



ЭЛЕКТРО

панорама

7-8/2007

ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

Canalis © *evolution*

Магистральный, распределительный
и осветительный шинопровод от 20 до 5000 А

Новый репертуар электрификации



Современное
решение для
создания систем
распределения
электроэнергии
и освещения



www.schneider-electric.com.ua
Служба информационно-технической
поддержки 8 (044) 490-62-08
helpdesk@ua.schneider-electric.com



Schneider
Electric



Некоторые факты из истории радио

Ю.В. Черников

(Продолжение. Начало см. ЭП, № 6, 2007 г.)

Существенными недостатками вибратора, с точки зрения его использования в качестве генератора электромагнитных волн, были, во-первых, быстрое затухание колебаний и, во-вторых, быстрое обгорание контактов.

Физиками (современниками и последователями Герца) было установлено, что запасенная в вибраторе энергия, определяющая мощность излучения, пропорциональна квадрату напряжения. Поэтому экспериментаторы стремились заряжать стержни вибратора до максимально большого потенциала, величина которого полностью определялась свойствами разрядного промежутка, в первую очередь, его пробивным напряжением, которое было тем выше, чем было больше расстояние между шариками и чем выше диэлектрическая прочность среды.

В то же время еще Герц показал, что при небольших зазорах между шарами разрядника колебания, возбуждаемые в вибраторе, имели большую интенсивность, чем при возбуждении их посредством более длинной искры. Как стало впоследствии ясно, причина заключалась в том, что более длинная искра имела большее сопротивление и вибратор излучал быстро затухающие волны. Чтобы повысить пробивное напряжение в разрядниках с малым зазором, их стали помещать в среду с высокой диэлектрической прочностью, например, оливковое масло или керосин (Э. Сарасен, Л. Рив). В 1893 г. профессор Болонского университета Аугусто Риги сконструировал виб-

ратор (рис. 1), состоящий из двух сближенных металлических шаров 2 и 3, помещенных в ванну, наполненную вазелиновым маслом. Снаружи в воздухе на некотором расстоянии от каждого шара располагались еще два металлических шара 1 и 4, присоединенные к катушке Румкорфа. Во время разряда между шарами 1 и 4 при пиках напряжения на зажимах катушки Румкорфа шары 2 и 3, стоящие на пути разряда, заряжались до некоторого потенциала, а затем

Роль чувствительного детектора электромагнитных волн выполняла «трубка Бранли», изобретенная в 1890 г. Эдуардом Бранли, профессором физики Парижского католического университета

между ними происходил колебательный разряд, излучающий слабо затухающие электромагнитные волны длиной от 22 до 2,6 см. Длина волны определялась размерами шаров и диэлектрической проницаемостью вазелинового масла [1, 2].

Таким образом, в усовершенствованном вибраторе Герца была уменьшена скорость затухания колебаний, устранено быстрое обгорание контактов, а также увеличена мощность его излучения, так как она увеличивается не только пропорционально квадрату напряжения на вибраторе, но и обратно пропорционально длине излучаемой волны [3].

Как сказано раньше, другой важной проблемой, решение которой было необходимо при практическом использовании электромагнитных

волн для обеспечения беспроводной связи, было повышение чувствительности и надежности приемников (детекторов) этих волн. Следует отметить, что Герц никогда не пытался применить другие, более чувствительные методы регистрации электромагнитных волн. Вскоре другие экспериментаторы заполнили этот пробел в работах Герца, с успехом применив в качестве индикаторов не только лягушачью лапку, но и газоразрядную трубку, электроскоп и другие устройства. Для всех перечисленных способов регистрации характерна энергетическая эквивалентность приходящего сигнала и наблюдаемого эффекта. Так как энергия приходящих сигналов была чрезвычайно мала, трудно наблюдаемым оказалось и проявление этой энергии в детекторе.

Роль чувствительного детектора электромагнитных волн выполняла «трубка Бранли», изобретенная в 1890 г. Эдуардом Бранли, профессором физики Парижского католического университета. Появлению «трубки Бранли» непосредственно предшествовали другие исследования, которые могли подсказать ее идею Бранли.

