

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
Высшего профессионального образования  
Санкт-Петербургский Государственный Политехнический Университет  
Кафедра электротехники и электроэнергетики

## ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ И ЭЛЕКТРОННЫЕ АППАРАТЫ

Плавкие предохранители и автоматические выключатели

## **Лабораторная работа № 1.**

### **Ознакомление с принципом действия автоматических выключателей.**

#### **ЦЕЛЬ РАБОТЫ**

Ознакомиться с назначением и принципом действия автоматических выключателей классификацией и видами различных автоматических выключателей. Усвоить общие принципы проведения испытаний автоматических выключателей на примере автоматического выключателя типа АВВ Tmax 100 А.

## ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

*Аппараты защиты*, используются для коммутации электрических цепей, защиты электрооборудования и электрических сетей от сверхтоков, т.е. токов перегрузки и токов короткого замыкания, а также для защиты людей от поражения электрическим током при повреждении изоляции токоведущих частей электрооборудования.

К аппаратам защиты относятся:

- \* Предохранители;
- \* Автоматические выключатели;
- \* Выключатели дифференциального тока;
- \* Автоматические выключатели дифференциального тока и др

***Предохранители плавкие*** - аппарат, который вследствие расплавления одного или нескольких специально спроектированных и рассчитанных элементов размыкает цепь, в которую он включен, отключая ток, превышающий заданное значение в течение достаточно продолжительного времени (ГОСТ 50339.0-2003).

Основной элемент предохранителя – подключенная последовательно плавкая вставка постоянного или переменного сечения, которая при токах срабатывания сгорает (плавится с последующим возникновением и гашением электрической дуги), отключая электрическую цепь.

Наиболее распространенные материалы плавких вставок - медь, цинк, алюминий, свинец и серебро. Медь подвержена сравнительно интенсивному окислению, что может привести к увеличению сопротивления медной вставки и, следовательно, к изменению защитной характеристики предохранителя. Поэтому медные вставки подвергаются лужению (покрываются слоем олова).

Требования к предохранителям:

- 1) Времятоковая характеристика должна быть ниже или ближе к времятоковой характеристике защищаемого объекта.
- 2) Время срабатывания предохранителя при КЗ должно быть минимально возможным.
- 3) При КЗ в защищаемой цепи предохранители должны обеспечивать селективность защиты.
- 4) Характеристики предохранителя должны быть стабильными.
- 5) Предохранители должны обладать высокой отключающей способностью.
- 6) Конструкция предохранителя должна обеспечивать возможность быстрой и удобной замены плавкой вставки

## **Режимы работы плавких предохранителей:**

- **Нормальный режим**, когда устройство нагревается в установившемся процессе, в котором он весь нагревается до рабочей температуры и выделяет тепло наружу. На каждом предохранителе указана наибольшая величина тока, при которой происходит расплавление проволочного элемента. В корпусе вставки могут находиться плавкие элементы, рассчитанные на разную силу тока.
- **Режим перегрузки и короткого замыкания.** Устройство выполнено таким образом, что при повышении силы тока до верхней допустимой границы, плавкий элемент очень быстро сгорает. Для достижения такого свойства плавкий элемент в некоторых местах выполняют с меньшим сечением. На них выделяется больше тепла, чем в других местах. Во время замыкания оплавляются и размыкают цепь все узкие участки плавкого элемента. В это время вокруг места оплавления образуется электрическая дуга, которая гаснет в корпусе предохранителя.

## **Типы и конструкции предохранителей:**

- \* Предохранители с гашением дуги в закрытом объеме
- \* Предохранители с мелкозернистым наполнителем
- \* Предохранители с жидкометаллическим контактом
- \* Специальные предохранители разработаны для защиты полу - проводниковых приборов

По конструктивному исполнению предохранители условно можно разделить на открытые (вставка не защищена патроном или размещена в трубке, открытой с торцов), закрытые (вставка расположена в закрытом патроне) и засыпные (вставка находится в патроне, полностью заполненном мелкозернистым наполнителем, например, кварцевым песком).

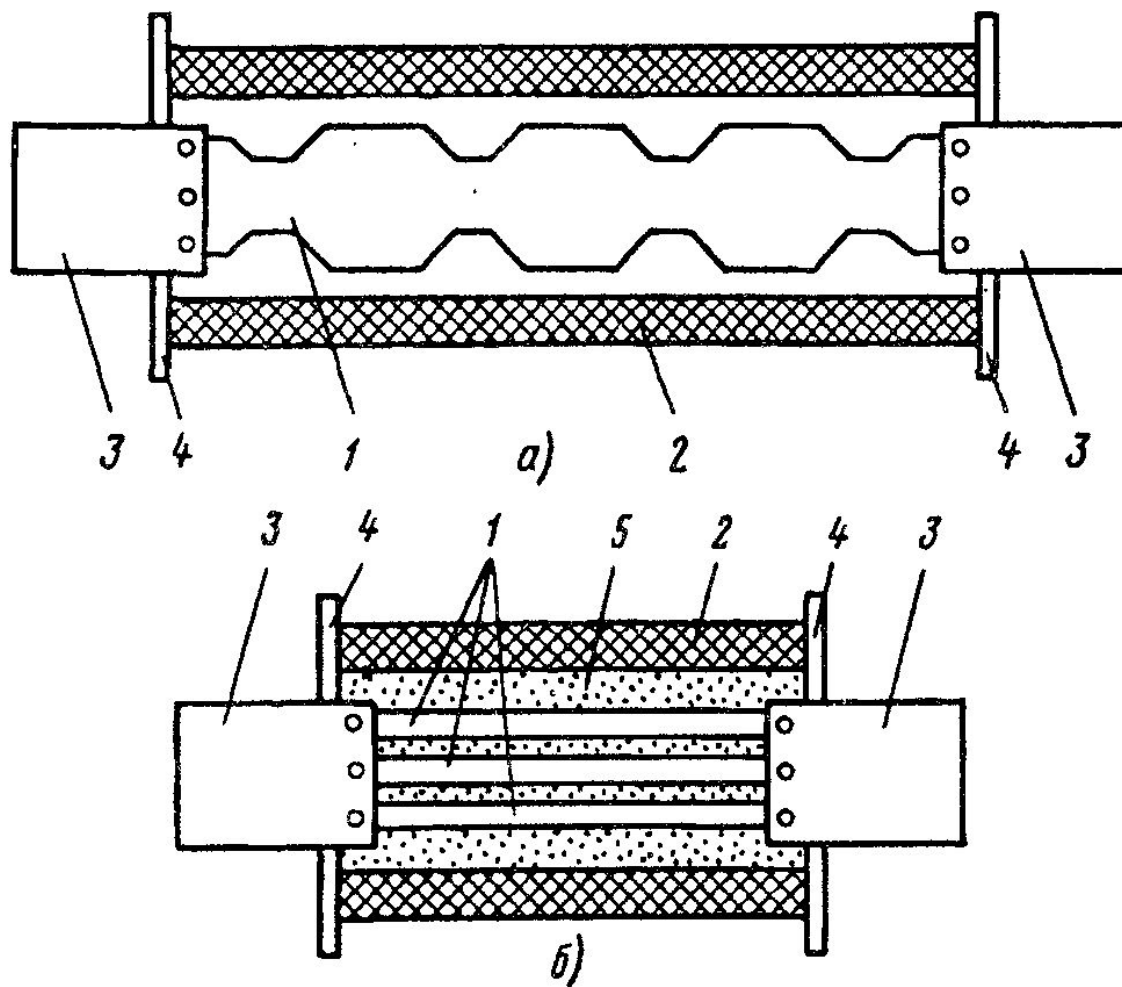


Рис. 1. Примеры конструктивного исполнения предохранителей закрытого типа (а) и с наполнителем: 1 – плавкие вставки; 2 – изолирующий патрон (корпус); 3 – токопроводящие детали; 4 – защитные колпачки; 5 – наполнители

