

# РЕЛЕ – ОПРЕДЕЛЕНИЕ И КЛАССИФИКАЦИЯ

**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 даются определение, техническая и потребительская классификация реле – разновидности преобразовательных устройств скачкообразного действия, предназначенных для коммутационного управления электрическими цепями. Подробно рассмотрены электрические реле, для которых приведены поясняющие термины.**

## ВВЕДЕНИЕ

Реле являются автоматическими преобразовательными устройствами со скачкообразной характеристикой управления внешними электрическими цепями, т.е. они выполняют *коммутацию (замыкание, размыкание, переключение)* этих цепей. (Подробнее о преобразовательных устройствах скачкообразного действия см. в этом номере соответствующую статью А. Малащенко).

Первое автоматическое устройство, содержащее элемент, скачкообразно перемещаемый в результате входных (управляющих) воздействий, и осуществляющий коммутацию подключенной к выходу устройства электрической цепи, было изобретено Дж. Генри в 1835 г. По принципу действия и назначению это устройство являлось электромагнитным переключателем контакта, получившим в связи со своими первыми применениями наименование *«relay» («реле»)*, подразумевающее *смену, замену* ослабленного тока по аналогии с заменой уставших почтовых ло-

шадей, бегунов эстафеты или рабочих смены.

Причиной, побудившей Генри изобрести реле, была небольшая дальность срабатывания изобретенного им проводного звукового телеграфа электромагнитного типа. Для ретрансляции (усиления или подпитки) ослабленных сигнальных импульсов тока, приходящих на силовой электромагнит телеграфа, Генри решил использовать батарею питания, которую необходимо было подключать к обмотке силового электромагнита во время прихода импульса тока. Для этого Генри использовал включенный в цепь батареи электрический контакт, механически замыкаемый магнитным стержнем – якорем в результате притягивания последнего к полюсу другого более чувствительного электромагнита, включенного в линию связи перед силовым электромагнитом и срабатывающего во время прихода ослабленного импульса тока. После окончания импульса тока чувствительный электромагнит терял свойства искусственного магнита и

уже не удерживал намагниченный якорь, противодействуя упругому контакту и возвратной пружине, в результате чего контакт размыкался.

Первое реле Генри было электромагнитного типа. Подобные реле более 40 лет использовались исключительно в телеграфии и только с 1878 г. стали применяться в новой для того времени телефонной технике, которая почти 120 лет была областью массового применения вначале электромагнитных, а затем и других типов электрических реле. Помимо телефонии реле вскоре стали использоваться в устройствах электротехники, радиоэлектроники и приборостроения, где выполняют самые различные функции коммутационного управления электрическими цепями. (Подробнее об истории создания и развития реле см. в этом номере соответствующую статью А. Малащенко).

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ И ОБЩАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ РЕЛЕ

В технической литературе и, в частности, в Большой советской энциклопедии дается следующее определение реле – устройство, содержащее релейный элемент и предназначенное для осуществления скачкообразных изменений состояния какой-либо электрической цепи в результате заданных входных воздействий. Обычно число рабочих состояний управля-



емой цепи ограничено двумя или (реже) тремя. Релейный элемент — минимальная совокупность деталей и связей между ними, имеющая релейную характеристику, т. е. скачкообразно изменяющая воздействие на выходе (выходах) при поступлении фиксированных воздействий на вход (входы). При построении дискретных управляющих устройств (например, релейных) релейный элемент рассматривается как их наиболее простая составная часть.

С учетом того, что реле являются разновидностью автоматических преобразовательных устройств скачкообразного действия, то в наиболее общем представлении реле может быть дано следующее определение.

**Реле — это автоматическое устройство, скачкообразно меняющее двух- или трехпозиционное электрофизическое состояние контактного или бесконтактного выхода, вследствие непрерывного или дискретного управляющего входного воздействия.**

Скачкообразное изменение электрофизического состояния выхода реле позволяет коммутировать (закрывать, размыкать, переключать) подключенные к выходу электрические цепи. Реальные конструкции реле имеют квазискачкообразные характеристики управления и поэтому срабатывают не мгновенно, а с определенной временной задержкой по отношению к управляющему сигналу. Наиболее простые конструкции реле, содержащие минимальную совокупность деталей и связей между ними, называются релейными элементами (РЭ), на базе которых могут быть построены сложные реле и релейные устройства.