В 1835 г. шведский физик П.С. Мунк опубликовал статью «Опыты над способностью твердых тел проводить электричество», в которой он сообщает о своих опытах с порошком измельченного олова в стеклянной трубке, снабженной проводными выводами. Мунк разряжал через порошок лейденскую банку, заряженную до достаточно высокого напряжения. После разрядки этой банки сопротивление порошка резко снижалось и сохраняло низкое зна-



чение. Если порошок после опыта высыпали из трубки, то при повторной засыпке этого же порошка его сопротивление снова оказывалось высоким и т.д. При встряхивании трубки сопротивление порошка, ставшее низким после разрядки, резко повышалось. Во время проведения этих опытов Мунк работал «камперметром», т.е. пропускал через себя электрический ток, протекающий через трубку с порошком, и по своим ощущениям определял его величину.

В 1866 г. англичане братья Варлей запатентовали устройство молниезащиты телеграфной аппаратуры, которое содержало два медных электрода, разделенных тонким слоем угольного порошка, смешанного с порошком изолирующего материала. При низком напряжении порошок оказывает большое сопротивление протеканию тока, а при высоком — малое.

В 1884 г. итальянский физик Фемистокл Кальцески-Онести исследовал сопротивление металлических опилок в эбонитовой и стеклянной трубках, в обычных условиях весьма плохих проводниках электрического тока, и обнаружил, что сопротивление этих опилок значительно уменьшилось под влиянием происходящего вблизи размыкания тока с индуктивностью. Это сопротивление оставалось уменьшенным до тех пор, пока трубку не начинали вращать [4].

Осознанное изобретение прибора, сопротивление которого резко уменьшается под действием электромагнитных волн, как это уже было сказано выше, принадлежит Бранли [5]. Он обнаружил, что под действием одного или нескольких соседних электрических разрядов резко

уменьшается (от нескольких мегаом до сотен ом) сопротивление нанесенного на стеклянную или эбонитовую пластину слоя тонко измельченной меди. Бранли успешно проводил подобные опыты с опилками железа, алюминия, кадмия, цинка, висмута и т.д. в трубках из стекла или эбонита. Разряды производились при помощи электризационной машины или катушки Румкорфа. В статье «Изменения проводимости под различными электрическими воздействиями» Бранли писал: «Пользуясь мостиком Уитстона, я мог констатировать эффект на расстоянии более 20 м, причем искровой аппарат работал в зале, отдаленном от гальванометра с мостиком тремя большими комнатами». Сопротивление оставалось низким иногда более суток, а при постукивании слабыми отрывистыми ударами по трубке сразу восстанавливалось прежнее, высокое значение сопротивления. Бранли назвал свой прибор радиоиндуктором. Этим термином подчеркивалось, что прибор становится проводником под действием электромагнитного излучения.

В 1894 г. английский физик Оливер Джозеф Лодж опубликовал лекцию [6], прочитанную им в Лондонском королевском обществе об открытии Герца и о своих опытах в этой области, где описал усовершенствованный им радиоиндуктор Бранли. Лодж придал ему удобную форму переносного физического прибора для показа опытов с герцевскими волнами и сделал к нему механическое устройство для встряхивания опилок (часовой механизм, молоточек электрического звонка). «Этот прибор, который я называю

когерером», — писал Лодж в своей статье, — удивительно чувствителен как детектор герцевых волн». Термин «когерер» Лодж образовал от латинского слова *cohaerere* «сцепляться», имея в виду сцепление опилок между собой под действием электромагнитных волн. Термин «когерер» получил широкое распространение.

Создатель радиоиндуктора (когерера) Бранли не интересовался промышленным применением своего изобретения, но как физик посвятил себя изучению механизма проводимости порошковых материалов.

В начале 90-х годов XIX столетия Никола Тесла, известный ученый и изобретатель, незамедлительно воспринял и взял на вооружение фундаментальные положения электродинамики Максвелла-Герца. В соответствии с основными выводами этой теории Тесла приступил к разработке немашинных способов генерирования высокого электрического напряжения высокой частоты. Важной целью его исследований было создание системы беспроводной передачи силовой энергии, в том числе на дальние расстояния.

