

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

А.В. Кабышев, Е.В. Тарасов

НИЗКОВОЛЬТНЫЕ АВТОМАТИЧЕСКИЕ ВЫКЛЮЧАТЕЛИ

*Рекомендовано в качестве учебного пособия
Редакционно-издательским советом
Томского политехнического университета*

Издательство
Томского политехнического университета
2011

УДК 621.316.542.027 (075.8)

ББК 31.264я73

К12

Кабышев А.В.

К12

Низковольтные автоматические выключатели: учебное пособие / А.В. Кабышев, Е.В. Тарасов; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2011. – 346 с.

В пособии приведены теоретические основы отключения цепи с током автоматическими выключателями, общие сведения об автоматах, их параметры и защитные характеристики. Справочный материал пособия позволяет подобрать защитную аппаратуру, обеспечивающую требуемую нормативными документами чувствительность и быстродействие защиты, селективность ее работы в низковольтных распределительных сетях системы электроснабжения. Приводятся сведения о влиянии температуры окружающей среды на рабочий ток тепловых расцепителей автоматов.

Предназначено для студентов, обучающихся по направлению 140400 – «Электроэнергетика и электротехника» (включая магистерскую программу «Оптимизация развивающихся систем электроснабжения»), специальности 140211 – «Электроснабжение».

УДК 621.316.542.027 (075.8)

ББК 31.264я73

Рецензенты

Технический директор ОАО
«Томский электроламповый завод»

А.И. Прудников

Заместитель начальника отдела перспективного развития

ООО «Горсети», г. Томск

Т.Н. Кирилова

© ГОУ ВПО НИ ТПУ, 2011

© Кабышев А.В., Тарасов Е.В., 2011

© Обложка. Издательство Томского
политехнического университета, 2011

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОМАТИЧЕСКИХ ВЫКЛЮЧАТЕЛЯХ	5
1.1. Назначение, классификация, основные элементы	5
1.2. Взаимодействие между основными элементами автоматиче- ских выключателей	8
1.3. Отключение цепи с током автоматическими выключателями	12
1.4. Параметры и характеристики автоматических выключателей	15
2. АВТОМАТИЧЕСКИЕ ВЫКЛЮЧАТЕЛИ СЕРИИ <i>ВА</i>	22
2.1. Выключатели с полупроводниковыми или электронными расцепителями	22
2.2. Выключатели с электромагнитными и тепловыми расцепи- телями и дополнительными устройствами	127
2.3. Характеристики токоограничения автоматических выклю- чателей серии <i>ВА</i>	258
3. ВЫКЛЮЧАТЕЛИ АВТОМАТИЧЕСКИЕ СЕРИИ « <i>ЭЛЕКТРОН</i> »	262
4. АВТОМАТИЧЕСКИЕ ВЫКЛЮЧАТЕЛИ СЕРИИ <i>АВ2М</i>	286
5. АВТОМАТИЧЕСКИЕ ВЫКЛЮЧАТЕЛИ СЕРИИ <i>А37</i>	295
6. МОДУЛЬНЫЕ АВТОМАТИЧЕСКИЕ ВЫКЛЮЧАТЕЛИ <i>ВМ</i>	310
7. АВТОМАТИЧЕСКИЕ ВЫКЛЮЧАТЕЛИ СЕРИИ <i>АК50Б</i>	320
8. АВТОМАТИЧЕСКИЕ ВЫКЛЮЧАТЕЛИ СЕРИИ <i>АП50Б</i>	323
9. ТРЕХПОЛЮСНЫЕ АВТОМАТИЧЕСКИЕ ВЫКЛЮЧАТЕЛИ СЕРИИ <i>АЕ20</i>	329
Библиографический список	337
Приложение 1	338
Приложение 2	344

ВВЕДЕНИЕ

В соответствии с правилами устройства электроустановок (ПУЭ) седьмого издания электрическая сеть напряжением до 1000 В должна иметь быстродействующую защиту от токов короткого замыкания, обеспечивающую требуемую чувствительность и по возможности селективное отключение поврежденного участка. Время отключения определяется фазным напряжением сети [1]. Существовавшие до 2003 года нормы проверки защитной аппаратуры (ПУЭ шестого издания) были основаны на невременном критерии, они требовали обеспечения определенной кратности тока КЗ по отношению к номинальным токам плавких вставок предохранителей и расцепителей автоматических выключателей. Такая проверка устанавливала степень надежности отключения повреждения, но не гарантировала быстрого их отключения. Медицинскими исследованиями установлено, что степень воздействия электрического тока на человека и животных зависит не только от величины напряжения, но и от продолжительности его воздействия. Результаты этой работы и нашли отражение в требованиях ПУЭ седьмого издания.

Обеспечение быстродействия и селективности работы аппаратуры в системах электроснабжения объектов базируется на информации о время-токовых характеристиках расцепителей аппаратов защиты. Здесь важны сведения и о их не стабильности: зависимости от температуры окружающей среды, от начальной температуры расцепителей, определяемой нагрузкой линии до отключения, о соотношении между временем срабатывания расцепителей и временем пуска или самозапуска электродвигателей.

Современный рынок электротехнического оборудования предлагает потребителю широкий спектр защитных аппаратов отечественного и зарубежного производства. Разработаны и внедрены новые типы аппаратов, способных отключать значительные рабочие и аварийные токи, ограничивать их максимальное значение, уменьшать их термическое и электродинамическое действие на защищаемые сети и аппаратуру. Для получения регулируемых защитных характеристик применяют выключатели с полупроводниковыми и электронными расцепителями. Разнообразие выпускаемых аппаратов защиты позволяет за счет координации защитных характеристик обеспечить их селективное срабатывание и быстродействие.

В пособии приводится справочная информация о параметрах и защитных характеристиках наиболее часто применяемых автоматических выключателей. Материал приложений ориентирован на решение частных инженерных задач по выбору аппаратов защиты. Для обеспечения быстродействия и селективного срабатывания аппаратов потребуется анализ материала уже по конкретным модификациям выключателей, который представлен в главах пособия. Более подробная информация об автоматических выключателях, отраженных в пособии серий, изложена в соответствующих источниках библиографического списка.

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОМАТИЧЕСКИХ ВЫКЛЮЧАТЕЛЯХ

1.1. Назначение, классификация, основные элементы

Автоматические выключатели (автоматы) предназначены для автоматического отключения электрических цепей при КЗ или ненормальных режимах (перегрузках, исчезновении или снижении напряжения), а также для нечастого включения и отключения токов нагрузки. В автоматах не применяется какой-либо специальной среды для гашения дуги. Дуга гасится в воздухе.

По числу полюсов автоматы бывают одно-, двух-, трех- и четырехполюсными, изготавливаются на токи до 6000 А при напряжении переменного тока до 660 В и постоянного до 1000 В. Отключающая способность достигает 200–300 кА. В аварийных ситуациях автоматы обеспечивают одновременное отключение всех трех фаз. По времени срабатывания ($t_{\text{ср}}$) различают:

- нормальные автоматические выключатели с $t_{\text{ср}} = 0,02\text{--}0,1$ с;
- селективные с регулируемой выдержкой времени до 1 с;
- быстродействующие с $t_{\text{ср}} \leq 0,005$ с.

Селективные автоматические выключатели позволяют осуществить селективную защиту сетей установкой аппаратов с разными выдержками времени: наименьшей у потребителя и ступенчато возрастающей к источнику питания.

При КЗ и перегрузках выключатель отключается встроенным в него устройством релейной защиты, входной воздействующей величиной которого является ток. Это устройство называется *максимальным расцепителем*. Расцепитель контролирует заданный параметр защищаемой цепи и воздействует на расцепляющее устройство, отключающее автомат.

Наиболее распространенными расцепителями являются:

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

Полупроводниковые расцепители имеют более стабильные параметры и удобны в настройке.

Если автомат не имеет максимальных расцепителей, то он используется только для коммутации цепей без тока.

Выключатели могут оснащаться дополнительными устройствами:

- нулевым или минимальным расцепителем, отключающим выключатель автоматически без выдержки времени при снижении напряжения соответственно до $(0,1-0,35) \cdot U_{ном}$ и до $(0,35-0,7) \cdot U_{ном}$ (напряжение срабатывания не регулируется, отсутствует возможность вводить замедление в действие защиты, что может быть причиной массовых отключений выключателей при КЗ в системе электроснабжения);
- независимым расцепителем (электромагнитом отключения) для дистанционного управления выключателем, время отключения не более 0,04 с;
- электродвигательным или электромеханическим приводом для дистанционного управления выключателем;
- свободными вспомогательными контактами, а выключатели серии ВА – также сигнальными контактами автоматического отключения;
- выдвижным устройством с вставными контактами главных и вспомогательных цепей – для выключателей выдвижного исполнения.

Наименьший ток, вызывающий отключение автомата, 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 (времятоковая) характеристика формируется из отдельных ступеней трехступенчатой защиты. *Первая ступень* – токовая отсечка без выдержки времени, *вторая ступень* – токовая отсечка с выдержкой времени, *третья ступень* – максимальная токовая защита или тепловая защита. Токовые отсечки и максимальная токовая защита выполняются или на базе электромагнитных реле (расцепитель электромагнитный) или на основе использования полупроводниковых элементов (расцепитель полупроводниковый). Для выполнения тепловой защиты используется термобиметаллический элемент (тепловой расцепитель), защита имеет зависимость от тока выдержку времени. На основе полупроводникового расцепителя выполняется максимальная токовая защита с зависимой и независимой от тока выдержкой времени. Полупроводниковый расцепитель в условиях эксплуатации допускает регулировку:

- номинального тока расцепителя;
- тока срабатывания отсечки;
- времени срабатывания максимальной токовой защиты;

- времени срабатывания второй ступени защиты.

Тепловой расцепитель и электромагнитный расцепитель первой ступени защиты в условиях эксплуатации не регулируются. Они настраиваются на определенную уставку по току срабатывания предприятием-изготовителем.

В зависимости от серии выключателя полупроводниковые расцепители имеют погрешности в токе срабатывания первой ступени $I_{c.3}^I \pm (20 - 35)\%$, в токе срабатывания третьей ступени $I_{c.3}^{III} \pm (15 - 35)\%$, во времени срабатывания второй ступени $\pm 0,02$ с. Погрешность в токе срабатывания электромагнитного расцепителя $I_{c.3}^I$ не превышает $\pm (20 - 35)\%$.

Максимальный расцепитель включается на полные фазные токи. У некоторых выключателей имеется и специальная токовая защита от однофазных КЗ, действующей величиной которой является ток нулевой последовательности.

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.

Различают нетокоограничивающие и токоограничивающие выключатели. Последние ограничивают ток КЗ при отключении выключателя благодаря быстрому введению в цепь дополнительного сопротивления электрической дуги, возникающей между размыкающимися контактами или образующейся в специальных элементах. Конструкции и условия работы таких выключателей подробно изложены в [2]. При применении нетокоограничивающих выключателей ток КЗ в цепи достигает максимально ожидаемого значения.

Выключатель рассчитан на коммутацию предельно отключаемых и включаемых токов в цикле операций О–П–ВО–П–ВО при номинальном напряжении. Здесь О – отключение, П – пауза (≤ 180 с), ВО – включение, отключение.

Основные элементы автомата: контакты с дугогасительной системой, привод, механизм свободного расцепления, расцепители, вспомогательные контакты.

Автомат может иметь один или несколько расцепителей.

1.2. Взаимодействие между основными элементами автоматических выключателей

Принципиальная схема автоматического выключателя приведена на рис. 1.1.

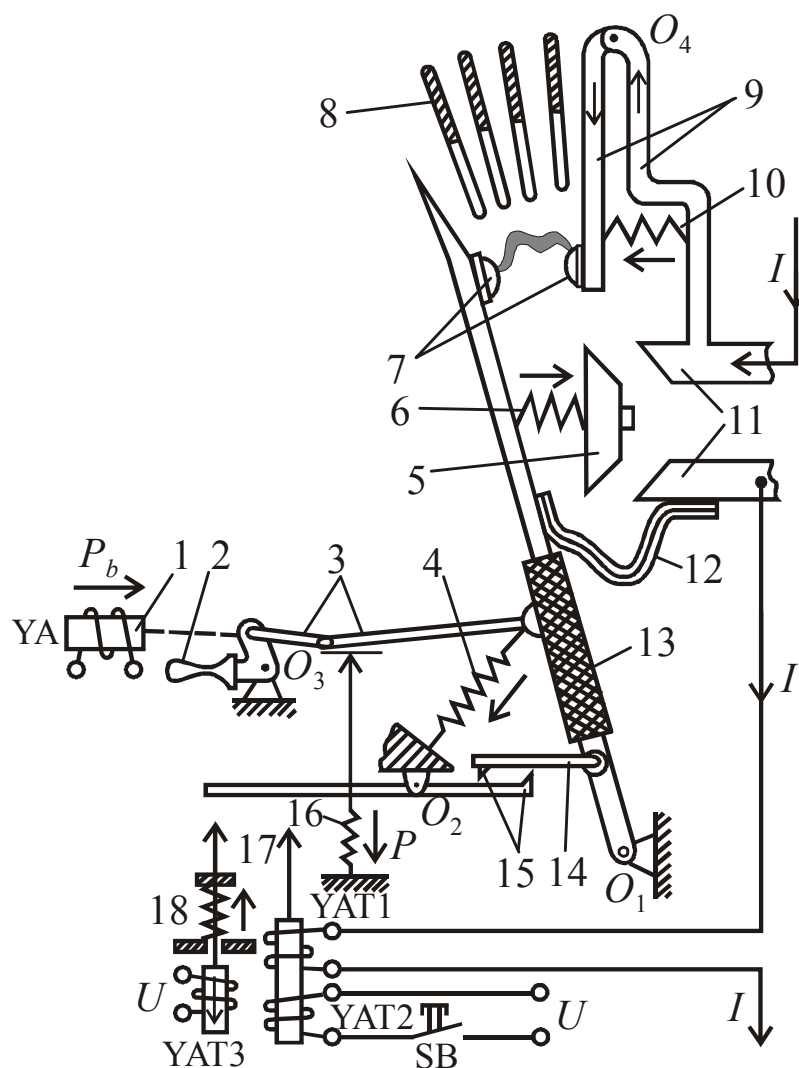


Рис. 1.1. Принципиальная схема автоматического выключателя:

- | | |
|---------------------------------------|--------------------------------|
| 1 – электромагнитный привод; | 12 – гибкая связь; |
| 2 – ручной привод; | 13 – несущая деталь; |
| 3 – рычаги; | 14 – защелка; |
| 4 – отключающая пружина; | 15 – зубцы; |
| 5, 11 – главные контакты; | 16 – пружина; |
| 6, 10 – контактные пружины; | 17 – максимальный расцепитель; |
| 7 – дугогасительные контакты; | 18 – минимальный расцепитель |
| 8 – дугогасительная камера; | |
| 9 – электродинамические компенсаторы; | |

Контактная система выключателей на большие токи – двухступенчатая, состоит из главных 5, 11 и дугогасительных контактов 7. Главные контакты должны иметь малое переходное сопротивление, так как по ним проходит основной ток. Обычно это массивные медные контакты с серебряными накладками на неподвижных контактах и металлокерамическими накладками на подвижных контактах. Дугогасительные контакты 7 замыкают и размыкают цепь, они должны быть устойчивы к возникающей дуге, поверхность этих контактов металлокерамическая.

При номинальных токах до 630 А контактная система одноступенчатая, то есть контакты выполняют роль главных и дугогасительных.

На рис. 1.1 выключатель показан в отключенном положении. Для его включения вращают рукоятку 2 или подают напряжение на *электромагнитный привод 1 (YA)*. Возникающее усилие перемещает рычаги 3 вправо, при этом поворачивается несущая деталь 13, замыкаются сначала дугогасительные контакты 7 и создается цепь тока через эти контакты и гибкую связь 12, а затем главные контакты 5, 11. После завершения операции выключатель удерживается во включенном положении защелкой 14 с зубцами 15 и пружиной 16.

Отключают выключатель рукояткой 2, приводом 1 или автоматически при срабатывании расцепителей.

Максимальный расцепитель 17 срабатывает при протекании по его обмотке *YAТ1* тока КЗ. Создается усилие, преодолевающее натяжение *P* пружины 16, рычаги 3 переходят вверх за мертвую точку, в результате чего автоматический выключатель отключается под действием отключающей пружины 4. Этот же расцепитель выполняет функции *независимого расцепителя*. Если на нижнюю обмотку *YAТ2* подать напряжение кнопкой *SB*, он срабатывает и осуществляет дистанционное отключение.

При снижении или исчезновении напряжения срабатывает *минимальный расцепитель 18* и также отключается автоматический выключатель.

При отключении сначала размыкаются главные контакты и весь ток переходит на дугогасительные контакты. На главных контактах дуга не образуется.

Дугогасительные контакты 7 размыкаются, когда главные находятся на достаточном расстоянии. Между дугогасительными контактами образуется дуга, которая выдувается вверх в *дугогасительную камеру 8*, где и гасится.

Дугогасительные камеры выполняются со стальными пластинами (эффект деления длинной дуги на короткие) и лабиринтно-щелевыми

(эффект гашения дуги в узкой щели). Втягивание дуги в камеру осуществляется магнитным дутьем. Материал камеры должен обладать высокой дугостойкостью.

При протекании тока КЗ через включенный автоматический выключатель между контактами возникают значительные электродинамические силы, превышающие силы контактных пружин 6 и 10 , которые могут оторвать один контакт от другого, а образовавшаяся дуга может сварить их. Чтобы избежать самопроизвольного отключения, применяют электродинамические компенсаторы в виде шин 9 , изогнутых петель. Токи в шинках 9 имеют разное направление, что создает электродинамическую силу, увеличивающую нажатие в контактах.

Рычаги 3 выполняют роль механизма свободного расцепления, который обеспечивает отключение автоматического выключателя в любой момент времени, в том числе при необходимости и в процессе включения. Если выключатель включается на существующее КЗ, то максимальный расцепитель 17 срабатывает и переводит рычаги 3 вверх за мертвую точку, нарушая связь привода 1 (или 2) с подвижной системой автоматического выключателя, который отключается пружиной 4 , несмотря на то что приводом будет передаваться усилие на включение. В реальных автоматических выключателях механизм свободного расцепления имеет более сложное устройство.

Защитная характеристика автоматического выключателя приведена на рис. 1.2. Максимальные расцепители имеют обратную зависимость от тока выдержку времени при перегрузках (участок ab) и независимую выдержку времени при токах КЗ (cd). Уставка по току регулируется в

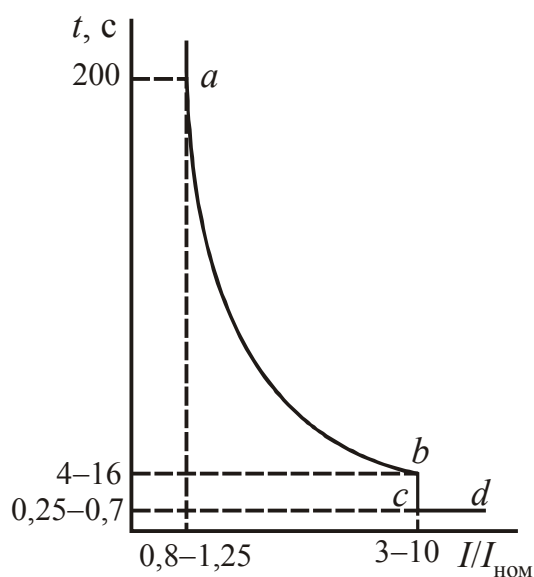


Рис. 1.2. Пример защитной характеристики автоматического выключателя

зоне перегрузки и в зоне короткого замыкания (отсечка). Время срабатывания регулируется при номинальном токе $I_{ном}$, при $(3-10) \cdot I_{ном}$ и при токе КЗ. В автоматических выключателях с электромагнитными расцепителями выдержка времени в независимой от тока части характеристики достигается за счет часового анкерного механизма, в зависимой – от силы притяжения якоря электромагнита к сердечнику.

Автоматические выключатели с биметаллическими расцепителями обеспечивают обратозависимую характеристику при перегрузках. Для защиты от КЗ в таких выключателях используются электромагнитные расцепители мгновенного действия.

В выключателях применяются и полупроводниковые расцепители. Они обеспечивают более высокую точность срабатывания по току и времени. Структурная схема такого расцепителя показана на рис. 1.3. Блок 1 измеряет ток защищаемой сети. В сети переменного тока в качестве блоков 1 применяют трансформаторы тока, а в сети постоянного тока – магнитные усилители. Блок 2 анализирует сигнал от блока 1. Если этот сигнал соответствует току перегрузки, то из блока 2 поступает сигнал в блок 3, который запускает полупроводниковое реле 4, создающее зависимую от тока выдержку времени (участок *ab* характеристики по рис. 1.2).

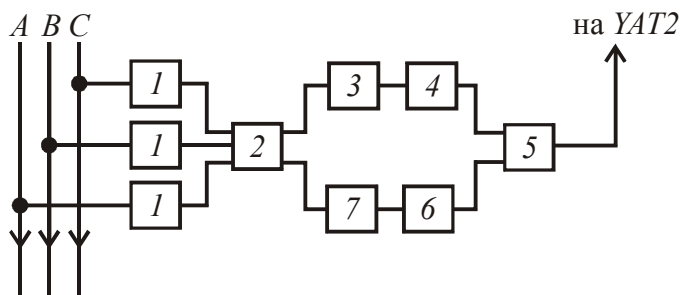


Рис. 1.3. Структурная схема полупроводникового расцепителя

При токе КЗ сигнал с блока 2 достаточен для запуска блока 7, который является токовой отсечкой. Блок 6 создает выдержку времени в независимой части характеристики (участок *cd* на рис. 1.2). Блок 5 усиливает сигналы от блоков 4 и 6 и подает импульс на отключающую катушку автоматического выключателя *YAT2* (см. рис. 1.1).

Наиболее современными являются автоматические выключатели серии ВА, предназначенные для замены устаревших модификаций АЗ1, АЗ7, АЕ, АВМ и «Электрон». Они имеют уменьшенные габариты, со-

временные конструктивные узлы и элементы. Работают в сетях постоянного и переменного тока.

Основные технические данные некоторых из них даны в таблице П.1.1 и последующих главах, а подробные условия эксплуатации – в [3].

1.3. Отключение цепи с током автоматическими выключателями

В выключателях классического исполнения срабатывание элементов при КЗ в цепи происходит в такой последовательности (рис. 1.4):

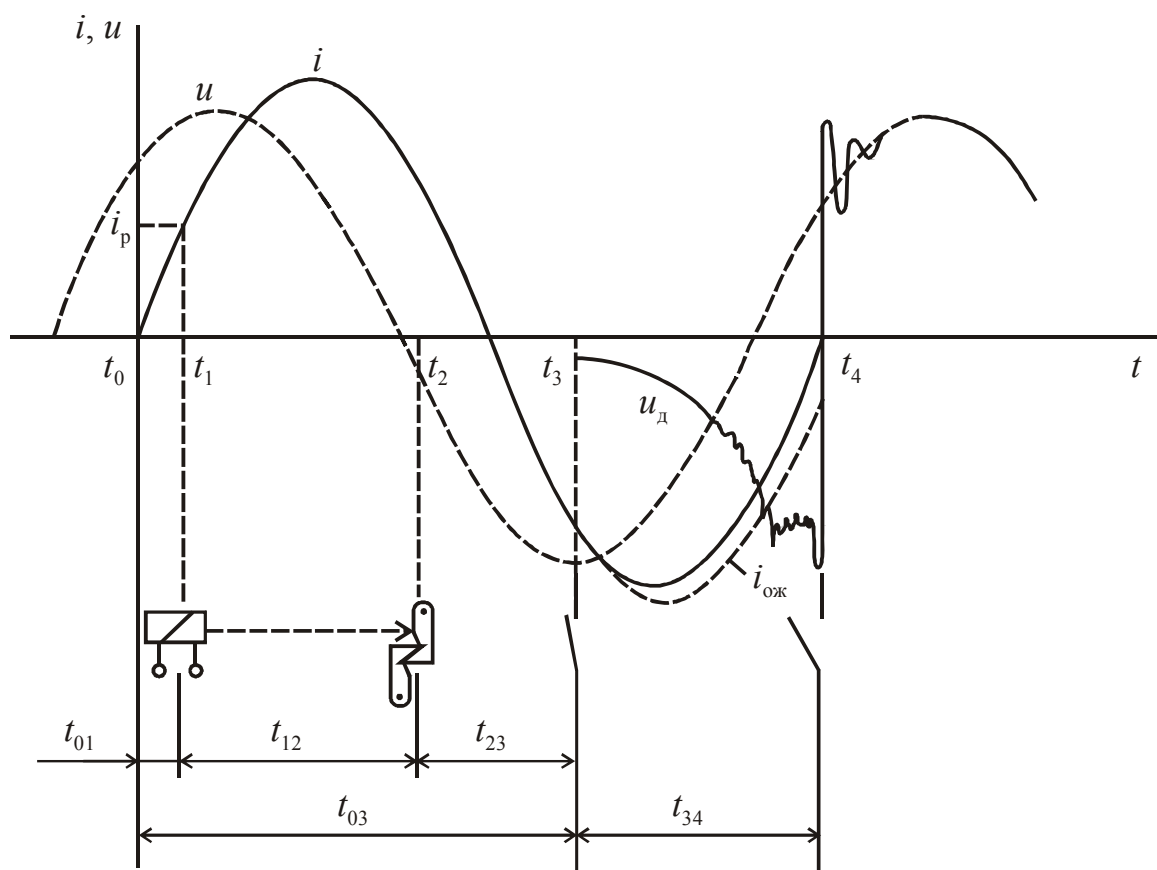


Рис. 1.4. Процесс изменения тока и напряжений во время отключения однофазной цепи при КЗ

- в момент t_1 , когда ток КЗ достигает значения тока срабатывания i_p электромагнитного максимального расцепителя, начинает двигаться его якорь;
- в момент t_2 происходит сбивание защелки;
- в момент t_3 начинается расхождение контактов выключателя и между ними зажигается электрическая дуга;
- в момент t_4 при прохождении тока через нуль дуга гаснет.

Время действия выключателя при отключении t_{03} , или время от момента возникновения КЗ t_0 до момента t_3 , когда начинают расходиться контакты, складывается из времени t_{01} (до момента t_1 достижения током КЗ значения i_p), выдержки времени максимального расцепителя t_{12} и собственного времени механизма отключения t_{23} .

В классическом исполнении невозможно получить время действия при отключении меньше 3–5 мс в выключателях с номинальным током до 100 А и 5–10 мс в выключателях с большим номинальным током. Если, кроме того, учесть время горения дуги t_{34} , то наименьшее время длительности аварии не может быть меньше 10–20 мс. Вследствие такого значительного запаздывания размыкания контактов и зажигания между ними дуги относительно момента возникновения КЗ ограничивающее действие сопротивления дуги начинает проявляться в лучшем случае только при 80–90% амплитуды тока КЗ. Можно считать, что дуга не играет большой роли, тем более, что рост сопротивления ее в начальной фазе гашения в классических выключателях является относительно медленным. Чтобы можно было говорить об эффективном ограничивающем действии, дуга должна быть включена в цепь через время, значительно меньшее 5 мс, лучше всего через время менее 1 мс.

Так как возможности уменьшения собственного времени комплекса, состоящего из максимальных расцепителей, защелки, механической передачи выключателя и контактов, ограничены, то следует применять другие способы размыкания контактов, исключая упомянутые элементы. К этим способам относятся электродинамический отброс контактов и непосредственное воздействие на контакты отключающих электромагнитов.

Токоограничивающие выключатели, работающие на принципе электродинамического отброса контактов, большей частью снабжены обычными электромагнитными расцепителями мгновенного действия классической конструкции, которые не следует смешивать с электромагнитами, размыкающими контакты. Эти расцепители вызывают отключение выключателя при аварийных токах, меньших минимального тока, при котором наступает отброс контактов (тока отброса). Они освобождают защелку выключателя также и при больших токах, что предотвращает повторное сближение контактов после уменьшения протекающего через выключатель тока до значения ниже тока отброса и их возможное замыкание, так как процесс расхождения контактов в ходе отключения выключателя начинается раньше.

Для эффективного ограничения тока КЗ недостаточно, чтобы контакты расходились как можно скорее после возникновения аварии. Сле-

дует стремиться также к наиболее быстрому возрастанию напряжения на дуге и удержанию его на высоком уровне.

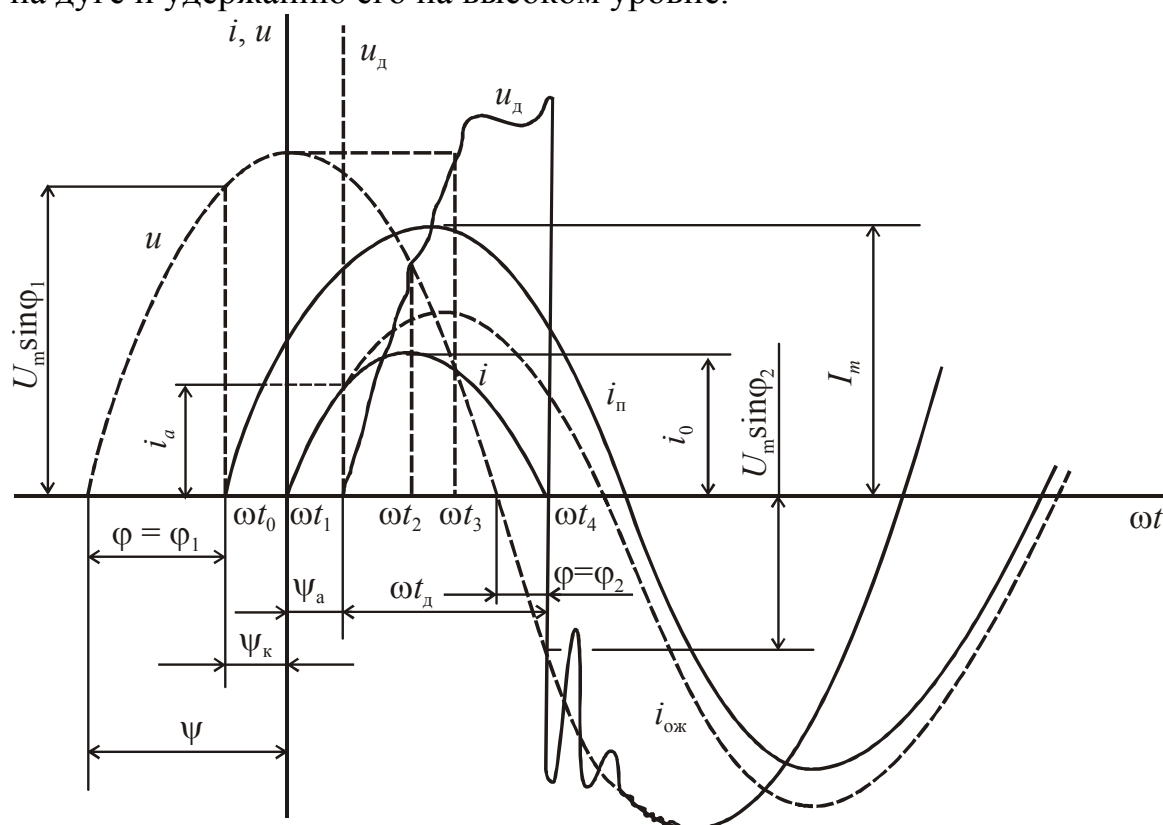


Рис. 1.5. Процесс изменения тока и напряжений во время отключения однофазной цепи токоограничивающим выключателем: t_0 – момент возникновения короткого замыкания; t_1 – момент достижения током цепи значения i_a (ток отброса контактов); t_2 – момент достижения током, ограниченным выключателем, значения пика (ограниченного тока i_0); t_3 – момент достижения напряжения на дуге амплитуды напряжения источника; t_4 – момент перехода тока цепи через нуль; $i_{ож}$ – мгновенное значение ожидаемого тока; i_n – мгновенное значение периодической составляющей тока

На рис. 1.5 изображен процесс отключения тока ограничивающим выключателем. В момент t_1 , когда ток достигает значения i_a , контакты начинают расходиться. Между контактами загорается дуга, которая под воздействием сил электромагнитного поля быстро перемещается на рога, а затем в дугогасительную камеру выключателя, в связи с чем быстро нарастает напряжение на дуге. Сопротивление дуги вызывает уменьшение тока цепи i по сравнению с ожидаемым током $i_{ож}$ в цепи без дуги. Если начать отсчет времени с момента возникновения дуги в цепи (момент t_1), то для однофазной цепи можно записать:

$$L \frac{di}{dt} + Ri + u_{\text{д}} = U_m \sin(\omega t + \psi + \psi_a). \quad (1.1)$$

Напряжение на дуге равно разности мгновенного значения напряжения источника и суммы напряжений на индуктивном и активном сопротивлениях цепи:

$$u_{\text{д}} = U_m \sin(\omega t + \psi + \psi_a) - \left(L \frac{di}{dt} + Ri \right). \quad (1.2)$$

Максимальное значение тока в цепи с дугой достигается в момент t_2 , когда

$$u_{\text{д}} = U_m \sin(\omega t + \psi + \psi_a) - Ri, \quad (1.3)$$

так как при этом $L \left(\frac{di}{dt} \right) = 0$.

Падение напряжения Ri в цепи без дуги можно пренебречь, особенно при большом сопротивлении дуги, поэтому можно считать, что ток достигает максимального значения i_0 (ограниченный ток выключателя) тогда, когда напряжение на дуге сравняется с мгновенным значением напряжения источника. Начиная с этого момента, ток все время уменьшается и в момент t_4 при напряжении на дуге

$$u_{\text{д}} = U_m \sin(\omega t + \psi + \psi_a) - L \frac{di}{dt} \quad (1.4)$$

достигает нулевого значения значительно раньше естественного перехода ожидаемого тока через нуль. Сдвиг момента перехода тока через нуль по отношению к естественному переходу приводит к уменьшению сдвига фаз с $\varphi = \varphi_1$ для замкнутой цепи до $\varphi = \varphi_2$ для цепи с дугой. Это приводит к уменьшению пика восстанавливающего напряжения, вследствие чего смягчаются условия по напряжению во время гашения дуги.

1.4. Параметры и характеристики автоматических выключателей

Автоматические выключатели как коммутационные аппараты выбираются:

- по условиям нормального режима – так, чтобы номинальное напряжение выключателя $U_{\text{ном. выкл}}$ соответствовало номинальному напряжению сети $U_{\text{с. ном}}$, а его номинальный ток $I_{\text{ном. выкл}}$ был не меньше максимального рабочего тока $I_{\text{мах}}$ защищаемого элемента;
- по условиям стойкости при КЗ – так, чтобы значение предельной коммутационной способности, электродинамической и термической стойкости выключателей были не менее соответствующих значений параметров КЗ в месте их установки.

Подробно условия выбора автоматических выключателей изложены в [4].

Номинальным током и напряжением выключателя называют значение тока и напряжения, которые способны выдерживать главные токоведущие части выключателя в длительном режиме.

Током отключения называется наибольший ток, который выключатель способен отключить. Максимальный расцепитель характеризуется номинальным током $I_{\text{расц. ном}}$ и током срабатывания $I_{\text{ср}}$ каждой ступени. *Номинальным током расцепителя* называется наибольший ток, длительное прохождение которого не вызывает срабатывание расцепителя.

Предельной коммутационной способностью выключателя (ПКС) называют максимальное значение тока КЗ, которое выключатель способен включить и отключить несколько раз, оставаясь в исправном состоянии.

Одноразовой предельной коммутационной способностью (ОПКС) называют наибольшее значение тока, которое выключатель может отключить один раз. После этого дальнейшая работа выключателя не гарантируется, может потребоваться его капитальный ремонт или замена. Другое наименование этого параметра – номинальный кратковременно выдерживаемый ток .

Значение ПКС и ОПКС относятся к процессу отключения. Однако во включенном состоянии выключатель должен пропускать протекающий по нему ток КЗ, оставаясь в исправном состоянии, независимо от того, должен ли он или другой аппарат отключить этот ток. Это свойство выключателя характеризуется понятием электродинамической и термической стойкости.

Электродинамическая стойкость характеризуется амплитудой ударного тока КЗ, который способен пропускать выключатель без остаточных деформаций деталей или недопустимого отброса контактов, приводящего к их привариванию или выгоранию.

Термическая стойкость характеризуется допустимым значением Джоулева интеграла

$$w_0 = \int_0^t i^2(t) dt, \quad (1.5)$$

отражающего количество тепла, которое может быть выделено в выключателе за время действия тока КЗ.

Собственное время отключения выключателя – время срабатывания расцепителей и механизма свободного расцепления выключателя до начала расхождения силовых контактов (используется при выборе выключателей по предельной коммутационной способности).

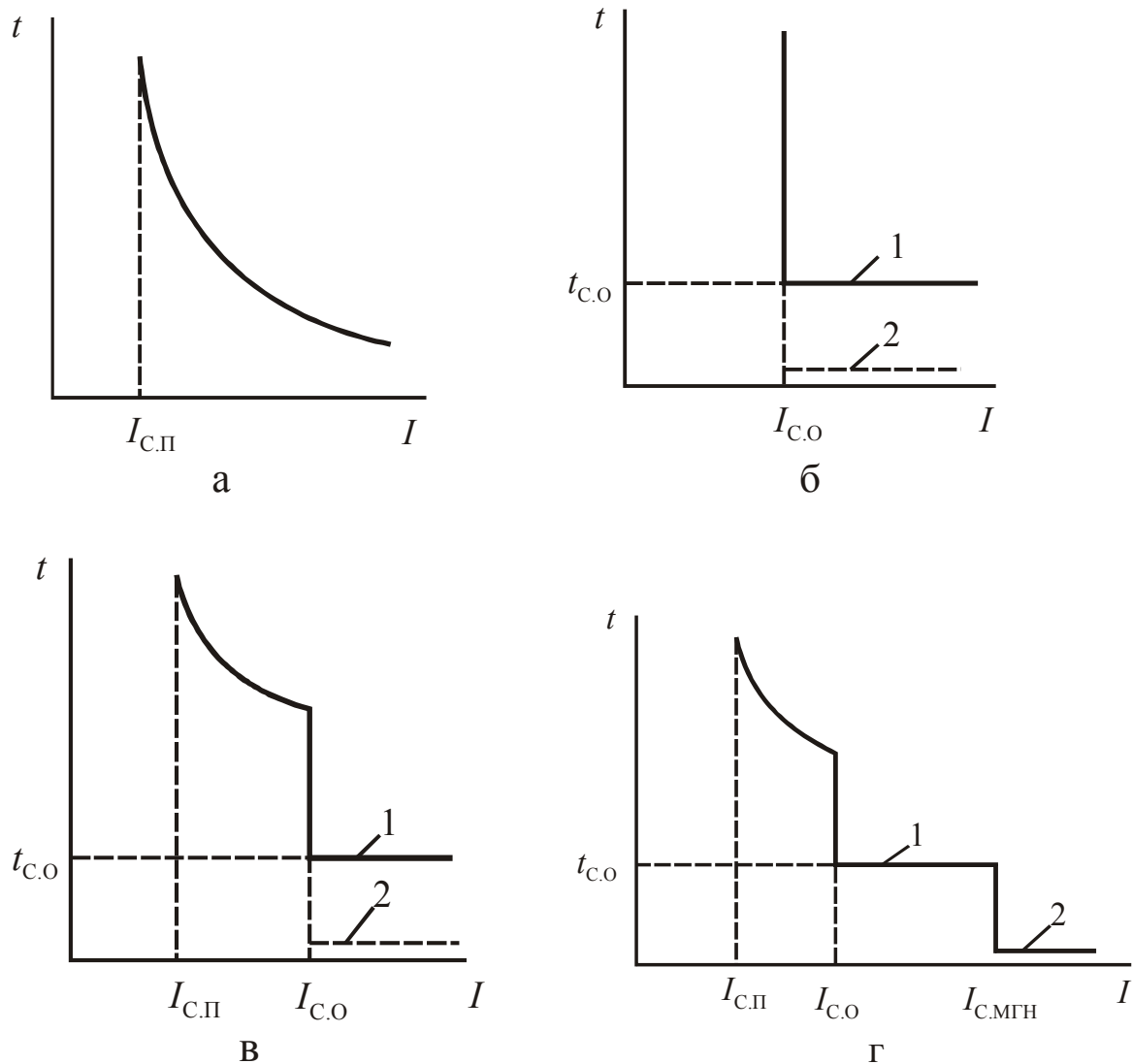


Рис. 1.6. Защитные характеристики автоматических выключателей:
 а – зависимая; б – независимая; в – ограничено зависимая; г – трехступенчатая;
 1 – с выдержкой времени при КЗ; 2 – без выдержки времени при КЗ

Полное время отключения выключателя – время срабатывания расцепителей, механизма свободного расцепления выключателя, расхождения силовых контактов и окончания гашения дуги в дугогасительных камерах (используется при проверке селективности защиты).

Автоматические выключатели могут иметь защитные характеристики, приведенные на рис. 1.6:

- зависимую от тока характеристику времени срабатывания – такие выключатели имеют только тепловой расцепитель, применяются редко вследствие недостаточной ПКС и быстродействия;

- независимую от тока характеристику времени срабатывания – такие выключатели имеют только токовую отсечку, выполненную с помощью электромагнитного или полупроводникового расцепителя, действующего без выдержки или с выдержкой времени;

- ограниченно зависимую от токов двухступенчатую характеристику времени срабатывания – в зоне токов перегрузки выключатель отключается с зависимой от тока выдержкой времени, в зоне токов КЗ выключатель отключается токовой отсечкой с независимой от тока заранее установленной выдержкой времени (для селективных выключателей) или без выдержки времени (для неселективных выключателей); выключатель имеет либо тепловой и электромагнитный (комбинированный) расцепитель, либо двухступенчатый электромагнитный, либо полупроводниковый расцепитель;

- трехступенчатую защитную характеристику – в зоне токов перегрузки выключатель отключается с зависимой от тока выдержкой времени, в зоне токов КЗ - с независимой, заранее установленной выдержкой времени (зона селективной отсечки), а при близких КЗ – без выдержки времени (зона мгновенного срабатывания); зона мгновенного срабатывания предназначена для уменьшения длительности воздействия токов при близких КЗ; такие выключатели имеют полупроводниковый расцепитель и применяются для защиты вводов в КТП и отходящих линий.

По характеристикам срабатывания электромагнитных расцепителей выключатели бывают трех типов (рис. 1.7):

тип В – ток срабатывания электромагнитного расцепителя равен $I_B = (3-6) \cdot I_{ном}$; предназначен для потребителей, у которых ток нагрузки невысокий и ток КЗ может попасть в зону работы теплового, а не электромагнитного расцепителя;

тип С – ток срабатывания электромагнитного расцепителя $I_C = (5-10) \cdot I_{ном}$; предназначен для бытового и промышленного применения: для двигателей с временем пуска до 1 с, нагрузок с малыми индуктивными токами;

тип D – ток срабатывания электромагнитного расцепителя $I_D = (>10) \cdot I_{ном}$; применяется для мощных двигателей с затяжным временем пуска.

Тепловые расцепители, используемые в автоматических выключателях, чувствительны к нагреву от посторонних источников. Случается, что расцепитель промежуточного полюса при номинальном режиме отключается только из-за нагрева от соседних полюсов. Это приводит к ограничению области его работы и к коррекции номинального тока по графику или таблице.

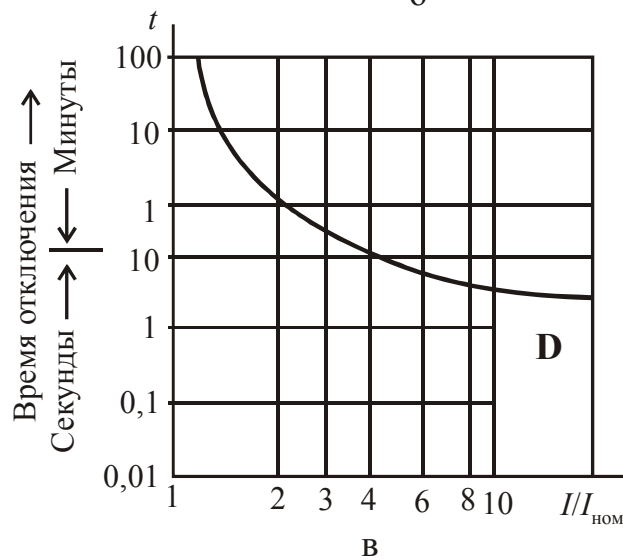
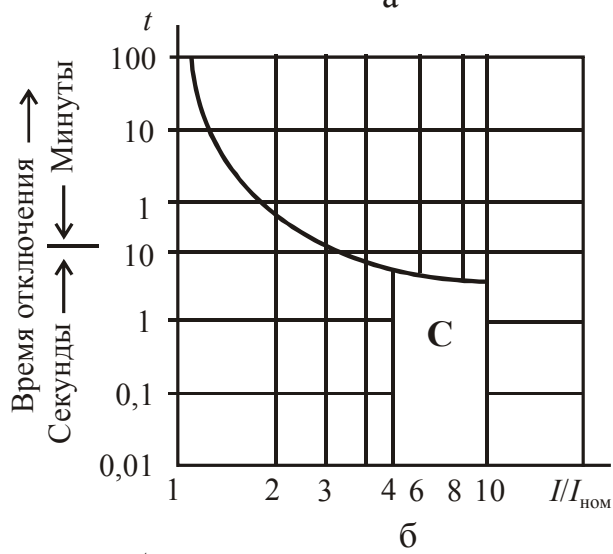
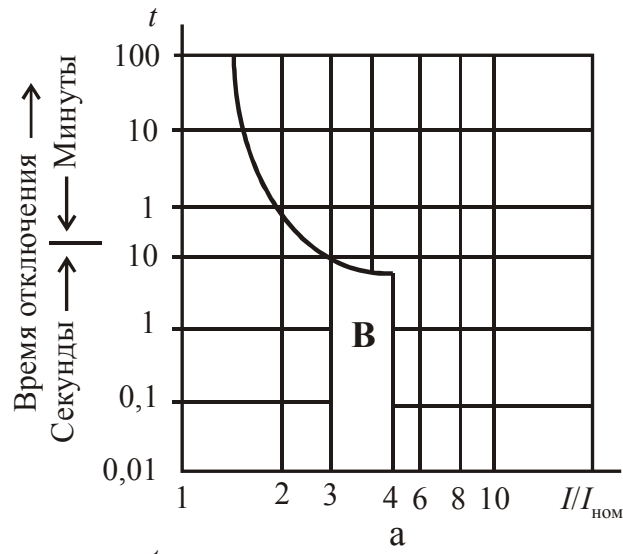


Рис. 1.7. Защитные характеристики автоматических выключателей:
 а – тип В; б – тип С; в – тип D

Нагрузочная характеристика автоматических выключателей зависит и от температуры окружающей среды: при ее снижении коэффициент нагрузки увеличивается, при повышении – уменьшается. Это ограничивает возможность их использования в условиях жесткого температурного режима эксплуатации.

Последнее поколение автоматических выключателей снабжено *электронными расцепителями*, осуществляющими комплексную защиту электроприемника и объединяющими в одном устройстве функции всех вышеперечисленных расцепителей. Они выполнены на базе микропроцессорной техники, гарантируют высокую точность срабатывания, надежность и устойчивость к температурным режимам. Электропитание, необходимое для правильной работы, обеспечивается трансформаторами тока расцепителя.

Защитные расцепители состоят из трех или четырех трансформаторов тока (в зависимости от типа сети [5]), электронного блока и механизма расцепления, который непосредственно воздействует на механизм отключения выключателя. Для управления магнитным пускателем дополнительно требуется вспомогательный блок управления, позволяющий управлять пускателем (контактором) в случае аварии (за исключением КЗ).

