

ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ РЕЛЕ. ЧЕРЕЗ ТЕРНИИ К ЗВЕЗДАМ

У статті наведено короткий історичний нарис, присвячений створенню перших електромагнітних реле.

В статті приведено короткий історичний очерк, посвященный созданию первых электромагнитных реле.

Живя в эпоху информационных технологий, уже невозможно себе представить ни дня без таких привычных средств общения, как мобильный и "обычный" телефоны, электронная почта, Internet. Также трудно себе представить и электрическую цепь без применения реле. А ведь еще до изобретения реле как неотъемлемой части телеграфа (а было это совсем недавно – в конце концов, что такое для истории какие-то две сотни лет!) лучшие умы человечества ломали головы над изобретением способов передачи информации на расстояние. Так, например, первая идея о быстрой передаче информации на более или менее приличное расстояние датируется концом XVIII в. В 1789 г. французский подданный Клод Шапп (*Claude Chappe*) (рис. 1) предложил правительству своей страны покрыть территорию Франции сетью башен с размещенными на них специальными устройствами, которые состоят из планок, хорошо видимых с большого расстояния (рис. 2). Это была система так называемого оптического телеграфа или семафора [1].



Рис. 1. Клод Шапп (1763-1805)

В темное время суток на планках зажигались фонари. В каждой башне (рис. 3) сидел человек – телеграфист, в чьи обязанности входило менять расположение планок, ориентируясь на такую же башню, расположенную в пределах его видимости. Телеграфист, получавший сигнал в следующей башне, максимально точно воспроизводил его уже на своей башне, и таким образом сообщение шло по цепочке от "отправителя" до "адресата".

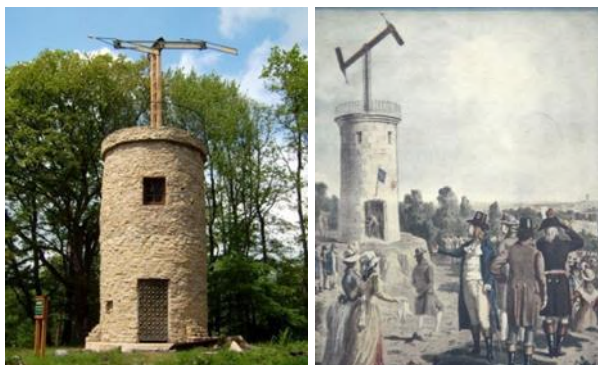


Рис. 2. Башни оптического телеграфа К. Шаппа

Российский словарь 1818 г. описывал оптический телеграф следующим образом: "Машина, устроенная на возвышении, через которую посредством разных знаков можно извещать о том, что происходит". Содержание послания было зашифровано, а шифры, используемые в телеграфе К. Шаппа, были собраны в специальной тетради, на каждой из 92 страниц которой располагалось одинаковое количество слов. Телеграфист передавал номер страницы и номер слова. Как правило, телеграфисты на промежуточных станциях, не знали шифра и просто передавали комбинации на соседние башни.

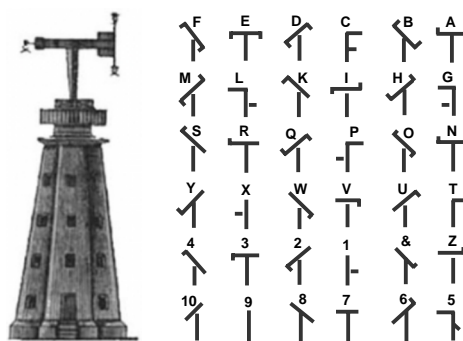


Рис. 3. Комбинации символов оптического телеграфа

Изобретя данный способ передачи данных, К. Шапп представил в 1792 г. описание своего метода национальному собранию, по распоряжению которого была сооружена в 1793-1794 гг. первая линия оптического телеграфа между городами Париж и Лилль общей длиной 225 км. В перспективе планировалось соорудить 22 станции, провести комплектацию и обучение обслуживающего персонала. Следует отметить, что работники получали 25 су в день (например, максимальная цена листового табака составляла 20 су за фунт, курительного табака – 10 су, соли – 2 су, мыла – 25 су), однако могли легко попасть в тюрьму за халатное отношение к делу.

