

Электропроводящие смазки — надежная мера снижения аварийности в сетях и уменьшения потерь в электрических контактах

Мозгалин А. В., канд. техн. наук

ООО "Рускомплект", Москва

Одними из основных причин повышенных потерь в изношенном оборудовании являются износ и окисление контактных соединений. Рассмотрены способы снижения потерь в электрических контактах с использованием смазок, рекомендованных ГОСТ 10434. Представлена информация о выпускаемых в настоящее время электропроводящих смазках российских и иностранных производителей. Приведены типичные примеры использования электропроводящих смазок.

Ключевые слова: энергоэффективность, окисление контактных соединений, электропроводящие смазки.

Причиной предаварийного состояния уставшего оборудования чаще всего является окисление контактных соединений, которое приводит к увеличению их переходного сопротивления, перегреву при протекании больших токов и снижению надежности.

При длительной работе электрических аппаратов выше 1 кВ рекомендуемая ГОСТ 8024 температура контактов из меди и медных сплавов должна быть не выше 75 °С, а контактных соединений из меди, алюминия и их сплавов — не выше 90 °С (температура указана при нахождении контактов на воздухе). Но по данным обследований она часто превышает 200 °С. Более всего перегреву подвержены неподвижные и подвижные контакты

рубильников, контактные группы выключателей нагрузки, болтовые соединения шинных мостов, присоединений коммутационных аппаратов, наконечников отходящих кабелей [1]. Сварные, прессуемые, обжимные и паяные соединения в общем случае надежнее, чем болтовые, и особенно — одноболтовые контакты, а также переходные с меди на алюминий, работающие на открытом воздухе, клиновые контакты, контакты, выполняемые методом волочения (типа Мафраль), стержневые (особенно переходные со стержня на плоскую шину при токах более 200 А), контакты из латуни, а также подвижные и скользящие.

Необходимо учитывать, что каждое из нагреваемых контактных соединений является

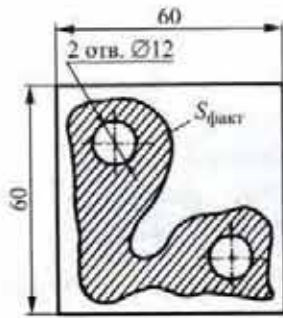


Рис. 1

источником электрических потерь, которые по разным экспертным оценкам составляют от 3 до 10 % всех потерь промышленных предприятий, причем они сильно отличаются для разных предприятий, даже имеющих сходные технологические процессы. В электрических сетях, по данным [1], в контактах теряется до 1 % общего количества передаваемой электроэнергии. Определить потери в контактных соединениях для действующего предприятия аналитическим путем невозможно, поскольку неизвестно ни количество, ни состояние контактных соединений, практически же их можно оценить, только устранив хотя бы часть из них.

Как известно, потери на нагрев контакта пропорциональны квадрату тока, следовательно, чем больше ток, протекающий через контакты, тем выше потери. Проблема снижения переходного сопротивления контактов существует давно, особенно на производствах с большими токами. Наилучшее ее решение — полный отказ от использования разъемных соединений и переход на соединение сваркой. Однако это не всегда возможно вследствие технологических и других причин, поэтому необходимо снижать сопротивление разъемных соединений. Для поддержания низкого сопротивления в течение длительного времени следует обеспечить постоянство контактного нажатия путем использования тарельчатых пружинных шайб по ГОСТ 10434–82. Нужно также защитить соединение от воздействия влаги и кислорода воздуха. ГОСТ 10434–82 рекомендует применять для этого нейтральную смазку (вазелин КВЗ, ЦИАТИМ-221 или другие смазки с аналогичными свойствами). В [2] предлагается использовать технический вазелин, смазки ЦИАТИМ-221 и АМС-1. Все они надежно защищают контакт, но вместе с тем являются хорошими диэлектриками, что приводит к повышению сопротивления кон-

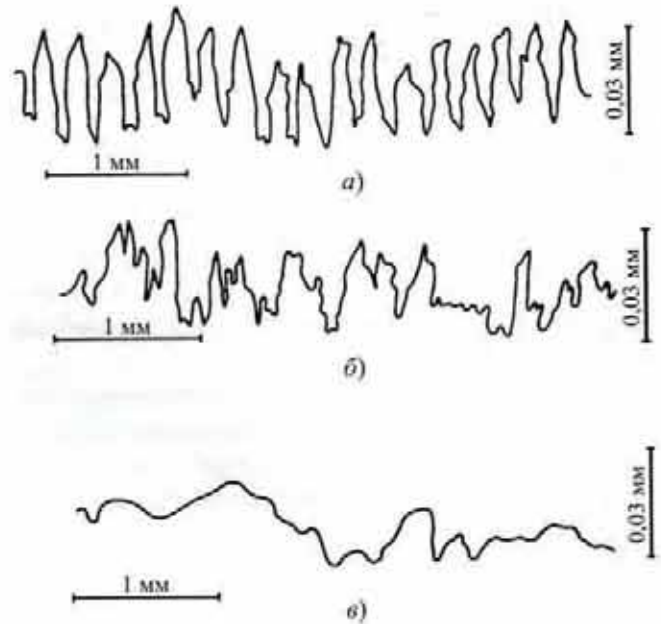


Рис. 2

такта по сравнению с несмазанным (например, при использовании смазки ЦИАТИМ оно увеличивается на 20 %). Таким образом, применение в контактах не предназначенной для этой цели смазки не решает проблему.

