

Электрические и электронные

аппараты

Электрический аппарат - это электротехническое устройство, которое используется для включения и отключения электрических цепей, контроля, измерения, защиты, управления и регулирования установок, предназначенных для передачи, преобразования, распределения и потребления электроэнергии.

Функции электрических аппаратов.

Включают в себя следующие разновидности: *коммутацию, стабилизацию, регулирование, преобразование, контроль и защиту.*

К о м у т а ц и я (от латинского *commutatio* - изменение) может быть дискретной (ступенчатой) или плавной (непрерывной).

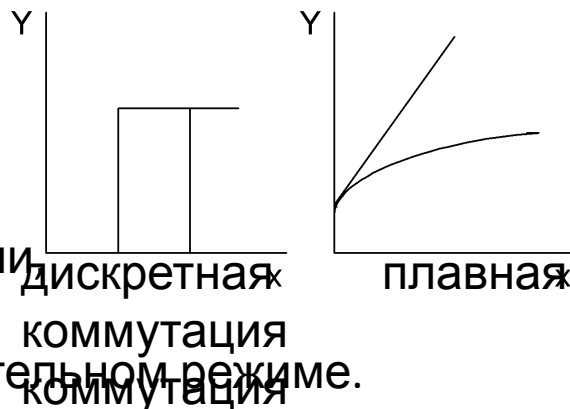
Дискретная коммутация - включение или выключение контакторами, реле и др.

Плавная коммутация - усилители, работающие в усилительном режиме.

С т а б и л и з а ц и я (от латинского *stabilis* - устойчивый) приведение какого-либо параметра в устойчивое состояние. Эту функцию выполняют стабилизаторы.

Р е г у л и р о в а н и е (от латинского *regulare*) автоматическое поддержание заданного режима работы на определенном уровне.

П р е о б р а з о в а н и е - изменение величины какого либо параметра (например, напряжения одного уровня в напряжение другого уровня). Эту функцию выполняют трансформаторы, преобразователи и др.



К о н т р о л ь - наблюдение за изменением какого-либо параметра, его измерение, выдача информации о состоянии контролируемой величины. Эту функцию выполняют датчики.

З а щ и т а электротехнического оборудования от аварийных режимов (короткого замыкания, перегрузки, изменения частоты тока, перенапряжения, изменения направления потоков электроэнергии и др.).

Классификация электрических аппаратов.

Классификация электрических аппаратов может быть проведена по ряду признаков: назначению, области применения, принципу действия, роду тока, исполнению защиты от воздействий окружающей среды, конструктивным особенностям и др.

По назначению:

Коммутационные аппараты (рубильники, пакетные выключатели);

Ограничивающие аппараты (ограничения токов короткого замыкания (реакторы) и перенапряжений (разрядники));

Пускорегулирующие аппараты (контроллеры, командоконтроллеры, контакторы, пускатели);

Аппараты для контроля заданных электрических или неэлектрических параметров (реле и датчики);

Аппараты для измерений (трансформаторы тока, напряжения, емкостные делители напряжения);

Электрические регуляторы (служат для поддержания на неизменном уровне напряжения тока, частоты вращения и других величин)

По областям применения: *Аппараты электрических систем и электроснабжения.* Сюда относятся в основном электрические аппараты распределительных устройств низкого и высокого напряжений и ограничивающие аппараты.

Аппараты управления. К этой группе относятся в основном пускорегулирующие аппараты.

Аппараты автоматики. Группа включает в себя аппараты контролирующих функций.

По номинальному напряжению: Электрические аппараты разделяются на аппараты низкого напряжения (с номинальным напряжением до 1000 В) и высокого напряжения (с номинальным напряжением более 1000 В).

По исполнению защиты электрические аппараты разделяются на аппараты открытого исполнения, защищенного исполнения, герметичного исполнения и взрывобезопасного исполнения.

