

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«НОВГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ ЯРОСЛАВА МУДРОГО»

ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ ТЕХНИКИ РАДИОПРИЕМА

Конспект лекций

Великий Новгород
2017

УДК 621.396
ББК
И90

Печатается по
решению кафедры
Радиосистем НовГУ

Р е ц е н з е н т

кандидат технических наук **А. В. Кузнецов**

История развития техники радиоприема: конспект лекций /
И90 сост. Социлин А.В.; НовГУ имени Ярослава Мудрого. – Великий
Новгород. – 2017. – 61с.

Конспект лекций содержит материал по основным
историческим этапам развития радиоприемной техники.
Предназначен студентам, обучающимся по направлению
11.03.01– Радиотехника

УДК 621.396
ББК 32.849

© Новгородский государственный
университет, 2017
© А. В. Социлин, составление,
2017

СОДЕРЖАНИЕ

ЛЕКЦИЯ 1. ДОЛАМПОВЫЙ ПЕРИОД	4
ЛЕКЦИЯ 2. ПЕРИОД ЛАМПОВОЙ ТЕХНИКИ	30
ЛЕКЦИЯ 3. ПЕРИОД ПОЛУПРОВОДНИКОВОЙ ТЕХНИКИ	48
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	57
ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ	58
РЕСУРСЫ ИНТЕРНЕТ ПО ИСТОРИИ РАЗВИТИЯ ТЕХНИКИ РАДИОПРИЕМА	61

Лекция 1

ДОЛАМПОВЫЙ ПЕРИОД

Исследование электрических явлений в XVIII веке. Некоторые даты и события.

1745 г. весна. В Голландии Питер Мушенбрек изобрел устройство, которое стали называть «**лейденской банкой**». Осенью 1745 г. аналогичное устройство предложил в Померании Э.Клейнст. В банке Мушенбрека обкладками служили жидкость в банке и рука экспериментатора.

Лейденскую банку с фольговыми обкладками почти сразу же предложили в Англии Д.Смитон, Д. Бевис, В.Ватсон и во Франции Ж.Нолле.

Плоский конденсатор на стекле изобрели Д.Смитон и Б.Франклин.

Воздушный конденсатор изобретен в России Ф.У.Т.Эпинусом.

Воздушный конденсатор переменной емкости изобретен спустя почти 150 лет в 1983г. и с 1915г. используется в радиотехнике.

В XVIII столетии активно проводились эксперименты с атмосферным электричеством.

Так И.Г.Винклер, проводивший опыты с зарядом лейденских банок от электростатических машин до состояния пробоя (фактически создавший первый искровой передатчик) был сторонником электрической природы грозы (Мушенбрек был противником этой гипотезы).

В 1752г. гипотеза извлечения искр из облаков была экспериментально подтверждена Б.Франклином.

Примерно в это время было изобретено устройство «электрический колокольчик» Э.Нортоном (заряд и разряд маленького шарика, ударявшего по чашкам звонка)

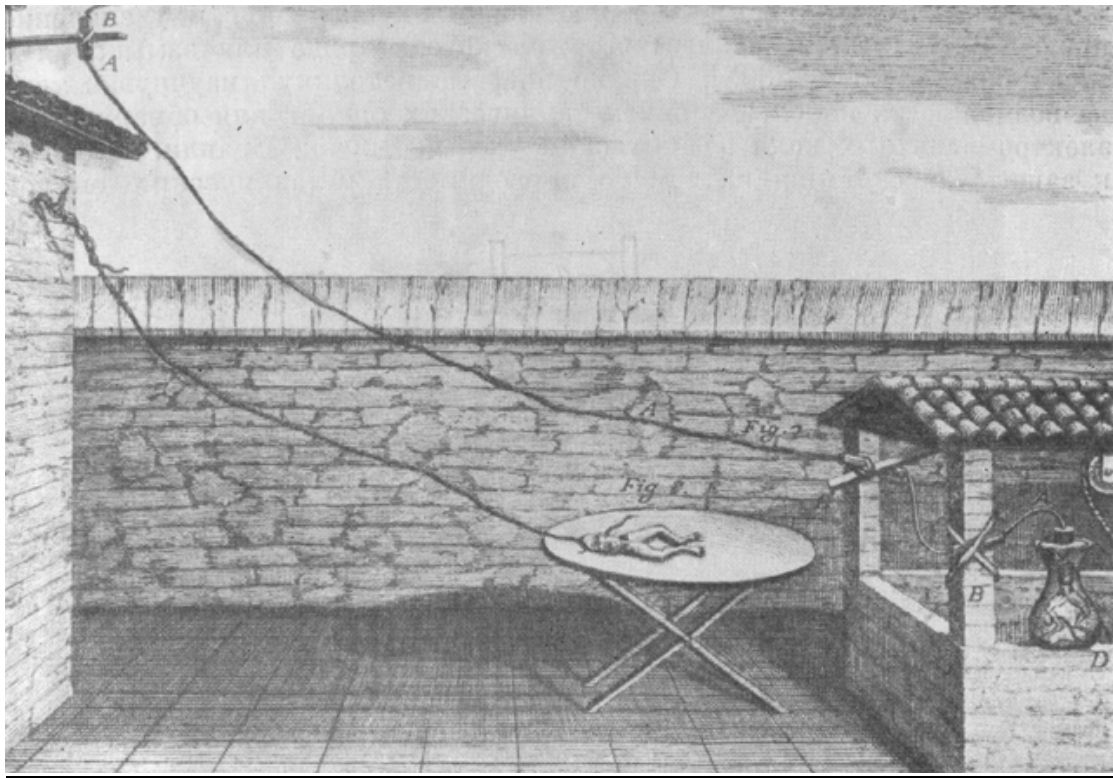
Летом 1753г. с атмосферным электричеством экспериментировали в России М.Ломоносов и Г.Рихман.

В 1770 г. Ж.-Б.Беккария создал автоматический прибор для регистрации грозových разрядов – «кераунограф». Прибор работал по принципу прожигания

отверстий электрической искрой в вощенной бумаге, движимой часовым механизмом.

1780 г. Л.Гальвани проводил опыты с электрическими явлениями в биологических объектах. В 1791 г. используя нерв лягушки, Гальвани удалось осуществить прием электромагнитных волн от работающей электростатической машины. В момент разряда происходило сокращение мышц. (1)

1799г. А.Вольта изобретает «Вольтов столб» - источник электрической энергии.

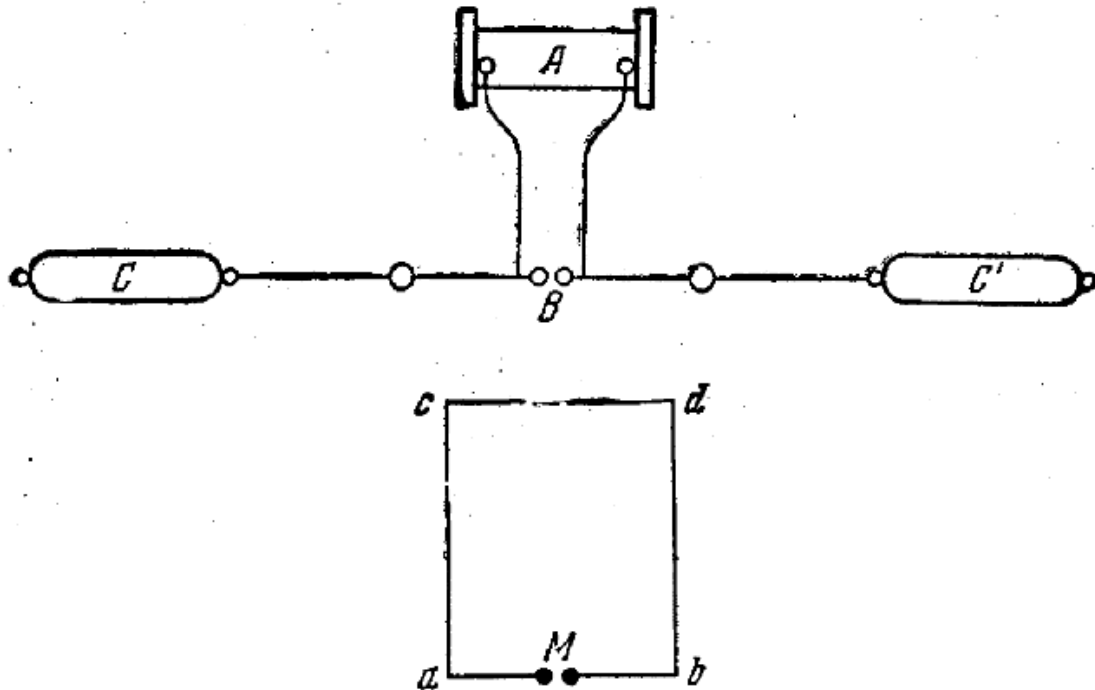


1.Опыт Гальвани [1]

Прием затухающих электромагнитных волн

Опыты Генриха Герца

В 1888г. Генрих Герц представил результаты своих опытов, подтверждающих существование свободных электромагнитных волн. В первых опытах удавалось фиксировать волны на расстоянии 16 м.



2. Вибратор и резонатор Герца [2]

Малый радиус действия объяснялся малой чувствительностью аппаратуры.

Первые когерентные приемники

Дальнейший путь – повышение чувствительности. В основу прибора легло свойство порошков металлов менять свою проводимость под действием ЭМВ.

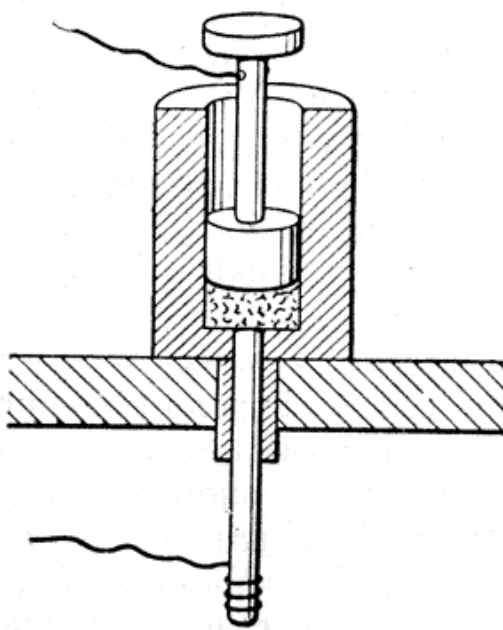
Этому предшествовали исследования:

1850г. Гитар наблюдал соединение частиц пыли при работе электростатической машины.

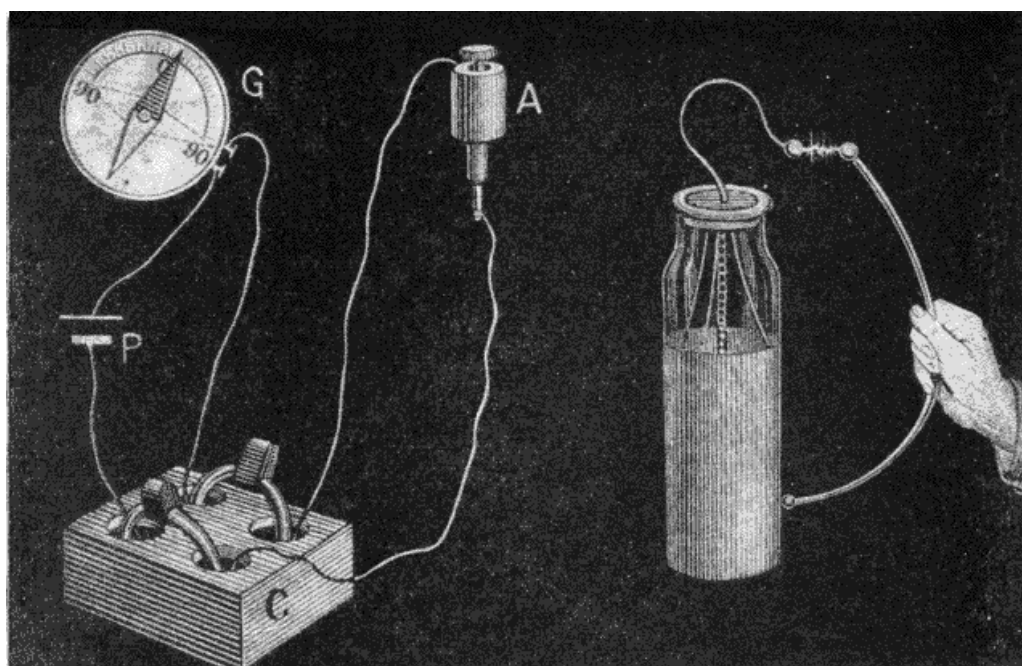
1866г. Варлей наблюдал аналогичное явление с угольным порошком и графитом.

1884 Кальцески-Онести наполнял стеклянную трубку порошками различных металлов и наблюдал из сечение при электрическом разряде вблизи трубки.

Для целей регистрации ЭМВ это явление предложил использовать Эдуард Бранли. (3 и 4) После регистрации разряда трубку Бранли необходимо было встряхивать.



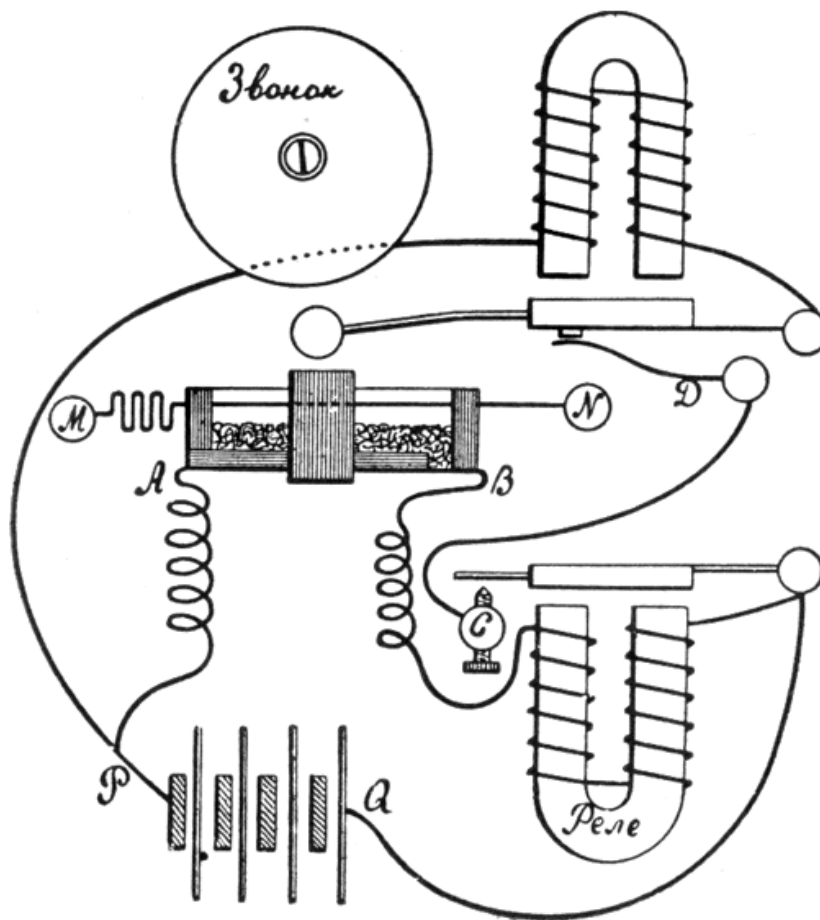
3. Трубка Бранли в разрезе [3]



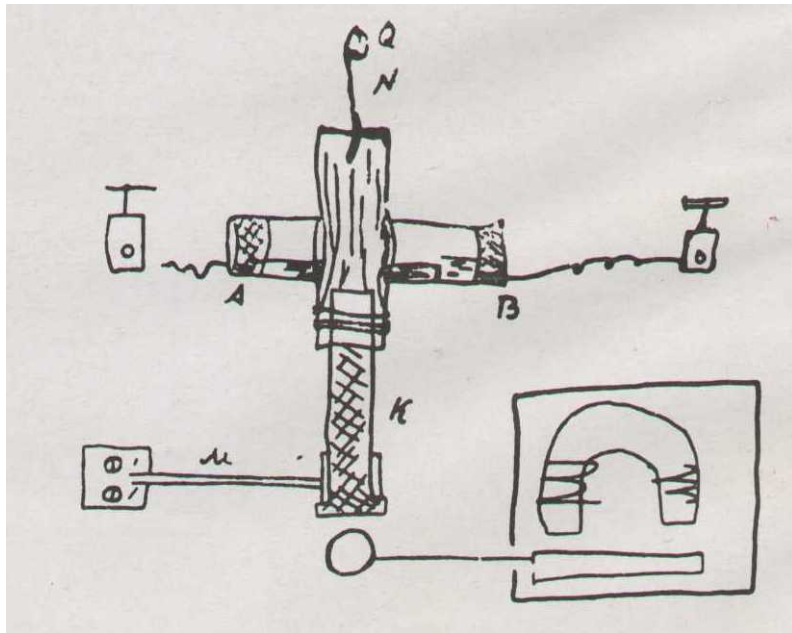
4. Схема Бранли [3]

В 1894 г. Оливер Лодж усовершенствовал трубку Бранли, введя механический встряхиватель. Прибор был назван КОГЕРЕР от английского слова «быть сцепленным». Лоджем была достигнута дистанция 40 ярдов.

Весной 1895г. А.С.Попов продемонстрировал прибор для телеграфирования без проводов посредством радиоволн. (5).



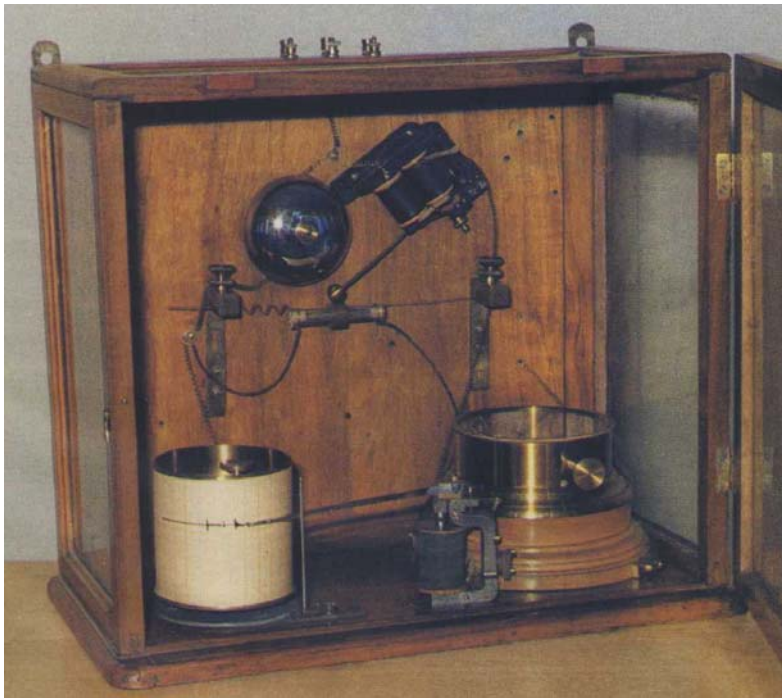
а)



6)



B)

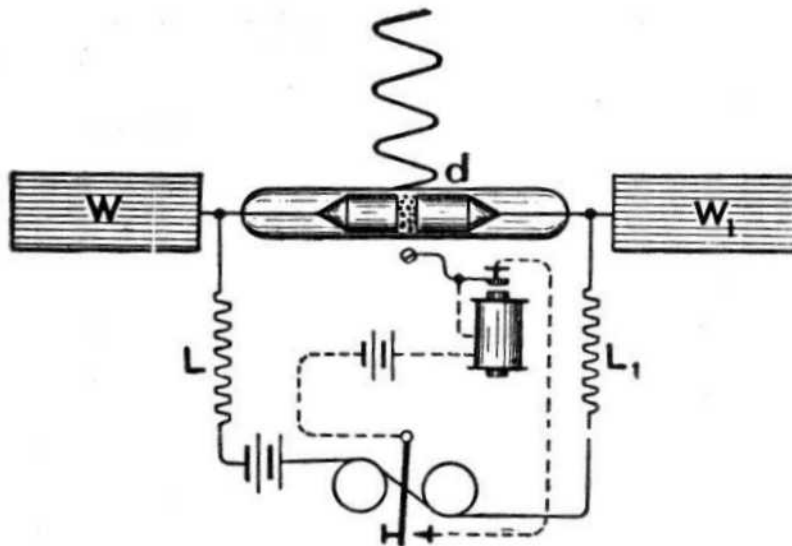


г)

5. Первый приемник А.С.Попова:

- а) схема [4], б) схема радиоприемника, выполненная А.С.Поповым [47],
в) внешний вид [47], г) внешний вид грозоотметчика А.С. Попова [47]

Аналогичную схему имела установка Г.Маркони, заявленная в июне 1896г.