С помощью DIP-переключателей, размещенных на передней панели устройства, или с помощью специального электронного блока настройки программируется определенный набор параметров и функций расцепителя. Кривая срабатывания выключателя, максимально приближенная к рабочей характеристике потребителя (например, асинхронного двигателя (рис. 1.8)), определяет следующие параметры:

- функция L – защита от перегрузки с обратозависимой выдержкой по времени и характеристикой срабатывания согласно обратозависимой кривой ($I^2 \cdot t = \text{const}$);
- функция R – защита от заклинивания ротора с определенным временем задержки срабатывания;
- функция I – защита от короткого замыкания с мгновенным срабатыванием;
- функция U – защита от перекоса или обрыва фазы с определенным временем задержки срабатывания.

Автоматические выключатели с электронными расцепителями обеспечивают достаточную защиту электродвигателя от перегрузки при работе в нормальном режиме с малым количеством включений, недолгими запусками и умеренными пусковыми токами. Режим тепловой памяти, позволяющий вычислять температуру двигателя при отключении, возможен только при наличии дополнительного источника питания.

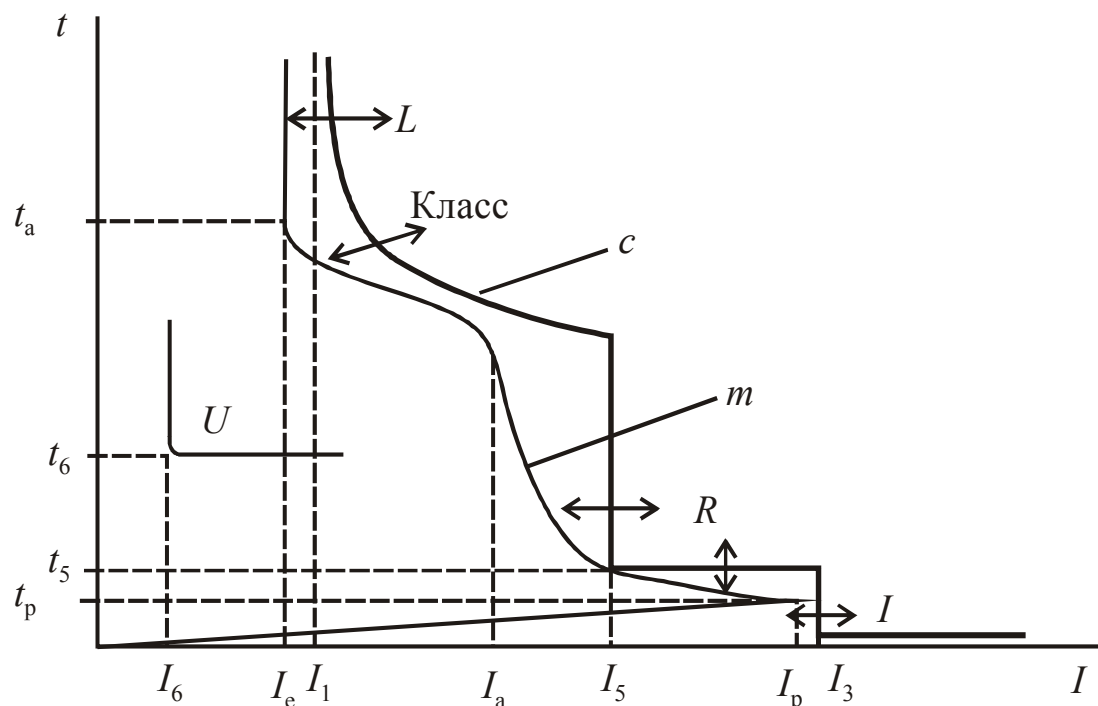


Рис. 1.8. Типовая рабочая характеристика асинхронного двигателя, совмещенная с кривой срабатывания электронного расцепителя:

I_1 – порог срабатывания по току для функции L ; I_3 – порог срабатывания по току для функции I ; I_5 – порог срабатывания по току для функции R ; t_5 – порог срабатывания по времени для функции R ; I_6 – порог срабатывания по току для функции U ; t_6 – порог срабатывания по времени для функции U ; I_e – номинальный рабочий ток электродвигателя; I_a – пусковой ток электродвигателя; I_p – пиковое значение пускового тока; t_a – время пуска электродвигателя; t_p – время нарастания пускового тока до I_p ; m – типовая кривая пуска электродвигателя; c – пример кривой срабатывания автоматического выключателя с электронным расцепителем; Класс – это класс пуска электродвигателя, определяющий время срабатывания для защиты от перегрузки

Эти выключатели неэффективны при работе в старт-стопном режиме (более 60 вкл/час) и при тяжелом запуске. Если тепловые постоянные времени электродвигателя и электронного расцепителя не совпадают, то при настройке на номинальный ток двигателя автоматический выключатель может сработать слишком рано или не распознать режим перегрузки. Ограничение рабочих циклов автомата (включение–отключение) влечет использование в таких схемах контактора, имеющего большее количество циклов коммутации и лучшую коммутирующую способность. Но для подключения к нему расцепителя потребуется вспомогательный блок управления. Дополнительные (вспомогательные) устройства необходимы также для настройки и тестирования блока, что приводит к удорожанию устройства и усложнению режима его эксплуатации.

2. АВТОМАТИЧЕСКИЕ ВЫКЛЮЧАТЕЛИ СЕРИИ ВА

Структура упрощенного условного обозначения большинства выключателей серии ВА и ее расшифровка приведены на рис. 2.1. Более подробная информация дается далее при рассмотрении конкретной модификации выключателей.

ВА	XX	—	XX	—	X
Обозначение выключателя					Обозначение количества полюсов:
Разработка:					1 – один
– с тепловым и электромагнитным расцепителями (или только с электромагнитным), рис. 2.2;					2 – два
– с полупроводниковым (электронным) максимальным расцепителем, рис. 2.3;					3 – три
– без максимальных расцепителей					
Обозначения номинального тока ($I_{ном}$, А) выключателя:					
25 – 25А			39 – 630А		
29 – 63А			41 – 1000А		
31 – 100А			43 – 1600А		
33 – 160А			45 – 2500А		
35 – 250А			47 – 4000А		
37 – 400А					

Рис. 2.1. Упрощенная структура условного обозначения автоматических выключателей серии ВА

В обозначении выключателей с номинальным током до 160 А вместо разделительного знака «—» может указываться буква «Г». Это означает, что выключатель предназначен специально для защиты электродвигателей.

2.1. Выключатели с полупроводниковыми или электронными расцепителями

Автоматические выключатели серии ВА08. Предназначены для проведения тока в нормальном режиме и отключения тока при коротких замыканиях, перегрузках и недопустимых снижениях напряжения, а также

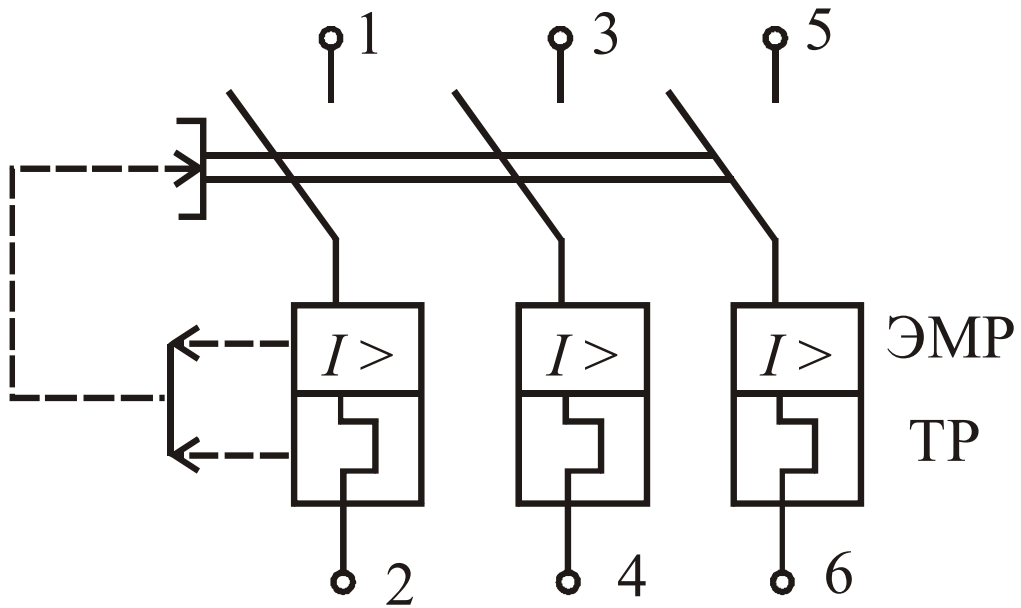


Рис. 2.2. Принципиальная электрическая схема выключателей серии ВА с электромагнитным (ЭМР) и тепловым (ТР) расцепителем

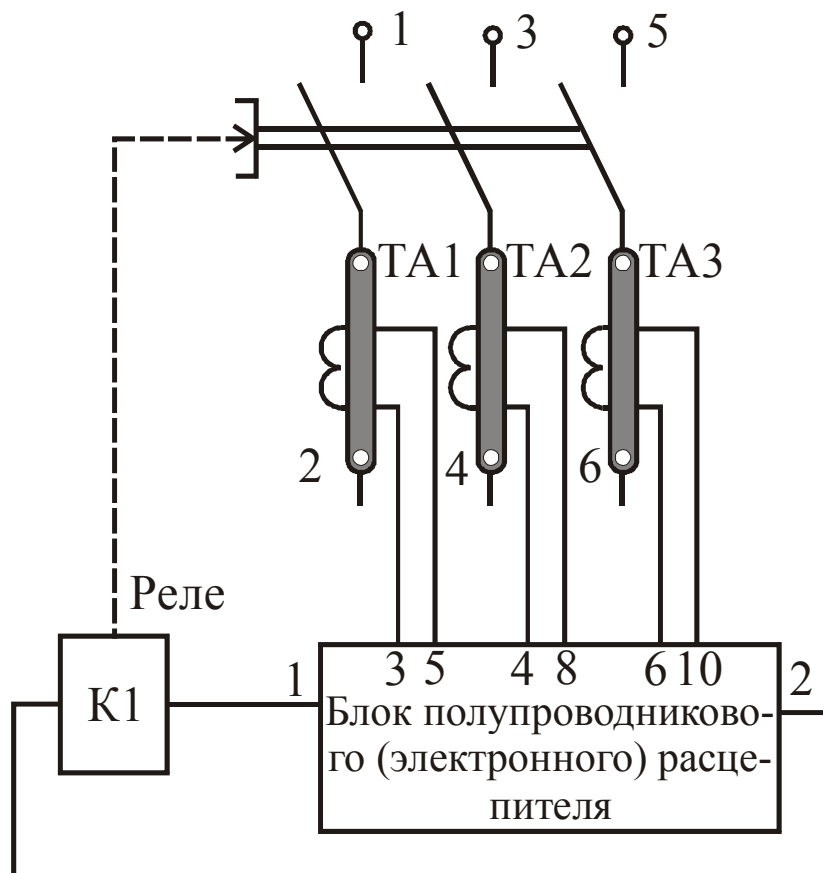


Рис. 2.3. Принципиальная электрическая схема выключателей серии ВА с полупроводниковым (электронным) расцепителем

для нечастых (до 6 раз в сутки) оперативных выключений и отключений электрических цепей и рассчитаны для эксплуатации в электроустановках на номинальное напряжение до 440 В постоянного тока и до 660 В переменного тока частотой 50 и 60 Гц.

Расшифровка условного обозначения автоматов приведена на рис. 2.4.

ВА	Условное обозначение вида аппарата: ВА.
08	Условное обозначение номера серии: 08
0XX	Условное обозначение максимального номинального тока выключателя: 040–400 А; 063–630 А; 080–800 А.
X	Условное обозначение вида максимального расцепителя тока: 0 – без максимального расцепителя тока; 1 – с электромагнитными максимальными расцепителями тока; 3 – с аналоговым электронным расцепителем тока; 5 – с микропроцессорным электронным расцепителем тока.
X	Условное обозначение величины предельной коммутационной способности: С – стандартная; Н – нормальная; П – повышенная; В – высокая.
XX	Условное обозначение числа полюсов в сочетании с родом тока и номинальным током электронного расцепителя по таблице 2.1.
XX	Условное обозначение сочетания дополнительных сборочных единиц по таблице 2.2.
X	Условные обозначения вида привода в сочетании со способом установки выключателей: 1 – ручной привод стационарного выключателя; 3 – электромагнитный привод стационарного выключателя; 5 – ручной дистанционный привод выдвижного выключателя; 7 – электромагнитный привод выдвижного выключателя.
X	Условное обозначение наличия и вида дополнительных механизмов по таблице 2.3.
XX	Условное обозначение степени защиты: 20 – IP20; 00 – IP00.
XXXX	Условное обозначение климатического исполнения выключателя: УХЛЗ; ТЗ.

Рис. 2.4. Структура условного обозначения автоматических выключателей серии ВА08

Таблица 2.1

Условное обозначение числа полюсов, рода тока, номинального тока

Первая цифра	Количество полюсов, максимальных расцепителей и род тока	Вторая цифра	Величина номинального тока, А	Род тока
3	3-х полюсный, переменного тока с расцепителями в 3-х полюсах	0	40	Постоянный
		1	63	
		2	100	
4	2-х полюсный, переменного тока с расцепителями в 2-х полюсах	3	160	Переменный или постоянный
5	3-х полюсный без расцепителей	4	250	
6	2-х полюсный без расцепителей	5	400	
7	3-х полюсный, постоянного тока с расцепителями в 2-х полюсах	6	630	
		7	800	

Таблица 2.2

Условное обозначение сочетания дополнительных сборочных единиц

Цифры	Количество вспомогательных контактов			Количество дополнительных вспомогательных контактов			Микропереключатель	Независимый расцепитель	Расцепитель напряжения	
	закрывающих	размыкающих для выключателей		закрывающих	размыкающих для выключателей				нерегулируемый	регулируемый
		с ручным приводом	с электромагнитным приводом		с ручным приводом	с электромагнитным приводом				
00	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
11	2	2	1	2	2	2	—	—	—	—
15	—	—	—	—	—	—	—	—	+	—
18	1	2	1	2	2	2	—	+	—	—
51	2	2	1	—	—	—	—	—	—	—
52	1	2	1	—	—	—	—	+	—	—
65	—	—	—	2	2	1	—	—	—	+
69	—	—	—	2	2	1	+	—	—	—
70*	—	—	—	—	—	—	+	—	—	—
73	—	—	—	2	2	1	—	—	+	—
79	—	—	—	1	2	1	+	+	—	—
82	—	—	—	—	—	—	+	—	—	+

* при наличии электромагнитного привода не применять

Примечание: знак «+» означает наличие дополнительных сборочных единиц, знак «-» – их отсутствие. У выключателей без максимальных расцепителей тока исполнение с регулируемыми расцепителями напряжения отсутствует. Регулируемый расцепитель напряжения только для выключателей с электронными (микропроцессорными) расцепителями тока.

Таблица 2.3

Условное обозначение наличия и вида дополнительных механизмов

Цифра	Наличие дополнительного механизма
0	Отсутствует
5	Механизм для оперирования через дверь распределительного устройства выключателем стационарного исполнения
6	Устройство для блокировки положений «включено», «отключено» выключателей стационарного исполнения

По способу установки выключатели могут быть стационарные и выдвижные, иметь двух- и трехполюсное исполнение. Двух- и трехполюсные выключатели выполняются в одном габарите и отличаются отсутствием токоведущих частей в среднем полюсе.

По типу привода классифицируются на выключатели:

- с ручным приводом;
- с ручным дистанционным приводом;
- с электромагнитным приводом.

Из дополнительных сборочных единиц комплектуются:

- независимым расцепителем;
- вспомогательными контактами;
- вспомогательными дополнительными контактами;
- вспомогательными контактами, предназначенными для коммутации малых токов (микрореле).

Сочетание дополнительных сборочных единиц дано в таблице 2.2.

Выключатели модификации ВА08 могут оснащаться электронными и/или электромагнитными максимальными расцепителями тока либо не иметь максимальных расцепителей тока. Типы, основные параметры и категория применения выключателей с электронными расцепителями соответствуют указанным в таблицах 2.4 и 2.5. Информация о выключателях с электромагнитными расцепителями и без максимальных расцепителей представлена в разделе 2.2. Корректировка номинального тока выключателей на изменение температуры окружающей среды выполняется в соответствии с таблицей 2.6.

Выключатели могут быть токоограничивающими (типов Н, П, В) и нетокоограничивающими (типа С).

Электромагнитный расцепитель устанавливается в каждом полюсе выключателя исполнений Н, П, В. Настраивается на определенную

Таблица 2.4

Автоматические выключатели ВА08 переменного тока с электронными
(аналоговыми) максимальными расцепителями тока

Тип выключателя		ВА08–0403				ВА08–0633				ВА08–0803				
Исполнение выключателя по величине предельной коммутационной способности		С	Н	П	В	С	Н	П	В	С	Н	П	В	
Номинальный ток выключателя, I_n , А при температуре 40°C		160; 250; 400				630				800				
Номинальное рабочее напряжение, U_e , В		380; 660												
Частота, Гц		50; 60												
Номинальное напряжение изоляции, U_i , В		750												
Номинальное импульсное выдерживаемое напряжение, U_{imp} , кВ		8												
Номинальная предельная наибольшая отключающая способность, I_{CU} , кА при напряжении:	380 В	25	30	80	150	25	30	80	150	25	30	80	150	
	660 В	20	24	28	32	20	24	28	32	20	24	28	32	
Категория применения		В			А		В			А		В		А
Номинальная рабочая наибольшая отключающая способность, I_{CS} в % к I_{CU}		100		75			100		75		100		75	
Номинальный кратковременно выдерживаемый ток, I_{CW} , кА		20		10			20		10		20		10	
Уставки регулируемого электронного расцепителя тока	номинального тока расцепителя, I_R , в кратности к I_n	0,4; 0,6; 0,8; 1,0												
	по току короткого замыкания, I_{sd} , в кратности к I_R	2; 3; 5; 6; 8; 9; 11; 12												
	по времени при коротком замыкании, с, t_{sd}	0,02; 0,1; 0,2; 0,3; 0,4												
	при перегрузке, с, t_R при $6I_R$	5; 10; 20												
Уставки нерегулируемого электромагнитного расцепителя тока (при его наличии) по току короткого замыкания, в кратности к I_n		отсутствует	32	15	6*	отсутствует	32	12	6	отсутствует	25	12	6	

* Для номинального тока 160 А – 10

Таблица 2.5

Автоматические выключатели ВА08 переменного тока с электронными
(микропроцессорными) максимальными расцепителями тока

Тип выключателя		ВА08–0405				ВА08–0635				ВА08–0805			
Исполнение выключателя по величине предельной коммутационной способности		С	Н	П	В	С	Н	П	В	С	Н	П	В
Номинальный ток выключателя, I_n , А при температуре 40°C		160; 250; 400				630				800			
Номинальное рабочее напряжение, U_e , В		380; 660											
Частота, Гц		50; 60											
Номинальное напряжение изоляции, U_i , В		750											
Номинальное импульсное выдерживаемое напряжение, U_{imp} , кВ		8											
Номинальная предельная наибольшая отключающая способность, I_{CU} , кА при напряжении:	380 В	25	30	80	150	25	30	80	150	25	30	80	150
	660 В	20	24	28	32	20	24	28	32	20	24	28	32
Категория применения		В			А	В			А	В			А
Номинальная рабочая наибольшая отключающая способность, I_{CS} в % к I_{CU}		100		75		100		75		100		75	
Номинальный кратковременно выдерживаемый ток, I_{CW} , кА		20		10		20		10		20		10	

Уставки регулируемого электронного расцепителя тока	номинального тока расцепителя, I_R , в кратности к I_n	0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 0,9; 1,0											
	по току короткого замыкания, I_{sd} , в кратности к I_R	1,5 ¹⁾ ; 2 ¹⁾ ; 3; 4; 6; 8; 10; ∞ ⁴⁾											
	по току короткого замыкания расцепителя мгновенного действия, I_i , в кратности к I_R	1,5 ¹⁾ ; 2 ¹⁾ ; 4; 6; 8; 10; 12; ∞ ⁴⁾											
	по току замыкания на землю I_g , в кратности к I_n	0,3 ²⁾ ; 0,5; 0,7; 1,0											
	по времени при замыкании на землю, t_g , с	0,2; 0,3; 0,4; ∞ ⁴⁾											
	по времени при коротком замыкании, с, t_{sd}	0,1; 0,2; 0,3; 0,4											
	при перегрузке, с, t_R при $6I_R$	5; 10; 20											
Уставки нерегулируемого электромагнитного расцепителя тока (при его наличии) по току короткого замыкания, в кратности к I_n	отсутствует	32	15	6 ³⁾	отсутствует	32	12	6	отсутствует	25	12	6	

1) Кроме выключателя с номинальным током 160 А при уставке I_R/I_n , равной 0,3;

2) Кроме выключателей с номинальным током 160 А, 250 А;

3) Для номинального тока 160 А – 10;

3) Наличие символа означает возможность вывода указанной защиты из действия (относится ко всему тексту).

Таблица 2.6

Зависимость номинального тока выключателей стационарного исполнения
от температуры окружающей среды

Тип выключателя	Монтаж (медь, мм ²) для температуры окружающей среды		Допустимая токовая нагрузка, А, при температуре окружающей среды						
	40°С	55°С	40°С	45°С	50°С	55°С	60°С	65°С	70°С
ВА08-0400, 160 А	Шина 3×20, Кабель 1×70	—	160	160	160	160	160	160	160
	—	Шина 4×20, Кабель 1×95	160	160	160	160	160	160	160
ВА08-0400, 250 А	Шина 6×20, Кабель 1×120	—	250	250	250	250	250	250	250
	—	Шина 8×20, Кабель 1×185 или 2×95	250	250	250	250	250	250	250
ВА08-0400, 400 А	Шина 6×30, Кабель 1×240	—	400	400	400	400	400	400	400
	—	Шина 8×30, Кабель 3×95	400	400	400	400	400	400	400
ВА08-0630, 630 А	Шина 12,5×30, Кабели 2×185	—	630 630	630 630	630 630	615 630	600 630	560 600	520 570
	—	Шина 12,5×35, Кабели 4×120	630 630	630 630	630 630	630 630	605 620	580 610	555 600
ВА08-0800, 800 А	Шина 2×10×30, Кабели 2×240	—	800 800	800 790	800 760	760 730	720 700	685 665	650 630
	—	Шина 2×12,5×30, Кабели 2×150+2×185	800 800	800 800	800 800	800 800	760 780	720 750	680 720

уставку по току срабатывания предприятием-изготовителем и в условиях эксплуатации не регулируется.

Электронный микропроцессорный расцепитель (блок управления токовый БУТ-11, БУТ-12 (рис. 2.5 и 2.6)) и электронный аналоговый расцепитель (БУТ-14 (рис. 2.7)) предназначены для подачи команды на автоматическое отключение выключателя по заданной программе при возникновении в цепи токов короткого замыкания или перегрузки. Электронный микропроцессорный расцепитель выполняет следующие виды защит:

- защита от однофазного КЗ с выдержкой времени или без нее;
- защита от междуфазного КЗ с задержкой и без задержки срабатывания; дополнительно имеет переключатель защиты от токов включения;
- защита от токов перегрузки (без выдержки времени; с независимой от тока выдержкой; с обратно квадратичной по времени $N_1/(k^2 - 1)$; с обратной четвертой степени времени N_2/k^4 , где N_1, N_2 – коэффициенты, k – кратность I/I_p).

Дополнительно БУТ-11, БУТ-12 осуществляют:

- индикацию кратности тока наиболее нагруженной фазы (I_ϕ/I_R);
- сигнализацию времени с начала перегрузки, если перегрузка длится более 50% времени до срабатывания исполнительного электромагнита;
- индикацию причины отключения;
- передачу во внешние цепи сигналов причины отключения, логической селективности;
- дистанционное переключение характеристик защиты от токов перегрузки.

Электронный аналоговый расцепитель выполняет защиту от токов перегрузки и защиту от междуфазного КЗ с задержкой и без задержки срабатывания.

Защитные характеристики выключателей ВА08 приведены на рис. 2.8 – 2.14.

Технические характеристики выключателей с аналоговыми и микропроцессорными электронными расцепителями тока и допустимые отклонения уставок при температуре окружающей среды $(25 \pm 10)^\circ\text{C}$ приведены в таблицах 2.7, 2.8 и в зависимости от исполнения обеспечивают регулировку в эксплуатации:

- уставок номинального тока расцепителя I_R в кратности к номинальному току выключателя;
- уставок тока срабатывания при КЗ с выдержкой времени I_{sd} ;

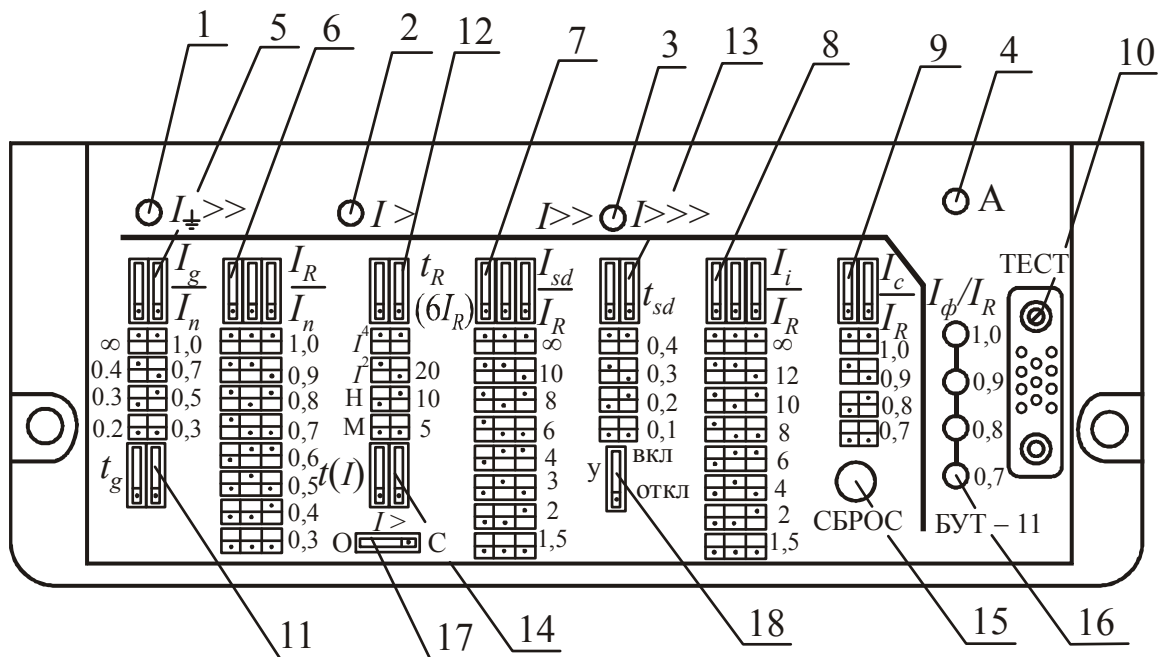


Рис. 2.5. Общий вид лицевой панели блока БУТ-11:

- 1 – индикатор срабатывания защиты от однофазных замыканий на землю;
- 2 – индикатор срабатывания защиты от перегрузок;
- 3 – индикатор срабатывания защиты от коротких замыканий (с выдержкой или мгновенной);
- 4 – индикатор срабатывания аварийного отключения (неисправность процессора);
- 5 – переключатель уставок по току защиты от однофазных замыканий на землю;
- 6 – переключатель уставок номинального тока расцепителя;
- 7 – переключатель уставок по току защиты от коротких замыканий (с выдержкой);
- 8 – переключатель уставок по току защиты от коротких замыканий (мгновенной);
- 9 – переключатель уставок срабатывания сигнализации перегрузок;
- 10 – разъем «Тест»;
- 11 – переключатель уставок задержек срабатывания защиты от однофазных замыканий;
- 12 – переключатель уставок задержек срабатывания защиты от перегрузок;
- 13 – переключатель уставок задержек срабатывания защиты от коротких замыканий;
- 14 – переключатель характеристик зависимости задержек срабатывания от тока перегрузки (I^4 – зависимость четвертой степени; I^2 – квадратичная зависимость; H – независимая от тока; M – мгновенное отключение без преднамеренной задержки);
- 15 – кнопка сброса индикации причины отключения;
- 16 – индикаторы наибольшего фазного тока;
- 17 – переключатель режимов работы защиты от перегрузок (на отключение – O или на сигнализацию – C);
- 18 – выключатель ускорения действия защиты при включении на короткое замыкание

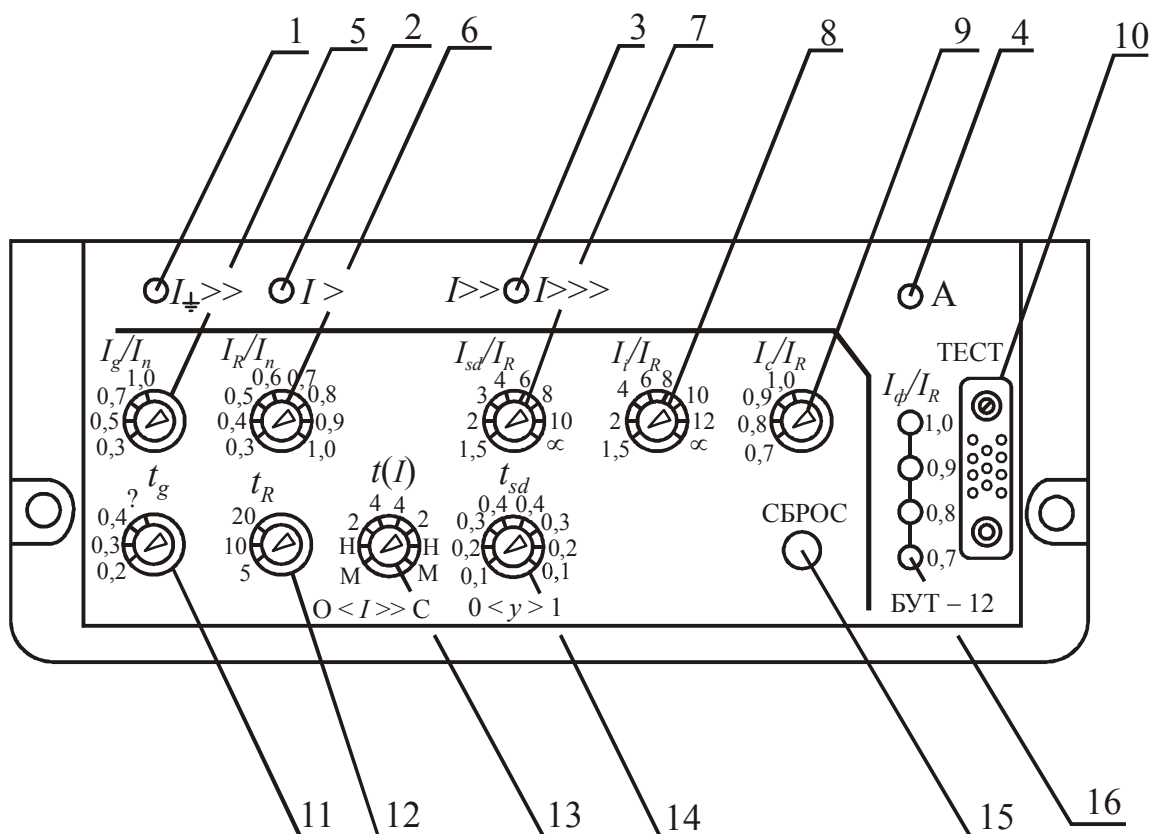


Рис. 2.6. Общий вид лицевой панели блока БУТ – 12:

- 1 – индикатор срабатывания защиты от однофазных замыканий на землю;
- 2 – индикатор срабатывания защиты от перегрузок;
- 3 – индикатор срабатывания защиты от коротких замыканий (с выдержкой или мгновенной);
- 4 – индикатор срабатывания аварийного отключения (неисправность процессора);
- 5 – переключатель уставок по току защиты от однофазных замыканий на землю;
- 6 – переключатель уставок номинального тока расцепителя;
- 7 – переключатель уставок по току защиты от коротких замыканий (с выдержкой);
- 8 – переключатель уставок по току защиты от коротких замыканий (мгновенной);
- 9 – переключатель уставок срабатывания сигнализации перегрузок;
- 10 – разъем «Тест»;
- 11 – переключатель уставок задержек срабатывания защиты от однофазных замыканий;
- 12 – переключатель уставок задержек срабатывания защиты от перегрузок (при bI_R);
- 13 – переключатель характеристик зависимости задержек срабатывания от тока перегрузки (I^4 – зависимость четвертой степени; I^2 – квадратная зависимость; H – независимая от тока; M – мгновенное отключение без преднамеренной задержки) и режимов работы защиты от перегрузок (на отключение – O или на сигнал C);
- 14 – переключатель уставок задержек срабатывания защиты от коротких замыканий и режима ускорения действия защиты при включении на КЗ;
- 15 – кнопка сброса индикации причины отключения;
- 16 – индикаторы наибольшего фазного тока

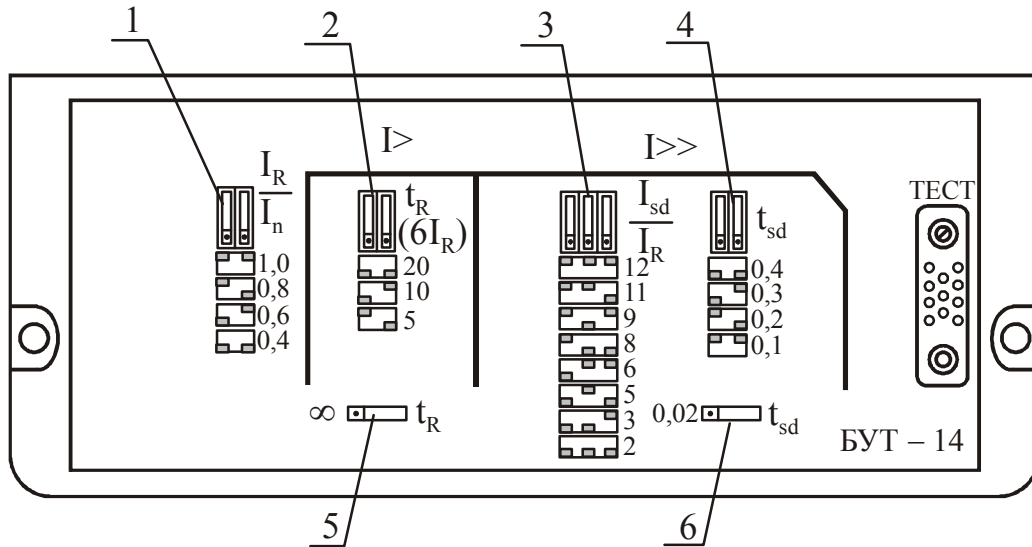


Рис. 2.7. Общий вид лицевой панели блока БУТ – 14: 1 – уставки номинального рабочего тока; 2 – уставки выдержки времени защиты от перегрузки; 3 – уставки тока срабатывания защиты от короткого замыкания; 4 – уставки выдержки времени защиты от короткого замыкания; 5 – включение защиты от перегрузки; 6 – включение выдержки времени защиты от короткого замыкания

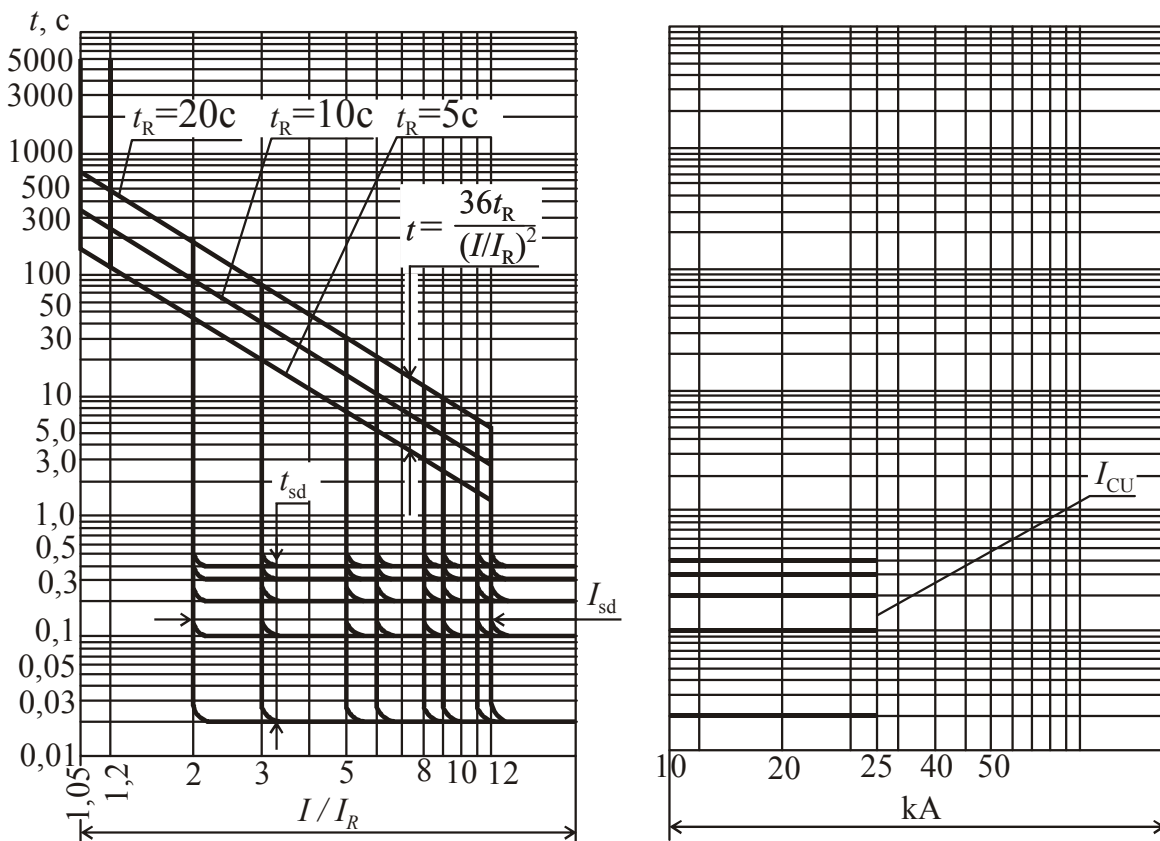


Рис. 2.8. Времятоковая характеристика выключателей переменного тока ВА08-0403С, ВА08-0633С, ВА08-0803С с электронным (аналоговым) расцепителем тока

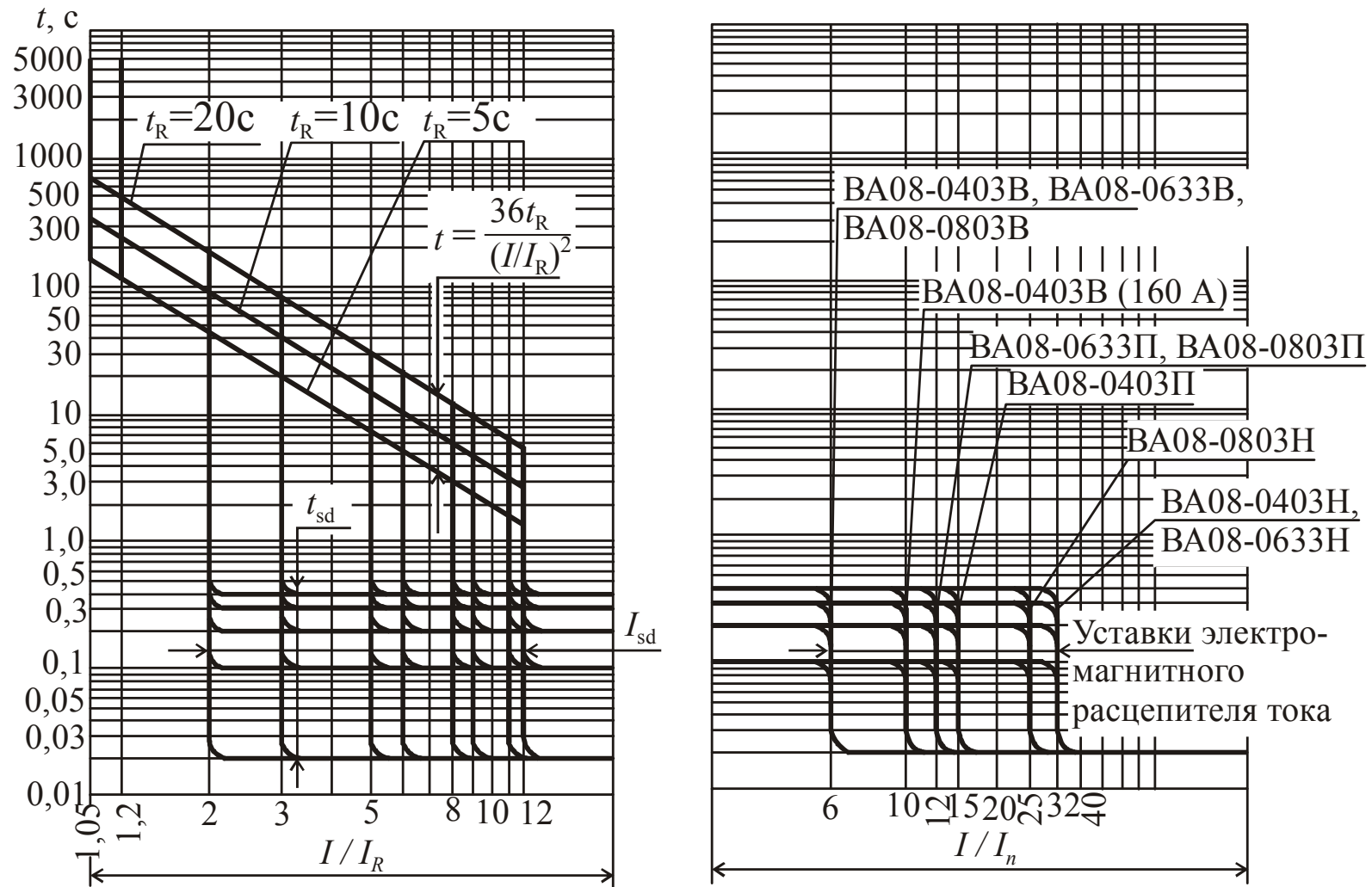


Рис. 2.9. Времятоковая характеристика выключателей переменного тока с электронным (аналоговым) расцепителем тока и электромагнитным расцепителем тока

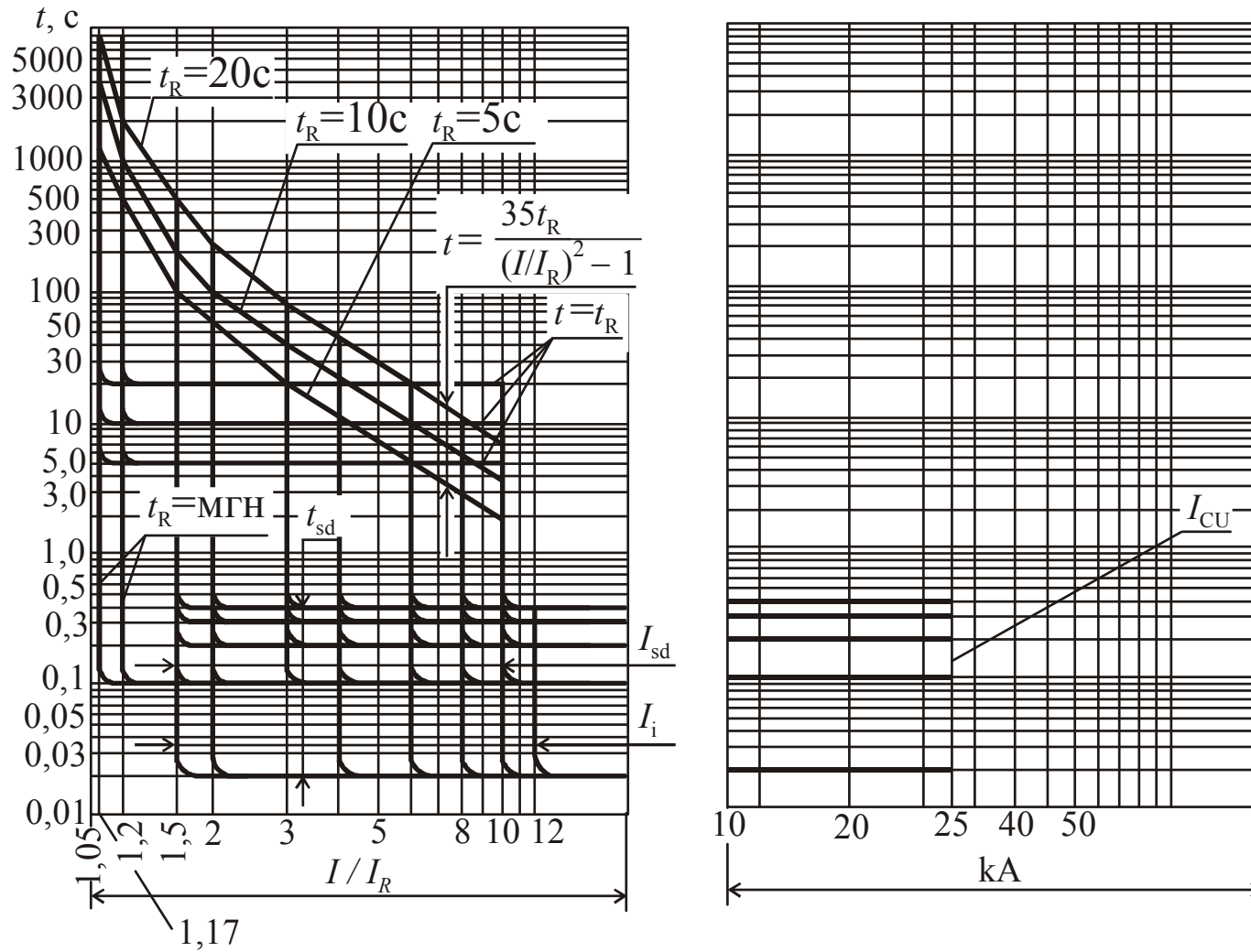


Рис. 2.10. Времятоковая характеристика выключателя переменного тока ВА08-0405С, ВА08-0635С, ВА08-0805С с электронным (микропроцессорным) расцепителем тока

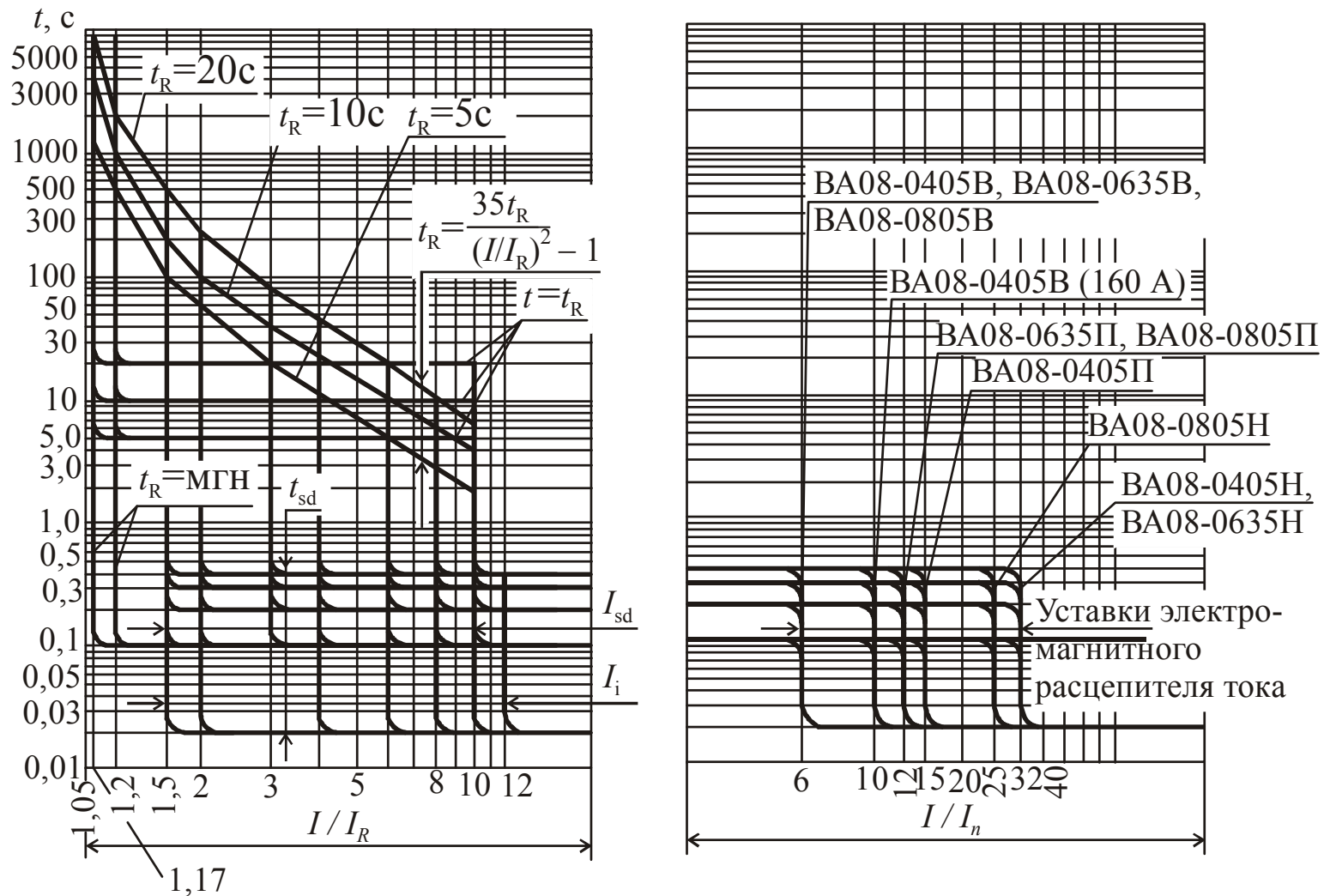


Рис. 2.11. Времятоковая характеристика выключателей переменного тока с электронным (микроспроцессорным) расцепителем тока и электромагнитным расцепителем тока

