

# **АВТОМАТИЧЕСКИЕ ВЫКЛЮЧАТЕЛИ**

*Автоматический воздушный выключатель (автомат)* – это электрический аппарат, предназначенный для нечастых оперативных включений и отключений электрических цепей и для защиты электрических установок при перегрузках и коротких замыканиях (КЗ), а также при недопустимых снижениях напряжения.

Применение автоматов дает следующие преимущества по сравнению с плавкими предохранителями:

- Удобство обслуживания.
- Безопасность при эксплуатации.
- В нормальном режиме или при любых видах КЗ автомат производит отключение всех трех фаз защищаемой им цепи, исключая тем самым неполнофазные режимы потребителей ЭЭ.
- Автоматы являются аппаратами многократного действия.
- Уменьшается перерыв электроснабжения потребителей ЭЭ, так как включить сработавший автомат быстрее, чем сменить сгоревший предохранитель.
- Автоматы имеют более совершенные характеристики срабатывания, чем плавкие предохранители.

В действующих электрических сетях используются автоматы различных серий и типов. Условно все автоматы можно разделить на 3 группы:

- малые установочные автоматы серий А, АП-50, АЕ-1000, АЕ-2000;
- установочные автоматы серии АЗ700;
- подстанционные универсальные автоматы серий АВМ, ВА, Э.

Установочные автоматы изготавливаются на диапазон номинальных токов до 600 А.

Универсальные автоматы изготавливаются на диапазон номинальных токов до 4000

Универсальные автоматы изготавливаются на диапазон номинальных токов до 4000-10000 А. В этих автоматах кроме ручных приводов применяются электродвигательные и электромагнитные приводы. Ток срабатывания универсальных автоматов, в отличие от тока срабатывания установочных автоматов, может регулироваться в эксплуатационных условиях в требуемых пределах. Универсальные аппараты допускают автоматическое отключение при получении сигнала от релейной защиты.

В настоящее время идет унификация типов и марок отечественных автоматов под единый евро стандарт. Выполняется это на основе автоматов марки ВА различными производителями.

В последнее время широкое распространение в РФ получили автоматы зарубежного производства таких фирм как Siemens, ABB, Legrand, Moeller, Schneider Electric, SACE и многие другие.

**Расцепители** – это электромагнитные или термобиметаллические механизмы, которые контролируют заданный параметр цепи и вызывают отключение автомата при превышении параметра мгновенно или с некоторой выдержкой времени.

**Электромагнитный расцепитель** максимального тока состоит из катушки и сердечника. Принцип действия автоматов с электромагнитными расцепителями основан на втягивании сердечника при прохождении определенной величины тока по катушке. При этом происходит размыкание контактов, которые разрывают главную силовую цепь. Электромагнитный расцепитель срабатывает практически мгновенно, обеспечивая тем самым независимую от времени защитную характеристику в зоне КЗ.

Принцип действия автоматов с **тепловыми расцепителями** основан на изменении тепла, выделяемого при прохождении тока через активное сопротивление (нагревательный элемент). Количество тепла, выделяемое в сопротивлении, пропорционально квадрату тока. Это тепло воздействует на биметаллическую пластину, состоящую из двух металлов с разными коэффициентами линейного расширения, которая, изгибаясь, размыкает один или несколько контактов.

Главный недостаток тепловых расцепителей – это низкая точность срабатывания по току и времени из-за чувствительности к температуре окружающей среды.

В современных автоматах применяются полупроводниковые или электронные расцепители, которые обеспечивают более высокую точность срабатывания по току и времени.

Основные типы времятоковых характеристик для автоматов с комбинированным расцепителем согласно ГОСТ Р 50345-99 (2002) приведены на рис.1

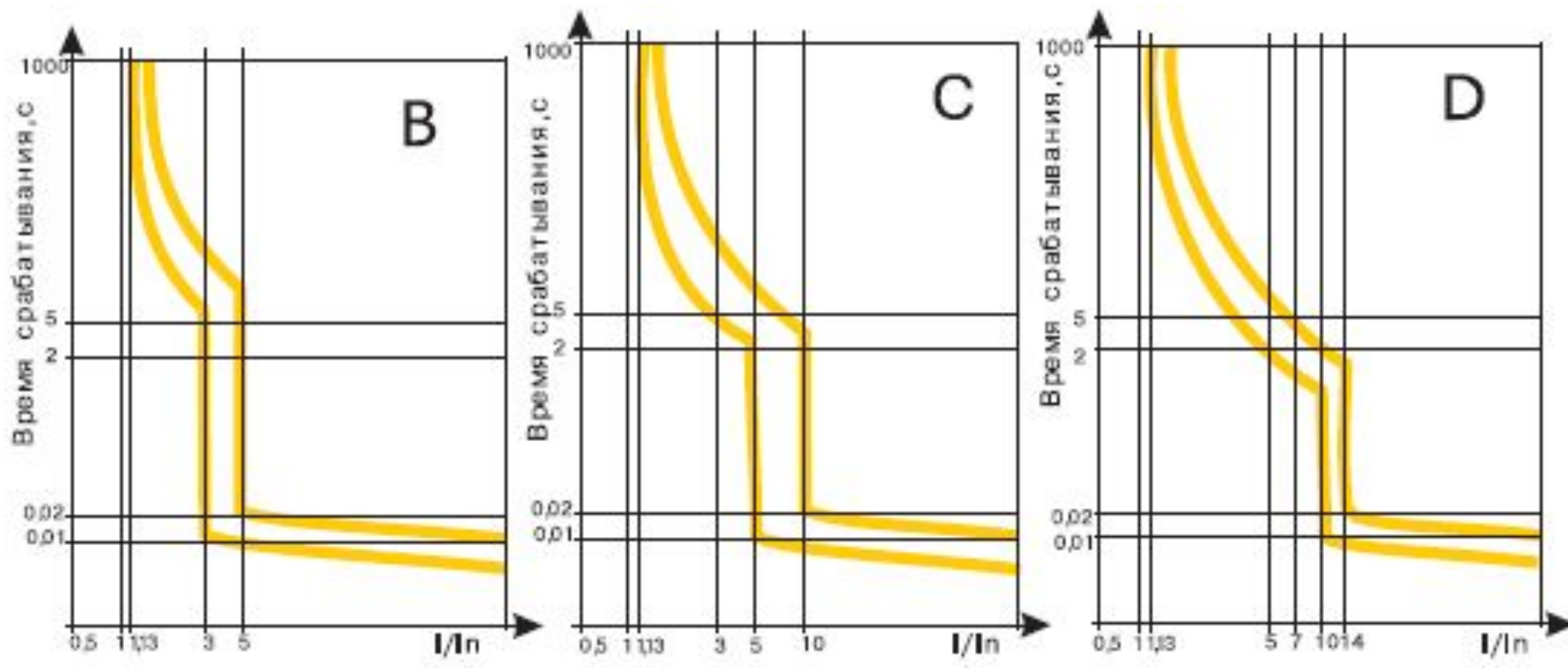


Рис.1 Время – токовые характеристики автоматических выключателей.

