

На заре радиокommunikаций

77-48211/603624

07, июль 2013

Самохин В. П., Мещеринова К. В.

УДК.929

Россия, МГТУ им. Н.Э. Баумана

svp@bmstu.ru

Ksenia@bauman-trud.ru

*Вниманию читателей предлагается очерк
по истории развития радиокommunikаций
до наступления эры электронных ламп*

Эксперименты выдающегося американского изобретателя Томаса Эдисона [1] и не менее одаренного немецкого физика Генриха Герца (см. Приложение 1) 1876...1888 годов доказали существование электромагнитных волн, ранее предсказанных британским физиком и математиком Джеймсом Максвеллом (англ. *James Maxwell*) математически. Герц с помощью устройства, которое он назвал вибратором, осуществил успешные опыты по передаче и приёму электромагнитных сигналов на расстояние без проводов. Вскоре появилось множество других научных достижений в этой области.



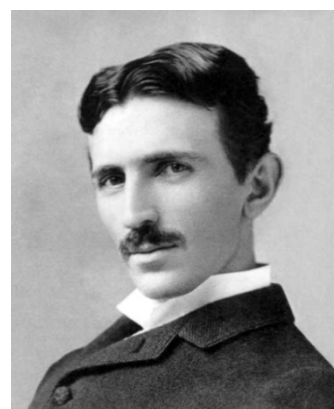
James Maxwell (1831– 1879)



Thomas Edison (1847 — 1931)



Генрих Герц (1857–1894)



Никола Тесла (1856 – 1943)

В 1890 году французский физик и инженер Эдуард Бранли (см. Приложение 2) обнаружил, что частички металла, соприкасающиеся между собой, обладают большим сопротивлением для электрического тока, но даже одна далекая искра была способна мгновенно уменьшить это сопротивление. Электрическую цепь из батареи и колбы с металлическими опилками Бранли называл "радиокондуктором", и это был первый детектор прохождения электромагнитных волн от искровых передатчиков. Результаты опытов Бранли были опубликованы в Бюллетене Международного общества электриков и отчётах Французской Академии Наук.

В 1891 году гениальный серб Никола Тесла [2] в ходе своих лекций публично описал принципы передачи сигналов на большие расстояния. Беспроводную передачу сообщений он впервые продемонстрировал в 1893 году на лекции в Сент-Луисе. Приемником служила катушка Теслы с ярко вспыхивавшей при наличии сигнала газоразрядной трубкой. Тесла запатентовал четыре резонансных контура, настроенных в резонанс на одну и ту же частоту по два на передающей и приемной сторонах. В том же году на Всемирной выставке в Чикаго, электроосвещением которой занимался Никола Тесла [2], он демонстрировал многие достижения, в том числе и беспроводную связь.

Вот как об этом написал Александр Степанович Попов в книге "Телеграфирование без проводов", тогда преподаватель Морского инженерного училища, посетивший эту выставку по заданию Морского ведомства, чтобы "...поднабраться там иностранного ума-разума": *«Тесла на станции отправления поднял на высокой мачте изолированный проводник, снабженный на верхнем конце некоторой емкостью в виде металлического листа; нижний конец этой проволоки соединялся с полюсом трансформатора высокого напряжения и большой частоты. Другой полюс трансформатора был присоединен к земле. Разряды трансформатора были слышны на станции приема в телефон, включенный в землю и высоко поднятый провод...»*.

Англичанин Оливер Лодж (англ. *Sir Oliver Joseph Lodge*) усовершенствовал "радиокондуктор" Брэнли, добавив к нему "тремблер" (англ. *trembler*), устройство с часовым механизмом, встряхивающее опилки через равные промежутки времени. Когерер Лоджа, впервые продемонстрированный перед аудиторией Королевского Института в 1894 году, позволял принимать и записывать сигналы кода Морзе, передаваемые радиоволнами. Это сделало когерер стандартным устройством для первых беспроводных телеграфных аппаратов. В 1894 году Лодж на страницах журнала «London Electrician» рассуждая о значении открытий Герца, описал свои эксперименты с электромагнитными волнами и влияние явления резонанса настройки.



Oliver Lodge (1851–1940)



А.С. Попов (1859 – 1905)



Jagadish Bose (1858 – 1937)



R.A. Fessenden (1866 – 1932)

В марте 1895 года А.С. Попов познакомился со статьей О. Лоджа в журнале "London Electrician" и описанием его опытов по применению "радиокондуктора" Эдуарда Бранли. А.С. Попов сразу же стал повторять эти опыты в своем приемнике электромагнитных колебаний, который после модификаций "радиокондуктора" был продемонстрирован им 7 мая 1895 года на заседании Физического отделения Русского физико-химического общества. Именно тогда появился на свет первый в мире приемник, пригодный для практической телеграфной связи с помощью радиоволн.

В 1896 году радиотелеграфную связь на расстоянии трех миль продемонстрировал в Калькутте индийский ученый Джагадиш Боше (англ. *Jagadish Bose*), изобретатель самого чувствительного тогда ртутного когерера. В 1899 он повторил демонстрацию Лондоне в присутствии лорда Релея и Флеминга, тогда профессора Лондонского университета. На этой демонстрации был итальянец Гульельмо Маркони (ит. *Guglielmo Marconi*), который в 1896 году сошел на английское побережье с радиоприемником электромагнитных колебаний собственной конструкции. Он стал привлекать для решения своих задач многих талантливых инженеров того времени. К 1900 году только в Англии на Маркони работали 17 инженеров. Его главными консультантами были О. Лодж и А. Флеминг.

