

Общие сведения

Электромеханические реле применяются в качестве интерфейсных модулей, устанавливаемых между периферийными устройствами технологических процессов и устройствами управления, регулирования и сигнализации, для согласования по уровню сигнала и мощности.

Электромеханические реле подразделяются на две основные группы: моностабильные и бистабильные реле.

Контакты моностабильных реле постоянного и переменного тока после снятия управляющего напряжения автоматически возвращаются в состояние покоя.

Контакты бистабильных реле продолжают оставаться в том положении, в котором они находились в момент отключения питания.

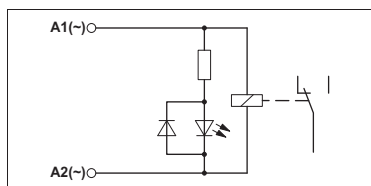
Активная часть

Входные цепи и типы напряжений

В зависимости от типа реле и управляющего напряжения применяются различные входные цепи.

При использовании реле, предназначенных только для переменного тока (со входом переменного тока), входная цепь чаще всего ограничивается визуальным индикатором состояния.

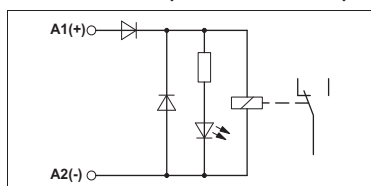
Частота управляющего напряжения, если не указано иное, составляет 50/60 Гц.



Принципиальная схема реле со входом переменного тока

Для входов только постоянного тока важным коммутационным элементом является безынерционный диод. Диод ограничивает возникающее на катушке индуктивное напряжение отключения на уровне приблизительно 0,7 В, безопасном для подключенных управляющих электронных устройств.

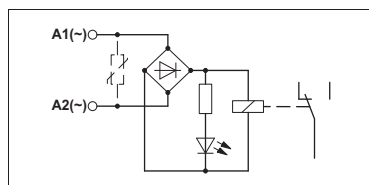
Безынерционный диод функционирует только при соблюдении полярности при подключении напряжения, поэтому дополнительно устанавливают диод для защиты от неправильной полярности.



Принципиальная схема реле со входом постоянного тока

Для работы с постоянными или переменными напряжениями во входной цепи используются мостовые выпрямители. Диоды выполняют функции выпрямления, а также защиты от работы без нагрузки и защиты от неправильной полярности. Напряжение отключения катушки ограничено прибл. 1,4 В.

Для защиты входной цепи от импульсных перенапряжений перед мостовым выпрямителем дополнительно подключают варистор.

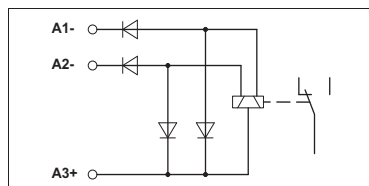


Принципиальная схема реле со входом переменного/постоянного тока

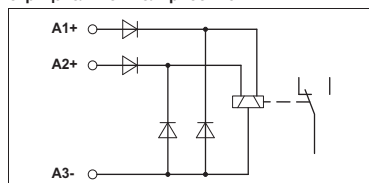
Бистабильные реле с остаточным намагничиванием, в состав которых входят двойные обмотки, предназначаются только для цепей постоянного тока.

Со стороны подачи управляющего воздействия реле данного типа имеют три контакта для подключения катушки. Наряду с общим контактом предусмотрены также один контакт для срабатывания и один контакт для возврата, управляемые импульсами малой длительности. При нагревании реле теряет работоспособность. Одновременная подача обоих управляющих сигналов не допускается.

Различают реле по типу полярности ("+" или "-") в зависимости от подключения безынерционного диода и диода защиты от неправильной полярности.



