

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
“Иркутская государственная сельскохозяйственная академия”

# **Монтаж электрооборудования и средств автоматизации**

УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ  
КНИГА 2

Рекомендовано Учебно-методическим объединением вузов  
Российской Федерации по агроинженерному образованию  
в качестве учебного пособия для студентов высших учебных  
заведений, обучающихся по направлению «Агроинженерия»

Иркутск 2012 г.

УДК [621.3(075.5)+696.6+621.315.29+621.315.68]

ББК [31.279-04: 31.279.2]

**Монтаж электрооборудования и средств автоматизации:** учеб. пособие: в 2 кн. КН2 / И.В. Алтухов, А.Д. Епифанов, А.Г. Черных. – 2-е изд., испр. и доп. – Иркутск: Иркутск. гос. сельхоз. акад., 2012. - 235с.

Книга предназначена для студентов в качестве учебного пособия к лабораторным занятиям по одноименному курсу. Книга имеет своей целью дать студентам необходимое теоретическое понимание и возможность подготовки к проведению экспериментальной части работы, входящей в программу дисциплины, оказать им помощь в обработке результатов эксперимента, а также способствовать приобретению студентами при выполнении работ в лаборатории практических навыков.

Учебное пособие предназначено для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению "Агроинженерия" в рамках подготовки бакалавров по профилю "Электрооборудование и электротехнологии в сельском хозяйстве" и "Технические системы в агробизнесе". Может быть рекомендовано студентам обучающихся по профилю "Электроснабжение" и "Энергообеспечение предприятий". Будет полезно инженерно-техническими работниками, специализирующимися в области наладки и эксплуатации электрооборудования и средств автоматизации.

Авторы-составители: **И.В. Алтухов, А.Д. Епифанов, А.Г. Черных.**

Рецензенты:

Кафедра электротехнологии в сельскохозяйственном производстве Московского государственного агроинженерного университета имени В.П.Горячкина (зав. кафедрой, д-р техн. наук, профессор А.М.Башилов; канд. техн. наук, доцент В.А.Королев);

Советник генерального директора ГУЭП «Облкомунэнерго» Иркутской области, канд. техн. наук, ст. науч. сотр. СО РАН В.О.Головщиков.

ISBN 978-5-91777-072-7

© Алтухов И.В., Епифанов А.Д.,  
Черных А.Г., 2012

© Иркутская государственная  
сельскохозяйственная академия, 2012

## ВВЕДЕНИЕ

В программе курса «Монтаж электрооборудования и средств автоматизации» большое внимание уделяется лабораторным работам, которые помогают студентам закрепить пройденный теоретический материал, связать теорию с практикой. Повышение уровня электрификации производства требует постоянного увеличения объемов работ по монтажу и наладке технологического и электротехнического оборудования. К тому же электрооборудование постоянно усложняется, поэтому для его монтажа и наладки требуются инженеры-электрики высокой квалификации, хорошо знающие устройство электрооборудования, электроинструмент, прогрессивные индустриальные методы и приемы электромонтажных работ.

Во всех лабораторных работах в первую очередь обращается внимание на изучение проектной и технологической документации типовых проектов, ПУЭ, СНиП, ПТЭ и ТБ, государственных стандартов и инструкций по выполнению различных электромонтажных работ в промышленности и сельском хозяйстве в соответствии, с нормами и правилами, утвержденными органами строительного, энергетического, пожарного, санитарного, экологического и других надзоров.

При составлении перечня работ было проявлено стремление к тому, чтобы охватить все наиболее важные практические вопросы, входящие в программу соответствующих разделов курса «Монтаж электрооборудования и средств автоматизации». Часть работ относится к монтажу электрооборудования, часть – к монтажу низковольтных комплектных устройств и часть – к изучению их конструкции, принципов действия и схем включения. Уделено внимание как отечественным, так и зарубежным новым технологиям, материалами и комплектующими изделиями для монтажа электрооборудования, сетей электроснабжения и средств автоматизации.

В ходе выполнения лабораторных работ студент овладевает практическими навыками к решению следующих профессиональных задач: монтаж, наладка и поддержание режимов работы электрифицированных и автоматизированных устройств, машин и установок; ведение технической документации, связанной с монтажом, наладкой и эксплуатацией оборудования, средств автоматики и энергетических установок.

## ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

### ПРАВИЛА ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ И ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ

Каждой работе должна предшествовать предварительная подготовка, в процессе которой студент повторяет пройденный теоретический материал по рекомендуемой литературе, подготавливает протокол работы. Перед началом выполнения лабораторной работы проводится проверка готовности студентов к данной лабораторной работе. В случае неподготовленности, студент к работе не допускается.

Перед сборкой электрических схем необходимо убедиться в отсутствии напряжения на клеммных зажимах источника питания лабораторного стенда. Сборку схемы рекомендуется начинать с последовательно соединяемых элементов и приборов, а затем подключают параллельные ветви как самой цепи, так и приборов.

Без проверки преподавателем напряжение на схему не подается. Все изучения методических материалов делают при отключенном напряжении.

В лаборатории «Технология монтажа электрооборудования» при выполнении лабораторных работ применяется напряжение 220 и 380 В. Поражение электрическим током при таких напряжениях может привести к тяжелым последствиям. Поэтому, чтобы обезопасить себя и своих товарищей при выполнении работы, студенты должны строго соблюдать следующие правила техники безопасности:

1. К выполнению лабораторных работ допускаются студенты, прошедшие инструктаж по технике безопасности в лаборатории и расписавшиеся в кафедральном журнале по технике безопасности.

2. Приступая к работе, следует ознакомиться с источниками электропитания, способами их включения и отключения.

3. Перед сборкой схемы убедитесь, что автоматические выключатели и источники питания отключены, а указатель лабораторного автотрансформатора находится в позиции "Нуль". Помните, что отключенный конденсатор может сохранить опасный остаточный заряд, его следует разрядить до включения в цепь.

4. При сборке электрической схемы соединительные провода должны быть надежно присоединены к клеммам на стенде, иметь наименьшее число

пересечений, не закрывать шкалу измерительных приборов. Клеммы измерительных приборов не должны использоваться для промежуточных соединений проводов. Следует осмотреть и убедиться в исправности изоляции соединительных проводов. Нельзя пользоваться проводами без наконечников.

5. Включение схемы под напряжение должно производиться только после разрешения преподавателя. При подаче напряжения необходимо предупредить остальных членов звена словами: «Внимание! Включено!».

6. При обнаружении каких-либо неисправностей в процессе выполнения работы (шум, гудение, искрение, нагрев проводов и реостатов) немедленно отключить источник питания и пригласить преподавателя. Все изменения в схемах или устранение причин неисправности производить только при полном отключении источников питания.

7. Запрещается оставлять действующую электроустановку без наблюдения.

## ОФОРМЛЕНИЕ ОТЧЕТА

Выполненная лабораторная работа оформляется в виде отчета каждым студентом индивидуально. Отчет должен содержать следующее:

1. Наименование и цель работы.
2. Принципиальные электрические схемы, исследуемые в работе, выполненные с соблюдением требований ГОСТа.
3. Таблицы, графики или другие результаты опытов, проведенных в работе в соответствии с указаниями, помещенными в описании каждой работы в разделе «Содержание отчета».
4. Расчетные формулы и результаты вычислений.
5. Краткие выводы, содержащие объяснения полученных результатов с точки зрения теории.

Отчет подписывается студентом и должен быть защищен перед началом выполнения следующей работы.

## МОНТАЖ ОСВЕТИТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК

Осветительная установка как совокупность светотехнических устройств, предназначенных для освещения, включает в себя осветительные приборы с источниками света, пускорегулирующую аппаратуру, подводящие провода, распределительные щиты и прочие электрические устройства, предназначенные для распределения электрической энергии между осветительными приборами.

Осветительная установка должны обеспечивать выполнение всех требований к освещённости и качеству освещения, определяемых особенностями освещаемого объекта, и быть при этом простой в обслуживании, экономичной и надёжной в работе, электро- и пожаробезопасной. Выполнение последних требований в полной мере зависит от качества монтажа осветительной установки.

При монтаже осветительной установки необходимо учитывать особенности монтажа того или иного типа применяемых в ней осветительных приборов и типов используемых в них источников света, включая особенности крепления и подвески.

Кроме того, следует учитывать правила монтажа установочных аппаратов осветительных установок, а именно: штепсельных соединений (штепсельных розеток), выключателей, переключателей и приборов учета расхода электроэнергии (счетчиков).

Отдельного рассмотрения требуют правила монтажа щитков, распределительных устройств и шкафов, осуществляющих прием и распределение электроэнергии, защиту от перегрузок и коротких замыканий линий питающих и групповых осветительных сетей.

Выполнение требований по обеспечению электробезопасности жестко регламентирует правила присоединения осветительного оборудования как внутреннего, так и наружного освещения к электрической сети и сети заземления.

Работы, сгруппированные в этом разделе, имеют своей целью уяснения общих правил монтажа осветительных установок и ознакомление с некоторыми основными методами и способами монтажа их установочных аппаратов.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №8

### МОНТАЖ ОСВЕТИТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК

#### *Цель работы:*

Изучить операции определения концов проводов и соединение их в распределительных коробках при монтаже осветительных электропроводок.

#### *Порядок выполнения работы:*

1. Изучить способы скрытой прокладки проводов.
2. По заданной однолинейной схеме составить многолинейную схему соединений в одной из распределительных коробок.
3. Выполнить прозвонку концов проводов в распределительных коробках.
4. Соединить провода по составленной многолинейной схеме.
5. Включить установку, опробовать работу осветительных и бытовых приборов.

#### *Теоретические сведения*

По функциональному назначению освещение может быть общим, местным и комбинированным.

Общий тип освещения используется практически во всех помещениях: гостиных, столовых, спальнях, ванных комнатах и т. д. Но здесь возможны варианты:

– чтобы получить хорошо освещенную зону помещения (обычно это главная зона), используются светильники, направляющие основной световой поток вниз;

– добиться мягкого освещения всей комнаты помогут светильники, направляющие световой поток вверх, в потолок. В этом случае световые лучи, отражаясь от поверхности потолка, равномерно рассеиваются и ровно освещают всю комнату.

В светильниках общего назначения возможно применение как одной лампы мощностью в 100–200 Вт (довольно редко), так и нескольких ламп общей мощностью 200–300 Вт (в большинстве случаев). Многоламповые светильники, помимо достаточно яркого освещения, позволяют изменять мощность освещения по своему выбору.

Такие помещения, как коридоры, прихожие, ванные и туалетные комнаты хотя и требуют достаточной освещенности, но благодаря своим

небольшим площадям могут получить необходимое освещение и без применения многоламповых светильников (тем более с разделением ламп на две группы). Обычно в помещениях подобного типа устанавливают светильники с одной, но достаточно мощной лампой.

Говоря о мощности ламп, следует учесть, что при одинаковой суммарной мощности светильники с разным числом ламп дают разный световой поток; например, световой поток от трех ламп по 40 Вт будет менее ярким, чем световой поток от двух ламп по 60 Вт; а одна лампа в 120 Вт даст больший световой поток, нежели те же две 60-ваттные лампы.

Местное освещение используют в том случае, когда необходимо создать мощный световой поток в ограниченном пространстве; такое освещение требуется довольно часто: на кухне – над рабочим столом; в кабинете – для работы за письменным столом или для чтения; в мастерской – над станком и т. п. Как правило, в этих случаях используют в основном одноламповые светильники как стационарные (настенные светильники, бра), так и переносные (настольные лампы, торшеры).

Для освещения жилых, подсобных помещений, для наружного освещения используют несколько типов ламп: лампы накаливания, люминесцентные лампы, дуговые ртутные лампы (ДРЛ). Самыми распространенными являются электрические лампы накаливания; этому способствует их низкая стоимость в сочетании с высокой надежностью, а также простота подключения и эксплуатации. В среднем любая лампа накаливания рассчитана на 1000 часов непрерывной работы – это номинальный срок службы.

Лампы накаливания можно классифицировать по нескольким признакам: по диаметру цоколя лампы накаливания общего пользования могут быть 14, 27 и 40 мм; по номинальной мощности – 40, 60, 100 Вт и более; по диапазону напряжения – для использования в сети с напряжением 127 или 220 В; по наполнению стеклянной колбы – вакуумные, газонаполненные (аргон 86 % и азот 14 %), с криптоновым наполнителем (криптон 86 % и азот 14 %); по покрытию стеклянной колбы – прозрачные, матовые, молочного цвета, опаловые. Большинство этих признаков указывается в маркировке ламп. Буквенные символы маркировок расшифровываются так: В – вакуумная, Г – газонаполненная, Б – биспиральная, БК – биспиральная с криптоновым наполнителем, МГ –



матированная колба, МЛ – колба молочного цвета, О – опаловая колба. Цифровые символы маркировки указывают мощность лампы (в ваттах) и диапазон напряжения питания лампы (в вольтах).

Основными элементами любой электропроводки являются провода, кабели и шнуры. Проводом называется одна или несколько голых или изолированных жил. Жилы могут быть заключены в металлическую оболочку, обмотку или оплетку волокнистыми материалами или проволокой (в зависимости от условий прокладки и эксплуатации).

Кабель – это уже несколько изолированных проводов, закрытых герметичной металлической или неметаллической оболочкой. Поверх этой оболочки может иметься один или несколько защитных покровов, в том числе и броня (в зависимости от условий прокладки и эксплуатации).

Шнур представляет собой две или более гибкие жилы, соединенные между собой скруткой или общей неметаллической оплеткой. В зависимости от условий прокладки и эксплуатации шнур может иметь неметаллическую оболочку или защитное покрытие.

Провода, кабели и шнуры – главный элемент любой электропроводки, к которому полагаются всевозможные дополнения: различные электродетали или электроустановочные устройства. К ним относятся выключатели и переключатели, электрические соединители (розетки и вилки) и зажимы, патроны для ламп и стартеров, различного типа предохранители.

По способу монтажа выключатели классифицируют на выключатели для открытой и скрытой установки. Кроме того, существует деление выключателей на одноклавишные, сдвоенные и строенные (см. табл. 1).

Одноклавишные выключатели предназначены для замыкания одной цепи (например, для включения/выключения одного светильника).

Спаренные чаще всего используют для многоламповых светильников. В этом случае, как правило, одна клавиша включает одну треть лампочек, другая – две три, а обе – все лампочки.


Назначение встроенных выключателей – замыкать и размыкать три электрические цепи.

По признаку конструктивных особенностей механизма выключатели могут быть клавишными, перекидными, поворотными, кнопочными и шнуровыми. В настоящее время для бытовых нужд выпускают выключатели в основном клавишного типа.

Таблица 1

Наименование		Изображение	Наименование	Изображение	
Выключатель. Общее изображение			Штепсельная розетка. Общее изображение		
Выключатель для открытой установки со степенью защиты от IP20 до IP23:	1-полюсный		Штепсельная розетка открытой установки со степенью защиты от IP20 до IP23:	2х-полюсная	
	1-полюсный сдвоенный			2х-полюсная сдвоенная	
	1-полюсный строенный			2х-полюсная с защитным контактом	
	2х-полюсный			3х-полюсная с защитным контактом	
	3х-полюсный				
Выключатель для скрытой установки со степенью защиты от IP20 до IP23:	1-полюсный		Штепсельная розетка для скрытой установки со степенью защиты от IP20 до IP23:	2х-полюсная	
	1-полюсный сдвоенный			2х-полюсная сдвоенная	
	1-полюсный строенный			2х-полюсная с защитным контактом	
	2х-полюсный			3х-полюсная с защитным контактом	
Выключатель для открытой установки со степенью защиты от IP44 до IP55:	1-полюсный		Штепсельная розетка со степенью защиты от IP44 до IP55:	2х-полюсная	
	2х-полюсный			2х-полюсная с защитным контактом	
	3х-полюсный			3х-полюсная с защитным контактом	

Продолжение таблицы 1

Переключатель на два направления без нулевого положения со степенью защиты от IP20 до IP23:	1-полюсный		Блоки с выключателями и двухполюсной штепсельной розеткой для открытой установки со степенью защиты от IP20 до IP23:	один выключатель и штепсельная розетка	
	2х-полюсный			два выключателя и штепсельная розетка	
	3х-полюсный			три выключателя и штепсельная розетка	
Переключатель на два направления без нулевого положения со степенью защиты от IP44 до IP55:	1-полюсный		Блоки с выключателями и двухполюсной штепсельной розеткой для скрытой установки со степенью защиты от IP20 до IP23:	один выключатель и штепсельная розетка	
	2х-полюсный			два выключателя и штепсельная розетка	
	3х-полюсный			три выключателя и штепсельная розетка	

Большинство электроприборов подключается к сети с помощью штепсельных соединений: розетки и вилки. Одна из частей таких соединений, а именно штепсельная розетка, является составной частью электропроводки. Конструкции розеток не столь разнообразны, как конструкции выключателей, и все же различают розетки: для открытой и скрытой установки; двух – и трех контактные; для подключения вилок с круглыми и плоскими контактами; для подключения одной и двух вилок (см. табл. 1).



Следующим элементом электропроводки является патрон, который необходим для подключения к сети осветительных ламп. Поскольку существует два типа осветительных ламп – лампы накаливания и люминесцентные, существует и два типа патронов для них.

Для ламп накаливания используют резьбовые патроны, которые различают по размерам: лампы мощностью до 60 Вт можно подключить к

патрону E14 (малый цоколь) и E27 (средний цоколь); лампы мощностью до 200 Вт – к патрону E27; лампы мощностью от 300 до 1500 Вт – к патрону E40 (большой цоколь). Если на цоколе лампы написано 14 мм, то для нее надо использовать только патрон типа E14, если – 27 мм, то подойдет патрон типа E27.

В местах ответвлений и разветвлений электропроводки устанавливаются разветвительные, а в местах соединения проводов на отдельных участках скрытой проводки – соединительные коробки (см. табл. 2). Коробки могут быть металлическими или пластмассовыми. Отличие разветвительных и соединительных коробок заключается в разном количестве отверстий на боковых стенках: у разветвительных коробок три-четыре отверстия, у соединительных – два (в принципе, в качестве соединительных коробок допустима установка разветвительных). В комплекты коробок обязательно входит крышка.

Таблица 2

Наименование	Изображение	Наименование	Изображение
Коробка ответвительная		Щиток групповой аварийного освещения	
Коробка вводная		Шкаф, панель, пульт, щиток одностороннего обслуживания, пост местного управления	
Коробка протяжная, ящик протяжной		Шкаф, панель двустороннего обслуживания	
Коробка, ящик с зажимами		Шкаф, щит, пульт из нескольких панелей одностороннего обслуживания (на примере - из 2х шкафов)	
Щиток магистральный рабочего освещения		Шкаф, щит, пульт из нескольких панелей двустороннего обслуживания (на примере - из 3х шкафов)	
Щиток групповой рабочего освещения		Щит открытый (на примере - из 3х панелей)	

На коробки разветвительные по функциям похожи коробки распаечные. Однако у распаечных коробок функциональность ниже, чем у разветвительных, поскольку распаечные коробки применяются только в быту, а разветвительные – применяются не только в быту, но и на предприятиях.

Распаечные коробки состоят, в основном, из самой коробки и крышки. Крышки могут иметь клеммное крепление или соединяться с коробкой с помощью двух винтов. В некоторых распаечных коробках уже подготовлены отверстия для вставки кабелей и проводов, что делает электромонтажные работы еще более быстрыми и удобными. Распаечные коробки делятся на несколько видов: для скрытой и открытой электропроводки, пластиковые, металлические, герметичные и полугерметичные.

Размер коробок зависит от числа соединений и сечения кабелей или проводов, ведь от одной линии может «питаться» большое количество электрооборудования. Устанавливать распаечные коробки необходимо в доступном месте, чтобы можно было легко подобраться к соединениям. Слишком глубоко монтировать распаечные коробки не рекомендуется, так как их эксплуатация становится неудобной. При глубоком монтаже невозможно визуально оценить соединения, поэтому коробку приходится демонтировать, а частый демонтаж ведет к поломке жил кабеля.

Нарушение правил монтажа коробок может грозить негативными последствиями как для самого помещения (пожар), так и для людей (травмы, связанные с поражением электрическим током). Поэтому, выполняя электромонтажные работы, необходимо точно следовать правилам, установленным производителем, во избежание воспламенения проводки или получения травм.

В разветвительные коробки могут устанавливаться клеммы (клеммные соединители) и различные электротехнические устройства. Коробки выпускаются для открытой и скрытой проводок.

Коробки пластмассовые трех- и четырехрожковые могут быть с пластмассовыми сальниками для уплотнения кабелей. Сальники выпускаются с условным проходом 15, 20 и 25 мм.

Коробки клеммные в пыленепроницаемом исполнении выпускаются на 10 и 20 клемм, в защищенном с уплотнением исполнении – на 8, 16 и 32 клеммы.

Клеммы и клеммные колодки предназначены для надежного соединения двух, трех, четырех, пяти или даже восьми проводов одновременно, объединяя их на одну токопроводящую шину, находящуюся в изоляционном корпусе.

В разветвительных коробках при монтаже электрических сетей жилых зданий для соединения проводов и кабелей применяются инсталляционные клеммы. Они предназначены для коммутации цельнотянутых токопроводящих жил одножильных или многожильных кабелей и проводов (кабель типа ВВГ, NYM, провод типа ПВ1 и др.). Необходимо отметить, что западные методики, допускают только соединения на клеммах.

Для работы с инсталляционными клеммами и клеммными колодками нужно просто вставить провод с предварительно снятой изоляцией в конусообразное гнездо клеммы или клеммной колодки, а при необходимости отсоединения достаточно вытянуть провод, покручивая его вдоль оси. Компактная конструкция клемм и клеммных колодок и возможность механического соединения нескольких клемм и клеммных колодок друг с другом при помощи защелки "ласточкин хвост" существенно экономят место в распределительной коробке и обеспечивают наглядность соединений. Специальные тестовые отверстия в клеммах и клеммных колодках позволяют производить электрические измерения без разъединения проводов.

Широкое применение при монтаже осветительных и розеточных сетей получили малогабаритные пружинные клеммы немецкой фирмы «WEIDMULLER», выполненные по стандарту МЭК 998-1-90 (ГОСТ 50043.1-92). Они обеспечивают надежное электромеханическое соединение медных и/или алюминиевых многожильных проводов сечением 0,75...4 мм<sup>2</sup>. Максимальное напряжение – 450 В, сила тока – 35 А. Диапазон окружающей температуры -40...+100°С. Количество полюсов 2...8.

Для подключения светового оборудования выпускаются клеммы типа D-lux, обеспечивающие соединение цельнотянутого и гибкого многожильного проводов. Зажимным элементом такой клеммы является стальная лепестковая пружина, жестко спрессованная с токоведущей шиной, изготовленной из электролитической меди и покрытой сплавом олова и свинца. Корпус клеммы выполнен из полиамида PA66 светло-серого цвета (ПА1.7035).

С одной стороны клеммы типа 0-1 их имеются два гнезда, реализующие возможность проходного подключения многожильного провода сечением 1...2,5 мм<sup>2</sup>; с противоположной стороны расположен зажимной элемент, действующий от нажатия пальцев, для гибкого многожильного провода сечением 0,5...2,5 мм<sup>2</sup>. Для подсоединения провода необходимо удалить

9...11 мм изоляции (на корпусе имеется шаблон) и вставить провод в гнездо клеммы до упора. Все провода, подсоединенные к клемме, будут электрически соединены между собой. Для извлечения провода из клеммы необходимо покрутить его вокруг своей оси. Максимальная рабочая температура клеммы +105°C.

При соединении в клеммах алюминиевых проводов применяют специальную контактную пасту, которая разрушает оксидную пленку с поверхности алюминиевого проводника и консервирует зону контакта. Контактная паста А1и-Тор выпускается в шприце и вводится в клемму перед подключением провода.

Не менее широкое распространение при монтаже осветительных сетей получили строительно-монтажные клеммы для светильников фирмы WAGO.

Строительно-монтажные клеммы являются идеальными, полностью изолированными клеммами для подключения люстр и бра без использования инструментов. Клеммы имеют плоскoprужинный зажим для одножильных медных или алюминиевых проводников с монтажной стороны (потолок или стена), и зажим CAGE CLAMP для подключения многожильных, в том числе луженых или опрессованных, медных проводников от осветительного прибора. Перед подключением алюминиевых проводников необходимо с монтажной стороны наполнить клемму специальной контактной пастой, автоматически снимающей окисную пленку с алюминиевого проводника и предохраняющей его от повторного окисления. Алюминиевые проводники с признаками сильного окисления рекомендуется предварительно зачищать механически.

Преимущества строительно-монтажных клемм для светильников:

- быстрое и надежное подключение осветительных приборов без использования инструментов;
- надежная защита от прикосновения к токоведущим частям проводников, выходящих из потолка/стены;
- качество соединения не зависит от аккуратности и квалификации монтажника;
- гарантированная надежность контакта, исключая возможность короткого замыкания;
- предусмотрена возможность измерения электрических параметров цепи без отсоединения проводника.



### Характеристики клемм для светильников

- Сечение подключаемых проводников с монтажной стороны:
  - медные  $1,0 \dots 2,5 \text{ мм}^2$  – одножильные
  - алюминиевые  $2,5 \text{ мм}^2$  – одножильные
- Сечение подключаемых проводников со стороны люстры/бра:
  - медные  $0,5 \dots 2,5 \text{ мм}^2$  – одножильные, многожильные, луженые, опрессованные
- Номинальное напряжение: 400 В
- Номинальный ток : 24 А – для медных проводников  
16 А – для алюминиевых проводников



### Правила использования строительно-монтажных клемм WAGO для светильников / бра



#### *Снятие изоляции*

Снять изоляцию с проводников на 9-11мм. На клемме имеются мерки для правильной зачистки изоляции. Зачищенный участок с монтажной стороны не должен иметь сильных изгибов.



#### *Подключение с монтажной стороны*

Ввести зачищенный жесткий проводник от потолка/стены в круглое отверстие до упора.



#### *Подключение со стороны люстры/бра*

Сжать клемму со стороны прямоугольного отверстия до упора и ввести в него зачищенный проводник от люстры/бра.



#### *Проверка*

Использовать для проверки электрических параметров сети щелеобразное отверстие на тыльной стороне корпуса клеммы.





#### *Отключение со стороны люстры/бра*

При необходимости отсоединить люстру/бра следует сжать клемму со стороны прямоугольного отверстия и вынуть проводник из клеммы.



#### *Отключение с монтажной стороны*

При необходимости отсоединить клемму следует вытянуть проводник из клеммы, покручивая его из стороны в сторону.

При монтаже осветительной сети должны быть выполнены все требования [2] и остальных разделов Правил устройства электроустановок касающиеся заземления (зануления) осветительного оборудования.

Все конструктивные железные части осветительного электрооборудования: корпуса осветительных приборов, осветительных коробок, автоматов, рубильников, выключателей и штепсельных розеток; оболочки кабелей проводов и труб; кожухи и каркасы щитков; крепления и остальные, не находящиеся под напряжением, но могущие оказаться под напряжением при повреждении изоляции, должны быть заземлены (занулены). Заземление (зануление) всего осветительного электрооборудования как рабочего, так и аварийного освещения (при резервировании от аккумуляторной батареи), создают от нулевых шин щитков рабочего освещения, которые должны быть надежно заземлены методом присоединения их к заземляющему устройству объекта. При всем этом питание обозначенных щитков рабочего и аварийного освещения со стороны переменного тока обязано осуществляться от общих трансформаторов.

Не подлежат заземлению (занулению):

- железные отражатели осветительных приборов, укрепляемых на корпусах из изолирующих материалов;
- железные корпуса осветительных приборов и остальных конструкций электроустановок, размещаемых на древесных опорах;

– железные корпуса осветительных приборов и другого оборудования (устройств, аппаратов), установленных на щитах, в шкафах и остальных заземленных конструкциях;

– железные корпуса осветительных приборов и остальные конструкции электроустановок в помещениях без завышенной угрозы поражения током.

Осветительные приборы, встраиваемые в навесные потолки, также железные трубы проводки, располагаемые в зоне навесных потолков, заземляются (зануляются) во всех помещениях (в том числе и в помещениях без завышенной угрозы поражения током).

При выполнении осветительной сети трехфазной системой без нулевого проводника осветительное электрооборудование заземляют особым проводом от заземляющего устройства объекта.

Самые простые в подключении к сети – электрические лампы накаливания (рис.1): к боковой резьбе патрона для этой лампы подсоединяют нулевой, к ее выключателю – фазный провод электропроводки, а провод, идущий от лампы к выключателю, соединяют с верхним контактом патрона.

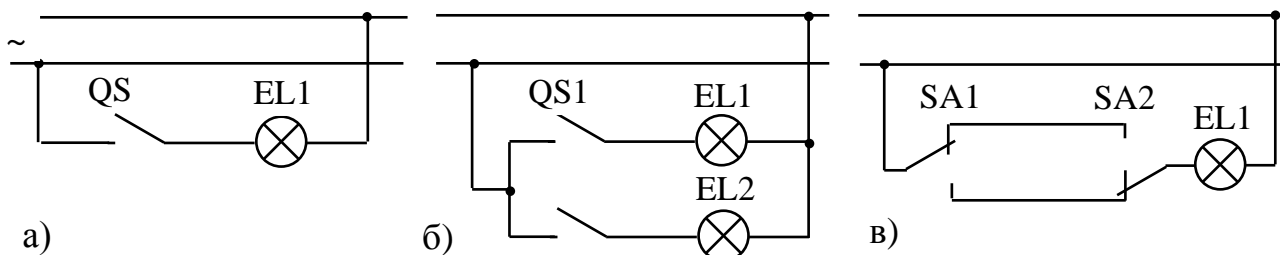


Рис.1. Схема включения в электрическую цепь ламп накаливания: а – одинарный однополюсный; б – однополюсный выключатель на две цепи; в – управление лампой с двух мест: EL1, EL2 – лампы накаливания; QS – одинарный однополюсный выключатель; QS1 – сдвоенный однополюсный выключатель; SA1, SA2 – переключатели.

При положении выключателя «включено» цепь замыкается и лампа загорается. Как видно из рис. 1 в, управлять лампой накаливания возможно с двух мест, это удобно при больших размерах помещения, в длинных коридорах, проходных комнатах.

Принципиальная схема включения обычной люстры или бра на одну лампочку приведена на рис. 2.

Буквой «С» на рис. 2 обозначена коммутируемая клемма колодки в ответвительной коробке.

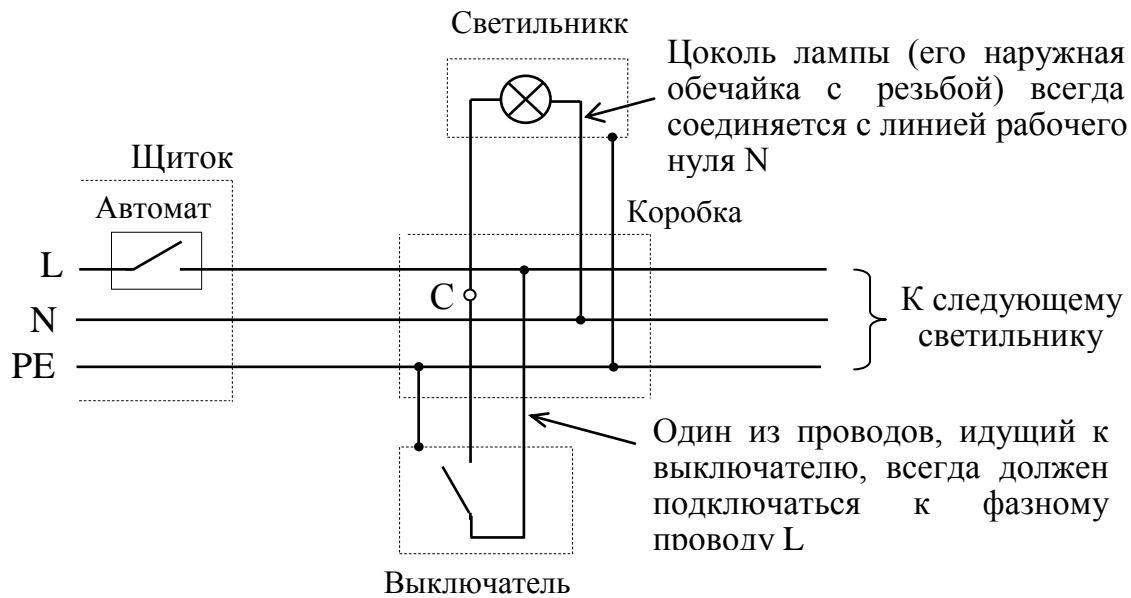


Рис. 2

Рекомендуется вести монтаж осветительной сети проводниками, немного отличающимися расцветкой изоляции от проводников силовой сети и при этом не противоречащей ПУЭ, например:

- нулевой рабочий провод N – изоляция голубого цвета;
- нулевой защитный провод PE – изоляция жёлто-зелёного цвета;
- фазный провод L – изоляция красного цвета.

Схема включения многоламповой люстры приведена на рис. 3.

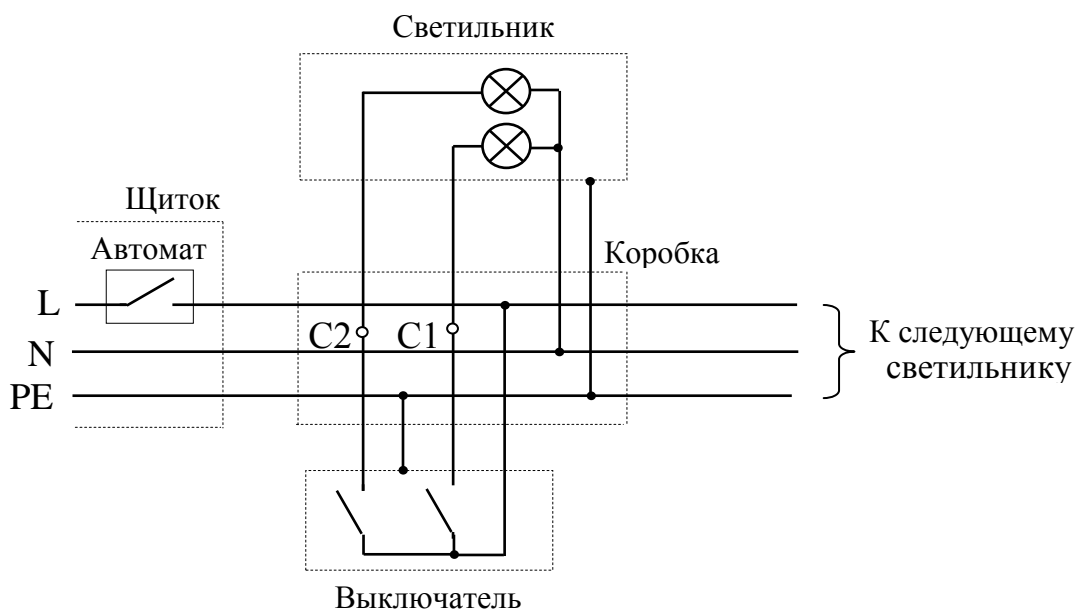


Рис. 3

Для указанной схемы две группы лампочек включаются независимо друг от друга, а проводники, идущие от коробки к люстре и выключателю – четырехжильные.

Буквами «С1» и «С2» на рис. 3 обозначены коммутируемые клеммы колодки в коробке. Общая точка выключателя и здесь всегда подключается к фазному проводу, а общая точка всех ламп – это соединённые вместе цоколи (наружные обечайки с резьбой) – всегда соединяется с линией рабочего нуля N.

Схема управления светильником от двух выключателей, расположенных в разных местах, так называемая «коридорная» или «лестничная» схема, приведена на рис. 4.

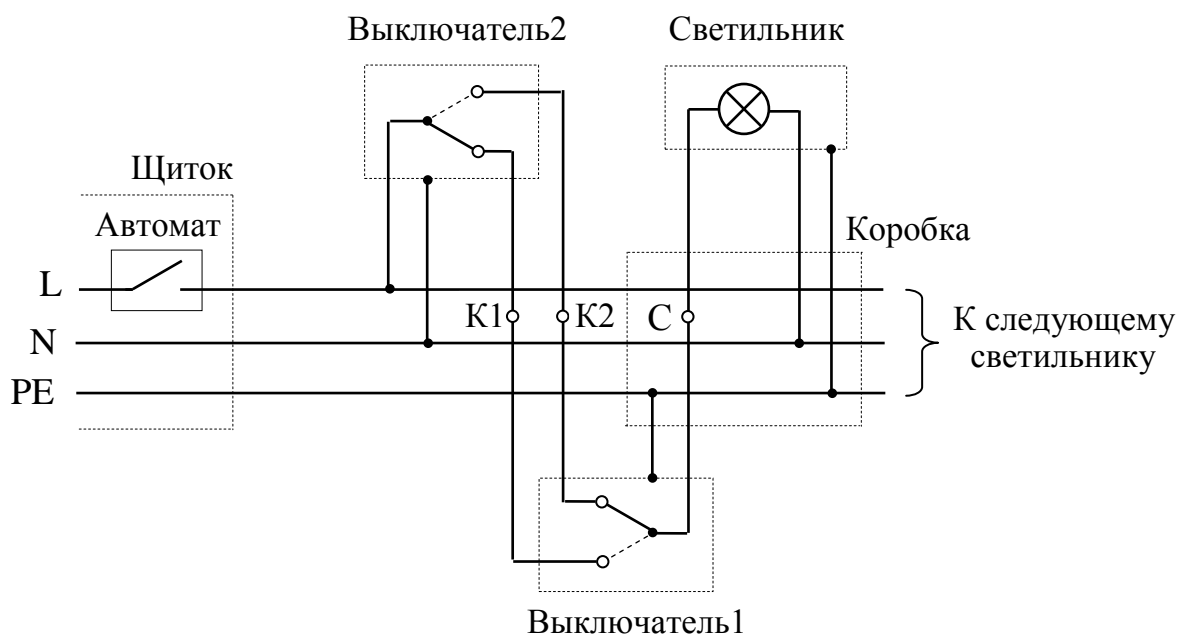


Рис. 4

Выключатели располагают, например, в начале или конце коридора или внизу и вверху лестничного марша. Схема имеет некоторые особенности: во-первых, в ней используются переключатели, а не выключатели, т.е. приборы, имеющие группу переключающих контактов, и во-вторых, состояние «включено/выключено» не связано с конкретным положением клавиши, т.е., изменяя положение клавиши любого переключателя, можно всегда менять состояние системы на противоположное.

Переключатели на схеме рис. 4 названы «выключателями» для однообразия. Проводники, идущие к каждому переключателю, –

четырёхжильные. На колодке появляются дополнительные клеммы К1 и К2, т. е. всего их становится шесть.

На рис. 5 приведен вариант «лестничной» схемы, но с использованием импульсного реле. Импульсное, или, как его ещё называют, биполярное, реле позволяет управлять светильником независимо из множества точек. Количество точек не ограничивается. Управляющим элементом является простая кнопка. Первым нажатием на неё свет включается, а вторым – выключается. Применяется в тех помещениях, у которых несколько выходов. Например, в проходных комнатах, коридорах, холлах, на лестницах. При входе в холл удобно включить свет кнопкой у двери; далее человек, как правило, рано или поздно переходит в смежные помещения, и выключить свет ему будет удобно прямо в месте выхода.

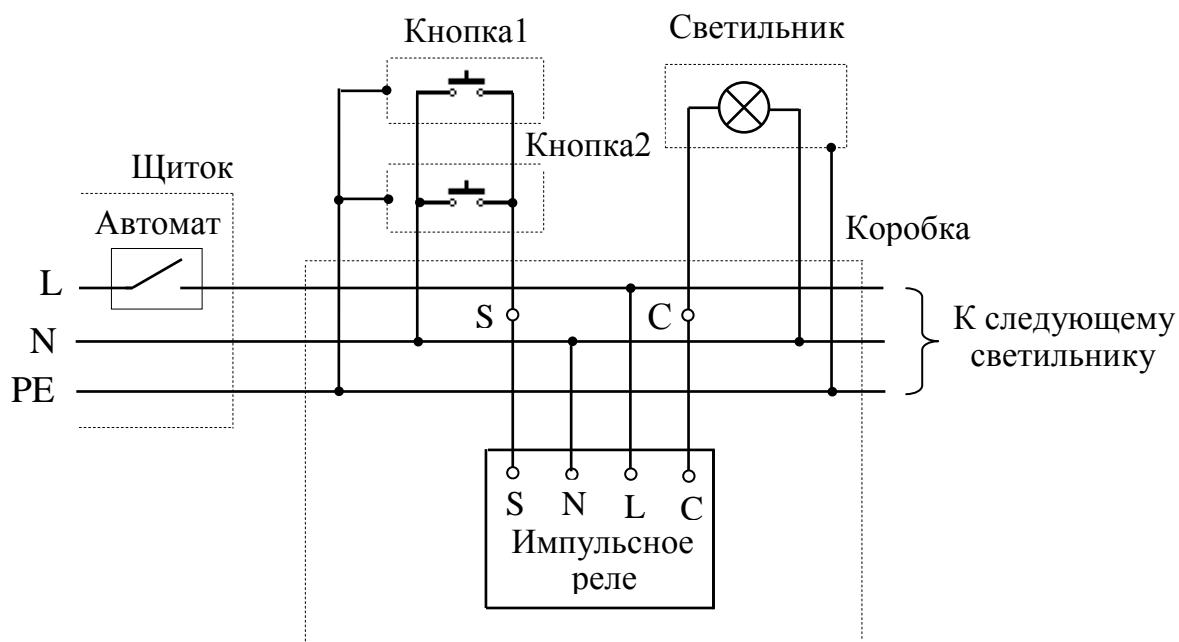


Рис. 5

На рис. 5 буквой «С» обозначена коммутируемая клемма, а буквой «S» – клемма переключения.

#### *Содержание работы и методика ее выполнения*

При монтаже осветительных установок прозвонка и соединение концов проводов в распределительных коробках предельно трудоёмкая и ответственная операция.

При скрытой прокладке проводов соединение и отпайку жил проводов делают в распределительных коробках. Для нормальной работы

осветительной установки необходимо правильно соединить концы проводов в коробках, а именно: фазный провод должен проходить через токовую катушку счётчика электрической энергии, через выключатель на центральный контакт патрона. Переключатели для управления освещением с двух мест также устанавливаются в фазном проводе. Контакты розетки подключают непосредственно к фазному и нулевому рабочему проводам. Нулевой защитный проводник присоединяется к специальным клеммам.

Соединения и отпайка алюминиевых жил в коробках выполняют либо при помощи винтовых зажимов или снаружи с последующей опрессовкой клещами КСП-4, либо гильзами одностороннего заполнения типа ГАО с последующей опрессовкой клещами ПК-2.

Коробки на лабораторной панели имеют набор винтовых зажимов, провода от которых проложены с задней стороны панели и присоединены к электрическим патронам и выключателям, розеткам и переключателям (тумблерам). Люстра заменена группой потолочных патронов.

При прозвонке концов, то есть при определении принадлежности той или иной клеммы токоприёмника соответствующему винтовому зажиму на панели пользуются контрольной лампой, питаемой низким (безопасным) напряжением. Для прозвонки контактов переключателей (тумблеров) следует использовать винты, к которым присоединены их клеммы. Клеммы в коробках лабораторной панели следует соединять гибкими проводами. Прежде чем выполнить соединение, составляют многолинейную схему, пользуясь схемами, приведёнными на рис. 6, 7, 8, 9. Число штрихов на участке однолинейной схемы соответствует числу проводов на нём. На многолинейной схеме необходимо показать соединение винтовых зажимов в распределительных коробках в виде отдельных перемычек.

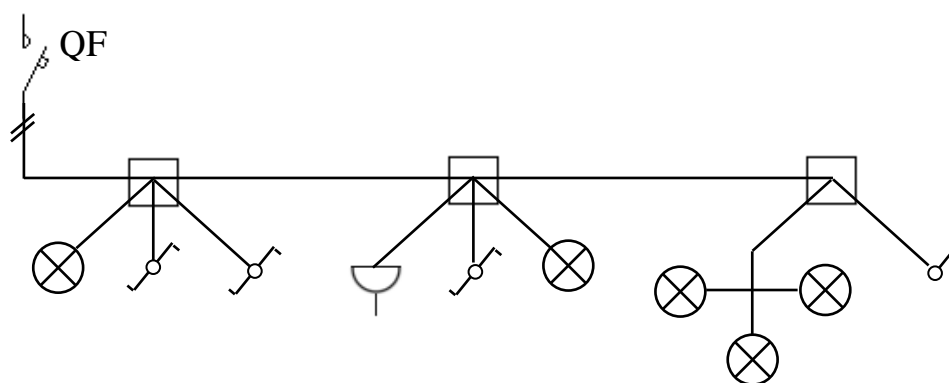


Рис. 6 Однолинейная схема осветительной установки

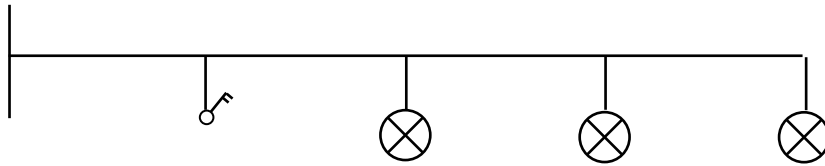


Рис. 7 Однолинейная схема включения люстры

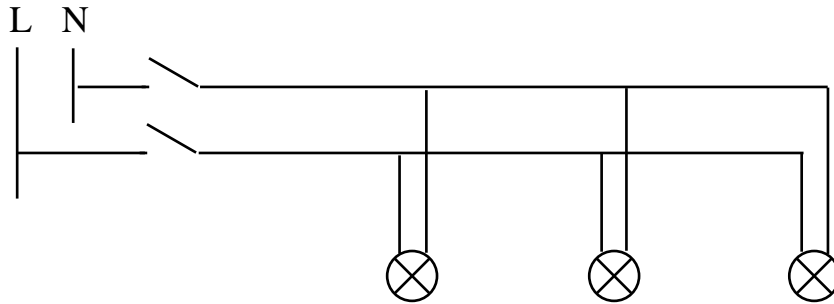


Рис. 8 Многолинейная схема соединения люстры

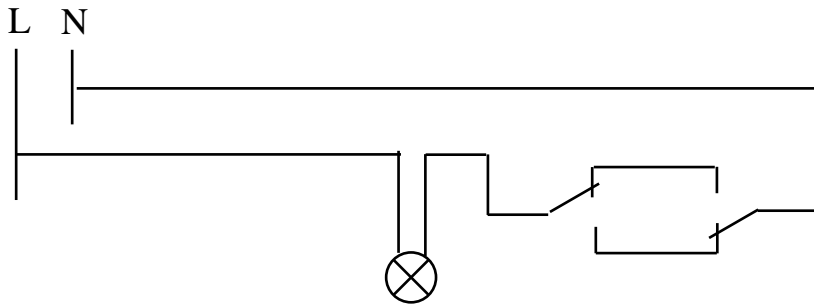


Рис. 9 Многолинейная схема включения лампы с двух мест

Пример соединения проводов в распределительной коробке показан на рис. 10.

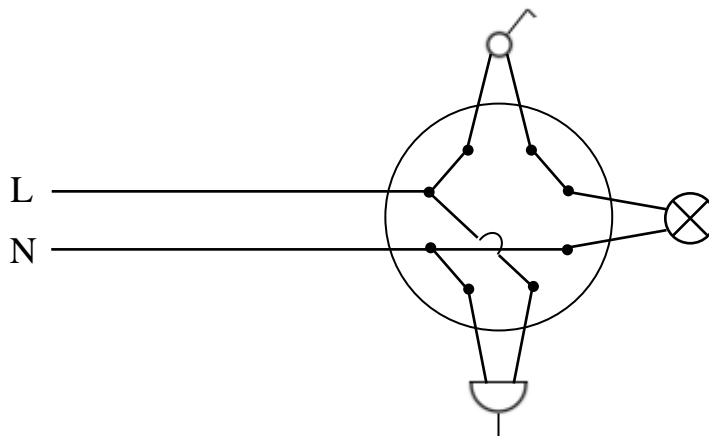


Рис. 10 Соединения проводов в распределительной коробке

### Содержание отчета.

1. Начертить многолинейную схему включения лампы и розетки.
2. Начертить соединение проводов в распределительных коробках.
3. Ответы на контрольные вопросы.

### Контрольные вопросы.

1. Как выполняются соединения концов проводов в распределительных коробках?
2. Какую последовательность необходимо соблюдать при соединении концов проводов в коробках?
3. Как выполнить прозвонку патронов?
4. Как присоединить розетку на участке схемы с четырьмя проводами?



## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №9

### МОНТАЖ КВАРТИРНОГО ЩИТКА И СЧЕТЧИКА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ

#### *Цель работы:*

Изучить порядок и правила монтажа квартирного щитка осветительной сети, а также установки, проверки и включения счетчика электрической энергии.

#### *Задание к работе*

1. Изучить устройство квартирного щитка.
2. Изучить устройство, принцип действия однофазных и трехфазных счетчиков электрической энергии.
3. Усвоить правила установки и проверки счетчика.
4. Собрать электрическую цепь, состоящую из однофазного счетчика и ламп накаливания, включенных через однофазные автоматические выключатели.
5. Определить постоянную счетчика.

#### *Общие сведения*

В соответствии с ПУЭ [1] принята следующая классификация устройств для распределения и учета электрической энергии в жилых, общественных, административных и бытовых зданиях:

– вводное устройство (ВУ) – совокупность конструкций, аппаратов и приборов, устанавливаемых на вводе питающей линии в здание или в его обособленную часть;

– вводное устройство, включающее в себя также аппараты и приборы отходящих линий, называется вводно-распределительным (ВРУ);

– распределительный пункт (РП) – устройство, в котором установлены аппараты защиты и коммутационные аппараты (или только аппараты защиты) для отдельных электроприёмников или их групп (электродвигателей, групповых щитков);

– групповой щиток – устройство, в котором установлены аппараты защиты и коммутационные аппараты (или только аппараты защиты) для отдельных групп светильников, штепсельных розеток и стационарных электроприёмников;

– квартирный щиток – групповой щиток, установленный в квартире и предназначенный для присоединения сети, питающей светильники, штепсельные розетки и стационарные электроприёмники квартиры;

– этажный распределительный щиток – щиток, установленный на этажах жилых домов и предназначенный для питания квартир или квартирных щитков;

– питающая сеть – сеть от распределительного устройства подстанции или ответвления от воздушных линий электропередачи до ВУ, ВРУ;

– распределительная сеть – сеть от ВУ, ВРУ до распределительных пунктов и щитков;

– групповая сеть – сеть от щитков и распределительных пунктов до светильников, штепсельных розеток и других электроприёмников.

Электрический щит – обобщающее название размещаемого на лестничной площадке или в квартире местонахождения средств защиты электрических сетей, распределения и учета электроэнергии, отключающих аппаратов, обычно устанавливаемых на металлический щит в специальном шкафу или ящике с запирающейся на ключ дверцей.

Как правило, внутри щита размещается минимум аппаратуры, относящийся к индивидуальной квартире или совокупности квартир, определяемых на этаже лестничной площадкой, соединяемых с квартирой групповой сетью:

– счётчик электроэнергии;

– смонтированные предохранители или автоматические выключатели;

– дополнительно, в отдельных отсеках, могут размещаться соединители с не силовыми электрическими сетями, например кабельным телевидением или ЛВС.

Изготавливаются щиты на специализированных заводах и подразделяются на два типа. Первый тип – комплектные – выпускается по типовым схемам или согласно индивидуального заказа, и доставляются на место установки уже в готовом виде. Как правило, к такому типу электрических щитов относят – ВРУ. Наиболее функциональными являются электрические щиты второго типа, к которым можно отнести практически все типы групповых распределительных щитов (ГРЩ). Монтирует ГРЩ прямо на месте установки, используя проект для монтажа проводки. Корпуса такого типа щитов могут быть как цельно собранными фирмой –

изготовителем, так и представлять собой набор деталей, которые еще нужно собрать по индивидуальной схеме (производится на месте сборки электрических щитов).

Для сборки электрических щитов используются металлические или пластиковые корпуса. Корпуса выпускаются промышленностью как готовыми, определенных серий, так и в виде различных деталей для сборки корпуса индивидуальной конструкции.

Готовые корпуса можно разделить на корпуса (щиты) с монтажной панелью и модульные корпуса (щиты).

Щиты (шкафы) с монтажной панелью предназначены для установки любого подходящего по габаритам оборудования при помощи резьбовых соединений на монтажную панель – жесткий металлический лист, в котором выполняются нужные отверстия, или же снабженный отверстиями изначально. В корпусе индивидуальной сборки можно разместить одновременно и модульную часть, и монтажную панель.

Модульные щиты имеют небольшие или средние размеры и используются в большинстве ГРЩ. При установке вне специальных помещений позволяют сохранить эстетику интерьера. Предназначены для установки, специально предназначенной для таких щитов аппаратуры небольших размеров (модульной аппаратуры). Для её монтажа на задней стенке (дне) модульного щита устанавливается один либо несколько металлических профилей определенного размера и формы – DIN-рейка. После установки аппаратуры и выполнения в щите электрических соединений поверх в щите устанавливается металлическая или пластиковая панель, скрывающая клеммы приборов, провода и DIN-рейку и защищающая от прикосновения к токоведущим частям. В панели выполнены прорези, обеспечивающие видимость приборов и доступ к их элементам управления. Незанятую приборами часть прорези закрывают пластиковыми заглушками (фальшь-панелями).

Также все электрические щиты можно разделить на две группы: щиты учета (ЩУ) и распределительные щиты (ЩР).

Щит учета используется для установки оборудования, применяемого для измерения и регистрации различных параметров. Выполняется, как правило, в виде электротехнического шкафа. Размер и конструкция шкафа выбирается под нужды конкретного узла учета. Для целей оперативного

доступа к информации учета, на передней дверце шкафа выполняется специальное смотровое окно, которое может оснащаться защитным стеклом. Щиты учета могут быть выполнены для встроенной установки или настенного исполнения. Электромонтаж оборудования ведется на встроенную монтажную панель, а также специализированные элементы, адаптированные под стандартные средства учета. Дополнительно щиты комплектуются фальшь-панелями, обеспечивающими защиту персонала от поражения электрическим током. Щиты учета в обязательном порядке оснащаются запорными устройствами и другими элементами, предотвращающими несанкционированный доступ к приборам учета.

Распределительный щит относится к наиболее часто используемому типу силовых электрических щитов, через который осуществляется приём и распределение электроэнергии по зданию или какой-то его части. В качестве главного РЩ может служить вводно-распределительное устройство или щит низшего напряжения подстанции.

Электромонтаж щитов выполняется только на основании утвержденного Энергонадзором и согласованного проекта электроснабжения с соблюдением следующих основных правил. Во-первых, все без исключения соединения в щитах необходимо выполнять одножильным проводом с сечением не менее  $4 \text{ мм}^2$  стандартной расцветки. Во-вторых, никаких соединений проводов методом скрутки – только пайка или монтаж с использованием клемм, места соединений проводов должны быть тщательно изолированы. В-третьих, все концы многожильных проводов снабжаются специальными наконечниками или оплавляются. В-четвертых, размещать оборудование внутри электрического щита необходимо следующим образом: автоматические выключатели и система УЗО должны размещаться в верхней части, а элементы защитного заземления и зануления – снизу. В-пятых, все отходящие провода фаз в распределительной сети должны быть подключены к соответствующим автоматическим выключателям, но не более двух проводов в одном болтовом соединении. При этом все автоматические выключатели должны быть снабжены информационными табличками касательно контролируемых нагрузок. Например, «розетки II этажа», «освещение служебных помещений» и т.п. В-шестых, все проводники желтого и зеленого цветов изоляции, обычно относящиеся к защитным

проводникам, должны соединяться на защитных колодках и шинах заземления.