16 августа 1898 года Лодж получил патент № 609154, в котором предлагалось *«использовать настраиваемую индукционную катушку или антенный контур в беспроводных передатчиках или приемниках, или в обоих устройствах»*. Этот патент имел большое значение в истории радио, поскольку в нем были изложены принципы настройки на нужную станцию.

В 1900 году канадец Реджинальд Фессенден (англ. *Reginald Fessenden*) заключил контракт с Бюро погоды США о создании сети радиостанций вдоль восточного побережья для передачи сводок и прогнозов. При его реализации Фессенден в первую очередь занялся усовершенствованием телефонной трубки, приемника и отказался от когереров на металлических опилках. Среди его изобретений того времени есть бареттерный и электролитический детекторы, пригодные для демодуляции амплитудно-модулированных высокочастотных колебаний. В те же годы Фессенден разрабатывает гетеродинный способ приема, при котором выделяются звуковые биения между ВЧ колебаниями близких частот. [3]

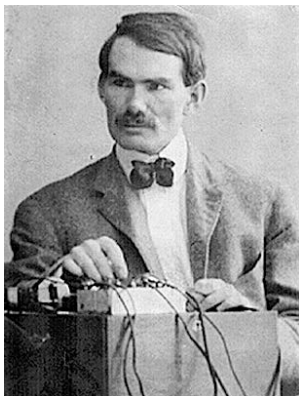
12 декабря 1901 года радиотелеграфное сообщение (три точки в коде Морзе), переданное немецким физиком, профессором Страсбургского университета Карлом Брауном (нем. *Karl Braun*) из Poldhu (Англия) достигло канадского острова Нью-Фаундленд, находящегося за пределами прямой видимости, где было принято Маркони. Ртутный когерер, который запатентовал и использовал при этом Маркони, был точной копией когерера Бозе. [4]



Karl Braun (1850 – 1918)



G. Marconi (1874 – 1937)



Lee de Forest (1873-1961)



William Duddell (1872-1917)

Работая с Маркони, Браун усовершенствовал схему радиопередатчика, изобрел несколько типов антенн, обнаружил одностороннюю проводимость ряда кристаллов и создал первый детектор (1906). Важными изобретениями, использованными в последующих приемниках Маркони, были система настройки, созданная О. Лоджем, и ламповый детектор Флеминга. Браун и Маркони – лауреаты Нобелевской премии за развитие беспроводной телеграфии (1909). В Германии с аппаратами Маркони конкурировали разработки корпорации «Телефункен».

Американец Ли де Форест (англ. *Lee de Forest*) появился на арене беспроволочного телеграфа, когда компании Маркони, Фессендена и «Телефункен» уже занимали там прочное положение, защищенное многочисленными патентами. Пытаясь их обойти, де Форест до 1906 года получил 34 патента, в том числе на усовершенствование когерера О. Лоджа. В конце 1902 года военно-морской флот США завершил тестирование трех систем беспроволочной телеграфной связи, по результатам которого система Ли де Фореста была признана лучшей по сравнению с системами Маркони и Фессендена. Де Форест стал главной фигурой в радиотелеграфном бизнесе деле, продавая свои системы флоту и войскам связи США, а также каналам связи для прессы.

«Поющая дуга». В конце XIX века многих заинтересовала передача через эфир не только "морзянки", но и человеческого голоса. Исследования по радиотелефонии во многих странах показали, что для хорошего качества передачи речи и музыки необходимы незатухающие колебания, тогда как искровые передатчики давали только затухающие колебания. Для получения незатухающих колебаний сначала использовали электрическую дугу, открытую в 1802 году русским физиком В.В. Петровым. Его исследования положили начало работам по применению

электрической дуги, в частности для освещения. Однако у электродугового освещения были недостатки. Например, вызывал раздражение постоянный свистящий звук, издаваемый ими при горении. Дуговой источник света привлек к себе внимание ученых разных стран, и их исследования привели к ряду открытий.

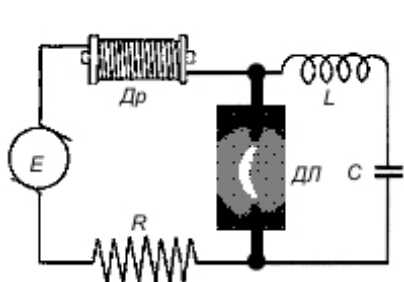
Так, немецкий физик Герман Симон (нем. *Hermann Simon*) во время экспериментов в 1897 году обнаружил влияние окружающего электрическую дугу электроакустического поля на протекающий через нее ток. Он использовал дугу как микрофон, включив в цепь ее питания телефон. Звуковые волны изменяли ток в дуге, и в телефоне возникал звук. Эксперименты также показали, что модуляция электрической дуги приводит не только к появлению звука, но и к модуляции светового излучения дуги. Это явление было использовано для световой телефонной связи между немецкими кораблями: модулированный луч дугового прожектора направлялся на фоточувствительную пластинку, к которой присоединялась электрическая цепь, состоящая из источника питания, дросселя, конденсатора, и телефона. [5]