Принципиальная схема бистабильного реле с отрицательной полярностью



Принципиальная схема бистабильного реле с положительной полярностью

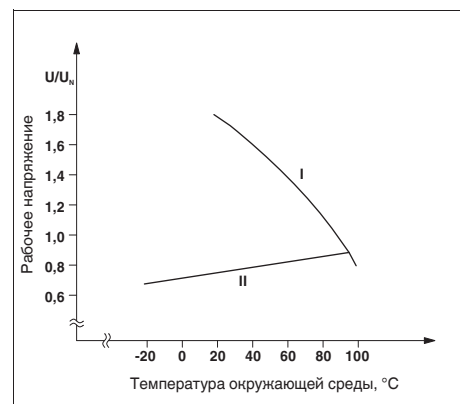
Диапазон рабочих напряжений

Окружающая температура на месте эксплуатации оказывает значительное влияние на некоторые рабочие параметры реле.

При повышении температуры окружающей среды происходит нагревание обмоток катушки и вследствие этого возрастание напряжения срабатывания и

возврата в исходное состояние. Одновременно с этим уменьшается максимально допустимое напряжение на катушке, и, таким образом, ограничивается размер полезной рабочей области.

На нижеследующей диаграмме показана характеристическая кривая зависимости рабочего напряжения от температуры окружающей среды.



Принципиальная кривая рабочего напряжения реле

I: Максимально допустимое напряжение при 100%-ной продолжительности включения (ED) и соблюдении допустимой температуры катушки

II: Минимальное напряжение срабатывания

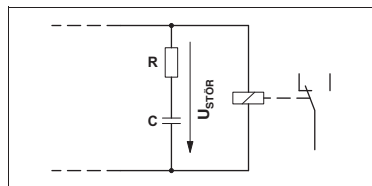
Паразитные напряжения и токи на стороне обмотки

Работоспособность реле может быть нарушена вследствие наведения паразитных напряжений индуктивного или емкостного характера в длинных входных проводах релейной катушки.

Если наводимое напряжение превышает указанное в стандарте МЭК 61810-1 требуемое напряжение возврата, то это может привести к тому, что реле не сможет вернуться в исходное состояние. Напряжение возврата для реле постоянного тока $\geq 0,05 \times U_n$, а для реле, предназначенных только для цепей переменного тока - $\geq 0,15 \times U_n$.

Подобные нарушения работы могут также происходить в том случае, если управление реле с малой входной мощностью производится с помощью электронного модуля с выходом переменного тока (RC-схемы). Типичные токи утечки таких RC-звеньев, составляющие всего несколько миллиампер, обладают достаточной мощностью, чтобы не допустить возврата реле в исходное состояние или даже привести к его срабатыванию.

Уровень помехи, образованный паразитными напряжениями, можно снизить путем параллельного подключения RC-звеньев к катушке реле. Такие меры позволяют обеспечить дополнительную емкостную нагрузку и подавить напряжения помехи.



Внешнее противопожарное RC-звено для защиты от паразитных напряжений

Рекомендуются следующие параметры RC-звена:

- $R = 100 \dots 220 \text{ Ом}$
- $C = 220 \dots 470 \text{ нФ}$

Для еще большего увеличения помехоустойчивости используются модули серии SO46 со встроенным фильтром RCZ. См. описание модуля PLC...SO46.

Сторона контактов, материалы контактов

Реле находят широкий спектр применений в различных областях промышленности. В каждом конкретном случае требуется тщательный подбор материала контактов.

Пригодность материала контактов определяется такими параметрами, как напряжение, ток и мощность. Другие критерии, влияющие на выбор:

- контактное сопротивление,
- стойкость к выгоранию контактов,
- текучесть материала,
- вероятность приварки контактов,
- химическое воздействие.

Материалы, из которых изготавливаются контакты (в основном, это сплавы благородных металлов), подразделяются в зависимости от области применения.

В таблице справа приведены некоторые из основных материалов.

Цепь защиты контактов

Каждый потребитель электроэнергии представляет собой смешанную нагрузку с активной, емкостной и индуктивной составляющей.

При коммутации этих нагрузок коммутирующий контакт подвергается различным перегрузкам. Для снижения перегрузки могут применяться соответствующие цепи защиты контактов.

