотелеграфных сигналов на ленту употребляются другие инструменты, о которых будет упомянуто ниже.

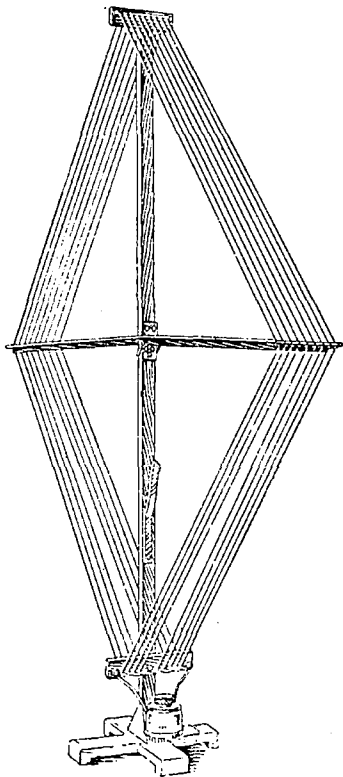
Простая однопроводная антенна. Наиболее простая приемная антенна состоит из натянутого снаружи здания проводника, частью вертикально и частью горизонтально в форме опрокинутой буквы L. Нижний конец этой проволоки соединен с зажимом одной из цепей трансформатора колебаний, другой конец которого соединен с заземленной пластиной. Между заземленным и трансформатором колебаний обыкновенно включается катушка переменной самоиндукции для настройки антенны.

на желательную длину волны. Вторая цепь трансформатора колебаний приключена на конденсатор переменной емкости, так называемый „конденсатор настройки“ (фиг. 16).

Рамочная антенна.

В установках с рамочной антенной эта последняя состоит из нескольких оборотов проволоки, намотанной на деревянную раму и соединенной с зажимами конденсатора настройки (фиг. 35).

Как обнаруживаются сигналы. Если подлежащее обнаружению волны представляют собой затухающие или прерывистые группы, то нам нужно только последовательно соединить приемник телефона Белля высокого сопротивления в



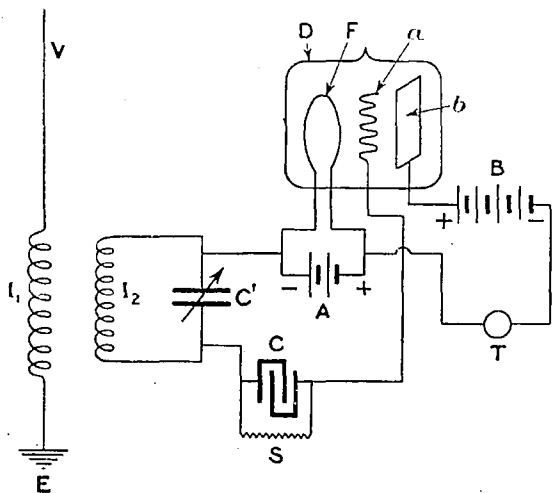
Фиг. 35. Рамочная антенна, состоящая из некоторого числа оборотов намотанной на квадратной раме изолированной проволоки, концы которой соединены с зажимами конденсатора настройки.

2.000—4.000 омов с кристаллическим выпрямителем, состоящим из кристалла карборунда или кристалла свинцового блеска и гибкой медной проволоки, или же наконец с двухэлектродной лампой Флеминга, в цепь анода которой включен телефон, как показано на фиг. 30.

В этом случае каждая группа затухающих колебаний выпрямляется в короткий электрический ток, пробегающий через телефон, и в нем получается резкий щелчок. Когда такие группы затухающих волн приходят в виде длинных или коротких рядов, давая сигналы азбуки Морзе, то щелчки сливаются в длинные или короткие музыкальные тона, высота которых соответствует частоте колебаний искры.

Трехэлектродная термionicная лампа, как детектор. Другой простой способ обнаружения искровых сигналов есть способ обнаружения их при помощи трехэлектродной катодной лампы. В этом случае сетка соединена с одним из зажимов конденсатора настройки антенны посредством маленького конденсатора, называемого конденсатором сетки, который снабжен шунтом высокого сопротивления от 1 до 5 мегомов, называемым утечкой сетки (grid-leak) (фиг. 36). Телефон включен в цепь анода лампы последовательно с батареей высокого напряжения, отрицательный полюс которой соединен с нитью лампы. Для накаливания нити пользуются последовательно соединенными 6-вольтовой батареей и реостатом. Установка ра-

ботаает следующим образом. Каждый проходящий ряд волн возбуждает колебания в цепи сетки, которые выпрямляются сеткою и нитью лампы и от-



Фиг. 36. Способ детектирования затухающих колебаний Ли де Фореста. Включенный в цепь сетки конденсатор C снабжен утечкой (шунтом) в виде очень высокого сопротивления S , называемую „утечкой сетки“. T —приемный телефон, через который приходят выпрямленные короткие токи, вызывающие звуки сигнала.

рицательно заряжают ближайшую к сетке пластинку конденсатора и самое сетку. Это уменьшает анодный ток, идущий через телефон. Затем заряд конденсатора пластинки оттекает через утечку и опе-

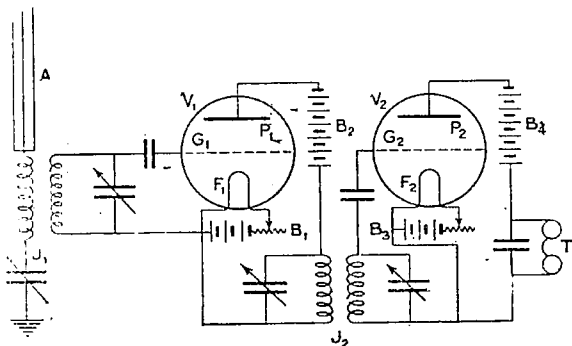
рация повторяется, вызывая в телефоне звук все время, пока прибывают ряды волн.

Вместо конденсатора сетки и шунта мы можем пользоваться одним или двумя элементами и проводником высокого сопротивления со скользящим по ней контактом, называемым потенциометром; мы можем таким образом давать сетке отрицательный или положительный заряд, как раз необходимый для того, чтобы работа ее характеризовалась точкой, лежащей на изогнутой части кривой. При таких условиях лампа выпрямляет попадающие на сетку электрические колебания описанным раньше способом. Примененная таким образом лампа называется детекторною лампою.

Мы можем затем повысить чувствительность приемника, введя в него одну или больше радиоусилительных катодных ламп и одну или больше усилительных ламп по низкой частоте следующим образом.

Связь посредством трансформатора. Если мы введем в цепь анода катодной лампы ее батарею высокого напряжения, а также одну катушку трансформатора колебаний, вторая катушка которого соединена своими концами с сеткой и нитью второй катодной лампы, то ясно, что всякое изменение потенциала сетки первой лампы изменит также ток пластинки, и, следовательно, — посредством трансформатора колебаний — потенциал сетки второй лампы (фиг. 37). Таким способом мы можем последовательно связать две, три или большее число катодных ламп. Первая лампа и соединен-

ный с нею трансформатор могут усиливать изменения потенциала сетки, скажем, в 10 раз, вторая лампа точно так же. Так что в результате приме-



Фиг. 37. Метод соединения двух усилительных катодных ламп при помощи трансформатора J_2 , так что ток цепи пластинки одной лампы вызывает изменение потенциала сетки другой лампы.

нения, скажем, трех ламп мы получим усиление в 1.000 раз. Когда катодные лампы связываются таким образом каскадом при помощи трансформаторов с двойной обмоткой, то для анодов всех ламп мы можем употребить одну анодную батарею высокого напряжения, а также одну батарею для накаливания нитей всех катодных ламп, соединенных параллельно.

Связь при помощи сопротивлений. Другой способ связи ламп есть связь с сопротивлениями.

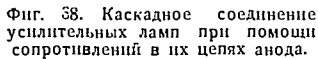
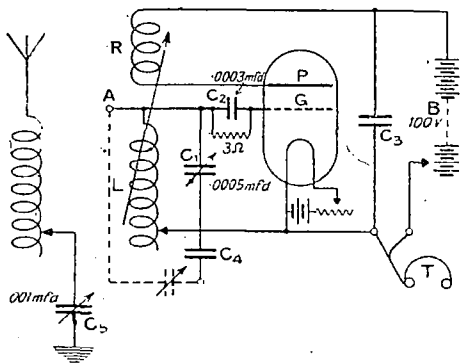


Схема приемника Маркони из 5-ти или 7-ми катодных ламп. Очень мощной и удобной установкой этого рода является приемник из 5 или 7 катодных ламп, в котором две или три лампы служат для радиоуси-

ления, одна — в качестве детектора, и две или три для усиления по низкой частоте. Прибор, необходимый для приема сигналов, посылаемых при помощи незатухающих волн, при применении в ка-

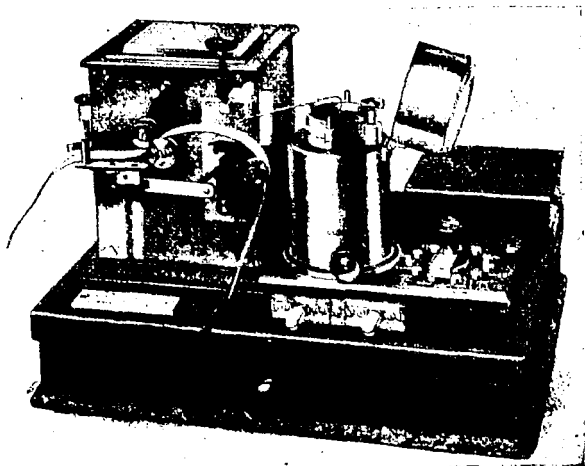


Фиг. 39. Расположение цепей одной трехэлектродной лампы, служащей одновременно местным генератором колебаний и детектором при приеме по способу „биений“ незатухающих волн.

честве сигнального инструмента телефона, очень немногим отличается от только что описанного. Как было ранее объяснено, мы должны для этого возбудить в антенне незатухающие колебания, немного отличающиеся по своей частоте от тех, что возбуждаются в ней приходящими сигнальными волнами, и должны обнаружить получающиеся в результате биения. Мы можем устроить так, чтобы одна и та же лампа служила и гене-

ратором этих дополнительных колебаний и детектором биений.

Для этого индукционно связываются две катушки R и L , одна—включенная в цепь анода,



Фиг. 40. Общий вид ондулятора, изготовляемого компанией автоматических телефонов в Ливерпуле.

другая—в цепь сетки катодной лампы (фиг. 39). Последняя катушка слабо связывается также с катушкой в антенной цепи. Благодаря этому, когда частота колебаний, генерируемых катодной лампой, отличается примерно на 1.000 от частоты колебаний прибывающих волн, то двумя системами

колебаний будут возбуждены биения, и эти последние могут быть обнаружены совершенно так же, как и ряды затухающих колебаний, при помощи включения в цепь сетки катодной лампы, конденсатора с утечкой C_2 , а в цепь анода телефонного приемника T , как показано на диаграмме. Когда приходят группы непрерывных волн, обозначающие точки и тире, то в телефоне возбуждаются соответствующие звуки, и таким образом принимаются сигналы. Если нужно, мы можем усиливать сигналы при помощи второй усилительной катодной лампы по низкой частоте.