В 1899 году звучанием дуговых ламп, занялся английский инженер Вильям Дуддель (англ. *William Duddell*). Во время экспериментов обнаружилось, что частота и уровень шума, издаваемые дуговой лампой, зависят от величины напряжения питания. Это навело его на мысль присоединить к дуговым лампам специальную клавиатуру и создать один из первых электромузыкальных инструментов, воспроизводящих звуки без использования для этого каких-либо иных устройств. Тогда же В. Дуддель продемонстрировал свой необычный музыкальный инструмент в Лондонском институте инженеров-электриков. Слушавшие его коллеги пришли к выводу, что дуговые лампы на других зданиях города тоже могут "играть" от изменения напряжения, а осветительная сеть улиц города может быть превращена в большой электронный оркестр. Автор необычного музыкального инструмента обрел известность, но не получил никаких дивидендов за свое изобретение. Только через десять лет возможности «поющей дуги» нашли применение: американец Тадеус Кахилл (англ. *Thaddeus Cahill*, 1867-1934) продемонстрировал электродуговой музыкальный инструмент – телгармониум (англ. *Telharmonium*). Весил он 200 тонн, большую часть которых составляли 145 питающих инструмент динамо-машин.

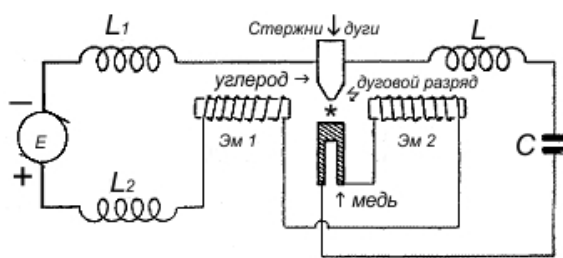
В 1900 году В. Дуддель присоединил к угольным электродам дуговой лампы последовательный колебательный LC-контур и сделал главное открытие: он обнаружил, что дуга издает звуки с частотой, зависящей от элементов колебательного контура. В результате В. Дуддель не только нашел способ управления тоном звучания электрической дуги, но и сконструировал на ней генератор незатухающих колебаний звуковых частот, питающийся от источника напряжения 42 В (динамо-машины) при потребляемом токе 3,5 А. Это стало возможным, так как дифференциальное сопротивление на рабочем участке вольт-амперной характеристики dI/dU отрицательно. Исследования Вильяма Дудделя указали пути использования электрической дуги в создании радиочастотного генератора электромагнитных волн.

Через два года датчанин Вальдемар Паульсен (дат. *Valdemar Poulsen*), изобретатель первого в мире магнитофона на проволочном носителе (1898), разработал мощный генератор незатухающих колебаний на дуговой лампе. Во время исследований он обнаружил, что частота колебаний увеличивается, если дуга находится в парах спиртовки. Эксперименты в газовых средах позволили выделить те из них, с которыми частота электромагнитных колебаний повышается. Такими оказались пары углеводородов, в атмосфере которых частота колебаний дугового генератора достигала 500 кГц. [5]

В 1902 году В. Паульсен запатентовал в Дании конструкцию дугового генератора с разрядом в газовой среде, а затем еще в 13 странах мира, но электрическая схема запатентованного генератора мало отличалась от схемы В. Дудделя. В ходе дальнейших исследований дуговых генераторов было установлено, что частота и мощность такого передатчика существенно зависит от соотношения токов питания дуги и в колебательном контуре. Предпочтение было отдано режиму работы с амплитудой колебательного тока, превышающей величину питающего дугу постоянного тока. При этом дуга проявляла одностороннюю проводимость, т. е. зажигалась только при определенной полярности напряжения, и ток через нее протекал лишь в одном направлении. Положительный стержень (анод) дуги был выполнен в виде медного цилиндра и внутри охлаждался проточной водой, что обеспечило теплоотвод и повысило стабильность дугового разряда. В качестве отрицательного электрода (катода) использовался угольный стержень, непрерывно вращающийся вокруг своей оси особым приводом. В результате угольные электроды обгорали равномерно, а горение дуги стало более устойчивым. Кроме того, введение с помощью электромагнитов (Эм) поперечного магнитного поля, пропорционального потребляемому току, способствовало де-ионизации разрядного промежутка дуги, повышению напряжения ее зажигания и, следовательно, мощности генерируемых колебаний.



а) В. Дудделя ↑



б) В. Паульсена (патент № 15 599) ↑

Схемы дуговых генераторов незатухающих колебаний:



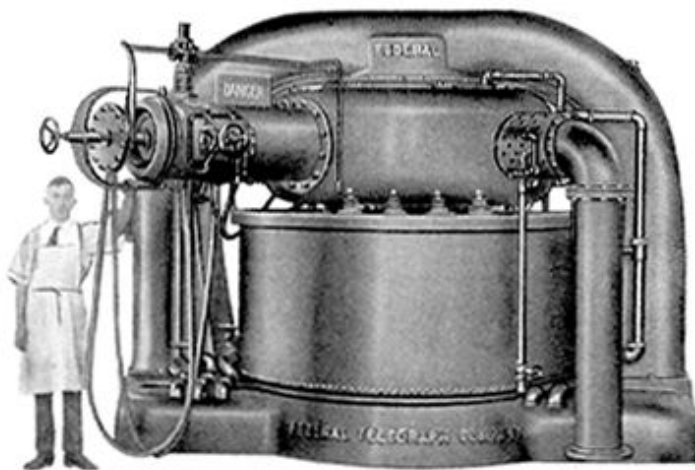
Valdemar Poulsen (1869-1942)

Вальдемар Паульсен запатентовал дуговой генератор радиочастотных незатухающих колебаний, использующий углеводородную разрядную среду и магнитное поле, и 14.07.1903 получил на него Британский патент № 15 599.

