

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ТИПОВЫХ СХЕМ БЕЗОПАСНОГО КОНТРОЛЯ СОСТОЯНИЯ КОНТАКТОВ РЕЛЕ

Рассмотрены особенности реализации типовых схем контроля состояния контактов реле в микроэлектронных системах железнодорожной автоматики и телемеханики. Выполнен анализ последствия накопления отказов в различных схемах, сформулированы ограничения на использование типовых схем контроля и представлены методы исключения накопления и обеспечения независимости отказов, приводящих к опасным отказам схем контроля.

В современных микроэлектронных системах железнодорожной автоматики сохраняется значительное число реле I класса надежности, которые используются в качестве элементов коммутации цепей питания объектов управления, устройств аварийного отключения питания, контроля состояния внешних объектов, сопряжения с существующими релейными системами. Поэтому одной из важнейших задач, которые вынужден решать разработчик такой системы, является создание устройств безопасного включения и контроля состояния реле I класса надежности.

Построению безопасных устройств ввода информации с контактов реле посвящено значительно меньше работ, чем построению устройств включения исполнительных реле [1, 2]. В действующих нормативных документах [1] рекомендованы только два способа контроля состояния контактов реле, основанных на импульсном кодировании сигналов. На практике разработчики используют различные варианты этих схемных решений.

Опыт проведения работ лаборатории «Безопасность и ЭМС технических средств» Белорусского государственного университета транспорта, связанных с экспертизой схемных решений на функциональную безопасность, показал, что рекомендуемые в нормативных документах способы контроля состояния реле имеют ряд ограничений на применение. Причем невыполнение этих ограничений может привести к ложному контролю состояния реле и, как следствие, к нарушению условий безопасности. Рассмотрим типовые схемные решения более подробно.

Способы безопасного контроля состояния контактов. Для безопасного ввода информации о состоянии контактов реле наиболее часто применяются два способа, представленных на рисунке 1. Оба способа используют тройниковые контакты реле.

В первом случае (см. рисунок 1, а) контроль состояния контактов реле основан на контроле фазы импульсного сигнала. В этом случае на один вывод (тыловой) тройникового контакта подаются импульсы в прямой фазе T , а на второй (фронтонный) вывод – в обратной фазе (см. рисунок 1, а). Поступающий на вход P1 вычислительного канала ВК импульсный сигнал сравнивается с тактовыми сигналами. Если входной сигнал по фазе совпадает с сигналом T , то принимается решение, что замкнут тыловой контакт, если же он в противофазе с сигналом T – замкнут фронтонный контакт. Если же

входной сигнал не совпадает ни с одним из тактовых сигналов, то фиксируется неисправность схемы контроля.

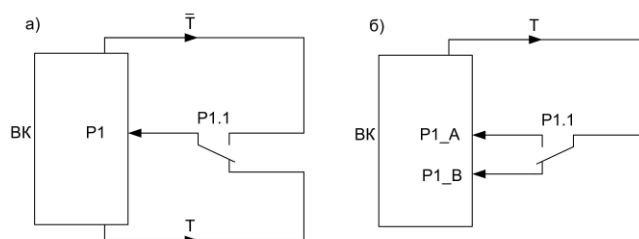


Рисунок 1 – Способы ввода информации о состоянии контактов реле

Второй способ основан на однофазном импульсном кодировании информации о состоянии контакта. Импульсный сигнал подается на общий вывод тройникового контакта реле. В вычислительный канал вводится информация с двух оставшихся выводов: фронтонного P1_A и тылового P1_B (см. рисунок 1, б). При замыкании фронтонного контакта на входе P1_A будет присутствовать импульсный сигнал, а на входе P1_B сигнал будет отсутствовать. При замыкании тылового контакта импульсный сигнал появится на входе P1_B.