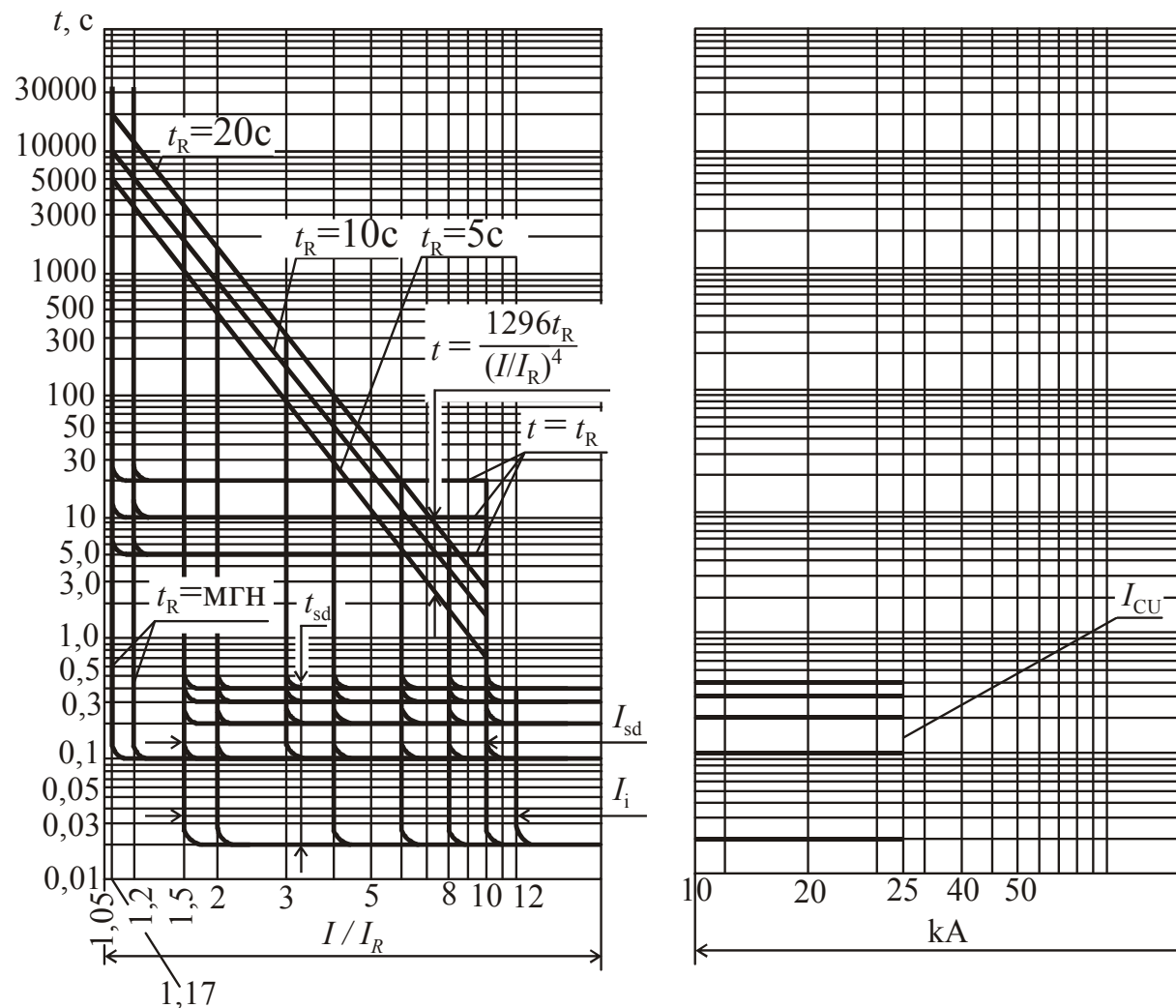


Рис. 2.12. Времятоковая характеристика выключателей переменного тока ВА08-0405С, ВА08-0635С, ВА08-0805С с электронным (микропроцессорным) расцепителем тока

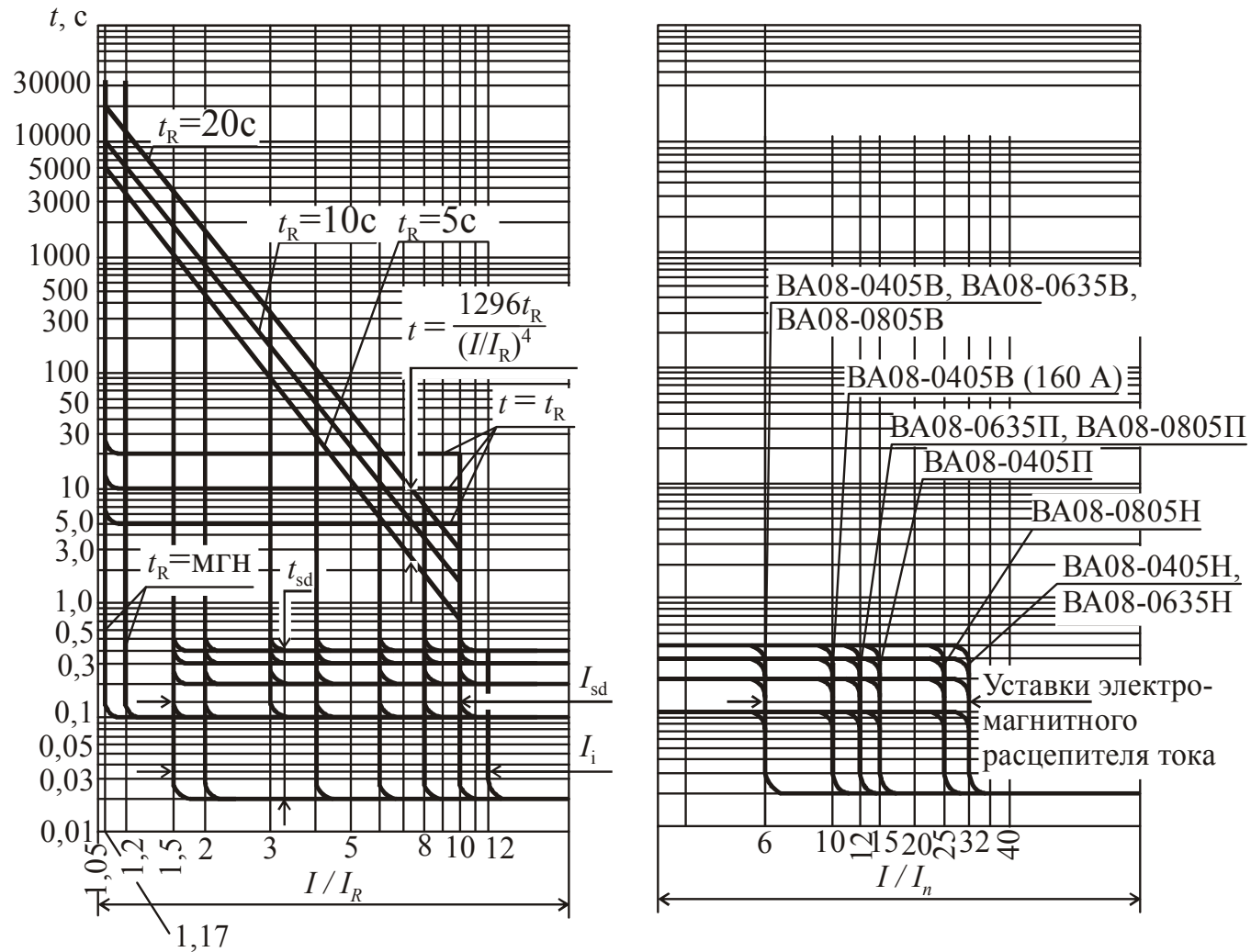


Рис. 2.13. Времятоковая характеристика выключателей переменного тока с электронным (микропроцессорным) расцепителем тока и электромагнитным расцепителем тока

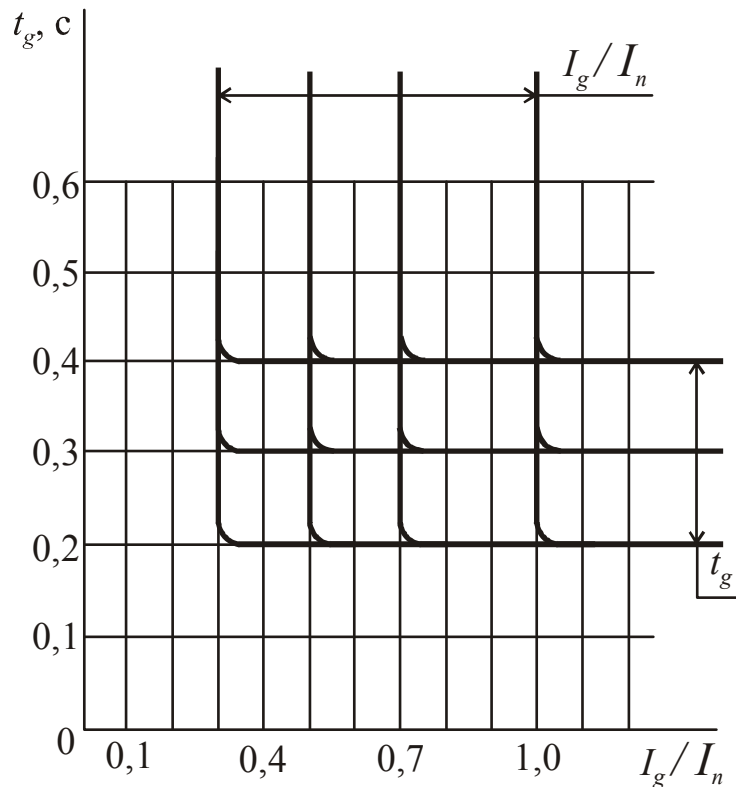


Рис. 2.14. Времятоковая характеристика защиты от однофазных замыканий на землю

- уставок тока срабатывания при коротком замыкании без выдержки времени I_i (защита мгновенного действия);
- уставок тока срабатывания при однофазном коротком замыкании на землю I_g ;
- уставок по времени срабатывания при перегрузке t_R ;
- уставок по времени задержки при коротком замыкании t_{sd} ;
- уставок по времени задержки при однофазном коротком замыкании на землю t_g ;
- выбор режима работы защиты от перегрузки (табл. 2.8).

Отклонение уставок по току электромагнитных максимальных расцепителей тока в выключателях, не бывших в эксплуатации, не превышает $\pm 20\%$.

Отклонения фактических значений уставок при изменении температуры от -50°C до $+55^\circ\text{C}$ относительно предельных значений по таблице 2.7 и 2.8 не должны превышать:

- $\pm 10\%$ по токам срабатывания;
- $\pm 20\%$ по времени срабатывания при перегрузке;
- $\pm 20\%$ по времени срабатывания при коротком замыкании.

Таблица 2.7

Характеристики выключателей переменного тока с электронными аналоговыми расцепителями тока и допустимые отклонения их уставок

Вид защиты	Параметры	Пределы допустимого отклонения уставок
Защита от токов перегрузки $I >$		
Уставки номинального тока расцепителя, I_R , в кратности к I_n	0,4; 0,6; 0,8; 1,0	—
Время выдержки при перегрузке, с, t_R (при $6I_R$)	5	4–6
	10	8–12
	20	16–24
Пределы срабатывания	$1,05I_R \leq I \leq 1,2I_R$	—
Характеристики зависимости выдержки времени от тока	$t = \frac{36t_R}{\left(\frac{I}{I_R}\right)^2}$ ¹⁾ $t = \infty$	—
Защита от токов короткого замыкания $I \gg$		
Уставки по току при коротком замыкании, I_{sd} , в кратности к I_R	2 ²⁾	1,7–2,3
	3	2,55–3,45
	5	4,25–5,75
	6	5,1–6,9
	8	6,8–9,2
	9	7,65–10,35
	11	9,35–12,65
	12	10,2–13,8
Кратковременная выдержка времени, с, t_{sd}	0,02	0,017–0,023
	0,1	0,08–0,12
	0,2	0,18–0,22
	0,3	0,28–0,32
	0,4	0,38–0,42
Характеристика зависимости выдержки времени от тока	Независимая от тока	—

¹⁾ Для значений тока $I / I_R \geq 1,2$;

²⁾ Кроме выключателей с номинальным током 160, 250 А при уставке $I_R / I_n = 0,4$ в сочетании с уставкой $t_{sd} = 0,02$ с.

Таблица 2.8

Характеристики электронного микропроцессорного расцепителя тока выключателей переменного тока

Вид защиты	Параметры	Пределы допустимого отклонения уставок
Защита от токов перегрузки $I >$		
Уставки номинального тока расцепителя, I_R , в кратности к I_n	0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 0,9; 1,0	—
Время выдержки при перегрузке, с, t_R (при $6I_R$)	5	4–6
	10	8–12
	20	16–24
Уставка тока срабатывания при перегрузке	$1,17I_R$	$1,17^{+0,03}_{-0,12}$ ¹⁾
Характеристики зависимости времени от тока	$t = \frac{35t_R}{\left(\frac{I}{I_R}\right)^2 - 1} \quad 5);$ $t = \frac{1296t_R}{\left(\frac{I}{I_R}\right)^4} \quad 5);$ $t_R = 0,1^{2)}$ с (защита без выдержки времени); $t = t_R$ (защита с независимой выдержкой времени)	—
Защита от токов короткого замыкания $I \gg$		
Уставки по току при коротком замыкании с выдержкой времени, I_{sd} в кратности к I_R	$1,5^{3)}$	1,275–1,725
	$2^{3)}$	1,7–2,3
	3	2,55–3,45
	4	3,4–4,6
	6	5,1–6,9
	8	6,8–9,2
	10	8,5–11,5
	∞	∞
Характеристика зависимости выдержки времени от тока	Независимая от тока	—

Окончание таблицы 2.8

Вид защиты	Параметры	Пределы допустимого отклонения уставок
Кратковременная выдержка времени, c, t_{sd}	0,1	0,08–0,12
	0,2	0,18–0,22
	0,3	0,28–0,32
	0,4	0,38–0,42
Защита мгновенного действия $I \gg \gg$		
Уставки по току при коротком замыкании, I_i в кратности к I_R	1,5 ³⁾	1,275–1,725
	2 ³⁾	1,7–2,3
	4	3,4–4,6
	6	5,1–6,9
	8	6,8–9,2
	10	8,5–11,5
	12	10,2–13,8
∞	∞	
Время срабатывания расцепителя, с	0,02	
Выдержка времени, с	0,02	0,017–0,023
Защита от однофазного замыкания на землю $I \frac{\perp}{=} \gg$		
Уставки по току при однофазном замыкании на землю, I_g в кратности к I_n	0,3 ⁴⁾	0,24–0,36
	0,5	0,4–0,6
	0,7	0,56–0,84
	1,0	0,8–1,2
Выдержка времени, с, t_g	0,2	0,16–0,24
	0,3	0,24–0,36
	0,4	0,32–0,48
	∞	∞
Сигнализация		
Уставки по току при сигнализации I_c , кратное к I_R	0,7	0,56–0,84
	0,8	0,64–0,96
	0,9	0,72–1,08
	1,0	0,8–1,2

¹⁾ для выключателей с номинальным током 160 А – (1,17±0,12);

²⁾ не применять для выключателей с номинальным током 160 А при уставках I_R / I_n равных 0,3 и 0,4;

³⁾ кроме выключателей на токи 160 А при уставке I_R / I_n равной 0,3;

⁴⁾ кроме выключателей с номинальным током 160А, 250 А;

⁵⁾ для значений $I / I_R \geq 1,2$.

Полное время отключения цепи выключателем по каналу электромагнитного максимального расцепителя тока и по каналу независимого расцепителя не превышает 0,04 с.

Электрические схемы выключателей приведены на рис. 2.15 и 2.16.

Автоматами *ВА08* обеспечивается логическая селективность с вышестоящими выключателями путем выдачи сигнала о превышении тока уставки по току при коротком замыкании I_{sd} или I_i , при получении такого сигнала защита $I \gg$ вышестоящего выключателя должна работать с установленной выдержкой времени t_{sd} , если ток превышает его уставку I_{sd} . Также обеспечивается логическая селективность с нижестоящими выключателями путем принятия от них сигнала о коротком замыкании, если ток превышает уставку I_{sd} , и нет сигнала о коротком замыкании от нижестоящих выключателей, защита $I \gg$ должна работать без установленной выдержки времени (рис. 2.17).

Независимый расцепитель срабатывает при подаче на выводы его катушки напряжения постоянного (24; 110; 220; 440 В) или однофазного переменного (110; 127; 220; 230; 240; 380; 400; 415; 550; 660 В) тока частоты 50 Гц. Питание от стороннего источника подается на катушку через замыкающий контакт вспомогательной цепи, что предохраняет катушку от длительного нахождения под током. Допустимые колебания рабочего напряжения от 0,7 до 1,2 номинального.

Вспомогательные и дополнительные контакты состоят из блоков, каждый из которых имеет свой изоляционный корпус, в который вмонтированы один замыкающий и один размыкающий контакты.

Они рассчитаны на номинальное напряжение от 24 до 660 В переменного тока и от 24 до 440 В постоянного тока. Допускают работу при напряжении от 0,7 до 1,2 номинального. В продолжительном режиме допускают нагрузку током до 4 А в цепи переменного тока и 0,3 А в цепи постоянного тока.

Вспомогательные контакты, предназначенные для коммутации малых токов, представляют собой микропереключатели, встроенные в изоляционный корпус. Коммутируют токи от 5 до 200 мА при напряжении от 2,5 до 220 В переменного тока с $\cos\varphi = 0,5$ и от 5 до 36 В постоянного тока с постоянной времени до 0,015 с.

Указанные виды контактов используются в системах автоматики для сигнализации о положении главных (силовых) контактов выключателя.

Автоматические выключатели серии ВА–45 с микропроцессорным управлением на номинальные токи от 630 до 5000 А (табл. 2.9) предназначены для осуществления функций защиты силовых электрических сетей переменного тока низкого напряжения (до 690 В) от токов перегрузки и короткого замыкания, в том числе с выдержкой времени

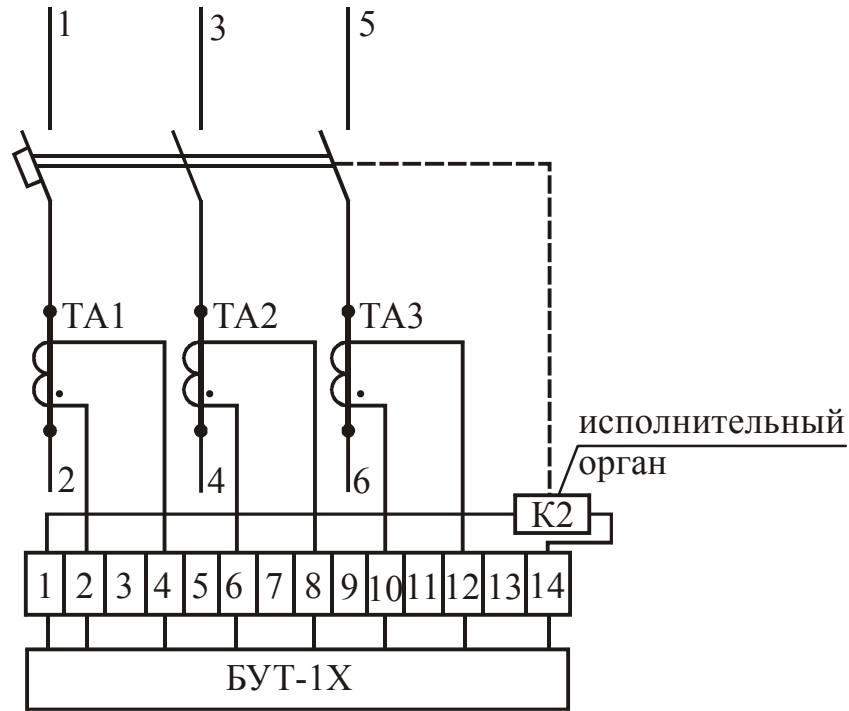


Рис. 2.15. Схема электрическая принципиальная выключателей с блоком управления максимального расцепителя переменного тока без электромагнитных расцепителей

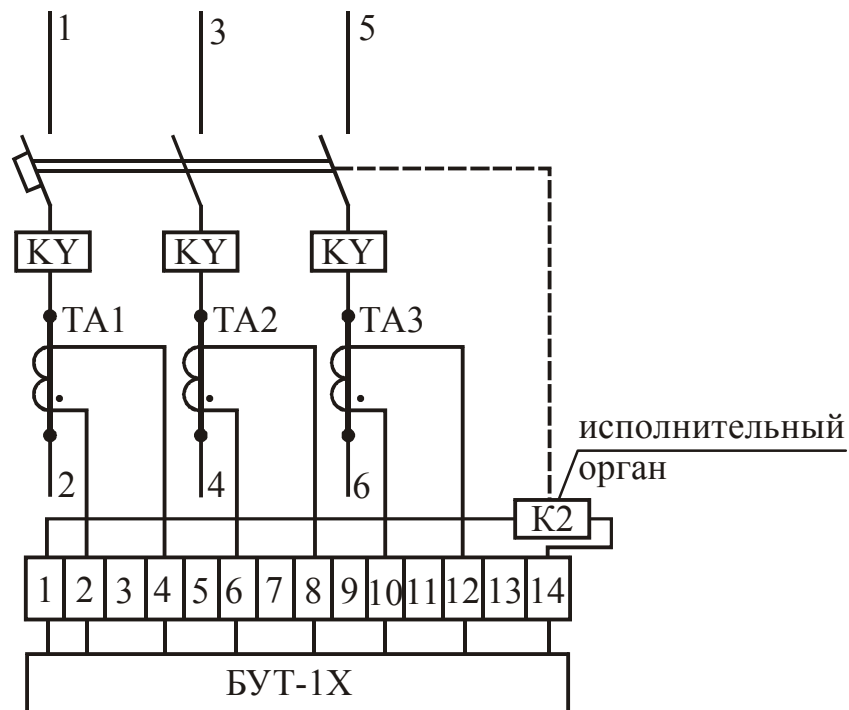


Рис. 2.16. Схема электрическая принципиальная выключателей с максимальным расцепителем переменного тока и электромагнитными расцепителями КУ

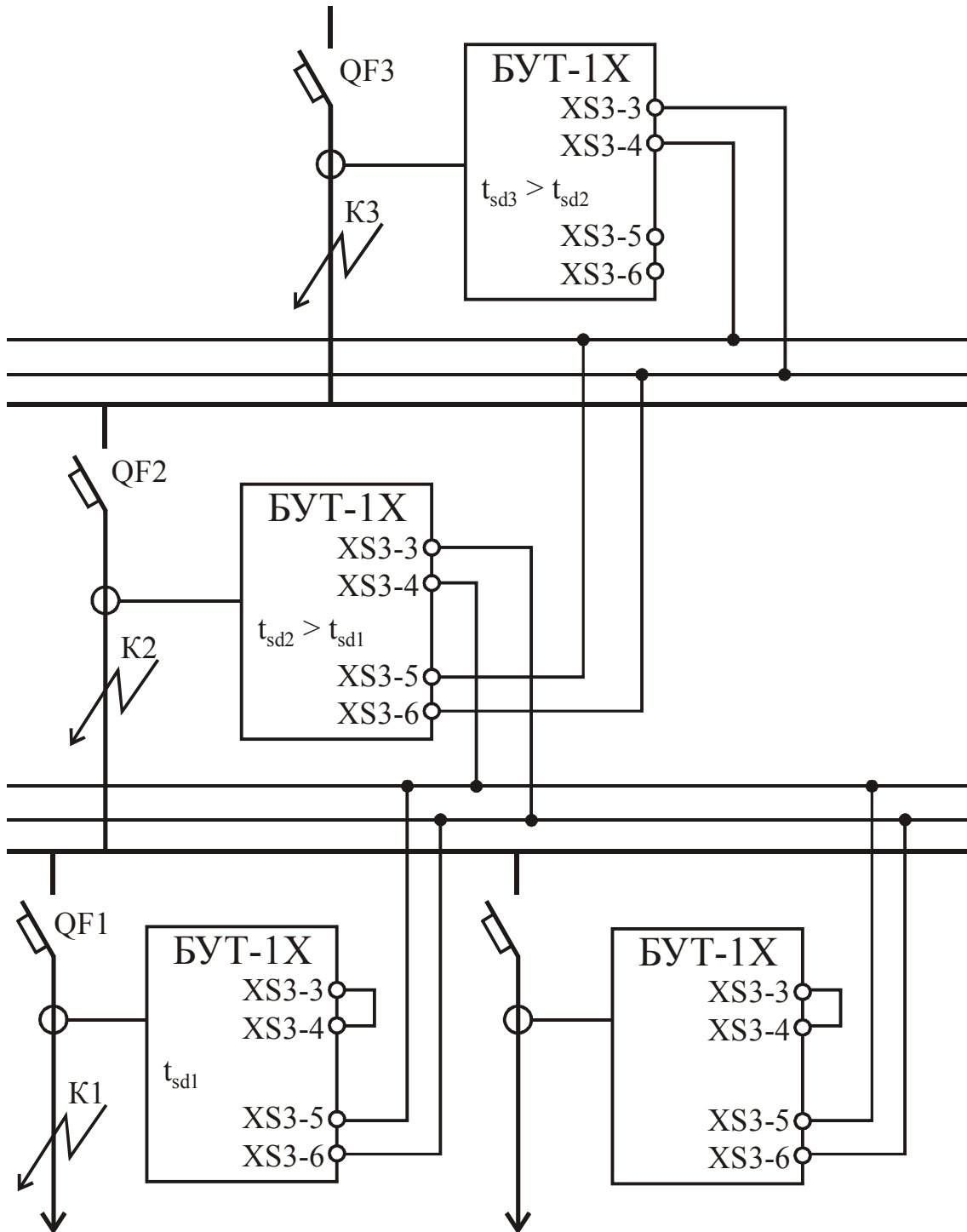


Рис. 2.17. Схема организации защиты от коротких замыканий с логической селективностью:

замыкание $K1$ отключает $QF1$ с задержкой $t_{sd1} = 0,02$ с,
 при отказе $QF1$ отключает $QF2$ с задержкой $t_{sd2} > t_{sd1}$;
 замыкание $K2$ отключает $QF2$ с задержкой $0,05$ с $< t_{sd2}$,
 при отказе $QF2$ отключает $QF1$ с задержкой $t_{sd3} > t_{sd2}$;
 замыкание $K3$ отключает $QF3$ с задержкой $0,05$ с $< t_{sd3}$

Таблица 2.9

Выключатели автоматические серии ВА–45

Наименование	Номинальный ток расцепителя, I_n , А	Номинальная рабочая наибольшая отключающая способность I_{CS} , кА (действующее значение)		Номинальная предельная наибольшая отключающая способность I_{CU} , кА (действующее значение)		Номинальная наибольшая включающая способность I_{cm} , кА (ударное значение)		Номинальный кратковременно выдерживаемый ток I_{cw} , кА (действующее значение) в течение 1 с	
		при U_e							
		400 В	690 В	400 В	690 В	400 В	690 В	400 В	690 В
ВА-45 / 2000									
ВА-45 / 2000 630 А	630	50	50	80	50	176	105	50	40
ВА-45 / 2000 800 А	800								
ВА-45 / 2000 1000 А	1000								
ВА-45 / 2000 1250 А	1250								
ВА-45 / 2000 1600 А	1600								
ВА-45 / 2000 2000 А	2000								
ВА-45 / 3200									
ВА-45 / 3200 2000 А	2000	80	65	100	65	220	143	80	50
ВА-45 / 3200 2500 А	2500								
ВА-45 / 3200 2900 А	2900								
ВА-45 / 3200 3200 А	3200								
ВА-45 / 4000									
ВА-45 / 4000 3200 А	3200	80	65	100	75	220	165	80	65
ВА-45 / 4000 4000 А	4000								
ВА-45 / 5000									
ВА-45 / 5000 3200 А	3200	50	50	80	50	176	105	50	40
ВА-45 / 5000 5000 А	5000								

(селективные выключатели), для оперативных включений и отключений сетей при управлении непосредственно оператором или по командным сигналам автоматической системы управления распределением элект-

трической энергии, в которой установлен выключатель, для отключения сети в случае снижения напряжения сети ниже допустимого или пропадания напряжения.

Микропроцессорные блоки защиты и управления позволяют информировать эксплуатирующий персонал (в зависимости от типа блока) о состоянии нагрузки и параметрах защищаемой сети, в том числе отдельно по каждой фазе, о причинах автоматического отключения сети выключателем, о состоянии самого выключателя и его главных контактов посредством индикации на дисплее блока и возможности передачи основной информации по каналам телеметрии на диспетчерский пульт системы управления.

Выключатели предназначены для установки в шкафах, в том числе в выкатных ячейках шкафов (выдвижное исполнение), обеспечивают выполнение функции разъединителя при автоматическом или ручном отключении сети.

Микропроцессорные блоки защиты и управления обеспечивают формирование и регулирование защитной характеристики выключателей в зоне токов перегрузки и короткого замыкания (рис. 2.18–2.23), преобразование и выдачу на дисплеи и телеметрические каналы информационных данных. На выключатели устанавливаются микропроцессорные блоки двух типов: типа М и типа Н. Структурная схема функционирования блоков совместно с датчиками, входными сигналами и исполнительными узлами выключателя приведена на рис. 2.24. Передняя панель микропроцессорного блока для четырехполюсного выключателя изображена на рис. 2.25.

Выключатели могут длительно пропускать номинальный ток при температуре окружающей среды до 40°C, при более высокой температуре длительно пропускаемый ток корректируется в соответствии с таблицей 2.10.

Таблица 2.10

Влияние температуры окружающей среды на номинальный ток автоматических выключателей ВА-45

Температура воздуха, °С		40	45	50	55	60
		Снижение номинального тока				
Тип выключателя	2000	I_n	$0,95 \cdot I_n$	$0,9 \cdot I_n$	$0,85 \cdot I_n$	$0,8 \cdot I_n$
	3200		$0,92 \cdot I_n$	$0,86 \cdot I_n$	$0,8 \cdot I_n$	$0,74 \cdot I_n$
	4000		$0,93 \cdot I_n$	$0,87 \cdot I_n$	$0,81 \cdot I_n$	$0,75 \cdot I_n$
	5000		$0,94 \cdot I_n$	$0,88 \cdot I_n$	$0,82 \cdot I_n$	$0,76 \cdot I_n$

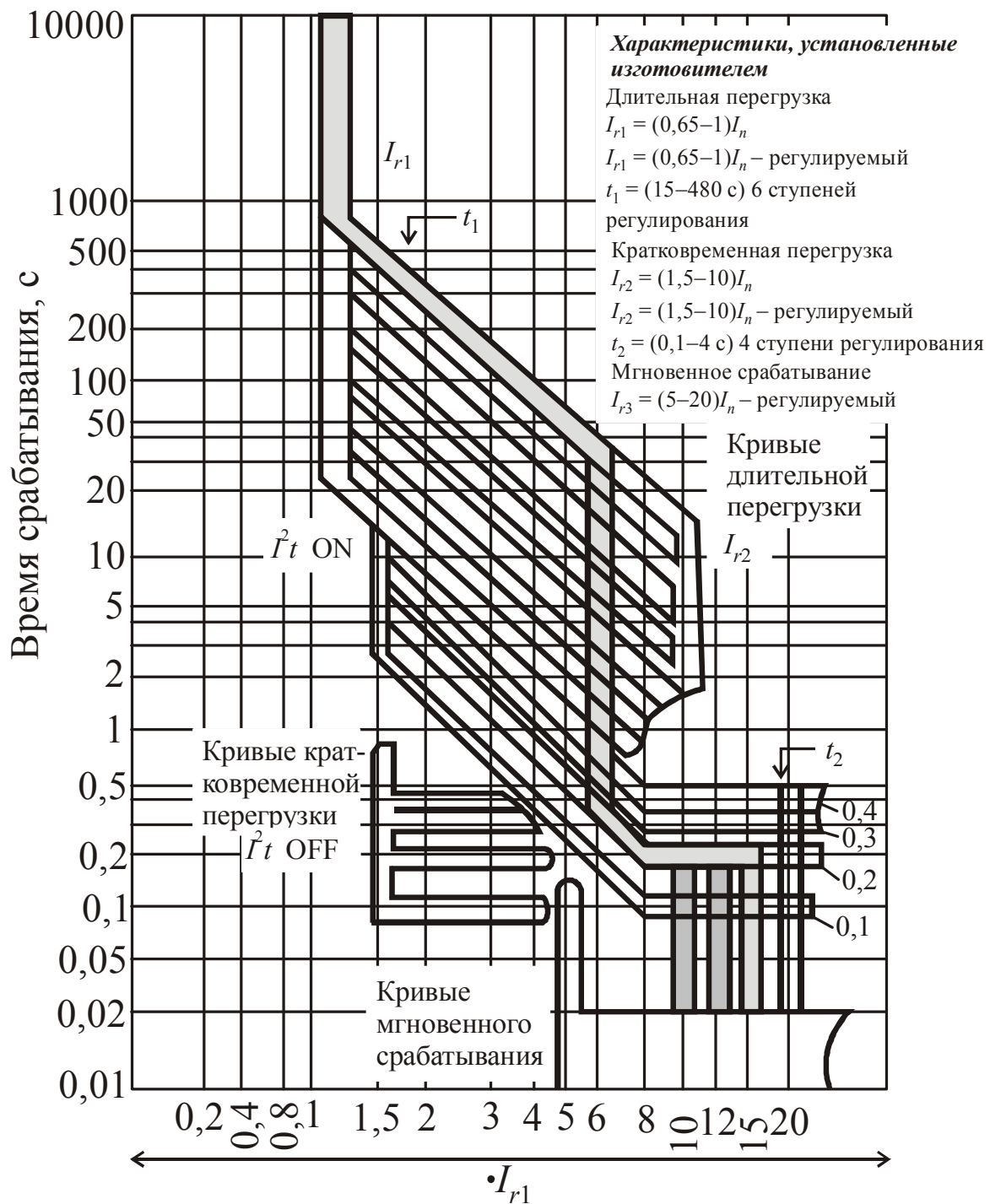


Рис. 2.18. Времятоковые характеристики автоматических выключателей ВА-45 с микропроцессором типа L

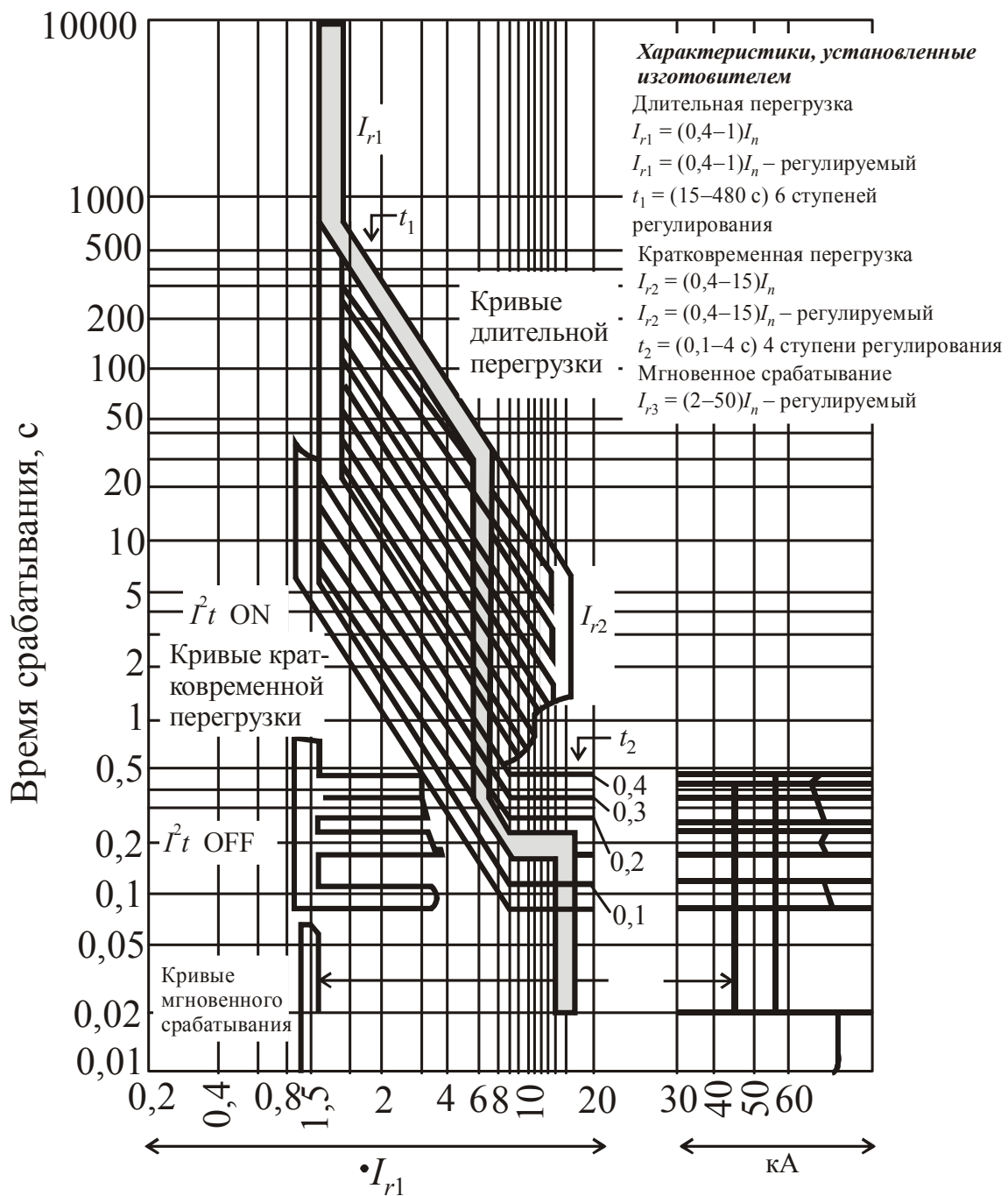


Рис. 2.19. Времятоковые характеристики автоматических выключателей ВА-45/2000 с микропроцессором типа М, Н

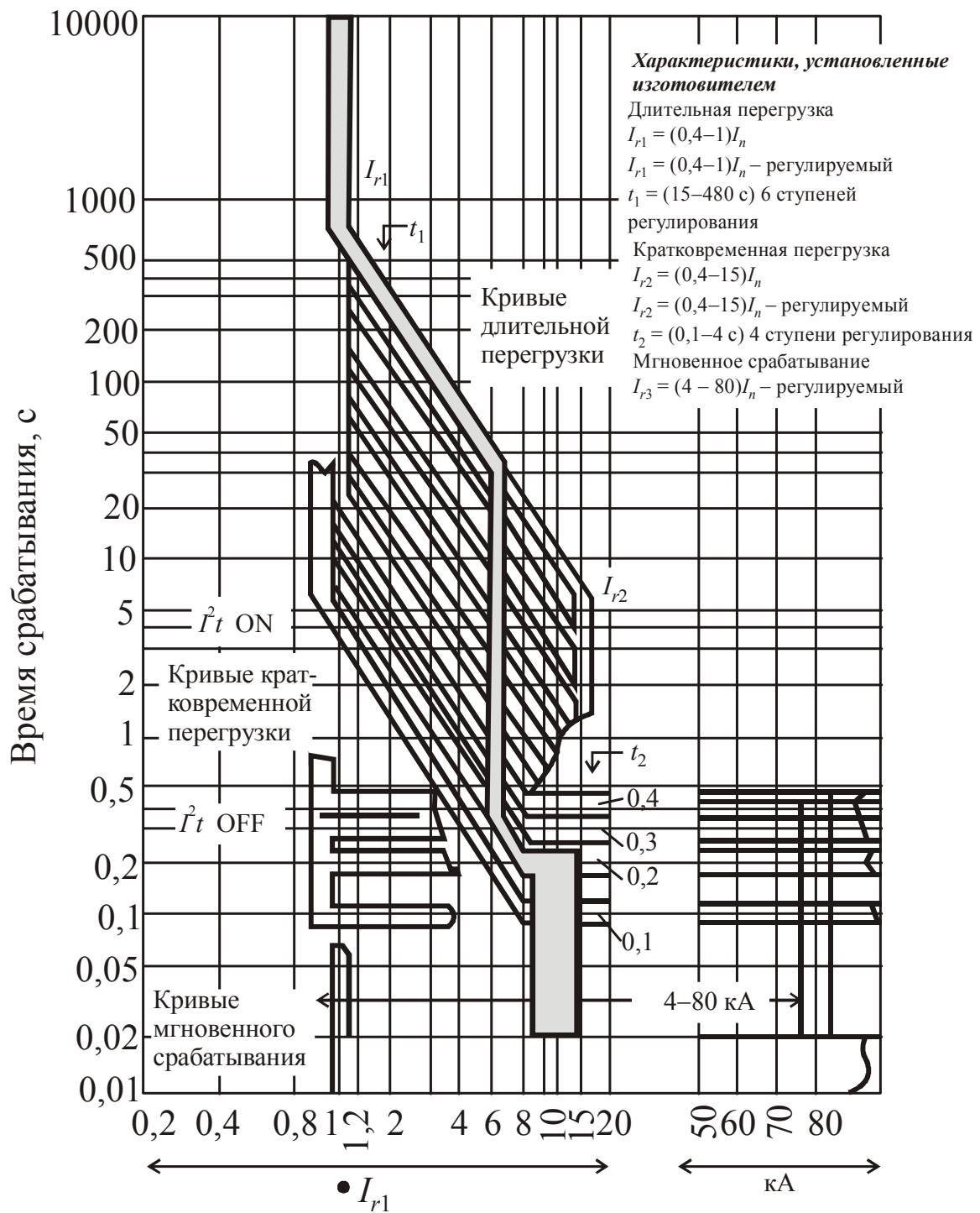


Рис. 2.20. Времятоковые характеристики автоматических выключателей ВА-45/3200 с микропроцессором типа М, Н

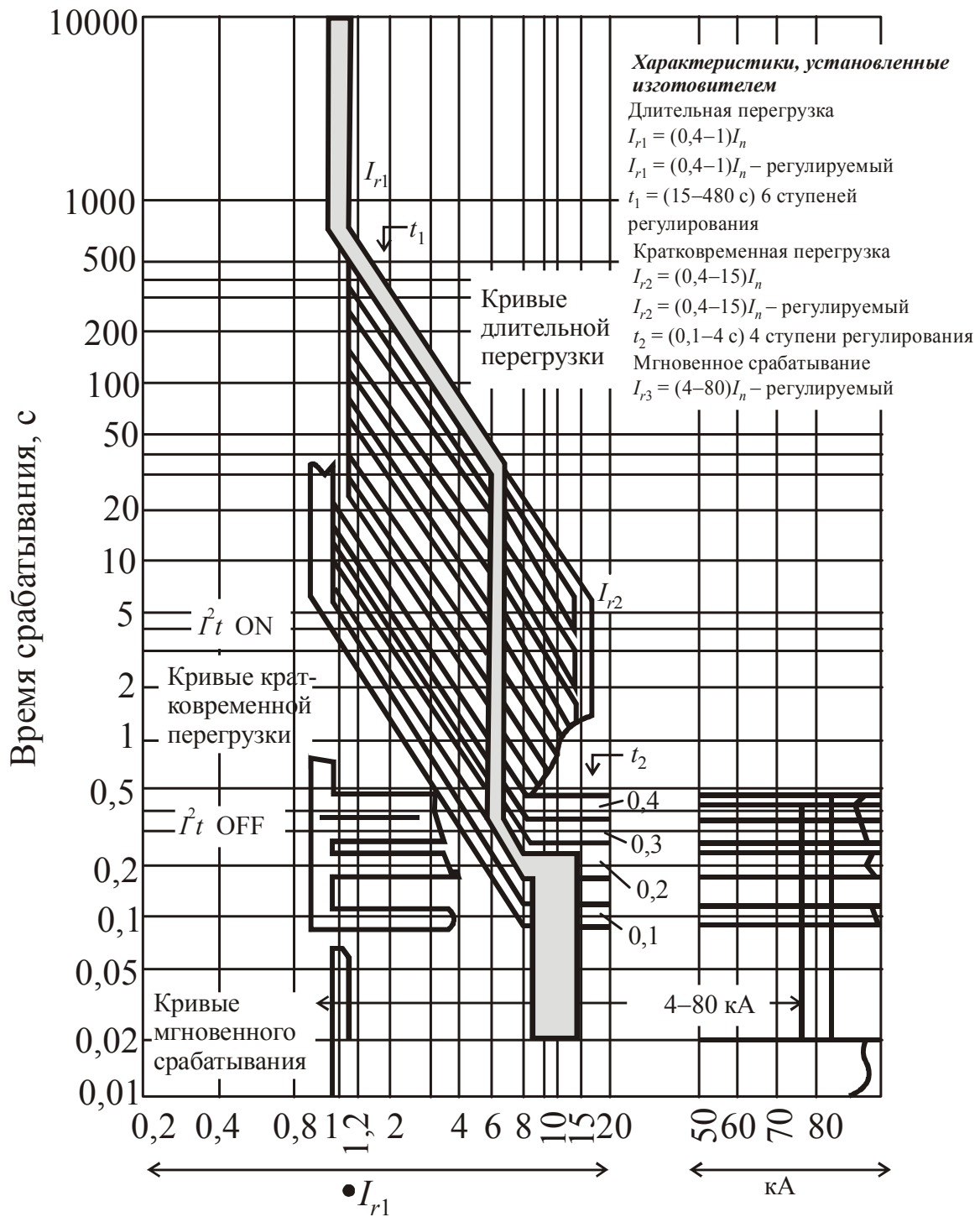


Рис. 2.21. Времятоковые характеристики автоматических выключателей ВА-45/4000 с микропроцессором типа М, Н

