



Курс: «Электрические аппараты»

Лекция № 9

Автоматические выключатели, плавкие предохранители и рубильники.

Преподаватель: Сарсенбаев Е.А., ассоц.проф. кафедры
«Энергетика»

y.sarsenbayev@satbayev.university

Алматы 2025

Содержание

1. Общие сведения.
2. Автоматический выключатели.
3. Классификация. Требования.
4. Расцепители автоматов.
5. Предохранители.
6. Эффект токоограничения.
7. Нагрев плавкой вставки при к.з.
8. Конструкция предохранителей низкого напряжения.
9. Высоковольтные предохранители. Требования.
10. Устройство и принцип действия выхлопных плавких предохранителей типа ПВТ и ПКН.
11. Рубильники.
12. Классификация.
13. Принцип действия рубильника.
14. Буквенные обозначения рубильников

По завершению урока Вы будете знать:

- 1. Автоматический выключатели.*
- 2. Классификация. Требования.*
- 3. Предохранители. Конструкция.*
- 4. Предохранителей низкого напряжения.*
- 5. Высоковольтные предохранители.*
- 6. Устройство и принцип действия выхлопных плавких предохранителей типа ПВТ и ПКН.*
- 7. Предохранители с гашением дуги в закрытом объеме.*
- 8. Рубильники и их принцип действия.*
- 9. Процессы, происходящие при размыкании рубильника.*

Общие сведения

Общие сведения.

Все существующие эксплуатируемые или вновь сооружаемые электрические сети должны быть обеспечены необходимыми и достаточными средствами защиты, прежде всего, от поражения электрическим током людей, работающих с этими сетями, участков цепей и электрооборудования от токов перегрузки, токов короткого замыкания, пиковых токов. Эти токи могут привести к повреждению как самих сетей, так и электроприборов, работающих в этих сетях.

Каждая трансформаторная подстанция, каждая воздушная линия, каждая кабельная линия и распределительные внутридомовые сети, каждый электроприёмник имеют аппараты защиты, обеспечивающие их бесперебойную и надежную работу.

Таких аппаратов на данный момент в мире имеется огромный выбор. Их можно подобрать по типу, по способу подключения, по параметрам защиты. Аппараты защиты электрооборудования и электрических сетей очень обширная группа и включает в себя такие аппараты как: плавкие вставки (предохранители), автоматические выключатели, разнообразные реле (токовые, тепловые, напряжения и т. п.).

Автоматические выключатели

Автоматический выключатель — контактный коммутационный аппарат. Автоматы служат для автоматического отключения электрических цепей при перегрузках, к.з., чрезмерном понижении напряжения питания, изменения направления мощности, а также для редких включений и отключений вручную номинальных токов нагрузки. Является основным защитным аппаратом.



Рисунок 1. Автоматический выключатель.

Автоматические выключатели

Классификация

ГОСТ 9098-78 устанавливает следующую классификацию автоматических выключателей:

По роду тока главной цепи: постоянного тока; переменного тока; постоянного и переменного тока.

Номинальные токи главных цепей выключателей, предназначенных для работы при температуре окружающего воздуха $+40^{\circ}\text{C}$, должны соответствовать ГОСТ 6827. Номинальные токи для главных цепей выключателя выбирают из ряда: 6,3; 10; 16; 20; 25; 32; 40; 63; 100; 160; 250; 400; 630; 1000; 1600; 2500; 2000; 4000; 6300 А. Дополнительно могут выпускаться выключатели на номинальные токи главных цепей выключателей: 1500; 3000; 3200 А.

Номинальные токи максимальных расцепителей тока выключателей, предназначенных для работы при температуре окружающего воздуха $+40^{\circ}\text{C}$, должны соответствовать ГОСТ 6827.

Допускаются номинальные токи максимальных расцепителей тока: 15; 45; 120; 150; 300; 320; 600; 1200; 1500; 2000; 3000; 3200 А.

По конструкции: воздушный автоматический выключатель (Air Circuit Breaker, сокращенно АСВ) от 800 А до 6300 А, выключатель в литом корпусе («МССВ») от 10 А до 2500 А, модульные автоматические выключатели («МСВ») от 0,5 А до 125 А.

Автоматические выключатели

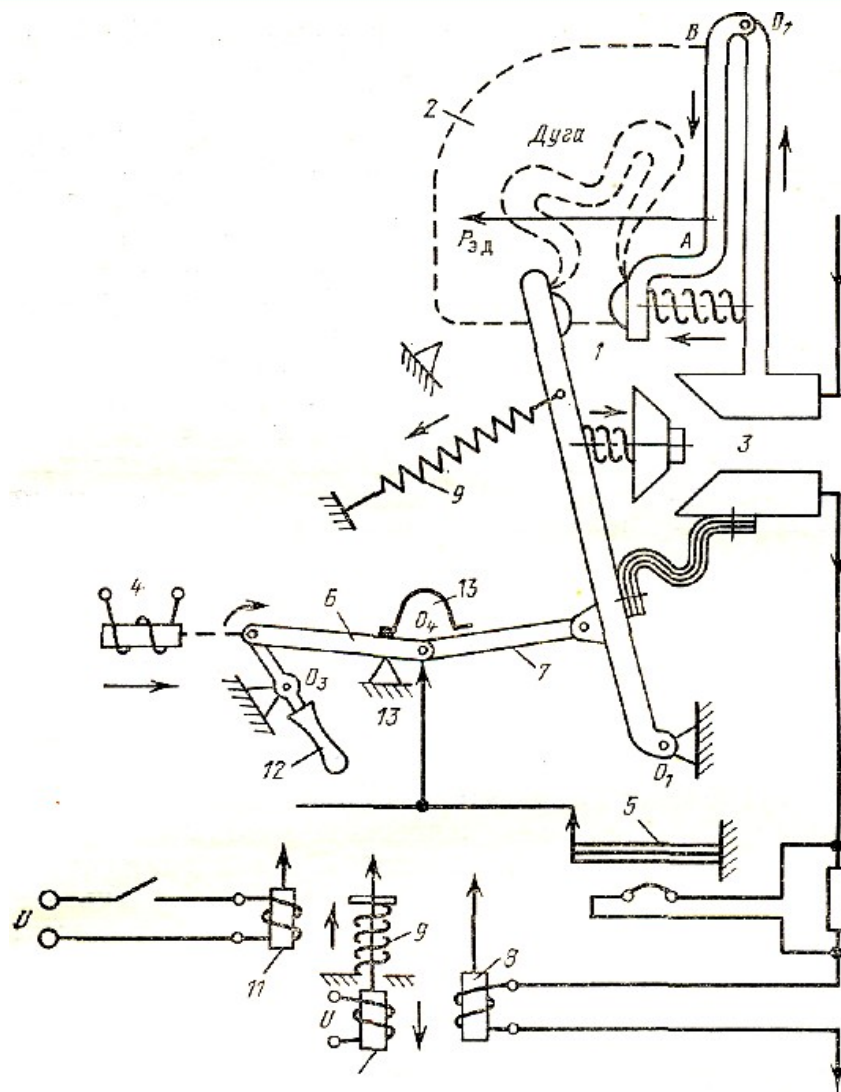


Рисунок 2. Принципиальная схема автомата.

Автоматические выключатели

По числу полюсов главной цепи: однополюсные; двухполюсные; трёхполюсные; четырёхполюсные.

По наличию токоограничения: токоограничивающие; нетокоограничивающие.