По характеристикам срабатывания электромагнитных расцепителей автоматические выключатели делятся на следующие типы по току мгновенного расцепления

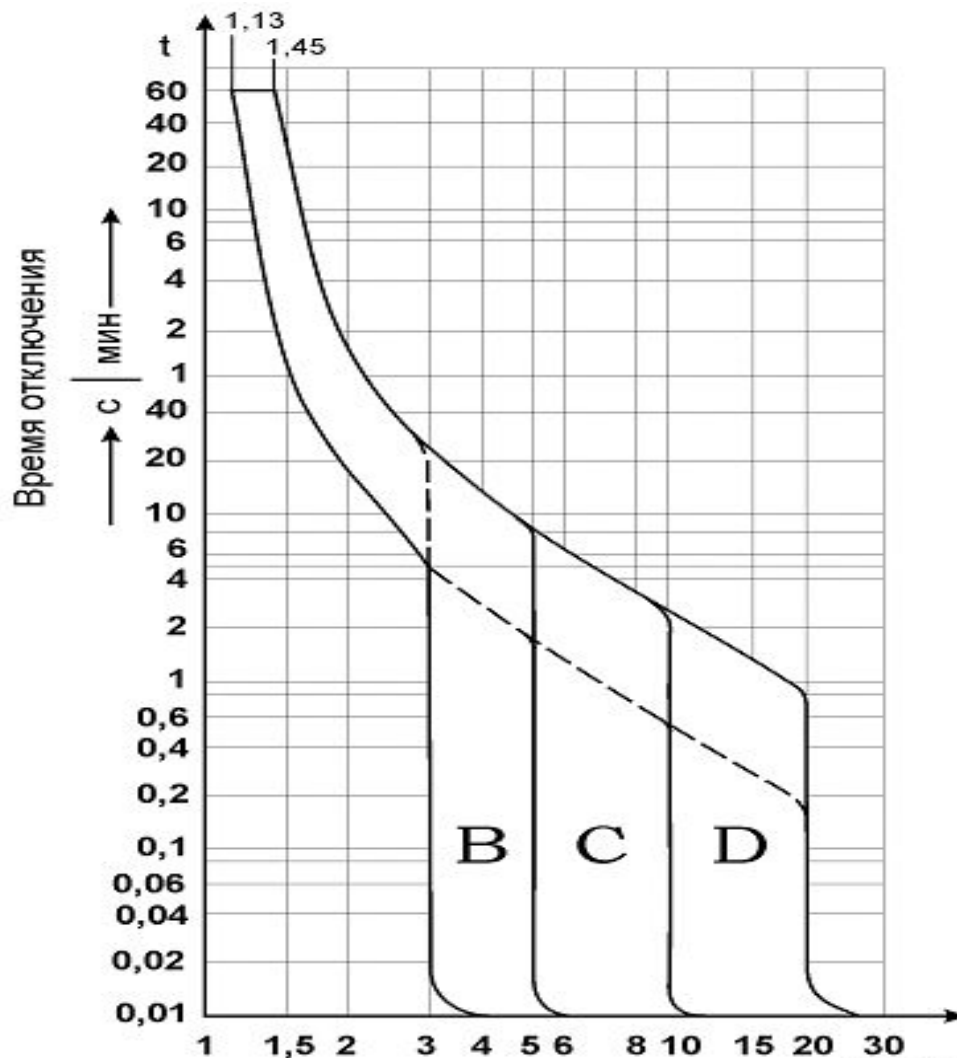
***mun B*** – ток срабатывания электромагнитного расцепителя равен  $I_{c.to} = (3-5) \cdot I_{н.а}$ ; предназначен для потребителей, у которых ток нагрузки невысокий и ток КЗ может попасть в зону работы теплового, а не электромагнитного расцепителя;

***mun C*** – ток срабатывания электромагнитного расцепителя  $I_{c.to} = (5-10) \cdot I_{н.а}$ ; предназначен для бытового и промышленного применения: для двигателей с временем пуска до 1 с, нагрузок с малыми индуктивными токами;

***mun D*** – ток срабатывания электромагнитного расцепителя  $I_{c.to} = (>10) \cdot I_{н.а}$ ; применяется для мощных двигателей с затяжным временем пуска.

Минимальный ток срабатывания расцепителя с зависимой от тока выдержкой времени в холодном состоянии равен  $1,45 \cdot I_{н.а}$ , в горячем состоянии  $1,13 \cdot I_{н.а}$ .

Нижняя граница защитной характеристики соответствует срабатыванию расцепителя в горячем состоянии, верхняя граница соответствует срабатыванию расцепителя в холодном состоянии.



Кратность значения номинального тока  $K = I_{c.p} / I_{н.а}$

Рис. Защитные характеристики автоматических выключателей:  
а – тип В; б – тип С; с – тип D

## **Основными электрическими характеристиками автоматов являются:**

- номинальное напряжение автомата –  $U_{на}$ ,
- номинальный ток автомата –  $I_{на}$ ,
- предельный ток отключения автомата –  $I_{п.откл}$
- номинальный ток расцепителя –  $I_{нр}$ ,
- ток срабатывания (ток уставки) расцепителя –  $I_{ур}$ ,

*Номинальное напряжение автомата* определяет уровень его изоляции как продольной, так и поперечной. Под продольной изоляцией понимают изоляцию между разомкнутыми контактами, а под поперечной – изоляцию токоведущих частей между собой и относительно земли.

*Номинальный ток автомата* – это максимальное значение тока, на который рассчитаны токоведущие части и контакты автомата для работы в длительном режиме.

*Предельный ток отключения автомата* – это наибольшее значение тока КЗ, которое контакты автоматы могут успешно отключить без повреждений токоведущих частей и контактов, препятствующих его дальнейшей, нормальной эксплуатации.

*Номинальный ток расцепителя* – это максимальное значение тока, на который рассчитан расцепитель для работы в длительном режиме, не срабатывая.

*Ток уставки расцепителя* – это наименьшее значение тока, при котором расцепитель срабатывает.

К параметрам автоматов также относятся номинальные токи включения и отключения, ток и время термической стойкости, время отключения.



## УСЛОВИЯ ВЫБОРА АВТОМАТОВ

- **Номинальное напряжение** автомата должно быть равно или больше номинального напряжения сети

$$U_{\text{ном. А}} \geq U_{\text{ном.сети}}$$

- **Номинальный ток автомата** должен быть равен или больше длительного наибольшего тока из всех рабочих режимов

$$I_{\text{ном. А}} \geq I_{\text{РАБ. МАКС}} \text{ (или } I_{\text{РАСЧ}}, \text{ или } I_{\text{НОМ}} \text{)}$$

- **Предельный ток отключения** автомата должен быть равен или больше максимального тока из всех аварийных режимов

- (в сетях до 1000 В это ток трехфазного металлического короткого замыкания -  $I_{\text{кз}}^{(3)}$ ).

$$I_{\text{пред.откл А}} \geq I_{\text{кз макс}} = I_{\text{кз}}^{(3)}$$

## РАСЦЕПИТЕЛИ

При КЗ и длительных токовых перегрузках автоматический выключатель отключается встроенным в него устройством релейной защиты или логики. Входной воздействующей величиной такого устройства является ток.

