

## 55 Электрические контакты. Основные процессы, протекающие между электрическими контактами

*Электрическим контактом* называется зона перехода электрического тока из одной токоведущей части в другую. Поверхности, на которых осуществляется электрический контакт, называются контактными. Обеспечить такие же условия прохождения тока, как и в сплошном проводнике, в месте электрического контакта практически невозможно. Вследствие этого контактные соединения являются наиболее уязвимым местом электрического аппарата и требуют особого внимания как при его конструировании, так и в процессе эксплуатации.

*Характеристики контактов электрических аппаратов:*

- *расторг контакта* — кратчайшее расстояние между контактными поверхностями подвижного и неподвижного контактов в разомкнутом положении;
- *нажатие контакта* — усилие, с которым одна контактная поверхность воздействует на другую;
- *начальное нажатие контакта* — нажатие пружин на контакт при разомкнутом положении контактов;
- *конечное нажатие контакта* — нажатие в момент окончания замыкания подвижного контакта с неподвижным;
- *провал контакта* — расстояние, на которое может сместиться подвижный контакт, если убрать неподвижный.

Поверхность контактов должна быть хорошо обработана для обеспечения достаточной площади соприкосновения, а следовательно, и проводимости электрического тока. Однако как бы не была тщательно обработана поверхность соприкосновения контактов, электрический ток проходит из одного контакта в другой только в отдельных точках, где две поверхности контактов касаются друг друга контактирующими выступами, так как электрическом контакте абсолютно гладкая поверхность не получится ни при каком способе обработки.

При нажатии одного контакта на другой вершины выступов сминаются, в результате образуются площадки действительного касания контактов.

Соппротивление контакта зависит от способа обработки поверхности контакта. Если поверхность контактов шлифованная, на ней остаются более пологие выступы с большим сечением. Смятие таких выступов возможно только при больших силах нажатия. В связи с этим сопротивление шлифованных контактов выше, чем контактов при более грубой обработке, например, после обработки напильником.

В месте соприкосновения контактов при окислении металла на поверхности образуются плёнки с очень высоким удельным сопротивлением (до  $10^4$  Ом м). Если напряжение замыкаемой цепи очень мало или нажатие на контакты является недостаточным, контакты иногда вообще не пропускают ток. Для того чтобы ток проходил, нужно увеличить или нажатие контактов, чтобы разрушить плёнку, или напряжение цепи, чтобы произошёл пробой образовавшейся плёнки.

Как только свежеочищенная поверхность контактов соприкоснётся с кислородом воздуха, вновь начнется процесс образования оксидной плёнки и переходное сопротивление может возрасти в десятки тысяч раз. В связи с этим контакты аппаратов на малые токи (малые нажатия) изготавливают из благородных металлов, которые не позволяют образоваться оксидным плёнкам (золото, платина и др.). В силовых контактах электрических аппаратов, коммутирующих большие токи, плёнка оксидов разрушается благодаря большим нажатиям, или путём самозачистки за счёт проскальзывания одного контакта относительно другого при включении аппарата.

Рассмотрим процессы, которые протекают при включении и отключении электрической цепи.

**Включение цепи.** При включении контактов могут наблюдаться следующие процессы: вибрация контактов; эрозия в результате образования разряда между сходящимися контактами.

При включении цепи по мере приближения подвижного контакта к неподвижному возрастает напряжённость электрического поля между контактами и, при определённом расстоянии, произойдет пробой промежутка. В дуговую форму разряд не переходит, так как подвижный контакт продолжает двигаться и, замыкая промежуток, прекращает разрядные процессы. Однако возникающие при пробое электроны бомбардируют анод и вызывают его износ. Металл анода оседает на катоде в виде тонких игл.

Износ контактов в результате переноса материала с одного контакта на другой, испарение в окружающее пространство без изменения состава материала называются электрическим износом или эрозией. При замыкании контактов эрозия незначительная, но при малых нажатиях и небольших расстояниях между контактами она может привести к их спеканию.

В аппаратах высокого напряжения при сближении контактов пробой происходит при больших расстояниях. Возникающая дуга между контактами с большим током горит относительно долго, при этом возможно сваривание контактов.

**Отключение цепи.** При размыкании контактов сила нажатия уменьшается, переходное сопротивление возрастает, поэтому увеличивается температура точек касания. В момент разъединения контактов она достигает температуры плавления и между контактами возникает мостик из жидкого металла. При дальнейшем движении контактов мостик обрывается и в зависимости от параметров отключаемой цепи возникает дуговой или тлеющий разряд.

При возникновении дугового разряда температура достигает точки плавления материала контактов. Отмечаются интенсивное окисление, распыление материала контактов в окружающее пространство, перенос материала с одного контакта на другой и образование плёнок, следовательно, происходит износ контактов.

Износ, связанный с окислением, образованием на контактах плёнок химических соединений материала контактов со средой, называется химическим износом или коррозией.

Перенос материала с одного контакта на другой наиболее вреден при постоянном токе, так как направление переноса не изменяется, что приводит к потере массы или объёма и выходу контакта из строя.

Основными средствами борьбы с эрозией в аппаратах, рассчитанных на токи от 1 до 600 А, являются сокращение длительности горения дуги за счёт применения дугогасительных устройств; устранение вибрации контактов при включении; применение контактов из дугостойких материалов, имеющих высокую температуру плавления.

Подвижный контакт должен иметь определённую скорость движения и определённый ход в зависимости от конструкции аппарата, номинального тока и напряжения.

К материалам, из которых изготавливают контакты, предъявляются следующие требования:

- высокая электропроводность и теплопроводность; стойкость против коррозии в воздухе и других газах;

- стойкость против образования оксидных плёнок с большим удельным сопротивлением;

- низкая твёрдость для уменьшения необходимой силы нажатия; высокая дугостойкость (температура плавления);

- высокая механическая прочность (уменьшает механический износ и позволяет сохранять форму контактной поверхности);

- достаточная вязкость (позволяет контактам хорошо прирабатываться друг к другу, снижает переходное сопротивление);

- невысокая стоимость.