

Контакты в реле железнодорожной автоматики

Н. И. Пивоварчик, В. С. Фадеев

ООО «НТЦ Информационные Технологии», Москва, Россия

E-mail: notech.mos@gmail.com

Изложены требования к контактам, которые применяются в реле железнодорожной автоматики, обеспечивающей безопасность движения поездов. Приведены результаты исследований работы контактов при различных нагрузках, а также по совершенствованию крепления графито-серебряных контактов к пластине.

Ключевые слова: *транспортный модуль, рельфный шкаф, чашечка.*

Контактами реле железнодорожной автоматики, реле СЦБ коммутируются цепи различной мощности от милливатт до сотен ватт при различных нагрузках (ёмкостной, индуктивной, активной и в любом их сочетании). При этом реле могут устанавливаться как в специальных релейных отапливаемых помещениях, так и в релейных шкафах и транспортальных модулях. Реле СЦБ не герметизированы. В этих сложных условиях контакты реле СЦБ должны работать надёжно и соответствовать определённым параметрам.

Различают следующие виды контактных соединений: жёсткое неразъёмное крепление контакта к контактной пластине и штепсельное соединение между контактирующими пластинами.

Контакты к пластинам в реле железнодорожной автоматики крепятся двумя способами: механически — методом склёпывания с пластиной и при помощи обжимных «чашек». При помощи обжимных чашек крепятся контакты графитосеребряные (угольные). Остальные крепятся методом склёпывания и в некоторых случаях место соединения дополнительно пропаивается.

Для быстрой замены реле (блока) оно снабжается штепсельным разъёмом. Штепсельный разъём должен обеспечивать сравнительно малое количество соединений, но требования к этим соединениям особые. Они не должны допускать потери контакта при установке их в помещении, а также в неотапливаемых шкафах на улице. Для этой цели разработана целая серия контактных соединений. Но некоторые штепсельные соединения допускают сбой в работе.

Согласно эксплуатационно-техническим требованиям, реле железнодорожной автоматики

1) должно обладать такой надёжностью действия, чтобы не требовался дополнительный схемный контроль отпускания якоря реле или дублирования реле в электрических схемах устройств СЦБ;

2) возврат якоря реле должен осуществляться, по крайней мере, до размыкания фронтных контактов под действием массы якоря и соединённых с ним подвижных частей без учёта упругости пружин при размыкании цепи обмотки.

К контактам реле железнодорожной автоматики предъявляют следующие эксплуатационно-технические требования.

1. Замыкающие (фронтные) контакты не должны свариваться ни при каких условиях. Это достигается, например, применением контактов уголь—серебро, где при содержании угля свыше 60% сваривания контактов не происходит.

2. Максимальное сопротивление цепи контактов на стадии поставки без штепсельного разъёма, измеренное при постоянном токе 0,5 А, должно быть не более 0,3 Ом для замыкающих (фронтных) контактов при контактной нагрузке 0,294 Н и не более 0,03 Ом для размыкающих (тыловых) контактов при контактной нагрузке 0,147 Н.

3. Контакты реле должны обеспечивать $1,5 \cdot 10^6$ включений и выключений цепей каждым замыкающим контактом активной нагрузки 2 А и 24 В постоянного тока или 0,5 А и 220 В переменного тока, а также каждым размыкающим контактом 1 А и 24 В постоянного тока или 0,3 А и 220 В переменного тока; $3 \cdot 10^6$ коммутаций релейной нагрузки постоянного тока 50 мА при напряжении 24 В.

Контакты подразделяются на размыкающиеся (тыловые), которые замыкаются при невозбужденном электромагните; замыкающиеся (фронтные) при возбужденном электромагните и на переключающие (общие), которые управляются якорем непосредственно или через толкатель.

Контактная система должна обеспечивать низкое и стабильное сопротивление цепи контактов, хорошую изоляцию токоведущих частей, необходимое число коммутаций в течение гарантируемого срока работы, высокую надежность контактирования.

В технической литературе приводятся требования, которые предъявляются к материалам электрических контактов:

высокая электропроводность. Помимо снижения переходного сопротивления контактов, способствует уменьшению нагрева контактов;

высокая теплопроводность. Контакты, обладающие высокой теплопроводностью, уменьшают нагрев контактов. Для выполнения этого требования необходимо, чтобы сами контакты обладали достаточной массой, что не всегда выполняется при конструировании реле;

стойкость к окислению — обеспечивает стабильное переходное сопротивление;

высокая механическая прочность — увеличивает срок службы;

достаточная вязкость — позволяет контактам хорошо прирабатываться друг к другу; легко поддаваться обработке.

Контактирующим материалом для фронтных контактов реле СЦБ принята композиция на основе графита, так как при определенном содержании графита исключается сваривание контактов. Однако композиция на основе графита имеет большое переходное сопротивление, в десять раз больше переходного сопротивления контактов серебро—серебро, и сильно изнашивается.

