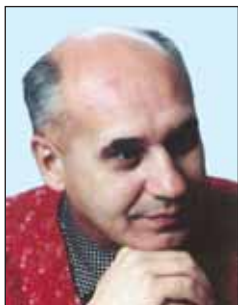




Физика вокруг нас



Коробков Юрий Сергеевич

Кандидат технических наук, доцент кафедры электрических и электронных аппаратов Московского энергетического института (технического университета). Автор более 150 научных работ, 10 авторских свидетельств, нескольких учебников, справочников, монографий, ряда учебных и методических пособий для студентов.

Магнитоуправляемые контакты

Термин «реле» сегодня привычен: даже в бытовых приборах «работают» реле – тепловые или электромагнитные, магнитоэлектрические или индукционные и пр. Относительно недавно их «ассортимент» пополнился новой разновидностью электромагнитных реле – так называемыми магнитоуправляемыми контактами. Что они собой представляют, как действуют и где применяются, рассказано в этой статье.

Немного истории

Термин «реле» пришёл к нам из французского языка, где это слово означает: ямщик, промежуточная



станция для перезагрузки, кучер и т. д. Такого рода слова очень хорошо отражают смысл этого технического

термина. Реле – электрический аппарат, который при плавном изменении управляющего (входного) параметра (некоторой электрической величины – силы тока, напряжения, мощности, частоты и т. д.) до определённого заданного значения резко, скачкообразно изменяет управляемый (выходной) параметр. По принципу действия реле делятся на электромагнитные, тепловые, магнитоэлектрические, индукционные, электродинамические, электронные и др.

Появившиеся в 1830 – 1832 гг. (почти одновременно с открытием М. Фарадеем закона электромагнитной индукции) электромагнитные реле достаточно быстро нашли применение в различных областях техники. В России электромагнитное реле изобрёл востоковед и изобретатель

Павел Львович Шиллинг и использовал его для подрыва созданной им же электрической мины.

Принципиальная схема устройства электромагнитного реле показана на рис. 1.

Его основные элементы: 1 – магнитопровод, 2 – обмотка, 3 – якорь, 4 – пружина, его поднимающая («возвратная» пружина), 5 – изоляционная прокладка, 6 – упор, ограничивающий подъём якоря (т. е. размер зазора между ним и магнитопроводом), 7 – контакты (контактный узел) управляемой цепи с источником тока \mathcal{E} и нагрузкой (рабочей установкой) R_H .

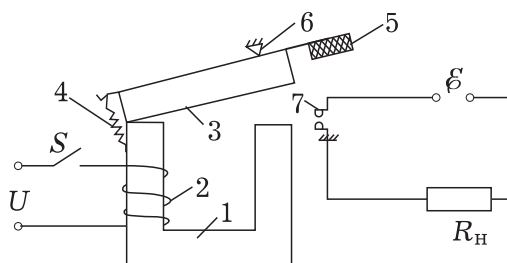


Рис. 1. Принципиальная схема устройства и работы реле

При замыкании ключа S относительно небольшое напряжение U в цепи управления поступает в обмотку 2 реле и в ней возникает электрический ток I , возбуждающий в магнитопроводе 1 магнитный поток. Под его действием якорь 3 притягивается к магнитопроводу, а прокладка 5 надавливает на контакт 7 в цепи нагрузки R_H , замыкая тем самым эту цепь и приводя в действие подразумеваемую под R_H установку, которая может быть рассчитана на гораздо большие, чем U и I , напряжение и силу тока. А включать силовоточные цепи с высоким напряжением напрямую довольно опасно. Реле же легко справляются с этой задачей.

Столь же просто оно выключает цепь нагрузки ключом S . Его размыкание обесточивает обмотку 2 и магнитный поток резко уменьшается. Не удерживаемый магнитом якорь 3 оттягивается от него пружиной 4 до упора 6, а контакты 7, освобождённые от надавливания, отходят друг от друга и размыкают цепь нагрузки – установка R_H выключается.

Несмотря на явное удобство управления электроцепями с помощью реле, их распространение сначала сдерживалось отсутствием в то время как основных правил и законов электротехники, так и методик проектирования реле: их изготовление находилось на грани интуитивного мастерства, что порождало немало казусов. Так, в первых реальных случаях использования реле инженеры с целью сокращения массы, стоимости и повышения удобства прокладки линий связи между источником электроэнергии и реле считали нужным брать очень тонкие провода, которые, однако, должны были выдерживать механические нагрузки. Поэтому применяли стальные провода. Сигналы же в конечный пункт приходили ослабленные (из-за большого падения напряжений в соединительных проводах).