Это устройство называется *максимальным расцепителем*. Расцепитель контролирует заданный параметр защищаемой цепи (ток) и воздействует на расцепляющее устройство, отключающее автоматический выключатель.

Наиболее распространенными видами максимальных расцепителей являются:

- а) электромагнитные – для защиты от токов КЗ;
- б) тепловые – для защиты от перегрузок;
- в) полупроводниковые и электронные, позволяющие ступенчато менять ряд характеристик;
- г) комбинированные, совмещающие в себе несколько вышеприведенных расцепителей.

Наименьший ток, вызывающий отключение автоматического выключателя, называется током трогания или током срабатывания, а настройка расцепителя автоматического выключателя на заданный ток срабатывания – уставкой тока срабатывания.

Максимальный расцепитель выполняется по-разному. Его защитная ВТХ формируется, как правило, из отдельных ступеней трехступенчатой защиты (рис.).

Первая ступень – токовая отсечка без выдержки времени.

Вторая ступень – токовая отсечка с выдержкой времени.

Третья ступень – максимальная токовая защита или тепловая защита.

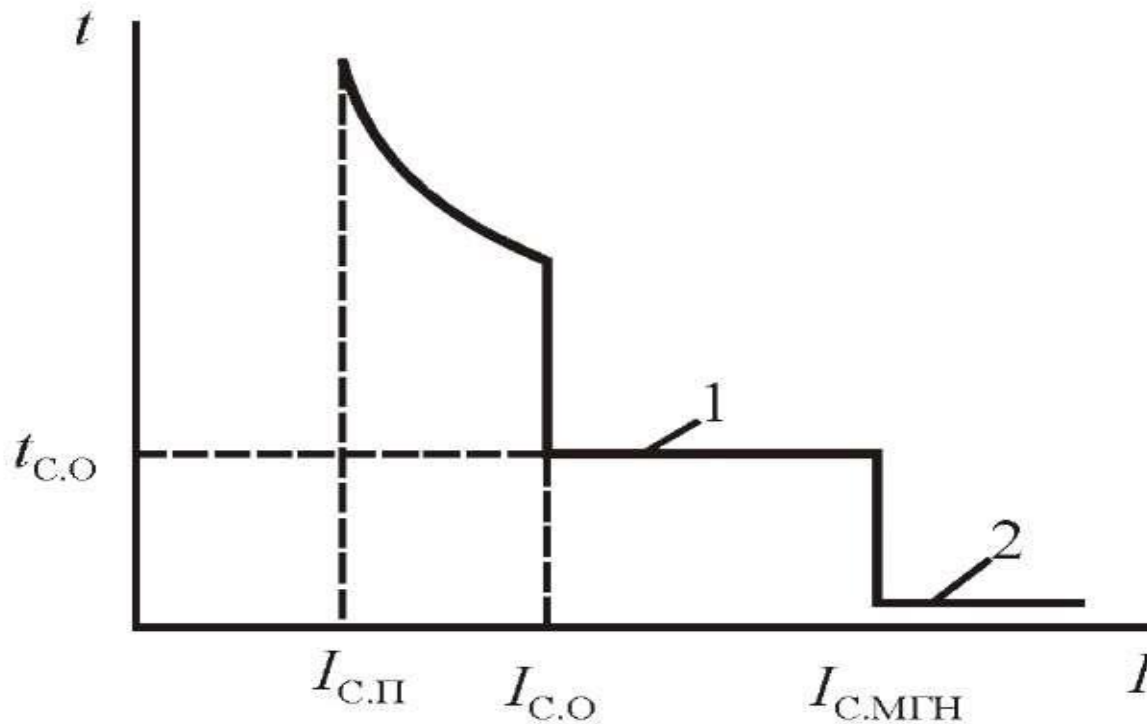


Рис. Защитная ВТХ расцепителя:

1 – токовая отсечка с выдержкой времени,

2 – токовая отсечка без выдержки времени,

3 – максимальная токовая защита или тепловая защита

Выпускаются автоматические выключатели, содержащие следующие ступени:

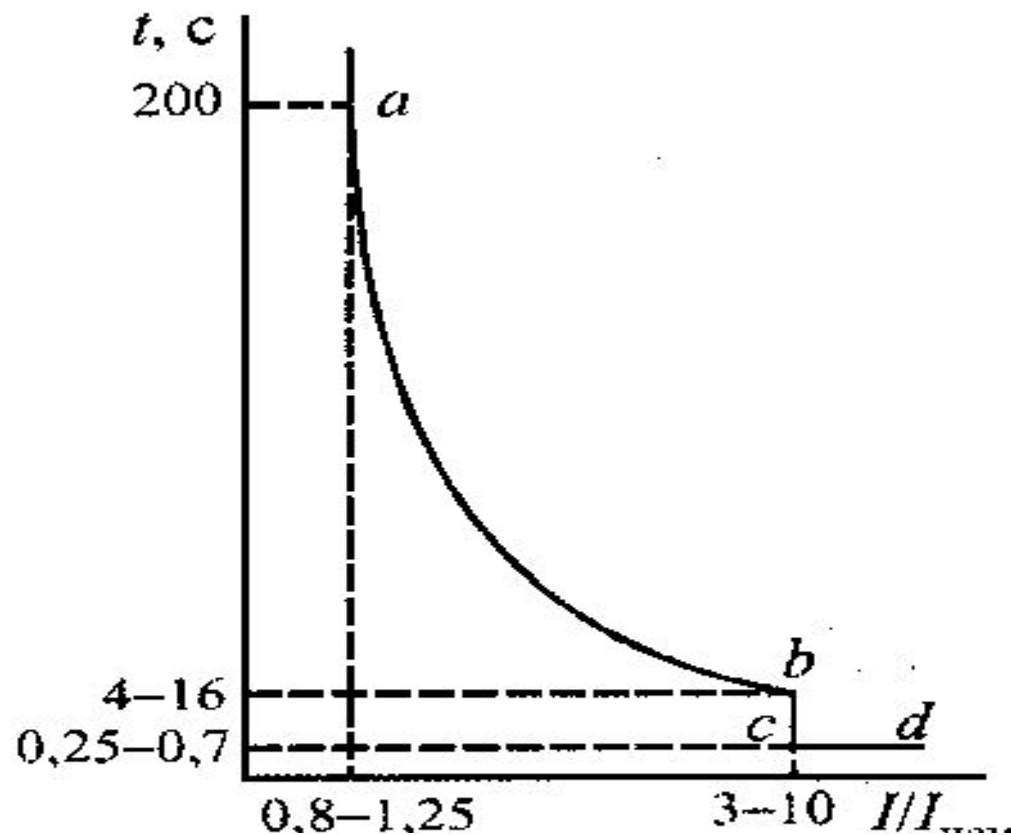
- все три;
- первую и третью;
- вторую и третью;
- только первую;
- только третью.