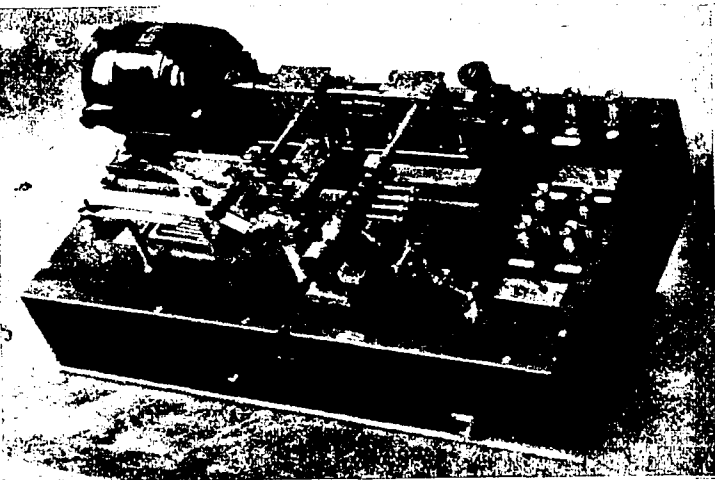
Запись радиотелеграфных сигналов, посылаемых с большой скоростью. Когда работают очень удаленные друг от друга станции большой мощности, посылающие и принимающие длинные известия, составленные из знаков Морзе, то необходимо иметь особые приборы, записывающие получаемые сигналы, потому что принимающий депешу не в состоянии больше руководствоваться ее смыслом, если хотя бы одно слово или буква пропущены или плохо услышаны. Равным образом скорость сигналов, посылаемых при помощи механических ключей, значительно превышает ту скорость, которую может различить своим ухом телеграфист, слушающий в телефонный приемник.

Ондулятор. Один из таких пишущих аппаратов называется ондулятор. Он состоит из чувствительного релэ или электромагнита, через ко-

торые проходят сигнальные токи последней катодной лампы. Когда этот магнит возбужден, он делает контакт, который замыкает другую электромагнитную цепь, и эта последняя слегка отклоняет рычажок с прикрепленным на его конце пером. Перо покоится на бумажной ленте, которая движется при помощи часового механизма или электрического мотора (фиг. 40). Когда нет никаких сигналов, перо чертит линию посреди ленты, когда прибывает сигнал точки, перо на мгновение отклоняется и чертит прямоугольную зазубрину на линии. Когда прибывает сигнал тире, эта прямоугольная зазубрина удлиняется. Этим способом легко записываются сигналы, со скоростью 100 слов в минуту (фиг. 41).

Пишущий аппарат Мак Лэклена. Другой тип пишущего аппарата был недавно изобретен доктором Мак Лекленом. Он состоит из железного барабана, вращающегося на оси. На барабане надета катушка, через которую проходят подлежащие записи токи. К железному барабану прижат железный башмак. Когда через виток проволоки проходят токи, железный барабан намагничивается, башмак очень крепко пристает к нему и увлекается им во вращательное движение. Это движение башмака в свою очередь заставляет двигаться по перемещающейся бумаж-

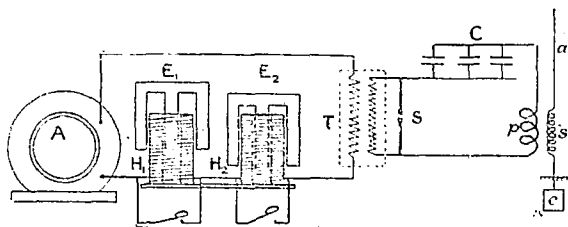
ной ленте перо, пишущее зазубрины то короткие (точки), то длинные (тире); соответственно продолжительности тока (фиг. 42). Это очень надежный аппарат и может записать 300—400 слов в минуту.



Фиг. 42. Вид быстро пишущего аппарата для радио, системы Мак-Лэклена.

Буквопечатающие телеграфные приемники.
При помощи радиотелеграфа могут быть приведены в действие различные типы буквопечатающих аппаратов, в роде, например, аппарата Крюда, дающего телеграмму печатными буквами.

Звучащие и фотографирующие пишущие аппараты. Изобретены также методы для записи телеграмм на мягких граммофонных или диктофонных дисках, вращающихся с большою скоростью.



Фиг. 43. Первоначальное расположение цепей в искровом передатчике первой беспроволочной станции дальнего действия в Полдью. Корнуэльс (Англия).

Их приводят затем в более медленное вращательное движение и заставляют двигаться по ним воспроизводящую запись иголку так, что слышатся сигналы или слова, которые могут быть записаны. Наконец, изобретены аппараты для фотографической записи, в которых применяется в качестве записывающего инструмента гальванометр Эйнтховена.

ГЛАВА IV

Радиотелеграфные и радиотелефонные станции. Работа на дальние расстояния и широковещение.

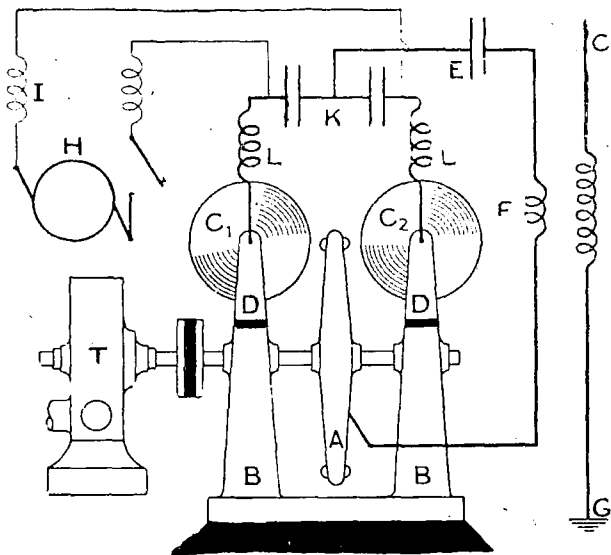
Ранние опыты. До 1900 года максимальное расстояние, на которое удавалось передавать телеграфные сигналы при помощи электромагнитных волн, равнялось приблизительно 200 милям; такие сигналы посылал Маркони с острова Уайта в Лайзар в Южном Корнуэльсе.

Станция в Полдью. Это достижение возбудило у него желание преодолеть более значительное расстояние, и в 1900 году им была устроена в Полдью в Корнуэльсе (Англия) станция, на которой были сделаны попытки сносятся по радиотелеграфу через океан. До этого времени единственный бывший в употреблении аппарат состоял из обыкновенной искровой индукционной катушки и нескольких лейденских банок, служивших кон-

денсаторами; он создавал затухающие колебания, которые затем излучались антенной. Приемником служил когерер, а несколько позже — магнитный детектор и телефон; описание их было уже дано нами выше. Возникла необходимость превратить этот лабораторный аппарат в техническую установку большой мощности. В этой работе участвовал автор этих строк. В первых опытах был применен нефтяной двигатель в 32 лошадиные силы. Он приводил в действие альтернатор низкой частоты (50 периодов), дававший электродвижущую силу в 2.000 вольт. Напряжение это увеличивалось статическими трансформаторами до 20.000 вольт, и им заряжалось несколько конденсаторов, каждый из которых состоял из стеклянной пластинки, частью покрытой с обеих сторон оловянной фольгой; эти пластинки были погружены в глиняные сосуды, наполненные изолирующим маслом.

Метод возбуждения антенны. Метод возбуждения колебаний в антенне был первоначально видоизменением изобретенной Маркони синтонической системы; это видоизменение подвергалось затем двоякому преобразованию, описанному впервые Флемингом в трех британских патентах — №№ 20.576 и 22.126 1900 г. м. № 3.481 1901 г. Трансформаторы заряжали конденсаторы, которые заряжались затем через искровой промежуток, так что ток разряда проходил через одну катушку трансформатора колебаний. Группы колебаний высокой частоты и высокого напряжения использо-

вались затем для заряда второго конденсатора, который в свою очередь заряжался через второй



Фиг. 44. Зубчатый дисковый разрядник Маркони, употреблявшийся на прежней передающей радиостанции Кляфден.

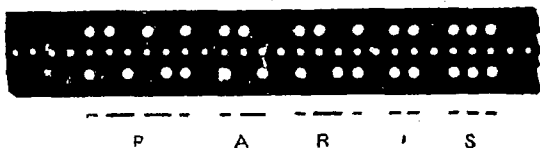
искровой промежуток и одну из катушек трансформатора колебаний, вторичная катушка которого была соединена своими концами с антенной и заземлением (фиг. 43).

Сигналы производились выключением сопротивления, нормально помещаемого между альтернатором и трансформаторами. Таким способом излучались мощные затухающие волны, длиною около 3.000 футов, из антенны, состоявшей из системы веерообразно-протянутых проволок в 200 футов длины, прикрепленных верхними концами к тросу, натянутому между двумя мачтами.

Первые сигналы, переданные через океан. Вскоре после этого Марconi переправился через Атлантический океан и 12 декабря 1901 года мог уже сообщить, что им были приняты сигналы (буквы „S“) в Ньюфаундленде, переданные через Атлантический океан из Полдю. Этот результат был тем замечателен, что он показал, что электрические волны могут распространяться вокруг шпрокообразной земной поверхности на очень значительное расстояние.

Станции в Клифдене и в Глэс Бэй. Вскоре после этого Марconi несколько видоизменил передающий аппарат при устройстве новых постоянных станций в Клифдене (Коннемара, Ирландия) и Глэс Бэй (Новая Шотландия), Альтернатор низкой частоты и трансформаторы были заменены последовательно соединенными динамо-машинами постоянного тока высокого напряжения, которые давали свой ток на 6.000 маленьких аккумуляторных элементов, заряженных приблизительно до 12.000 вольт. Эти аккумуляторы поочередно заряжали большой воз-

душный конденсатор, состоявший из металлических пластинок, подвешенных в воздухе параллельно друг другу, но изолированных. Указанный конденсатор разряжался через трансформатор колебаний, соединенный с антенною при помощи вращавшегося искрового промежутка, состоявшего из диска со вделанными по краю его металлическими гвоздями с широкою шляпкою, которые во время



Фиг. 45. Образец пробитой ленты Унтстона.

вращения диска проходили между неподвижными или вращающимися колесами. Конденсатор разряжался через этот меняющийся контакт. Преимущество вращающегося искрового разрядника (который в том или другом видоизменении в настоящее время употребляется всюду) заключается в том, что поток воздуха сдувает электрическую дугу, которая стремится образоваться между неподвижными и движущимися контактами, но не препятствует заряду конденсатора (фиг. 44).

Применение таких мощных искровых систем, дающих 500 — 600 разрядов конденсатора в секунду и посылающих волны длиною в 5.000—7.000 метров,

позволило установить коммерческое радио-телеграфное сообщение между Англией и Соединенными Штатами в 1910 году.

