

ИСТОРИЯ СОЗДАНИЯ И РАЗВИТИЯ РЕЛЕ

Александр Малащенко, к. т. н., доцент, 1-й зам. генерального директора ОАО НПК «Северная заря», зам. директора НИИ коммутационной техники по научной работе и маркетингу

В статье приводятся исторические моменты создания электромагнитной техники, первых реле и их краткая отечественная история развития. Основное внимание уделено наиболее массовым представителям – телеграфным, телефонным и специальным слаботочным электромагнитным реле.

ВВЕДЕНИЕ

Необходимость в изобретении реле была обусловлена задачей усиления слабых электрических сигналов – импульсов тока, передаваемых по проводам в приемный электромагнит телеграфного аппарата (ТГА). Потребность в усилении тока могла возникнуть и гораздо раньше – в первых работах по созданию электросвязи, которые велись учеными еще в XVIII веке с момента открытия статического и гальванического электричества. Однако эти работы не могли иметь успеха, так как в то время не было создано надежного способа регистрации электрических сигналов. Возможность регистрации таких сигналов, их усиления, измерения и преобразования в магнитную или механическую энергию появилась лишь благодаря открытию *электромагнетизма*.

Опыты датского физика Х. Эрстеда, продемонстрировавшего в 1820 г., что электрический ток, пропущенный по проводу, отклоняет близлежащую магнитную стрелку компаса, побудил физиков в разных странах заняться поиском связи между электричеством и магнетизмом. Так, сразу же после публикации опытов Эрстеда, немецкий ученый Й. Швейггер предложил *многовитковую катушку* – «множитель» магнитного поля, который существенно увеличивал магнитную мощность электрической цепи. Множитель Швейггера, снабженный магнитной стрелкой, стал первым точным измерителем электричества – *гальванометром*. Развивая идею гальванометра для электросвязи, французский физик А. Ампер первым предложил в 1821 г. систему *электромагнитного телеграфа*, в которой каждая буква или цифра передавалась по отдельной электрической цепи и фиксировалась визуально по отклонению подвешенной магнитной стрелки. По существу каждая цепь *стрелочного телеграфа* Ампера представляла собой первое электрически управляемое по проводам *электромеханическое устройство*

скачкообразного действия (УСД), выходом которого являлась магнитная стрелка, занимающая две позиции. В первой позиции, когда тока (сигнала) в обмотке нет, стрелка ориентирована согласно внешнему магнитному полю. Во вторую позицию магнитная стрелка переходит, резко поворачиваясь, под воздействием магнитного поля обмотки, образуящегося при протекании по ней тока. После прекращения тока и исчезновения искусственного магнитного поля стрелка возвращалась в стабильное исходное состояние уже под воздействием системы возврата – внешнего магнитного поля земли и упругих сил подвеса! Таким образом, стрелочный телеграф Ампера представлял собой набор автоматических некоммутированных двухпозиционных одностабильных УСД. (Подробнее об УСД см. в этом номере в соответствующей статье А. Малащенко).

Практическое применение идея электросвязи Ампера получила и в России, где русский ученый академик П. Л. Шиллинг в 1832 г. построил и продемонстрировал в действии между Зимним дворцом и Министерством путей сообщения свой электромагнитный телеграф, для которого Шиллингом был придуман телеграфный код, требующий всего 6 магнитных стрелок. Эти стрелки для повышения чувствительности, а, следовательно, и для увеличения дальности связи располагались на шелковом подвесе внутри обмоток. ТГА Шиллинга настраивался таким образом, чтобы при отсутствии сигнала в обмотке закрепленный на подвесе тонкий бумажный диск находился к наблюдателю торцом, а при пропускании импульса тока той или иной полярности диск поворачивался к наблюдателю той или иной стороной, окрашенной в разный цвет.

Очевидно, что для увеличения дальности электромагнитной связи требовался значительно более мощный искусственный магнит, чем простая обмотка Швейггера. И уже в 1824 г. англичанин В. Старджен продемон-

стрировал такой магнит, введя в обмотку намагничивающийся сердечник. Электромагнит Старджена состоял из подковообразного железного сердечника, обернутого несколькими витками пока еще неизолированного провода. Когда ток проходил по обмотке и создавал магнитное поле, железный сердечник этим полем заметно намагничивался и размагничивался, когда ток в обмотке прекращался. С помощью электромагнита Старджена можно было притягивать к магнитным полюсам весьма массивные магнитовосприимчивые тела, т.е. преобразовывать электрическую энергию в полезную и управляемую механическую работу.

Весьма значительный вклад в развитие *электромагнитной техники* внес известный американский изобретатель Дж. Генри. Работая в 1827 – 1830 гг. по усовершенствованию электромагнита Старджена, Генри первым использовал *изоляцию* между слоями обмотки, а также предложил *многовиточный* электромагнит. При включении нескольких обмоток параллельно Генри демонстрировал электромагнит с малым омическим сопротивлением и большим током для одного гальванического элемента, а при включении обмоток последовательно – высокочувствительный электромагнит для последовательно соединенных источников питания. Первый тип электромагнита Генри рекомендовал использовать для силового преобразования при малых расстояниях от источника тока, а второй – для реагирования на слабые сигналы удаленного источника.

В 1831 г. Генри построил весьма чувствительный приемный электромагнит, который притягивал легкий постоянный магнит при удалении источника тока от электромагнита более чем на милю. Кроме того, в этом опыте Генри показал, что подвижный магнит, в зависимости от полярности тока притягивался то к одному, то к другому полюсу подковообразного сердечника электромагнита. Размещая в конце пути перемещения подвижного магнита звуковой (металлический) колокол, Генри таким образом впервые продемонстрировал действие электрического звукового телеграфа (см. рис. 1).