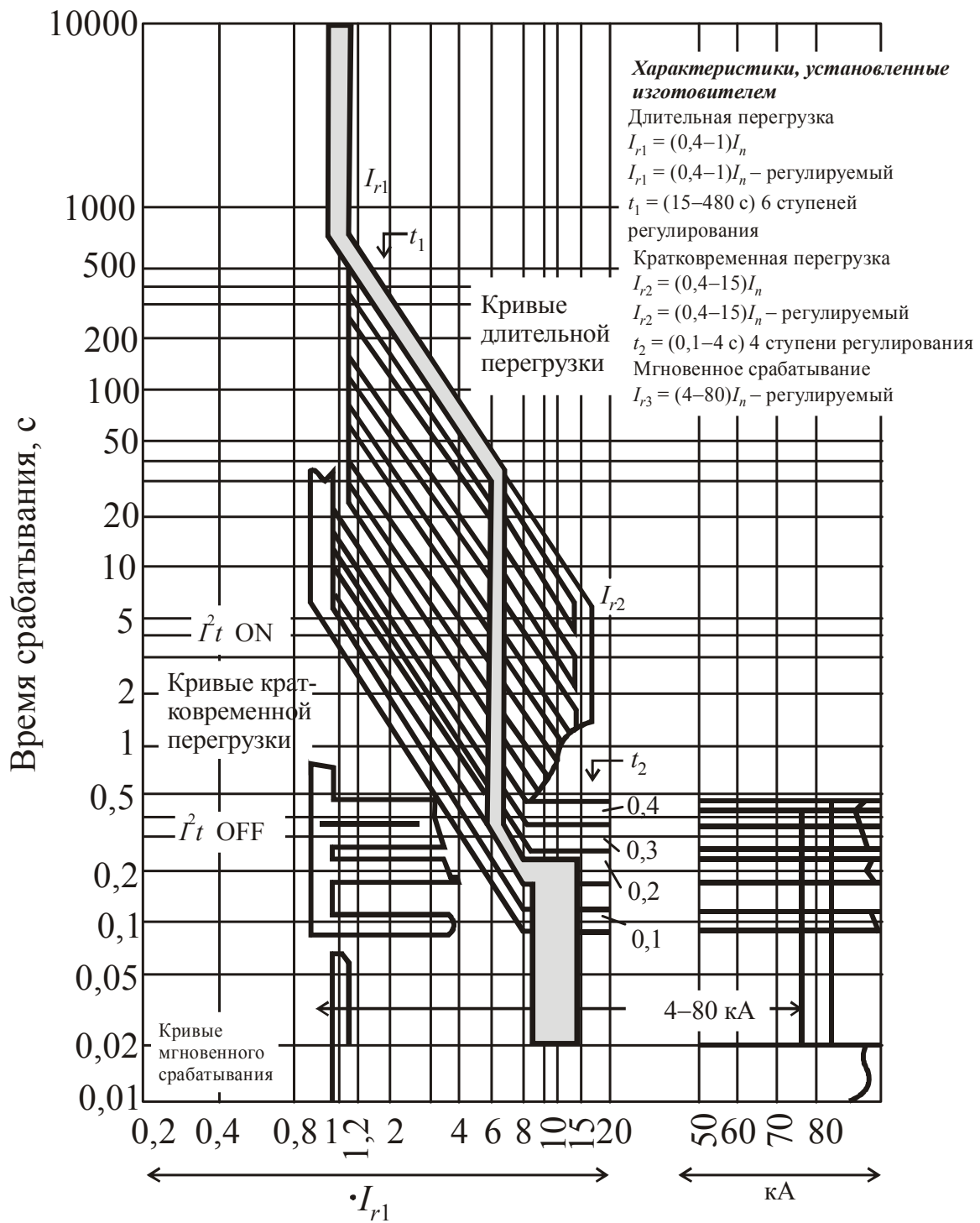


Рис. 2.22. Времятоковые характеристики автоматических выключателей ВА-45/5000 с микропроцессором типа М, Н

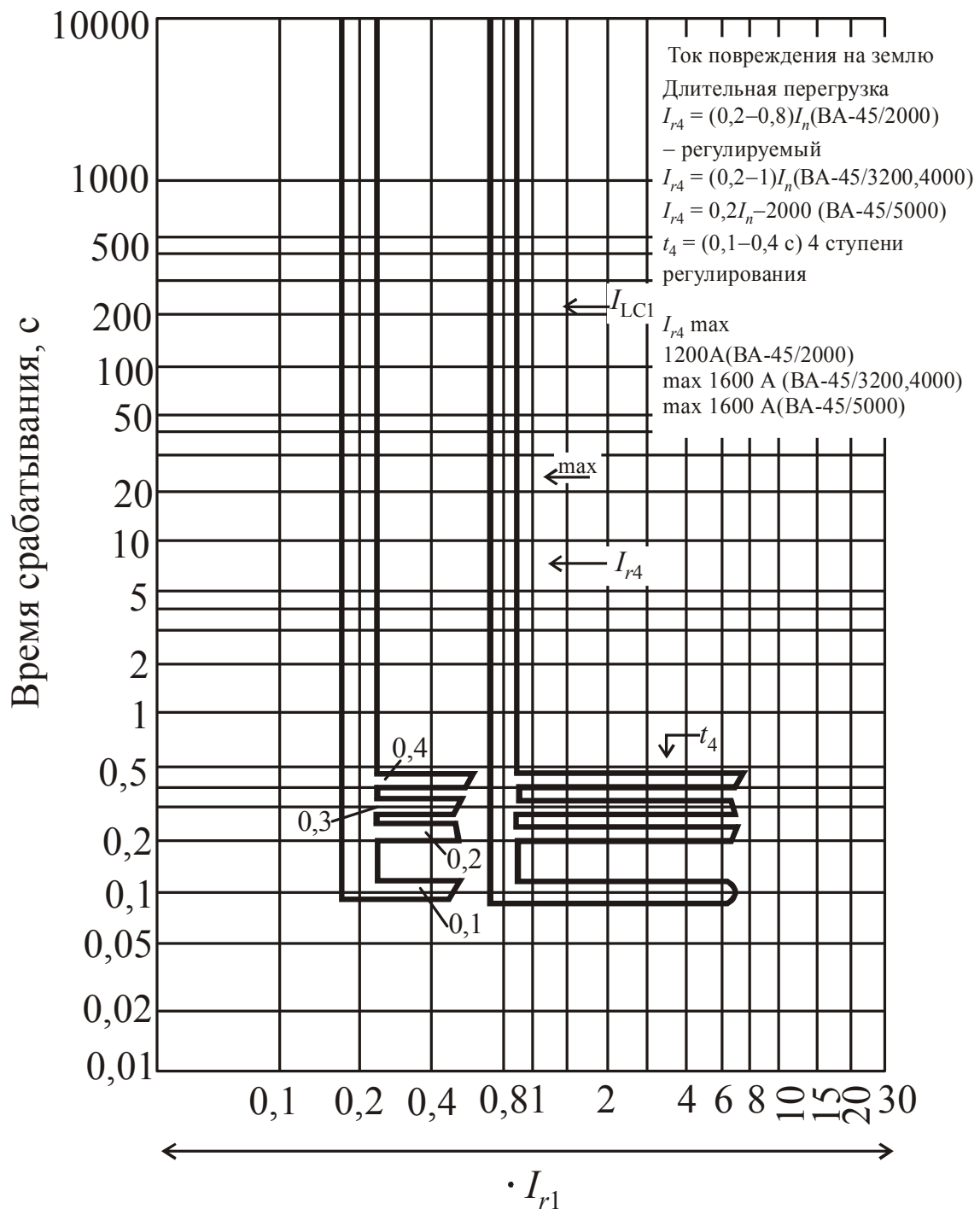


Рис. 2.23. Характеристики защиты от замыканий на землю автоматических выключателей ВА-45 с микропроцессором типа М, Н

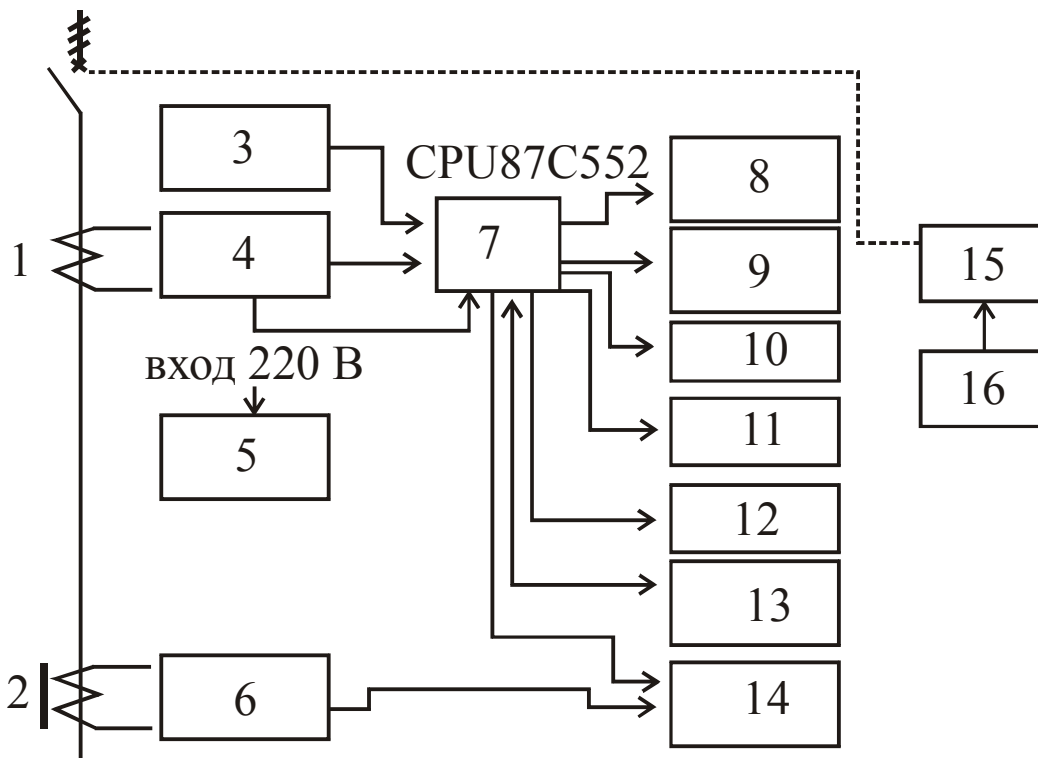
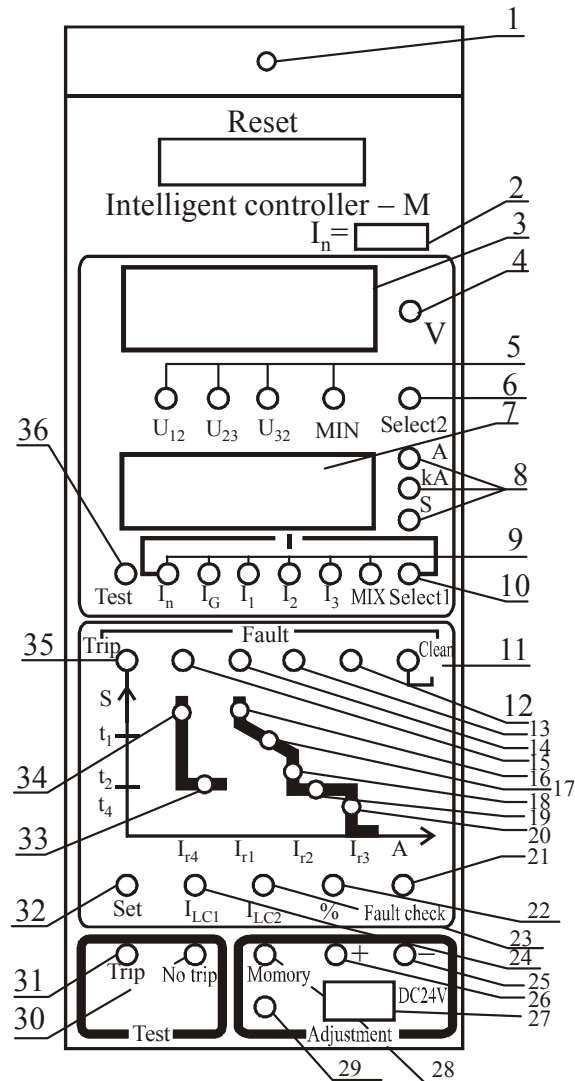


Рис. 2.24. Структурная схема функционирования микропроцессорных блоков выключателей ВА-45:

- 1 – трансформатор тока;
- 2 – трансформатор напряжения;
- 3 – датчик температуры окружающего воздуха;
- 4 – многоканальный коммутатор и усилитель;
- 5 – резервный источник питания (на входе 220 В);
- 6 – стабилизированный источник напряжения;
- 7 – микропроцессор;
- 8 – сигнализация защиты от повреждения источника питания;
- 9 – усилитель мощности;
- 10 – информационный дисплей;
- 11 – панель управления;
- 12 – информационный выход;
- 13 – интерфейсный выход;
- 14 – выход информационных данных;
- 15 – исполнительные элементы выключателя (расцепители);
- 16 – аналоговые управляющие сигналы



- 1 – кнопка-индикатор автоматического срабатывания от сверхтока и разрешения на включение автоматического выключателя только при взведенном приводе;
- 2 – маркировка номинального тока выключателя;
- 3 – дисплей индикации величины напряжения; 4 – индикатор напряжения;
- 5 – индикаторы межфазных напряжений и минимальное значение напряжения; 6 – кнопка выбора индикации значений напряжения;
- 7 – дисплей индикации величины токов, токов отключения, времени отключения; 8 – индикатор токов и времени;
- 9 – индикатор трехфазного тока, тока нейтрали, тока замыкания на землю и максимального значения тока;
- 10 – выбор тока; 11 – снятие сигнала;
- 12 – световой индикатор токовой отсечки;
- 13 – световой индикатор защиты от кратковременной перегрузки;
- 14 – световой индикатор защиты от длительной перегрузки;
- 15 – световой индикатор защитного заземления;
- 16 – сигнализация уставки тока длительной перегрузки;
- 17 – сигнализация уставки времени длительной перегрузки;
- 18 – сигнализация уставки тока кратковременной перегрузки;
- 19 – сигнализация уставки времени кратковременной перегрузки;
- 20 – сигнализация уставки токовой отсечки;
- 21 – индикатор повреждения;
- 22 – индикатор степени износа контактов;
- 23 – сигнал 2 контроля нагрузки (срабатывает мгновенно);
- 24 – сигнал 1 контроля нагрузки (срабатывает мгновенно);
- 25 – уменьшение уставок; 26 – увеличение уставок;
- 27 – гнездо элемента питания (DC24V) для устройства тестирования;
- 28 – кнопка памяти; 29 – индикатор памяти;
- 30 – не отключать при тестировании;
- 31 – отключение при тестировании;
- 32 – регулирование уставки уровня защиты;
- 33 – уставка выдержки времени «замыкания на землю»;
- 34 – уставка тока «замыкания на землю» (мгновенная сигнализация);
- 35 – индикатор расцепления; 36 – индикатор тестирования

Рис. 2.25. Органы индикации, регулировки на панели микропроцессорных блоков и выполняемые функции

Автоматические выключатели серий ВА50 41 и ВА50 43 (производитель ОАО «Контактор», г. Ульяновск) рассчитаны для эксплуатации в электроустановках с номинальным напряжением до 660 В переменного тока частотой 50 и 60 Гц. Расшифровка их условного обозначения приведена на рис. 2.26, а основные параметры – в таблице 2.13.

Полное время отключения цепи токоограничивающими выключателями (ВА53 41 и ВА53 43) в зоне токов короткого замыкания не превышает 0,04 с.

ВАХХ ХХ ХХ ХХ ХХ ХХХХ:

ВА	Буквенное обозначение вида аппарата: ВА.
ХХ	Условное обозначение номера серии ВА50 или типа: 52 – с электромагнитными расцепителями тока; 53 – выключатель токоограничивающий с полупроводниковым и электромагнитным расцепителями тока; 55 – с полупроводниковым расцепителем тока; 56 – без максимальных расцепителей тока.
ХХ	Условное обозначение номинального тока выключателя: 41 – до 1000 А; 43 – 1600 А; 2000 А.
Х	ВА50 41 – Условное обозначение числа полюсов, величины номинального тока с вариантами присоединения по таблице 2.11 ВА50 43 – Условное обозначение числа полюсов, величины номинального тока в сочетании с количеством максимальных расцепителей тока: 3 – 3 полюса с расцепителями; 8 – 2 полюса с расцепителями в 2-х полюсах в трехполюсном исполнении (для выключателей без максимальных расцепителей тока означает только количество полюсов).
Х	Условное обозначение наличия и исполнения полупроводникового расцепителя: 0 – без расцепителя; 2 – электромагнитные расцепители тока с защитой от токов короткого замыкания (для выключателей ВА52); 3 – полупроводниковый расцепитель тока МРТ1 для защиты от токов перегрузки, короткого замыкания и однофазного короткого замыкания для выключателей ВА53, ВА55 переменного тока (выдержки времени: мгн.; 0,1; 0,15; 0,2; 0,25; 0,3; 0,35; 0,4 с);

Рис. 2.26. Структура условного обозначения автоматических выключателей ВА50 41 и ВА50 43

X	<p>4 – полупроводниковый расцепитель тока МРТ2 для защиты от токов перегрузки, короткого замыкания и тока включения для выключателей ВА53, ВА55 переменного тока (выдержки времени: мгн.; 0,1; 0,15; 0,2; 0,25; 0,3; 0,35; 0,4 с);</p> <p>5 – полупроводниковый расцепитель тока МРТ6 для защиты от токов перегрузки, короткого замыкания для выключателей ВА53, ВА55 постоянного тока (выдержки времени: мгн.; 0,1; 0,2; 0,3 с);</p> <p>6 – полупроводниковый расцепитель тока МРТ8 для защиты от токов перегрузки, короткого замыкания для выключателей ВА53, ВА55 постоянного тока (выдержки времени: мгн.; 0,2; 0,4; 0,6 с);</p> <p>7 – полупроводниковый расцепитель тока МРТ4 для защиты от токов перегрузки, короткого замыкания и токов включения для выключателей ВА53, ВА55 переменного тока (выдержки времени: мгн.; 0,2; 0,25; 0,35; 0,4; 0,45; 0,55; 0,6 с).</p>
XX	Обозначение исполнения по дополнительным расцепителям и свободным контактам по таблице 2.12.
X	<p>Условное обозначение исполнения вида привода в сочетании со способом установки выключателя:</p> <p>1 – ручной привод, стационарное исполнение;</p> <p>3 – электромагнитный привод, стационарное исполнение;</p> <p>5 – ручной дистанционный привод, выдвижное исполнение;</p> <p>7 – электромагнитный привод, выдвижное исполнение.</p>
X	<p>Условное обозначение исполнения по дополнительным механизмам:</p> <p>0 – отсутствуют;</p> <p>5 – механизм для оперирования через дверь распредустройства выключателем стационарного исполнения с ручным приводом;</p> <p>6 – устройство для блокировки положений «Включено» и «Отключено» выключателя стационарного исполнения;</p> <p>7 – узел для установки электромагнитного замка у выключателей выдвижного исполнения;</p> <p>8 – узел для установки электромагнитного замка и узел сигнализации конечных положений выключателя выдвижного исполнения.</p>
XX	Условное обозначение степени защиты: 20 – IP20; 00 – IP00.
XXXX	Условное обозначение климатического исполнения: УХЛ3; Т3.

Рис. 2.26. Структура условного обозначения автоматических выключателей ВА50 41 и ВА50 43 (окончание)

Таблица 2.11

К структуре условного обозначения выключателей ВА50 41

Цифра	Количество полюсов (род тока)	Номинальный ток
1	3 (переменный)	250 А; 400 А; 630 А
3	3 (переменный)	250 А; 400 А; 630 А; 1000 А
4	2 (постоянный)	250 А; 400 А; 630 А
8	2 (постоянный)	250 А; 400 А; 630 А; 1000 А

Таблица 2.12

Сочетания дополнительных сборочных единиц

Условное обозначение исполнения	Количество свободных контактов			Количество до- полнительных свободных кон- тактов		Независимый расцепи- тель	Нулевой расцепитель напряжения	Вспомогательный кон- такт сигнализации авто- матического отключе- ния
	закрывающих	Размыкающих для выключателей		закрываю- щих	размы- кающих			
		с ручным приводом	с электро- магнитным приводом					
00								
11	2	2	1	2	2		+	
15							+	
18	1	2	1	2	2	+		
22	1	2	1			+	+	
25	2	2	1				+	
45								+
46	2	2	1	2	2			+
47	1	2	1	2	2	+		+
49							+	+
51	2	2	1					
52	1	2	1			+		
54	2	2	1				+	+
58	1	2	1			+	+	+

Полное время отключения цепи выключателями с выдержкой времени в зоне токов короткого замыкания после истечения времени, указанного в таблицах 2.14 и 2.15, не превышает 0,04 с, если ток КЗ не превышает величины зоны селективности по таблице 2.13, в противном случае выдержка времени не более 0,04 с.

Полупроводниковый максимальный расцепитель тока в условиях эксплуатации допускает ступенчатый выбор:

- номинального тока расцепителя;
- уставки по току срабатывания в зоне токов КЗ;
- уставки по времени срабатывания в зоне токов перегрузки;
- уставки по времени срабатывания в зоне токов КЗ;
- уставки по току срабатывания при однофазном КЗ.

Отклонения уставки по току и времени срабатывания полупроводниковых максимальных расцепителей тока при температуре окружающей среды $(25 \pm 10)^\circ\text{C}$ приведены в таблице 2.14 и 2.15.

Выключатели оснащаются дополнительными сборочными единицами:

- независимым расцепителем;
- нулевым расцепителем напряжения (кроме ВА56 41 и ВА56 43);
- ручным приводом;
- ручным дистанционным приводом для оперирования через дверь распределительного устройства;
- электромагнитным приводом;
- свободными контактами;
- вспомогательными контактами сигнализации автоматического отключения;
- устройством для блокировки «Включено» и «Отключено» выключателя стационарного исполнения с ручным приводом.

Сочетания дополнительных сборочных единиц приведены в таблице 2.12.

Независимый расцепитель обеспечивает отключение выключателя при подаче на него напряжения постоянного (110, 220, 440 В) или однофазного переменного (110, 127, 220, 230, 240, 380, 400, 415, 550, 660 В) тока частотой 50 Гц. Допустимые колебания рабочего напряжения $(0,7-1,2) \cdot U_{\text{ном}}$, режим работы – кратковременный.

Нулевой расцепитель напряжения:

- обеспечивает отключение выключателя без выдержки времени при напряжении на выводах его катушки ниже 0,35 номинального при переменном токе и ниже 0,2 номинального при постоянном;

Таблица 2.13

Автоматические выключатели серий ВА50 41 и ВА50 43

Наименование параметров	Род тока	Тип выключателя							
		ВА52 41	ВА53 41	ВА55 41	ВА56 41	ВА53 43	ВА55 43	ВА56 43	
Номинальный ток выключателя, I_n , А	Переменный	630; 1000	250; 400; 630; 1000		630; 1000	1600; 2000			
	Постоянный								1600
Номинальное напряжение главной цепи, В, не более	Переменный	660							
	Постоянный	440							
Уставки срабатывания выключателей без выдержки времени, кА (пределный ток селективности)	Переменный	2,5±20% 3,2±20% 4,0±20% 5,0±20% 6,3±20% 7,0±20%	2,5±20% ($I_n = 250$ А) 4,0±20% ($I_n = 400$ А) 6,3±20% ($I_n = 630$ А) 7,0±20% ($I_n = 1000$ А)		20±2,0	12,5±20%	31,0		
	Постоянный	2,4±20% 3,8±20% 6,0±20%	1,5±20% ($I_n = 250$ А) 2,4±20% ($I_n = 400$ А) 3,8±20% ($I_n = 630$ А) 6,0±20% ($I_n = 1000$ А)		30	9,6±20%	57,0		
Пределная коммутационная способность, кА (действующее значение)	Переменный 380 В	50,5	135		55	135	80; 63*		
	Переменный 660 В	28,6	33,5						
	Постоянный 440 В	110	100			160	100		

* – для выключателей с номинальным током 2000 А

Таблица 2.14

Уставки полупроводниковых расцепителей МРТ1 (рис. 2.27), МРТ2 (рис. 2.28) переменного тока и расцепителей МРТ6 (рис. 2.29) постоянного тока выключателей типов ВА53 41, ВА55 41, ВА53 43, ВА55 43

Наименование параметра		Значение уставок	Пределы допустимого отклонения уставок	
			Переменного тока	Постоянного тока
Уставки номинального тока I_p , кратные I_n	Переменного тока I_p^{*1}	0,4; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 0,9; 1,0; 1,1		
	Постоянного тока	0,63; 0,8; 1,0		
Уставки по току срабатывания, кратные I_p , при	перегрузке I_n	1,25	1,15...1,35	
	коротком замыкания I_k^{*4}	2	1,6...2,4	
		3	2,4...3,6	
		4	3,2...4,8	
		5	4,0...6,0	
		6		4,8...7,2
		7	5,6...8,4	
		8	6,4...9,6	
		9	7,2...10,6	
		10	8,0...12,0	
Уставки по времени срабатывания, с, при:	перегрузке (t_n) $6 \cdot I_p$	4	3,2...4,8	
		8	6,4...9,6	
		12	9,6...14,4	
		16	12,8...19,2	
	перегрузке (t_n) $5 \cdot I_p$	4		3,2...4,8
		8		6,4...9,6
		16		12,8...19,2
	коротком замыкания t_k	мгн.	0,02...0,04 ^{*3}	0,02...0,04 ^{*3}
		0,1	0,08...0,12 ^{*3}	
		0,15	0,12...0,18 ^{*3}	
		0,2	0,18...0,22 ^{*3}	
		0,25	0,225...0,275 ^{*3}	
		0,3	0,27...0,33 ^{*3}	
		0,35	0,315...0,385 ^{*3}	
0,4		0,36...0,44 ^{*3}		
Уставки по току срабатывания, кратные I_n , при:	однофазном коротком замыкании I_o^{*2}	0,4	0,32...0,48	
		0,6	0,48...0,72	
		0,8	0,64...0,96	
		1,0	0,8...1,2	

*1 При номинальном токе выключателя $I_n = 1000$ А и $I_n = 1600$ А уставку тока 1,1 не применять.

*2 Только для МРТ1.

*3 Если до возникновения короткого замыкания ток в главной цепи был не ниже 0,7 номинального рабочего тока расцепителя (уставки).

*4 У выключателей ВА53 41 и ВА53 43 уставка определяется значением тока электромагнитного расцепителя тока.

Таблица 2.15

Уставки полупроводниковых расцепителей МРТ4 (рис. 2.28) переменного тока и расцепителей МРТ8 (рис. 2.29) постоянного тока выключателей типов ВА53 41, ВА55 41, ВА53 43, ВА55 43

Наименование параметра		Значение уставок	Пределы допустимого отклонения уставок	
			Переменного тока	Постоянного тока
Уставки номинального тока I_p , кратные I_n	Переменного тока ^{*1}	0,4; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 0,9; 1,0; 1,1		
	Постоянного тока	0,63; 0,8; 1,0		
Уставки по току срабатывания, кратные I_p , при:	перегрузке I_n	1,25	1,15...1,35	
	коротком замыкания I_k^{*3}	2	1,6...2,4	
		3	2,4...3,6	
		4		3,2...4,8
		5	4,0...6,0	
		6	4,8...7,2	
		8	6,4...9,6	
		9	7,2...10,6	
		11	8,8...13,2	
		12	9,6...14,4	
Уставки по времени срабатывания, с, при:	перегрузке (t_n) $6 \cdot I_p$	4	3,2...4,8	
		8	6,4...9,6	
		12	9,6...14,4	
		16	12,8...19,2	
	перегрузке (t_n) $5 \cdot I_p$	4		3,2...4,8
		8		6,4...9,6
		16		12,8...19,2
	коротком замыкании t_k	мгн.	0,02...0,04 ^{*2}	
		0,2	0,18...0,2 ^{*2}	
		0,25	0,225...0,27 ^{*2}	
		0,35	0,315...0,385 ^{*2}	
		0,4	0,36...0,4 ^{*2}	
		0,45	0,40...0,50 ^{*2}	
		0,55	0,49...0,60 ^{*2}	
0,6		0,54...0,66 ^{*2}		

^{*1} При номинальном токе выключателя $I_n = 1000$ А и $I_n = 1600$ А уставку тока 1,1 не применять.

^{*2} Если до возникновения короткого замыкания ток в главной цепи был не ниже 0,7 номинального рабочего тока расцепителя (уставки).

^{*3} У выключателей ВА53 41 и ВА53 43 уставка определяется значением тока электромагнитного расцепителя тока.

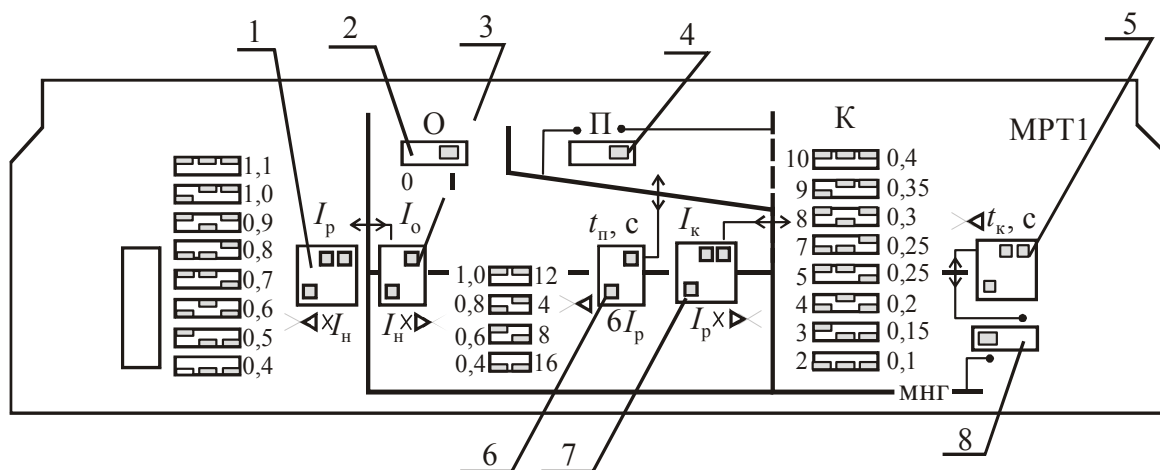


Рис. 2.27. Общий вид лицевой панели блока МРТ1: 1 – уставки номинального тока расцепителя; 2 – включение защиты от однофазного короткого замыкания (выступ вправо – включена, влево – выключена); 3 – уставки тока срабатывания защиты от однофазного короткого замыкания; 4 – включение защиты от перегрузки (выступ влево – включена, выступ вправо – выключена); 5 – уставки выдержки времени защиты от короткого замыкания; 6 – уставки выдержки времени защиты от перегрузки; 7 – уставки тока срабатывания защиты от короткого замыкания; 8 – включение выдержки времени защиты от короткого замыкания (выступ вправо – включена, влево – выключена)

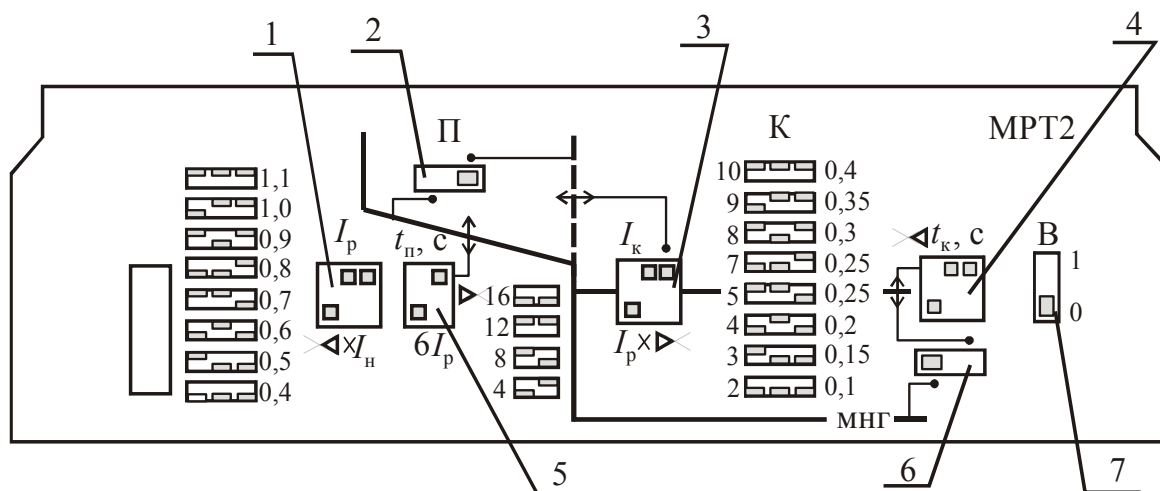


Рис. 2.28. Общий вид лицевой панели блока МРТ2: 1 – уставки номинального тока расцепителя; 2 – включение защиты от перегрузки (выступ влево – включена, выступ вправо – выключена); 3 – уставки тока срабатывания защиты от короткого замыкания; 4 – уставки выдержки времени защиты от короткого замыкания; 5 – уставки выдержки времени защиты от перегрузки; 6 – включение выдержки времени защиты от короткого замыкания (выступ вправо – включена, влево – выключена); 7 – защита от тока включения (выступ вверх – включена, вниз – выключена). МРТ 4 отличается от МРТ2 уставками тока срабатывания защиты от короткого замыкания: 2, 3, 5, 6, 8, 9, 11, 12 и уставками выдержки времени защиты от короткого замыкания: 0,2; 0,25; 0,35; 0,4; 0,45; 0,55; 0,6

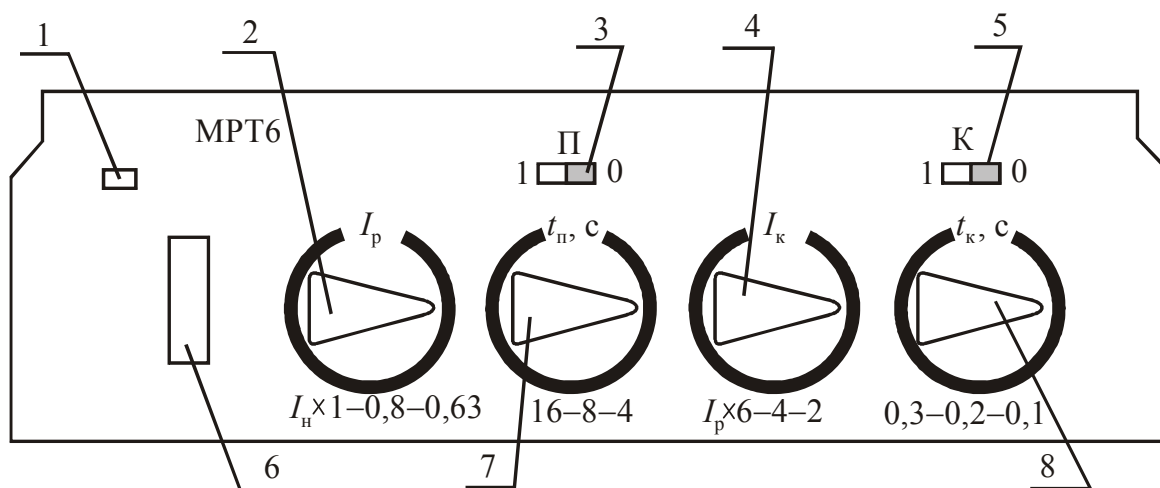


Рис. 2.29. Общий вид лицевой панели блока МРТ6: 1 – индикатор наличия электропитания; 2 – ручка уставок номинального тока расцепителя I_p ; 3 – включение защиты от перегрузки (выступ влево – включена, вправо – выключена); 4 – ручка уставок токов короткого замыкания; 5 – включение режима мгновенного срабатывания при коротком замыкании (выступ влево – включен, вправо – выключен); 6 – разъем «ТЕСТ»; 7 – ручка уставок времени срабатывания в зоне токов перегрузки; 8 – ручка уставок времени срабатывания в зоне токов короткого замыкания. МРТ8 отличается от МРТ6 уставками времени срабатывания в зоне токов короткого замыкания поз. 8: 0,6; 0,4 и 0,2 с

- не производит отключение выключателя при напряжении на выводах его катушки $0,55 \cdot U_{\text{НОМ}}$ и выше;
- не препятствует включению выключателя при напряжении на выводах его катушки $0,85 \cdot U_{\text{НОМ}}$ и выше;
- препятствует включению выключателя при напряжении на выводах его катушки $0,1 \cdot U_{\text{НОМ}}$ и ниже.

Рассчитан для работы в продолжительном режиме при номинальных напряжениях:

- 110, 220 В постоянного тока;
- 127, 220, 230, 240, 380, 400, 415, 550, 660 В переменного тока частотой 50 Гц.

Свободные контакты допускают работу как при постоянном (до 220 В), так и при переменном (до 660 В) токе при напряжении $(0,7-1,2) \cdot U_{\text{НОМ}}$. Нагрузочный ток в продолжительном режиме до 4 А.

Вспомогательные контакты сигнализации автоматического отключения в продолжительном режиме допускают нагрузку 2 А и рассчитаны на напряжения до 380 В переменного тока и до 220 В постоянного.

Для выключателей ВА53 41, ВА53 43 (токоограничивающего исполнения) максимальными расцепителями тока являются полупровод-

никовые и электромагнитные расцепители, а для выключателей ВА55 43 – только полупроводниковые.

Электромагнитные расцепители устанавливаются в каждом полюсе. Настраиваются на определенную уставку по току срабатывания предприятием-изготовителем и в условиях эксплуатации не регулируются.

Расцепитель полупроводниковый типа МРТ состоит из блока управления полупроводниковым максимальным расцепителем (*БУПР*), измерительных элементов (*ТА1, ТА2, ТА3*), встраиваемых в каждый полюс выключателя, стабилизатора тока (для выключателей постоянного тока) и исполнительного электромагнита (*К1*), рис. 2.30.

Блок управления полупроводниковым максимальным расцепителем представляет собой самостоятельный несменный блок, в котором размещены все его элементы. На лицевой стороне *БУПР* (рис. 2.27–2.29) расположена прозрачная съемная крышка с элементами проверки работоспособности выключателя и выбора параметров в условиях эксплуатации в соответствии с защитными характеристиками (рис. 2.31–2.36).

Питание блока управления у выключателей переменного тока осуществляется от трансформаторов тока, а у выключателей постоянного тока – через стабилизаторы тока напряжением от главной цепи выключателя или от постороннего источника питания.

Трехполюсные автоматические выключатели серии ВА55 (производитель ОАО «Электроаппарат», г. Курск). Выключатели изготавливаются с полупроводниковым максимальным расцепителем тока на базе микроконтроллера Atmega 16L. Технические (табл. 2.16) и защитные (рис. 2.37, 2.38) характеристики этих автоматов отличаются от характеристик выключателей аналогичных моделей производства ОАО «Контактор», г. Ульяновск.

Полупроводниковый максимальный расцепитель тока в эксплуатации обеспечивает настройку и регулировку (табл. 2.16):

- уставки номинального тока расцепителя;
- типа защитной характеристики (рис. 2.37, 2.38);
- уставки по току срабатывания в зоне короткого замыкания;
- уставки по времени срабатывания в зоне перегрузки;
- уставки по времени срабатывания в зоне короткого замыкания;
- уставки по току срабатывания при однофазном коротком замыкании.

Наличие в автоматических выключателях ВА55 дополнительных сборочных единиц и механизмов отражено в структуре их условного обозначения (рис. 2.39).

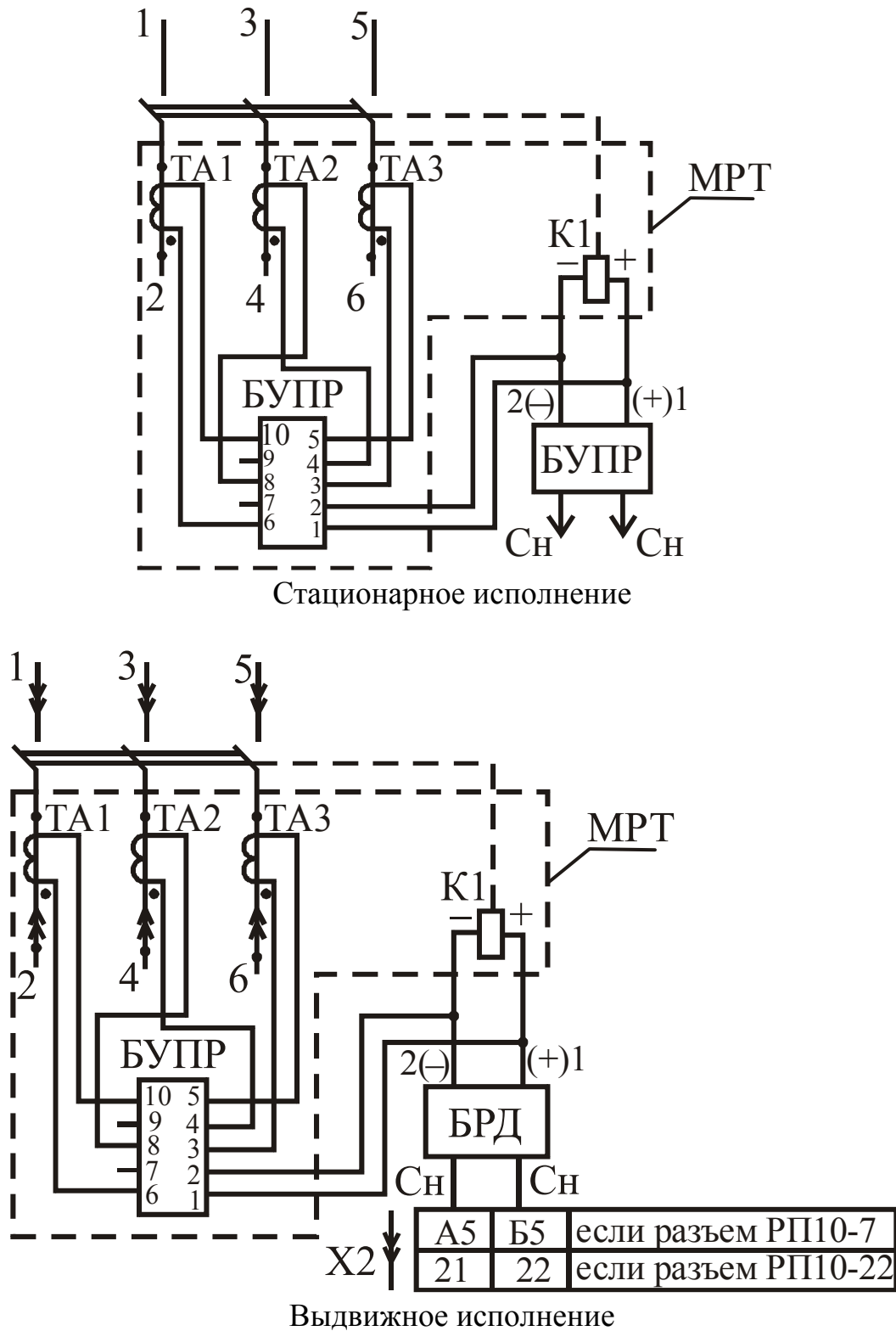


Рис. 2.30. Схема электрическая принципиальная выключателей переменного тока: К1 – расцепитель независимый, он же исполнительный электромагнит БУПР; БРД – блок резисторов и диодов (устанавливается только на выключатели с независимым расцепителем напряжения)

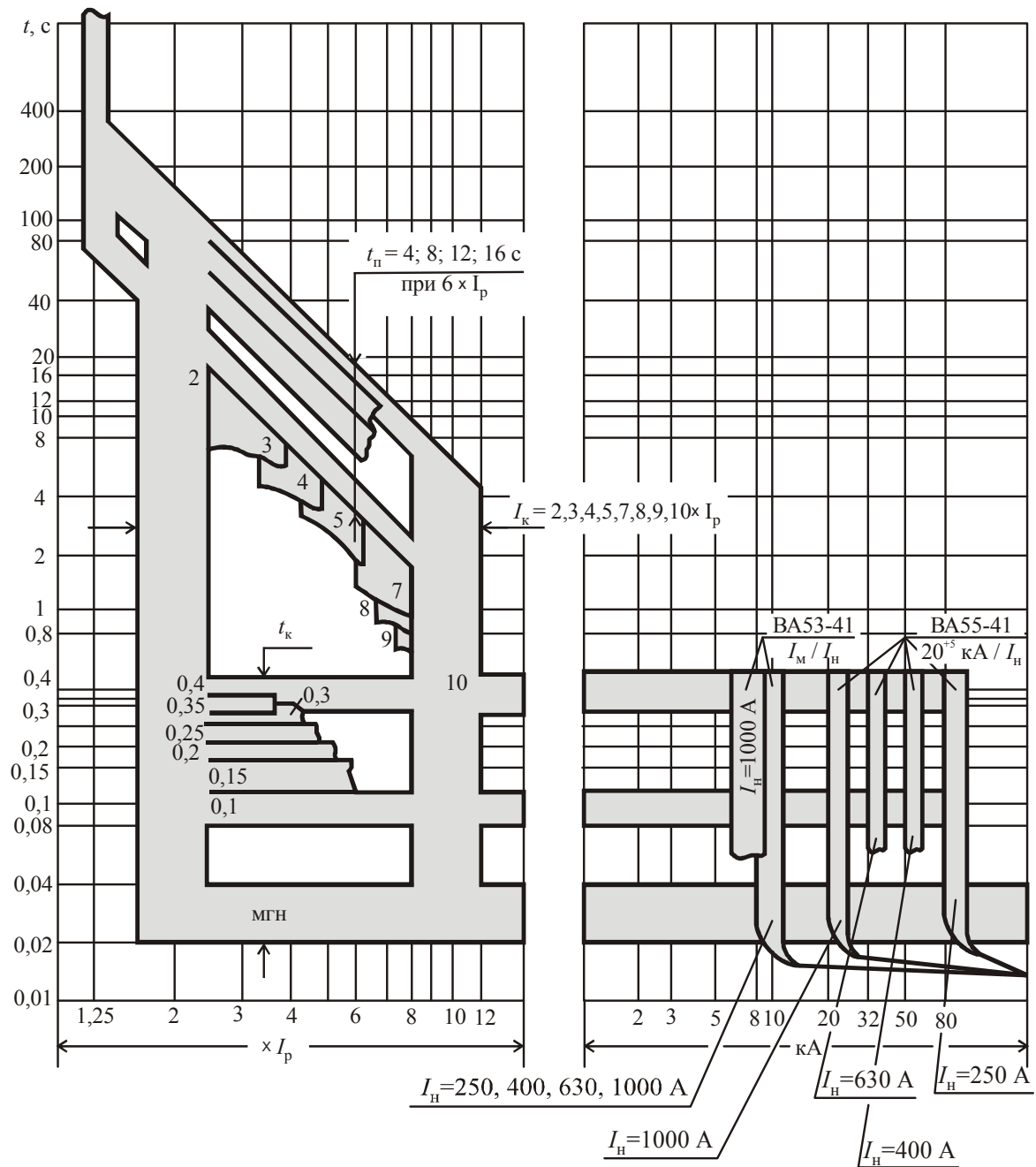


Рис. 2.31. Времятоковая характеристика выключателей переменного тока ВА53 41 и ВА55 41 с блоками МРТ1, МРТ2, пределы отклонений уставок см. таблицы 2.13, 2.14