Реле, как автоматический вид устройств скачкообразного действия (УСД) может быть классифицировано подобно этим устройствам, а именно:

— по направлению управляющего входного воздействия на: *скалярные* или *векторные*;

— по количеству занимаемых позиционных состояний на: *двухпозиционные* или *трехпозиционные*;

— по состоянию после срабатывания на: *с возвратом* или *с блокировкой*;

— по числу стабильных состояний после срабатывания на: *одностабильные* или *двустабильные*;

— по наличию подвижных конструктивных элементов на: *динамические* или *статические*;

По виду выходного состояния реле являются *параметрическими*, а по способу использования выходного состояния — *управляющими* устройствами.

Следует отметить, что рассматриваемое ниже классифицирование реле носит общетехнический (межотраслевой) характер, который может, хотя не принципиально, но отличаться от некоторых отраслевых примеров классифицирования.

Так в электротехнике или энергетике реле относят к *коммутационному* *подвиду электрических аппаратов*<sup>1</sup> — средствам управления электрическим током путем коммутации, регулирования, преобразования и стабилизации. Хотя любой коммутирующий электрический аппарат является устройством релейного действия, под реле в электротехнике и энергетике обычно понимают *несиловой и невысоковольтный автоматический аппарат*. При этом в электротехнике или энергетике могут встречаться коммутаторы высоковольтных и силовых цепей, также называемые реле, или наоборот — низковольтные несиловые коммутаторы, называемые не реле, а автоматическими выключателями и переключателями.

При общетехническом классифицировании реле стараются отобразить все многообразие их конструктивно-технологических характеристик, области применения и т.п. особенности.

Основными признаками классифицирования реле являются способ и вид коммутации, физический принцип управления и функционирования реле, а также время срабатывания.

По способу и виду коммутации электрической цепи реле могут быть *контактными* и *бесконтактными*,

производящими *закрывание, размыкание, переключение* и др. т.п. действия.

Контактное реле — это динамическое (электромеханическое) УСД, выходное воздействие которого формируется исполнительным контактным элементом — электрическим контактом<sup>2</sup>. Закрывание или размыкание контакта происходит в результате механического воздействия подвижного узла РЭ на подвижный элемент контакта, который может размещаться как на подвижном узле РЭ, так и вне этого узла.

По виду контактов реле могут быть с *закрывающими, размыкающими, переключающими* и др. контактами, а также с их сочетанием.

Бесконтактное реле обычно состоит из статического РЭ, выходное воздействие которого формируется путем изменения параметров его электрофизического состояния, например, сопротивления, емкости, индуктивности, напряжения, магнитной проницаемости и т.п.

По виду управляющих физических воздействий реле подразделяются на электрические, магнитные, оптические, тепловые, акустические и механические реле (см. рис. 1).

В механических реле главным образом используется изменение размеров или положений твердого тела под влиянием тех или иных факторов. К механическим реле часто относят *гидравлические* и *пневматические* устройства.

В оптических и акустических реле используются процессы, происходящие соответственно под действием света или звука.

Магнитные реле реагируют на напряженность магнитного поля, его индукцию или поток.

На мощность теплового потока, величину температуры или на скорость ее изменения реагируют тепловые реле.

Действие электрических реле основано на явлениях, вызванных протеканием электрического тока, наличием электрического поля или связанных с электрической проводимостью твердого тела<sup>3</sup>.

<sup>1</sup> В России термин «электрический аппарат» был введен с 1879 г. электротехником П. Н. Яблочковым и распространялся на ручные и автоматические электротехнические устройства того времени: рубильники, переключатели, соединители, регуляторы и реле.

<sup>2</sup> В физическом смысле электрический контакт — это поверхность механического соприкосновения, обладающая электропроводностью. Различают электрический механический контакт проводников тока, проводника тока и полупроводника и двух полупроводников.