Чтобы компенсировать потери энергии, решили использовать промежуточные станции электропитания и промежуточные реле (каскадное включение – рис. 2). А поскольку на заре релестроения каждый производитель изготавливал реле на «свое» напряжение, то станции имели источники тока с разными ЭДС (рис. 2 а). Для того чтобы в рабочей цепи (последнем каскаде) появилась сила тока I , вызывающая срабатывание нужного механизма R_H , необходимо было нажать кнопку S , что приводило к срабатыванию первого

реле. Его замкнувшиеся контакты включали источник \mathcal{E}_2 , подающий напряжение на обмотку управления реле II. Сработав, оно подавало напряжение \mathcal{E}_3 на обмотку управления реле III и т. д. Наконец, замыкание контактов последнего реле включало источник \mathcal{E} в рабочей цепи

(в цепи нагрузки R_H). Ток I шёл столько времени, сколько оставалась замкнутой (нажатой) кнопка S . Время от её нажатия до приведения в действие рабочей цепи было равно сумме времён срабатывания каждого реле в их цепочке и составляло от 0,5 до 2-3 с, а в некоторых случаях и того больше.

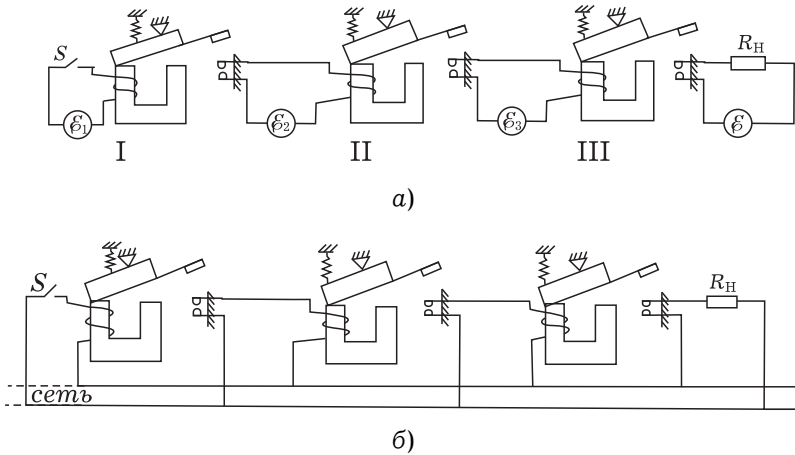


Рис. 2. Трёхкаскадное включение реле: а) у каждого реле и у нагрузки собственный источник ЭДС, б) все реле и нагрузка подключены к одной сети

Со временем производство реле расширялось, происходила унификация, стандартизация их параметров и источников тока. Реле стали изготавливать для включения в общую сеть со стандартным напряжением (рис. 2 б). Тем более, что от применения тонких стальных соединительных проводов давно уже отказались.

При рассмотрении рис. 2 невольно может возникнуть вопрос: «Зачем нужно городить такой огород? Не проще ли подать необходимый сигнал через ключ непосредственно на нагрузку R_H и обойтись без набора промежуточных реле?». Да, во многих случаях это возможно, а потому так и делается, если мощность нагрузки мала, например, при включении освещения в доме. Если же она значительна, обойтись без реле

(контакторов и пускателей) просто невозможно.



Применение реле

В каких же случаях приходится использовать реле?

Самый общий ответ: для коммутации электрических цепей, т. е. переключения электрических соединений в устройствах автоматики, электросвязи и т. д. Главным образом с целью управления электроустановками в какой-либо цепи с помощью просто ключа в цепи реле.

Широкое распространение электромагнитных реле обусловлено их несомненными достоинствами: отсутствием электрической связи между цепями реле и нагрузки, простотой согласования цепей управления и исполнения, малым сопротивлением замкнутых контактов и большим сопротивлением между разомкнутыми контактами, стойкостью к воздействиям помех, радиации, окру-

жающей среды и др. (Заметим, что первые ЭВМ были построены на электромагнитных реле.)

Особенно важно то, что реле могут быть с разным числом контактов — многоконтактными, что позволяет «размножить» сигналы, т. е. управлять сразу несколькими исполнительными цепями. Если на вход такого реле подать электрический сигнал, то на выходе получится столько сигналов, сколько имеется пар исполнительных (выходных) контактов. Многоконтактные реле (рис. 3) применяются в том случае, когда надо одним сигналом привести в действие большое число потребителей, установленных в сетях не только с одним и тем же напряжением, но и с разными напряжениями и токами.