По видам расцепителей: с максимальным расцепителем тока; с независимым расцепителем; с минимальным или нулевым расцепителем напряжения

По характеристике выдержки времени максимальных расцепителей тока: без выдержки времени; с выдержкой времени, независимой от тока; с выдержкой времени, обратно зависимой от тока; с сочетанием указанных характеристик.

По наличию свободных контактов («блок-контактов») для вторичных цепей: с контактами; без контактов.

По способу присоединения внешних проводников: с задним присоединением; с передним присоединением; с комбинированным присоединением (верхние зажимы с задним присоединением, а нижние — с передним присоединением или наоборот); с универсальным присоединением (передним и задним).

По виду установки: выкатные с втычными контактами; стационарные.

По виду исполнения отсечки: селективные, неселективные.

По виду привода: с ручным; с двигательным; с пружинным.

Автоматические выключатели

Требование. К ним предъявляются требования:

1. Токоведущая цепь автомата должна пропускать номинальный ток сколько угодно длительное время. Она может подвергаться воздействию больших токов к.з. как при замкнутых контактах, так и при включении на существующее к.з.
2. Автомат должен обеспечивать многократное отключение предельных токов к.з., которые могут достигать сотен килоампер. После отключения этих токов автомат должен быть пригоден для длительного пропускания номинального тока.
3. Автоматы должны иметь малое время отключения.
4. Элементы защиты автомата должны обеспечивать необходимые токи и времена срабатывания и селективность.

Автоматические выключатели

Токоведущая цепь автомата. Наиболее важной частью является контакты. При номинальных токах до 200 А применяется одна пара контактов, которая для увеличения дугостойкости могут быть облицованы металлокерамикой. При токах более 200 А применяется двухступенчатые контакты типа перекатывающегося контакта. Основные контакты облицовываются серебром либо металлокерамикой (серебро, никель, графит).

Дугогасительная система. В автоматах применяется полузакрытое и открытое исполнение дугогасительных устройств.

Полузакрытое исполнение применяется в установочных и универсальных автоматах, автоматах с ручным управлением. Предельный отключаемый ток не превышает 50 кА. Зона выброса ограничена. Исключено избыточное давление.

В быстродействующих автоматах и автоматах наибольшие предельные токи (100 кА и выше) или большие напряжения (выше 1000 В) применяется дугогасительные устройства открытого исполнения с большой зоной выброса.

Расцепители автоматов. Отключение автоматов происходит под действием на механизм свободного расцепления элементов защиты – расцепителей. Наиболее распространены максимальные расцепители, в которых широко используются электромагнитные системы и тепловые системы с биметаллической пластиной.

Автоматические выключатели

Расцепители — это электромагнитные, электронные, микропроцессорные или термобиметаллические элементы, служащие для отключения автоматического выключателя через механизм свободного расцепления при коротком замыкании, перегрузках и исчезновении напряжения в первичной цепи (непосредственно: электромагнитные и термобиметаллические элементы; либо косвенно через отдельный независимый электромагнитный расцепитель: электронные и микропроцессорные).

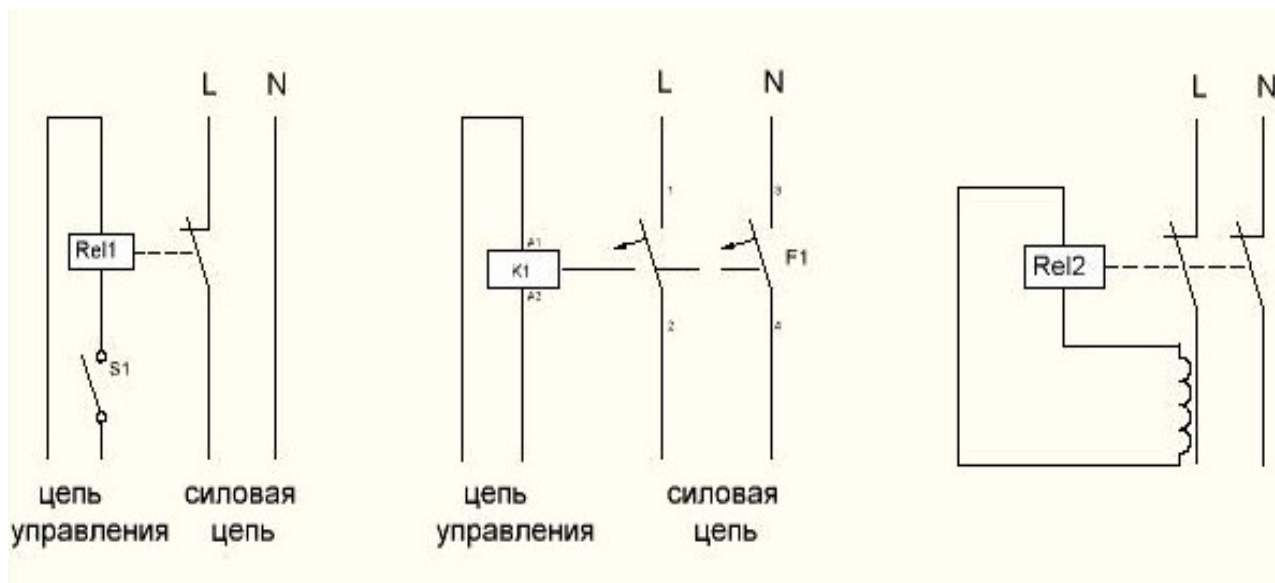
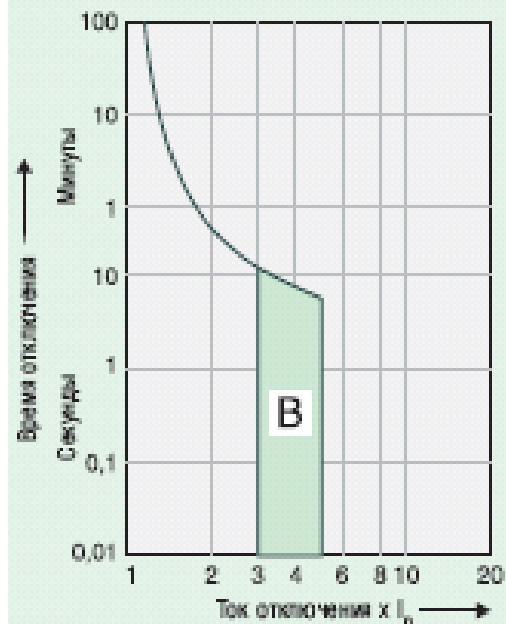


Рисунок 3. Схемы подключения расцепителей.