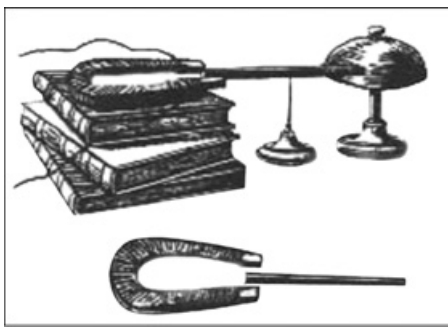


Рис. 1. Электромагнитный звуковой телеграф Генри

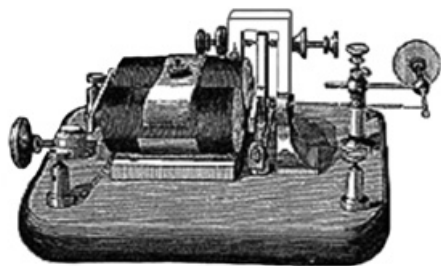


Рис. 2. Реле ТГА Морзе

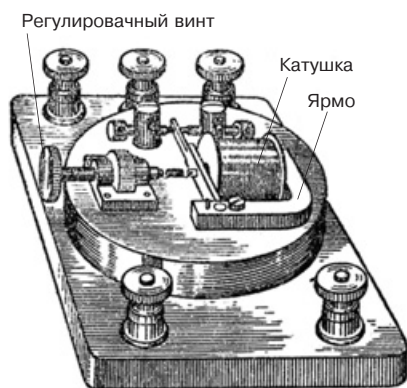


Рис. 3. Нейтральное телеграфное реле Шорина

СОЗДАНИЕ РЕЛЕ

Для увеличения дальности срабатывания своего звукового телеграфа Генри в 1835 г. предложил использовать более чувствительный *дополнительный электромагнит*, включаемый обмоткой в линию связи перед силовым электромагнитом телеграфа. Подвижный магнит дополнительного устройства с приходом импульса тока перемещался между полюсами подковообразного сердечника и замыкал тем самым контакты цепи батареи питания и обмотки силового электромагнита звукового телеграфа. Таким образом, дополнительный электромагнитное устройство Генри представляло собой электромагнитный контактный коммутатор электрической цепи, осуществляющий *усиление (ретрансляцию,*

подпитку) импульсов тока, приходивших на силовой электромагнит телеграфа. Электромагнитный контактный усилитель электрических сигналов в последствии получил наименование «*relay*» (по-русски «*реле*»), подразумевающее *смену, замену* ослабленного тока по аналогии с заменой уставших почтовых лошадей, бегунов эстафеты или рабочих смены.

Основные идеи электромагнитных устройств, предложенные Генри, были реализованы американским художником С. Морзе, построившим и запатентовавшим ТГА, который получил впоследствии наиболее широкое практическое применение.

В ТГА Морзе высокочувствительный электромагнит реле (см. рис. 2) включался обмоткой в разрыв длинной линии связи между источником сигналов (азбуки Морзе) и силовым пишущим электромагнитом. С приходом ослабленного импульса тока электромагнит реле почти синхронно намагничивался и притягивал к полюсу близко расположенное подвижное магнитовосприимчивое тело — *якорь*, который, в свою очередь, при перемещении замыкал электрический контакт цепи, соединяющий местную батарею питания силового электромагнита с его обмоткой.

Первые конструкции электромагнитных реле, используемых в телеграфии, были подобны реле в аппарате Морзе. Для повышения чувствительности электромагнитная цепь реле уже была не открытой, а замкнутой с помощью *ярма* и легкого плоского якоря (рис. 3). Исполнительные органы реле — контакты у телеграфных, как и у первых конструкций телефонных реле, появившихся почти через 40 лет, были якорного типа. У этих реле роль подвижного контактного элемента исполнял сам якорь, несущий на себе контакт-детали.

Все узлы первых электромагнитных реле, регулировочные и присоединительные винты располагались на массивном основании. С помощью регулировочного винта *возвратной пружины* устанавливалась максимальная чувствительность и одинаковое время срабатывания и возврата якоря, что обеспечивало максимальное усиление телеграфных сигналов без заметных искажений.

С изобретением аппаратуры *двухполюсного* телеграфирования был создан также и новый вид реле — *электромагнитное поляризованное реле*, которое реагировало на поляризованность протекающего по обмотке тока.

Поляризирующие свойства электромагнитное реле получало за счет использования в магнитной цепи допол-

нительного постоянно действующего магнитного потока, названного *поляризующим потоком*. Очевидно, что первые конструкции *поляризованных реле* были построены также по последовательной магнитной схеме, применяемой для неполяризованных (нейтральных) реле. В таких схемах источником поляризующего потока обычно являлся электромагнит, а не постоянный магнит, создающий в последовательной цепи существенное сопротивление основному магнитному потоку. В последствии разнообразные типы двух- и трехпозиционных, одно- и двустабильных поляризованных электромагнитных реле были реализованы с помощью параллельных (дифференциальных) и мостовых схем, позволяющих применять для поляризации более простые постоянные магниты. Для обеспечения высокой чувствительности срабатывания *усилительные* или линейные телеграфные реле имели мощный постоянный магнит, обмотку с низкой величиной ампер-витков и всего один контакт якорного типа. Например, наиболее чувствительное отечественное линейное реле ТРЛ имело мощность срабатывания всего 4 мкВт.