Поскольку на практике преобладают потребители с большой индуктивной составляющей, такие как контакторы, электромагнитные клапаны, электродвигатели и т.п., то такие случаи применения должны рассматриваться подробнее.

Материал контакта	тип. характеристики	тип. области применения	Ориентировочные данные для областей применения*
Золото (Au)	значительная стойкость к воздействию промышленных условий; при легировании никелем (AuNi) или серебром (AuAg) незначительное постоянное переходное сопротивление в области малых мощностей коммутации.	гальванически развязанные измерительные и коммутационные цепи, входы сигналов управления	мкА ... 0,2 А мкВ ... 30 В
Серебро (Ag)	высокая электропроводность; стойкость к воздействию серы, с этой целью для защиты при хранении очень часто наносится золотое покрытие (прибл. 0,2 мкм); легирование никелем (AgNi) или медью (AgCu) повышает механическую прочность и стойкость к обгоранию и снижается вероятность приварки контактов.	универсальное применение; для средних нагрузок; при легировании никелем (AgNi 0,15) возможно использование в цепях постоянного тока для нагрузок от средней до высокой	$\geq 12 \text{ В}$ $\geq 10 \text{ мА}$
Серебро с покрытием золотом (Ag+Au)	Свойства аналогичны позолоченным контактам, при коммутации нагрузки 30 В / 0,2 А слой твердого золотого покрытия (5-10 мкм) разрушается и приобретаются свойства и особенности серебряных контактов, при этом следует учитывать соответствующее сокращение срока службы.	предназначается для входов сигналов управления и других сигналов небольшой мощности.	$\geq 100 \text{ мВ}$ $\geq 1 \text{ мА}$
Вольфрам (W)	самая высокая точка плавления; очень высокая стойкость к обгоранию; высокое переходное сопротивление; очень низкая вероятность приварки контактов; подверженность коррозии; часто применяется в качестве вспомогательного контакта.	Нагрузки с очень большим пусковым током, например, лампы накаливания, люминесцентные лампы.	$\geq 60 \text{ В}$ $\geq 1 \text{ А}$
Серебро-никель (AgNi)	высокая стойкость к обгоранию; низкая вероятность приварки контактов; высокое контактное сопротивление, как у контактов из чистого серебра.	универсальное применение; для нагрузок от средних до высоких; для цепей постоянного тока и индуктивных нагрузок.	$\geq 12 \text{ В}$ $\geq 10 \text{ мА}$
Серебро-никель (AgNi+Au)	Свойства аналогичны позолоченным контактам, при коммутации нагрузки > 30 В / 0,2 А слой твердого золотого покрытия (5-10 мкм) разрушается и приобретаются свойства и особенности контактов из AgNi, при этом следует учитывать соответствующее сокращение срока службы.	предназначается для входов сигналов управления и других сигналов небольшой мощности.	$\geq 100 \text{ мВ}$ $\geq 1 \text{ мА}$
Серебро-окись олова AgSnO	низкая вероятность приварки контактов; очень высокая стойкость к обгоранию при коммутации больших нагрузок; низкая текучесть материала	Возможности применения очень зависят от типа реле, величины нагрузки при включении и отключении (например, для ламп накаливания и люминесцентных), вида цепи: постоянного или переменного тока. Благодаря применению различных легирующих добавок и использованию различных процессов изготовления ограниченно также подходят и для небольших нагрузок.	$\geq 12 \text{ В}$ $\geq 100 \text{ мА}$ ($\geq 10 \text{ мА}$)
Серебро-окись олова с твердым золотым покрытием AgSnO+Au	Свойства аналогичны позолоченным контактам, при коммутации нагрузки > 30 В / 0,2 А слой твердого золотого покрытия (5-10 мкм) разрушается и приобретаются свойства и особенности контактов из AgSnO, при этом следует учитывать соответствующее сокращение срока службы.	предназначается для входов сигналов управления и других сигналов небольшой мощности.	$\geq 100 \text{ мВ}$ $\geq 1 \text{ мА}$

* Значения зависят от типа реле и условий эксплуатации.