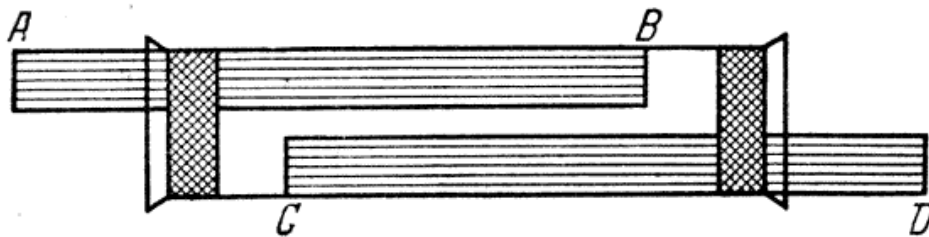


6. Схема приемного устройства Маркони [5]

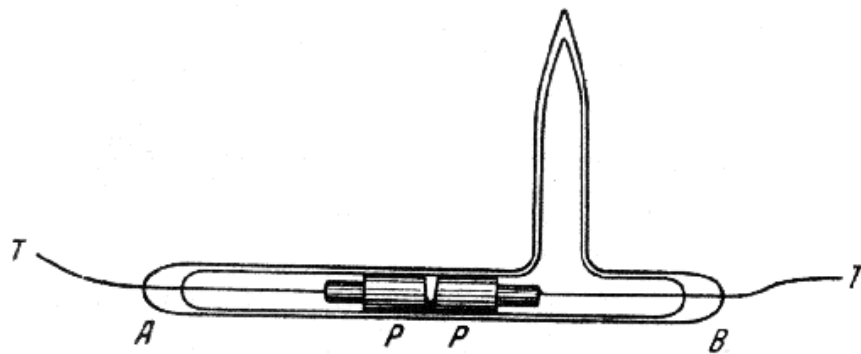
В приемных устройствах Попова и Маркони использовались когереры. В когерере Попова применялся железный или стальной порошок, заполнявший

трубку диаметром 10мм и длиной 60-80мм на половину. Электроды делались из платины, воздух не удалялся.

Когерер Маркони был герметичным и вакуумированным, имел клинообразные электроды, что позволяло менять чувствительность, поворачивая прибор вокруг продольной оси. Состав порошка: 96% никель и 4% серебро.



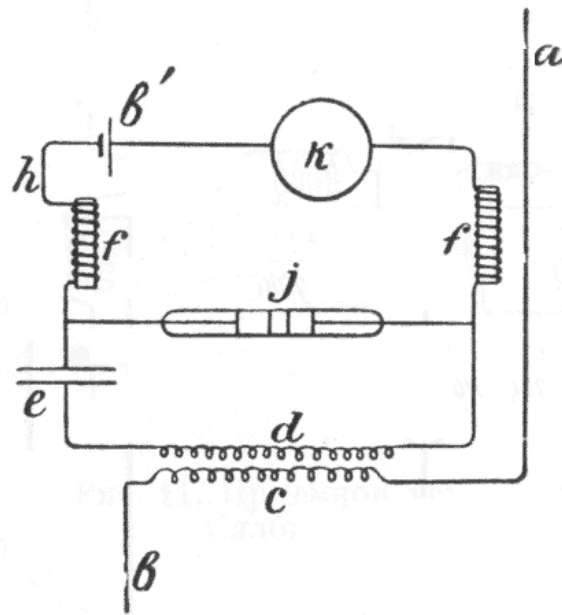
7. Когерер А.С.Попова [4]



8. Когерер Маркони [6]

Многочисленные эксперименты показали, что изменение материала когерера и конструкции мало влияли на дальность приема, поэтому обратили внимание на свойство когереров - увеличивать чувствительность при увеличении подводимого ВЧ напряжения.

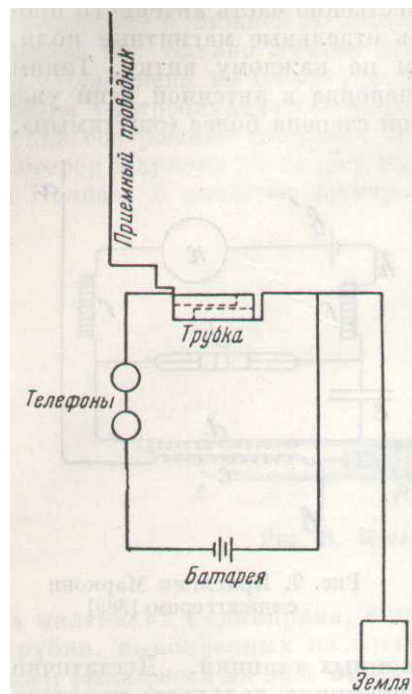
В 1898г появился «джиггер» - ВЧ повышающий трансформатор. Его применил Маркони (9). С помощью «джиггера» удалось увеличить дальность с 30 миль до 85 миль т.е. в 2.5 раза.



9. Приемник Маркони с "джиггером" [7]

10.06.1899г. коллеги А.С.Попова П.Н.Рыбкин и Д.С.Троицкий обнаружили возможность приема на слух. (10).

25.07.1899г. А.С.Попов подал заявку на этот способ телеграфирования без проводов. Схема не требовала встряхивания.



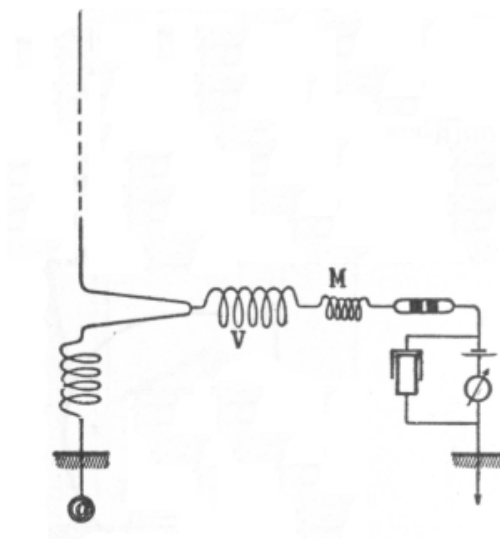
а)



б)

10. Телефонный приемник А.С.Попова:
а) схема [8], б) внешний вид [47]

Иной способ повышения чувствительности предложил профессор Слаби – использование известного распределения тока и напряжения. Повышалась точка включения когерера в место с большим напряжением (ближе к верхнему концу антенны). Приемник настраивался на одну волну.



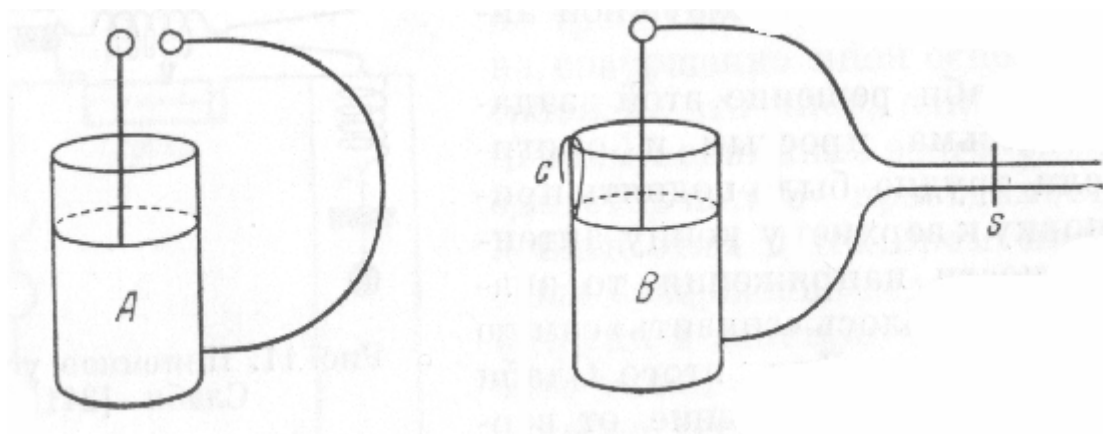
11. Приемное устройство Слаби [9]

Повышение чувствительности и избирательности путем использования электрического резонанса

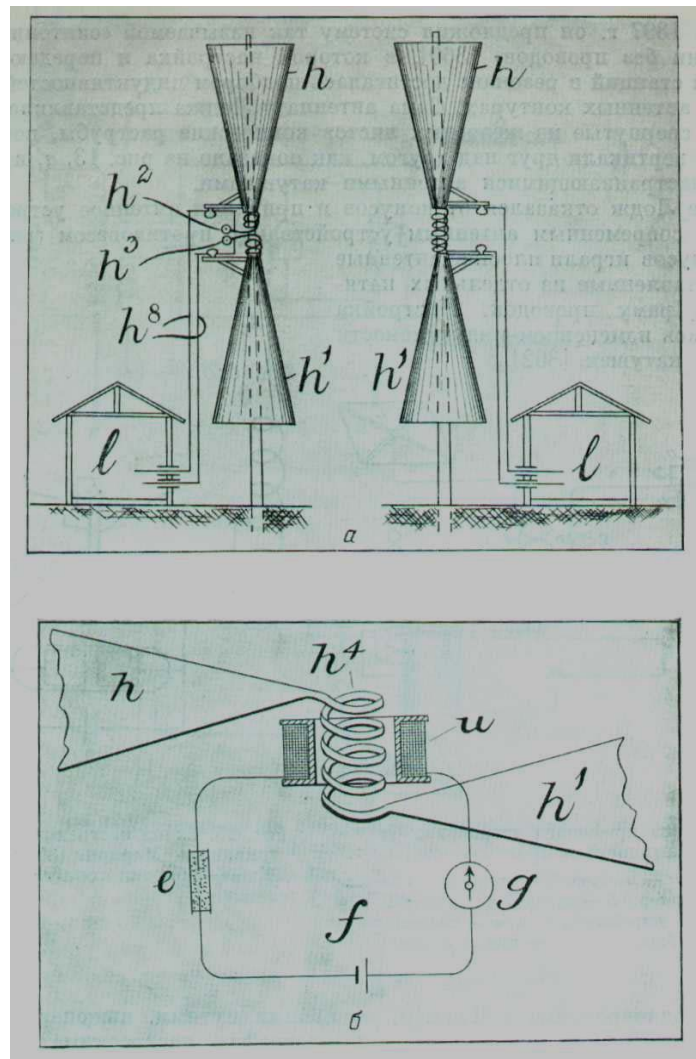
Уже на начальном этапе возникли трудности из-за взаимного влияния передающих станций. Необходимо было разработать средства, позволяющие принимать в одном месте сигналы от нескольких станций. Решение проблемы – передача сообщений волнами различной длины.

Так в технику радиоприема вошел электрический резонанс.

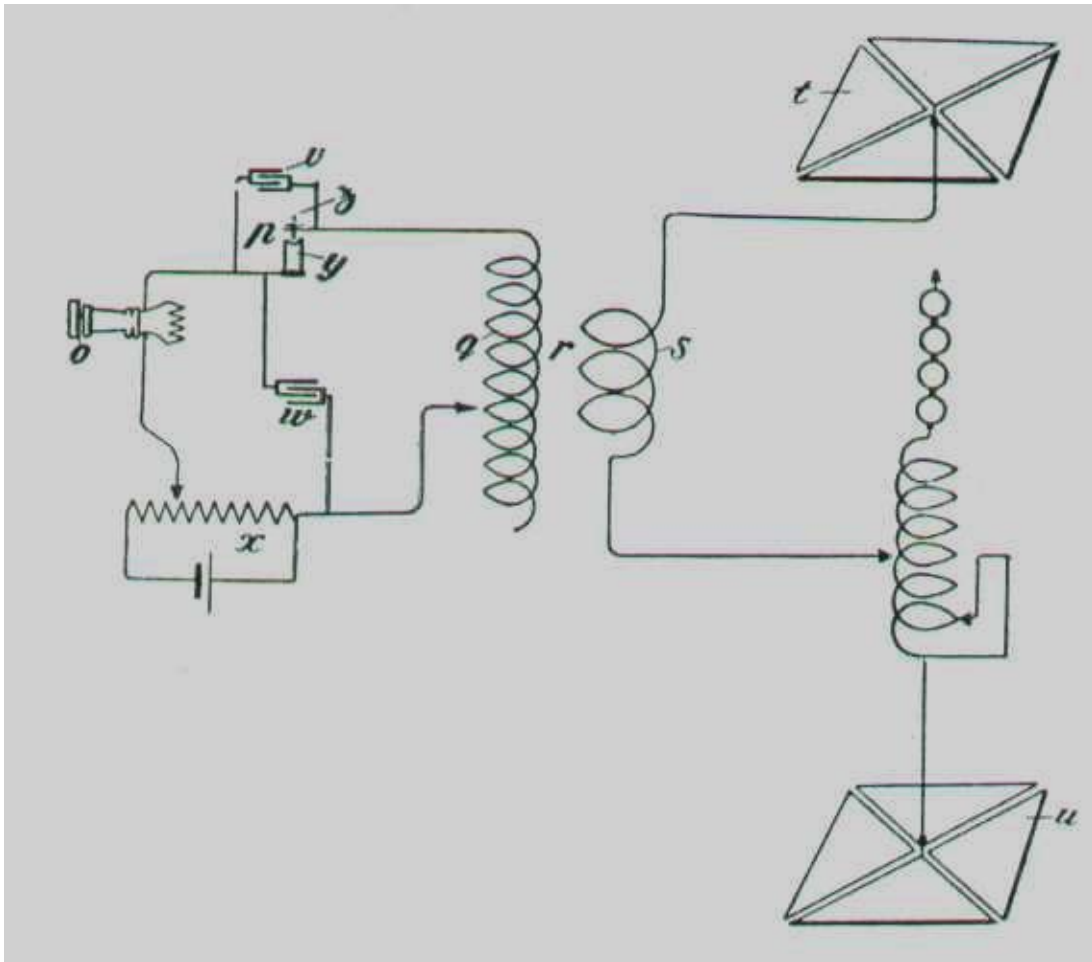
Значительных успехов в этом направлении достиг Оливер Лодж, предложивший ряд практических схем приемо-передающих станций с настройкой на определенную волну. (12, 13, 14).



12. Настраиваемые лейденские банки Лоджа [10]



13. а) передающая и приемная настраиваемые конические антенны Лоджа; б) принимающий трансформатор Лоджа [11]

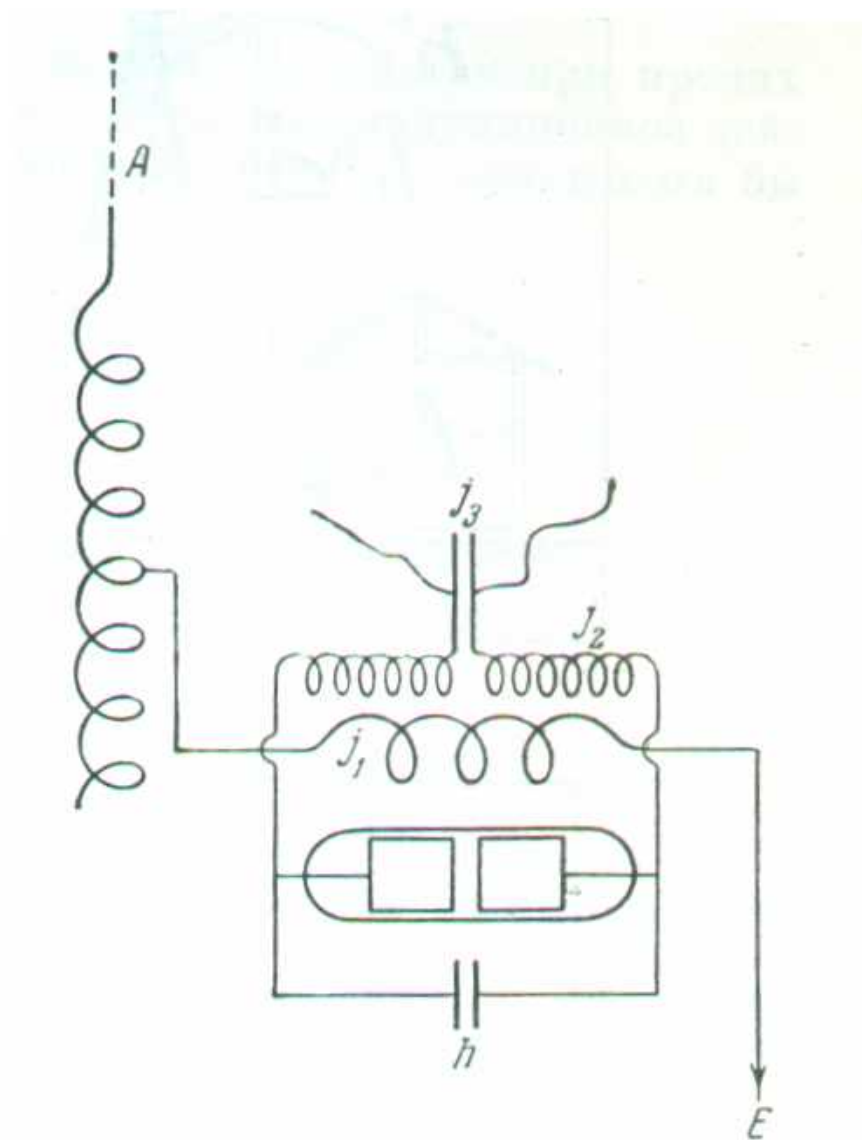


14. Схема приемного устройства Лоджа с плоской антенной и противовесом [12]