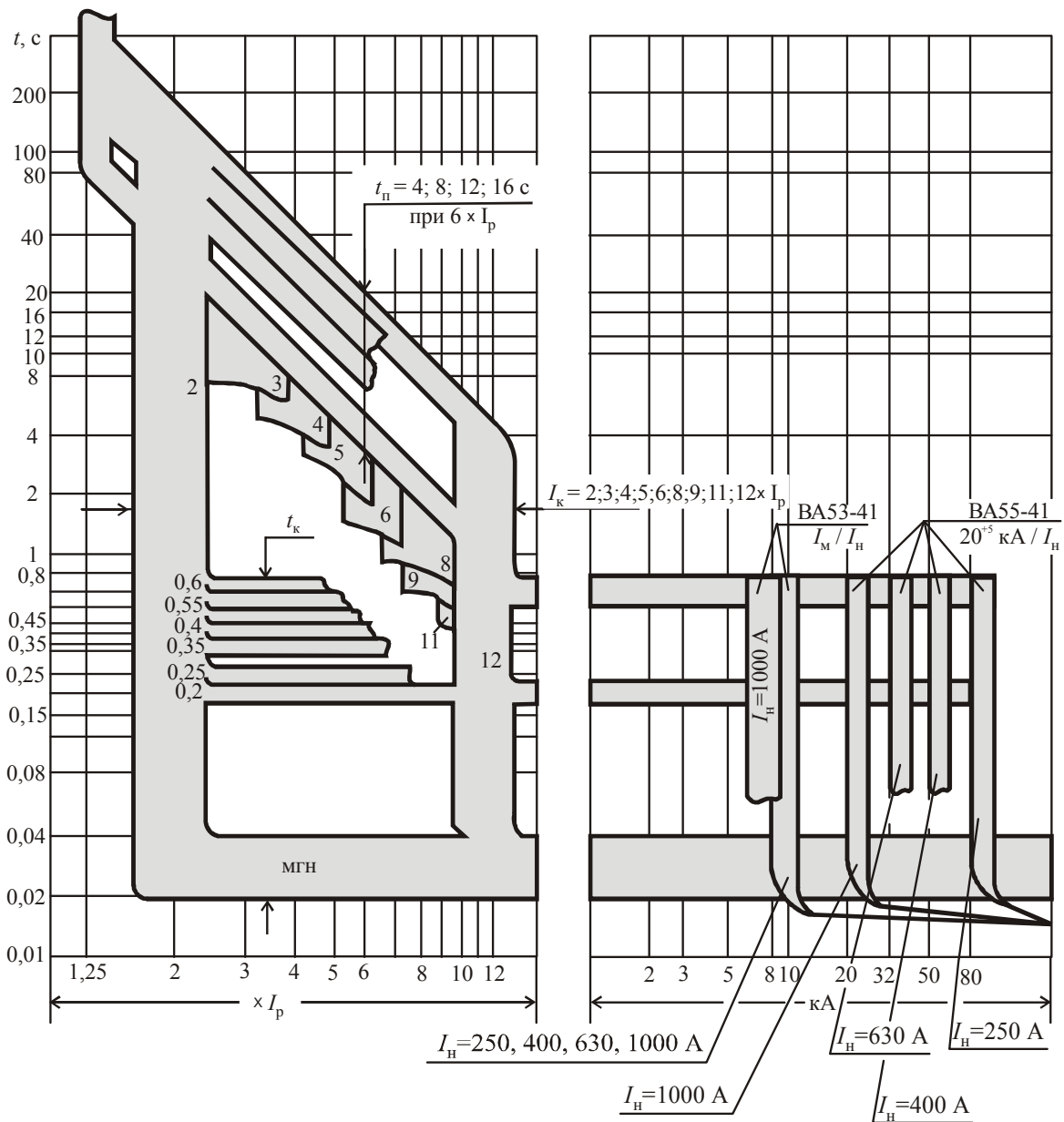


Рис. 2.32. Времятоковая характеристика выключателей переменного тока BA53 41 и BA55 41 с блоком МРТ4, пределы отклонений уставок см. таблицы 2.13, 2.15

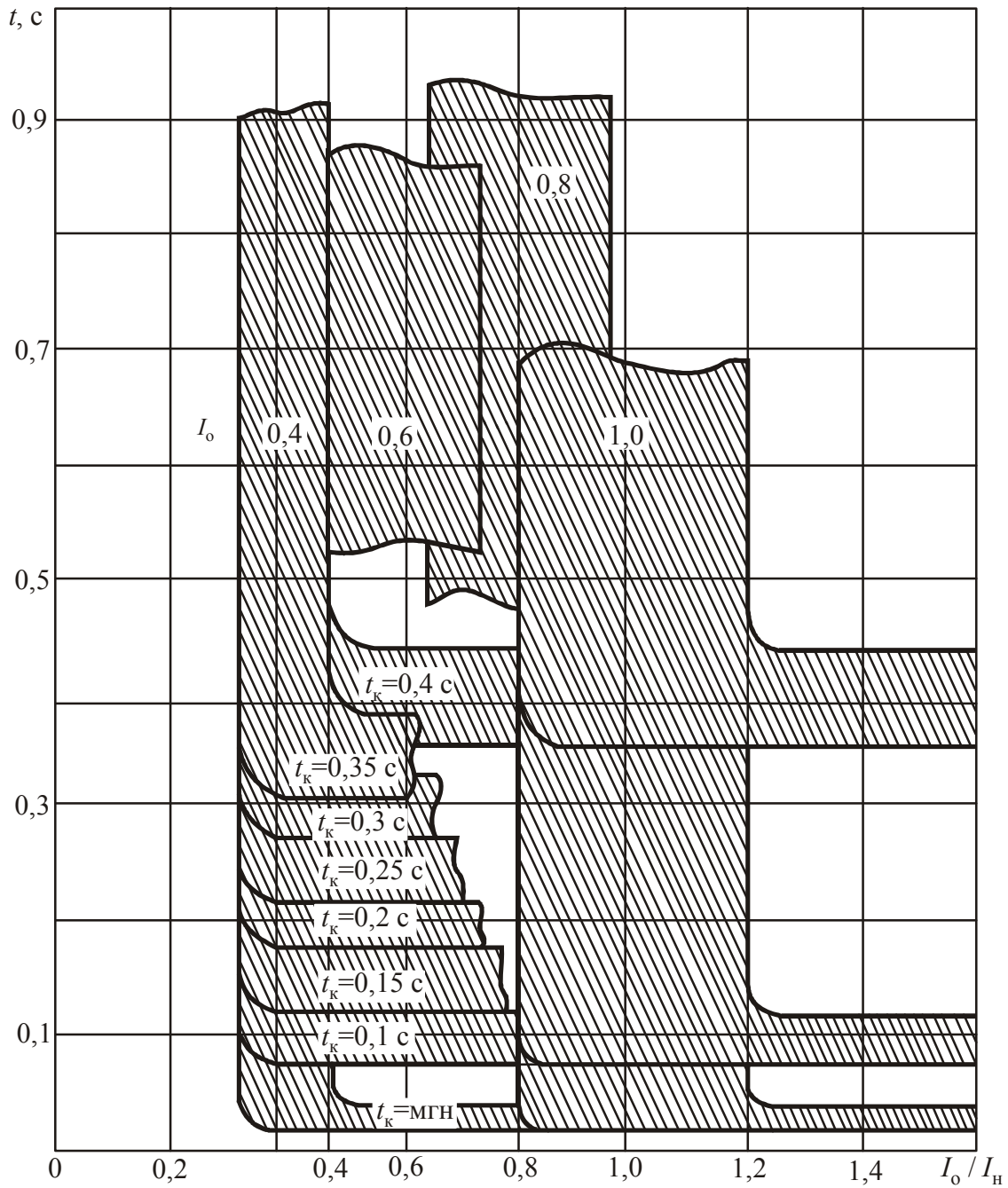


Рис. 2.33. Времятоковая характеристика выключателей переменного тока ВА53 41 и ВА55 41 с защитой от однофазных замыканий, пределы отклонений уставок см. таблицу 2.14

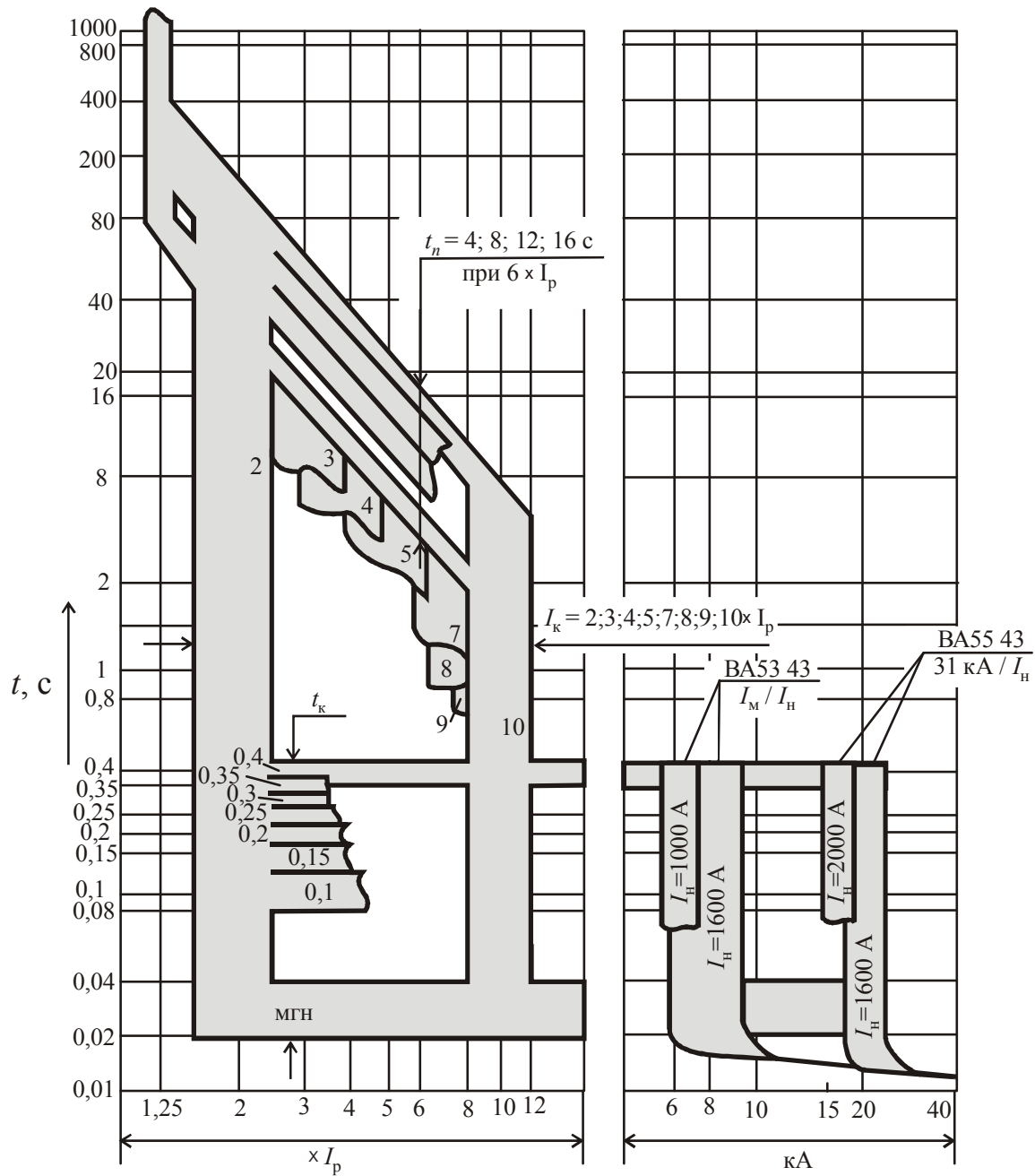


Рис. 2.34. Времятоковая характеристика выключателей переменного тока ВА53 43 и ВА55 43 с блоками МРТ1, МРТ2, пределы отклонений уставок см. таблицы 2.13, 2.14

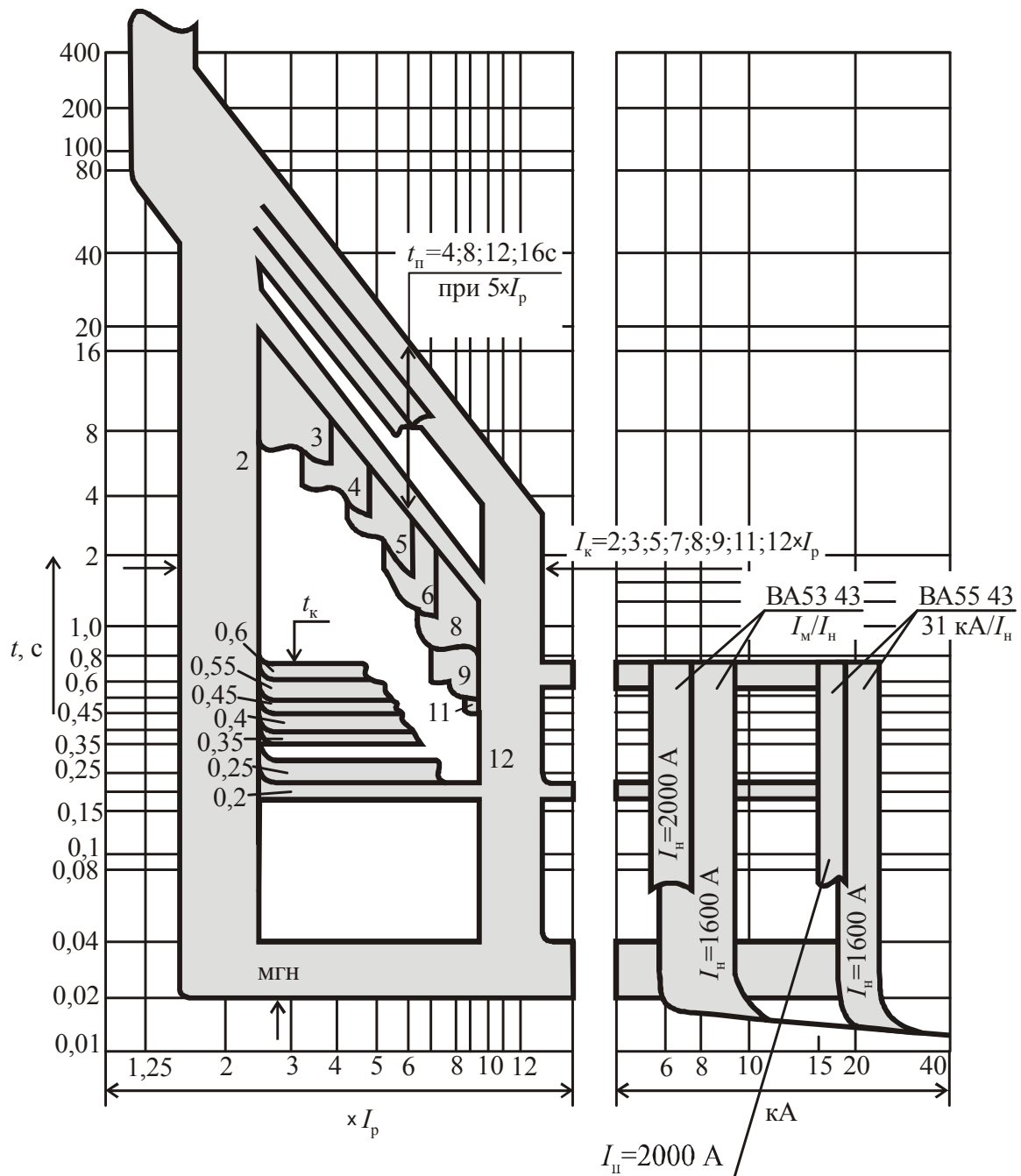


Рис. 2.35. Времятоковая характеристика выключателей переменного тока ВА53 43 и ВА55 43, с блоком МРТ4, пределы отклонений уставок см. таблицы 2.13, 2.15

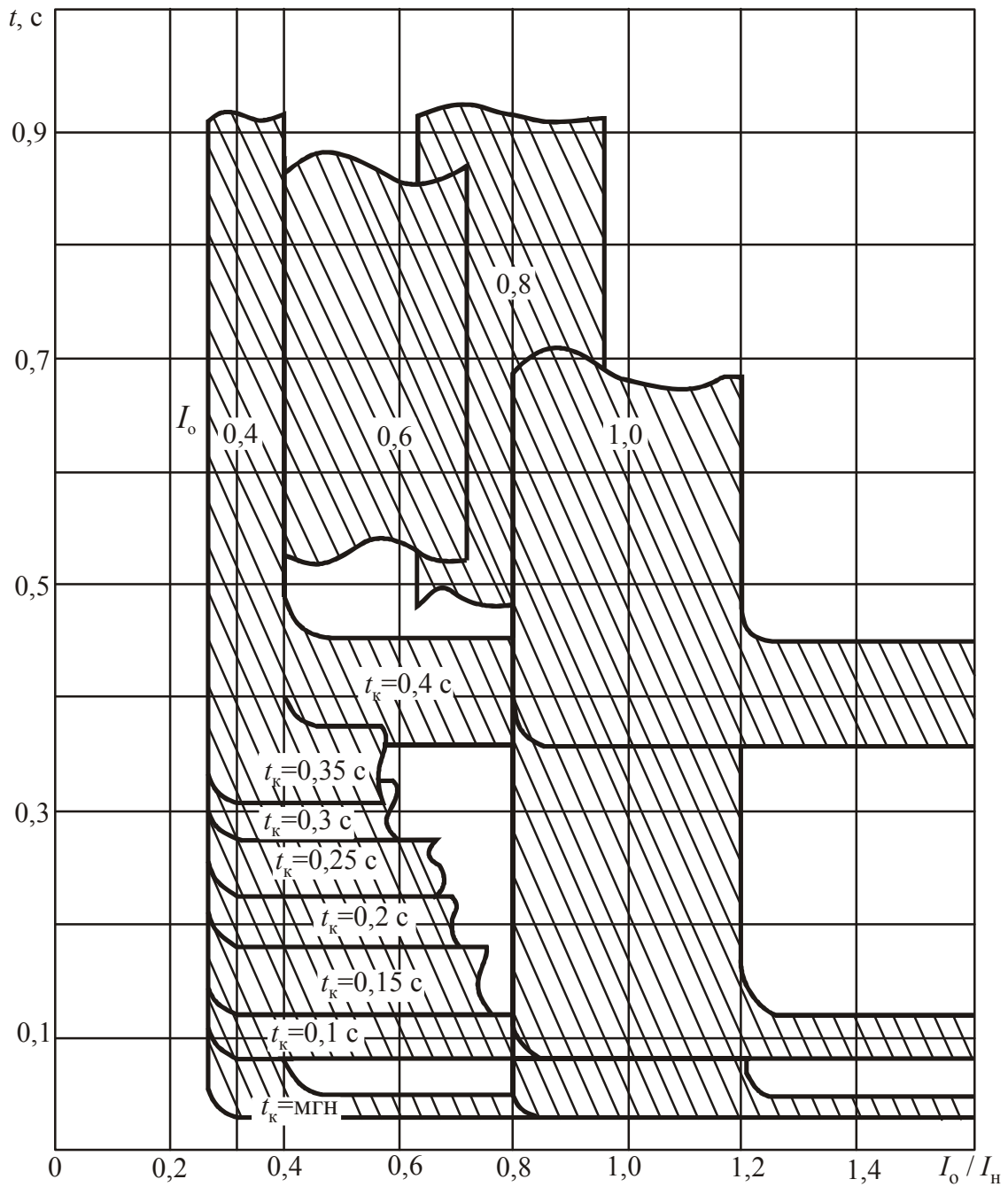


Рис. 2.36. Времятоковая характеристика выключателей переменного тока ВА53 43 и ВА55 43 с защитой от однофазных замыканий, пределы отклонений уставок см. таблицу 2.14

Таблица 2.16

Автоматические выключатели серии ВА55

Наименование параметра	Тип выключателя	
	ВА55-41	ВА55-43
Число полюсов	3	
Номинальное рабочее напряжение в цепи переменного тока, U_e , В	690	
Номинальный ток выключателя, I_n , А	1000	1600; 2000
Уставки номинального тока полупроводникового расцепителя в кратности к номинальному току выключателя	0,36; 0,4; 0,45; 0,5; 0,56; 0,63; 0,7; 0,8; 0,9; 1,0	
Уставки по времени срабатывания при токе $6 \cdot I_R$, t_R , с	2; 4; 8; 16 ^{*1} 2; 4; 8; 12 ^{*2}	
Уставки по току срабатывания в зоне короткого замыкания	1,5; 2; 3; 4; 5; 6; 7; 8; 9; 10	
Уставки по времени срабатывания в зоне селективности, t_{SD} , с	мгн.; 0,1; 0,15; 0,2; 0,25; 0,3; 0,35; 0,4	
Номинальная рабочая наибольшая отключающая способность, I_{CS} , и номинальная предельная наибольшая отключающая способность, I_{CU} : – при напряжении 400 В и коэффициенте мощности 0,2, кА – при напряжении 690 В и коэффициенте мощности 0,25, кА		
	55	63
	33,5	33,5

*1 – для обратноквадратичной зависимости защитной характеристики, рис. 2.37;

*2 – для обратнокубической зависимости защитной характеристики, рис. 2.38.

Независимый расцепитель обеспечивает отключение выключателя при подаче напряжения от 0,7 до 1,2 номинального значения. Шкала номинальных напряжений: 230 и 400 В переменного тока частотой 50/60 Гц, 220 В постоянного тока.

Вспомогательные и сигнальные контакты рассчитаны на работу в цепях переменного тока напряжением 48, 127, 230, 400 В и постоянного тока напряжением 24, 110, 220 В. Ток нагрузки зависит от напряжения и изменяется в пределах 0,2–4 А.

Принципиальные электрические схемы выключателей ВА55 представлены на рис. 2.40.

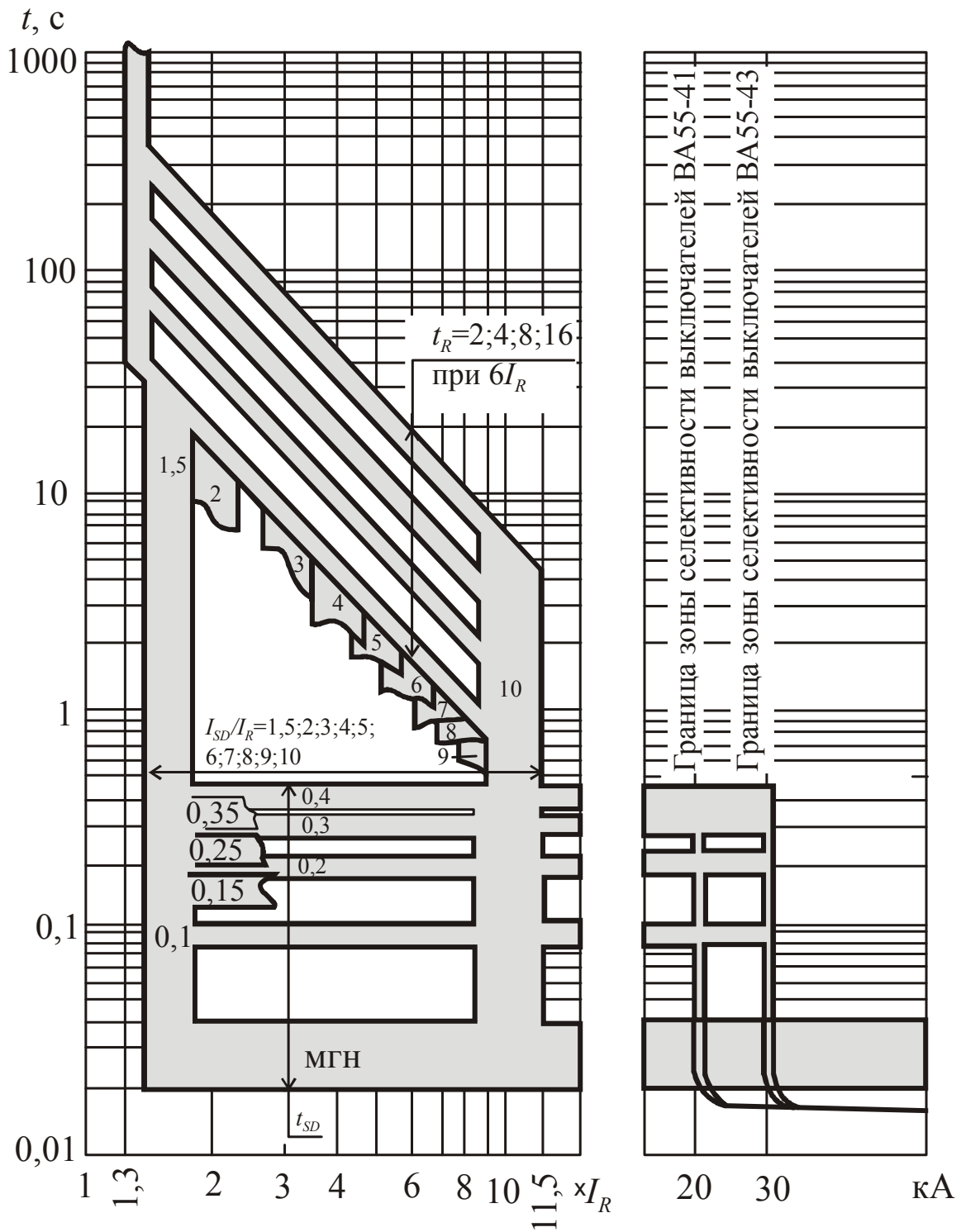


Рис. 2.37. Обратноквадратичная зависимость защитных характеристик автоматических выключателей BA55

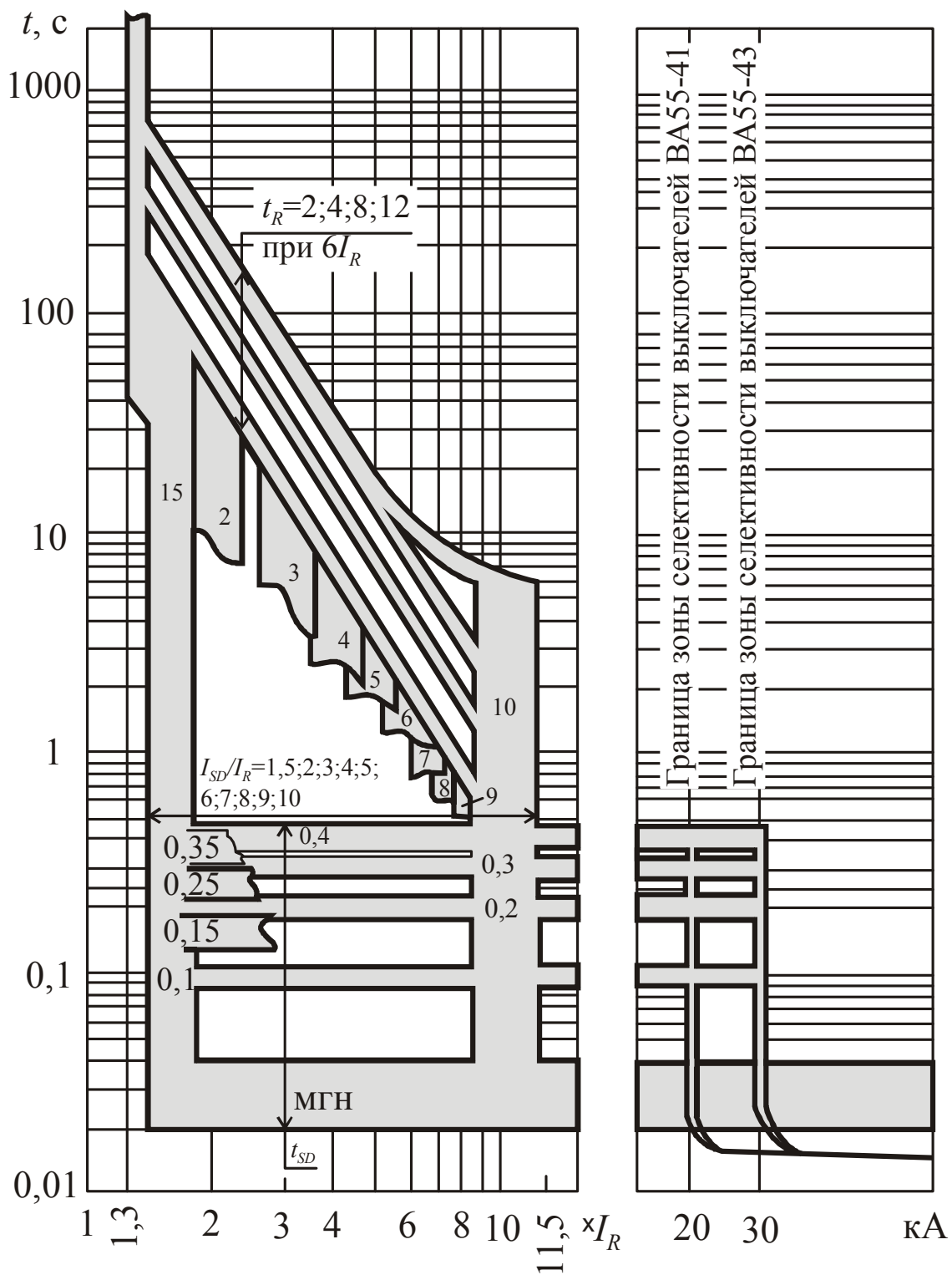


Рис. 2.38. Обратнокубическая зависимость защитных характеристик автоматических выключателей ВА55

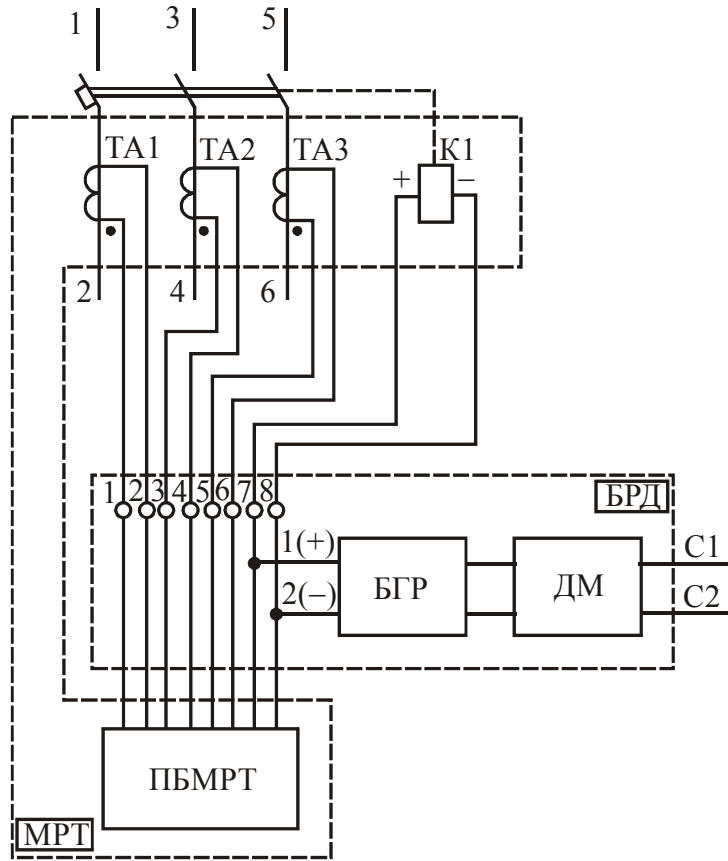
BA55 — XX — X X XX X X — XX УХЛЗ	
Тип выключателя	Климатическое исполнение
Номинальный ток: 41 – 1000 А; 43 – 1600, 2000 А	Степень защиты: IP20 – выключателя; IP00 – выводов
Число полюсов: 3	Дополнительные механизмы: 0 – отсутствует
3 – с полупроводниковым максимальным расцепителем тока	Вид привода в сочетании со способом установки: 1 – ручной привод, стационарное исполнение; 3 – электромагнитный привод, стационарное исполнение
Дополнительные сборочные единицы: в соответствии с таблицей 2.17	

Рис. 2.39. Структура условного обозначения выключателей серии BA55

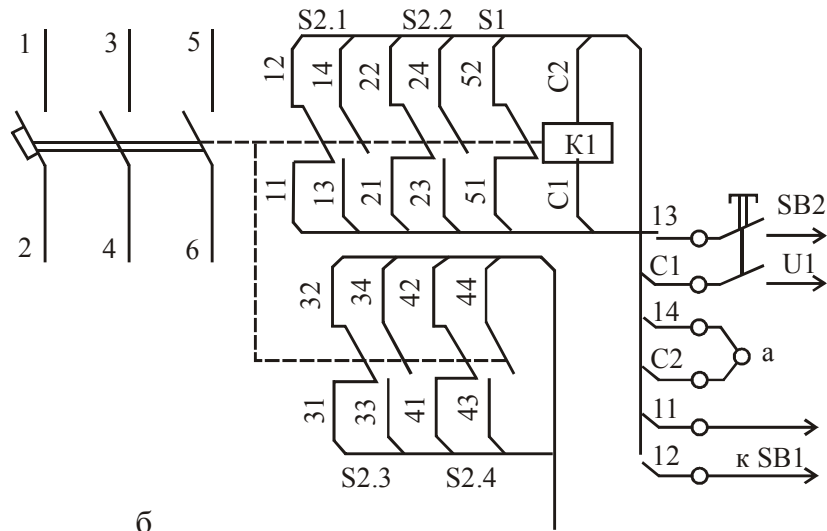
Таблица 2.17

Сочетание дополнительных сборочных единиц

Условное обозначение	Количество вспомогательных контактов (свободных)			Количество дополнительных вспомогательных контактов (свободных)		Независимый расцепитель		Сигнальный контакт, вспомогательный контакт сигнализации автоматического отключения
	замыкающих	размыкающих		замыкающих	размыкающих	BA55-41	BA55-43	
		с ручным приводом	с электромагнитным приводом					
00	—	—	—	—	—	—	+	—
11	2	2	1	2	2	—	+	—
18	1	2	1	2	2	+	+	—
45	—	—	—	—	—	—	+	+
46	2	2	1	2	2	—	+	+
47	1	2	1	2	2	+	+	+
51	2	2	1	—	—	—	+	—
52	1	2	1	—	—	+	+	—



а



б

Рис. 2.40. Принципиальные электрические схемы выключателей серии ВА55 без (а) и с (б) дополнительными сборочными единицами: БРД – блок резисторов и диодов; МРТ – максимальный расцепитель тока; БГР – блок гасящих резисторов; ДМ – диодный мост; ПБМРТ – полупроводниковый блок максимального расцепителя тока; S1 – сигнальный контакт; S2.1–S2.4 – вспомогательные контакты; K1 – независимый расцепитель; ТА – трансформатор тока; U1 – напряжение питания независимого расцепителя; SB1 – кнопочный выключатель электромагнитного привода; SB2 – кнопочный выключатель независимого расцепителя

Автоматические выключатели серии ВА57. Электронными расцепителями оснащаются выключатели ВА57-35-35 и ВА57-39-35 производства ОАО «Дивногорский завод низковольтных автоматов». Их технические данные приведены в таблице 2.18, а защитные характеристики на рис. 2.41–2.43. Более подробная информация о выключателях данной серии дана в разделе 2.2.

Таблица 2.18

Характеристики электронных расцепителей и коммутационные возможности выключателей ВА57-35-35 и ВА57-39-35

Тип выключателя	Номинальный ток выключателя, А	Регулируемый номинальный ток выключателя, А	Время срабатывания в зоне токов перегрузки при $6I_n, t_r, c$	Уставки срабатывания в зоне токов КЗ с обратной зависимой время-токовой характеристикой ($I_n^2 t = const$) или независимой задержкой срабатывания, I_{sd}/I_n	Время срабатывания в зоне токов короткого замыкания, t_{sd}^*1, c	Уставки срабатывания в зоне токов КЗ с мгновенным срабатыванием, I_i/I_n^*2	Номинальная предельная наибольшая отключающая способность (Icu), кА			
							380 В	$\cos\phi$	660 В	$\cos\phi$
ВА57-35-35	100	40; 50; 55; 60; 65; 70; 75; 80; 85; 87,5; 90; 92,5; 95; 97,5; 100	3; 6; 12; 18	1; 2; 3; 4; 6; 8; 10	0,05; 0,1; 0,25; 0,5	1,5; 2; 4; 6; 8; 10; 12	20	0,25	9	0,3
	160	64; 80; 88; 96; 104; 112; 120; 128; 136; 140; 144; 148; 152; 156; 160								
	250	100; 125; 137,5; 150; 162,5; 175; 187,5; 200; 212,5; 218,75; 225; 231,25; 237,5; 250								
ВА57-39-35	320	160; 200; 225; 250; 285; 320	0,5; 1; 2;	1,5; 2; 3; 5; 7; 10	0; 0,1; 0,2; 0,3; 0,4	—	20	0,25	9	0,3
	630	320; 360; 400; 450; 500; 630	4; 8; 12							

*1 – время срабатывания в зоне токов КЗ при $I_n^2 t = const$ нормируются при $7I_n$;

*2 – уставка определяет значение предельного тока селективности

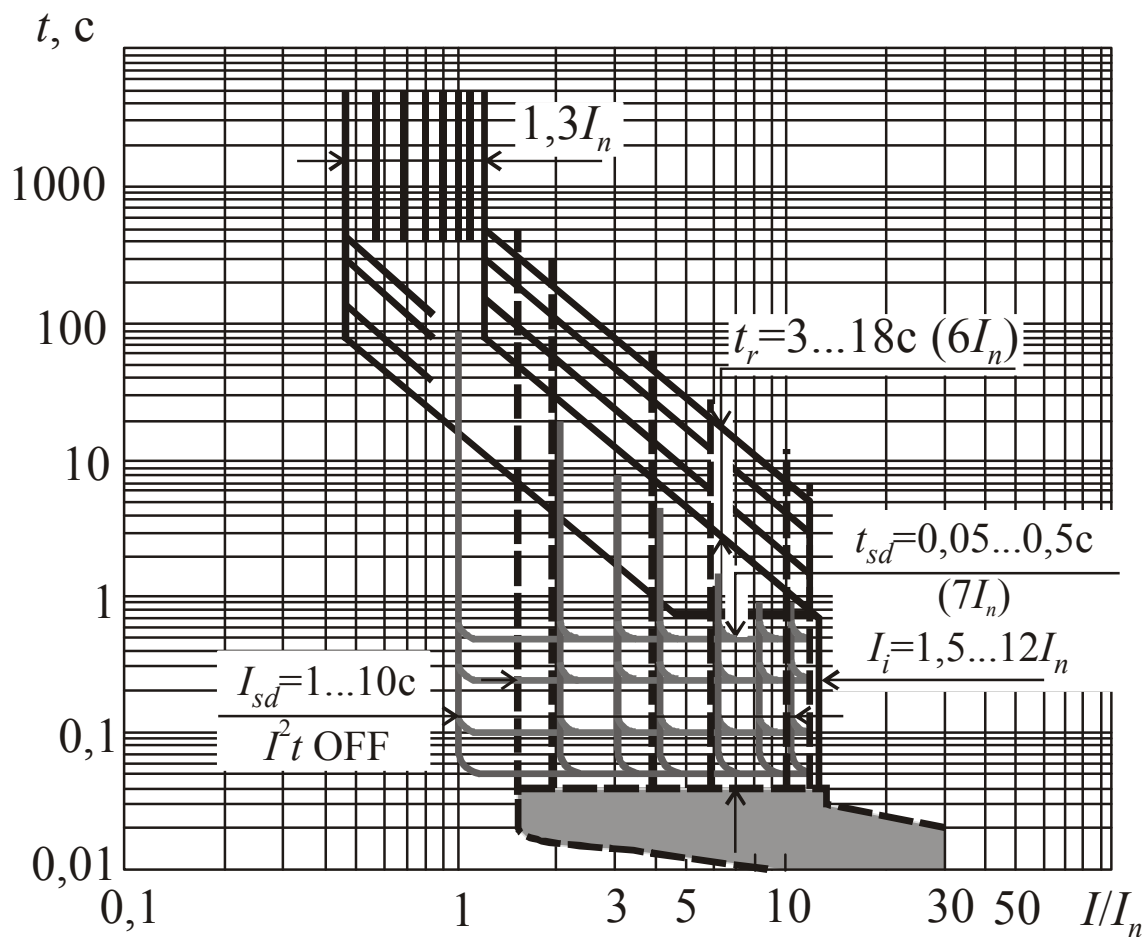


Рис. 2.41. Времятоковые характеристики выключателей ВА57-35-35 с I^2t OFF: I_n – номинальный ток выключателя; I_{sd} – ток срабатывания в зоне токов короткого замыкания с обратнозависимой времятоковой характеристикой ($I_n^2 t = const$) или независимой задержкой срабатывания; I_i – ток срабатывания в зоне токов короткого замыкания с мгновенным срабатыванием; t_r – время срабатывания в зоне токов перегрузки при $6I_n$; t_{sd} – время срабатывания в зоне токов короткого замыкания

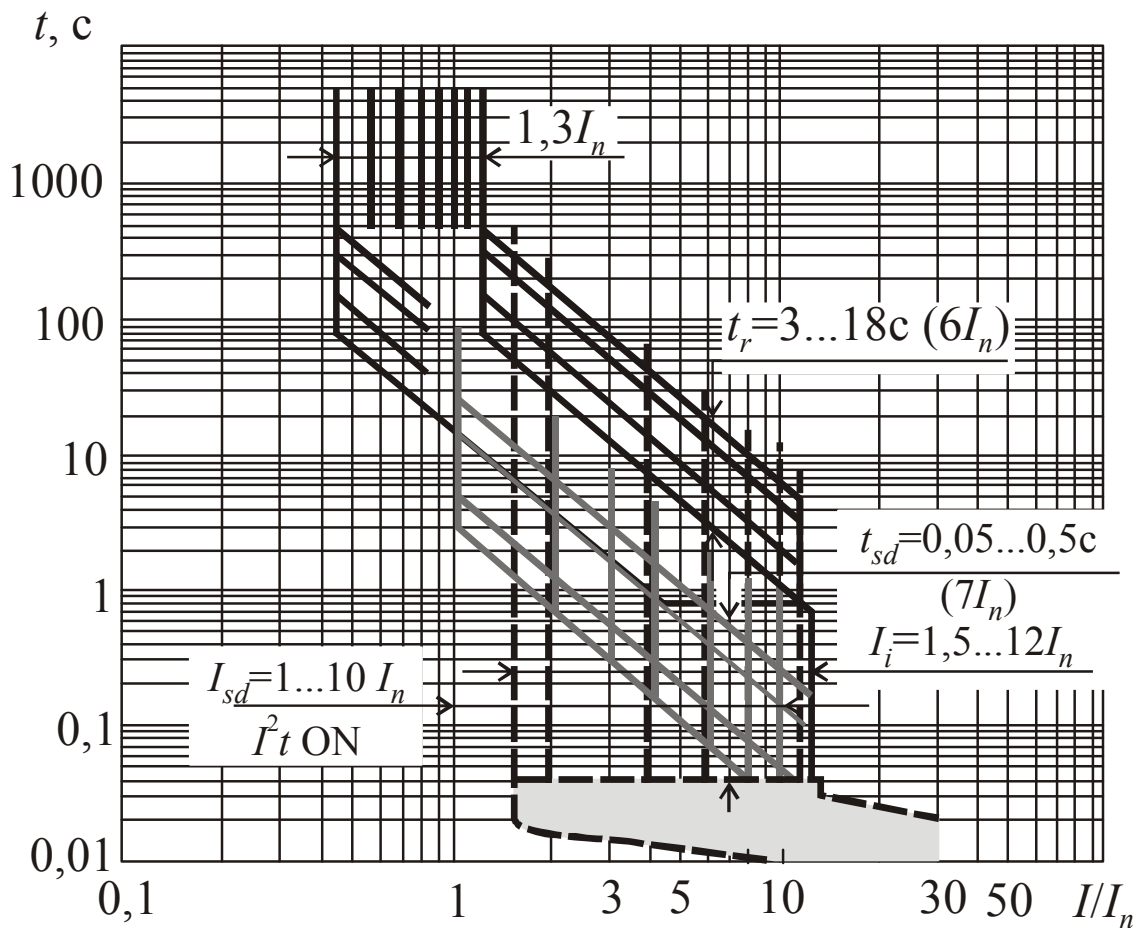


Рис. 2.42. Времятоковые характеристики выключателей ВА57-35-35 с $I^2 \cdot t$ ON: I_n – номинальный ток выключателя; I_{sd} – ток срабатывания в зоне токов короткого замыкания с обратнозависимой времятоковой характеристикой ($I_n^2 t = \text{const}$) или независимой задержкой срабатывания; I_i – ток срабатывания в зоне токов короткого замыкания с мгновенным срабатыванием; t_r – время срабатывания в зоне токов перегрузки при $6I_n$; t_{sd} – время срабатывания в зоне токов короткого замыкания

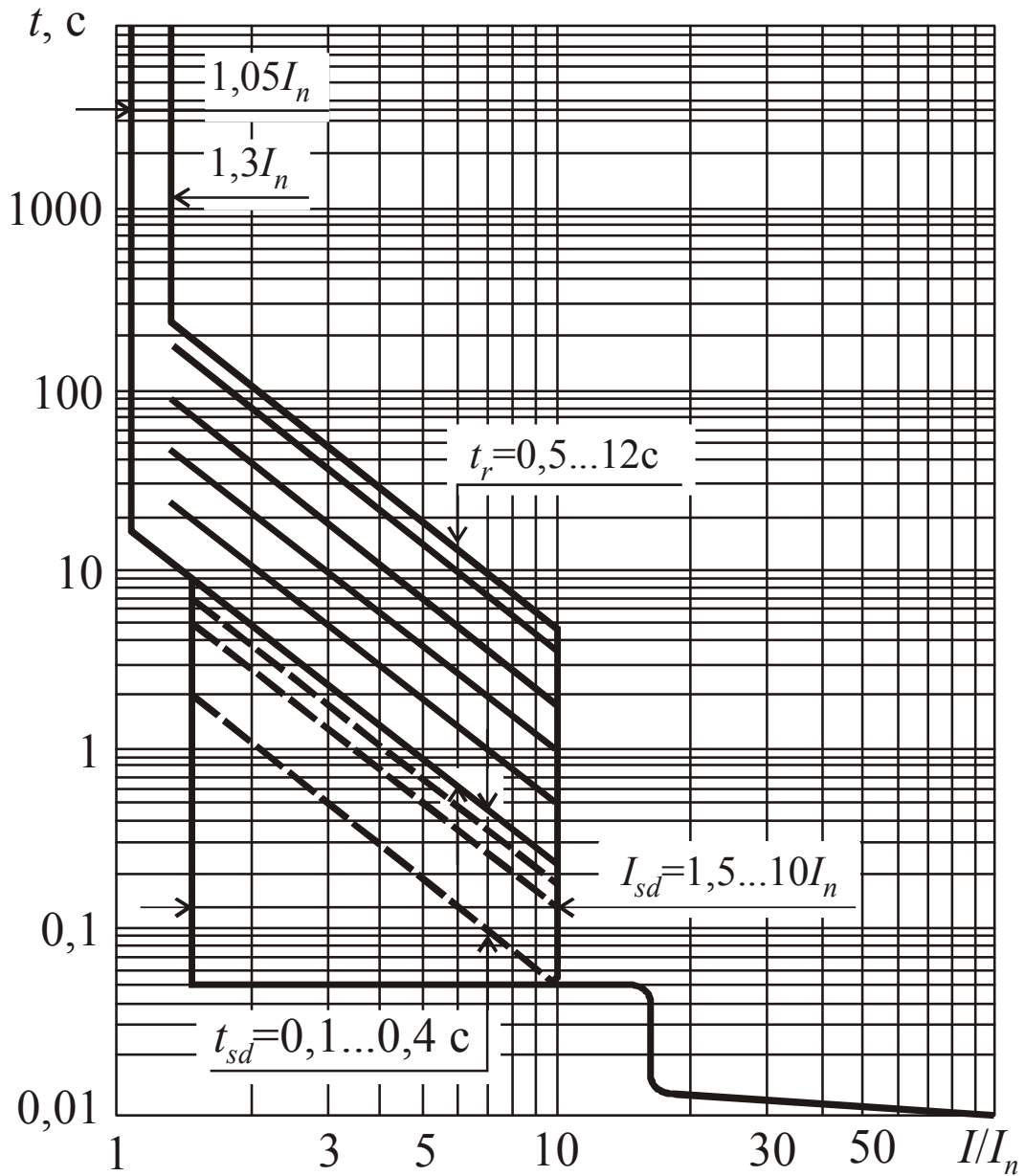


Рис. 2.43. Времятоковые характеристики выключателей ВА57-39-35: I_n – номинальный ток выключателя; I_{sd} – ток срабатывания в зоне токов короткого замыкания с обратозависимой времятоковой характеристикой ($I_n^2 t = \text{const}$) или независимой задержкой срабатывания; t_r – время срабатывания в зоне токов перегрузки при $6I_n$; t_{sd} – время срабатывания в зоне токов короткого замыкания

Автоматические выключатели серий ВА53, ВА54, ВА55 и ВА75 с полупроводниковым расцепителем (реле БПР). Их технические характеристики даны в таблице 2.19. Характеристика защиты – ограниченно зависящая, а для селективных выключателей – трехступенчатая.