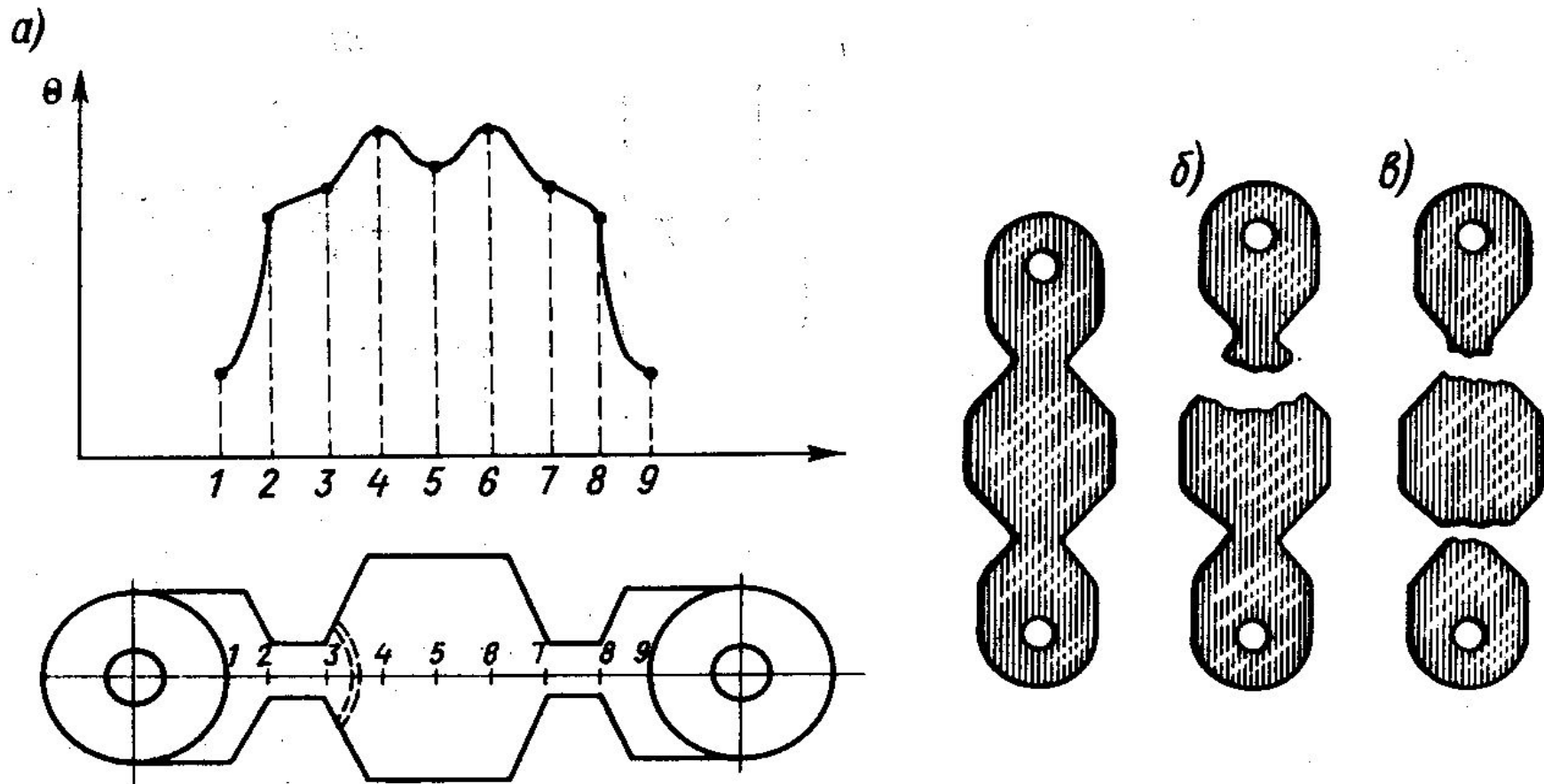


Рис. 2. – Распределение температур (а) и места перегорания фигурных плавких вставок при перегрузках (б) и при КЗ (в)

Помимо перечисленные предохранителей традиционного исполнения в особую группу можно выделить жидкометаллические предохранители и предохранители инерционного типа. В жидкометаллическом предохранителе в качестве плавкого элемента применяется жидкий металл (галлий, сплав галлий/индий/олово и др.), которым заполняется канал расчетного по рабочему току сечения в герметизированном и вакуумированном патроне. Предохранитель электрически (последовательно) и механически связан с защитным аппаратом, например автоматическим выключателем. При срабатывании такого предохранителя металл из жидкого состояния переходит в парообразное. Возникающее при этом в патроне давление: через специальный шток воздействует на расцепитель автоматического выключателя, который и осуществляет отключение электрической цепи. Сразу же после этапа пары металла вновь переходят в жидкое состояние (через 0,5-2 мс) к предохранитель готов к повторному срабатыванию.

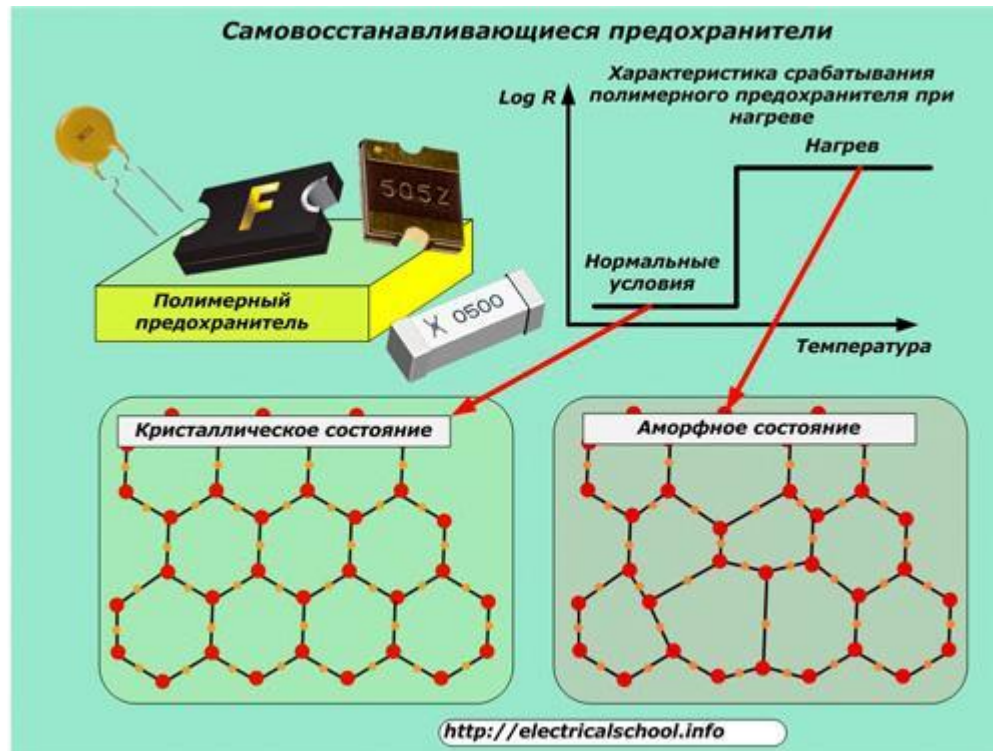


Рис. 3. Работа самовосстанавливающегося предохранителя



## Параметры предохранителя:

- **Номинальным током плавкой вставки  $I_{ном}$**  - ток, на который рассчитана плавкая вставка для длительной работы.
- **Номинальный ток предохранителя** - равен наибольшему из токов плавких вставок, предназначенных для данной конструкции предохранителя.
- **Условный ток не плавления** - ток, при протекании которого в течении определенного времени плавкая вставка не должна перегореть
- **Условный ток плавления** - ток, при протекании которого в течении определенного времени плавкая вставка должна перегореть
- **Времятоковая характеристика** - зависимость времени плавления вставки от протекающего тока  $t=f(i)$ .
- **Пограничный ток  $I_{погр}$**  - Ток, при котором плавкая вставка сгорает при достижении ею установившейся температуры.
- **Ожидаемый ток в цепи  $I_{ож}$**  – ток, который будет протекать в цепи, если установленный в ней плавкий предохранитель заменен перемычкой с незначительным полным сопротивлением. Выражается его действующим значением.
- **Пропускаемый ток  $I_p$**  – максимальное мгновенное значение тока, достигнутое при срабатывании предохранителя.
- **Номинальное напряжение предохранителя** – максимальное напряжение электрической цепи (действующее значение), при котором обеспечивается надежное отключение предохранителей этой цепи.

# Классификация предохранителей:

**По конструкции плавких вставок:** разборные, неразборные.

**По конструкции контактов плавкие вставки** подразделяются на плавкие вставки с: ножевыми (врубными) контактами, болтовыми контактами, фланцевыми контактами.

**По наличию наполнителя:** без наполнителя, с наполнителем.

**По форме корпуса** плавкие вставки подразделяются на: цилиндрические, призматические.

**По виду плавких вставок** в зависимости:

от диапазона токов отключения:

g – с отключающей способностью в полном диапазоне токов отключения; a – с отключающей способностью в части диапазона токов отключения;

от быстродействия:

**FF** - сверхбыстродействующие плавкие вставки; **F** - быстродействующие плавкие вставки; **M** - полузамедленные плавкие вставки; **T** - замедленные плавкие вставки; **TT** - сверхзамедленные плавкие вставки.

**По наличию и конструкции основания:**

с калиброванным основанием – предохранитель, конструкция которого не допускает установку в его основании плавкой вставки на номинальный ток более предусмотренного для данного предохранителя;

с некалиброванным основанием – предохранитель, конструкция которого допускает установку в его основании плавкой вставки на номинальный ток более предусмотренного для данного предохранителя.

**По способу монтажа:**

на собственном основании – допускается установка предохранителя как на изоляционной, так и на металлической монтажной плоскости;

без собственного основания (с установкой на основании комплектных устройств), с контактами, предназначенными для установки на изоляционной панели комплектного устройства;

без собственного основания (с установкой на проводниках комплектных устройств) – предназначены для крепления на подводящих проводниках комплектного устройства.

**По способу охлаждения плавкой вставки:**

с естественным охлаждением – предназначены для эксплуатации при естественной конвекции окружающего воздуха; с принудительным охлаждением всей или части наружной поверхности плавкой вставки.

**По способу присоединения внешних проводников:** с задним присоединением, с передним присоединением, с универсальным (передним и задним) присоединением.

**По наличию указателя срабатывания и бойка:** с указателем срабатывания и бойком, с указателем срабатывания, с бойком, без указателя срабатывания и без бойка.