В 1904 году на берегу озера Бэгсваер (дат. *Bagsvaerd*, 15 км от Копенгагена) была построена радиостанция Lyngby Radio, для проведения экспериментов с дуговыми генераторами. Паульсен и его партнер Педерсен (дат. *Pedersen*) установили связь между этой радиостанцией и лабораторией в Копенгагене. Менее чем через два года, они осуществили радиотелефонную связь между Lyngby и радиостанцией в Эсбьерге (дат. *Esbjerg*), находящейся на расстоянии около 270 км. [6]

В 1903 году В. Паульсен предложил последовательное соединение электрических дуг, так называемые генераторы с многократной дугой. Подобный генератор, состоящий из шести соединенных последовательно дуговых генераторов, реализовала в 1906 году компания Telefunken для система радиосвязи дальностью 25 миль. Появилось много усовершенствований по конструкции, удешевлению и облегчению обслуживания, а также аналогичных разработок в других странах.

Уже первые генераторы Паульсена работали на частотах до нескольких мегагерц с мощностью до 1 кВт. В дальнейшем были достигнуты более высокие мощности генераторов этого типа, и они получили широкое применение на радиостанциях в начале XX века.



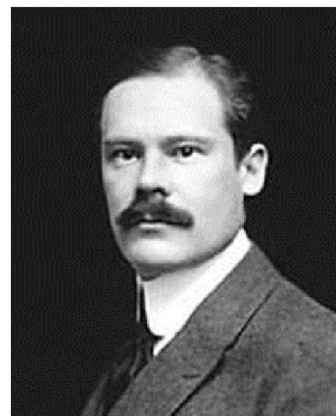
Дуговой генератор Паульсена мощностью 1000 кВт для радиостанции Lafayette (1920)

Микрофон. При работе телеграфом дуговые генераторы удовлетворяли требованиям, но при экспериментах с передачей звука разработчики сталкивались с проблемой выбора микрофона. Для передачи голоса в дуговых системах Паульсена требовался микрофон, способный пропускать большой ток. Наиболее подходящим в то время был угольный микрофон с водяным охлаждением.

В 1906 году итальянский профессор Куирино Мажорана (ит. *Quirino Majorana*) предложил применять в дуговом передатчике изобретенный им гидравлический микрофон. Принцип работы микрофона Мажораны был основан на том, что вода, становящаяся проводником тока при добавлении кислоты или соли, способна изменять свою проводимость. Диафрагма его микрофона, воздействуя через подвижную стенку на протекающую струю воды, изменяла ее сечение, из-за чего изменялось сопротивление цепи и, следовательно, ток, протекающий через разрядный промежуток дуги.

В результате получалась модуляция высокочастотных колебаний дугового генератора низкочастотными сигналами гидравлического микрофона. Кроме того, вода могла использоваться для отвода тепла. Профессору Мажоране удалось передать радиотелефонное сообщение со своим микрофоном и дуговым передатчиком на расстояние более 400 км. Недостатками такого микрофона были его громоздкость (длина модулируемой водяной струи составляла от 2 до 5 м) и большая чувствительность к посторонним механическим воздействиям. [5]

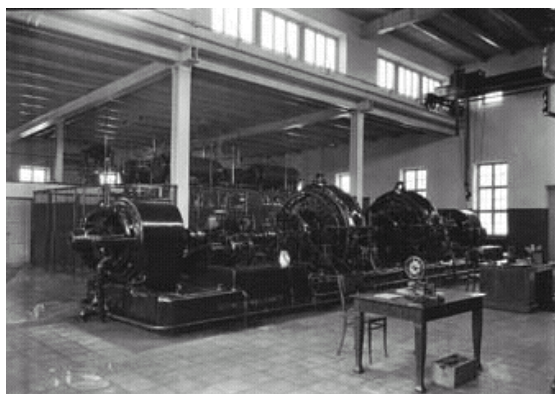
"Альтернаторная" альтернатива. Тем временем Фессендену удалось "посадить", как он говорил, низкочастотные сигналы на высокочастотного "извозчика" и "высаживать" их в приемнике. В рождественский вечер 1906 года его радиостанция «Bravo Ocean» провела первую в мире радиовещательную передачу речевого и музыкального сигналов, воспользовавшись электромашинным генератором напряжения частотой 50 кГц.