Электрические

Место перехода тока из ~~одного~~ **контакта** ~~токо~~ **токо** ведущей части в другую называется электрическим

контактом. Поверхность проводника, соприкасающаяся с поверхностью другого проводника, называется контактной поверхностью.

В месте перехода тока из одного проводника в другой возникает электрическое сопротивление, которое называется переходным сопротивлением контакта.

Электрический контакт – соединение двух проводов, позволяющее проводить ток.

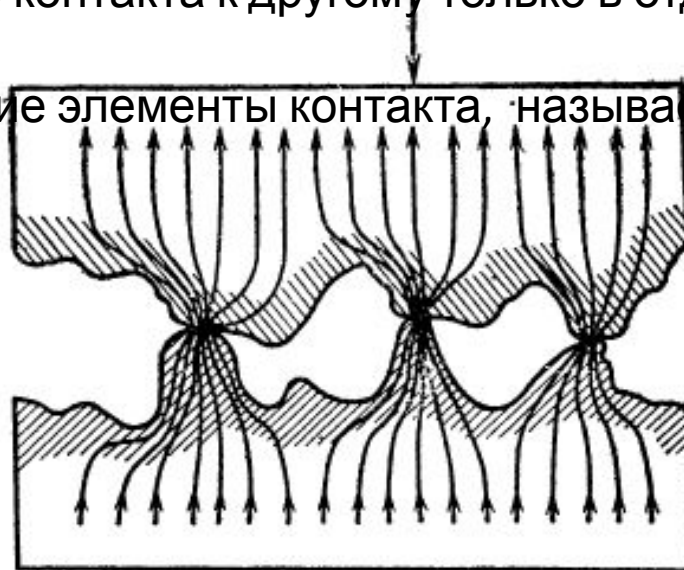
Соприкасающиеся проводники называются контактами.

Сборочная единица в составе электрического аппарата, с помощью которой в процессе

работы аппарата производится замыкание или размыкание электрической цепи, называется контактной системой электрического аппарата.

Ток проходит от одного контакта к другому только в отдельных точках. Усилие, с которым

сжимаются токоведущие элементы контакта, называется контактным нажатием.



Переходное сопротивление

контакта

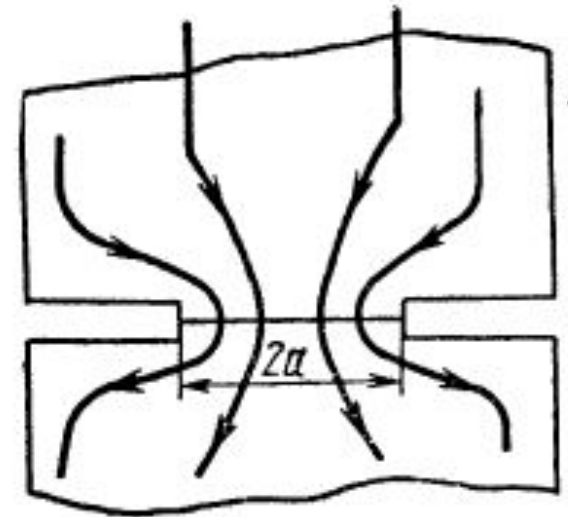
Определим переходное сопротивление контакта. Положим контакты имеют одну площадку касания в виде курага радиусом a

$$R_{\Pi} = \frac{\rho l}{\pi a^2}$$

$$R_{\Pi} = \frac{\rho l}{\pi a^2} \frac{\rho l}{\rho l}$$
$$R_{\Pi} = \frac{\rho l}{\pi a^2}$$