Автоматические выключатели, содержащие токовую отсечку с выдержкой времени (вторая ступень), называются селективными.

Тепловой расцепитель и электромагнитный расцепитель первой ступени защиты в условиях эксплуатации не регулируются.

Они настраиваются на определенную уставку по току срабатывания предприятием-изготовителем.

*Для автоматических выключателей с электромагнитным и тепловым расцепителями защитная характеристика приведена на рис.*



Максимальные расцепители имеют обратозависимую от тока выдержку времени при перегрузках (участок  $ab$ ) и независимую выдержку времени при токах КЗ ( $cd$ ).

Уставка по току регулируется в зоне перегрузки и в зоне короткого замыкания (отсечка).

Время срабатывания регулируется:

а – при номинальном токе  $I_n$ ,

б – при токе  $(3-10) \cdot I_n$ ,

с – при токе КЗ.

## Условия выбора расцепителей

- **Номинальный ток расцепителей** автомата должен быть равен или больше длительного максимального тока из всех рабочих режимов.

$$I_{\text{ном.расц.}} \geq I_{\text{РАБ. МАКС}} \text{ (или } I_{\text{РАСЧ}}, \text{ или } I_{\text{НОМ}})$$

- **Ток уставки расцепителя** должен быть отстроен от максимальных токов нормальных режимов.

- **Упрощенно для «старых автоматов»**

**Ток уставки ТР** должен быть отстроен от наибольшего рабочего тока.

$$I_{\text{С.ТР.}} \geq K_{\text{разброса}} \cdot I_{\text{расч}} \geq (1,1 \div 1,3) \cdot I_{\text{РАБ. МАКС}} \text{ (или } I_{\text{РАСЧ}}, \text{ или } I_{\text{НОМ}})$$

**Ток уставки ЭМР** должен быть отстроен от пускового тока.

$$I_{\text{С ЭМР}} \geq K_{\text{разброса}} \cdot I_{\text{пуск}} \geq (1,25 \div 1,35) \cdot I_{\text{пуск.}}$$

## Условия выбора расцепителей

1. Номинальный ток расцепителей  $I_{н.р}$  должен быть равен длительному наибольшему току

из всех рабочих режимов или больше этого тока:

$$I_{н.р} \geq I_p$$

2. Ток срабатывания (уставки) расцепителя должен быть отстроен от максимальных токов нормальных режимов.

Ток срабатывания (уставки) расцепителя с обратнозависимой выдержкой времени (максимальная токовая защита от перегрузок)  $I_{с.мтз}$  должен быть отстроен от наибольшего рабочего тока  $I_p$  во избежание нарушения нормальных режимов работы приемников ЭЭ:

$$I_{с.мтз} \geq K_{отс.мтз} \cdot I_p,$$

где  $K_{отс. мтз}$  – коэффициент отстройки расцепителя с обратнозависимой выдержкой времени (максимальная токовая защита от перегрузок).

$$I_{с.мтз} = 1,13 \cdot I_{н.а}$$

Можно принять следующие значения коэффициентов отстройки [6, 7, 11–18] расцепителя с обратозависимой выдержкой времени (максимальная токовая защита от перегрузок).

$K_{\text{отс.мтз}} = 1,1\text{--}1,3$  – для электродвигателей с легкими условиями пуска длительностью до 10 с;

$K_{\text{отс.мтз}} = 1,5$  – для электродвигателей с тяжелыми условиями пуска длительностью более 10 с

$K_{\text{отс.мтз}} = 1,1$  – для осветительных установок с лампами накаливания;

$K_{\text{отс.мтз}} = 1,2\text{--}1,4$  – для осветительных установок с разрядными лампами;

$K_{\text{отс.мтз}} = 1,1\text{--}1,2$  – для приемников ЭЭ с активными нагревательными элементами,

$K_{\text{отс.мтз}} = 1,5\text{--}2$  – для преобразовательных установок, сварочных машин и аппаратов.



$$I_{с.то} \geq K_{отс.то} \cdot I_{пик} \geq K_{зап} \cdot K_{разбр} \cdot I_{пик}''$$

где  $K_{отс.то} = K_{зап} \cdot K_{разбр}$  – коэффициент отстройки расцепителя с токовой отсечкой (защита от КЗ мгновенная или с выдержкой времени);

$K_{зап} = 1,1$  – коэффициент запаса;

$K_{разбр}$  – коэффициент разброса (по данным завода-изготовителя).

В [18] приведены обобщенные данные по коэффициентам отстройки (коэффициентам надежности) расцепителей с токовой отсечкой (защита от КЗ мгновенная или с выдержкой времени) для выключателей:

$K_{отс.то} = 1,5$  – для выключателей серии А 3700 и ВА с полупроводниковым расцепителем;

$K_{отс.то} = 1,6$  – для выключателей серии «Электрон» с полупроводниковым расцепителем (РТМ);

$K_{отс.то} = 1,8$  – для выключателей серии АВМ с электромагнитным расцепителем;

$K_{отс.то} = 2,1$  – для выключателей серии А 3100, А 3700, ВА, АЕ 2000, АП50 с электромагнитным расцепителем;

$K_{отстто} = 2,2$  – для выключателей серии «Электрон» с полупроводниковым расцепителем.

Данные о коэффициентах отстройки и условиях защиты для некоторых автоматических выключателях приведены в прил. 2 [13].

При отсутствии данных завода-изготовителя о коэффициентах разброса расцепителей с токовой отсечкой значения коэффициентов отстройки можно принять следующими [6, 7, 11–17]:

$K_{\text{отс.то}} = 1,5–1,8$  – для электродвигателей с короткозамкнутым ротором;

$K_{\text{отс.то}} = 1,2$  – для электродвигателей с фазным ротором;

$K_{\text{отс.то}} = 1,1$  – для осветительных установок с лампами накаливания мощностью более 500

Вт, ЛЛ, ДРЛ и приемников электроэнергии с активными нагревательными элементами;

$K_{\text{отс.то}} = 1,1–1,3$  – для преобразовательных установок, сварочных машин и аппаратов.

**Примечание.** Данный коэффициент в различных публикациях может называться по-другому (например, коэффициент надежности отстройки [14]).

$$\text{ВТХ В} \quad I_{\text{с.то}} = 3 \cdot I_{\text{н а}}$$

$$\text{ВТХ С} \quad I_{\text{с.то}} = 5 \cdot I_{\text{н а}}$$

$$\text{ВТХ В} \quad I_{\text{с.то}} = 10 \cdot I_{\text{н а}}$$

## **Проверка расцепителей автоматов**

Выбранные расцепители в обязательном порядке проверяется по 3 условиям:

**-чувствительности к токам коротких замыканий;**

**-селективности;**

**- защищаемости.**

**•Проверка по условию чувствительности к токам коротких замыканий.**

Для существующих электросетей согласно ПУЭ 6-е изд. проверка расцепителей по чувствительности к ТКЗ производится по быстрдействию срабатывания расцепителя на минимальный ток короткого замыкания самого удаленного участка электрической сети.