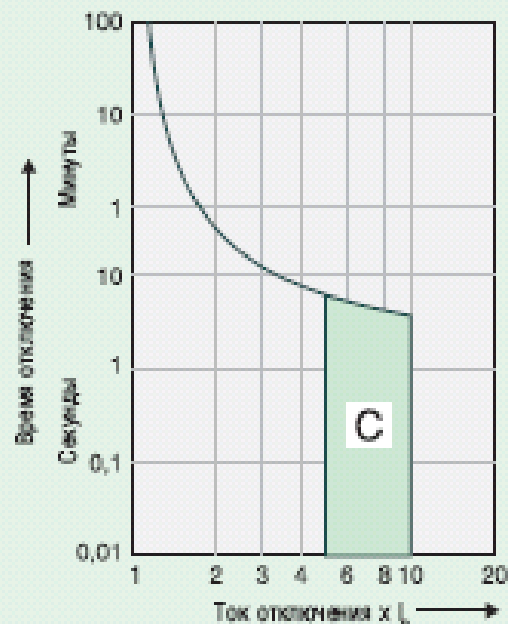
Автоматические выключатели

Кривая отключения (пределы токов отключения согласно EN 60898)

Кривая отключения B
(расцепитель короткого замыкания 3-5 I_n)



Кривая отключения C
(расцепитель короткого замыкания 5-10 I_n)



Кривая отключения D
(расцепитель короткого замыкания 10-20 I_n)

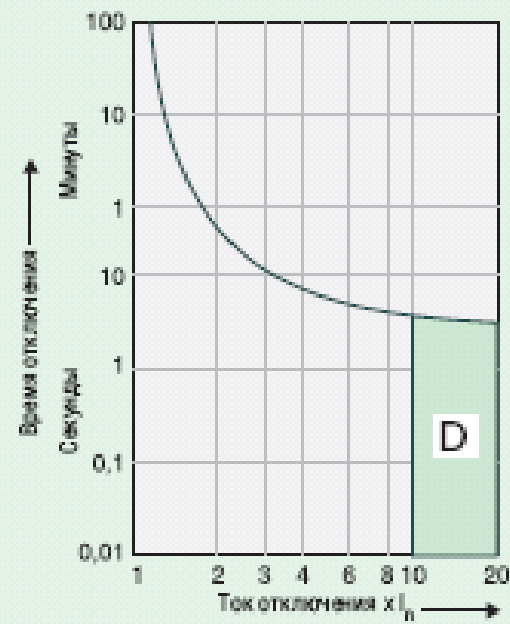


Рисунок 4. Диаграмма отключения модульных автоматических выключателей разных производителей (закрашена область токов мгновенного расцепления).

Предохранители

Основные элементы предохранителей:

1. Плавкая вставка, которая включается в защищаемую цепь последовательно.
2. Дугогасящее устройство, которое гасит дугу, возникающую после плавления вставки.

Основные параметры предохранителя при к.з. является предельный ток отключения — ток, который он может отключить при возвращающемся напряжении, равном наибольшему рабочему напряжению.

Время существования дуги зависит от конструкции предохранителя.

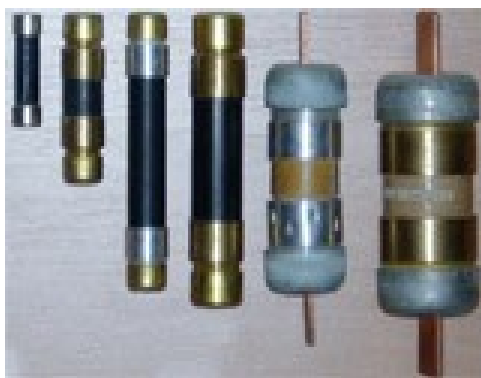


Рисунок 6. Разные виды предохранителей.

Предохранители

Предохранители ПР-2 на токи от 15 до 60 А имеют упрощенную конструкцию. Плавкая вставка 1 прижимается к латунной обойме 4 колпачком 5, который является выходным контактом. Плавкая вставка 1 штампуется из цинка, являющегося легкоплавким и стойким к коррозии материалом. Указанная форма вставки позволяет получить благоприятную времятоковую (защитную) характеристику. В предохранителях на токи более 60 А плавкая вставка 1 присоединяется к контактным ножам 2 с помощью болтов.

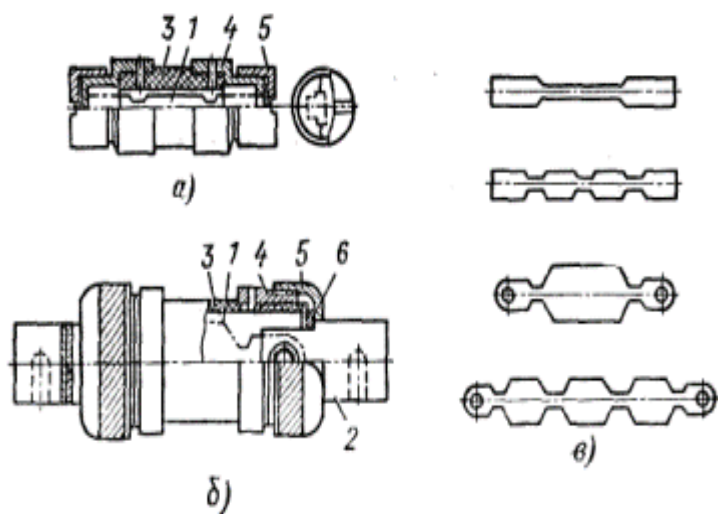


Рисунок 7. Предохранитель типа ПР-2 .

Предохранители

Плавление вставки переменного сечения происходит в перешейках с наименьшим сечением. Процесс нагрева перешейка протекает так быстро, что тепло почти не успевает отводиться на участки повышенного сечения. Наличие перешейков уменьшенного сечения позволяет резко снизить время с момента начала к.з. до появления дуги. Процесс гашения дуги начинается до момента достижения током к.з. установившегося или даже амплитудного значения. Дуга образуется через время t , после начала к.з., когда ток в цепи значительно меньше установившегося значения $I_{к.уст.}$.

Средства дугогашения позволяют погасить дугу за миллисекунды. При этом проявляется **эффект токоограничения**. При отключении поврежденной цепи с токоограничением облегчается гашение дуги, так как отключается не установившийся ток к.з., а ток определяемый временем плавления вставки.

Предохранители

С ростом номинального тока возрастает, естественно, и минимальное сечение вставки. Увеличение этого сечения приводит к возрастанию длительности плавления вставки и уменьшению эффекта токоограничения. Интенсивный отвод тепла от вставки при номинальном режиме позволяет выбрать уменьшенное сечение вставки и повысить эффект токоограничения.

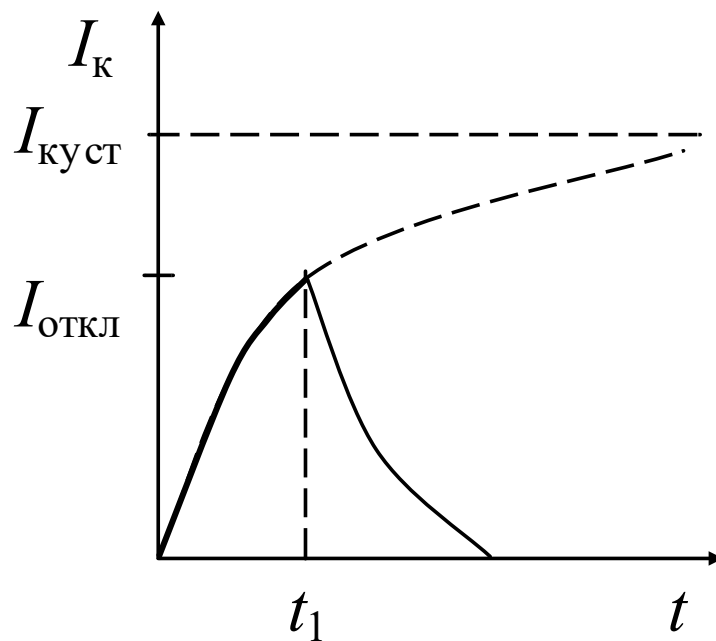


Рисунок 8. Эффект токоограничения.