E. Alexanderson (1878 - 1975)

Его конструктор, швед Эрнст Александерсон (*Ernst Alexanderson*), назвал этот генератор Альтернатором, а поставила его компания General Electric (GE), в которой от тогда работал. [3]

Маркони, посетивший GE в 1915 году, оценил преимущества альтернаторов Александерсона и выразил желание купить исключительное право их продажи на мировом рынке. Но президент США Вильсон обратился к руководству GE с просьбой не продавать права, из опасений доминирования Англии в области беспроводной связи. В ответ “для противодействия иностранному монополизму” была также создана корпорация Radio Corporation of America (RCA). Ее задачей, в частности, был маркетинг альтернаторов. Главным инженером RCA был назначен Александерсон. Швеция купила альтернаторы для радиостанции в Гриметоне (шв. *Grimeton*) на своем Западном побережье. Эта радиостанция с двумя альтернаторами ↓ была торжественно открыта королем Швеции Густавом V в



1925 году, который в день открытия станции направил телеграмму президенту США Кулиджу. На торжестве были вице-президент RCA Сарнов и главный инженер Александерсон. В настоящее время она – единственная в мире действующая радиостанция с альтернаторами.

Один из первых отечественных исследователей, который проводил работы по применению дуговых генераторов колебаний, был Семен Моисеевич Айзенштейн (1884 – 1962). [7] В 1904 году им был получен патент на «Способ увеличения интенсивности электрических колебаний, которые создаются методом Дудделя». В это же время ученый проводит испытания полевых радиостанций большой мощности, созданных по системе Паульсена. С результатами научных исследований С.М. Айзенштейна были ознакомлены участники IV Всероссийского электротехнического съезда, проходившего в Киеве с 25 апреля по 4 мая 1907 года, на котором он выступил с докладом. На следующий год было закончено строительство самых мощных тогда в России дуговых радиостанций в Киеве и Жмеринке, что позволило установить радиосвязь Жмеринка-Одесса-Севастополь. В 1910 году С.М. Айзенштейном была построена мощная дуговая радиостанция вместо искровой станции «Сигнальная мачта», работавшей в Севастополе с 1904 года.

Летом 1918 года все крупные армейские радиостанции России были переданы из военного ведомства в Народный комиссариат почт и телеграфов (Наркомпочтель). Через полгода состоялось совещание представителей науки и специалистов по радиотехнике при Высшем радиотехническом совете по устройству радиосети Советской республики. Одним из результатов работы совещания было включение в план работы Нижегородской радиолaborатории (НРЛ) исследований о целесообразности использования на радиостанциях дуговых генераторов. [7]

Возглавил эти работы сотрудник НРЛ, однокурсник М.А. Бонч-Бруевича, Петр Алексеевич Остряков (1887 - 1962). Экспериментальные исследования о возможности модуляции при передаче человеческой речи производились с января по май 1919 года в диапазоне волн 1000...2000 м на иностранном дуговом передатчике. 27 февраля 1919 года в эфире из стен НРЛ прозвучало сообщение: «Алло! Алло! Говорит Нижегородская радиолaborатория. Раз, два, три. Как слышно?». Это была проба работы дугового радиотелефонного передатчика в схеме испытаний, разработанной НРЛ. Сообщение было принято в Москве, но неудовлетворительного качества. По результатам испытаний был сделан вывод о нецелесообразности применения электрической дуги для радиовещания. Материалы этих исследований были опубликованы в статье в журнале ТиТбп (Телеграфия и телефония без проводов) №6/1919.

До начала 20-х годов XX века дуговые радиостанции широко использовались в разных странах. Дуговые генераторы мощностью от единиц до тысячи кВт были первыми технически пригодными средствами получения незатухающих колебаний, но при этом не могли удовлетворять возрастающие потребности в беспроводной связи: работали неустойчиво, были капризны в настройке и обслуживании. Научные исследования и многочисленные эксперименты показали, что

электрические генераторы высокой частоты тогда были лучшим средством получения незатухающих колебаний.

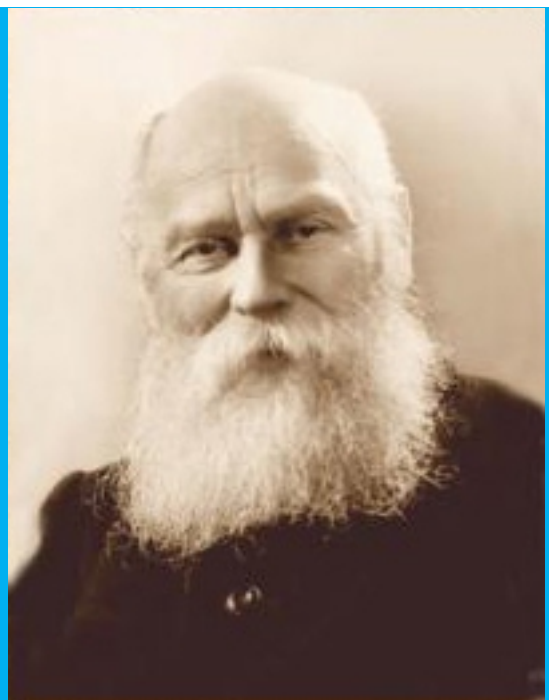
Пионером создания отечественных мощных высокочастотных электромашинных генераторов был В.П. Вологдин. Он был одним из научных руководителей Центральной радиолaborаторией страны (ЦРЛ), организованной в 1924 году в Ленинграде, куда были переведены радиолaborатория Треста заводов слабого тока из Москвы и НРЛ [7]. Созданный им самый мощный электромашинный передатчик мощностью 150 кВт был последним, использованным для целей радиосвязи. Он был установлен в Москве на Октябрьской (бывшей Ходынской) радиостанции, где многие годы надежно обеспечивал радиосвязь Советской России со странами Западной Европы и США.