Условие чувствительности - расцепитель должен срабатывать на любой вид КЗ в любой точке электрической сети с максимальным быстродействием.

Для автоматов только с ТО

– для расцепителя выключателя с номинальным током до 100 А:

$$I_{\text{КЗ МИН}} / I_{\text{С.ТО}} \geq 1,40 .$$

– для расцепителя выключателя с номинальным током более 100 А:

$$I_{\text{КЗ МИН}} / I_{\text{С.ТО}} \geq 1,25 .$$

**Ток срабатывания расцепителя с ТО**

ВТХ В  $I_{\text{С.ТО}} = 5 \cdot I_{\text{НА}}$

ВТХ С  $I_{\text{С.ТО}} = 10 \cdot I_{\text{НА}}$

ВТХ D  $I_{\text{С.ТО}} = 14 \cdot I_{\text{НА}}$

Для автоматов имеющих обратозависимую времятоковую характеристику расцепителя с МТЗ регулируемую или нерегулируемую (независимо от наличия или отсутствия ТО) условие чувствительности:

$$I_{\text{кз мин}} / I_{\text{с.МТЗ}} \geq 3 \quad \text{для нормальной среды.}$$

$$I_{\text{кз мин}} / I_{\text{с.МТЗ}} \geq 6 \quad \text{для взрывоопасной среды.}$$

**Ток срабатывания расцепителя с МТЗ**

$$I_{\text{с.МТЗ}} = 1,45 \cdot I_{\text{нА}}$$

**Ток короткого замыкания минимальный  $I_{\text{кз мин}}$**

В трехфазной сети с глухозаземленной нейтралью (система TN) минимальным током КЗ является ток однофазного замыкания на землю

В трехфазной трехпроводной сети с изолированной нейтралью (система IT) минимальным током КЗ является ток двухфазного замыкания

Чувствительности к ТКЗ производится как по быстроедействию срабатывания на минимальный ток короткого замыкания самого удаленного участка, так и по времени срабатывания автомата на минимальный ток самого удаленного участка в зависимости от напряжения сети.

$$t_c \leq t_{\text{доп}},$$

В трехфазной четырехпроводной сети с глухозаземленной нейтралью (система TN) время автоматического отключения питания при однофазном замыкании на землю не должно превышать значений, указанных в табл. 1.

Uном, В	127	220	380	> 380
tдоп, сек	0,8	0,4	0,2	0,1

В трехфазной трехпроводной сети с изолированной нейтралью (система IT) время автоматического отключения питания при двойном замыкании на открытые проводящие части не должно превышать значений, указанных в табл. 2

Uном, В	220	380	660	> 660
tдоп, сек	0,8	0,4	0,2	0,1

Допускаются значения времени отключения более указанных в табл. 4.2 и 4.3, но не более 5 с в цепях питающих распределительные, групповые, этажные и другие щиты и щитки; питающих только стационарные приемники электроэнергии от распределительных щитов или щитков при выполнении одного из следующих условий:

1) полное сопротивление защитного проводника между главной заземляющей шиной и распределительным щитом или щитком не превышает значения, Ом,

$$50 \cdot Z_{\text{п}} / U_{\text{нф}},$$

где  $Z_{\text{п}}$  – полное сопротивление цепи «фаза–нуль», Ом;

$U_{\text{н.ф}}$  – номинальное фазное напряжение цепи, В;

50 – падение напряжения на участке защитного проводника между главной заземляющей шиной и распределительным щитом или щитком, В;

2) к шине РЕ распределительного щита или щитка присоединена дополнительная система уравнивания потенциалов, охватывающая те же сторонние проводящие части, что и основная система уравнивания потенциалов.

В этих случаях

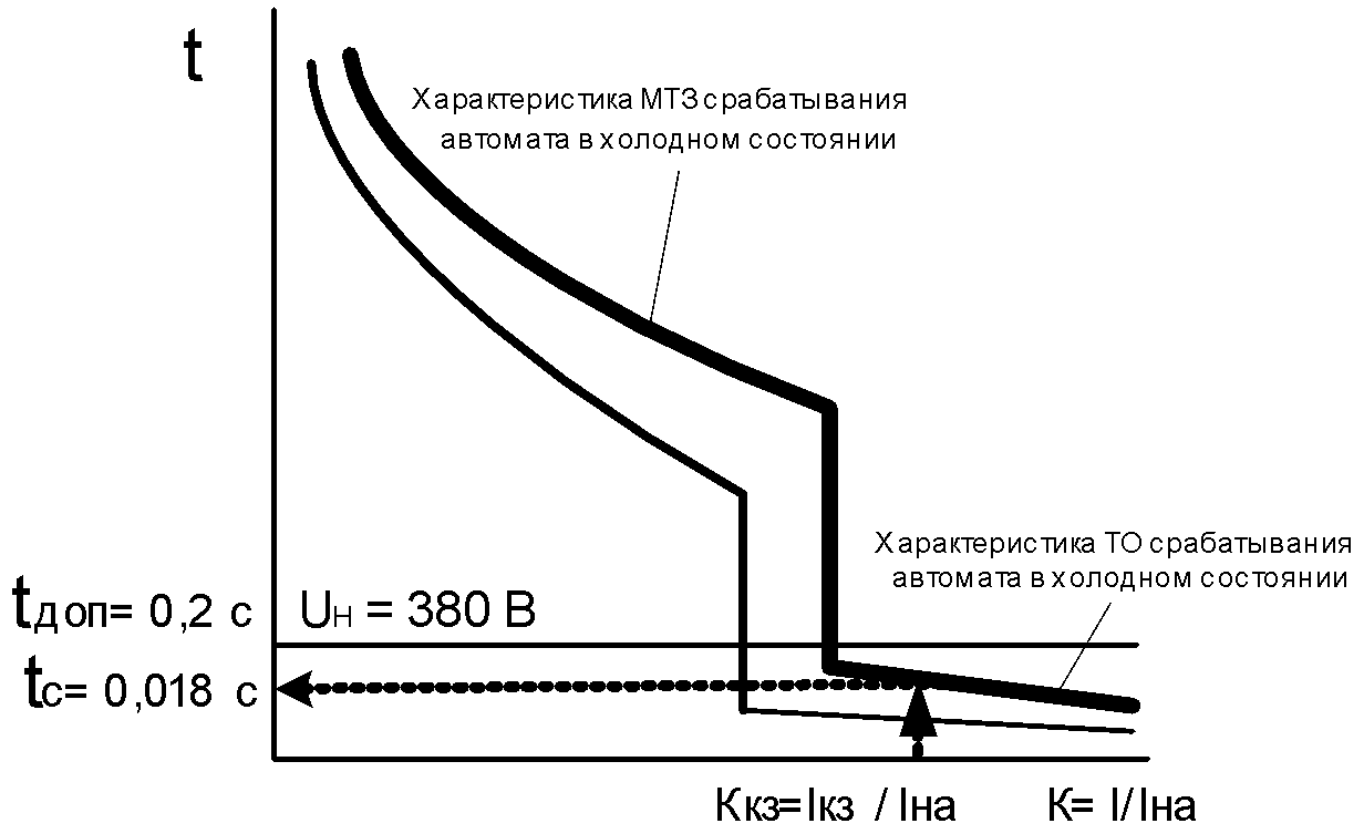
$$t_{\text{с}} \leq t_{\text{доп}} = 5 \text{ с.}$$