В результате стягивания линий тока к площадке касания путь тока изменяется. Сопротивление в области точки касания, обусловленное явлениями стягивания тока, называется переходным сопротивлением контакта. Как известно сопротивление определяется

$$R_{\Pi} = \frac{\rho l}{\pi a^2}$$



Если поперечные размеры тела контакта превосходит более чем в 1,3 раз диаметр площади касания, то

$$R_{\Pi} = \frac{\rho l}{\pi a^2}$$

Выразив из (1) радиус соприкосновения и подставив его в выше приведенное получим

$$R_{\Pi} = \frac{\rho l}{\pi a^2}$$

Зависимость коэффициента k от материала

| Материал контактов | Коэффициент k для сильноточных контактов, $H^{1/2} \cdot Ом$ | Коэффициент k для слаботочных контактов (реле), $H^{1/2} \cdot Ом$ |
|--------------------|--|--|
| Медь | $3,16 \cdot 10^{-4}$ | $0,014—0,0175$ |
| Серебро | $1,58 \cdot 10^{-4}$ | $0,006$ |
| Олово | $15,8 \cdot 10^{-4}$ | — |
| Латунь | $21,2 \cdot 10^{-4}$ | — |
| Сталь | $24 \cdot 10^{-4}$ | — |
| Алюминий | $5,05 \cdot 10^{-4}$ | — |

Одноточечный контакт применяется при малых токах. Количество контактирующих

точек увеличивается с ростом силы нажатия. Для такого контакта переходное

сопротивление выражается более сложным уравнением

$$R_{\text{п}} = \frac{k}{(0,102 F_{\text{к}})^n}$$

С уточнениями на основании опытных данных величина переходного сопротивления определяется выражением

n - показатель степени, характеризующий число точек соприкосновения, для различных контактов имеет следующие значения:

- точечный контакт** $n = 0.5,$
- линейный контакт** $n = 0.5 - 0.7,$
- поверхностный контакт** $n = 0.7 - 1.0.$