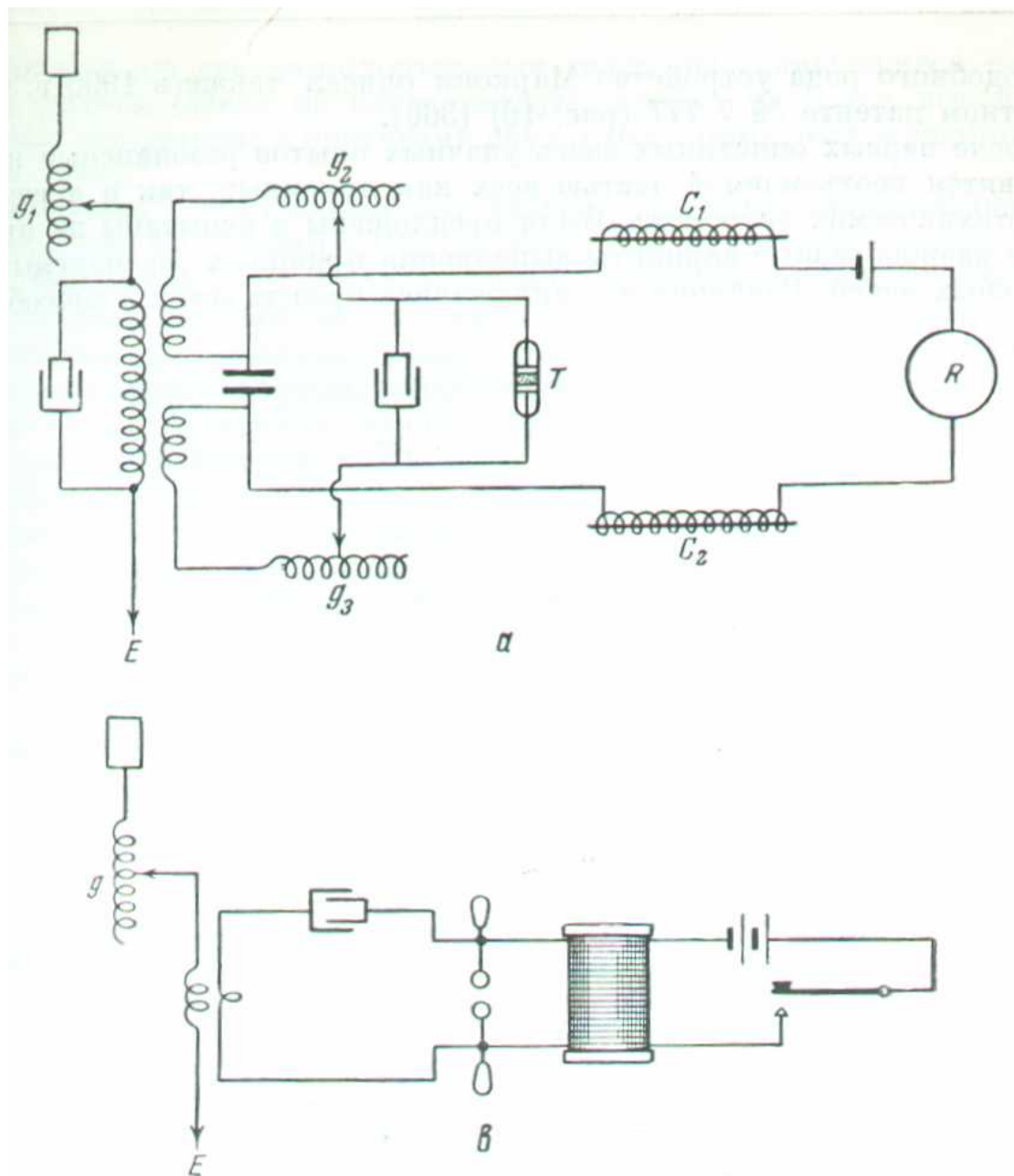
О - телефон; Р - когерер; q - вторичная обмотка; r - трансформатор; S - первичная обмотка; t и u – антенное устройство; v и w – конденсаторы; x – цепь батареи; y и z – детали когерера

Ряд схем настраивающихся передатчиков и приемников предложил Маркони (15, 16)

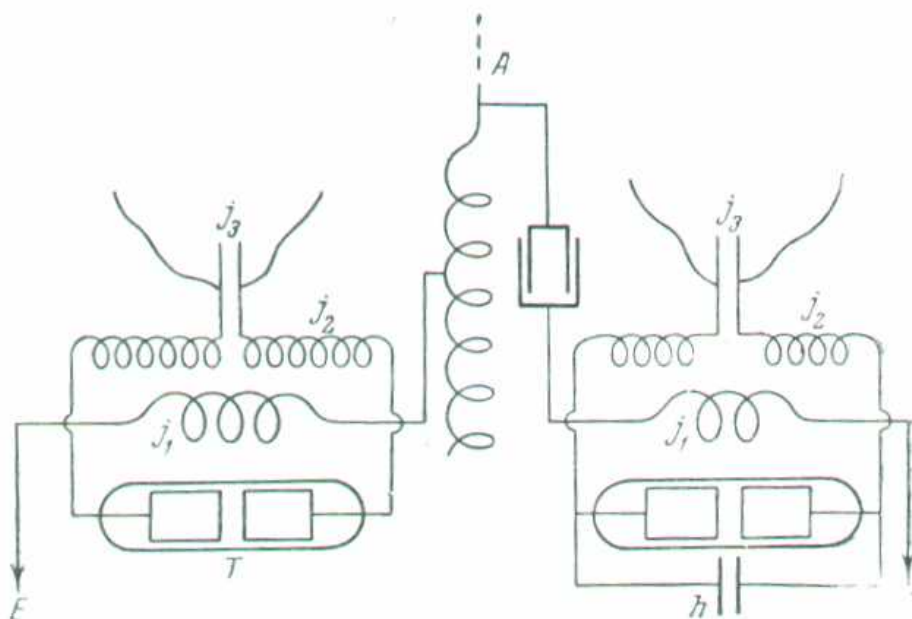
А в 1900г. Маркони изобрел устройство для одновременного приема двух станций в одном месте (17).



15. Схема настраивающегося приемника Маркони [13]
 j_1 , j_2 , j_3 – обмотки «джиггера»



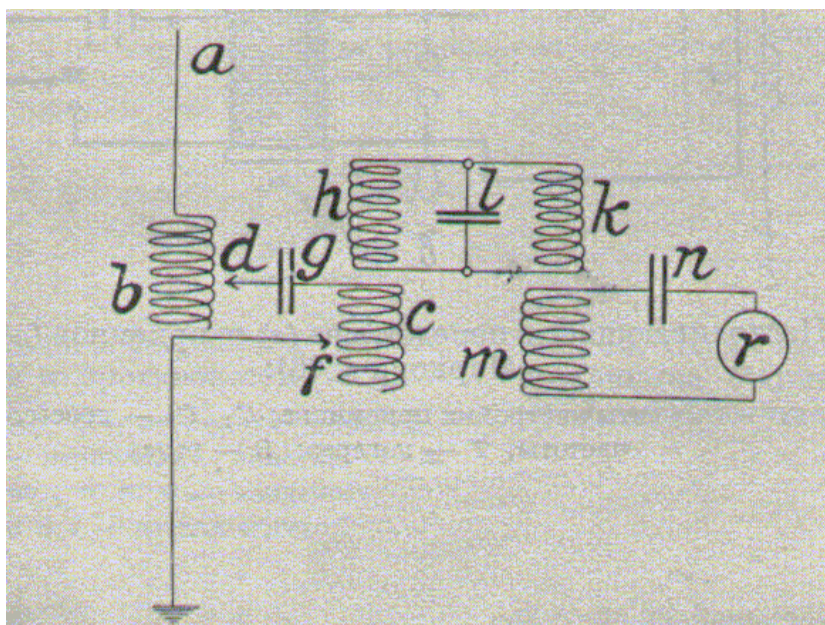
16. Настраивающееся передающее (b) и приемное (a) устройства Маркони [14]
 g_1 , g_2 , g_3 – элементы настройки приемника; C_1 , C_2 – дроссели высокой частоты;
 T – когерер; R – реле



17. Устройство Маркони, позволяющее вести одновременный прием двух станций [13]

Дальнейший существенный шаг был сделан в 1907г.

Дж.Стоун и Франклин предложили многоконтурные системы



18. Схема Франклина [16]

g, l, n, b, c, h, k, m – элементы построения контуров

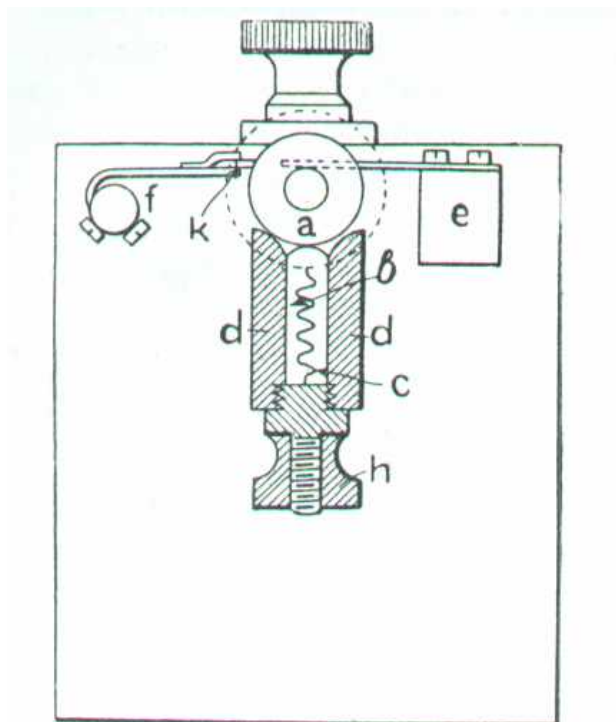
Так к концу 1-го десятилетия XX века резонансные контура прочно вошли в практику радиотелеграфа

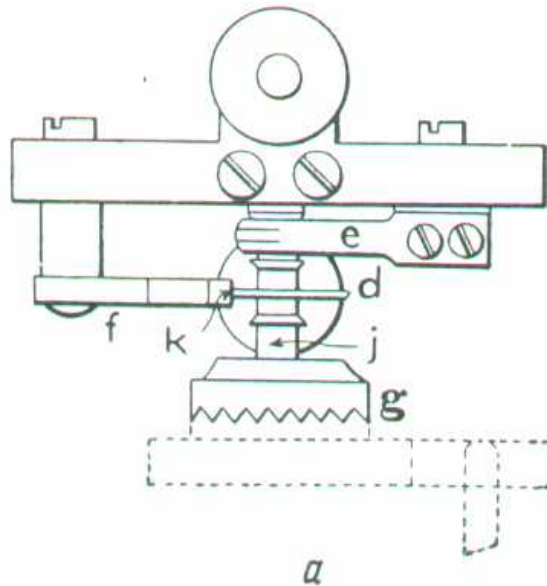
Разработка новых типов волноуказателей

Ртутные детекторы

В 1899г. Томаса Томасина предложил самовосстанавливающийся когерер на основе свойств капли ртути, помещенной в разрез двух полосок латуни. В отсутствии сигнала поверхность капли окислялась и ток не проходил. В момент прихода сигнала окисел разрушался, контакт восстанавливался, а затем опять происходило окисление и разрушение контакта.

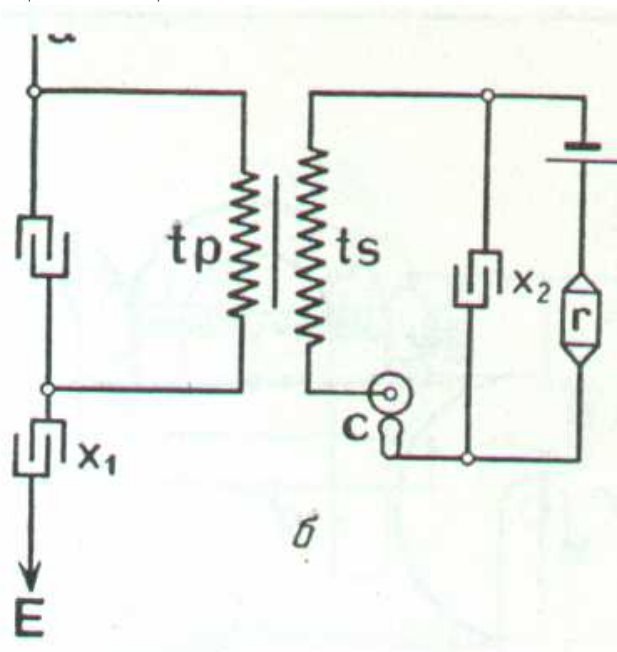
Более совершенным прибором был когерер Лоджа-Мюирхеда-Робинсона 1902г. В нем под действием ВЧ напряжения разрушался очень тонкий слой минерального масла, разделявшего вращающийся электроды и электрод из ртути в форме положительного мениска. (19)





19. а) Когерер Лоджа – Мюирхеда – Робинсона [17]:

a – вращающийся стальной диск; *b* – ртуть, заключенная в трубчатом держателе *d* и соединяющаяся с клеммой *h* посредством амальгамированной спирали из платиновой проволоки *c*; *e* – медная щетка, обеспечивающая контакт со стальным диском через его ось *j*; *f* – пружина, прижимающая небольшой кусочек войлока *k* для очистки поверхности от пыли; *g* – эбонитовые колеса, сцепляющиеся с часовым механизмом



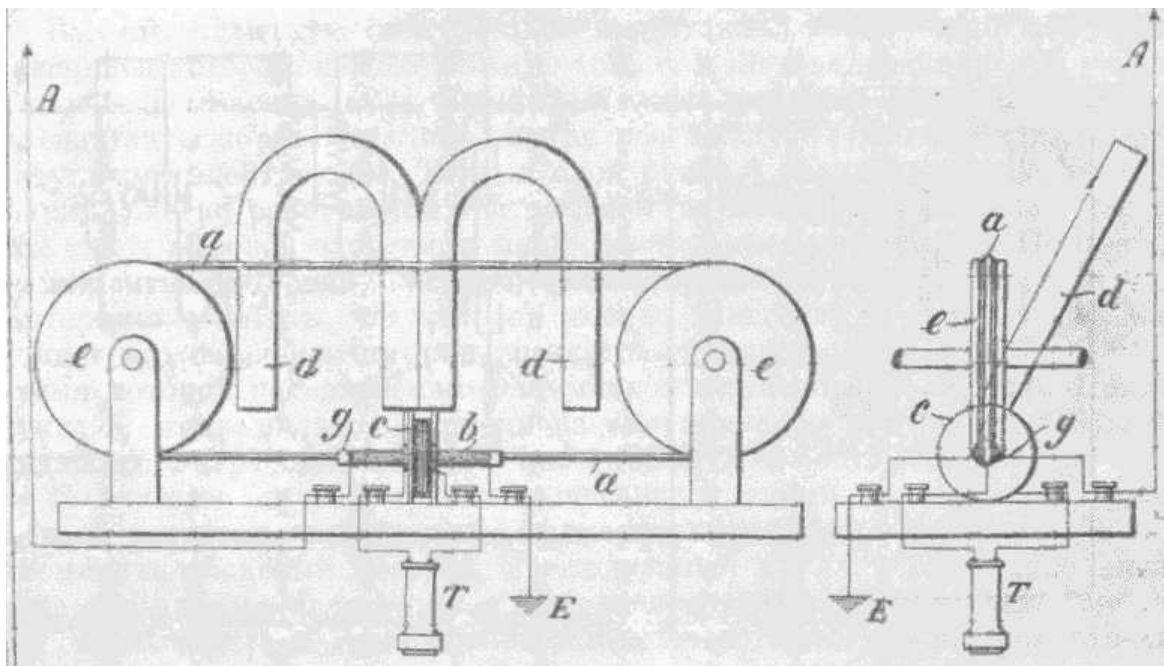
19 б) Схема включения когерера:

a – антенна; *c* – когерер; *E* – земля; *r* – реле; *t_p*, *t_s* – первичная и вторичная катушки трансформатора; *x₁*, *x₂* – конденсаторы

Магнитный детектор

Высокой чувствительностью обладал магнитный детектор Маркони. Принцип действия основан на том, что намагничивание железа, происходящее с некоторым отставанием во времени от изменения намагничивающей силы, удается заметно ускорить, вызвав заметное сотрясение молекул за счет, например, удара. Того же эффекта можно достичь, воздействуя на железо переменным магнитным полем, существующим кратковременно.

ВЧ магнитное поле в первичной обмотке ослабляло явление гистерезиса в железной проволоке и производило в ней **ударное переманчивание**. Конфигурация силовых линий изменялась резко, что вызывало звук в телефоне. Детектор всегда был готов к работе. С помощью этого устройства Маркони осуществил передачу через Атлантический океан.



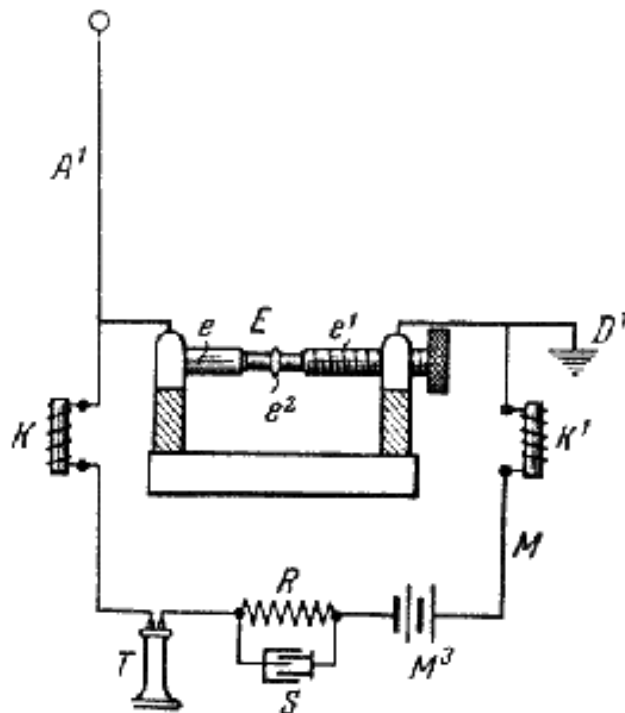
20. Магнитный детектор Маркони [18]:

а – бесконечная металлическая лента; b – первичная обмотка; c – вторичная обмотка; dd – постоянные магниты; ee – ролики; g – стеклянная трубочка, через которую проходит лента; A – антенна;
E – земля; T- телефон

Электролитические детекторы

«Респондер» Ли де Фореста 1902г. В узкий зазор между двумя электродами помещалась электризуемая паста, состоящая из окиси свинца, глицерина,

воды, железных опилок. Паста под действием постоянного напряжения образовывала кристаллическую структуру, известную как «свинцовое дерево». В момент прихода сигнала эта структура разрушалась, а затем очень быстро восстанавливалась

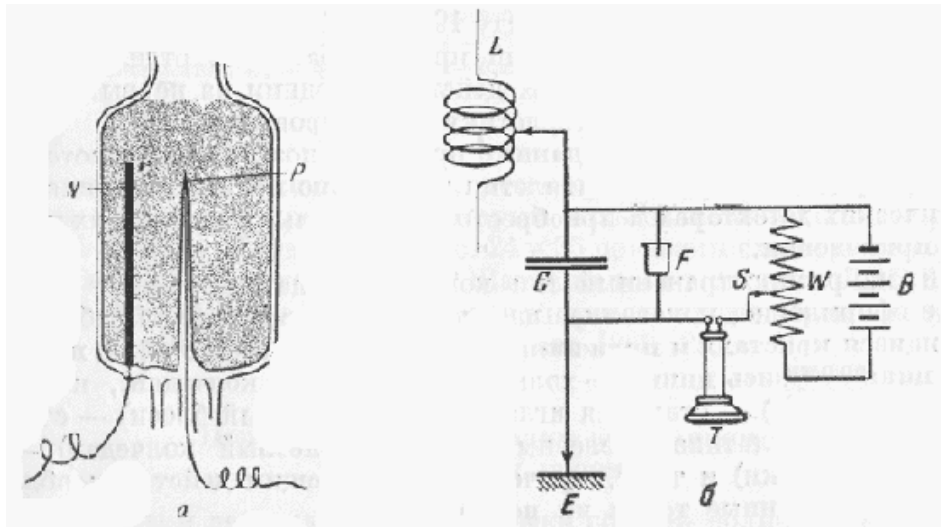


21. «Респондер» Де Фореста и схема его включения [19]

A^1 - воздушный провод; D^1 - земля; KK^1 - дроссели; T - телефон; R - сопротивление; M^3 - батарея; E - детектор; ee^1 - электроды; e^2 - наполнитель

Электролитический детектор Шлемильха.

Детектор состоит из емкости с разбавленной серной кислотой, в который помещены два платиновых электрода, у которых сильно отличается площадь соприкосновения с кислотой. Элемент в включают в цепь постоянного тока, он быстро поляризуется и не проводит ток. ($U=3.5V$). В момент прихода сигнала поляризация разрушалась, в телефонах слышался треск. После этого поляризация восстанавливалась.