Для выполнения вышеперечисленных условий необходимо определить время срабатывания расцепителя  $t_c$  при известном токе КЗ  $I_{кз\ мин}$ , используя защитные характеристики расцепителя, предоставляемые производителем.

Если имеется времятоковая характеристика расцепителя, то для тока КЗ  $I_{кз\ мин}$  по графику находится значение времени срабатывания плавкой вставки  $t_c$  и данное время должно быть меньше допустимого времени отключения расцепителя.

На рис. приведен пример по определению времени срабатывания расцепителя  $t_c$  при токе КЗ  $I_{кз\ мин}$  для системы TN и его сравнение с допустимым временем срабатывания  $t_{доп}$  при номинальном напряжении сети 380 В. Как видно из рис., чувствительность к токам КЗ обеспечивается для сети с номинальным напряжением 380 В ( $t_c = 0,01 \leq t_{доп} = 0,2$  с).





- Проверка по условию селективности.

Условие селективности – автомат должен защищать только свой участок электрической сети.

При КЗ в отходящем фидере ИА должен срабатывать ИА, а не ГА.

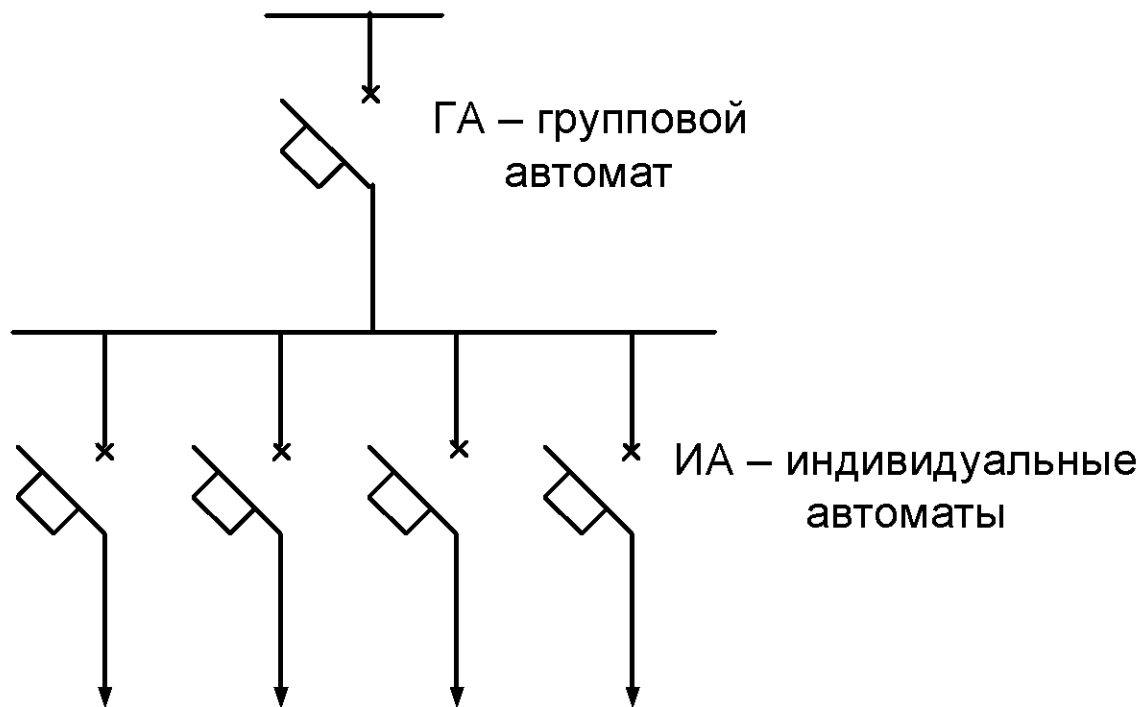


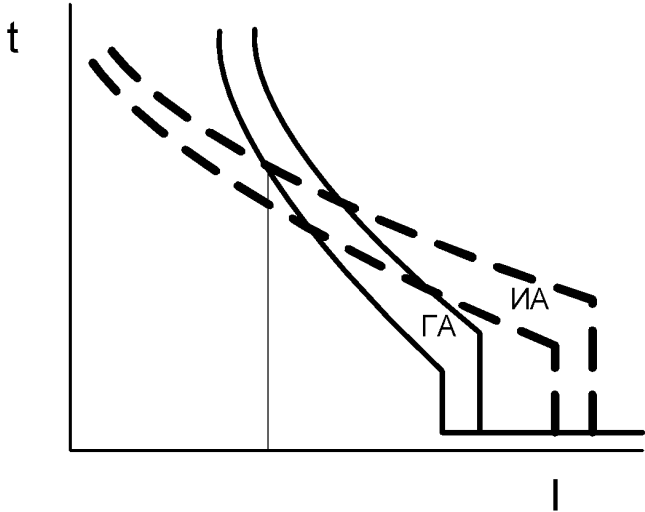
Рис. 2. Поясняющая схема к условию селективности автоматических выключателей

Для обеспечения условия селективности у последовательно установленных автоматов защитные времятоковые характеристики не должны пересекаться. Если защитные характеристики пересекаются, то необходимо завысить уставки расцепителей или время срабатывания на групповом автомате.

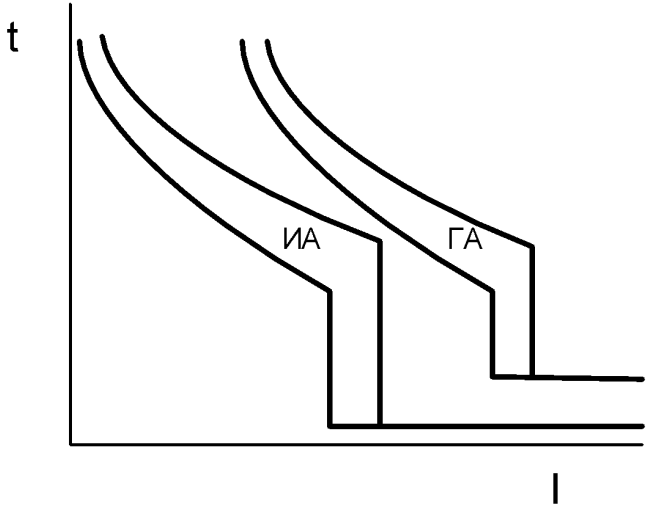
Селективность автоматов может быть частичной или полной.