$F := 0, 4..20$

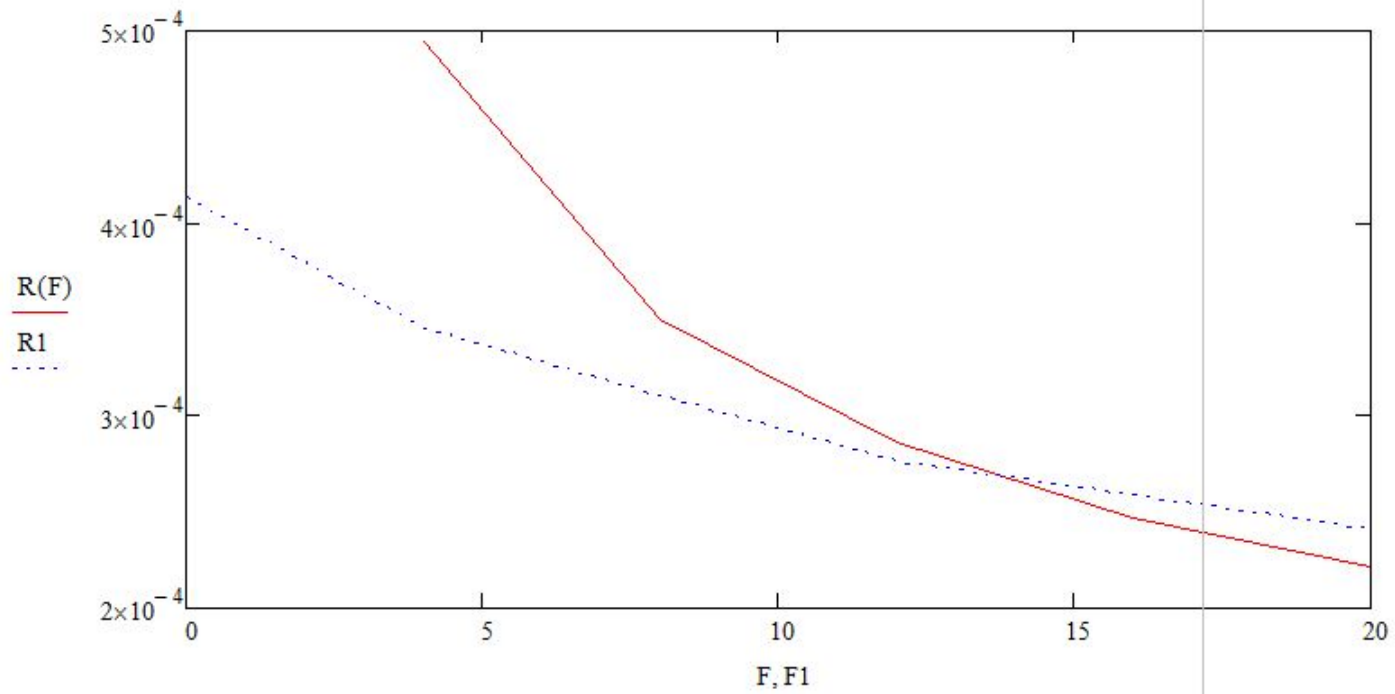
$k := 3.16 \cdot 10^{-4}$

$n := 0.5$

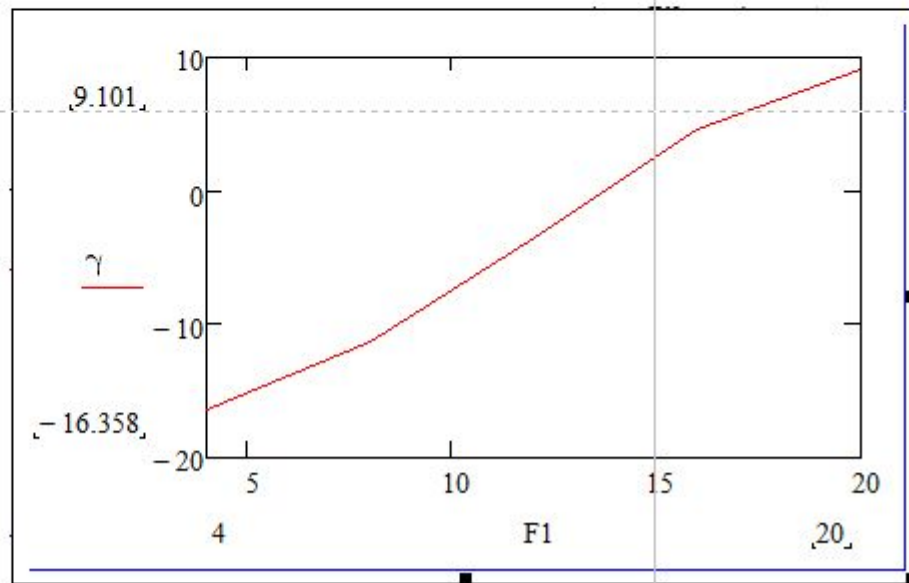
$$R(F) := \frac{k}{(0.102 \cdot F)^n}$$

$$R1 := \begin{pmatrix} \frac{0.0012}{2.9} \\ \frac{0.0010}{2.9} \\ \frac{0.0009}{2.9} \\ \frac{0.0008}{2.9} \\ \frac{0.00075}{2.9} \\ \frac{0.0007}{2.9} \end{pmatrix}$$

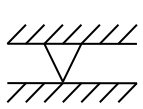
$$F1 := \begin{pmatrix} 0 \\ 4 \\ 8 \\ 12 \\ 16 \\ 20 \end{pmatrix}$$



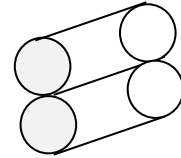
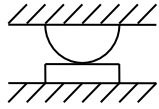
$$\gamma := \begin{pmatrix} \frac{0.0012}{2.9} - R(4) \\ \frac{0.0009}{2.9} - R(8) \\ \frac{0.0008}{2.9} - R(12) \\ \frac{0.00075}{2.9} - R(16) \\ \frac{0.0007}{2.9} - R(20) \end{pmatrix} \cdot 100$$



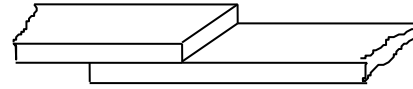
По форме соприкосновения различают три типа контактов:
точечный, линейный и поверхностный.