В 1891 г. Тесла создал аппарат, который вошел в историю физики и электротехники как резонанс-трансформатор, или осциллятор Теслы [7]. Это устройство позволяло простым и дешевым способом получать громадную разность потенциалов. В начале XX века французские радисты называли его просто «теслой». На рис. 2 показана схема такого резонанс-трансформатора, где 1 — источник тока, 2 — механический прерыватель, 3 — индукционная катушка Румкорфа, 4 — батарея лейденских

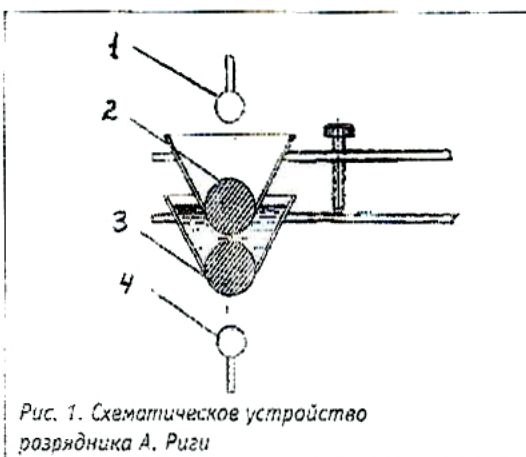


Рис. 1. Схематическое устройство розрядника А. Риги

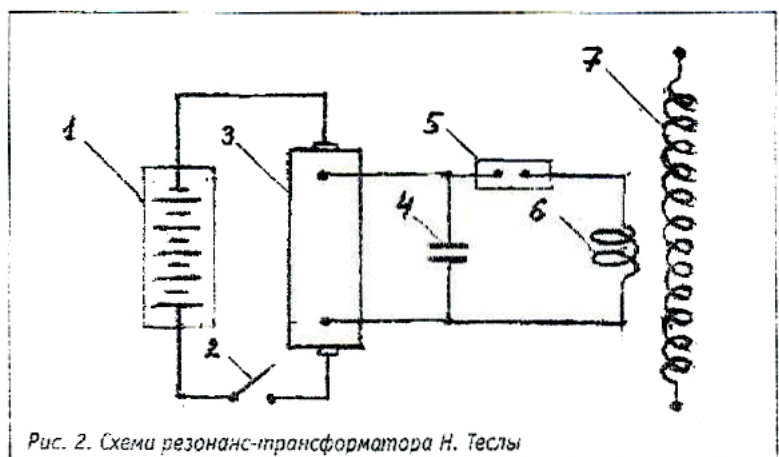


Рис. 2. Схема резонанс-трансформатора Н. Теслы



банок (конденсаторов), 5 – искровой разрядник, 6 – первичная катушка трансформатора, 7 – вторичная катушка трансформатора. Первичная обмотка 6 состоит из нескольких витков толстого провода, а его вторичная обмотка 7 содержит тысячи витков, что позволяет получить на выходе устройства высокое напряжение. Вторичная обмотка 7 имеет меньший диаметр и вставляется в первичную обмотку 6. Напряжение, создаваемое на зажимах катушки Румкорфа 3, заряжает конденсаторы 4 до величины напряжения, при котором пробивается искровой разрядник 5. После этого возникает колебательный разряд конденсаторов 4 через первичную обмотку 6 трансформатора. Частота колебаний определяется емкостью конденсаторов 4 и индуктивностью обмоток трансформатора Тесла. Во вторичной обмотке 7 трансформатора, настроенной посредством ее (обмотки) распределенной емкости в резонанс с первичной, возникают высокочастотные колебания. Трансформатор не имеет сердечника; при высоких частотах в нем возникали бы чрезмерные потери на перемагничивание и опасные перегревы. Одна из лабораторных моделей генерировала токи с частотой до 100 кГц при напряжении 10 кВ. Напряжение в некоторых более поздних трансформаторах Теслы достигало нескольких миллионов вольт. Для изоляции высоковольтной части осциллятора Тесла погружал обмотки трансформатора в сосуд с льняным, а впоследствии – с минеральным маслом. Употребление масла в электрооборудовании в качестве изоляционной и охлаждающей среды было запатентовано Теслой ранее других – 1 августа 1891 г.