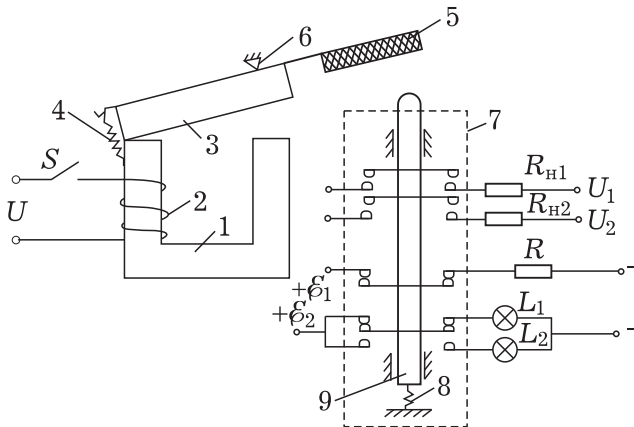


Рис. 3. Многоконтактное реле: позиции 1–6 те же, что на рис. 1, 7 – контактный узел, 8 – опорная пружина для его пластмассового штока 9, L_1 , L_2 – электролампы

Школьники нередко посмеиваются (и правильно делают), когда при решении какой-либо арифметической задачи кто-нибудь из них умножает или складывает число конфет и ящиков из-под конфет, скорость пешехода и путь, который он прошёл, и т. п. А

вот реле это делают, не вызывая смеха. Более того, им «поручают» это. Действительно, иногда в реле помещают две (или более) обмотки, в одну из которых подаётся сигнал, пропорциональный, например, силе тока, а в другую —

напряжению (или другим физическим величинам), и реле реагирует на мощность проходящего через него тока, т. е. «умножает» силу тока на напряжение; в этом случае его называют «реле мощности».

Постоянное развитие и усложнение автоматизированных систем выдвигают всё более высокие требования к реле с точки зрения как экономической (простота и технологичность конструкции, минимум деталей, возможность автоматизированной сборки, применение недорогих материалов и технологий, использование стандартного оборудования для производства, контроля и наладки), так и технических показателей (надёжность работы, большой срок службы, быстроедействие, малое потребление энергии, стабильность харак-

теристик при воздействии разного рода помех). Стремясь удовлетворить эти непростые и многочисленные требования, инженеры совершенствовали конструкцию и различные аспекты изготовления электромагнитных реле, что и привело в конце концов к созданию магнитоуправляемых контактов (МК).



Магнитоуправляемый контакт

Магнитоуправляемый контакт является разновидностью электромагнитных реле. Он представляет собой электрический аппарат, изменяющий состояние электрической цепи посредством механического её замыкания или размыкания при воздействии управляющего магнитного поля на его элементы, совмещающие функции контактов, пружин и участков электрической и магнитной цепей. МК могут быть открытыми или герметизированными. В последнем случае их называют *герконами* (*гер* – от слова герметизированный, *кон* – от слова контакт).

Первые магнитоуправляемые контакты появились в прошедшем столетии. В середине 20-х годов российский учёный и инженер Валентин Иванович Коваленков с целью упрощения обычной конструкции и повышения быстрогодействия элект-

ромагнитных реле решил отказаться от массивного якоря, возвратной пружины, контактного узла и упора. Функции этих элементов ему удалось возложить на лёгкие контактные сердечники (КС), выполненные из ферромагнитного материала в виде упругих консолей (укреплённых с одного конца пластин). Конструкция его реле содержит магнитопровод 1 (рис. 4), обмотку управления 2, КС 3-3' и изоляционную прокладку 4. Последняя предотвращает возможность прохождения тока через магнитопровод 1.

В исходном состоянии перекрывающиеся концы КС отстоят друг от друга на расстояние δ , и цепь нагрузки R_n разомкнута. При подаче сигнала управления в обмотку 2 магнитопровод образует магнитный поток, замыкающийся через рабочий зазор δ , под действием которого

концы магнитных консолей 3-3' сближаются. При их соприкосновении рабочая цепь замыкается. При отключении обмотки 2 магнитный поток исчезает, и силы упругости возвращают КС в их исходное состояние, разрывая цепь нагрузки восстановившимся зазором δ .

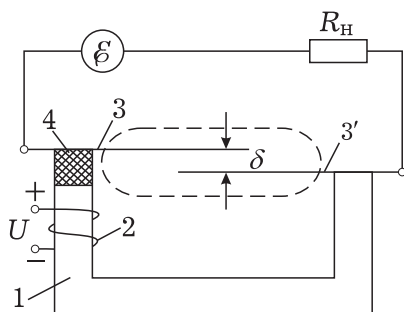


Рис. 4. Реле В.И. Коваленкова

Таким образом, КС 3-3' совместили функции контактов, токо- и магнитопровода, якоря, упора, возвратной пружины, что значительно упростило конструкцию и повысило её технологичность. А малая масса рабочих частей и малость рабочего зазора δ позволили существенно уменьшить время срабатывания устройства. В то же время реле Коваленкова обладало и рядом недостатков, присущих практически всем электромагнитным реле: отсутствием защиты контактирующих поверхностей КС от воздействия окружающей среды (они окислялись и загрязнялись, что нарушало работу реле), а также значительными размерами и массой магнитопровода.