При отключении запасенная в катушках электроэнергия приводит к образованию пиковых напряжений в несколько тысяч вольт.

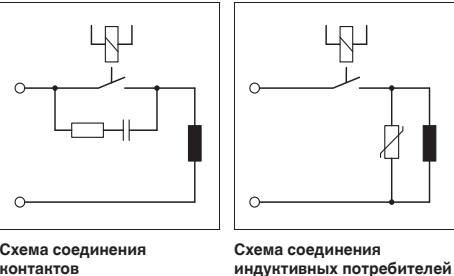
В переключающих контактах такое высокое напряжение приводит к образованию электрической дуги и повреждению контактов из-за испарения и расплавления материала. Главное следствие этого - значительное сокращение срока службы электрических компонентов. В самом худшем случае при приложенном постоянном напряжении и образовании электрической дуги реле может выйти из строя уже при первом срабатывании.

Для подавления электрической дуги организуют защитные схемы. При правильном подборе параметров этой

цепи количество коммутационных циклов может быть достигнуто практически такое же количество, как и при активной нагрузке.

Имеются различные возможности реализации эффективного соединения:

1. соединение контактов по специальной схеме,
2. соединение потребителей по специальной схеме,
3. комбинирование этих двух способов.



Защитные мероприятия должны организовываться, как правило, в месте расположения источника помехи.

Схема соединения потребителей предпочтительнее схемы соединения контактов.

Схема соединения потребителей имеет следующие преимущества (рисунок справа):

1. При отключении в схеме возникает только импульс противо-ЭДС. В цепи контакта, таким образом, образуется напряжение, равное сумме рабочего напряжения и противо-ЭДС.
2. При разомкнутом контакте нагрузка гальванически развязана с цепью рабочего напряжения.
3. При превышении рабочего тока, например, RC-звена, ложного срабатывания и залипания контактов не происходит.
4. Пиковые токи, возникающие при отключении нагрузки, не приводят к наводкам в параллельно проложенных кабелях цепи управления.

Электромагнитные клапаны в настоящее время в большинстве случаев подключаются с помощью специальных разъемов, оснащаемых светодиодами и модулями для ограничения наведенного напряжения. Разъем с RC-звеном, варистором или диодом Зенера не всегда способен подавить коммутационную дугу и служит только для защиты от ЭМВ. Только разъемы со встроенными безынерционными диодами 1N4007 обеспечивают быстрое и надежное гашение коммутационной дуги и позволяют увеличить срок службы реле в 5 - 10. Разъемы со светодиодом, встроенным диодом 1N4007 и кабелем (серия SAC) поставляются на заказ.

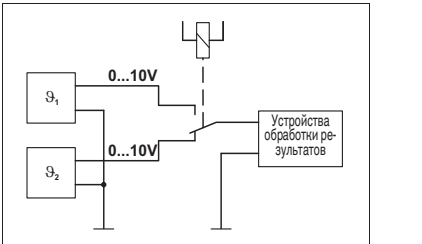
Схема соединения нагрузок	дополнительная задержка отключения	определенное ограничение наведенного напряжения	биполярное ослабление	Преимущества и недостатки
Диод 	большая	да (U_D)	нет	Преимущества: • увеличение срока службы контактов • простота реализации • невысокая стоимость • надежность • не критичность при расчете параметров • малые наведенные напряжения Недостатки: • ослабление только с помощью нагрузочного сопротивления • значительная задержка отключения
Последовательное соединение диод / диод Зенера 	от средней до малой	да (U_{ZD})	нет	Преимущества: • не критичность при расчете параметров Недостатки: • ослабление только свыше U_{ZD} • незначительное влияние на срок службы контактов
Ограничительные диоды 	от средней до малой	да (U_{ZD})	да	Преимущества: • невысокая стоимость • не критичность при расчете параметров • ограничение положительных пиковых значений • предназначается для сетей переменного тока Недостатки: • ослабление только свыше U_{ZD} • незначительное влияние на срок службы контактов
Варистор 	от средней до малой	да (U_{VDR})	да	Преимущества: • высокое поглощение энергии • не критичность при расчете параметров • предназначается для сетей переменного тока Недостатки: • ослабление только свыше U_{VDR} • незначительное влияние на срок службы контактов
RC-звено 	от средней до малой	нет	да	Преимущества: • гашение высокочастотных колебаний благодаря аккумулярованию энергии • предназначается для сетей переменного тока • ослабление вне зависимости от уровня Недостатки: • требуется точный расчет параметров • высокий пиковый ток при включении • незначительное влияние на срок службы контактов