В конструктивном смысле электрический контакт — это совокупность токопроводящих контактных элементов с их изоляцией.

Минимальный контакт состоит из двух контактных элементов, один из которых подвижен и является либо замыкающим, либо размыкающим элементом. Совокупность из трех контактных элементов составляет переключающий контакт, в котором подвижный элемент в исходном состоянии замкнут с одним элементом и разомкнут с другим неподвижным элементом с помощью контакт-деталей. При срабатывании реле контакт-деталь переключающего элемента размыкается с контакт-деталью одного и замыкается с контакт-деталью другого элемента. При возврате реле переключающий элемент возвращается в исходное состояние. В работе контакта различают 4 состояния: разомкнутое, замыкание, замкнутое и размыкание.

<sup>3</sup> Чтобы электрические реле могли реагировать на неэлектрические величины, они дополняются соответствующими преобразователями входных сигналов в электрические величины, образуя таким образом более сложные реле.

По времени срабатывания реле подразделяются на *невременные реле*, имеющие, естественную (конструктивную) задержку срабатывания, не превышающую доли секунд (для наиболее инерционных динамических реле), и на реле времени, для которых задержка времени срабатывания от секунд до нескольких часов устанавливается специально.

Реле времени могут быть с *фиксированными* или *регулируемыми* временами задержки, которые создаются либо соответствующим конструктивным исполнением элементов динамических реле, либо регулированием времени прохождения управляющего сигнала от входного интерфейса реле до его воспринимающе-преобразующей части.

В пневматических реле задержка времени срабатывания создается уменьшением скорости истечения газа из резервуара. В электрических реле для управления временем срабатывания используются электрические схемы, содержащие конденсаторы, индуктивности, резисторы или счетчики импульсов, управляющие временем нарастания входного сигнала от входного интерфейса до воспринимающе-преобразующей части реле.

Дополнительными признаками классифицирования обычно отражают характер коммутируемой цепи и потребительские особенности реле.

По характеру коммутируемой цепи реле обычно подразделяются на *слаботочные* и *сильноточные*, *низковольтные* и *высоковольтные*, *высокочастотные* и *низкочастотные*.

Разделение реле по характеру коммутируемой цепи до настоящего времени не стандартизовано и носит условный характер. Например, первоначально к слаботочным электромагнитным реле относились устройства, коммутирующие номинальный ток до 3...5 А, позднее — до 10 А, а в настоящее время пределом слаботочного диапазона принято считать 25...50 А. При этом следует понимать, что слаботочные контактные реле на номинальный ток даже в 3...5 А не могут одновременно надежно коммутировать сверхмалые (микроамперные) или большие токи в десятки миллиампер.

В отечественной электротехнике и энергетике силовыми реле-контакторами считаются устройства, коммутирующие токи свыше 50...60 А., а низковольтными — реле, переключающие напряжения до 500 В.

В зарубежной классификации реле промышленных (народнохозяйственных) нужд некоторые производ-



Рис. 1. Общая классификация реле, в том числе, классификация электрических реле и реле на основе электромагнетизма

дители относят к силовому диапазону, превышающему 5 А. Аналогично этому и твердотельные реле, способные коммутировать ток 3...5 А, также называют силовыми.

По климатическому оформлению реле изготавливаются для *умеренно-холодного климата (УХЛ)*, *во всеклиматическом (В)* или *общеклиматическом (О)* исполнении.

По степени защищенности внутреннего (рабочего) объема реле могут быть зачехленными или открытыми.

Зачехленные реле могут быть *негерметичными*, *пылевлагозащищенными* или *герметичными*.

Степень герметичности современных реле является важнейшим показателем, определяющим возможность их надежной длительной работы, например, во взрывоопасной среде, при пониженном атмосферном давлении и т.п.

По способу монтажа в аппаратуру или по конструктивному исполнению реле изготавливаются для навесного монтажа, для установки в печатную плату или на ее поверхность, с дополнительным креплением корпуса и т.п.

По условиям эксплуатации реле могут быть условно разделены на устройства, способные функционировать в *нормальных*, *специфических* и *жестких* условиях внешнего воздействия.