В 1940 — 1950-х годах в связи с созданием стартстопных ТГА было разработано немало конструктивных решений высокочувствительных поляризованных реле с дифференциальной и мостовой магнитной цепью: реле конструкции Сименса, Присса, Бодо, Адамсона, Белла, 209FA, 44а и др., размещаемые, как правило, на специальном основании — доколе (см. рис. 4) и имеющие защитный чехол. Для подвижной аппаратуры связи были созданы менее габаритные и более удароустойчивые конструкции, например, реле 64П, 65П фирмы «Сименс» и их отечественные аналоги РПЗ; 4; 5; 7. Электромагнитные реле в традиционной телеграфии широко использовались до 60-х годов прошлого столетия, после чего им на смену пришли электронные устройства, обеспечивающие работу новой аппаратуры высокочастотной связи.

Следующей после телеграфии областью применения реле в XIX веке стала *телефонная техника*. Впервые нейтральное электромагнитное реле телеграфного типа (см. рис. 3) было использовано в 1878 г. американской фирмой «Вестерн-электрик» в гнездных коммутаторах станций ручного обслуживания, для включения и выключения вызывных и отбойных сигнальных лампочек. Серийное и массовое производство телефонной аппаратуры потребовало применения специализированных конструкций

электромагнитных коммутаторов электрических цепей, названных в последствии *телефонными реле*.

Первые конструкции телефонных реле имели один контакт якорного типа¹, который возвращался в исходное состояние либо под действием силы тяготения на утяжеленный якорь², либо под действием упругой силы элементов контакта или специальной пружины, возвращающей якорь в исходное положение. Основу конструкции первых телефонных реле составляло Г-образное ярмо, на котором размещался сердечник, якорь клапанного типа, контактные и присоединительные элементы. Для защиты контакта реле от пыли реле целиком закрывалось кожухом.

На базе первых конструкций телефонных реле были созданы менее чувствительные, но более мощные по коммутации тока (до 4...5 А), реле для включения и отключения батарей или электродвигателей телефонных станций или других источников электричества.

Для коммутации каналов связи в автоматических телефонных станциях (АТС) были созданы *многоконтактные телефонные реле* (см. рис. 5), производство которых стало массовым, так как на одну абонентскую линию в АТС требовалось не менее 10 реле. Основу конструкции многоконтактных реле по-прежнему составляло Г-образное ярмо, на котором размещались пружинные контакты, подвижные элементы которых перемещались якорем посредством толкателя (придатка), связанного с якорем кинематически.

Существенное конструктивно-технологическое усовершенствование многоконтактных реле произошло в 1930-х годах, и было связано с их использованием в новых АТС координатного типа. Новое поколение электромагнитных реле имело улучшенные показатели по быстродействию, чувствительности, коммутационной способности и надежности, а также меньшие габариты, при значительно большем количестве контактных пружин (до 24). Для снижения стоимости практически все металлические детали этих реле изготавливались штамповкой.

Следует отметить, что реле в качестве усилителя слабых электрических сигналов применялось не только в *технике проводной телеграфной связи*. До появления более чувствительных электронных ламп электро-

магнитное реле использовалось и в устройствах радиосвязи. На рисунке 6 показана схема радиоприемника А. С. Попова, с помощью которого он впервые в 1895 г. продемонстрировал возможность приема и регистрации электромагнитных волн.

Успешное применение электромагнитных реле в технике телеграфии и телефонии послужило толчком для создания и использования аналогичных элементов в устройствах железнодорожной автоматики, измерительной техники, энергетики, электротехники, а также в радиоэлектронной аппаратуре, используемой, в том числе, в объектах военной техники.

РАЗВИТИЕ РЕЛЕЙНОЙ ТЕХНИКИ В РОССИИ

Несмотря на практические разработки российских инженеров (Апостолов, Вреден, Голубицкий, Игнатъев, Косицкий и др.), отечественное внедрение связи было передано в руки зарубежных компаний, создавших в России соответствующие производства:

– АО «Русских электротехнических заводов «Сименс и Гальске», основанное в 1853 г. в Петербурге с привлечением немецкого капитала;

– Электромеханический и телеграфный завод АО «Н. К. Гейслер и Ко», основанный в 1874 г. в Петербурге с привлечением американского и русского капиталов.

Телеграфной связью на концессионных условиях занималась преимущественно немецкая фирма «Сименс и Гальске», создавшая в 1916 г. для расширения своих услуг также Нижегородский телефонный завод. Телефонизацию в России осуществляли вначале преимущественно американские компании, построившие в 1882 – 1886 гг. телефонную сеть не только в Петербурге и Москве, но и в Одессе, Риге и Нижнем Новгороде.

Однако с 1896 г. в России началось и государственное строительство телефонных станций и сетей, для которого аппаратура, включая реле, в основном ввозились из Швеции. Ускорению процесса отечественной телефонизации способствовало создание в 1897 г. с привлечением шведского и русского капиталов Петербургской телефонной фабрики «Русское АО Л. М. Эриксон и Ко», которая через 2 года после Октябрьской революции была вначале национализирована, а в 1922 г. реорганизована в Петроградский телефонный завод «Красная заря».