**По наличию свободных контактов:** со свободными контактами, без свободных контактов.

**По количеству полюсов:** однополюсные, двухполюсные, трехполюсные.

**По напряжению:** низковольтные, высоковольтные.

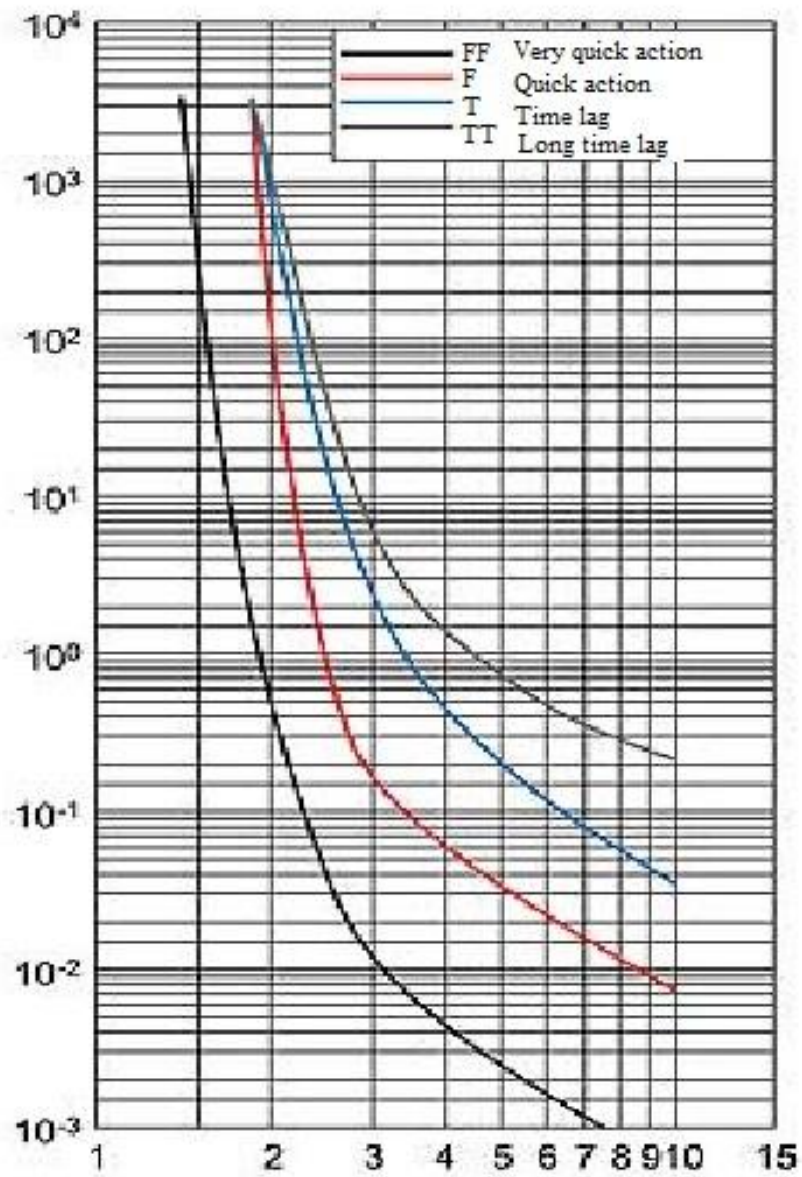


Рис. 4. Сравнение времятоковых характеристик различных типов предохранителей

## **Маркировка плавких предохранителей по функциональным признакам:**

Первая буква означает диапазон защиты:

- а — частичный диапазон (только защита от токов короткого замыкания)
- g — полный диапазон (защита и от токов короткого замыкания, и от перегрузки)

Вторая буква означает тип защищаемого оборудования:

- G — универсальный предохранитель для защиты различных типов оборудования: кабелей, электродвигателей, трансформаторов
- L — защита кабелей и распределительных устройств
- B — защита горного оборудования
- F — защита маломощных цепей
- M — защита цепей электродвигателей и отключающих устройств
- R — защита полупроводников
- S — быстрое сгорание при коротком замыкании и среднее время сгорания при перегрузке
- Tr — защита трансформаторов

## **Выбор предохранителя:**

- **По условиям длительной эксплуатации:**

Предохранитель выбирается по номинальному току равному или большему от номинального тока защищаемой установки. При защите двигателя номинальный ток предохранителя выбирается относительно пускового тока двигателя и времени пуска. Номинально напряжение должно соответствовать номинальному напряжению сети. Предохранитель не должен отключать сеть при эксплуатационных перегрузках.

- **По условиям селективности:**

В случае эксплуатации нескольких предохранителей, номинальный ток ближайшего к нагрузке предохранителя должен быть меньше. При КЗ необходимо чтобы отключался ближайший к нагрузке предохранитель. Селективность можно обеспечить быстродействием предохранителя.

**Автоматический выключатель** (механический), «автомат» — это механический коммутационный аппарат, способный включать, проводить и отключать токи при нормальном состоянии цепи, а также включать, проводить в течение заданного времени и автоматически отключать токи в указанном аномальном состоянии цепи, таких как токи короткого замыкания. Данное определение приводится в ГОСТ Р 50345-99



*Рис. 5. Разнообразные автоматические выключатели компании ABB*

***Выключатель дифференциального тока (ВДТ)*** предназначен для защиты людей от поражения электрическим током при повреждении изоляции токоведущих частей электрооборудования, при случайном прикосновении к неизолированным токоведущим частям электрооборудования, и для защиты имущества от теплового воздействия электрического тока (опасности возникновения пожара). Принцип работы ВДТ основан на измерении баланса токов между входящими в него токоведущими проводниками с помощью дифференциального трансформатора тока. Если баланс токов нарушен, то ВДТ немедленно размыкает все входящие в него контактные группы, отключая, таким образом, неисправную нагрузку.

***Автоматические выключатели дифференциального тока (АВДТ)*** представляет собой аппарат, сочетающий функции автоматического выключателя с электромеханическим ВДТ. При обнаружении автоматическим выключателем в защищаемом участке сети тока утечки (повреждения) на землю или сверхтока (тока перегрузки или короткого замыкания) происходит срабатывание устройства, приводящее к отключению защищаемой сети.

# Назначение и функции автоматических выключателей.

Автоматические выключатели предназначены для:

Автоматические выключатели предназначены для:

а) **защиты** электрических установок от сверхтоков:

- перегрузок (ток не сильно превышает номинальный, но протекает через автомат в электроустановку в течение длительного периода времени);

- коротких замыканий (значение тока, протекающего через автомат в электроустановку, резко увеличивается, значительно превышая номинальный)

Длительные токовые перегрузки, а тем более режимы короткого замыкания, могут привести к выходу из строя электрооборудования и электропроводок, возгораниям и, в конце концов, порче имущества и опасности для жизни людей. Использование автоматических выключателей позволяет своевременно отключать участки электроустановки, подвергающиеся действию токов в режиме перегрузки или короткого замыкания. Таким образом, основная функция «автоматов» - защитная.

б) **коммутации** электрических цепей.

Автоматические выключатели могут также использоваться для нечастых включений-отключений электрических цепей. На один автоматический выключатель обычно подключено большое количество электроприемников, поэтому, чтобы обесточить их все одновременно, проще всего отключить соответствующий «автомат», в том числе и дистанционно. Таким образом, дополнительная функция «автоматов» - функция управления.



## **Требования к автоматическим выключателям:**

- 1) Токоведущая цепь должна пропускать номинальный ток в течении сколь угодно длительного времени. Режим продолжительного включения является для автомата нормальным.
- 2) Автомат должен обеспечивать многократное отключение предельных токов КЗ, которые могут достигать сотен килоампер. После отключения этих токов автомат должен быть пригоден для длительного пропускания номинального тока.
- 3) Автомат должен иметь малое время отключения для обеспечения электродинамической и термической стойкости электроустановок, уменьшением разрушений и других последствий, вызываемых токами КЗ.
- 4) Необходимо обеспечивать необходимые токи время срабатывания и селективность

## Характеристические параметры:

### 1) Номинальные значения:

- Номинальное рабочее напряжение
- Номинальное напряжение изоляции
- Номинальное импульсное выдерживаемое напряжение
- Номинальный ток
- Номинальная частота
- Номинальная наибольшая отключающая способность

2) **Ожидаемый ток** - Ток, который протекал бы в цепи, если бы каждый полюс выключателя был заменен проводником с ничтожно малым сопротивлением.

3) **Ожидаемый пиковый ток** - Пиковое значение ожидаемого тока во время переходного периода после его возникновения

4) **Максимальный ожидаемый пиковый ток** – Ожидаемый пиковый ток, возникающий в момент, обуславливающий его наибольшее значение.

5) **Наибольшая включающая и отключающая способность** – Переменная составляющая ожидаемого тока, выраженная его действующим значением, которую выключатель должен включать, проводить в течение времени отключения и отключать в заданных условиях и остаться в работоспособном состоянии.

6) **Предельная наибольшая отключающая способность** – Отключающая способность, для которой предписанные условия, соответствующие указанному циклу испытаний, не предусматривают способности выключателя проводить в течение условного времени ток, равный 0,85 тока нерасцепления.

7) **Рабочая наибольшая отключающая способность** – Отключающая способность, для которой предписанные условия, соответствующие указанному циклу испытаний, предусматривают способность выключателя проводить в течение условного времени ток, равный 0,85 тока нерасцепления.

8) **Ток отключения** – Ток в полюсе выключателя в момент возникновения дуги при отключении.

9) **Восстанавливающееся напряжение** – Напряжение, появляющееся на выводах полюса автоматического выключателя после отключения тока

## Классификация выключателей ГОСТ 9098-78

- 1. Классификация автоматов по количеству полюсов:** однополюсные автоматы, однополюсные автоматы с нейтралью, двухполюсные автоматы, трехполюсные автоматы, трехполюсные автоматы с нейтралью, четырехполюсные автоматы.
- 2. Классификация автоматов по типу расцепителей:** электромагнитный, тепловые, полупроводниковые, электронные, микропроцессорные.
- 3. Классификация автоматов по току расцепления:** В, С, D, (А, К, Z)
  - а) тип «В» — свыше  $3 \cdot I_n$  до  $5 \cdot I_n$  включительно ( $I_n$  - это номинальный ток)
  - б) тип «С» — свыше  $5 \cdot I_n$  до  $10 \cdot I_n$  включительно
  - в) тип «D» — свыше  $10 \cdot I_n$  до  $20 \cdot I_n$  включительно
- 4. Классификация автоматов по роду тока в цепи:** постоянного, переменного, обоих.  
Номинальные электрические токи для основных цепей расцепителя подбирают из: 6,3; 10; 16; 20; 25; 32; 40; 63; 100; 160; 250; 400; 630; 1000; 1600; 2500; 4000; 6300 А.
- 5. Классификация по наличию токоограничения:** токоограничивающие, нетокоограничивающие.
- 6. Классификация автоматов по видам расцепителей:** с максимальным расцепителем тока, с независимым расцепителем, с минимальным либо нулевым расцепителем напряжения.
- 7. Классификация автоматов по характеристике выдержки времени:** без выдержки времени, с выдержкой времени, независимой от тока, с выдержкой времени, обратно зависимой от тока, с сочетанием указанных характеристик
- 8. Классификация по наличию свободных контактов:** с контактами и без контактов.
- 9. Классификация автоматов по способу подсоединения внешних проводов:** с задним присоединением, с передним присоединением, с комбинированным присоединением, с универсальным присоединением (и передним и задним).
- 10. Классификация по виду привода:** с ручным, с двигательным и с пружинным.
- 11. По конструкции:** воздушный автоматический выключатель, выключатель в литом корпусе, модульные автоматические выключатели.
- 12. По виду установки:** выкатные с втычными контактами; стационарные.
- 13. По виду исполнения отсечки:** селективные, неселективные
- 14. По наличию и степени защиты выключателя от воздействия окружающей среды**