По назначению (по совокупности технических и эксплуатационных па-

раметров) реле могут: для *народно-хозяйственного, специализированного* и *специального* применения.

К аппаратуре и оборудованию народно-хозяйственного назначения относятся бытовая, промышленная (индустриальная) и другая техника, работающая в условиях нормального атмосферного давления, ограниченного диапазона окружающей температуры, незначительных механических и других видов внешних воздействующих факторов. Под специализированными реле здесь понимаются реле с индивидуальными техническими и эксплуатационными характеристиками, предназначенными только для конкретной аппаратуры или оборудования. К специальным реле относятся изделия с повышенным уровнем качества и надежности, способные работать в жестких условиях внешних воздействий, что характерно для морской, авиационной, ракетно-космической техники, а также аппаратуры вооружения и военной техники.

Реле также различаются *сроком службы, сохраняемости, уровнем качества и надежности*.

## ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ РЕЛЕ

Среди многообразия реле электрически управляемые типы являются наиболее представительным видом реле, обладающим большим количеством принципов действия и конструк-

ций, а также широкими диапазонами основных характеристик управления и коммутации. Электрические реле согласно приведенной выше классификации могут быть *динамическими (электромеханическими) контактными*, и *статическими бесконтактными* реле.

К статическим реле также относятся реле времени, содержащие статическую временную схему задержки управляющего сигнала и статическую воспринимающе-преобразующую или исполнительную части с подвижным контактом, например, электромеханическое реле. Такие реле времени принято называть статическими реле с контактным выходом.

По виду управляющих электрических воздействий работа электрических реле основывается на явлениях, вызванных воздействием *электрического тока* или *электрического поля*, а также на явлениях, связанных с *электрической проводимостью* твердого тела.

В электротехнике и энергетике реле по виду электрических воздействий подразделяют на реле *тока, напряжения, мощности, сопротивления, частоты и фазы*.

По способу электрофизического преобразования входного электрического сигнала в новое воздействие реле подразделяются на:

- динамические *электрострикционные, электротермические, электростатические* реле;

- статические *полупроводниковые, газоразрядные, электровакуумные, электрооптические* реле;

- динамические и статические реле, работающие на *основе электромагнетизма*.

В динамической группе электрических реле входное воздействие сразу же преобразуется в механическое перемещение или деформацию твердого тела РЭ, воздействующего механически на контакт. Следовательно, эти реле являются электромеханическими преобразователями.

К статической группе относятся реле, которые могут быть созданы на основе электровакуумных (*электронных*), газоразрядных (*ионных*) или полупроводниковых (*твердотельных*) приборов, работающих самостоятельно или в сочетании друг с другом в релейном режиме.

В реле на основе электромагнетизма электрический ток преобразуется в магнитное поле, которое или возбуждает на выходе вновь электрический сигнал, или преобразуется далее в механическое перемещение ферромаг-

нитного элемента, что позволяет реализовать соответственно статический или динамический режим работы.

Статические электромагнитные РЭ получили наименование *ферромагнитных реле*, так как преобразование электрического тока в них основано на использовании нелинейной характеристики ферромагнитного сердечника, на котором расположены входные и выходные обмотки. Ферромагнитные статические электромагнитные реле по виду характеристики управления подразделяются на:

- *магнитные усилители*;

- *гистерезисные реле*;

- *ключевые трансформаторы* и т.п.

Следует понимать принципиальные различия между статическими (бесконтактными) и динамическими (контактными) реле. При размыкании выходной цепи контактом выходная величина, например ток, стремится к нулю, в то время как в бесконтактной цепи при отсутствии тока на входе его величина на выходе конечна и равна току холостого хода реле. Кроме того, многие типы бесконтактных реле имеют гальваническую связь между входом и выходом и не могут коммутировать несколько гальванически не связанных друг с другом электрических цепей.

Основным преимуществом бесконтактных реле по сравнению с их контактными аналогами является высокая износостойкость, быстродействие и чувствительность первых. В то же время почти все виды статических реле весьма чувствительны к электромагнитным помехам, радиации и окружающей температуре, а для коммутации тока более 3...5 А им требуется существенное охлаждение.