Предохранители

К предохранителям предъявляются следующие требования:

- 1. Времятоковая характеристика предохранителя должна проходить ниже, но возможно ближе к времятоковой характеристике защищаемого объекта.*
- 2. Время срабатывания предохранителя при к.з. должно быть минимально возможным, особенно при защите полупроводниковых приборов.*
- 3. При к.з. в защищаемой цепи предохранители должны обеспечивать селективность защиты.*
- 4. Характеристики предохранителя должны быть стабильными, а технический разброс их параметров не должен нарушать надежность защиты.*
- 5. В связи с возросшей мощностью установок предохранители должны иметь высокую отключающую способность.*
- 6. Конструкция предохранителя должна обеспечивать возможность быстрой и удобной замены плавкой вставки при ее перегорании.*

При значительных перегрузках (250-300 %) предохранители сгорают почти мгновенно, меньшие перегрузки они выдерживают некоторое время. Так двухкратная перегрузка вызывает сгорание лишь через несколько десятков секунд, а перегрузка 25-30 % практически не вызывает сгорания предохранителя в течение 1 часа.

Предохранители

***Нагрев плавкой вставки при к.з.** Если ток, проходящий через вставку, в 3-4 раза больше номинального, то практически процесс нагрева идет адиабатически, т.е. все тепло, выделяемое плавной вставкой, идет на ее нагрев.*

После того как температура плавкой вставки достигла температуры плавления, для перехода вставки из твердого состояния в жидкое ей необходимо сообщить тепло, равное скрытой температуре плавления.

По мере того как часть плавкой вставки из твердого состояния перейдет в жидкое, ее удельное сопротивление резко увеличивается (в десятки раз).

Как только появится жидкий участок вставки, электродинамические силы, сжимающие проводник, образуют суженные участки. В этих условиях возрастает плотность тока и повышается температура. Уменьшение сечения вставки создает разрывающие усилия, аналогичные силам в контактах при к.з.

Таким образом, как правило, дуга загорается раньше, чем вставка полностью перейдет в жидкое состояние.

Предохранители

Конструкция предохранителей низкого напряжения (трубчатые – до 1000 А, пробочные – 4-60 А)

1. Предохранители с гашением дуги в закрытом объеме

Выполняются на токи от 15 до 60 А. Имеют упрощенную конструкцию. Плавная вставка прижимается к латунной обойме колпачком, который является выходным контактом.

Плавкая вставка штампуются из цинка, являющегося легкоплавким и стойким к коррозии материалом.

В предохранителях более 60 А плавкая вставка присоединяется к контактными ножам с помощью болтов.

Вставка располагается в герметическом трубчатом патроне, который состоит из фибрового цилиндра, латунной обоймы и латунного колпачка.

При отключении сгорают суженные перешейки плавкой вставки после чего возникает дуга. Под действием температуры дуги фибровые стенки патрона выделяют газ, в результате чего давление в патроне за доли полупериода поднимается до 4-8 МПа. За счет увеличения давления поднимается вольтамперная характеристика дуги, что способствует ее быстрому гашению.

Предохранители

2. Предохранители с мелкозернистым наполнителем ПН-2

Эти предохранители более совершенны, чем ПР-2. Корпус квадратного сечения изготавливается из прочного фарфора или стеатита. Внутри корпуса расположены ленточные плавкие вставки и наполнитель – кварцевый песок. Плавкие вставки привариваются к диску, который крепится к пластинам, связанным с ножевыми контактами. Пластины крепятся к корпусу винтами.

Кварцевый песок используется в качестве наполнителя с содержанием SiO_2 не менее 98 %, с размером зерна $(0,2 - 0,4) \cdot 10^{-3}$ м и влажностью не выше 3 %. Перед засыпкой песок тщательно просушивают при $t = 120-180^\circ\text{C}$. Зерна кварцевого песка имеют высокую теплопроводность и хорошо развитую охлаждающую поверхность.

Плавкая вставка выполняется из медной ленты толщиной 0,1-0,2 мм. Для получения токоограничения вставка имеет суженные сечения. Она разделена на три параллельные ветви для более полного использования наполнителя.

При к.з. плавкая вставка сгорает и дуга горит в канале, образованном зернами наполнителя. Из-за горения в узкой щели при токах выше 100 А дуга имеет возрастающую вольтамперную характеристику. Этим обеспечивается гашение дуги за несколько миллисекунд.

После срабатывания предохранителя плавкие вставки вместе с диском заменяются, после чего патрон засыпается песком.

Предохранители

Предохранители ПН-2 выпускается на номинальные токи до 630 А. Предельный отключаемый ток к.з., который может отключаться предохранителем достигает 50 кА.

Малые габариты, незначительная затрата дефицитных материалов высокая токоограничивающая возможность являются достоинствами этого предохранителя.

В малогабаритных распределительных устройствах применяются резьбовые предохранители типа ПРС на токи до 100 А напряжением до 440 В постоянного и 500 В переменного тока частотой 50 Гц. Предельный отключаемый ток составляет 60 кА. Они более сложны в производстве и более дороги, чем ПН-2. Плавная вставка фарфоровой цилиндр, заполненный кварцевым песком. На торцах цилиндра колпачки.

3. Предохранители с жидкометаллическими контактами.

В таком предохранителе электроизоляционная труба имеет капилляр, заполненный жидким металлом. Он герметично закрыт электродами и корпусом и имеет специальное демпфирующее устройство. При протекании большого тока жидкий металл испаряется, образуется пробка и электрическая цепь размыкается. После определенного времени поры металла конденсируются и контакт восстанавливается. Предельный отключаемый ток таких предохранителей достигает 250 кА при $U = 450$ В переменного тока. Предохранители работают многократно с большими токоограничениями.

Предохранители

4. Быстродействующие предохранители для защиты полупроводниковых приборов.

Малая тепловая инерция, быстрый прогрев полупроводников затрудняет защиту мощных диодов, транзисторов и тиристоров при токовых перегрузках. Обычные типы предохранителей из-за относительно большого времени срабатывания не обеспечивают защиту полупроводников при к.з.

При времени протекания тока $t < 0,02$ сек можно считать, что процесс нагрева протекает по адиабатическому закону. Для удобства согласования характеристик прибора и предохранителя вводится понятие интеграла Джоуля:

$$G = \int_t^0 i^2 dt$$

где t – длительность протекания тока через прибор.

Для эффективной защиты необходимо, чтобы полный джоулев интеграл предохранителя был меньше джоулева интеграла защищаемого прибора.

Предохранители

4. Блок предохранитель-выключатель (БПВ).

Для уменьшения габаритных размеров выпускают БПВ обеспечивающие отключение номинальных токов – защиту цепей от токовых перегрузок и к.з.

В БПВ при вращении рукоятки траверса с установленными на ней предохранителями перемещается и контакты аппарата размыкаются. Наличие двух разрывов на полюсе обеспечивает отключение номинальных токов до 350 А при переменном напряжении до 550 В.

Для отключения номинального постоянного тока 350 А при $U = 440$ В разрывные контакты снабжаются дугогасительными деионизационными решетками. Съем патрона с перегоревшей вставкой возможен только в отключенном состоянии. Электрическая износостойкость БПВ 2500, механическая – 5000 циклов.

Предохранители

Высоковольтные предохранители. При напряжении выше 3 кВ и частоты 50 Гц применяются высоковольтные предохранители. Процесс нагрева плавной вставки у них аналогичен низковольтным.