Питание осветительных сетей осуществляется от квартирного щитка. Щиток обычно представляет собой штампованный каркас (иногда встречается – пластмассовый), закрепленный на кронштейнах. Щиток устанавливают в местах, удобных для обслуживания: на панелях, на стенах, в нишах или на щитах на высоте  $1,7 \div 2$  м от пола. В верхней части квартирного щитка располагают пробочные предохранители (в последних разработках только автоматические выключатели), в средней части – счетчик электрической энергии, в нижней – пакетный выключатель.

Для отключения счетчика и осветительной проводки при ревизиях, демонтаже и монтаже питание от сети отключается через пакетный выключатель, а для защиты проводки и счетчика при перегрузках и коротких замыканиях предназначены предохранители и автоматические выключатели.

В соответствии с ГОСТ Р 51628-2000 щитки классифицируют по признакам, приведенным в табл. 1.

Таблица 1

Признак классификации щитков	Виды щитков				
	Квартирные		Этажные		
	групповые	учетно-групповые	распределительные	учетно-распределительные	учетно-распределительно-групповые
1. По исполнению, относящемуся к виду установки:					
- настенное	+	+	+	+	+
- встраиваемое в нишу	+	+	+	+	+
2. По наличию слаботочного отсека:					
- с отсеком	×	×	+	+	+
- без отсека	×	×	+	+	+
3. По способу защиты от поражения электрическим током по ГОСТ Р МЭК 536:					
-класс I	+	+	+	+	+
-класс II	+	+	+	+	+

Продолжение таблицы 1

4. По наличию аппарата на вводе щитка: - с аппаратом - без аппарата	+ + <sup>(2)</sup>	+ + <sup>(3)</sup>	× ×	× ×	× ×
5. По числу фаз ввода в щиток: - однофазный при $P_p^{(1)} \leq 11$ кВт - трехфазный при $P_p > 11$ кВт или при наличии трехфазных электроприемников	+ +	+ +	× ×	× ×	× ×
6. По числу фаз распределительных цепей: - однофазные - трехфазные	- -	- -	+ +	+ +	- -
7. По числу фаз групповых цепей: - однофазные при $P_p \leq 11$ кВт - однофазные и трехфазные при $P_p > 11$ кВт или при наличии трехфазных электроприемников	+ +	+ +	× ×	× ×	+ -
8. По наличию аппарата для защиты и отключения питающей цепи (стояка): - с аппаратом (или предусмотренным местом для последующей его установки потребителем) - без аппарата	× ×	× ×	+ +	+ +	+ +

## Примечание.

Знаки в табл.1 означают:

« + » – наличие исполнения щитка с соответствующим классификационным знаком;

« - » – отсутствие исполнения щитка с соответствующим классификационным знаком;

« × » – щитки по данному признаку не классифицируются;

$P_p^{(1)}$  – расчетная мощность на вводе квартиры;

<sup>(2)</sup> – при присоединении щитка к этажному учетно-распределительному щитку;

<sup>(3)</sup> – при присоединении щитка к этажному распределительному щитку.

Основные параметры щитков должны соответствовать параметрам, указанным в табл. 2 и приводиться в технических условиях на щитки конкретных типов.

Таблица 2

Признак классификации щитков	Значение для щитков				
	Квартирных		Этажных		
	групповых	учетно-групповых	распределительных	учетно-распределительных	учетно-распределительно-групповых
1	2	3	4	5	6
1. Номинальное напряжение на вводах щитков, В а) зданий массового строительства б) индивидуальных зданий и многоквартирных жилых домов: - при $P_p^{(1)} \leq 11$ кВт - при $P_p > 11$ кВт или при наличии трехфазных токоприемников	220  220 380/220	220  220 380/220	380/220  380/220 380/220	380/220  380/220 380/220	380/220 <sup>(2)</sup>  - -
2. Номинальные токи однофазных вводных аппаратов (включая автоматические выключатели, управляемые дифференциальным током), А: -квартир <sup>(3)</sup> -щитков	- 25;32;40;50;63	- 25;32;40;50;63	25;32;40;50;63  -	25;32;40;50;63  -	- -
3. Номинальные токи трехфазных вводных аппаратов (включая автоматические выключатели, управляемые дифференциальным током), А: -квартир -щитков	- 25;32;40;50;63	- 25;32;40;50;63	25;32;40;50;63  -	25;32;40;50;63  -	- -
4. Номинальные отключающие дифференциальные токи однофазных вводных автоматических выключателей, управляемых дифференциальным током, мА: -квартир -щитков	- 30;100;300	- 30;100;300	30;100;300  -	30;100;300  -	- -
5. Номинальные отключающие дифференциальные токи трехфазных вводных автоматических выключателей, управляемых дифференциальным током, мА: -квартир -щитков	- 100;300	- 100;300	100;300  -	100;300  -	- -

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5	6
6. Номинальные токи однофазных защитных аппаратов линий групповых цепей, А: - автоматических выключателей - предохранителей	6;10;16;25;32;40 6;10		– –	– –	10;16;25; 32;40 –
7. Номинальные токи трехфазных автоматических выключателей для защиты линий групповых цепей, А	10;16;25;32;40			–	
8. Номинальные отключающие дифференциальные токи автоматических выключателей, управляемых дифференциальным током линий групповых цепей (одно- и трехфазных), мА	10;30		–	–	10;30
9. Число квартир, присоединяемых к щитку	1			2;3;4	
10. Минимальное число защитных аппаратов линий групповых цепей в щитках зданий массового строительства: -с электроплитами -без электроплит	4 3		– –	– –	4 на кв. 3 на кв.
11. Число защитных аппаратов линий групповых цепей в щитках индивидуальных зданий и многоквартирных жилых домов	6;12;18;24;30 <sup>(4)</sup>			–	
12. Номинальные токи автоматических выключателей для защиты питающих цепей (стояков), А	–				100;160;250

Примечание.

Знаки в табл. 2 означают:

$P_p^{(1)}$  – расчетная мощность на вводе квартиры;

(2) – напряжение групповых цепей 220В;

(3) – Вводной аппарат квартиры – аппарат, установленный в этажном щитке, от которого запитываются либо защитные аппараты групповых цепей квартиры, расположенные в том же щитке, либо защитные аппараты квартирного щитка. В первом случае вводной аппарат размещен в учетно-распределительном групповом щитке, во втором – распределительном или учетно-распределительном.



- (4) – Указанные количества защитных аппаратов линий групповых цепей определяют типоразмеры квартирных щитков. Фактическое их заполнение аппаратами согласно заказу в пределах номинального рабочего тока вводного аппарата квартиры.

Для комплектации щитков следует применять преимущественно защитные аппараты и приборы, имеющие единый размерный модуль и крепление которых предусмотрено на рейках по ГОСТ Р МЭК 60715.

При необходимости в щитках могут устанавливаться аппараты управления, приборы сигнализации и контроля.

Рекомендуемые виды аппаратов – согласно табл. 3.

Таблица 3

Вид аппаратов	Виды щитков				
	Квартирные		Этажные		
	групповые	учетно-групповые	распределительные	учетно-распределительные	учетно-распределительно-групповые
1	2	3	4	5	6
1. Вводные аппараты щитков и квартир:					
а) однофазные:					
- выключатели неавтоматические одно- или двухполюсные	+	+	-	-	+(1)
- выключатели автоматические одно- или двухполюсные	-	+	+(1)	+(1)	-
- выключатели автоматические, управляемые дифференциальным током двухполюсные	+	+	-	-	+(1)
б) трехфазные:					
- выключатели неавтоматические трех- или четырехполюсные	+	+	-	-	-
- выключатели автоматические трех- или четырехполюсные	-	+	+(1)	+(1)	-
- выключатели автоматические, управляемые дифференциальным током, трех- или четырехполюсные	-	+	+(1)	+(1)	-

Примечание.

- (1) – аппараты относятся к вводам квартир.

Продолжение таблицы 3

1	2	3	4	5	6
2. Аппараты групповых цепей:					
а) однофазные:					
- выключатели автоматические однополюсные	+	+	-	-	+
- предохранители резьбовые	+	+	-	-	-
- выключатели автоматические, управляемые дифференциальным током однополюсные	+	+	-	-	+
б) трехфазные:					
- выключатели автоматические трехполюсные	+	+	-	-	+
- выключатели автоматические, управляемые дифференциальным током, трехполюсные	+	+	-	-	-

Обозначение типов щитков каждого вида в соответствии с табл. 2 рекомендуется формировать с использованием классификационных признаков и параметров, установленных в стандарте, по следующей структуре:

3 XX...X X X X-

X\*XX X/X/XX+X-X XX

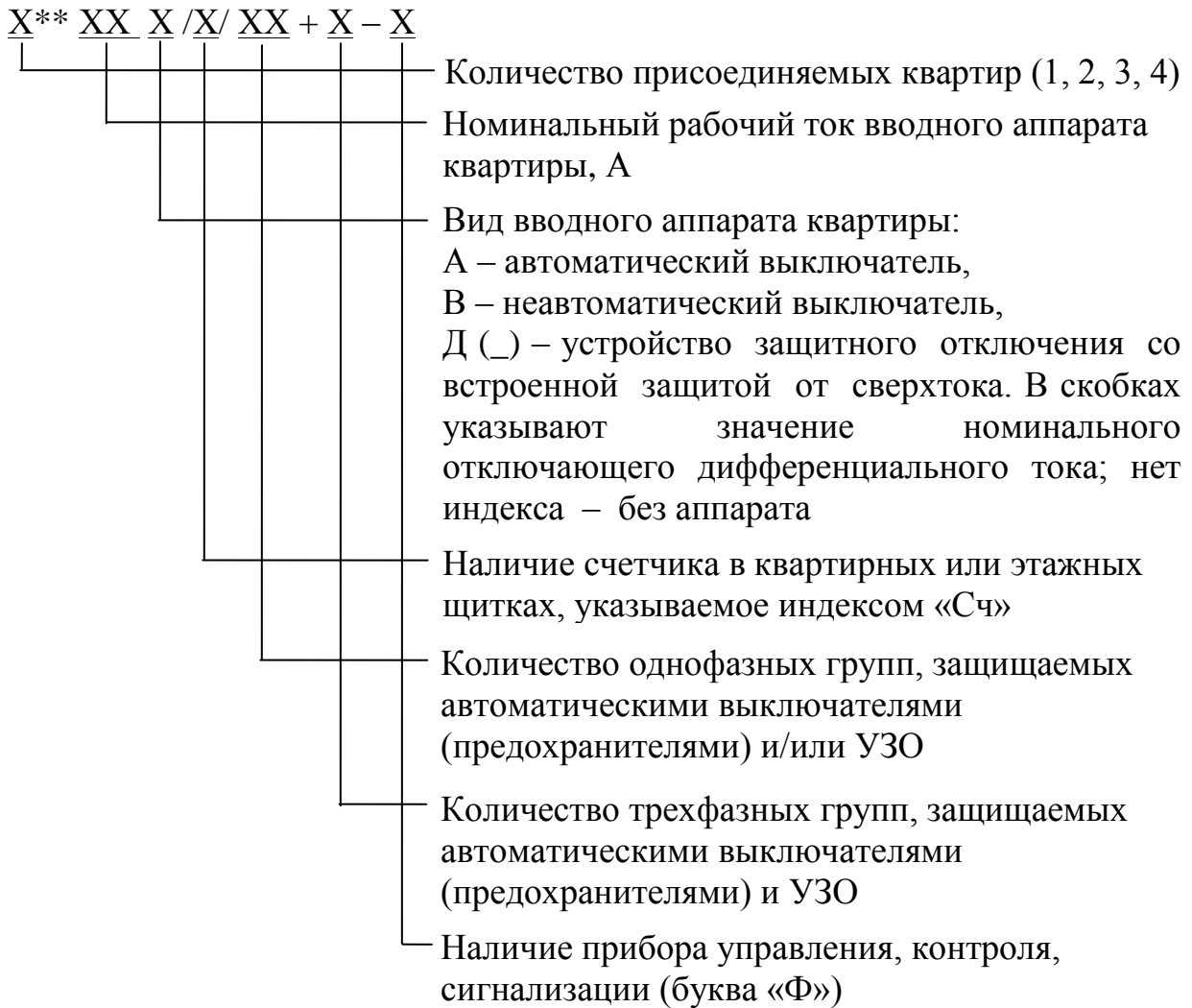
- Группировка 1, указывающая на классификационные признаки
- Группировка 2, содержащая информацию о количестве и видах аппаратов и приборов и номинальных рабочих токах вводных аппаратов квартир
- Вид климатического исполнения щитка

Рекомендуемая структура группировки 1

3 XX...X X X X

- Количество фаз на вводе в квартиру
- Обозначения типа
- Вид установки:  
Н – настенное;  
У(В) – встраиваемое в нишу
- Условный номер разработки серии щитков
- Класс по способу защиты от поражения электрическим током (I или II)

## Рекомендуемая структура группировки 2



\* В обозначениях щитков конкретных типов количество фаз для однофазных щитков и класс I могут не указываться.

\*\* В обозначении типа приводят только те параметры, которые установлены в технических условиях на щитки конкретных типов.

### Примеры условных обозначений

Пример обозначения типа однофазного учетно-группового квартирного щитка, настенного исполнения, условного номера разработки 2, класса I, с автоматическим выключателем на номинальный рабочий ток 40 А, со счетчиками, семью однофазными группами, климатического исполнения УЗ:

*ЩКН2 – 40А/Сч/7УЗ*

Пример обозначения типа трехфазного учетно-группового квартирного щитка, встраиваемого в нишу, класса II, с УЗО на номинальный рабочий ток

50 А и номинальный отключающий дифференциальный ток 300 мА, со счетчиком, с 12 однофазными и четырьмя трехфазными группами, с приборами управления и сигнализации, климатического исполнения УХЛ4.1:

*ЗЩКУП – 50Д (300)/Сч/12 + 4 – ФУХЛ4.1*

Пример обозначения типа этажного учетно-распределительного щитка, встраиваемого в нишу, условного номера разработки 2, класса I, на три квартиры с однофазными автоматическими выключателями на номинальный рабочий ток 40 А, со счетчиками, климатического исполнения УХЛ4.1:

*ЩЭУ2 – 3 × 40А/Сч/УХЛ4.1*

Пример обозначения типа этажного распределительного щитка, встраиваемого в нишу, условного номера разработки 4, класса I, на две квартиры, с трехфазными автоматическими выключателями на номинальный рабочий ток 50 А, климатического исполнения УХЛ4:

*ЗЩЭУ4 – 2 × 50АУХЛ4*

Пример обозначения типа этажного учетно-распределительно группового щитка, встраиваемого в нишу класса I, на четыре квартиры, с вводными выключателями на номинальный рабочий ток 31,5 А, со счетчиками, с четырьмя однофазными группами, климатического исполнения УХЛ4:

*ЩЭУГ – 4 × 31,5/Сч/4УХЛ4.*

К щиткам распределительным для жилых зданий в соответствии с ГОСТ Р 51628-2000 применимы следующие термины:

1. квартирный групповой щиток: Щиток, устанавливаемый в квартире и предназначенный для присоединения групповых цепей, причем счетчик элек-троэнергии располагается на этажном учетно-распределительном щитке (4).

2. квартирный учетно-групповой щиток: Щиток, устанавливаемый в квартире и предназначенный для присоединения групповых цепей и учета электроэнергии.

3. этажный распределительный щиток: Щиток, устанавливаемый на этаже (лестничных клетках, этажных коридорах) и предназначенный для присоединения квартирных учетно-групповых щитков (2).

4. этажный учетно-распределительный щиток: Щиток, устанавливаемый на этаже и предназначенный для присоединения

квартирных групповых щитков (1) и поквартирного учета электроэнергии.

5. этажный учетно – распределительно – групповой щиток: Щиток, устанавливаемый на этаже и предназначенный для присоединения групповых цепей квартир и поквартирного учета электроэнергии.

6. этажный совмещенный щиток: Щиток по 3, 4 или 5, имеющий слаботочный отсек (для размещения устройств телефонной, радиотрансляционной, телевизионной и других слаботочных сетей).

7. питающая цепь: электрическая цепь от вводно-распределительного устройства здания до этажных щитков (стояк) или электрическая цепь (сеть) от наружного источника питания (воздушной или кабельной линии) до квартирных щитков многоквартирных жилых домов.

8. распределительная цепь: электрическая цепь от этажного щитка до квартирного.

9. групповая цепь: электрическая цепь от щитка (квартирного или учетно – распределительно – группового) до светильников, штепсельных розеток и других стационарных электроприемников.

10. корпус: основной элемент конструкции щитка, с которым соединены другие элементы конструкции, включая оболочку.

Примечание. Оболочка может выполнять функции корпуса.

Щитки распределительные для производственных и общественных зданий ЩЭ, ОЩ, ОЩВ, ЩРН, ЩК и др. предназначены для распределения электрической энергии, защиты от перегрузок и токов короткого замыкания электрической энергии, защиты от перегрузок и от токов короткого замыкания осветительных сетей трехфазного переменного тока напряжением 380/220 В с глухо заземленной нейтралью частоты 50 Гц.

Для сборки распределительных щитков чаще всего используются модульные корпуса различных габаритов со степенью защиты IP31 и IP54.



Рис. 1

Корпуса могут быть встраиваемого (рис.1,а) и навесного исполнения (рис.1, б). Все корпуса имеют высококачественное полимерное покрытие и отличаются высокой антикоррозийной стойкостью.

Монтаж оборудования осуществляется на DIN-рейку (рис. 2, а), неиспользованные монтажные места закрываются заглушкой (рис. 2, б).

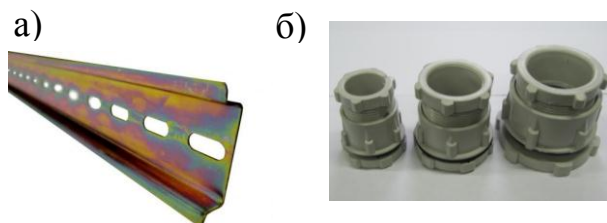


Рис. 2

В отверстия для ввода и вывода кабелей устанавливается сальник-резинка (степень защиты IP31, IP44) либо сальник серии PG и PGL (IP54).

Для электромонтажа оборудования используется медный провод типа ПВ1 и ПВ3 различного сечения, шина "N", шина "PE" и шина соединительная (рис. 3, а, б, в), соответственно. Она предназначена для быстрого и качественного соединения групп автоматических выключателей



Рис. 3

и УЗО. Конструкция шины позволяет избежать возникновения дополнительных контактных сопротивлений и, как следствие, дополнительных мест нагрева токоведущих частей. Шина может быть одно- и трехфазной номинальным током 63А и 100А.

При электромонтаже гибким проводом типа ПВ3 используются наконечники штыревые под опрессовку, которые полностью заменяют обязательный процесс облуживания многопроволочных медных проводов.

Для замены выпускаемых в настоящее время щитков типа ЯРН, ЯРУ, ЯОУ, ОП, ОЩ, ОЩВ, УОЩВ, шкафов распределительных ПР 11 и частично ПР 8503, используется серия типовых щитков распределения энергии групповых осветительных и силовых сетей ЩРО 8505 с силой тока до 400А.

Щитки указанной серии предназначены для применения в общественных, промышленных, сельскохозяйственных и др. зданиях и сооружениях, объектах средней мощности, торговых павильонах и др. сооружениях, включая металлические сооружения с повышенными требованиями к электробезопасности. Климатическое исполнение – УХЛЗ.1.

Щитки могут использоваться во всех типах электрических сетей в части заземления (по ГОСТ Р 50571.3-94, МЭК 364-4-41-92): TN-C, TN-S, TN-C-S, TT, IT при различных вариантах расположения нулевого рабочего и нулевого защитного проводников, с целью обеспечения защитных мер от поражения электрическим током при эксплуатации.

Изготавливаются в металлических корпусах степени защиты IP30 небольших габаритных размеров от 500x250x160 до 500x1000x160 мм. В качестве выключателей ввода используются выключатели: до 250А – ВА57Ф35, от 250 до 500А – ВА57-39; выключатели распределения – одно-, двух-, трех- и четырехполюсные автоматические выключатели ВА61F29.

Щитки обеспечивают: ввод трехфазной электрической сети напряжением 380/220 В частотой 50Гц или однофазной сети напряжением 220В; распределение электроэнергии по трехфазным и/или однофазным цепям; защиту всех цепей от перегрузок и токов короткого замыкания; нечастые (до 6 в сутки) оперативные включения и отключения отходящих электрических цепей; защиту от токов утечки при установке в распределительной сети дифференциальных выключателей или устройств защитного отключения (УЗО) совместно с автоматическими выключателями.

Щиты этажные серии ЩЭ, ШЛС (ЩЛС) (рис. 4) предназначены для приема, распределения и учета электроэнергии напряжением 220В, а также для защиты линий квартир при перегрузках и коротких замыканиях.



Рис. 4

Щитки ЩЭ монтируются в нишу. Ввод линии электропитания в щиток производится без разрезания магистрали 380/220В.

Конструкция ЩЭ предусматривает три отдела:

– абонентский отсек, в котором устанавливаются автоматические выключатели и УЗО;

– отсек учета, в котором устанавливаются однофазные электрические счетчики и автоматический выключатель для отключения лестничного стояка;

– слаботочный отсек для размещения устройств телефонной, радиотрансляционной и телевизионной сетей.

Щитки ЩЭ обеспечивают функции, аналогичные функциям, имеющимся у распределительных щитов.

Щитки этажные защитные типа ЩЭ 8505 предназначены для защиты и питания электрической энергией сетей квартир напряжением 220/380В частотой 50Гц.

Этажные щитки устанавливаются на этажах жилых домов (на лестничных клетках, в поэтажных коридорах), от которых запитываются квартирные щитки, например ЩК 8805, устанавливаемые в квартире.

Щитки квартирные ЩК (рис. 5) предназначены для учета и распределения электроэнергии, а также для защиты линий при перегрузках и замыканиях в сетях трехфазного переменного тока напряжением 380/220В частотой 50Гц.

Щитки изготавливаются для применения с системами заземления TN-S, TN-C, TN-C-S по ГОСТ 30331/2, ГОСТ Р50571.2.



Рис. 5

Щитки устанавливаются непосредственно в квартирах, индивидуальных домах, на дачах и т.д. При установке в квартирах многоэтажных жилых домов щитки запитываются от щитков этажных.

Габаритные размеры щитков ЩК могут колебаться от 390х310х140 до 1200х800х160 (высота×ширина×глубина) в зависимости от устанавливаемой аппаратуры.

Особые требования:

– рабочий номинальный ток щитка должен составлять не более 80% номинального тока расцепителя автоматического выключателя ввода;

– выключатели распределения, встраиваемые в шкаф, не должны длительно нагружаться током, превышающим 80% от значений номинальных токов, их тепловых максимальных расцепителей тока;



– сумма номинальных токов выключателей распределения может превышать номинальный ток щитка при том условии, что единовременная рабочая нагрузка всех выключателей распределения не превышает номинального тока щитка.

Щитки выпускаются навесного и утопленного исполнения. В зависимости от количества и типа встраиваемых аппаратов, могут быть различных габаритных размеров.

Щитки навесного исполнения крепятся к стенам гвоздями (шурупами) через отверстия в задней стенке.

Щитки утопленного исполнения устанавливаются в нишах стен и закрепляются в них распорными болтами.

Оболочки щитков изготавливаются из листового стального проката толщиной 1,2 мм., обеспечивают степень защиты IP31 и состоят из: корпуса, лицевой панели, панели, на которой смонтированы автоматические выключатели и счетчик.

Размещение и монтаж:

– щитки комплектуются модульными автоматическими выключателями с комбинированным расцепителем и счетчиками;

– по индивидуальным схемам заказчика возможно изготовление щитков с установкой в распределительной сети дифференциальных выключателей или устройств защитного отключения (УЗО) совместно с автоматическими выключателями, конструкцией которых предусмотрен монтаж на DIN-рейки;

– конструкция оболочек допускает ввод питающих проводников как сверху, так и снизу через специальные сальники (или пластмассовые втулки), обеспечивающие защиту проводов (кабелей) от повреждения. Конструкция допускает возможность ввода и вывода проводов в стальных или пластмассовых трубах;

– контактные зажимы автоматических выключателей на вводе и отходящих групповых линиях допускают присоединение проводников сечением от 1 до 25 мм<sup>2</sup>;

– щитки имеют защитную и нулевую рабочую шины, которые позволяют применять электрооборудование класса защиты I (по электробезопасности) в соответствии с требованиями государственных стандартов, принятых на основе международных стандартов МЭК;

– нулевая защитная и нулевая рабочая шины имеют зажимы, допускающие присоединение нулевых проводников сечением, равным сечению фазных проводников;

– электрический монтаж ведется штампованными шинами или проводами: присоединение осуществляется с помощью компактных зажимов, что позволяет быстро собирать всевозможные схемы и производить при необходимости замену вышедших из строя выключателей или замену их по требуемому номинальному току с лицевой стороны без демонтажа самих щитков.

Щиты освещения (их иногда называют осветительные щиты) предназначены для приёма и распределения электроэнергии в сети освещения, для нечастых оперативных коммутаций (до 3 включений / выключений в час) электрических цепей, для прямого пуска электрических аппаратов.

Щиты освещения обеспечивают защиту электрических осветительных цепей напряжением до 380В от перегрузок, коротких замыканий, в ряде случаев оснащаются аппаратами защиты от остаточных импульсов избыточного напряжения, защиты от токов утечки, от избыточного потребления электроэнергии а также срабатывания при возгорании или задымлении питаемого объекта.

Щиты освещения (рис. 6) используются в промышленных, общественно-административных, жилых зданиях. Современные щиты освещения, в основном, выполняются на аппаратуре, устанавливаемой на DIN-рейки и в корпусах, предназначенных для установки такой (унифицированных размеров, модульной, с модулем шириной 9 мм) аппаратуры. Иногда встречаются требования установки аппаратуры на монтажную панель.



Рис. 6

В зависимости от назначения щиты освещения могут отвечать требованиям:

- ПУЭ "ПРАВИЛАМ УСТРОЙСТВА ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК";
- ГОСТ Р 51778-2001 "Щитки распределительные для производственных и общественных зданий";

– ГОСТ Р 51628-2000 "Щитки распределительные для жилых зданий".

Так как щиты освещения это наиболее простая группа низковольтных комплектных устройств (НКУ), а требуются они в каждом здании, то их номенклатура огромна. Наиболее распространённые серии щитов освещения, предназначенных коммутации и для защиты установок напряжением до 380В, 50/60Гц:

- ОЩВ, УОЩВ, ОЩ, ОП, ОПВ;
- ЯОУ8000 (ящик освещения);
- МЗ, МЗУ;
- ЩК (тоже, щиток освещения, квартирный);
- ЩОВ (щиты освещения взрывозащищённые).

Щитки типа ОП, ОЩ, ОЩВ устанавливаются на стене, а УОЩВ – в нише.

Щиток каждого типоразмера комплектуется автоматическими выключателями в зависимости от числа отходящих групповых линий.

В дополнение к указанным выше функциям щиты распределительные предназначены для сборки:

1. щитов распределительных с управлением;
2. щитов распределительных с учетом (рис. 7). Щит учета предназначен для приема и учета электроэнергии в трехфазной сети;
3. щитов распределительных с учетом и управлением (рис. 8). Щиток учетно-распределительный предназначен для приема, учета и распределения электроэнергии в трехфазной или однофазной сети, напряжением 380/220В.



Рис. 7



Рис. 8

В частности, совмещенные этажные щитки ЩУР 8805-5206...5412 отличаются от этажных учетно-распределительных типа ЩУР, Щ81, ЩУ и др. наличием отсека для установки устройств телефонных, радиотрансляционных и телевизионных сетей.

Щитки ЩУР 8805 устанавливаются на этажах жилых домов (лестничных клетках, поэтажных коридорах), присоединяются к центральной магистрали электроснабжения без ее разрезания.

Щитки могут использоваться во всех типах электрических сетей в части заземления (по ГОСТ Р50571.3-94, МЭК 364-4-41-92): TN-C, TN-S, TN-C-S, TT, IT при различных вариантах расположения нулевого рабочего и нулевого защитного проводников, с целью обеспечения защитных мер от поражения электрическим током при эксплуатации.

Щитки состоят из отсеков:

– абонентский (верхний), куда имеют доступ жильцы и в, котором установлены автоматические выключатели для защиты групповых квартирных сетей;

– учетный (нижний), куда имеют доступ только работники энергонадзора, и в котором установлены электросчетчики и автоматические выключатели для отключения счетчиков.

Щитки ЩУР 8805 комплектуются счетчиками и модульными автоматическими выключателями серии "ВА", выпускаемыми ОАО "Дивногорский завод низковольтной аппаратуры".

По индивидуальным схемам заказчика возможно изготовление ЩУР 8805 с установкой в распределительной сети дифференциальных выключателей или устройств защитного отключения (УЗО) совместно с автоматическими выключателями.

Необходимо отметить, что в ряде случаев, например, в объектах индивидуального строительства, небольших общественных зданиях, малых производственных предприятий и встроенных объектов (офисов, магазинов и т. п.) в качестве шкафов ввода, учёта и распределения электрической энергии применяют пункты распределительные серии ПР8804.

Шкаф представляет собой унифицированный металлический корпус, в котором на горизонтальных профилях устанавливается соответствующая аппаратура. Для обслуживания установленной в шкафах аппаратуры предусмотрена одностворчатая дверь, запирающаяся на замок.

Линия электропитания подключается либо к вводному выключателю, либо к специальным вводным зажимам. Отходящие групповые линии подключаются к соответствующим автоматическим выключателям. Внутри шкафа расположены нулевая рабочая и защитная шины.

При дополнительном заказе для обеспечения степени защиты оболочки IP 54 конструкция шкафа позволяет обеспечить ввод и вывод питающих и отходящих линий с помощью сальников как сверху, так и снизу в любой комбинации через съемные крышки.

Шкафы оснащены вводными выключателями на любой ток до 250 А, трехфазным и (или) однофазным счетчиками, трех- и (или) однофазными фидерными автоматами на токи от 0,6 до 63 А и модулем защитного отключения, который обеспечивает защиту человека от поражения электрическим током и защиту здания от пожара (сочетание аппаратов – по желанию заказчика). Вводные выключатели и выключатели на отходящих линиях в шкафах допускают присоединение на фазу (полюс) медных и алюминиевых проводников.

Шкафы размещают либо на стене (навесное исполнение), либо в нише стены (утопленное исполнение), либо на полу помещения (напольное исполнение).

Шкафы распределительные серии ПР8804 могут изготавливаться для систем заземления TN-S и TN-C-S, тогда в конструкции шкафа дополнительно устанавливается изолированная шина нейтрали – N.

Габаритные размеры распределительных пунктов серии ПР8804 зависят от номера схемы (от номинального тока, от количества и типа установленных автоматических выключателей).

Учёт израсходованной электрической энергии потребителями осуществляется счётчиками (однофазными или трёхфазными).

Электросчётчики по своему принципу действия и устройству делятся на два вида: электронные и индукционные (электромеханические).

Электронный (цифровой) электросчётчик – это устройство измерения электрической мощности с преобразованием её в аналоговый сигнал, который далее преобразуется в импульсный сигнал, пропорциональный потребляемой мощности.

Преобразователь (как видно из названия узла) преобразует аналоговый сигнал в цифровой импульсный, пропорциональный потребляемой мощности.

Микроконтроллер – главная часть электросчётчика, анализирует этот сигнал, рассчитывая количество потребляемой электроэнергии, и осуществляет передачу информации на устройства вывода, на электромеханическое устройство или на дисплей – если используется жидкокристаллическая матрица, где и показывается количество потребляемой электроэнергии.

Цифровые счетчики электрической энергии (ЦСЭ), в связи с переходом на микроконтроллерное управление, имеют очевидные преимущества:

- в ЦСЭ достигим практически любой класс точности. Отсутствие трущихся механических частей значительно повышает надежность устройства;

- обработка аналоговой информации в цифровом виде принципиально позволяет одновременно определять как активную, так и реактивную составляющие мощности, что является важным, например, при учете распределения энергии в трехфазных сетях;

- появляется возможность создания многотарифных счетчиков. При работе такого ЦСЭ значение накопленной энергии записывается в накопительный буфер текущего тарифа. Выбор текущего тарифа осуществляется автоматически. Например, "льготный" тариф может быть установлен на ночное время и на праздничные дни; "пиковый" тариф на время от 13:00 до 15:00 в будние дни, а в остальное время действует "основной" тариф;

- в ЦСЭ несложно реализовать внешний интерфейс, по которому можно считывать показания счетчиков, изменять тарифы, производить диагностику и управление. Такие счетчики могут быть организованы в единую сеть с централизованным доступом. Например, все ЦСЭ в жилом доме объединяются по внешнему интерфейсу и через модем выходят на телефонную линию. Таким образом, связываясь по телефонной сети, можно программировать или считывать информацию с любого ЦСЭ в доме;

- применение цифровой базы делает возможным создание автоматизированной изолированной системы потребления, учета, распределения энергии и платежей. В такой системе может быть, например, предусмотрена предварительная оплата электроэнергии. Пользователь, в этом случае, заранее оплачивает определенное количество энергии. Информация об оплате либо непосредственно поступает на счетчик по

внешнему интерфейсу, либо может быть записана на специальную электронную карточку, индивидуальную для каждого пользователя. Карточка программируется в пункте оплаты, после чего записанная информация считывается ЦСЭ с помощью встроенного картридера. Если лимит купленной энергии будет исчерпан, а новая оплата не внесена, счетчик отключает пользователя от энергосети. Таким образом, в подобной системе исключается задолженность платежей за электроэнергию.

Рассмотрим устройство и работу счетчика СЭТ-4ТМ.02 (формуляр ИЛГШ.411152.087 ФО). Счетчик соответствует требованиям безопасности по ГОСТ 26104 класс защиты II, ГОСТ 30206, ГОСТ 26035, ГОСТ Р 51318.22.

Счетчик СЭТ-4ТМ.02 является цифровым устройством и работает под управлением встроенного микроконтроллера.

Измерительная часть счетчика построена по принципу цифровой обработки входных аналоговых сигналов и осуществляет измерение средних за период сети значений фазных напряжений, токов, активной и полной мощности по каждой фазе, а так же частоты сети. Недостающие физические величины получают путем вычисления из измеренных величин.

Конструктивно счетчик состоит из следующих узлов:

- корпуса;
- контактной колодки;
- защитной крышки контактной колодки;
- печатной платы устройства измерительного;
- печатной платы устройства управления;
- печатной платы оптического порта;
- печатной платы устройства индикации;
- клавиатуры управления.

Плата устройства управления (УУ) вместе с контактной колодкой устанавливается в основании корпуса.

Плата устройства измерительного входит в состав устройства управления и монтируется на плате УУ методом пайки.

Платы устройства индикации и оптопорта устанавливаются в крышке корпуса и связываются с УУ посредством ленточного кабеля.

Кнопки клавиатуры управления устанавливаются в крышке корпуса и связываются с УУ через устройство индикации.

Устройство измерительное выполнено на основе шестиканального

аналого-цифрового преобразователя (АЦП) и цифрового сигнального процессора (DSP).

Устройство управления выполнено на основе однокристального микроконтроллера (МК). Структурная схема УУ приведена на рис. 9.

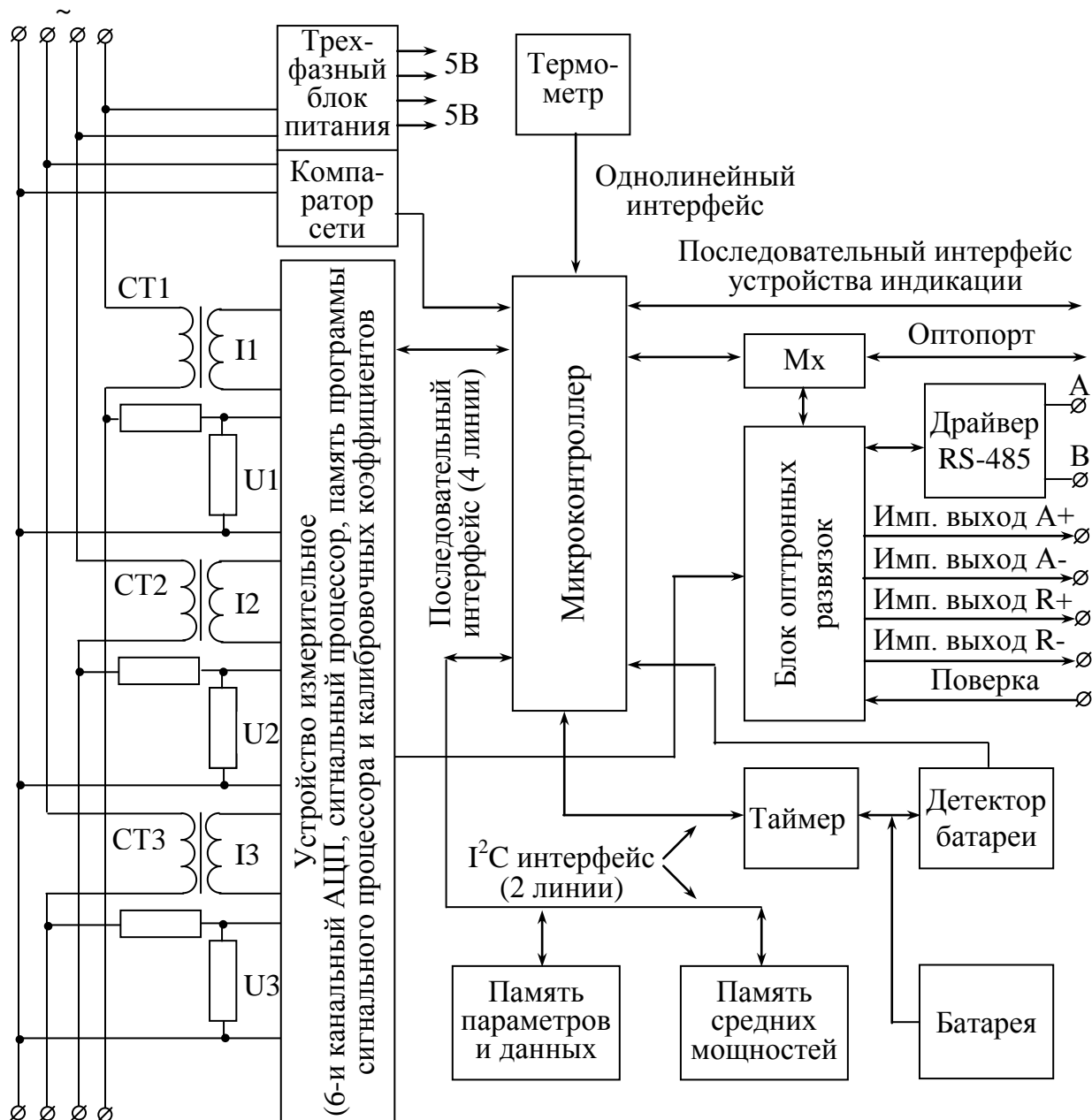


Рис. 9 Структурная схема устройства управления

УУ включает в себя:

- трехфазные датчики измеряемых токов и напряжений;
- трехфазный блок питания;
- устройство измерительное;
- микроконтроллер;



- энергонезависимые запоминающие устройства;
- таймер с резервным питанием;
- детектор разряда батареи;
- цифровой термометр;
- блок оптронных развязок;
- драйвер интерфейса RS-485.

В качестве датчиков тока используются токовые трансформаторы (I1-I3, рис. 9), включенные последовательно в каждую цепь тока.

В качестве датчиков напряжения используются резистивные делители (U1-U3, рис. 9), включенные в каждую параллельную цепь напряжения.

Сигналы с датчиков тока и напряжения поступают на соответствующие входы АЦП устройства измерительного.

АЦП осуществляет измерение мгновенных значений величин, пропорциональных фазным напряжениям и токам параллельно по шести каналам, преобразование их в цифровой код и передачу по скоростному последовательному каналу ДСП.

ДСП по выборкам мгновенных значений напряжений и токов производит вычисление средних за период сети значений активной и полной мощности для каждой фазы сети по формулам 1 и 2:

$$\text{для активной мощности} \quad P = \frac{\sum_{i=0}^{n-1} U_i \cdot I_i}{n} \quad (1)$$

$$\text{для полной мощности} \quad S = \frac{\sqrt{\sum_{i=0}^{n-1} U_i^2} \cdot \sqrt{\sum_{i=0}^{n-1} I_i^2}}{n} \quad (2),$$

где:  $U_i, I_i$  – выборки мгновенных значений напряжений и токов;  
 $n$  – число выборок за период сети.

Среднее за период сети значение реактивной мощности вычисляется по формуле 3:

$$Q = \sqrt{S^2 - P^2} \quad (3),$$

где:  $S$  и  $P$  – значения полной и активной мощности, вычисленные по формулам 1, 2.

Кроме того, ДСП вычисляет частоту сети, коэффициент мощности и коэффициент искажения синусоидальности кривой фазных напряжений.

Все данные измерений и вычислений находятся во внутренних регистрах ДСП и доступны для считывания управляющим микроконтроллером по 4-х проводному последовательному интерфейсу.

ДСП производит преобразование значений средней мощности (за период сети) в частоту для каждого вида мощности по четырем параллельным каналам телеметрии:

- для активной мощности прямого направления;
- для активной мощности обратного направления;
- для реактивной мощности прямого направления;
- для реактивной мощности обратного направления.

Импульсы телеметрии имеют фиксированную длительность ( $\approx 150$  мС), а период их следования пропорционален соответствующей мощности.

ДСП подсчитывает число сформированных им же импульсов телеметрии и копит их в регистрах энергии и регистрах средних мощностей для построения графиков нагрузок. Другими словами, информация об энергии и средних мощностях во внутренних регистрах представлена в числах полупериодов телеметрии. Таким образом, при постоянной счетчика 5000 имп./кВт(квар)·ч, число 10000 в регистрах энергии любого вида и направления соответствует энергии 1,0000 кВт(квар)·ч с разрешающей способностью 0,1 Вт·ч.

Трехфазный блок питания содержит три стабилизированных источника для питания измерительной части, управляющей части и интерфейсной частей УУ. Источник питания интерфейсной части гальванически развязан от других источников и питающей сети.

Работоспособность блока питания гарантируется как при подключении счетчика к 4-х проводной, так и 3-х проводной сети без «нулевого» провода, а так же при отсутствии одного или двух фазных напряжений.

В состав блока питания входит компаратор сети, который оповещает управляющий микроконтроллер о снижении напряжения сети ниже допустимого значения.

Микроконтроллер (МК) управляет всеми узлами счетчика и реализует управляющие алгоритмы в соответствии со специализированной программой, помещенной в его внутреннюю память программ. Управление узлами счетчика производится через программные интерфейсы, реализованные на портах ввода/вывода МК:

- 4-х проводный последовательный интерфейс для связи с устройством измерительным;
- 2-х проводный I<sup>2</sup>C интерфейс для связи с памятью параметров и данных и памятью средних мощностей для построения графиков нагрузок;
- 2-х проводный I<sup>2</sup>C интерфейс для связи с таймером;
- однопроводный интерфейс для связи с цифровым термометром;
- 3-х проводный интерфейс для связи с драйвером RS-485;
- 3-х проводный интерфейс для связи с устройством индикации.

МК периодически считывает энергию и среднюю мощность из регистров ДСП и сохраняет их значения в энергонезависимой оперативной памяти до момента свершения события.

По свершению события, текущая накопленная энергия и средняя мощность добавляется в соответствующие регистры энергонезависимой памяти данных и средних мощностей для долговременного хранения. При этом в качестве события выступает время окончания текущего тарифа или время окончания интегрирования средней мощности для построения графиков нагрузок.

МК считывает время из встроенного таймера по интерфейсу I<sup>2</sup>C и проверяет состояние резервного питания таймера (литиевой батареи) по сигналу с выхода детектора разряда батареи. Если напряжение батареи ниже нормы, то формируется и индицируется сообщение E-01.

МК управляет работой устройства индикации по последовательному интерфейсу с целью отображения измеренных данных. Режим индикации может изменяться посредством кнопок клавиатуры управления, воспринимаемым МК по трем линиям связи.

Для организации связи с внешним управляющим компьютером используется встроенный в МК универсальный асинхронный приемопередатчик (УАПП), работающий на скоростях 9600, 4800, 2400 и 1200 Бод. Сигналы УАПП МК через первый канал мультиплексора «МХ» и блок оптронных развязок поступают на драйвер RS-485 и, после преобразования по уровню, – в канал RS-485. МК осуществляет управление направлением передачи данных через драйвер RS-485. Счетчик в составе системы является всегда ведомым, т.е. находится в состоянии приема данных по каналу RS-485, пока не получит команду от внешнего компьютера на передачу данных. Только по команде передачи данных МК переводит

драйвер в состояние передачи и возвращает в состояние приема по окончании передачи.

Кроме канала RS-485 счетчик содержит оптический интерфейс (оптопорт) для индивидуальной работы с компьютером. Оптопорт подключается к УАПП МК через второй канал мультиплексора. МК управляет переключением канала мультиплексора с RS-485 на оптопорт, когда обнаруживает запрос канала от внешнего компьютера через оптопорт.

В состав УУ входят три микросхемы энергонезависимых запоминающих устройств (EEPROM) для долговременного хранения данных:

- память кодов программы ДСП и калибровочных коэффициентов (EEPROM1);
- память параметров и данных (EEPROM2);
- память средних мощностей для построения графиков нагрузок (EEPROM3).

В микросхеме EEPROM1 хранятся калибровочные коэффициенты, серийный номер и дата выпуска счетчика. Эти данные заносятся в память на предприятии-изготовителе и защищаются перемычкой аппаратной защиты записи. Без вскрытия счетчика и удаления перемычки аппаратной защиты невозможно изменить данные в памяти калибровочных коэффициентов на стадии эксплуатации счетчика.

Микросхема EEPROM2 предназначена для хранения заводских установок, перепрограммируемых данных, тарифного расписания, расписания праздничных дней, регистров накопленной энергии и кольцевых буферов времен наступления событий (журнал событий).

Микросхема EEPROM3 предназначена для хранения средних мощностей графиков нагрузок (срезов мощности).

Таймер представляет собой энергонезависимое ОЗУ с блоком хронометрии, который реализует часы реального времени и григорианский календарь.

Цифровой термометр предназначен для измерения температуры внутри счетчика с целью проведения коррекции метрологических характеристик и точности хода часов реального времени в диапазоне рабочих температур.

Термометр производит циклическое измерение температуры, преобразование температуры в цифровой код и передачу результата преобразования по однолинейному интерфейсу по запросу со стороны МК.

Блок оптронных развязок выполнен на оптопарах светодиод-фототранзистор и предназначен для обеспечения гальванической развязки внутренних и внешних цепей счетчика.

Устройство индикации счетчика состоит из жидкокристаллического индикатора (ЖКИ) и драйвера ЖКИ.

Драйвер индикатора имеет встроенный последовательный интерфейс для связи с устройством управления и память хранения информации сегментов. Устройство управление, по последовательному интерфейсу, записывает нужную для индикации информацию в память драйвера, а драйвер осуществляет динамическую выдачу информации, помещенной в его память, на соответствующие сегменты ЖКИ.

Табло ЖКИ содержит следующие элементы индикации:

- восьмиразрядный семисегментный цифровой индикатор;
- курсор или пиктограмму прямого направления активной энергии (A+);
- курсор или пиктограмму обратного направления активной энергии (A-);
- курсор или пиктограмму прямого направления реактивной энергии (R+);
- курсор или пиктограмму обратного направления реактивной энергии (R-);
- курсор или пиктограмму величины учтенной электроэнергии с момента сброса показаний «ВСЕГО»;
- курсор или пиктограмму величины учтенной электроэнергии за текущий год «ГОД»;
- курсор или пиктограмму величины учтенной электроэнергии за текущий месяц «МЕСЯЦ»;
- курсор или пиктограмму величины учтенной электроэнергии за текущие сутки «СУТКИ»;
- курсор или пиктограмму величины учтенной электроэнергии за предыдущий год «ГОД»+«ПРЕД»;
- курсор или пиктограмму величины учтенной электроэнергии за

предыдущий месяц «МЕСЯЦ»+«ПРЕД» ;

– курсор или пиктограмму величины учтенной электроэнергии за предыдущие сутки «СУТКИ»+«ПРЕД»;

– курсор увеличения размерности индицируемой величины на три порядка « $\times 10^3$ »;

– пиктограммы тарифов: «Т1», «Т2», «Т3», «Т4» или семисегментный индикатор номера тарифа;

– пиктограммы фазных напряжений: «Фаза 1», «Фаза 2», «Фаза 3»;

– пиктограммы размерностей: «кВт ч», «кВАр ч», «Вт», «ВАр», «Гц», «В», «А», «cos φ».

Под курсорами следует понимать горизонтальные черточки (или галочки) расположенных в верхней части табло ЖКИ. Включение одного или нескольких курсоров «подсвечивает» надпись, выполненную на шкале над курсором.

Курсорам прямого направления активной энергии А+, обратного



Рис. 10 Внешний вид счетчика

направления активной энергии А-, прямого направления реактивной энергии R+ и обратного направления реактивной энергии R- соответствуют следующие пиктограммы или обозначения, нанесенные на шкале счетчика (рис.



Под пиктограммами следует понимать надписи, которые содержатся на табло ЖКИ.

Индикатор счетчика СЭТ-4ТМ.02.2 содержит шестиразрядный семи-сегментный цифровой индикатор для отображения времени и даты с

пиктограммами дней недели.

Клавиатура управления предназначена для управления режимами индикации и состоит из трех кнопок: «РЕЖИМ ИНДИКАЦИИ», «ВИД ЭНЕРГИИ», «НОМЕР ТАРИФА» (рис. 10).

Опрос сигналов от кнопок клавиатуры управления производится МК на программном уровне.

Устройство и схема подключения однофазного индукционного счётчика показаны на рис. 11. В зазоре между магнитопроводами обмотки напряжения 11 и токовой обмотки 10 размещён подвижный алюминиевый диск 3, насаженный на ось 6, установленную в пружинящем подпятнике 9 и верхней опоре 7. Через червячный редуктор 8 вращение диска передаётся счётному механизму 4. Число зубьев червячной и зубчатой передач подобрано таким образом, что счётчик отсчитывает, как правило, киловатт-часы (цифры в черных окошечках) и их доли (цифры в красном окошечке).

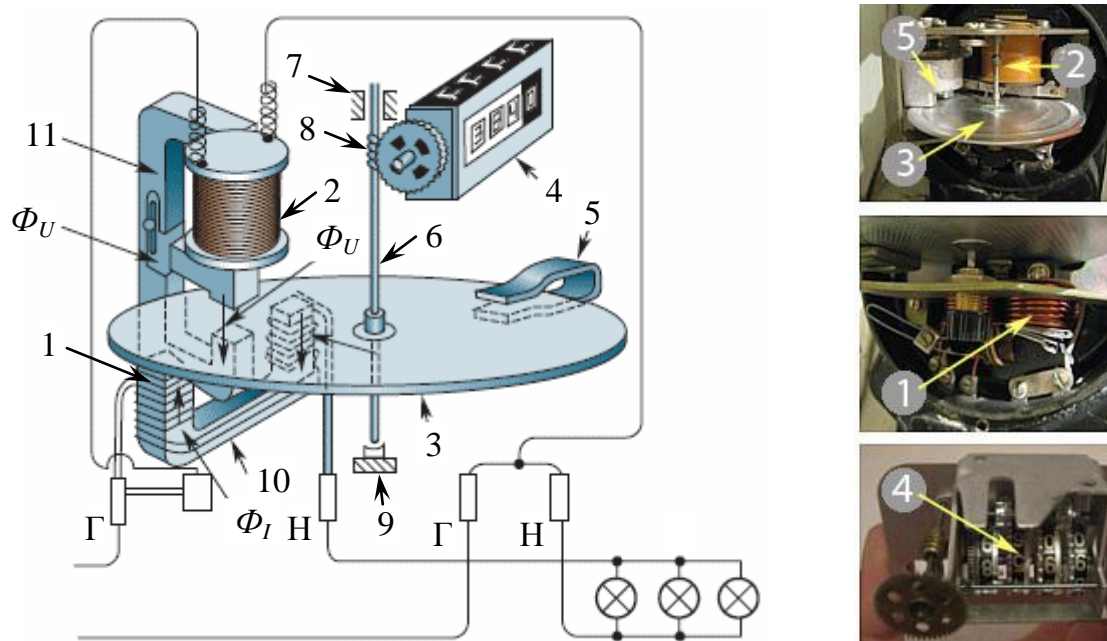


Рис. 11. Схема индукционного однофазного электрического счётчика:  
1 – токовая обмотка; 2 – обмотка напряжения; 3 – алюминиевый диск;  
4 – счетный механизм; 5 – постоянный магнит; 6 – ось; 7 – верхняя опора;  
8 – червячный редуктор; 9 – подпятник; 10 – магнитопровод токовой обмотки; 11 – магнитопровод обмотки напряжения.

Магнитопровод катушек счётчика набирают из отдельных листов электротехнической стали толщиной 0,35...0,5 мм, которые изолированы один от другого, что уменьшает потери от вихревых токов в магнитопроводе.

Две обмотки счётчика, выполненные из медной изолированной проволоки, расположены на стальных магнитопроводах. Одна из обмоток (токовая 1) имеет небольшое число витков (14–15) большого сечения и включена последовательно с нагрузкой, а вторая выполнена из тонкой проволоки диаметром (0,08 – 0,12) мм с числом витков 8000 – 12000 и включена параллельно нагрузке (обмотка напряжения 2). Когда к обмотке 2 приложено напряжение сети, а по обмотке 1 протекает ток нагрузки, в магнитопроводах появляются переменные магнитные потоки  $\Phi_U$  и  $\Phi_I$  замыкающиеся через алюминиевый диск и индуцирующие в нем вихревые токи. Причём переменные магнитные потоки токовой обмотки – дважды, в связи с U – образной формой её магнитопровода. Эти токи, взаимодействуя с соответствующими потоками, образуют вращающий момент, под действием которого диск вращается со скоростью, пропорциональной мощности потребителя. Край диска при вращении пересекает силовые линии постоянного магнита 5 и создается тормозной момент. Этот момент останавливает диск счетчика при отсутствии нагрузки.

Зажимы токовой обмотки и обмотки напряжения электросчётчиков (рис. 11) обозначаются буквами Г (генератор) и Н (нагрузка). При этом генераторный зажим соответствует началу обмотки, а нагрузочный – ее концу.

При подключении однофазного счетчика (рис. 12, а) необходимо следить за тем, чтобы ток через токовые обмотки проходил от их начал к концам. Для этого провода со стороны источника питания должны подключаться к генераторным зажимам (зажимам Г) обмоток, а провода, отходящие от счетчика в сторону нагрузки, должны быть подключены к нагрузочным зажимам (зажимам Н).

Для измерения расхода электроэнергии в трехфазных электроустановках можно воспользоваться тремя однофазными счетчиками, включенными в каждую фазу по схеме, приведенной на рис. 12, б. При этом расход энергии определяется как сумма показаний трех счетчиков. Значительно удобнее, однако, пользоваться трехфазными счетчиками, которые представляют собой три однофазных счетчика, собранных в одном корпусе и имеющих общий счетный механизм. В схеме включения трехфазного трехэлементного счетчика типа СА4 (рис. 12, в) три фазы



подаются на зажимы Г, трехфазная нагрузка подключается на зажимы Н, а на зажимы 0 подается нулевой провод.