Точечный
контакт



линейный
контакт



поверхностный
контакт

Все контактные соединения должны удовлетворять требованиям

- надежности;
- механической прочности;
- термической и электродинамической устойчивости;
- стойкости против влияния внешней окружающей среды.

С увеличением контактного нажатия переходное сопротивление уменьшается. Причем, после снятия F_k за счет остаточной деформации бугорков на поверхности

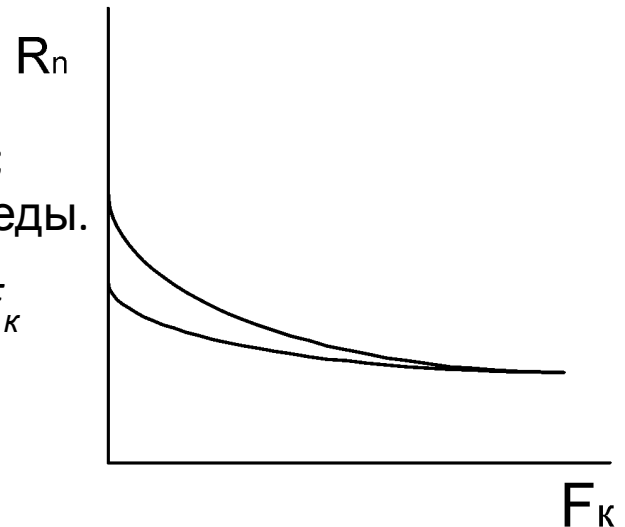
контактов переходное сопротивление становится

меньше

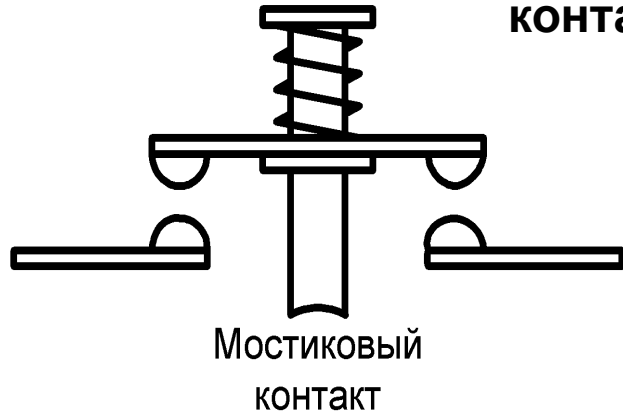
Вследствие окисления переходное сопротивление может возрасти в сотни и тысячи раз. Возрастание переходного сопротивления приводит к увеличению мощности на

R_n и возрастанию температуры контактного соединения.

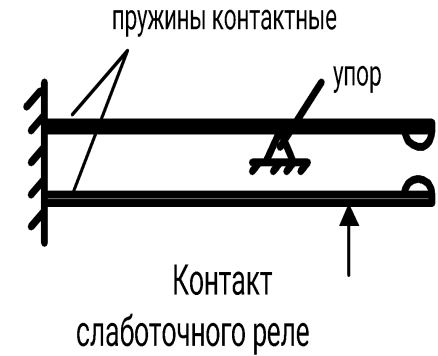
Для борьбы с окислением контактов их покрывают оловом, серебром или техническим вазелином.