Тип время-токовой характеристики

$U_n$  = номинальное напряжение

$I_n$  = номинальный ток

СИМВОЛЫ:

Автоматическое отключение

Разъединение

Тепловой расцепитель

Электромагнитный расцепитель

- отключающий нейтральный полюс

- защищенный фазный полюс

060 19

230 V~

C 16

4500

3

legrand



Отключающая способность  
согласно ГОСТ Р 50345-99 (EN 60898)

Класс токоограничения

Рис. 6. Маркировка автоматического выключателя

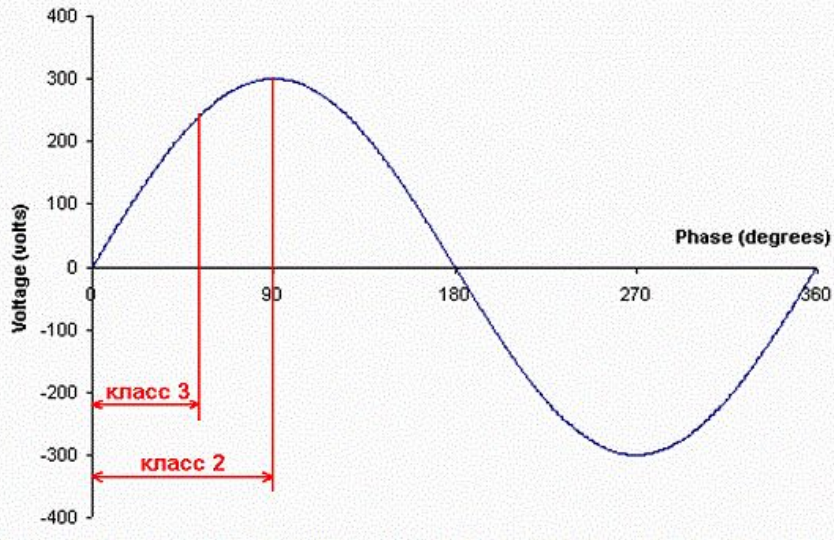


Рис. 7. Класс токоограничения

**Класс токоограничения** - характеристика которая определяет насколько быстро автомат отключит нагрузку при коротком замыкании. Т.е определяется скоростью срабатывания.

\* 1 класс — не маркируется. Расцепление происходит за полупериод сетевого напряжения, т.е. примерно 10мс.

\* 2 класс — маркируется 2. Рацепление происходит за 1/2 полупериода (5-6 мс.).

\* 3 класс — маркируется 3. Расцепление происходит за 1/3 полупериода (3мс).

**Категории применения автоматических выключателей:** А и В.

А — автоматические выключатели неселективные (срабатывание при токах КЗ происходит без выдержки времени);

В — автоматические выключатели селективные (в условиях короткого замыкания обеспечивается кратковременная заданная выдержка времени).

**Время-токовая характеристика срабатывания автоматического выключателя** – это зависимость времени отключения защищаемой цепи, от силы протекающего через нее тока. Ток указывается как отношение к номинальному току  $I/I_{ном}$ , т.е. во сколько раз протекающий через автомат ток превышает номинальный для данного автоматического выключателя.

- **Тип А** (2-3 значения номинального тока)
- **Тип В** (3-5 значений номинального тока)
- **Тип С** (5-10 значений номинального тока)
- **Тип D** (10-20 значений номинального тока)
- **Тип К** (8-12 значений номинального тока)
- **Тип Z** (2,5-3,5 значений номинального тока)

## Устройство автоматических выключателей

Внутреннее устройство автоматического выключателя представлено на рис. 2.

Выключатель конструктивно выполнен в диэлектрическом корпусе. Вручную включение и отключение производится рычажком (1), внешние провода подсоединяются к винтовым клеммам (2). Коммутацию цепи осуществляют подвижный (3) и неподвижный (4) контакты. Подвижный контакт подпружинен, пружина обеспечивает усилие для быстрого расцепления контактов. Механизм расцепления приводится в действие одним из двух расцепителей: тепловым или электромагнитным.

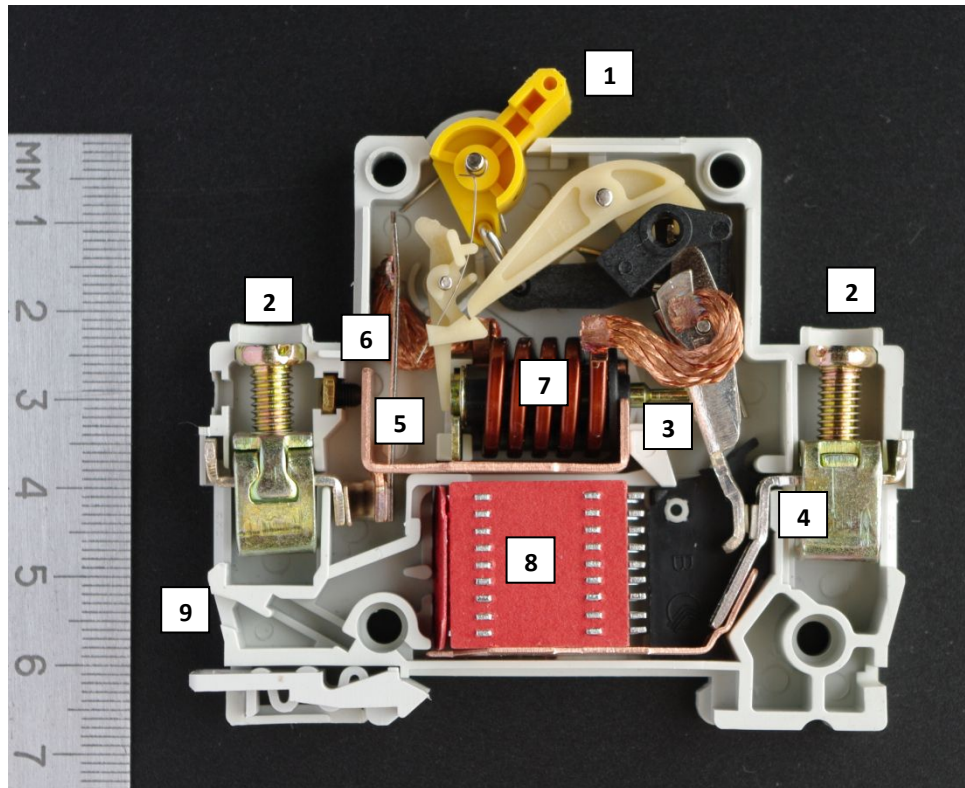


Рис. 8. Устройство автоматического выключателя

1 – рычажок коммутации, 2 – винтовые клеммы, 3 – подвижный контакт, 4 – неподвижный контакт, 5 – биметаллическая пластина, 6 – регулировочный винт, 7 – соленоид, 8 – дугогасительная решетка, 9 – защелка под DIN-рейку.