Требования:

- длительность плавления вставки должна быть не менее 2 часов при токе перегрузки $2I_{ном}$, а более 1 часа при $1,3I_{ном}$.

Высоковольтные предохранители применяются для защиты трансформаторов напряжения от к.з. Ток, текущий через предохранитель в нормальном режиме не превышает доли ампера. В таких предохранителях время плавления вставки равно 1 мин при 1,25-2,5 А.

Распространены предохранители с мелкозернистым наполнителем и стреляющего типа.

Предохранители ПК – первого типа на напряжение 6-10 кВ фарфоровый цилиндр, наполненный кварцевым песком. В предохранителях до 7,5 А медная плавка вставки наматывается на керамический рельефный каркас. Это позволяет увеличить длину вставки и эффект токоограничения, а следовательно, повысить отключаемый ток.

Предохранители

При номинальных токах выше 7,5 А плавкая вставка выполняется в виде параллельных спиралей. Это позволяет увеличить номинальный ток до 100 А при $U = 3$ кВ.

Для работы на открытом воздухе при $U = 10$ и 35 кВ и отключаемом токе до 15 кА применяют стреляющие предохранители типов ПСН-10 и ПСН-35.

При перегорании вставки образуется дуга, которая, соприкасаясь со стенками трубки, разлагает их, и образующийся газ поднимает давление в трубке. Процесс отключения сопровождается сильным выбросом пламени, газов и стреляющим звуковым эффектом. Поэтому предохранители соседних фаз должны быть на значительном удалении друг от друга.

Выбор. *При определении номинального тока вставки необходимо исходить из условия максимальной длительной перегрузки.*

Часто обмотка высокого напряжения тр-ра присоединяется через предохранитель. При к.з. в самом тр-ре время отключения предохранителя должно быть меньше, чем выдержка времени выключателя, установленного на высокой стороне и ближайшего к предохранителю.

При к.з. на низкой стороне предохранитель должен иметь время плавления больше, чем уставка защиты выключателей на стороне низкого напряжения.

Предохранители

*Номинальным током плавкой вставки называется ток, который вставка способна выдержать, не расплавляясь и не перегорая длительное время, а номинальным током предохранителя - ток, на который рассчитаны его токоведущие части. Значение номинального тока указывают на токоведущих частях предохранителя и на контактных частях плавких вставок. Важными показателями предохранителей являются их надежность, стабильность и избирательность, т. е. плавкая вставка предохранителя должна длительное время работать при протекании по ней номинального тока, не перегорать при кратковременных перегрузках, надежно отключать предельный ток без разрушения самого предохранителя и отключать только тот участок электрической цепи при возникновении в любой ее точке короткого замыкания, который защищает данный предохранитель. В этом случае сработать должен тот предохранитель, который расположен ближе к месту замыкания. Ток, при котором плавкая вставка сгорает в момент достижения ею установившейся температуры, называется **пограничным**.*

Если пограничный ток по значению близок к номинальному или несколько больше его, плавкая вставка предохранителя не перегорает при прохождении через нее номинального тока.

Предохранители

Предельно отключаемый ток предохранителя - это наибольший ток, который способен отключить предохранитель при перегорании его плавкой вставки. Предельно отключаемый ток плавкой вставки должен быть равен или больше максимального расчетного тока короткого замыкания в цепи, защищаемой предохранителем. Если выбор предохранителя произведен неправильно, то длительность горения дуги при перегорании плавкой вставки увеличивается и может привести к разрушению патрона предохранителя.

Разрывной мощностью предохранителя называется наибольшая мощность короткого замыкания, которую способен разорвать предохранитель при перегорании плавкой вставки без разрушения патрона предохранителя. Защищаемые электрические цепи укомплектовываются предохранителями на соответствующие электроустановкам номинальные напряжения и токи. Применение предохранителей, предусмотренных на меньшее номинальное напряжение, может привести к короткому замыканию и разрушению предохранителя.

Если использовать предохранитель на большее номинальное напряжение и ток, то он не обеспечит необходимой защиты и нарушит селективную работу аппаратов и реле защиты, так как имеет другие, отличные от защищаемой цепи характеристики.

Предохранители

Устройство и принцип действия выхлопных плавких предохранителей типа ПВТ. Предохранители типа ПВТ (выхлопные, прежнее название - стреляющие типа ПСН) изготавливают на напряжение 10 ... 110 кВ. Они предназначены для установки в открытых распределительных устройствах. В сельских электрических сетях наиболее широко используются предохранители ПВТ-35 для защиты трансформаторов напряжением 35/10 кВ.

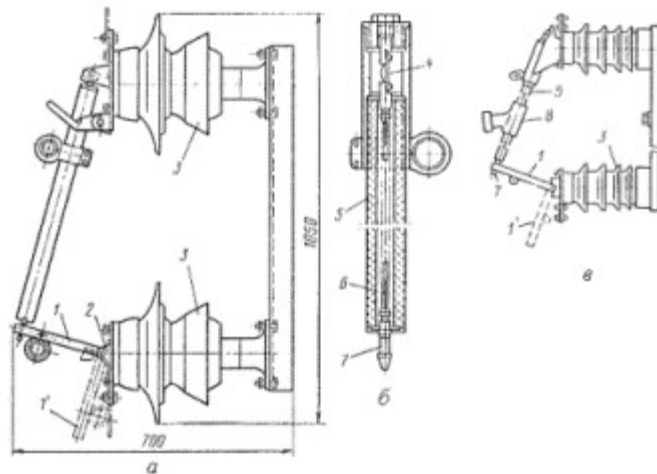


Рисунок 9. Предохранители типа ПВТ: а, б - общий вид и патрон предохранителя ПВТ (ПСН)-35; в - предохранитель ПВТ (ПС)-35 МУ1; 1 и 1' - контактный нож; 2 - ось; 3 - опорный изолятор; 4 - плавкая вставка; 5 - трубка из газогенерирующего диэлектрика; 6 - гибкая связь; 7 - наконечник; 8 - патрубок

Предохранители

Устройство и принцип действия плавких предохранителей типа ПКТ

Предохранители типа ПКТ (с кварцевым песком) изготавливают на напряжения 6 ... 35 кВ и номинальные токи 40 ... 400 А. Наиболее широкое распространение получили предохранители ПКТ-10 на 10 кВ, устанавливаемые на стороне высшего напряжения сельских трансформаторных подстанций 10/0.38 кВ.

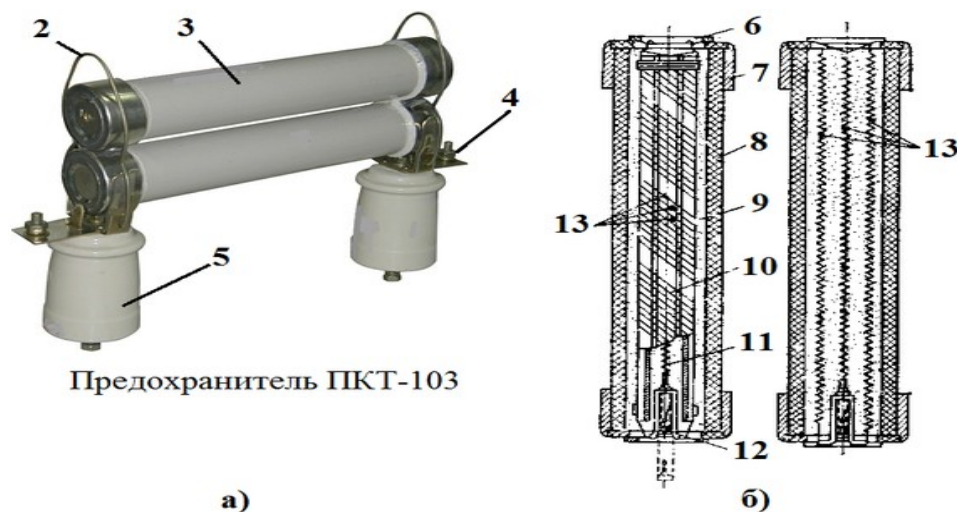


Рисунок 10. Высоковольтный предохранитель.