22. а) Электролитический детектор Шлемильха [6]:

N, P - электроды из платиновой проволоки

б) Схема включения детектора [19]:

L - воздушный провод; E - земля; T - телефон; W - сопротивление;

C - емкость; F - электролитический детектор; S - ползунок;

B - батарея

Кристаллические детекторы

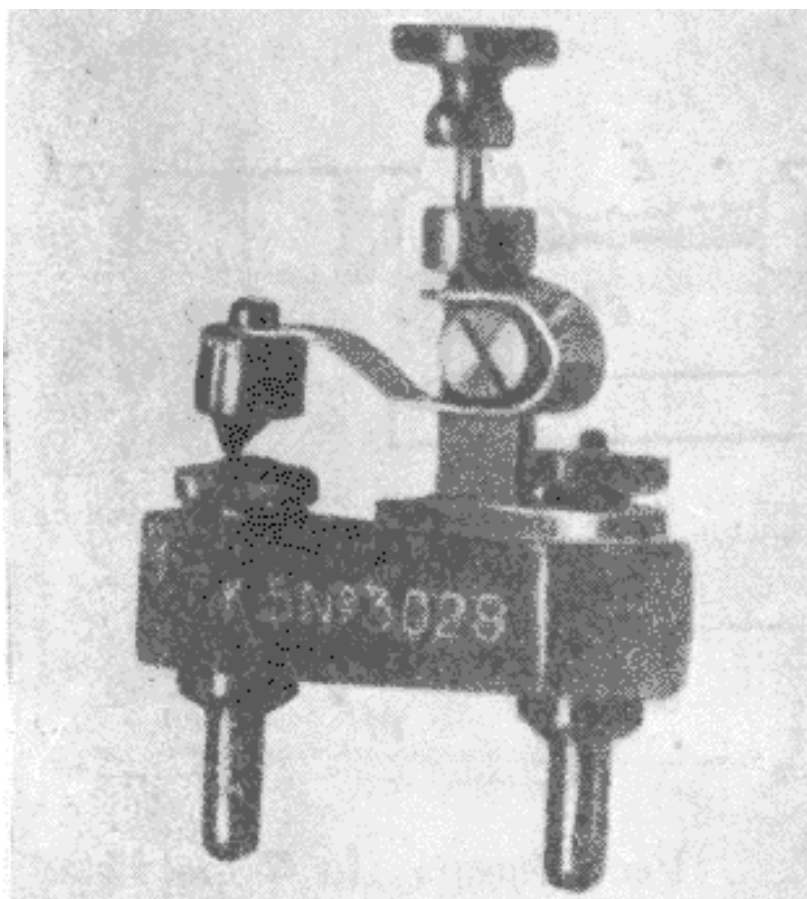
Явление односторонней электрической проводимости некоторых сульфидов было открыто в 1874г. Фердинандом Брауном. Такой эффект наблюдали, в частности у галлена PbS.

Исследования в этой области проводили в 1908 – 1910 гг. Ториката и Йокаяма.

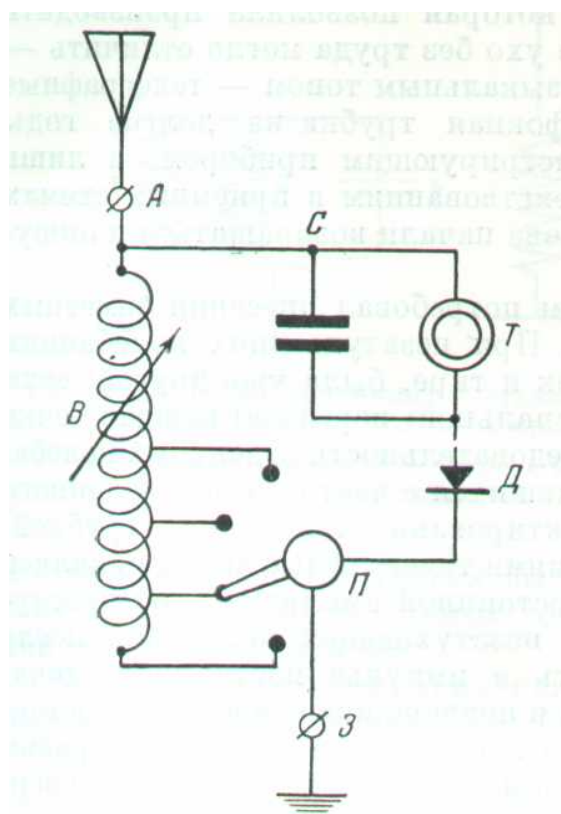
В 1909 – 1911 гг. этой проблемой занимался Иглз. Ему удалось впервые построить детекторную характеристику.

Были получены контактные пары: цинкит – халькопирит, карборунд – сталь, гален – сталь, гален – платина, железный пирит – медь.

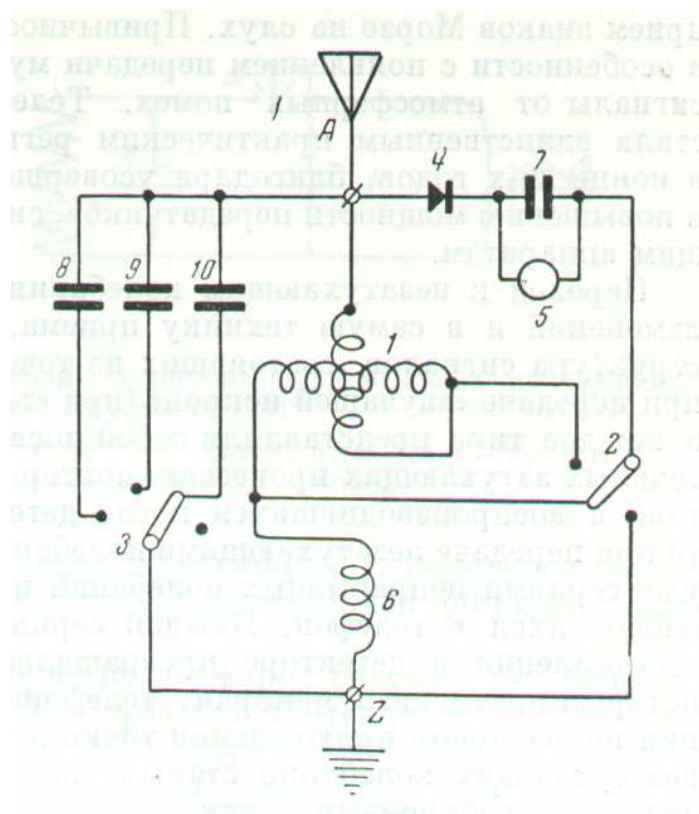
Детектирующими свойствами обладали лишь отдельные участки на кристалле. Прибор легко терял свойство под действием механических сотрясений.



23. Контактный детектор



24. Принципиальная схема детекторного приемника С.И.Шапошникова [20]:
 А - зажим для антенны; В - вариометр; П - переключатель; Т - телефон; С - конденсатор; Д - детектор



25. Схема приемника ЛДВ-5 на диапазон волн 200 - 1500 м [21]:
 1- вариометр; 2- коммутатор связи; 3- коммутатор волн; 4- кристаллический детектор; 5- телефон; 6- удлинительная катушка; 7- блокировочный конденсатор; 8, 9, 10 - конденсаторы; А, Z - зажимы для антенны и земли

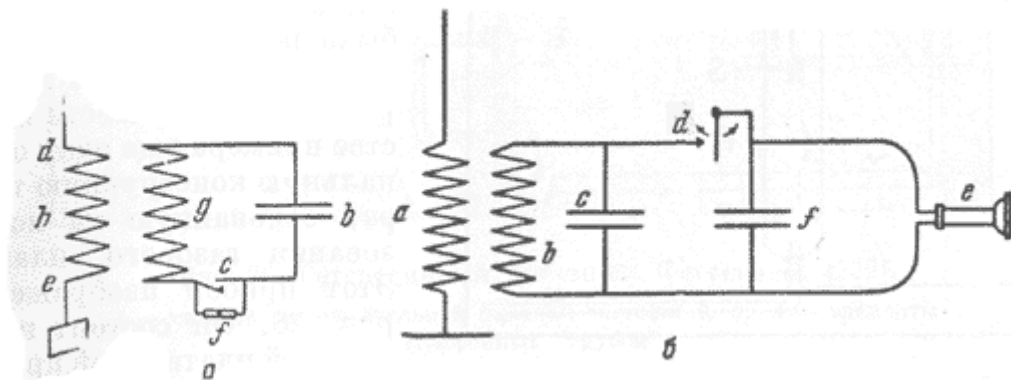
Переход к незатухающим колебаниям

При работе с затухающими колебаниями в приемнике телеграфная посылка воспроизводилась тональным сигналом, с частотой серии затухающих колебаний в передатчике.

Для нормальной работы приемников, принимающих сигналы, передаваемые незатухающими колебаниями, потребовалась система разрыва цепи сигнала (модуляции) в самом приемнике.

Были созданы специальные устройства – ТИККЕРЫ.

Идея разрыва цепи в приемнике высказана Н.Теслой в 1901г. Практически реализована в 1906 – 1907 гг. Педерсеном и Паульсеном. В схемах использовались колебания язычка звонка, замыкая и размыкая цепь телефона.



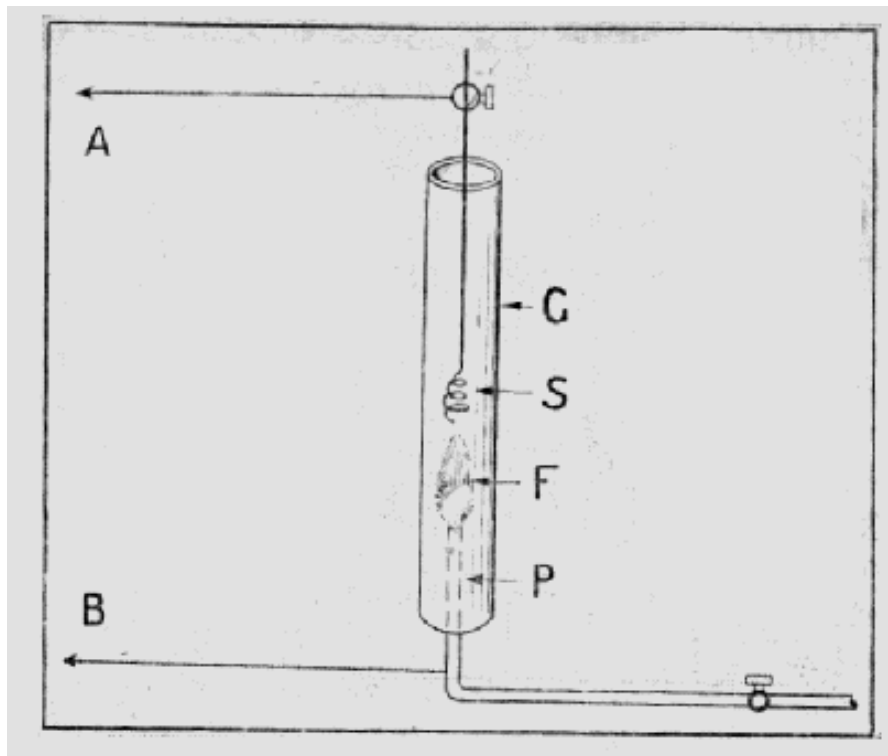
26. а) схема приемника с "тиккером" Педерсена [22];

б) схема приемника с "тиккером" Паульсена [23]:

а - катушка антенны; б - катушка контура; с - конденсатор контура;
е - телефон; f - конденсатор большой емкости; d - тиккер

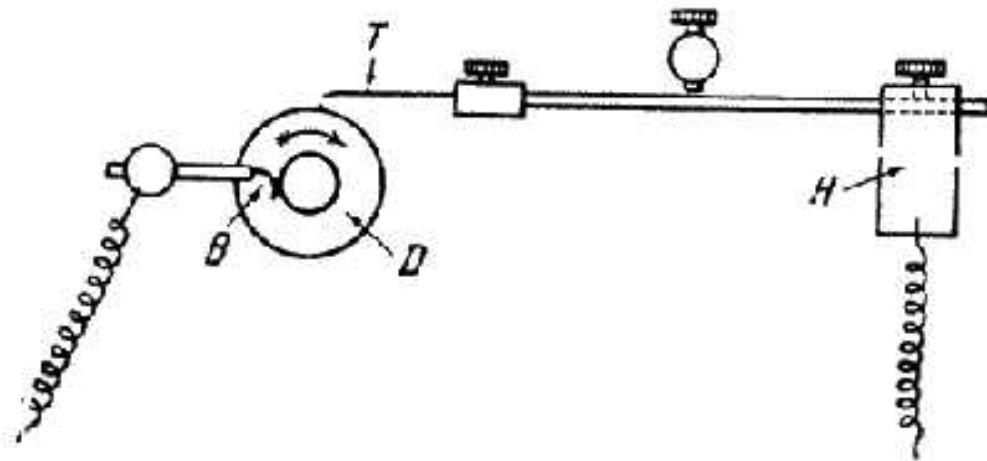
Для цели разрыва цепи в (27) использовалась система с газовым пламенем из-за его малой инерционности.

В схеме Остина (28) применялся вращающийся прерыватель.



27. "Тиккер" с использованием пламени газовой горелки [25]

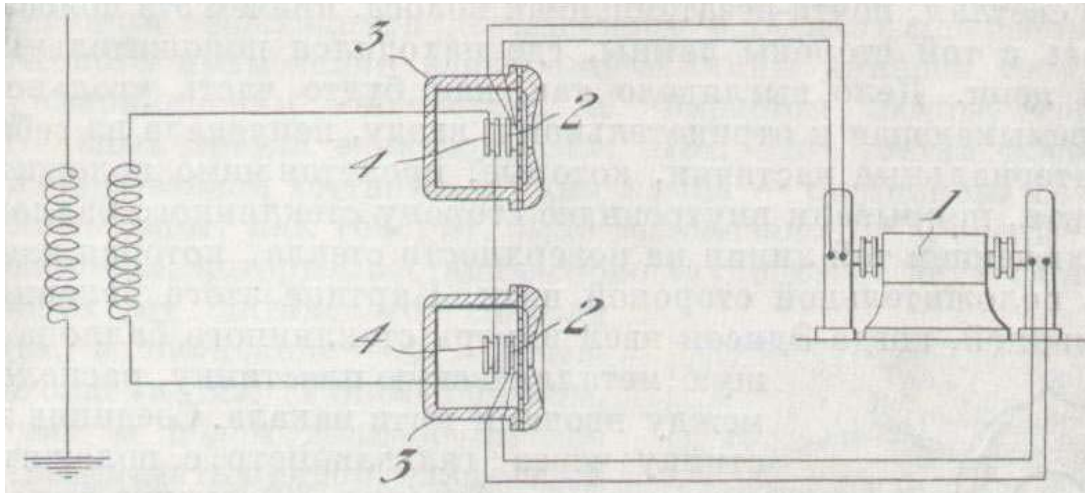
А, В - соединения с приемным колебательным контуром; С - стеклянная трубка;
 F - пламя; P - горелка; S - проволочная спираль



28. Вращающийся "тиккер" Остина [25]

Метод биений двух колебаний

Для целей приема незатухающих колебаний в 1905г Фессенден предложил использовать метод биений между частотами сигнала и частотой местного генератора. Биения звуковой частоты возникали непосредственно в специальных двухобмоточных телефонах. Приемники такого типа стали называть ГЕТЕРОДИННЫМИ.



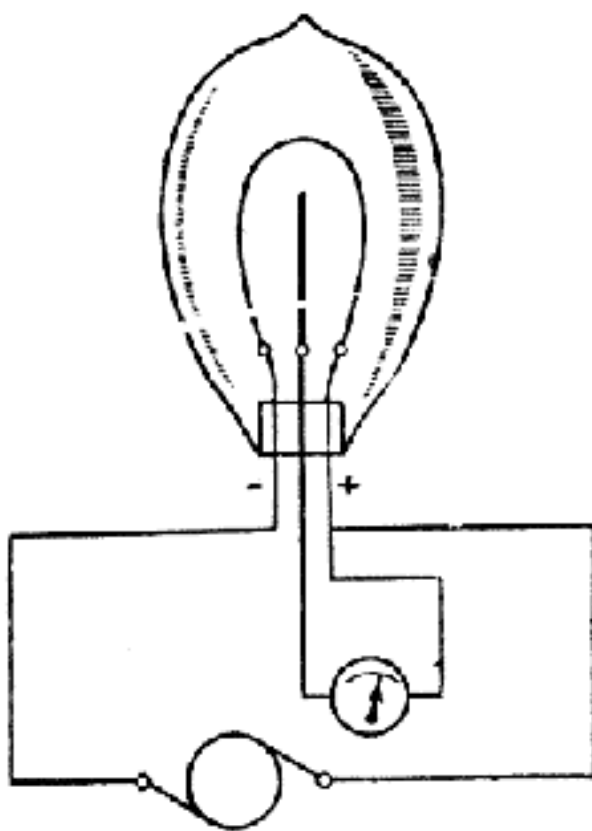
29. Гетеродинный приемник Фессендена [24]

1- машина высокой частоты; 2, 3, 4 - элементы телефонных трубок

Лекция 2

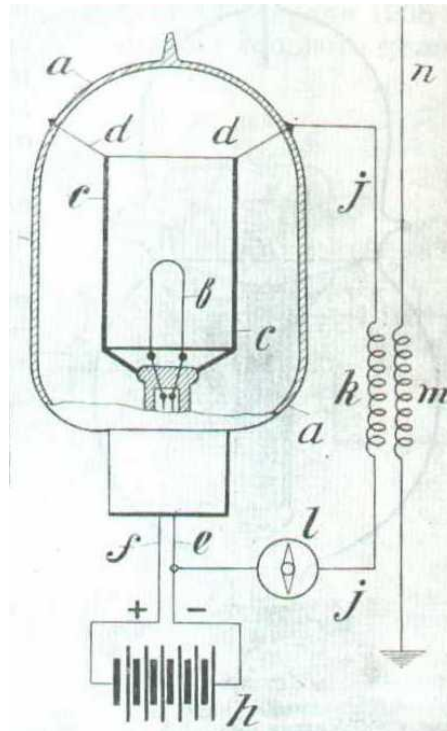
ПЕРИОД ЛАМПОВОЙ ТЕХНИКИ

Широкому внедрению в технику радиоприема электровакуумных приборов предшествовал ряд исследований электрических явлений в разряженных газах. В частности Т.Эдисон обнаружил протекание тока через вакуум (30). Правда он ограничился только констатацией факта.



30. Схема опыта Эдисона

В 1904г. А.Флеминг изобрел первый электровакуумный прибор – ДИОД.