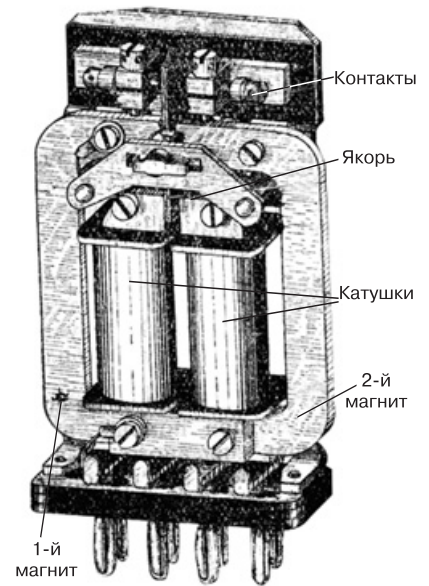


Рис. 4. Телеграфное (местное) реле типа TRM (43а)

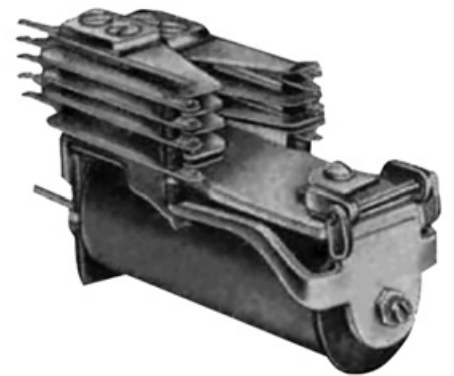


Рис. 5. Многоконтактное реле для шаговых устройств первых АТС

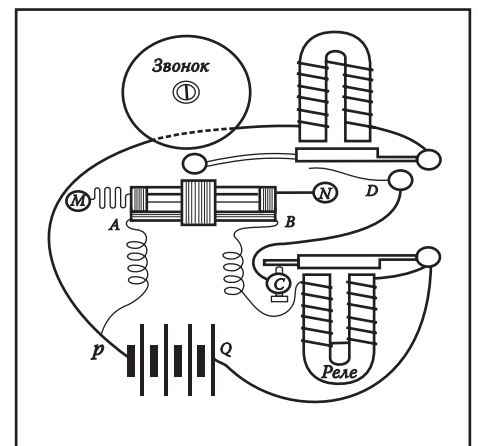


Рис. 6. Схема регистратора электромагнитных волн А. С. Попова

¹ В контакте якорного типа подвижный элемент контакта размещался на якоре.

² Принцип возврата якоря реле, основанный на закон всемирного тяготения, стал впоследствии использоваться в английской и российской релейной технике, используемой в ответственной аппаратуре железнодорожной автоматики. В телефонии утяжеленный якорь сохранился лишь для типов реле, управляемых переменным током.

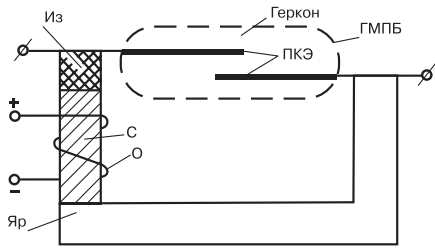


Рис. 7. Схема реле В.И. Коваленкова:
 О — обмотка; С — сердечник; Яр — ярмо;
 Из — изолятор; ПКЭ — подвижный
 контактный элемент; ГМПБ — герметичный
 магнитопроницаемый баллон.

С именем завода «Красная заря» связано не только начало отечественного производства телефонных станций, но и начало производства отечественных реле. Первые телефонные реле были подобны многоконтактным пружинным реле типа «Эриксон» или «Сименс и Гальске», они производились малыми сериями вручную. Однако уже в 30-х годах специалистами завода «Красная заря» были разработаны и освоены собственные конструкции малоомощных электромагнитных реле постоянного тока типа 100, 300, 600, предназначенные для телефонной аппаратуры. На базе этих реле были также созданы специализированные, так называемые, кодовые диспетчерские реле (КДР), предназначенные для железнодорожной аппаратуры связи и автоматики, эксплуатируемой в более сложных климатических условиях, чем телефонная техника. Первые кодовые реле производились на Петроградском заводе имени Н. Г. Козицкого.

На «Красной заре» впервые в России начали изготавливать и более мощные реле переменного тока (с утяжеленным якорем, с раздвоенным полюсом, двухфазные и детекторные), а также термореле и электро-термические (термобиметаллические) реле времени, используемые в системах автоматизации.

В 1928 г. производство реле было освоено и в Харькове на электромеханическом заводе (ХЭМЗ). Здесь стали выпускать мощные электромагнитные реле управления электроприводами и защиты устройств энергетики и электротехники.

В начале Великой отечественной войны производством телефонных реле занимались также Пермский,

Уфимский и другие заводы, созданные на базе эвакуированных цехов завода «Красная заря».

Принципиально новый этап в развитии электромагнитных реле начался в послевоенное время, когда на заводе «Красная заря» началось освоение лучших трофейных образцов реле, получивших название «реле плоские нормальные» (РПН), «реле круглые нормальные» (РКН) и «реле поляризованные специальные» (РПС).

Реле типа РКН, имеющие частично уравновешенный якорь, в отличие от РПН, могли надежно работать на подвижных объектах связи, в том числе при отрицательных температурах. На базе реле РКН в начале 50-х годов специалистами релейного ОКБ-3 завода «Красная заря» и релейного сектора ленинградского НИИ-56 были разработаны новые типы малогабаритных нейтральных реле (РКМ-1, РКМП, РКС, РСМ, РС-13, РС-52, РСЧ-52, РМУ, РМУГ³), которые стали применяться не только в подвижной аппаратуре связи, но и в системах автоматики и телемеханики. Для этой техники также были созданы серийно производимые поляризованные реле РПС-4; 5; 7⁴ и их разновидности РПС-13; 15; 18, которые дополняли ранее разработанные телеграфные реле 64П и 65П, РП-3; 4; 5; 7. Последние типы в 1956 г. были заменены малогабаритными модификациями РПС-11/3; 4; 5; 7.

Для повышения ресурса и надежности коммутации в новых образцах электромагнитных реле применялись специальные обмоточные провода и стабильный припой ПСр 3, 5, а первые, герметично запаиваемые реле (РМУГ и РЭС8), имели металлокерамический цоколь и заполнялись осушенным воздухом или азотом.