Система наложения колебаний. Дальнейшим видоизменением этой искровой системы, практически дающим незатухающую волну, является изобретенная Маркони система наложения колебаний. В этом случае разряды производились при помощи двух вращающихся дисков с зубцами, которые попеременно возбуждал и ряд затухающих колебаний; но разряды были так отрегулированы во времени при помощи вспомогательного искрового аппарата, что в промежутке между двумя разрядами происходили два другие ряда колебаний, и назначением этих двух последних рядов перемежающихся затухающих колебаний было возбуждение в антенне практически незатухающего колебания, лишь с переменной — в небольших пределах — амплитудой.

Нет необходимости давать детальное описание этой системы наложения искровых колебаний, потому что в настоящее время она устарела и вытеснена большими ламповыми генераторами улучшенного типа. Однако, такие искровые генераторы употреблялись в течение нескольких лет на большой карнарвонской радиостанции (Англия) и в Нью-Джерсей (Соединенные Штаты).

Станции с дугою Паульсена. В качестве генератора незатухающих колебаний впоследствии

получила широкое распространение в Соединенных Штатах, в Англии и во Франции дуга Паульсена. Такие генераторы, мощностью в 250 киловат, изготовленные фирмой Эльвеля, были установлены на сооруженной английским правительством станции в Лифильде (Оксфордский округ), для связи с аналогичной станцией в Абу Забеле, около Каира, в Египте. Дуговые генераторы, мощностью в 1.000 киловат, были установлены на французской радиостанции в Круа д'Энс, около Бордо. Аналогичные генераторы были также установлены на французской станции в Ла Дуа, около Лиона, которая назначалась главным образом для сношения с северной и западной Африкой и даже с Индо-Китаем, т.-е. на расстоянии в 5.000 миль, и равным образом на многих радиостанциях в Соединенных Штатах (фиг. 18).

Станции с альтернатором высокой частоты. Дуговой генератор, как уже было разъяснено, дает очень небольшой коэффициент полезного действия и излучает волну нечистой формы, с резко выраженными гармоническими компонентами ее. Поэтому в более новых станциях генератором электромагнитных волн служил альтернатор высокой частоты.

В Соединенных Штатах применялся альтернатор высокой частоты Александерсона. Машина этого типа, мощностью в 200 kw, оказалась экономной и прочной и установлена на морской радиостанции в Нью-Брунsvике (Нью-Джерсей, Соедин.

Штаты); большая группа таких альтернаторов высокой частоты установлена американской Радио-Корпорацией на Нью-Йоркской центральной радиостанции в Лонг Айленде (фиг. 19).

На различных французских станциях широко применялись альтернаторы высокой частоты Латура-Бетено. Машины, мощностью в 25 кпловат, были установлены на лионской радио-станции, а машины в 220 киловат—на новой большой правительственной радиостанции в Сент-Ассизе, около Парижа. Были построены еще более крупные альтернаторы этого типа в 500 киловат. Коэффициент полезного действия машин в 250 киловат—около 76 процентов, а машин в 500 kw.—82 процента, что ставит эти альтернаторы высокой частоты на один уровень с лучшими альтернаторами низкой частоты, употребляемыми в электрической промышленности. На английской радиостанции в Карнарвоне были установлены два альтернатора высокой частоты Александерсона, мощностью по 200 kw. Французские инженеры спроектировали установки для параллельного соединения альтернаторов Латура-Бетено (фиг. 20).

Альтернаторы высокой частоты обладают выдающимися практическими преимуществами в генерировании мощных электрических волн, но для их обслуживания требуются высоко квалифицированные техники, и сложность их конструкции делает их очень дорогими машинами. Вследствие этого весьма вероятно, что на мощных радиостанциях в будущем их вытеснят большие ламповые генераторы.

Ламповые генераторы станции Карнарвон. Описание больших электронных ламп и полу-металлических, охлаждаемых водою электронных ламп уже было дано выше. Остается повторить, что Компания Маркони располагает на карнарвонской станции большою панелью из пятидесяти шести электронных ламп, мощностью каждая от 5 до 7 kw, с помощью которой удалось осуществить радиосообщение с Австралией.

Длины волн, наиболее подходящие для работы на дальние расстояния. Опыты показали, что наиболее подходящими длинами волн для радиотелеграфирования на дальние расстояния через океан являются длины волн от 12.000 до 20.000 метров. Так как произведение длины волны в метрах и ее частоты всегда равно 300.000.000, то отсюда следует, что требуются частоты от 15.000 до 25.000 в секунду. Кроме того, мы должны ввести в антенные провода энергию в несколько сот лошадиных сил, если мы хотим послать радиотелеграфные сигналы во все часы дня и ночи. Важно, чтобы излучение было чистым, т. е. чтобы колебание было простым, не осложненным гармоническими колебаниями.

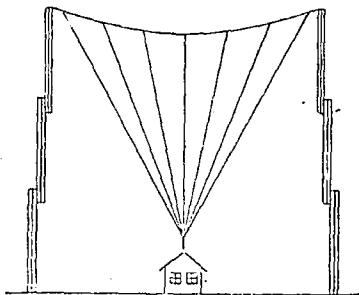
Станции дальнего действия. В настоящее время существует шесть или семь первоклассных радиостанций, которые настолько мощны для того, чтобы посылать волны в любой пункт земного шара как днем, так и ночью. Что касается станций мевь-

шей мощности, то радиус их действия ночью приблизительно вдвое превышает радиус действия ночью по причинам, которые будут объяснены в дальнейшем.

В станциях, обслуживаемых альтернаторами, необходимо устраивать особые приспособления для поддержания постоянной скорости машин (так, чтобы она уклонялась от нормы не более, чем на 0,1 процента), ибо, в противном случае, изменение частоты будет весьма заметно уменьшать энергию, посылаемую в антенну и излучаемую из нее. А так как при посылке сигнала нагрузка мотора, приводящего машину в движение, увеличивается, в промежутках же между сигналами—уменьшается, то необходимо применять специальные чувствительные регуляторы, которые поддерживают скорость в момент нажатия сигнального ключа.

Машинная передача телеграмм. Для достижения достаточно значительной скорости передачи, телеграммы, предназначенные к отправке, пробиваются на ленте Уитстона. Эта лента представляет собою бумажную полоску с пробитым в ней рядом небольших дырочек, расположенных ниже ее середины, которая надета на сигнальный инструмент. Лента имеет еще один ряд дырочек по другую сторону от середины. Когда две дырочки пробиты по одной линии перпендикулярно краям полоски, это означает точку азбуки Морзе. Когда две дырочки пробиты наискось, это означает тире той же азбуки (фиг. 45). Сигнальные

дырочки пробиваются на ленте машинами, похожими на пишущие, которые приводятся в действие либо сжатым воздухом, либо электромагнитами.



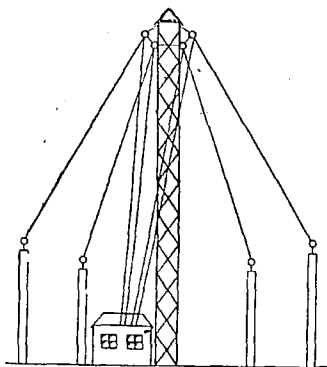
Фиг. 46. Веерообразная антенна.

Прикосновение пальца телеграфиста к ключу пробивает сразу всю группу дырочек на ленте, обозначающую какую-нибудь определенную букву алфавита.

Передатчик Уитстона. Когда дырочки на ленте пробиты, она пропускается через аппарат, называемый автоматическим передатчиком Уитстона; этот инструмент изменяет направление электрического тока на короткое (точка) или более продолжительное (тире) время. Получаемый таким образом обратный ток приводит в действие электромагниты,—которые могут быть расположены на расстоянии—разрывающие или устанавливающие

контакты мощного ключа, и этот последний замыкает или производит короткие замыкания, и таким образом либо вводит в антенну электрическую энергию, либо задерживает ее, и ограничивает

излучение временем, необходимым для сигнала. Эти мощные ключи могут работать с такой скоростью, что пропускают от 100 до 300 пятибуквенных слов в минуту.



Фиг. 47. Зонтичная антенна.

Антенны радиостанций. Очень важным элементом каждой радиостанции являются антенные провода. Мы уже видели, что антенна является проводом или группой проводов, подымающихся вертикально

в воздух на известную высоту и часто затем продолжающихся горизонтально, при чем верхние или наружные концы поддерживаются изоляторами. Простейшей формой антенны является одиночная вертикальная проволока, верхний конец которой прикрепляется при помощи эбонитового или фарфорового изолятора к какой нибудь мачте, башне или дымовой трубе. Несколько более сложною является веерообразная антенна, состоящая из пучка проволок, прикрепленных к канату

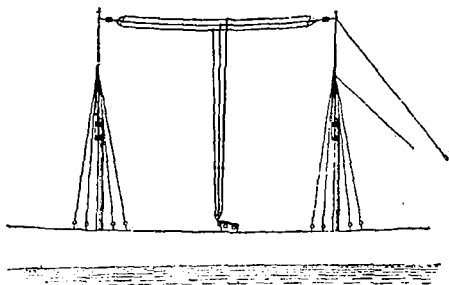
или тросу, протянутому между двумя мачтами (фиг. 46). В зонтичной антенне известное число



Фиг. 48. Направленная антенна Маркони.

проводов поднято вертикально до некоторой высоты и затем спущено вниз наподобие спиц слегка приоткрытого зонтика (фиг. 47).

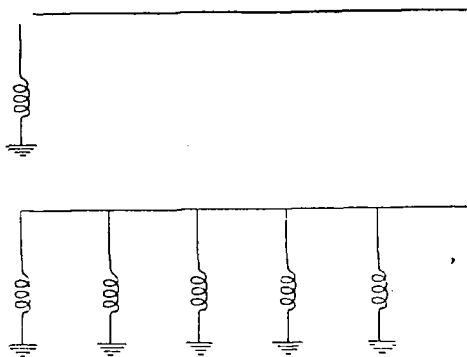
Направленная антенна. В антенне, установленной в определенном направлении, или антенне Маркони, известное число проводов поднимается



Фиг. 49. Корабельная антенна в форме Т.

почти вертикально на известную высоту и затем продолжается горизонтально, на мачтах (фиг. 48).

Корабельные антенны. На кораблях антенна устраивается в форме шести или восьми проводов, разъединенных друг от друга при помощи звездообразных деревянных распорок или деревянных обручей. Они прикрепляются к изоляторам и



Фиг. 50. Антенна Маркони, измененная по системе Александерсона.

протягиваются между мачтами. Затем идущие вниз провода соединяют их с передатчиком, помещенным в кабине беспроволочного телеграфа (фиг. 49).

Передающие антенны большой мощности. Проектирование и установка передающих антенн для станций большой мощности является делом,

требующим тщательного подсчета, так как постройка их стоит очень дорого. Прежде всего необходимо считаться с тем обстоятельством, посылает ли антенна волны равномерно по всем направлениям или же она согласована преимущественно с какой-нибудь одной определенной станцией. В первом случае устраиваются преимущественно антенны зонтичного типа, во втором—антенны в форме опрокинутой буквы L или антенны, протянутые в одном определенном направлении, ибо эти последние лучше излучают волны в направлении, противоположном тому, куда устремлен их свободный горизонтальный конец. В антеннах большой мощности вертикальная часть может достигать высоты от 100 до 400 футов и больше, а горизонтальная часть быть длиною от нескольких сот до нескольких тысяч футов.