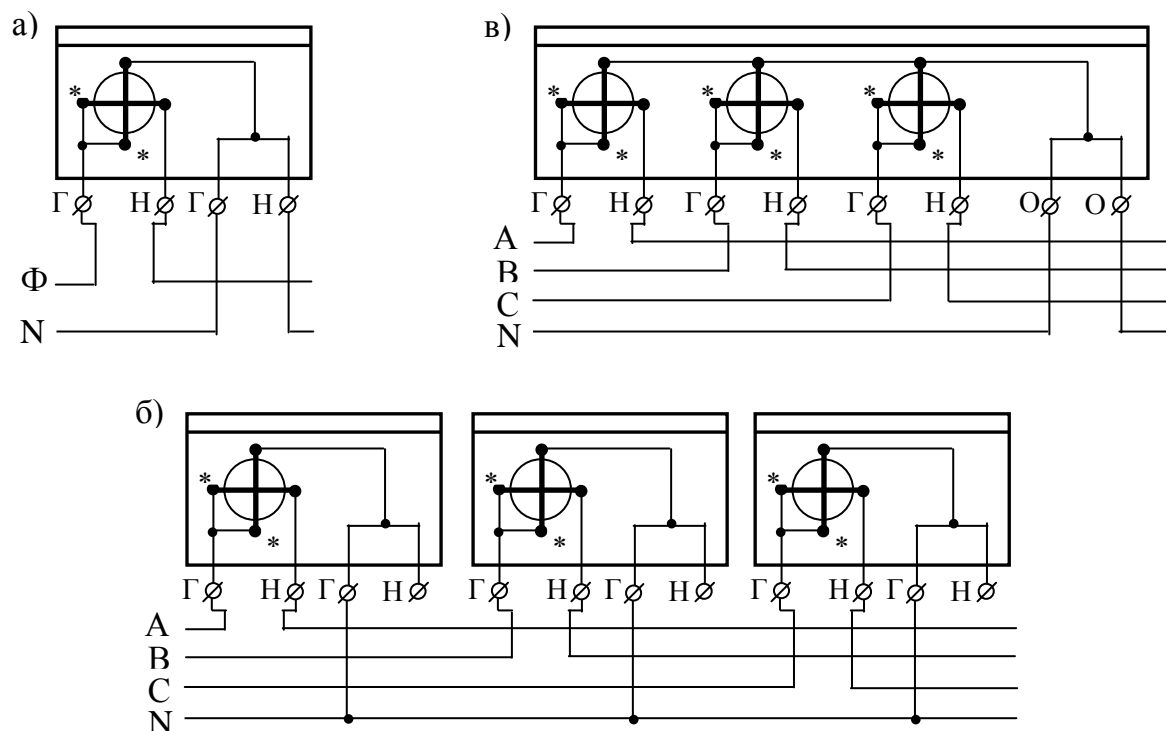


Рис. 12. Схемы включения счетчиков

Каждый счетчик характеризуется передаточным числом, показывающим число оборотов диска при протекании через него 1 кВт-ч электроэнергии. Это число указывают на шкале счетчика, что соответствует 2500 оборотам диска. На шкале счетчика также указывают номинальное напряжение, класс точности, номинальный ток и частоту. Счетчики выпускают в прямоугольных и круглых пластмассовых корпусах.

Для увеличения пределов измерения счетчика применяют трансформатор тока (ТА). Основной элемент конструкции трансформатора тока – это магнитопровод с двумя не связанными между собой обмотками (первичная W1 и вторичная W2).

Трансформатор тока типа ТК-20 (рис. 13) имеет стальной сердечник 2 с обмотками. Первичная обмотка 3 с выводами Л1 и Л2 выполнена из провода большого сечения, рассчитанного на ток, который необходим для нормальной работы электроустановки.

Вторичная обмотка 4 и выводы И1 и И2 вторичной обмотки подключены к клеммнику 1. Она имеет такое количество витков, чтобы при номинальном токе первичной обмотки в ней индуцировался ток 5 А.

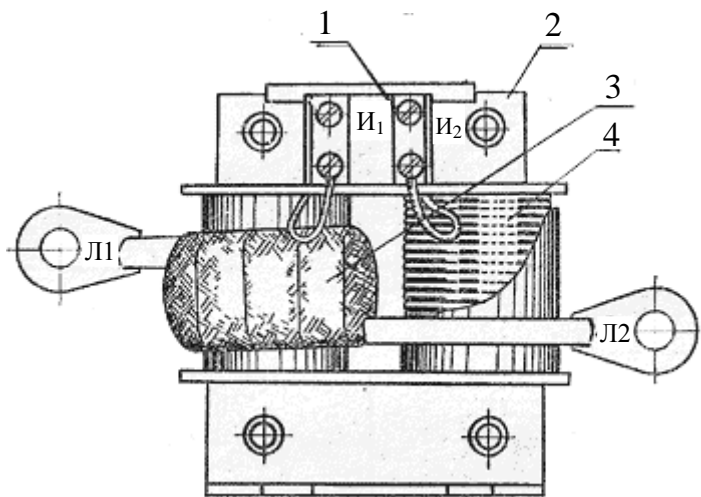


Рис. 13. Трансформатор тока типа ТК-20

По исполнению и способу подключения в качестве первичной обмотки трансформатор тока может иметь проходную шину, которая проходит через его корпус, или же отсутствовать вовсе. В этом случае имеется «окно» – отверстие, в которое пропускается питающий провод или шина.

Трансформаторы тока ТШ-0,66 (рис. 14, а) и Т-0,66, (рис. 14, б) предназначены для передачи сигнала измерительной информации приборам измерения, в установках переменного тока частоты 50 Гц с номинальным напряжением до 0,66 кВ включительно.

Трансформатор Т-0,66 является катушечным, а трансформатор ТШ-0,66 – шинным. Трансформаторы по принципу конструкции – опорные.

Трансформаторы Т-0,66 состоят из первичной и вторичной обмоток,

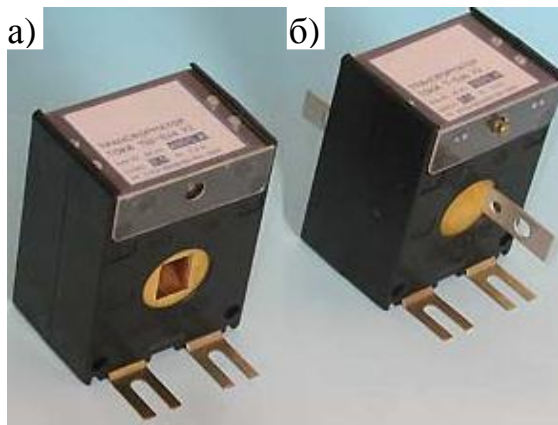


Рис. 14. Трансформатор тока типа ТШ-0,66 и Т-0,66

магнитопровода и изолирующего корпуса. В качестве первичной обмотки используют шину, устанавливаемую в окне магнитопровода трансформаторов, и в которой контролируют значение протекающего тока.

Магнитопроводы трансформаторов выполнены из аморфных и нанокристаллических сплавов с высокой магнитной проницаемостью.

Для трансформатора ТШ-0,66 первичной обмоткой служит шина распределительного устройства, пропускаемая через окно трансформатора. Выводы вторичной обмотки расположены на корпусе трансформатора и закрываются защитной крышкой, что исключает несанкционированный доступ к трансформатору в процессе эксплуатации.

Трансформаторы Т-0,66 и ТШ-0,66 класса точности 0,2S; 0,2; 0,5S; 0,5 применяются в схемах учета для расчета с потребителями, класса точности 1 – в схемах измерения.

Номинальные первичные токи: для трансформатора Т-0,66 – 20, 30, 40, 50, 75, 100, 150, 200, 300, 400, 600, 800, 1000, 1200, 1500, 2000 А; для трансформатора ТШ-0,66 – 200, 300, 400, 600 А.

Номинальный вторичный ток – 5 А.

Трансформаторы выполнены в пластмассовом корпусе или в корпусе из самозатухающих пластмасс.

Трансформаторы крепятся к заземленным конструкциям изделий потребителей с помощью фланцев или лап.

По сравнению с аналогичными трансформаторами Т-0,66 трансформаторы тока типа ТОП-0,66 (рис. 15) и ТШП-0,66 имеют улучшенный дизайн и меньшие габариты. В отличие от трансформаторов



Рис. 15. Трансформатор тока  
типа ТОП-0,66

Т-0,66 трансформаторы ТОП и ТШП могут выпускаться класса точности 0,2 и 0,2S, а так же на вторичный ток 1 А, и нагрузку 3 ВА. Кроме того, трансформаторы ТОП имеют возможность пломбирования потенциального вывода.

Трансформаторы тока ТОП-0,66 УЗ являются самыми маленькими по размерам трансформаторами, выпускаемыми в Российской Федерации. Трансформаторы класса точности 0,2S изготавливаются на сердечнике из аморфной стали.

Трансформатор не требуют специальной подготовки к эксплуатации. К эксплуатации допускается трансформатор тока, не имеющий дефектов корпуса и элементов крепежа. Поверхности корпуса и контактных площадок должны быть чистыми. Маркировка выводов должна быть четкой, надписи читаемыми.

Пригодность трансформатора тока к эксплуатации в данной сети должна быть установлена посредством сравнения её характеристик с техническими данными трансформатора.

Монтаж, подключение, пуск и эксплуатацию трансформатора должен осуществлять только квалифицированный персонал. При монтаже и эксплуатации трансформатора необходимо соблюдать «Правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок до 1000 В».

Установка трансформатора осуществляется в разрыв цепи измеряемого тока. Соединение выводов первичной обмотки трансформатора к выводам измеряемой цепи осуществляется болтовым соединением.

Вторичная обмотка подсоединяется к цепи нагрузки посредством кольцевых наконечников с условным диаметром 5 мм.

Во время эксплуатации вторичная обмотка трансформатора всегда должна быть соединена с нагрузкой.

В схеме включения однофазного счетчика совместно с трансформатором тока (рис. 16, а) первичная обмотка трансформатора Л1 - Л2 включена последовательно в линейный провод с большим током, а токовая обмотка счетчика подключена к вторичной обмотке трансформатора тока (выводы И1 - И2). Как и в обычной схеме, обмотка напряжения должна быть подключена к фазному и нулевому проводу. С этой целью на схеме между выводами Л1 и И1 сделана перемычка, а третий зажим счетчика соединен с нулевым проводом.

Схемы включения трех однофазных, а также одного трехфазного счетчика совместно с трансформаторами тока приведены на рис. 16, б, в.

В соответствии с ГОСТ 6570-96 индукционные счетчики должны подвергаться испытаниям: для целей утверждения типа; на соответствие утвержденному типу; приемо-сдаточным; периодическим; типовым; на надежность. Поверку счетчиков следует проводить по ГОСТ 8.259.

Испытания счетчика следует проводить одним из трех методов:

– ваттметра и секундомера, при котором следует определять действительное значение электрической энергии, вызвавшей вращение диска счетчика на заданное число оборотов, по показаниям ваттметра и секундомера и сравнивать его со значением энергии, измеренной счетчиком (с учетом номинальной постоянной счетчика);

– образцового счетчика, при котором следует сравнивать показания поверяемого счетчика с показаниями образцового счетчика. Последний допускается включать через измерительные трансформаторы тока и напряжения;

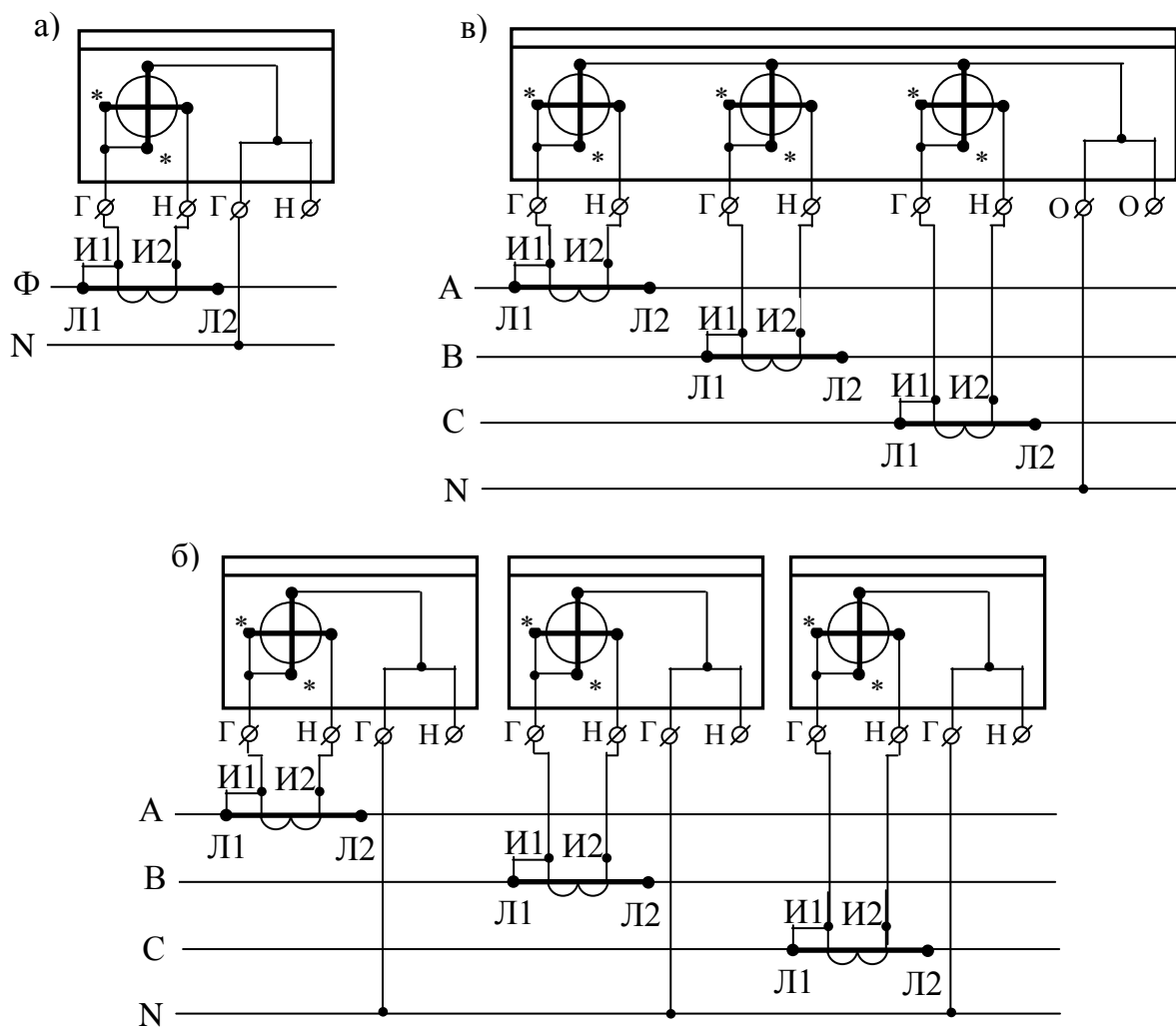


Рис. 16. Схемы включения счетчиков с трансформаторами тока

– длительных испытаний (контрольной станции), при которых следует сравнивать показания поверяемого счетчика с показаниями образцового счетчика того же типа, который включают в цепи поверяемых счетчиков и погрешности которого должны быть известны, а поправки должны вводиться при сравнении показаний.

Целью поверки счетчика методом ваттметра и секундомера является определение его погрешности при нормальных условиях его работы. Нормальными условиями работы счетчика считается работа при изменении нагрузки (тока) в пределах от 5% до 125% при номинальном напряжении, номинальной частоте, температуры окружающей среды 20°C и коэффициенте мощности  $\cos\varphi=1$ .

Относительная погрешность счетчика определяется по формуле:

$$\gamma\% = 100\% \cdot (C_H - C_D) / C_D, \text{ где } C_H - \text{номинальная постоянная счетчика;}$$

$C_D$  – действительная постоянная счетчика.

Номинальной постоянной счетчика  $C_H$  называется количество электрической энергии (число ватт-секунд), учитываемое счетным механизмом на один оборот диска счетчика.

Номинальная постоянная счетчика определяется по данным, указанным на счетчике. Так, например, если на счетчике написано, что  $1\text{кВт}\cdot\text{час}=2500$  оборотов, то:  $C_H = (1000\text{Вт}\times 3600\text{сек})/2500\text{об}=1440\text{ Вт}\cdot\text{с/об}$ .

Действительной постоянной счетчика  $C_D$  называется количество энергии, которое прошло через счетный механизм за время, соответствующее одному обороту диска счетчика. Она не является неизменной величиной, и при изменении нагрузки действительная постоянная счетчика определяется по формуле:

$C_D = (U \cdot I \cdot t) / n$ , где  $U$  – напряжение в вольтах,  $I$  – ток нагрузки в амперах,  $t$  – время в секундах,  $n$  – число оборотов диска.  $[C_D] = \text{Вт}\cdot\text{с/об}$ .

Сравнительный анализ характеристик индукционных и электронных электросчетчиков приведен в табл. 4.

Таблица 4

Электронные счетчики	Индукционные счетчики
<i>Преимущества</i>	<i>Недостатки</i>
Высокий класс точности (0,2-0,5%)	Низкий класс точности (не более 2,0%)
Сохранение точности в условиях низких и быстропеременных нагрузок	Рост погрешности при снижении нагрузки
Многотарифность	Нарушение метрологических характеристик при быстропеременной нагрузке
Возможность длительного хранения данных учета	Нарушение метрологических характеристик при несинусоидальном токе
Возможность фиксации несанкционированного доступа и случаев хищения электроэнергии	Слабая защита от традиционных методов хищения электроэнергии
Возможность дистанционного съема показателей и использования АСКУЭ	Ограниченные возможности дистанционного съема данных
Возможность учета разных видов энергии одним прибором	Необходимость использования в точке учета нескольких счетчиков
	Повышенное собственное потребление
<i>Недостатки</i>	<i>Преимущества</i>
Высокая цена	Низкая цена
Незащищенность от коммутационных и грозовых перепадов напряжения	Надежность, долговечность, безотказная работа с заданной точностью в течение нескольких десятков лет

## Порядок выполнения работы.

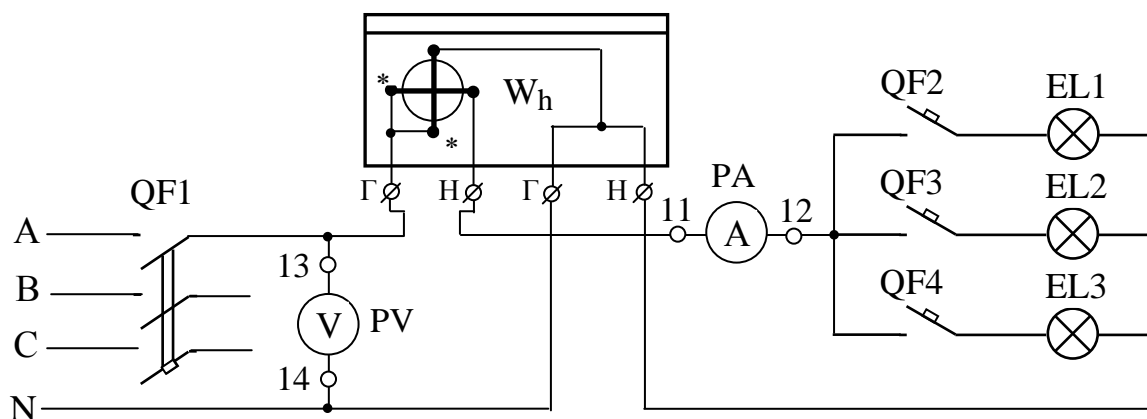
1. Изучите конструкцию однофазного счётчика, размещённого на лабораторном стенде, и трехфазного – на стенде наглядных пособий, расположенном над лабораторным стендом.

2. На лабораторном стенде изучите монтажную схему группового щитка с однофазным счётчиком в совокупности с нагрузкой, защитной аппаратурой и измерительными приборами.

3. Определите с помощью омметра или мультиметра номера клемм блока зажимов, к которым подсоединены лампы накаливания EL1, ..., EL3, однофазный индукционный счётчик  $W_h$  и автоматические выключатели QF2...QF4.

Прежде чем начать собирать электрическую схему согласно рис. 17, убедитесь в том, что отключен автоматический выключатель QF1, расположенный в левом верхнем углу стенда. Убедитесь в целостности лабораторного оборудования и соединительных проводов.

4. На лабораторном стенде монтажными проводами соберите схему, изображённую на рис. 17.



После проверки преподавателем включите её автоматическим выключателем QF1.

Во избежание поражения электрическим током касаться руками клемм, других токоведущих деталей категорически запрещается.

При возникновении аварийных ситуаций: зашкаливание приборов, появлении запаха дыма и возникновении прочих аварийных режимов – немедленно отключите автоматический выключатель QF1 и сообщите о неисправности лаборанту или преподавателю.

5. С помощью выключателей QF2, QF3 и QF4 установите номинальный ток и в течение 3÷5 мин «прогрейте» счётчик.

6. Установите нагрузку равную  $0,5I_H$ ,  $0,75I_H$ ,  $I_H$  и определите время по секундомеру для каждого значения нагрузки, соответствующее 50 оборотам диска счётчика.

7. По результатам выполнения п.6 внесите в таблицу 5 данные протокола измерений и произведите необходимые расчёты. Постройте зависимость относительной погрешности в функции тока нагрузки в виде графика  $\gamma=f(I_H)$ .

Таблица 5.

Нагрузка	Измерено				Вычислено				Примечание
	U, В	I, А	t, с	n, об	$C_H$ , Вт·с/об	W, Вт·с	$C_H$ , Вт·с/об	$\gamma$ , %	
$0,5I_H$									
$0,75I_H$									
$I_H$									

8. Покажите результаты измерений и вычислений преподавателю. В случае положительных результатов опытов – обесточьте стенд и отсоедините провода от блоков зажимов стенда.

#### Контрольные вопросы.

1. Как устроен однофазный индукционный счетчик?
2. Каков принцип действия индукционного счетчика электроэнергии?
3. Что такое постоянная счетчика и как её определяют?
4. Почему при наличии самохода счетчик не пригоден для работы?
5. Как можно изменить пределы измерения счетчика?
6. Как устроен электронный счетчик?
7. Какие преимущества имеет электронный счетчик электроэнергии перед индукционным?
8. Что понимается под многотарифным учетом электроэнергии?



## ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ АППАРАТЫ НИЗКОГО НАПРЯЖЕНИЯ

Электрические аппараты низкого напряжения служат для сигнализации, коммутации и защиты электроприемников и электрических сетей, а также для управления различными технологическими и электротехническими установками.

В соответствии с ГОСТ 12434-66 электрические аппараты низкого напряжения (далее аппараты) разделяются на две основные группы:

- Аппараты управления. К таким аппаратам относятся реле управления и промышленной автоматики, контакторы, командоконтроллеры, конечные и путевые выключатели, кнопки управления, резисторы, реостаты, контроллеры, электромагниты, ручные и электромагнитные пускатели.
- Аппараты распределения энергии. К этой группе относятся автоматические выключатели, переключатели, плавкие предохранители и контактные разъемы.

Монтаж аппаратов включает в себя: профилактический осмотр и ревизию, для своевременного выявления и устранения дефектов, препятствующих их эксплуатации; проверку места установки, с целью обеспечения последующего удобного для управления положения; крепление способом, зависящим от типа монтируемого основания; подсоединение кабеля или провода в водное устройство аппарата; регулирование; заземление и опробование.

Например, при установке автоматического выключателя (АВ) должны соблюдаться минимально допустимые расстояния (периметр безопасности) между АВ и панелями, шинами или другими защитными устройствами, установленными поблизости. Как известно, эти расстояния зависят от предельной отключающей способности АВ и определяются испытаниями в соответствии с требованиями стандарта МЭК 60947-2.

В целом, при монтаже аппаратов необходимо руководствоваться установленными правилами ПУЭ, а также техническими указаниями завода-изготовителя аппарата.

Работы, сгруппированные в этом разделе, имеют своей целью уяснение конструкции и принципов действия аппаратов, относящихся к обеим указанным группам, а также ознакомление с правилами их монтажа.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №10

### ПРЕДОХРАНИТЕЛИ

#### *Цель работы:*

Изучить конструкцию, маркировку основных типов предохранителей с плавкой вставкой, применяемых для защиты электрических цепей и установок в сельскохозяйственном производстве. Усвоить методику расчёта и выбора предохранителей.

#### *Задание к работе:*

1. По методическим указаниям и набору предохранителей изучить конструкцию и маркировку плавких предохранителей.
2. По заданию преподавателя произвести расчёт плавкой вставки и выбрать тип предохранителя для электроустановки или распределительной сети.

#### *Теоретические сведения*

Предохранители – это коммутационные электротехнические изделия, используемые для защиты электрической сети от сверхтоков и токов короткого замыкания. Принцип действия предохранителей основан на разрушении специально предназначенных для этого токоведущих частей (плавких вставок) внутри самого устройства при протекании по ним тока, значение которого превышает определенное значение.

Плавкие вставки являются основным элементом любого предохранителя. После перегорания (отключения тока) они подлежат замене. Внутри плавкой вставки располагается плавкий элемент (именно он и перегорает), а также дугогасительное устройство. Плавкая вставка чаще всего изготавливается из фарфорового или фибрового корпуса и крепится в специальные токопроводящие части предохранителя. Если предохранитель предназначен на малые токи, то плавкая вставка для него может не иметь корпуса, т.е. быть бескорпусной. К основным характеристикам плавких вставок предохранителя можно отнести номинальный ток, номинальное напряжение, отключающая способность.

Также к элементам предохранителя относятся:

- держатель плавкой вставки – съемный элемент, главное предназначение которого удерживать плавкую вставку;

– контакты плавкой вставки – часть предохранителя, которая обеспечивает электрическую связь между проводниками и контактами плавкой вставки;

– боек предохранителя – специальный элемент, задача которого при срабатывании предохранителя воздействовать на другие устройства и контакты самого предохранителя.

Все предохранители делятся на несколько десятков видов:

– по конструкции плавких вставок предохранители бывают разборные и неразборные. У разборных предохранителей можно заменять плавкую вставку после ее перегорания, у неразборных предохранителей это сделать не получится;

– по присутствию наполнителя. Бывают предохранители с наполнителем и без;

– по конструкции изготовления плавких вставок. Различают предохранители с ножевыми, болтовыми и фланцевыми контактами;

– по корпусу плавкой вставки предохранители делятся на трубчатые и призматические. У первого вида предохранителей плавкая вставка имеет цилиндрическую форму, у второго вида – форму прямоугольного параллелепипеда;

– по виду плавких вставок в зависимости от диапазона токов отключения. Есть предохранители с отключающей способностью в полном диапазоне токов отключения –  $g$  и с отключающей способностью в части диапазона токов отключения –  $a$ ;

– по быстродействию. Есть предохранители небыстродействующие (используются в большинстве случаев в трансформаторах, кабелях, электрических машинах) и быстродействующие (применяются в полупроводниковых приборах);

– по конструкции основания предохранители могут быть с калибровочным основанием (в таких предохранителях не удастся установить плавкую вставку, предназначенную для работы с большим, чем сам предохранитель, номинальным током) и с некалиброванным основанием (в такие предохранители можно установить плавкую вставку, номинальный ток которой больше номинального тока самого предохранителя);

– по напряжению предохранители делятся на низковольтные и высоковольтные;

– по количеству полюсов. Бывают одно-, двух-, трехполюсные предохранители;

– по наличию и отсутствию свободных контактов. Есть предохранители со свободными контактами и без них;

– по присутствию бойка и указателя срабатывания предохранители бывают – без бойка и без указателя, с указателем без бойка, с бойком без указателя, с указателем и бойком;

– по способу крепления проводников предохранители делятся на – с передним присоединением, с задним, с универсальным (и задним, и передним);

– по способу монтажа. Есть предохранители на собственном основании и без него.

Исторически сложилось так, что механическое исполнение корпусов предохранителей и их габаритные и присоединительные размеры различны в разных странах. Существуют четыре основных национальных стандарта на присоединительные размеры предохранителей: североамериканский, немецкий, британский и французский. Есть также ряд корпусов предохранителей, одинаковых для разных стран и не относящихся к национальным стандартам. Чаще всего такие корпуса относятся к стандартам фирмы – производителя, разработавшей конкретный тип прибора, который оказался удачным и закрепился на рынке. В последние десятилетия, в рамках процессов глобализации экономики, производители постепенно присоединяются к международной системе стандартов корпусов предохранителей для упрощения условий взаимозаменяемости приборов. При выборе следует стараться использовать предохранители международных стандартов: IEC 60127, IEC 60269, IEC 60282, IEC 60470, IEC60549, IEC 60644.

Необходимо отметить, что по виду плавких вставок в зависимости от диапазона токов отключения и быстродействия предохранители разделены на классы использования. При этом первая буква указывает функциональный класс, а вторая – подлежащий защите объект:

1-я буква:

a – защита с отключающей способностью в части диапазона (accompanied fuses): плавкие вставки предохранителей способные как минимум длительно пропускать токи, не превышающие указанного для них

расчетного тока, и отключать токи определенной кратности относительно расчетного тока вплоть до расчетной отключающей способности.

g – защита с отключающей способностью во всем диапазоне (general purpose fuses): плавкие вставки предохранителей способные как минимум длительно пропускать токи, не превышающие указанного для них расчетного тока, и отключать токи от минимального тока выплавления и до расчетной отключающей способности.

2-я буква:

G – защита кабелей и проводов,

M – защита коммутационных аппаратов/двигателей,

R – защита полупроводников/тиристоров,

L – защита кабелей и проводов (в соответствии со старой, уже не действующей нормой DIN VDE),

Tr – защита трансформаторов.

Общий вид времятоковых характеристик плавких предохранителей основных категорий использования приведен на рис. 1.

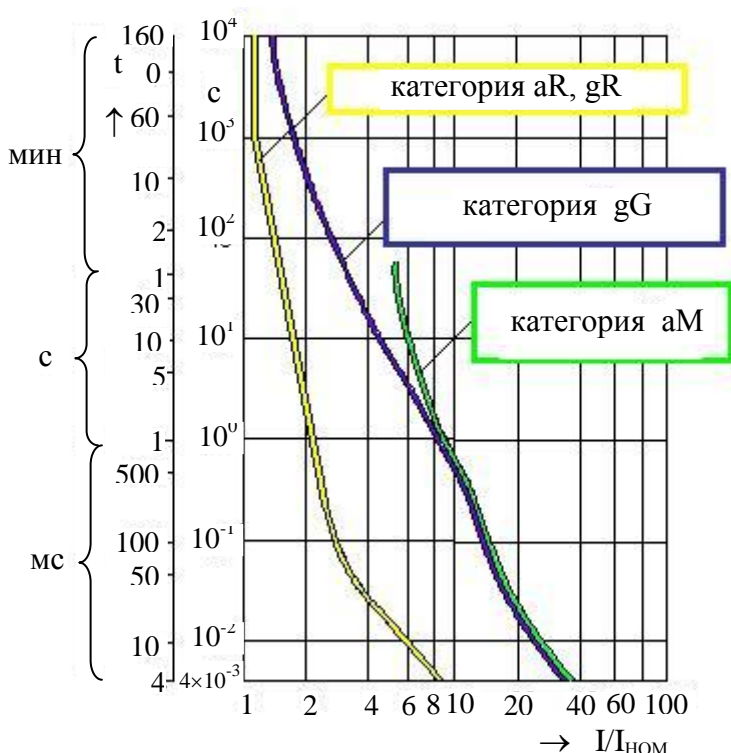


Рис. 1 Вид времятоковых характеристик основных категорий плавких предохранителей также кабелей и линий во всем диапазоне.

Плавкие вставки со следующими классами использования обеспечивают:

- gG (DIN VDE/МЭК) – защита кабелей и проводов во всем диапазоне;
- aM (DIN VDE/МЭК) – защита коммутационных аппаратов в части диапазона;
- aR (DIN VDE/МЭК) – защита полупроводников в части диапазона;
- gR (DIN VDE/МЭК) – защита полупроводников во всем диапазоне;
- gS (DIN VDE/МЭК) – защита полупроводников, а

Предохранители с отключающей способностью во всем диапазоне (gG, gR, gS) надежно отключают как при токах КЗ, так и при перегрузках.

Предохранители с отключающей способностью в части диапазона (aM, aR) служат исключительно для защиты от короткого замыкания.

Для защиты установок на напряжение до 1000 В используют электрические, трубчатые и открытые (пластинчатые) предохранители.

*Электрический предохранитель* состоит из фарфорового корпуса и пробки с плавкой вставкой. Питающую линию присоединяют к контакту предохранителя, отходящую – к винтовой резьбе. При коротком замыкании или перегрузке плавкая вставка перегорает, и ток в цепи прекращается. Применяют следующие типы электрических предохранителей: Ц-14 на ток до 10 А и напряжение 250 В с прямоугольным основанием; Ц-27 на ток до 20 А и напряжением 500 В с прямоугольным или квадратным основанием и Ц-33 на ток до 60 А и напряжение 500 В с прямоугольным или квадратным основанием.



Рис. 2

Например: электрические предохранители резьбовые серии ПРС предназначены для защиты от перегрузок и коротких замыканий электрооборудования и сетей. Номинальное напряжение предохранителей 380 В переменного тока частотой 50 или 60 Гц. Конструктивно предохранители ПРС (рис. 2) состоят из корпуса, плавкой вставки ПВД, головки, основания, крышки, центрального контакта.

Предохранители ПРС выпускаются на номинальные токи плавкой вставки от 6 до 100 А. В обозначении предохранителя указывается, какого он присоединения: ПРС-6-П – предохранитель на 6 А, переднего присоединения проводов; ПРС-6-З – предохранитель на 6А, заднего присоединения проводов.

Предохранители цилиндрические ПЦУ-6 и ПЦУ-20 с резьбовым цоколем Ц-27 и плавкими вставками на токи 1, 2, 4, 6, 10, 15, 20 ампер выпускаются в пластмассовом корпусе. Предохранители ПД имеют основание из фарфора, а ПДС – материал основания – стеатит. В бытовых условиях применяют автоматические пробочные предохранители, где защищаемая цепь восстанавливается кнопкой.

*Трубчатые предохранители* выпускают следующих типов: ПР-2, НПН и ПН-2. Предохранители ПР-2 (предохранитель разборный) предназначены для установки в сетях напряжением 500 В и на токи 15, 60, 100, 200, 400, 600 и 1000 А.

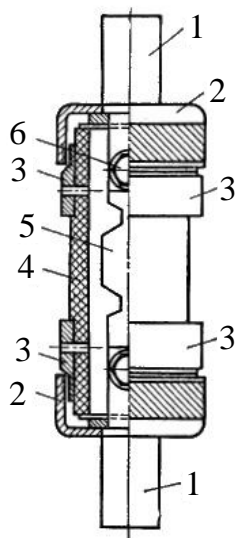


Рис. 3

В патроне предохранителя ПР-2 (рис. 3) плавкая вставка 5, прикрепляемая винтами 6 к контактным ножам 1, помещена в фибровую трубку 4, на которую насажены втулки 3 с резьбой. На них навинчены латунные колпачки 2, закрепляющие контактные ножи, которые входят в неподвижные пружинящие контакты, устанавливаемые на изоляционной плите.

Под действием электрической дуги, возникающей при перегорании предохранителя, внутренняя поверхность фибровой трубки разлагается и образуются газы, способствующие быстрому гашению дуги.

К закрытым предохранителям с мелкозернистым наполнителем относятся предохранители типа НПН, НПР, ПН2, ПН-Р, КП. У предохранителей типа НПН (предохранитель с наполнением неразборный) трубка стеклянная. У остальных трубки фарфоровые. Предохранители типа НПН имеют цилиндрическую форму, ПН – прямоугольную.

Комплект предохранителя НПН состоит из: плавкой вставки – 1 шт; контакт-основания – 2 шт.

Предохранители НПН изготовляют на напряжение до 500В и токи от 15 до 60 А, предохранители ПН2 (предохранитель насыпной разборный) – на напряжение до 500 В и токи от 10 до 600 А. В насыпных предохранителях плавкие вставки, выполненные из нескольких параллельных медных или посеребренных проволок, помещены в закрытый фарфоровый патрон, заполненный кварцевым песком. Кварцевый песок способствует интенсивному охлаждению и деионизации газов, появляющихся при горении дуги. Так как трубки закрыты, то брызги расплавленного металла плавких вставок и ионизированные газы не выбрасываются наружу. Это уменьшает пожарную опасность и повышает безопасность обслуживания предохранителей. Предохранители с наполнителем так же, как и предохранители типа ПР, – токоограничивающие.

*Пластинчатые открытые* предохранители состоят из медных или латунных пластин – наконечников, в которые впаяны медные калиброванные проволоки. Наконечники с помощью болтов присоединяют к контактам на изоляторах.

Предохранители типа НПР – патрон закрытый разборный (фарфоровый) с наполнителем из кварцевого песка на номинальные токи до 400 А.

Предохранители ПД (ПДС) - 1, 2, 3, 4, 5 – с наполнителем для установки непосредственно на токоведущие шины на токи от 10 до 600 А.

Для защиты силовых вентилях полупроводниковых преобразователей средней и большой мощности при внешних и внутренних коротких замыканиях широко применяются быстродействующие плавкие предохранители, которые являются самыми дешёвыми средствами защиты. Они состоят из контактных ножей и плавкой вставки из серебряной фольги, помещенных в закрытый фарфоровый патрон.

Плавкая вставка таких предохранителей имеет узкие калиброванные перешейки, которые снабжены радиаторами из хорошо проводящего тепло керамического материала, посредством которых тепло отводится к корпусу предохранителя. Эти радиаторы служат также дугогасительными камерами с узкой щелью, что значительно улучшает гашение дуги, возникающей в области перешейка. Параллельно плавкой вставке установлен сигнальный патрон, блинкер которого сигнализирует о расплавлении плавкой вставки и, воздействуя на микровыключатель, замыкает сигнальные контакты.

Длительное время промышленностью выпускались два типа быстродействующих плавких предохранителей, предназначенных для защиты от токов короткого замыкания преобразователей с силовыми полупроводниковыми вентилями:

1) предохранители типа ПНБ-5 (рис. 4, а) для работы в цепях с номинальным напряжением до 660 В постоянного и переменного тока на номинальные токи 40, 63, 100, 160, 250, 315, 400, 500 и 630 А;

2) предохранители типа ПБВ для работы в цепях переменного тока с частотой 50 Гц номинальным напряжением 380 В на номинальные токи от 63 до 630 А.



В настоящее время промышленностью выпускаются предохранители типа ПНБ-7 (рис. 4, б) на номинальный ток 1000 А и на номинальные напряжения электрической цепи 690 В переменного тока.

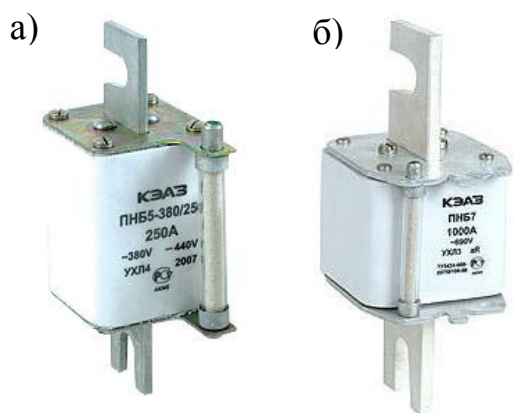


Рис. 4 Плавкие предохранители типа ПНБ-5 и ПНБ-7

Плавкие элементы предохранителя ПНБ-7 выполнены из чистого серебра (быстродействие и долговечность). Контакты (выводы) предохранителя созданы из электротехнической меди с гальваническим покрытием (высокая токопроводность и долговечность). Корпус предохранителя сделан из высокопрочного ультрафарфора. Конструкция предохранителя позволяет применять дополнительные устройства – указатель срабатывания, свободный контакт.

Структура условного обозначения предохранителей ПНБ7-400/100-X1-X2:

ПНБ-7 – обозначение серии;

400 – номинальное напряжение, В;

100 – номинальный ток;

X1 – условное обозначение вида монтажа и вида присоединения проводников к выводам: 2 – на собственном изоляционном основании с контактами основания; 5 – на основаниях комплектных устройств с контактами основания; 8 – без основания, без контактов (плавкая вставка);

X2 – условное обозначение наличия указателя срабатывания: 0 – без сигнализации; 1 – с бойком и свободным контактом; 2 – с указателем срабатывания; 3 – с бойком.

Плавкие предохранители промышленного назначения серии ПП предназначены для защиты электрооборудования промышленных установок и электрических цепей от перегрузок и коротких замыканий.

Выпускаются предохранители данной серии следующих основных типов: ПП17, ПП32, ПП57, ПП60С. Предохранители изготавливают с указателем срабатывания, с указателем срабатывания и свободным контактом или без сигнализации. В зависимости от типа предохранители рассчитаны на напряжение до 690 В и на номинальные токи от 20 А до

1000 А. Конструктивные особенности позволяют устанавливать свободные контакты замыкающие или размыкающие, а также способ монтажа – на собственном основании, на основании комплектных устройств, на проводниках комплектных устройств.

Структура обозначения предохранителей типа ПП17 и ПП32 – X1X2 – X3 – X4 – XXXX:

1) X1X2 – условное обозначение габарита (номинальный ток, А): 31 – 100 А; 35 – 250 А; 37 – 400 А; 39 – 630 А.

2) X3 – условное обозначение вида монтажа и вида присоединения: 2 – на собственном основании, 5 – на основании комплектных устройств, 7 – на проводниках комплектных устройств (болтовое присоединение), 8 – без основания (плавкая вставка), 9 – без основания (плавкая вставка в части размеров унифицирована с предохранителями ПН2-100 и ПН2-250).

3) X4 – условное обозначение наличия указателя срабатывания, бойка, свободного контакта: 0 – без сигнализации, 1 – с бойком и свободным контактом, 2 – с указателем срабатывания, 3 – с бойком.

4) XXXX – климатическое исполнение: УХЛ, Т и категория размещения 2,3.

В настоящее время полупроводниковые преобразователи оснащаются предохранителями серии ПП57 (рис. 5, а) и ПП60С (рис. 5, б).

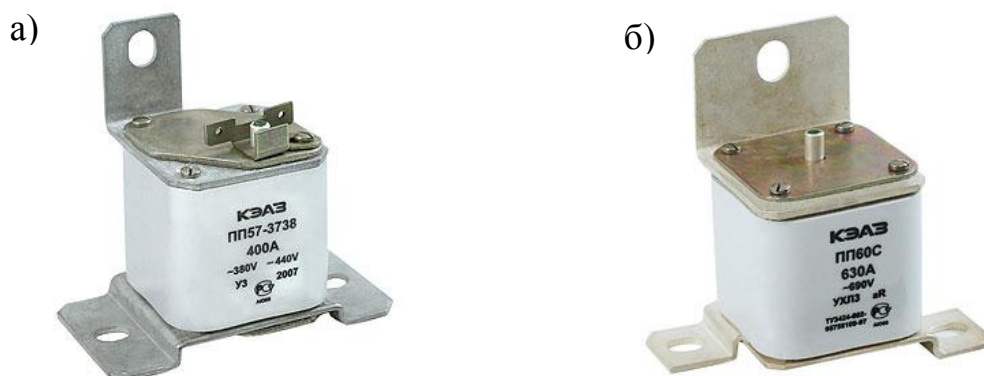


Рис. 5 Предохранители серии ПП57 и ПП60С

Первые предназначены для защиты преобразовательных агрегатов при внутренних коротких замыканиях переменного и постоянного тока при напряжениях 220 – 2000 В на токи 100, 250, 400, 630 и 800 А. Вторые – при внутренних коротких замыканиях переменного тока при напряжениях 690 В на токи 400, 630, 800 и 1000 А.

Структура обозначения предохранителей типа ПП57 – ABCD – EF:

Буквы ПП – предохранитель плавкий;

Двузначное число 57 – условный номер серии;

А – двузначное число – условное обозначение номинального тока предохранителя;

В – цифра – условное обозначение номинального напряжения предохранителя;

С – цифра – условное обозначение по способу монтажа и виду присоединения проводников к выводам предохранителя (например, 7 – на проводниках преобразовательного устройства – болтовое с уголковыми выводами);

Д – цифра – условное обозначение наличия указателя срабатывания и контакта вспомогательной цепи: 0 – без указателя срабатывания, без контакта вспомогательной цепи; 1 – с указателем срабатывания, с контактом вспомогательной цепи; 2 – с указателем срабатывания, без контакта вспомогательной цепи;

Е – буква – условное обозначение климатического исполнения; F – цифра – категория размещения.

Пример условного обозначения предохранителя: ПП57-37971-УЗ.

Предохранители плавкие ППН предназначаются для защиты кабельных линий и промышленных электроустановок от токов перегрузки и короткого замыкания. Предохранители применяются в электрических сетях переменного тока частотой 50 Гц с напряжением до 660 В и устанавливаются в низковольтные комплектные устройства, например, в распределительные панели ЩО-70, вводно-распределительные устройства ВРУ1, шкафы распределительные силовые ШРС1 и т.п.

Преимущества предохранителей ППН: 1) корпус предохранителя и основание держателя изготовлены из керамики; 2) контакты предохранителя и держателя изготовлены из электротехнической меди; 3) корпус предохранителей засыпан мелкодисперсным кварцевым песком; 4) габаритные размеры предохранителей на ~15% меньше предохранителей ПН-2; 5) потери мощности на ~40% меньше, чем у предохранителей ПН-2; 6) наличие индикатора срабатывания; 7) предохранители монтируются и демонтируются с помощью универсального съемника.

Особенности конструкции предохранителей серии ППН приведены на рис. 6.



Номинальный ток до 1250 А



Основание с держателем



Наличие индикатора срабатывания



Надежное соединение



Съемник универсальный для ППН (всех типов)

Рис. 6 Особенности конструкции предохранителей ППН

Предохранители плавкие серии ППНИ (рис. 7) общего применения предназначены для защиты промышленных электроустановок и кабельных линий от перегрузки и короткого замыкания и выпускаются на номинальные токи от 2 до 630 А.



Рис. 7

Используются в однофазных и трехфазных сетях напряжением до 660 В частоты 50 Гц. Области применения предохранителей ППНИ: вводно-распределительные устройства (ВРУ); шкафы и пункты распределительные

(ШРС, ШР, ПР); оборудование трансформаторных подстанций (КСО, ЩО); шкафы низкого напряжения (ШР-НН); шкафы и ящики управления.

Вследствие использования качественных современных материалов и новой конструкции, в предохранителях ППНИ снижены потери мощности по сравнению с предохранителями ПН-2. Данные, представленные в табл. 1, показывают экономичность предохранителей ППНИ по сравнению с ПН-2.

Таблица 1

Номинальный ток $I_n$ , А	Потери мощности Р, Вт не более		Экономия мощности при использовании ППНИ $\Delta P$	
	ППНИ	ПН-2	Вт	%
100	9	16	7	44
160	16	28	12	43
250	23	34	11	32
400	34	56	22	39
630	45	85	40	47

#### Особенности конструкции предохранителей ППНИ:



Контакты предохранителя и держателя выполнены из электротехнической меди с гальваническим покрытием сплавом олово-висмут, что предотвращает их окисление в процессе эксплуатации.



Основание держателя (изолятор) выполнено из армированной термореактивной пластмассы, стойкой к коррозии, механическим воздействиям, перепадам температуры и динамическим ударам, которые возникают при коротких замыканиях вплоть до 120кА.



Контакты плавкой вставки выполнены в форме ножа (заострены), что позволяет их устанавливать в держатели с меньшими усилиями.



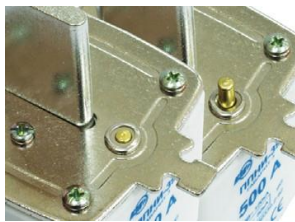
Все габариты плавких вставок ППНИ удобно устанавливать или демонтировать универсальной рукояткой съема РС-1, изоляция которой выдерживает напряжение до 1000 В.



Для быстрого и эффективного дугогашения корпус плавкой вставки наполнен кварцевым песком высокой химической очистки.



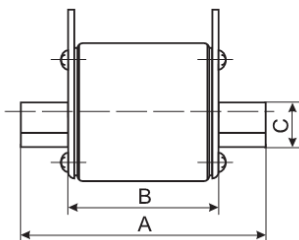
Плавкий элемент выполнен из фосфористой бронзы (сплав меди с цинком с добавлением фосфора) и надежно соединен точечной сваркой с выводами предохранителя.



В конструкции плавкой вставки есть специальный индикатор, выполненный в виде выдвижного штока, который позволяет визуально определять сработавшие предохранители.



Предохранители ППНИ с отключающей способностью во всем диапазоне «gG»<sup>\*</sup> надежно срабатывают как при токах короткого замыкания, так и при перегрузках.



Конструкция, технические параметры, габаритные и установочные размеры плавких вставок и держателей ППНИ соответствуют современным стандартам МЭК и ГОСТ, а, следовательно, этими предохранителями можно заменять другие отечественные и импортные предохранители.

### Выбор плавких вставок предохранителей

Предохранители устанавливаются на всех ответвлениях, если сечение провода на ответвлении меньше сечения провода в магистрали, на вводах и в головных участках сети в вводно-распределительных устройствах, шкафах распределительных силовых и силовых ящиках комплектно с рубильниками

---

\*«g» – защита с отключающей способностью во всем диапазоне от перегрузки и короткого замыкания.

«G» – предохранители общего применения.

или на отдельных панелях. Для избирательности действия необходимо, чтобы каждый следующий предохранитель по направлению к источнику тока имел номинальный ток плавкой вставки хотя бы на одну ступень больше, чем предыдущий.

Для расчета защиты сетей и оборудования, выполненной с помощью плавких предохранителей, необходимы следующие данные:

- номинальное напряжение предохранителя;
- максимальный ток короткого замыкания, отключаемый предохранителем;
- номинальный ток предохранителя;
- номинальный ток плавкой вставки предохранителя;
- защитная характеристика предохранителя.

*Номинальным напряжением предохранителя* ( $U_{ном,пр}$ ) называется указанное на нем напряжение, для продолжительной работы при котором он предназначен. Действительное напряжение сети ( $U_c$ ) не должно превышать номинального напряжения предохранителя больше чем на 10%:

$$U_c \leq 1,1 U_{ном,пр}$$

*Номинальным током предохранителя* ( $I_{ном,пр}$ ) называется указанный на нем ток, равный наибольшему из номинальных токов плавких вставок ( $I_{тах ном,пв}$ ), предназначенных для данного предохранителя. Практически это максимальный длительный ток, пропускаемый предохранителем по условию нагрева его деталей, кроме вставок.

$$I_{ном,пр} = I_{тах ном,пв}$$

*Максимальным отключаемым током* (разрывной способностью) *предохранителя* ( $I_{тах,пр}$ ) называется наибольшее значение (эффективное) периодической составляющей тока, отключаемого предохранителем без разрушения и опасного выброса пламени или продуктов горения электрической дуги. Эта величина предохранителей для каждого типа может изменяться в зависимости от напряжения, номинального тока предохранителя, величины  $\cos\phi$  в отключаемой цепи и прочих условий.

*Номинальным током плавкой вставки* предохранителя ( $I_{ном,пв}$ ) называется указанный на ней ток, для продолжительной работы при котором она предназначена. Практически это максимальный длительный

$$I_{ном,пв} = I_{тах,пв}$$

ток, пропускаемый вставкой ( $I_{max,ПВ}$ ), по условию допустимого нагрева самой вставки.

Обычно, кроме номинального тока вставки, указывают еще два значения так называемых испытательных токов, по которым калибруются вставки. Нижнее значение испытательного тока плавкая вставка должна выдерживать определенное время, обычно 1 ч, не расплавляясь; при верхнем значении испытательного тока вставка должна перегорать за время не больше определенного, обычно также 1 ч.

Основными данными для определения времени сгорания вставки, а следовательно, и селективности последовательно включенных предохранителей являются их защитные характеристики.

*Защитной характеристикой предохранителя* называется зависимость полного времени отключения (суммы времени плавления вставки и времени горения дуги) от величины отключаемого тока.

Защитные характеристики обычно даются в виде графика, в прямоугольных координатах. По вертикальной оси координат откладывается время, а по горизонтальной оси – кратность тока, отключаемого предохранителем, к номинальному току вставки, или отключаемый ток.

Избирательность (селективность) защиты плавкими предохранителями обеспечивается подбором плавких вставок таким образом, чтобы при возникновении короткого замыкания, например, на ответвлении к электроприемнику, срабатывал ближайший плавкий предохранитель, защищающий этот электроприемник, но не срабатывал предохранитель, защищающий головной участок сети.

Выбор плавких вставок предохранителей по условию селективности следует производить, пользуясь типовыми защитными характеристиками предохранителей с учетом возможного разброса реальных характеристик по данным завода-изготовителя.

Типичная времятоковая характеристика современного предохранителя двойного действия приведена на рис. 8.

При номинальном токе 200А предохранитель должен работать неограниченное время. По характеристике видно, что при уменьшении тока, время срабатывания в области малых токов быстро растет и кривая зависимости в идеале должна асимптотически стремиться к прямой  $I = 200А$ , для времени  $t = + \infty$ . В области рабочих перегрузок, то есть в случае,



когда ток через предохранитель находится в пределах  $(1\div 5) \times I_{\text{ном}}$ , время срабатывания предохранителя достаточно велико – превышает единицы секунд (при токе 1000А время срабатывания равно 10с).

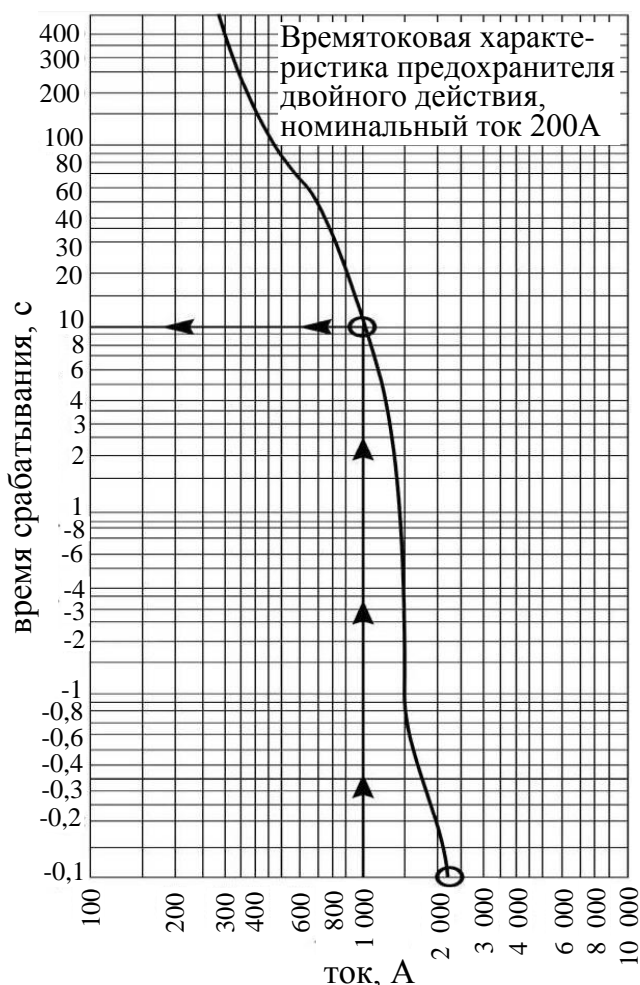


Рис. 8 Типовая времятоковая характеристика предохранителя двойного действия

Такой вид зависимости позволяет защищаемому оборудованию свободно работать во всем диапазоне рабочих перегрузочных характеристик. При дальнейшем увеличении тока, крутизна времятоковой характеристики (рис. 8) быстро возрастает, и уже при одиннадцатикратной перегрузке время срабатывания составляет всего 10мс. Дальнейший рост тока перегрузки сокращает время срабатывания еще в большей степени, хотя и не так быстро, как на участке между пяти- и десятикратной перегрузке. Это объясняется конечной скоростью гашения дуги из-за конечной теплоемкости материала наполнителя, конечной теплоты плавления материала плавкой

перемычки и определенной массы плавящегося и испаряющегося металла перемычки. При дальнейшем увеличении тока (более чем 15÷20-и кратно относительно номинального) время срабатывания плавкого элемента может составлять 0,02÷0,5мс в зависимости от типа и конструкции предохранителя.

Фирмы “WEBER” и “SIEMENS” выпускает широкую номенклатуру плавких предохранителей (комбинаций gG, gM, aM, gR, aR, gTr, gF, gFF), шести типоразмеров – 000(00C), 00, 1, 2, 3, 4а (обозначения согласно IEC) на номинальные токи от 2 до 1600 А и напряжения (~ 400 В, 500 В и 690 В; = 250 В, 440 В) с наиболее часто применяемыми на практике контактами ножевого типа (NH), преимущественно вертикального положения установки.