Скорость передачи информации по описанному методу для того времени была очень высокой. Так, по линии оптического телеграфа между г. Петербургом и г. Варшавой (1031 км) в хорошую погоду сообщение шло 45 минут. И все казалось было хорошо – К. Шапп получил звание телеграфного инженера, был назначен директором французских телеграфных линий, строились новые семафорные башни, телеграфные линии, но...

...пришла эра электромагнетизма. В 1820 г. датский ученый Ханс Христиан Эрстед (*Hans Christian Ørsted*) (рис. 4) провел свой знаменитый опыт по нагреву проволоки от вольтова столба и отклоняющейся во время замыкания гальванической цепи стрелкой компаса. Таким образом, была установлена взаимосвязь между электричеством и магнетизмом.



Рис. 4. Х. Эрстед (1777-1851) и его знаменитый эксперимент

Сразу же после опубликования опытов Х. Эрстеда, немецкий ученый Й. Швейггер (*Johann Salomo Christoph Schweigger*) изобрел многовитковую катушку или так называемый "множитель магнитного поля" (*galvanic multiplier*), который позволил значительно увеличить магнитную мощность электрической цепи. Множитель Й. Швейггера, снабженный магнитной стрелкой, стал первым прибором для измерения электричества – гальванометром.

Развивая идеи предшественников, французский физик А. Ампер (*Andre-Marie Ampere*) первым предложил в 1821 г. систему электромагнитного телеграфа, в которой каждая буква (или цифра) передавалась по отдельной электрической цепи и визуально фиксировалась по отклонению подвешенной магнитной стрелки. По сути, каждая цепь стрелочного телеграфа А. Ампера представляла собой не что иное, как первое электрически управляемое с помощью проводов электромеханическое устройство скачкообразного действия, выходом которого являлась магнитная стрелка, устойчиво занимающая две позиции. В первой позиции при обесточенной обмотке стрелка была ориентирована согласно внешнему магнитному полю. Во вторую позицию магнитная стрелка переходила, быстро поворачиваясь, под влиянием магнитного поля обмотки, возникающего при протекании по ней тока. После отключения цепи стрелка возвращалась в первоначальное стабильное состояние уже под воздействием системы возврата – внешнего магнитного поля Земли и упругих сил подвеса. Таким образом, стрелочный телеграф А. Ампера приближенно уже напоминал пусть не конструкцию, но хотя бы принцип действия современных реле.

Практическое применение идеи телеграфа А. Ампера получили и в России, где русский ученый П.Л. Шиллинг в 1832 г. построил и продемонстрировал на практике первый в истории электромагнитный телеграф для связи Зимнего дворца и Министерства путей сообщения, для чего им же был изобретен специальный телеграфный код, требующий всего шести магнитных стрелок. Эти стрелки для повышения чувствительности (или, иными словами, увеличения дальности связи) устанавливались на шелковом подвесе внутри обмоток. Система П. Шиллинга настраивалась таким образом, чтобы при отсутствии тока в обмотке закрепленный на подвесе тонкий бумажный диск находился к наблюдателю торцевой стороной, а при пропускании тока той или иной полярности данный диск поворачивался к наблюдателю уже определенной стороной, окрашенной в разный цвет.

Созданию же первой, можно сказать, классической, конструкции реле предшествовало изобретение в 1824 г. англичанином В. Старджем (*William Sturgeon*) (рис. 5) электромагнита – устройства, преобразующего входной электрический ток проволоочной катушки, намотанной на железный намагничивающийся сердечник, в магнитное поле, образующееся внутри и вне данного сердечника. Магнитное поле "обнаруживалось" благодаря своему воздействию на ферромагнитный материал, расположенный вблизи сердечника. Этот материал собственно и притягивался к сердечнику электромагнита. Оригинальный рисунок В. Старджена (рис. 5, справа) с описанием конструкции и принципа работы его электромагнита был приведен в письме 1824 г. к Британскому Королевскому обществу искусств, производств и торговли (*British Royal Society of Arts, Manufactures, and Commerce*).

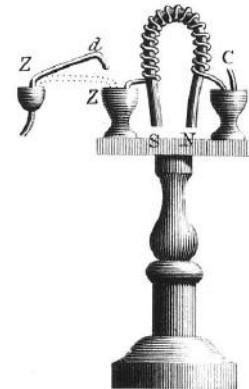


Рис. 5. В. Старджен (1783-1850) и конструкция его электромагнита

Электромагнит В. Старджена состоял из подковообразного железного сердечника длиной 30 см и диаметром 1,3 см, на который было намотано 18 витков неизолированного медного провода (изолированных проводов в то время еще попросту не существовало, поэтому витки не должны были касаться друг друга!). Для изоляции же обмотки непосредственно сам сердечник покрывался лаком [2].

