

## Минимизация и стабилизация переходного сопротивления разъемных контактов в системах уравнивания потенциалов и заземляющих устройствах

*Терентьев Дмитрий Ефимович,  
Генеральный директор НПО «Инженеры электросвязи»,*

Система уравнивания потенциалов и заземляющие устройства необходимы для функционирования любого объекта связи. Ошибки при их проектировании, монтаже и эксплуатации являются одной из основных причин выхода оборудования из строя под воздействием перенапряжений и нарушения качества связи из-за помех.

Доклад посвящен электрическим свойствам контактов и продолжает тему свойств различных элементов заземляющих устройств, затронутую в моих статьях (1, 2).

Каждый студент знает, что электротехника – наука о контактах. Хороший контакт – это низкое переходное электрическое сопротивление, механическая прочность, стойкость к воздействиям внешней среды, стабильность характеристик во времени.

Плохой контакт это:

при соединении цепей связи – ухудшение качества или перерыв связи;  
при соединении кабелей или шин электропитания – потери энергии, нагрев, возгорание;  
при соединении шин и кабелей систем уравнивания потенциалов – выход из строя и сбой в работе аппаратуры под воздействием помех, опасность поражения электрическим током.

Значительная часть контактов в системах уравнивания потенциалов и практически все контакты для подключения аппаратуры, оболочек кабеля, защитных проводников выполнены с помощью болтового соединения. Такие соединения более технологичны при монтаже, чем сварка или пайка и поэтому предпочтительнее при условии обеспечения качественного контакта.

В соответствии с инструкцией (3) максимальные значения переходных сопротивлений контактных соединений элементов заземляющих устройств должны быть не более 600 мкОм в местах непосредственного соединения кабелей между собой.

### Допустимые и недопустимые контакты металлов.

Контактирующие поверхности должны иметь коррозионностойкие и электропроводные покрытия и не образовывать контактные пары., вызывающие электрохимическую коррозию. Допустимые и недопустимые контакты металлов регламентируются стандартом (4). Данные о совместимости некоторых металлов и сплавов приведены ниже.

Материал	Аллюминий	Бронза	Латунь	Медь	Никель	Олово	Припой ПОС	Сталь нелегир.	Цинк
Аллюминий	С	Н	Н	Н	Н	Н	Н	С	С
Бронза	Н	С	С	С	С	П	П	Н	Н
Латунь	Н	С	С	С	С	П	П	Н	Н
Медь	Н	С	С	С	С	П	П	Н	Н
Никель	Н	С	С	С	С	П	П	С	С
Олово	Н	П	П	П	П	С	С	С	С
Припой ПОС	Н	П	П	П	П	С	С	С	С
Сталь нелегир	Н	Н	Н	Н	С	С	С	С	С
Цинк	С	Н	Н	Н	С	С	С	С	С

Примечание.

С - совместимые

Н – несовместимые

П – совместимые при пайке, при непосредственном соединении образуют гальваническую пару.

Как показано в (1,2), применение шин заземления и уравнивания потенциалов из стали на современных объектах связи ограничивается их высокой индуктивностью. На многих объектах магистральные и рядовые проводки ЛАЦ выполнены алюминиевыми шинами и проводами, что допускается инструкцией (3). Уменьшение физических размеров оборудования и соответственно, более компактное его расположение позволяет, а требования ЭМС требуют все больше применять медные шины. Стативы подключаются медными проводами. Металлические оболочки кабеля выполнены из различных материалов. В этих условиях зачастую трудно выполнить требования по совместимости металлов.

Кроме того, многие соединения находятся в условиях повышенной влажности, а то и просто не защищены от прямого воздействия осадков. Защитные покрытия не всегда спасают от проникновения влаги к месту контакта.

Еще одна проблема – как плотно прижать наконечник заземляющего проводника к контактной поверхности, ведь и поверхность и наконечник в реальности никогда не бывают идеально ровными.

### Способы уменьшения и стабилизации переходного сопротивления.

Для уменьшения и стабилизации на длительный срок переходного сопротивления применяются разные средства и способы:

Традиционные способы (использование тарельчатых пружин, конических шайб, переходных медно-алюминиевых пластин и наконечников) недостаточно надежны или требуют дефицитных материалов.

Применение защитных или герметизирующих смазок, таких, как технический вазелин, литол, не решает проблему из-за небольшого срока службы контактов и относительно высокого переходного сопротивления.

В конце 70-х годов в нашей стране для минимизации и стабилизации переходного сопротивления в электрических контактах начали применять платы тока. Плата представляет собой перекрестноффрированную медную фольгу толщиной 0,1 мм, покрытую с двух сторон легкоплавким сплавом, в состав которого входят индий, висмут, олово, свинец, кадмий. Плата тока помещается между контактными поверхностями и при затяжке крепежа контакта заполняет макро и микронеровности, создавая дополнительные рабочие точки контакта при одновременной их герметизации.

Внедрению данного способа препятствовала дороговизна исходных материалов и ненадежность контакта при перегреве.