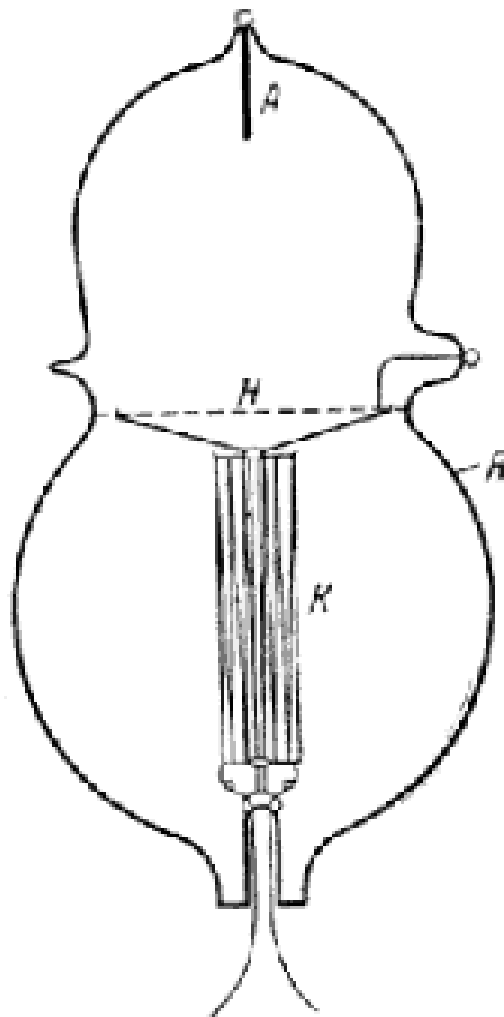


31. Двухэлектродная лампа Флеминга в приемной цепи [26]:
 а - стеклянный баллон; b - угольная нить; c - алюминиевый цилиндр; d -
 впаянные платиновые проволочки для крепления цилиндра;
 e, f - выводы; h - батарея; j - провода; k - вторичная обмотка;
 l - гальванометр; m - первичная обмотка; n - воздушный провод

В 1907г. Ли де Форест разрабатывает 3-х электродную лампу – «аудион», который применил в приемнике (33)

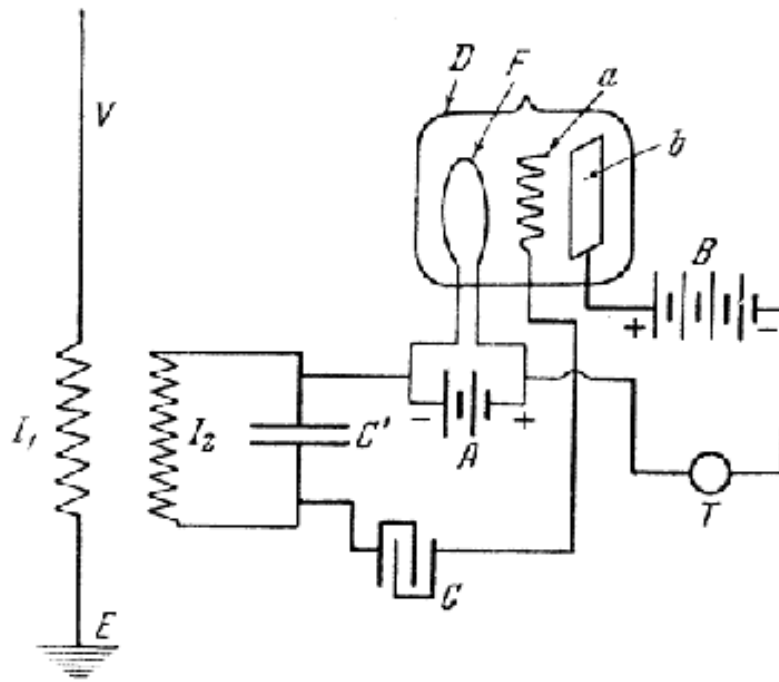
«Аудион» это лампа «мягкого» типа (невысокий вакуум) с анодным напряжением порядка 50 В. В приемнике были плохо выбраны режимы работы лампы.

На (22) изображена схема лампы – триода Либена.



32. Лампа Либена [27]:

R - ламповый баллон; K - катод; A - анод; H - вспомогательный электрод, делящий баллон на две части и играющий роль сетки



33. Схема приемника Де Фореста с применением "аудион" [28]:
D - стеклянный баллон; F - нить накала; a - сетка; b - анодная пластина; A - батарея накала; B - батарея анода; T - телефон; C, C' – конденсаторы

Регенеративные и сверхрегенеративные схемы

РЕГЕНЕРАЦИЯ это положительная обратная связь. Введение в практику радиоприема этого метода принадлежит Армстронгу и де Форесту (США), Франклину и Раунду (Великобритания), Мейсснеру и Арко (Германия). (Схемы еще называют автодинными)

Суть метода в специально создаваемой связи между сеткой и анодом (входом и выходом), путем сближения специальных катушек. Принимаемые колебания ВЧ усиливаются лампой и затем из анодной цепи вновь передаются на сетку, усиливаясь вторично.

Усиление возрастает, что эквивалентно уменьшению потерь в сеточном контуре.

Теоретически это можно свести к понятиям о вносимом отрицательном сопротивлении

$$R_{BH}^- = \frac{M \cdot S}{C},$$

где M - коэффициент взаимной индукции,

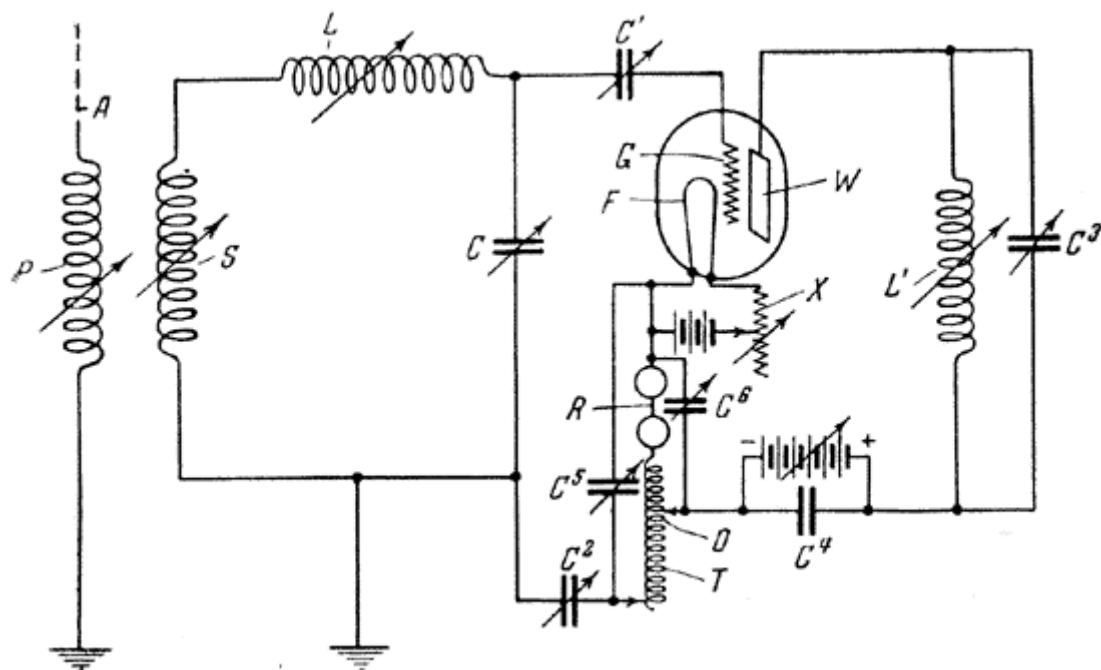
S - крутизна лампы,

C - емкость сеточного контура.

При некотором значении вносимое сопротивление становится равным активному сопротивлению контура $R_{BH}^- = R_{AKT}$ и наступает генерация, что является существенным недостатком.

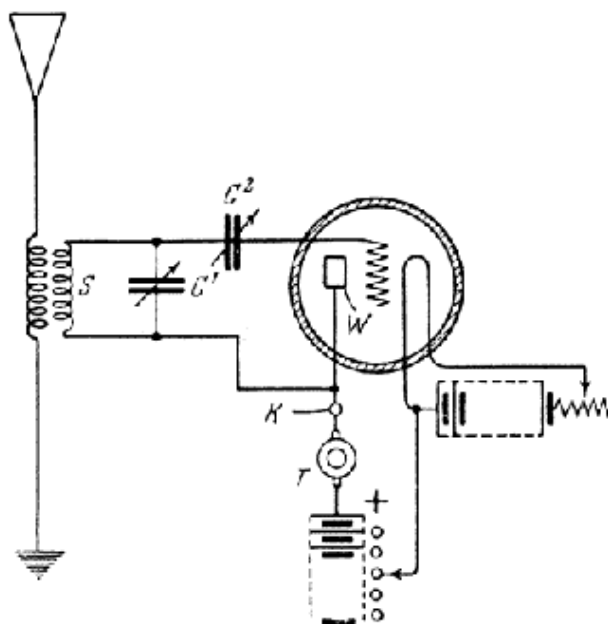
Схемы получили распространение в 1918 – 1920 гг. после улучшения параметров ламп.

Оригинальные схемы регенеративных ламповых приемников приведены на (34 – 40).



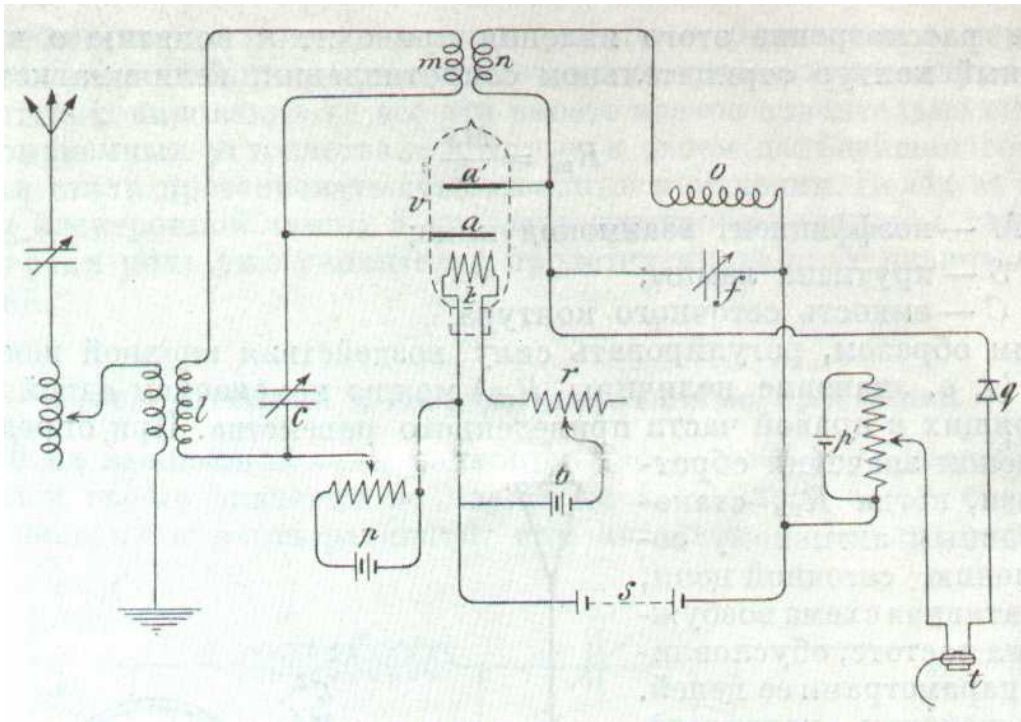
34. Регенеративная схема Армстронга [29]:

P- первичная обмотка трансформатора; S - вторичная обмотка трансформатора;
L, L' - индуктивности; C, C¹, C², C³, C⁴, C⁵ - конденсаторы; O - точка соединения
сеточной и анодной цепей; R - телефон; T - обмотка трансформатора; W -
анодная пластина; F - нить накала; G - сетка



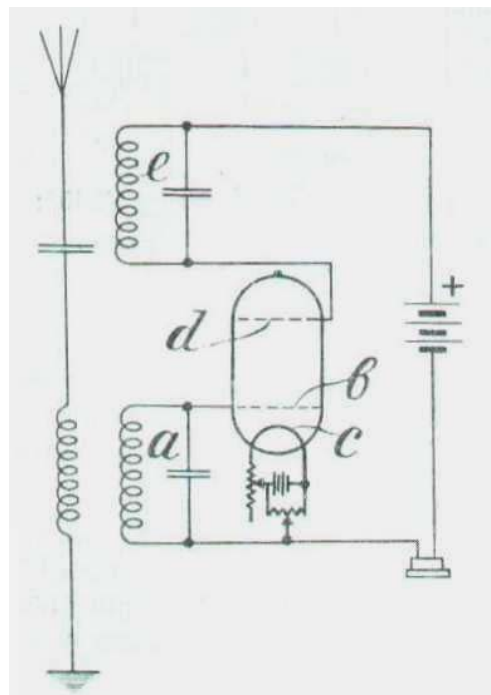
35. Ультрааудион Де Фореста [30]:

S, C' - колебательный контур; T - телефон; K - дроссель



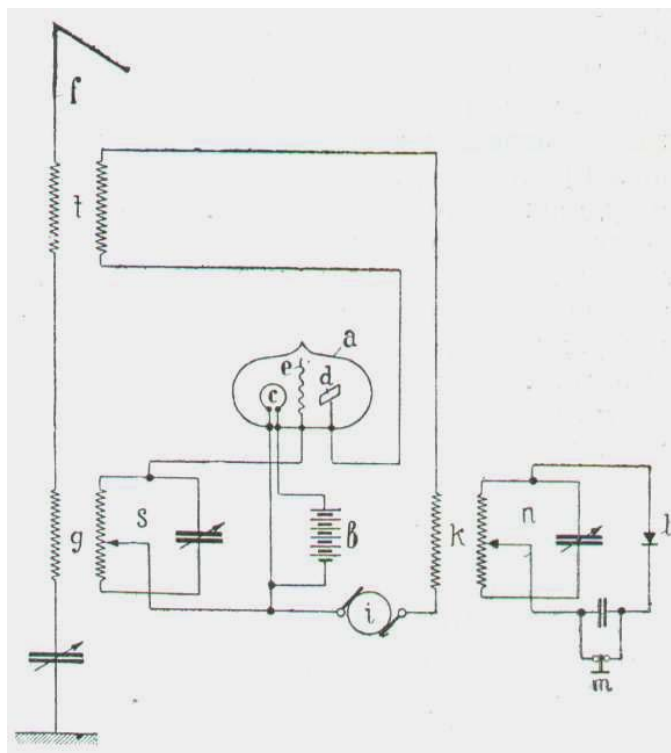
36. Регенеративная схема Франклина [31]:

а, а' - два анода; к - катод; t - телефон; m, l, n, o - индуктивности;
q - детектор



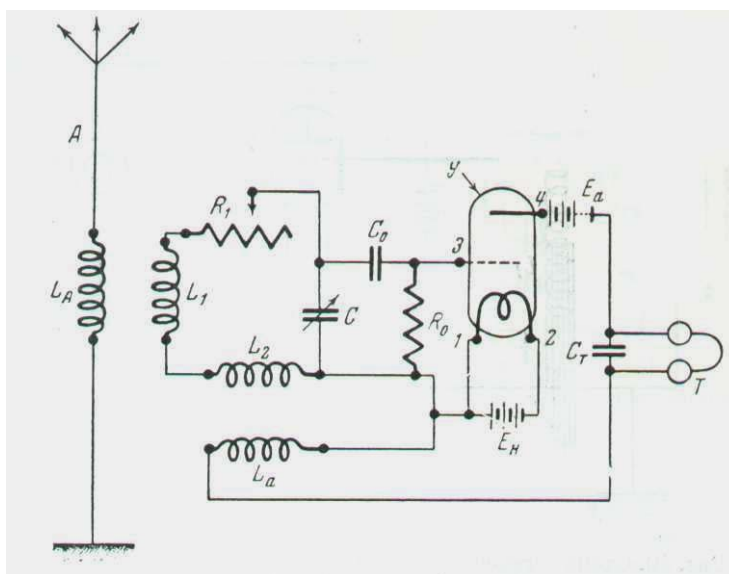
37. Регенеративная схема Раунда [32]:

а - колебательный контур, связанный с антенной; b - сетка; c - катод; d - третий электрод; e - второй колебательный контур, связанный с контуром а

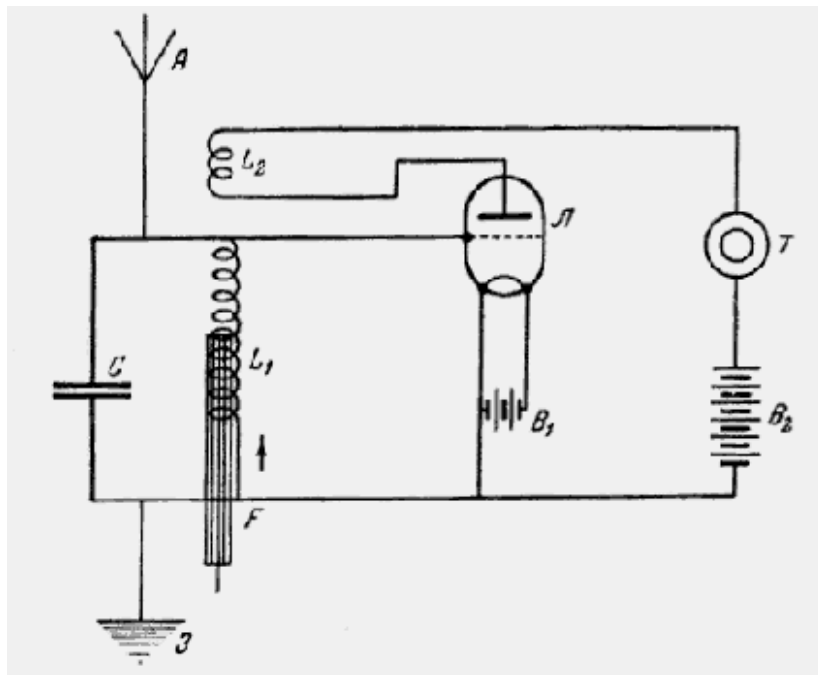


38. Регенеративная схема Арко и Мейсснера [33]:

c - оксидированный катод; d - анод; e - вспомогательный анод; f - воздушный проводник; g - катушки связи; k - трансформатор; l - детектор; m - телефон; i - источник постоянного тока; t - телефон



39. Регенеративный приемник Л.И.Мандельштама и Н.Д.Папалекси [34]: L_1 , L_2 - катушки; C - конденсатор переменной емкости; C_0 , C_T - конденсаторы; R - переменное сопротивление; Y - лампа; E_a - анодная батарея; E_H - батарея накала; L_a - катушка обратной связи



40. Схема регенеративного приемника А.Л.Минца [35]:

А - антенна; З - земля; L_1 - переменная антенная самоиндукция с подвижным железным сердечником; L_2 - катушка обратной связи; F - железный сердечник; Л - лампа; С - конденсатор; Т - телефон; B_1 - батарея накала; B_2 - батарея анодной цепи;

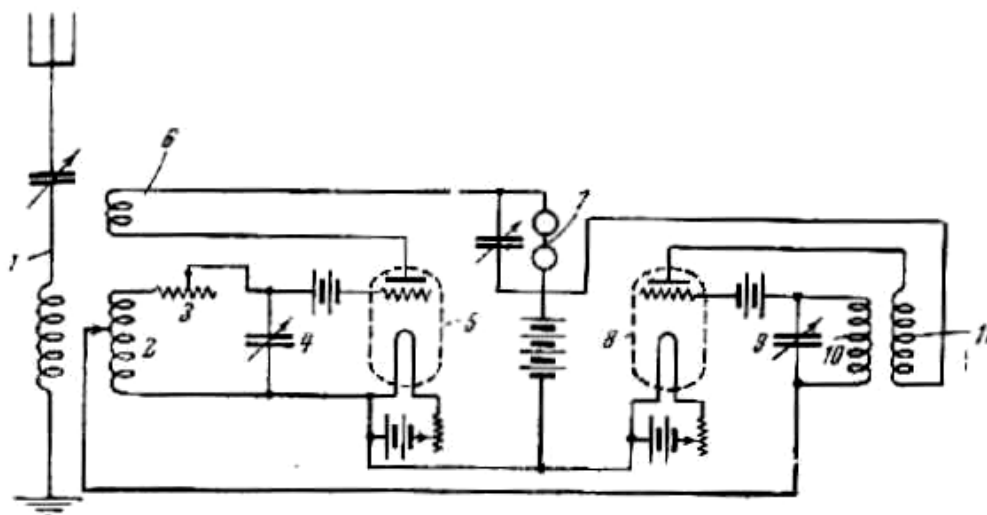
Изучая явление регенерации Армстронг в 1921г. Изобрел СВЕРХРЕГЕНЕРАТИВНЫЙ приемник.

По схеме это тот же регенератор, но с обратной связью, периодически меняющейся около своего критического значения.

Возникает периодическое возбуждение, протекающее по-разному, в зависимости от величины амплитуды принимаемого сигнала. В результате в анодном токе появляется составляющая, воспроизводящая кривую модуляции.