Для тыловых и общих контактов в реле СЦБ применяется серебро. Серебро очень хороший контактный материал, обладает высокой электропроводностью и стабильным переходным сопротивлением. Недостатком серебра является его плохая дугостойкость. В реле, коммутирующих большие мощности, используются композиции на основе серебра.

Для обеспечения первого пункта эксплуатационно-технических требований к реле железнодорожной автоматики и применяются графитосеребряные контакты. Но эти контакты обладают одним существенным недостатком — они требуют механического крепления к пластине. Это создаёт проблемы, так как трудно обеспечить стабильное переходное сопротивление 0,3 Ом при механическом креплении контакта к пластине на протяжении заданного ресурса работы.

Существующее крепление угольного контакта к пластине традиционное — с помощью промежуточного элемента — чашечки. Его нельзя считать надёжным по многим известным причинам: нестабильное и высокое переходное сопротивление, возможность провисания контакта в чашечке в силу некоторых причин и вытекающие отсюда последствия.

В КБ ЦШ проводилась работа по изменению способа крепления угольных контактов к пластине в рамках создания реле СЦБ по программе СЭВ. Были изготовлены реле с различными способами крепления угольного контакта к пластине: при помощи чашечки; пайкой с предварительным нанесением слоя металла на контакт гальваническим методом; при помощи обоймы с предварительным натягом. Проведены сравнительные испытания, результаты которых приведены в таблице.

В процессе испытаний оценивали качество пайки. Установлено, что при пайке контакты выдерживают ток 6 А. При 10 А происходило выделение тепла, пайка расплавилась. При обесточивании реле угольный контакт отвалился. В результате сделан вывод, что крепление контакта при помощи пайки нужно дополнить механическим креплением.

Закрепление контактов при помощи обоймы также представляет интерес, особенно если добиться, чтобы обеспечивался требуемый и контролируемый натяг. При этом в сборочной единице формируются напряжения сжатия и контактные давления, необходимые для сохранения малого переходного сопротивления в паре “чашечка—контакт-деталь”, которые не приводят к разрушению контакта.

Интересным является направление по разработке слоёного контакта. Верхняя небольшая часть контакта состоит из металла, который можно приваривать к контактной пластине, а нижняя контактирующая часть — из смеси графита и серебра. В этом случае переходное сопротивление контакт-пластины стабильное.

Испытания реле с графитосеребряными (угольными) контактами при различных нагрузках проводились во многих институтах, дорожных и заводских лабораториях. Переходное сопротивление угольных контактов нестабильно. При длительном хранении оно увеличивается. В некоторых контактах переходное сопротивление увеличивается и при работе реле без нагрузки. Причина — образование пленки на поверхности контакта, плохо проводящей электрический ток.

Поэтому реле с угольными контактами, долго хранящиеся на складе, перед установкой прожигают большой силой тока.

Переходное сопротивление контактов при различном способе крепления угольных контактов к пластине

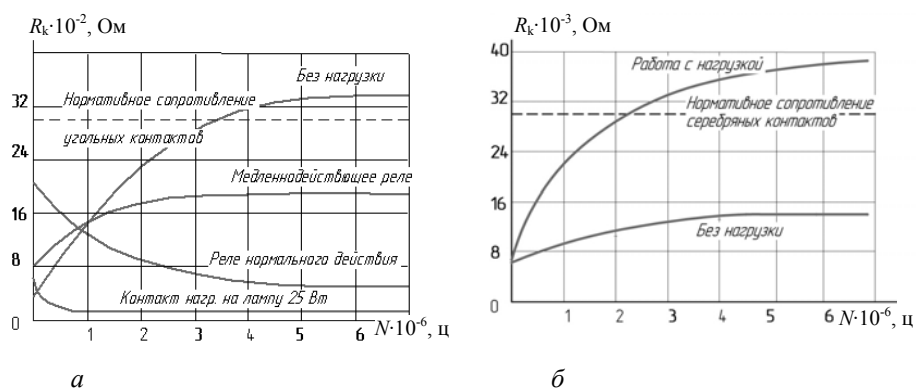
Способ крепления контакта к пластине	Давление (Н) (контактное нажатие, г), 1-е реле	Переходное сопротивление (Ом), 1-е реле	Давление (Н) (контактное нажатие, г) 2-е реле	Переходное сопротивление (Ом), 2-е реле
С помощью чашечки	0,37 (38)	0,28	0,343 (35)	0,14
Пайка	0,294 (30)	0,06	0,294 (30)	0,05
При помощи обоймы	0,343 (35)	0,16	0,33 (34)	0,06

При замкнутых контактах вследствие наличия неровностей соприкосновение будет происходить только в одной или нескольких выступающих очень мелких поверхностях и поэтому ток проходит через эти точки. При соударении контактных пружин слабо связанные компоненты выкрашиваются, а остаются более крупные включения серебра, которые более прочно связаны с поверхностью. Это приводит к уменьшению площади соприкосновения и увеличению переходного сопротивления.