Для надежной работы в условиях значительных ускорений, вибраций и ударов вскоре стала применяться конструктивная схема электромагнита с уравновешенным якорем, впервые использованная в реле РЭС8 и ставшая в дальнейших основной схемой разработок *специальных видов электромагнитных реле*. Отличительной особенностью этих реле являлись малые и сверхмалые габариты, пылевлагозащищенный, а в последствии только герметичный металлический корпус.

Новые разновидности электромагнитных реле успешно работали на бор-

ту спутника «Искра», в системах памяти истребителя МИГ-15, а также в другой авиационной, космической и военной аппаратуре. Следует отметить, что многие из разработанных более 40 — 50 лет назад реле до сих пор находятся не только в эксплуатации, но и в производстве.

Малоомощные электромагнитные реле в устройствах автоматики и телемеханики использовались не только как самостоятельный элемент коммутации, но и входили в состав, так называемых, комплексных (гибридных) контактных релейных устройств. Использование элементов электронной техники (триодов, тетродов, тиратронов, фотоэлементов, а позднее и полупроводников) позволяло разработчикам аппаратуры расширять технические возможности электромагнитных реле. Например, электронное усиление управляющего тока повышало не только чувствительность реле, но и позволяло им срабатывать от коротких импульсов длительностью до 10 мкс.

На базе электронных приборов создавались не только гибридные контактные реле, но и самостоятельные бесконтактные (статические) релейные устройства — электровакуумные, газоразрядные, электрооптические, полупроводниковые и т.п. разновидности электрических реле. Поскольку гибридные реле содержат статическую (неподвижную) электронную воспринимающую часть и неподвижное относительно нее исполнительное устройство в виде электромеханического реле, то их стали также относить к *статическим реле с контактным выходом* или, в отличие от электронных бесконтактно-коммутирующих устройств, — к *электронным реле с контактным выходом*.

Следует отметить, что помимо классических (якорных) конструкций электромагнитных реле в технике использовались и их другая конструктивная разновидность, содержащая вместо якоря *магнитоуправляемый контакт* (МУК). Электромагнитное реле с МУК (см. рис. 7) было изобретено в 1925 г. В. И. Коваленковым⁵ (авт. свидет. СССР № 466).

Новый этап в развитии реле с МУК также относится к послевоенному периоду, что было обусловлено не только изобретением (патент США № 228930) В. Элвудом в 1938 г. герметизирован-

³ Реле РМУГ было первым отечественным газонаполненным (азот) реле, герметизация которого осуществлялась пайкой стального кожуха с металлокерамическим цоколем. Применение азота позволяло повысить износостойкость контактов при коммутации дуговых нагрузок.

⁴ Аналогом реле РПС-4; 5; 7 являлось громоздкое и сложное изделие РП-5С, разработанное в московском «Специальном бюро №1 Министерства вооружения» (СБ-1МВ) на основе немецкого реле, использованного в системе управления и регулирования ракеты ФАУ-2.

⁵ Проф. В.И. Коваленков — ученик А.С. Попова — работал в Ленинградском электротехническом институте им. В. И. Ульянова (Ленина), читал, в том числе инженерам завода «Красная заря», курсы лекций по теории связи и магнитным цепям. Исследуя динактронный эффект (явление вторичной эмиссии электронов) на аноде триода — элемента гибридного контактного реле, В.И. Коваленков предложил использовать в триоде вторую сетку, что привело к изобретению тетрода.

ного контакта (*геркона*), но и необходимостью создания более чувствительных и быстродействующих электромагнитных контактных устройств, способных конкурировать с новыми видами бесконтактных *твердотельных* (полупроводниковых) *реле*.

Использование МУК вместо яко-ры поднимало на порядок и более количество коммутаций реле, а размещение МУК в вакууме или нейтральном газе герметичного стеклянного баллона повышало надежность процесса слаботочной коммутации.

Первые отечественные образцы герконов были созданы в 1958 г. в НИИ-56, а опытные образцы реле на основе герконов — в 1959 г. в НИИ городской и сельской телефонной связи (НИИТС). Промышленное производство первых типов отечественных герконов КЭМ-1; 2; 3 и первых герконовых реле РЭС42; 43; 44 было начато на заводе «Красная заря». В 1963 г. производство герконов было передано на Рязанский завод металлокерамических приборов (РЗМКП), где в последние годы стали также разрабатываться и герконовые реле.

В конце 50-х годов в США производством реле занималось около 50 фирм, которые изготавливали более 1000 типов различных реле. В СССР к этому времени производилось около 350 типов преимущественно электромагнитных реле, изготовлением которых занималось около 30 предприятий, среди которых наиболее крупными производителями являлись ленинградские заводы «Красная заря», «Электросила» и «Электротехнический завод»; харьковские «Электромеханический» и «Телефонно-коммутаторный»; чебоксарский «Электроаппаратный завод», а также ряд московских предприятий, в числе которых завод «Автоэлектроника» (АТЭ-1). Вскоре к производству наиболее востребованных маломощных электромагнитных реле были подключены харьковское ПО «Радиореле», ереванское ПО «Армреле», иркутский релейный завод «Заря», новгородский завод «50-летия Октября»⁶, ленинградский завод местной промышленности «Радиост» с филиалом в г. Порхове.

Таким образом, в середине прошлого столетия реле становятся одним из основных комплектующих элементов различных технических устройств⁷. При этом даже реле одного вида в силу различного назначения и отраслевого производства имели разные конструкции, несопоставимые технические характеристики и заметно от-

личались технологией производства и испытаний. Многие из выпускаемых отечественной промышленностью реле были двойного применения, т.е. использовались как в народно-хозяйственной, так и в военной технике. В это время были сделаны и первые шаги в части классификации реле.