Накопление отказов в схемах контроля. Оба рассмотренных способа контроля состояния контактов реле имеют общий недостаток, заключающийся в возможности накопления отказов схемы контроля. Причем совокупность таких отказов может привести к опасному отказу. Примером может служить обрыв соединения с тыловым выводом тройникового контакта реле при замкнутом фронтонном контакте (см. рисунок 2, а, в). Данный отказ может быть обнаружен только при выключении реле, так как в этом случае на выходе схемы будет отсутствовать импульсный сигнал. Однако если реле переключается очень редко, например, путевое реле участка пути с низкой интенсивностью движения, то такой отказ может быть не обнаружен в течение длительного времени.

Если же затем произойдет короткое замыкание выводов, подключенных к фронтонному и тыловому контактам реле (см. рисунок 2, б, з), то такой двойной отказ также не обнаруживается. Однако теперь при выключении реле схема будет сообщать о том, что реле включено, что является опасным отказом.

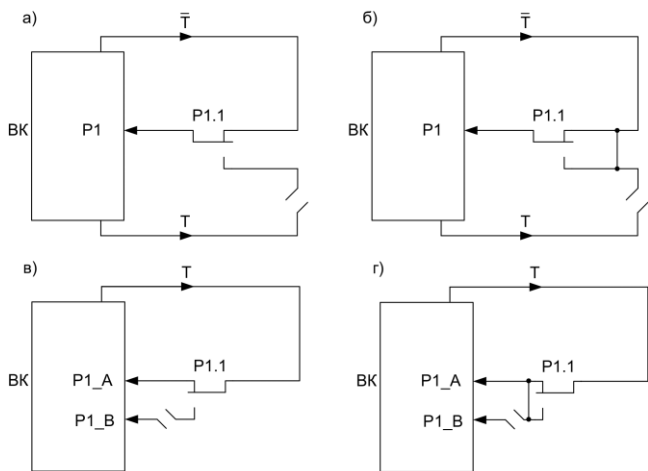


Рисунок 2 – Опасное накопление отказов

Конструкция реле первого класса исключает возможность замыкания фронтного и тылового выводов тройникового контакта реле непосредственно в корпусе реле. Однако такая ситуация возможна при подключении схемы контроля к стандартным разъемам портов ввода-вывода вычислительного канала, например, широко используемым в настоящее время разъемам без пайки. Более того, при некоторых вариантах монтажа данная последовательность отказов может стать зависимой, т.е. при обрыве соединения оголенный провод может соприкоснуться с соседним контактом и замкнуть его. Такой отказ не обнаруживается даже при выключении реле, т.е. является опасным. Вероятность возникновения опасного отказа в этом случае значительно выше допустимых норм. Пример такого неправильного монтажа приведен на рисунке 3.

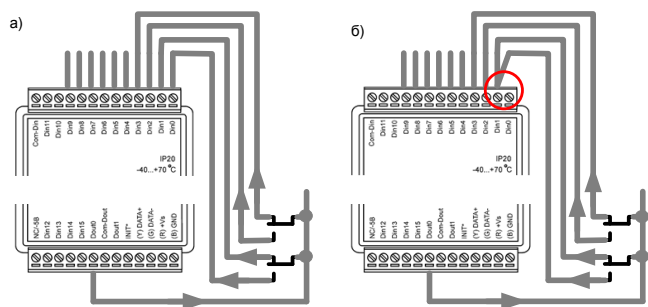


Рисунок 3 – Пример опасного отказа (б) при неправильном монтаже (а)

Типовые схемные решения контроля состояния контактов. Типовые схемные решения, рекомендованные в нормативных документах [1], приведены на рисунке 4. Как видно из рисунка, они базируются на способе контроля, представленном на рисунке 1, а. Для повышения достоверности контроля в схемах применяется парафазный ввод информации. В одном случае для этого используются два тройниковых контакта одного реле (см. рисунок 4, а), в другом случае – две последовательно включенные оптопары. В этом случае контрольные сигналы снимаются с коллекторной цепи од-

ной оптопары и эмиттерной цепи другой оптопары (см. рисунок 4, б).