Когда ток протекал по обмотке, создавалось магнитное поле, сердечник намагничивался и притягивал всевозможные железные детали. Когда обмотка обесточивалась, намагниченность сердечника исчезала. "Ну и что?! Ничего особенного и необычного!" – скажем мы. Но... сам электромагнит В. Старджена весил около 200 грамм, и впервые в истории при питании от одной батареи был способен поднять груз, превосходящий свой собственный вес (приблизительно в 20 раз (!)) – около 4 кг. Таким образом, с помощью электромагнита В. Старджен впервые в истории продемонстрировал преобразование электрической энергии в полезную механическую работу.

Электромагнит В. Старджена был выставлен все в том же Британском Королевском обществе искусств, производств и торговли, находящемся в г. Лондоне, в 1825 г., за который, кстати, изобретатель получил от данной организации серебряную медаль (рис. 6, слева).

На родине В. Старджена в небольшом английском городке Виттингтон (*Whittington*) установлена мемориальная доска в честь В. Старджена, "изобретателя и самого знаменитого сына Виттингтона" (рис. 6, справа).



Рис. 6.

Однако электромагнит В. Старджена был все-таки достаточно "слабым", так как применение в его конструкции неизолированного медного провода ограничивало количество витков, которое возможно было разместить на сердечнике. Может именно по данной причине автору изобретения досталась "всего лишь" серебряная медаль.

Впоследствии эффект преобразования энергии электрического тока в механическую энергию по перемещению детали из ферромагнитного материала (якоря) лег в основу различных электромеханических устройств электросвязи (телеграфии и телефонии), электротехники, электроэнергетики.

Одним из первых таких устройств было электромагнитное реле (рис. 7), изобретенное американским ученым Дж. Генри (*Joseph Henry*) (рис. 8) в 1831 г. Однако необходимо отметить, что данное реле представляло собой не совсем коммутационный аппарат – электрический ток от внешнего источника после преобразования электромагнитом 1 данного реле в магнитное поле приводил в движение подвижный якорь 2, который, перемещаясь, ударял по корпусу металлического колокола 3, вызывая звуковой сигнал.

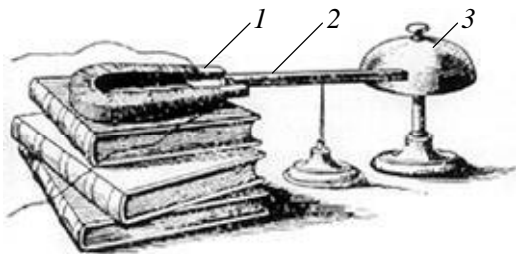


Рис. 7. Электромагнитный звуковой телеграф Дж. Генри

Также Дж. Генри сделал значительный вклад в развитие непосредственно электромагнитов постоянного тока. Начиная с 1827 г., он в течение нескольких лет вел постоянные усовершенствования электромагнитов, результатом которых стали следующие достижения.

Дж. Генри был первым, кто использовал для обмотки электромагнита медный провод с изоляцией, в качестве которой служила обычная шелковая нить (которую, кстати, он наматывал сам, беря ее со свадебного платья своей жены! [3]). Применение данной концепции позволило Дж. Генри создать самый мощный в то время электромагнит ("*Yale magnet*" или "*Big magnet*") под руководством Б. Силлимана (*Benjamin Silliman*), профессора Йельского университета, редактора журнала "*American Journal of Science*", в котором, кстати, и вышла публикация с описанием новой разработки в 1831 г. О данном электромагните речь пойдет ниже.