Конструкции контактов

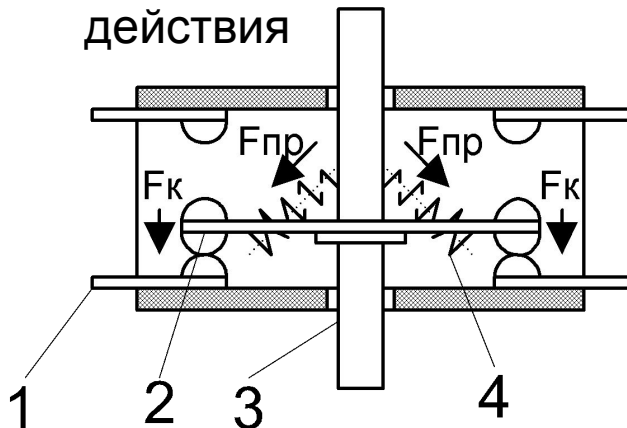


Мостиковый контакт с точечными рассчитан на номинальный ток до 100 А. Применяются в магнитных пускателях, промежуточных реле и др.



Консольно закрепленные контакты с плоских пружин и контактными напайками, образующими точечный контакт. Контактное нажатие создается реакцией пружин при изгибе. Находят применение в слаботочных реле на токи не более 1-2 А.

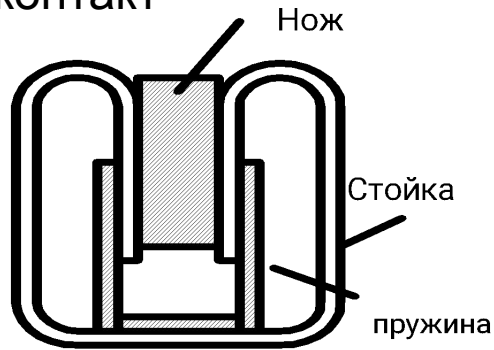
Контакты спускового действия



контакты - 1
контактный мостик 2
траверса 3
пружины 4

При переходе точки закрепления пружин на траверсе через мостик направление действия сил $F_{пр}$ создаваемых пружинами, меняется на противоположное и мостик скачком перемещается вверх, замыкая другую пару

Врубной
контакт



Врубной
контакт

- неподвижного контакт 1
- подвижного контакт 2
- пружины 3

Применяется в силовых электрических аппаратах - распределительных устройствах (рубильники, предохранители и др.). Самоочищающийся контакт, так как после каждого замыкания и размыкания он за счет трения очищается от окисной пленки на соприкасающихся поверхностях.

Режимы работы

контактов.

Работу контактов можно разделить на следующие режимы:

режим замыкания;

режим замкнутого состояния;

режим размыкания.

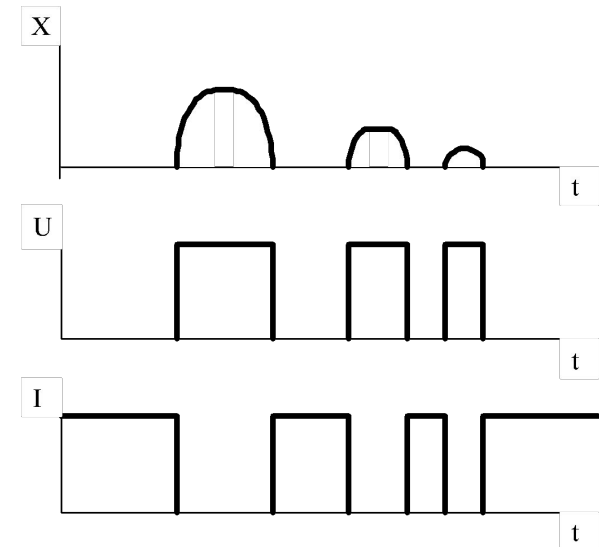
Режим замыкания.

В этом режиме возможны следующие процессы:

а) вибрация контактов,

б) эрозия контактов.

Увеличение жесткости контактной пружины способствует уменьшению вибрации



Режим замкнутого состояния.