Частичная селективность – это селективность, когда при последовательном соединении двух автоматов ИА со стороны потребителя ЭЭ осуществляет защиту до определенного уровня сверхтока без срабатывания ГА.

Полная селективность – это селективность, когда при последовательном соединении двух автоматов ИА со стороны потребителя ЭЭ осуществляет защиту без срабатывания ГА. Для получения полной селективности защитная характеристика ГА должна проходить выше характеристики срабатывания ИА



а)



б)

Рис. Защитные характеристики автоматов, обеспечивающих селективность работы защиты:  
а – частичная селективность, б – полная селективность

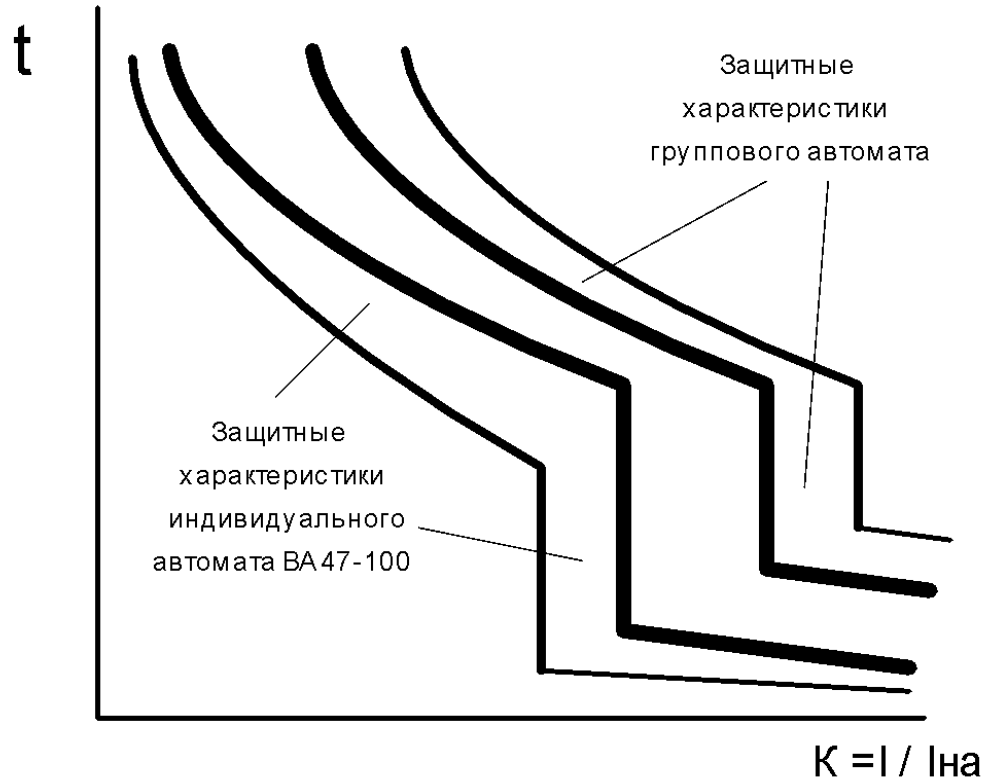


Рис. Пример проверка выполнения условия селективности для индивидуального автомата и группового автомата при наличии защитных характеристик

селективность защиты будет обеспечена, если ток расцепителя группового автомата будет больше тока самого мощного расцепителя из индивидуальных автоматов по шкале номинальных токов расцепителей.

2. При установке разнотипных автоматов, а также предохранителей в электрической сети селективность оценивается по карте селективности [19], причём во всей зоне совместного действия защит должно выполняться условие

$$t_{\text{с.посл}} \geq t_{\text{с.пред}} + \Delta t,$$

где  $t_{\text{с.посл}}$  – время отключения последующей защиты, (расположенной ближе к источнику питания),

$t_{\text{с.пред}}$  – время отключения предыдущей защиты, с расположенной ближе к приемнику ЭЭ

$\Delta t = 0,5 - 0,6$  с – ступень селективности.

Карта селективности строится для более наглядного представления о правильности действий защиты [6, 18].

В логарифмическом масштабе по оси абсцисс откладываются токи расчетные, пиковые, пусковые и КЗ; по оси ординат – время действия пиковых, пусковых токов и время срабатывания защит по защитным характеристикам.

Пример построения карты селективности показан на рис.

Пусковые характеристики небольших электродвигателей изображаются в виде прямоугольника (по оси абсцисс откладываются  $I_{\text{пуск}}$ , переходящий при  $t > t_{\text{пуск}}$  в  $I_{\text{н}}$ , по оси ординат – время пуска). Аналогично изображаются и  $I_{\text{пик}}$  в линии, питающей группу ЭП (линии 1, 2, 4, 5, 7, 8 на рис.).

Перед построением карты селективности строят цепочку защит, начиная с вводного автомата на ТП до какого-либо ЭП, чаще до наиболее удаленного и мощного. На цепочке указываются все необходимые данные о токах на каждом ее участке в нормальном режиме и при КЗ, данные аппаратов защиты в этой цепочке и уставки их срабатывания.

Подбор защитных характеристик по карте селективности может привести к необходимости увеличения токов плавких вставок и уставок автоматов на высших ступенях для соблюдения селективности.