### Электропроводящие пасты и смазки.

Начиная с 80-х годов, как в нашей стране, так и за рубежом начали разрабатываться и использоваться специализированные электроконтактные пасты — органические связующие в смеси с порошковыми металлическими фритами. Паста наносится на рабочую поверхность электрического контакта, толщина покрытия — 50-80 мк, при этом мелкодисперсные частицы металлов заполняют макро и микронеровности контактных поверхностей. При затяжке контакта паста спрессовывается в сплошную губчатую металлическую прокладку толщиной порядка 40 мк, значительно увеличивая количество рабочих точек. Недостаток этого способа — трудность зачистки контакта от пасты при его переборке.

В настоящее время в России разработаны и производятся несколько типов термостойких электропроводящих паст (смазок), позволяющих обеспечить и стабилизировать переходное сопротивление на уровне от единиц до десятков мкОм на срок не менее 5 лет в широком диапазоне температур.

Пасты работоспособны независимо от рода тока, значений частоты и напряжения. Рецептура смеси представляет собой термостойкое электропроводное соединение мелкодисперсной металлической фриты с органическими связующими. Толщина покрытия поверхности металла составляет несколько микрон и обеспечивает долговременную защиту места стыка электрического контакта от различных физикохимических процессов, происходящих в процессе эксплуатации.

Существуют различные рецептуры паст, рассчитанные на сочетания материалов и различные рабочие температуры, причем чем выше максимальная рабочая температура (до 250-300 градусов) тем дороже паста. Свойства пасты сохраняются при температуре до - 60 градусов.

В зависимости от рецептуры современные пасты смываются водой или растворителем, что значительно облегчает ремонт контактов.

## Применение электропроводящих паст в промышленности.

В промышленности электропроводящие пасты широко применяются в энергоемких производствах, например в алюминиевой промышленности, при электрической плавке металлов а так же на энергообъектах.

Экономия электроэнергии на предприятиях цветной металлургии и химической промышленности составляет, по данным опытно-промышленной эксплуатации, 100000-200000 квт/ч, в общепромышленных сетях до 10000 квт/ч на 1 кг пасты в год. Покрытие пастой электронагруженных контактов стало нормой, что не только позволяет экономить электроэнергию, но и повышает ресурс работы контактов, решает проблему соединения различных металлов, предупреждает возгорание из-за перегрева.

С 01.01.91 введено в действие изменение №3 к ГОСТ 10.434-82, допускающее применение электропроводящих смазок и паст при сборке контактов.

## Предложения по применению электропроводящих паст в отрасли связи.

Электропроводящие смазки на предприятиях связи могут применяться в тех же целях, что и на общепромышленных сетях.

Кроме того, считаю целесообразным широко использовать их при монтаже разъемных контактов в системах уравнивания потенциалов и заземляющих устройств а так же при подключения к ним различного оборудования.

В частности, в инструкции по монтажу и эксплуатации устройств защиты, выпускаемых нашим предприятием, рекомендуется использовать электропроводящую пасту при монтаже контактов заземления, особенно в неблагоприятных условиях (например в НРП).

## Способ применения пасты.

1. Перед нанесением смазки на контактные поверхности зачистить их металлической щеткой. Пыль удалить сухой ветошью.
2. На одну из поверхностей шпателем нанести тонкий слой пасты (толщиной менее 1 мм).
3. Сборку контактов производить в соответствии с ГОСТ 10434-82 или монтажными инструкциями.
4. Убрать излишки пасты, вытесненные из области контакта.
5. При ремонте контакта остатки пасты удалить растворителем, произвести подготовку к нанесению в соответствии с п.1.

Расход пасты на 1 кв. метр – 200 грамм.

НПО «Инженеры электросвязи» предлагает поставку монтажных комплектов, в которые кроме фасованной в удобную упаковку пасты, входят шпатели, перчатки и металлическая щетка.

#### Список литературы.

1. Терентьев Д.Е. Высокочастотные свойства эквипотенциальных проводников. Терентьев Д.Е. «Электрическое питание», №3-4, 2004.
2. Высокочастотные свойства заземляющих проводников. «Электросвязь» №11, 2004.
3. РД45.091.195-90 Инструкция по проектированию комплексов электросвязи. Общие требования и нормы по заземлению оборудования, кабелей и металлоконструкций.
4. ГОСТ 9.005-72 Допустимые и недопустимые контакты металлов.
5. ГОСТ 10.434-82. Соединения контактные электрические. Классификация. Общие технические требования.
6. Басальгин М.Я., Веселов В.И., Сецкий В.М. О минимизации и стабилизации переходного сопротивления. «Промышленная энергетика» №7, 2001.
7. О применении электропроводящей смазки ЭПС-98 для повышения надежности контактных соединений. Письмо № 15-02/705 от 25.11.02 Департамента электрических сетей ОАО «Федеральная сетевая компания».

Примечание.

С - совместимые

Н – несовместимые