В вышедшем в 1991 г. ГОСТ 10434 рекомендуется для защиты разъемных соединений применять электропроводящие смазки, однако перечень их марок не приводится. При использовании данных смазок снижается сопротивление контакта в результате увеличения его реальной поверхности. Для иллюстрации этого рассмотрим типичное соединение двух алюминиевых шин с помощью болтов (см. рис. 1, где показана контурная площадь касания алюминиевой шины [2]). Фактическая площадь касания контакта $S_{\text{факт}}$ составляет примерно половину его номинальной площади. На ее величину влияют пластические свойства материала шин, усилие сжатия и чистота обработки контактирующих поверхностей. На рис. 2 показана поперечная профилограмма алюминиевых шин 6×60 мм при обработке их поверхности драчовым напильником (а), металлической вращающейся щеткой (б) и шайбровкой (в). Как видно, при простом сжатии двух шин из-за значительных неровностей, наблюдаемых на их поверхности, невозможно получить 100 % фактической площади контактирования.

При заполнении промежутка между контактирующими поверхностями шин электропроводящей смазкой и сильном их затягивании до

обеспечения (где это возможно) контактирования металла с металлом фактическая площадь контакта практически равна 100 % его номинальной площади (рис. 3). Но следует учитывать, что при протекании токов через выступы металла контактирующих поверхностей происходит перегрев выступов с их окислением. Пленка окисла имеет гораздо меньшую проводимость, чем контакты, и для обеспечения их низкого переходного сопротивления ее следует удалять. Для ликвидации пленки смазка должна быть химически активной, но в то же время не избыточно агрессивной, поскольку может повредить контакты [3]. Следовательно, в ней обязательно необходимо иметь добавки, защищающие чистый металл от коррозии, но позволяющие эффективно удалять окислы с его поверхности. В таком случае даже при значительном нагреве контактов (например, у хвостовиков ТЭН) окислов не будет как на самих контактирующих поверхностях, так и на частицах металла, обеспечивающих смазке проводимость.

Таким образом, электропроводящая смазка, обеспечивающая надежное соединение контактов, должна характеризоваться:

- низким электрическим сопротивлением и сохранением его даже при перегреве контакта (например, при воздействии сверхтоков в результате аварийных режимов оборудования);

- высокой стойкостью к влаге и агрессивным газам, парам и жидкостям;

- широким температурным диапазоном применения (для условий нашей страны его нижний предел — не выше $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$).

Помимо указанного она должна быть текучей (для заполнения макро- и микронеровностей контактов), но не вытекать из контактов даже при их нагревании, быть неядовитой и не требующей специальных мер по защите органов дыхания и т. д. Кроме того, смазка должна очищать контактирующие поверхности от окислов, но в то же время не разъедать металл контактов.

Одна из электропроводящих смазок — Суперконт, удовлетворяющая перечисленным требованиям, существует в нашей стране с 1994 г. Ее сопротивление при сжатии в контактном соединении сравнимо с сопротивлением сплошной медной шины и гарантированно защищает контакты от кислорода, хлора и других газов, а также от воздействия кислот и щелочей. Высокая степень защиты смазанных ею контактирующих поверхностей от коррозии и

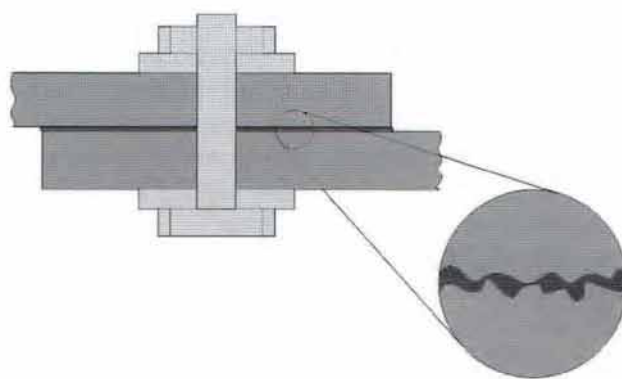


Рис. 3

окисления позволяет без дополнительных прокладок надежно соединять металлы, образующие гальванические пары, например медь и алюминий. В отличие от зарубежных аналогов, эта смазка разработана для условий нашего климата и используется в диапазоне температур от -60 до $+350\text{ }^{\circ}\text{C}$. Уже накоплен большой опыт применения смазки Суперконт, который свидетельствует об эффективности ее применения как с целью энергосбережения, так и для снижения аварийности на предприятиях.