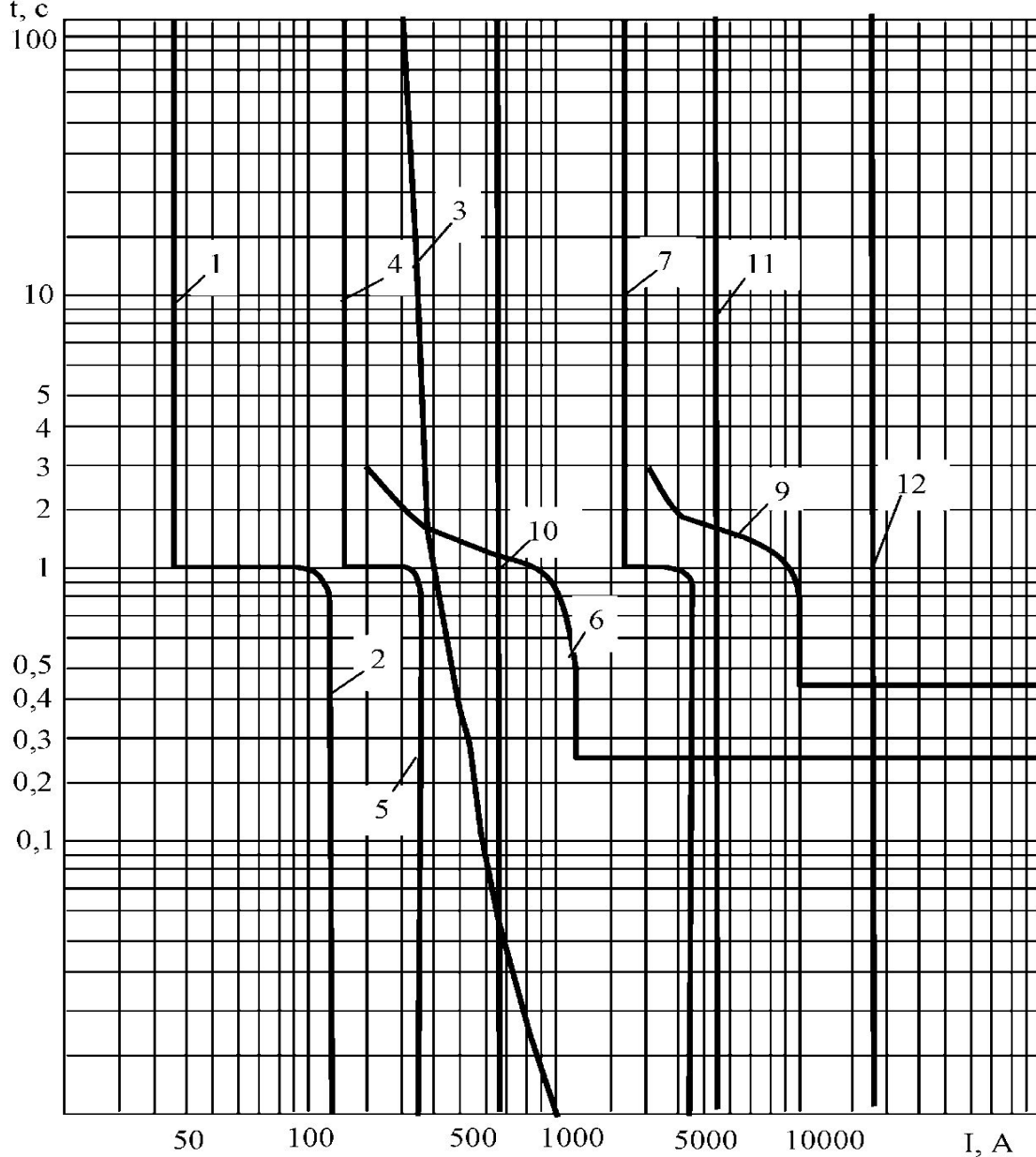


Рис. Карта селективного действия защиты в установках до 1 кВ:

1 – номинальный ток двигателя; 2 – пусковой ток двигателя; 3 – защитная ха-рактеристика плавкой вставки предохранителя ПЗ с  $I_{н.пв} = 60$  А; 4, 5 – расчетный и пиковый токи силового шкафа ШР; 6 – защитная характеристика автомата А2 АЗ716Ф с  $I_{н.а} = 160$  А; 7,8 – расчетные и пиковые токи подстанции; 9 – защитная характеристика автомата Э16В с  $I_{н.а} = 1600$  А; 10,11,12 – токи КЗ в точках  $K_3, K_2,$

## Проверка по условию защищаемости.

**Условие защищаемости** - автомат должен защищать не только приемник ЭЭ, но и участок электросети до этого приемника ЭЭ.

**Для электросетей требующих защиты от КЗ и от перегрузок, условия защищаемости следующие:**

**Для автоматов только с ТО**

$I_{C\ TO} \leq 0,8 \cdot I_{доп.}$  – для проводников с полиэтиленовой, резиновой или аналогичной по тепловому действию изоляцией проложенных во взрывоопасной среде.

$I_{C\ TO} \leq 1 \cdot I_{доп.}$  – для тех же проводников, проложенных в нормальной среде.

$I_{C\ TO} \leq 1 \cdot I_{доп.}$  – для кабелей с бумажной изоляцией.

**Для автоматов с нерегулируемым расцепителем** имеющим обратозависимую времятоковую характеристику независимо от наличия или отсутствия ТО условие защищаемости имеет вид:

$$I_{C\ МТЗ} \leq 1 \cdot I_{доп.}$$

**Для автоматов с регулируемым расцепителем** имеющим обратозависимую времятоковую характеристику независимо от наличия или отсутствия ТО условие защищаемости имеет вид:

$I_{C\ МТЗ} \leq 1 \cdot I_{доп.}$  – для проводников с полиэтиленовой, резиновой или аналогичной по тепловому действию изоляцией.

$I_{C\ МТЗ} \leq 1,25 \cdot I_{доп.}$  – для кабелей с бумажной изоляцией.



**Для электросетей с защитой только от КЗ (защита от перегрузок не требуется) условия защищаемости следующие:**

**Для автоматов только с ТО:**

$$I_{\text{уст ЭМР}} < 4,5 \cdot I_{\text{доп.}}$$

**Для автоматов с нерегулируемым расцепителем имеющим обратозависимую времятоковую характеристику независимо от наличия или отсутствия ТО условие защищаемости имеет вид:**

$$I_{\text{уст ТР}} \leq 1 \cdot I_{\text{доп.}}$$

**Для автоматов с регулируемым расцепителем имеющим обратозависимую времятоковую характеристику независимо от наличия или отсутствия ТО условие защищаемости имеет вид:**

$$I_{\text{уст ТР}} \leq 1,25 \cdot I_{\text{доп.}}$$

## Токи срабатывания расцепителей автоматов

**Ток срабатывания расцепителя с ТО:**

$$\text{ВТХ В} \quad I_{\text{с.ТО}} = 5 \cdot I_{\text{HA}}$$

$$\text{ВТХ С} \quad I_{\text{с.ТО}} = 10 \cdot I_{\text{HA}}$$

$$\text{ВТХ В} \quad I_{\text{с.ТО}} = 14 \cdot I_{\text{HA}}$$

**Ток срабатывания расцепителя с МТЗ:**

$$I_{\text{с.МТЗ}} = 1,45 \cdot I_{\text{HA}}$$

Согласно ПУЭ защите от перегрузки подлежат следующие виды электрических сетей напряжением до 1000 В:

- все сети, выполненные проложенными открыто, не защищенными изолированными проводами с горючей оболочкой, внутри любых помещений;
- все осветительные сети независимо от конструкции и способа прокладки проводов или кабелей в жилых и общественных зданиях, в торговых помещениях, в служебно-бытовых помещениях промышленных предприятий, в пожароопасных производственных помещениях, все сети для питания бытовых и переносных электроприборов;
- все силовые сети в промышленных предприятиях, в жилых и общественных помещениях, если по условиям технологического процесса может возникнуть длительная перегрузка проводов и кабелей;
- все сети всех видов во взрывоопасных помещениях и взрывоопасных наружных (вне зданий) установках независимо от режима работы и назначения сети.