Антенный ток. Важною величиною, касающеюся антенны, является сила ее излучения, т. е. мощность излучаемых ею электрических волн. Если мы включим тепловой амперметр около основания антенны, у того конца ее, где она соединяется с передатчиком, и измерим ток A в амперах, то полученная цифра называется силой тока в антенне.

Мощность антенны. Общая мощность тока, содержащегося в антенне и численного в ваттах, равна произведению A^2 и общего сопротивления антенны R , выраженного в омах. Это общее со-

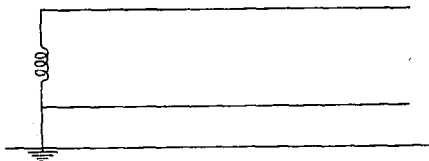
противление складывается из двух частей: сопротивление от трения r и сопротивления излучения ρ . Отсюда мощность, излучаемая в виде электрических волн, равна $A^2 \rho$.

Сопротивление излучения. Для прямой вертикальной антенной проволоки величина равна $640 \frac{h^2}{\lambda^2}$, где h есть общая высота проволоки и λ -длина излучаемой волны. Для антенны с горизонтальной вершиной (в виде буквы T или опрокинутого L) сопротивление излучения ρ равно $1580 \frac{h^2}{\lambda^2}$, где h — есть эффективная высота или высота почти что одной вертикальной части.

Существует некоторый экономический предел высоты мачт или башен, сооружаемых для поддержки антенны. Мы можем утверждать, что таким пределом является высота в 800 футов (244 метра). λ также имеет определенную величину — скажем, 15.000—20.000 метров, — которая наиболее удобна при работах на дальние расстояния. Отсюда $1580 \frac{h^2}{\lambda^2}$ может быть числом омов, равняющимся приблизительно 0,1 — 0,15 ома.

Коэффициент полезного действия излучения антенны равняется ρ/R , или отношению сопротивления излучения к общему сопротивлению. Для введения в антенну тока большой мощности необходимо, чтобы верхняя ее часть

обладала большою емкостью, т. е. необходима большая длина проводов на большой высоте. Для некоторых целей бывает необходимо иметь при высоте 800 футов (244 метра) емкость, равную 0.1 микрофарады, а это значит, что антенна должна быть длиною в 5 или 6 миль. Но даже и в этом случае мы не достигнем высокого коэффициента полезного действия, если мы не в состоя-



Фиг. 51. Антенна Компании Марконни с земляным экраном.

нии уменьшить сопротивление трения или сопротивление нагревания проволоки.

Вследствие этого, в последнее время было уделено большое внимание уменьшению сопротивления трения больших антенн. Это сопротивление заключено не столько в самой проволоке, сколько в земле и окружающих антенну проводниках и полу-проводниках. В антеннах, протянутых в определенном направлении, или антеннах с горизонтальною верхнею частью, токи в этой горизонтальной части индуцируют другие токи в земле, которые рассеивают энергию.

Тип антенны Александерсона. Одним из способов уменьшения потери энергии в проволоке от трения является устройство антенны типа Александерсона. Рассмотрим антенну со средоточной емкостью наверху, состоящую из вертикальной части и длинной горизонтальной части. Предположим, что сопротивление трения равно r , а ампераж тока — A . Тогда потерянная мощность будет равна A^2r уаттов.

Предположим далее, что мы оставим некоторое число питающих проводов на равном расстоянии друг от друга (фиг. 50), при чем размеры вертикальной части и самоиндукция каждого из них одинаковы. Такого рода устройство равносильно N параллельно соединенным антеннам той же высоты и с той же естественной частотой колебаний. Если мы индуцируем колебания в одном из этих пита тельных проводов, то легко видеть, что колебания будут индуктивно возбуждены в них всех. Но если бы мы имели только один питательный провод с сопротивлением r и током A , то потеря энергии равнялась бы A^2r . Если же мы устанавливаем N параллельно соединенных питательных проводов и устраиваем так, чтобы каждый из них нес ток A/N , то сопротивление всех N параллельно соединенных проводов будет равно R/N , величина тока в целом все еще A амперов, а вся потеря энергии — $\frac{A^2r}{N}$, или $1/N$ —ная часть той потери, которая происходит при одиночном питательном проводе. Но сопро-

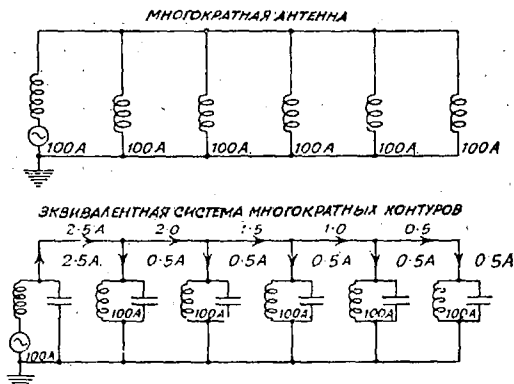
тивление излучения всех N питательных проводов остается таким же, как и сопротивление одиночного провода, потому что оно обусловлено только эффективной высотой h , которая остается неизменной, и длиной посылаемой волны, которая, согласно предположению, тоже остается прежнею. Итак, при этой установке мы уменьшаем потерю от трения в антенне, между тем как излучение остается неизменным. Полезное действие антенны увеличилось от этого в N раз.

Однако, на практике существует предел увеличения числа питательных проводов, которое может быть произведено согласно рассмотренному способу. Для иллюстрации того, что может быть достигнуто таким образом, я приведу следующие цифры, касающиеся американских антенн, установленных в определенном направлении.

Практический пример антенны Александерсона. До переустройства эта антенна состояла из вертикального конца в 400 футов высоты и горизонтальной части в 50.000 футов длиной. Общее сопротивление ее равнялось 3,8 ома, при чем на долю сопротивления излучения приходилось только 0,1 ома. Эта антенна была переделана по способу Александерсона: было установлено 5 вертикальных питательных проводов, и все они были настроены на ту же длину волны, что и раньше. Общее сопротивление было уменьшено до 0,3 или 0,5 ома, и таким образом коэффициент полезного действия антенны был доведен до 40 процентов вместо

прежних четырех. Этот метод не уменьшает, однако, потерь, истекающих от влияния земли.

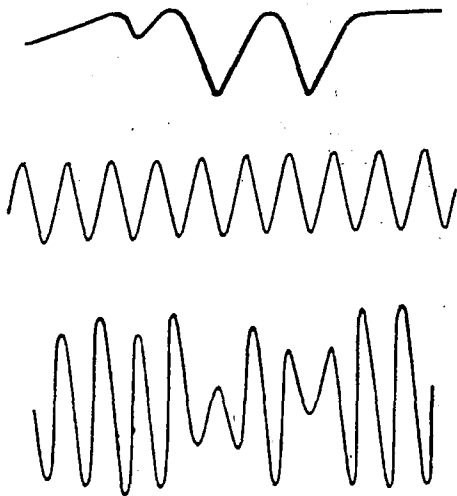
Земляной экран. Метод для их уменьшения был изобретен инженерами Компании Беспроволочного Телеграфа Марконн; изобретение это по-



Фиг. 52. Диаграмма, иллюстрирующая измененный вид антенны Александерсона с настроенными заземляющими проводами.

лучило название **з е м л я н о г о э к р а н а** и является в действительности возвратом к первоначальному герцовскому излучателю. Ниже верхних проводов антенны и на несколько футов над землею протянуто известное число изолированных проводов, которые излучают во всех направлениях электромагнитные волны, покрывающие более обширную площадь, чем та, что покрывается волнами, излучаемыми верхними антенными проводами. Эти

нижние провода служат путем для обратных токов и прикрывают землю, так что потери, происходящие от влияния земли, значительно уменьшаются (фиг. 51).



Фиг. 53. Возможная форма звуковой волны. Незатухающие колебания
Изменения амплитуды колебаний непрерывной волны соответственно
изображенной выше форме звуковой волны.

Диаграмма, иллюстрирующая незатухающее колебание с амплитудой
модулированной соответственно волны речи или звука.

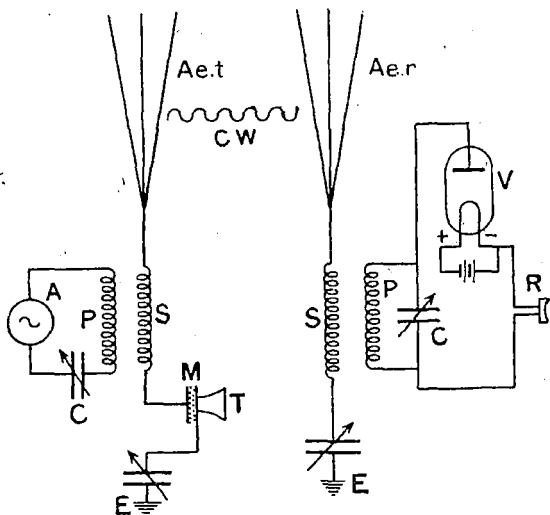
Комбинация этого земляного экрана с системой Александерсона способна дать антенну с гораздо большим коэффициентом излучения, чем

первоначальный заземленный тип Маркони. Применяя систему размещенных на большом пространстве заземленных проводов в соединении с системой земляного экрана, мы можем добиться того, чтобы коэффициент полезного действия антенны равнялся 70 или 80 процентам (фиг. 52).

Устройство радиотелефонной отправительной станции. Остановимся теперь на описании приспособлений, необходимых для передачи речи, т. е. тех особенностей, которые отличают радиотелефонию от передачи простых радиотелеграфных сигналов азбуки Морзе. Кое какие достижения в области радиотелефонии были сделаны экспериментаторами, применявшими дуги Паульсена в качестве генератора незатухающих волн; но практическая радиотелефония в сколько нибудь значительном масштабе стала возможной только после применения в качестве генератора электронной лампы. Для радиотелефонии нам необходимо излучить от антенны поток незатухающих волн, с постоянной длиной и постоянной амплитудой, называемых несущими волнами. Если бы такие волны принимались антенною и выпрямлялись приемною лампою, то в приемном телефоне возбуждался бы однообразный постоянный ток, который не вызывал бы никакого звука, кроме легкого щелчка в момент своего возникновения и прекращения.

Но если мы можем модулировать или менять амплитуду этих волн соответственно крайне неправильной форме волны, создаваемой звуками чело-

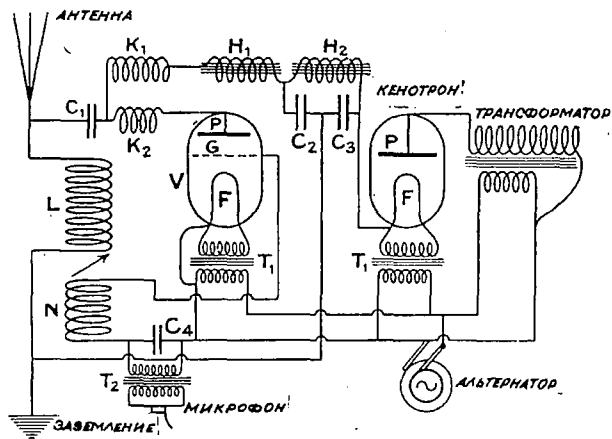
веческой речи, то сила проходящего через телефон постоянного тока, появляющегося в результате действия выпрямительной лампы или кристалла,



Фиг. 54. Чертеж, иллюстрирующий основные принципы радиотелефонии A —какойнибудь генератор незатухающих колебаний: вольтова дуга или электронная лампа; M —микрофон, при помощи которого амплитуда излучаемых незатухающих волн модулируется соответственно форме волны речи; V —приемная электронная лампа, которая выпрямляет ток и воспроизводит речь в телефоне R .