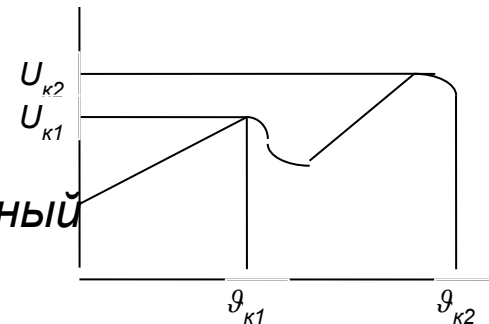
В этом режиме возможны два случая:

1) *через контакты проходит длительное время номинальный*

ток,

2) *через контакты проходит ток короткого замыкания.*

Это вызывает нагрев контакта.



Контакт характеризуется двумя точками;

-точкой размягчения (рекристаллизации) с параметрами $U_{к1}$ и $J_{к1}$ ($U_{к1}$ - падение напряжения, $J_{к1}$ - температура) и

-точкой плавления.

Параметры точек рекристаллизации и плавления контактов из различных материалов

| Материал | $U_{к1}, В$ | $J_{к1}, ^\circ С$ | $U_{к2}, В$ | $J_{к2}, ^\circ С$ |
|----------|-------------|--------------------|-------------|--------------------|
| медь | 0.12 | 190 | 0.43 | 1083 |
| серебро | 0.09 | 150 | 0.35 | 960 |
| алюминий | 0.10 | 150 | 0.30 | 658 |
| вольфрам | 0.40 | 1000 | 1.00 | 3370 |

Для надежной работы контактов необходимо, чтобы при номинальном токе I_H падение напряжения на переходном сопротивлении было меньше допустимого

$$I_H R_{п} < U_{кдоп} = (0.5 - 0.8) U_{к1}$$

При коротком замыкании через контакты проходят токи в 10-20 раз превышающие номинальные значения. Из-за малой постоянной времени нагрева температура контактной площадки практически мгновенно повышается и может достигнуть температуры плавления. Это может привести к свариванию контактов.

Режим размыкания контактов.

При размыкании сила нажатия уменьшается, переходное сопротивление возрастает и растет температура точек касания. В момент разъединения контактов температура достигает температуры плавления и между контактами возникает мостик из жидкого металла. Если величина тока и напряжения не превышают некоторых граничных значений I_o и U_o , то тлеющий разряд не переходит в дуговой

Граничные значения I_o и U_o различных материалов контактов

| Материал | U_o , В | I_o , А |
|----------|-----------|-----------|
| серебро | 12.0 | 0.40 |
| золото | 15.0 | 0.38 |
| медь | 12.3 | 0.43 |
| вольфрам | 17.0 | 0.90 |

Основными средствами борьбы с эрозией в аппаратах на токи от 1 до 600 А являются:

- 1) сокращение длительности горения дуги за счет применения дугогасительных устройств,
- 2) устранение вибрации при включении, применение дугостойких контактных материалов.

Основная литература:

Чунихин А. А. Электрические аппараты: Общий курс. Учебник для вузов. — 3-е изд., перераб. и доп. — М.: Энергоатомиздат, 1988. — 720 с.: ил (<http://mexalib.com/view/16591>).

Основы теории электрических аппаратов: учебник для студ. высш. учеб. заведений / [Е. Г. Акимов и др.]. — М. : Издательство «Лань», 2015. — 592 с (электронно-библиотечная система издательства «Лань»).

Дополнительная литература:

Электрические и электронные аппараты: Учебное пособие / О.Б.Лакота. Санкт-Петербургский горный ин-т. СПб, 2001. 57 с (http://nshaucება.ru/v31764/лакота_о.б._электрические_и_электронные_аппараты).

Электрические и электронные аппараты: Учебник для вузов / Под ред. Ю.К. Розанова. — М.: Энергоатомиздат, 1988. — 752 с (http://nshaucება.ru/v38838/розанов_ю.к._электрические_и_электронные_аппараты).

Таев И.С. Электрические аппараты. Общая теория. М.: Энергия, 1977. — 272 с (<http://www.razym.ru/tehnikeskaya/elektrotehnika/313942-taev-is-elektricheskie-apparat-y-obschaya-teoriya.html>).