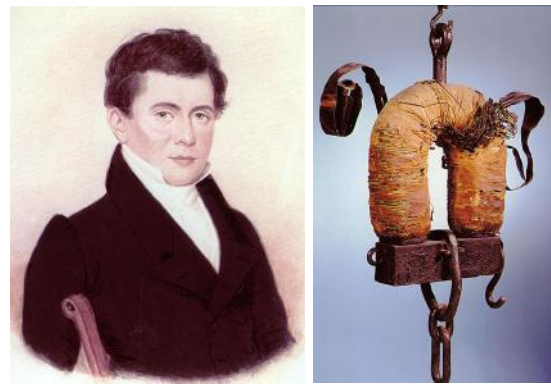


Рис. 8. Дж. Генри (1797-1878) и его знаменитый "*Yale magnet*"

Также Дж. Генри разработал так называемые "уплотненные" (многовитковые) электромагниты – на относительно небольшой площади электромагнита ему удалось расположить до 400 витков медной проволоки (общая длина проволоки составила 10,6 м), изолированной шелком. Также он заметил, что если соединять данные обмотки параллельно, то результирующая сила тока заметно увеличится.

К изобретениям Дж. Генри также относится так называемая "многокатушечная" обмотка, которая позволила существенно увеличить подъемную силу электромагнита. Дж. Генри предложил размещать на электромагните до десяти таких обмоток – так появились первые в мире технические образцы катушек ("бобины"). При проведении многочисленных экспериментов (рис. 9) Дж. Генри изменял количество катушек и схемы их подключения к гальваническим батареям, в результате чего сумел создать конструкции электромагнитов с фантастической (даже на сегодняшний день!) подъемной силой – до 325 кг (!). И это при собственном весе электромагнита в 10 кг! А что уже говорить о следующем "богатыре"! По данным [2] Дж. Генри удалось разработать электромагнит, сердечник (*core*) которого весил 27 кг, а сила удержания составила беспрецедентных 935 кг! Очевидно (для нас, конечно!), что никаких фокусов здесь нет – все дело в значении тока обмотки и в применяемых для изготовления электромагнита материалах. Но давайте вспомним дату проведения работ Дж. Генри, просто закроем глаза и насладимся великолепной музыкой – 935 кг...

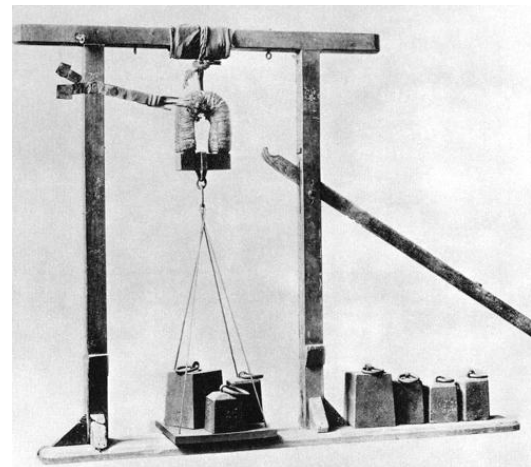


Рис. 9. Знаменитый "*Yale magnet*" Дж. Генри, установленный для проведения экспериментов на раме

При проведении экспериментов Дж. Генри работал по двум направлениям. Соединяя несколько обмоток параллельно и подключая их к одному гальваническому элементу, он демонстрировал электромагнит с малым активным сопротивлением и большим током в обмотке; при включении же обмоток последовательно – высокочувствительный электромагнит для последовательно соединенных источников питания. Первый вариант конструкции Дж. Генри предлагал использовать для силовых электромагнитов, которые применялись при небольших расстояниях от источника тока (рис. 10, слева), второй – для электромагнитов, реагирующих на слабые сигналы при удаленном источнике (рис. 10, справа) [4].

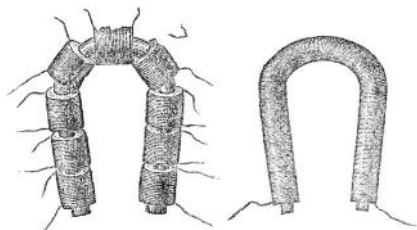


Рис. 10. Варианты соединения обмоток в электромагнитах, предложенные Дж. Генри

Именно второй вариант электромагнита с внешним якорем послужил основой конструкции первого "настоящего" коммутационного реле, который был применен в 1837 г. в телеграфном аппарате американского художника и изобретателя С. Морзе (*Samuel Finley Breese Morse*) (рис. 11), создавшим позднее к нему и собственный код – известную азбуку Морзе.



Рис. 11. Сэмюэл Финли Бриз Морзе (1791-1872) и его телеграф

В области электротехники С. Морзе не обладал достаточными знаниями. Достаточно сказать, что до 41 года он занимался исключительно живописью (был довольно известным портретистом), не считая нескольких лекций по электричеству, посещенных им во время обучения еще в Ельском университете. Так, например, С. Морзе ошибочно полагал, что до него созданием электромагнитного телеграфа никто в мире не занимался [5].