подвергается изменениям соответственно изменениям амплитуды несущих колебаний высокой частоты, и благодаря этому воспроизводятся звуки человеческой речи (фиг. 53—54).

На отправительных станциях ставится одна или несколько больших генерирующих электронных ламп, мощностью 5—7 kw. Амплитуда колебаний в отправительной антенне модулируется другою лампою, которая называется модуляторною. Анод-

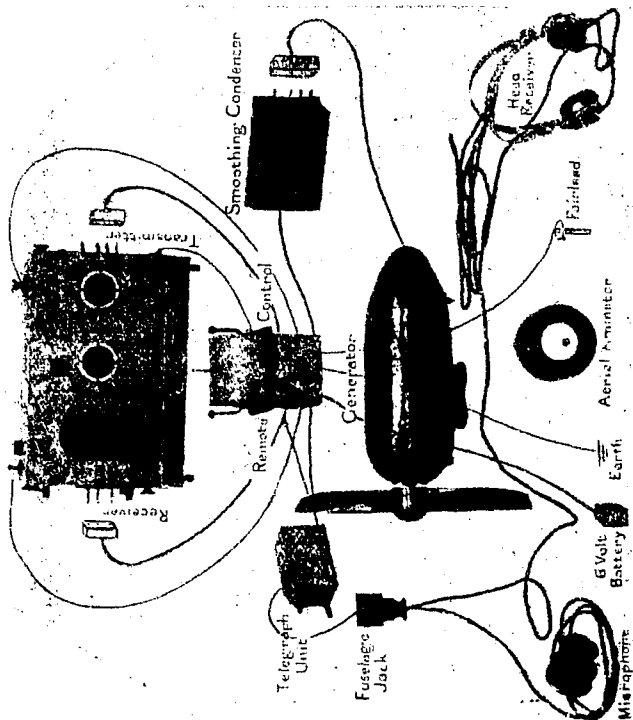


Фиг. 55. Схема цепей лампового передатчика, применяемого в радио телеграфии.

ный ток модуляторной лампы меняется благодаря индуктивному присоединению микрофона к сетке и нити этой лампы. Для этой цели были придуманы особые формы микрофона, в которых воздушные волны, вызываемые голосом говорящего или поющего человека или звуками музыкального инструмента, меняют электрический ток в точном

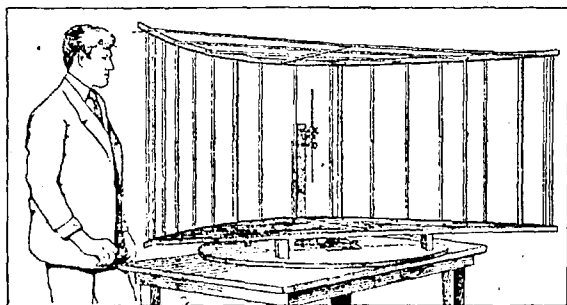


Фиг. 57. Кристаллический детектор с двухламповым усилителем и громкоговорителем для приема радиотелефонной речи и музыки.



Фиг. 58. Радиотелефонный аппарат, употребляемый на аэропланах. В центре изображен пропеллер, приводящий в движение динамо, питающую постоянными токами высокого и низкого вольтажа лампы передатчики и приемники.

сылающие в пространство речь, пение, и музыку, которые могут быть приняты всеми лицами, имеющими надлежаще настроенные приемники. Длины волн, применяемых для этих целей, бывают обычно от 350 до 450 метров. На сравнительно небольших расстояниях от широкоэмитательных станций волны можно принимать при помощи простого кри-

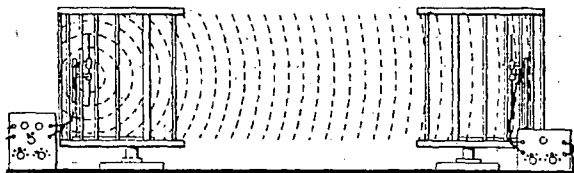


Фиг. 59. Отражение герцовских волн при помощи каркасного зеркала.

сталлического детектора, но на более значительных расстояниях приемником должна служить усиленная лампа. Если усиление достаточно значительно, то речь или музыку можно сделать слышной сразу многим людям при пользовании большим телефонным приемником, так называемым громкоговорителем (фиг. 57). Практика передачи на расстоянии этим способом речи и музыки началась в Соединенных Штатах в 1920 или 1921 годах и вскоре достигла необычайного ра-

спространения. Проповеди, политические речи и лекции передаются этим способом сотням и тысячам невидимых слушателей, и оратор затрачивает для этого не больше усилий, чем для обыкновенного разговора, хотя для отчетливой слышимости ему необходимо обладать особым „радиотелефонным“ голосом.

Воздухоплавание и беспроводная телефония. Беспроволочная телефония принесла огром-



Фиг. 60. Каркасное или проволочное параболическое зеркало для создания луча из коротких электрических волн для направленной радиотелефонии.

ную пользу воздухоплаванию. Во время Европейской войны получил широкое распространение небольшой компактный аппарат для генерирования и приема электромагнитных волн. Ток низкого напряжения для накала нитей лампы и высокое напряжение, требуемое для анода, доставляется небольшой динамо, прикрепляемой к наружной стороне аэроплана; это динамо вращается при помощи пропеллера, который приводится в движение быстрым перемещением в воздухе аэроплана (фиг. 58).

В момент отправления аэроплава антенный провод намотан на барабане, но на известной высоте пилот может распусти́ть его на 150 или на 200 футов, так что он несется в воздухе веле́д за аэропланом и улавливает электрические волны. Корпус аэроплана играет роль заземления. Этим способом можно посылать и получать словесные известия, и равным образом получать инструкции касательно своего положения и высоты.

Комбинация беспроволочного и обыкновенного телефона. Кроме того, посредством усиленных ламп можно связать между собою обыкновенный телефон с радиотелефонным передатчиком и таким образом модулировать его, так что можно говорить по телефону с находящимся в пути аэропланом, пользуясь для этого обыкновенным столовым аппаратом.

Равным образом две телефонные системы могут быть связаны между собою таким образом, что разделяющее их водное пространство преодолевается беспроволочным телефоном.

Разговор без переключения. Очень важным является создание такой установки, которая позволяет обоим собеседникам говорить и слушать одновременно. На сухопутных станциях это может быть достигнуто применением для передачи в противоположных направлениях двух волн, слегка отличающихся друг от друга по своей длине. Далее, передаточная и приемная станции помещаются не-

сколько в стороне друг от друга, при сем передаточная антенна бывает вертикальной, зонтичной или протянутой в определенном направлении, а приемная—рамочной, т. е. представляет собой раму, на которой намотана одна или две дюжины оборотов проволоки, и которая плоскостью своей повернута в направление отдаленной передаточной станции; отправительная же антенна, в свою очередь, бывает протянута в направлении оси или перпендикуляра к плоскости рамы. Этим способом переговоры могут происходить без помехи.

Радиотрансляция и беспроволочная телефония. Речь абонента, говорящего в телефон обыкновенной сети, может быть также автоматически передана по радио на приемную рамку, соединенную с другой телефонною сетью, и при помощи ламповых усилителей снова повторена требуемому абоненту, принадлежащему к третьей телефонной сети. Этим способом была передана речь с корабля, находившегося в Атлантическом океане, на континент, затем через Соединенные Штаты по проводу в Лос Анжелос и, наконец, повторена на один остров (Санта Каталина) Тихого океана снова при помощи радио, при чем весь этот путь был проделан без вмешательства человека—все повторения совершались автоматически, при помощи ламповых усилителей.

ГЛАВА V

Направленная беспроводная телеграфия и телефония.

Когда антенна состоит из простого вертикального провода, или имеет форму веера или зонтика, то излучаемые ею затухающие или незатухающие электромагнитные волны распространяются равномерно во всех направлениях, как свет открыто со всех сторон фонаря, установленного на верхушке маяка. На известных расстояниях эти волны могут быть уловлены надлежащим образом настроенной приемной антенной и могут, следовательно, передать радиотелефонные сигналы или радиотелефонную речь и музыку.

С другой стороны, такая вертикальная или симметричная приемная антенна может улавливать соответственно настроенные электрические волны, откуда бы эти волны ни прибывали; но лицо, принимающее их, не в состоянии определить направление, которое их посылает. Это равномерное

рассеивание волн, посылаемых широкоэмиттерными станциями, имеет большие преимущества; возможность приема их из любых направлений особенно важна в сношениях кораблей друг с другом. Однако, бывают случаи, когда мы желаем возможно более ограничить распространение электрических волн и посылать их только в одном направлении, а также точно знать направление, откуда волны прибывают на приемную станцию, так чтобы локализовать источник сигналов. Разработкой этих методов занимается особая отрасль нашей темы, называемая направленной беспроволочной телеграфией и телефонией

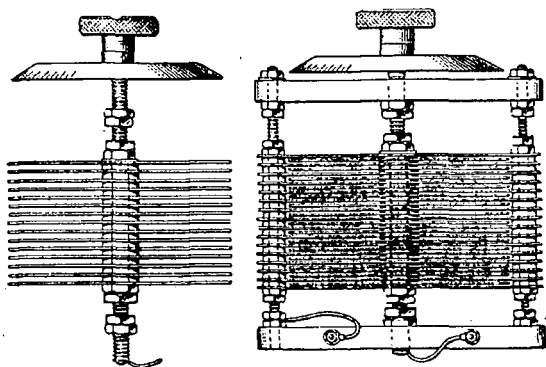
Аналогия с излучением света. Когда мы желаем ограничить излучение света так, чтобы свет фонаря распространялся только в одном направлении, то это достигается установкой вогнутого параболического зеркала за источником света или выпуклой стеклянной линзы перед этим источником, как, например, в фонарях автомобилей, карманных электрических фонариках или маячных фонарях.

С известными ограничениями то же самое может быть сделано с электромагнитными волнами, употребляемыми в беспроволочной телефонии и телеграфии. Эти последние волны по существу той же самой природы, что и световые волны, с тем только различием, что длина волны или кратчайшее расстояние от гребня до гребня двух световых волн представляет собою ничтожно малую

долю миллиметра, тогда как длина радиотелеграфных волн достигает несколько сот или тысяч метров. Существенным условием для отражения этих волн является величина зеркала, так как размеры его должны соответствовать длине волны. Поэтому, если мы желаем отразить свет вольтовой дуги так, как он отражен в карманном электрическом фонарике, и пустить его в одном направлении, то нам нужно только поставить за источником света посеребренное параболическое зеркало диаметром в один или два фута так, чтобы источник света располагался в точке, называемой фокусом зеркала, и чтобы все лучи, падающие на зеркало, были отражаемы вперед параллельно оси зеркала.