При внедрении новой отечественной системы межведомственной нормализации промышленных изделий была введена и единая система в обозначении типов для вновь разрабатываемых реле, которая основывалась на их технических и функциональных возможностях, например:

- РЭС — реле электромагнитные (нейтральные) слаботочные;
- РЭН — реле электромагнитные (нейтральные) напряжения (повышенного);
- РЭВ — реле электромагнитные (слаботочные) высокочастотные;
- РП, РЭП — реле электромагнитные (нейтральные) промежуточные;
- РПГ — реле (электромагнитные) промежуточные герконовые;
- РПС — реле (электромагнитные) поляризованные слаботочные;
- РПВ — реле (электромагнитные) поляризованные (слаботочные) высокочастотные;
- РН, РТ — реле напряжения, реле тока.

Электрические реле по коммутируемой мощности условно подразделялись на маломощные (слаботочные), средней мощности и мощные (силовые) реле.

По основной области применения, определяющей во многом конструктивно-технологические особенности реле, их стали подразделять на:

- телеграфные (маломощные высокочувствительные одноконтактные);
- телефонные (малогабаритные маломощные многоконтактные);
- железнодорожные;
- автомобильные;
- для устройств электротехники и энергетики;
- для устройств сигнализации, автоматизации и телемеханики (малогабаритные и миниатюрные маломощные).

Последняя разновидность релейных устройств отличалась от нейтральных телефонных реле малым числом контактов (не более 6), а от поляризованных телеграфных реле наоборот — большим числом контактов (до 12).

В 60 — 70-х годах в СССР были начаты работы по отраслевой и государственной классификации, стандартизации и унификации отечественных реле.

К числу первых нормативных документов следует отнести выпущенные в 1965 г. Минрадиопромом СССР общие технические условия (ОТУ) разработки, производства и применения маломощных малогабаритных и миниатюрных электромагнитных реле типа РЭС, РЭН, РЭВ РПС, РПВ. Эти изделия предназначались для работы в аппаратуре связи, в устройствах сигнализации, автоматизации и телемеханики на подвижных средствах наземного, водного и воздушного транспорта, в том числе в специальных условиях. Поскольку применение таких реле носило межотраслевой характер, то вскоре отраслевые ОТУ были переработаны в ГОСТ 16121-70 «Реле электромагнитные. ОТУ».

Аналогичные стандарты были разработаны для стационарной аппаратуры электротехники общего назначения (ГОСТ 8250-67), а также для устройств автоматизации на железнодорожном транспорте (ГОСТ 5.357-70 и ГОСТ 5.197-72).

В 70-х годах были стандартизованы основные понятия, термины и определения коммутационной техники: ГОСТ 16022-76 «Реле электрические. Термины и определения», ГОСТ 17703-72 «Аппараты электрические коммутационные. Основные понятия. Термины и определения», ГОСТ 18311-72 Изделия электротехнические. Термины и определения основных понятий», ГОСТ 14312-79 «Контакты электрические. Термины и определения».

Кроме того, отраслевым стандартом ОСТ4.454.000-77 электромагнитные реле широкого применения, соответствующие требованиям ГОСТ 16121-70, были классифицированы как *реле электрические (слаботочные)* и получили соответствующие обозначения типов, отражающие основные элементы технической классификации:

P X Y Z L N,

где **P** — наименование изделия: *реле электрическое (слаботочное)*;

X — физический принцип работы: **Э** — *электромагнитное неполяризованное*, **П** — *электромагнитное поляризованное*, **Г** — *герконовое неполяризованное*, **И** — *герконовое поляризованное*;

Y — функциональное назначение: **K** — *низкочастотное (ранее использовался символ С — слаботочное низкочастотное)*, **A** — *высокочастотное (ранее использовался символ B)*;

ZL — порядковый номер типа реле; **N** — климатическое исполнение.

⁶ Теперь это ОАО «НПП «Старт»

⁷ Например, стоимость телефонных реле составляла не менее 20% от стоимости всего оборудования АТС.

Таблица 1. Динамика выпуска реле

Выпуск реле предприятиями отрасли			
Типы реле	1970 г.	1975 г.	1980 г.
	Количество типов		
Герметичные	19	28	60
Зачехленные	29	27	22
Открытые	17	14	14
Герконовые	5	17	32
Всего	70	86	126

Очевидно, что последующие редакции ГОСТ 16121 (1979 г., 1986 г.) стали называться «Реле слаботочные электромагнитные. ОТУ».

Наиболее близким аналогом к военному дополнению ГОСТ 16121 является ГОСТ В 22170-76(84), распространяемый на электромагнитные реле для коммутации постоянных токов выше 10 А в аппаратуре управления электроприводами специального назначения. ГОСТ В 22170 дополнял ГОСТ 8250-78, замененный в последствие на ГОСТ 17523-79(85), распространяемый на электромагнитные реле общего назначения для управления электроприводами.

СОЗДАНИЕ ОТРАСЛИ СЛАБОТОЧНЫХ РЕЛЕ

Дальнейшее развитие и совершенствования РЭА, ракетно-космической и военной техники существенно повысило эксплуатационно-технические требования к слаботочным электромагнитным реле, которые должны были иметь не только малый вес и высокую герметичность, но и длительно безотказно работать в еще более широких диапазонах температур, ударов, вибраций, ускорений и т.п. воздействий. Для реализации этих требований необходимы были новые конструктивно-технологические решения, новые контактные и конструкционные материалы, микропровода, технологии микросоединений, специальное технологическое оборудование и контрольно-испытательная аппаратура. Таким образом, в создание реле уже вовлекались различные отрасли промышленности, а разработка конструкций и технологий изготовления слаботочные реле становилась самостоятельной отраслью техники. В этой связи в 1972 г. ЦКТБ релейной техники ПО «Красная заря» был преобразован в Головной НИИ коммутационной техники, на базе которого в 1974 г. было создано НПО «Северная заря»⁸, ставшее флагманом десятка предприятий, вошедших в 9-й (релейный) Главк Минромсвязи СССР.