а - общий вид (ПКТ-103), б - патроны предохранителя на керамическом стержне (слева) и без стержня (справа), 1 - плита (под опорные изоляторы 5 не показана), 2 - контакт с замком, 9 - патрон, 4 - хвостовик контакта, 5 - опорный изолятор, 6 - крышка, 7 - латунный колпачок, 8 - фарфоровая трубка (кожух), 9 - стержень, 10 - плавкая вставка, 11 - указательная проволока, 12 - указатель срабатывания, 13 - оловянные шарики

Предохранители

Устройство и принцип действия плавких предохранителей типа ПКН

Для защиты измерительных трансформаторов напряжения выпускают предохранители типа ПКН (прежнее название ПКТ). В отличие от рассмотренных предохранителей ПКТ они имеют константовую плавкую вставку, намотанную на керамический сердечник. Такая вставка обладает более высоким удельным сопротивлением. Благодаря этому и малому сечению вставки обеспечивается токоограничивающий эффект.



Рисунок 11 . Устройство плавких предохранителей типа ПКН

Рубильники

Рубильник— простейший электрический коммутационный аппарат с ручным приводом и металлическими ножевыми контактами, входящими в неподвижные пружинящие контакты (гнезда), применяемый в электротехнических цепях для включения/отключения нагрузки с большой силой тока. Рубильники являются простейшими аппаратами ручного управления, которые используются в цепях переменного тока при напряжении до 660 В и постоянного тока при напряжении до 440 В. Рубильники и переключатели на силу тока от 100 до 1000 А применяются в распределительных устройствах электротехнических установок и служат для неавтоматического замыкания и размыкания электрических цепей.

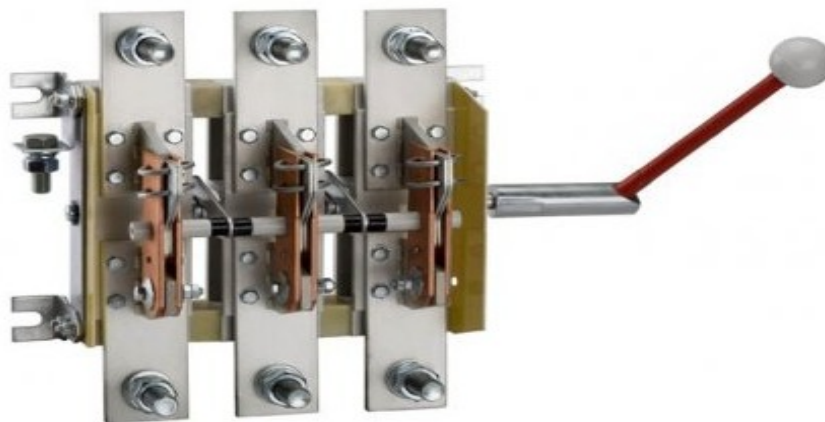


Рисунок 12. Рубильник

Рубильники

Нагрузочная способность. Все рубильники и переключатели допускают длительную работу при температуре окружающего воздуха не выше 40 °С и нагрузке их номинальным переменным или постоянным током.

Классификация. Рубильники и переключатели классифицируются по следующим признакам:

- 1) по величине номинального тока — 100; 200; 400; 600; 1000 А;
- 2) по количеству полюсов — однополюсные, двухполюсные, трехполюсные;
- 3) по наличию разрывных контактов — с разрывными контактами, без разрывных контактов.

Независимо от наличия разрывных контактов одни и те же рубильники и переключатели пригодны для работы на постоянном и переменном токе. Но вследствие худших условий гашения дуги на постоянном токе рубильники и переключатели без разрывных контактов в сетях постоянного тока применяются только в качестве разъединителей;

- 4) по способу управления — с непосредственным управлением для монтажа с лицевой стороны распределительного устройства, с дистанционным управлением для монтажа с задней стороны распределительного устройства;
- 5) по способу присоединения проводов — с передним присоединением проводов, с задним присоединением проводов.

Рубильники

Рубильник с рычажным приводом показан на рисунке 13, а - с дугогасительными контактами; б - с дугогасительной камерой; 1 - контактная стойка; 2 - дугогасительная камера; 3 - контактный нож рубильника; 4 - шарнирная стойка; 5 - тяга; 6 - ось; 7 - дугогасительный контакт