В современной технике в качестве бесконтактных реле все более широкое применение находят статические твердотельные электрооптические (*оптоэлектронные*) реле, не обладающие гальванической связью между входом и нагрузкой. Гальваническая развязка у этих реле подобна развязке в реле на основе электромагнетизма и обусловлена несколькими преобразованиями входного сигнала.

По виду выполняемых функций электрические реле могут быть:

- *логическими и измерительными*.

Для логических реле входная воздействующая величина не нормируется в отношении точности и может находиться в некоем рабочем диапазоне. Измерительные же реле должны срабатывать только при определенном значении входного сигнала, который, как правило, подается непрерывно.

По виду коммутируемого тока электрические реле могут быть:

- *низкочастотными*, эффективно коммутирующие только низкочастотные сигналы и цепи постоянного тока, или *высокочастотными*, эффективно коммутирующие высокочастотные цепи.

По роду управляющего тока электрические реле подразделяются на:

- *переменного* или *постоянного* тока.

Если срабатывание реле постоянного тока не зависит от направления его протекания, то такие реле подобны нейтральным УСД и называются *неполяризованными* (скалярными) электрическими реле. В отличие от них работа *поляризованных* (векторных) реле постоянного тока определяется не только величиной, но и полярностью постоянного тока.

По чувствительности управляющего тока реле могут быть *сверхчувствительными* (например, измерительные реле, регистрирующие сверхмалые токи), *высокочувствительными* и *нормально чувствительными*.

По величине управляющего сигнала реле подразделяются на виды исполнения, отличающиеся, как правило, *номинальным рабочим током или напряжением и номинальным входным сопротивлением*.

По функциональному использованию электрические реле могут быть *защиты, контроля, управления, сигнализации, промежуточные, указательные* и т.п.

## ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Более полное представление о технической классификации электрических реле и о терминах, поясняющих их функционирование можно получить из ГОСТ 16022-83 «Реле электрические. Термины и определения» и ГОСТ 16121-86 «Реле слаботочные электромагнитные. ОТУ». Ниже приведены некоторые определения, заимствованные из этих источников:

**Электрическое реле** — аппарат, предназначенный производить скачкообразные изменения в выходных цепях при заданных значениях электрических воздействующих величин.

**Измерительное электрическое реле** — электрическое реле, предназначенное для срабатывания с определенной точностью при заданном значении или значениях характеристической величины.

**Логическое электрическое реле** — электрическое реле, предназначенное для срабатывания или возврата при изменении входной воздействующей

величины, не нормируемой в отношении точности.

**Статическое электрическое реле** — электрическое реле, принцип работы которого не связан с использованием относительного перемещения его механических элементов.

**Ферромагнитное реле** — статическое электрическое реле, работа которого основана на использовании нелинейной характеристики ферромагнитных материалов.

**Полупроводниковое реле** — статическое электрическое реле, работа которого основана на использовании полупроводниковых приборов.

**Статическое электрическое реле с выходным контактом** — статическое электрическое реле, имеющее контакт хотя бы в одной выходной цепи.

**Электромеханическое реле** — электрическое реле, работа которого основана на использовании относительного перемещения его механических элементов под воздействием электрического тока, протекающего по входным цепям.

**Электромагнитное реле** — электромеханическое реле, работа которого основана на воздействии магнитного поля неподвижной обмотки на подвижный ферромагнитный элемент.

**Герконовое реле** — электромагнитное реле с герметизированным магнитоуправляемым контактом.

**Электротепловое реле** — электрическое реле, работа которого основана на тепловом действии электрического тока.

**Поляризованное реле** — электрическое реле постоянного тока, изменение состояния которого зависит от полярности его входной воздействующей величины.

**Неполяризованное реле** — электрическое реле постоянного тока, изменение состояния которого не зависит от полярности его входной воздействующей величины.

**Одностабильное реле** — электрическое реле, которое, изменив свое состояние под воздействием входной воздействующей или характеристической величины, возвращается в начальное состояние, когда устраняют это воздействие.