Основной целью создания релейной отрасли являлось расширение номенклатуры и наращивание выпуска слаботочных реле – наиболее востребованных элементов специальной аппаратуры, автоматики, телемеханики, связи и пр.

Обеспечение технического уровня разрабатываемых и модернизируемых реле, разработка серийной технологии их производства на предприятиях отрасли было возложено на НИИКТ и опытный завод НПО «Северная заря».

Предприятиям была определена предметная и технологическая специализация. Так, например, одному из крупнейших релейных заводов – харьковскому ПО «Радиореле» было поручено специализироваться в выпуске миниатюрных и микроминиатюрных неполяризованных (РЭС49; 60) и высокочастотных (РЭВ16; 17) реле. По технологической специализации ПО «Радиореле» занималось механизацией и автоматизацией изготовления деталей и узлов реле.

Армянское ПО «Реле» специализировалось в производстве малогабаритных и миниатюрных неполяризованных высокоответственных реле (РЭС54; 59) и термических реле времени (РТН3; 6), а ереванский филиал НИИКТ согласно технологической специализации должен был разрабатывать аппаратуру контроля качества реле.

Новгородский завод «50-летия Октября» занимался изготовлением малогабаритных поляризованных реле (ДП12, РПС20; 32, РПВ2; 5), а также герконовых реле (РЭС42-44; 55), в том числе проектированием и изготовлением оборудования для их производства.

Производство открытых и зачехленных, а также герконовых реле было сконцентрировано на стародубском заводе «Реле» и алатырском заводе «Электроприбор».

Иркутский завод «Заря» выпускал реле промавтоматики, миниатюрные и малогабаритные неполяризованные

реле (РЭС48) и специализировался по изготовлению упаковки и деталей из пластмасс.

На строящемся в г. Краснодар заводе «Юность» планировалось осваивать сверхминиатюрные реле (РЭС79; 80, РПС43 и новые реле в корпусе ТО-5), а на строящемся в г. Антрацит заводе «Титан» – расширять производство зачехленных реле типа РЭС9; 10 и традиционных телефонных реле, которые производились многими телефонными заводами самостоятельно.

Динамику наращивания выпуска реле и их структурного изменения отражает таблица 1. При этом следует отметить, что средний годовой выпуск каждого типа реле составлял сотни тысяч, а для некоторых реле – и по нескольку миллионов.

За первое десятилетие работы релейной отрасли были созданы десятки новых конструкций слаботочных реле, достойно представляющих отечественную релейную технику на мировом уровне. К таким изделиям можно отнести, например, сверхминиатюрные (вес около 2 г.) реле РЭС79, РЭС 80, РПС46. Например, поляризованное реле РПС46 содержит два переключающих контакта для коммутации каждого тока от 5 мА до 1 А. Реле занимает внутренний объем 0,36 см³, а его конструкция полностью сварная (лазерная сварка) и содержит 48 деталей, включая обмоточный провод катушки.

В 80-х годах были разработаны и внедрены оригинальные процессы лазерной технологии, микросварки, пайки, термовакuumной обработки, химической и вводно-воздушной очистки деталей и узлов реле. В этот период были практически завершены работы по оптимизации технологии производства слаботочных электромагнитных реле и их контрольно-испытательному тестированию, что нашло отражение в новой редакции ГОСТ 16121-86. Следует отметить, что требования к разработке и производству слаботочных электромагнитных реле, изложенные в ГОСТ 16121-86, практически аналогичны требованиям американских военных стандартов: MIL-PRF-5757 (реле в электронике, связи и других приложениях), MIL-PRF-39016 (реле в электронном оборудовании и оборудовании связи), MIL-PRF-6106 (реле в структуре самолета, ракеты, космического корабля, судна и других основных транспортных средств или в наземном и корабельном оборудовании).

Кризис промышленности, разразившийся в начале 90-х годов, не миновал

⁸ С 1994 г. «Северная заря» является открытым акционерным обществом, контрольный пакет акций которого принадлежит государству.

и релейные заводы. Спад продаж, начавшийся в 1991 г., продолжался 7 лет и достиг почти 20-кратного размера, что неминуемо должно было привести к краху предприятий.

К счастью этого не произошло со всеми производителями реле и, в частности, с головным НПО «Северная заря», где, предвидя такое развитие ситуации, руководством и специалистами объединения в кратчайшие сроки была организована разработка альтернативной продукции – реле для общепромышленного применения. Производство таких реле (РЭК51; 52; 53; 55; 58; 67; 76; 74; УК2) хорошо вписывалось в существующий технологический процесс, а сами реле, благодаря своевременному маркетингу, сразу же были востребованы многими предприятиями России и стран СНГ, начавших производство новой бытовой техники, аппаратуры связи и промышленной автоматики. Это нивелировало общее падение объемов производства и помогло предприятию сохранить основной научно-производственный и кадровый потенциал.

Следует отметить, что в кризисный период на «Северной заре» продолжались разработки и специальных реле (РЭК60; 61; 63, РПК31, РПК41–48, РПК59–60, РПК70), которые уже в конце 90-х годов стали закупаться для производства новой ракетно-космической, авиационной и военной техники.