Отражение электрических волн. То же самое может быть сделано с короткими электрическими волнами, длина которых не превышает нескольких дюймов или нескольких футов. Для этой цели Герц пользовался параболически расположенными металлическими зеркалами; и Маркони в своих ранних экспериментах в области радиотелеграфии отражал таким же образом короткие электрические волны на расстоянии одной или двух миль. Если, однако, нам нужно направить в определенную сторону электрические волны, имеющие длину 50 или 100 футов, то для этого понадобились бы параболические зеркала огромных размеров; и если эти зеркала делать из листового металла, то они будут скоро опрокинуты ветром.

Однако, оказалось возможным соорудать большие зеркальные каркасы из тонких проволок, протянутых между опорами надлежащих размеров, так что эти зеркала могут отражать электрические волны длиною, скажем, в 30 или 50 футов, и в то же время поверхность их не настолько ве-

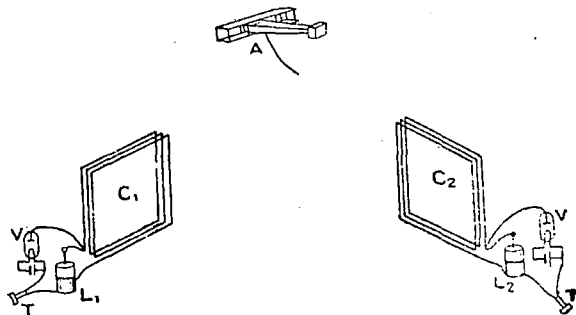


Фиг. 61. Конденсатор переменной емкости, состоящий из некоторого числа полудисковых металлических пластинок, при чем половина их прикреплена к раме, а другая — к вращающейся оси.

лика, чтобы на них оказывала большое влияние сила ветра.

Электрическое „зеркало“. На практике эти установки состоят из мачты или башни, к которым прикреплены на двух разных уровнях изогнутые в форме параболы тросы. Между этими тросами протянуто некоторое число вертикальных проволок,

образующих как бы поверхность параболического цилиндра. В фокусной линии помещена вертикальная антенна, представляющая собою вибратор Герца, в котором посредством генерирующей лампы возбуждаются электрические колебания с частотой, соответствующую длинам волн от 10 до 15



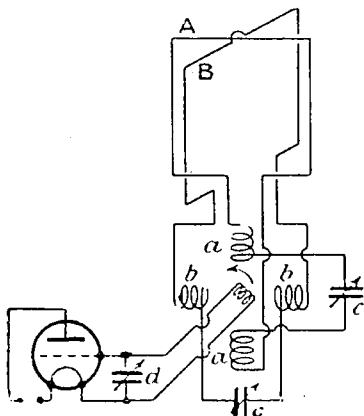
Фиг. 62. Диаграмма, изображающая способ определения местонахождения отдаленного аэроплана, имеющего радиопередатчик посредством двух рамочных антенн C_1 и C_2 , способных поворачиваться, и соединенных с конденсаторами L_1 , L_2 , ламповыми детекторами V_1 , V_2 и телефонами T .

метров (фиг. 59 и 60). Таким способом пускается в определенном направлении „электрический луч“, который может быть принят при помощи другого подобного каркасного зеркала и антенны. Именно так Маркони и его ассистенты из Компании Беспроволочного Телеграфа передавали по радио речь из Лондона в Бирмингем, пользуясь при этом волнами приблизительно в 15 метров. За грани-

нами луча, в направлениях с ним не совпадающих, волны не могут быть уловлены. Луч этот локализуется в определенной области подобно световому лучу карманного фонарика.

Рамочная антенна. Чтобы иметь возможность объяснить другой метод, при помощи которого в известной степени может быть достигнут тот же эффект, необходимо предварительно рассмотреть приемную способность простого вертикального провода или открытой антенны и рамочной или замкнутой антенны. Наматываем на большую деревянную раму, сделанную из двух перекрещивающихся брусьев, несколько оборотов проволоки и присоединим концы этой проволоки к зажимам воздушного конденсатора переменной емкости (фиг. 35). Этот воздушный конденсатор может состоять из известного числа неподвижно укрепленных полукруглых металлических пластинок, между которыми, не прикасаясь к ним, помещены в перемежку другие полукруглые металлические пластинки, прикрепленные на надлежащих расстояниях к пруту, который можно вращать рукою. Когда подвижные пластинки помещены как раз между неподвижными пластинками, то два ряда пластинок образуют обкладки лейденской банки, в которой диэлектриком является заключенный между ними воздух. Путем вращения подвижных пластинок так, что они, то в большей, то в меньшей степени, входят между неподвижными пластинками, электрическая емкость конденсатора может

быть изменяема. Эта емкость измеряется единицами, называемыми микрофарадами или микромикрофарадами, составляющими одну миллионную часть микрофарады (фиг. 61). Рамочная антенна, из-



Фиг. 63. Диаграмм, изображающая принцип метода Артома-Беллини-Този направленной беспроволочной телеграфии. А и В суть две соединенные друг с другом рамочные антенны, плоскости которых расположены вертикально и под прямым углом друг с другом.

готовленная вышеописанным способом, обладает некоторой самоиндукцией, и когда ее концы соединены с конденсатором, то ей присуща определенная естественная частота электрических колебаний; иными словами— когда свободные электроны в ее проводах получают импульс, они вибрируют взад и вперед с определенной скоростью.

Если теперь мы построим эту рамочную антенну на частоту приходящей электрической волны, и если мы поместим плоскость ра-

мы вертикально и перпендикулярно направлению приходящей волны, то в раме не будет возбуждено никаких колебаний. Это объясняется тем, что проволоки на противоположных сторонах рамы пересекаются прибы-

вающею волною в один и тот же момент, и, следовательно, с обеих сторон рамы возбуждаются равные, но противоположные электродвижущие силы.

Если же мы поворачиваем раму таким образом, что ее плоскость оказывается параллельной направлению приходящей волны, то ее передние вертикальные провода пересекаются приближающею волною раньше тех, что находятся позади. Благодаря этому, в рамочной цепи появляется электродвижущая сила, которая возбуждает электрические колебания; следовательно, рама в этом положении принимает сигналы. Отсюда мы можем определить направление отправительной станции, вращая рамочную антенну по вертикальной оси до тех пор, пока сигналы не будут слышаться громче всего. Но при этом остается неизвестной сторона, с которой идет волна.

Определение местонахождения кораблей при помощи радио. Мы знаем, что отправительная станция расположена в направлении плоскости рамочной антенны, но мы не знаем, по какую сторону от рамки она расположена. Предположим, однако, что есть две радиостанции на известном расстоянии одна от другой, и что каждая из них снабжена такою вращающеюся рамочною антенною; предположим далее, что какое нибудь судно, заблудившееся в тумане, или аэроплан, потерявший дорогу в облаках, посылает по радио сигналы. В таком случае наши неподвижные станции мо-

гут одновременно вращать свои рамки, пока сигналы не будут слышимы ими обеими наиболее явно. Если нанести на карту направления, в которых повернуты плоскости обеих рамок, то сигнал должен находиться в точке пересечения обоих этих направлений. Вместо того, чтобы поворачивать рамку в такое положение, при котором сигналы слышатся наиболее громко, что нелегко определить, обыкновенно принято устанавливать рамку в два положения — по одну и по другую сторону от точки нулевой слышимости, в которых сигналы слышатся с одинаковой громкостью. Направление отправительной станции будет лежать, в таком случае, на линии, делящей пополам угол между этими двумя положениями плоскости рамки (фиг. 62).

Влияние кривизны земной поверхности на определение местонахождений кораблей по радио. Следует отметить, что при работе на очень дальние расстояния мы должны считаться с тем фактом, что на сферической поверхности земли линия направления представляет собой части дуги большого круга, а не просто прямую линию, проведенную на плоской карте.

Прибор Артома-Беллини-Този для определения направления. Существует еще и другой метод направленного радио, основанный на изысканиях Артома, Беллини и Този, трех итальянских радиотехников. Согласно этому методу,

две пары прямоугольных или треугольных рамочных антенн устанавливаются в перпендикулярных друг другу плоскостях. Катушки трансформатора этих антенн расположены в нижнем горизонтальном проводе (фиг. 63). Вращающаяся вторичная обмотка трансформатора, соединенная с зажимами конденсатора настройки, может быть повернута так, что будет занимать параллельное положение либо к одной, либо к другой антенной обмотке, либо какое нибудь промежуточное положение. Когда волны пересекают две треугольных антенны, то подвижная обмотка может быть поставлена в такое положение, при котором сигналы слышатся либо наиболее, либо наименее отчетливо. Обе антенны принимают волны и принимают участие в возбуждении колебаний во вращающейся вторичной обмотке, и направление движения волн от передающей станции, которая, как уже было упомянуто, может быть расположена либо по одну, либо по другую сторону от антенны, будет соответствовать направлению оси вторичной обмотки в тот момент, когда сигналы слышатся наиболее громко.

Сравнение обеих систем. Мы видим, следовательно, что существуют две системы направленной беспроволочной телеграфии: одна, при которой две неподвижные станции определяют местоположение (движущейся) отправительной станции, и другая, при которой (движущаяся) приемная станция — аэроплан или корабль — определяет свое

собственное местоположение по отношению к двум или большему числу неподвижных станций, посылающих сигналы. Обе эти системы имеют свои относительные преимущества, и первая из них получила широкое распространение во время европейской войны для нащупывания положения неприятельских воздушных кораблей, аэропланов или военных кораблей, если они отваживались давать сигналы по радио.

Метод Робинсона с перекрещивающимися катушками. Однако, применение одного из двух вышеназванных методов сопряжено с некоторыми затруднениями, которые устранены в третьей системе, называемой методом Робинсона с перекрещивающимися катушками. В этой системе две рамочные антенны неподвижно скреплены под прямым углом друг к другу; но, скрепленные таким образом, они способны вращаться вокруг вертикальной оси. Две обмотки соединены последовательно одна с другою, с конденсатором и с переключателем, который позволяет либо сложить, либо вычесть электродвижущие силы, возбужденные входящими волнами в обеих рамках. Благодаря этому, если провода обеих рамок соединены переключателем, слышимость сигналов очень сильно меняется, за исключением того случая, когда рамочные антенны повернуты таким образом, что плоскость одной из них соответствует направлению движения прибывающих волн. Ошибка на 90° при определении направления исключается таким устрой-

ством рамок, при котором на них наматывается различное число витков проволоки.

Ненадежность ночных наблюдений. Если не принимать в расчет некоторых обстоятельств, которые делают затруднительным определение направления в дневное время, то необходимо признать, что такие определения очень ненадежны и неточны, когда производятся ночью, особенно в часы, близкие к закату и восходу солнца. Ошибки в определении направления отправительной станции, которые могут быть сделаны в это время, колеблются в пределах от 10° до 60° и даже больше. Причина этих неточностей ночных наблюдений коренится в электрических условиях и явлениях земной атмосферы; они будут вкратце рассмотрены в ближайшей главе.