Обобщенная защитная характеристика выключателей переменного тока приведена на рис. 2.44. Реле БПР допускает ступенчатую регулировку:

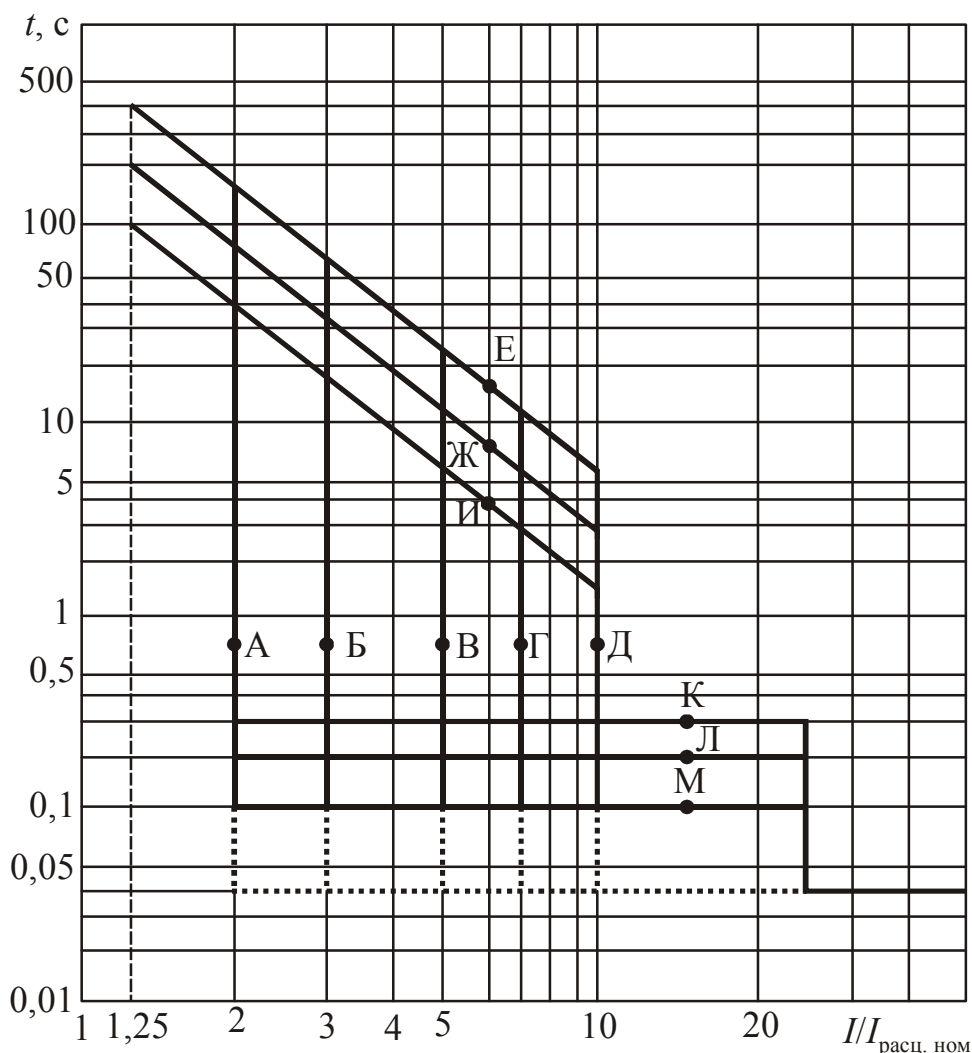


Рис. 2.44. Защитные характеристики выключателей переменного тока серий ВА53, ВА54, ВА55, ВА75 с полупроводниковым расцепителем.

Наличие регулировки в точках Г, Д, К, Л, М зависит от типа и номинального тока выключателя

- номинального тока расцепителя $I_{н. расц}$ (ток срабатывания защиты от перегрузки соответствует току $1,25 \cdot I_{н. расц}$);
- тока срабатывания отсечки $I_{с.о}$ (точки А, Б, В, Г, Д);
- времени срабатывания защиты от перегрузки $t_{с.п}$ при токе $6 \cdot I_{н. расц}$ (точки Е, Ж, И);

Таблица 2.19

Выключатели типа ВА53, ВА54, ВА55, ВА75 переменного тока на напряжение до 660 В

Тип	Номинальный ток выключателя $I_{н.в}, А$	Регулируемые уставки полупроводникового расцепителя				$\frac{I_{с.п}}{I_{н.расц}}$	$\frac{I_{с.з}}{I_{н.расц}}$ при однофазных КЗ	Ток срабатывания первой ступени защиты $I_{с.мгн}, кА$	ПКС* в цепи 380 В, кА	ОПКС* в цепи 380 В, кА								
		$\frac{I_{н.расц}}{I_{н.в}}$	$\frac{I_{с.о}}{I_{н.расц}}$	$t_{с.о}, с$	$t_{с.п}, с, при$ токе $6I_{н.расц}$													
ВА53–37	160; 250; 400	0,63; 0,8; 1,0	2; 3; 5; 7; 10**	—	4; 8; 16	1,25	0,5÷1	—	47,5	53								
ВА53–39	160; 250; 400; 630								55	60								
ВА53–41***	1000								135	140								
ВА53–43	1600		135	140														
ВА54–37	160; 250; 400		2; 3; 5; 7; 10**	—					4; 8; 16	1,25	0,5÷1	—	87	—				
ВА54–39	400; 500; 630												100	—				
ВА54–41	1000												150	160				
ВА55–37	160; 250; 400		2; 3; 5; 7; 10	0,1; 0,2; 0,3									4; 8; 16	1,25	0,5÷1	20	32,5	38
ВА55–39	160; 250; 400; 630															25	47,5	53

Окончание таблицы 2.19

Тип	Номинальный ток выключателя $I_{н. в.}, А$	Регулируемые уставки полупроводникового расцепителя				$\frac{I_{с. п.}}{I_{н. расц}}$	$\frac{I_{с. з.}}{I_{н. расц}}$ при однофазных КЗ	Ток срабатывания первой ступени защиты $I_{с. мгн.}, кА$	ПКС* в цепи 380 В, кА	ОПКС* в цепи 380 В, кА
		$\frac{I_{н. расц}}{I_{н. в.}}$	$\frac{I_{с. о.}}{I_{н. расц}}$	$t_{с. о.}, с$	$t_{с. п.}, с, при токе 6I_{н. расц}$					
ВА55-41***	1000	0,63; 0,8; 1,0	2; 3; 5; 7	0,1; 0,2; 0,3	4; 8; 16	1,25	0,5-1	25	55	60
ВА55-43	1600							31	80	85
ВА75-45	2500							36	60	65
ВА75-47	2500							36	70	75
	4000							45		

85

* ПКС – предельная коммутационная способность выключателя; ОПКС – одноразовая ПКС; приведено действующее значение тока.

** Ток срабатывания электромагнитного расцепителя равен 120% наибольшей уставки отсечки полупроводникового расцепителя.

*** ВА53-41 – токоограничивающие с полупроводниковыми и электромагнитными максимальными расцепителями тока для защиты в зоне токов перегрузки и короткого замыкания (табл. 2.20; рис. 2.45-2.47); ВА55-41 – с полупроводниковыми максимальными расцепителями тока с выдержкой времени для защиты в зоне токов перегрузки и короткого замыкания (табл. 2.20; рис. 2.48-2.50).

- время срабатывания отсечки $t_{c.o}$ (точки K, L, M) для селективных выключателей.

Начало зоны токов мгновенного срабатывания на рис. 2.44 показано условно, значение тока мгновенного срабатывания $I_{c. мгн}$ зависит от номинального тока выключателя. Штриховой линией обозначена характеристика срабатывания отсечки неселективных выключателей.

Таблица 2.20

Технические характеристики выключателей переменного тока ВА53–41 и ВА55–41

Тип выключателя		ВА53–41		ВА55–41		
Вид защиты		токоограничивающий		селективный		
Номинальный ток электромагнитного максимального расцепителя, А		250, 400, 600	1000	—		
Номинальный ток полупроводникового максимального расцепителя, А		630, 800, 1000		630, 800	1000	
Номинальное напряжение, В		до 660		до 660		
Частота переменного тока, Гц		50 и 60		50 и 60		
Число полюсов		3		3		
Уставка по току срабатывания электромагнитного максимального расцепителя тока, кратная $I_{ном}$		10		—		
Уставки полупроводникового максимального расцепителя	по току срабатывания, кратные $I_{н. расц}$	в зоне токов короткого замыкания	2, 3, 5, 7, 10	2, 3, 5, 7	2, 3, 5, 7, 10	
		в зоне токов перегрузки	1,25		1,25	
		в зоне однофазного короткого замыкания	—	1	1	
	по времени срабатывания, с	в зоне токов перегрузки	4, 8, 16		4, 8, 16	
		в зоне токов короткого замыкания	—		0,1; 0,2; 0,3	
	Верхняя граница зоны селективности, кА (действующее значение)		—		25	
Предельная коммутационная способность, кА (действующее значение) при напряжении		380 В		135		
		660 В		33,5		

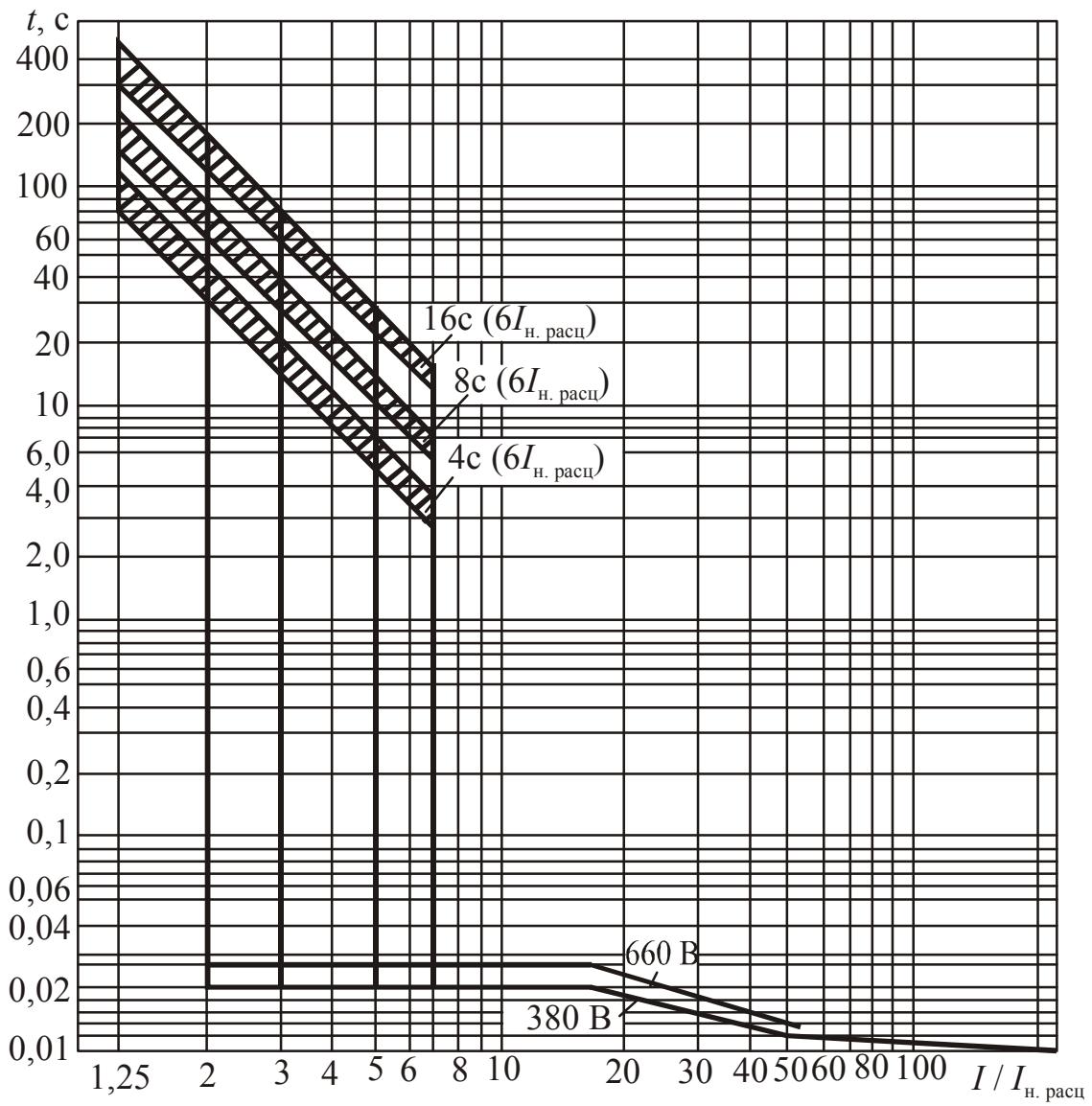


Рис. 2.45. Времятоковая характеристика автоматических выключателей ВА53-41 с номинальным током полупроводникового расцепителя 630 А

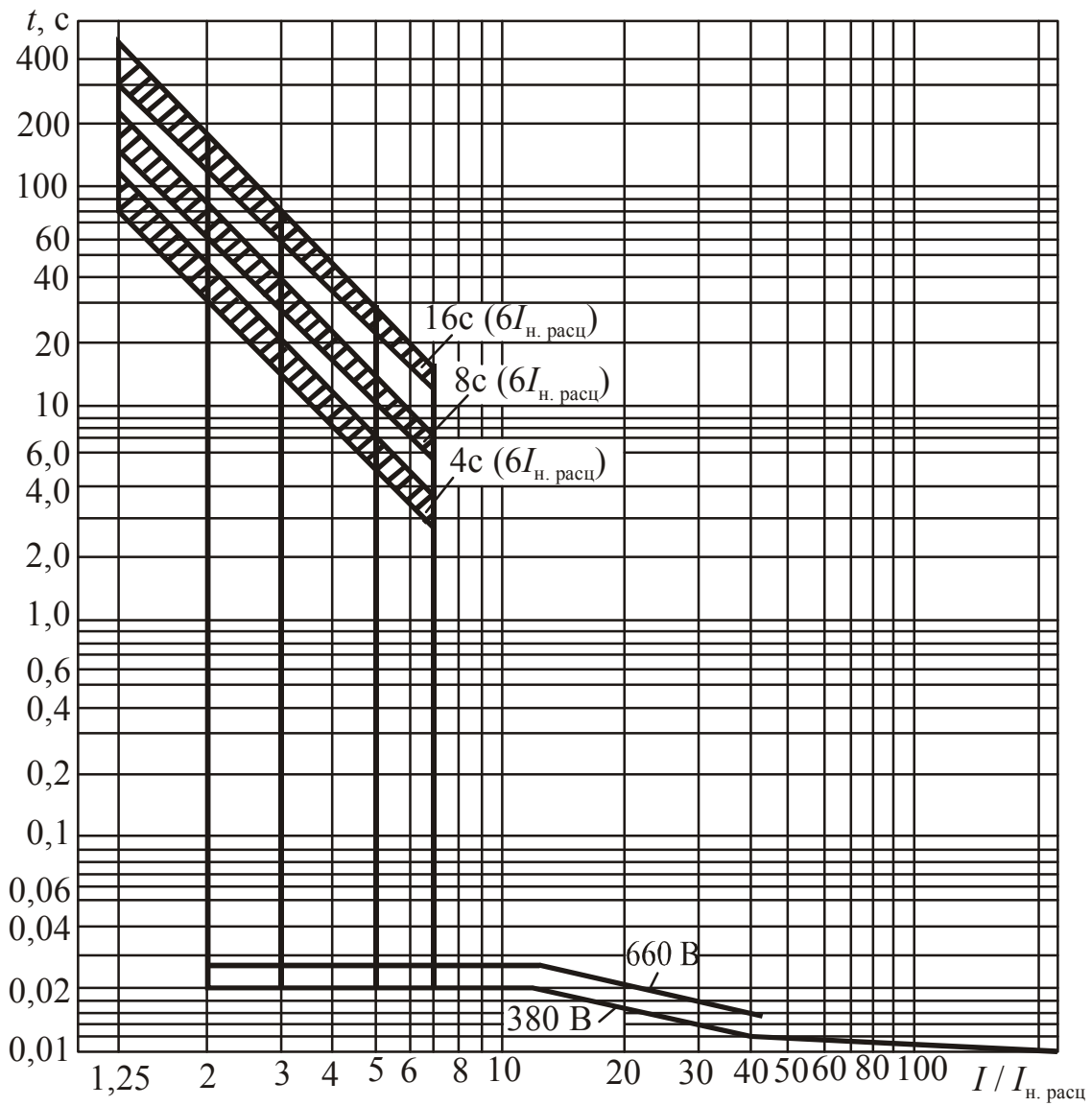


Рис. 2.46. Времятоковая характеристика автоматических выключателей ВА53-41 с номинальным током полупроводникового расцепителя 800 А

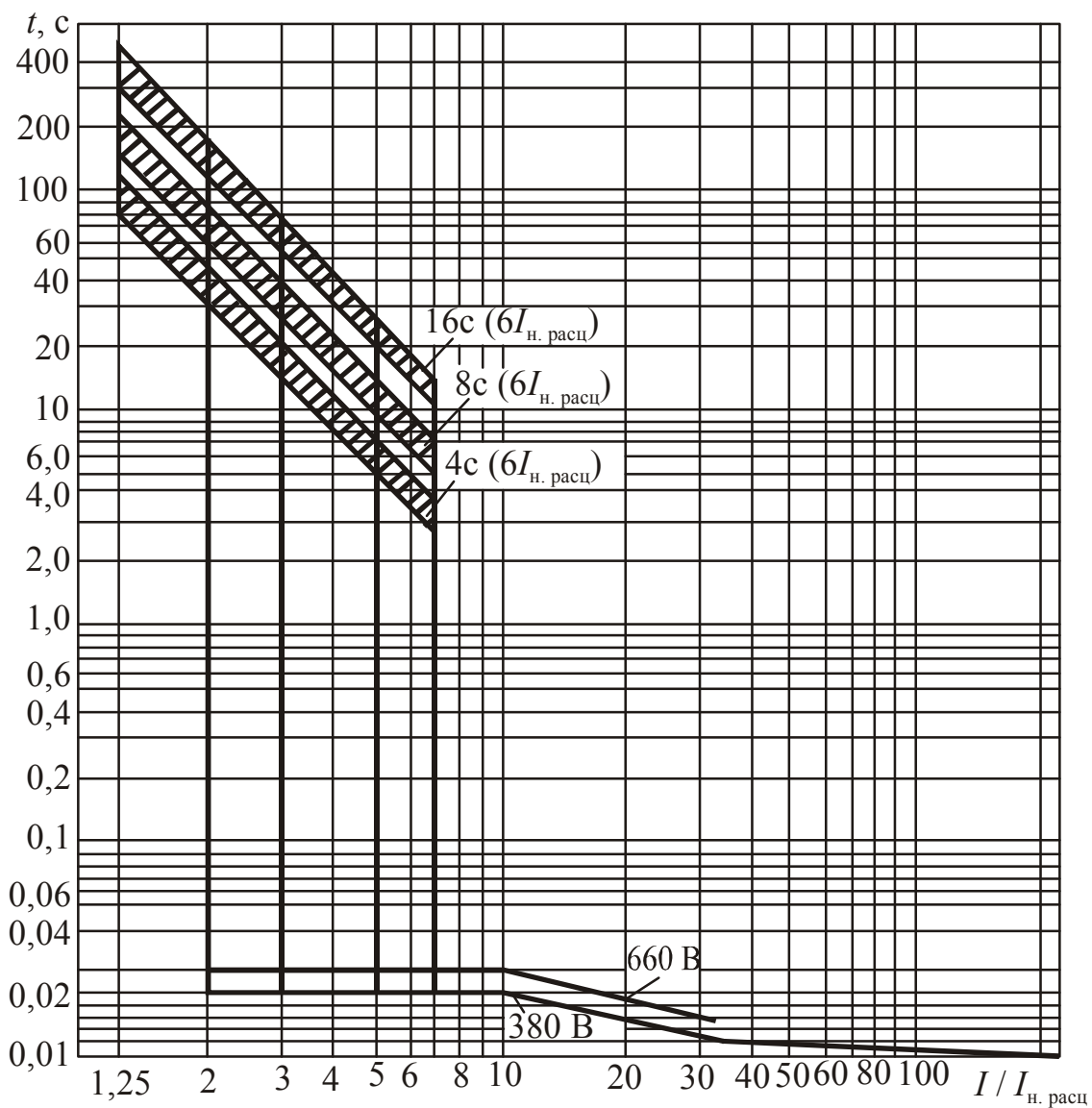


Рис. 2.47. Времятоковая характеристика автоматических выключателей ВА53-41 с номинальным током полупроводникового расцепителя 1000 А

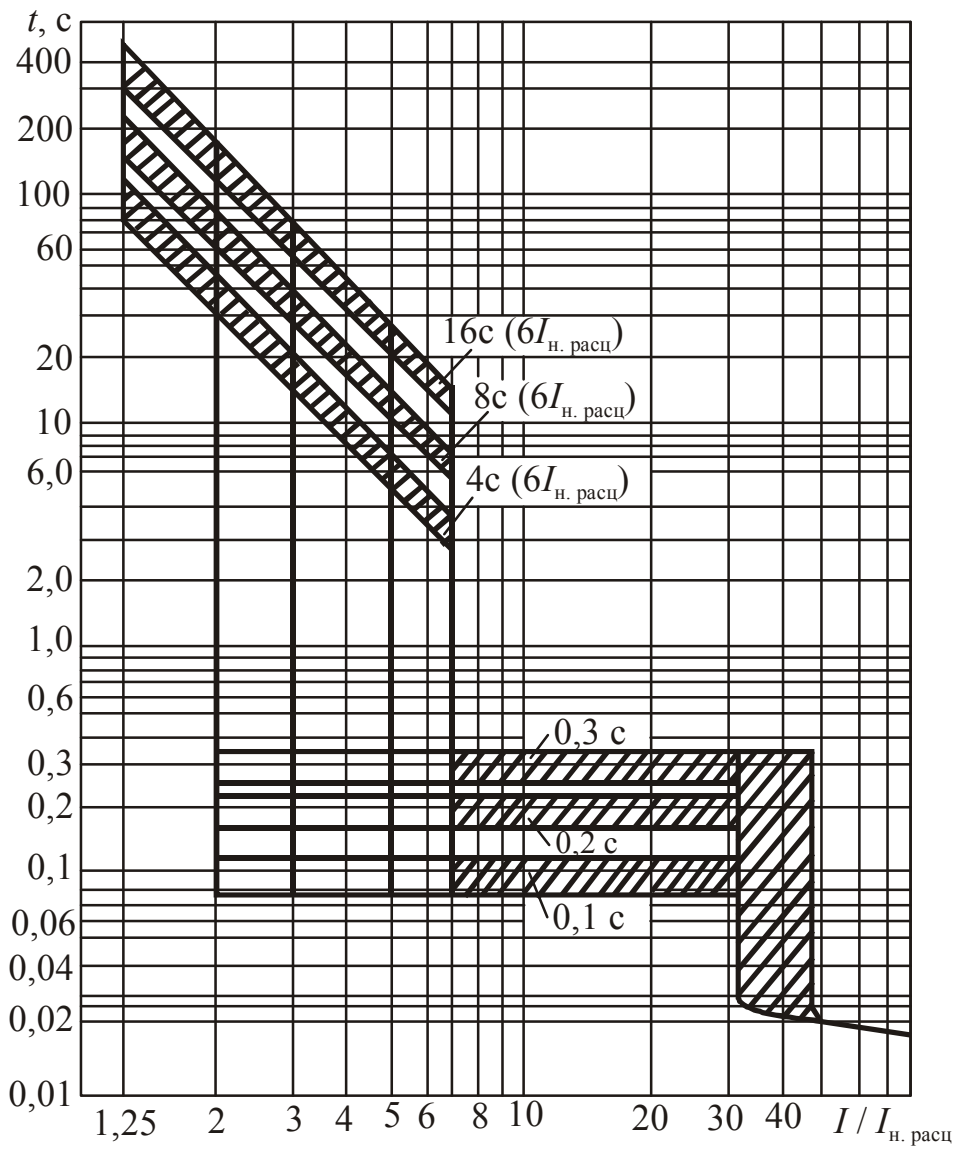


Рис. 2.48. Времятоковая характеристика автоматических выключателей ВА55-41 с номинальным током полупроводникового расцепителя 630 А

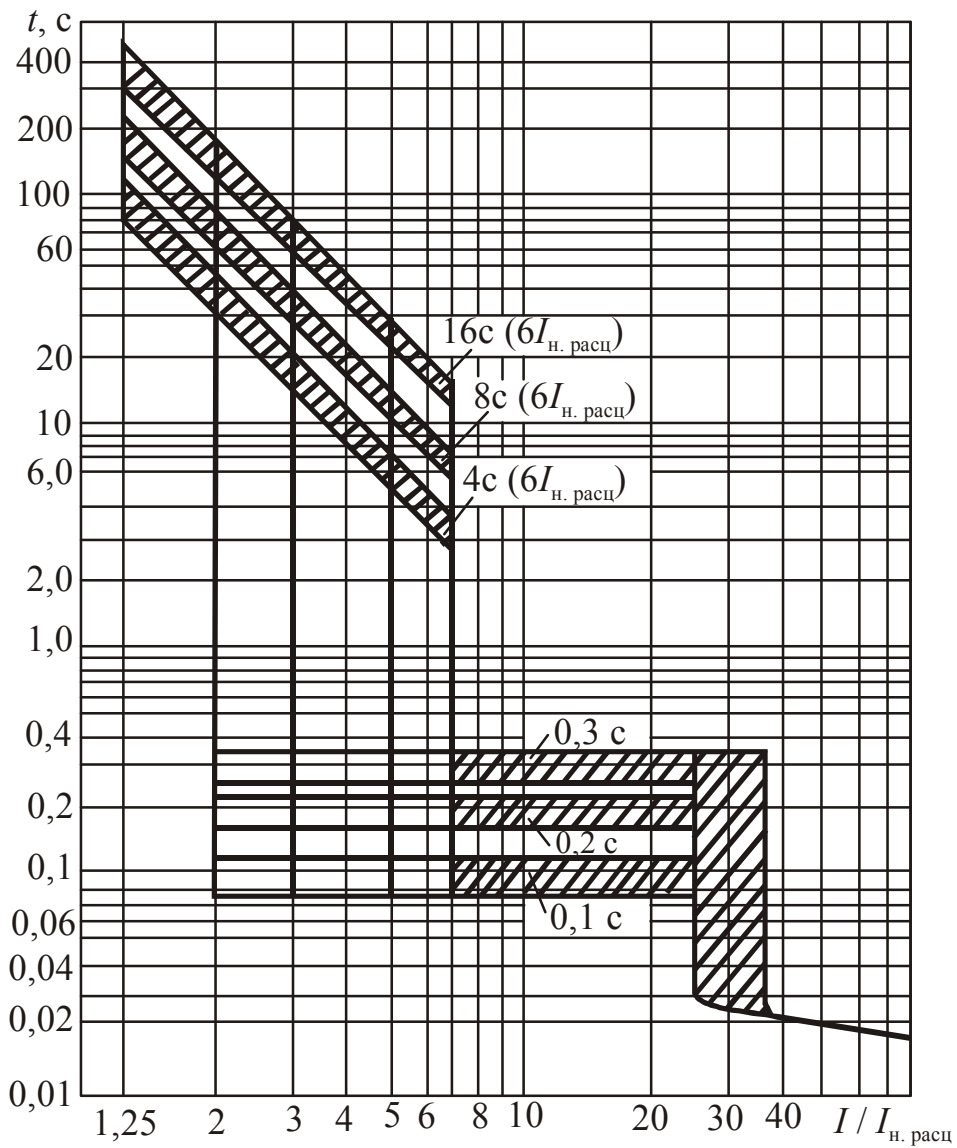


Рис. 2.49. Времятоковая характеристика автоматических выключателей ВА55-41 с номинальным током полупроводникового расцепителя 800 А

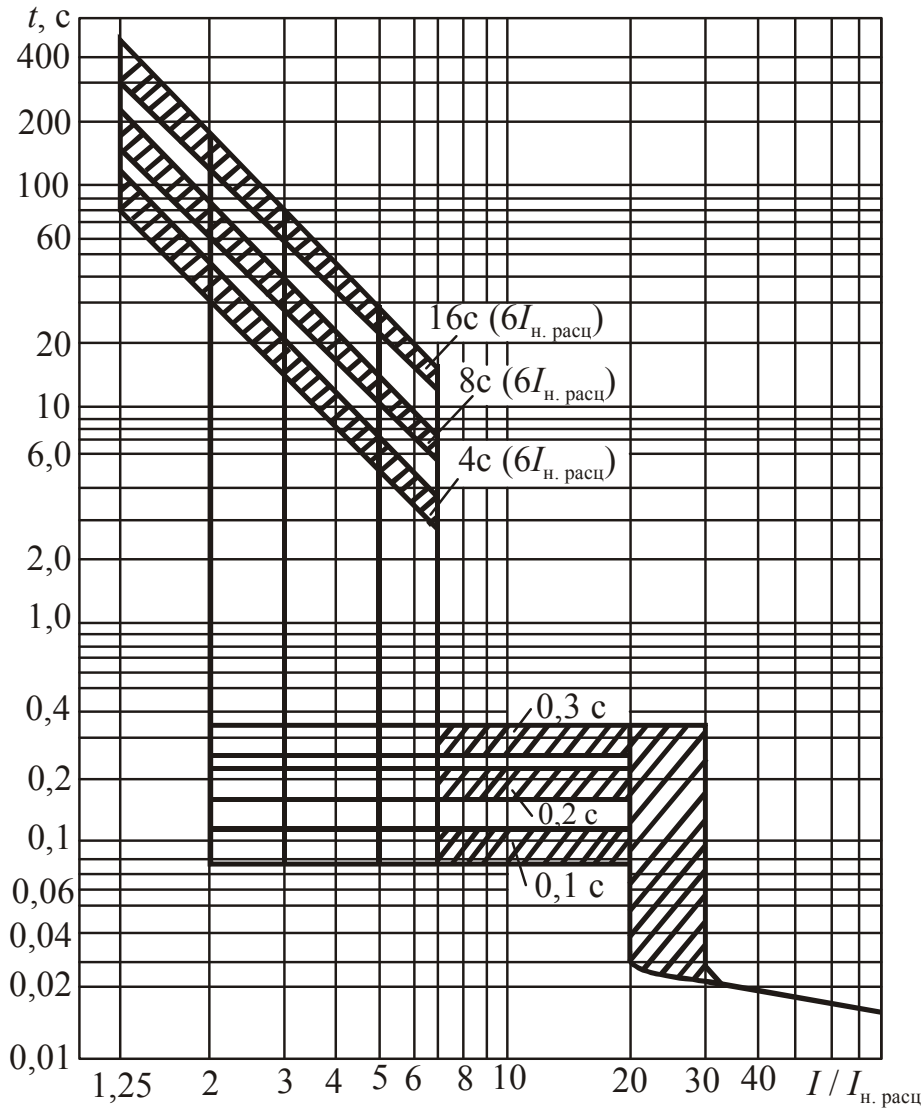


Рис. 2.50. Времятоковая характеристика автоматических выключателей ВА55-41 с номинальным током полупроводникового расцепителя 1000 А

Реле БПР не реагирует на аperiodическую составляющую пусковых токов электродвигателей в течение одного периода. Коэффициент возврата реле 0,97–0,98. Разброс тока срабатывания с учетом всех влияющих факторов составляет:

- $\pm 30\%$ для $I_{с.о.}$;
- $\pm 20\%$ для $I_{с.п.}$.

Разброс тока срабатывания первой ступени защиты $I_{с. мгн}$ допускается только в сторону его увеличения. Разброс времени срабатывания селективных выключателей при КЗ составляет $\pm 0,02$ с. Длительность протекания тока КЗ, при которой еще не срабатывает селективная отсечка, составляет при уставках по шкале 0,1; 0,2; 0,3 с соответственно 0,05; 0,15 и 0,25 с.

Источником оперативного тока полупроводникового реле, обеспечивающим отключение выключателя при КЗ, являются встроенные трансформаторы тока.

По заказу реле БПР может быть выполнено без защиты от перегрузки, а также с защитой от однофазных КЗ, срабатывающей при токе однофазного КЗ не менее $0,5 \cdot I_{н. расц}$ и не более $I_{н. расц}$ (ток срабатывания не регулируется), с установленной выдержкой времени – для селективных и без выдержки времени – для неселективных выключателей. Характеристика защиты от однофазных КЗ ограничено зависит от тока (рис. 2.51).

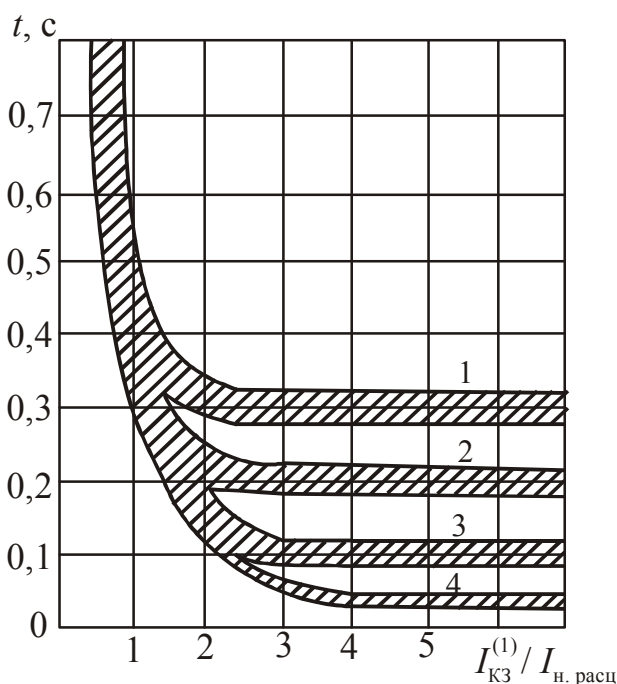


Рис. 2.51. Характеристика защиты от однофазных КЗ выключателей с полупроводниковым расцепителем: селективных ВА55 и ВА75 с уставками времени срабатывания отсечки 0,3 с (кривая 1); 0,2 с (кривая 2); 0,1 с (кривая 3) и неселективных ВА53, ВА54 (кривая 4)

Автоматические выключатели серий ВА83 и ВА85 (табл. П1.1 и табл. 2.21) предназначены для эксплуатации в электроустановках, а также допускается использовать их для прямых пусков асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором и отключения вращающихся двигателей. Цифры в обозначении выключателей означают:

83 – токоограничивающие выключатели с полупроводниковыми и электромагнитными расцепителями;

85 – селективные выключатели с полупроводниковым расцепителем.

Таблица 2.21

Технические данные автоматических выключателей серий ВА83 и ВА85

Данные выключателей			Параметры выключателей		
Тип	Номинальный ток, А	Число полюсов	Номинальный ток расцепителей с обратозависимой характеристикой, А	Уставки по току срабатывания электромагнитного расцепителя, $I / I_{ном}$	Уставки по времени срабатывания в зоне КЗ, с
ВА83–41	1000	2; 3	250; 400; 630; 1000	2; 3; 4; 5; 6; 7	—
ВА85–41	1000	2; 3	250; 400; 630; 1000	2; 4; 6 2; 3; 5; 7	0,1; 0,2 0,1; 0,2; 0,3

Защитные характеристики выключателей ВА83–41 и ВА85–41 приведены на рис. 2.52 и рис. 2.53, соответственно.

Автоматический выключатель ВА88–43 (табл. 2.22) с электронным расцепителем на микропроцессоре обеспечивает защиту от перегрузки и короткого замыкания. Требуется только одна настройка для всех фаз и нейтрали, при этом срабатывание расцепителя происходит одновременно для всех полюсов выключателя. Микропроцессорный расцепитель не требует отдельного питания и гарантирует правильную работу защиты при токе нагрузки не менее 15% от номинального даже при наличии напряжения только в одной фазе, обеспечивает высокую точность срабатывания, надежность и независимость от температуры окружающей среды.

Таблица 2.22

Технические данные автоматического выключателя ВА88–43

Номинальное напряжение, В	Максимальный номинальный ток, А	Количество полюсов	Номинальный ток расцепителя	Уставка срабатывания по току КЗ, А	Номинальная рабочая наибольшая отключающая способность I_{CS} , кА	Номинальная предельная наибольшая отключающая способность I_{CU} , кА	Номинальный кратковременно выдерживаемый ток I_{CW} при $t \leq 0,25$ с, кА	Категория применения
400	1600	3	1000; 1250; 1600	Регулируемая (2–12)· $I_{ном}$	50	50	20	В

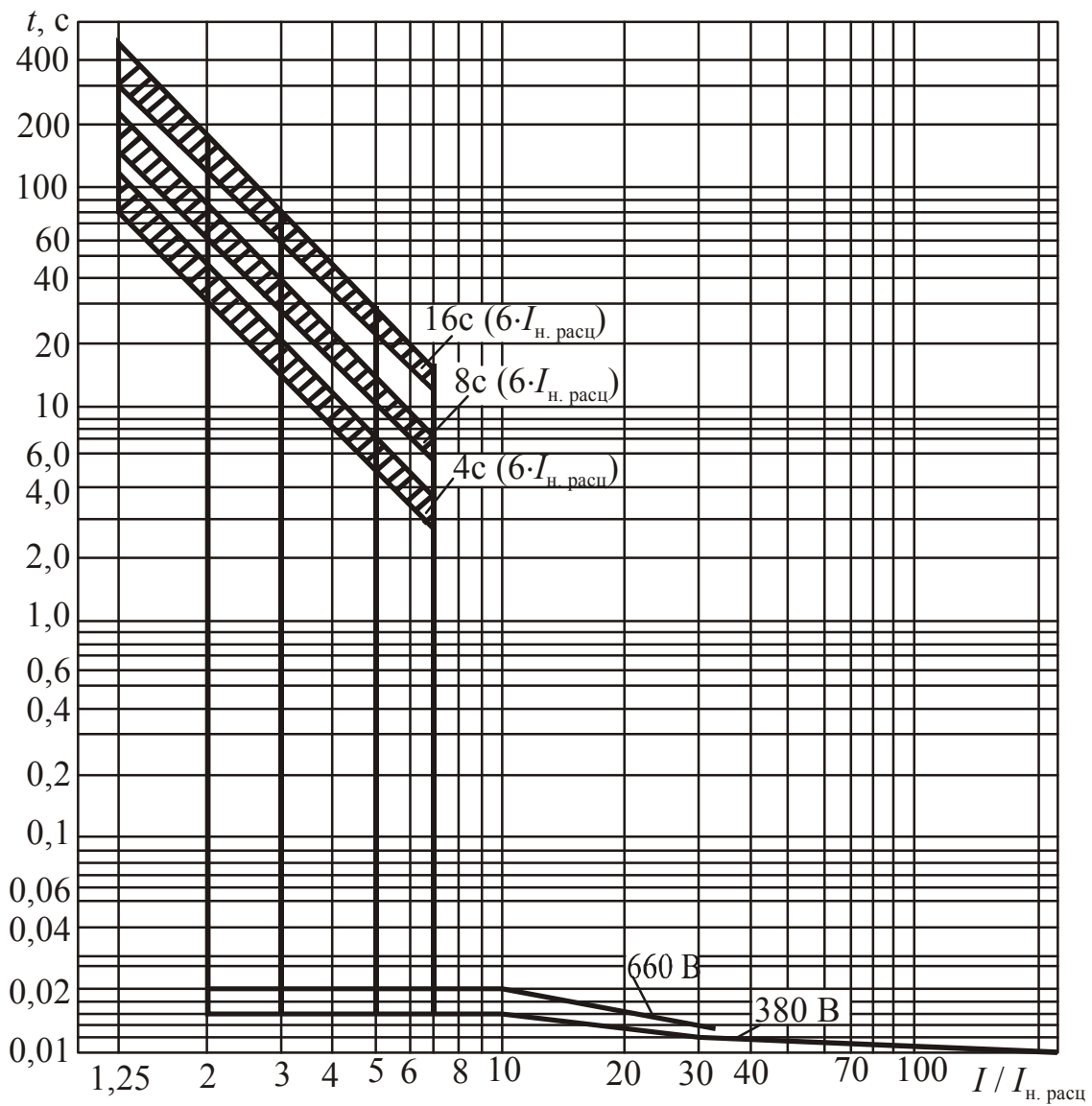


Рис. 2.52. Времятоковые характеристики отключения автоматического выключателя ВА83-41

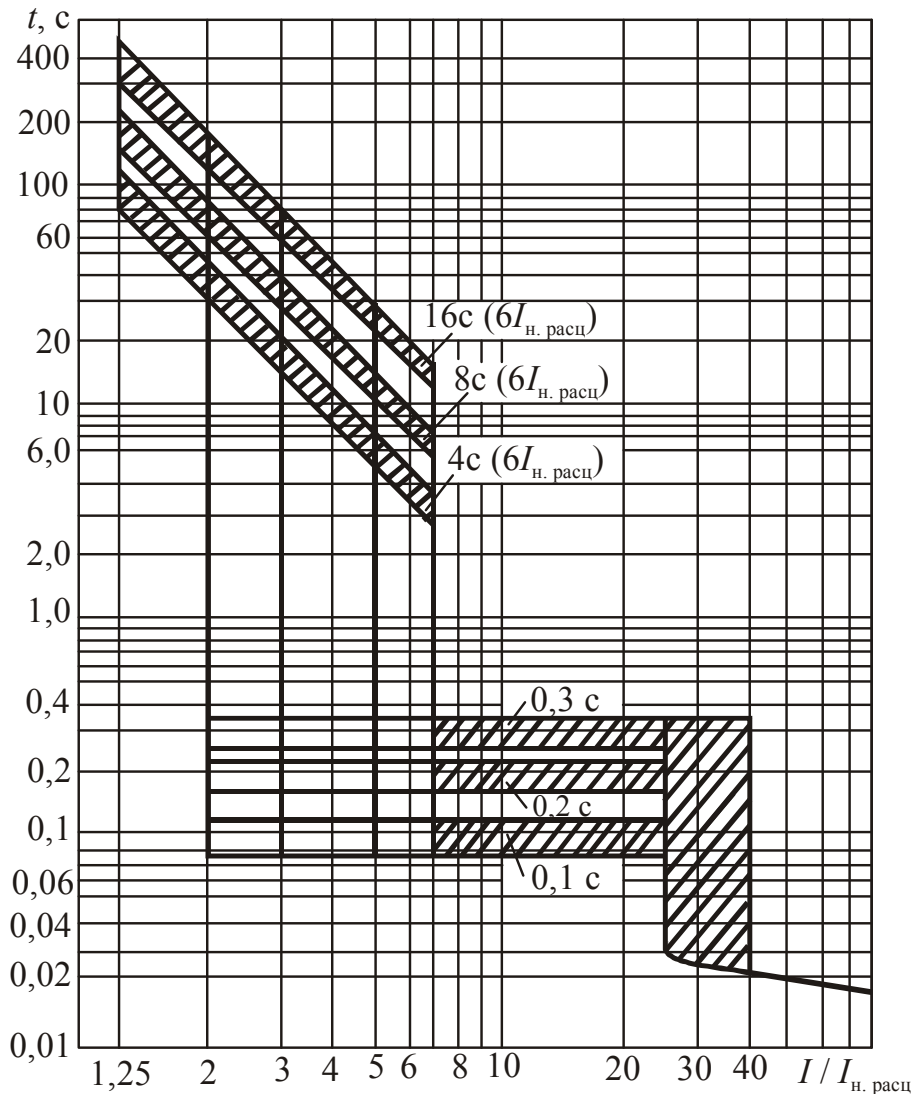


Рис. 2.53. Времятоковые характеристики отключения автоматического выключателя BA85–41

Микропроцессорный расцепитель включает в себя три трансформатора тока, микропроцессорный модуль и отключающую катушку, которая воздействует непосредственно на механизм отключения выключателя. Трансформаторы тока, установленные внутри корпуса выключателя, питают расцепитель и вырабатывают сигналы, необходимые для выполнения функции защиты. При появлении сверхтока выключатель отключается под воздействием отключающей катушки и замыкает контакты сигнализации срабатывания расцепителя. Передняя панель блока микропроцессорного расцепителя показана на рис. 2.54, а в таблице 2.23 приведены операции по настройке расцепителя на определенную защитную характеристику (рис. 2.55 и 2.56). Функции защиты выбираются и регулируются непосредственно на передней панели установкой переключателей согласно приведенной мнемосхеме.