Валентин Петрович Вологдин – выдающийся ученый в области высокочастотной техники, профессор (1921), член-корреспондент АН СССР (1939), заслуженный деятель науки и техники (1942). После окончания С.-Петербургского технологического института (1907) работал на «Электромеханическом заводе Н. Глебова и К°» инженером-конструктором электрических машин. Первая высокочастотная из них мощностью 2 кВт была им разработана в 1912 году, поставлялась для флотских радиостанций и генерировала несущую частоту 60 кГц.

В.П. Вологдин был одним из научных руководителей Нижегородской радиолaborатории (НРЛ), где продолжал работы по созданию мощного генератора незатухающих колебаний. В 1922 году такой генератор мощностью 50 кВт был построен для Октябрьской радиостанции в Москве и обеспечил в 1925 году первую прямую радиотелефонную связь с США.

В.П. Вологдин известен также как разработчик высоковольтных ртутных выпрямителей для питания радиотелефонных передатчиков, и создатель новых направлений в области высокочастотных индукционных печей и поверхностной закалки металлов.

Награжден Орденом Ленина, Золотой медалью А.С. Попова №1 (1948) и Сталинскими премиями второй степени (1943 и 1952).



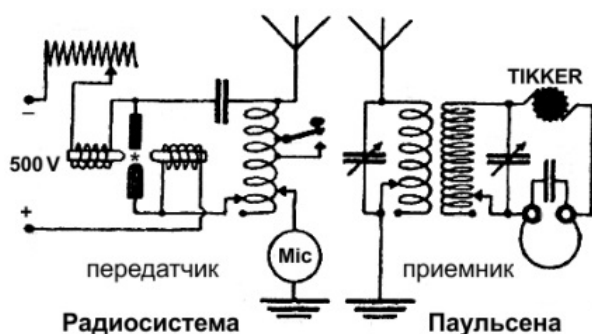
В.П. Вологдин (1881 – 1953)



В.П. Вологдин и сотрудники НРЛ у деталей высокочастотного электромашинного генератора

Детектирование. Система связи Паульсена с дуговым генератором имела радиоприемник, отличающийся от приемных радиоустройств в искровых системах. Телеграфный радиосигнал точка или тире при незатухающих колебаниях состоял из серий непрерывных колебаний разной продолжительности при постоянной амплитуде. Каждая такая серия после выпрямления в детекторе превращалась в импульс постоянного тока, который притягивал мембрану телефона, и удерживал ее в таком состоянии во время прохода точки или тире. Мембрана телефона при таком типе сигнала не способна была колебаться, а значит, не возникало и отрывистых звуковых сигналов азбуки Морзе, понятных радистам-слушачам.

Для детектирования радиосигналов от передатчиков незатухающих колебаний применялся синхронный прерыватель тока, так называемый "тиккер". Первым предложил использовать такой прерыватель в радиоприемнике Никола Тесла в своем Британском патенте, заявленном в ноябре 1901 года. На практике тиккер стал применяться с 1906 года в системах связи В. Паульсена.



Louis Austin (1867 – 1932)

Изобретателем тиккера считается американский физик Луи Остин (англ. *Louis Austin*), известный своими исследованиями радиосвязи на дальние расстояния, чем он занимался с начала XX века.

В 1910 году Остин установил радиосвязь между судами, плывущими у берегов Соединенных Штатов и Либерии.

В самом начале I мировой войны немцы тайно перевели радиостанции своего флота на работу незатухающими колебаниями. Детекторные приемники, имевшиеся в русской армии, обеспечивали прием радиотелеграфных сигналов на слух только в том случае, если работа велась искровыми передатчиками. Радисты тщетно пытались поймать сигналы немецких радиостанций, противник пропал в эфире, и вместе с этим была потеряна возможность обнаружить его местонахождение.

Эту тайну разгадал Михаил Васильевич Шулейкин [7], тогда сотрудник лаборатории Санкт-Петербургского Радиотелеграфного завода Морского ведомства, а впоследствии – профессор МВТУ и академик АН СССР (1939). Он доказал, что флотские радиостанции немцев модулируют незатухающие колебания и разработал конструкцию тиккера к приемнику, что позволило понимать сигналы немецких радиостанций.



М.В. Шулейкин (1884 – 1939)