Предохранители типа NH обладают высокой отключающей

способностью и стабильностью характеристик. Применение предохранителей типа NH позволяет обеспечивать селективность защиты при КЗ.

Плавкие предохранители ножевого типа NH (аналог ППН), предназначены для установки в контактодержатели PBS, PBD, в ПВР серии APC и RBK, а также в выключатели нагрузки типа RAB. Возможно применение данных предохранителей в защитных аппаратах, рассчитанных на применение отечественных вставок типа ППН.

Предохранители типа NH представляют собой предохранитель с гашением дуги в закрытом объеме. Плавкая вставка штампуется из цинка, являющегося легкоплавким и стойким к коррозии металлом. Форма плавкой вставки позволяет получить благоприятную времятоковую (защитную) характеристику. Вставка располагается в герметичном изоляционном керамическом корпусе. Наполнитель – кварцевый песок с содержанием SiO<sub>2</sub> не менее 98%, с зернами  $(0,2 \div 0,4) \times 10^{-3}$  м и влажностью не выше 3%.

При отключении сгорают суженные перешейки плавкой вставки, после чего возникшая дуга гасится благодаря эффекту токоограничения, возникшему при перегорании суженных участков плавкой вставки. Среднее время гашения дуги составляет 0,004 с.

Времятоковые характеристики предохранителей типа NH для класса использования gG приведены на рис. 9.

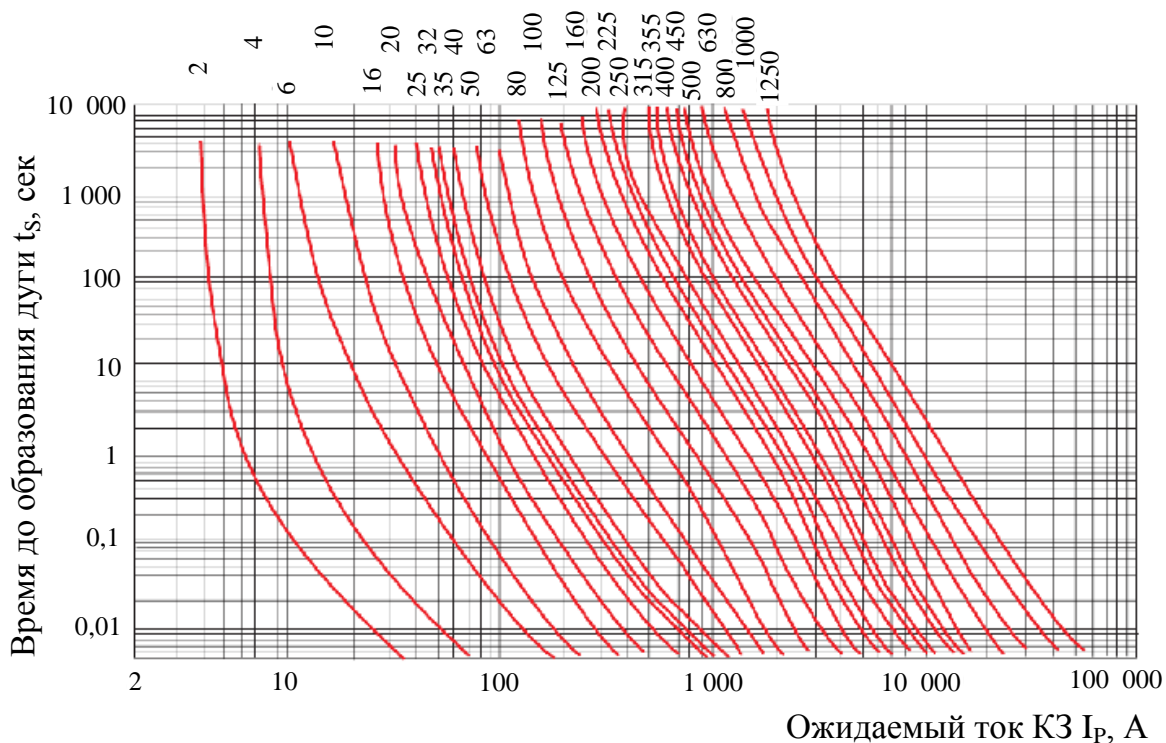


Рис. 9 Времятоковая характеристика предохранителей типа NH

Предохранители типа NH работают бесшумно, практически без выброса пламени и газов, что позволяет устанавливать их на близком расстоянии друг от друга.

Еще одной важной характеристикой предохранителя, как защитного устройства, является так называемый защитный показатель, в зарубежных источниках именуемый  $I^2 \cdot t$ . Для защищаемой электрической цепи защитный показатель – это количество тепла, выделяемого в цепи с момента возникновения аварийной ситуации до момента полного отключения цепи защитным устройством. Величина защитного показателя конкретного устройства, по сути, определяет предел его устойчивости к тепловому разрушению в аварийных режимах. При вычислении величины защитного показателя используется эффективное значение тока в цепи.

Например, эффективное значение тока, протекающего через предохранитель, можно рассчитать для часто используемых схем выпрямителей переменного тока, исходя из (сглаженного) постоянного тока  $I_d$  либо из фазного тока  $I_L$ , значения которых приведены таблице 2.

Таблица 2

Схема выпрямителя переменного тока	Эффективное значение фазного тока (фазный предохранитель)	Эффективное значение тока ответвления (предохранитель в ответвлении)
однопульсная со средней точкой	$1,57I_d$	-
двухпульсная со средней точкой	$0,71I_d$	-
трехпульсная со средней точкой	$0,58I_d$	-
шестипульсная со средней точкой	$0,41I_d$	-
двойная трехфазная однополупериодная со средней точкой (параллельная)	$0,29I_d$	-
двухпульсная мостовая схема	$1,0I_d$	$0,71I_d$
шестипульсная мостовая схема	$0,82I_d$	$0,58I_d$
однофазная двунаправленная схема	$1,0I_L$	$0,71I_L$

При коротком замыкании ток предохранительной вставки (рис. 10) возрастает в течение времени плавления  $t_s$  до тока короткого замыкания  $I_C$  (пика тока плавления).

В течение времени гашения дуги  $t_L$  образуется электрическая дуга и ток короткого замыкания гасится (рис. 10).

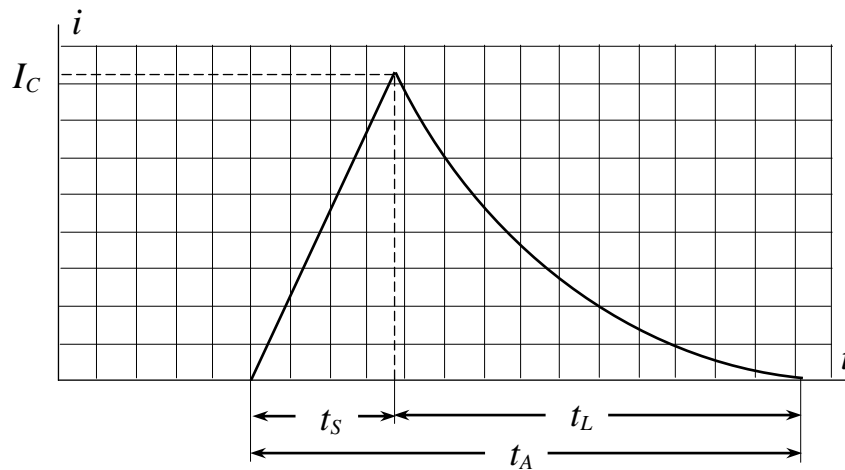


Рис. 10 Токовая характеристика при срабатывании предохранительных вставок

Интеграл квадратичного значения тока ( $\int I^2 dt$ ) по всему времени срабатывания ( $t_s + t_L$ ), кратко называемый полным джоулевым интегралом определяет тепло, которое подводится к подлежащему защите полупроводниковому элементу во время процесса размыкания.

Чтобы достичь достаточного защитного эффекта, полный джоулев интеграл предохранительной вставки должен быть меньше чем величина  $I^2 \cdot t$  (интеграл предельной нагрузки) полупроводникового элемента. Так как полный джоулев интеграл предохранительной вставки с возрастающей температурой, а следовательно и с возрастающей предварительной нагрузкой, практически убывает так же, как и величина  $I^2 \cdot t$  полупроводникового элемента, то достаточно сравнить между собой величины  $I^2 \cdot t$  в ненагруженном (холодном) состоянии.

Полный джоулев интеграл ( $I^2 \cdot t_A$ ) представляет собой сумму интеграла плавления ( $I^2 \cdot t_s$ ) и интеграла дуги ( $I^2 \cdot t_L$ ). В общем случае, величина полного джоулевого интеграла полупроводникового прибора должна быть больше или равной величине защитного показателя предохранителя:

$(\int I^2 dt)$  (полупроводник,  $t = 25^\circ\text{C}$ ,  $t_p = 10$  мс)  $\geq$  ( $\int I^2 \cdot t_A$ ) (предохранительная вставка).

Интеграл плавления  $I^2 \cdot t_s$  может быть рассчитан для любых значений времени, исходя из пар значений времятоковой характеристики предохранительной вставки.

При уменьшении времени плавления интеграл плавления стремится к нижнему предельному значению, при котором во время процесса плавления из перемычек плавящегося проводника в окружающее пространство тепло

практически не отводится. Указанные в данных для выбора и заказа и в характеристиках интегралы плавления соответствуют времени плавления  $t_S = 1$  мс.

В то время как интеграл плавления  $I^2 \cdot t_S$  является свойством предохранительной вставки, интеграл дуги  $I^2 \cdot t_L$  зависит от характеристик электрической цепи, а именно:

- от восстанавливающегося напряжения  $U_W$ ;
- от коэффициента мощности  $\cos\varphi$  короткозамкнутой цепи;
- от ожидаемого тока  $I_P''$  (ток в месте установки предохранительной вставки, если она закорочена).

Максимум интеграла дуги достигается для каждого типа предохранителей при токе от  $10 \times I_P$  до  $30 \times I_P$ .

При защите сетей предохранителями типов ПН, НПН и ННР с заданными защитными характеристиками селективность действия защиты будет выполняться, если между номинальным током плавкой вставки, защищающей головной участок сети ( $I_{ном}^{\Gamma, ПВ}$ ), и номинальным током плавкой вставки на ответвлении к потребителю ( $I_{ном}^O, ПВ$ ) выдерживаются определенные соотношения.

Например, при небольших токах перегрузки плавкой вставки (около 180–250 %) селективность будет выдерживаться, если  $I_{ном}^{\Gamma, ПВ} > I_{ном}^O, ПВ$  хотя бы на одну ступень стандартной шкалы номинальных токов плавких вставок.

При коротком замыкании селективность защиты предохранителями типа НПН будет обеспечиваться, если будут выдерживаться следующие соотношения:

$$I_{кз}^{(3)} / I_{ном}^O, ПВ \leq \dots 50; 100; 200.$$

$$I_{ном}^{\Gamma, ПВ} / I_{ном}^O, ПВ \dots 2,0; 2,5; 3,3,$$

где –  $I_{кз}^{(3)}$  трехфазный ток короткого замыкания ответвления, А.

Соотношения между номинальными токами плавких вставок  $I_{ном}^{\Gamma, ПВ}$  и  $I_{ном}^O, ПВ$  для предохранителей типа ПН2, обеспечивающие надежную селективность, приведены в табл. 3.

Если защитные характеристики плавких вставок неизвестны, рекомендуется метод проверки селективности по отношению сечений вставок с поправкой на материал вставки и конструкцию предохранителя. При этом определяются сечения плавких вставок последовательно

включенных предохранителей ( $S_K$  и  $S_{II}$ ); вычисляется отношение  $S_{II} / S_K$  и сравнивается с величиной  $S_{II} / S_K = a$ , обеспечивающей селективность. Здесь  $S_K$  – сечение вставки предохранителя, установленного ближе к месту короткого замыкания;  $S_{II}$  – сечение вставки предохранителя, установленного ближе к источнику питания.

Таблица 3

Номинальные токи последовательно включенных плавких вставок предохранителей ПН2, обеспечивающих надежную селективность

Номинальный ток меньшей плавкой вставки $I_{ном}^O_{ПВ}$ , А	Номинальный ток большей плавкой вставки $I_{ном}^I_{ПВ}$ , А, при отношении $I^{(3)}_{КЗ} / I_{ном}^O_{ПВ}$			
	10	20	50	100 и более
30	40	50	80	120
40	50	60	100	120
50	60	80	120	120
60	80	100	120	120
80	100	120	120	150
100	120	120	150	150
120	150	150	250	250
150	200	200	250	250
200	250	250	300	300
250	300	300	400	более 600
300	400	400	более 600	-
400	500	более 600	-	-

Примечание.  $I^{(3)}_{КЗ}$  – ток короткого замыкания в начале защищаемого участка сети.

Величина  $a$  определяется по табл. 4, если вычисленное значение  $S_{II} / S_K \geq a$ , то селективность обеспечивается.

Основным условием, определяющим выбор плавких предохранителей для защиты асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором, является отстройка от пускового тока.

Отстройка плавких вставок от пусковых токов выполняется по времени: пуск электродвигателя должен полностью закончиться раньше, чем вставка расплавится под действием пускового тока.

Опытом эксплуатации установлено правило: для надежной работы вставок пусковой ток не должен превышать половины тока, который может расплавить вставку за время пуска.

Таблица 4

Отношение сечений вставок  $S_{II} / S_K$ , обеспечивающее селективность

Металл плавкой вставки предохранителя, расположенного ближе к источнику питания	Металл плавкой вставки предохранителя, расположенного ближе к месту к. з.			
	медь	серебро	цинк	свинец
Предохранитель с наполнителем				
Медь	1,55	1,33	0,55	0,20
Серебро	1,72	1,55	0,62	0,23
Цинк	4,50	3,95	1,65	0,60
Свинец	12,40	10,80	4,50	1,65
Предохранитель без наполнителя				
Медь	1,15	1,03	0,40	0,15
Серебро	1,33	1,15	0,46	0,17
Цинк	3,50	3,06	1,20	0,44
Свинец	9,50	8,40	3,30	1,20

Все электродвигатели разбиты на две группы по времени и частоте пуска.

Двигателями с легким пуском считаются двигатели вентиляторов, насосов, металлорежущих станков и т. п., пуск которых заканчивается за  $3 \div 5$  с, пускаются эти двигатели редко, менее 15 раз в 1 ч.

К двигателям с тяжелым пуском относятся двигатели подъемных кранов, центрифуг, шаровых мельниц, пуск которых продолжается более 10 с, а также двигатели, которые пускаются очень часто – более 15 раз в 1 ч. К этой категории относят и двигатели с более легкими условиями пуска, но особо ответственные, для которых совершенно недопустимо ложное перегорание вставки при пуске.

Выбор номинального тока плавкой вставки для отстройки от пускового тока производится по выражению:

$$I_{ном,ПВ} \geq I_{пус,ДВ} / K, \quad (1)$$

где  $I_{пус,ДВ}$  – пусковой ток двигателя, определяемый по паспорту, каталогам или непосредственным измерением;  $K$  – коэффициент, определяемый условиями пуска и равный для двигателей с легким пуском 2,5, а для двигателей с тяжелым пуском 1,6...2.

Поскольку вставка при пуске двигателя нагревается и окисляется, уменьшается сечение вставки, ухудшается состояние контактов, она может ложно перегореть при нормальной работе двигателя. Вставка, выбранная в соответствии с (1), может сгореть также при затянувшемся по сравнению с расчетным временем пуске или самозапуске двигателя.

Поэтому во всех случаях целесообразно измерить напряжение на вводах двигателя в момент пуска и определить время пуска.

Для предотвращения сгорания вставок при пуске, что может повлечь за собой работу двигателя на двух фазах и его повреждение, целесообразно во всех случаях, когда это допустимо по чувствительности к токам КЗ, выбирать вставки более грубые, чем по условию (1).

Каждый двигатель должен защищаться своим отдельным аппаратом защиты. Общий аппарат допускается для защиты нескольких маломощных двигателей только в том случае, если будет обеспечена термическая устойчивость пусковых аппаратов и аппаратов защиты от перегрузки, установленных в цепи каждого двигателя.

*Выбор предохранителей для защиты магистралей, питающих несколько асинхронных электродвигателей*

Защита магистралей, питающих несколько двигателей, должна обеспечивать и пуск двигателя с наибольшим пусковым током и самозапуск двигателей, если он допустим по условиям техники безопасности, технологического процесса и т. п.

При расчете защиты необходимо точно определить, какие двигатели отключаются при понижении или полном исчезновении напряжения, какие остаются включенными, какие повторно включаются при появлении напряжения.

Для уменьшения нарушений технологического процесса применяют специальные схемы включения удерживающего электромагнита пускателя, обеспечивающего немедленное включение в сеть двигателя при восстановлении напряжения. Поэтому в общем случае номинальный ток плавкой вставки, через которую питается несколько самозапускающихся двигателей, выбирается по выражению:

$$I_{ном,ПВ} \geq \Sigma I_{пус,ДВ} / K ,$$

$\Sigma I_{пус,ДВ}$  – сумма пусковых токов самозапускающихся электродвигателей.

*Выбор предохранителей для защиты магистралей при отсутствии самозапускающихся электродвигателей*

В этом случае плавкие вставки предохранителей выбираются по следующему соотношению:

$$I_{ном,ПВ} \geq I_{max,ТЛ} / K ,$$



где  $I_{max,TL} = I_{пус,ДВ} + I_{длит,TL}$  – максимальный кратковременный ток линии;

$I_{пус,ДВ}$  – пусковой ток электродвигателя или группы одновременно включаемых электродвигателей, при пуске которых кратковременный ток линии достигает наибольшего значения;

$I_{длит,TL}$  – длительный расчетный ток линии до момента пуска электродвигателя (или группы электродвигателей) – это суммарный ток, который потребляется всеми элементами, подключенными через плавкий предохранитель, определяемый без учета рабочего тока пускаемого электродвигателя (или группы двигателей).

### *Выбор предохранителей для защиты асинхронных электродвигателей от перегрузки*

Поскольку пусковой ток в 5...7 раз превышает номинальный ток двигателя, плавкая вставка, выбранная по выражению (1), будет иметь номинальный ток в 2...3 раза больше номинального тока двигателя и, выдерживая этот ток неограниченное время, не может защитить двигатель от перегрузки.

Для защиты двигателей от перегрузки обычно применяют тепловые реле, встраиваемые в магнитные пускатели или в автоматические выключатели.

Если для защиты двигателя от перегрузки и управления им применяется магнитный пускатель, то при выборе плавких вставок приходится учитывать также условие предотвращения повреждения контактов пускателя.

Дело в том, что при коротких замыканиях в двигателе снижается напряжение на удерживающем электромагните пускателя, он отпадает и разрывает ток короткого замыкания своими контактами, которые, как правило, разрушаются. Для предотвращения этого короткого замыкания двигателя должны отключаться предохранителем раньше, чем разомкнутся контакты пускателя.

Это условие обеспечивается, если время отключения тока короткого замыкания предохранителем не превышает 0,15...0,2 с; для этого ток короткого замыкания должен быть в 10...15 раз больше номинального тока вставки предохранителя, защищающего электродвигатель, т.е.

$$I_{кз}^{(3)} / I_{ном,ПВ} \geq 10...15.$$

## Защита предохранителями сетей до 1000В от перегрузки

В ПУЭ § III-1-9 указаны сети напряжением до 1000 в, требующие, кроме защиты от коротких замыканий, защиты от перегрузки. К ним относятся:

1. Все сети, выполненные проложенными открыто незащищенными изолированными проводами с горючей оболочкой внутри любых помещений.

2. Все осветительные сети независимо от конструкции и способа прокладки проводов или кабелей в жилых и общественных зданиях, в торговых помещениях, в служебно-бытовых помещениях промышленных предприятий, в пожароопасных производственных помещениях, все сети для питания бытовых и переносных электроприборов.

3. Все силовые сети в промышленных предприятиях, в жилых и общественных помещениях, если по условиям технологического процесса может возникнуть длительная перегрузка проводов и кабелей.

4. Все сети всех видов во взрывоопасных помещениях и взрывоопасных наружных (вне зданий) установках независимо от режима работы и назначения сети.

Номинальный ток плавкой вставки должен выбираться минимально возможным по условию надежного пропускания максимального тока нагрузки. Практически при постоянной, без толчков, нагрузке номинальный ток вставки  $I_{ном,ПВ}$  принимается примерно равным максимальному длительному току нагрузки  $I_{max,ТН}$ , а именно:

$$I_{ном,ПВ} \geq I_{max,ТН}.$$

По номинальному току вставки определяется допустимый ток длительной нагрузки  $I_{длит,ТН}$  для проводника (проложенного в нормальных условиях), защищаемого выбранной вставкой

$$k_K \cdot I_{ном,ПВ} \leq k_{П} \cdot I_{длит,ТН},$$

где  $k_K$  коэффициент, который учитывает конструкцию защищаемых вставкой проводников, равный по ПУЭ § III-1-10 – 1,25 для проводников с резиновой и подобной горючей изоляцией, прокладываемых во всех помещениях, кроме невзрывоопасных производственных. Для любых проводников, прокладываемых в невзрывоопасных производственных помещениях, и кабелей с бумажной изоляцией в любых помещениях,  $k_K = 1$ ;

$k_{П} = k_{П1} \cdot k_{П2} \cdot k_{П3}$  – общий поправочный коэффициент, соответствующий

случаю, когда действительные условия прокладки отличаются от нормальных.

Если нагрузка имеет характер толчков, например электродвигатель крана, и продолжительность нагрузки меньше 10 мин, то вводится поправочный коэффициент  $k_{П1}$ . Этот коэффициент вводится для медных проводников сечением не менее 6 мм<sup>2</sup> и алюминиевых не менее 10 мм<sup>2</sup>. Величина  $k_{П1}$  принимается по выражению

$$k_{П1} = 0,875 / \sqrt{ПВ},$$

где ПВ – выраженная в относительных единицах продолжительность включения, равная отношению времени включения приемника, например электродвигателя, к полному времени цикла повторно кратковременного режима. Коэффициент  $k_{П1}$  вводится, если продолжительность включения не более 4 мин, а перерыв между включениями не менее 6 мин. В противном случае величина тока нагрузки принимается как для длительного режима.

Если температура окружающей среды отличается от нормальной, вводится поправочный коэффициент  $k_{П2}$ , определяемый по таблицам ПУЭ.

При прокладке в одной траншее более одного кабеля вводится поправочный коэффициент  $k_{П3}$ , определяемый также по таблицам ПУЭ.

В цепях вторичной коммутации (оперативного тока, контрольно-измерительных приборов, измерительных трансформаторов напряжения и др.) плавкие вставки выбирают по токам короткого замыкания исходя из условия

$$I^{(3)}_{кз} / I_{ном,ПВ} \geq 10$$

Монтаж предохранителей производят на распределительных щитах и силовых пунктах. Плавкая вставка выполняется вертикально. После затяжки всех креплений проверяется соприкосновение контактов ножа или колпачка патрона и губками стоек. «Отпружинивание» контактных губок стоек при входе в них ножа или колпачка патрона должно быть заметно на глаз. Патроны предохранителей не должны выпадать из контактных стоек при приложении к ним усилия, равного для предохранителей, рассчитанных на ток: 40А – усилие 30Н; 100А – 40Н; 250А – 45Н; 400А – 50Н; 600А – 60Н.

Проверка предохранителей при новом включении проводится в следующем объеме:

1. Внешний осмотр, чистка, проверка контактных соединений.
2. Проверка правильности выбора номинального тока плавкой вставки.

В производственных условиях возникают причины, когда необходимо

при отсутствии стандартной плавкой вставки заменять её проводником, который по своим свойствам будет эквивалентен плавкой вставке.

В табл. 5 указаны сечения различных проводниковых материалов, пригодных для использования в качестве плавкой вставки предохранителя.

Таблица 5

Значение сечения проволоки для плавкой вставки предохранителя  
в зависимости от тока нагрузки

Величина тока, А	Свинец, мм <sup>2</sup>	Сплав, мм <sup>2</sup> : 75% – свинец, 25% – олово	Медь, мм <sup>2</sup>	Железо, мм <sup>2</sup>
1	0,21	-	0,05	0,12
2	0,33	-	0,09	0,19
3	0,43	-	0,11	0,25
4	0,52	-	0,14	0,30
5	0,60	0,62	0,16	0,42
10	0,95	0,98	0,25	0,55
15	1,25	1,28	0,33	0,72
20	1,54	1,56	0,40	0,87
25	1,76	1,80	0,46	1,01
30	1,98	2,04	0,52	1,15
40	2,40	2,47	0,63	1,30
50	2,78	2,86	0,73	1,61
60	3,14	3,24	0,82	1,81
70	3,48	3,59	0,91	2,01
80	3,81	3,92	1,00	2,20
90	4,12	4,24	1,08	2,38
100	4,42	4,56	1,16	2,55
120	4,99	5,14	1,31	2,88
140	5,53	5,70	1,45	3,19
160	6,04	6,23	1,59	3,49
180	6,53	6,74	1,72	3,77
200	7,01	7,23	1,84	4,05

#### *Выбор предохранителей для защиты полупроводниковых элементов*

Предохранители для защиты полупроводниковых элементов вставки выбираются по расчетному напряжению, расчетному току, полному джоулевому интегралу  $I^2 \cdot t_A$  и коэффициенту нагрузочных циклов с учетом прочих заданных условий.

Расчетное напряжение  $U_P$  предохранительной вставки – это напряжение, приводимое в качестве эффективного значения переменного

напряжения при формировании данных для заказа и проектирования, а также указываемое на самой предохранительной вставке.

Расчетное напряжение предохранительной вставки выбирается таким образом, чтобы она надежно отключала напряжение, возбуждающее короткое замыкание. Это напряжение не должно превышать значение  $U_p + 10\%$ . При этом необходимо учитывать также тот факт, что напряжение питающей сети  $U_{ПС}$  выпрямителя переменного тока может увеличиваться на 10%. Если в короткозамкнутой цепи два ответвления схемы выпрямителя переменного тока расположены последовательно, то при достаточно большом токе короткого замыкания можно рассчитывать на равномерное распределение напряжения.

#### Режим выпрямления

Для выпрямителей переменного тока, которые работают только в режиме выпрямления, в качестве возбуждающего напряжения выступает напряжение питающей сети  $U_{ПС}$ .

#### Режим инвертирования

Для выпрямителей переменного тока, которые работают также и в режиме инвертирования, нарушение может быть вызвано опрокидыванием инвертора. При этом в качестве возбуждающего напряжения  $U_{ВН}$  в короткозамкнутой цепи выступает сумма из питающего постоянного напряжения (например, электродвижущая сила машины постоянного тока) и напряжения трёхфазного тока питающей сети. Эта сумма при подборе предохранительной вставки может быть заменена переменным напряжением, эффективное значение которого соответствует 1,8 – кратному значению напряжения трёхфазного тока питающей сети ( $U_{ВН}=1,8U_{ПС}$ ). Предохранительные вставки должны рассчитываться таким образом, чтобы они надежно размыкали напряжение  $U_{ВН}$ .

Расчетный ток, нагрузочная способность  $I_p$  предохранительной вставки – это ток, приводимый в данных для выбора и заказа и характеристиках, а также указываемый на предохранительной вставке в качестве эффективного значения переменного тока для диапазона частот 45 Гц ÷ 62 Гц.

Для работы предохранительной вставки с расчетным током нормальными условиями эксплуатации являются:

– естественное воздушное охлаждение при температуре окружающей среды  $+45^{\circ}\text{C}$ ;

- поперечные сечения присоединений равны контрольным поперечным сечениям, при работе в основаниях предохранителей НН и разъединителях;
- угол отсечки тока полупериода составляет  $120^\circ$ ;
- постоянная нагрузка максимальна при расчетном токе.

Для условий эксплуатации, отличающихся от перечисленных выше, допустимый рабочий ток  $I_P'$  [9] предохранительной вставки определяется по следующей формуле:

$$I_P' = k_u \times k_q \times k_\lambda \times k_i \times k_{WL} \times I_P, \text{ где}$$

$I_P$  – расчетный ток предохранительной вставки,

$k_u$  – поправочный коэффициент температуры окружающей среды,

$k_q$  – поправочный коэффициент поперечного сечения присоединения,

$k_\lambda$  – поправочный коэффициент угла отсечки тока,

$k_i$  – поправочный коэффициент интенсивного воздушного охлаждения,

$k_{WL}$  – коэффициент нагрузочных циклов.

Коэффициент нагрузочных циклов  $k_{WL}$  – это понижающий коэффициент, при помощи которого может быть определена не изменяющаяся с течением времени нагрузочная способность предохранительных вставок при любых нагрузочных циклах. Предохранительные вставки имеют различные коэффициенты нагрузочных циклов, обусловленные конструкцией. В характеристиках предохранительных вставок указывается соответствующий коэффициент нагрузочных циклов  $k_{WL}$  для  $> 10\,000$  изменений нагрузки (1 час „Вкл“, 1 час „Откл“) в течение ожидаемого срока службы предохранительных вставок.

При равномерной нагрузке (отсутствуют нагрузочные циклы и отключения) можно принять коэффициент нагрузочных циклов  $k_{WL} = 1$ . При нагрузочных циклах и отключениях, которые длятся более чем 5 мин. и осуществляются чаще чем один раз в неделю, следует выбирать коэффициент нагрузочных циклов  $k_{WL}$ , указанный в характеристиках отдельных предохранительных вставок фирм производителей.

Остаточный коэффициент  $k_{RW}$ .

Предварительная нагрузка предохранительной вставки сокращает продолжительность допустимой перегрузки и времени плавления. При помощи остаточного коэффициента  $k_{RW}$  можно определить время, на протяжении которого предохранительная вставка при периодическом или непериодическом нагрузочном цикле сверх предварительно рассчитанного

допустимого тока нагрузки  $I_P'$  может работать с любым током перегрузки  $I_{La}$  без потери первоначальных свойств с течением времени.

Остаточный коэффициент  $k_{RW}$  зависит от предварительной нагрузки  $V = I_{eff}/I_P'$  – (отношения эффективного значения тока  $I_{eff}$ , протекающего через предохранитель во время нагрузочного цикла, к допустимому току нагрузки  $I_P'$ ), а также от частоты перегрузок  $F$ . Графически указанная зависимость представляется двумя кривыми (рис. 11):  $k_{RW1} = f(V)$ , при  $F =$  частые ударные токи / токи нагрузочного цикла  $> 1/$  неделю;  $k_{RW2} = f(V)$ , при  $F =$  редкие ударные токи/токи нагрузочного цикла  $< 1/$  неделю.

После определения графическим способом коэффициента  $k_{RW1}$  ( $k_{RW2}$ ) можно определить сокращенную продолжительность допустимой нагрузки  $t_S^C$  по выражению:  $t_S^C = k_{RW1} (k_{RW2}) \times t_S$ .

Уменьшение времени плавления предохранительной вставки  $t_S^V$  при предварительной нагрузке определяется по вычисленному значению  $V$  при помощи заданной кривой  $k_{R3} = f(V)$  (рис. 11) по выражению:  $t_S^V = k_{R3} \times t_S$ .

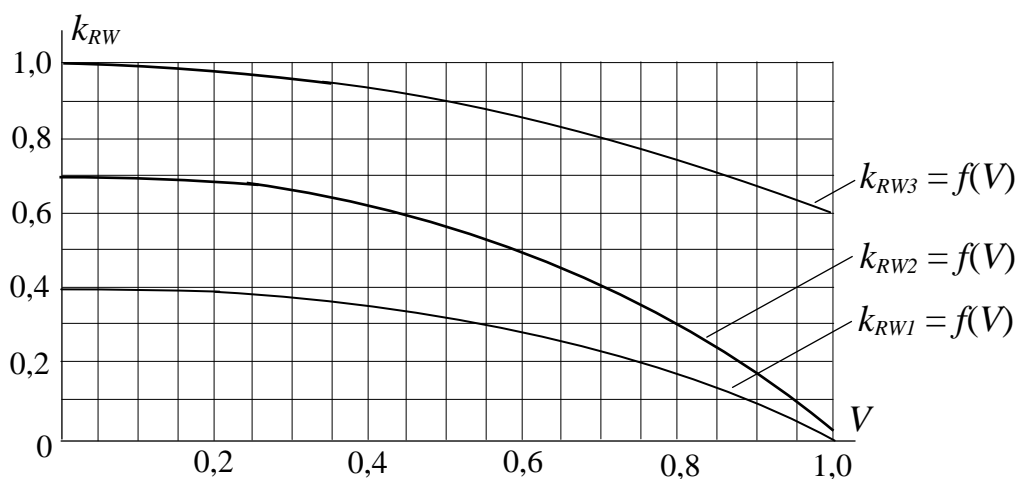


Рис. 11 Зависимость остаточного коэффициента от коэффициента предварительной нагрузки

Выпрямители переменного тока работают часто не с непрерывной нагрузкой, а переменными нагрузками, которые могут также кратковременно превышать расчетный ток выпрямителя переменного тока.

Для случая переменной нагрузки классифицированы четыре типичных вида нагрузки для не изменяющегося с течением времени режима работы предохранительных вставок:

- непрерывная нагрузка (рис. 12);
- неизвестная переменная нагрузка, однако с известным максимальным током (рис. 13);

- переменная нагрузка с известным нагрузочным циклом (рис. 14);
- случайная ударная нагрузка из предварительной нагрузки с неизвестной последовательностью ударных импульсов (рис. 15).

Определение требуемого расчетного тока  $I_P$  предохранительной вставки для каждого из четырех видов нагрузки осуществляется в два этапа:

1. Определение расчетного тока  $I_P$  на основе эффективного значения  $I_{eff}$  тока нагрузки:

$$I_P > I_{eff} \times (1 / k_u \times k_q \times k_\lambda \times k_i \times k_{WL})$$

2. Проверка допустимой продолжительности перегрузки блоками тока, которые превышают допустимый рабочий ток предохранителя  $I_P'$ , с использованием выражения:  $k_{RW} \times t_S \geq t_K$ , где  $t_K$  – продолжительность перегрузки.

Если полученная продолжительность перегрузки окажется меньшей, чем соответствующая требуемая продолжительность перегрузки, то следует выбрать предохранительную вставку с более высоким расчетным током  $I_P$  (с учетом расчетного напряжения  $U_P$  и допустимого полного джоулевого интеграла) и повторить проверку.

#### *ПРИМЕР ВЫБОРА*

Для вентильной группы выпрямителя в шестипульсовой мостовой схеме, чей расчетный постоянный ток составляет  $I_d = 850$  А, необходимо выбрать плавкие вставки для предохранителя в ответвлениях. Выбор предохранителя приведен для указанных выше четырех типичных видов нагрузки.

Параметры вентильной группы выпрямителя:

- напряжение питающей сети

$$U_N = 3 \text{ AC } 50 \text{ Гц } 400 \text{ В,}$$

- восстанавливающее напряжение

$$U_W = 360 \text{ В} = U_N \times 0,9 \text{ (при опрокидывании инвертора,}$$

- тиристор Т 508N (фирмы Еурес)

$$\text{интеграл предельной нагрузки } \int I^2 dt = 320 \times 10^3 \text{ A}^2 \text{c (10 мс, холодный),}$$

- предохранительные вставки с естественным охлаждением,

$$\text{температура окружающей среды } t_u = +35^\circ \text{C}$$

- поперечное сечение присоединения для предохранительных вставок,

$$\text{медь: } 160 \text{ мм}^2,$$

- эффективное значение тока ответвления (рабочий ток предохранителя)



$$I_{La} = I_d \times 0,58.$$

Постоянная, непрерывная нагрузка

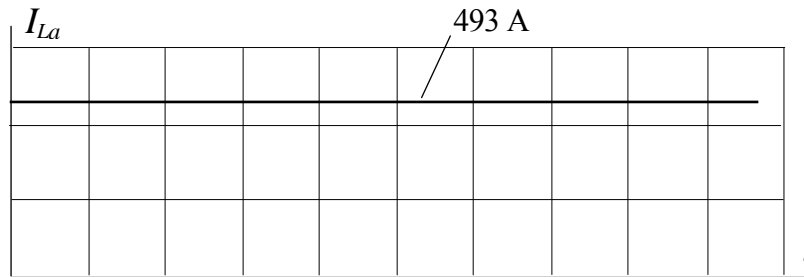


Рис. 12 Изменение тока нагрузки

Постоянный ток  $I_d = 850$  А

$$I_{eff} = I_{La} = I_d \times 0,58 = 493$$
 А

В соответствии с рекомендациями [9] выбрана предохранительная вставка SITOR 3NE3 335 (560 А / 1000 В),  $k_{WL} = 1$

Полный джоулевый интеграл

$$\int I^2 \cdot t_A = 360 \times 10^3 \times 0,53 = 191 \times 10^3 \text{ А}^2\text{с}$$

Контрольное поперечное сечение [9]: 400 мм<sup>2</sup>

В соответствии с номограммами, приведенными в [9], необходимо применить следующие поправочные коэффициенты:

$$k_u = 1,02 \text{ (} t_u = +35^\circ\text{C)},$$

$k_q = 0,91$  (поперечное сечение присоединения с обеих сторон 40% от контрольного поперечного сечения),

$$k_\lambda = 1,0 \text{ (угол отсечки тока } \lambda = 120^\circ),$$

$$k_i = 1,0 \text{ (интенсивное воздушное охлаждение отсутствует)}$$

Требуемый расчетный ток  $I_P$  предохранителя

$$I_P = I_{La} \times (1 / k_u \times k_q \times k_\lambda \times k_i \times k_{WL}) = 493 \times (1 / 1,02 \times 0,91 \times 1,0 \times 1,0 \times 1,0) = 531$$
 А

Проверка: 560 А > 531 А

Неизвестная переменная нагрузка с известным максимальным током  $I_{МАКС}$

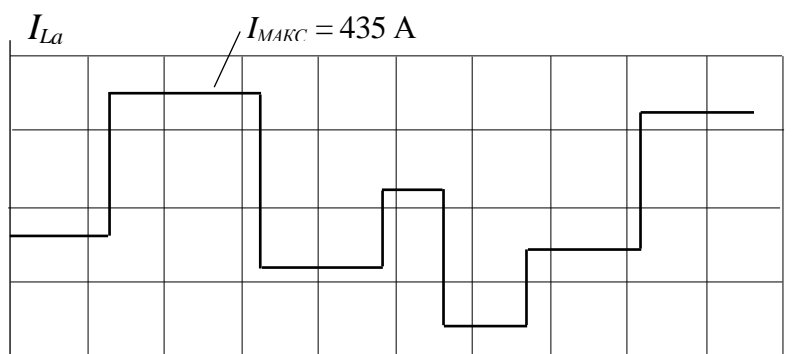


Рис. 13 Изменение тока нагрузки

$$I_{eff} = I_{МАКС} = 435 \text{ A}$$

В соответствии с рекомендациями [9] выбрана предохранительная вставка SITOR 3NE3 334-0B (560 A / 1000 B),  $k_{WL}=1$

Полный джоулевый интеграл

$$\int I^2 \cdot t_A = 260 \times 10^3 \times 0,53 = 138 \times 10^3 \text{ A}^2 \text{c}$$

Контрольное поперечное сечение [9]: 400 мм<sup>2</sup>

Применяем следующие поправочные коэффициенты:

$$k_u = 1,02 \text{ (} t_u = +35^\circ\text{C)},$$

$k_q = 0,91$  (поперечное сечение присоединения с обеих сторон 40% от контрольного поперечного сечения),

$$k_\lambda = 1,0 \text{ (угол отсечки тока } \lambda = 120^\circ),$$

$$k_i = 1,0 \text{ (интенсивное воздушное охлаждение отсутствует)}$$

Требуемый расчетный ток  $I_P$  предохранителя

$$I_P = I_{La} \times (1 / k_u \times k_q \times k_\lambda \times k_i \times k_{WL}) = 435 \times (1 / 1,02 \times 0,91 \times 1,0 \times 1,0 \times 1,0) = 469 \text{ A}$$

Проверка: 560 A > 469 A

#### Переменная нагрузка с известным нагрузочным циклом

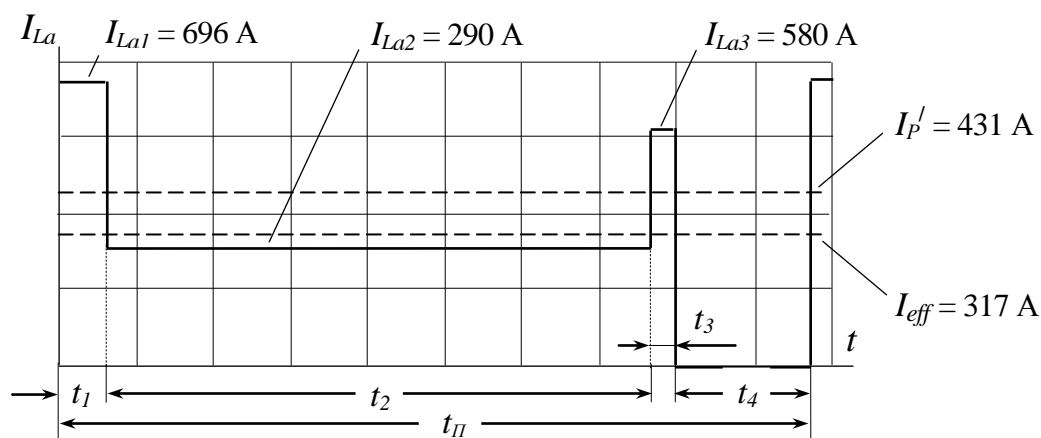


Рис. 14 Изменение тока нагрузки

Постоянный ток:

$$I_{d1} = 1200 \text{ A, } t_1 = 20 \text{ с (рис. 14),}$$

$$I_{d2} = 500 \text{ A, } t_2 = 240 \text{ с,}$$

$$I_{d3} = 1000 \text{ A, } t_3 = 10 \text{ с,}$$

$$I_{d4} = 0 \text{ A, } t_4 = 60 \text{ с.}$$

Ток, протекающий через предохранитель:

$$I_{La1} = 1200 \times 0,58 = 696 \text{ A (рис. 14),}$$

$$I_{La2} = 500 \times 0,58 = 290 \text{ A,}$$

$$I_{La3} = 1000 \times 0,58 = 580 \text{ A,}$$

$$I_{La4} = 0 \times 0,58 = 0 \text{ A.}$$

Эффективное значение рабочего тока

$$I_{eff} = \sqrt{\frac{I_{La1}^2 t_1 + I_{La2}^2 t_2 + I_{La3}^2 t_3}{t_i}} = \sqrt{\frac{696^2 \cdot 20 + 290^2 \cdot 240 + 580^2 \cdot 10}{330}} = 317 \text{ A}$$

В соответствии с рекомендациями [9] выбрана предохранительная вставка SITOR 3NE3 333 (450 А / 1000 В),  $k_{WL}=1$

Полный джоулевый интеграл

$$\int I^2 \cdot t_A = 175 \times 10^3 \times 0,53 = 93 \times 10^3 \text{ A}^2 \text{ c}$$

Контрольное поперечное сечение [9]: 320 мм<sup>2</sup>

Применяем следующие поправочные коэффициенты:

$$k_u = 1,02 \quad (t_u = +35^\circ \text{C}),$$

$k_q = 0,94$  (поперечное сечение присоединения с обеих сторон 50% от контрольного поперечного сечения),

$$k_\lambda = 1,0 \quad (\text{угол отсечки тока } \lambda = 120^\circ),$$

$$k_i = 1,0 \quad (\text{интенсивное воздушное охлаждение отсутствует})$$

1. Требуемый расчетный ток  $I_P$  предохранителя

$$I_P = I_{eff} \times (1 / k_u \times k_q \times k_\lambda \times k_i \times k_{WL}) = 317 \times (1 / 1,02 \times 0,94 \times 1,0 \times 1,0 \times 1,0) = 331 \text{ A}$$

Проверка: 450 А > 331 А

Допустимый рабочий ток  $I_P'$  выбранной предохранительной вставки:

$$I_P' = k_u \times k_q \times k_\lambda \times k_i \times k_{WL} \times I_P = 1,02 \times 0,94 \times 1,0 \times 1,0 \times 1,0 \times 450 = 431 \text{ A}$$

2. Проверка допустимой продолжительности перегрузки блоками тока, которые превышают допустимый рабочий ток предохранителя  $I_P'$ .

Предварительный коэффициент нагрузки:

$$V = I_{eff} / I_P' = 317 / 431 = 0,74$$

Из кривой  $k_{RWI} = f(V)$  (рис. 11) определяем величину  $k_{RWI}$  для  $V = 0,74$ , имеем  $k_{RWI} = 0,2$

Определяем сокращенную продолжительность допустимой нагрузки  $t_S^C$  для соответствующего блок тока по выражению:  $t_S^C = k_{RWI} \times t_S$ ,

где  $t_S$  – время плавления вставки для токов  $I_{La1}$  и  $I_{La3}$ , протекающих через предохранитель (из времятоковой характеристики для 3NE3 333) [9].

$$\text{Имеем: } t_{S1} = 230 \text{ c}, \quad t_{S3} = 1200 \text{ c}.$$

$$\text{Тогда } t_{S1}^C = k_{RWI} \times t_{S1} = 0,2 \times 230 = 46 \text{ c},$$

$$t_{S3}^C = k_{RWI} \times t_{S3} = 0,2 \times 1200 = 240 \text{ c}$$

$$\text{Проверка: } t_{S1}^C = 46 \text{ c} > t_1 = 20 \text{ c}$$

$$t_{S3}^C = 240 \text{ c} > t_3 = 10 \text{ c}$$

Случайная ударная нагрузка из предварительной нагрузки с неизвестной последовательностью ударных импульсов

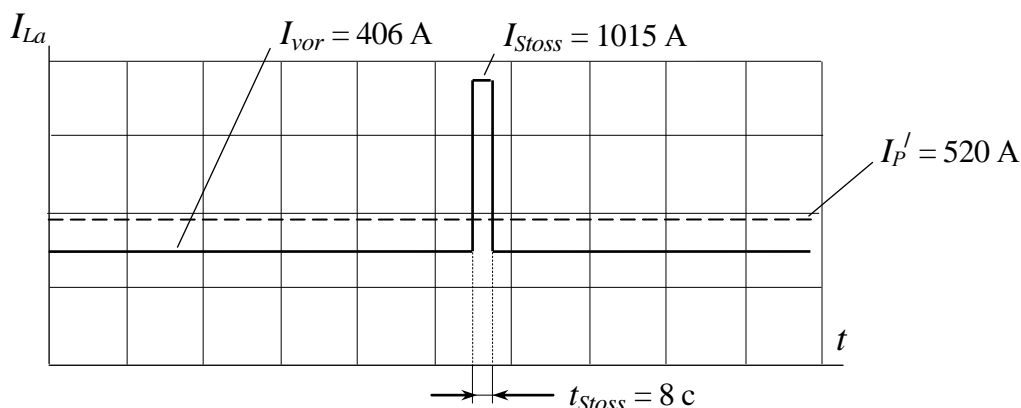


Рис. 15 Изменение тока нагрузки

$I_{eff} = I_{vor}$ , где  $I_{vor}$  – ток предварительной нагрузки (рис. 15),

$I_{Stoss}$  – ток перегрузки,

$t_{Stoss}$  – продолжительность перегрузки ( $t_{Stoss} = 8 \text{ c}$ ).

Постоянный ток:                      Ток, протекающий через предохранитель:

$$I_{dvor} = 700 \text{ A}$$

$$I_{vor} = I_{dvor} \times 0,58 = 406 \text{ A}$$

$$I_{dStoss} = 1750 \text{ A}$$

$$I_{Stoss} = I_{dStoss} \times 0,58 = 1015 \text{ A}$$

Периодичность и продолжительность ударных импульсов нагрузки должна удовлетворять следующим условиям –

$$t_{pausa} \geq 3 \times t_{Stoss} \text{ и } t_{pausa} \geq 5 \text{ мин.}$$

В соответствии с рекомендациями [9] выбрана предохранительная вставка SITOR 3NE3 333 (560 A / 1000 V),  $k_{WL}=1$

Полный джоулевый интеграл

$$\int I^2 \cdot t_A = 360 \times 10^3 \times 0,53 = 191 \times 10^3 \text{ A}^2 \text{ c}$$

Контрольное поперечное сечение [9]:  $400 \text{ мм}^2$

Применяем следующие поправочные коэффициенты:

$$k_u = 1,02 \text{ (} t_u = +35^\circ \text{C)},$$

$k_q = 0,91$  (поперечное сечение присоединения с обеих сторон 40% от контрольного поперечного сечения),

$$k_\lambda = 1,0 \text{ (угол отсечки тока } \lambda = 120^\circ),$$

$$k_i = 1,0 \text{ (интенсивное воздушное охлаждение отсутствует)}$$

1. Требуемый расчетный ток  $I_P$  предохранителя

$$I_P = I_{vor} \times (1 / k_u \times k_q \times k_\lambda \times k_i \times k_{WL}) = 406 \times (1 / 1,02 \times 0,91 \times 1,0 \times 1,0 \times 1,0) = 437 \text{ A}$$

Проверка:  $450 \text{ A} > 437 \text{ A}$

Допустимый рабочий ток  $I_P'$  выбранной предохранительной вставки:

$$I_P' = k_u \times k_q \times k_\lambda \times k_i \times k_{WL} \times I_P = 1,02 \times 0,91 \times 1,0 \times 1,0 \times 1,0 \times 560 = 520 \text{ А}$$

2. Проверка допустимой продолжительности перегрузки пиковым током  $I_{Stoss}$ .

Предварительный коэффициент нагрузки:

$$V = I_{vor} / I_P' = 406 / 520 = 0,78$$

Из кривой  $k_{RWI} = f(V)$  (рис. 11) определяем величину  $k_{RWI}$  для  $V = 0,78$ , имеем  $k_{RWI} = 0,18$

Определяем сокращенную продолжительность допустимой нагрузки  $t_S^C$  для ударного тока по выражению:  $t_S^C = k_{RWI} \times t_S$ ,

где  $t_S$  – время плавления вставки для ударного тока  $I_{Stoss} = 1015 \text{ А}$ , протекающих через предохранитель (из времятоковой характеристики для ЗНЕЗ 333) [9].

Имеем:  $t_S = 110 \text{ с}$ .

Тогда  $t_S^C = k_{RWI} \times t_S = 0,18 \times 110 = 19,8 \text{ с}$

Проверка:  $t_S^C = 19,8 \text{ с} > t_{Stoss} = 8 \text{ с}$

### Содержание отчета.

1. Наименование и цель работы.
2. Основные типы предохранителей, применяемые для защиты электроустановок и электрических цепей.
3. Расчёт и выбор предохранителя для индивидуального задания.
4. Ответы на контрольные вопросы.

### Контрольные вопросы.

1. По каким конструктивным признакам различаются плавкие предохранители?
2. Дайте расшифровку обозначения плавких предохранителей.
3. Как рассчитывают ток плавкой вставки для различной нагрузки?
4. Какие преимущества у предохранителей типа ППНИ перед другими типами предохранителей?

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №11

### АВТОМАТИЧЕСКИЕ ВЫКЛЮЧАТЕЛИ

#### *Цель работы:*

Изучить устройство, конструктивные особенности воздушных автоматических выключателей (АВ), структуру условного обозначения.

#### *Теоретические сведения*

Автоматический выключатель (механический) (МЭС 441-14-20): механический коммутационный аппарат, способный включать, проводить и отключать токи при нормальном состоянии цепи, а также включать, проводить в течение заданного времени и автоматически отключать токи в указанном аномальном состоянии цепи, таких как токи короткого замыкания.

Механический коммутационный аппарат (МЭС 441-14-02): коммутационный аппарат, предназначенный для замыкания и размыкания одной или более электрических цепей с помощью разъединяемых контактов.

Коммутационный аппарат (МЭС 441-14-01): аппарат, предназначенный для включения или отключения тока в одной или более электрических цепях.

Характеристики АВ установлены в следующих терминах:

- тип выключателя;
- номинальные и предельные значения параметров главной цепи;
- категории применения;
- цепи управления;
- вспомогательные цепи;
- расцепители;
- встроенные плавкие предохранители (выключатели со встроенными плавкими предохранителями) по (4.8 МЭК 60947-1);
- коммутационные перенапряжения по (4.9 МЭК 60947-1).

В соответствии с МЭК 60050 (441), применительно к АВ общеприняты нижеследующие термины:

– главная цепь АВ: совокупность всех токопроводящих частей автоматического выключателя, входящих в цепь, которую он предназначен замыкать и размыкать.

– цепь управления АВ: цепь (кроме главной цепи), предназначенная для осуществления замыкания или размыкания, или осуществления обеих функций автоматического выключателя.

– вспомогательная цепь АВ: совокупность токопроводящих частей автоматического выключателя, предназначенных для включения в цепь, кроме главной цепи и цепи управления автоматического выключателя.

– полюс АВ: часть автоматического выключателя, связанная исключительно с одним электрически независимым токопроводящим путем главной цепи и имеющая контакты, предназначенные для замыкания и размыкания главной цепи, и не включающая элементы, предназначенные для монтажа и оперирования всеми полюсами.

– главный контакт: контакт, включенный в главную цепь АВ и предназначенный для проведения в замкнутом положении тока главной цепи.

– дугогасительный контакт (МЭС 441—15—08): Контакт, на котором предполагается возникновение дуги.

– контакт управления: контакт, входящий в цепь управления АВ и механически приводимый в действие этим автоматическим выключателем.

– вспомогательный контакт: контакт, входящий во вспомогательную цепь и механически приводимый в действие АВ (например, для указания положения контактов).

– расцепитель: устройство, механически связанное с автоматическим выключателем (или встроенное в него), которое освобождает удерживающее устройство в механизме автоматического выключателя и вызывает автоматическое срабатывание выключателя.

– максимальный разделитель тока: расцепитель, вызывающий срабатывание автоматического выключателя с выдержкой времени или без нее, когда ток в этом расцепителе превышает заданное значение.

– максимальный расцепитель тока прямого действия: максимальный расцепитель тока, срабатывающий непосредственно от протекающего тока в главной цепи автоматического выключателя.

– расцепитель перегрузки: максимальный расцепитель тока, предназначенный для защиты от перегрузок.

– выключатель со свободным расцеплением: автоматический выключатель, подвижные контакты которого возвращаются в разомкнутое положение и остаются в нем, когда операция автоматического размыкания начинается после начала операции замыкания, даже если сохраняется команда на замыкание.

– ожидаемый ток АВ (МЭС 441-17-01): ток, который протекал бы в цепи, если бы каждый полюс автоматического выключателя был заменен проводником с ничтожно малым сопротивлением.

– ожидаемый пиковый ток (МЭС 441-17-02): пиковое значение ожидаемого тока во время переходного периода после его возникновения.

– наибольшая включающая и отключающая способность: переменная составляющая ожидаемого тока, выраженная его действующим значением, которую АВ может включать, проводить в течение времени отключения и отключать при указанных условиях.

– ток отключения: ток в полюсе выключателя в момент возникновения дуги при отключении.

– время размыкания: время, замеренное от момента, когда в АВ, находящемся в замкнутом положении, ток в главной цепи достигает уровня срабатывания максимального расцепителя тока, до момента разъединения дугогасительных контактов во всех полюсах.

– время горения дуги в полюсе (МЭС 441-17-37): интервал между моментом появления дуги и моментом окончательного гашения дуги в этом полюсе.

– время горения дуги в многополюсном АВ: интервал между моментом первого появления дуги и моментом окончательного гашения дуг во всех полюсах.

– время отключения: интервал между началом размыкания АВ и концом времени горения дуги.

–  $\int I^2 dt$  (интеграл Джоуля): интеграл квадрата силы тока по данному интервалу времени.

– характеристика  $I^2t$  автоматического выключателя: кривая, отражающая максимальные значения  $I^2t$  как функцию ожидаемого тока в указанных условиях эксплуатации.

Все АВ можно классифицировать по основным параметрам.

1. Тока в цепи: постоянный, переменный, смешанный.