Коммутация цепей малой мощности

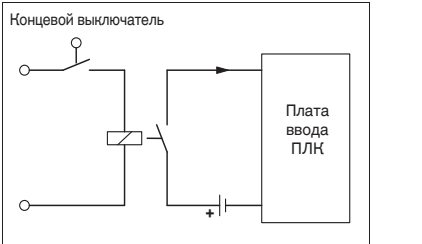
Малые мощности в основном характерны для слаботочных сигнальных цепей (например, подключаемых ко входам ПЛК).

При этой нагрузке в области малых мощностей между контактами электрическая дуга образовываться не будет.

Наряду с уже имеющимся эффектом чистки, проявляющимся при трении контактов, возникающая между контактами электрическая дуга обеспечивает пробой образующегося на поверхности контактов непроводящего загрязняющего слоя.



Пример приложения: многоканальное переключение



Пример приложения: входной сигнал ПЛК

Наружная пленка в основном состоит из продуктов окисления или сульфидирования материала контактов, например, серебра (Ag) или его сплавов, таких как сплавы серебро-никель (AgNi) или серебро-оксид олова (AgSnO). Образование этой пленки уже через небольшой промежуток времени приводит к значительному повышению контактного сопротивления, что, в свою очередь, не гарантирует надежной коммутации малых нагрузок.

По этой причине силовые контакты из вышеупомянутых материалов не применяются при коммутации цепей малой мощности.

Прежде всего благодаря низкому постоянному контактному сопротивлению - в том числе и при очень малых нагрузках, а также нечувствительности к воздействию содержащей серу окружающей среды в данных областях в качестве материала контактов применяется золото (Au).

Для коммутации малых нагрузок и поддержания высокой надежности контакта применяются реле со сдвоенными позолоченными контактами.

Контактные пружины (каждая со шлицем) образуют две параллельные контактные площадки, обеспечивающие довольно малое контактное сопротивление и высокую надежность контакта.

Коммутация цепей большой мощности

При организации коммутации цепей большой мощности особое внимание должно уделяться выбору материала силовых контактов, для изготовления которых могут применяться серебро (Ag) или серебро-оксид олова (AgSnO).

Принципиально коммутируемые цепи подразделяются на цепи переменного и постоянного тока.

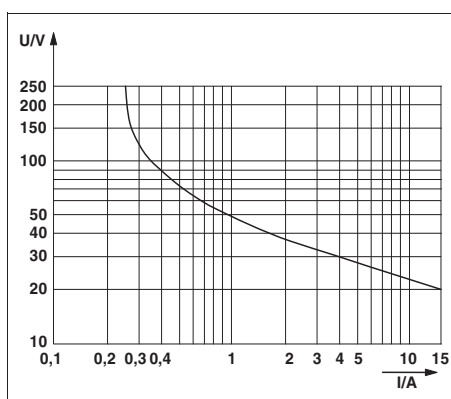
Коммутация больших нагрузок переменного тока

При коммутации больших нагрузок переменного тока реле, как правило, может работать при нескольких максимальных значениях коммутационного напряжения, тока и мощности. Образующаяся при отключении электрическая дуга зависит от тока, напряжения и последовательности фаз. Электрическая дуга при разрыве контактов, как правило, гасится автоматически при прохождении током нагрузки нулевой точки.

