

Надёжность автоматики: проблемы и решения (часть 1)

Игорь ШЕЛЕСТОВ,
инженер компании OBEH

Надёжность электронных и электротехнических устройств во многом определяется надёжностью применяемых коммутирующих элементов. О надёжности самих коммутирующих элементов пойдёт речь в этой статье.

Как известно, значительная часть неисправностей в электронных устройствах связана либо с отсутствием электрического контакта, либо с наличием там, где быть его не должно. Среди разных видов электрических коммутаторов почётное место занимают электромагнитные реле. В электротехнике и электронике они используются для коммутации цепей прохождения сигналов, а в простейшей автоматике служат для организации логики управления и включения исполнительных устройств.

История развития

Первые компьютеры изготавливались релейными. В 1931 году американская корпорация IBM первой в мире выпустила релейную вычислительную машину модели IBM-601. За период до 1935 г. их было продано более 1500. Несмотря на большие габариты устройства (см. <http://www.columbia.edu/acis/history/601.html>), представители бизнеса, инженеры и учёные были очень довольны его работой. Просто альтернативы реле в то время не было. Найдутся ли сегодня желающие постоянно пользоваться релейным вычислителем?

Первые электромагнитные реле (от английского *relay* – смена, передача) появились в телеграфных аппаратах, затем их стали использовать в телефонии, где они до недавнего времени составляли основу элементной базы АТС. Реле совершенствовались и вскоре стали неотъемлемой частью большинства электронных и электротехнических устройств.

До изобретения активных полупроводниковых компонентов на электромагнитных реле выполнялась вся промышленная автоматика. Начиная с 60-годов электромагнитные реле начали постепенно вытесняться электронными коммутаторами.

Широкому распространению электромагнитных реле в автоматике способствовало наличие у них ряда полезных свойств,

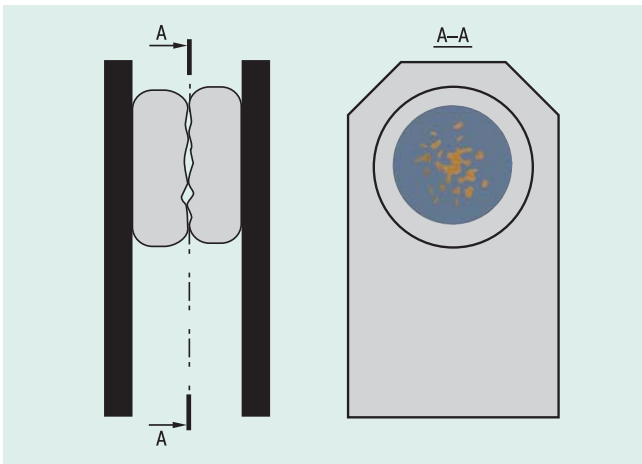


Рис. 1. Условное изображение замкнутых контактов реле (увеличено)



Рис. 2. Вид контактов электромагнитного реле, проработавшего некоторое время

основные из которых – хорошая электроизоляция между коммутируемыми цепями (количество которых может превышать десятков) и малое контактное сопротивление. К недостаткам, ограничивающим область применения реле, а в некоторых случаях сводящим к нулю все достоинства, относятся износ подвижных частей и самих контактов (окисление, залипание или сваривание), а также дребезг соединения при переключении (он создаёт помехи и тоже ускоряет износ). Попробуем разобраться в причинах этих недостатков.

О контактах электромагнитных реле

Любая поверхность характеризуется наличием неровностей, препятствующих полному её контакту с другой поверхностью. Вследствие этого электрическое соединение при замыкании контактов реле образуется на небольших площадках, как это показано на рис. 1. В результате получается неравномерное распределение тока по поверхностям. Плотность тока в местах контактирования может достигать больших значений, что приводит к нагреву и коррозии материала контактов (рис. 2).

Немало проблем создаёт и электрический разряд, возникающий при механической коммутации цепей. При разряде материал контактов испаряется и разбрызгивается, а поверхности окисляются. Следует отметить, что при коммутации реактивной нагрузки контакты разрушаются быстрее из-за большей энергии разряда.