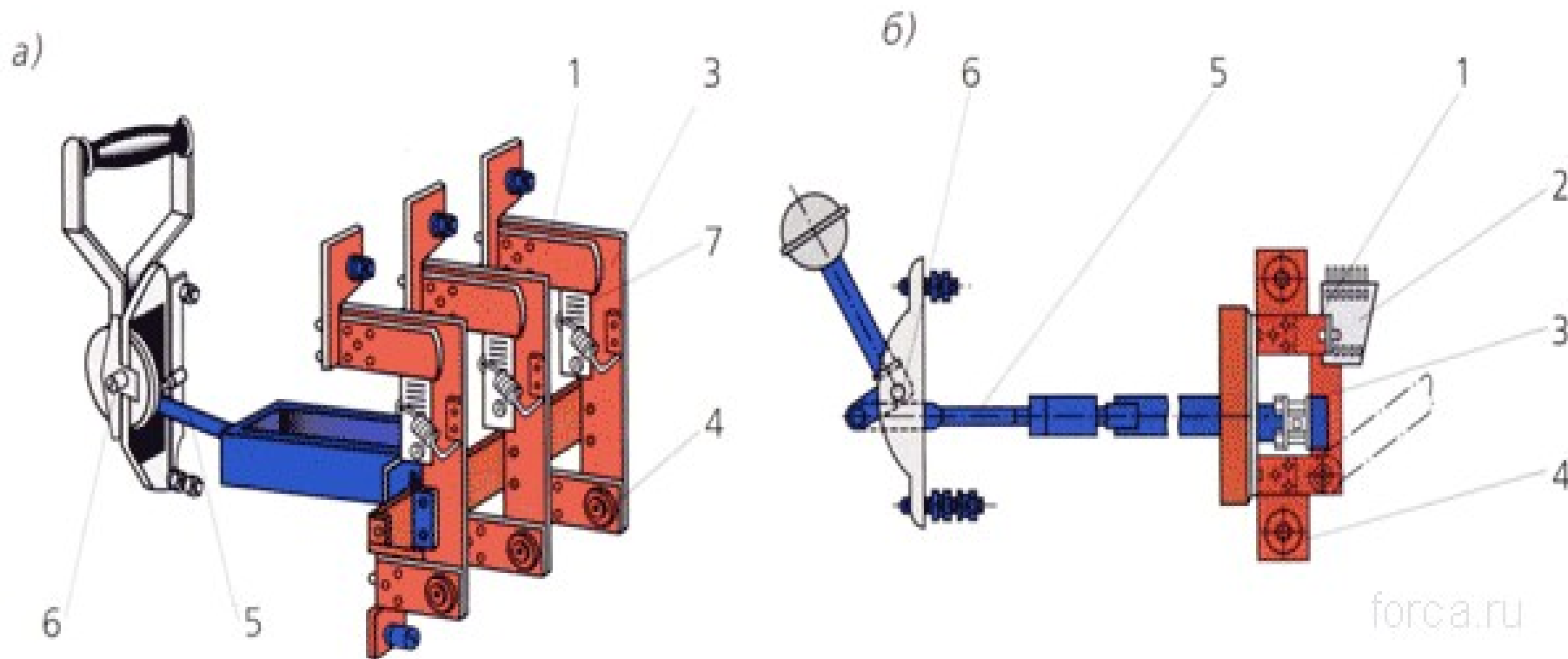


Рисунок 13. Рубильник с рычажным приводом

Рубильники

Рубильник с рукояткой управления показан на рисунке 14, а - центральной; б - боковой; 1 - рукоятка рубильника; 2 - изоляционная планка; 3 - контактные ножи; 4 - панель; 5 - контактные стойки; 6 - защитный кожух.

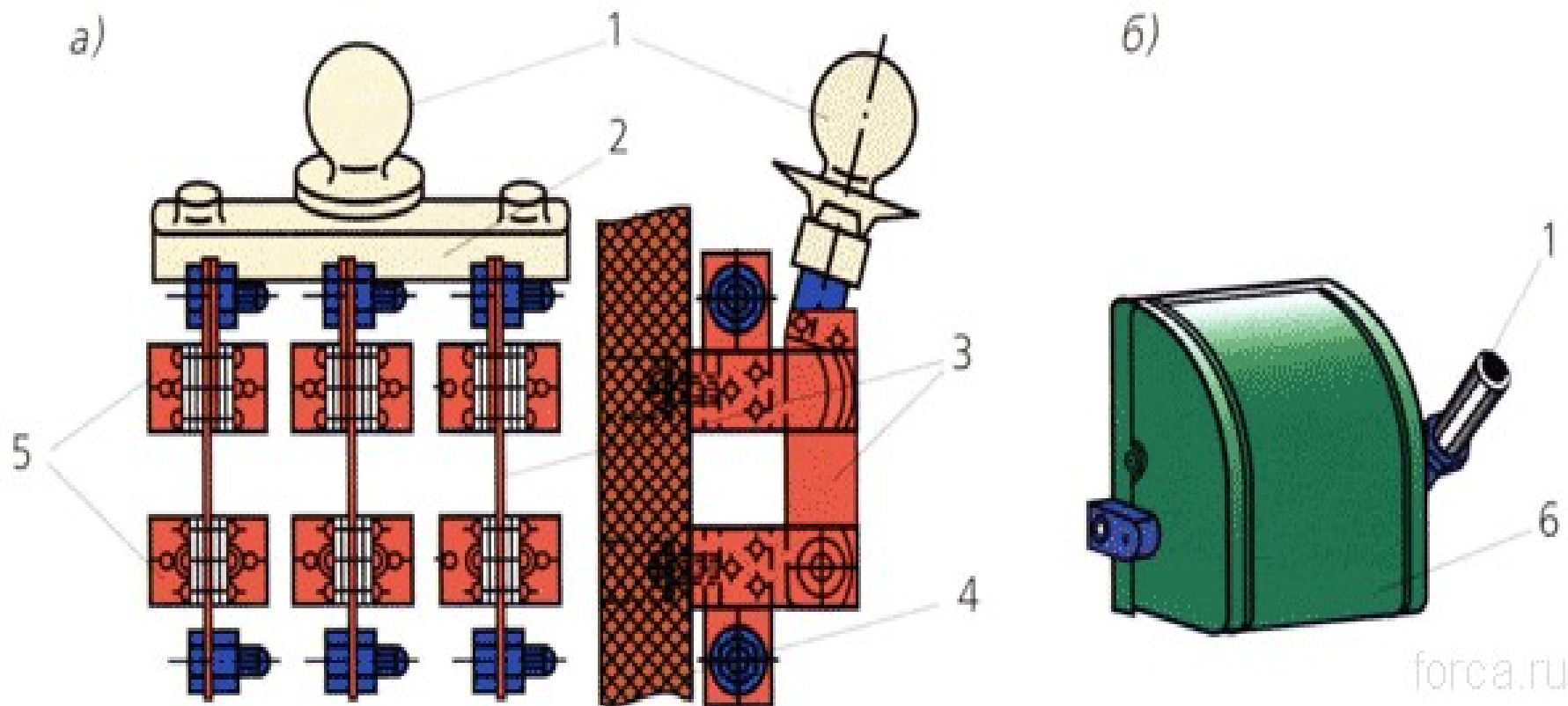


Рисунок 14. Рубильник с рукояткой управления

Рубильники

Принцип действия рубильника. Рубильником (переключателем) называется электрический аппарат с ручным приводом, предназначенный для коммутации электрических цепей.

Наиболее распространенные в настоящее время рубильники и переключатели рубящего типа на силу тока от 100 А и выше выполняются по принципу линейного соприкосновения подвижного контакта (ножа) с неподвижной контактной стойкой. Линейный контакт обеспечивает малое переходное сопротивление, разрыв больших токов и надежность в работе.

На рисунке 15 показан принцип линейного контакта. Неподвижная контактная стойка соприкасается по линии с подвижным контактным ножом 2, состоящим из двух полос с цилиндрическими выступами 3, которые обеспечивают соприкосновение со стойкой по линии. Концы полос ножа охватываются плоской пружиной 4.

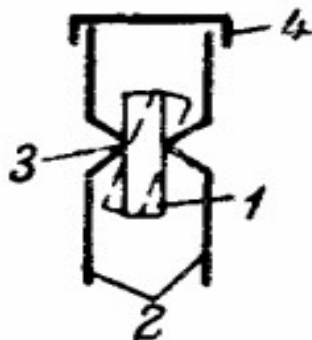


Рисунок 15. Линейный контакт

Рубильники

Каждый полюс рубильника состоит из контактной стойки 1 с двумя губками, между которыми входит контактный нож 2, вращающийся на оси 3, закрепленной в нижних губках 4. Контактные ножи жестко соединены изолирующей траверсой 5, на которой укреплена изолированная ручка 6.

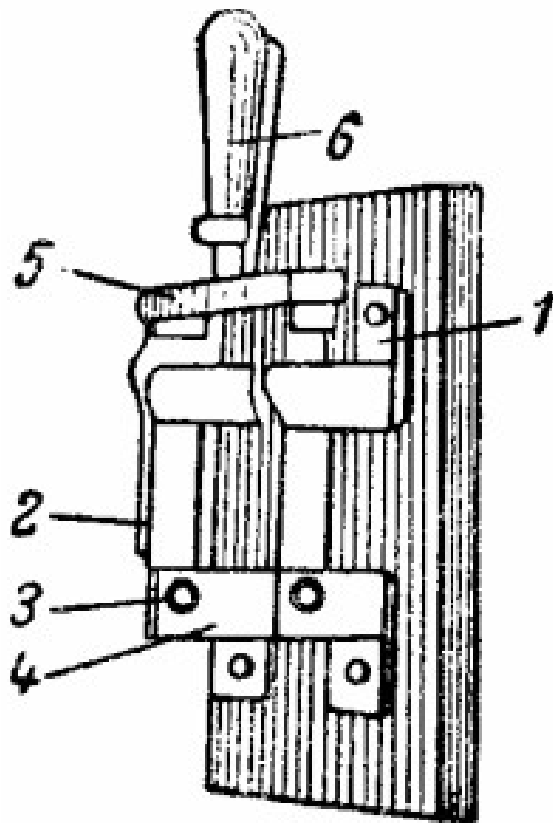


Рисунок 16. Двухполюсный рубильник

Рубильники

Процессы, происходящие при размыкании рубильника. Размыкание цепи рубильником вызывает изменение тока образование электрического поля между неподвижными и подвижными контактами. Напряженность этого поля пропорциональна напряжению сети и обратно пропорциональна расстоянию между контактами. В первый момент отключения рубильника, когда расстояние между контактами мало, напряженность электрического поля может достигать значения порядка нескольких тысяч или даже десятков тысяч вольт на сантиметр, что, естественно, вызывает ионизацию воздушного промежутка.