**Двустабильное реле** — электрическое реле, которое, изменив свое состояние под воздействием входной воздействующей или характеристической величины, после устранения воздействия не изменяет своего состояния до приложения другого необходимого воздействия.

**Низкочастотное реле** — реле, предназначенное для коммутации

постоянного и переменного тока частотой до 1 МГц.

**Высокочастотное реле** — реле, предназначенное для коммутации постоянного и переменного тока частотой свыше 1 МГц

**Рабочий диапазон** — диапазон значений входной воздействующей величины, в пределах которого в заданных условиях реле функционирует согласно заданным требованиям.

**Рабочее напряжение (ток)** — значение напряжения (тока) на обмотке (в цепи питания), при котором гарантируется работоспособность реле в эксплуатационных условиях.

**Напряжение (ток) срабатывания реле** — минимальное значение напряжения (тока) на обмотке, при котором происходит срабатывание реле.

**Напряжение (ток) возврата реле** — максимальное значение напряжения (тока) на обмотке, при котором происходит возврат реле.

**Отказ срабатывания (возврата)** — несостоявшееся срабатывание (возврат) реле.

**Удержание реле** — фиксированное состояние реле, в которое оно приведено после срабатывания.

**Напряжение (ток) удержания** — минимальное значение напряжения (тока) на обмотке, при котором реле остается в состоянии срабатывания.

**Время срабатывания реле** — интервал времени с момента подачи рабочего напряжения на обмотку (с обмотки) до первого замыкания любого замыкающегося или размыкания любого размыкающегося контакта, или до первого замыкания разомкнутой цепи любого переключающегося контакта при срабатывании реле.

**Время возврата реле** — интервал времени с момента снятия напряжения с обмотки до первого замыкания любого замыкающегося или размыкания замыкающегося контакта, или до первого замыкания разомкнутой цепи любого переключающегося контакта при возврате реле.

**Выходная цепь** — совокупность электрических проводящих частей реле, присоединенных к выводам, между которыми выполняется предусмотренное скачкообразное изменение.

**Цепь контакта** — выходная цепь реле, реализуемая с помощью контакта реле.

**Контакт** — совокупность контактных элементов с их изоляцией, которые в результате их относительного движения обеспечивают замыкание или размыкание цепи контакта реле. (Иногда вместо термина «контакт»

используют термин «контактная группа»).

**Контактный элемент** — проводящая часть контакта реле, электрически изолированная от другой части или других частей, если цепь контакта разомкнута.

**Контакт-деталь** — часть контактного элемента, с помощью которой происходит замыкание или размыкание контакта.

**Переключающий контакт** — контакт электрической цепи, который размыкает одну электрическую цепь и замыкает другую при заданном действии устройства.

**Перекрывающий контакт** — переключающий контакт электрической цепи, не размыкающий одну электрическую цепь до замыкания следующей цепи.

**Замыкающий контакт** — контакт электрической цепи, разомкнутый в начальном положении реле и замыкающийся при переходе реле в конечное положение.

**Размыкающий контакт** — контакт электрической цепи, замкнутый в начальном положении реле и размыкающийся при переходе реле в конечное положение.

**Дребезг контакта** — процесс многократного самопроизвольного замыкания и замыкания контактов электрической цепи по причинам, не предусмотренным заданным действием реле.

**Время дребезга контактов** — промежуток времени с момента первого замыкания до начала последнего замыкания контакта при его замыкании и с момента первого размыкания до последнего размыкания контакта при его размыкании.

**Разновременность срабатывания (возврата) контактов** — разность между максимальным значением времени срабатывания (возврата) более медленного контакта реле и минимальным значением времени срабатывания (возврата) более быстрого контакта.

**Предельный длительный ток выходной цепи** — наибольшее значение тока, которое предварительно замкнутая выходная цепь реле способна выдерживать длительно в заданных условиях.

**Предельный кратковременный ток выходной цепи** — наибольшее значение тока, которое предварительно замкнутая выходная цепь реле способна выдерживать в заданных условиях в течение заданного короткого промежутка времени.