Наиболее наглядно перечисленные недостатки проявляются при больших коммутируемых токах – увеличение тока увеличивает износ контактов. При токовой перегрузке они могут просто привариться друг к другу – именно по этой причине по правилам техники безопасности требуется неисправную аппаратуру отключать от сети отсоединением питающего кабеля (даже у обычного механического выключателя контакты могут привариться и не разомкнуть цепь).

Не вникая глубоко в теорию коммутационных процессов, обратимся к практике. ненадёжность большинства типов реле может подтвердить любой электрик, имеющий опыт обслуживания промышленного оборудования. В качестве примера вспоминается случай из жизни, свидетелем которого автору довелось стать на одном небольшом предприятии. В цеху работала бригада электриков, состоявшая из трёх человек. Скучно им никогда не было из-за этих самых электромагнитных реле. Дело в том, что на производственном оборудовании использовалось много электронагревателей для превращения гранул сырья в текучую пластическую массу. По технологии экструдер пресса во всех зонах прогревался до определённых температур – везде разных. Для поддержания нужной температуры в зонах были установлены датчики на основе терморпар и терморегуляторы с релейным выходом, которые автоматически коммутировали нагреватели при помощи мощных промежуточных реле. Их контакты периодически приходилось зачищать (занятие хлопотное, да и помогает не надолго), а оборудование при этом простаивало. К тому же неисправные цепи надо было ещё найти, что тоже требовало дополнительного времени.

Когда электрикам окончательно надоело выполнять эту малоэффективную работу, в перерывах между ремонтами они начали самостоятельно, из подручных материалов, собирать электронные коммутаторы для замены электромагнитных реле. Выглядит такое устройство очень просто: на диэлектрическом основании закрепляются на радиаторах два тиристора и один резистор (рис. 3).

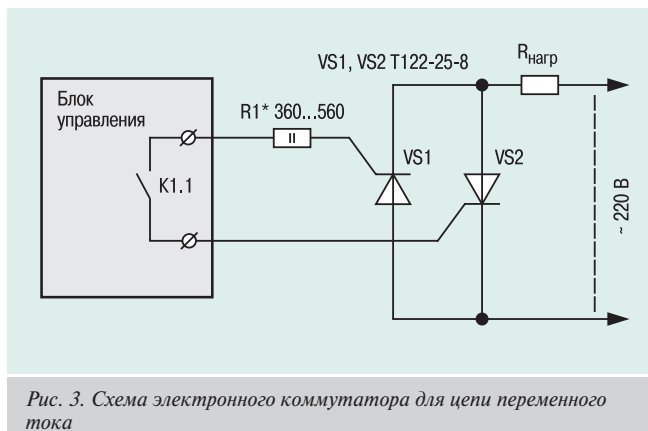


Рис. 3. Схема электронного коммутатора для цепи переменного тока

Коммутатор выполнен из двух встречно включенных тиристоров, но на каждой половине сетевого напряжения будет работать только один – соответствующий. При замыкании управляющих контактов K1.1 в нагрузку будет поступать почти неискаженный синус, ведь тиристоры открываются практически в самом начале полуволны напряжения.

Для управления включением нагрузки используется особенность внутренней структуры тиристоров, обеспечивающая протекание управляющего тока при замкнутых контактах промежуточного реле (K1). Резистор R1 ограничивает этот ток и имеет номинал 360...560 Ом (мощность не менее 2 Вт). Контакты K1.1 в цепи управления тиристоров могут быть низковольтными и слаботочными (150...250 мА), что практически обеспечивает любое миниатюрное реле из используемых в стандартных электронных блоках управления. Тиристоры выбираются в зависимости от нужного тока в нагрузке.