Направленная антенна Маркони. Остается еще упомянуть о другом типе направленной антенны, обладающем некоторыми преимуществами. Если антенна конструируется таким образом, что длина ее горизонтальных проводов, протянутых параллельно земной поверхности, значительно превосходит длину ее вертикальных проводов, как это впервые было сделано Маркони, то такой тип антенны во первых гораздо энергичнее излучает волны в направлении противоположном тому, куда обращены ее свободные горизонтальные концы, а во вторых, лучше принимает волны, посылаемые по этому же направлению. Вследствие этого, когда

две такие антенны расположены рядом друг с другом, т. е. так, что их горизонтальные провода протянуты параллельно друг другу, но их свободные концы обращены в противоположные стороны, то они образуют пару, которая лучше получает и посылает в только что названных направлениях, чем во всех прочих.

Такая антенна представляет собой комбинацию замкнутой или рамочной антенны и простой вертикальной. Ее направляющее свойство, однако, не особенно сильно выражено при работе на большие расстояния, и главный эффект верхнего горизонтального провода заключается в сообщении системы емкости и создании таких условий, что антенна может образовать у своего основания ток более значительной силы.

Читатели, желающие получить более обстоятельное ознакомление с темой направленной беспроводной телеграфии, отсылаются к специальному руководству Уольтера (L. H. Walter) в серии первоначальных технических руководств Питмана. Законы, постановления и способы определения направления при помощи радио даны в („The Year-Book of Wireless Telegraphy and Telephony for 1923“).

ГЛАВА VI

Влияние атмосферных возмущений на радиотелеграфию и радиотелефонию и распространение электромагнитных волн вокруг земли.

При первоначальных попытках передачи сигналов беспроволочного телеграфа через Атлантический океан считались с затруднениями, происходящими от кривизны земной поверхности. Известно, что различного рода волны огибают предметы, встречающиеся на их пути; величина этого огибания, или—как его называют—диффракции, определяется отношением длины волны к размерам предмета, стоящего на ее пути. Так, оркестр, играющий на другой стороне дома или небольшого холма, бывает слышен, потому что звуковые воздушные волны огибают дом или небольшой холм. Но очень большие предметы создают как бы звуковую тень. Таким же образом световые волны, являющиеся очень короткими электромагнитными

волнами, слегка огибают маленькие непрозрачные тела, стоящие на их пути.

В случае электромагнитных волн беспроводной телеграфии неопределенным фактором оставалась величина диффракции, которая должна была иметь место при работе на дальние расстояния. Ведь между двумя пунктами земной поверхности, отстоящими друг от друга, скажем, на 3.000 миль, будет возвышаться, благодаря сферичности земли, как бы гора, высотой в 300 миль, т.е., если мы соединим эти два пункта прямою линиею, то пункт земной поверхности, расположенной посредине между ними, будет возвышаться над этой прямою линией на 300 миль.

Поэтому, когда в 1901 году Маркони удалось впервые переслать сигналы беспроводного телеграфа через Атлантический океан, то физики были повергнуты в изумление. Многие выдающиеся математики были заняты тогда проблемою исчисления степени или процента ослабления, которое должна испытать электромагнитная волна во время своего движения вокруг земного шара.

Посылка электромагнитных волн на большое расстояние. Чем большей мощности достигали радиостанции, тем значительно становились расстояния, на которые передавались радиосигналы: несколько лет тому назад удалось добиться того, что сигналы, посылаемые большою радиостанцией в Карнарвоне (Уэлс, Англия), принимались в Австралии. В настоящее время существует

по крайней мере полдесятка радиостанций, сигналы которых могут быть приняты днем и ночью в любом пункте земного шара, где только существуют надлежащие приемные станции.

Как совершается излучение. Математический анализ этого вопроса показывает, что их огибание земной поверхности не может быть объяснено одною только диффракцией, но в значительной степени обусловлено наличием какой-то отражающей поверхности. В высоких слоях атмосферы, которая мешает посланным радиостанциями электромагнитным волнам удалиться от земли и заставляет их распространяться вдоль земной поверхности. Легко показать на опыте, что электрические волны отражаются от поверхности проводников, и что способность проводников пропускать электрический ток объясняется присутствием в них свободных электронов и положительных ионов.

Условия, в которых находятся верхние слои атмосферы. Слой Хивисайда. Поэтому весьма вероятно, что в верхних слоях земной атмосферы существуют свободные электроны и положительные ионы в количестве, достаточном для того, чтобы сообщить разреженному воздуху значительную электрическую проводимость. Этот верхний проводящий слой был назван слоем Хивисайда, по имени ученого, который высказал гипотезу о его существовании. На основании других наблюдений мы знаем, что электрическая проводимость воздуха,

незначительная у земной поверхности, возрастает по мере нашего восхождения на высоту. Возникает вопрос: каково прохождение этих электронов и положительных ионов, сообщающих проводимость верхним слоям атмосферы?

Происхождение слоя Хивисайда. Нам хорошо известно, что короткие световые волны — более короткие, чем, те, что вызывают в наших глазах ощущение фиолетового цвета и называемые поэтому ультрафиолетовыми лучами — могут ионизировать или разрушать молекулы кислорода, азота и других газов, и освобождать от них электроны. Вследствие этого солнечный свет ионизирует верхние слои атмосферы, но как только солнце скрывается, ионы более или менее восстанавливаются. Кроме того, существует, вероятно, и другой источник ионизации, опять таки связанный с деятельностью солнца. Хорошо известно, что накаленная солнцем атмосфера вся наполнена непрерывно движущимися воздушными токами. Огромные массы металлических паров и газов быстро несутся по направлению к верхним слоям атмосферы. Достигнув более холодных областей, пары сгущаются и образуют частицы различных размеров.

Но световые волны оказывают небольшое давление на все предметы, встречающиеся на их пути, и, в известных границах, чем меньше частицы, тем больше эта отталкивательная сила света по сравнению с притягательною силою тяготения или, как его называют, веса. Для каждого отдельного

вещества существуют такие размеры частиц, при которых эти силы уравниваются; если же частица очень мала, то отталкивательная сила света будет отгонять ее, преодолевая силу тяготения.

Солнечные пятна. Поэтому, когда такие потоки металлических паров имеют место на солнце, о чем свидетельствуют солнечные пятна и протуберансы, то должно происходить образование маленьких частичек, при чем некоторые из них уносятся от солнца с огромною скоростью. Эти частицы будут в большей или меньшей степени наэлектризованы, благодаря действию на них жара и света. Если движущаяся по своей орбите земля случайно натолкнется на такую наэлектризованную пыль, то верхние слои нашей атмосферы, которые состоят преимущественно из водорода и гелия, будут ионизированы.

Однако, земля, как целое, обладает зарядом отрицательного электричества. Происхождение этого заряда нам в точности еще неизвестно. Так или иначе, отрицательный заряд земли заставляет действовать электрическую силу, которая стремится разделить эти положительные ионы и электроны и гонит первые в нижние слои атмосферы.

Связь между грозами и солнечным светом. Положительные и отрицательные ионы, образующиеся в воздухе из молекул газов, обладают способностью сгущать вокруг себя водяные пары. Вследствие этого, при спуске ионов в достаточно

низкие слои атмосферы, происходит образование сильно наэлектризованных облаков, которые состоят из водяных шариков, сгруппированных вокруг наэлектризованного центра.

Эти шарики образуют грозовые облака, и когда в них появляются водяные капли, то их электрический потенциал возрастает, пока, наконец, не происходит электрический разряд между облаком и землею или другим облаком в форме молнии; такой разряд часто сопровождается обильным выпадением дождя, т. е. грозой. Эта ионизация воздуха солнечным светом является, вероятно, причиною того, что долго стоящая хорошая погода обыкновенно сменяется грозой.

Атмосферные электромагнитные волны. Вспышки молнии, представляющие собою электрические искры гигантских размеров, вызывают электромагнитные волны, называемые „атмосферными“ или „блуждающими“, и такие „блуждающие“ волны сильно мешают радиотелеграфной и радиотелефонной связи.

Каждый обладатель хорошего радиоприемника хорошо знает, что и в те моменты, когда широко-вещательные станции бездействуют, в телефоне слышатся шумы, особенно во время солнечного заката и ночью. Эти телефонные шумы представляют собой щелканье, треск, шипенье и скрип. Они длятся короткое время, прекращаются и затем снова возникают, при чем в одни вечера они бывают гораздо более интенсивными, чем в другие. Они

мешают телефонной речью, делают со неразборчивой и служат большой помехой для радиотелеграфии, ибо часто бывают похожими на сигналы азбуки Морзе, особенно на *e*, *i* или *s*, состоящие из одной, двух или трех точек, или телефонных тиканий. Такие „атмосферные“ волны наблюдаются гораздо чаще и достигают большей силы в тропических широтах.

Несколько фактов, касающихся радиосвязи. Есть два или три замечательных факта, которые известны уже с самых первых дней беспроволочной телеграфии. Во первых, расстояния, на каких могут быть получены радиосигналы с определенной станции, ночью обыкновенно бывают значительно — в два или три раза — большими, нежели днем. Впервые этот факт был установлен Маркони в 1902 году, во время одной из его поездок по Атлантическому океану.

Корабли, снабженные аппаратом, работающим днем только на 400 миль, ночью часто могут получать и посылать сигналы на 1.000 миль и более. Во вторых, „атмосферные“ волны наблюдаются ночью гораздо чаще, чем днем, особенно велика ненормальность передачи в часы восхода и захода солнца. В третьих, атмосферные волны в одни периоды мешают гораздо больше, чем в другие, и особенно большою помехою является время гроз.

Дневная и ночная передача. Одно из объяснений более короткого действия электромагнитных

волн днем, по сравнению с их действием ночью, таково: в течение дня часть земной атмосферы, обращенная к солнцу, ионизирует в своих верхних слоях ультра-фиолетовыми лучами, и благодаря электрической силе земли положительные и отрицательные ионы до некоторой степени разделяются.

Было математически доказано, что в пространстве, насыщенном ионами, электрическая волна движется несколько скорее, чем в свободном от ионов воздухе. Поэтому можно предположить, что верхние или более высокие части волны, посланной от радиостанции, движутся быстрее и направление луча или волны изгибается книзу, так что этот луч прибивается к земле на расстоянии более коротком, чем это случилось бы, если бы ему не пришлось проходить сквозь ионизированный воздух. Такое явление называется ионным преломлением. От этого путь луча укорачивается. Ночью так же, как и днем, электрические волны распространяются вдоль земной поверхности, главным образом благодаря отражению от постоянно ионизированных верхних слоев атмосферы. Однако, днем ионизация солнечным светом более низких слоев атмосферы приводит к укорочению пути электрических волн вследствие их изгибания книзу.