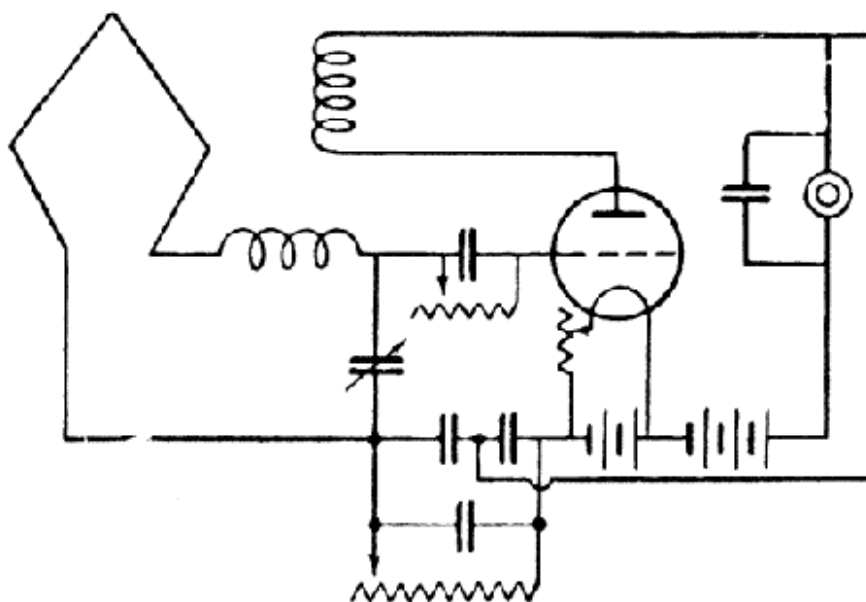
Главное достоинство – очень большой коэффициент усиления (до 1 миллиона на 1 каскад).

Недостатки: низкое качество из-за остроконечности резонансной кривой; избирательность зависела от интенсивности принимаемого сигнала; высокий уровень шумов.



41. Схема сверхрегенератора Армстронга [36]:

1- антенная цепь; 2, 3, 4 - цепь сетки регенератора ; 5 - лампа регенератора; 6 - катушка обратной связи; 7 - телефон ; 8 - лампа гетеродина вспомогательной частоты; 9, 10, 11 - колебательные цепи гетеродина



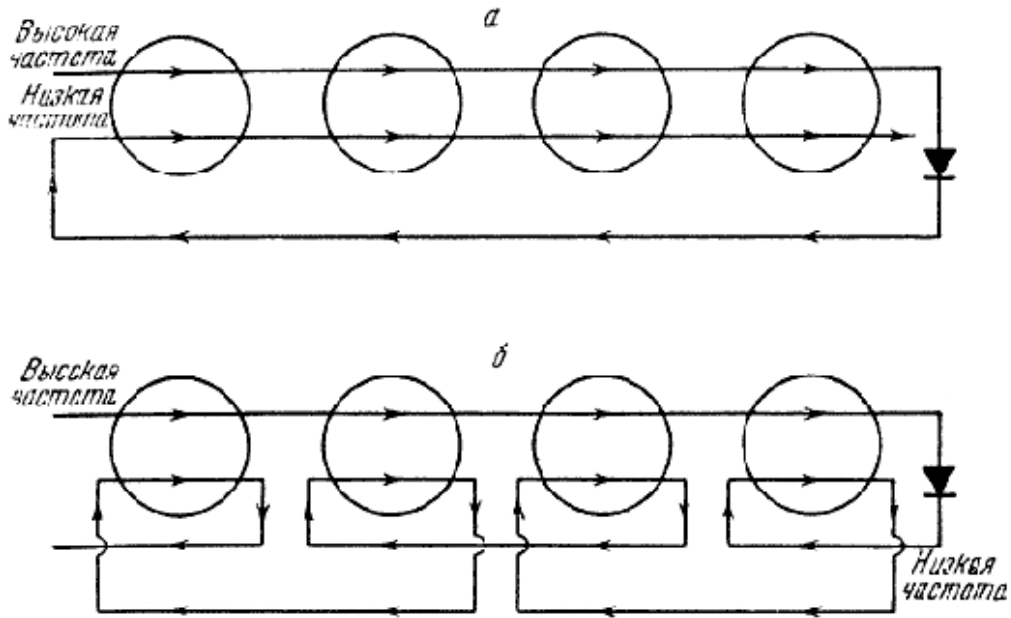
42. Схема сверхрегенератора Флюэлинга [37]

Рефлексные схемы

Использование ОС навело на мысль о возможности двойного использования лампы по ВЧ и НЧ.

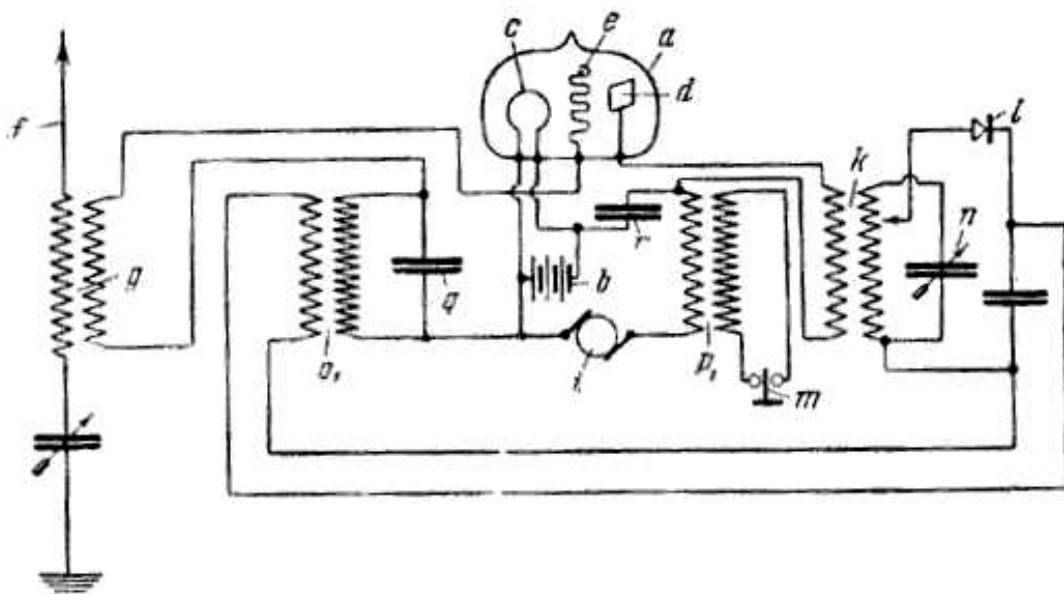
Метод назвали «РЕФЛЕКСНЫМ» или двойного усиления.

Графическое представление процессов в рефлексных схемах представлено на (43)



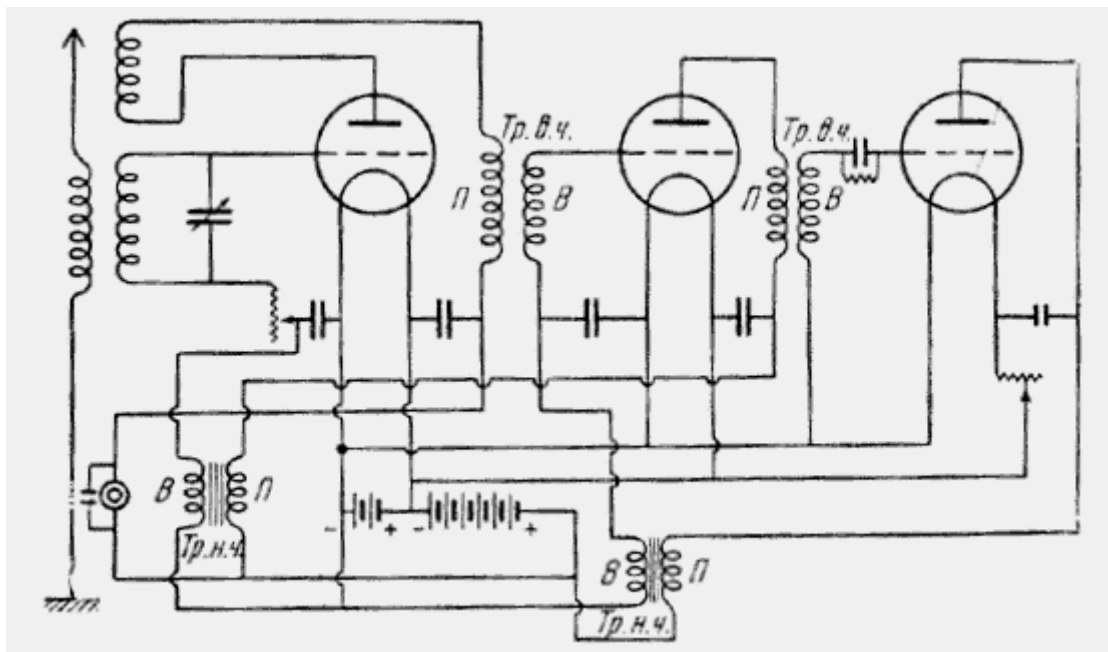
43. Графическое изображение процессов в рефлексных простых а) и инверсных б) схемах []

Одна из первых схем была разработана Томсоном в 1913г.

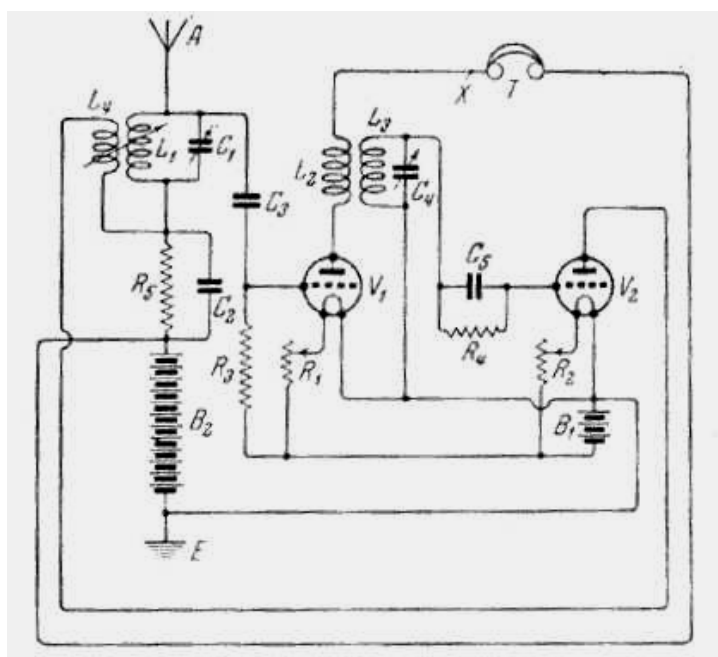


44. Схема двойного усиления Томсона [38]:

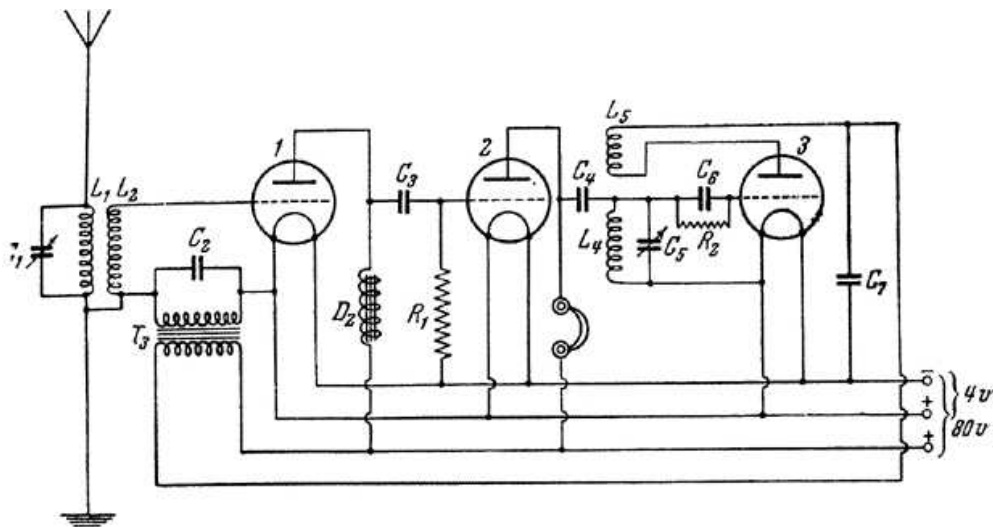
а - баллон; с - катод; b - батарея накала; d - анод; е - сетка; i - источник постоянного тока; k, p₁ - трансформаторы; m - телефон; q, n, r - конденсаторы; l - детектор; O₁ - трансформатор обратной связи



45. Схема приемника с рефлексным инверсным усилением [37]



46. Схема приемного устройства "Резистофлекс" Скотт-Таггарта [39]



47. Схема усилителя двойного действия с одновременным усилением высокой и низкой частоты П.Н.Куксенко [40]:

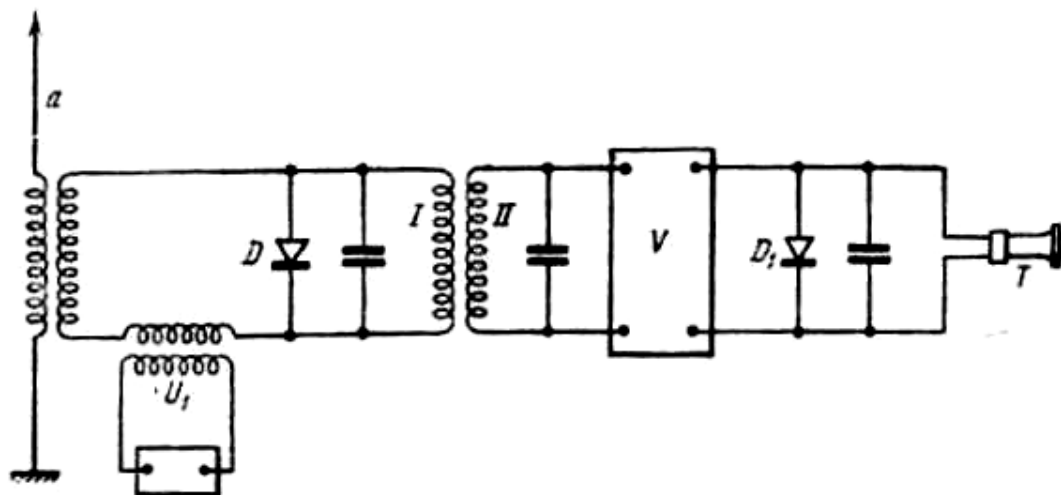
L_1, L_2 - катушки самоиндукции; C_1 - емкость; C_3 - конденсатор, передающий напряжение, создаваемое на реактивной катушке, к сетке 2-й лампы; R_1 - сопротивление для утечки зарядов, накапливаемых на конденсаторе C_3 ; C_4 - конденсатор, передающий токи в.ч. колебательному контуру L_4, C_5 ; C_5 - конденсатор и L_4 - самоиндукция составляют настраиваемый контур 3-й детекторной лампы; C_6 - конденсатор; R_2 - сопротивление; C_2 - конденсатор, дающий путь для токов в.ч.; T_3 - трансформатор низкой частоты

Супергетеродинный метод приема

Супергетеродинный метод был предложен в 1918 г. Шоттки, Леви, Армстронгом.

Термин «супергетеродин», означает, что в работе приемника используется дополнительная – **промежуточная частота**, находящаяся за пределами звукового диапазона.

В схеме Шоттки (48) контура промежуточной частоты I и II настроены на частоту более 50кГц. Диод D –смеситель частоты сигнала и местного генератора – гетеродина.



48. Схема супергетеродинного приемника Шоттки [41]:

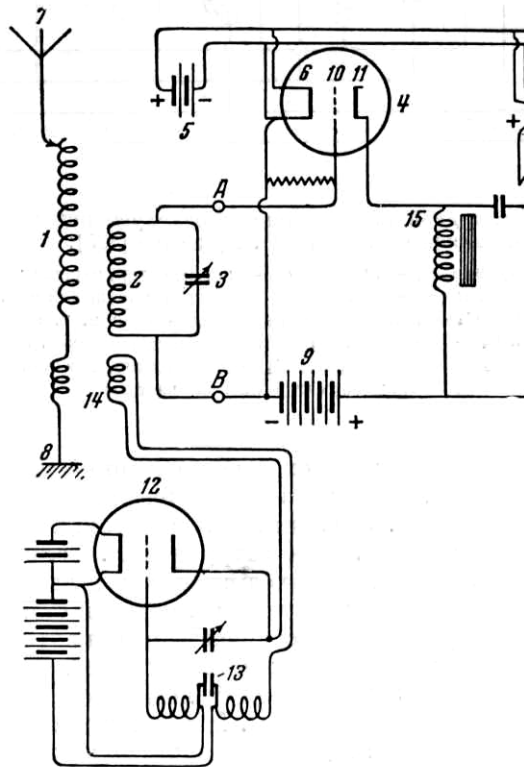
а - антенна; D - смеситель, D₁ - детектор ; Т - телефон; U₁ - местный гетеродин;
V - усилитель

При приеме телеграфных сигналов применялся второй местный гетеродин, с разностью частот в звуковом диапазоне.

Гетеродином могла служить так же преобразовательная лампа.

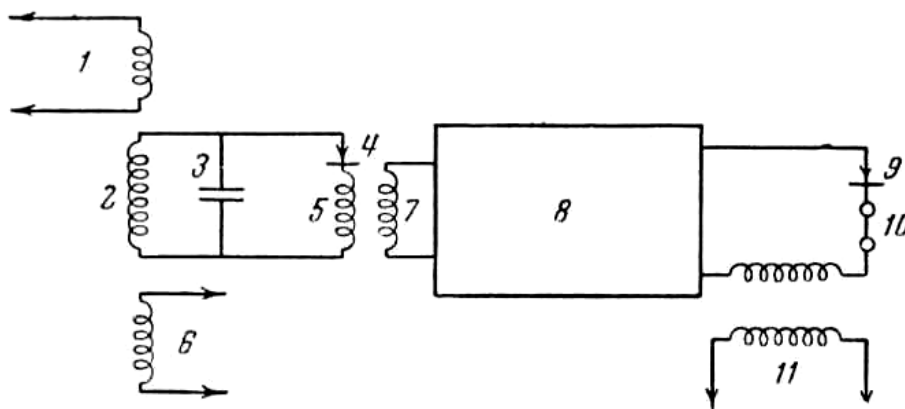
Супергетеродин мог работать и на повышение частот $f_{пч} = f_c + f_r$. Предложил ее Серджент в 1926г. Распространение не получила.