В 1836 г. С. Морзе сконструировал прототип телеграфа, в основе которого лежал электромагнит В. Старджена с обмоткой, подключенной только к одной батарее. Такой "телеграф" оказался работоспособным, но передавал сигналы лишь на расстояние ... в 12 м. Самостоятельно улучшить характеристики устройства С. Морзе не удалось, и он обратился за помощью к Л. Гейлу (*Leonard Gale*), профессору химии (!) Нью-Йоркского университета, в котором С. Морзе преподавал живопись. Ознакомившись с прототипом, Л. Гейл рекомендовал использовать вместо электромагнита В. Старджена высокочувствительный электромагнит Дж. Генри с одновременным использованием нескольких последовательно соединенных источников питания [2]. Л. Гейл также убедил (!) С. Мор-

зе прочитать уже упоминавшуюся статью Дж. Генри 1831 г. в журнале *"American Journal of Science"*, в которой описывались достижения в данной области. Примененные батареи из двадцати последовательно соединенных элементов и электромагнит с несколькими сотнями витков, С. Морзе и Л. Гейл смогли увеличить первоначальное расстояние для передачи сообщений (12 м) более чем в 1300 раз – до 16 км!

Применение в телеграфе С. Морзе высокочувствительного реле Дж. Генри позволило создавать так называемые усилители телеграфных сигналов. С помощью данных реле, которые устанавливались в конце каждого отдельного участка линии связи, подключалась батарея, питающая следующий участок линии. Применение таких усилителей позволило значительно увеличить протяженность телеграфных линий.

Усиление "ослабленного" тока с помощью электромеханического устройства Дж. Генри напоминало смену (англ. *relay*) уставших почтовых лошадей на придорожных станциях (фр. *relais*). Такая необычная аналогия и послужила основой названия одного из самых распространенных, с одной стороны – простых, ничем не примечательных и, можно сказать, обыденных, но с другой стороны – конструктивно сложных, надежных и удивительных электрических аппаратов – реле. До недавнего времени реле в основном применялись в телефонно-телеграфной области, но с началом использования в данной сфере цифровых устройств начался резкий спад производства реле. Но, несмотря на такие "тернии", в последние годы наметилась тенденция к росту выпуска реле, в основном электромагнитных, что дает надежду на "звездное" возвращение реле.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Электронный ресурс: http://en.wikipedia.org/wiki/Claude_Chappe.
2. Sherman Roger. Joseph Henry's Contributions to the Electromagnet and the Electric Motor / National Museum of American History. Электронный ресурс: <http://siarchives.si.edu>.
3. Электронный ресурс: <http://www.electrolibrary.info/history/genry.htm>.
4. Электронный ресурс: http://etcweb.princeton.edu/CampusWWW/Companion/henry_joseph.html.
5. Быховский М.А. Гениальные дилетанты и их выдающаяся роль в развитии электросвязи. Электронный ресурс: <http://www.bykhmark.ru/eng/page.php?trid=364>.

Bibliography (transliterated): 1. Elektronn'i' recurc: http://en.wikipedia.org/wiki/Claude_Chappe. 2. Sherman Roger. Joseph Henry's Contributions to the Electromagnet and the Electric Motor / National Museum of American History. Elektronn'i' recurc: <http://siarchives.si.edu>. 3. Elektronn'i' recurc: <http://www.electrolibrary.info/history/genry.htm>. 4. Elektronn'i' recurc: http://etcweb.princeton.edu/CampusWWW/Companion/henry_joseph.html. 5. B'ihovcki' M.A. Genialn'e diletant'i i ih v'idajuschajaja rol v razvitii elektrocvjazi. Elektronn'i' recurc: <http://www.bykhmark.ru/eng/page.php?trid=364>.

Поступила 17.01.2011

Гречко Александр Михайлович, к.т.н.

Национальный технический университет
"Харьковский политехнический институт"
61002, Харьков, ул. Фрунзе, 21
НТУ "ХПИ", кафедра "Электрические аппараты"
тел. (057) 707-62-81, e-mail: a.m.grechko@mail.ru

A.M. Grechko

Electromagnetic relays. Per aspera ad astra.

The article gives a historical review devoted to creation of first electromagnetic relays.

Key words – relay, electromagnet, inventor.