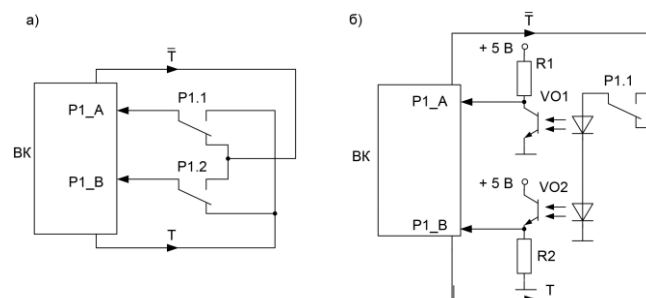


Рисунок 4 – Типовые схемы опроса состояния контактов реле

Очевидно, что схема, представленная на рисунке 4, б, не защищена от последовательности отказов, приведенной на рисунке 2, б. Что касается первого варианта (см. рисунок 4, а), то он защищен от любых обрывов линий, по которым схема подключается к портам вычислительного канала. При обрыве нарушается парафазность импульсов на входах P1_A и P1_B. Короткое замыкание выводов фронтного и тылового контактов реле также обнаруживается, так как в этом случае произойдет короткое замыкание линий, по которым на схему контроля передаются импульсы в прямой и инверсной фазах. В этом случае также нарушится парафазность на входах P1_A и P1_B.

Таким образом, можно сделать вывод, что схема ввода информации с контактов реле, представленная на рисунке 4, а, полностью соответствует требованиям безопасности и может быть использована без ограничений. Однако на практике эта схема не получила широкого применения, так как для ее использования необходимо два свободных тройниковых контакта реле, что не всегда выполнимо. Использование же схемы, представленной на рисунке 4, б, или инверсной схемы ввода информации (см. рисунок 1, б) требует учета ряда ограничений.

Условия безопасного применения типовых схем контроля состояния контактов реле. Рассмотрим типовую схему контроля, представленную на рисунке 4, б. Как уже было сказано, опасной последовательностью отказов для данной схемы являются обрыв линии, по которой импульсы поступают на вывод тылового контакта, а затем короткое замыкание оборванной линии на линию, по которой импульсы поступают на вывод фронтного контакта (см. рисунок 2, б). При анализе методов возможной защиты от данных отказов следует рассмотреть два варианта: независимый контроль каждого контакта реле и одновременный контроль нескольких контактов различных реле. При независимом контроле (см. рисунок 5, а) на фронтные и тыловые выводы каждого контакта независимо подаются парафазные импульсы и контролируется парафазное состояние выходов схемы контроля. Так как обычно элементы гальванической развязки выполняются в портах ввода-вывода, то на внешний разъем подключается непосредственно общий вывод тройникового контакта

реле. При этом для контроля одного контакта требуются три линии: две на вывод и одна на ввод.

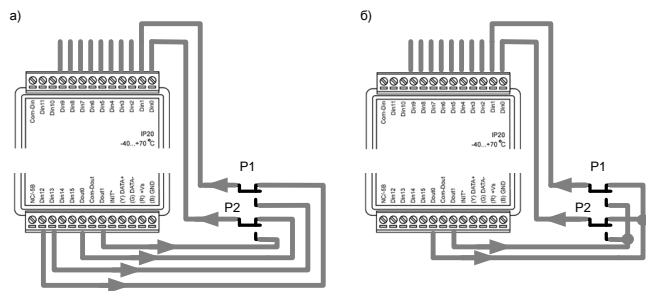


Рисунок 5 – Организация контроля контактов реле парафазными импульсами

На практике для сокращения количества используемых выводов тыловые и фронтальные выходы тройниковых контактов разных реле объединяют (см. рисунок 5, б).

Проанализируем последствия рассмотренных выше отказов для каждой из этих схем. Для варианта независимого контроля – последовательный обрыв выходной линии и короткое замыкание на соседнюю линию – не контролируются (см. рисунок 6, а), что приводит к опасному отказу.