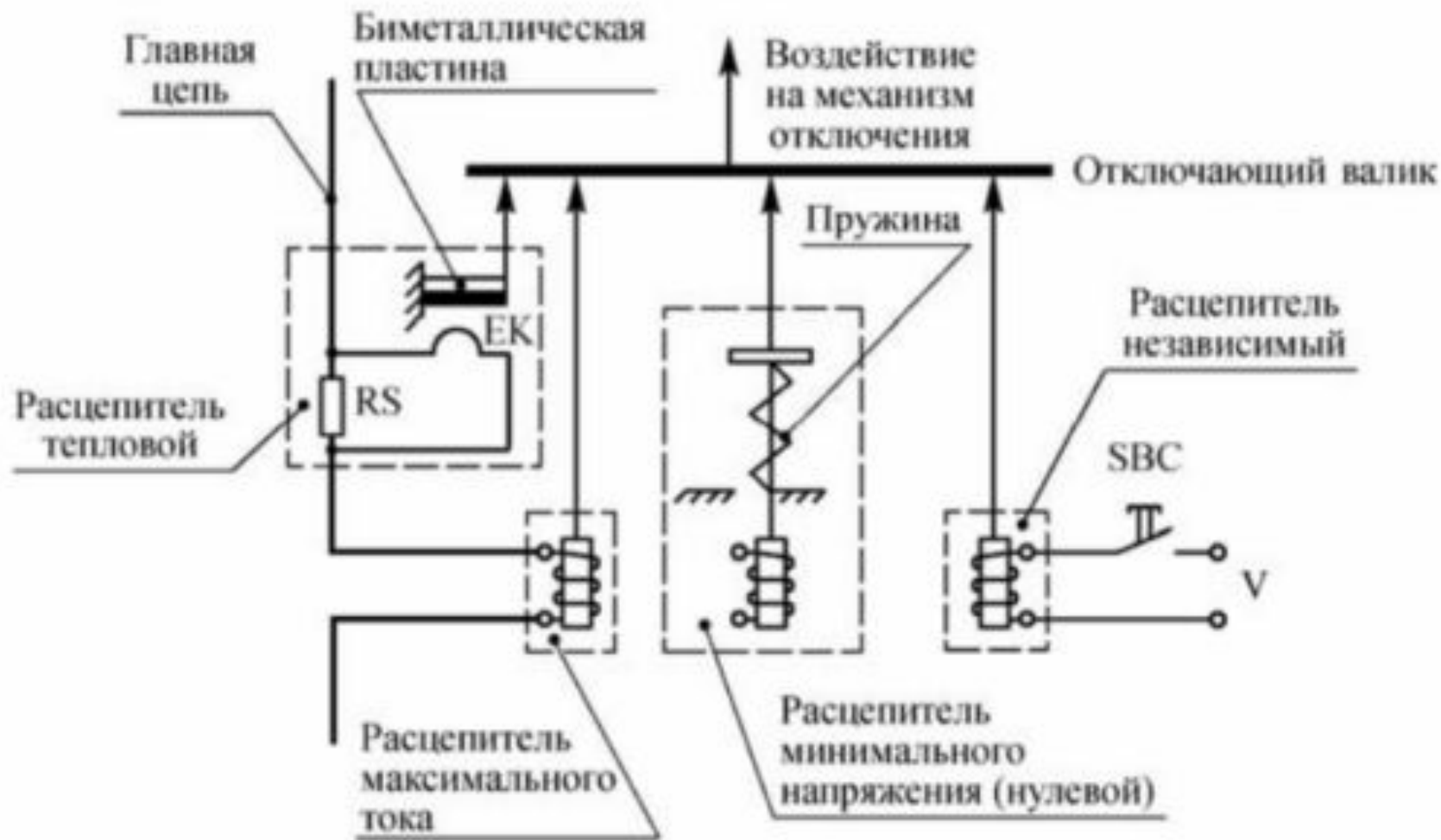


Рис. 9. Принцип работы автоматического выключателя

**Расцепитель** - устройство, механически связанное с автоматическим выключателем (или встроенное в него), которое освобождает удерживающее устройство в механизме автоматического выключателя и вызывает автоматическое срабатывание выключателя. Кроме того, расцепитель позволяет производить дистанционное отключение аппарата.

**Тепловой расцепитель** предназначен для защиты электросетей от перегрузок. Он представляет собой биметаллическую пластину (5), нагреваемую протекающим током. При протекании тока выше допустимого значения биметаллическая пластина изгибается и приводит в действие механизм расцепления. Время срабатывания зависит от тока (времятоковая характеристика) и может изменяться от секунд до часа. Минимальный ток, при котором должен срабатывать тепловой расцепитель, составляет 1,45 от номинального тока выключателя. Настройка тока срабатывания производится в процессе изготовления регулировочным винтом.

Автоматический выключатель готов к следующему использованию после остывания пластины. Это отличает его от другого, сейчас выходящего из повсеместного использования аппарата защиты – *плавкого предохранителя*, который тоже обеспечивает защиту электрических сетей от перегрева и перегрузок. В плавких предохранителях, однако, устанавливается одноразовая плавкая вставка.

Биметаллическую пластину изготавливают методом механического соединения двух металлических лент. Выбираются два материала с разными коэффициентами температурного расширения и соединяются между собой с помощью спаивания, заклёпывания или свариваются.

К достоинствам теплового расцепителя можно отнести отсутствие трущихся друг о друга поверхностей, устойчивость к вибрациям, низкая стоимость в силу простой конструкции. Но нужно обратить внимание и на недостатки – работа теплового расцепителя сильно зависит от температуры окружающей среды, их следует размещать в местах со стабильным температурным режимом вдали от источников тепла, в противном случае возможны многочисленные ложные срабатывания.



**Электромагнитный (мгновенный) расцепитель** предназначен для защиты электросетей от коротких замыканий.

Представляет собой соленоид, подвижный сердечник которого также может приводить в действие механизм расцепления. Ток, проходящий через выключатель, течет по обмотке соленоида и вызывает втягивание сердечника при превышении заданного порога. Мгновенный расцепитель, в отличие от теплового, срабатывает очень быстро (доли секунды), но при значительно большем превышении тока: в  $2 \div 10$  раз от номинала, в зависимости от типа автоматического выключателя.

Во время расцепления контактов может возникнуть электрическая дуга, поэтому контакты имеют особую форму и находятся рядом с дугогасительной решёткой.

Для силовых автоматических выключателей уставку срабатывания при коротком замыкании (значение тока, при котором инициируется расцепление) могут указывать как значением в амперах, так и в кратности номинальному току. Встречаются уставки:  $3,5 \cdot I_n$ ,  $7 \cdot I_n$ ,  $10 \cdot I_n$ ,  $12 \cdot I_n$ ,

Для модульных автоматических выключателей согласно ГОСТ 50030.2-99 существуют типы защитных характеристик: В (3-5), С (5-10), D (10-50).

Под выдержкой времени понимается обеспечение селективности. Селективность или избирательность достигается, когда вводной автоматический выключатель распознаёт замыкание на коротко и некоторое заданное время пропускает его. Этого времени достаточно для срабатывания нижестоящего защитного устройства. В таком случае отключается не весь объект, а только повреждённая ветвь.

Аппараты с выдержкой времени или селективные – категория применения В (все автоматы с электронным или полупроводниковым расцепителем).

Аппараты мгновенного действия или неселективные – категория применения А (фактически все автоматические выключатели с электромагнитным расцепляющим устройством).

Часто применяется последовательное соединение теплового и электромагнитного расцепителя. В зависимости от производителя, такое связывание двух устройств называют **комбинированным** или **термомагнитным расцепителем**. Словосочетание «термомагнитный расцепитель» зачастую используется в зарубежных каталогах и литературе.

**Полупроводниковый расцепитель складывается** из блока управления, измерительных трансформаторов (для переменного тока) или магнитные усилители (для постоянного тока) и исполнительного электромагнита, который также выступает как независимый расцепитель. Блок управления полупроводниковым расцепителем (БУПР) позволяет выстраивать определённую пользователем программу, по которой будет производиться расцепление главных контактов.

**К таким настройкам** в общем виде относятся:

- регулировка номинального тока автомата;
- настройка времени выдержки в зоне короткого замыкания, а также перегрузки;
- уставка срабатывания при возникновении замыкания накоротко;
- переключатели защиты от токов включения, от однофазного КЗ;
- переключатель, отключающий выдержку времени при КЗ (переход из режима селективности в режим мгновенного действия).

В состав **электронного расцепителя** входят измерительные устройства (датчики тока), блок управления и исполнительный электромагнит. Электронные расцепители предназначены для подачи команды на автоматическое отключения автомата с заданной программой при возникновении в электрической цепи сверхтоков перегрузки или замыкания. При превышении силы тока через автомат в блоке электронного расцепителя начинается отсчет времени срабатывания в соответствии с время-токовой характеристикой. Если за время срабатывания ток снизится до величины, ниже пороговой, то автоматического срабатывания не произойдет.

К плюсам электронных расцепителей относятся: широкий выбор настроек, четкое следование прибора заданной программе, наличие индикаторов. Основной недостаток – довольно высокая стоимость, а также чувствительность расцепителя к воздействию электромагнитного излучения.

**Микропроцессорный расцепитель** в дополнение к основным функциям защиты от сверхтока (тока короткого замыкания, тока замыкания на землю) защищает от отклонения напряжения, отклонения частоты, а также от небаланса напряжения и тока. Он обладает расширенными возможностями по измерению напряжения, тока, мощности, электроэнергии, гармоник, обеспечивает обмен данными и т. д. По сравнению с традиционными микропроцессорный расцепитель обладает большей точностью и стабильностью срабатывания, что позволяет увеличить долговечность или другими словами коммутационную способность автоматического выключателя. Функция логической селективности срабатывания автоматических выключателей упрощает координацию защиты, а тепловая память позволяет использовать аппарат для защиты различных нагрузок.

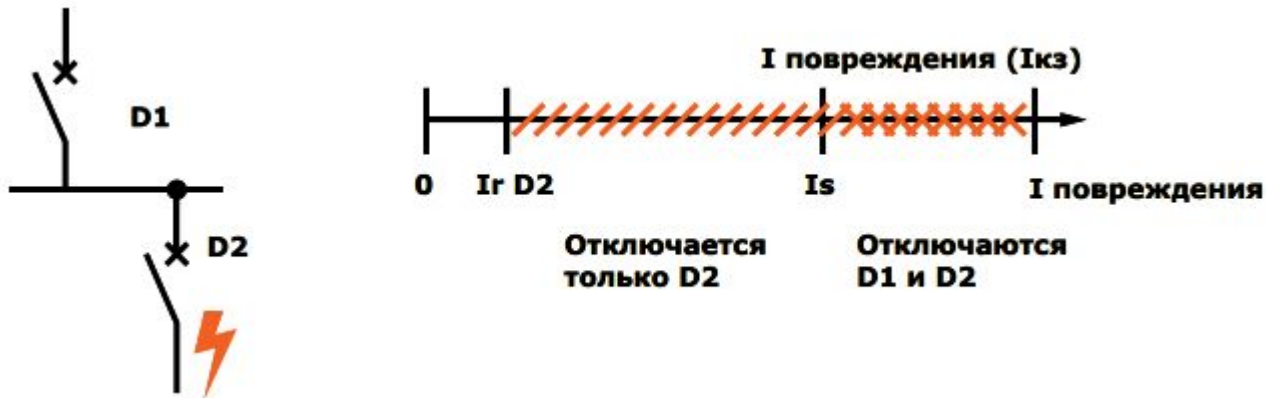
**Селективность** — согласование характеристик установленных последовательно аппаратов защиты таким образом, чтобы в случае аварии отключалась только та линия питания или часть схемы, где возникла неполадка.

**Полная селективность** — вид координации работы защитных аппаратов, при котором аппарат со стороны потребителя отключается раньше, чем аппарат со стороны источника питания. Отключение происходит во всем диапазоне возможного тока к.з. в данной сети вплоть до значения максимальной отключающей способности нижестоящего аппарата.