2. Количество полюсов: от одного до четырех.

3. Тип расцепителя:

– электромагнитный или электронный расцепитель максимального тока мгновенного или замедленного действия с практически независимой от тока скоростью срабатывания;

– электротермический или электронный инерционный расцепитель



максимального тока с зависимой от тока выдержкой времени;

- расцепитель тока утечки;
- расцепитель минимального напряжения;
- расцепитель обратного тока или обратной мощности;
- независимый расцепитель (для дистанционного отключения выключателя).

Первые два типа устанавливают во всех полюсах, остальные расцепители – по одному на автоматический выключатель. Токи уставки, а также выдержки времени токовых расцепителей могут быть регулируемыми. В одном АВ можно применять один или несколько типов токовых расцепителей и дополнительно к ним расцепитель минимального напряжения, независимый расцепитель и электромагнит включения.

Расцепители тока утечки устройства защитного отключения применяют для быстрого отключения участков сети, в которых из-за нарушения изоляции или прикосновения людей к проводникам возникает ток утечки на землю. При этом ток уставки расцепителя вытирают в пределах от 10 до 30 мА, а время, в зависимости от напряжения сети, в пределах от 10 до 100 мс.

Расцепители минимального напряжения применяют в целях отключения источников питания при прекращении ими питания сети, а также в целях отключения электроприемников, самозапуск которых при автоматическом восстановлении питания нежелателен или недопустим. Напряжение срабатывания расцепителя выбирают в пределах от 11,8 до 0,9  $I_{ном}$ , время срабатывания – в соответствии с требованиями систем автоматического восстановления питания сети.

Расцепители обратного тока или обратной мощности применяют для защиты генераторов, работающих на электрическую систему от выпадения из синхронизма (для синхронных генераторов).

Независимые расцепители применяют для местного дистанционного и автоматического отключения АВ при срабатывании внешних защитных устройств.

4. Тип корпуса: с креплением на рейку, стационарный.
5. Ограничение по максимальному току: наличие, отсутствие.
6. Время срабатывания: по времени срабатывания электромагнитные и аналогичные им электронные расцепители имеют четыре разновидности:

- расцепители, обеспечивающие срабатывание АВ за время, намного меньшее 0,01 с, и отключение тока КЗ раньше, чем он достигает своего ударного значения. Такие АВ называют токоограничивающими (см. рис. 1);
- расцепители, обеспечивающие отключение тока КЗ при первом прохождении тока через нулевое значение ( $I_c = 0,01$  с);
- нерегулируемые расцепители, время срабатывания которых превышает 0,01 с;
- расцепители с регулируемой выдержкой времени (0,1÷0,7с), позволяющие добиться замедленной работы относительно других щитков той же сети; их называют селективными.

Автоматические выключатели могут иметь следующие защитные характеристики (рис. 1):

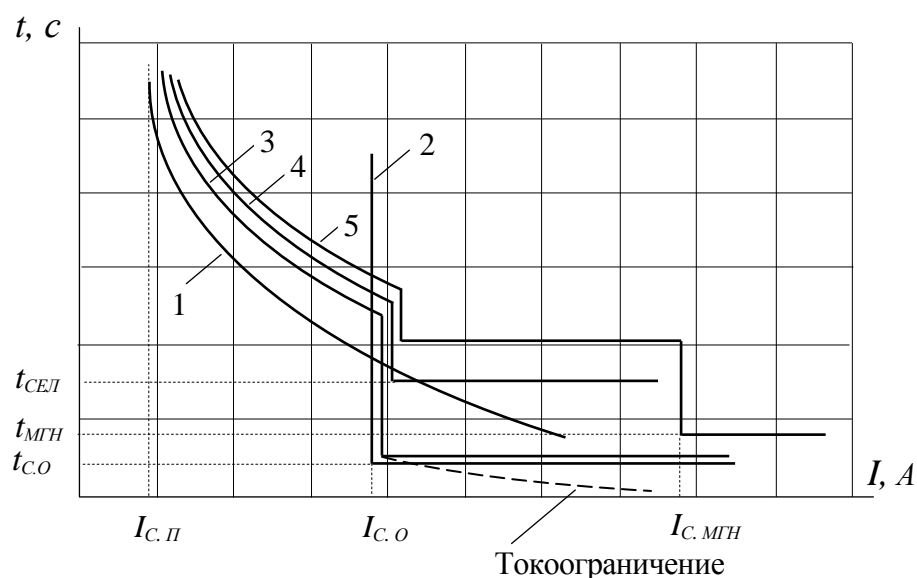


Рис. 1 Защитные характеристики автоматических выключателей

- зависимую от тока характеристику времени срабатывания (тепловой расцепитель) (кривая 1);
- независимую от тока характеристику времени срабатывания (электромагнитный расцепитель) (кривая 2);
- ограниченно зависимую от тока двухступенчатую характеристику времени срабатывания (комбинированный расцепитель) без выдержки времени (кривая 3) или с выдержкой времени (кривая 4). Эти АВ называют селективными.

Селективные АВ могут иметь и трехступенчатую защитную характеристику (кривая 5); зона мгновенного срабатывания предназначена

для уменьшения длительности воздействия токов при близких КЗ.

Автоматические выключатели, имеющие ограниченно зависимую от тока двухступенчатую характеристику времени срабатывания без выдержки времени (рис. 1, кривая 3), разделяются на типы и обозначаются буквами А, В, С, D, К, Z, МА.

Тип А. Применение таких АВ рекомендовано в случае нагрузки в виде полупроводниковых приборов и в электроустановках с повышенной протяженностью электрической сети.

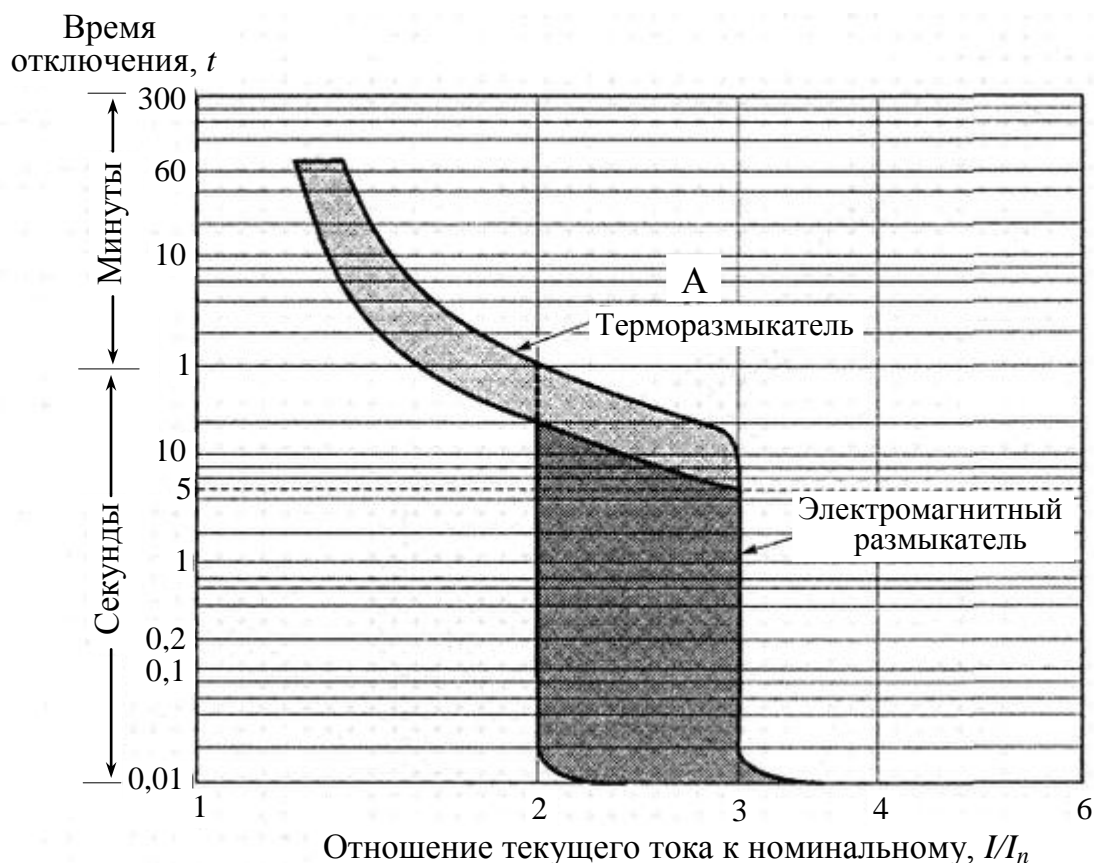


Рис. 2 Время токовая характеристика автоматического выключателя тип А

Верхняя часть графика (рис. 2) показывает зависимость времени отключения теплового расцепителя (биметаллической пластины) от тока перегрузки. Нижняя заштрихованная область графика показывает скорость срабатывания при коротком замыкании.

Весьма широкая зона значений на графике (рис.2) обусловлена сильным разбросом параметров АВ от температуры как от внешней, так и от внутренней.

Внутренний нагрев обусловлен проходящим через АВ электрическим током, который достигает кратных значений в аварийных режимах.

Тип В. Применение таких АВ рекомендовано при электромонтажных работах в случае нагрузки в виде бытовых осветительных приборов и для защиты цепей с небольшой величиной кратности токов запуска.

Электромагнитный расцепитель реагирует на 3÷5 кратное превышение номинального тока на переменном токе (зона АС) и 3÷7,5 с половиной кратное на постоянном токе (зона DC).

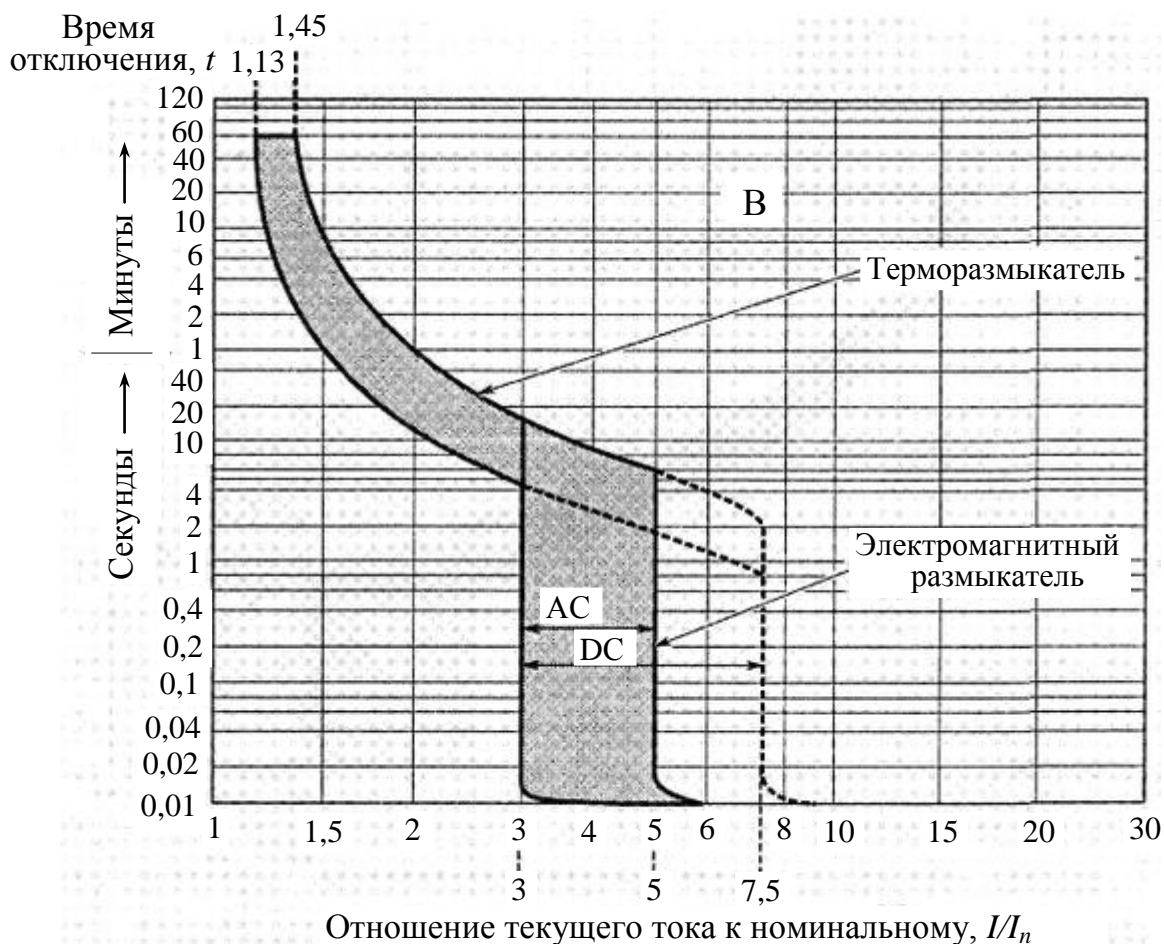


Рис. 3 Время токовая характеристика автоматического выключателя тип В

Разделение на зоны АС и DC обусловлено большим нагревом автоматического выключателя на постоянном токе, чем на переменном.

Тип С. Автоматические выключатели с время токовой характеристикой типа "С" (рис. 4) применяются для защиты осветительных электрических сетей и электродвигателей с не очень большими пусковыми токами.

Электромагнитный расцепитель реагирует на 5÷10 – кратное превышение номинального тока на переменном токе (зона АС) и 5÷15 – кратное на постоянном токе (зона DC).

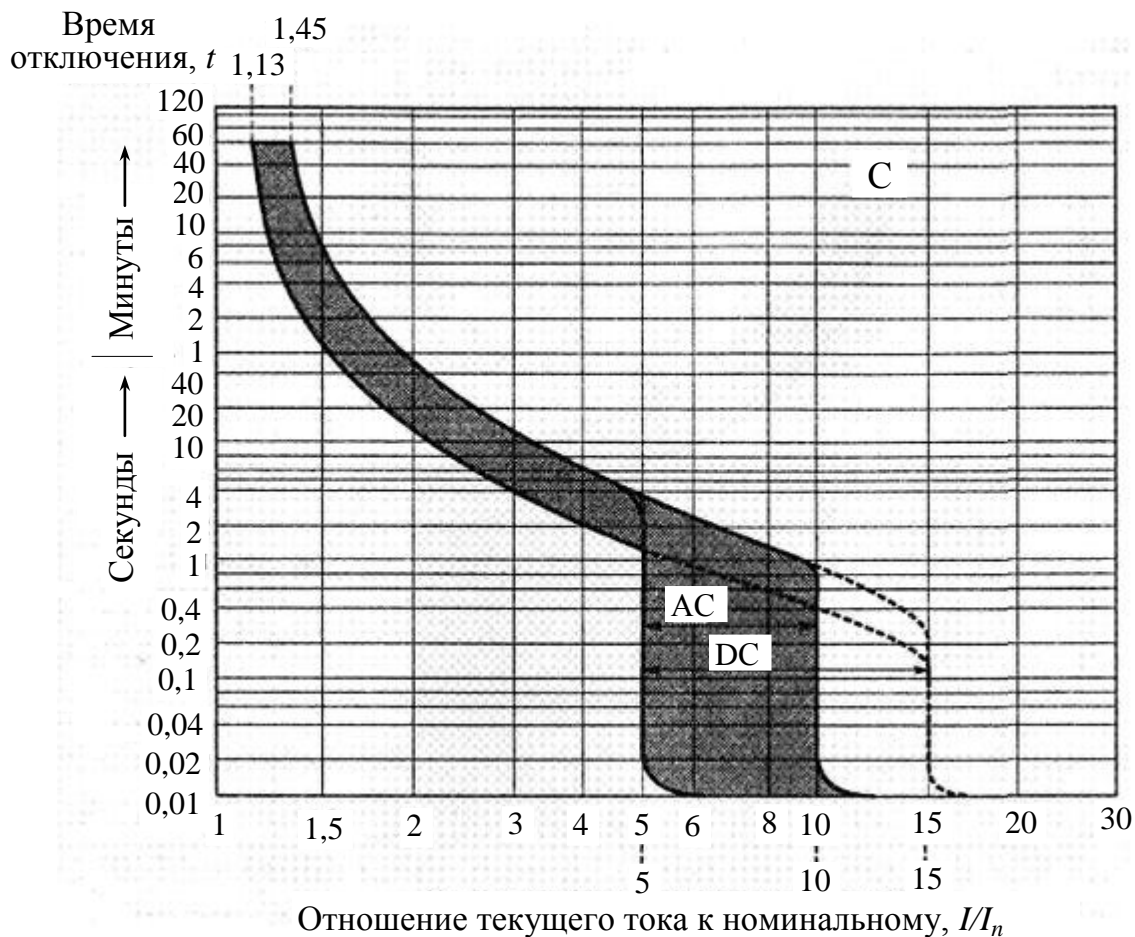


Рис. 4 Время токовая характеристика автоматического выключателя тип С

Тип D. Автоматические выключатели с время токовой характеристикой типа "D" (рис. 5) применяются для защиты активно-индуктивных электрических цепей и двигателей с тяжелым пуском (например, транспортер на ферме, убирающий навоз).

Электромагнитный расцепитель реагирует на  $10 \div 20$  – кратное превышение номинального тока на переменном токе (зона AC) и  $10 \div 30$  – кратное на постоянном токе (зона DC).

Тип K. Автоматические выключатели с время токовой характеристикой типа "K" (рис. 6) применяются для защиты индуктивной нагрузки (электродвигатели, трансформаторы и т. п.).

Электромагнитный расцепитель реагирует на  $8 \div 12$  – кратное превышение номинального тока на переменном токе (зона AC) и  $8 \div 18$  – кратное на постоянном токе (зона DC).

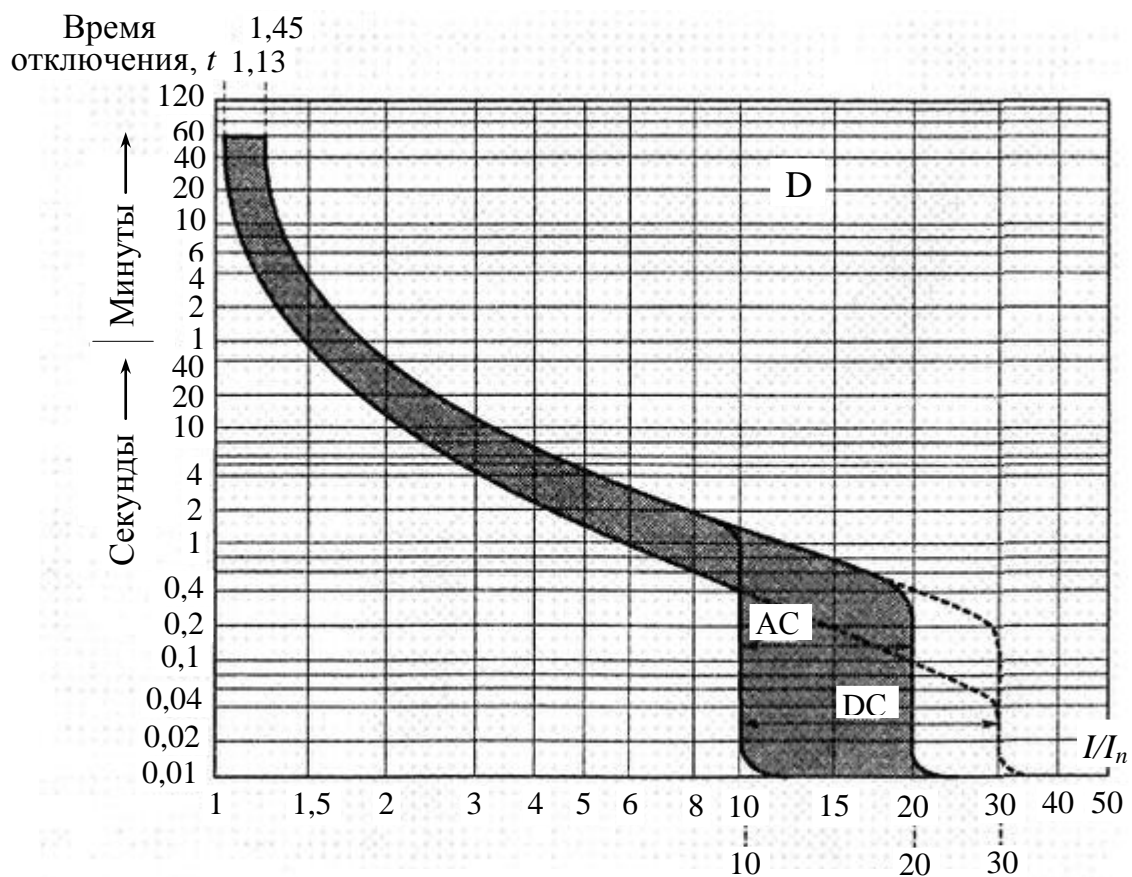


Рис. 5 Время токовая характеристика автоматического выключателя тип D

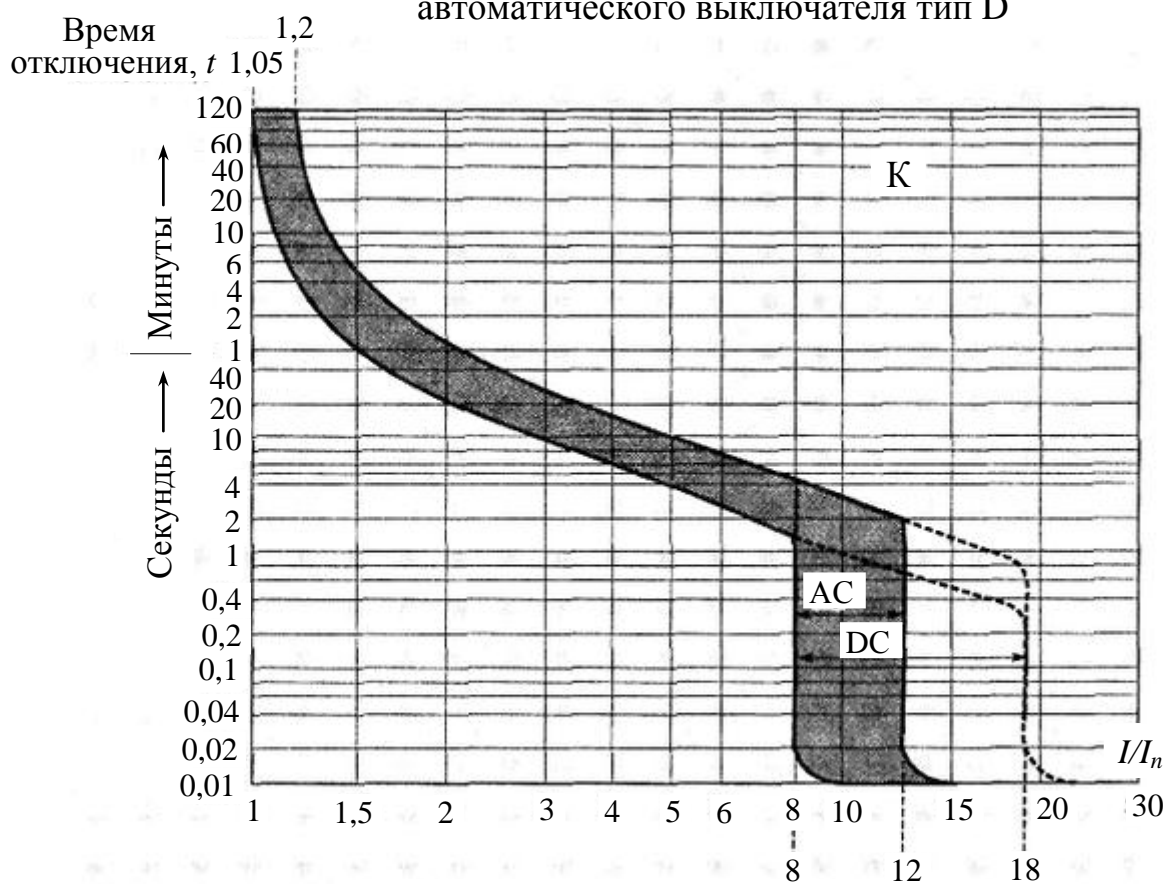


Рис. 6 Время токовая характеристика автоматического выключателя тип K

Тип Z. Автоматические выключатели с время токовой характеристикой типа "Z" (рис. 7) так же, как и с характеристикой типа "А" применяются для защиты электронных (полупроводниковых) нагрузок.

Электромагнитный расцепитель реагирует на  $2\div 3$  – кратное превышение номинального тока на переменном токе (зона АС) и  $3\div 4,5$  – кратное на постоянном токе (зона DC).

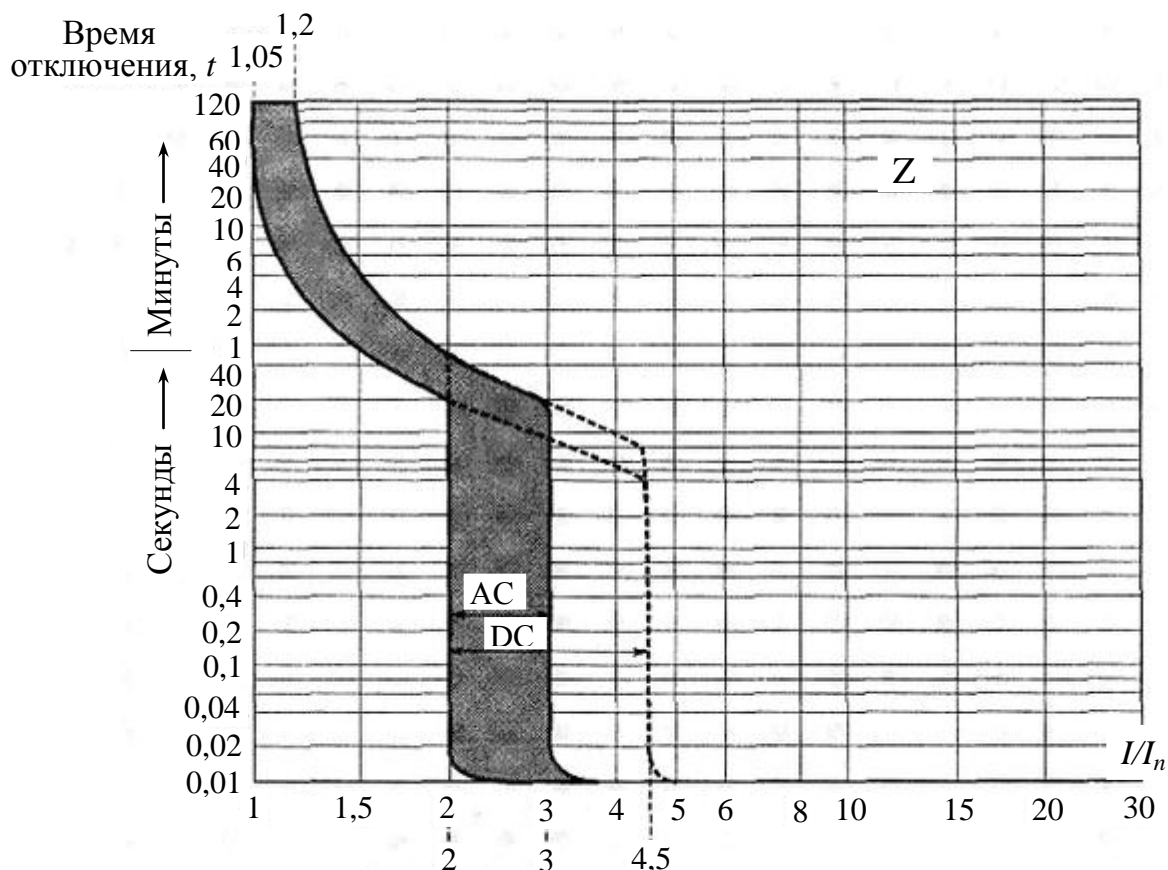


Рис. 7 Время токовая характеристика автоматического выключателя тип Z

Тип МА. Автоматические выключатели с время токовой характеристикой типа "МА" так же, как и с характеристикой типа "К" применяются в цепях питания электродвигателей, но оборудованы только электромагнитным элементом защиты.

Независимо от назначения и быстродействия автоматических выключателей в их состав входят следующие основные элементы:

- главная контактная система (главные контакты);
- дугогасящая система;
- привод;
- расцепляющее устройство;
- расцепители;

– вспомогательные контакты.

Главная контактная система – важнейший элемент АВ, определяющий его основные параметры. Она должна: обеспечивать, не перегреваясь и не окисляясь, продолжительный режим работы при номинальном токе; быть способной, не повреждаясь, включать и отключать большие токи короткого замыкания.

В связи с этим в АВ на средние и большие токи с высокой отключающей способностью применяются многоступенчатые контактные системы, состоящие, например, из основных и дугогасящих контактов.

Дугогасящая система должна обеспечивать отключение больших токов короткого замыкания в ограниченном объеме. Под воздействием возникающих электродинамических сил дуга быстро растягивается и гаснет, но ее пламя занимает очень большое пространство. Задача дугогасящего устройства заключается в том, чтобы ограничить размеры дуги и обеспечить ее гашение в малом объеме. В связи с этим широкое распространение получили камеры с дугогасящими решетками и камеры с узкими щелями. В современных конструкциях все большее применение находят пламягасящие решетки, что приводит к образованию таких комбинированных устройств, как камера с дугогасящей решеткой плюс пламягасящая решетка, камера с дугогасящей решеткой в узкой щели плюс пламягасящая решетка и т. п.

Привод служит для включения АВ по чей-либо команде (оператора, системы автоматического управления и др.). Автоматические выключатели бывают с ручным или двигательным приводом либо и с тем, и с другим. Под двигательным понимают привод, в котором используется сила, создаваемая любым источником энергии (электромагнитом, электродвигателем, пневматической, гидравлической системами и т.д.), кроме мускульной силы оператора. Отключение выключателя осуществляется пружинами после разъединения расцепляющего устройства.

Расцепляющее устройство предназначено: для исключения возможности удерживать контакты АВ во включенном положении рукояткой (дистанционным приводом) при наличии ненормального режима работы в защищаемой цепи; обеспечения моментного отключения, т.е. скорости расхождения контактов, не зависящей от оператора, рода и массы привода.



Расцепляющее устройство представляет собой систему шарнирно связанных рычагов, соединяющих привод включения с системой подвижных контактов, которые соединены с отключающей пружиной.

Выключатель в зависимости от типа и конструкции имеет дополнительные сборочные единицы, которые встраиваются в выключатель или крепятся на нём снаружи. Ими могут быть независимый расцепитель, нулевой или минимальный расцепители напряжения, свободные или вспомогательные контакты, ручной, электромагнитный или электродвигательный привод, сигнализация автоматического отключения (контакты состояния), устройство для запираания выключателя в положении «Отключено».

Автоматические выключатели производятся многими европейскими, российскими, японскими и китайскими компаниями. Среди основных марок европейских производителей можно выделить ABB, Siemens, Schneider Electric, Legrand, Moeller и Hager. Среди российских производителей можно отметить ОАО «Дивногорский завод низковольтной аппаратуры», ОАО «ЧЭАЗ» – г. Чебоксары, ОАО «Электроаппарат» – г. Курск, ОАО «Контактор» – г. Ульяновск.

Автоматические выключатели от компаний «Schneider Electric», «ABB» и «Legrand» являются самыми качественными устройствами такого типа. В их пользу также говорит широкий диапазон номинальных токов, а также высокая механическая и электрическая коммутирующая способность.

Автоматические выключатели от компаний российских производителей, как правило, уступают в технических характеристиках их зарубежным аналогам. Такие устройства характеризуются низкой степенью электрической и механической износостойкости, что делает их не столь долговечными.

Автоматические выключатели Schneider Electric Multi 9 (Acti 9) для сетей низкого напряжения на токи 0,25 ... 125 А предназначены для:

- коммутации и защиты цепей от перегрузок и коротких замыканий в административных, промышленных и жилых зданиях;
- защиты кабелей и пусковых устройств двигателей от коротких замыканий;
- защиты двигателей от коротких замыканий:

– управления и защиты цепей с глухозаземленной нейтралью (ТТ) или с заземленной нейтралью у источника питания (ТNS) от перегрузок и коротких замыканий в жилых, общественных и сельскохозяйственных сооружениях;

– защиты цепей постоянного тока от короткого замыкания и перегрузки, а также для управления и секционирования.

Рекомендации по выбору автоматических выключателей Multi 9 приведены в табл. 1.

Таблица 1

Назначение	Номинальный ток, А	Напряжение, В	Тип	Кривые	Ток отключения, кА
Коммутация и защита цепей от перегрузок и коротких замыканий в административных, промышленных и жилых зданиях	2 ... 40	230 ... 400	C60a	B/C	4,5
	0,5 ... 63	230 ... 400	C60N	B/C/D	4,5 ... 6
			C60H	B/C/D	4,5 ... 10
	0,5 ... 63	230 ... 400	C60L	B/C/Z/K	4,5 ... 15
			0,5 ... 63	240 ... 415	C120H
	10 ... 125	230 ... 400			C120N
63 ... 125	230 ... 400				
Защита кабелей и пусковых устройств двигателей от коротких замыканий	1,6 ... 40	230 ... 440	C60LMA	MA	4,5 ... 25
Защита двигателей от коротких замыканий	4 ... 80	500	NG125LMA	MA	4,5 ... 50
Коммутация и защита цепей от перегрузок и коротких замыканий в зданиях с повышенной отключающей способностью	10 ... 125	500	NG125N	B/C/D	4,5 ... 25
	10 ... 80	500	NG125H	B/C/D	4,5 ... 36
	10 ... 80	500	NG125L	B/C/D	4,5 ... 50
Управление и защита цепей с заземленной нейтралью у источника питания (ТNS) от перегрузок и коротких замыканий в жилых, общественных и с/х сооружениях	1 ... 40	230	DPN N	B/C	6

В зависимости от назначения и условий применения АВ Multi 9 комплектуются различного типа вспомогательными электрическими устройствами. Вспомогательные электрические устройства позволяют осуществлять дистанционное отключение и сигнализацию состояния АВ С60, С120 и DPN N. Они монтируются с левой стороны от АВ (рис. 8).



Рис. 8 Вспомогательные электрические устройства для С60, С120 и DPN N

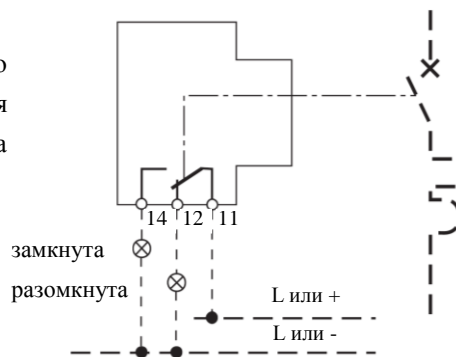
**OF – Вспомогательный контакт**

*Присоединение* : Согласно приведенной схеме.

*Применение*: Звуковая или световая сигнализация цепи по принципу "разомкнута" или "замкнута". Данный вид оповещения может быть выведен на лицевую панель распределительного щита, а также на центральный пульт управления.

Может применяться в сочетании с контактом SD.

*Примечание*: – имеется возможность тестирования контакта при помощи ручки на передней панели при отключенном автоматическом выключателе.



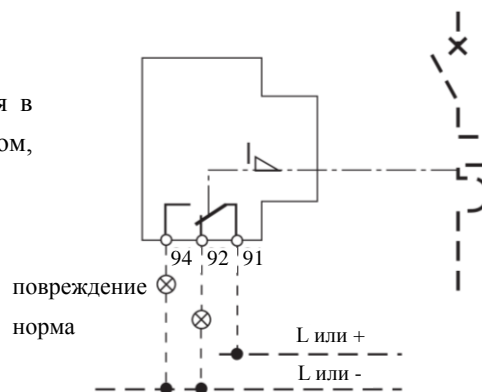
**SD – Вспомогательный контакт  
сигнализации повреждения**

*Присоединение* : Согласно приведенной схеме.

*Применение*: Звуковая или световая сигнализация повреждения в электрической цепи управления кондиционером, лифтом, вентиляционной системой и т.д.

Может применяться в сочетании с контактом OF.

*Примечание*: – сигнализация на лицевой панели о состоянии контакта (красный механический индикатор) и функция "квитирование повреждения";  
– возможность тестирования контакта нажатием кнопки "тест" (расположена над клеммами со стороны ввода) при отключенном автоматическом выключателе.



OF+SD/OF – двойной блок-контакт сигнализирует состояние выключателя + дополнительный контакт, сигнализирующий о состоянии АВ или его отключении при аварии.

**MN/MN[S]** – Расцепитель минимального напряжения

*Присоединение* : Согласно приведенной схеме.

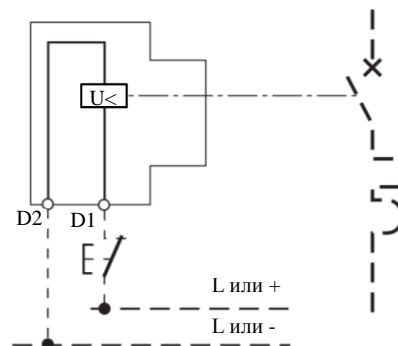
*Применение*: Размыкание электрических цепей посредством расцепления автоматического выключателя в случае: аварийного отключения; исчезновения напряжения.

В обоих случаях исключается самопроизвольное повторное включение, что, в свою очередь, обеспечивает полную безопасность когда: имеется вероятность самопроизвольного повторного включения машины или оборудования; необходимо контролировать повторный пуск оборудования вследствие исчезновения напряжения.

*Примечание*: – сигнализация расцепления на передней панели посредством красного механического индикатора.

– MN (расцепитель мгновенного действия) – при падении напряжения сети до 35÷70 % происходит отключение автоматического выключателя и его блокировка до восстановления номинального напряжения.

– MN[S] (расцепитель с выдержкой времени 0,2 с) – при необходимости может управляться кнопкой.



**MX** – Независимый расцепитель

*Присоединение* : Согласно приведенной схеме.

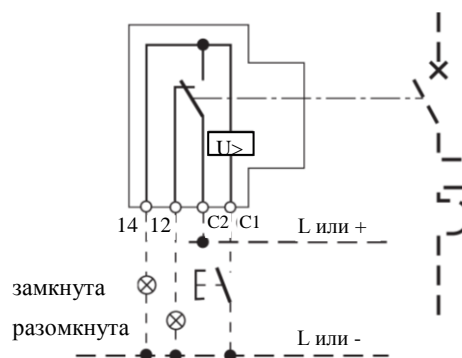
*Применение*: Дистанционное размыкание электрической цепи, посредством отключения автоматического выключателя.

*Примечание*: – сигнализация расцепления на передней панели посредством красного механического индикатора.

– автоматический выключатель может иметь контакт OF для сигнализации состояния "включено" и "отключено".

– клеммы 12 и 14 позволяют осуществлять сигнализацию в зависимости от состояния вспомогательного контакта OF, находящегося под напряжением, равным напряжению на катушке.

– автоматический выключатель может иметь блок-контакт SD для сигнализации повреждения.



Блоки Тm мотор-редукторы для АВ обеспечивают:

– дистанционное управление АВ (с блоком Vigi или без него) при помощи фиксированной команды;

– возврат автоматического выключателя в исходное положение после отключения, при соблюдении принципов безопасности и действующих правил, посредством рукоятки, с адаптацией других вспомогательных устройств АВ.

Вспомогательные устройства, устанавливаемые на мотор-редуктор простым защелкиванием, обеспечивают:

- мгновенное отключение или отключение с выдержкой времени при минимальном напряжении: MN, MN $\square$ ;
- мгновенное отключение при подаче тока: MX+OF;
- сигнализация отключения при повреждении: SD;
- сигнализация отключенного или включенного положения АВ: OF;
- автоматическое повторное включение после срабатывания защиты на неустойчивое повреждение: АТm, АТm3 или АТm7.

### Тm – Мотор-редуктор (1-2P, 3-4P)

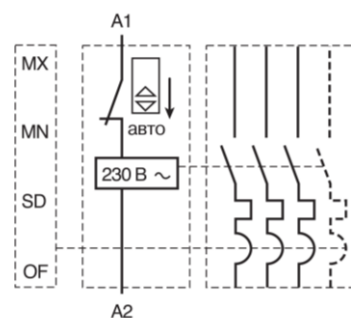
*Присоединение* : Согласно приведенной схеме.

*Применение*: Двигатели с невысокой частотой включения, системы отопления, освещения на лампах накаливания или галогенных лампах.

*Примечание*: – отключающий выключатель, расположенный на передней панели, позволяет: дезактивировать дистанционное управление; блокировать управляемый АВ в отключенном положении при помощи навесного замка.

– повторное включение после повреждения возможно: дистанционно при возврате в исходное положение путем размыкания цепи управления на время, превышающее 1,5 с; в ручном режиме, после поиска и устранения повреждения.

– блок-контакт SD, последовательно включенный в линию управления блока Тm, предотвращает автоматическое или дистанционное повторное включение после повреждения.



Тm (3-4P)



Мотор-редуктор может оснащаться автоматическим устройством АТm, АТm3 или АТm7 (рис. 9), позволяющим реализовать функцию повторного включения после срабатывания защиты на неустойчивое повреждение, в соответствии с заданными параметрами (количество попыток повторного включения в течение данного периода времени и выдержка времени на повторное включение).

Рекомендации по выбору автоматических устройств АТm, АТm3 и АТm7 приведены в табл. 2.

Таблица 2

Тип автоматического устройства повторного включения	АТm	АТm3	АТm7
Количество отходящих линий	1	3	7
Недифференцированное повторное включение после общего электрического повреждения	×	×	×
Повторное включение, дифференцированное в зависимости от характера повреждения: магнитотермическое или изоляции (реле RH)	-	×	×

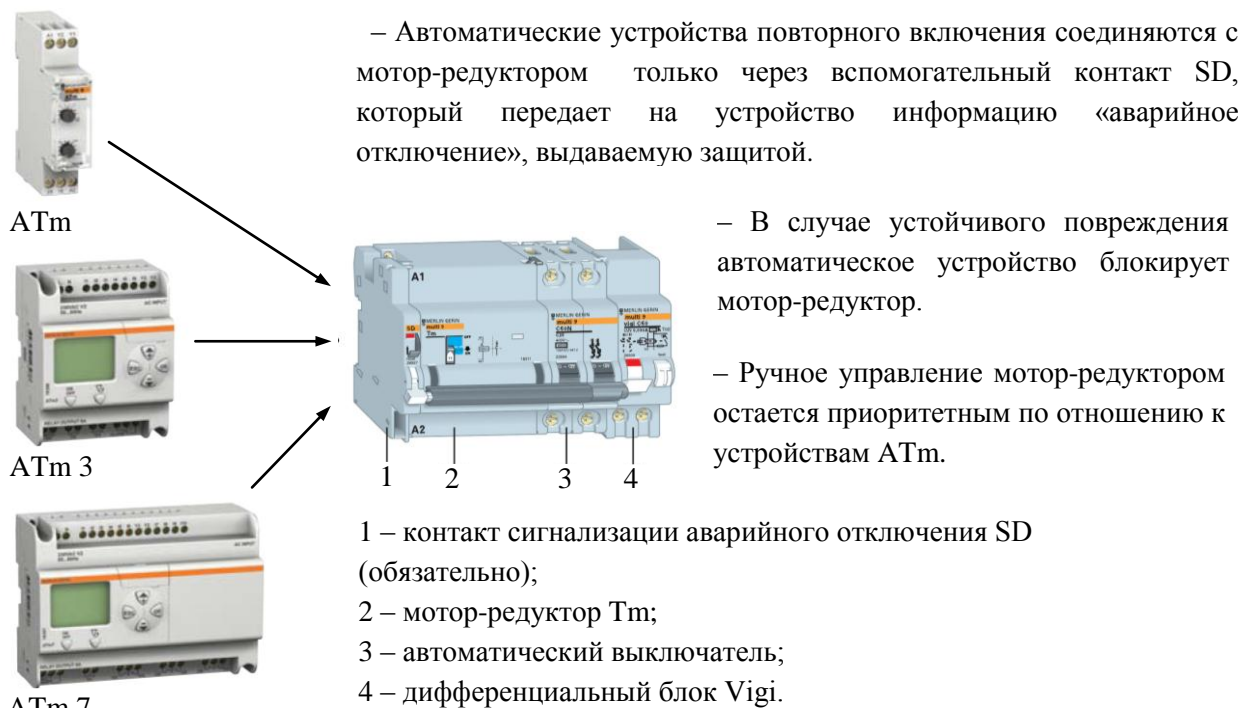


Рис. 9 Комбинация автоматических устройств повторного включения для мотор-редукторов Tm, Tm C120.

Автоматические устройства (рис. 9) применяется в системах питания электроустановок, которые функционируют без постоянного присутствия персонала, располагаются изолированно, имеют затрудненный доступ и требуют очень высокий уровень бесперебойности работы (насосные станции, транспортные системы, станции сотовой связи и т.д.).

Автоматическое устройство ATm на 1 отходящую линию срабатывает при общем электрическом повреждении (SD). На передней панели устройства (рис. 10), закрываемой прозрачной пломбируемой крышкой, расположены:

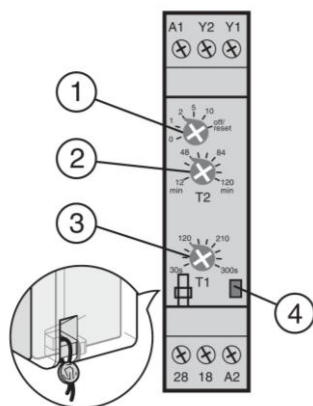


Рис. 10 Передняя панель автоматического устройства ATm.

Автоматическое устройство также имеет:

Y1 – вход для сигнала аварийного отключения автоматического выключателя (SD);

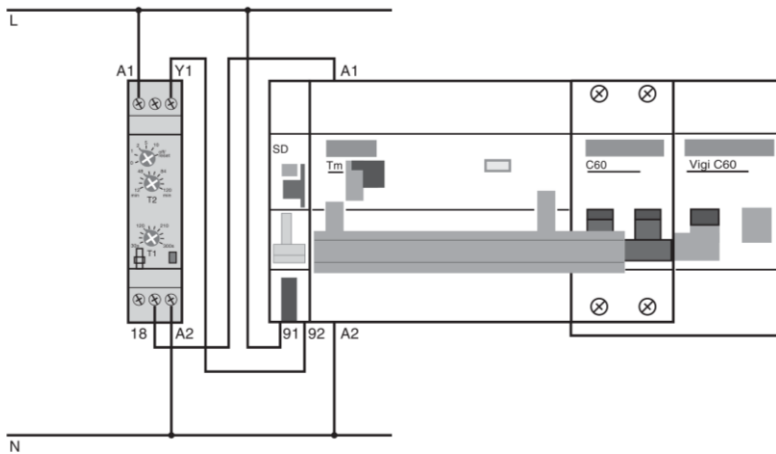
Y2 – вход для дистанционного запрета срабатывания автоматического устройства, к которому присоединяется выключатель или дверной контакт, что обеспечивает безопасность эксплуатации (индикатор V1 рис. 11);

28 – выходной контакт для дистанционной сигнализации блокировки автоматического устройства (индикатор V2 рис. 11);

18 – выходной контакт для подключения мотор-редуктора Tm;

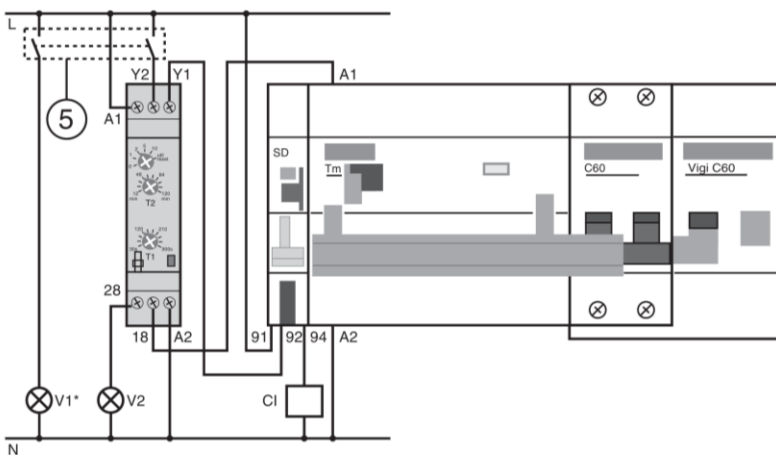
A1-A2 – 230 В переменного тока, 50...60 Гц.

а)



- Вспомогательный контакт SD используется обязательно.
- Ручное управление мотор-редуктором Tm остается приоритетным по отношению к устройству ATm.

б)



- «5» - команда от внешнего контакта на запрет работы ATm.
- Вспомогательный контакт SD используется обязательно.
- Ручное управление мотор-редуктором Tm остается приоритетным по отношению к устройству ATm.

Рис. 11 Схема присоединения автоматического устройства ATm:  
а – стандартное присоединение; б – присоединение с дистанционной сигнализацией посредством индикаторов (V1 и V2) и импульсного счетчика (C1).

## Принцип действия АТм

Нормальный режим работы: автоматический выключатель (рис. 9, поз. 3) включен; переключатель «1» (рис. 10, поз. 1) в положении 2 (разрешено выполнить 2 повторных включения); выходные контакты 18 и 28 устройства АТм (рис. 11 а, б) находятся, соответственно, под напряжением 230 В и 0 В (рис. 12 а, б); фазное напряжение, подаваемое через клемму 92 вспомогательного контакта SD (рис. 11, а, б) на вход Y1 устройство АТм (рис. 11, а, б) сигнализирует о нормальном режиме работы автоматического выключателя (состояние логической "1" на входе Y1, рис. 12):

- при 1-м повреждении (рис. 12 а, поз. 1): выполняется аварийное отключение (состояние логического "0" на входе Y1 и нулевое значение напряжения на выходном контакте 18), после выдержки времени T1 устройство АТм управляет повторным включением мотор-редуктора Тм;

- при 2-м повреждении до окончания периода времени T2 (рис. 12 а, поз.2): выполняется аварийное отключение (состояние логического "0" на входе Y1 и нулевое значение напряжения на выходном контакте 18), после выдержки времени T1 устройство АТм управляет повторным включением мотор-редуктора Тм.

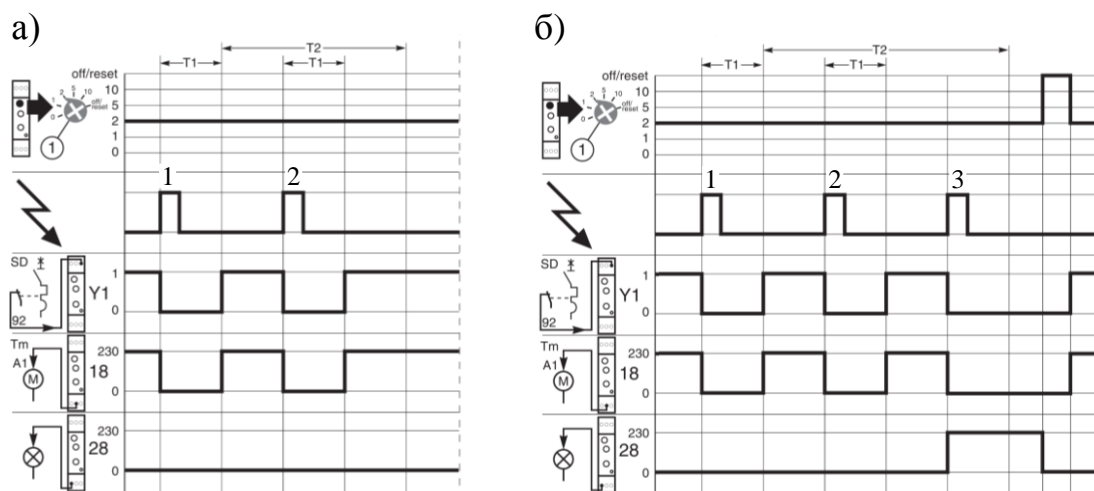


Рис. 12 Циклограмма работы автоматического устройства АТм при неустойчивом повреждении.

Те же настройки, что и в предыдущем примере (нормальный режим работы), если новое повреждение появляется до окончания периода времени T2 (рис. 12 б, поз. 3):

- при 1-м повреждении (рис. 12 б, поз. 1): выполняется аварийное отключение (состояние логического "0" на входе Y1 и нулевое значение



напряжения на выходном контакте 18), после выдержки времени  $T_1$  устройство АТм управляет повторным включением мотор-редуктора Тм;

- при 2-м повреждении до окончания периода времени  $T_2$  (рис. 12 б, поз. 2): выполняется аварийное отключение, после выдержки времени  $T_1$  устройство АТм управляет повторным включением мотор-редуктора Тм;

- при 3-м повреждении до окончания периода времени  $T_2$  (рис. 12 б, поз. 3): выполняется аварийное отключение и автоматическое устройство повторного включения блокируется, так как переключатель «1» в положении 2 (разрешено выполнить 2 повторных включения);

- для разблокирования необходимо установить переключатель «1» (рис. 10, поз. 1) в положение «reset» (возврат в исходное положение), и после этого переместить его в положение, соответствующее требуемому количеству разрешённых повторных включений.

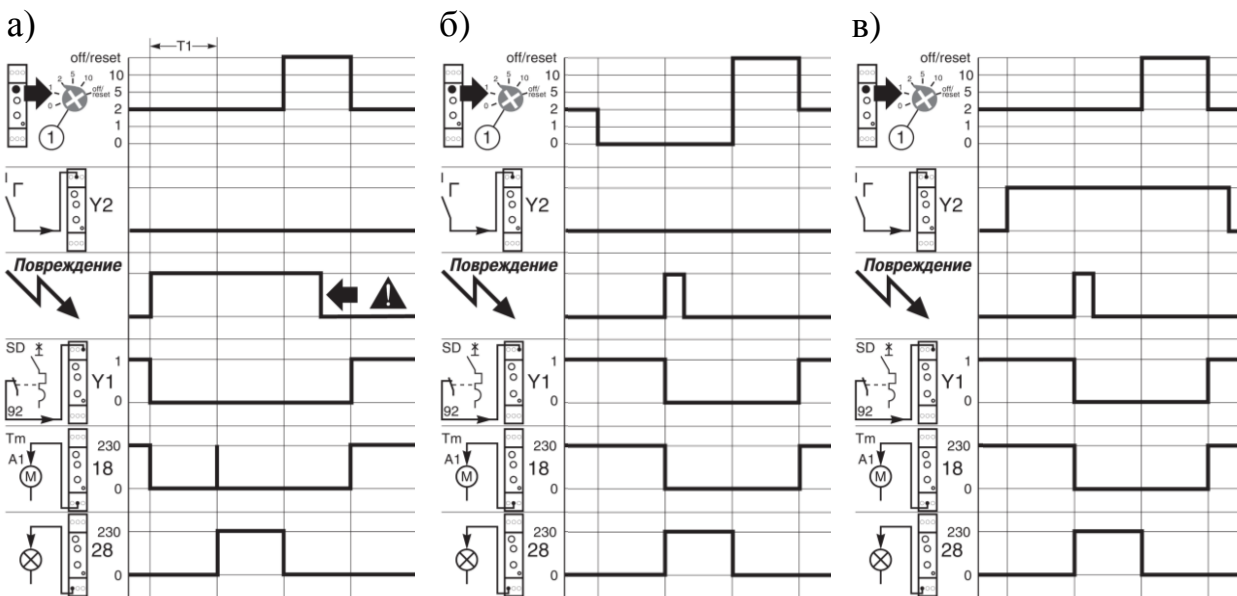


Рис. 13 Циклограмма работы автоматического устройства АТм при устойчивом повреждении.

Устойчивое повреждение (рис. 13, а): при устойчивом повреждении блокировка осуществляется немедленно:

- **▲** : предупреждение: перед выполнением возврата в исходное положение при помощи переключателя «1», необходимо убедиться в устранении повреждения;

- для разблокирования необходимо установить переключатель «1» в положение «reset», и после этого переместить его в положение,

соответствующее требуемому количеству разрешённых повторных включений.