Теория осциллятора была подробно разработана в 1902 – 1905 гг. немецким физиком Паулем Друде, который также сформулировал условия для наиболее оптимальной конструкции устройства.

Тесла использовал резонанс-трансформатор для открытия и изучения новых физических явлений. К их числу относятся:

- свечение в разряженных газах в быстропеременном электрическом поле;

- высокочастотный нагрев металлов и диэлектриков, названный Теслой «индукционным электродинамическим эффектом»;

- физиологические действия токов высокой частоты и их безвредность для человеческого организма даже при высоких напряжениях;

- передача электрической энергии через непроводящую среду без проводов.

Наибольшим своим успехом в эти годы Тесла считал следующий опыт. На противоположных стенах лаборатории он подвешивал на изоляторах два металлических листа и присоединял их к зажимам осциллятора. При внесении в пространство между листами трубка с разряженным газом начинала светиться. Тесла полагал, что испускание света происходит в результате соударений атомов или молекул газа, получающих ускорение в быстропеременном электрическом поле.

Высокочастотные эксперименты Теслы возбудили жгучий интерес среди физиков многих стран. Ему поступили приглашения выступить с лекциями от авторитетных научных сообществ Европы. В конце января 1892 г. Тесла отплыл в Лондон. Его доклады там произвели сенсацию. Не менее успешной была и лекция Теслы в Париже. По возвращении в Нью-Йорк Тесла занялся поисками технических средств для осуществления своей заветной цели – передачи электроэнергии на большие расстояния без проводов.

В лекции «О световых и других высокочастотных явлениях», прочитанной по просьбе американской технической общественности 24 февраля 1893 г. в Франклиновском институте в Филадельфии, Тесла говорил: «... Мое убеждение установилось так прочно, что я рассматриваю этот проект передачи энергии или сигналов без проводов уже не просто, как теоретическую возможность, а как весьма серьезную проблему электротехники, которая должна быть решена со дня на день». Тесла не удовлетворялся своим программным заявлением. Он понимал, что для беспроводной передачи энергии или сигналов нужно найти эффективное средство для выброса сосредоточенной в осцил-

ляторе энергии в пространство. В той же филадельфийской лекции Тесла выдвинул принцип излучателя, представляющего собой по современной терминологии вертикальный несимметричный вибратор. Это устройство состояло из поднятого вверх изолированного провода, нижний конец которого был присоединен к одному из выходных зажимов осциллятора, второй зажим которого заземлялся. Ток проводимости в вертикальном проводе этой антенны излучает энергию в пространство [8]. Этой антенной Тесла успешно пользовался в последующие годы.

Таким образом, в результате исследований и изобретений Г. Герца, Н. Тесла, А. Риги, Э. Бранли, О. Лоджа к середине 1894 г. были созданы основные технические средства, необходимые для изобретения устройства передачи и приема сигналов на расстоянии без проводов при помощи электромагнитных волн (радио).

Литература

1. Риги А. *Опыты Герца с колебаниями малых длин волн* / В кн.: *Из предисловия радио. Сборник оригинальных статей и материалов.* / Сост. проф. С.М. Рытов. / Под ред. акад. Л.И. Мандельштама. – М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1948.
2. Радионов В.М. *История радиопередающих устройств.* – М.: «Наука», 1969.
3. Тамм И.Е. *Основы теории электричества.* – М.-Л.: ГИ Техничко-теоретической литературы, 1949.
4. Кальцески-Онести Ф. *Об электропроводности металлических опилок.* – «Из предисловия радио».
5. Крыжановский Л.Н. *История изобретения и исследований когерера.* – *Успехи физических наук*, 1992, том 162, № 4.
6. Лодж О. *Творение Герца.* – «Из предисловия радио».
7. Цварава Г.К. *Никола Тесла, 1856 – 1943 г., – Л.: «Наука», 1974.*
8. Кляцкин И. *Антенна* / В кн.: *Техническая энциклопедия.* / Под ред. Л.К. Мартенса. – М.: ОНТИ Нкитп СССР, 1937.

(Окончание следует)