**Частичная селективность** — вид координации работы защитных аппаратов, при котором аппарат со стороны потребителя осуществляет защиту до значения  $I_s$  (предельного тока селективности). При этом аппарат со стороны источника питания не должен срабатывать.

**Зона перегрузки** — диапазон сверхтока, в котором за срабатывание автоматического выключателя отвечает тепловой расцепитель.

**Зона короткого замыкания** — диапазон сверхтока, в котором за срабатывание автоматического выключателя отвечает электромагнитный расцепитель.



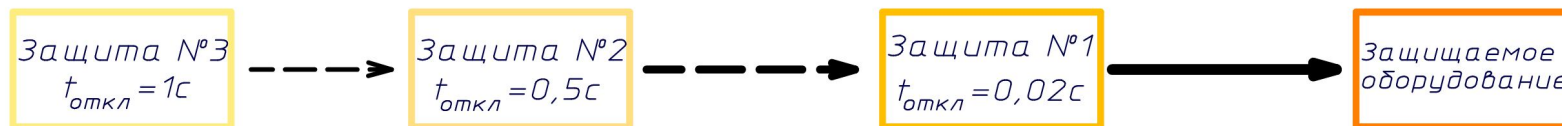
## Методы обеспечения селективности

В зоне перегрузки обычно реализуется время-токовый тип селективности. В зоне КЗ могут использоваться другие методы обеспечения селективности, о которых мы поговорим далее.

### Временная селективность

Этот вид селективности обеспечивается благодаря разному времени срабатывания аппаратов защиты. Время срабатывания ближайшего к защитному оборудованию аппарата защиты №1 настраивается на значение 0,02 с. На следующем этапе защиты отключение неисправности в цепи обеспечивается настройкой времени срабатывания аппарата 0,5 с. На последнем этапе выбирается время срабатывания выключателя - 1 секунда. Защита №3 будет резервировать 2 нижестоящие защиты №1 и №2.

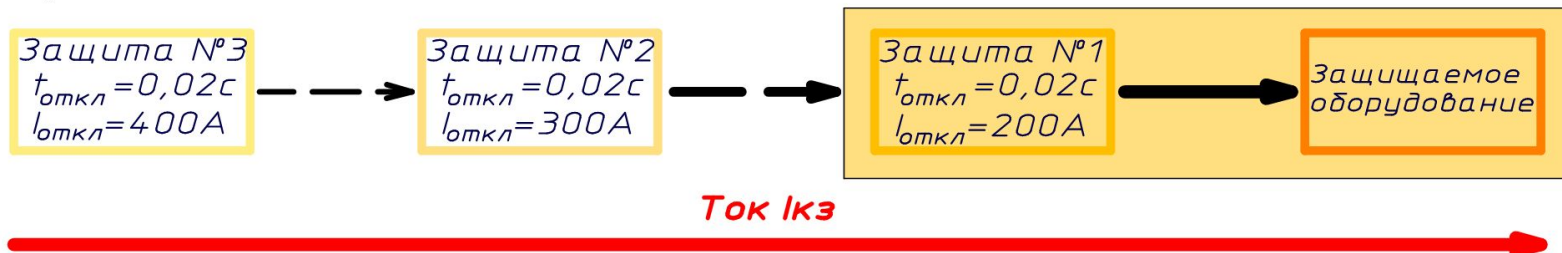
### Принцип создания временной селективности



### Токовая селективность

У всех защит №1, №2 и №3 выдержка по времени срабатывания минимальна: 0,02 с, однако значения срабатывания по току (уставки) отличаются: 200, 300 и 400 А соответственно. При возникновении в защищаемой сети короткого замыкания ток будет резко возрастать и вызывать срабатывание защит. Если защита №1 не работает, то ее будет резервировать следующая защита №2.

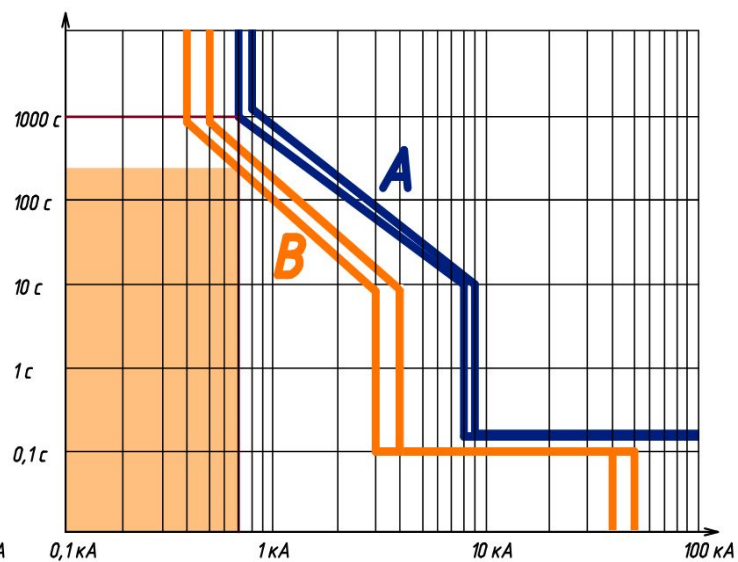
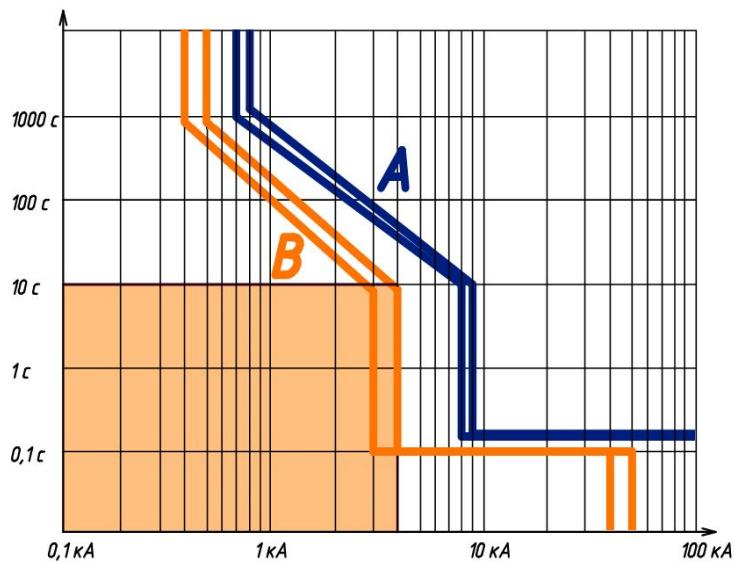
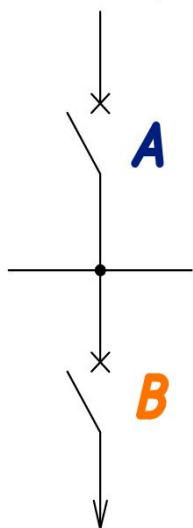
### Принцип создания токовой селективности



## Время-токовая селективность

Еще одним способом настройки защиты электроустановок до 1 кВ является согласование время-токовых характеристик применяемых автоматических выключателей.

## Время-токовая селективность защиты



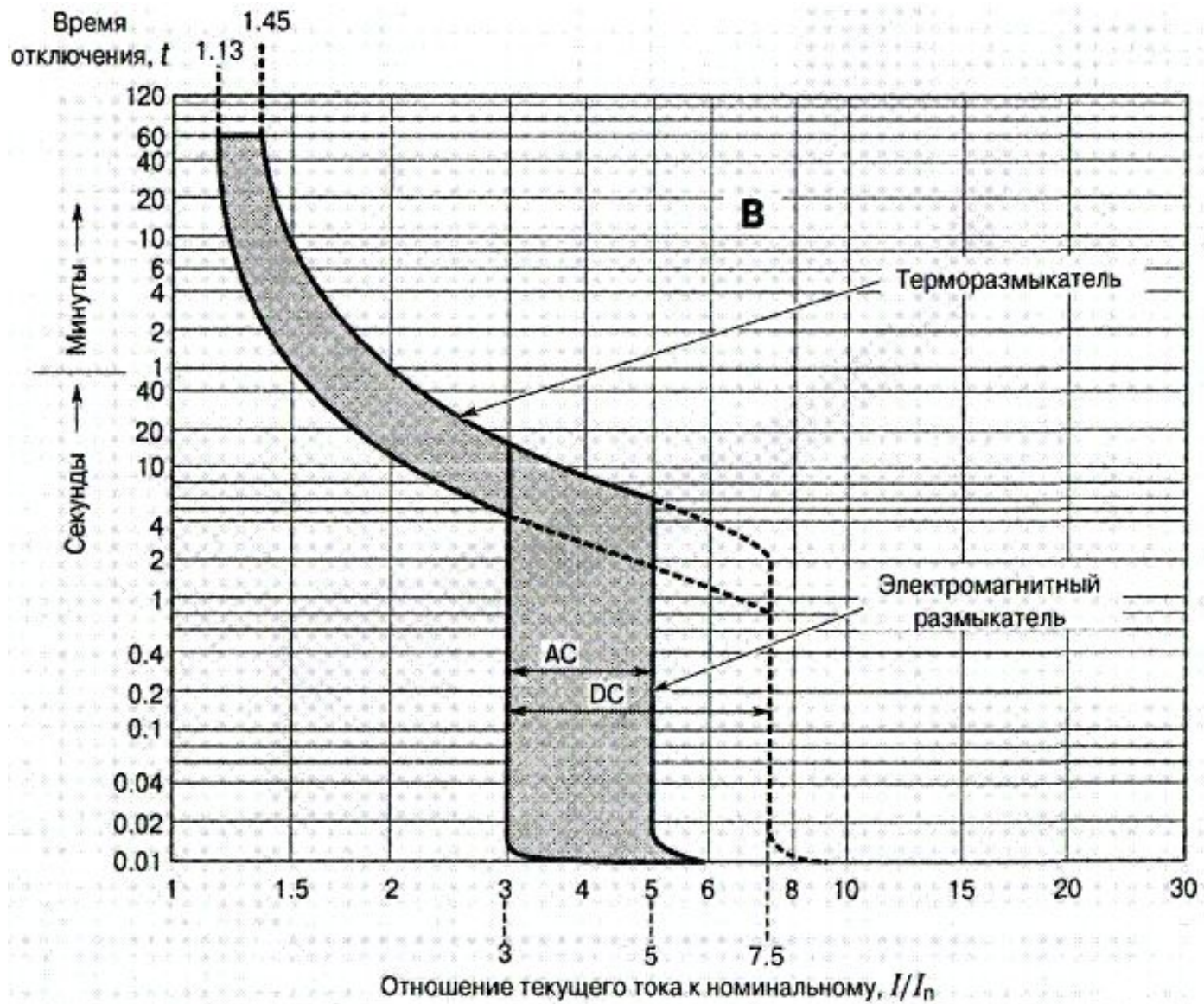


Рис. 10. Автоматические выключатели с характеристикой типа В. Используются для осветительных сетей общего назначения.