Возрастание числа атмосферных волн в ночные часы объясняется этою же самою гипотезою. Если эти атмосферные волны обязаны своим происхождением дальним вспышкам молнии, то естественно, что они будут ощущаться ночью в большей степени, чем днем. Во время солнечного заката, а также

при восходе солнца, когда атмосфера ионизирована у поверхности, служащей границей земной тени, ионы начинают вступать в иные комбинации или возрастать в числе и давать место электрическим разрядам, порождающим блуждающие волны, нарушающие работу радиостанций.

Большинство постоянных шумов, которые слышатся в дневное время, вероятно обязаны своим происхождением электрическим разрядам и новым комбинациям ионов в верхнем слое атмосферы — слое Хивисайда.

Уничтожение действия атмосферных волн. Было предложено много методов исключения влияния этих блуждающих волн на радиоприемные аппараты так, чтобы при этом не терпели ущерба волны, несущие сигналы или речь.

Однако, ни один из этих методов нельзя назвать вполне удовлетворительным. Когда блуждающая волна пересекает антенный провод, она возбуждает в нем электрические колебания с естественным для приемных цепей периодом. Благодаря этому мы не можем парализовать возмущение настройкой приемника на волну определенной длины. Как гонг, получая отрывистый удар барабанной палочки, издает продолжительный звук, высота которого определяется естественной частотой его колебаний, так и каждая блуждающая волна приводит радиоприемную цепь в более или менее продолжительное колебание, частота которого определяется настройкой цепи. Однако, хорошо

известно, что цепи, настроенные на короткие волны, скажем, волны длиной в 300 или 400 метров, менее подвержены действию атмосферных волн, чем цепи, настроенные на очень длинные волны. Точно так же рамочные антенны пахотятся в более благоприятных условиях, чем антенны из наружных проводников. Было найдено, что длинный провод, уложенный приблизительно на глубине фута во влажной почве, может принимать волны от станции, лежащей в его направлении, и что такие подземные провода менее подвержены влиянию блуждающих волн, чем воздушная антенная сеть.

Многие из этих блуждающих волн как будто исходят из верхних слоев атмосферы и могут быть уничтожены таким расположением антенных проводов, при котором они способны принимать только волны, движущиеся в горизонтальных направлениях.

Шумы. Большинство отрывочных коротких волн, создающих щелкающие и шипящие звуки в приемном телефоне, повидному, происходят от близких или далеких вспышек молнии; что же касается других, более продолжительных шумов, то возможно, что они идут из верхних слоев атмосферы и являются результатом перегруппировки понов с противоположными зарядами.

Своеобразной особенностью некоторых из этих „атмосферных“ волн является то обстоятельство, что они идут всегда по некоторым определенным направлениям, как бы исходят из какой-то одной области.

Уничтожение атмосферных волн в транс-атлантической радиосвязи. Так, при приеме радиосигналов, прибывающих в Англию из Соединенных Штатов, преобладающим направлением, по которому приходят в Англию атмосферные волны, является юго-юго-восточное направление. Сигнальные же волны идут по северо-западному направлению. Это обстоятельство позволяет нам исключить значительную часть атмосферных волн путем устройств направленных приемных цепей.

Большая часть атмосферных возмущений будет исключена, если мы используем преимущество, даваемое нам определенностью направления блуждающих волн по отношению к приемной станции, и расположим антенны так, чтобы они были обращены в этом направлении своей невоспринимающей частью.

Необходимость дальнейших изысканий. Весь этот вопрос о природе и происхождении атмосферных или блуждающих электромагнитных волн служит в настоящее время предметом очень тщательных исследований. Изобретен метод наблюдения и записи тока, вызванного в приемной цепи, под влиянием этих атмосферных возмущений; прибор, посредством которого производится такая запись, называется катодный осциллограф. Было установлено, что существуют различные типы возмущений; их изучение и классификация является необходимым условием для нахождения верного метода уничтожения их мешающего действия на сп-

гналы. Однако, необходима еще большая работа прежде, чем это весьма неприятное мешающее явление в радиосвязи будет окончательно устранено.

Когда блуждающие волны достигают особой силы, то отправительная станция часто бывает вынуждена затрачивать энергию в шесть или восемь раз большую, чем нормально, для того, чтобы посылаемые ею сигналы покрывали шумы атмосферных волн и были слышны в телефон дальней приемной станции. Здесь дело обстоит совершенно так же, как с оратором на митинге. Если его аудитория спокойна, то ему приходится делать самое незначительное усилие, чтобы слова его были слышны всем. Но если доносится какойнибудь шум извне или аудитория разговаривает, то ему приходится сильно напрягать свой голос для того, чтобы он был слышным в дальних концах зала.

Когда проблема уничтожения блуждающих волн будет, наконец, разрешена, то для передачи радиотелеграфных сигналов на дальнейшее расстояние можно будет обойтись гораздо меньшей энергией, чем та, которая тратится в настоящее время, и радиотелефония на дальние расстояния достигнет вполне удовлетворительного состояния.

Беспроволочная телефония является поистине изумительным практическим применением научных открытий и перед нею открыты самые широкие горизонты. Кажется сказочной мысль, что в будущем, и, вероятно, не очень далеко, обыкновенный человеческий голос может быть слышен в любой точке земной поверхности.

ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стран.	
Предисловие	3—6	
Глава I. Общие принципы радиотелеграфии и радиотелефонии.		
Введение. — Молекула. — Электрон. — Ион. — Относительные размеры составных частей атома. — Что называется наэлектризованным телом. — Проводники и не-проводники. — Электролинии. — Магнитные силовые линии. — Электромагнитные волны. — Вибратор Герца. — Затухающие колебания. — Простейший способ обнаружения электромагнитной волны. — Когерер. — Первый аппарат Маркони. — Попытки сношения через Ламанш. — Значение и важность настройки. Синтонические цепи. — Антенная и заземленная цепь. — Данное Лоджем объяснение важности синтонии в беспроволочных установках. — Искровая система Маркони. — Излучающий волны аппарат. — Приемный аппарат. — Удержавшиеся до настоящего времени типы детекторов. — Магнитный детектор. — Вентиль Флеминга. — Кристаллические детекторы: карборундовый, молибденитовый, цинковый, халкопиритовый и из свинцового блеска. — Применение беспроволочной телеграфии во флоте		7—35

Глава II. Радиотелеграфные и радиотелефонные передатчики незатухающих колебаний.

Стран.

Вольтова дуга, как генератор. — Поющая дуга Дудделя. — Дуга Паульсена. — Прием незатухающих волн. — Недостатки дуги Паульсена. — Альтернаторы высокой частоты. — Альтернатор Гольдшмидта. — Альтернатор Александерсона. — Альтернатор Латура и Бетено. — Катодная лампа, как генератор колебаний высокой частоты. — Трехэлектродная лампа — „Жесткие и мягкие“ лампы. — Ток и потенциал анода. — Потенциал сетки. — Отношение между потенциалами анода и сетки и током пластинки. — Характеристика трехэлектродной лампы. — Взаимодействие между цепями анода и сетки. — Необходимые для колебания условия. — Характер колебаний, генерируемых катодными лампами. — Ламповые генераторы высокой мощности. — Кварцевые катодные лампы. — Металлически-стеклянные катодные лампы. — Лампы Флеминга высокой мощности. — Карнарвонская станция. — Устарелость искровых систем. — Батареи для напряжения анода. — Генераторы анодного напряжения. — Ламповый выпрямитель Флеминга. — Управление током антенны. — Трансформаторы, повышающие частоту. — Альтернаторы высокой частоты и дуги Паульсена

36—66

Глава III. Аппараты для приема радиотелеграфных сигналов и радиотелефонной речи и музыки.

Прием сигналов в искровой телеграфии. — Катодная лампа, как усилитель. — Катодная лампа, как детектор в искровой телеграфии. — Усилители низкой частоты. — Прием незатухающих колебаний. — Частота и длина волны: простое правило. — Регенеративная связь. — Связь посредством варкометра. — Сверхрегенеративная схема Армстронга. —

Объяснение устройства этой схемы.—Механическая аналогия.—Свойство темнионной лампы.—Антенна.—Простая однопроводная антенна.—Рамочная антенна.—Как обнаруживаются сигналы.—Трех-электродная термнионная лампа, как детектор.—Связь посредством трансформатора.—Связь при помощи сопротивлений.—Схема приемника Маркони из 5 или из 7 катодных ламп.—Запись радиотелеграфных сигналов, посылаемых с большой скоростью.—Ондулятор.—Пишущий аппарат Мак Леклена.—Букво-печатающие телеграфные приемники.—Звучащие и фотографирующие регистраторы 67—94

Глава IV. Радиотелеграфные и радиотелефонные станции.—Работа на дальние расстояния и широковещение.

Ранние опыты.—Станция в Полдью.—Метод возбуждения антенны.—Первые сигналы, переданные через океан.—Станция в Клифдене и в Глэс-Бэй.—Система наложения колебаний.—Станция с дугой Паульсена.—Станции с альтернаторами высокой частоты.—Ламповые генераторы станции Карнарвона.—Длины волн, наиболее подходящие для работы на дальние расстояния.—Станции дальнего действия.—Машинная передача телеграмм.—Передачик Уитстона.—Антенны радиостанций.—Антенна, установленная в определенном направлении.—Корабельные антенны.—Передающие антенны большой мощности.—Антенный ток.—Мощность антенны.—Сопротивление излучения.—Коэффициент полезного действия излучения.—Тип антенны Александерсона.—Практический пример антенны Александерсона.—Земляной экран.—Устройство радиотелефонной отправительной станции.—Широковещательные станции.—Воздухоплавание и беспро-

волочная телефония. — Комбинация беспроводного и обыкновенного телефона. — Разговоры без переключения. — Радиотрансляция и беспроводная телефония	95—125
---	--------

Глава V. Направленная беспроводная радиотелеграфия и радиотелефония.

Направленная беспроводная телеграфия. — Аналогия с излучением света. — Отражение электрических волн. — Электрическое зеркало. — Рамочная антенна. — Определение местонахождения кораблей при помощи радио. — Влияние кривизны земной поверхности на определение местонахождения кораблей по радио. — Прибор Артома-Беллин-Този для определения направления. — Сравнение обеих систем. — Метод Робинзона с перекрещивающимися катушками. — Ненадежность ночных наблюдений. — Направленная антенна Маркони. . . .	126—138
---	---------

Глава VI. Влияние атмосферных возмущений на радиотелеграфию и радиотелефонию и распространение электромагнитных волн вокруг земли.

Посылка электромагнитных волн на большие расстояния. — Как совершается излучение. — Условия, в которых находятся верхние слои атмосферы. Слой Хивисайда. — Происхождения слоя Хивисайда. — Солнечные пятна. — Связь между грозам и солнечным светом. — Атмосферные электромагнитные волны. — Несколько фактов, касающихся радиосвязи. — Дневная и ночная передача. — Уничтожение действия атмосферных волн. — Шумы. — Методы уничтожения атмосферных волн в трансатлантической радиосвязи. — Необходимость дальнейших изысканий	139—150
---	---------

6х
Цена ~~60~~ к.

5
—
623

СКЛАД ИЗДАНИИ:

Магазины «ACADEMIA»

Ленинград, пр. Володарского, 40. Телеф. 138-98.

Москва, 1) Тверская, 29, телеф. 545-13. 2) Моховая, 26.