Супергетеродинные схемы приведены на (49, 50)



49. Схема супергетеродина Леви [7]

А и В - зажимы входного контура; 1- катушка самоиндукции; 2, 3 - входной контур; 4 - лампа; 5 - аккумулятор; 6 - катод; 7 - антенна; 8 - земля; 9 - анодная батарея; 10 - сетка; 11 - анод; 12 - лампа вспомогательного генератора; 13 - разделительный конденсатор большой емкости; 14 - катушка связи; 15 - дроссель



50. Схема супергетеродинного приемника Армстронга [42]:

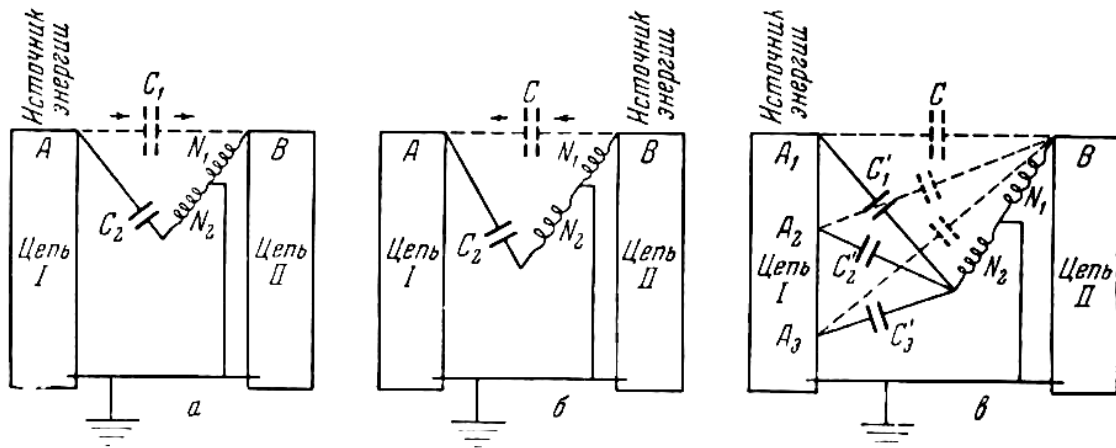
1 - катушка связи для входных сигналов; 2, 3 - колебательный контур; 6 - катушка связи местного гетеродина; 4 - детектор-преобразователь; 8 - усилитель; 9, 10 - цепь детектирования; 11 - катушка второго гетеродина для приема незатухающих колебаний

Нейтродины

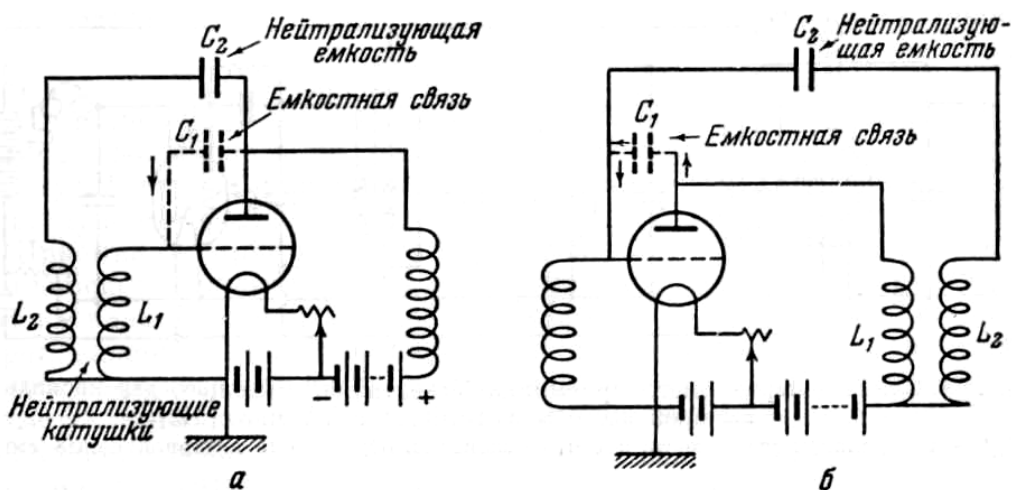
Значительной трудностью было повышение коэффициента усиления из-за емкости сетка – анод, что приводило к самовозбуждению.

В 1923 г. Хазелтайн предложил схему нейтрализации этой емкости, специально включенным конденсатором. Способ приема назвали НЕЙТРОДИННЫМ.

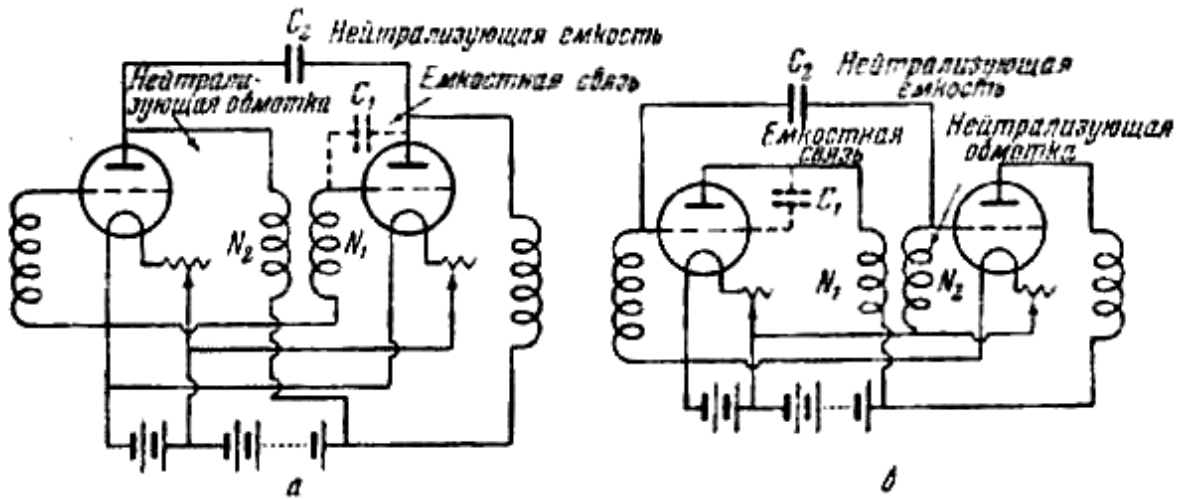
К 30-м годам XX века емкость сетка – анод была устранена в многосеточных лампах – тетрадах и пентодах.



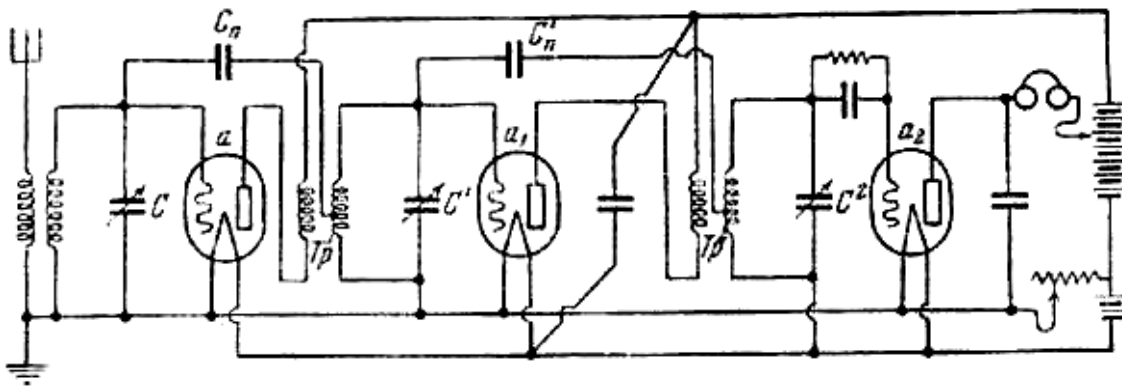
51. Иллюстрация принципа нейтрализации емкостной связи между цепями



52. Принципиальные схемы включения нейтрализующих емкостей и катушек [37]



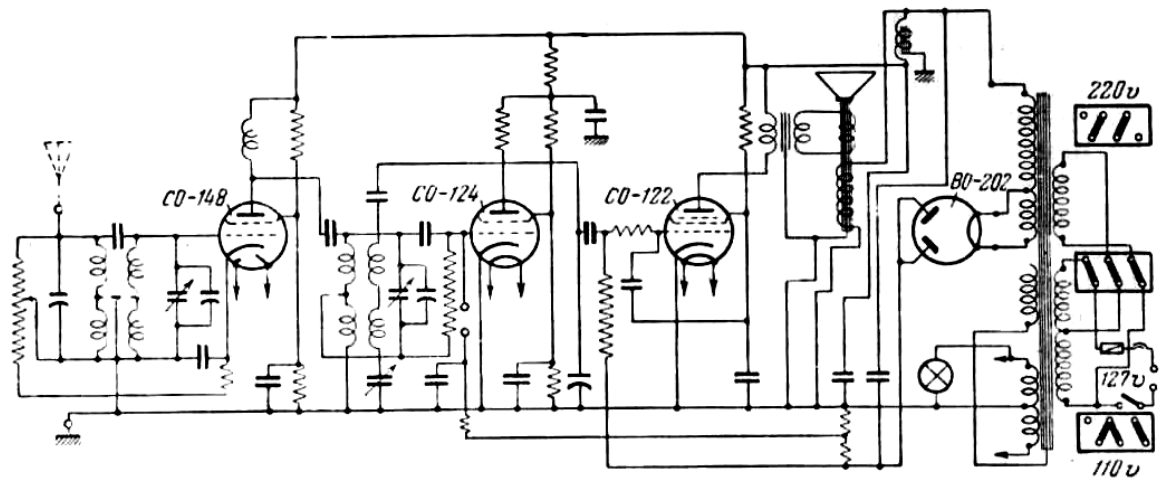
53. Практические способы включения нейтрализующих емкостей [37]



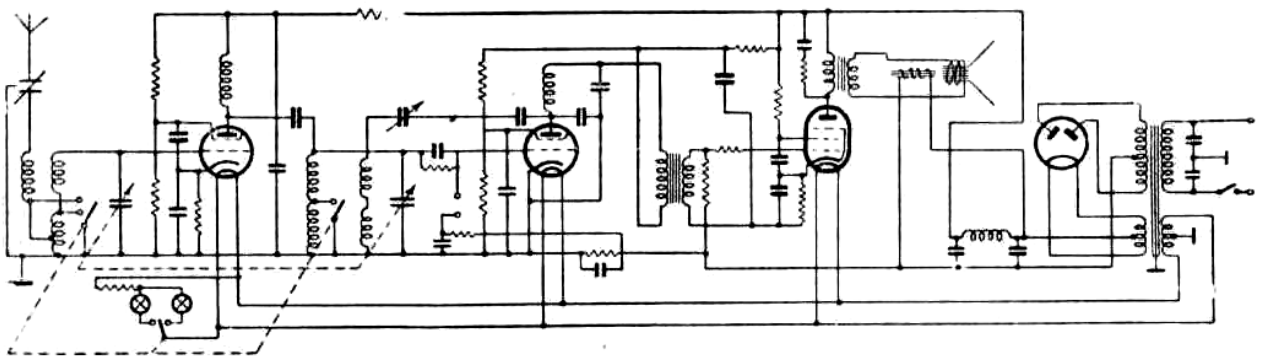
54. Схема нейтринного приемника Хазелтайна, имеющего два каскада высокой частоты и детекторный каскад [43]:

C_n , C_n' - нейтрализующие емкости; a , a_1 - элементы, образующие внутриламповые емкости

Примеры схем ламповых радиоприемников 1930-х годов



55. Принципиальная схема приемника СИ-235 [44]

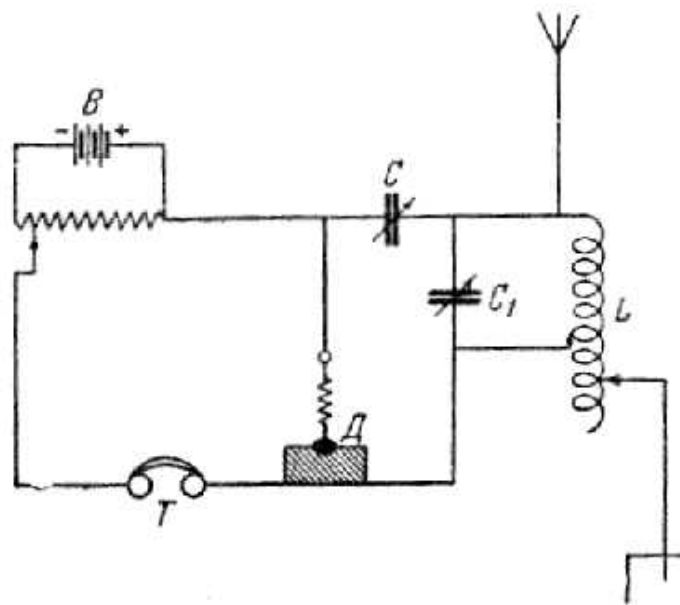


56. Схема радиоприемника РФ-1 [45]

Лекция 3

ПЕРИОД ПОЛУПРОВОДНИКОВОЙ ТЕХНИКИ

Началом применения полупроводниковых приборов в технике приема следует считать «КРИСТАДИН» Олега Владимировича Лосева, изобретенный в 1922г. Кристалл детектора в приемнике имел падающий участок ВАХ и позволял получить громкоговорящий прием станций на приемник с очень простой схемой.



а)



б)

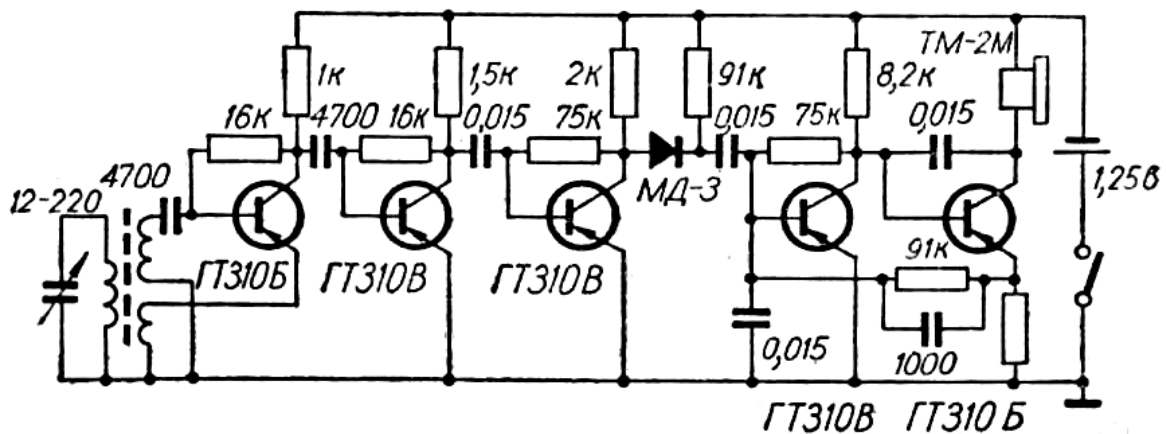
57. "Кристадин О.В.Лосева а) схема [46], б) внешний вид [47]
Д - детектор (цинкит-уголь или цинкит-серебро)

После изобретения в конце 1940-х годов биполярного, а затем полевого транзисторов, стало активно развиваться схемотехника РПУ с применением этих приборов.

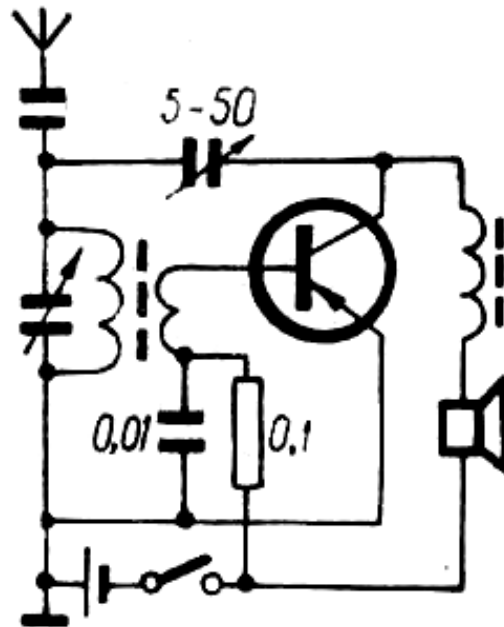
Были разработаны РПУ всех типов: прямого усиления, супергетеродинные, прямого преобразования частоты, рефлексные, с использованием эффекта регенерации, сверхрегенеративные.

С развитием ИМС появилась возможность весь тракт приемника разместить на одном кристалле.

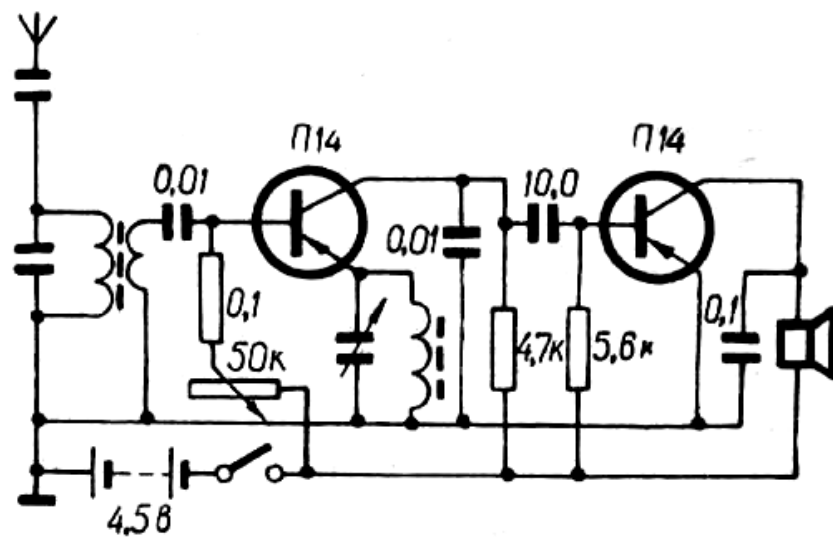
Примеры схем радиоприемных устройств на полупроводниковых приборах



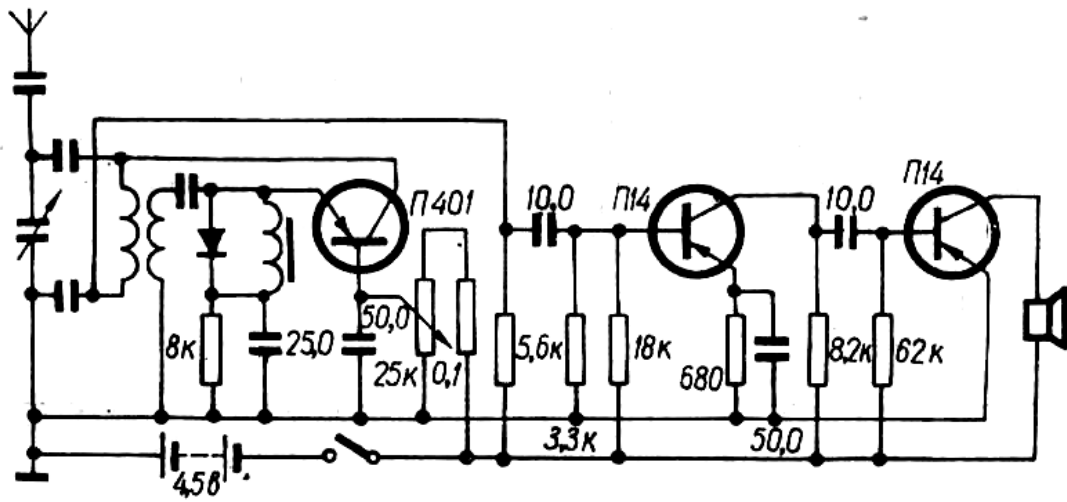
58. Принципиальная схема приемников "Маяк-1" и "Эра-2" [48]



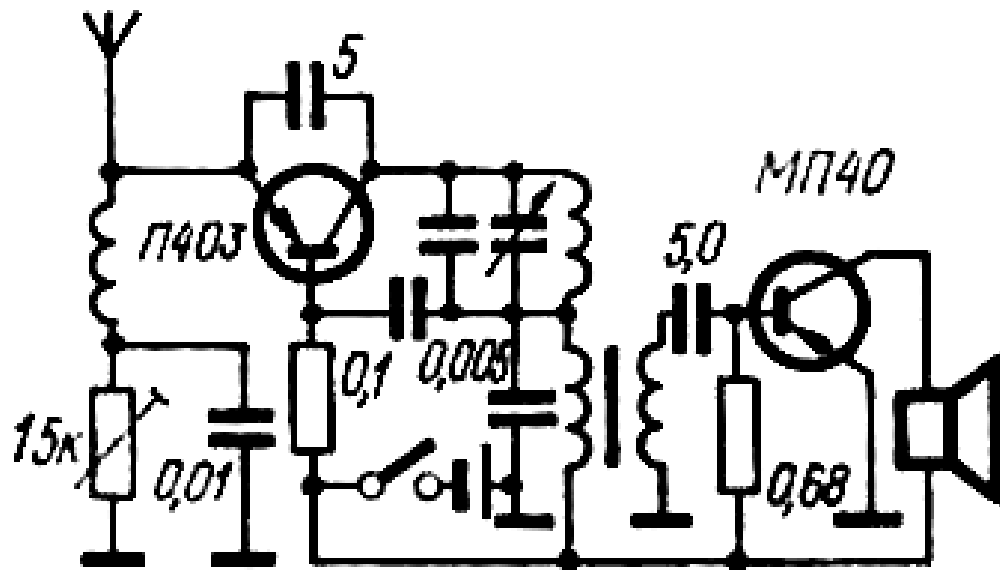
59. Регенеративный приемник [48]