Современная номенклатура слаботочных электромагнитных реле (см. статью А. Малащенко «Электромагнитные реле» в № 7 журнала «Электронные компоненты» за 2003 г.) насчитывает около 190 типов, выпускаемых десятками исполнений, отличающихся напряжением управления, внешним интерфейсом и т.п. Потребителями этих реле являются более 2000 предприятий России и стран СНГ. Значительная часть слаботочных электромагнитных реле (более 150 типов) в настоящее время производятся Российскими предприятиями и используется преимущественно в отечественной специальной технике.

Специальные электромагнитные реле, управляются преимущественно постоянным током напряжением от 3 до 27 В и коммутируют контактами токи от 10-6 до 10 (25) А напряжением от 0,05 до 220 В. Эти реле работают в диапазоне температур от -60°C до $+125^{\circ}\text{C}$, имея виброустойчивость до 5000/30 Гц/г, удароустойчивость до 200г и ударопрочность до 500...1000г. Конструктивно большинство реле представляют собой газона-

полненные герметичные электромеханические устройства весом от 2 до 100 г, объемом от 0,6 до 30 см³, содержащие от нескольких десятков до более сотни пластмассовых, стеклянных и преимущественно металлических деталей. Последние имеют удельный вес от 0,04 до 1,5 г/деталь при минимальном весе около 1 мг. Для удешевления серийного производства такие детали чаще всего изготавливаются высокоточной штамповкой (металлов) и безоблойным литьем (пластмасс). Специальные электромагнитные реле по существу являются сложными электромеханическими газоразрядными приборами, внутренний объем которых не должен содержать посторонних частиц, влаги, летучих и осаждаемых полимеров или других веществ, загрязняющих контакты. Технология обработки, сборки и регулировки миниатюрных деталей таких реле, в отличие от производства большинства других электрокомпонентов, содержит многочисленные «ноу-хау» микросварки, лазерной обработки, термо-вакуумной и химической очистки, электротренировки и т.п. В производстве реле преимущественно применяются специализированные групповые и типовые техпроцессы на базе стандартного и нестандартного технологического оборудования и контрольно-измерительной и испытательной аппаратуры.

Завершая историю создания и развития отечественной отрасли слаботочных реле, нельзя не упомянуть имена ее первых создателей: Витенберга М.И., Гурова А.А., Животченко А.Д., Лийка Р.В., Мартынова Б.К., Неклюкова И.Г., Ройзена В.З., Тышкова И.С., Штремберг Т.К., Шульмана С.М. и др.

Так, например, Мартынов Б.К. первым возглавил созданную в 1938 г. на заводе «Красная заря» научно-техническую часть, в которой отделом электромеханики, где исследовались и разрабатывались реле, руководил молодой специалист Витенберг М.И.

Впоследствии имя Витенберга будет значиться в одном ряду с такими именами советских и зарубежных ученых-релейщиков, как Буль Б.К., Гринавцев К.А., Коваленков В.И., Матов Г.П., Сотсков Б.С., Ступель Ф.А., Г. Ротерс, Р. Пик, Г. Уэйгар и др., заложивших основы расчета и проектирования электрических реле.

Среди первых отечественных публикаций по релейной тематике обычно упоминаются следующие работы:

- Фонарев А. Конспект по электромагнитным механизмам. 1933. ЛЭТИ.

- Коваленков В.И. Теория магнитных цепей, ч. 1-4. 1934-1936. РИЧ ВЭТА.

- Сотсков Б.С. Конспект по курсу реле. 1934. ВЭТА.

- Матов Г.П. Телефонные реле, их конструкции и расчет. 1934. ОНТИ.

- Гринавцев К.А. Теория и расчет телеграфных электромагнитов и реле. 1934. Госсвязьтехиздат.

- Лифшиц Н.А., Спицын Д.В., Данилин А.В. Теория и расчет элементов автоматических систем. Реле. 1939. ГОНТИ.

Первая отечественная монография по расчету и проектированию реле была опубликована Витенбергом М.И. в 1947 г. Эта книга долгие годы являлась основным пособием для разработчиков телефонных реле и имела ряд дополненных переизданий. Последнее переиздание (Витенберг М.И. Расчет электромагнитных реле. Изд. 4-е, перераб. и доп. Л., «Энергия», 1975.) отражало не только особенности расчета и проектирования электромагнитных реле, но и их особенности специального применения.

В 1960–1980-х годах было опубликовано наибольшее количество информации по релейной технике, среди которой можно отметить работы Авилова В.Е., Арановича Б.И., Гордона А.В., Декабрун И.Е., Ивакина Б.Ф., Корсунского Г.М., Курочкина Ю.М., Мироненко А.Ф., Никитина В.М., Разумихина М.А., Раховского В.Н., Рыбина Г.Я., Савкина В.Г., Сливинской А.Г., Харазова К.И., Шамрая Б.В. и др. авторов.

Среди последних публикаций по слаботочным электромагнитным реле следует упомянуть следующие книги:

- Ройзен В.З. Электромагнитные малогабаритные реле. Л.: Энергоатомиздат. Ленингр. отд-ние, 1986;

- Рудык А.Р., Любинский Д.Л. (в соавторстве с Вишнеовским В.В. и Кострюковым С.И.). Технология миниатюрных реле. Под. ред. А.Д. Животченко. Л.: Энергоиздат. Ленингр. отд-ние, 1986;

- Коробков Ю.С., Флора В.Д. Электромеханические аппараты автоматики. – М.: Энергоатомиздат, 1991;

- Шоффа В.Н. Герконы и герконовые аппараты: Справочник. – М.: Изд-во МЭИ, 1993.

ЛИТЕРАТУРА

1. Материалы сайта: <http://www.si.edu/archives/ihd/jhp/index.htm>

2. Материалы сайта: http://etc.princeton.edu/CampusWWW/Companion/henry_joseph.html