Список литературы

1. В.П. Самохин Памяти Томаса А. Эдисона //technomag.edu.ru: Наука и образование: электронное научно-техническое издание, 2011, вып. 12. URL <http://www.technomag.edu.ru/doc/282286.html> (дата обращения 15.07.2013).
2. В.П. Самохин Памяти Николы Теслы //technomag.edu.ru: Наука и образование: электронное научно-техническое издание, 2013, вып. 1. URL <http://www.technomag.bmstu.ru/doc/533355.htm> (дата обращения 15.07.2013).
3. В.П. Самохин Памяти Реджинальда Фессендена //technomag.edu.ru: Наука и образование: электронное научно-техническое издание, 2012, вып. 8. URL <http://www.technomag.edu.ru/doc/441974.html> (дата обращения 15.07.2013).
4. В.П. Самохин Памяти Гульельмо Маркони //technomag.edu.ru: Наука и образование: электронное научно-техническое издание, 2012, вып. 7. URL <http://www.technomag.edu.ru/doc/428496.html> (дата обращения 15.07.2013).
5. В.А. Туренко Электродуговая веха истории радиопередатчиков //Домашняя страница. URL <http://www.valerijj.turenko.nm.ru/elektrodugovay%20vexa%20istorii%20radioperedachi.htm>
6. Valdemar Poulsen// Electrical Engineering, Biographies. The Columbia Electronic Encyclopedia. URL http://web.archive.org/web/20091027123228/http://geocities.com/neveyaakov/electro_science/poulsen.html (дата обращения 15.07.2013).
7. В.П. Самохин Михаил Александрович Бонч-Бруевич (1888 – 1940) //technomag.edu.ru: Наука и образование: электронное научно-техническое издание, 2013, вып. 2. URL <http://www.technomag.bmstu.ru/doc/547852.html> (дата обращения 15.07.2013).

Приложение 1

Генрих Рудольф Герц (1857–1894)

Выдающийся немецкий физик Генрих Герц (нем. *Heinrich Rudolf Hertz*) родился 22 февраля 1857 года в семье адвоката, проживающей в Гамбурге. Уже обучаясь в гимназии, юный Генрих проявил себя уникальным по сообразительности и успеваемости учеником. Его интересовали все изучаемые предметы, он любил писать стихи и работать на токарном станке, но в полной мере проявить свои таланты Герцу всегда мешало слабое здоровье.

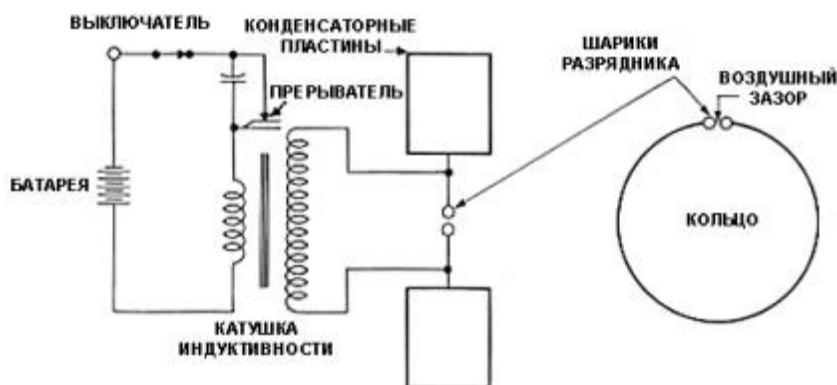
После окончания гимназии в 1875 году юный Генрих поступил в Мюнхенское высшее техническое училище и получил там базовую подготовку. Желая углубленно заниматься научными исследованиями, Генрих

вскоре поступает в Берлинский университет, располагающий отлично оснащенными физическими лабораториями. Одной из таких лабораторий руководил известный физик Герман Гельмгольц (нем. *Helmholtz*, 1821-1902), который заметил целеустремленного студента и предложил ему работу на конкурсной основе в направлениях изучения и развития идей Фарадея – Максвелла. Герц взялся за решение поставленных задач, самостоятельно изготавливал экспериментальные приборы, проявляя трудолюбие и изобретательность. «Я увидел, что имел дело с учеником совершенно необычного дарования», – вспоминал позднее Гельмгольц.

В 1879 году Герц начал теоретические исследования по теме: «Индукция во вращающихся телах», планируя защитить их в качестве диссертации. Самоотверженно работая, Герц быстро закончил исследование и защитил диссертацию с отличием, хотя университет еще не был закончен, и ему присудили ученую степень доктора наук, – редчайший случай для студента.

С 1883 по 1885 год Герц заведовал кафедрой теоретической физики в Кильском институте, где не было физической лаборатории. Здесь он занимался теоретическими вопросами, корректируя систему уравнений электродинамики, в результате чего создал свою систему уравнений, из которой легко получаются уравнения Максвелла.

В 1885 году Герц принимает приглашение и переходит на работу в престижную Техническую школу (ныне университет) в Карлсруэ (нем. *Karlsruhe*), где проводит опыты по электродинамике. Герц тщательно изучил все, что тогда было известно об электрических колебаниях в теории и на практике. В период с 1886 по 1888 год Герц в углу своего физического кабинета исследовал излучение и прием электромагнитных волн.



Heinrich Hertz
(1857–1894)

Для этих целей он сконструировал свой знаменитый излучатель ⚡ электромагнитных волн, так называемый «вибратором Герца». Этот вибратор представлял собой два медных прутка с насаженными на концах латунными шариками и по одной большой цинковой сфере или квадратной пластине, играющей роль конденсатора. Между шариками оставался зазор – искровой промежуток. К медным стержням были прикреплены концы повышающей обмотки высоковольтного трансформатора. При импульсах переменного тока между шариками проскакивали искры и в окружающее пространство излучались электромагнитные волны. Перемещением сфер или пластин вдоль стержней регулировались индуктивность и емкость цепи, определяющие длину волн.