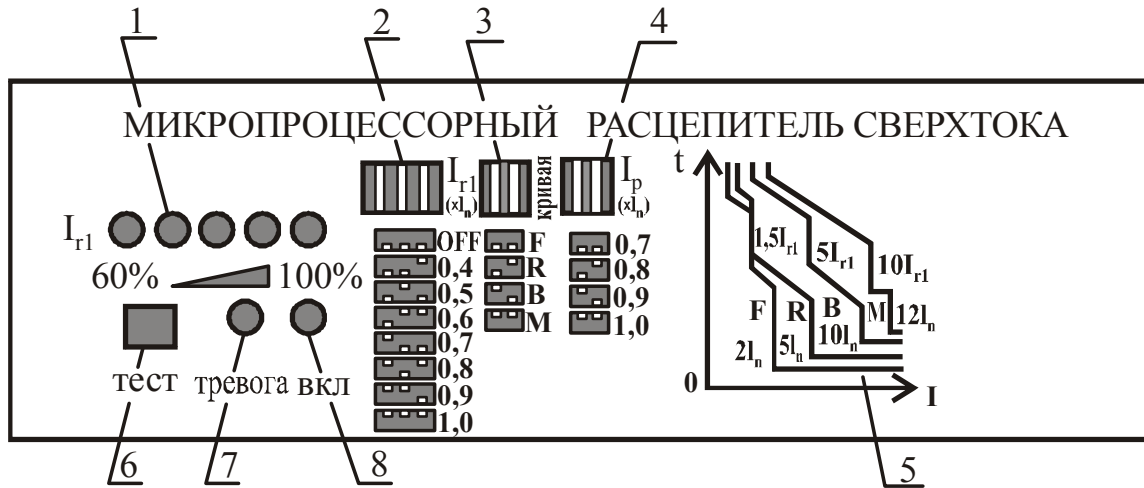


Рис. 2.54. Передняя панель блока микропроцессорного расцепителя:
 1 – индикация текущего тока в % от заданного значения тока тепловой защиты;
 2 – переключатель установки тока тепловой защиты;
 3 – переключатель установки вида защитной характеристики по току короткого замыкания;
 4 – переключатель установки предварительной сигнализации;
 5 – диаграммы устанавливаемых защитных характеристик;
 6 – гнездо для подключения тестирующего устройства;
 7 – индикатор перегрузки;
 8 – индикатор самодиагностики и включения питания расцепителя

Таблица 2.23

Функциональные технические характеристики электронного расцепителя автоматического выключателя ВА88–43

Характеристики	Индикация или операция
Индикация нагрузки	Светодиодная индикация на лицевой панели выключателя: 60%, 70%, 80%, 90%, 100% от заданного значения тока тепловой защиты I_{r1}
Индикация самодиагностики электронного расцепителя	Светодиод «ВКЛ»
Индикация предварительной перегрузки	Светодиод «ТРЕВОГА» (мигает)
Установка тока тепловой защиты I_{r1}	Переключателем « I_{r1} » в положения: «ВЫКЛ»; («0,4»; «0,5»; «0,6»; «0,7»; «0,8»; «0,9»; «1,0»)· $I_{НОМ}$
Установка вида защитной характеристики от тока короткого замыкания (I_{r2} , I_{r3})	Переключателями вида защитной характеристики на лицевой панели: F, R, B, M
Установка предварительной сигнализации	Переключателем « I_p » в положения: («0,7»; «0,8»; «0,9»; «1,0»)· $I_{НОМ}$

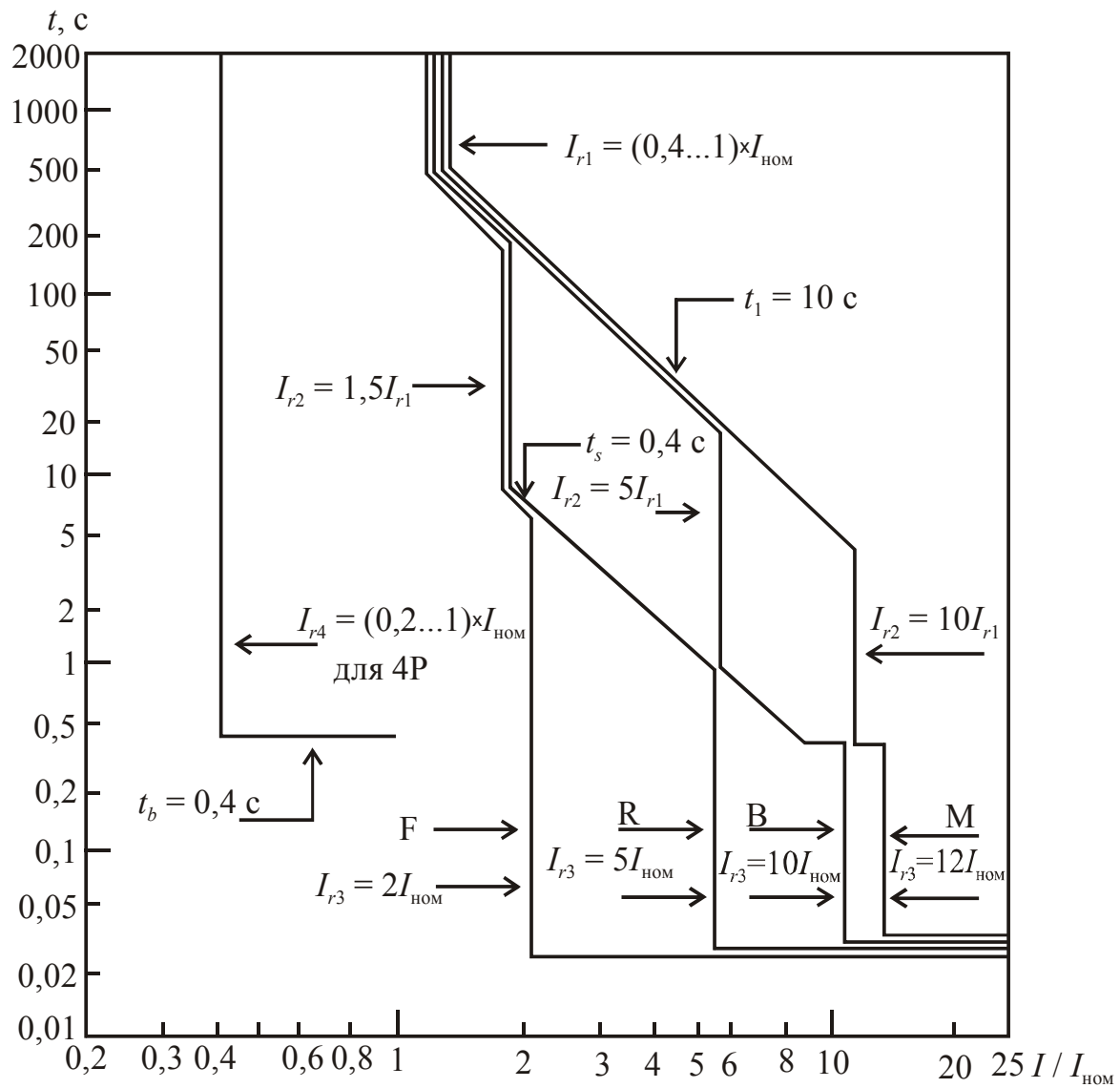


Рис. 2.55. Времятоковая характеристики автомата ВА88–43 с электронным (микропроцессорным) расцепителем при включении по $I^2 \cdot t$

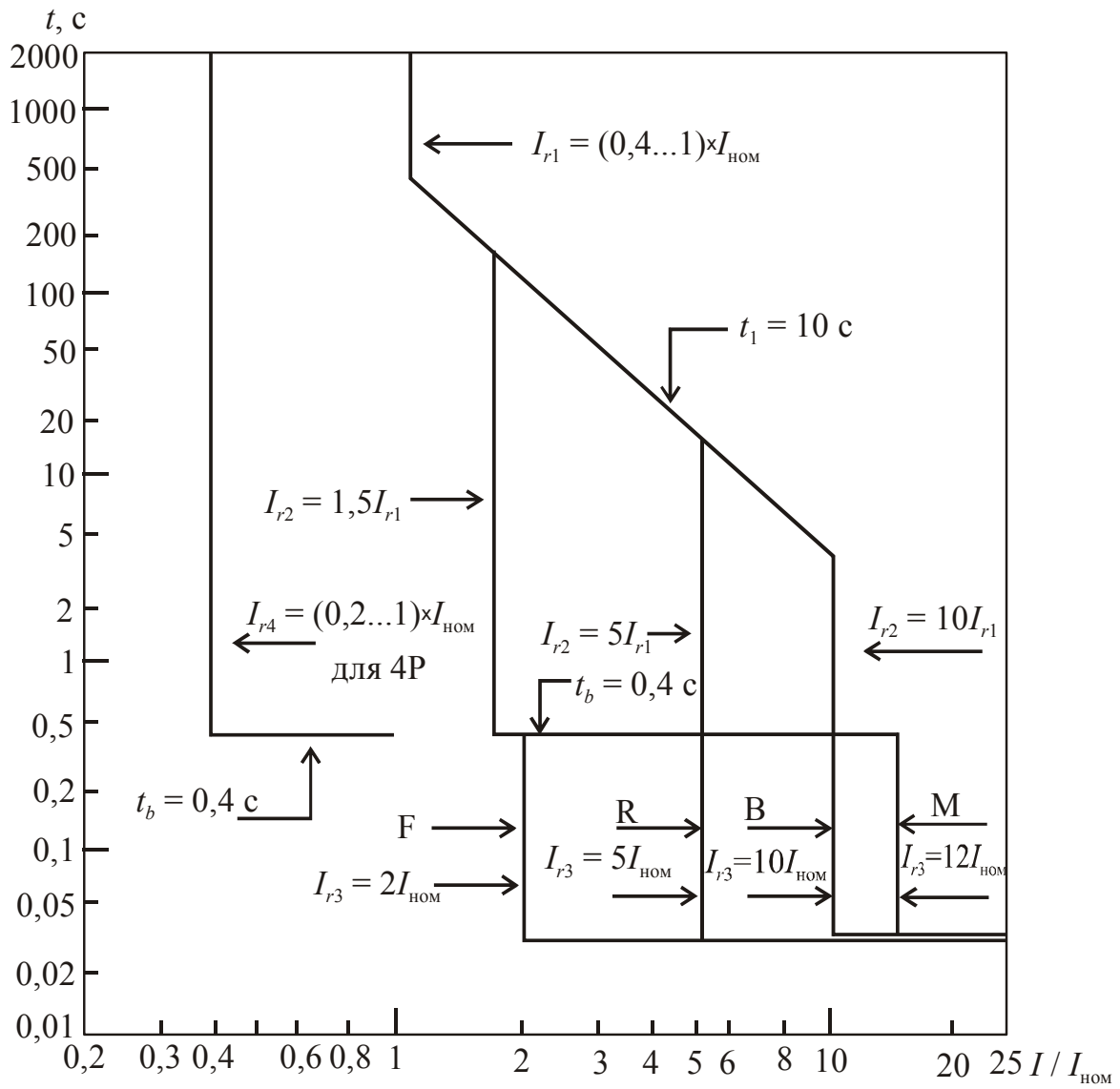


Рис. 2.56. Времятоковая характеристики автомата ВА88–43 с электронным (микропроцессорным) расцепителем при отключении по $I^2 \cdot t$

Из автоматических выключателей серии ВА99 электронными расцепителями оснащены ВА–99/1600, ВА–99С/400 и ВА–99С/630 (табл. 2.24).

Микропроцессорные расцепители выключателей ВА–99/1600 (рис. 2.57) имеют регулируемые уставки мгновенной токовой отсечки (4 положения регулятора по току: $F(2 \cdot I_r)$, $R(5 \cdot I_r)$, $B(10 \cdot I_r)$, $M(12 \cdot I_r)$) и по току перегрузки (8 положений регулятора: $I_r = (0,4-1,0) \cdot I_n$). В таблице 2.25 приведены его основные функции, позволяющие реализовать защиты в соответствии с приведенными на рис. 2.58 времятоковыми характеристиками.

Таблица 2.25

Основные характеристики микропроцессорного расцепителя сверхтоков

Номер позиции на рис. 2.57	Характеристики	Индикация или операция
1	Индикация нагрузки	Светодиодная индикация на лицевой панели выключателя, % соотношения от заданного значения тока тепловой защиты (60%, 70%, 80%, 90%, 100%)
2	Уставка тока тепловой защиты	Переключатель « I_{r1} » положения: «ВЫКЛ»: (0,4; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 0,9; 1,0)· I_n
3	Уставка вида защитной характеристики от тока КЗ	Переключатели на лицевой панели (F , R , B , M)
4	Установка предаварийной сигнализации	Переключатель « I_p » положения: (0,7; 0,8; 0,9; 1,0)· I_n
5	Диаграммы устанавливаемых защитных характеристик	Диаграммы на панели
6	Гнездо для подключения тестирующего устройства	Гнездо на панели
7	Индикация предаварийной перегрузки	Светодиод «перегрузка» мигает
	Индикация замыкания на землю	Светодиод «перегрузка» горит постоянно
8	Индикация включения питания расцепителя и самодиагностики	Светодиод «ВКЛ»

Таблица 2.24

Выключатели автоматические серии ВА–99 и ВА–99С

Наименование	Номинальный ток расцепителя I_n	Количество полюсов	Вид расцепителя	Уставка электромагнитного расцепителя, А	Номинальная предельная наибольшая отключающая способность I_{CU} , кА	Номинальная рабочая наибольшая отключающая способность I_{CS} , кА	Включающая способность I_{cm} (I_{cm} / I_{CU})
ВА–99/1600 А							
ВА–99/1600 1000 А	1000	3P	микропроцессорный	регулируемая	50	37,5	2,2
ВА–99/1600 1250 А	1250	3P+N					
ВА–99/1600 1600 А	1600	4P					
ВА–99С/400 А							
ВА–99С/400 200 А	200	3P 3P+N 4P	STR23SE электронный регулируемый	—	45	45	2,2
ВА–99С/400 225 А	225						
ВА–99С/400 250 А	250						
ВА–99С/400 300 А	300						
ВА–99С/400 315 А	315						
ВА–99С/400 400 А	400						
ВА–99С/630 А							
ВА–99С/630 315 А	315	3P 3P+N 4P	STR23SE электронный регулируемый	—	45	45	2,2
ВА–99С/630 400 А	400						
ВА–99С/630 500 А	500						
ВА–99С/630 630 А	630						

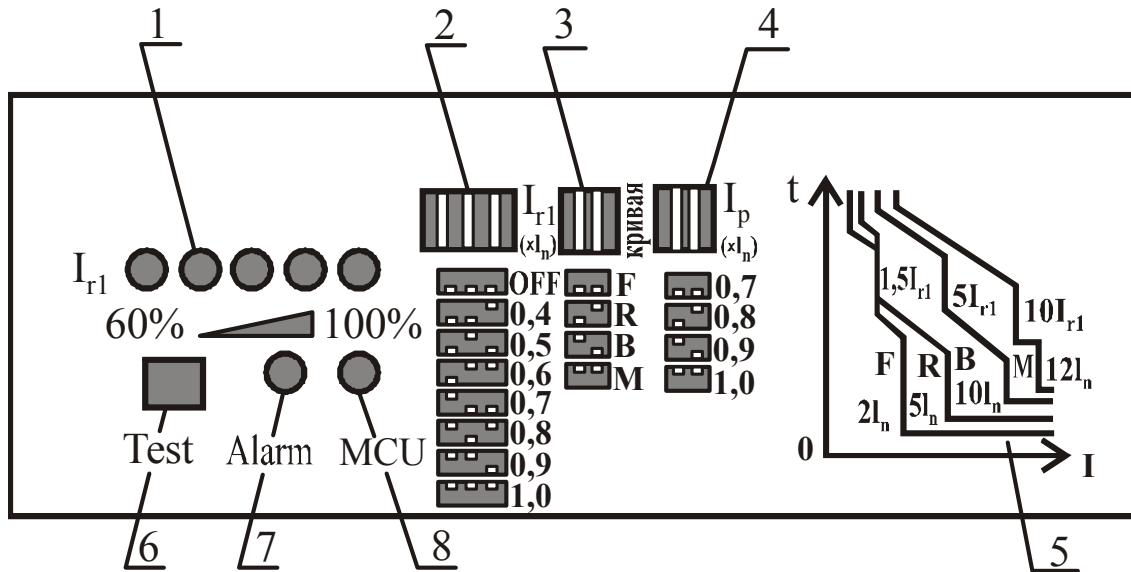


Рис. 2.57. Передняя панель блока микропроцессорного расцепителя автоматического выключателя ВА–99/1600:

- 1 – индикация текущего тока в % от заданного значения тока тепловой защиты;
- 2 – переключатель установки тока тепловой защиты;
- 3 – переключатель установки вида защитной характеристики по току короткого замыкания;
- 4 – переключатель установки предаварийной сигнализации;
- 5 – диаграммы устанавливаемых защитных характеристик;
- 6 – гнездо для подключения тестирующего устройства;
- 7 – индикатор перегрузки;
- 8 – индикатор самодиагностики и включения питания расцепителя

Электронные расцепители STR23 SE автоматических выключателей ВА–99/С (передняя панель изображена на рис. 2.59) обеспечивают защиту (рис. 2.60) от перегрузок (48 положений):

- грубая регулировка $I_0 = (0,5–1,0) \cdot I_n$ (6 положений);
- тонкая регулировка $I_r = (0,8–1,0) \cdot I_n$ (8 положений)

и от токов короткого замыкания, уставка по току регулируется в пределах $I_{sd} = (2–10) \cdot I_r$ (8 положений). Кроме этого, на передней панели отображается индикация нагрузки:

- светодиод *alarm* горит – 90% от уставки I_r ;
- светодиод *alarm* мигает – более 105% от уставки I_r

и имеется гнездо для подключения тестирующего устройства с целью проверки работы аппарата после установки расцепителя или других вспомогательных устройств. Дополнительная информация о выключателях серии ВА99 приведена в разделе 2.2.

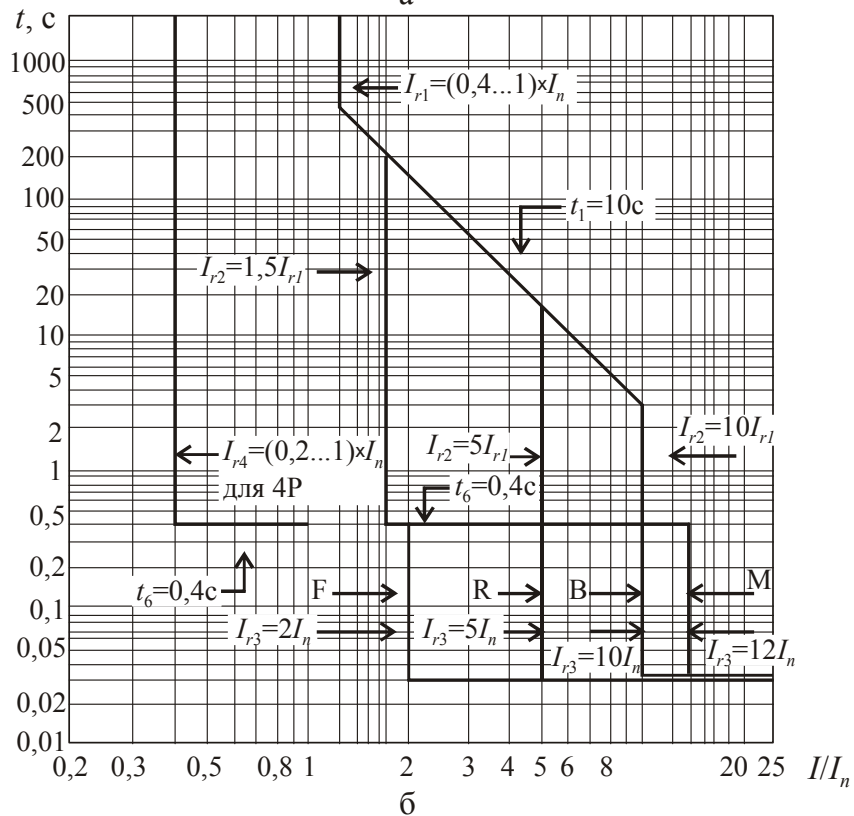
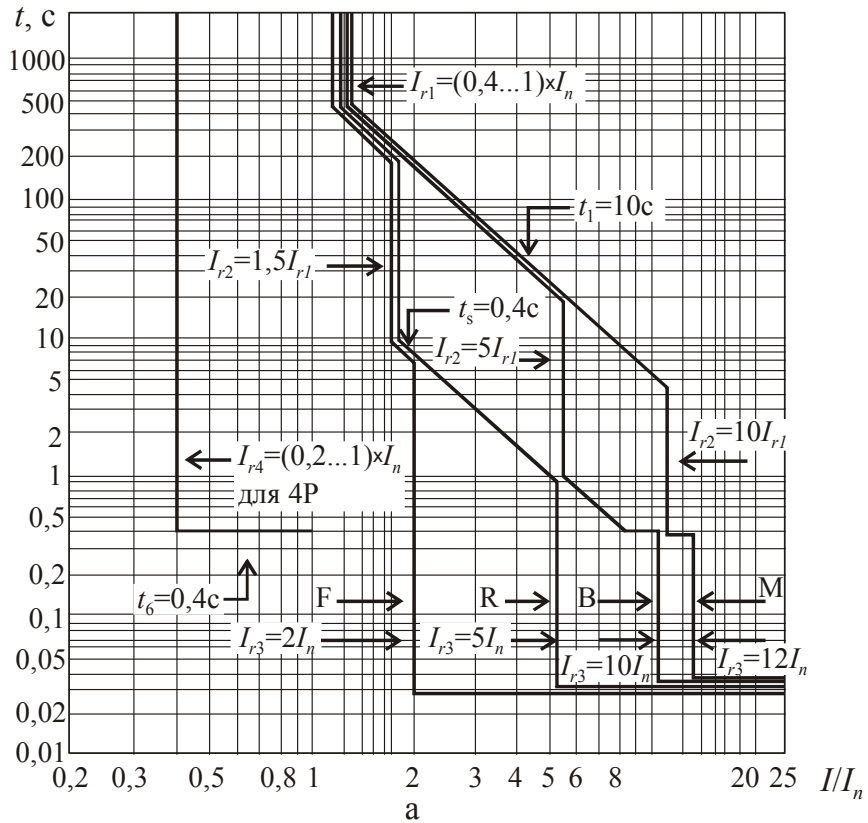


Рис. 2.58. Времятоковые характеристики автоматических выключателей ВА-99/1600 с микропроцессорным расцепителем: а – характеристика расцепителя при включении по $I^2 t$; б – характеристика расцепителя при отключении по $I^2 t$

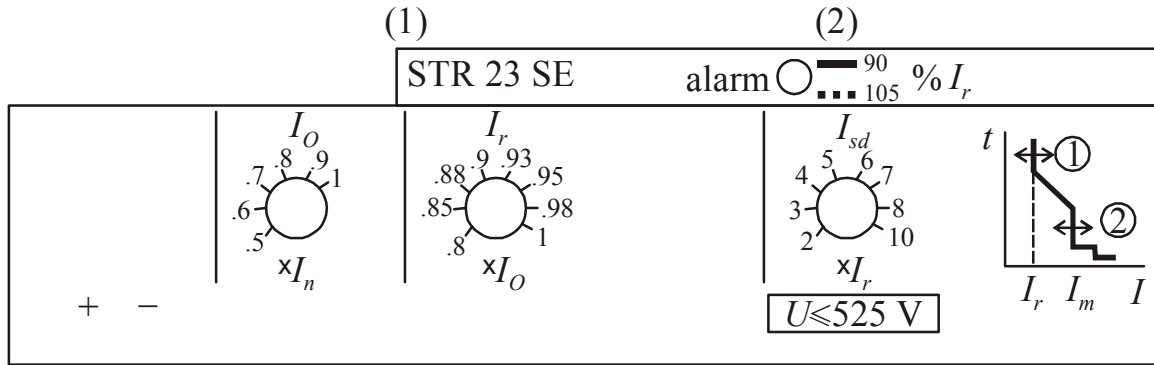


Рис. 2.59. Передняя панель блока электронного расцепителя автоматических выключателей ВА–99С/400 и ВА–99С/630

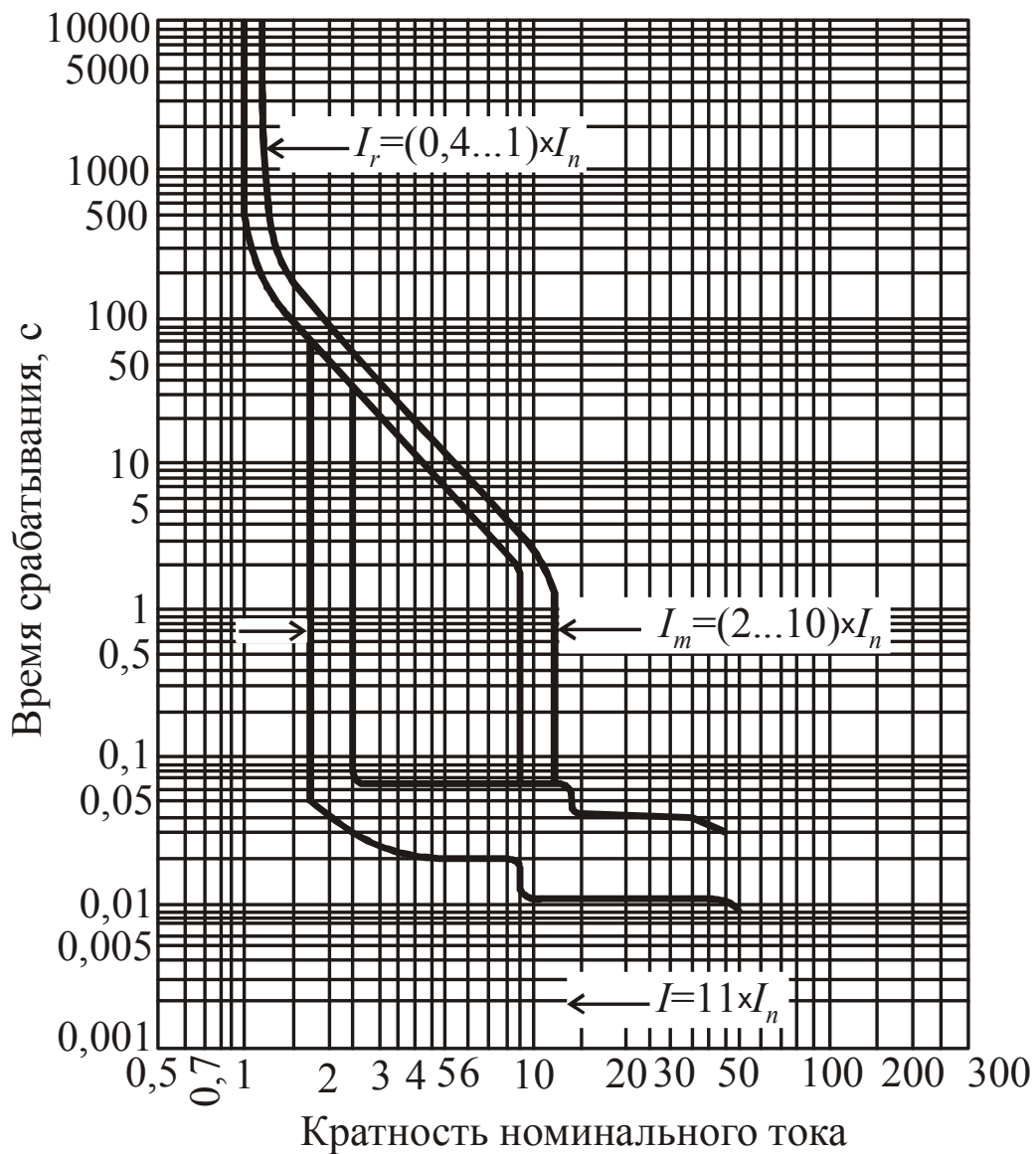


Рис. 2.60. Времятоковые характеристики автоматических выключателей ВА–99С/400 и ВА–99/630 с электронным расцепителем

Автоматические выключатели серии ВА–СЭЩ–ТД, ВА–СЭЩ–ТС, ВА–СЭЩ–АВS1203Е предназначены для установки в шкафах комплектных распределительных устройств, на панелях и в отдельных шкафах внутренней установки промышленных объектов. Они используются:

- в качестве вводных, фидерных и межсекционных выключателей в трехфазных распределительных устройствах;
- для включения и защиты сетей, электродвигателей, генераторов, трансформаторов, конденсаторных установок;
- для оперативных включений и отключений, аварийного отключения потребителей электрической энергии;
- в качестве разъединителей нагрузки.

Выключателей ВА–СЭЩ–ТД/ТС рассчитаны для эксплуатации в электроустановках на номинальное напряжение до 690 В переменного тока частотой 50/60 Гц, на номинальное напряжение до 500 В постоянного тока и на токи до 16 до 800 А, выключатели ВА–СЭЩ–АВS1203Е – на номинальное напряжение до 600 В переменного тока частотой 50/60 Гц, на номинальное напряжение до 250 В постоянного тока и ток 1200 А.

Автоматические выключатели ВА–СЭЩ серии ТД выпускаются в корпусе одного типоразмера и рассчитаны на номинальный ток от 16 до 160 А. Такие выключатели комплектуются только фиксированным термомангнитным расцепителем.

Выключатели серии ТС выпускаются в корпусах трех типоразмеров и рассчитаны на ток от 40 до 800 А и отключающую способность до 150 кА. Они снабжены легко устанавливаемыми и взаимозаменяемыми теплоэлектромагнитными или электронными расцепителями. Это позволяет легко изменить защиту цепи при изменении характера нагрузки. Электронный расцепитель позволяет регулировать значение уставок для защиты от тока перегрузки и тока короткого замыкания.

Автоматические выключатели ВА–СЭЩ–АВS1203Е имеют один типоразмер корпуса и рассчитаны на номинальный ток 1200 А, оснащаются встроенным электронным расцепителем.

Возможные номинальные токи и типы устанавливаемых расцепителей максимального тока выключателей ВА–СЭЩ–ТД/ТС приведены в таблице 2.26, а защитные характеристики – на рис. 2.61 и 2.62.

Пример настройки защит расцепителями серии ЕТС показан на рис. 2.63. Более широкие возможности заложены в электронных расцепителях серии ЕТМ (табл. 2.28), которыми могут оснащаться выключатели ТS400–ТS800. Передняя панель таких расцепителей изображена на рис. 2.64, а настройка защит от токов перегрузки и токов трех- и однофазного КЗ иллюстрируется рис. 2.65. Расцепители ЕТМ измеряют векторную

Таблица 2.26

**Номинальные токи и типы устанавливаемых расцепителей максимального тока
автоматических выключателей ВА–СЭЩ–ТД/ТС**

Типо-размер корпуса	Вид расцепителя	Номинальный ток $I_{ном}$, А						
		Теплоэлектромагнитный расцепитель				Электронный расцепитель		DSU
		FTU	FMU	ATU	MTU	ETS	ETM	
TD100	Встроенный	16;20;25;32; 40; 50; 63; 80; 100	16;20;25;32; 40; 50; 63; 80; 100	—	—	—	—	—
TD160		100; 125; 160	100; 125; 160	—	—	—	—	160
TS100	Взаимозаменяемый	40; 50; 63; 80; 100	40; 50; 63; 80; 100	—	1,6;3,2;6,3;12; 20;32;50;63;100	40; 80	—	100
TS160		100; 125; 160	100; 125; 160	100; 125; 160	32; 50; 63; 100; 160	40; 80; 160	—	160
TS250		125;160;200;250	125;160;200;250	125;160;200;250	100; 160; 220	40; 80; 160; 250	—	250
TS400		300; 400	300; 400	300; 400	320	160; 250; 400	160; 250; 400	400
TS630		500; 630	500; 630	500; 630	500	160;250;400;630	160;250;400;630	630
TS800		700; 800	800	800	630	630; 800	630; 800	800

Типы расцепителей	FTU	• С нерегулируемыми уставками теплового и электромагнитного расцепителей
	FMU	• С регулируемой уставкой теплового и нерегулируемой уставкой электромагнитного расцепителя
	ATU	• С регулируемыми уставками теплового и электромагнитного расцепителей
	MTU	• Только с электромагнитным расцепителем
	ETS	• Электронный (LSI), возможные уставки даны в таблице 2.27
	ETM	• Электронный (LSIG, амперметр, интерфейс связи, логическая селективность, см. таблицу 2.28)
	DSU	• Выключатель-разъединитель

Примечание: характеристики выключателей с теплоэлектромагнитными расцепителями даны в разделе 2.2.

сумму токов в трех фазных и в нейтральном проводниках. Если эта сумма превышает заданное значение (например, при однофазном замыкании на землю) в течение времени, превышающего заданную задержку, то автоматический выключатель срабатывает в соответствии с настройкой защиты (рис. 2.66). Из дополнительных функций расцепители обладают:

- измерением тока – значение наибольшего из фазных токов отображается в верхней строке ЖК-дисплея, в нижней строке поочередно прокручиваются значения всех фазных токов, минимальный ток в одной фазе $0,3 \cdot I_n$, максимальный – $10 \cdot I_n$, точность измерения – 10%;
- интерфейсом передачи данных – возможна передача уставки срабатывания защиты, значения наибольшего из трех фазных токов, значений токов фазных и нейтрального проводников, аварийных сообщений (перегрузка, короткое замыкание);
- логической селективностью (ZCI) – несколько автоматов соединяются кабелем управления и включается функция ZCI.

Таблица 2.27

Характеристики расцепителей ETS для выключателей TS100–TS800

Параметр	Численные значения и примечания
<i>Защита от перегрузки (с длительной задержкой срабатывания)</i>	
Уставка I_r , А	(0,4; 0,45; 0,5; 0,55; 0,6; 0,65; 0,7; 0,75; 0,8; 0,85; 0,9; 0,95; 1,0)· I_n , 13 значений уставок
Время срабатывания, с	нерегулируемое при $6 \cdot I_r$, точность срабатывания $\pm 20\%$
<i>Защита от короткого замыкания (с кратковременной задержкой срабатывания)</i>	
Уставка I_{sd} , А	9 значений уставок: (1,5; 2; 3; 4; 5; 6; 7; 8; 10)· I_r , точность срабатывания $\pm 15\%$
Задержка срабатывания, мс	4 настройки: 50; 100; 200; 300, точность отсчета задержки $\pm 20\%$
<i>Защита от короткого замыкания (мгновенная)</i>	
Уставка I_i , А	нерегулируемая, $11 \cdot I_n$

Функция логической селективности (рис. 2.67) используется для сетей с высокими значениями номинального тока и тока короткого замыкания, предъявляющих повышенные требования к безопасности и непрерывности электропитания. Подобная селективность реализуется, если аппараты снабжены специальными электронными расцепителями (ETM для автоматических выключателей TS). Логическая селективность обеспечивает:

- снижение нагрузки на элементы системы электроснабжения в условиях короткого замыкания;

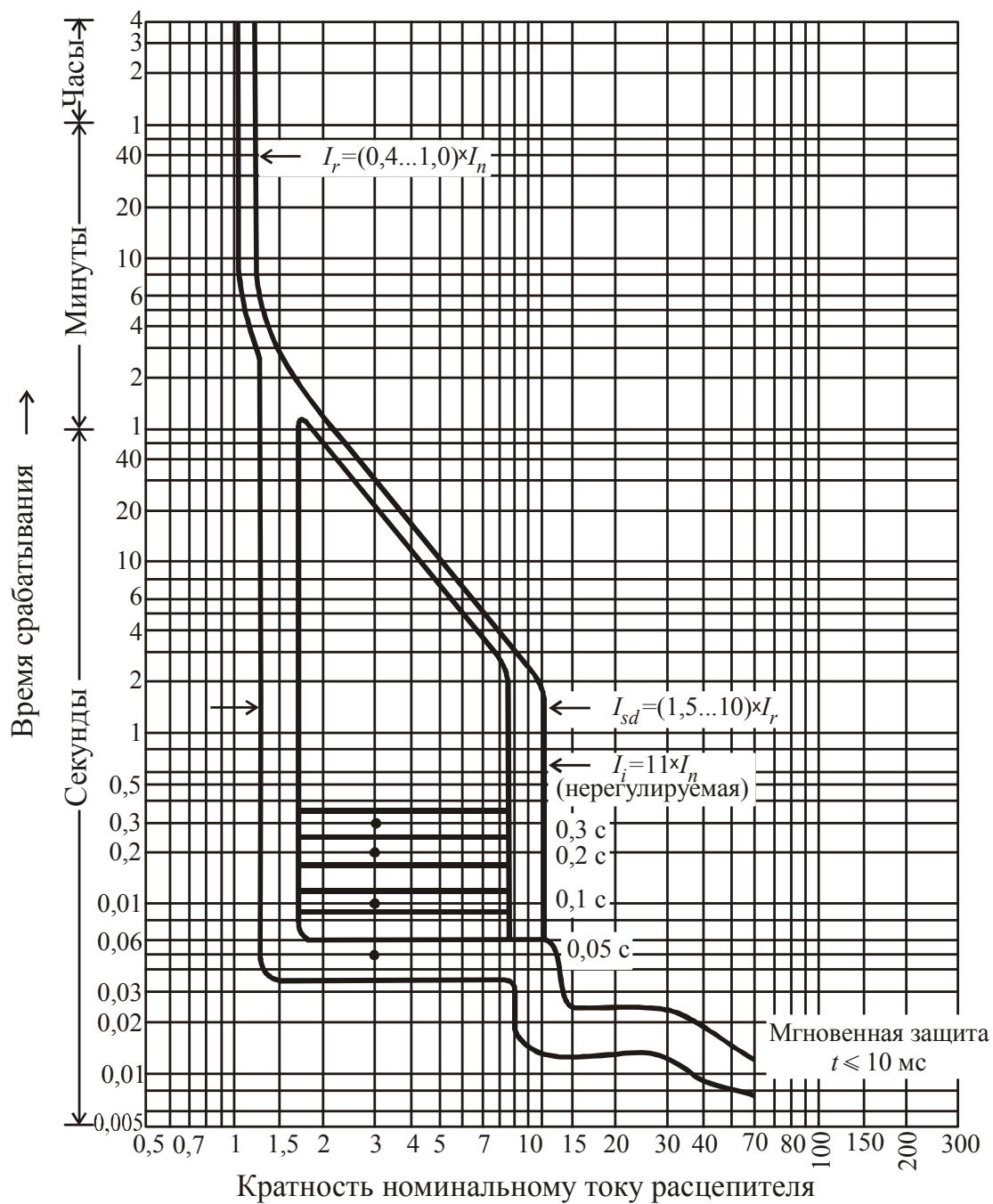


Рис. 2.61. Характеристики срабатывания защиты автоматических выключателей TS100–TS800 с электронными расцепителями ETS23, ETS33, ETS43 (возможные уставки даны в таблице 2.27)

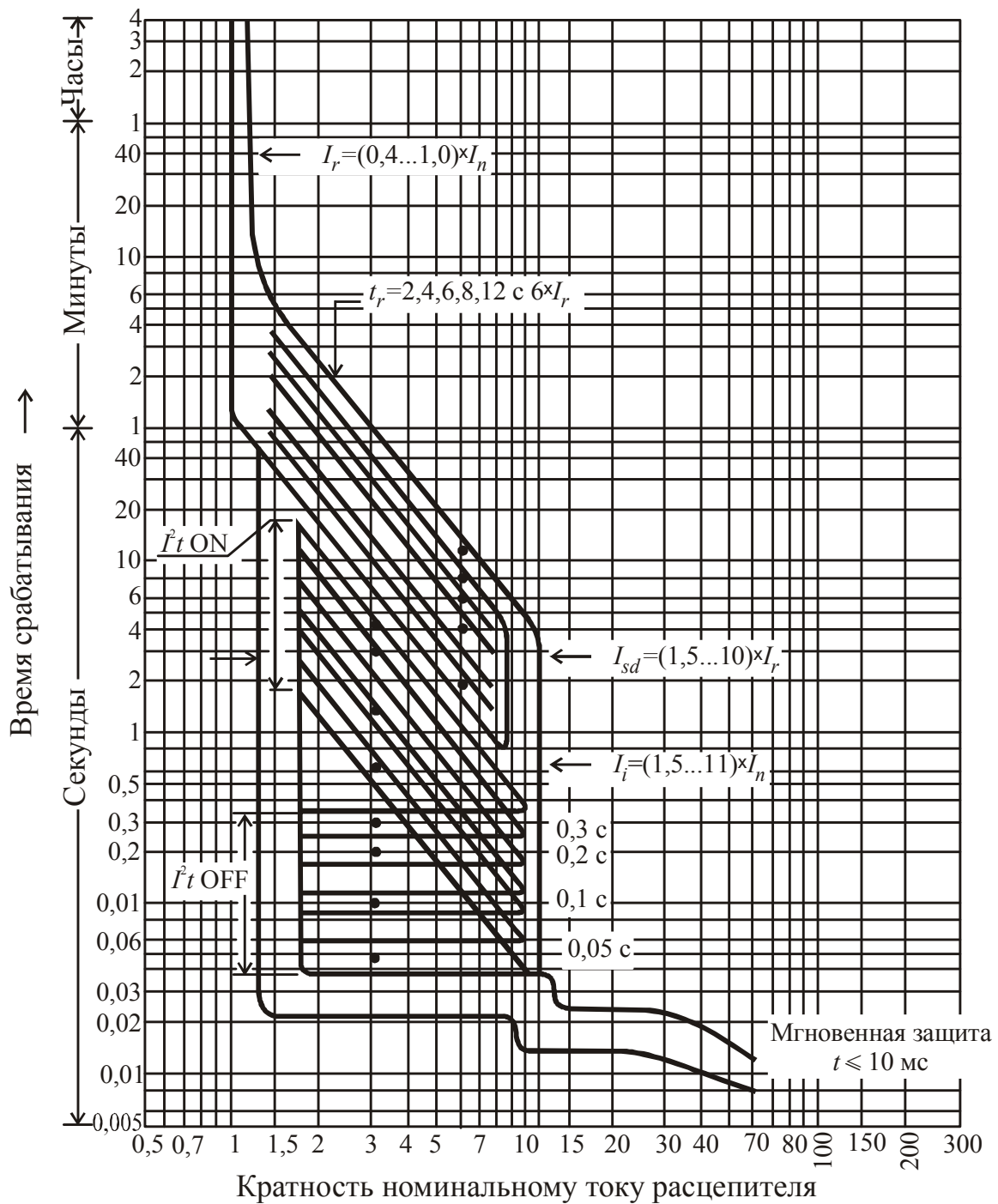
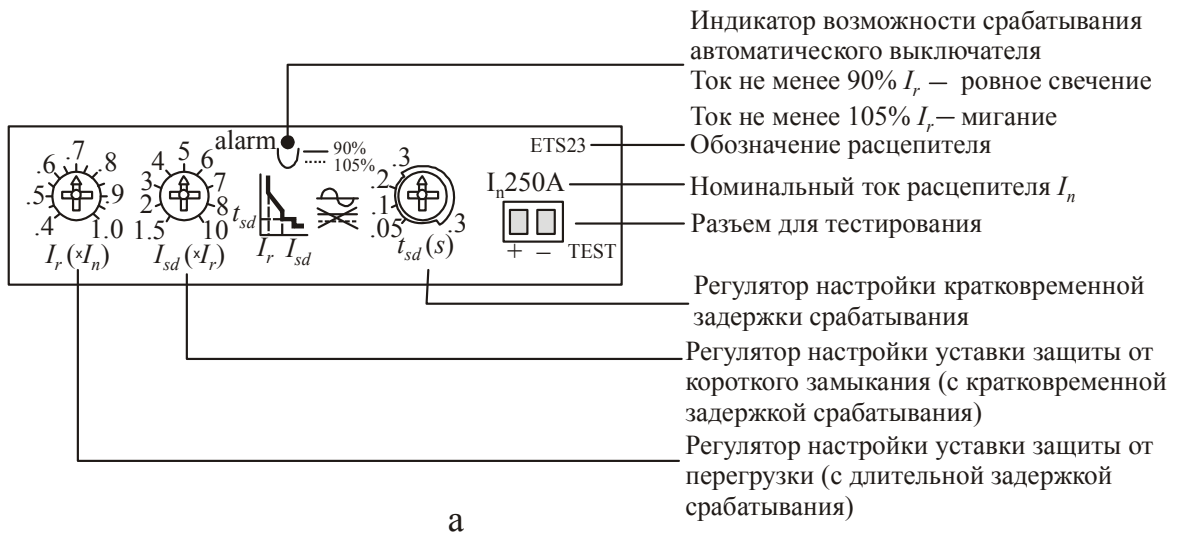
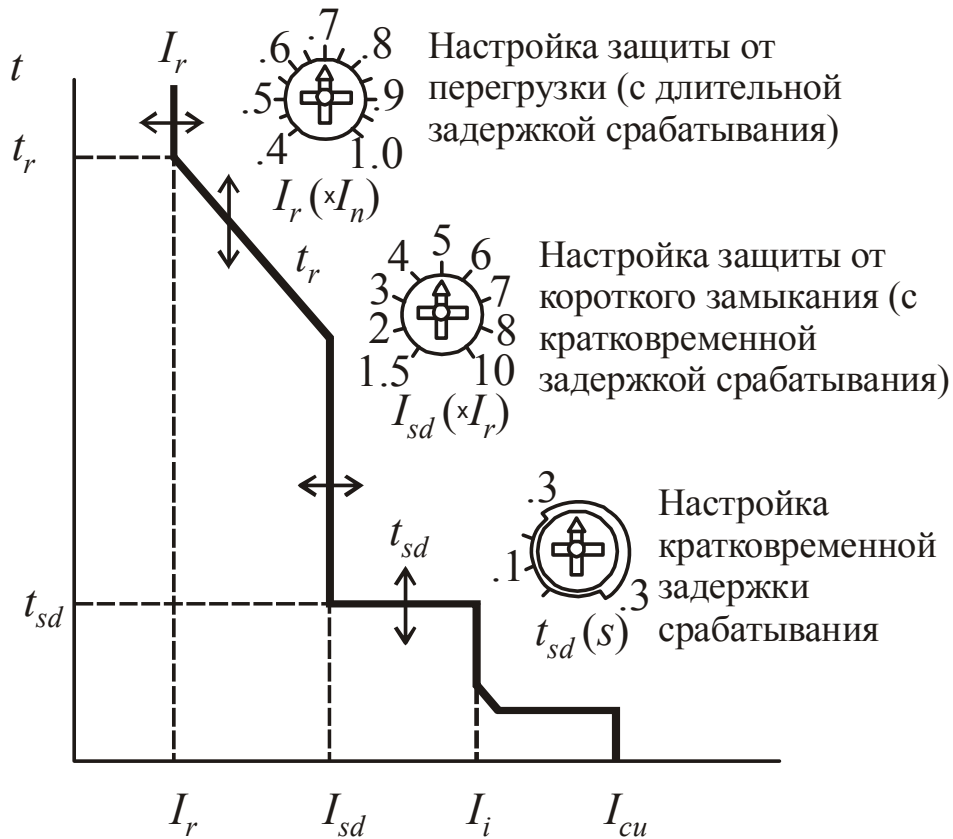


Рис. 2.62. Характеристики срабатывания защиты автоматических выключателей TS400, TS630, TS800 с электронными расцепителями ETM33, ETM43 (по таблице 2.28)



а



б

Рис. 2.63. Передняя панель электронного расцепителя серии ETS23 (а) и пример настройки защит от токов перегрузки и токов короткого замыкания (б)

Характеристики и опции расцепителей ЕТМ для выключателей
TS400–TS800

Параметр	Численные значения и примечания
<i>Защита от перегрузки (с длительной задержкой срабатывания)</i>	
Уставка I_r , А	Регулируемая: $(0,3-1,0) \cdot I_n$, 30 значений уставок
Задержка срабатывания, с, при $6 \cdot I_r$	регулируемая, 5 значений: 2, 4, 6, 8, 12; точность отсчета $\pm 20\%$
<i>Защита от короткого замыкания (с кратковременной задержкой срабатывания)</i>	
Уставка I_{sd} , А	регулируемая, 9 значений: $(1,5; 2; 3; 4; 5; 6; 7; 8; 10) \cdot I_r$, точность срабатывания $\pm 15\%$
Задержка срабатывания, мс, при $6 \cdot I_r$	регулируемая, 4 настройки: 50; 100; 200; 300, точность отсчета $\pm 15\%$; функция « $I^2t = \text{constant}$ »: Вкл. или Откл.
<i>Защита от короткого замыкания (мгновенная)</i>	
Уставка I_i , А	регулируемая, 9 значений: $(1,5; 2; 3; 4; 5; 6; 7; 8; 10) \cdot I_n$
<i>Индикация причины срабатывания</i>	
Светодиодный индикатор	$I_r, I_{sd}, I_i (I_g)$
<i>Опции для TS400ETM–TS800ETM</i>	
Измерение тока, А	ток максимально нагруженной фазы, токи трех фазных и нейтрального проводника
Защита от замыкания на землю	регулируемая уставка, 9 настроек: $(0,2-1,0) \cdot I_n$; регулируемое время задержки, 4 настройки: 100, 200, 300, 400 мс, допуск $\pm 20\%$; функция « $I^2t = \text{constant}$ »: Вкл. или Откл.
Интерфейс передачи данных	передача значений уставок, токов фазных и нейтрального проводников, причин срабатывания
Логическая селективность ZCI	входной и выходной сигнал ZCI

- уменьшение времени срабатывания (до сотен миллисекунд);
- снижение ущерба в системе электропитания при авариях.

При включенной функции ZCI расцепитель ЕТМ обнаруживает замыкание и посылает сигнал выше расположенному автоматическому выключателю (рис. 2.67). Получив сигнал, этот выключатель не будет срабатывать в течение заданной выдержки, игнорируя собственные задержки срабатывания защиты от короткого замыкания или замыкания на землю, а затем сбрасывает сигнал аварии. При отсутствии ZCI расце-

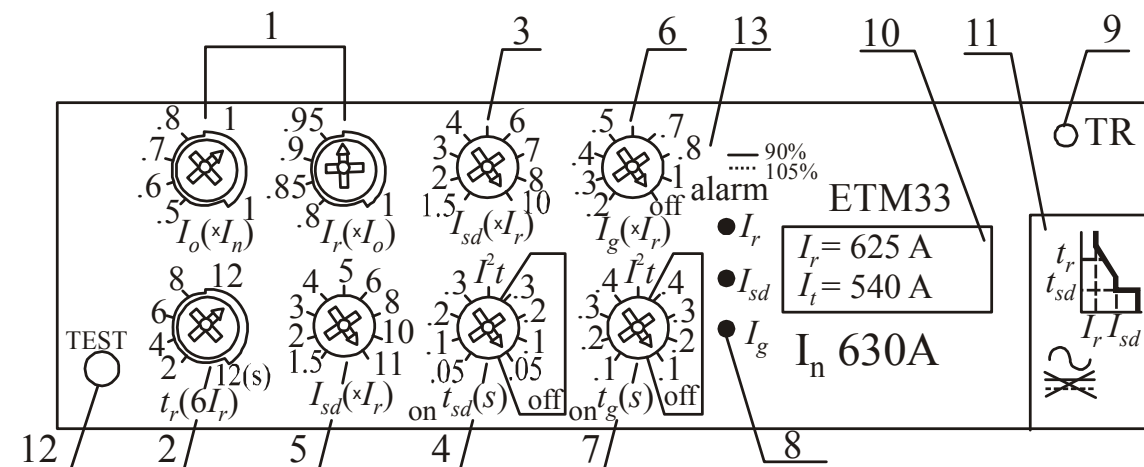


Рис. 2.64. Органы управления и индикации многофункциональных электронных расцепителей серии ETM для выключателей TS400, TS630 и TS800:

1 – регулятор настройки защиты с длительной задержкой срабатывания (I_r); 2 – регулятор настройки длительной задержки срабатывания (t_r); 3 – регулятор настройки защиты с кратковременной задержкой срабатывания времени (I_{sd}); 4 – регулятор кратковременной задержки срабатывания (t_{sd}); 5 – регулятор настройки уставки мгновенной защиты (I_i); 6 – регулятор настройки защиты от замыкания на землю (I_g); 7 – регулятор настройки задержки срабатывания защиты от замыкания на землю (t_g); 8 – светодиодные индикаторы; 9 – кнопка TR (отображение причины срабатывания); 10 – ЖК-дисплей (амперметр); 11 – дополнительное питание; 12 – разъем для тестирования; 13 – светодиодный индикатор возможности срабатывания автоматического выключателя: ток не менее 90% I_r – непрерывное свечение, ток не менее 105% I_r – мигание

Примечания: 1. Индикация возможности срабатывания автоматического выключателя: светодиодные индикаторы (alarm) начинают светиться ровным светом, когда ток превышает 90% I_r , и начинает мигать, когда ток превышает 105% I_r , указывая тем самым, что автоматический выключатель может сработать.