**Предельная включающая (замыкающая) способность** — наибольшее

Таблица 1. Наименование некоторых видов контактов с примерами обозначений в схемах квалифицирующего символа контакт – детали

Наименование контакта и его функции	Обозначение квалифицирующего символа контакт-детали неподвижного контактного элемента в схемах
Контакт силовоточный (силовое реле или контактор)	
Контакт с возвратом (одностабильное реле)	
Контакт без возврата (двустабильное реле)	
Контакт с системой гашения дуги	

Таблица 2. Наименование некоторых видов контактов с примерами их обозначений в схемах

Наименование контакта и его функции в состоянии, предшествующем срабатыванию контакта	Обозначение квалифицирующего символа контакта в схемах
Неквалифицированный замыкающий контакт и замыкающий контакт без возврата	
Неквалифицированный размыкающий контакт и размыкающие контакты без возврата	
Замыкающий и размыкающие контакты с возвратом	
Неквалифицированный переключающий контакт и переключающий контакт с нейтральным центральным положением с возвратом из левого положения и без возврата из правого положения	
Замыкающий и размыкающий контакт контактора (силовоточного контакта)	
Замыкающий и размыкающий контакт контактора с дугогашением	
Три неквалифицированных замыкающих контакта электромагнитного реле и замыкающий контакт без возврата ручного выключателя	

значение тока, которое выходная цепь реле способна замыкать в заданных условиях (напряжение, число замыканий, коэффициент мощности, постоянная времени).

**Пределная отключающая (размыкающая) способность** — наиболь-

шее значение тока, которое выходная цепь реле способна размыкать в заданных условиях (напряжение, число замыканий, коэффициент мощности, постоянная времени).

**Пределная коммутационная спо-**

собность — наибольшее значение тока, которое выходная цепь реле способна последовательно замыкать и размыкать в заданных условиях (напряжение, число замыканий, коэффициент мощности, постоянная времени).

**Сопротивление контакта электрической цепи** — электрическое сопротивление, состоящее из сопротивлений контакт-деталей и переходного сопротивления контакта электрической цепи.

**Падение напряжения на контактах** — напряжение на выводах замкнутых контактов при наличии в их цепи тока.

**Коммутационный цикл реле** — последовательный переход реле через все состояния, включая возврат в исходное состояние.

**Износостойкость реле** — свойство реле противостоять износу, оцениваемое числом коммутационных циклов.

**Сбой контактирования** — единичное самоустраняющееся при последующей коммутации несостоявшееся соединение коммутируемой цепи при замыкании или несостоявшийся разрыв ее при размыкании.

**Минимальная наработка реле** — минимальное число коммутационных циклов и (или) минимальное время пребывания реле под напряжением (током) в заданных режимах и условиях.

**Условные обозначения реле в схемах**

Контакты реле подразделяются аналогично контактам иных коммутационных устройств и могут быть, например, замыкающими, размыкающими, переключающими, силовоточными, с возвратом, с системой гашения дуги и т.п. Контакты реле обозначаются в схемах согласно ГОСТ 2.755-87 «Устройства коммутационные и контактные соединения».

В таблице 1 приведены примеры контактов и их функций с обозначением в схемах квалифицирующего символа контакт-детали. Обозначения самих контактов в схемах даны в таблице 2, где контакты показаны в состоянии, предшествующем их срабатыванию.

Воспринимающая часть, например, электромеханических реле обозначается в схемах согласно ГОСТ 2.756-76 «Обозначения условные графические в схемах. Воспринимающая часть электромеханических устройств». Некоторые примеры обозначения катушки с обмотками (воспринимающей части электромеханического реле) приведены в таблице 3.

**Реле на основе электромагнетиз-**

**ма** обладают наибольшим разнообра-










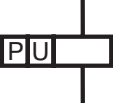
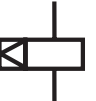
зием принципов действия и устройств. Они подразделяются на *магнитоэлектрические, электродинамические, ферродинамические, индукционные, резонансные и электромагнитные* реле.