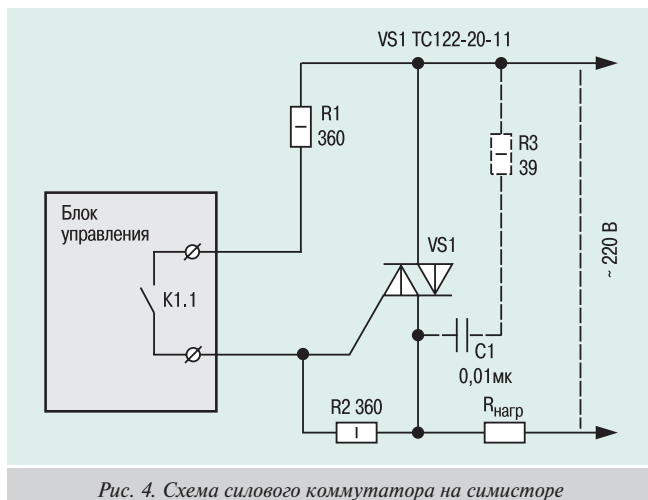


Рис. 4. Схема силового коммутатора на симисторе

О других вариантах замены силового реле

Для коммутации цепей переменного тока лучше подходят симисторы, которых требуется в два раза меньше, чем тиристоров. Многими из них также можно управлять при помощи контактов малоомощного реле, например, как это показано на рис. 4.

Довольно простой получается схема управления для коммутации небольшой мощности (100...150 Вт) с использованием симистора КУ208Г (Г1) (рис. 5).

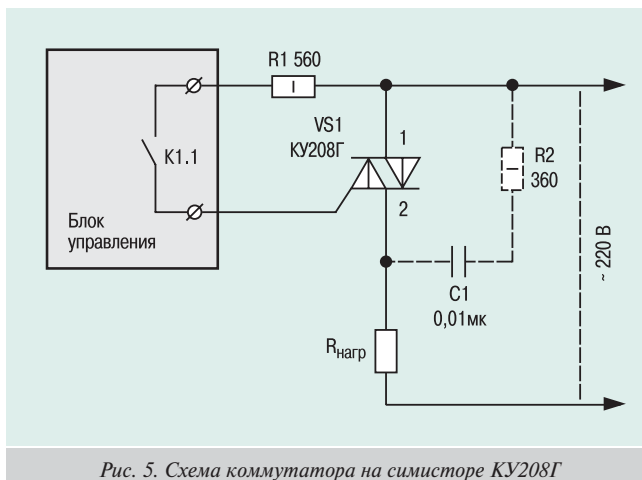


Рис. 5. Схема коммутатора на симисторе КУ208Г

Этот симистор, однако, не рекомендуется применять в промышленной автоматике из-за низкого рабочего напряжения (всего 400 В).

Силовые тиристоры и симисторы выбираются так, чтобы номинальный рабочий ток для них был всегда больше, чем проходит в цепи нагрузки, а класс рабочего напряжения (последняя цифра в обозначении промышленных коммутаторов) по возможности выше. Это обеспечит надёжную работу коммутатора даже в условиях высоковольтных импульсных помех. Импульсные помехи не редкость при включении и выключении мощных электродвигателей и других потребителей энергии на производстве.

Показанные на схемах пунктиром RC-цепи из последовательно включенных резистора и конденсатора рекомендуется применять для защиты электронных ключей от высоковольтных выбросов напряжения в сети в момент коммутации индуктивной нагрузки. Конденсатор для этих целей лучше использовать типа К42У-2 или К73-11 с номиналом 0,01...0,1 мкФ и рабочим напряжением не менее 630 В. Вместо этих цепей можно также использовать варисторы на рабочее напряжение 630 В.

Тиристоры и симисторы исключают возникновение разряда при переключении и отличаются высокой надёжностью, так как выдерживают значительные кратковременные перегрузки по току.

Общим недостатком приведённых выше схем (как и у электромагнитного силового реле) является появление в сети импульсных помех при коммутации нагрузки. Это объясняется тем, что момент замыкания силовой цепи не синхронизирован с переходом сетевого напряжения через нуль. Чтобы избавиться от коммутационных помех придётся полностью отказаться от релейных контактов и во вспомогательных цепях управления, о чём и пойдёт речь в следующем номере журнала. ■