Сейчас существуют аналоги данной смазки, например, паста КВТ, выпускаемая Электротехническим заводом КВТ (Калуга), или смазок серии ЭПС производства ООО «НИИ Морских систем» (Санкт-Петербург). Однако результаты их исследований показывают [1], что они значительно уступают смазке Суперконт по таким показателям, как проводимость и допустимый температурный диапазон использования. Наибольшую конкуренцию ей могла бы составить смазка Alnox Electrical Joint Compound (производства концерна «Alcoa Fujikura LTD»), однако она применима лишь в температурном диапазоне от -18 до $+250\text{ }^{\circ}\text{C}$, который не соответствует температурным условиям нашей страны.

Следует также отметить новую разработку 2009 г. — электропроводящую смазку Примаконт для повышенных температур. Она имеет низкое электрическое сопротивление, улучшенные органолептические свойства и широкий температурный диапазон (от -60 до $+400\text{ }^{\circ}\text{C}$), в котором сопротивление смазанных контактных соединений в 2 раза меньше, чем у свежезачищенных несмазанных.

Попытки применения ряда противозадирных металлосодержащих смазок иностранного производства в ряде случаев приводят к рез-

кому увеличению сопротивления контактов. Дело в том, что они разработаны исключительно для использования в качестве пасты для болтовых соединений, работающих при высоких температурах. Например, основное назначение смазки Molykote HSC Plus (производства фирмы "Dow Corning") — обеспечение легкой разборки резьбовых шпилек газовых и паровых турбин, которые могут пригореть в процессе эксплуатации. По данным изготовителя, температурный диапазон ее применения (для разделения пригорающих деталей и смазки вращающихся с низкими скоростями деталей) — от -30 до $+1100$ °С. При повышении температуры выше $150-200$ °С выгорает основа (минеральное масло) этой смазки, и тогда смазывание происходит за счет содержащихся в ней частиц меди и олова. Температура, при которой частицы металлов, содержащиеся в данной смазке, окисляются, изготовителем не нормируется, поэтому не нормируется и температура, при которой резко повышается переходное сопротивление контактов. Также не известен и не нормируется срок, в течение которого эти частицы не будут окисляться и при обычной температуре в условиях реальной эксплуатации.

Особо следует рассматривать вопрос о применимости электропроводящих смазок в контактах (например, рубильников), предназначенных для разрыва электрической цепи под нагрузкой. В этом случае при размыкании контакта ток потечет через слой электропроводящей смазки. Образующаяся в данной ситуации искра имеет высокую энергию, поэтому смазка может мгновенно испариться, пусть даже и предохранив контакт от обгорания. Поэтому в разрывных контактах необходимо применять смазку, имеющую высокое электрическое сопротивление, что обеспечит лучшее гашение искры и меньшие ее потери. В то же время желательно, чтобы смазка не повышала сопротивление контакта, а, наоборот, снижала его. Смазка Экстраконт обладает подобными свойствами. Она содержит присадки для растворения образующихся на контактах окислов, а также ингибиторы коррозии для защиты чистого металла контактов.

Использование электропроводящих смазок наиболее эффективно в цепях с большими токами, а также в разъемных электрических соединениях, эксплуатируемых в условиях сырости, химически агрессивной окружающей среды (газы, щелочи, пары кислот и др.). Объектами их применения являются также гальванические цеха, цеха электролиза, железные дороги, метро и другой электрифицированный транспорт, тяговые подстанции. Некоторые зажимы WAGO требуют обязательного использования при электромонтаже электропроводящих смазок. Из российских изделий, в которых применяются эти смазки, можно отметить кабельные наконечники и соединители, выпускаемые калужским Электротехническим заводом КВТ.

В общем случае электромонтаж с использованием электропроводящих смазок позволяет значительно снизить аварийность соединений, а их однократное применение — освободиться на срок до 5 лет от текущих работ по зачистке и подтяжке соединений и ограничиться лишь периодическим их осмотром. Это приведет к существенному уменьшению трудоемкости планово-предупредительных ремонтов и количества необходимого персонала.

Однако остается одна проблема: широкому использованию электропроводящих смазок для снижения потерь и аварийности в разъемных соединениях мешает отсутствие информации у тех, кто занимается реальной эксплуатацией оборудования. К тому же ситуацию усложняют расплывчатая формулировка об области применения электропроводящих смазок и отсутствие их рекомендуемых марок в ГОСТ 10434.

Список литературы

1. Синидин В. В. Температурный контроль контактных соединений — надежный способ снижения аварийности и потерь в электрических сетях. — Энергоэффективность Волгоградской области, 2007, № 1.
2. Бойченко В. И. Дзекпер Н. И. Контактные соединения токоведущих шин. — Л.: Энергия, 1978.
3. Новиков В. К., Соколовский М. Я. Дело... в смазке! — Энергонадзор, 2009, № 1 (4).

almozg@yandex.ru