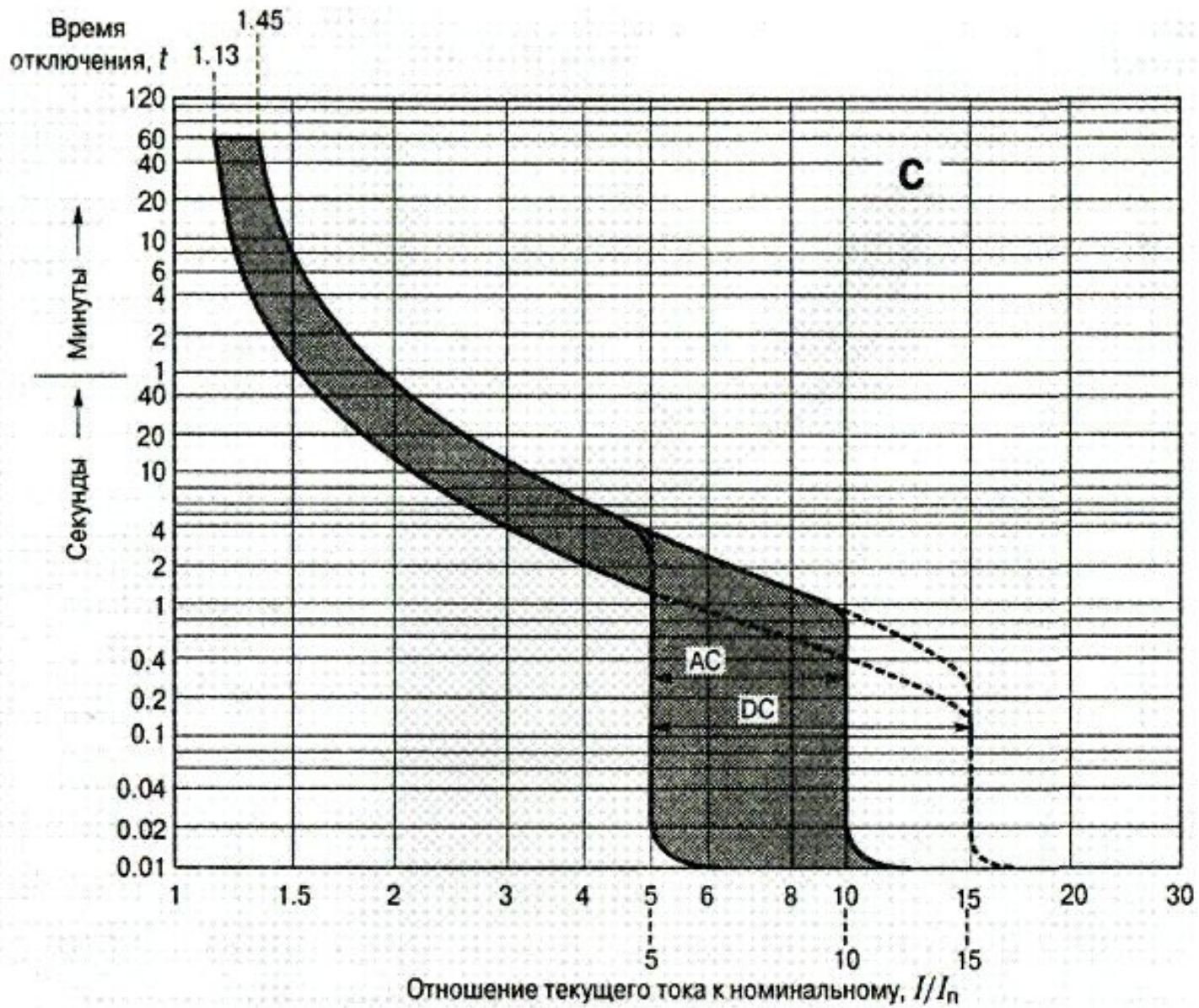


Рис. 11. Автоматические выключатели с характеристикой отключения типа С служат для размыкания осветительных цепей и установок с умеренными пусковыми токами (двигатель и трансформаторы).

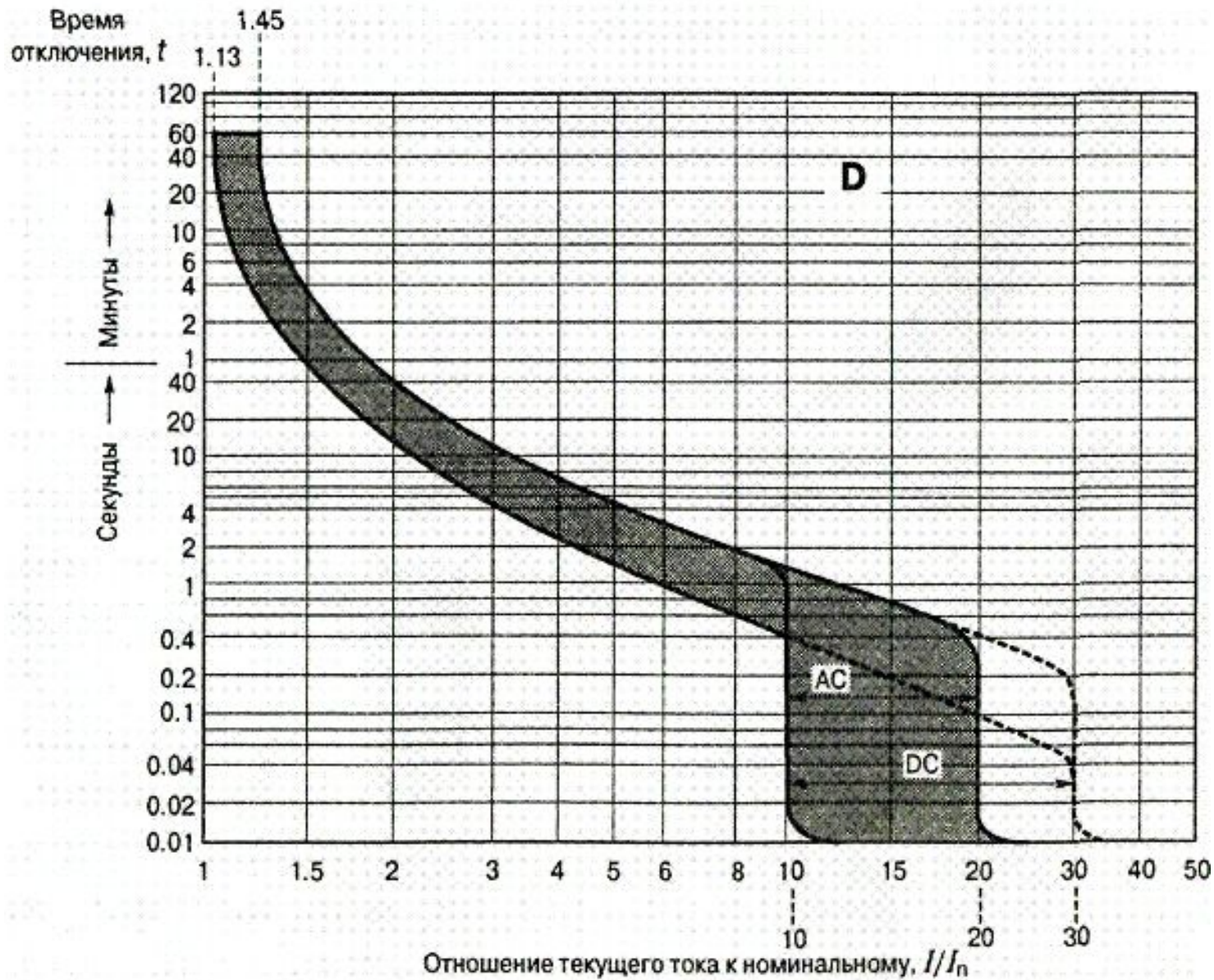


Рис. 12. В цепях с активно-индуктивной нагрузкой, а также для защиты электродвигателей с большими пусковыми токами используются выключатели с характеристикой типа D.