Для введения запрета посредством АТm (рис. 13, б) следует установить переключателя «1» в положение 0:

- автоматический выключатель включен вплоть до 1-го повреждения;
- при 1-м повреждении: выполняется аварийное отключение блокировка автоматическим устройством;
- для разблокирования необходимо установить переключатель «1» в положение «reset» (возврат в исходное положение), и после этого переместить его в положение, соответствующее требуемому количеству разрешённых повторных включений.

Для введения запрета посредством внешнего контакта Y2 (рис. 13, в) (если он присоединён) следует включить 2-полюсный автоматический выключатель нагрузки (рис. 9, поз. 3):

- автоматический выключатель включен вплоть до 1-го повреждения;
- при 1-м повреждении: выполняется аварийное отключение блокировка автоматическим устройством;
- для разблокирования необходимо установить переключатель «1» в положение «reset» (возврат в исходное положение), и после этого переместить его в положение, соответствующее требуемому количеству разрешённых повторных включений.

От компаний российских производителей наибольшее распространение получили следующие типы АВ, применяемые в сельскохозяйственных установках: АП50, АК50, А63, АЕ1000, АЕ2000, А3100, А3700 и ВА.

Необходимо отметить, что АВ серии ВА (торговая марка ИЕК – производитель ИНТЕРЭЛЕКТРОКОМПЛЕКТ) на номинальные токи от 25 до 400 А предназначены для замены автоматических выключателей АЕ2000, А3100, А3700 и "Электрон", а их габариты и вес на 10÷20% меньше аналогичных выключателей других отечественных производителей.

Автоматические выключатели ВА88 предназначены для проведения тока в нормальном режиме и отключения тока при коротких замыканиях, перегрузке, недопустимых снижениях напряжения, а также для оперативных включений и отключений участков электрических цепей и рассчитаны для эксплуатации в электроустановках с номинальным рабочим напряжением до

400 В частотой 50 Гц. Серийный ряд состоит из 6 габаритов (типоразмеров) на номинальные токи от 12,5 до 1600 А и отключающей способностью от 12,5 до 50 кА.

Стандартная комплектация каждого автоматического выключателя состоит из переходных шин или кабельных наконечников, межфазных перегородок, комплекта винтов и гаек для подсоединения проводников, комплекта винтов для крепления автоматического выключателя к монтажной панели.

Структура обозначения выключателя

ВА-88 –XX1 –XX2 –XX3 –XX4 –X5 –X6 –X7:

– XX1: Обозначение серии.

– XX2: Условное обозначение максимального номинального тока: 32 – 125 А; 33 – 160 А; 35 – 250 А; 37 – 400 А; 40 – 800 А; 43 – 1600 А.

– XX3: Число полюсов: 3, 3+N, 4.

– XX4: Способ установки и монтажа проводников: СП – стационарный передним присоединением; СЗ – стационарный с задним присоединением; ВП – втычной с передним присоединением; ВЗ – втычной с задним присоединением; КП – выдвижной с передним присоединением; КЗ – выдвижной с задним присоединением.

– X5: Привод управления: Р – ручной; П – ручной поворотный; Д – электропривод.

– X6: Дополнительные расцепители: О – отсутствуют; Н – независимый расцепитель; М – минимальный расцепитель.

– X7: Вспомогательные контакты: О – отсутствуют; С – аварийные; В – дополнительные; К – аварийные и дополнительные.

Автоматический выключатель ВА88 выполнен в виде моноблока (рис. 14, а) и состоит из основания и крышки с фальшпанелью, в которой имеется окно для рукоятки управления и толкатель кнопки «Тест» проверки механизма отключения выключателя. Основание является несущей конструкцией для присоединительных (винтовых) зажимов (рис. 14 а, поз. 1), неподвижных силовых контактов (рис. 14 а, поз. 2) с системой дугогашения (рис. 14 а, поз. 3), механизма управления с системой подвижных контактов (рис. 14 а, поз. 4), блока защиты от сверхтоков. Основание выполнено из терморезистивного пластика (рис. 14 а, поз. 5), способного выдерживать высокие температуры и сильные электродинамические воздействия,

возникающие в выключателе при протекании и отключении сверхтоков. Крышка закрывает все подвижные элементы механизма управления и внутренние токоведущие части.

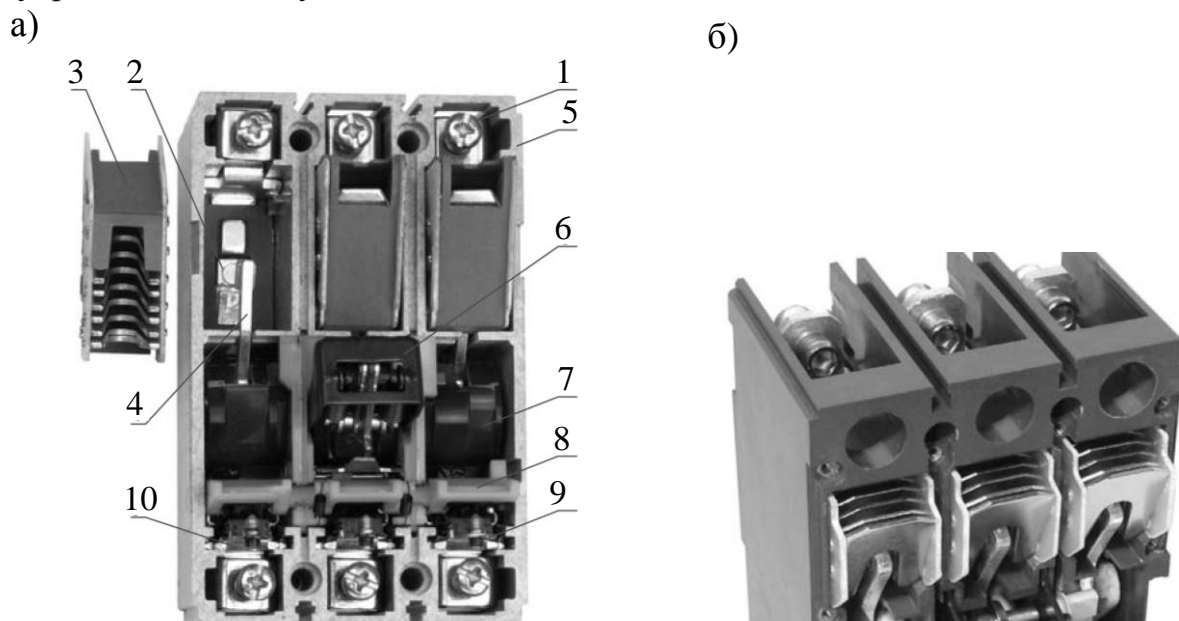


Рис. 14 Внутреннее устройство (а) выключателя ВА88 и дугогасительной камеры (б) в исполнении ВА88 -35:

1 – винтовые зажимы; 2 – неподвижные силовые контакты; 3 – блок системы дугогашения; 4 – подвижные силовые контакты; 5 – корпус из термостойкой АБС- пластмассы; 6 – механизм взвода; 7 – изолирующая рейка; 8 – плоская рейка; 9 – регулировочные винты теплового расцепителя; 10 – узел теплового и электромагнитного расцепителя.

Механизм управления (взвода) выключателя (рис. 14 а, поз. 6) построен на принципе переламывающегося рычага и снабжен мощной возвратной пружиной. При взведении рукоятки механизма управления приводится в движение изолирующая рейка (рис. 14 а, поз. 7), на которой закреплены подпружиненные подвижные силовые контакты с гибкими соединениями. Рейка поворачивается в боковых направляющих, обеспечивая не только замыкание подвижных и неподвижных силовых контактов, но и необходимые провалы для увеличения и выравнивания давления на подвижные контакты. Действие возвратной пружины блокируется элементами переламывающегося рычага, находящимися в этот момент на одной прямой линии и опирающимися одним коленом на выступ поворотного элемента «сброса» механизма управления. Сброс механизма управления осуществляется посредством плоской рейки (рис. 14 а, поз. 8), на которую воздействуют через регулировочные винты (рис. 14 а, поз. 9)

толкатели биметаллических пластин тепловых расцепителей и электромагнитов защиты (рис. 14 а, поз. 10) от коротких замыканий.

Система дугогашения выключателей в исполнениях ВА88- 32, 33 состоит из дугогасительных решеток со стальными никелированными вкладышами; в исполнении ВА88- 35 и выше применены дополнительные распылители дуги в виде толстых перфорированных стальных пластин (рис. 14, б), вставленных в крышку. Все автоматические выключатели ограничивают ток короткого замыкания. Увеличенная скорость разрыва контактов, динамическое действие магнитного поля и структура дугогасящей камеры способствуют гашению дуги в кратчайшее возможное время, ограничивая величину интеграла Джоуля и пик тока.

Подвижные контакты находятся в состоянии покоя только в замкнутом или разомкнутом положении, даже когда органы управления находятся в промежуточном положении. Действие механизма не зависит от давления на рукоятку и скорости включения. Рукоятка АВ имеет три положения (включено, отключено и промежуточное после срабатывания от расцепителей). Для включения после срабатывания необходимо рукоятку перевести из промежуточного положения в положение «Откл», а затем – «Вкл».

Проверка и профилактические работы могут быть проведены в выключенном состоянии без отсоединения подводящих проводников. Доступ к дугогасящим камерам, подвижным и неподвижным контактам обеспечивается после снятия крышки АВ, что ускоряет и облегчает обслуживание.

Автоматические выключатели серии ВА88 оснащены в зависимости от модели тепловым и электромагнитным или электронным расцепителями. Тепловой и электромагнитный расцепитель предназначен для защиты от перегрузок и токов короткого замыкания соответственно. Защита от перегрузки обеспечивается с помощью биметаллического теплового элемента с возможностью регулировки для ВА88- 35, 37, 40. Защита от короткого замыкания обеспечивается с помощью электромагнитного элемента. Уставка электромагнитного расцепителя имеет фиксированный порог срабатывания. Время токовые характеристики теплового и электромагнитного расцепителей приведены на рис. 15. Температура настройки расцепителей 40 °С.

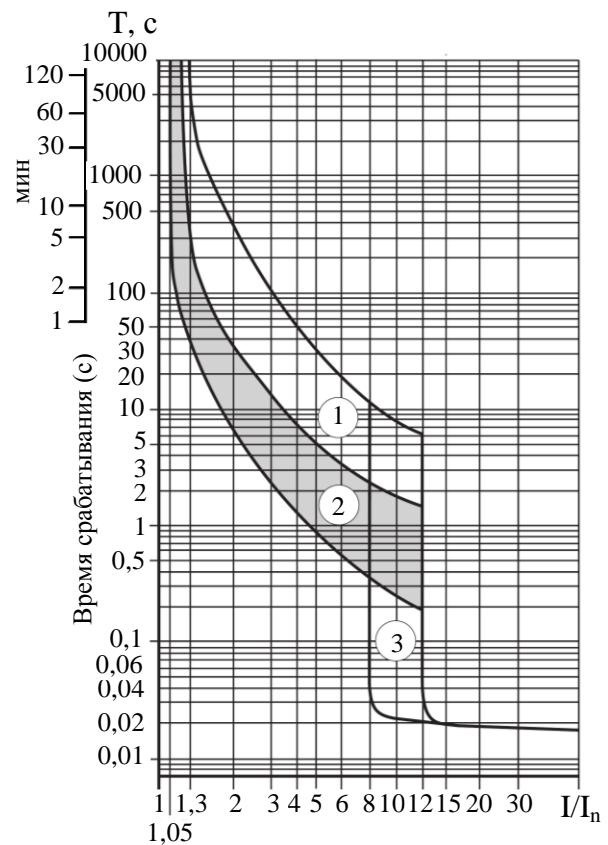
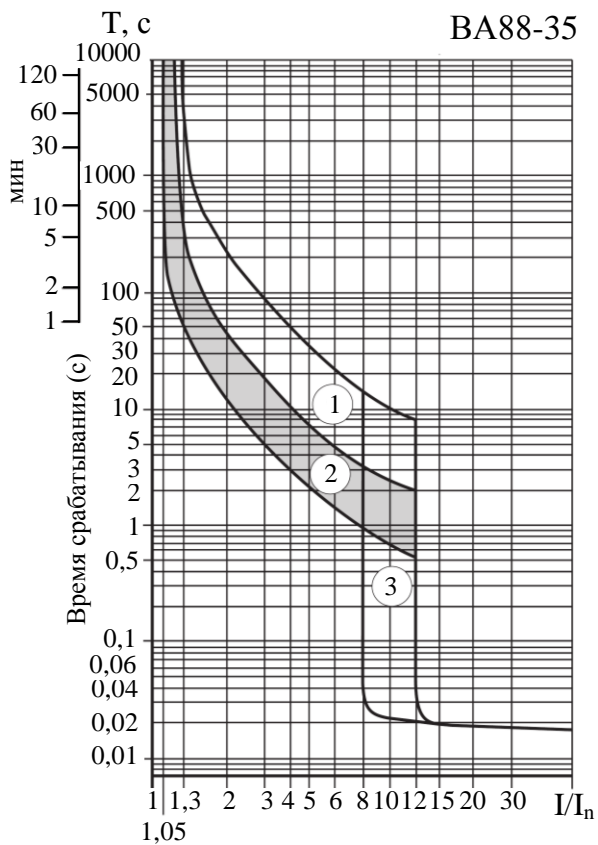
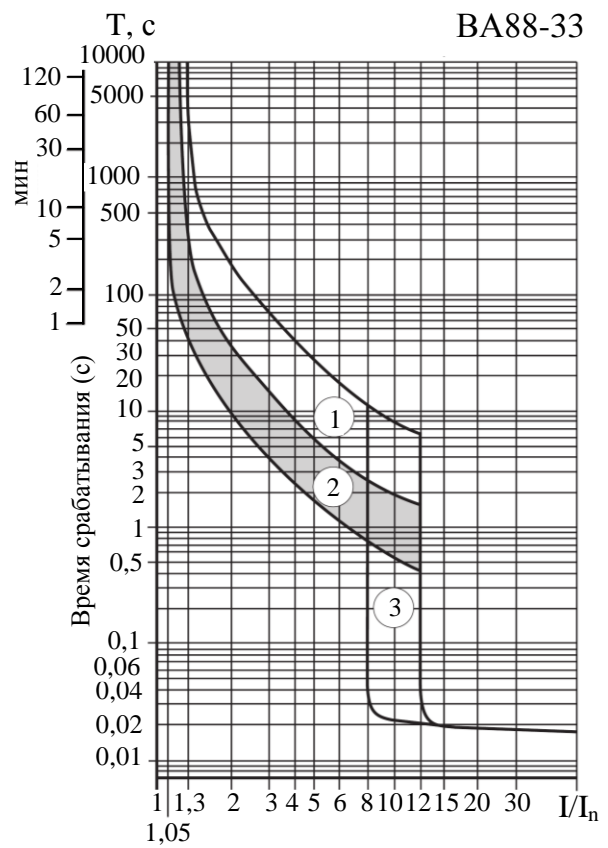
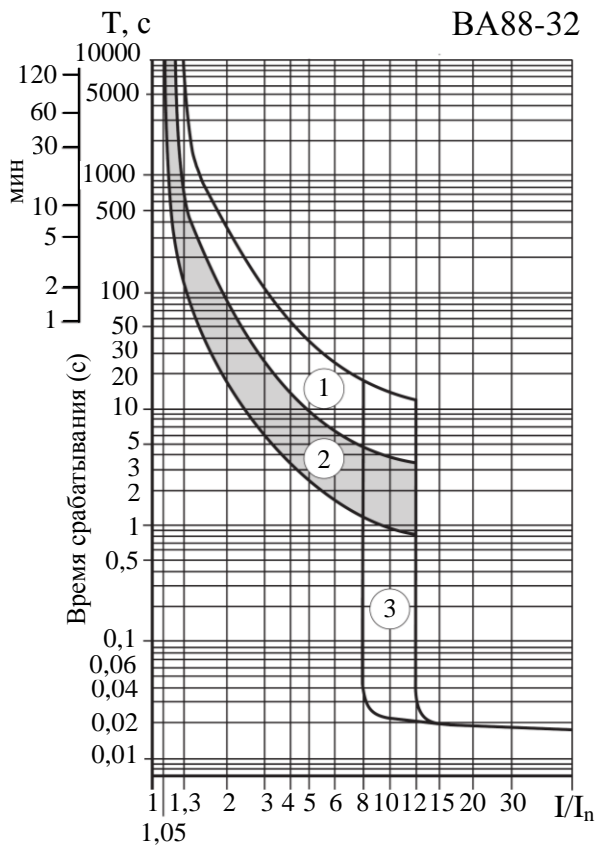


Рис. 15 Время токовые характеристики срабатывания ВА88 с тепловым и электромагнитным расцепителем: 1, 2 – время токовая характеристика теплового расцепителя с холодного и нагретого состояния, соответственно; 3 – зона срабатывания электромагнитного расцепителя сверхтока.

Автоматические выключатели с электронным расцепителем, например, МП211, выполненным на базе микропроцессора (рис. 16), обеспечивают защиту от перегрузки и короткого замыкания с помощью электронного расцепителя сверхтоков. Это позволяет обеспечить высокую надежность, точность срабатывания и независимость от окружающих условий.

Требуется только одна настройка для всех фаз, при этом срабатывание расцепителя происходит одновременно для всех полюсов АВ.



Рис. 16

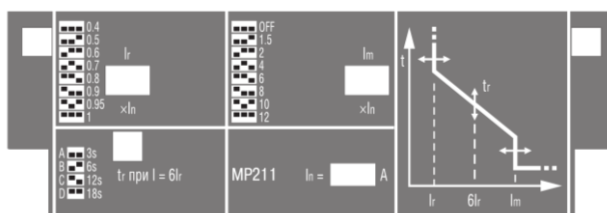


Рис. 17

Электронный 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. Блок защиты включает в себя три трансформатора тока, электронный модуль и отключающий электромагнит, который воздействует непосредственно на механизм АВ. Трансформаторы тока, установленные внутри корпуса расцепителя, обеспечивают электропитание электронной схемы расцепителя и вырабатывают сигналы, необходимые для выполнения функции защиты.

При появлении сверхтока АВ размыкается с помощью электромагнита расцепления. Повторное включение осуществляется рукояткой АВ.

Защитные характеристики (уставки срабатывания) выбираются потребителем непосредственно на передней панели АВ установок DIP-переключателей согласно приведенной мнемосхеме (рис. 17).

Благодаря широкому диапазону регулирования уставок электронный расцепитель МР211 пригоден для всех распределительных сетей, в которых требуется надёжность и точность срабатывания.

Технические характеристики электронного расцепителя МР211 приведены в табл. 3.

Таблица 3

Тип защиты	Параметры				Погрешность срабатывания
Защита от перегрузки (уставка $I_r$ )	(0,4; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 0,9; 0,95; 1,0) $\times I_r$				$\pm 10\%$
Тип кривой срабатывания теплового расцепителя	A	B	C	D	
Время срабатывания при $6 I_r$ , с	3	6	12	18	$\pm 20\%$
Время срабатывания при $3 I_r$ , с	12	24	48	72	$\pm 20\%$
Защита от короткого замыкания (уставка $I_m$ )	(откл; 1,5; 2; 4; 6; 8; 10; 12) $\times I_m$				$\pm 20\%$

На рис. 18 а), б) и в) показаны настраиваемые параметры электронного расцепителя MP211. На рис. 18 г) изображена времятоковая характеристика автоматического выключателя ВА88.

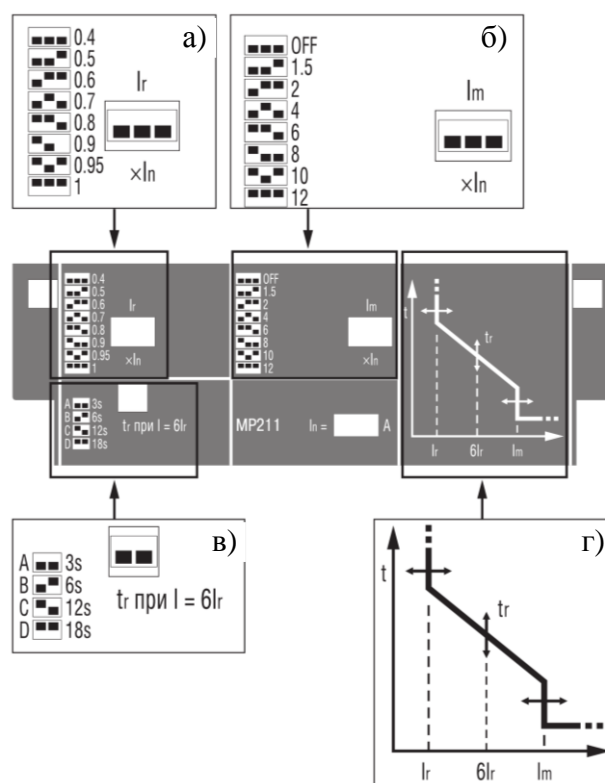


Рис. 18 Панель электронного расцепителя MP211

Доступными для настройки параметрами электронного расцепителя являются:

1. Уставка срабатывания защиты от перегрузки (рис. 18, а).

Коэффициент  $K$  срабатывания защиты от перегрузки позволяет установить ток уставки срабатывания защиты от перегрузки в соответствии с формулой:

$$I_r = K \cdot I_n, \quad (1)$$



где  $I_n$  – номинальный ток автоматического выключателя.

Возможна установка следующих значений коэффициента  $K$ :  
0,4-0,5-0,6-0,7-0,8-0,9-0,95-1,0.

2. Уставка срабатывания защиты при коротком замыкании (рис. 18, б).

Коэффициент  $M$  срабатывания защиты при коротком замыкании позволяет установить ток срабатывания при коротком замыкании в соответствии с формулой:  $I_m = K \cdot I_n$ , (2)

Возможна установка следующих значений коэффициента  $M$ :

OFF-1,5-2-4-6-8-10-12 (режим OFF позволяет отключить защиту при коротком замыкании при выполнении испытаний или в случае больших пусковых токов).

3. Время задержки срабатывания защиты от перегрузки (рис. 18, в).

Время  $t_r$  задержки срабатывания защиты от перегрузки при  $I=6 \cdot I_r$  может иметь следующие значения: 3-6-12-18 с.

Данный параметр определяет смещение наклонного участка время токовой кривой вдоль оси времени, что позволяет изменять задержку времени срабатывания защиты при длительной перегрузке во всем диапазоне значений тока. Точкой привязки при расчетах прогнозируемого тока срабатывания защиты принимается ток, равный по величине шестикратному току  $I_r$  защиты при перегрузке. Необходимый сдвиг наклонного участка определяется индивидуально для каждой конкретной ситуации применения АВ, например, для обеспечения зонной селективности, для настройки задержки срабатывания защиты при пуске асинхронных двигателей в режиме тяжелого пуска, для предотвращения срабатывания защиты при коротких высокоамперных процессах.

На рис. 18, г приведена время токовая характеристика срабатывания ВА88 с электронным расцепителем в зависимости от установки параметров  $K$ ,  $M$  и  $t_r$ . Правильный выбор коэффициентов  $K$ ,  $M$  и  $t_r$  позволяет обеспечить оптимальную защиту оборудования и повысить ресурс работы АВ, снижая аварийный ток нагрузки.

Фактическая величина задержки  $T$  срабатывания защиты в зависимости от предполагаемого тока перегрузки может быть определена с достаточной точностью по следующей формуле:

$$T = (6 \cdot I_r / p \cdot I_n)^2 \times t_r, \quad (3)$$

где:

$T$  – расчетное время срабатывания при прогнозируемой фактической величине тока перегрузки, с;

$p$  – коэффициент кратности предполагаемого фактического тока перегрузки относительно номинального тока АВ;

$t_r$  – время задержки срабатывания защиты, устанавливаемое DIP-переключателем на лицевой панели выключателя, с.

После подстановки в формулу (3) значения  $I_r = K \cdot I_n$  и преобразования получим окончательное выражение для расчета времени срабатывания защиты от перегрузки предполагаемым током:

$$T = (6 \cdot K / p)^2 \times t_r, \quad (4)$$

*Пример настройки электронного расцепителя МР211*

Например, необходимо рассчитать время отключения автоматического выключателя ВА88-35 с номинальным током  $I_n=250$  А при 40% перегрузке (коэффициент кратности предполагаемого тока перегрузки  $p=1,4$ ). DIP-переключателями установлены значения  $K=0,7$  и  $t_r=3$  с. Подставим заданные значения в формулу (4) и получим время отключения:

$$T = (6 \cdot 0,7 / 1,4)^2 \times 3 = 27$$

Если полученное время отключения (27 с) является недопустимой задержкой срабатывания, а допускается перегрузка не более 10 с, то подбираем меньший коэффициент  $K$  из ряда значений, настраиваемых на лицевой панели АВ, таким образом, чтобы получить необходимое время срабатывания защиты. Проверяем расчетом по формуле (4): при  $K=0,5$  время отключения  $T=13,8$  с, при  $K=0,4$  время отключения  $T=8,8$  с.

Подобранное значение коэффициента  $K=0,4$  при предполагаемом токе перегрузки удовлетворяет поставленной задаче.

*Пример проверки срабатывания защиты от перегрузки*

Перед вводом в эксплуатацию, при проведении испытаний АВ на время срабатывания защиты от перегрузки, как правило, берется ток, превышающий уставку  $I_r$  срабатывания тепловой защиты в 3 раза. Время  $T$  отключения автоматического выключателя не должно превысить в этом случае  $12\text{с} \pm 20\%$  (по таблице технических данных АВ).

Например, необходимо проверить автоматический выключатель ВА88-35  $I_n=250$  А. При этом необходим испытательный ток  $3 \cdot I_n = 750$  А, но для того,

чтобы уменьшить износ контактных групп АВ при проведении испытаний, минимизируем энергию, необходимую для отключения АВ. Для этого установим DIP-переключателями коэффициент  $K=0,4$  и время  $t_r=3$  с. Уставка срабатывания защиты от перегрузки, рассчитанная по формуле (1), будет равна 100 А, испытательный ток устанавливаем согласно стандарту равным 300 А, а время отключения рассчитываем по формуле (4):

$$T = (6 \cdot 0,4 / 1,2)^2 \times 3 = 12$$

Таким образом, при испытании АВ с вышеприведенными настройками испытательным током 300А, время отключения должно составить  $12\text{с} \pm 20\%$ , что свидетельствует о правильной работе функции защиты от перегрузки.

Для одного АВ возможны десятки вариантов установки защитных характеристик. Например, автоматический выключатель ВА88-35 с номинальным током 250 А можно использовать как АВ с номинальным током 100 А. Если учитывать возможность установки кратности срабатывания защиты от токов короткого замыкания – 12 (т.е. равной 3000 А), то относительно установленного номинального тока в 100 А можно получим кратность, равную 30. Данная характеристика обеспечит защиту асинхронного двигателя и не приведет к ложному срабатыванию при «тяжелом» пуске. Прямо противоположный пример: номинальный ток автоматического выключатель ВА88-35 с номинальным током 250А установим 250 А, а кратность срабатывания от токов короткого замыкания – 1,5 (т.е. равную 375 А). Данная характеристика обеспечит защиту распределительных цепей с малым током короткого замыкания.

#### *Дополнительные устройства*

Полный набор дополнительных устройства, в число которых входят: расцепители, контакты, привод и монтажные панели значительно расширяет функциональность АВ серии ВА88 и позволяет с успехом использовать их в современных автоматизированных системах управления и электроснабжения.

Автоматические выключатели серии ВА88 могут эксплуатироваться с одним или несколькими дополнительными устройствами:

- а) расцепители (расцепитель минимального напряжения, независимый расцепитель);
- б) контакты (дополнительные контакты, аварийные контакты);
- в) привод (ручной, электрический);

г) монтажные панели для установки АВ (втычного и выдвигного типа с различным присоединением проводников).

Все дополнительные устройства и аксессуары не ограничивают функции и возможности АВ.

Доукомплектование АВ производит потребитель в соответствии с технологическими особенностями защищаемого объекта. Отвернув винты крепления фальшпанели, укладывают в гнезда в корпусе АВ необходимые расцепители и контакты, проводники от них аккуратно укладывают в боковые пазы корпуса, предварительно выдвинув вверх фальшнакладки. Сборку производят в обратном порядке. Предусмотрены три варианта монтажа АВ: обычное подключение под зажим оконцованными наконечниками проводников и шин, втычной монтаж посредством специальной панели (в комплект не входит), выдвигной вариант с креплением непосредственно на шинах с помощью резьбовых шпилек. Для оперативного управления АВ, находящимися внутри распределительных устройств (РУ), предусмотрены ручные приводы ПРП, рукоятки которых устанавливаются на лицевой панели (двери) РУ.

Ассортимент дополнительных устройств для АВ серии ВА88 приведен в табл. 4.

Таблица 4

Тип дополнительных устройств		ВА88-32	ВА88-33	ВА88-35	ВА88-37	ВА88-40	ВА88-43
Независимый расцепитель		РН-32/33		РН-35/37		РН-40/43	
Расцепитель минимального напряжения		РМ-32/33		РМ-35/37		РМ-40	РМ-43
Дополнительные контакты		ДК-32/33		ДК-35/37		ДК-40/43	
Аварийные контакты		АК-32/33		АК-35/37		АК-40/33	
Панели втычного типа	Переднее присоединение	ПМ1/П-32	ПМ1/П-33	ПМ1/П-35	ПМ1/П-37	-	-
	Заднее присоединение	ПМ1/Р-32	ПМ1/Р-33	ПМ1/Р-35	ПМ1/Р-37	-	-
Панели выдвигного типа	Переднее присоединение	-	-	ПМ2/П-35	ПМ2/П-37	ПМ2/П-40	ПМ2/П-43
	Заднее присоединение	-	-	ПМ2/Р-35	ПМ2/Р-37	ПМ2/В-40	ПМ2/В-43
Электропривод		ЭП-32/33	ЭП-32/33	ЭП-35/37	ЭП-35/37	ЭП-40	ЭП-43
Ручной привод		ПРП-32	ПРП-33	ПРП-35	ПРП-37	ПРП-40	ПРП-43
Скоба для присоединения на DIN рейку		+	+	-	-	-	-

Схема сборки дополнительных устройств для АВ серии ВА88 приведена на рис. 19.

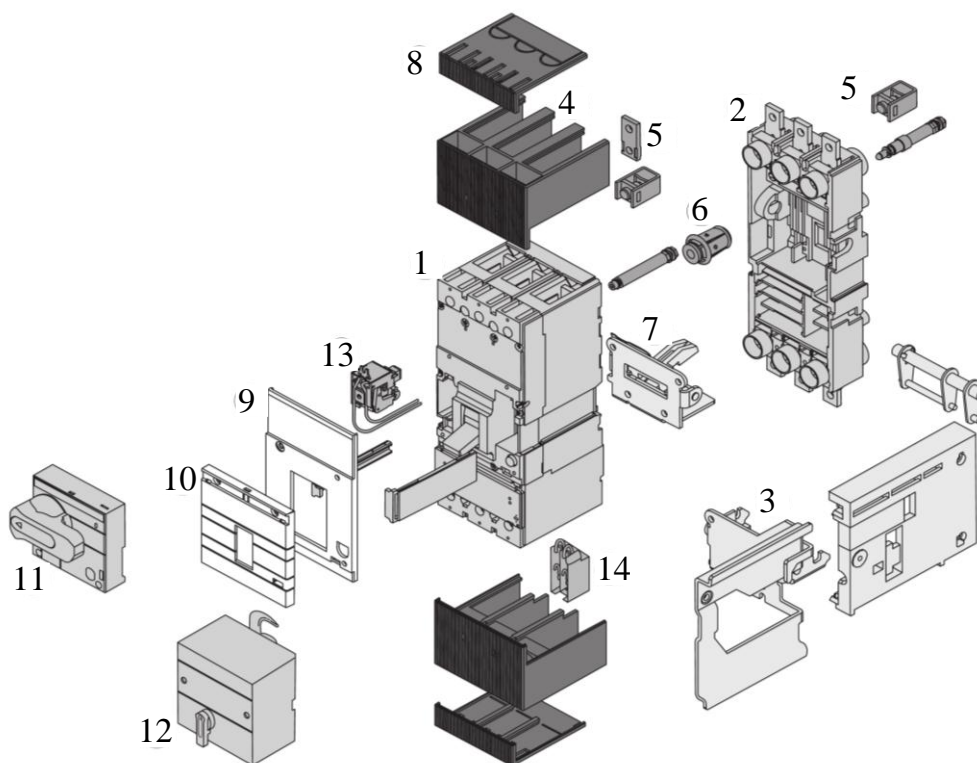


Рис. 19 Схема сборки дополнительных устройств:

1 – силовой АВ; 2 – неподвижная часть (цоколь) для втычного / выдвижного варианта; 3 – боковые элементы для выдвижного варианта; 4 – межфазные перегородки; 5 – присоединительные выводы; 6 – втычные контакты; 7 – блокировочный узел; 8 – крышка зажимов; 9 – крышка корпуса; 10 – фальшпанель; 11 – ручной поворотный привод; 12 – электропривод; 13 – независимый расцепитель / расцепитель минимального напряжения; 14 – дополнительные/аварийные контакты.

Независимый расцепитель (РН) (рис. 20) предназначен для дистанционного отключения АВ. После подачи напряжения в цепь управления РН, его электромагнитный механизм отключает АВ, у которого размыкаются контакты главной цепи. При этом поворотная рейка АВ воздействует на вспомогательные контакты, встроенные в механизм РН и блокирующие повторную подачу напряжения. Это позволяет обходиться без установки в цепь питания РН для его защиты свободных вспомогательных контактов. Включение АВ после осуществления его дистанционного отключения производится вручную.

Технические характеристики РН приведены в табл. 5.

Таблица 5

Рабочее напряжение, $U_p$	230 В, 50 Гц
Диапазон рабочих напряжений	$(0,7 \div 1,1) \cdot U_p$
Потребляемая мощность, ВА	150

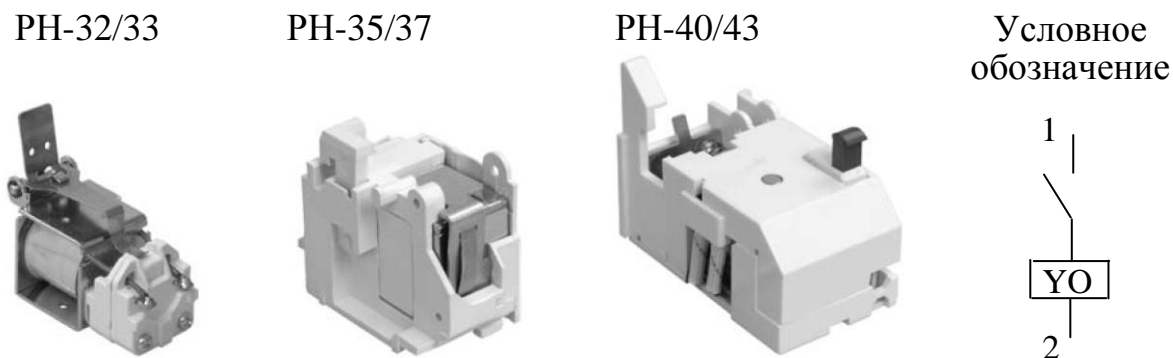


Рис. 20 Типы независимых расцепителей для автоматических выключателей серии ВА88

Расцепитель минимального напряжения (рис. 21) предназначен для отключения АВ при снижении фазного или линейного напряжения на его выводе до 70% от номинального, а также препятствует его включению, если напряжение в этой цепи меньше 85% от номинального. Основным назначением расцепитель минимального напряжения (РМ) является отключение электрооборудования при недопустимом для него снижении напряжения. РМ можно также использовать в качестве независимого расцепителя, если последовательно в цепь его управления включить кнопочный выключатель с размыкающим контактом. При кратковременном размыкании контакта кнопочного выключателя РМ отключит АВ.

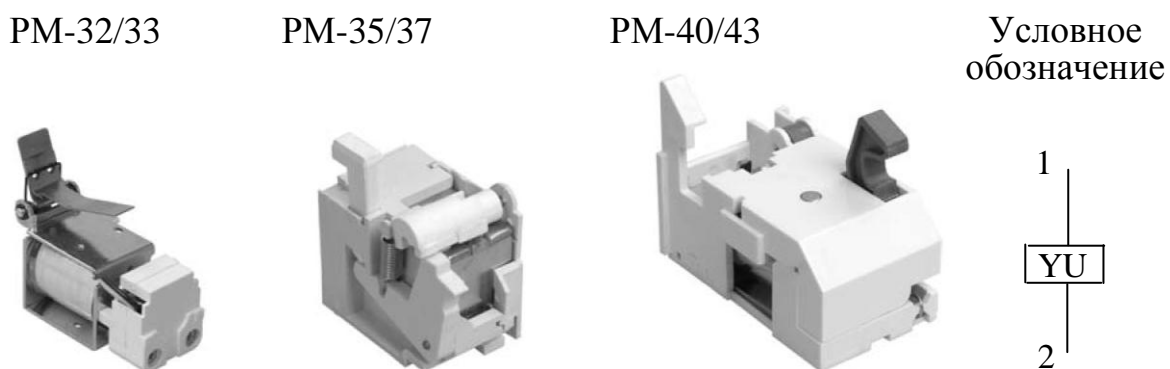


Рис. 21 Типы расцепителей минимального напряжения для автоматических выключателей серии ВА88

Технические характеристики РМ приведены в табл. 6.

Таблица 6

Рабочее напряжение, $U_p$	230 В, 50 Гц
Диапазон рабочих напряжений	$(0,85 \div 1,1) \cdot U_p$
Диапазон напряжения удержания	$(0,7 \div 1,1) \cdot U_p$
Напряжение отключения	$(0,35 \div 0,7) \cdot U_p$
Потребляемая мощность, ВА	150

Аварийные контакты (рис. 22) предназначены для сигнализации о срабатывании АВ: от сверхтока (перегрузки или короткого замыкания), независимого расцепителя, расцепителя минимального напряжения, кнопки «ТЕСТ». При возвращении АВ в исходное состояние сигнализация отключается.

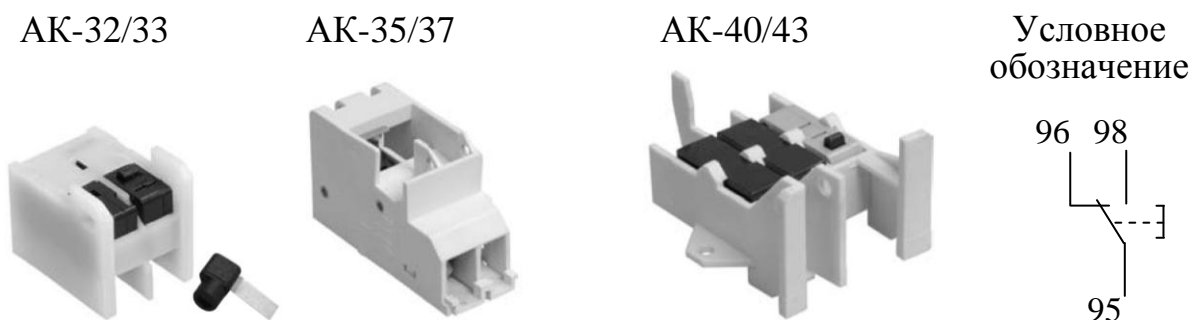


Рис. 22 Типы аварийных контактов для автоматических выключателей серии ВА88

Технические характеристики аварийных контактов приведены в табл. 7.

Таблица 7

Наименование контактов	Условный тепловой ток, А	Номинальный рабочий ток, А		
		230 В, 50 Гц	400 В, 50 Гц	220 В пост-го тока
АК-32/33	2	2	2	0,2
АК-35/37				
АК-40/43				

Дополнительные контакты (рис. 23) предназначены для дистанционного получения информации о работе и состоянии АВ. Эти контакты устанавливаются в соответствующих гнездах в правой части АВ (кроме ВА88-32 и ВА88-33, где установка дополнительных устройств производится в съемной верхней крышке автоматического выключателя).

Технические характеристики дополнительных контактов приведены в табл. 8.

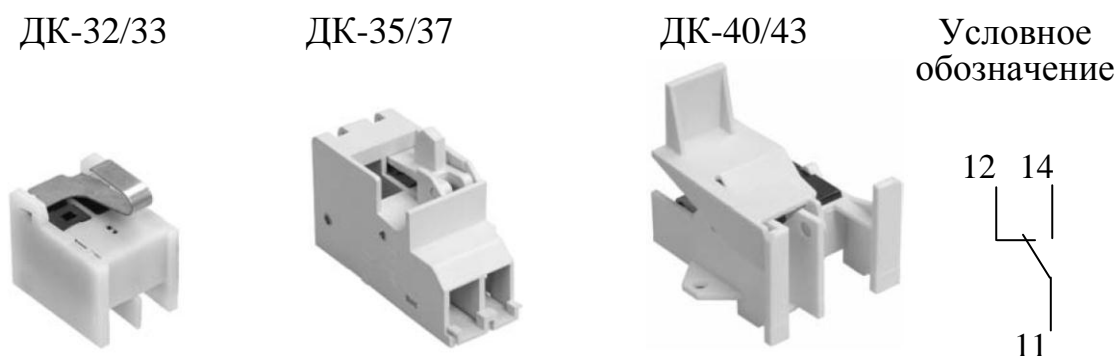


Рис. 23 Типы дополнительных контактов для автоматических выключателей серии ВА88

Таблица 8

Наименование контактов	Условный тепловой ток, А	Номинальный рабочий ток, А		
		230 В, 50 Гц	400 В, 50 Гц	220 В пост-го тока
ДК-32/33	4	3	-	0,14
ДК-35/37	8	6	3,5	0,2
ДК-40/43	8	6	3,5	0,2

Электропривод предназначен для дистанционного включения и отключения АВ, устанавливаемых в главных распределительных щитах, вводно-распределительных устройствах, щитах управления и т.п.

Электропривод допускает возможность перехода на ручное управление при отсутствии напряжения в цепи управления.

Электропривод устанавливается на переднюю панель АВ, не изменяя каких-либо свойств и функций автоматического выключателя.

Электропривод ЭП-32/33 предназначен для установки на автоматические выключатели ВА88-32 и ВА88-33.

Электропривод допускает 15 операций включение/отключение подряд с паузой между операциями не менее 5 с. При наличии напряжения в цепи управления электропривода процесс включения и отключения АВ заканчивается автоматически (независимо от оператора), если контакты кнопок управления электроприводом находились в замкнутом положении не менее 0,2 с.

Положение рукоятки ручного оперирования электропривода соответствует состоянию АВ: включен, отключен или срабатывание защиты от сверхтока (среднее положение).



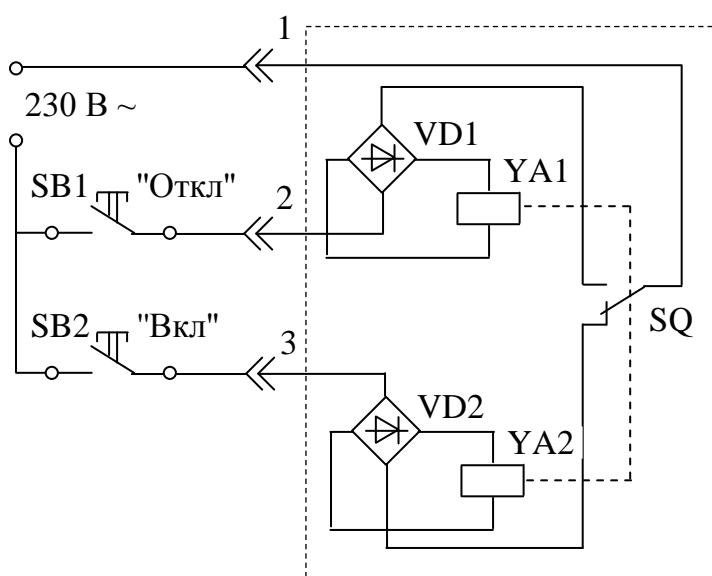
Конструкция электропривода представляет собой моноблок, устанавливаемый на переднюю (лицевую) панель АВ (рис. 24), и включает в



себя: два электромагнита, питаемых через выпрямители, и переключаемый концевой выключатель. На передней панели электропривода расположена рукоятка ручного оперирования электроприводом (вкл/откл). К соединительным проводникам 1, 2, 3 (рис. 25), длиной 15 см каждый, подключаются кнопки дистанционного управления SB1, SB2 и питающее напряжение. Принцип действия электропривода следующий: если АВ

Рис. 24

находится во включенном состоянии, то при нажатии на кнопку SB1 «Откл» подается напряжение на электромагнит YA1, срабатывание которого приводит к отключению АВ. Цепь питания электропривода переключается контактами концевой выключателя SQ (рис. 25). При нажатии на кнопку SB2 «Вкл» питающее напряжение подается на электромагнит YA2, срабатывание которого приводит к включению АВ. При срабатывании выключателя от сверхтока, независимого расцепителя, расцепителя минимального напряжения или кнопки «Тест» (при этом рукоятка электропривода установится в среднее положение) для повторного включения выключателя необходимо нажать кнопку SB1 «Откл», а затем нажать кнопку SB2 «Вкл».



- SB1, SB2 – выключатели кнопочные;
- SQ – выключатель концевой;
- VD1, VD2 – выпрямители;
- YA1, YA2 – электромагниты;
- 1, 2, 3 – присоединительные проводники.

Рис. 25 Схема электрическая принципиальная электропривода ЭП-32/33

Технические характеристики электропривода ЭП-32/33 приведены в табл. 9.

Таблица 9

Наименование параметра	Значение
Номинальное рабочее напряжение $U_p$ , В	230 В,
Диапазон рабочих напряжений	$(0,8 \div 1,1) \cdot U_p$
Номинальная частота сети, Гц	50
Максимальная мощность при пуске, В·А	2000
Время включения, с, не более	0,1
Время отключения, с, не более	0,1
Износостойкость, циклов В-О, не менее	8000

Электропривод ЭП-35/37 предназначен для установки на автоматические выключатели ВА88-35 и ВА88-37.

Электропривод допускает 10 операций включение/отключение подряд с паузой между операциями не менее 5 с.

При наличии напряжения в цепи управления электропривода процесс включения и отключения АВ заканчивается автоматически (независимо от оператора), если контакты кнопок управления электроприводом находились в замкнутом положении не менее 0,2 с.

Конструкция электропривода представляет собой моноблок, устанавливаемый на переднюю панель АВ (рис. 26), и включает в себя: реверсивный электродвигатель с редуктором, управляемые кулачковым механизмом контакты; блокировочные контакты, управляемые замком



Рис. 26

На передней панели электропривода расположены: рукоятка ручного оперирования электроприводом (вкл/откл), переключатель режима работы – автоматический «Авто», ручное оперирование – «Ручное», механическая кнопка «Тест» – для отключения АВ путем непосредственного воздействия на механизм свободного расцепления, устройство для навесного замка. Через соединительный разъем X1 (рис. 27),

устанавливаемый в специальную нишу на корпусе АВ, подключаются кнопки дистанционного управления SB1, SB2 и подается питающее напряжение.

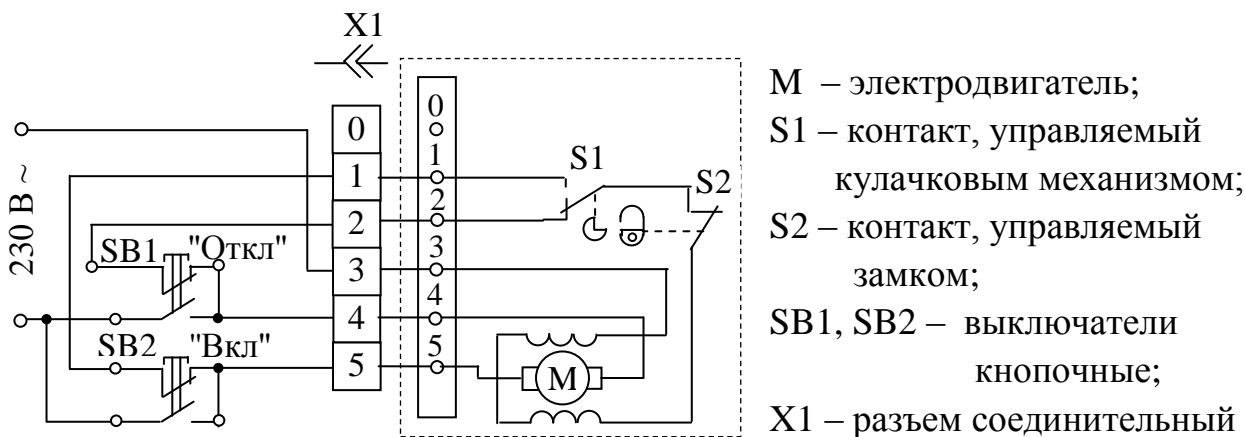


Рис. 27 Схема электрическая принципиальная электропривода ЭП-35/37

Принцип действия электропривода следующий: если выключатель находится во включенном состоянии, то при нажатии на кнопку SB1 «Откл» (рис. 27) подается напряжение на электродвигатель М, вращение якоря которого передается через редуктор на рукоятку АВ. Цепи питания электропривода переключаются контактами S1, управляемыми кулачковым механизмом. При нажатии на кнопку SB2 «Вкл» питающее напряжение подается на коллектор электродвигателя М в противофазе с обмоткой возбуждения. Вращение якоря в обратную сторону передается через редуктор на рукоятку АВ, что приводит к его отключению. При срабатывании АВ от сверхтока, независимого расцепителя, расцепителя минимального напряжения или кнопки «Тест» (при этом рукоятка электропривода установится в среднее положение) для повторного включения АВ необходимо нажать кнопку SB1 «Откл», а затем нажать кнопку SB2 «Вкл».

Положение рукоятки ручного оперирования электропривода соответствует состоянию АВ: включен, отключен или срабатывание защиты от сверхтока (среднее положение). Переключатель, расположенный на лицевой панели, служит для перевода электропривода в ручной режим (положение переключателя – «Ручное»). При этом рукоятка ручного оперирования освобождается и поворачивается под углом 90°. Для перевода электропривода в автоматический режим рукоятку ручного оперирования

поворачивают на 90° и, удерживая ее, переводят переключатель режима в положение «Авто».

Технические характеристики электропривода ЭП-35/37 приведены в табл. 10.

Таблица 10

Наименование параметра	Значение
Номинальное рабочее напряжение $U_p$ , В	230 В
Диапазон рабочих напряжений	$(0,85 \div 1,1) \cdot U_p$
Номинальная частота сети, Гц	50
Максимальная мощность при пуске, В·А	510
Номинальная потребляемая мощность, В·А	360
Время включения, с, не более	0,1
Время отключения, с, не более	0,1
Износостойкость, циклов В-О, не менее	15000

Электропривод ЭП-40, ЭП-43 предназначен для установки на автоматические выключатели ВА88-40 и ВА88-43.

Электропривод допускает 5 операций включение/отключение подряд с паузой между операциями не менее 5 с. При наличии напряжения в цепи управления электропривода процесс включения и отключения АВ заканчивается автоматически (независимо от оператора), если контакты кнопок управления электроприводом находились в замкнутом положении не менее 0,2 с. Прозрачное окно в корпусе электропривода позволяет провести визуальный контроль положения рукоятки АВ, что соответствует его состоянию: включен, отключен или срабатывание защиты от сверхтока (среднее положение). Ручное включение электропривода осуществляется нажатием кнопки «I», закрытой прозрачной крышкой. Для ограничения несанкционированного доступа к этой кнопке предусмотрена возможность пломбирования крышки. Ручное отключение АВ возможно посредством нажатия кнопки «Тест», расположенной на передней панели электропривода, и непосредственно воздействующей на рейку сброса АВ.

Конструкция электропривода представляет собой моноблок, устанавливаемый на переднюю панель АВ (рис. 28), и включает в себя: электродвигатель с редуктором, отключающее реле, управляемые

кулачковым механизмом контакты, запирающий электромагнит, пружинный аккумулятор, механизм зацепления с рукояткой АВ.



Рис. 28

На передней панели электропривода расположены: рукоятка ручного взвода пружинного аккумулятора, осуществляющая медленное отключение выключателя, кнопка ручного сброса пружинного аккумулятора – для включения АВ и механическая кнопка «Тест» – для мгновенного отключения АВ путем непосредственного воздействия на механизм свободного расцепления. При ручном отключении АВ путем воздействия на кнопку «Тест» рукоятка АВ устанавливается в среднее положение, как при срабатывании АВ

от сверхтока. Для повторного включения АВ необходимо довести рукоятку ручного взвода пружинного аккумулятора до положения «Отключено». Через соединительный разъем X1(рис. 29), устанавливаемый в специальную нишу на корпусе АВ, подключаются кнопки дистанционного управления SB1,SB2, и подается питающее напряжение. Принцип действия электропривода следующий: если АВ находится во включенном состоянии,

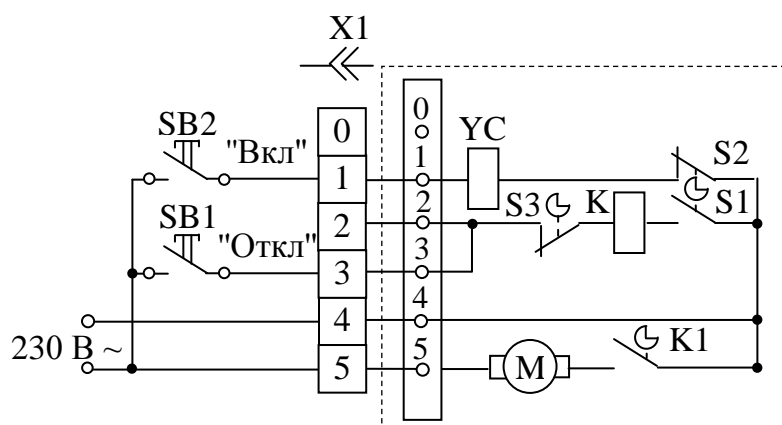


Рис. 29 Схема электрическая принципиальная электропривода ЭП-40/43

М – электродвигатель; К – отключающее реле; S1, S2, S3 – контакты, управляемые кулачковым механизмом; K1 – контакт отключающего реле; YC – запирающий электромагнит; SB1, SB2 – выключатели кнопочные; X1 – разъем соединительный.

то при нажатии на кнопку SB1 «Откл» (рис. 29) подается напряжение на отключающее реле К и электродвигатель М, вращение якоря которого передается через редуктор на привод пружинного аккумулятора и рукоятку АВ. Перемещение привода обеспечивает сжатие пружин аккумулятора и отключение АВ. При нажатии на кнопку SB2 «Вкл» подается напряжение на запирающий электромагнит YС, который отпускает пружинный аккумулятор – АВ включается. Замыкание и размыкание цепи питания электропривода производится контактами, управляемыми кулачковым механизмом S1, S2, S3. При срабатывании АВ от сверхтока, независимого расцепителя, расцепителя минимального напряжения или кнопки «Тест» (при этом рукоятка АВ установится в среднее положение) для повторного включения АВ необходимо нажать кнопку SB1 «Откл» для взвода пружинного аккумулятора до положения «Отключено», а затем нажать кнопку SB2 «Вкл».

Технические характеристики электропривода ЭП-40/43 приведены в табл. 11.

Таблица 11

Наименование параметра	Значение
Номинальное рабочее напряжение $U_p$ , В	230 В
Диапазон рабочих напряжений	$(0,85 \div 1,1) \cdot U_p$
Номинальная частота сети, Гц	50
Максимальная мощность при пуске, В·А	510
Номинальная потребляемая мощность, В·А	360
Время включения, с, не более	0,1
Время отключения, с, не более	1,1
Износостойкость, циклов В-О, не менее	1500



Рис. 30

Автоматический выключатель серии ВА13 (рис. 30) предназначен для проведения тока в нормальном режиме и отключения тока при перегрузках и коротких замыканиях или только при коротких замыканиях, а также для оперативных включений и отключений электрических цепей. Основное назначение АВ серии ВА13 – защита кабелей и проводов, а также электродвигателей. К особенностям АВ данного типа относятся:

– наличие электромагнитного расцепителя с гидравлическим замедлением срабатывания в зоне токов перегрузки, который сочетает функции двух классических расцепителей максимального тока: для защиты от перегрузки – функции тепловых; для защиты от коротких замыканий – функции электромагнитных.