2. Индикаторы срабатывания автоматического выключателя: светодиодные индикаторы указывают причину срабатывания: I_r – перегрузка; I_{sd} – короткое замыкание (защита с кратковременной задержкой срабатывания, мгновенная); I_g – замыкание на землю.

3. При нажатии кнопки TR загорается индикатор, указывающий на причину срабатывания. Информация о причине срабатывания сохраняется в памяти и отображается светодиодным индикатором при нажатии кнопки TR. При замыкании автоматического выключателя после его срабатывания светодиод гаснет и память очищается. Если нажать на кнопку TR в нормальном режиме работы, то загорятся все индикаторы, что указывает на их исправность и наличие вспомогательного электропитания.

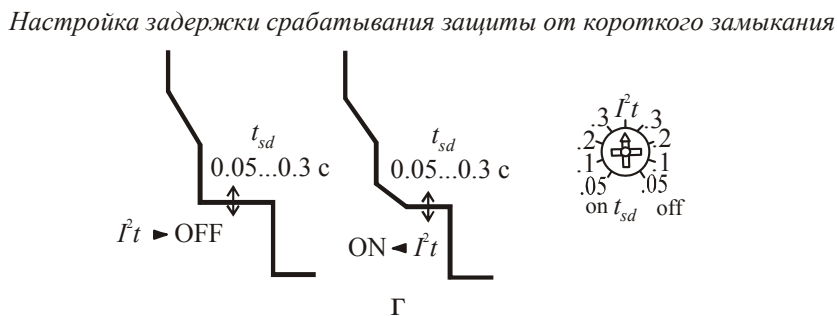
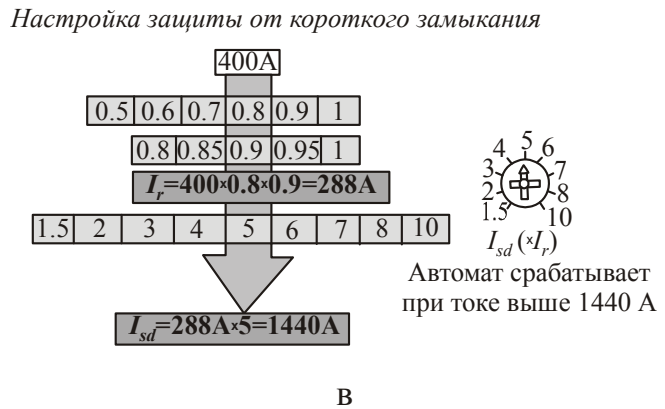
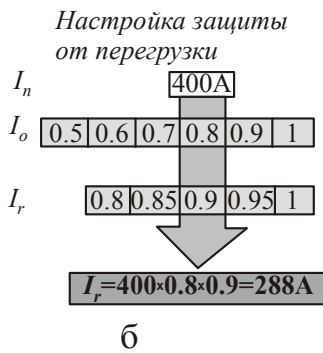
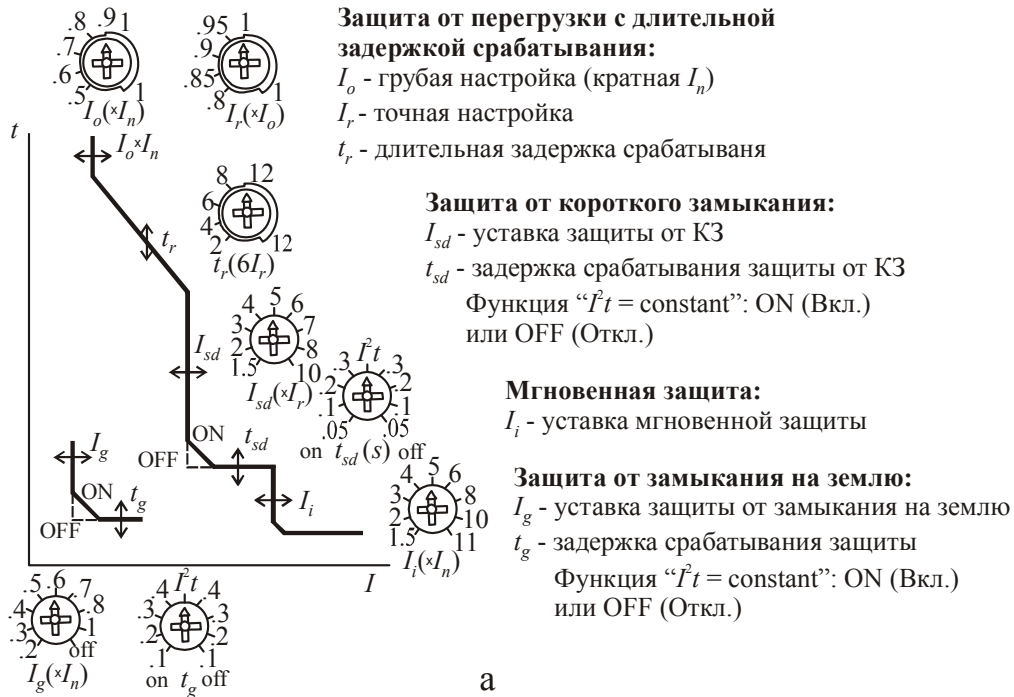


Рис. 2.65. Характеристики срабатывания расцепителей серии ЕТМ (а) и примеры настройки защит от перегрузки (б) и от коротких замыканий (в, г)

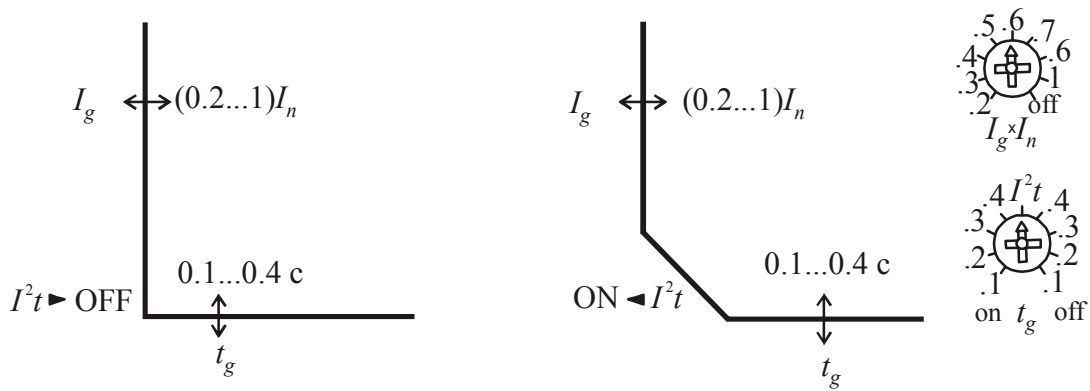


Рис. 2.66. Настройка защиты от замыкания на землю: I_g – уставка защиты от замыкания на землю; t_g – задержка срабатывания защиты

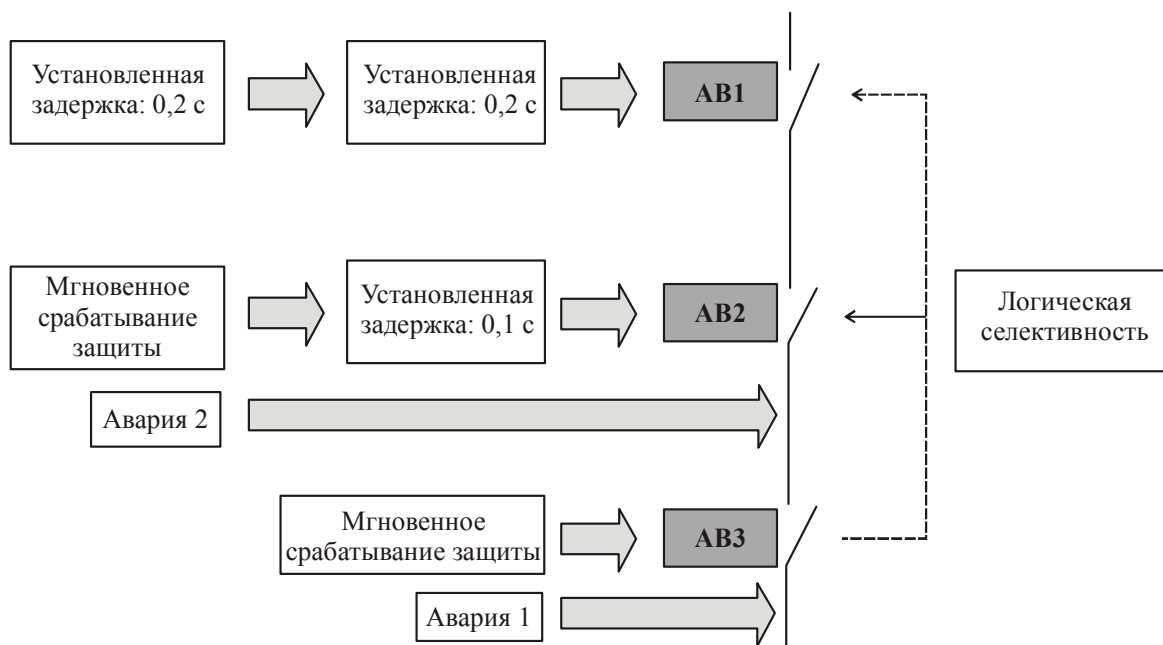


Рис. 2.67. Принцип работы автоматических выключателей с включенной функцией логической селективности

питель ЕТМ обнаруживает аварию, после чего автоматический выключатель срабатывает с установленной выдержкой времени.

Выключатели ABS1203E оснащаются встроенным электронным расцепителем. На рис. 2.68 показаны органы индикации и управления расцепителя, позволяющие настроить защиту в соответствии с его времятоковыми характеристиками (рис. 2.69). Мгновенная защита от токов короткого замыкания имеет фиксированное значение: $11 \cdot I_n$.

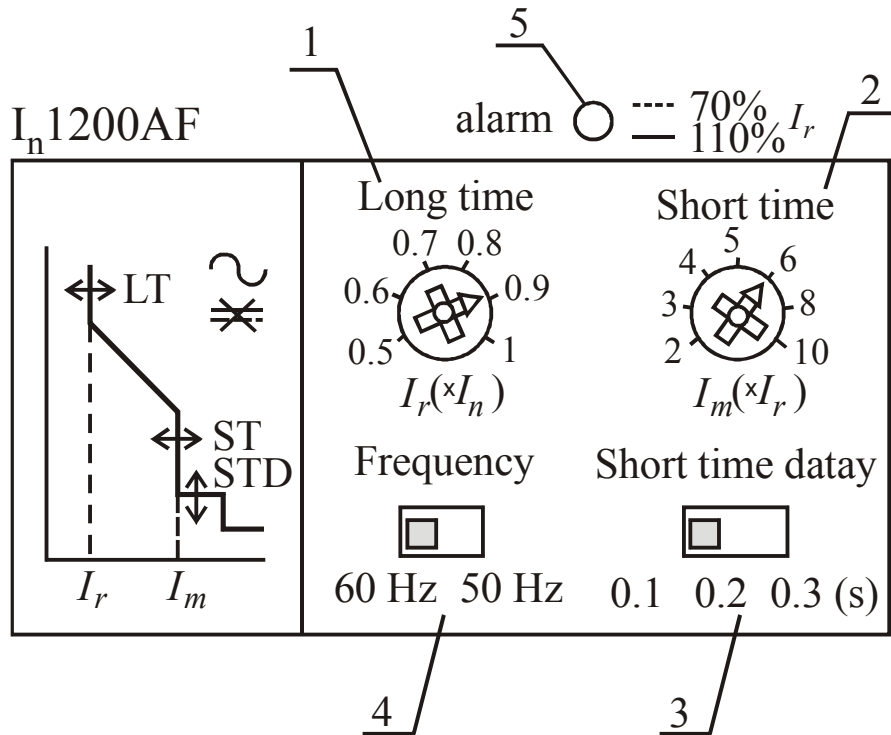


Рис. 2.68. Передняя панель электронного расцепителя автоматического выключателя ВА–СЭЩ–ABS1203Е: 1 – регулятор настройки защиты с длительной задержкой срабатывания $I_r=(0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 0,9; 1,0) \cdot I_n$; 2 – регулятор настройки защиты с кратковременной задержкой срабатывания $I_m=(2-3-4-5-6-8-10) \cdot I_r$; 3 – переключатель значений кратковременной задержки срабатывания: 0,1; 0,2; 0,3 секунды; 4 – переключатель частоты 50 или 60 Гц; 5 – светодиодный индикатор: если ток нагрузки находится в пределах 70–110% установленного значения I_r , индикатор мигает; если ток нагрузки превышает 110% установленного значения I_r , то светодиод светится непрерывно, указывая тем самым, что автоматический выключатель может сработать

Автоматические выключатели ВА–СЭЩ–LBA рассчитаны для эксплуатации в электроустановках на номинальное напряжение до 690 В переменного тока частотой 50/60 Гц и на номинальные токи от 630 до 5000 А (табл. 2.28). Структура их условного обозначения и ее расшифровка приведены на рис. 2.70. Технические параметры выключателей представлены в таблице 2.28, а изменение их номинального тока в зависимости от температуры окружающей среды – в таблице 2.29.

Выключатели оснащаются электронными расцепителями максимального тока с защитными характеристиками, аналогичными приведенным на рис. 2.71. С помощью электронных блоков контроля и управления (табл. 2.30 и 2.31) расцепители настраиваются на защиты в соответствии с времятоковыми характеристиками их реле отключения (рис. 2.72–2.75).

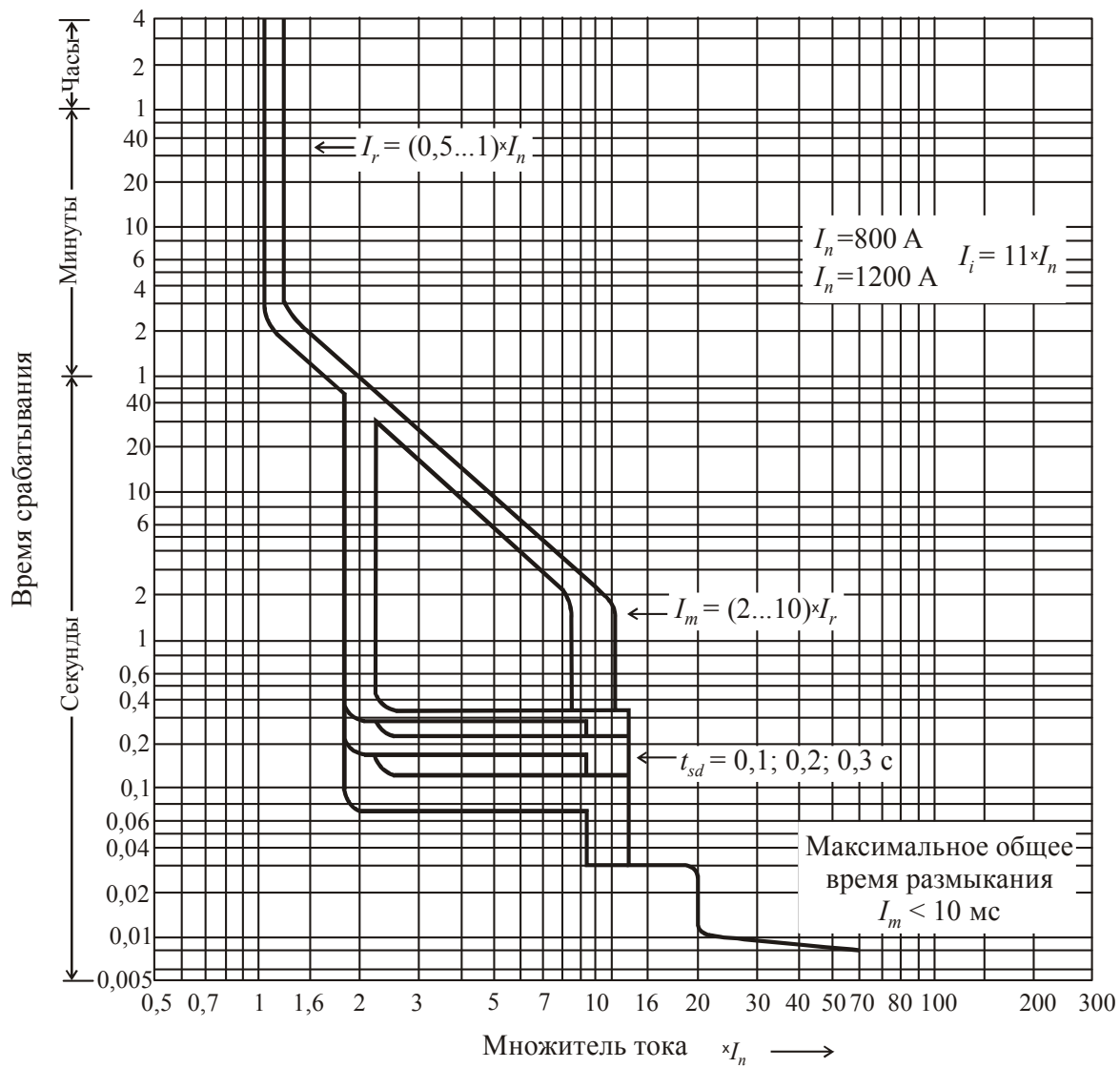


Рис. 2.69. Времятоковые характеристики отключения автоматического выключателя ВА-СЭЩ-ABS1203Е

Таблица 2.28

Технические параметры автоматических выключателей ВА-СЭЦ- LBA (см. рис. 2.70)

Параметры			LBA-06□□□C	LBA-08□□□C	LBA-10□□□C	LBA-13□□□C	LBA-16□□□C	LBA-20□□□C	LBA-25□□□C	LBA-32□□□C	LBA-40□□□EC	LBA-40□□□C	LBA-50□□□C	
Расчетный ток, $I_{n \max}$, А			250, 400, 630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3200 (3150)	4000	4000	5000	
Рабочее напряжение, U_e , В			690											
Напряжение изоляции, U_i , В			1000											
Частота, Гц			50/60											
Число полюсов (P)			3, 4											
Уставка тока, I_n , А	OCR-II	в промышленности	$(0,4; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 0,9; 1,0) \cdot I_{n \max}$											
	OCR-III	в промышленности для защиты генератора	$(0,2; 0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 0,9; 1,0) \cdot I_{n \max}$											
Расчетный ток нейтрального полюса, А			630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3200	4000	2500	2500	
Расчетная отключающая способность, I_{CU} , кА		690 В	50											
		600 В	50					65					85	
		500 В и ниже	65					85					100	

Окончание таблицы 2.28

Параметры		LBA-06□□□C	LBA-08□□□C	LBA-10□□□C	LBA-13□□□C	LBA-16□□□C	LBA-20□□□C	LBA-25□□□C	LBA-32□□□C	LBA-40□□□EC	LBA-40□□□C	LBA-50□□□C
Расчетная эксплуатационная отключающая способность, I_{CS} , кА	% от I_{CU}	100%										
Расчетная включающая способность, I_{cm} , кА (пиковая)	690 В	105										
	600 В	105					143			187		
	500 В и ниже	143					187			220		
Номинальный кратковременный выдерживаемый ток, I_{CW} , кА	1 с	65										85
	2 с	40				60				65		
	3 с	30				50	60				65	
Время срабатывания, мс	максимальное суммарное время размыкания	40										
	время замыкания	80										

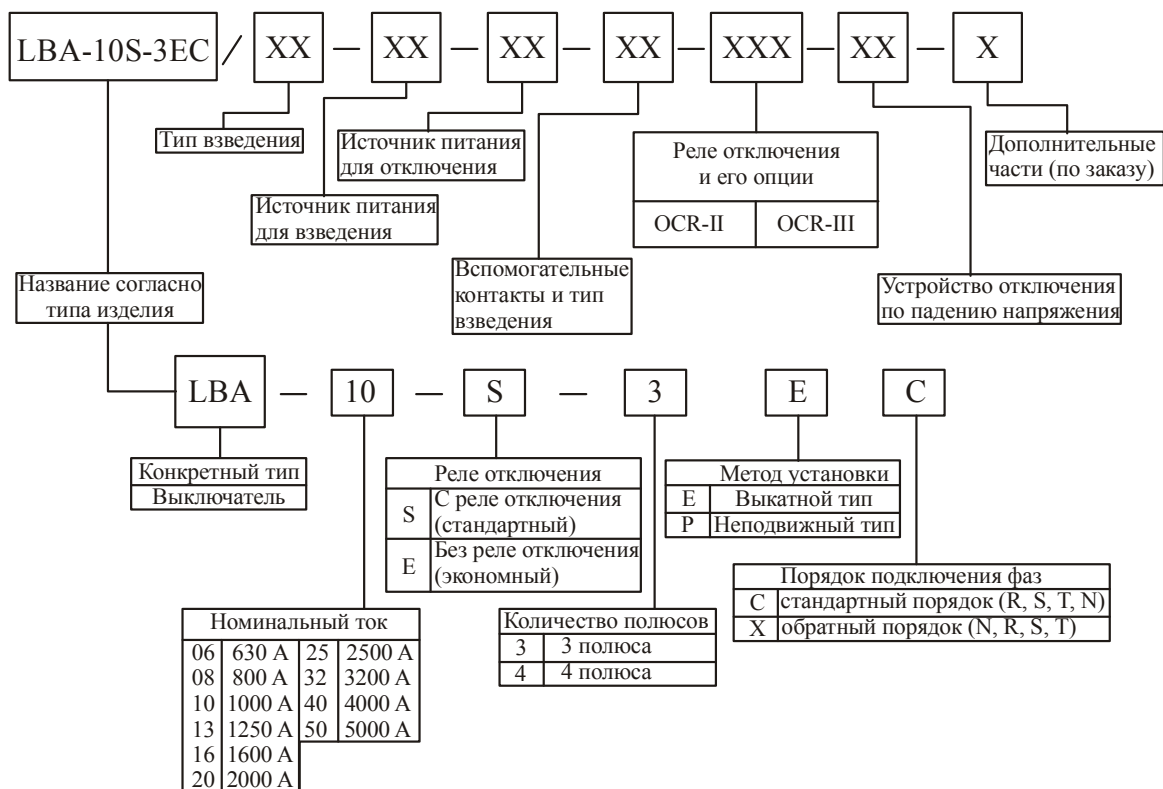


Рис. 2.70. Структура условного обозначения выключателей ВА-СЭЩ-LBA

Таблица 2.29

Влияние температуры окружающей среды на параметры автоматических выключателей ВА-СЭЩ-LBA

Температура, °C	Тип выключателя									
	LBA-06	LBA-08	LBA-10	LBA-13	LBA-16	LBA-20	LBA-25	LBA-32	LBA-40	LBA-50
40	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3200	4000	5000
45	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3200	4000	5000
50	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3200	4000	5000
55	630	800	1000	1250	1550	2000	2450	3000	3900	4850
60	630	800	1000	1200	1500	2000	2350	2900	3750	4700
100 > t > 60	315	400	500	630	800	1000	1250	1575	2000	2500

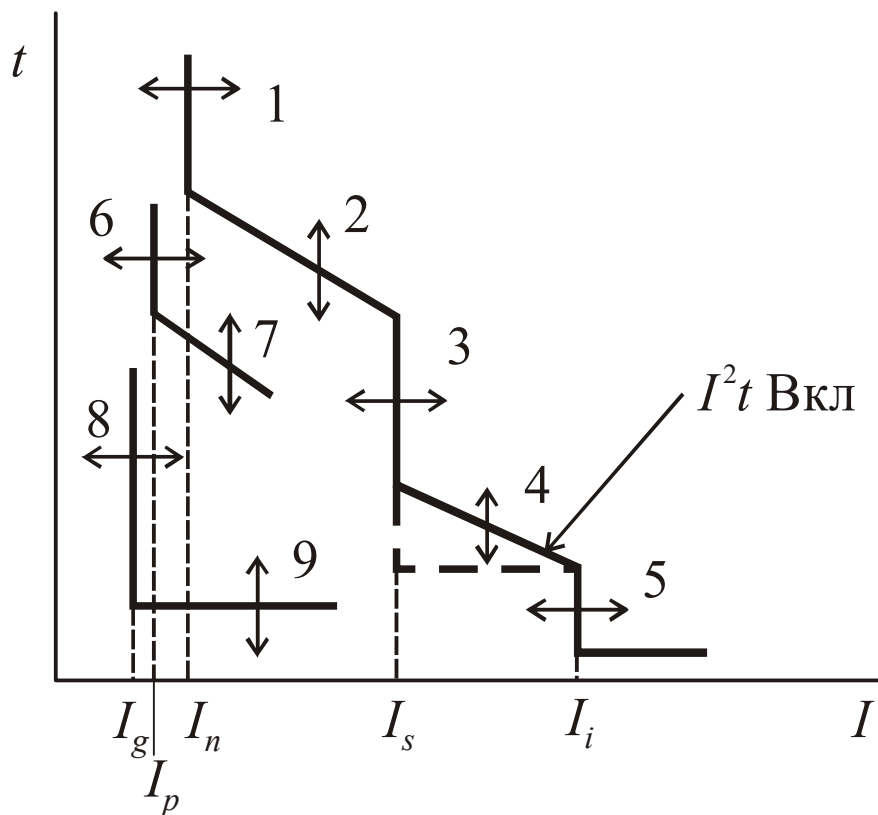


Рис. 2.71. Схема защитных характеристик электронных расцепителей выключателей ВА-СЭЩ-ЛВА:

- 1 – ток срабатывания долгого времени задержки;
- 2 – время отключения долгого времени задержки;
- 3 – ток срабатывания короткого времени задержки;
- 4 – время отключения короткого времени задержки;
- 5 – ток срабатывания мгновенной задержки;
- 6 – ток срабатывания предварительной сигнализации;
- 7 – время отключения предварительной сигнализации;
- 8 – ток срабатывания по отказу заземления;
- 9 – время отключения по отказу заземления

Таблица 2.30

Характеристики электронного блока контроля и управления OCR-II

Классификация		Типы и номиналы реле отключения			
Тип	60 Гц		LS6	LF6	LN6
	50 Гц		LS5	LF5	LN5
Применение		В промышленности			
Возможное число полюсов		3, 4 полюса			
Рабочее напряжение		Переменное/Постоянное 110–220 В			
Связь		—	—	—	
Рабочие характеристики	Долговременная задержка (L)	■	■	■	
	Кратковременная задержка (S)	■	■	■	
	Задержка мгновенного срабатывания (I)	■	■	■	
	Замыкание на землю (G)	—	■	■	
	Предварительная сигнализация (P)	■	■	■	
Уставка тока (А)	$I_n = \dots \times I_n \text{ max}$	0,4–0,5–0,6–0,7–0,8–0,9–1,0			
Непрерывный ток (А)	$I_c = \dots \times I_n$	0,6–0,7–0,8–0,85–0,9–0,95–1,0			
Долговременная задержка (L) (допустимая погрешность: $\pm 10\%$)	Ток отключения (А)	$I_L = \dots \times I_c$	1,5		
	Время отключения (сек)	LTD	15–30–60–120–240–480		
Кратковременная задержка (S) (допустимая погрешность: $\pm 15\%$)	Ток отключения (А)	$I_s = \dots \times I_n$	2–3–4–6–8–10–OFF		
	Время отключения (сек)	STD	0,05–0,1–0,2–0,3–0,4–0,5		
Задержка мгновенного срабатывания (I) (допустимая погрешность: $\pm 20\%$)	Ток отключения (А)	$I_i = \dots \times I_n$	4–6–8–10–12–16–OFF		
	Время отключения (сек)	INST	0,025 ниже		
Замыкание на землю (G) (допустимая погрешность: $\pm 20\%$)	Ток отключения (А)	$I_g = \dots \times I_n \text{ max}$	0,1–0,2–0,3–0,4–0,5–OFF		
		$I_{np} = \dots \times I_n \text{ max}$	0,5–1,0–OFF		
	Время отключения (сек)	GTD	0,1–0,3–0,5–0,7–1,0–1,5–3,0		
Предварительная сигнализация (P) (допустимая погрешность: $\pm 10\%$)	Ток отключения (А)	$I_p = \dots \times I_c$	0,7–0,8–0,9–0,95–1,0–OFF		
	Время отключения (сек)	PAL = $\dots \times LTD$	0,5 (уставка I_p 1,0)		

Таблица 2.31

Характеристики электронного блока контроля и управления OCR-III

Классификация		Типы и номиналы реле отключения			
Тип	60 Гц	N□6	C□6	P□6	M□6
	50 Гц	N□5	C□5	P□5	M□5
Применение		В промышленности		Для генератора	
Возможное число полюсов воздушных выключателей		3, 4 полюса			
Рабочее напряжение	1	Переменное/Постоянное 110–220 В			
	2	Постоянное 24 В			
	4	Постоянное 48 В			
Передача данных	Коммуникационный протокол	—	■	—	■
	Протокол	—	RS 485	—	RS 485
	Скорость передачи данных	—	DNP 3,0	—	DNP 3,0
	Скорость передачи данных	—	9600 bps	—	9600 bps
Рабочие характеристики	Долговременная задержка (L)	■	■	■	■
	Кратковременная задержка (S)	■	■	■	■
	Задержка мгновенного срабатывания (I)	■	■	■	■
	Замыкание на землю (G)	■	■	■	■
	Предварительная сигнализация (P)	■	■	■	■
Уставка тока (А)	$I_n = \dots \times I_n \max$	В промышленности и для генераторной защиты: 0,2–0,3–0,4–0,5–0,6–0,7–0,8–0,9–1,0			
Непрерывный ток (А)	$I_c = \dots \times I_n$	0,6–0,65–0,7–0,75–0,8–0,85–0,9–0,95–1,0			
Долговременная задержка (L) (допустимая погрешность: ±10%)	Ток отключения (А)	$I_L = \dots \times I_c$	1,5		
	Время отключения (с)	LTD	<ul style="list-style-type: none"> В промышленности: 15–20–25–30...465–470–475–480 (с шагом: 5 с) Для генераторной защиты: 1,5–2,0–2,5–3,0...46,5–47,0–47,5–48,0 (с шагом: 0,5 с) 		
Кратковременная задержка (S) (допустимая погрешность: ±15%)	Ток отключения (А)	$I_s = \dots \times I_n$	1,5–2–3–4–5–6–7–8–9–10 (с шагом: 0,5)		
	Время отключения (с)	STD	0,05–0,06...0,49–0,5 (с шагом: 0,01 с)		
Задержка мгновенного срабатывания (I) (допустимая погрешность: ±20%)	Ток отключения (А)	$I_i = \dots \times I_n$	<ul style="list-style-type: none"> 4000 А ниже: 2–3–4–5–6–7–8–9–10–11–12–13–14–15–16 (с шагом: 1) 5000 А выше: 2–3–4–5–6–7–8–9–10–11–12 (с шагом: 1) 		
	Время отключения (с)	INST	0,025 ниже		
Замыкание на землю (G) (допустимая погрешность: ±20%)	Ток отключения (А)	$I_g = \dots \times I_n \max$	<ul style="list-style-type: none"> 3 полюса: 0,2–0,3–0,4–0,5–0,6–0,7–0,8–0,9–1,0 (с шагом: 0,1) 		
		$I_{np} = \dots \times I_n \max$	<ul style="list-style-type: none"> 4 полюса: 0,5–0,6–0,7–0,8–0,9–1,0 (с шагом: 0,1) 		
	Время отключения (с)	GTD	0,1–0,2–0,3...2,8–2,9–3,0 (с шагом: 0,1 с)		
Предварительная сигнализация (P) (допустимая погрешность: ±10%)	Ток отключения (А)	$I_p = \dots \times I_c$	0,7–0,8–0,9–1,0		
	Время отключения (с)	$PAL = \dots \times LTD$	0,5 (уставка I_p 1,0)		

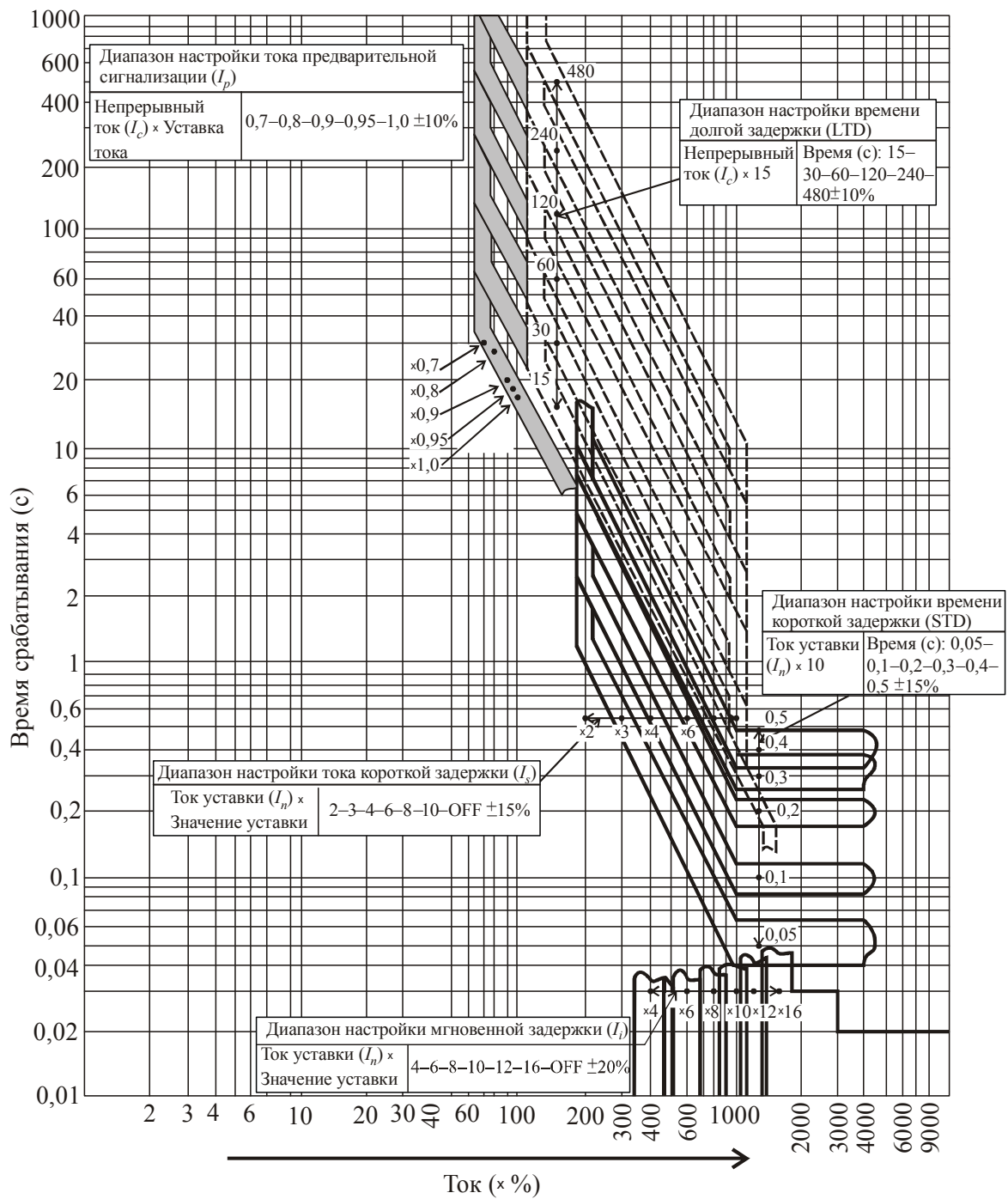


Рис. 2.72. Характеристика блока OCR-II LPO, LPH

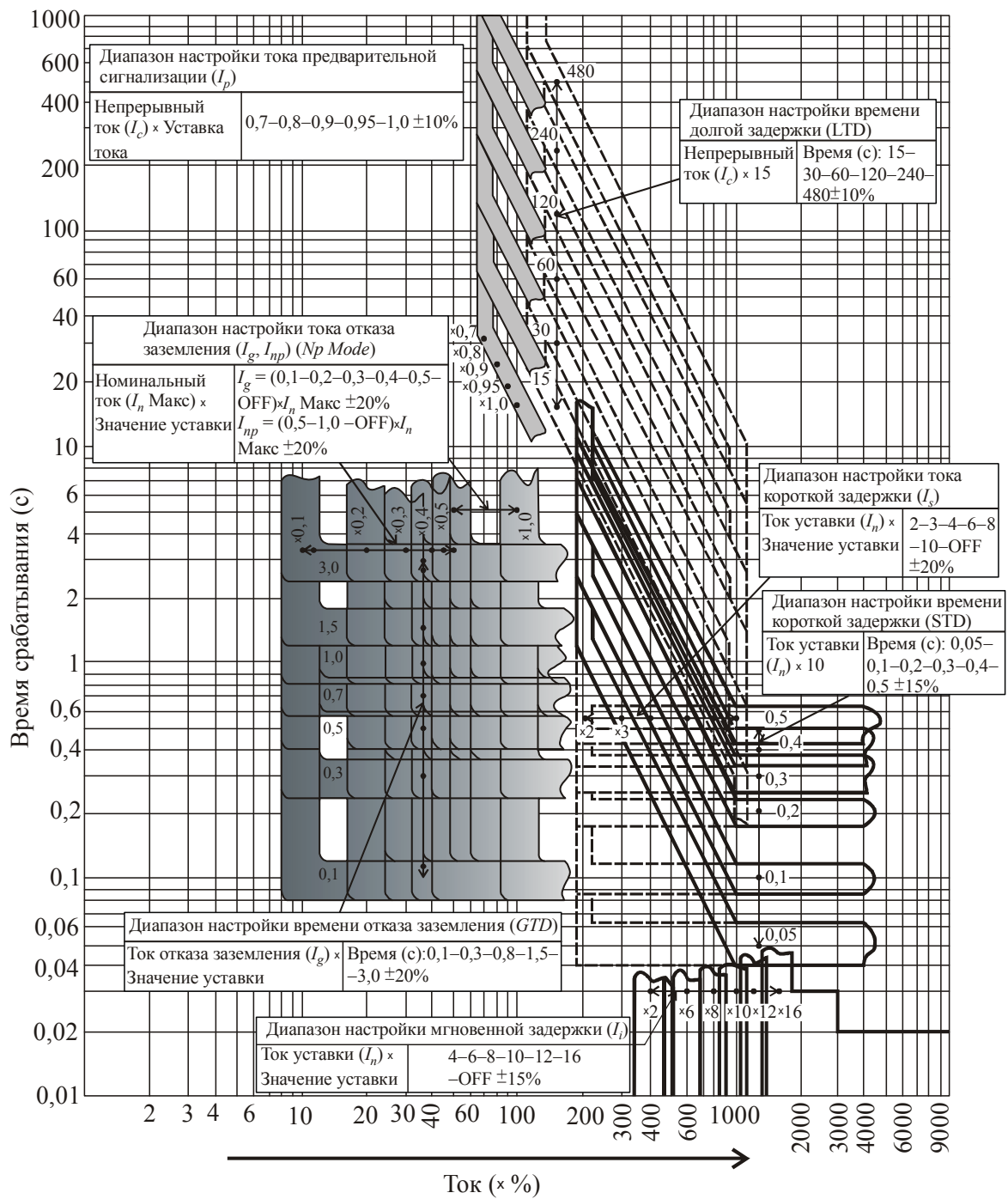


Рис. 2.73. Характеристика блока OCR-II LGP, LTH, LN6, LN5

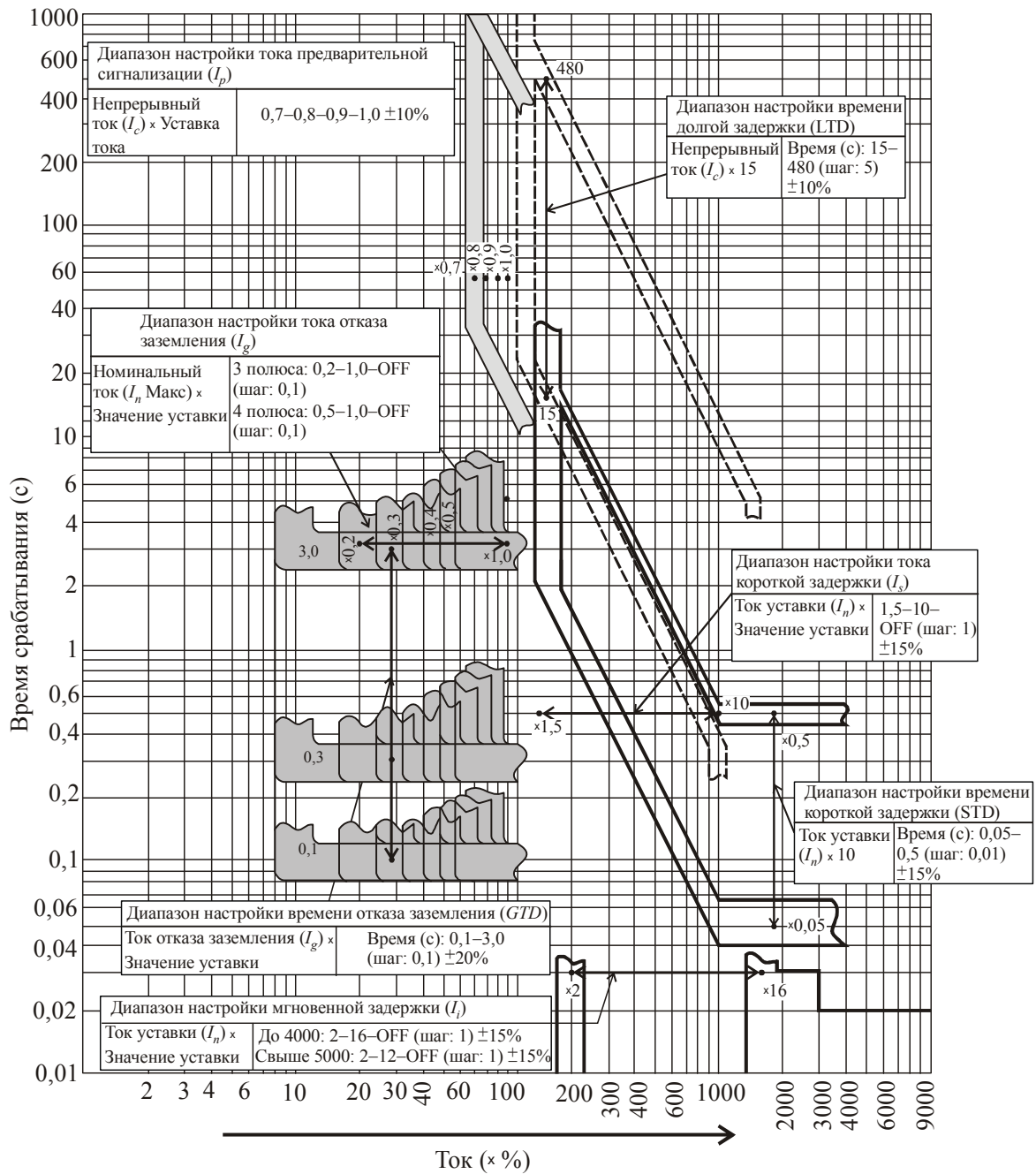


Рис. 2.74. Характеристика блока OCR-III N6, C6, N5, C5

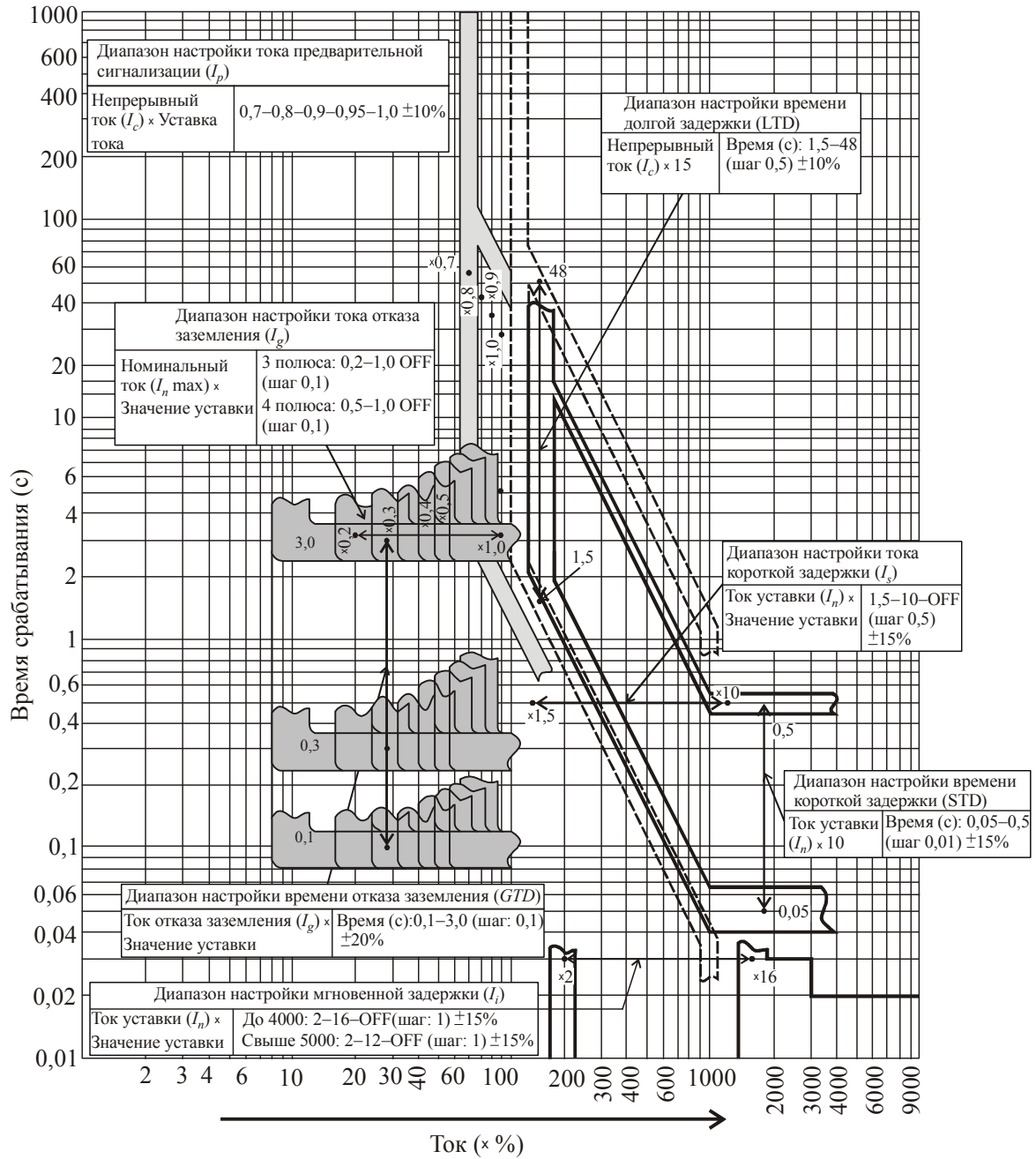


Рис. 2.75. Характеристика блока OCR-III P6, M6, P5, M5