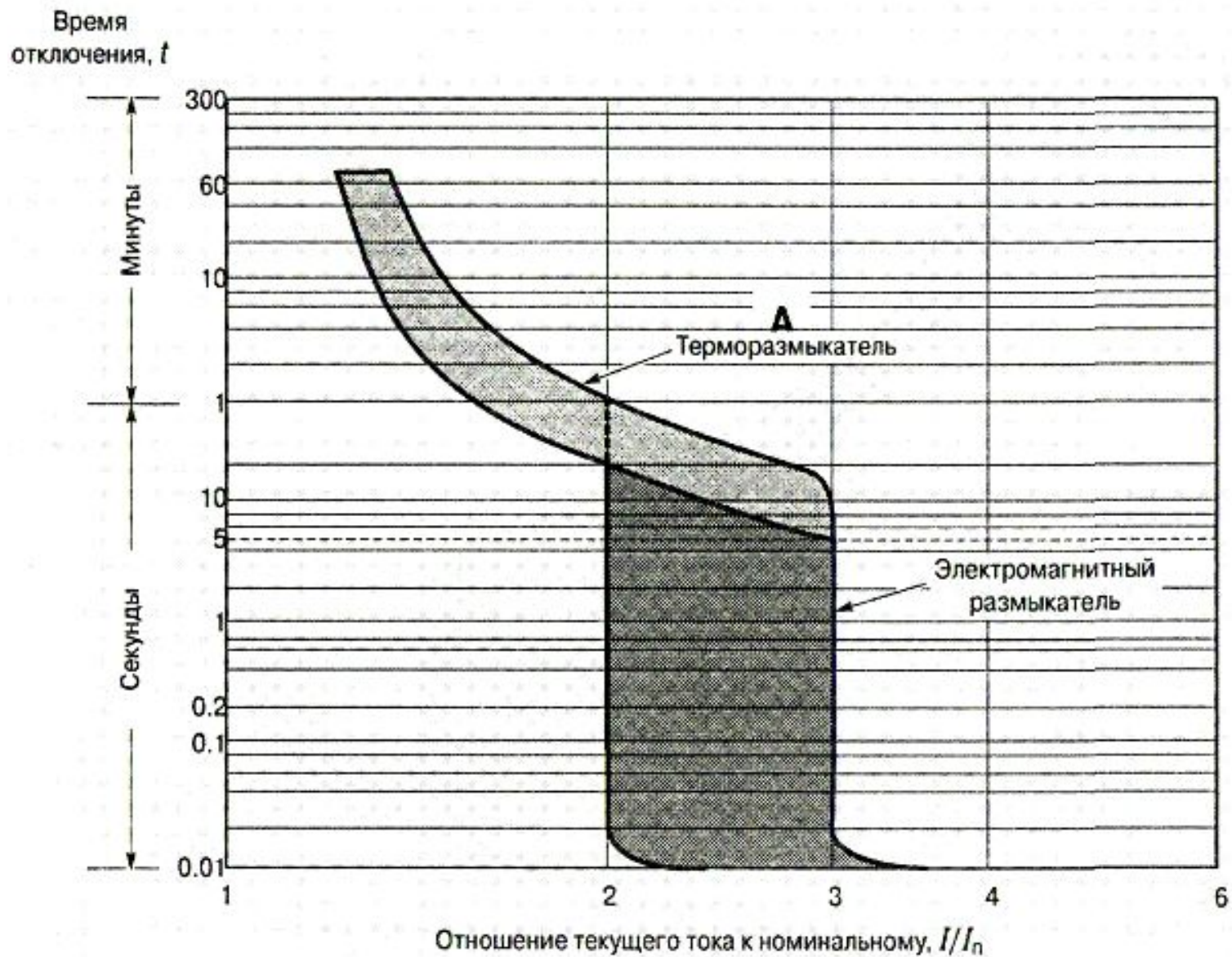


Рис. 13 Автоматические выключатели с характеристикой типа А. Используются для размыкания цепей с большой протяженностью электропроводки и для защиты полупроводниковых устройств

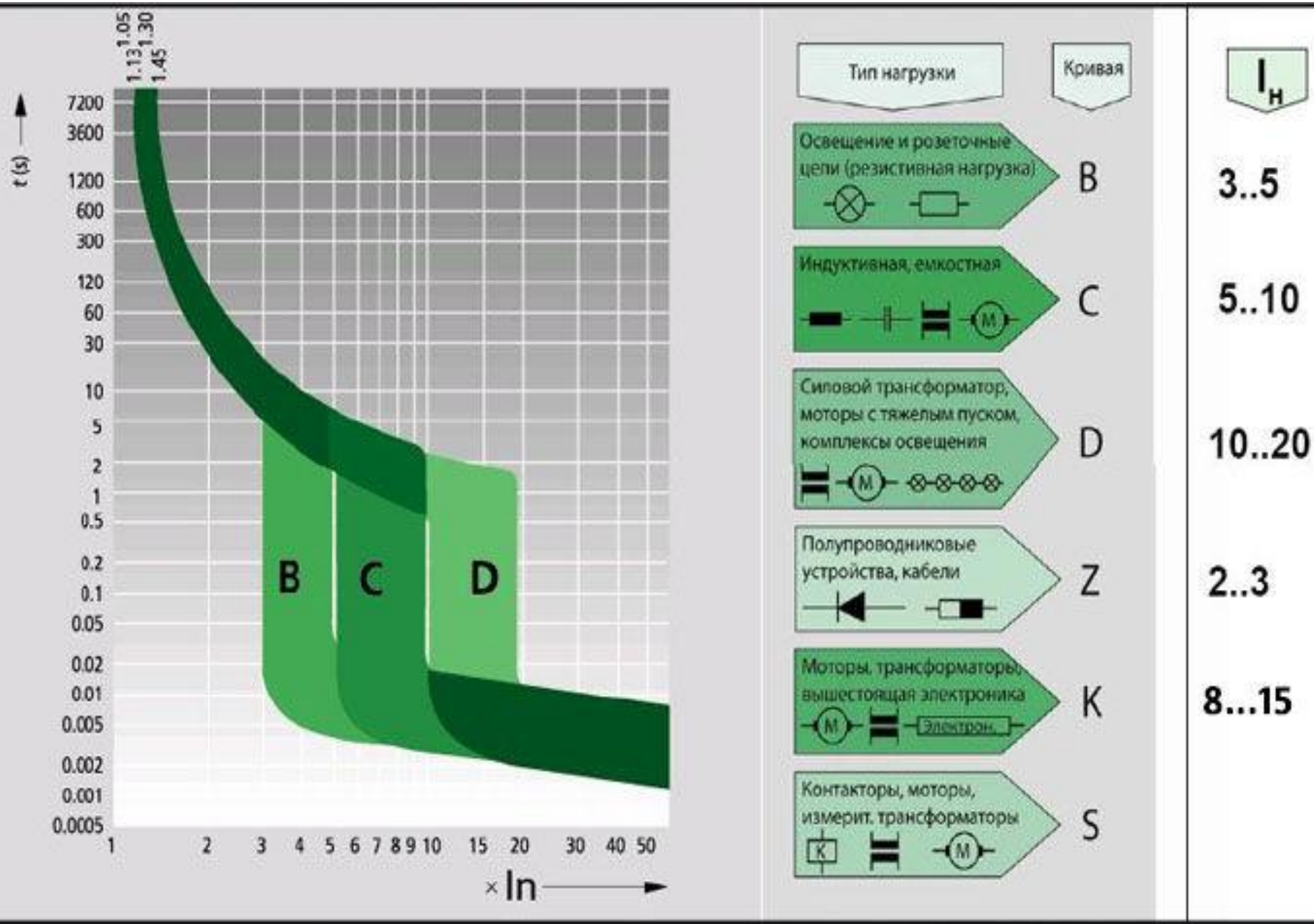


Рис. 14 Мгновенное расцепление в зависимости от нагрузки

# Выбор аппаратов

Все аппараты защиты выбираются по следующим параметрам:

- а) роду тока силовой цепи;
- б) номинальному напряжению ( $U_e \geq U_b$ );
- в) числу главных контактов;
- г) требуемой функции защиты (от перегрузки, короткого замыкания и т.д.)
- д) номинальному току ( $I_n > I_b$ );
- е) отключающей способности выключателя ( $I_{cs} > I_{kmin}$ )

# ПОРЯДОК ИСПЫТАНИЯ АВТОМАТИЧЕСКИХ ВЫКЛЮЧАТЕЛЕЙ в соответствии с ГОСТ Р 50345-99

## *Испытание теплового расцепителя*

Проверку проводят пропуская ток, равный  $2,55 I_n$ , пропускают через все полюса, начиная с холодного состояния. Далее сверяют полученные данные с заводскими (паспортными) времятоковыми характеристиками соответствующих выключателей.

## *Испытание электромагнитного расцепителя*

Проверяется:

- а) расцепитель *не должен сработать* при прохождении тока  $I_{m1}$ ;
- б) расцепитель *должен сработать* при прохождении тока  $I_{m2}$ ;
- в) расцепитель должен сработать в диапазоне от  $I_{m1}$  до  $I_{m2}$ , время срабатывания не должно превышать 0,04 сек.

Причем

$I_{m1} = 3I_n$  («В»),  $53I_n$  («С»),  $103I_n$  («D»),  
для остальных  $I_{m1} = 80\%$  от уставки электромагнитного расцепителя;

$I_{m2} = 53I_n$  («В»),  $103I_n$  («С»),  $203I_n$  («D»),  
для остальных  $I_{m2} = 120\%$  от уставки электромагнитного расцепителя.

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

- 1) Что такое автоматический выключатель?
- 2) Каково назначение автоматических выключателей?
- 3) Опишите устройство автоматического выключателя.
- 4) Что такое тепловой расцепитель? Для чего он служит и как действует?
- 5) Что такое магнитный расцепитель? Для чего он служит и как действует?
- 6) Чем автоматический выключатель принципиально отличается от плавкого предохранителя?
- 7) Какие существуют типы выключателей? Почему отличаются их характеристики срабатывания?
- 8) Объясните понятие «селективность».
- 9) Принципиально опишите испытательную установку.
- 10) Объясните регламент испытаний.
- 11) Что такое предохранитель?
- 12) Основные требования к предохранителям.
- 13) Конструктивное исполнение предохранителей.
- 14) Режимы работы плавких предохранителей.
- 15) Параметры предохранителя.
- 16) Маркировка плавких предохранителей.
- 17) Классификация предохранителей.
- 18) Материалы плавких вставок.
- 19) Самовосстанавливающийся предохранитель.
- 20) Как выбирается предохранитель?