Чтобы улавливать излучаемые волны, Герц придумал простейший резонатор – проволочное незамкнутое кольцо или прямоугольную незамкнутую рамку с такими же, как у вибратора латунными шариками на концах и регулируемым искровым промежутком. В результате проведенных опытов Герц обнаружил, что если в генераторе происходят высокочастотные колебания (в его разрядном промежутке проскакивают искры), то в разрядном промежутке резонатора, удаленном от генератора, тоже проскакивают маленькие искры. Посредством вибратора, резонатора и отражательных металлических экранов Герц доказал существование предсказанных Максвеллом электромагнитных волн, распространяющихся в свободном пространстве, доказал их тождественность световым волнам и сумел измерить их длину. В 1887 году Герц обнаружил, что влияние генератора на приемник максимально при совпадении частот колебаний генератора и собственной частоты резонатора. По завершении опытов вышла статья Герца «Об очень быстрых электрических колебаниях», а в 1888 году – еще более фундаментальная работа «Об электродинамических волнах в воздухе и их отражении».

В 1889 году, выступая на съезде немецких естествоиспытателей, Герц говорил: «Все эти опыты очень просты в принципе, тем не менее, они влекут за собой важнейшие следствия. Они рушат всякую теорию, которая считает, что электрические силы перепрыгивают пространство мгновенно. Они означают блестящую победу теории Максвелла».

Напряженная работа Герца не прошла безнаказанно для его слабого здоровья. Сначала отказали глаза, затем заболели уши, зубы и нос. Вскоре началось общее заражение крови, от чего знаменитый уже в 37 лет физик Генрих Герц скончался. После смерти Герца, сэр Оливер Лодж заметил: «Герц сделал то, что не смогли сделать именитые английские физики. Кроме того, что он подтвердил истинность теорем Максвелла, он сделал это с обескураживающей скромностью».

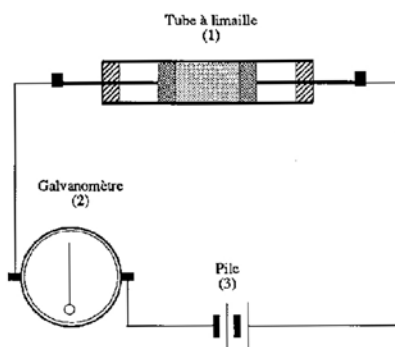
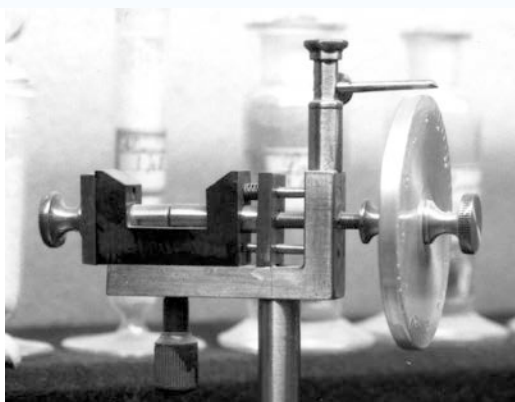
Герц завершил труд, начатый Фарадеем. Максвелл привел представления Фарадея к математическим формулам, а Герц превратил их в слышимые электромагнитные волны. Его именем названа единица частоты всех систем единиц. Мы всегда рядом с Генрихом Герцем, когда слушаем радио, смотрим телевизор и вспоминаем о нем всякий раз, говоря о частотных характеристиках каналов связи и аппаратуры. И не случайно первыми словами, переданными А. С. Поповым по первой в мире беспроводной связи, были «Генрих Герц».

Приложение 2

Эдуард Юджин Десаир Бранли (1844–1940)

Эдуард Бранли (фр. *Édouard Eugène Désiré Branly*) – французский изобретатель, физик и инженер; один из изобретателей радио, родился 23 октября 1844 года в Амьене (фр. *Amiens*) на севере Франции. Окончил Высшую нормальную школу (1868). С 1873 года доктор философии, с 1882 – доктор медицины. С 1875 по 1897 профессор физики, с 1897 по 1916 год – профессор медицины в Католическом университете (Париж). С 1911 года член Французской академии наук.

Имя Эдуарда Бранли не очень известно в мире, но многими он считается одним из внесших важнейший вклад в создание радиотелеграфной связи. Эдуард Бранли проводил многочисленные эксперименты в области электротехники, а с 1890 года стал исследовать возможности применения электричества в терапии. По утрам он направлялся в парижские больницы, где проводил лечебные процедуры электрическим и индукционным токами, а днем в своей физической лаборатории исследовал поведение металлических проводников и гальванометров при воздействии электрических зарядов.



Édouard Branly
(1844–1940)

Главным изобретением Бранли ⚡ был радиокондуктор ⬆ (фр. *Le radioconducteur*) – прибор для регистрации электромагнитных волн. Это была «стеклянная трубка, свободно заполненная металлическими опилками» или «трубка Бранли». Этот прибор принес Бранли международную известность и после последующих

модификаций получил название "когерер". Он представлял собой стеклянную трубку, наполненную металлическими опилками, которые могли в сотни раз изменять свою проводимость под воздействием радиосигнала. Для приведения «трубки Бранли» в состояние, готовое к детектированию поступления новой волны, нужно было ее встряхнуть, чтобы нарушить контакт между опилками. Реакция «трубки Бранли» на искру наблюдалась в пределах помещения его лаборатории (до 20 м). Когерер Бранли использовался в приёмниках Лоджа, Попова и Маркони.