Защитить реле от воздействия окружающей среды попытались,

поместив его в герметичный корпус. Но надёжность реле резко упала: летучие вещества, выделяемые обмотками, изоляционными частями (каркасом, лаком и т. п.), осаждались в замкнутом объёме на все поверхности, в том числе и на КС: на их контактирующих поверхностях образовывались устойчивые изоляционные плёнки. Это побудило конструкторов искать способ повышения надёжности реле. И он был найден: в герметичный баллон заключили лишь участок с КС (выделен пунктиром на рис. 4).

В 1939 г. американский изобретатель В.Б. Эллууд запатентовал коммутативное устройство, в котором контакты КС 2-3 (рис. 5), покрытые тонким слоем проводящего материала – серебра, золота и др. – заварены в герметичном стеклянном баллоне 1, заполненном инертным газом. Рабочая цепь присоединяется к выводам 4 и 5, выполненным из материала, обеспечивающего качественный спай с баллоном. Для удаления воздуха из баллона и заполнения его инертным газом служит запаиваемый после этой операции отвод 6. Для управления устройством, которое было одним из первых герконов, использовалась обмотка 7 или постоянный магнит.

При подаче сигнала в обмотку управления этого геркона происходило сближение перекрывающихся концов 2-3 КС и замыкание цепи, присоединённой к выводам 4 и 5, т. е. во внешней (рабочей) цепи возникал ток.

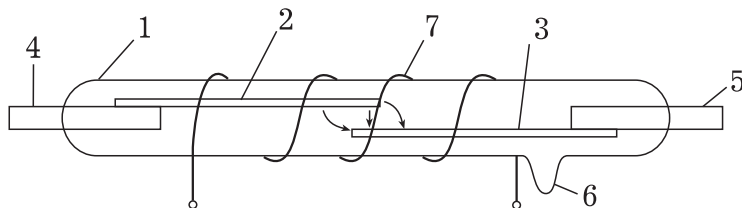


Рис. 5. Герметизированный магнитоуправляемый контакт (геркон)

В настоящее время КС герконов выполняются, как правило, из низконикелевых пермаллоев, которые стойки к перепадам температуры и обеспечивают герметичный спай со стеклом. При создании устройств на герконах используются разные управляющие элементы и произвольное

(нужное в каждом конкретном случае) их число: или несколько обмоток управления, или шин с токами, или постоянных магнитов. Герконы могут быть расположены не только внутри обмотки, но и вне неё. Внешний вид некоторых из них показан на рис. 6.



Рис. 6

Герконы используются сейчас очень широко во многих отраслях техники: для контроля положения деталей, измерения скорости и ускорения их перемещения, при разработке уровнемеров, счётчиков готовой продукции, коммутаторов, сигнализаторов, охранных устройств (небольших белых коробочек параллелепипедного вида, устанавливаемых на окнах и стеклянных дверях некоторых офисов и магазинов) и т. д. Рассмотрим в качестве примера измерение частоты вращения или скорости (линейной или угловой) с помощью геркона.

Между неподвижным герконом 1 и постоянным магнитом 2 (рис. 7) помещается ферромагнитный диск 4 в форме трёх лепестков, укрепленный на валу 3 рабочего механизма, частоту которого необходимо измерять.

При вращении вала 3 «лепестки» диска 4 периодически экранируют

геркон от постоянного магнита, что вызывает циклическое замыкание и размыкание его КС, выводы которых подключены к счётчику импульсов тока. По числу импульсов в единицу времени судят о частоте вращения вала. Известны и другого типа измерительные устройства на герконах, но все они основаны на изменении магнитного поля в зоне перекрытия КС геркона при вариации контролируемой величины.

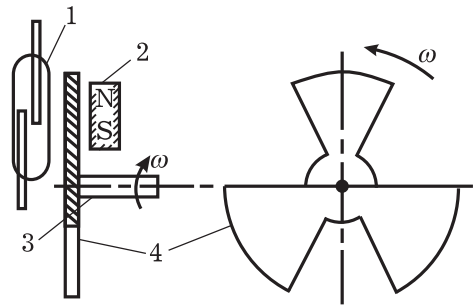


Рис. 7. Принципиальная схема датчика оборотов рабочего механизма