В магнитоэлектрических реле подвижным элементом, воздействующим на контакт, служит сама обмотка с током, магнитное поле которого взаимодействует с внешним стационарным магнитным полем. В электродинамических реле стационарное магнитное поле создается неподвижной обмоткой с током, а в ферродинамических реле взаимодействие обмоток усиливается наличием ферромагнитных сердечников. Принцип действия индукционных реле основан на взаимодействии индуктированного в проводнике переменного тока с переменными магнитными полями неподвижных обмоток. Электромеханические резонансные реле используют резонанс между переменным магнитным или электрическим полем с частотой изменения  $f$  и механической колебательной системой, имеющей собственную частоту колебаний  $f_0 = f$ .

Работа электромагнитных реле основана на преобразовании управляющего тока обмотки электромагнита в магнитный поток, воздействующий на подвижный ферромагнитный элемент, связанный с контактом кинематически или являющийся подвижной частью этого контакта.

**Электромагнитные реле**, хотя и не обладают по сравнению с бесконтактными аналогами их быстродействием, высокой чувствительностью и износостойкостью, но имеют значительно превосходящие диапазоны управления, коммутации и эксплуатации. В этой связи электромагнитные реле широко применяются в различной аппаратуре радиоэлектроники, электротехники и приборостроения. По совокупности технических и эксплуатационных параметров, определяющих назначение электромагнитных реле, они могут быть разделены на *индустриальные, автомобильные и специальные реле*. Последние имеют, как правило, герметичный миниатюрный или сверхминиатюрный металлокерамический корпус и выпускаются преимущественно с повышенным уровнем качества и надежности, что необходимо как для ответственной аппаратуры народно-хозяйственного назначения, так и для морской, авиационной, ракетно-космической и военной техники. Подробнее о принципах действия, устройстве и классификации электро-

Таблица 3. Наименование некоторых видов катушек с обмотками с примерами обозначений катушек в схемах

Наименование катушки (воспринимающей части электрического реле на основе электромагнетизма) с учетом ее особенностей	Обозначение катушки в схемах
Катушка неполяризованного реле с одной обмоткой (общее обозначение)	 или 
Катушка неполяризованного реле с одной или двумя обмотками, имеющими, например, сопротивление по 200 Ом	 или 
Катушка неполяризованного реле с двумя встречными обмотками или с двумя встречными одинаковыми соединенными обмотками (бифилярная обмотка)	 или 
Катушка поляризованного реле с одной обмоткой (общее обозначение)	 или 
Катушка неполяризованного реле с одной обмоткой напряжения или катушка поляризованного реле с одной обмоткой напряжения.	 или 
Катушка неполяризованного реле, имеющего механическую блокировку	

*Примечание.* Выводы обмоток катушек в схемах могут иметь буквенное обозначение «А», «Б», «В», «Г» и т.д. и снабжаться для поляризованного реле соответствующим обозначением полярности («+» или «-») подводимого к выводу тока управления.

магнитных реле см. соответствующую статью А. Малащенко в № 7 журнала «Электронные компоненты» за 2003 г.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В дополнение к рассмотренной выше классификации реле следует отметить, что в радиоэлектронике релейные устройства часто относят к группе *коммутационных устройств (КУ)*. Эта разновидность ЭРИ включает в себя кнопки, ручные выключатели, переключатели, тумблеры, клавиатуры, разъемы и т.п. контактные и бесконтактные, ручные или *автоматические КУ*. Очевидно, что реле представляют группу автоматических контактных и бесконтактных КУ.

При многообразии релейных устройств наибольшее применение в технике по-прежнему имеют электромаг-

нитные реле, а также некоторые виды бесконтактных КУ, таких как ферромагнитные и твердотельные (полупроводниковые, электрооптические) реле. Среди твердотельных КУ наиболее перспективно развитие электрооптических (оптоэлектронных) реле, обеспечивающих простую гальваническую развязку между управляемым сигналом и коммутируемыми цепями (но не между ними!).

Следует также отметить и перспективность развития нового вида КУ — *микроэлектромеханических реле (МЭМС-реле)*. Эти реле уже близки к практическому применению в технике сверх малых токов. Кроме того, важным технологическим преимуществом МЭМС-реле является возможность их создания одновременно с другими элементами микросхемы.