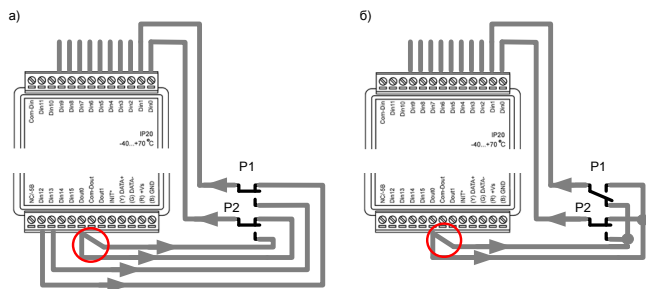


Рисунок 6 – Отказы в схемах контроля

При использовании схемы одновременного контроля нескольких реле обрыв линии будет обнаружен, если реле находятся в различных состояниях, как, например, на рисунке 6, б. Если же произойдет зависимый отказ (обрыв и короткое замыкание на соседний проводник), то все реле будут определяться как имеющие одно и то же состояние. Если по логике работы системы это невозможно, то можно диагностировать отказ и принять соответствующие меры. Дополнительным способом контроля может быть включение в схему контактов дополнительного диагностического реле, которое должно периодически переключаться. В случае наличия в схеме рассмотренного отказа диагностическое реле не будет менять свое состояние.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что вариант контроля контактов реле, представленный на рисунке 5, б, является гораздо более защищенным, чем независимый контроль каждого контакта (см. рисунок 5, а).

Получено 14.11.2014

S. N. Kharlap. Features of typical schemes using for safe control of relay contact state.

Implementation features of typical schemes using for safe control of relay contact state at microelectronic railway systems have been considered. An analysis of consequences of latent failures accumulation for different schemes has been performed. Restrictions of typical schemes using for safe control have been formulated. Methods to eliminate latent failures and to guarantee independence of failures which can lead to hazardous failures of control schemes have been presented.

Что же касается схемных решений, представленных на рисунке 5, а и особенно, на рисунке 3, а, то их использование возможно только при условии исключения накопления отказов, приводящих к опасному отказу, и обеспечения независимости отказов типа обрыв соединения с последующим замыканием на соседний проводник.

Методы обеспечения независимости отказов. Анализ требований нормативных документов [3, 4] показывает, что обрыв проводника исключить невозможно. Поэтому основным методом обеспечения независимости отказов является исключение возможности замыкания оборванного проводника на соседнюю линию. Для этих целей могут быть использованы различные методы.

Примерами могут быть специальная конструкция или герметизация разъемов, уменьшение степеней свободы оборванного проводника (чтобы он в случае обрыва физически не мог коснуться другого проводника), разнесение проводников (короткое замыкание которых опасно) на разные порты ввода-вывода и другие методы. Обязательным условием использования таких методов является доказательство невозможности короткого замыкания проводников, что должно быть отражено в документе «Доказательство безопасности».

В заключение следует сказать, что часто в погоне за более простой реализацией разработчиком упускаются ограничения, накладываемые на использование даже утвержденных схемных решений, так как если схема безопасно работает в одних условиях, это вовсе не означает, что она также будет безопасна в других условиях эксплуатации. Поэтому при выборе схемы контроля состояния контактов реле разработчик должен в обязательном порядке учитывать последствия отказов не только аппаратно-программных средств разрабатываемой системы, но и монтажа при подключении системы к объектам контроля и управления, что должно быть отражено в документе «Доказательство безопасности».

Список литературы

- 1 Методы построения безопасных микроэлектронных систем железнодорожной автоматики / В. В. Сапожников [и др.]; под ред. Вл. В. Сапожникова. – М. : Транспорт, 1995. – 272 с.
- 2 РТМ 32 ЦШ 1115842.01-94. Руководящий технический материал. Безопасность железнодорожной автоматики и телемеханики. Методы и принципы обеспечения безопасности микроэлектронных СЖАТ. – СПб., 1994. – 120 с.
- 3 EN 50129:2003. Draft European Standard: Railway applications – Hardware for railway control and protection systems. – 98 p.
- 4 Р 801/1. Памятка ОСЖД «Каталог возможных повреждений и отказов элементов устройств СЦБ». – 52 с.