

Некоторые пути повышения надежности электрических контактных соединений

Н. Н. Дзекцер, Г. Ю. Авраменко, Ю. С. Висленев*

ООО “Системы энергоэкологической безопасности”, г. Санкт-Петербург, Россия, e-mail: eec@sp.ru
*ЦНИИСЭТ, г. Санкт-Петербург, Россия

Надежность электрических контактных соединений во многом определяет работоспособность и пожаробезопасность электроустановок. Рассмотрены физико-механические свойства и микрогеометрия поверхностей контакт-деталей. Указаны основные направления усовершенствования контактных соединений, прежде всего, алюминиевых проводников: применение электропроводящей смазки и нанесение рифления на поверхности контакт-деталей.

Ключевые слова: надежность контактных соединений, микрогеометрия поверхности, электропроводящая смазка, рифление поверхностей, перегрев контакт-деталей.

Надежность электрооборудования определяется надежностью его составных элементов. Среди них важное место занимают электрические контактные соединения, число которых в десятки и сотни раз превосходит число единиц устанавливаемого на объектах электрооборудования.

Решающее влияние на поведение контактных соединений оказывает переходное сопротивление $R_{пер}$. Известны пути уменьшения и стабилизации этого сопротивления [1].

- Обеспечение необходимого усилия сжатия контакт-деталей $R_{пер}$ зависит от нагрузки в степени 0,85—1,0).
- Оптимизация соединения связана с выбором конструкции контактного узла и уровнем подготовки поверхностей контакт-деталей (5—7 класс).
- Для стабилизации контактного нажатия следует применять тарельчатые пружины, цветной крепеж и т. п.
- Для стабилизации электрического сопротивления рекомендуется вместо технического алюминия использовать кремниво-магниево-алюминиевые сплавы.

- Весьма эффективно нанесение металлического покрытия из никеля или цинка толщиной 6 мкм на рабочие поверхности контакт-деталей.

При монтаже новых соединений или при достижении контактными соединениями температур, регламентированных ГОСТ 10434, рекомендуется применять электропроводящую смазку ЭПС-98. Смазка ЭПС-98 представляет собой смесь масла (силиконовое, полиэфирное или минеральное), высокодисперсного металлического порошка (медь или никель), присадки в виде неорганической тиксотропной добавки и стабилизирующих компонентов.

Применение металлического порошка увеличивает фактическую площадь касания и повышает термостойкость смазки. В качестве стабилизирующих добавок смазка содержит антиоксиданты и/или ингибиторы коррозии. Использование в электропроводящей смазке неорганической тиксотропной добавки позволяет регулировать ее вязкость, добиваясь получения оптимальной текучести.

При использовании смазки ЭПС-98 отпадает необходимость в применении других дефицитных и дорогостоящих средств стабилизации электрического сопротивления: медно-алюминиевых переходных деталей, тарельчатых пружин, металлопокрытий контактирующих поверхностей и т. д.

Еще одним направлением повышения надежности контактных соединений является нанесение рифления на поверхности контакт-деталей (КД).

При сопряжении контакт-деталей металлический контакт имеет дискретный характер, образуя хаотично расположенные на рабочих поверхностях “ α ”-пятна, через которые протекает электрический ток из одной КД в другую. Для обеспечения равномерного расположения “ α ”-пятен касания по рабочим поверхностям КД и обусловленных ними зон локального перегрева на рабочих поверхностях КД рекомендуется выполнять рифления с постоянным шагом и дополнительные рифления под углом к основным рифлениям.

Совокупность выступов рифленых поверхностей представляет собой периодическую по двум координатам структуру, аналогичную сетчатому растру. При сопряжении контакт-деталей образуется муаровая картина в виде расположенных в определенном порядке пятен касания,

представляющих собой геометрическое место точек пересечения наложенных друг на друга семейств выступов.