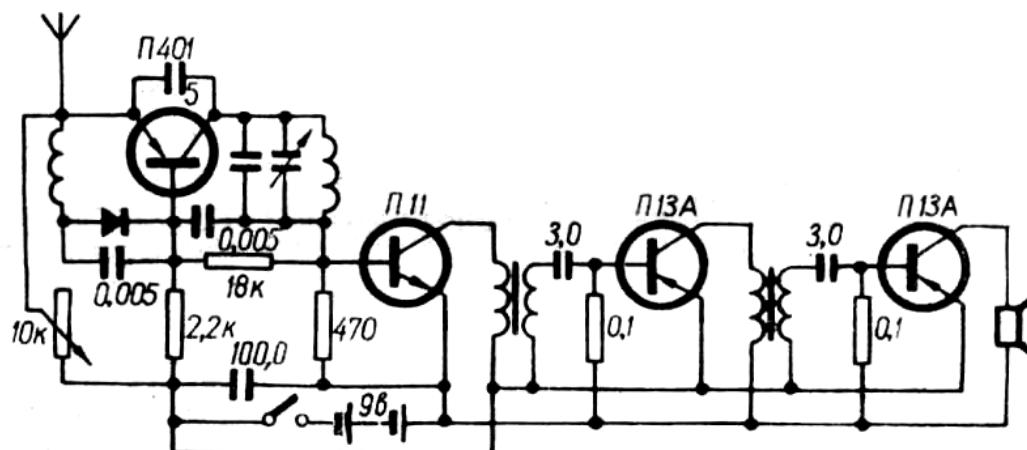
60. Регенеративный приемник [48]



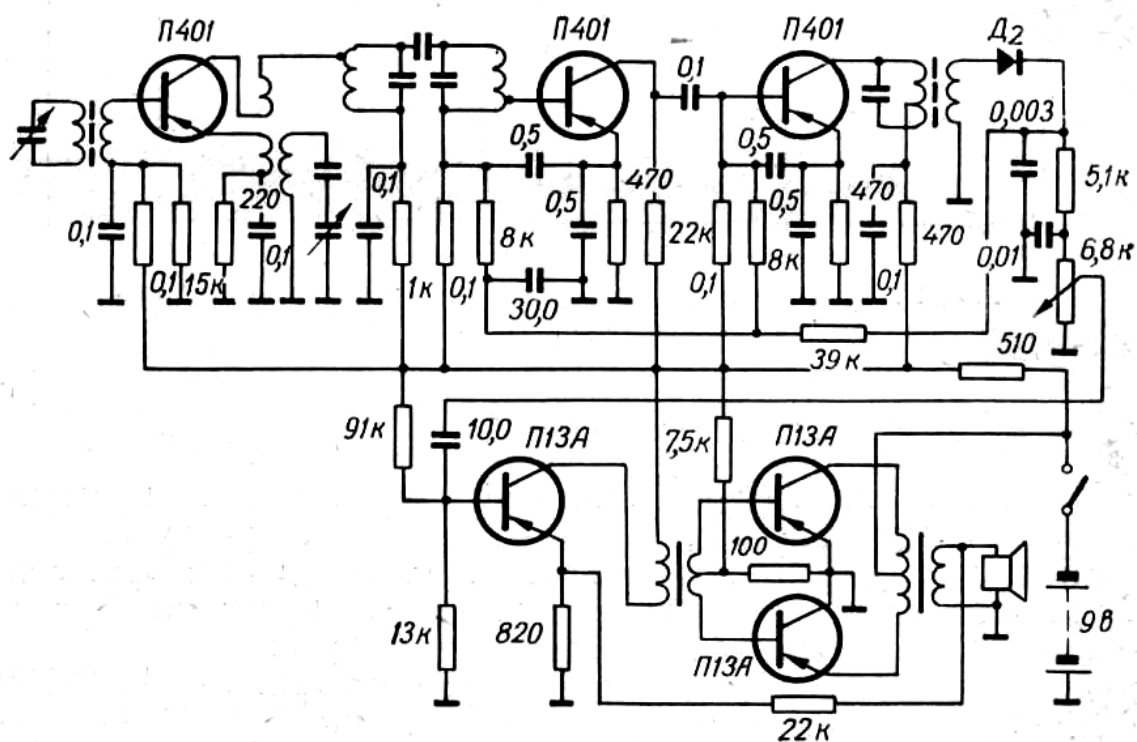
61. Регенеративный приемник с диодным детектором [48]

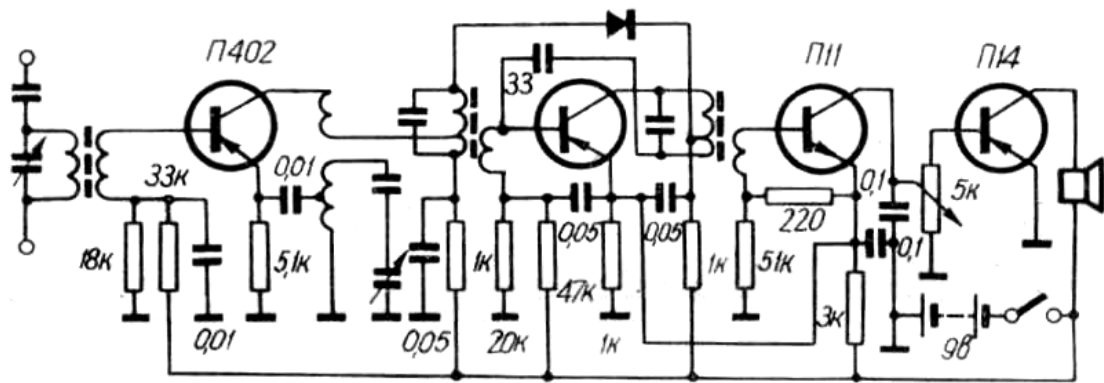


62. Сверхрегенеративный приемник [57]

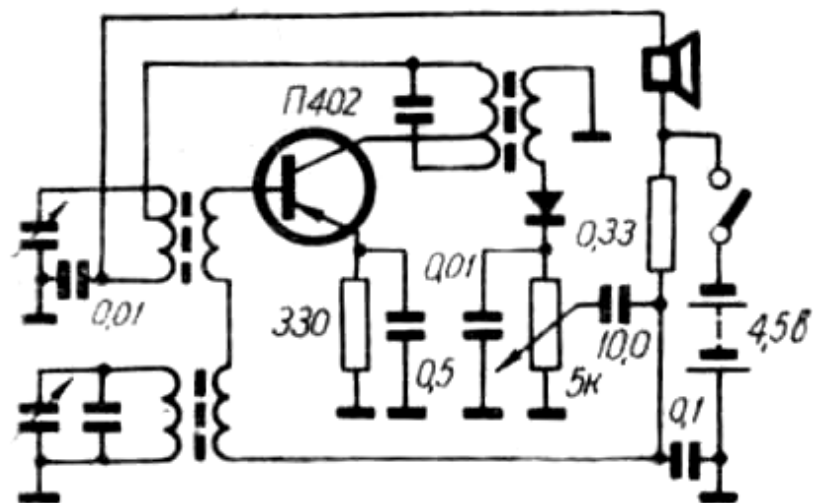


63. Схема сверхрегенеративного приемника с диодным детектором [48]

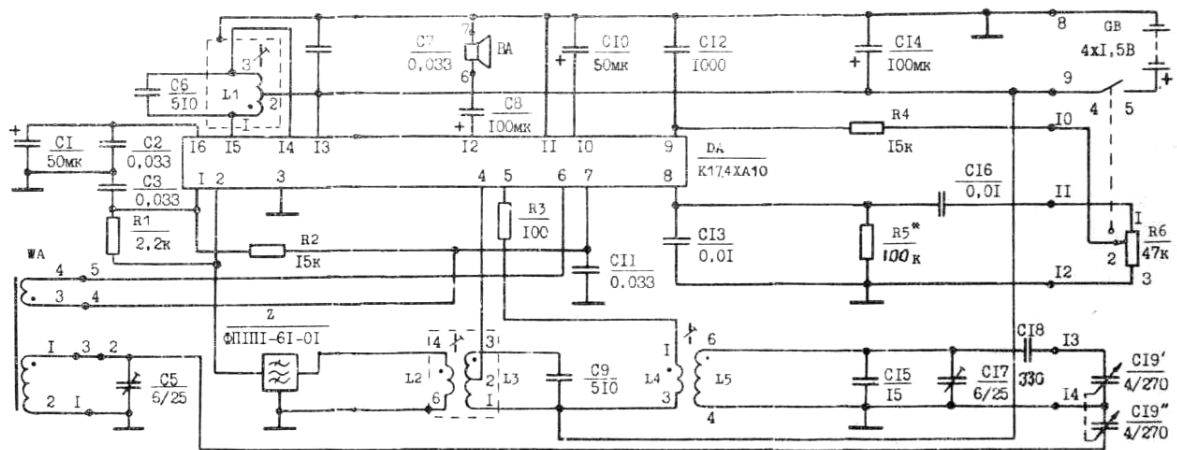




67. Схема малогабаритного супергетеродинного приемника [48]



68. Схема супергетеродинного приемника на одном транзисторе [48]



71. Схема супергетеродинного приемника на ИМС K174XA10

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

За основу, приведенного выше конспекта лекций, взят материал книги «Очерки истории радиотехники» [49], дополненный рядом иллюстраций. Кроме этой замечательной книги составитель использовал источники, приведенные в соответствующем разделе.

Составитель будет признателен читателям за указания на неточности, опечатки, неясности, которые будут учтены в последующих версиях.

ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Galvani A. De viribus electricitatis in motu musculari. Bononia, 1791.
2. Hertz H. Uber sehr schnelle elektrische Schwingungen. Wied. Ann., 1887, Bd. 31, S. 421.
3. Branly E. Variations de conductibilite sous diverses influences electriques. Lumiere electr., 1891, t. 40, Mai et Juin.
4. Попов А.С. Прибор для обнаружения и регистрирования электрических колебаний. "Журн. русского физ.-химич. об-ва", 1896, т. 22, ч. физич., отд. 1, вып. 1.
5. Preece W. H. Signalling through space without wires. Electrician, 1897, v. 39, p. 216.
6. Zenneck J. Elektromagnetische Schwingungen und drahtlose Telegraphic. Stuttgart, 1905.
7. Marconi G. and the Wireless Telegraph and Signal Co. Improvements in apparatus employed in wireless telegraphy. Brit. pat. №12326. Date of Application 1 June 1898. Complete specification left 4 Apr. 1899. Accepted 1 July 1899.
8. Попов А.С. Описание приемника депеш, посылаемых с помощью электромагнитных волн. Привилегия № 6066 от 30 сентября 1901 г., заявлено 14 июля 1899 г. Свод привилегий, выданных в России. СПб., 1901, в. 11, стр. 3651-3853
9. Слаби А. Беспроволочный телеграф. М., 1902.
10. Lodge O. Easy lecture experiment in electric resonance. Nature, 1890, v. 41, p. 368.
11. Lodge O. J. Improvements in syntonised telegraphy without line wires. Brit. pat. № 11575. Date of application 10 may 1897. Complete specification left 5 Feb. 1898. Accepted 10 Aug. 1898.
12. Lodge O. J. and Muirhead A. Improvements in, and relating to, wireless telegraphy. Brit. pat. № 25490. Date of application 7 Dec. 1905. Complete specification left 7 June 1906. Accepted 7 March 1907.
13. Marconi G. Syntonic wireless telegraphy. Electrician, 1901, v.47, p. 172-174, 211-213.
14. Marconi G. and Marconi's Wireless. Telegraph Co. Improvements in apparatus for wireless telegraphy. Brit. pat. № 7777. Date of application 26 Apr. 1900. Complete specification left 25 Feb. 1901. Accepted 13 Apr. 1901.
15. Stone J. Improvements in systems for wireless telegraphy. Brit. pat. № 4123. Date claimed for patent in the U. S. 27 Feb. 1906. Date of application in the U. K. 19 Feb. 1907. Accepted 19 Feb. 1908.
16. Frankl in C.S. and Marconi's Wireless Telehraph Co. Brit. pat. № 12690, 1907.
17. Lodge O. J., Muirhead A. and Robinson E.E. Improvements in and relating to coherers. Brit. pat. № 13521. Date of application 14 June 1902. Complete specification left 16 March 1903. Accepted 13 June 1903.
18. Marconi G. and Marconi's wirelles telegraph Co. Improvements in receivers suitable for wirelless telegraphy. Brit. pat. № 10245. Date of applications 3 May 1902. Complete specification left 2 Febr. 1903. Accepted 5 March 1903.

19. De Forest's wireless telegraph Co. N. Y. Brit. pat. № 10452, 1902.
20. Шапошников И. Самодельный приемник с диапазоном волн от 330 до 1500м. "Радиолюбитель", 1924, № 7.
21. Болтунов А. Приемник Электротреста типа ЛДВ-5. "Радиолюбитель", 1925, январь. № 8.
22. Pedersen P.O. Improvements in receivers for wireless telegraphy. Brit. pat. № 14792. Date of application 28 June 1906. Accepted 21 March 1907.
23. Poulsen V. Improvements relating to wireless telegraphy. Brit. pat. № 4799. Date of application 27 Feb. 1907. Accepted 12 Sept. 1907.
24. Fessenden R. A. Enipfanger fur drahtlose Telegraphic. Deutsch, Pat. № 207329. Patentiert 4 Juli 1905. Ausg. 19 Feb. 1909.
25. Blake G.G. History of radio telegraphy and telephony. London, 1928.
26. Fleming J. A. Improvements in instruments for detecting and measuring alternating electric currents. Brit. pat. № 24850. Date of application 16 Nov. 1904. Complete specification left, 15 Aug. 1905. Accepted 21 Sept. 1905.
27. Lieben R., Reisz E. und Strauss S. Relais fur induzierende Strome. Deutsch. pat. № 249142. Patentiert 20 Dez. 1910. Ausg. 12 Juli 1912.
28. De Forest L. U. S. pat. N° 879532. Filed 29 Jan. 1907. Publ. 18 Feb. 1908.
29. Armstrong E.H. Wireless receiving system. U. S. pat. N° 1113149. Filed 29 Oct. 1913. Publ. 6 Oct. 1914.
30. De Forest L. Brit. pat. № 3950. Conventional date 12 March 1914.
31. Franklin C. S. and Marconi's Wireless Telegraph Co. Improvements in receivers for use in wireless telegraphy and telephony. Brit. pat. № 13636. Date of application. 12 June 1913. Complete specification left 12 Jan. 1914. Accepted 11 June 1914.
32. Round H.J. and Marconi's Wireless Telegraph Co. Improvements in receivers for use in wireless telegraphy. Brit. pat. № 28413. Date of application 9 Dec. 1913. Complete specification left 8 July 1914. Accepted 9 Dec. 1914.
33. Arco G. und Meissner A. Gesellschaft fur drahtlose Telegraphic. Deutsch. Pat. № 290256. Patentiert 16 Juli 1913. Ausg. 17 Juni 1919.
34. Мандельштам Л.И., Папалекси Н.Д. Регенеративный приемник. Патент N° 490, заявлен 16 марта 1923 г., опубликован 31 июля 1925 г.
35. Минц А.Л., Куксенко П.Н. Регенеративный радиоприемник. Патент N° 735, заявлен 30 января 1923 г., опубликован 31 октября 1925 г.
36. Armstrong E.H. Improvements in or relating to wireless signalling systems. Brit. pat. № 182135. Convention date (U.S.), 27 June 1921. Application date (U.K.), 26 June 1922. Complete accepted 26 Sept. 1923.
37. Конашинский Д.А. Радиоприем и радиоприемные устройства. "Радиобиблиотека", в. 6 и 9. М., 1925.
38. Thompson W. Ph. A receiving arrangement for use in wireless telegraphy and telephony. Brit. pat. № 8821. Date of application 15 Apr. 1913. Accepted 2 Oct. 1913.
39. Scott-Taggart J. Improvements in and relating to wireless receiving apparatus and the like. Brit. pat. Ns 243039. Application date 18 June 1924. Complete accepted 18 Nov. 1925.

40. Куксенко П.Н. Усилитель двойного действия с одновременным усилением высокой и низкой частоты. Пат. № 916, заявлен 17 ноября 1923, опубликован 30 января 1926.
41. Schottky. Siemens und Halske Akt-Ges. Empfangsanordnung für elektrische Wellensignale. Deutsch. Pat. № 368937. Patentiert 19 Juni 1918. Ausg. 12 Feb. 1923.
42. Armstrong E. H. Methode de reception d'oscillations de haute frequence Brevet d'invention française № 501, 511. Demande 30 dec. 1918. Publ. 16 avr. 1920.
43. Hazeltine Corporation. Brit. pat. № 229625. Application date 13 Sept. 1924.
44. Аралов Г.И. Схемы и данные СИ-235. М., 1936.
45. Лаборатория "Радиофронта". Стройте РФ-1. "Радиофронт", 1934, V 9- 10.
46. Лосев О. В. Способ генерирования незатухающих колебаний. Патент № 996, заявлено 21 февраля 1922, опубликовано 27 февраля 1926.
47. Памятники науки и техники в музеях России: Альбом.-М.: Государственный политехнический музей изд. Знание, 1992.
48. Трохименко Я.К. Радиоприемные устройства на транзисторах. 3-е изд., испр. и доп. - Киев: Техніка, 1966.-438с., ил.
49. Очерки истории радиотехники.- М.: Издательство АН СССР, 1960.-448с.
50. Федоров Я. А. (ред.). Полупроводниковые приборы и их применение. Сб. статей, в. I и II. М., 1956-1957.
51. Гальвани Л. Трактат о силах электричества при мышечном движении. В кн. Гальвани Л. и Вольта А. "Избранные работы о животном электричестве". М.-Л., 1937.
52. Герц Г. Р. О весьма быстрых электрических колебаниях. С. М. Рытов. "Из предыстории радио". Сб. статей под ред. Л.И. Мандельштама. М.-Л., 1948, стр. 131-148.
- 53.. Берг А. И. (ред.). Изобретение радио А. С. Поповым. Сб. документов и материалов. М.-Л., 1945.
54. Прис В. Передача сигналов на расстояние без проводов. С. М. Рытов. "Из предыстории радио". Сб. статей под ред. Л. И. Мандельштама. М.- Л., 1948,стр. 459-465.
55. Ценнек. Руководство по беспроволочной телеграфии. Пер. с нем. СПб., 1913.
56. Головин Г.И., Карлина Р. П. (состав.). А. С. Попов. Сб. документов под ред. М.А.Шателена, И.Г.Кляцкина, В.В.Данилевского. Л., 1945.
57. Трохименко Я.К. Радиоприемные устройства на транзисторах. – 5-е изд., испр. и доп. – Киев: Техника, 1972. – 352 с.

РЕСУРСЫ ИНТЕРНЕТ ПО ИСТОРИИ РАЗВИТИЯ ТЕХНИКИ РАДИОПРИЕМА

<http://oldradio.onego.ru>

Виртуальный музей старого радио

<http://meri.yurope.com/org/tesla/>

Nikola Tesla Museum. Представлен материал музея Н.Теслы в Белграде.

<http://www.radiomuseum.ur.ru>

Музей радио им. А.С.Попова

<http://www.radio.cn.ua/radio/uy5xe/istsh.html>

Статья "История классических схем радиотехники"

<http://www.qrz.ru/articles/detail.phtml?id=63>

Статья "Летопись отечественной радиотехники и радиовещания"

Учебное издание

ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ ТЕХНИКИ РАДИОПРИЕМА

Конспект лекций

Составитель
Сочилин Андрей Викторович