При замыкании и размыкании контактов под нагрузкой параллельные линии тока в металле контактов искривляются и стягиваются к точкам с высокой проводимостью, в которых плотность тока может достигать до очень больших величин, в результате образовавшиеся контактные мостики сгорают. Возникшая искра разрушает выступы за счёт оплавления или окисления. Площадь контактирования увеличивается, в результате переходное сопротивление уменьшается.

В исследованиях Уральского отделения ВНИИЖТ, которые проводились в рамках темы “Совершенствование средств связи и СЦБ на электрифицированных железных дорогах”, было установлено, что при работе угольных контактов при различных нагрузках переходное сопротивление изменяется до некоторого значения тем быстрее, чем большую токовую нагрузку коммутирует контакт. При большой нагрузке переходное сопротивление вначале падает, потом стабилизируется, поскольку преобладает процесс электроэрозии. При малой нагрузке основным является процесс выкрашивания, в результате чего сопротивление растёт. Контакты, работающие без нагрузки, не подвержены электроэрозии, поэтому их сопротивление увеличивается, превышая норму ТУ. При включении таких контактов происходит пробой поверхностных плёнок (“фриттинг”) и переходное сопротивление резко снижается. На рисунке, *а* показаны зависимости переходного сопротивления фронтальных контактов от количества срабатываний с различными нагрузками. Была исследована также зависимость переходного сопротивления контактов из серебра (замыкающих) от количества срабатываний реле (рисунок, *б*). Результаты исследований показали, что наибольший износ испытывают контакты из серебра, работающие на замыкание цепи с ламповой нагрузкой и цепи с ёмкостной нагрузкой без ограничивающего резистора. Ёмкостная нагрузка без ограничивающего резистора приводит к быстрому износу контакта, она сопровождается мостиковым переносом металла и может привести к свариванию замыкающих (тыловых) контактов.

Зависимость переходного сопротивления контактов из серебра от количества срабатываний отличается от подобной зависимости угольных контактов, поскольку материал твёрже и выкрашивание выражено слабее. При работе без нагрузки переходное сопротивление после $4 \cdot 10^6$ срабатываний остаётся постоянным. Увеличение переходного сопротивления в начале испытаний объясняется образованием плёнки сернистого серебра на поверхности тылового контакта. Под нагрузкой процесс образования плёнки сернистого серебра становится более интенсивным, поверхность металла подвергается эрозии, происходит некоторое снижение нажатия на тыловые контакты, в результате чего переходное сопротивление серебряного контакта увеличивается.



Зависимость переходного сопротивления фронтных (угольных) (а) и контактов из серебра (б) от количества срабатываний.

Из экспериментальных зависимостей проводимости угольного контакта от количества срабатываний можно заключить, что изменение тока через контакт в процессе замыкания вызвано скольжением контакта по дискретным точкам касания. Вибрация у контактов (“дребезг”) практически отсутствует.

При замыкании тыловых контактов у реле клапанного типа с обычной кинематикой наблюдается их значительный “дребезг”. В реле НМШ “дребезг” достигает 50—100 мс. Для значительного снижения этого явления предложена новая кинематика работы реле. “Дребезг” в реле с данной кинематикой не превышает 5 мс и, следовательно, увеличивается ресурс работы реле.

С целью экономии серебра представляют интерес работы по его замещению в тыловых и общих контактах альтернативными материалами. В этом направлении возможно использование композиционных материалов и сплавов. Для тыловых и общих контактов необходимо применять “слоёные” контакты, плакированные. Контакты должны иметь определённую массу.

Для высокой надёжности работы реле необходимо, чтобы было соответствующее контактное нажатие (давление), зазор между контактами, совместный ход контактных пружин и чтобы сами контакты были изготовлены из соответствующего материала. Большое контактное нажатие позволяет продавливать плёнки оксидов молекулярной толщины, а также плёнки других органических соединений, пыли и непроводящих частиц. Совместный ход пружин обеспечивает притирание контактов, способствующее очищению рабочих поверхностей контактов от пыли, плёнок оксидов и других соединений. Раньше во всей технической документации было требование длины пути скольжения. При скольжении плёнка механически удаляется, однако при этом истирается и сам контакт.

Для контроля несвариваемости угольных контактов с серебряными разработана специальная методика. Она утверждена Департаментом автоматики и телемеханики МПС России. Имеется испытательная установка.

Изложенные проблемы не решались десятилетиями. Приведенные результаты показывают, что проблему несваривания замыкающего контакта и его крепление к пластине в реле железнодорожной автоматики можно и нужно решать на современном уровне.