– высокая вибро- и ударостойкость по сравнению с АВ с тепловыми расцепителями, высокая сейсмостойкость (9 баллов по MSK-64).

– малая зависимость время – токовых характеристик от температуры среды. Начальный ток расцепления неизменен в диапазоне температур от – 40°С до + 60°С.

– более высокая термостойкость при токах короткого замыкания, чем у АВ с тепловыми расцепителями. Благодаря этому предельная отключающая способность данных АВ одинакова для всех номинальных токов расцепителей.

– контактная система «мостикового» типа обеспечивает двойной разрыв электрической цепи в каждом полюсе.

При правильно выполненной системе заземления АВ предотвращают поражение человека электрическим током при косвенных прикосновениях. АВ выпускаются в двух- и трехполюсном исполнении и могут работать в цепях постоянного или переменного тока. Соответствуют требованиям ГОСТ В 9098-78. Износостойкость АВ при его отключении независимым расцепителем составляет 6 300 циклов, а при отключении максимальными расцепителями – 200 циклов.

Структура условного обозначения:

ВА13 – XX1 – X1 X2 XX2 XX3

XX1 – обозначение номинального тока аппарата:

25 – 25 А; 29 – 63 А

X1 – число полюсов: 2, 3

X2 – вид максимального расцепителя:

2 – защита в зоне токов короткого замыкания

3 – защита в зоне токов короткого замыкания и в зоне токов перегрузки

XX2 – обозначение независимого расцепителя и свободных контактов:

00 – без независимого расцепителя и свободных контактов

11 – свободные контакты

12 – независимый расцепитель

18 – независимый расцепитель и свободный контакт 1Р

ХХЗ – климатическое исполнение и категория размещения:

УЗ, ТЗ – ВА13-29; О5 – ВА13-25

Автоматические выключатели типов ВА16–21, ВА16–23, ВА16–25, ВА16–27 предназначены для защиты электрических цепей переменного тока до 40 А включительно с номинальным напряжением 230 В частотой 50 и 60 Гц при перегрузках и коротких замыканиях и для нечастых (до 6 в час) оперативных включений и отключений указанных цепей вручную. Номинальный ток расцепителей: 21 – 10 А; 23 – 16 А; 25 – 25 А; 27 – 40 А.

АВ изготавливаются с комбинированными (электромагнитными и тепловыми расцепителями); по способу присоединения проводников – механическими креплениями; по способу монтажа – панельно-щитового типа (для установки на рейках); по защите от внешних воздействий – закрытого исполнения, встраиваемые.

АВ оснащены выводами, допускающими присоединение алюминиевых и медных проводов и шин с сечением от 1,5 до 6 мм<sup>2</sup>.

Разработаны взамен выключателя АЕ 1031 и имеет согласованные с ним установочные размеры.

Структура условного обозначения и значения параметров для выключателя ВА 16-26-140010-20УХЛ4 приведены в табл. 12.

Таблица 12

Условное обозначение	Значение параметра	Параметр
ВА 16-26	ВА 16-26	серия
ВА 16-26-1	1п	число полюсов
ВА 16-26-12	Рэ	исполнение максимальной токовой защиты
ВА 16-26-14	Рэ Рт	
ВА 16-26-1400	нет	наличие свободных контактов
ВА 16-26-14001	стационарный, ручной привод	исполнение привода и установки
ВА 16-26-140010	нет	наличие дополнительных механизмов
ВА 16-26-140010-20	IP20	степень защиты
ВА 16-26-140010-20УХЛ4	УХЛ4	климатическое исполнение, категория размещения

Автоматические выключатели серии ВА 47-29 и ВА 47-100 – электрические коммутационные аппараты, предназначенные для защиты электрических цепей от перегрузок и токов короткого замыкания (сверхтоков), а также для осуществления оперативного управления участками электрических цепей. Выключатели, снабженные двумя



системами защиты от сверхтока: электротепловой и электромагнитной, с взаимосогласованными характеристиками В, С, D (ВА 47-100 только С, D). Предусмотрено одно-, двух-, трех- и четырехполюсное исполнение, монтаж АВ производят на 35 мм монтажную DIN-рейку.



Рис. 31

ВА 47-29 (рис. 31) предназначен для защиты распределительных и групповых цепей, имеющих различную нагрузку: – электроприборы, освещение – АВ с характеристикой В, – двигатели с небольшими пусковыми токами (компрессор, вентилятор) – АВ с характеристикой С, – двигатели с большими пусковыми токами (подъемные механизмы, насосы) – АВ с характеристикой D.

ВА47-29 рекомендуются к применению в вводно-распределительных устройствах для жилых и общественных зданий (ВА47-29М на производстве). Номенклатура выключателей включает в себя 200 типоразмеров на 18 номинальных токов от 0,5 до 63 А.



Рис. 32

АВ серии ВА 47-100 (рис. 32) предназначены для защиты распределительных и групповых цепей, имеющих активную и индуктивную нагрузки. Рекомендуются к применению во вводно-распределительных устройствах бытовых и промышленных электроустановок. Номенклатура АВ включает в себя 80 типоразмеров на 10 номинальных токов. АВ серии ВА47-100

отличаются более высокой предельной отключающей коммутационной способностью – 10 кА.

#### Особенности конструкции АВ серии ВА 47-100



Конструкция выключателя предусматривает два типа защиты от перегрузки и короткого замыкания, что существенно повышает защищённость распределительных и групповых цепей.



Наплавка из серебросодержащего композита повышает износостойкость контактной группы и снижает переходное сопротивление.



Защита механизма теплового расцепителя плексигласовой вставкой от изменения заводских настроек.



Индикатор состояния главной цепи предоставляет точную информацию о состоянии контактов независимо от положения рукоятки.



Унифицированный корпус с возможностью подключения дополнительных устройств не требует разбора, возможность самостоятельного подключения.



Усовершенствованная более широкая рукоятка выключателя с увеличенной площадью контакта облегчает процесс коммутации.



Защёлка с двойным фиксированным положением ускоряет процесс монтажа и демонтажа выключателя.



Подключение шины к автоматическому выключателю позволяет снизить переходное сопротивление и обеспечивает 2- или 3-проводное присоединение линии для равномерного распределения нагрузки шины.



Насечки на контактных зажимах снижают тепловые потери и увеличивают механическую устойчивость соединения.

#### Преимущества АВ серии ВА 47-29 и ВА 47-100:

Два типа защиты от перегрузки и короткого замыкания.

Полный комплект дополнительных устройств с возможностью простой самостоятельной установки:

- контакт состояния КС47;
- контакт состояния КСВ47;
- расцепитель минимального напряжения РМ47;
- расцепитель независимый РН47.

Независимый индикатор положения контактов.

Защёлка на DIN-рейку с двойным фиксированным положением.

Усовершенствованная более широкая рукоятка АВ с увеличенной площадью контакта.

Насечки на контактных зажимах снижают тепловые потери и увеличивают механическую устойчивость соединения.

Увеличенная коммутационная способность до 10 кА позволяет устанавливать ВА 47-100 в качестве вводных АВ.

Широкий диапазон рабочих температур от – 40°С до +50°С.

АВ серии ВА51, ВА52 (рис. 33) на номинальные токи от 16 до 630 А



Рис. 33

предназначены для проведения тока в нормальном режиме и отключения тока при коротких замыканиях, перегрузках и недопустимых снижениях напряжения, а также для нечастых (до 6 в сутки) оперативных включений и отключений электрических цепей. АВ рассчитаны для эксплуатации в электроустановках с номинальным напряжением до 660 В переменного тока частотой 50 и 60 Гц и до 440 В постоянного тока.

Допускается использовать АВ для нечастых прямых пусков и защиты асинхронных электродвигателей в режиме АС-3. АВ соответствуют категории применения А. Автоматические выключатели классифицируются по номинальному току АВ, числу полюсов и количеству максимальных расцепителей тока, исполнению максимальных расцепителей тока в зоне защиты, степени защиты, климатическому исполнению и категории размещения.

Структура условного обозначения ВА5[\*] – [\*]М – [\*][\*][\*][\*][\*][\*] – [\*][\*][\*][\*]:

ВА – выключатель автоматический;

[\*] – исполнение выключателя по коммутационной способности: 1 – серия АВ со средней коммутационной способностью; 2(7) – серия АВ с повышенной коммутационной способностью;

[\*] – условное обозначение номинального тока АВ: 35 – 250А; 37 – 400А; 39–630А;

М – модификация;

[\*] – обозначение исполнения по числу полюсов и количеству максимальных расцепителей тока:

1 – однополюсный с максимальным расцепителем тока; 3 – трехполюсный с максимальным расцепителем тока в каждом полюсе; 8 –

двухполюсный с максимальным расцепителем тока в каждом из двух полюсов;

[\*] – исполнение максимальных расцепителей тока в зоне защиты: 3 – расцепитель в зоне токов КЗ; 4 – расцепитель в зоне токов КЗ и перегрузки;

[\*][\*] – обозначение исполнения по дополнительным сборочным единицам:

00 (45) – без дополнительных узлов; 11 (46) – свободные контакты (вк); 12 (62) – расцепитель независимый (РН); 13 (52) – расцепитель минимального напряжения (РМН); 15 (49) – расцепитель нулевого напряжения (РНН); 18 (47) – свободные контакты и расцепитель независимый (вк РН); 23 (56) – свободные контакты и расцепитель минимального напряжения (вк РМН); 25 (54) – свободные контакты и расцепитель нулевого напряжения (вк РНН). Цифры в скобках – обозначение соответствующего исполнения дополнительных сборочных единиц, имеющее дополнительно вспомогательный контакт сигнализации автоматического отключения (вкс).

[\*] – обозначение вида привода и способа установки АВ:

1 – ручной привод, стационарный; 3 – электромагнитный привод, стационарный; 5 – ручной дистанционный привод, выдвижное исполнение; 7 – электромагнитный привод, выдвижное исполнение.

[\*] – обозначение по дополнительному механизму: 0 – отсутствует; 5 – ручной дистанционный привод; 6 – устройство для блокировки «отключено».

[\*][\*] – степень защиты по ГОСТ 14255–69: 20 – IP20; 00 – IP00;

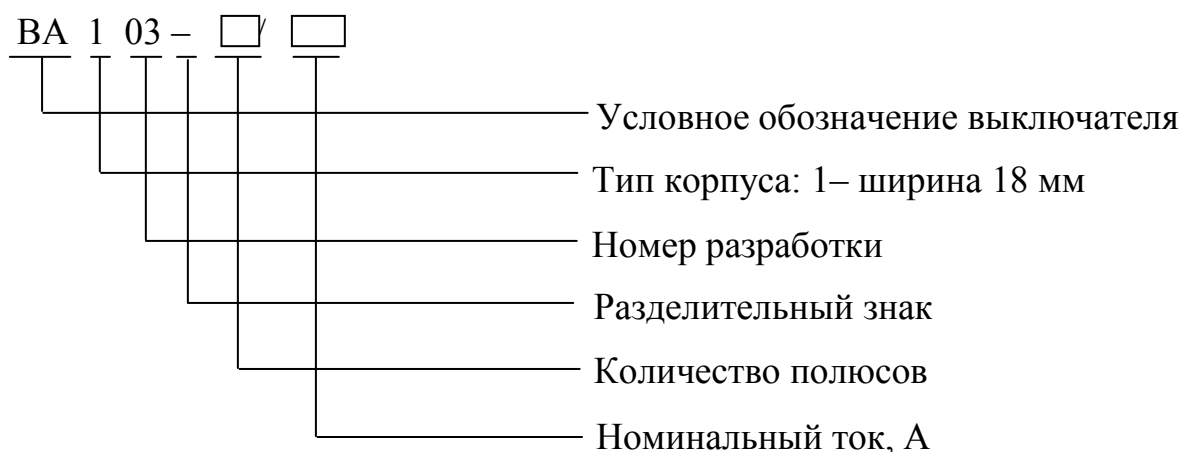
[\*][\*] – климатическое исполнение и категория размещения (УХЛЗ.1, УХЛЗ, ТЗ) по ГОСТ 15150–69 и ГОСТ 15543.1–89.

Высококачественные автоматические выключатели серии ВА101, ВА102, ВА103, ВА201 предназначены для защиты низковольтных электрических сетей от длительных перегрузок и токов короткого замыкания. Могут использоваться для оперативного включения, отключения.

Корпуса автоматических выключателей сделаны из прочной, не поддерживающей горение пластмассы, снабжены замками для установки на DIN - рейку. Выпускаются в одно-, двух-, трех- и четырехполюсном исполнении. Оснащены медными токовыми расцепителями с

посеребренными контактами и снабжены многопластинчатыми дугогасительными камерами, что обуславливает высокие характеристики коммутационной износостойкости и предельной коммутационной способности. Комбинированные зажимы из посеребренной меди и анодированной стали обеспечивают надежный контакт с медными и алюминиевыми проводниками.

#### Структура условного обозначения АВ серии ВА103



АВ имеют два типа защиты:

- тепловую, выполненную на биметаллической пластине, предназначенную для защиты от длительных токовых перегрузок;
- динамическую, выполненную на электромагнитной катушке, предназначенную для защиты от токов короткого замыкания.

Автоматические выключатели серий ВА101 и ВА102 отличаются лишь возможностью соединения ВА102 с помощью контактной шины.

Автоматические выключатели серии ВА103 имеют усовершенствованную конструкцию по сравнению с АВ серий ВА101 и ВА102.

В частности, АВ серии ВА103 снабжен двенадцатипластинчатой четырехсторонней дугогасительной камерой (в отличие от десятипластинчатой у других типов), благодаря чему обладает более высокими характеристиками коммутационной износостойкости и предельной коммутационной способности. Усовершенствованная конструкция контактов обеспечивает более эффективное сцепление / расцепление. В конечном счете, это обеспечивает большую надежность, долговечность эксплуатации и повышает безопасность АВ серии ВА103 по сравнению с ВА101 и ВА102.

В свою очередь, АВ серии ВА201 имеют усовершенствованную конструкцию механизма управления и механизма свободного расцепления для снижения эффекта дребезжащего контакта, вследствие чего, во время включения, замыкание контактов происходит мгновенно независимо от скорости движения рукоятки управления.

Технические характеристики АВ серий ВА101, ВА102, ВА103 и ВА201 приведены в табл. 13.

Таблица 13

Модель	ВА101	ВА102	ВА201	ВА103
Род тока	Переменный, частота 50 (60) Гц			
Номинальное напряжение, В	Для 1-полюсных – 230			
	Для 2-, 3-, 4-полюсных –			тоо
Номинальный ток выключателя (расцепителя), А	1, 2, 3, 4, 5, 6, 10, 16, 20, 25, 32, 40, 50, 63		25, 32, 40, 50, 63, 80, 100	1, 2, 3, 4, 5,6, 10,16, 20, 25, 32, 40, 50, 63
Тип защитной характеристики	В*, С*, D*		С, D	В, С, D
Число полюсов	1,2,3,4			
Коммутационная износостойкость, не менее	4000 циклов			10000 циклов
Предельная коммутационная способность, А	3000		6000	
Степень защиты	IP20			
Номинальные поперечные сечения подключаемых проводников, мм <sup>2</sup>	1...25	1...16	2.5...50	1...25

Примечание: \* Кривая отключения – отражает порог срабатывания при защите от короткого замыкания.

Кривая В – АВ срабатывает при появлении в цепи тока в 3÷5 раз больше номинального (т.е. АВ на 16 А отключит цепь при токе 48÷80 А). Применяются для защиты цепей большой протяженности.

Кривая С – ток в цепи в 5÷10 раз больше номинального (т.е. АВ на 16 А отключит цепь при токе 80÷160 А). Применяются для стандартной защиты цепей розеток и освещения.

Кривая D – ток в цепи в 10÷14 раз больше номинального (т.е. АВ на 16 А отключит цепь при токе 160÷224 А). Применяются для защиты двигателей, трансформаторов и пр.

По умолчанию, АВ серий ВА101 и ВА102 имеют характеристику С, АВ серии ВА201 – характеристику D. В зависимости от установки электромагнитного расцепителя АВ серии ВА103 могут иметь защитную характеристику типа В, С или D.

#### Маркировка АВ серий ВА101, ВА102, ВА103 и ВА201



Номинальный ток – величина тока в амперах (А), которую АВ способен пропускать бесконечно долго без отключения цепи. Должна соответствовать сечению провода и планируемой нагрузке на цепь.



Кривая отключения – отражает порог срабатывания при защите от короткого замыкания. Кривая С – ток в цепи в 5÷10 раз больше номинального.



Количество полюсов – по сути, несколько АВ – от 1 до 4, объединенных в единый корпус. При срабатывании одного полюса размыкаются все подключенные к аппарату цепи сразу. 1P автоматический выключатель используется в однофазных сетях.



Номинальное напряжение – напряжение переменного тока (знак ~), при котором аппарат работает в нормальных условиях.



Номинальная отключающая способность – максимальный ток короткого замыкания, который данный АВ способен отключить и остаться в работоспособном состоянии.

Для АВ серии ВА101 разработаны дополнительные устройства, в число которых входят: независимые расцепители, дополнительные и сигнальные контакты. Данные изделия предназначены для дистанционного отключения 1-4 -х –полюсного АВ серии ВА-101, что позволяет использовать данные АВ в системах автоматизации. Контакт

дополнительный ДК-101 и контакт сигнальный служат для получения информации о состоянии ВА-101.

Расцепитель независимый с дополнительным контактом серии НД-101 выполнен в габарите однополюсного АВ серии ВА-101. Конструктивно представляет собой электромагнит, который через рычаг воздействует на механизм сброса независимого расцепления АВ. Независимый расцепитель оснащен встроенным контактом. При срабатывании расцепителя от импульса напряжения, произойдет автоматическое отключение расцепителя от питания. Это значит, что на зажимах может присутствовать постоянно напряжение без риска повреждения независимого расцепителя. Контакт сигнальный серии СК-101 выполняет функцию сигнализации состояния ВА-101. Переключение контактов произойдет только при срабатывании АВ от сверхтоков (перегрузки или короткого замыкания).

Контакт дополнительный серии ДК-101 выполняет функцию контакта состояния АВ: включен / выключен. Переключение контактов ДК-101 происходит, даже если рукоятка управления АВ удерживается во взведенном положении. Контакт состояния серии СК-101 и контакт дополнительный серии ДК-101 содержат по одной группе переключающихся контактов.

АВ серии ВА102 имеют возможность соединения между собой и с УЗО-01 с помощью U – образной контактной шины.

#### Технические характеристики НД-101

Номинальное напряжение, В	– 220
Напряжение срабатывания, % от номинального	– 70-110
Номинальный ток дополнительного контакта, А	– 3
Механическая износостойкость, циклов	– $5 \cdot 10^5$
Диапазон сечений присоединяемых проводов, мм <sup>2</sup>	– 25
Присоединение к автоматическому выключателю	– справа
Ширина модуля, мм	– 18

АВ серии ВА75 выпускаются промышленностью с целью замены в дальнейшем устаревших серий АВМ и "Электрон" с токами до 1600 А. При заказе для дистанционного включения некоторые типы АВ серии ВА75 поставляются с электродвигательным приводом. Электроприводы включения поставляются на напряжение постоянного тока 220В или



переменного тока 220...240В и надежно действуют при отклонениях напряжения от 0,85 до 1,1U<sub>ном</sub>.

АВ серии ВА83-29 предназначены для защиты электрических цепей от токов перегрузки и токов короткого замыкания, для защиты, пуска и остановки асинхронных электродвигателей с короткозамкнутым ротором и для коммутации электрических цепей в нормальном режиме напряжением до 380В переменного тока частоты 50, 60 Гц, а также для оперативных включений и отключений указанных электрических цепей. Предусмотрено крепление на рейку. Виды климатических исполнений У,Т категории 3 по ГОСТ 15150.

Структура условного обозначения АВ серии ВА83-29 ХХ ХХ:

ВА – выключатель автоматический;

83 – порядковый номер разработки;

29 – условное обозначение значения номинального тока – до 63 А;

ХХ – тип расцепителя: 12 – электромагнитный (защита от короткого замыкания); 14 – электромагнитный и тепловой (защита от короткого замыкания и перегрузок);

ХХ – климатическое исполнение и категория размещения по ГОСТ15150-69: У3, Т3.

АВ серии ВА83-29 представляет собой вырезанный средний полюс Ав серии ВА51-25 шириной 27мм.

Технические характеристики АВ серии ВА83-29

Номинальный ток выключателей, А	– 0,3А÷ 63А
Категория применения	– А
Число полюсов	– 1
Ток отсечки	– 7I <sub>n</sub> , 10I <sub>n</sub>
Общее количество циклов включений / отключений	– 20000
Степень защиты оболочки / зажимов	– IP00

Технические характеристики АВ серии ВА83-29 приведены в табл. 14.

Таблица 14

Типоисполнение АВ	Номинальный ток расцепителей, А	Габаритные размеры, мм
ВА83-29-12000УЗ с электромагнитным расцепителем	0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,8; 1,0; 1,25; 1,6; 2,0; 2,5; 3,15; 4,0; 5,0; 6,3; 8,0; 10; 12,5; 16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63	Вырезанный средний полюс ВА51-25 ширина 27 мм для установки на панели. Для установки на рейке 100×27×93
ВА83-29-14000УЗ с электромагнитным и тепловым расцепителями	0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,8; 1,0; 1,25; 1,6; 2,0; 2,5; 3,15; 4,0; 5,0; 6,3; 8,0; 10; 12,5; 16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63	Вырезанный средний полюс ВА51-25 ширина 27 мм для установки на панели. Для установки на рейке 100×27×93

#### Содержание отчета.

1. Краткая характеристика и условные обозначения основных типов автоматических выключателей.

#### Контрольные вопросы.

1. Расскажите об устройстве автоматических выключателей.
2. Назначение и принцип работы расцепителей.
3. Какие преимущества у АВ серии ВА перед остальными?
4. Дайте расшифровку условного обозначения АВ.
5. Какие дополнительные устройства можно установить на автоматических выключателях?

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №12

### **ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИИ, ТЕХНОЛОГИИ МОНТАЖА И СХЕМ ВКЛЮЧЕНИЯ МАГНИТНЫХ ПУСКАТЕЛЕЙ**

#### *Цель работы:*

Ознакомиться с конструкцией и принципом действия магнитных пускателей. Изучить схемы включения нереверсивного и реверсивного магнитных пускателей. Получить практические навыки монтажа схем управления трехфазным асинхронным электродвигателем с короткозамкнутым ротором с помощью магнитных пускателей.

#### *Задание к работе*

1. Изучить конструкцию магнитных пускателей серий ПМЕ, ПА, ПМЛ.
2. Изучить схемы управления трехфазным асинхронным электродвигателем с короткозамкнутым ротором с помощью нереверсивных и реверсивных магнитных пускателей.
3. Произвести монтаж схем включения нереверсивного и реверсивного магнитного пускателей.
4. Осуществить управление трехфазным асинхронным электродвигателем с короткозамкнутым ротором с помощью нереверсивного и реверсивного магнитных пускателей.

#### *Общие сведения*

Пускатель (МЭС 441-14-38): Комбинация всех коммутационных устройств, необходимых для пуска и остановки двигателя, с защитой от перегрузки.

Электромагнитный пускатель (магнитный пускатель): пускатель, у которого сила, необходимая для замыкания главных контактов, обеспечивается электромагнитом.

Магнитный пускатель (МП) – самый распространенный электрический аппарат для пуска электрических двигателей. Его основные достоинства: дистанционное управление пусками, простота схем, защита от снижения напряжения и перегрузки, приемлемые массогабаритные параметры, которые можно назвать внешними свойствами, поскольку они в определенной мере влияют на качество всей системы. Внешние свойства МП постоянно совершенствуются (к примеру, в России недавно была

запатентована схема МП с защитой от обрыва фазы сети). Крупные производители, представляющие эту продукцию в России: ОАО «Кашинский завод электроаппаратуры», ООО «Уралэлектроконтактор», ОАО «Новосибирский завод низковольтной аппаратуры», ОАО «Чебоксарский электроаппаратный завод» (Россия), НПО «Этал» (Украина), Schneider Electric (Франция), General Electric (США), Moeller (Германия), Chint Group Co (Китай).

Наиболее общим и распространенным требованием, которое предъявляет потребитель при выборе МП, является величина коммутируемого тока, и по этому параметру МП указанных выше производителей можно разделить на несколько групп:

а) в первую группу входят МП с токами (речь идет о предельных значениях токов) до 100 А, и сюда относятся МП серии ПМЛ на токи 10÷80 А, серии ПМУ на токи 9÷95 А;

б) вторая группа – МП с токами до 400 А, представителями которой являются МП серии ПМА на токи 40÷160 А, серии ПМ12 на токи 10÷250 А (Россия) и зарубежные магнитные пускатели Chint Group Co серии NC1 и NC3 на токи 9÷370 А;

с) третью группу образуют МП с токами до 1000 А, представителями которой являются МП фирмы Moeller серии DIL на токи 20÷855 А;

д) четвертую группу образуют МП с токами выше 1000 А, куда относятся МП GE Power Controls серии CL и СК на токи 25÷1250 А и МП ЧЭАЗ-Benedikt на токи 10÷1200 А.

Помимо прочего, для коммутации токов от 100 А до 1000 А российские производители предлагают контакторы серии КТ-6000, МК6 и вакуумные контакторы серии KB1 и КТ12 для общепромышленного использования. В табл. 1 представлены показатели МП первой группы, как наиболее массовой.

Для приведенных на рис. 1 МП, относящихся к 1, 2, 3 и 4 группам, соответствующие им показатели представлены в табл. 1.

Анализ характеристик (см. табл. 1) показывает, что все МП имеют практически совпадающие параметры (отличия несущественны). При этом, как правило, при выборе МП ориентируется на два основополагающих показателя: режим работы и мощность нагрузки. Однако при жестких ограничениях на размеры, предпочтение следует отдать МП № 7 и № 5, габариты которых почти в полтора раза меньше, чем у остальных, при прочих равных параметрах.



Рис. 1 Магнитные пускатели 1 ÷ 4 группы отечественных и импортных производителей

Таблица 1

Номер МП	№1	№2	№3	№4	№5	№6	№7
Номенклатура МП	ПМ12-025	ПМЛ-2000А	ПМУ25	NC1-25	DILOAM	CLO3A	К3-24А00
Ток, А	25	25	25	25	22,5	25	24
Мощность двигателя, кВт	-	11	11	11	11	11	11
Мощность, потребляемая катушками при включении, ВА	74-100	74-100	90	110	100	88	90-115
Мощность, потребляемая катушками при удержании, ВА	6,1-8,9	6,2-9	7,5	11	10	9	9-13
Механическая износостойкость, частота включений в час	3600	3600	3600	3600	9000	9000	7000
Общий ресурс, млн. циклов	20	16	16	10	10	15	10
Коммутационная износостойкость, частота включений в час	1200	1200	-	1200	1000	1200	600
Время срабатывания: замыкание, мс	17-27	17-27	15-24	-	9-19	10-19	10-25
Время срабатывания: размыкание, мс	-	-	5-19	-	5-13	5-25	8-15
Минимальная вкл. способность: напряжение В, / ток А	24/10	-/-	17/5	-/-	-/-	17/5	-/-
Габариты, В×Ш×L, мм	76×53×92	77×66×89	84×56×93	86×57×95	91×45×79	87×55×98	74×45×88
Масса, кг	0,49	0,533	0,53	-	0,42	0,49	0,48

По мощности, потребляемой катушками при включении, наиболее экономичным является МП № 6, при этом экономия составляет от 13 до 30%. По общему ресурсу работы предпочтение следует отдать МП № 1, 2, 3, 6. По ориентировочной стоимости лидируют МП № 1 и № 2, так как стоимость остальных МП существенно выше.

Необходимо отметить, что на практике, особенно при использовании МП в системах АСУ, предпочтение отдается импортным аппаратам, т.к. их вспомогательные контакты обеспечивают так называемый «сухой контакт», используемый в устройствах микропроцессорной техники.

Помимо этого, к несомненным преимуществам импортных МП следует отнести:

- исполнение МП с катушками постоянного тока (исключение составляет ОАО «ВНИИР», которое поставляет пускатели ПМ12 с катушками постоянного тока);

- очень широкий набор не только типовых аксессуаров для МП (вспомогательные контактные блоки, тепловые реле, ограничители перенапряжений), но и всевозможных приспособлений, значительно упрощающих монтаж и обслуживание аппаратов.

Учитывая тот факт, что бесперебойная работа электрического двигателя в значительной степени зависит от надежности МП, заслуживает отдельного рассмотрения такой важный показатель надежности, как коэффициент технической готовности. Этот показатель учитывает не только интенсивность отказов, но и время, требуемое для восстановления работоспособности МП, характеризуя вероятность того, что в нужный момент аппарат сработает и система выполнит требуемые задачи. Для большинства МП, приведенных в табл. 1, производители не указывают в технических характеристиках изделия такие показатели, как среднее время наработки на отказ или частоту отказов. Однако накопленные статистические данные работы указанных выше серий МП позволяют получить следующие осредненные данные по коэффициенту готовности: для МП российского производства № № 1, 3, 7 (табл. 1) коэффициент готовности равен 0,9905, для МП украинского производства № 2 – 0,9812, а для импортных МП №№ 4, 5, 6 – 0,9383. Таким образом, на объектах повышенной важности, где требуется высокая надежность, целесообразнее применять МП №№ 1,3,7.

С учетом исключительно широкого распространения МП большое значение приобретает снижение мощности, потребляемой ими. В электромагнитном пускателе мощность расходуется в электромагните и тепловом реле. Потери в электромагните составляют примерно 60%, в тепловых реле – 40%. С целью снижения потерь в электромагните применяется холоднокатаная сталь Э-310. МП серии ПМЛ и ПМ12 обладают коммутационной способностью до  $20 \cdot 10^6$  операций и частотой включений до 1200 в час (табл. 1). Выбор МП осуществляется по номинальному напряжению сети, номинальному напряжению питания катушек и номинальному коммутируемому току электроприемника.

Допускается МП выбирать по «величине пускателя»: 1 величина – 10А, 4,5 кВт; 2 величина – 25А, 11 кВт; 3 величина – 40А, 18 кВт; 4 величина – 63А, 30 кВт; 5 величина – 100А, 45 кВт; 6 величина – 160А, 75 кВт; 7 величина – 250А, 110 кВт.

Это термин характеризует допустимый ток МП через силовые контакты при напряжении 380 Вольт и в режиме работы пускателя АС-3.

Категории применения МП: АС-1 – нагрузка МП активная или мало индуктивная; АС-3 – режим прямого пуска двигателя с короткозамкнутым ротором, отключение вращающегося двигателя; АС-4 – пуск электродвигателя с короткозамкнутым ротором, отключение неподвижных или медленно вращающихся двигателей, торможение противотоком.

На корпусах МП указываются все необходимые параметры. Это позволяет во время монтажа проверять соответствие монтируемого МП для конкретной схемы. У импортных МП указывается в качестве основного параметра не «величина пускателя», а мощность, на которую в различных условиях рассчитан МП. Чаще это оказывается удобней при выборе нужного МП.

Конструкция многих МП предусматривает возможность быстрого навесного монтажа на них: дополнительных нормально замкнутых или нормально разомкнутых контактов; реле задержек ON или OFF со временем задержки до 160 с; тепловых реле.

Электромагнитные пускатели серии ПМЛ предназначены для дистанционного пуска непосредственным подключением к сети, остановки и реверсирования трехфазных асинхронных электродвигателей с короткозамкнутым ротором при напряжении до 660 В переменного тока

частотой 50 Гц, а в исполнении с трехполюсными тепловыми реле серии РТЛ – для защиты управляемых электродвигателей от перегрузок недопустимой продолжительности и от токов, возникающих при обрыве одной из фаз. МП могут комплектоваться ограничителями перенапряжений типа ОПН. При такой комплектации МП пригодны для работы в системах управления с применением микропроцессорной техники при шунтировании включающей катушки помехоподавляющим устройством или при тиристорном управлении. Номинальное переменное напряжение включающих катушек: 24, 36, 40, 48, 110, 127, 220, 230, 240, 380, 400, 415, 500, 660 В частоты 50 Гц и 110, 220, 380, 400, 415, 440 В частоты 60 Гц. МП типа ПМЛ на токи 10...63 А имеют прямоходовую магнитную систему Ш-образного типа. Контактная система расположена перед магнитной. Подвижная часть электромагнита составляет одно целое с траверсой, в которой предусмотрены подвижные контакты и их пружины. Тепловые реле серии РТЛ подсоединяются непосредственно к корпусам пускателей.

Структура маркировки МП типа ПМЛ.

ПМЛ-Х1 Х2 Х3 Х4 Х5 Х6 Х7 Х8:

ПМЛ – серия электромагнитных пускателей

Х1 – величина пускателя по номинальному току

1 – 10 (16)А; 2 – 25А; 3 – 40А; 4 – 63 (80)А; 5 – 125А; 6 – 160А; 7 – 250А.

Х2 – исполнение МП по назначению и наличию теплового реле

1 – нереверсивный МП без теплового реле;

2 – нереверсивный МП с тепловым реле;

5 – реверсивный МП без теплового реле с механической блокировкой для степени защиты IP00, IP20 и с электрической и механической блокировками для степени защиты IP40, IP54;

6 – реверсивный МП с тепловым реле с электрической и механической блокировками;

7 – МП со схемой звезда-треугольник степени защиты IP54 (МП для трехфазного асинхронного двигателя, в пусковом положении которого обмотки статора соединяются звездой, а в рабочем положении – треугольником).

Х3 – исполнение МП по степени защиты и наличию кнопок управления и сигнальной лампы

0 – IP00; 1 – IP54 без кнопок; 2 – IP54 с кнопками «Пуск» и «Стоп»;



3 – IP54 с кнопками «Пуск», «Стоп» и сигнальной лампой (изготавливается только на напряжения 127, 220 и 380 В, 50 Гц);

4 – IP40 без кнопок; 5 – IP40 с кнопками «Пуск» и «Стоп»; 6 – IP20.

X4 – число и вид контактов вспомогательной цепи

0 – 1з (на ток 10 и 25 А), 1з + 1р (на ток 40 и 63 А), переменный ток;

1 – 1р (на ток 10 и 25 А), переменный ток;

2 – 1з (на ток 10, 25, 40 и 63 А), переменный ток;

5 – 1з (на 10 и 25 А), постоянный ток;

6 – 1р (на ток 10 и 25 А), постоянный ток).

X5 – сейсмостойкое исполнение МП (С)

X6 – исполнение МП с креплением на стандартные рейки P2-1 и P2-3;

X7 – климатическое исполнение (О) и категория размещения (2, 4)

X8 – исполнение по коммутационной износостойкости (А, Б, В).

МП серии ПМЛ (рис. 2) состоят из неподвижной части (рис. 2, поз. 2), закрепленной в основании, и подвижной части (рис. 2, поз. 3) с контактами для коммутации силовой цепи. Управление работой МП осуществляется

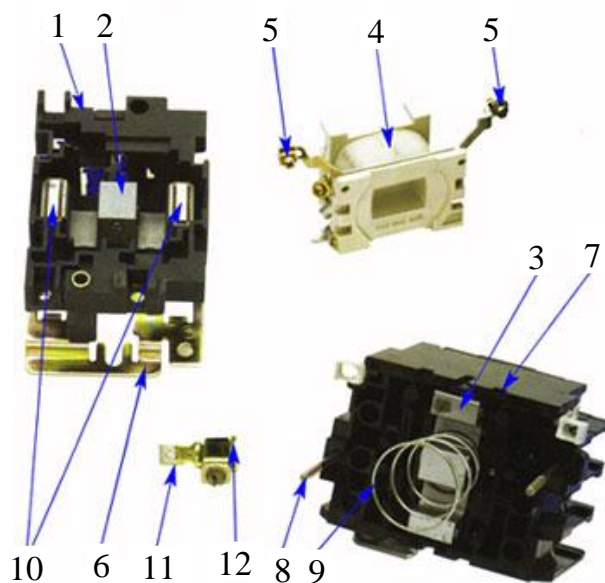


Рис. 2. Конструкция электромагнитного пускателя серии ПМЛ:

1 – основание из термостойкой пластмассы; 2 – неподвижная часть магнитопровода; 3 – подвижная часть магнитопровода; 4 – электромагнитная катушка управления; 5 – контактные зажимы; 6 – металлическая платформа (для пускателей номиналом свыше 25 А); 7 – траверса с подвижными контактами; 8 – крепежный винт; 9 – возвратная пружина; 10 – алюминиевые кольца; 11 – неподвижный контакт; 12 – зажим с насечкой для фиксации проводника.

с помощью электромагнитной катушки управления (рис. 2, поз. 4), расположенной на среднем стержне неподвижной части Ш-образного магнитопровода.

Под воздействием электромагнитного поля втягивающей катушки (рис. 2, поз. 4), возникающего при протекании через нее тока, происходит смыкание двух частей магнитопровода (рис. 2, поз. 3, 4) с преодолением сопротивления возвратной пружины (рис. 2, поз. 9), а также пружин подвижных контактов. При этом контакты смыкаются и происходит коммутация устройства.

На МП можно установить 2-контактную или 4-контактную приставку с различным набором размыкающих и замыкающих контактов. Контактные приставки (КП) механически соединяются с МП со стороны входных зажимов (сверху) и фиксируются над траверсой МП. Способ крепления обеспечивает жесткую и надежную связь между КП и МП.



Контактная приставка серии ПКЛ (рис. 3) предназначена для увеличения количества вспомогательных контактов в схемах управления электроприводами до 440В постоянного тока и до 660В переменного тока частотой 50 и 60Гц. КП устанавливаются на МП серий ПМЛ-1000...ПМЛ-4000 и на промежуточные реле серии РПЛ.

Рис. 3 Структура условного обозначения КП серии ПКЛ

ПКЛ- X1 X2 X3 X4 4 X5:

ПКЛ – условное обозначение серии

X1 – количество замыкающих контактов (0; 1; 2; 4)

X2 – количество размыкающих контактов (0; 1; 2; 4)

X3 – исполнение приставки по степени защиты:

М – исполнение со степенью защиты IP20;

Отсутствие буквы означает приставку со степенью защиты IP00

X4 – климатическое исполнение О, ОМ по ГОСТ 15150-69

4 – категория размещения 4 по ГОСТ 15150-69

X5 – Исполнение по коммутационной износостойкости в режиме нормальных коммутаций:

А –  $3 \cdot 10^6$  циклов; Б –  $1,6 \cdot 10^6$  циклов.



Реле промежуточные (РП) серии РПЛ (рис. 4) предназначены для применения в качестве комплектующих изделий в стационарных установках, в основном в схемах управления электроприводами при напряжении до 440В постоянного тока и до 660В переменного тока частотой 50 и 60 Гц. Реле пригодны для работы в системах управления с применением микропроцессорной техники при шунтировании втягивающей катушки ограничителем ОПН

Рис. 4 или при тиристорном управлении. При необходимости, на РП может быть установлена одна из приставок ПКЛ или ПВЛ. РП исполнения М допускают также установку одной или двух приставок боковых ПКБ. Номинальный ток контактов 16А.

Структура условного обозначения РП серии РПЛ

РПЛ- X1 X2 X3 X4 X5 4 X6:

РПЛ – условное обозначение серии;

X1 – исполнение реле по роду тока цепи управления:

1 – с управлением на переменном токе.

X2 – количество замыкающих контактов;

X3 – количество размыкающих контактов;

X4 – исполнение приставки по степени защиты:

М – исполнение со степенью защиты IP20;

Отсутствие буквы означает приставку со степенью защиты IP00.

X5 – климатическое исполнение О, ОМ по ГОСТ 15150-69;

4 – категория размещения 4 по ГОСТ 15150-69;

X6 – Исполнение по коммутационной износостойкости в режиме нормальных коммутаций: А –  $3 \cdot 10^6$  циклов; Б –  $1,6 \cdot 10^6$  циклов.

Приставка памяти ППЛ-04 превращает РП серии РПЛ в двустабильное. Она состоит из электромагнита и защелки, которая позволяет удерживать контактную систему реле во включенном положении после обесточивания обмотки реле. При подаче напряжения на обмотку приставки памяти происходит освобождение защелки, и РП возвращается в состояние, соответствующее начальному состоянию одностабильного РП.

Приставки выдержки времени пневматические серии ПВЛ (рис. 5) или просто «приставка» предназначены для создания выдержки времени при включении или отключении МП. Приставки могут устанавливаться



Рис. 5

только на реле РП серии РПЛ и на МП серии ПМЛ-1000...ПМЛ-4000.

Приставка устанавливается сверху МП, скользя по направляющим до упора, при этом защелка приставки своими выступами заходит за выступы на корпусе МП. Способ крепления обеспечивает жесткую и надежную связь между приставкой и МП.

Приставки серии ПВЛ выпускаются: с диапазоном выдержек времени от 0,1 до 15 с, от 0,1 до 30 с, от 10 до 100 с и от 10 до 180 с; со степенью защиты IP00 и IP20, в двух исполнениях по износостойкости: А –  $3 \cdot 10^6$  циклов; Б –  $1,6 \cdot 10^6$  циклов. Для увеличения количества вспомогательных контактов цепи управления МП (при установленной приставке серии ПВЛ) применяется приставка бокового крепления серии ПКБ. Основные характеристики приставок серии ПВЛ приведены в табл. 2.

Таблица 2

Тип приставки	Диапазон выдержки времени, с	Род выдержки времени	Количество и тип контактов	Номинальный ток контактов, А		
ПВЛ-1104	0,1 ... 30	При включении	1 замыкающий и 1 размыкающий	10		
ПВЛ-1204	10 ... 180					
ПВЛ-1304	0,1 ... 15					
ПВЛ-1404	10 ... 100					
ПВЛ-2104	0,1 ... 30	При отключении			1 замыкающий и 1 размыкающий	10
ПВЛ-2204	10 ... 180					
ПВЛ-2304	0,1 ... 15					
ПВЛ-2404	10 ... 100					

Реле серии РТЛ (далее «реле») предназначены для защиты трехфазных асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором от токов перегрузок недопустимой продолжительности, в том числе возникающих от асимметрии токов в фазах и от выпадения одной из фаз.

Реле могут крепиться непосредственно к МП серии ПМЛ или устанавливаться индивидуально на рейке или крепиться винтами к панели. Индивидуальная установка реле осуществляется с помощью клеммников типа КРЛ (до 100А).

На токи до 93 А используются реле РТЛ-1000, 2000, 2000Д.

Габаритные и установочные размеры реле типа РТЛ-1000 и РТЛ-2000 приведены на рис. 6.

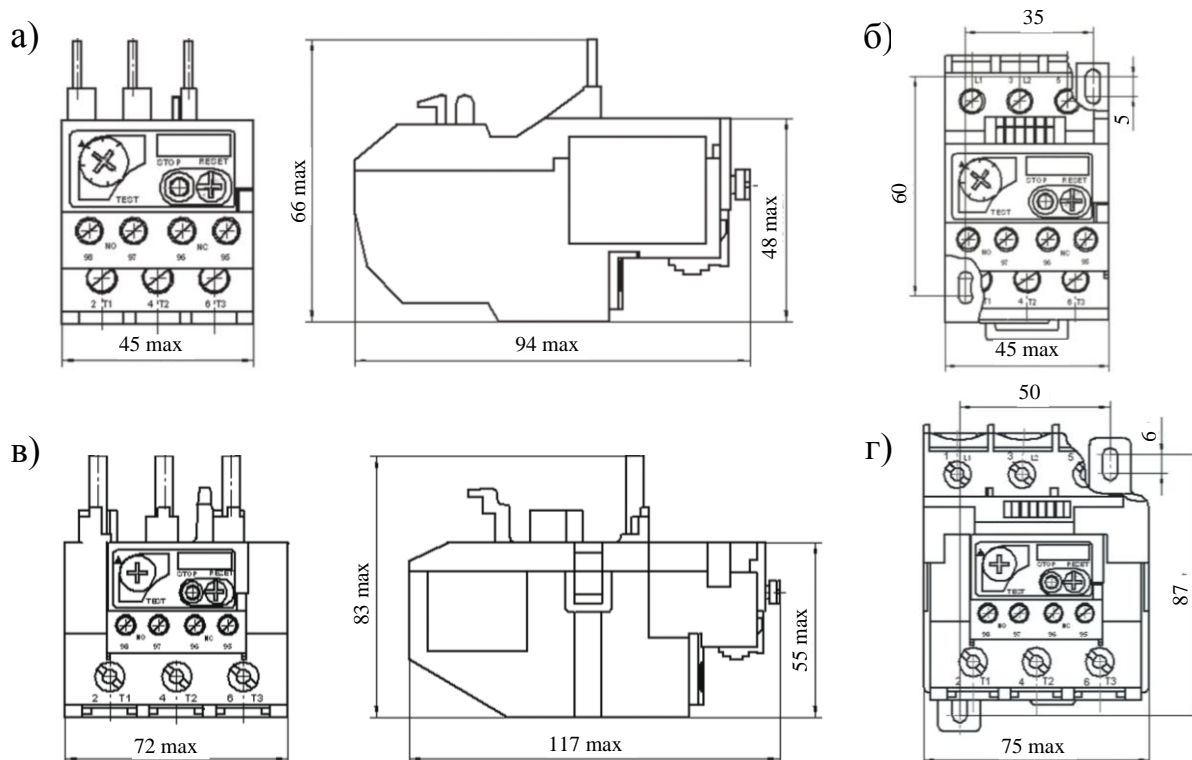


Рис. 6. Габаритные размеры реле типа РТЛ: а) РТЛ-1000 и в) РТЛ-2000 – для подсоединения к контактору; б) РТЛ-1000 и г) РТЛ-2000 – для индивидуальной установки с клеммником типа КРЛ-1и 2, соответственно

Структура условного обозначения реле серии РТЛ

РТЛ- X1 XXX2 X3 X4 X5 X6 4:

РТЛ – буквенное обозначение серии реле

X1– цифра, обозначающая номинальный ток реле:

1 – исполнение на токи до 25А; 2 – исполнение на токи до 93А.

XXX2 – цифры, обозначающие диапазон токов уставки (см. табл. 3).

X3 – исполнение реле с уменьшенными габаритными размерами:

Д – буква, обозначающая исполнение реле РТЛ-2000 для установки с магнитными пускателями ПМЛ-4160ДМ, ПМЛ-4560ДМ;

К – буква, обозначающая исполнение реле РТЛ-2000 для установки с магнитными пускателями ПМЛ-3000Д;

М – буква, обозначающая исполнение реле со степенью защиты контактных зажимов IP20 по ГОСТ 14255-69.

X4 – способ возврата реле: 1 – ручной возврат; 2 – самовозврат.

X5 – класс расцепления: В – класс расцепления 10, отсутствие буквы – класс расцепления 10А.

X6 – климатическое исполнение О, ОМ по ГОСТ 15150-69;

4 – категория размещения 4 по ГОСТ 15150-69.

Допускается эксплуатация реле при встройке в оболочку МП или комплектного устройства для исполнения УХЛЗ.

Основные характеристики реле серии РТЛ приведены в табл. 3.

Таблица 3

Номинальный ток пускателя, А	Тип реле	Пределы регулирования тока несрабатывания, А	Номинальное напряжение, В	Мощность потребляемая одним полюсом, Вт	Мощность электродвигателя, кВт. при напряжении, В. 50Гц, 60Гц				
					220	380	440	500	660
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
10	РТЛ100104	0,1-0,17	660	2,15	-	-	-	-	-
	РТЛ100204	0,16-0,26		2,25	-	-	-	-	-
16	РТЛ100304	0,24-0,4		2,05	-	-	-	-	-
	РТЛ100404	0,38-0,65		1,99	-	-	-	-	0,37
	РТЛ100504	0,61-1,0		2,0	-	-	-	0,37	0,75
	РТЛ100604	0,95-1,6		2,0	-	0,37	-	0,75	1,1
	РТЛ100704	1,5-2,6		1,80	0,37	0,75	0,75	1,1	1,5
	РТЛ100804	2,4-4,0		1,87	0,75	1,5	1,5	2,0	3,0
	РТЛ101004	3,8-6,0		1,84	1,1	2,2	2,2	3,0	4,0
	РТЛ101204	5,5-8,0		1,68	1,8	3,0	3,0	4,0	5,5
	РТЛ101404	7,0-10,0		1,75	2,2	4,0	3,7	5,5	7,5
	РТЛ101604	9,5-14,0		3,0	3,0	5,5	5,5	7,5	10
РТЛ102104	13,0-19,0	3,0		4,0	7,5	7,5	10	15	
25	РТЛ101604	9,5-14,0		3,0	3,0	5,5	5,5	7,5	10
	РТЛ102104	13,0-19,0		3,0	4,0	7,5	7,5	10	15
	РТЛ102204	18-25		3,0	5,5	11	11	15	18,5
40	РТЛ205304	23-32	2,43	7,5	15	15	18,5	22	
	РТЛ205504	30-41	3,03	10	18,5	18,5	22	30	
	РТЛ2053К	23-32	2,43	7,5	15	15	18,5	22	
	РТЛ2055К	30-41	3,03	10	18,5	18,5	22	30	
63	РТЛ205504	30-41	3,03	10	18,5	18,5	22	30	
	РТЛ205704	38-52	3,30	11	22	25	30	37	
	РТЛ205904	47-64	3,69	15	25	30	37	45	
	РТЛ206104	54-74	4,38	18,5	30	37	45	55	
80	РТЛ206104	54-74	4,38	18,5	30	37	45	55	
	РТЛ206304	63-86	5,62	22	37	45	50	76	
	РТЛ2061ДМ04	54-74	4,38	18,5	30	37	45	55	
	РТЛ2063ДМ04	63-86	5,62	22	37	45	50	70	



Рис. 7

По аналогии с реле серии РТЛ реле электротепловые серий РТЛ-М и РТЛ-М2 (рис. 7) предназначены, в первую очередь, для защиты от перегрузки асинхронных электродвигателей с короткозамкнутым ротором и используются совместно с контакторами ПМЛ и ПМЛ-Н в составе пускателей магнитных. Реле изготавливаются в двух габаритах, используемых с соответствующей группой контакторов.

Корпус выполнен из термостойкой литевой пластической массы и состоит из основания и крышки. Конструкция реле – «насыпная» и в основание при сборке закладывают заранее заготовленные функциональные узлы: термобиметаллические пластинчатые нагреватели с приваренными к ним жесткими выводами для подключения к контактору и выходным зажимам, рейку сброса, механизм управления с мостиковыми контактами цепей «вторичной» коммутации. В конструкцию реле заложен механизм ускорения срабатывания при резких перегрузках, что дает возможность практически исключить выход из строя защищаемого электродвигателя при внезапном заклинивании ротора или разрушении подшипников. Все исполнения реле имеют регулирование по току срабатывания, что дает возможность точно выставить уставку под конкретного потребителя (электропривод, технологическая установка и т.д.).

Серия РТЛ-М перекрывает диапазон токов 0,1÷80 А и имеет 20 исполнений, несколько проще конструктивно, чем РТЛ-М2, т.к. не имеет переключателя «Ручной-Автоматический» (рис. 8) возврата в исходное состояние после срабатывания.

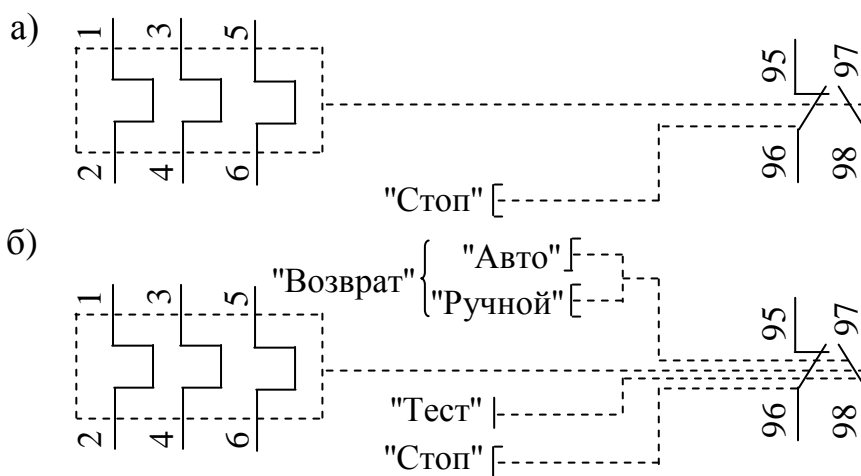


Рис. 8. Электрическая схема соединений реле РТЛ-М и РТЛ-М2:

а) – РТЛ 1001- М ÷ РТЛ 2063- М; б) – РТЛ 1001- М2 ÷ РТЛ 2065- М2;

Серия РТЛ-М2 перекрывает диапазон токов  $0,1 \div 93$  А и имеет 21 исполнение.

Преимущества реле РТЛ-М и РТЛ-М2:

- реле фиксируются с помощью специального выступа и жестких выводов силового присоединения непосредственно МП;
- серии выполнены в двух габаритах: габарит 1 стыкуется с МП серии ПМЛ на ток до 25А, габарит 2 – для МП на ток от  $40 \div 95$ А;
- наличие двух групп свободных контактов: 95-96 – на размыкание, 97-98 – на замыкание;
- два режима возврата механизма реле в исходное состояние после остывания термобиметаллических нагревателей: ручной – кнопкой «Reset», автоматический;
- наличие механизма ускорения на 40% срабатывания при больших токах перегрузки или перекосе фаз с элементами термокомпенсации;
- возможность пломбирования реле после настройки под рабочие параметры защищаемого оборудования.

Тепловые реле перегрузки серии РТЛ.У торговой марки Telemecanique компании Schneider Electric разработаны для защиты цепей переменного тока и электродвигателей от перегрузки, асимметрии фаз, затянутого пуска и заклинивания ротора и могут устанавливаться непосредственно под МП серии ПМУ (рис. 9).

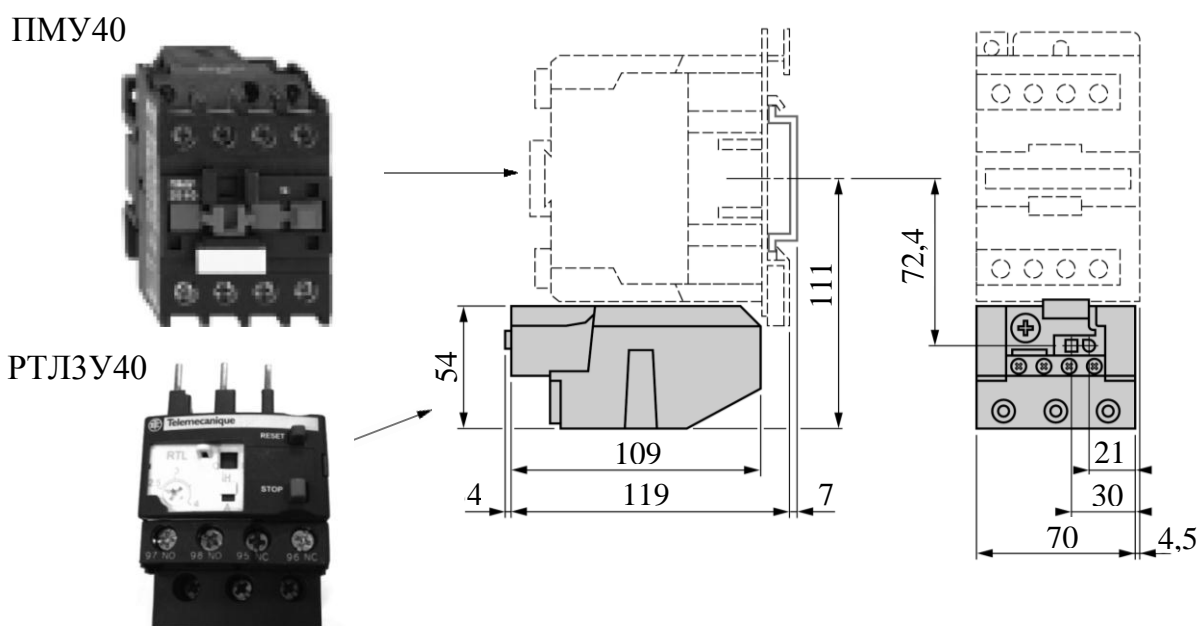


Рис. 9. Пример установки реле РТЛ3У непосредственно на МП типа ПМУ40



Реле типа: РТЛ1У перекрывают диапазон токов  $0,1 \div 25$  А и имеет 14 исполнений; РТЛ2У перекрывают диапазон токов  $23 \div 40$  А и имеет 3 исполнения; РТЛ3У перекрывают диапазон токов  $17 \div 104$  А и имеет 7 исполнений и РТЛ4У перекрывают диапазон токов  $51 \div 630$  А и имеет 10 исполнений.