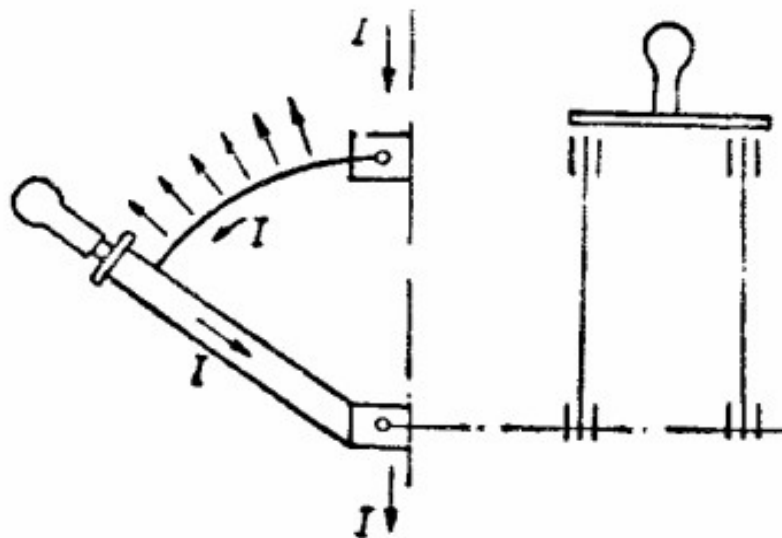


Рисунок 17. Силы, действующие на дугу при отключения рубильника

Рубильники

Буквенные обозначения рубильников: Р - рубильник; П - переключатель; вторая буква - П - переднее присоединение проводов; Б - с боковой рукояткой; Ц - с центральным рычажным механизмом. Цифры обозначают: первые (1, 2 и 3) - число полюсов, вторая - номинальный ток (1 - 100 А, 2 - 250 А, 4 - 400 А и 6 - 600 А).

Рубильники и переключатели с боковой рукояткой и с рычажным приводом выпускают как с дугогасительными камерами, так и без них.

Рубильники с центральной рукояткой выпускают без дугогасительных камер с искрогасительными контактами. Плотность прилегания контактных поверхностей ножа и губок обеспечивается за счет пружинящих свойств материала губок (у рубильников до 100 А) и за счет стальных пружин (у рубильников более 200 А).

Для предохранения ножей от оплавления дугой при отключении рубильники на большие токи выполняют с искрогасительными или дугогасительными контактами. Искрогасительные контакты, которыми снабжены ножи, при отключении отходят от губок под действием своих пружин независимо от скорости движения рукоятки и привода рубильника. Дугогасительные контакты рубильников расположены открыто или внутри дугогасительных камер. Они служат для обеспечения быстрого гашения электрической дуги и исключения переброса ее на соседние токопроводящие или заземленные конструкции распределительного устройства. Переключатели перекидные имеют такое же конструктивное устройство, что и рубильники, и служат для коммутации электрических цепей.

Рубильники

В некоторых конструкциях рубильники совмещают с предохранителями или используют предохранители в качестве ножей. Такая конструкция, позволяющая выполнять функции коммутации и защиты, называют блоком предохранитель-выключатель (БПВ).

В целях безопасности для обслуживающего персонала рубильники заключаются в металлический защитный кожух

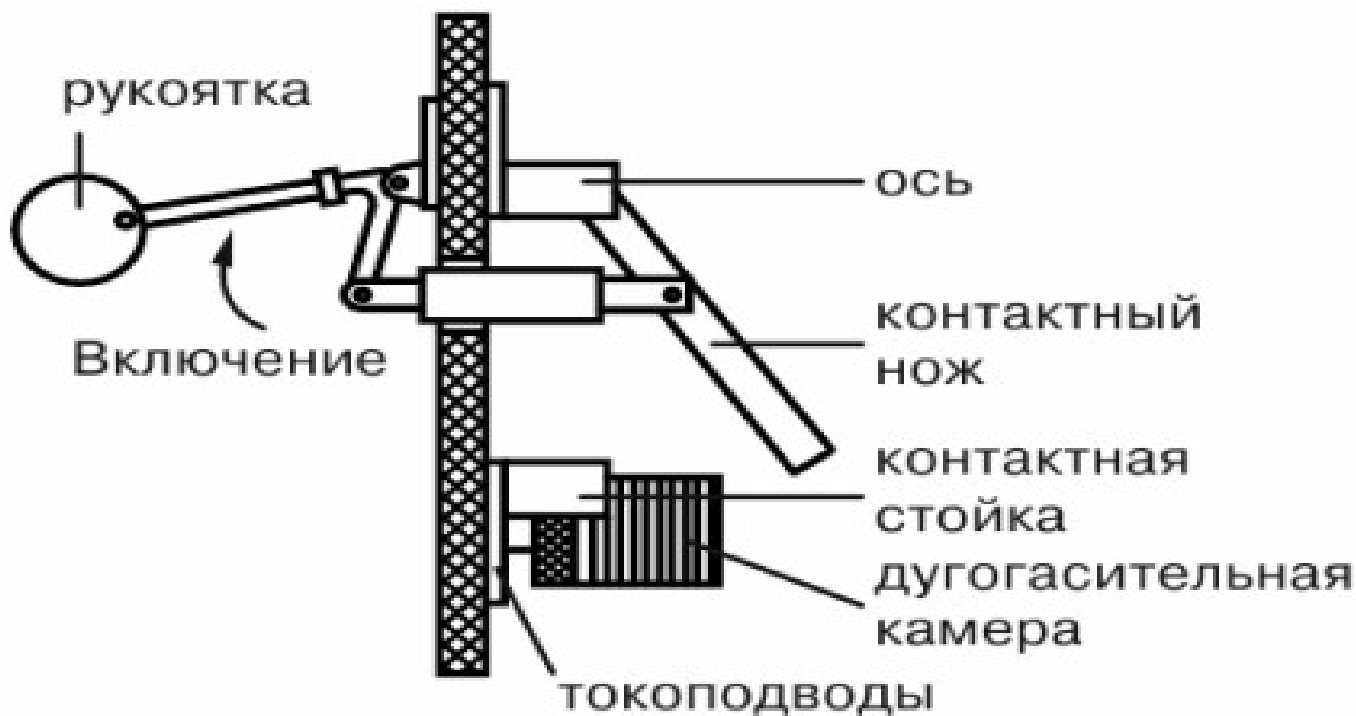


Рисунок 18. Конструкция рубильника.



Спасибо за внимание!!!