В случае индуктивной нагрузки должна быть предусмотрена эффективная защитная схема, что позволит избежать значительного сокращения срока службы.

Коммутация больших нагрузок постоянного тока

По сравнению с довольно большими значениями максимально допустимого переменного тока обычные реле способны коммутировать только очень небольшие по величине постоянные токи, что связано с отсутствием автоматического гашения при прохождении нулевой точки. Кроме того, это максимальное значение постоянного тока сильно зависит от величины коммутационного напряжения, а также от конструктивных особенностей, таких как расстояние между контактами и быстродействие реле.



Пример кривой срабатывания (зависит от типа устройств)

Соответствующие значения тока и напряжения указываются производителями реле на кривых образования (гашения) электрической дуги или кривых срабатывания.

Наличие неподавленного постоянного тока индуктивной нагрузки приводит к уменьшению указанных значений для коммутационных токов. Запасенная в индуктивности энергия может приводить к образованию электрической дуги, т.е. к появлению тока между разомкнутыми контактами.

При организации эффективной цепи защиты контактов цепей индуктивной нагрузки (для этой цели рекомендуется применение безынерционных диодов типа 1N4007) достигается увеличение срока службы в 5-10 раз (см. также раздел "Цепь защиты контактов").

Если необходимо коммутировать цепи более высоких нагрузок постоянного тока или повысить срок службы электрических компонентов, то несколько контактов реле можно подключить последовательно. См. описание промышленных реле REL-IR....

В качестве альтернативы можно использовать полупроводниковые реле с выходом постоянного напряжения.

Коммутация нелинейных (лампы) и емкостных нагрузок

Вне зависимости от рода тока различные типы ламп и нагрузок с емкостной составляющей предъявляют повышенные требования к коммутирующему контакту. В начальный пусковой момент, а также непосредственно в фазе динамического дребезга контактов реле, проявляются очень высокие пиковые токи, величины которых очень часто достигают нескольких десятков ампер, а иногда превышают и 100 А, что приводит к приварке контактов. В таких случаях применяют специальным образом оптимизированные для нелинейных нагрузок реле, которые выдерживают пусковые нагрузки такой величины. См. описание устройств PLC...IC.

Коммутационная способность согласно категории использования AC15 и DC13 (МЭК 60947)

На практике и максимальная мощность отключения для нагрузок переменного тока, и параметры отключения для цепей постоянного тока, взятые из кривых срабатывания, предоставляют лишь ориентировочные значения при выборе реле. А этого недостаточно, так как фактические нагрузки, применяющиеся в промышленности, имеют как индуктивную, так и емкостную составляющую, а кроме того, нагрузки могут быть подключены по различным схемам. Как было указано ранее, все это оказывает большое влияние на сроки службы различных компонентов.

В стандарте МЭК 60947 были сделаны попытки устранить имеющиеся недостатки, и нагрузки были разделены на категории использования (DC13, AC15...). Частично данный стандарт может быть также применен и к реле. Тем не менее, должно быть ясно, что даже эти значения находят ограниченное практическое применение, так как испытательные нагрузки DC13 и AC15 имеют ярко выраженную индуктивную составляющую и используются без подключения к схеме защиты (см. раздел "Цепь защиты контактов"). При проверке коммутационной способности согласно МЭК 60947 минимальное требование - проведение суммарно 6060 коммутационных циклов.

Наилучшую оценку для коммутационной способности и ожидаемого срока службы в каждом случае можно получить, только зная конкретные рабочие параметры. Путем сбора как можно большего количества данных в большинстве случаев применения достигается наиболее точная оценка срока службы и оптимизация к существующим требованиям. В особо критичных областях применения потребителям рекомендуется самостоятельно по опытным путем рассчитывать предполагаемый срок службы устройств.