Шаги основных и дополнительных рифлений связаны соотношением

$$q_1/q_2 = S/r; \quad |q_1 - q_2| < 1/2P; \quad P = P_1 = P_2; \quad 1/2P < \{q_1, q_2\} < P,$$

где P_1, P_2 — шаги основных рифлений; q_1, q_2 — шаги дополнительных рифлений; S/r — рациональная правильная дробь.

На рис. 1 представлены контакт-детали описанной контактной пары, на рис. 2 — картина контактирования рифлений при сопряжении КД.

Контактная пара состоит из КД 1 и 2 с рифлеными рабочими поверхностями. Основные рифления 3 выполнены вдоль КД 1 и поперек КД 2 с шагом $P_1 = P_2 = P$. Дополнительные рифления 4 выполнены поперек КД 1 и вдоль КД 2 с шагами q_1 и q_2 соответственно, при этом $q_1 \neq q_2$.

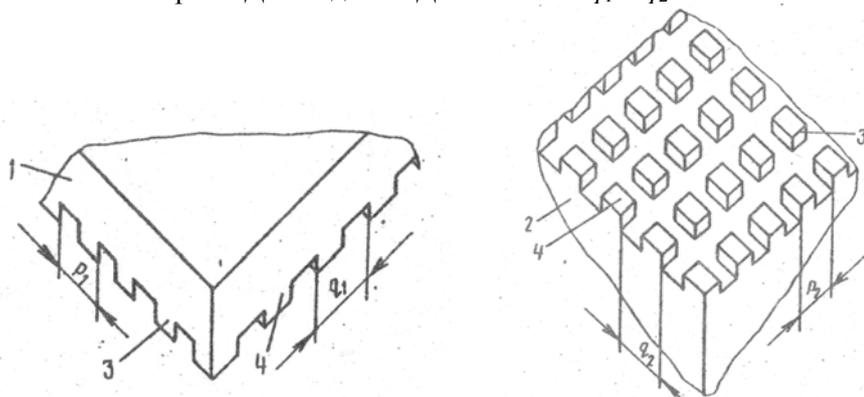


Рис. 1. Контакт-детали контактного соединения.

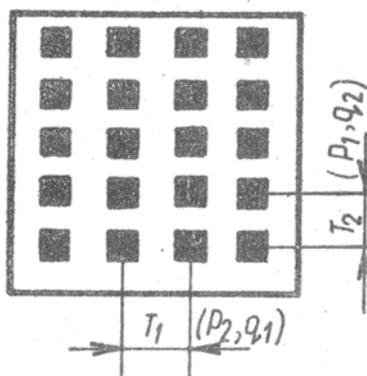


Рис. 2. Картина контактирования сопрягаемых деталей.

Хаотическая картина сопряжения рифленых поверхностей не может образовываться, потому что совокупность периодических процессов, как известно, образует другой такой же периодический процесс с другими частотными характеристиками. В данном случае, учитывая интегральный характер тепловых процессов, наибольшее влияние окажет период муаровых полос (мест сопряжения выступов), распределенных равномерно по поверхности КД.

Пусть площадки пересечения выступов чередуются с периодом T , если в пределах периода укладывается S впадин с шагом P_1 и r выступов с шагом P_2 (S и $r \in z$), где z — натуральный ряд чисел, то $T = P_1 r = P_2 S$, откуда $P_1/P_2 = S/r$, то есть отношение S/r должно быть рациональным. Наоборот, если S/r рационально и равно P_1/P_2 , $(r, 1) = 1$, то есть наименьший общий делитель $\{r, S\} = 1$, то $S \in z$. Это означает, что на расстоянии $P_1 r = P_2 S = T$ от совпадающих выступов снова произойдет совпадение. Поскольку контактные зоны равномерно распределены по рабочим поверхностям КД, перегревы не группируются на ограниченной площади и не вызывают чрезмерного локального повышения температуры КД, приводящей к ускоренной деградации электрических свойств пары. Это и обеспечивает более высокую надежность и экономичность контактных соединений.