Среднее время срабатывания в зависимости от кратности тока уставки для реле серии РТЛ.У приведено на рис. 10.

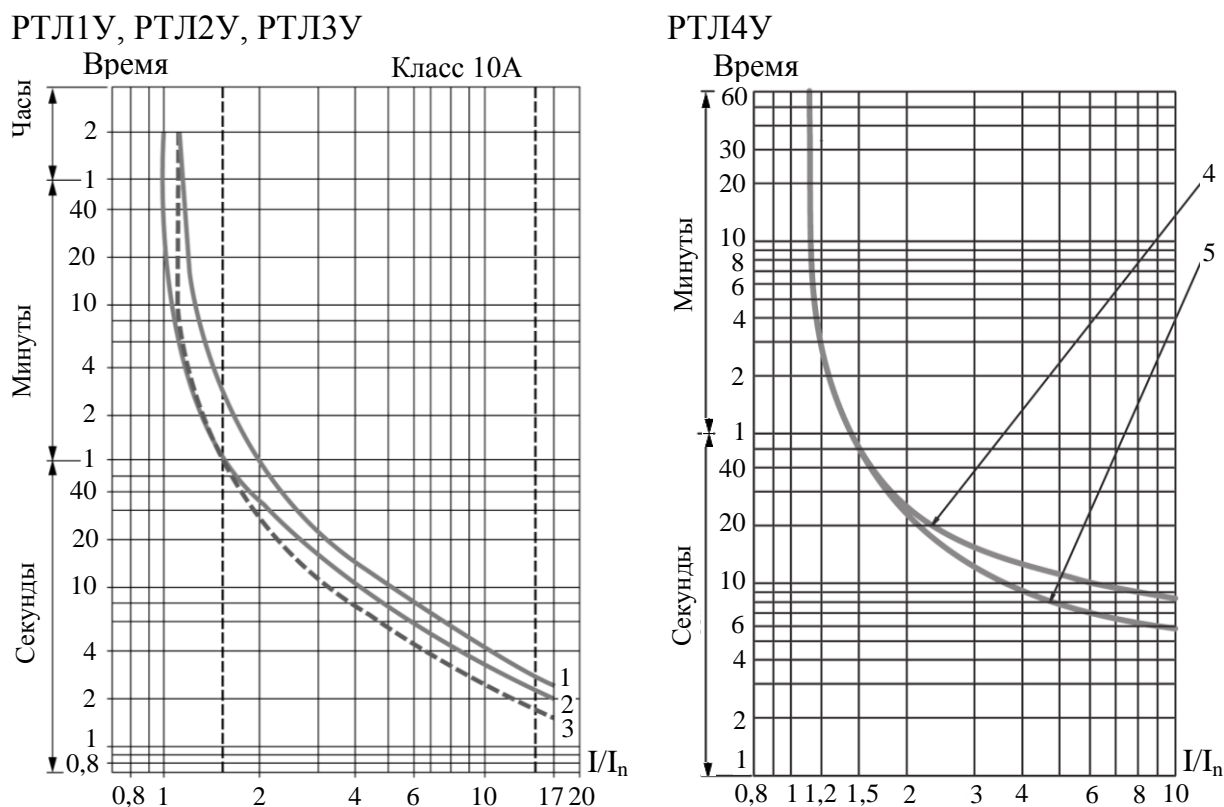


Рис. 10. Характеристики срабатывания защиты реле типа РТЛ1У, РТЛ2У, РТЛ3У и РТЛ4У: 1 – симметричный трехфазный режим из холодного состояния; 2 – симметричный двухфазный режим из холодного состояния; 3 – симметричный трехфазный режим после длительного протекания тока, равного току уставки (горячее состояние); 4 – три фазы из горячего состояния (максимальная уставка); 5 – три фазы из горячего состояния (минимальная уставка).

Преимущества реле серии РТЛ.У:

- реле имеют встроенную защиту от обрыва или пропадания фазы, заклинивания ротора в виде механической системы «коромысел»;
- реле имеют два режима: ручной (взвод реле по нажатию кнопки) и автоматический (самопроизвольный взвод реле после остывания биметаллических пластин);

- в реле есть функция «Тестирование» (имитация срабатывания теплового реле без перегрузки);
- токовые уставки выставляются поворотом диска. Диск закрывается прозрачной крышкой, которая может быть опломбирована;
- реле РТЛ1У...РТЛ3У имеют подвижные контактные выводы, что позволяет легко подключать их к разным типоразмерам МП типа ПМУ09...95 без использования дополнительных инструментов;
- реле РТЛ4У крепится отдельно от контактора. Электрическое соединение осуществляется с помощью проводов.

Для изменения уставок реле серии РТЛ.У необходимо открыть прозрачную крышку (рис. 11, поз. 1) над диском регулировки установок. Установить ток уставки в амперах вращением диска (рис. 11, поз. 1).

Для изменения режима повторного взвода необходимо предварительно открыть прозрачную крышку и осуществить поворот синего переключателя «СБРОС» (рис. 11, поз. 4):

- поворот влево (рис. 12, а) – ручной повторный взвод;
- поворот вправо (рис. 12, б) – автоматический повторный взвод.

Переключатель «СБРОС» остается в положении автоматического повторного взвода до принудительного возврата в положение ручного повторного взвода. При закрытии крышки переключатель блокируется. Ручной повторный взвод осуществляется нажатием на синюю кнопку «СБРОС».

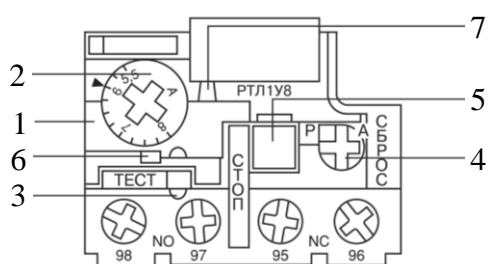


Рис. 11. Панель уставок реле серии РТЛ.У

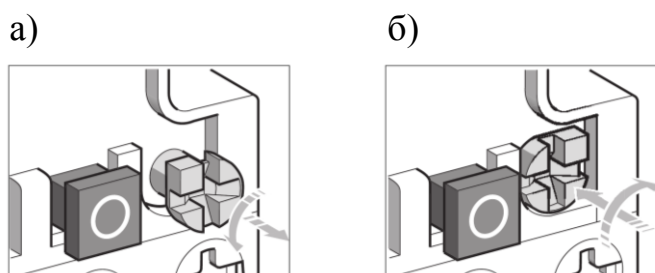


Рис. 12. Выбор автоматического или ручного повторного взвода

Функция "Остановка" приводится в действие нажатием красной кнопки «СТОП» (рис. 11, поз. 5). Нажатие кнопки «СТОП» (рис. 13, а):

- изменяет состояние нормально открытого (НО) контакта;
- не изменяет состояние нормально закрытого (НЗ) контакта.

Кнопка «СТОП» может блокироваться U-образной скобой (рис. 13, б). При закрытии крышки устройство блокируется.

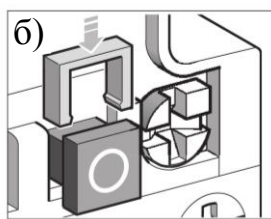
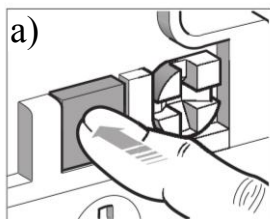


Рис. 13. Функция "Остановка" реле серии РТЛ.У

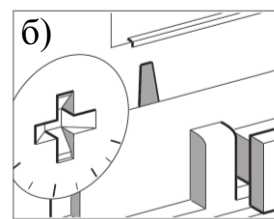
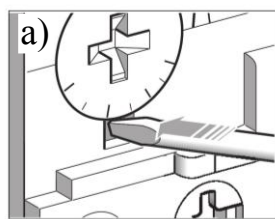


Рис. 14. Функция "Тестирование" реле серии РТЛ.У

Функция "Тестирование" приводится в действие нажатием отверткой на красную кнопку «ТЕСТ» (рис. 11, поз. 6). Нажатие кнопки «ТЕСТ» (рис. 14, а) имитирует срабатывание реле при перегрузке и:

- изменяет положение НО и НЗ контактов;
- изменяет положение (рис. 14, б) индикатора срабатывания реле (рис. 11, поз. 7).

Тепловые реле перегрузки типа LRD и LR97 серии D торговой марки Telemecanique разработаны для защиты цепей переменного тока и электродвигателей (с номинальным током  $0,1 \div 150$  А) от перегрузки, асимметрии фаз, затянутого пуска и заклинивания ротора и могут устанавливаться непосредственно под МП типа LC1: LC – обозначение основного модуля контактора серии Tesys, 1 – нереверсивный контактор.

Реле класса 10А типа: LRD-01...35 (№ по каталогу) перекрывают диапазон токов  $0,1 \div 38$  А и имеет 16 исполнений; LRD-3322...3365 перекрывают диапазон токов  $17 \div 104$  А и имеет 8 исполнений; LRD-4365...4369 перекрывают диапазон токов  $80 \div 140$  А и имеет 3 исполнения.

Комплект для монтажа (рис. 15, а, поз.1) предназначен для прямого присоединения НЗ контакта реле LRD (рис. 15, а, поз.2) к МП типа LC1 (рис. 15, а, поз.3).

Клеммный блок (рис. 15, б, поз. 1) предназначен для монтажа реле LRD (рис. 15, б, поз. 2) на 35 мм рейке или винтового присоединения к монтажной плате (рис. 15, б, поз. 3) с посадочным размером 110 мм. Конструкция реле позволяет устанавливать устройство для удаленного отключения или электрического возврата (рис. 15, б, поз. 4), а также устройство для удаленного включения или электрического возврата (рис. 15,

б, поз. 5). Кроме того, на лицевую панель реле можно установить блокировку (рис. 15, б, поз. 6) кнопки "Стоп".

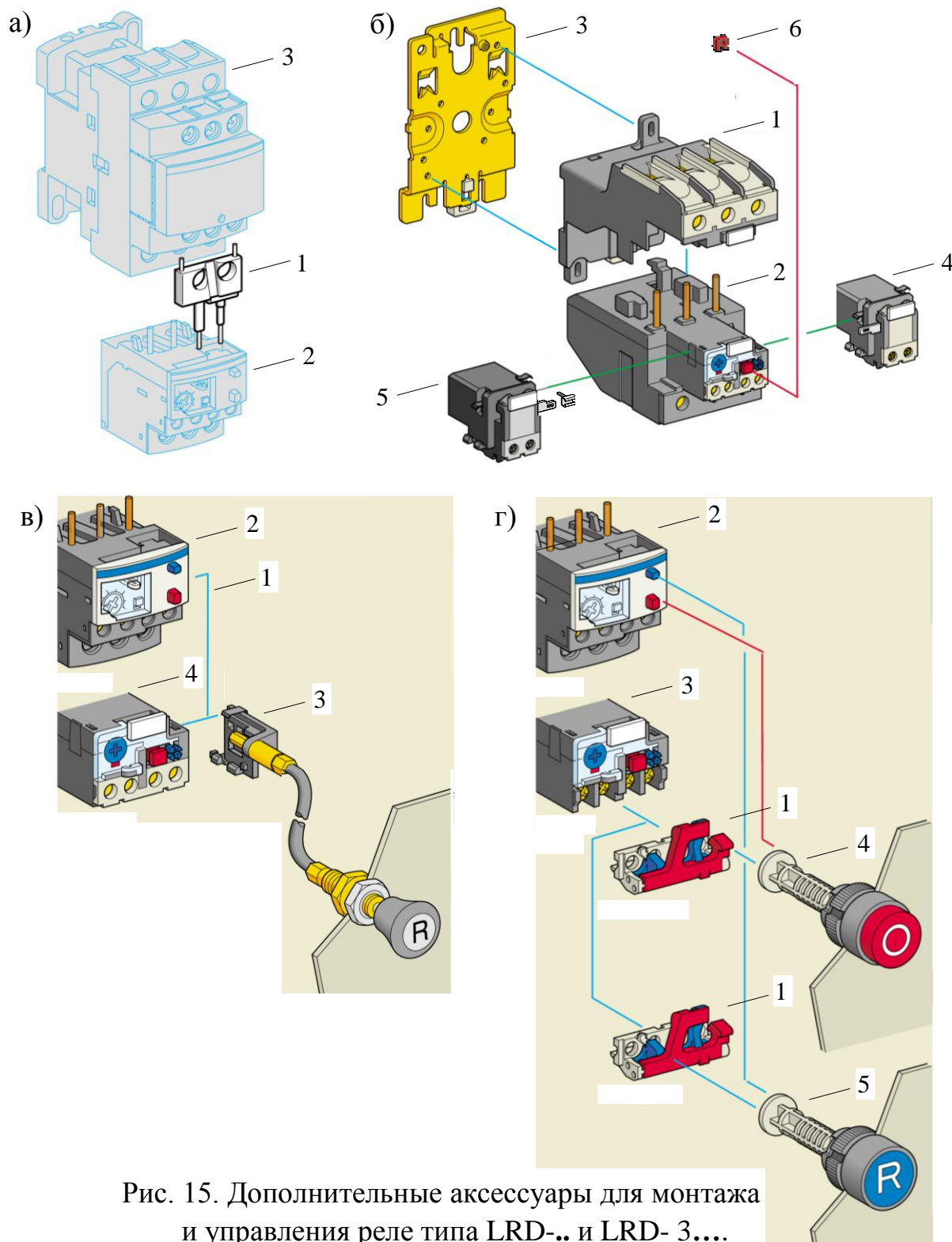


Рис. 15. Дополнительные аксессуары для монтажа и управления реле типа LRD-.. и LRD- 3....

С помощью гибких проводников LAD-7305 (рис. 15, в, поз. 1) для реле типа LRD-.. (рис. 15, в, поз. 2) и LA7-D305 (рис. 15, в, поз. 3) для реле LRD- 3... (рис. 15, в, поз. 4) можно осуществлять удаленное управление функцией "Возврат".

Переходное устройство для механизма блокировки двери (рис. 15, г, поз. 1) позволяет осуществлять удаленное управление реле типа LRD-.. (рис. 15, г, поз. 2) и LRD- 3... (рис. 15, г, поз. 3) с помощью рукоятки с пружинным возвратом для кнопки "Стоп" (рис. 15, г, поз. 4) и / или для кнопки "Возврат" (рис. 15, г, поз. 5).

Среднее время срабатывания в зависимости от кратности тока уставки для трехполюсного теплового реле перегрузки серии D типа LRD приведено на рис. 16.

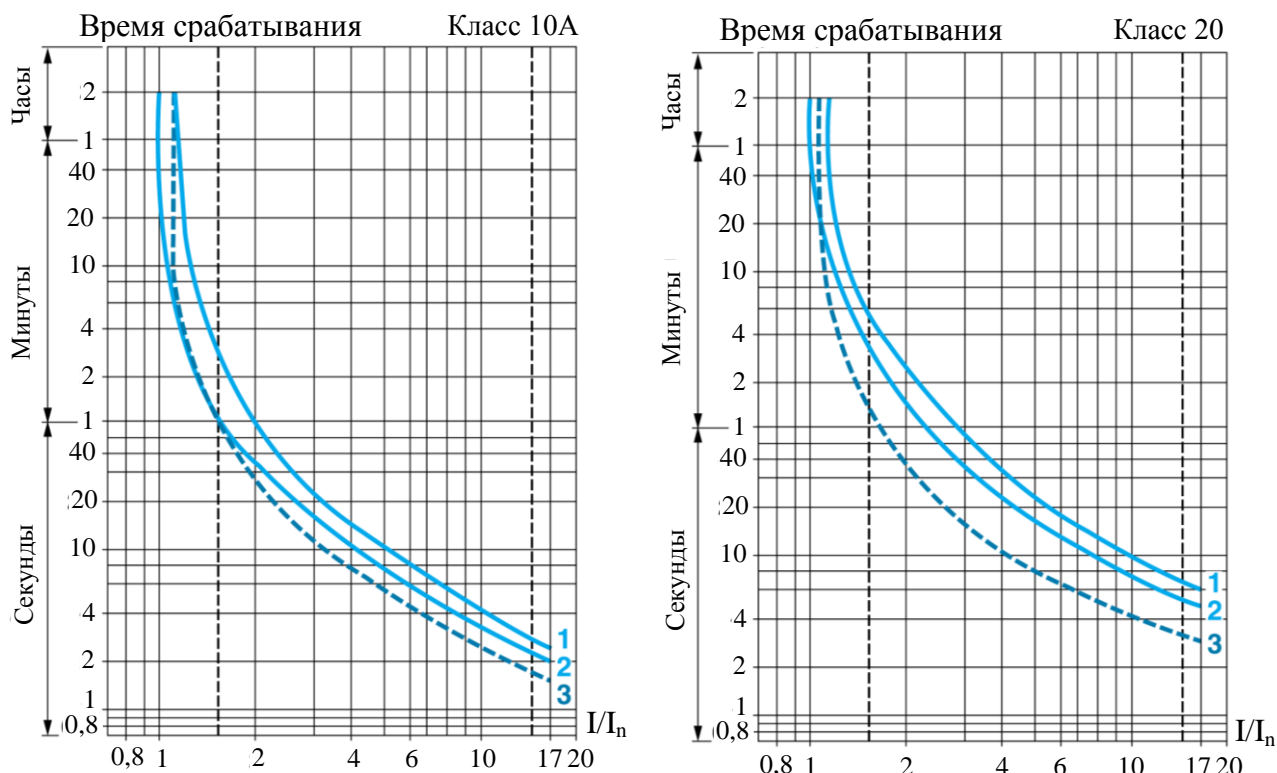


Рис. 16. Характеристики срабатывания защиты реле типа LRD:  
 1 – симметричная нагрузка, 3 фазы, из холодного состояния;  
 2 – симметричная нагрузка, 2 фазы, из холодного состояния;  
 3 – симметричная нагрузка, 3 фазы, при длительном протекании установленного тока (из горячего состояния).

Электронное реле перегрузки по току LR97 D (рис. 17) разработано для наиболее полного обеспечения защиты электродвигателей и дополняет ряд существующих реле типа LRD.

Применение данных электронных реле рекомендуется для обеспечения защиты электродвигателей, работающих в механизмах с повышенным моментом нагрузки, а также устройств, обладающих большой инерцией или имеющих высокую вероятность заклинивания в установившемся режиме работы:



– контроль работы электродвигателей, имеющих значительное пусковое время, с высокой вероятностью тяжелого пуска:

- электродвигатели с повышенным моментом нагрузки, имеющие значительную инерцию;

– контроль работы электродвигателей в установившемся режиме работы, функция обнаружения повышенного момента нагрузки:

- электродвигатели с высокой вероятностью «заедания» или блокировки движущихся частей, электродвигатели с возрастающим моментом;

- контроль механических отказов и повреждений;
- быстрое обнаружение перегрузки по сравнению с устройствами тепловой защиты на основе функции  $I^2t$ ;

– защита электродвигателей при специальных применениях:

- затянутый пуск;
- частые пуски: от 30 до 50 в час;
- электродвигатели с переменным характером нагрузки при работе в установившемся режиме, когда тепловое реле перегрузки не может быть использовано в силу своих характеристик (инерция «тепловой памяти»).

Реле LR97 D имеет два настроечных диапазона времени:

- D-TIME (рис. 17, поз. 6): время пуска;
- O-TIME: время несрабатывания (максимально допустимое время отклонений при работе в установившемся режиме).

Функция D-TIME используется только при пуске электродвигателя. В момент пуска функция обнаружения перегрузки не задействована, что позволяет запустить электродвигатель без срабатывания реле защиты, даже при значительных перегрузках. При работе в установившемся режиме, когда вследствие перегрузки или пропадания фазы ток превысит заданное значение, реле работает по истечении времени, введенного с помощью диска O-TIME.

Светодиодный индикатор красного цвета (рис. 17, поз. 3) сигнализирует о произошедшем отключении.

Для настройки реле достаточно выполнить 5 простых действий:

- установить максимальные значения на всех трех дисках настройки (LOAD, D-TIME и O-TIME);

- установить на диске D-TIME значение времени, соответствующее времени пуска электродвигателя;
- когда электродвигатель перейдет в режим постоянной нагрузки, установить значение тока поворотом диска LOAD (рис. 17, поз. 5) против часовой стрелки до тех пор, пока красный светодиодный индикатор не начнет мигать;
- медленно повернуть диск LOAD по часовой стрелке до тех пор, пока светодиодный индикатор не перестанет мигать;
- установить пороговое время срабатывания реле, используя диск O-TIME.

Для быстрой диагностики состояний предусмотрены два светодиодных индикатора (зеленый и красный), показывающие состояние реле и режимы работы (табл. 4).

Электрическая схема включения реле LR97 D, подключенного к контактору KM1 при управлении электродвигателем, приведена на рис. 18.

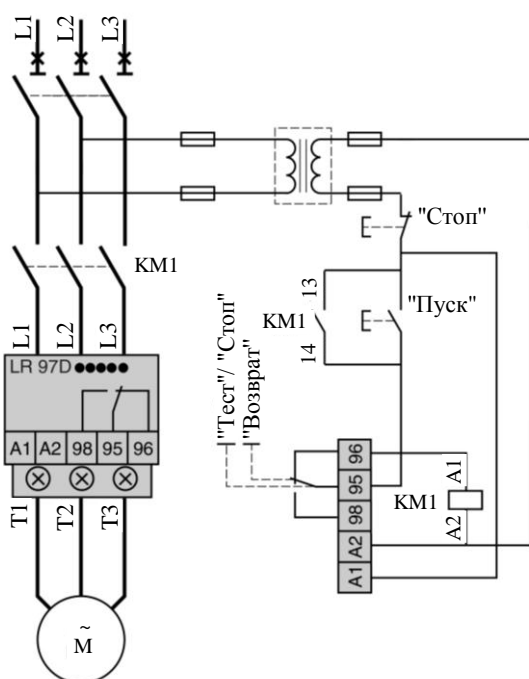


Рис. 18. Схема подключения электронного реле типа LR97 D

Таблица 4

Состояние		Состояние индикаторов		
		Зеленый	Красный	
Напряжение		On	Off	
Пуск				
Установившийся режим		On	Off	
Перегрузка		On		
Срабатывание и его причина	Перегрузка	Off	On	
	Блокировка ротора	Off		
	Пропадание фазы	L1	Off	
		L2	Off	
L3		Off		

Диаграммы работы реле для трех режимов работы электродвигателя: пуска, механического заклинивания ротора и перегрузки, приведены на рис. 19. В момент пуска функция обнаружения перегрузки не задействована, а время пуска, установленное на диске времени D-TIME, больше времени, при котором пусковой ток электродвигателя больше тока



уставки (рис. 19). Как следствие, реле защиты не срабатывает. Если в процессе работы электродвигателя происходит заклинивание ротора, то по истечению времени, равном 0,5 сек с момента достижением тока в статорных обмотках двигателя значения, равного трехкратному току уставки – происходит срабатывание реле (рис. 19).

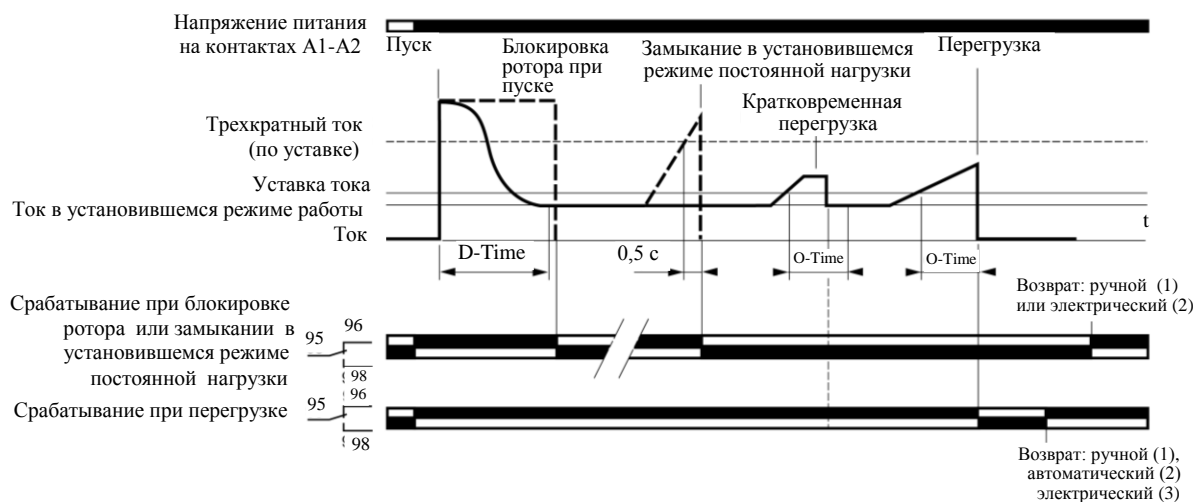


Рис. 19. Диаграмма работы реле LR97 D при пуске и механическом заклинивании ротора, кратковременной и длительной перегрузки.

В случае возникновения переменной нагрузки, при которой ток в статорных обмотках электродвигателя в процессе своего изменения не превышает трехкратного тока уставки, а сама длительность изменения тока меньше времени несрабатывания реле O-TIME (рис. 19), режим работы реле остается неизменным (защита не срабатывает). Если же время действия переменной нагрузки больше или равно времени несрабатывания реле O-TIME (рис. 19), реле защиты срабатывает.

Возврат реле в исходное состояние осуществляется тремя способами: 1– ручным, при помощи кнопки "Возврат" (рис. 17); 2 – автоматическим, реализуется с помощью кнопки повторного взвода (рис. 17) через фиксированное время, равное 120 сек, за исключением случаев, когда срабатывание защиты обусловлено пуском ротора (неправильно выбрана уставка времени на диске D-TIME), произошло заклинивание ротора и в случае срабатывания при обрыве фазы; 3 – электрическим, обеспечивается кратковременным отключением подачи питания не менее 0,1 с.

Диаграммы работы реле для случая: пропадания фазы при пуске, обрыва фазы в установившемся режиме работы электродвигателя и перегрузки приведены на рис. 20. Из приведенных диаграмм видно, что при

пропадании фазы или ее обрыве реле защиты срабатывает по истечении времени, равном 3 с (предустановленный параметр). В случае перегрузки диаграммы работы реле совпадают с аналогичными приведенными для соответствующих режимов на рис. 19.

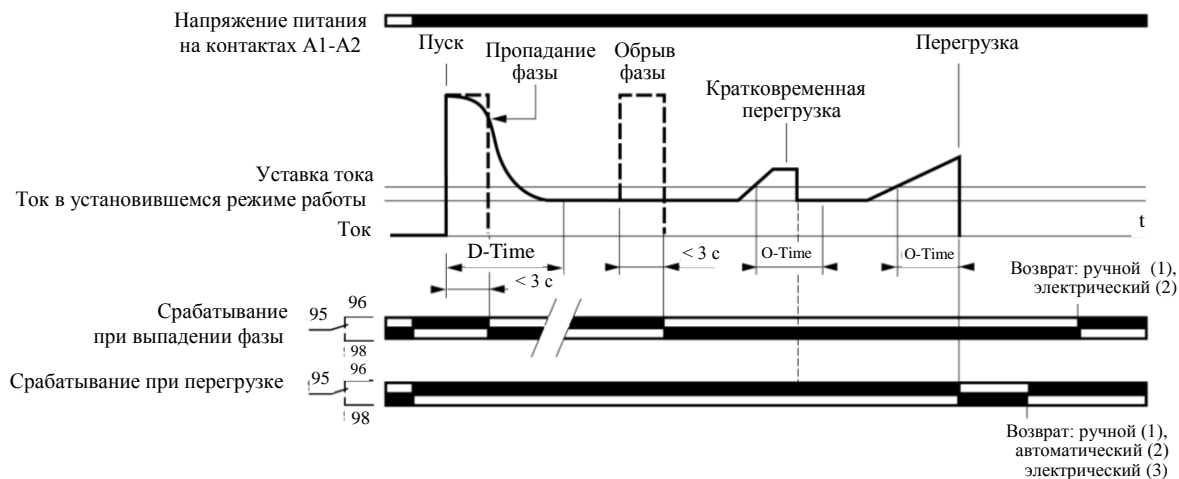


Рис. 20. Диаграмма работы реле LR97 D при пропадании фазы при пуске и установившейся работе электродвигателя, кратковременной и длительной перегрузки.

Диаграмма работы реле для случая защиты электродвигателя от механических перегрузок (ударов) со стороны ротора приведена на рис. 21. Как отмечалось выше, для реализации реле защитной функции от механических ударов необходимо на диске O-TIME выбрать уставку, соответствующую минимальному значению, что обеспечит отключение в течение 0,3 с (рис. 21).

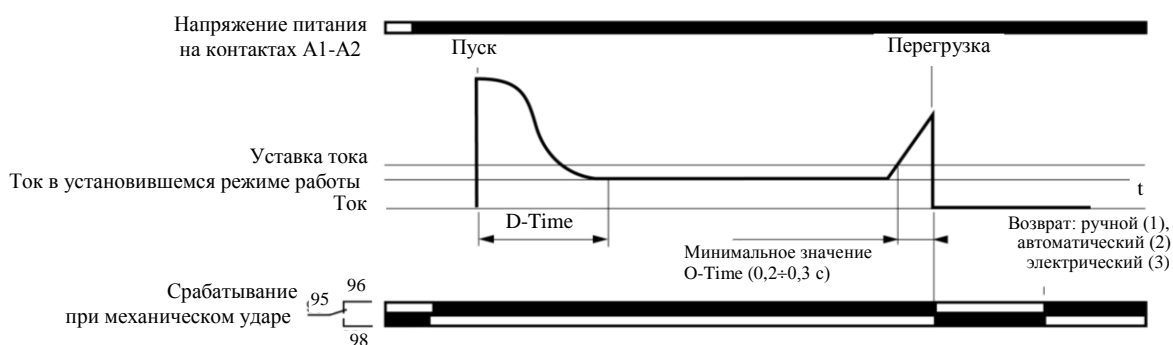


Рис. 21. Диаграмма работы реле LR97 D при механических перегрузках со стороны ротора электродвигателя.

Суть схемы подключения любого МП сводится к управлению питанием его катушки. Известно, что срабатывание и отключение МП (втягивание и возврат силовых контактов) происходит замыканием и размыканием цепи питания катушки.

Схема подключения магнитного пускателя с катушкой управления на напряжение 220В приведена на рис. 22.

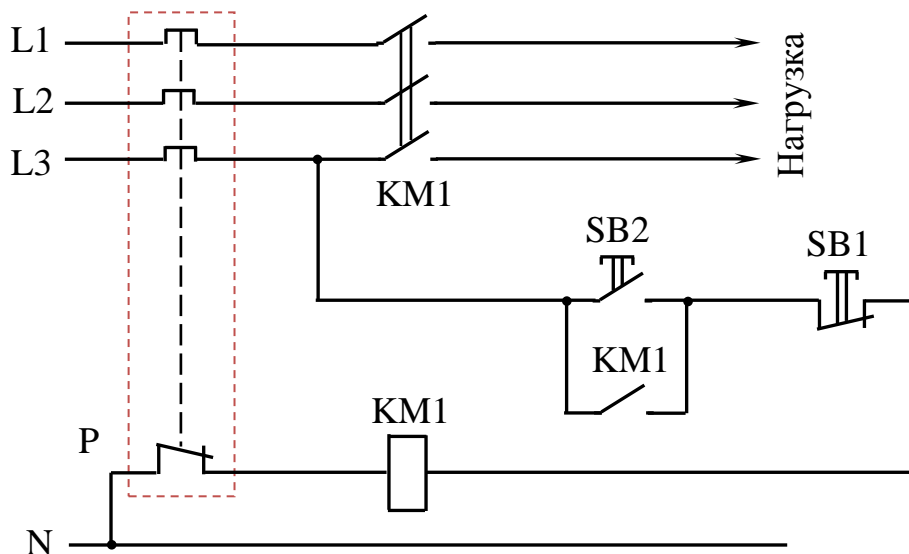


Рис. 22

Питание на катушку магнитного пускателя KM1 поступает через контакты последовательно включенных в её цепь кнопки "Пуск" – SB2, "Стоп" – SB1 и теплового реле P. При нажатии на кнопку "Пуск", ее контакты замыкаются и питание на катушку поступает далее через замкнутые контакты кнопки "Стоп". Сердечник МП притягивает якорь, замыкая силовые подвижные контакты, и на нагрузку подается напряжение.

При отпускании кнопки "Пуск" цепь катушки не разрывается, т. к. параллельно SB2 включен блок-контакт KM1 с замкнутыми контактами (якорь магнитного пускателя втянут) – фазное напряжение L3 на катушку будет поступать через них.

Нажатием кнопки "Стоп" цепь питания катушки разрывается, происходит возврат группы подвижных контактов в исходное состояние и нагрузка, таким образом, оказывается обесточенной. То же самое происходит при токовой перегрузке электродвигателя, на нагревательных элементах теплового реле P выделяется дополнительная тепловая энергия, которая приводит к срабатыванию размыкающего контакта теплового реле, прерывая, в данном случае ноль N, питающий катушку KM1 магнитного пускателя.

Схема подключения магнитного пускателя с катушкой на 380В приведена на рис. 23.

Различия этих двух схем подключения МП состоят лишь в питающем напряжении катушки. В первом случае, при подключении МП с рабочим напряжением катушки 220 В, для ее питания были использованы ноль и фаза L3, во втором – две питающие фазы L2 и L3.

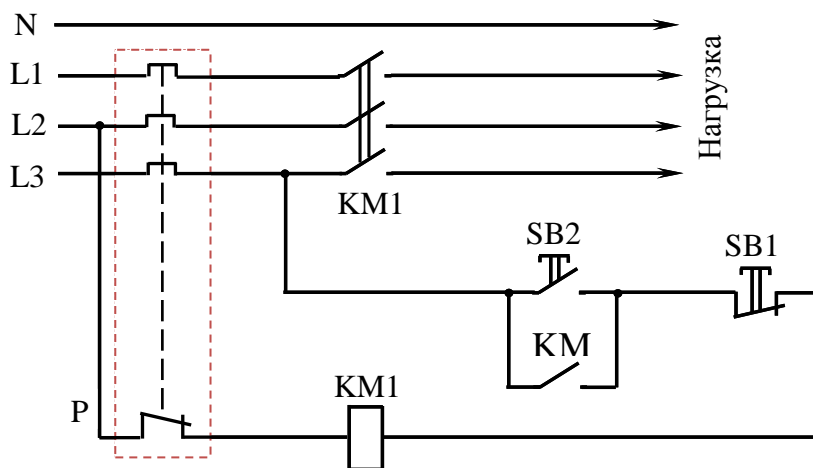


Рис. 23

Реверсивная схема подключения электродвигателя к питающей сети с помощью МП приведена на рис. 24. Подключение трехфазного электродвигателя по реверсивной схеме бывает востребовано в случаях, когда в процессе его эксплуатации необходимо оперативно изменять направление вращения вала. В отличие от обычной схемы подключения, данная схема содержит два магнитных пускателя, две кнопки "Пуск" и одну "Стоп".

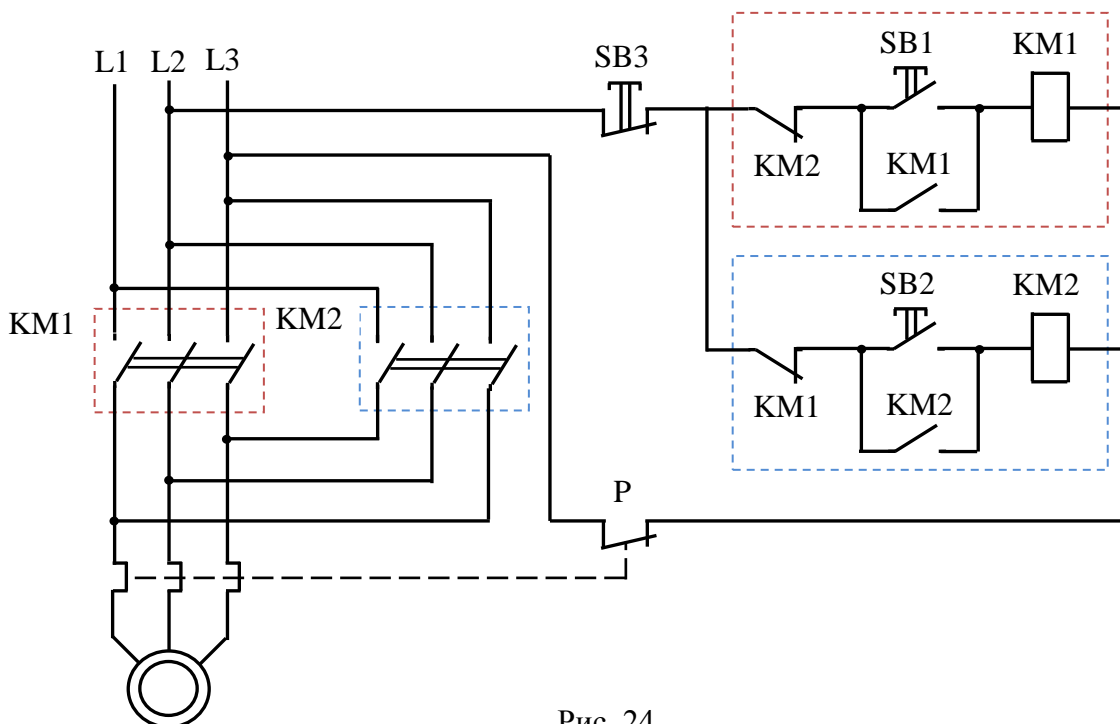


Рис. 24

Изменение направления вращения вала электродвигателя происходит за счет изменения фазировки (порядка подключения фаз) в его электропитании и задается нажатием кнопки "Пуск1" или "Пуск2".

Силовые контакты магнитных пускателей КМ 1 и КМ 2 соединены таким образом, что при срабатывании одного из них очередность фаз в питании будет отличаться от фазировки при срабатывании другого.

Работает схема следующим образом: нажатием кнопки "Пуск1" (SB1) замыкается цепь питания катушки КМ1, происходит втягивание и замыкание силовых контактов КМ 1 (на схеме выделены красным цветом) и питание с очередностью фаз L1, L2, L3 поступает на клеммы электродвигателя. Во избежание ошибочного включения кнопки "Пуск2", в цепь катушки КМ1 последовательно включен нормально закрытый блок-контакт второго магнитного пускателя КМ2.

Остановка двигателя производится нажатием кнопки "Стоп" (SB3) – ее контакты "разрывают" питающую фазу катушки L3. Прерывание питания катушки КМ1 приводит к возврату подвижных силовых контактов этого МП в исходное положение, таким образом, электродвигатель оказывается отключенным.

Нажатием кнопки "Пуск2" (SB2) по аналогии замыкается цепь питания катушки КМ2, происходит втягивание и замыкание силовых контактов КМ2 (на схеме выделены синим цветом) и питание, теперь уже с очередностью фаз L3, L2, L1, поступает на клеммы электродвигателя. Таким образом, вращаться вал электродвигателя теперь будет в противоположном направлении.

Блокировка магнитного пускателя КМ1, в случае ошибочного включения кнопки "Пуск1", здесь также осуществляется последовательным включением в цепь питания катушки нормально закрытого блок-контакта другого МП. В данном случае в цепь КМ2 последовательно включен нормально закрытый блок-контакт КМ1.

Электрическая принципиальная схема нереверсивного МП с реле, со встроенными в оболочку кнопками управления и сигнальными лампами приведена на рис. 25.

Подачей коммутационным аппаратом из распределительного щита (автоматическим выключателем, рубильником) напряжения на клеммы

трехполюсного автоматического выключателя QF (светится красная сигнальная лампа HL1) осуществляется подготовка к работе схемы.

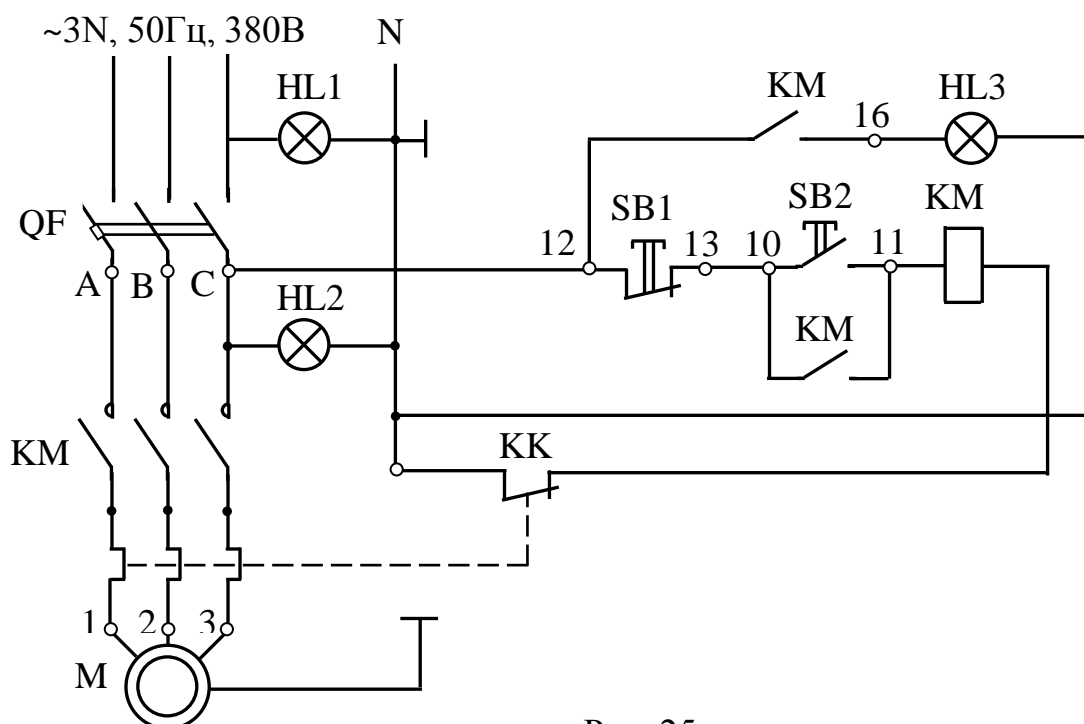


Рис. 25

После включения автоматического выключателя (светится зеленая сигнальная лампа HL2) напряжение подается на его клеммы и на главные замыкающие контакты магнитного пускателя KM. Катушка магнитного пускателя KM подключается к сети через контакты теплового реле и кнопок управления "Пуск"(SB2) и "Стоп"(SB1). При нажатии кнопки "Пуск" напряжение на катушку магнитного пускателя KM подается через замкнутые контакты кнопки "Стоп" и замкнутые контакты теплового реле KK. Электрический ток проходит по катушке KM, создает магнитное поле, которое притягивает якорь к сердечнику, и тем самым замыкает главные и вспомогательные контакты магнитного пускателя KM, шунтирующие замыкающие контакты кнопки "Пуск", которую после этого можно отпустить. Напряжение подается на обмотки электродвигателя M и осуществляется его пуск, о чем сигнализирует лампа HL3.

Для отключения электродвигателя нажимается кнопка "Стоп". Катушка теряет питание, после чего якорь под действием возвратных пружин отходит от сердечника, и контакты размыкаются.

При токовой перегрузке электродвигателя на нагревательных элементах теплового реле KK выделяется дополнительная тепловая энергия,

которая приводит к срабатыванию размыкающего контакта теплового реле КК, и цепь катушки КМ размыкается.

Электрическая принципиальная схема реверсивного МП с реле, со встроенными в оболочку кнопками управления и сигнальными лампами приведена на рис. 26.

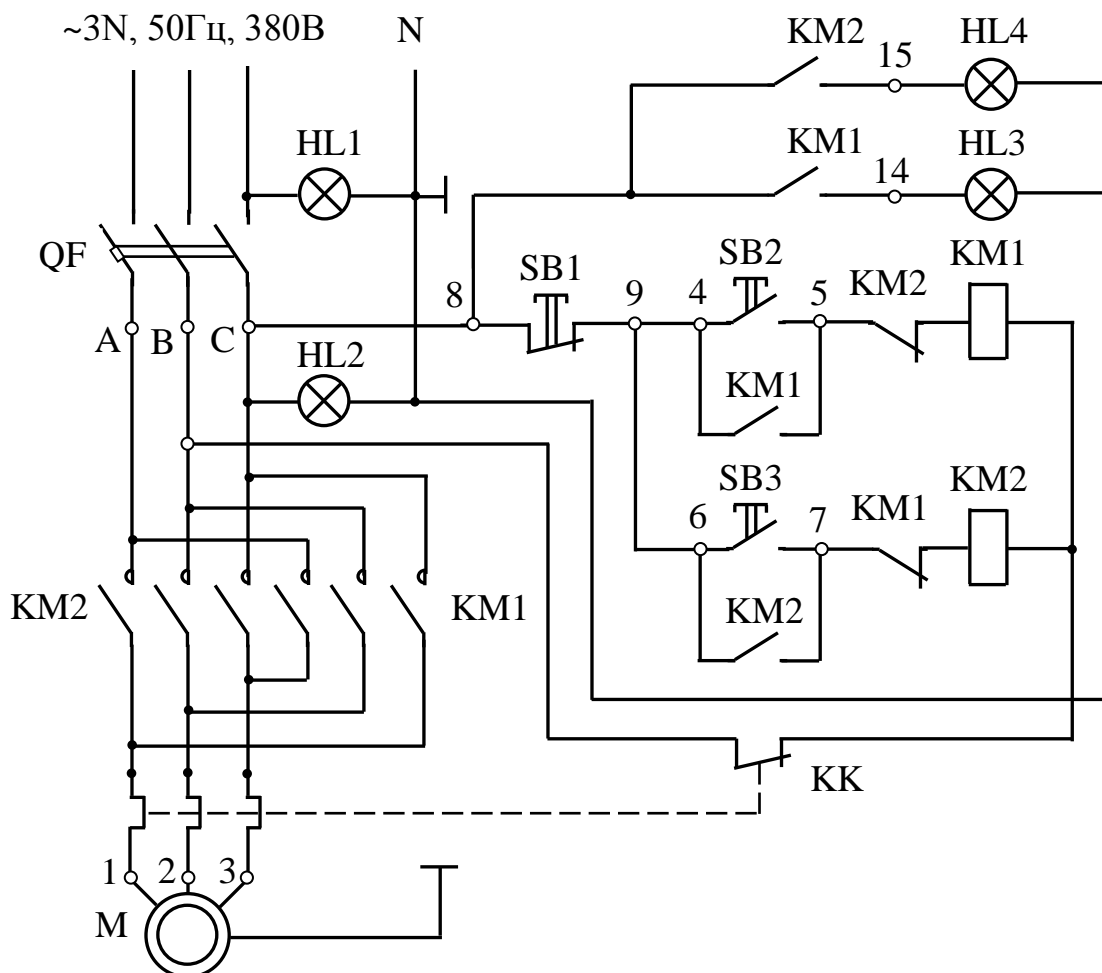


Рис. 26

При нажатии кнопки "Вперед"(SB2) напряжение 380 В на катушку магнитного пускателя КМ1 подается через замкнутые контакты кнопки "Стоп"(SB1) и замкнутые контакты теплового реле КК. Электрический ток управления проходит по катушке КМ1, создает магнитное поле, которое притягивает якорь к сердечнику, и тем самым замыкает главные и вспомогательные контакты магнитного пускателя КМ1, шунтирующие замыкающие контакты кнопки "Вперед". Напряжение подается на обмотки электродвигателя М, и осуществляется его пуск, о чем сигнализирует лампа HL3. Для отключения электродвигателя нажимается кнопка "Стоп".

Изменение направления вращения ротора электродвигателя осуществляется при нажатии кнопки "Назад"(SB3). При этом электрический ток управления проходит по катушке KM2, замыкаются главные и вспомогательные контакты магнитного пускателя KM2, шунтирующие замыкающие контакты кнопки SB3. Напряжение подается на обмотки электродвигателя М (светится лампа HL4), но при этом меняется направление вращения магнитного поля (напряжение фазы "А" подается на клемму – "3", а напряжение фазы "С" – на клемму "1" электродвигателя), т.е. изменяется порядок чередования фаз.

Во избежание ошибочного включения кнопки "Назад", в цепь катушки KM1 последовательно включен нормально закрытый блок-контакт второго магнитного пускателя KM2.

Наличие механической блокировки в конструкции реверсивного МП предотвращает возникновение короткого замыкания между фазами при одновременном замыкании главных замыкающих контактов магнитных пускателей KM1 и KM2. Благодаря этому появление напряжения на катушке второго контактора не приводит к его срабатыванию. Кроме того, после включения магнитного пускателя KM1 размыкающим контактом KM1 разрывается цепь катушки магнитного пускателя KM2, и при нажатии кнопки SB3 не произойдет никаких аварийных режимов. Аналогичная электрическая блокировка есть в цепи катушки KM1 (размыкающий контакт KM2).

Следует отметить, что электрическая блокировка может быть выполнена путем использования размыкающих контактов кнопок "Вперед" и "Назад", которые включают вместо размыкающих контактов KM1 и KM2, например, при отсутствии размыкающих контактов в конструкции МП. Тогда при нажатии кнопки SB2 разрывается цепь питания катушки KM2 и при нажатии на кнопку SB3 катушка KM2 останется обесточенной.

Высокий коэффициент возврата электромагнитов контакторов переменного тока позволяет защищать от понижения напряжения сети (электромагнит отпускает при  $U = (0,6 \div 0,7) \cdot U_{ном}$ ). При восстановлении напряжения сети до номинального значения самопроизвольное включение МП не происходит, т.к. замыкающие блок-контакты KM1 и KM2 и замыкающие контакты кнопок "Вперед" и "Назад" – разомкнуты.



В схеме предусмотрено зануление – корпус электродвигателя соединен с нейтралью N. В случае пробоя изоляции электродвигателя или питающего кабеля на корпус, в схеме возникнет режим короткого замыкания (через цепь "фаза – корпус – нуль" будет протекать ток короткого замыкания), что приведет к срабатыванию электромагнитного расцепителя автоматического выключателя QF. Автоматический выключатель обесточит схему.

Порядок выполнения работы.

1. Используя магнитные пускатели, размещенные на лабораторном стенде, – изучите их конструкцию.

2. Изучите монтажную схему (рис. 27) реверсивного магнитного пускателя ПМЛ-2501О4, размещенного на лабораторном стенде.

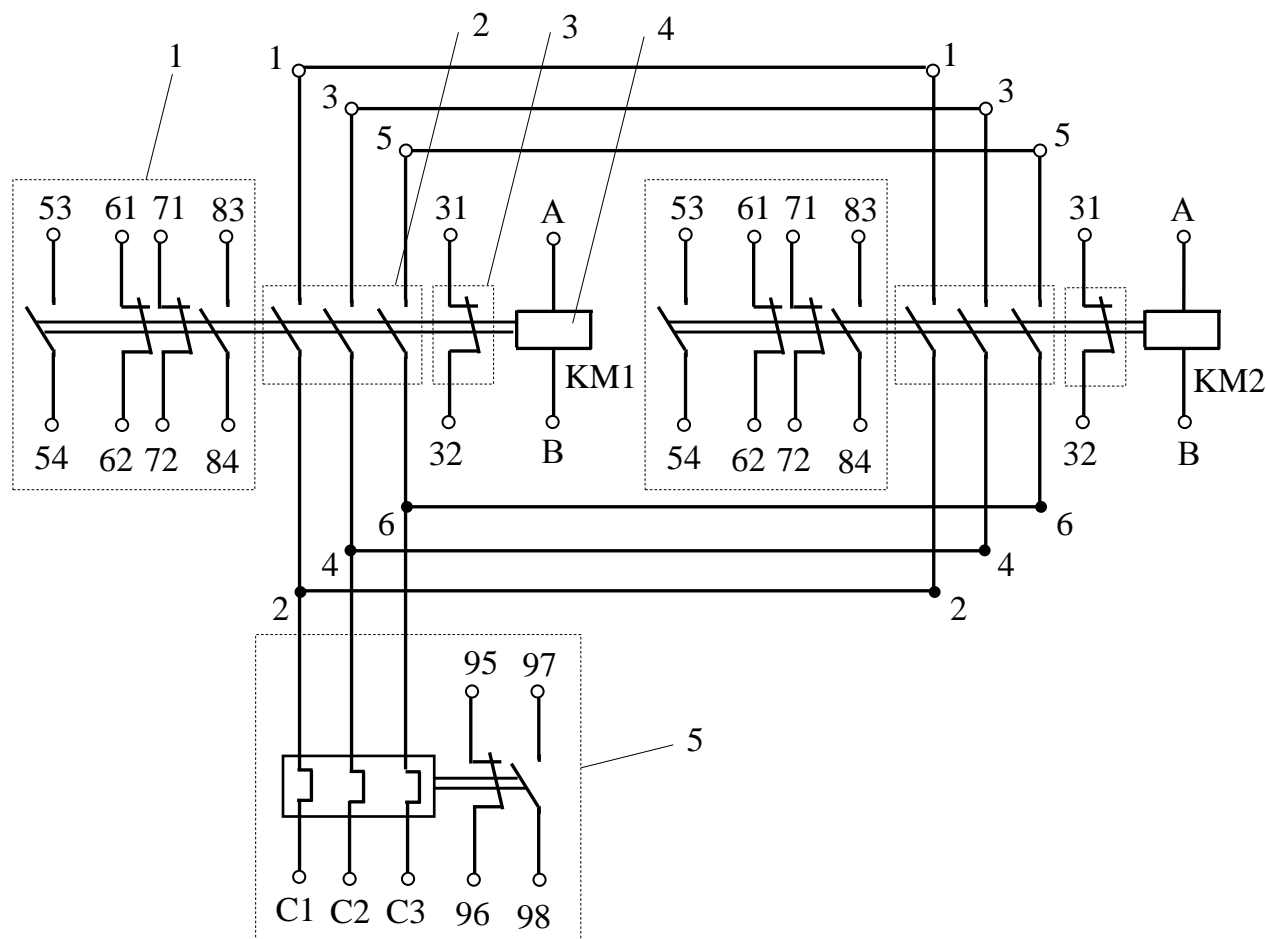


Рис. 27

3. Изучите схему управления трехфазным асинхронным электродвигателем с короткозамкнутым ротором с помощью нереверсивного МП (рис. 25). Прежде чем начать собирать электрическую схему, убедитесь в том, что отключен автоматический выключатель QF, расположенный в

левом верхнем углу стенда. Убедитесь в целостности лабораторного оборудования и соединительных проводов.

4. Монтажными проводами произведите коммутацию между соответствующими зажимами блока зажимов на лабораторном стенде согласно рис. 25. Выходные клеммы автоматического выключателя QF выведены на блок зажимов (зажимы А, В и С соответственно), расположенный в нижней части стенда. Клеммы кнопок "Стоп" и "Пуск" соединены с зажимами 12, 13 и 10, 11 соответственно. Начала обмоток электродвигателя выведены на зажимы 1, 2 и 3. Один контакт сигнальной лампы HL3 соединен с нейтралью N, а второй – с зажимом 16.

5. После проверки преподавателем схемы осуществите управление трехфазным асинхронным электродвигателем с короткозамкнутым ротором с помощью нереверсивного МП, как описано выше. Во избежание поражения электрическим током касаться руками клемм, других токоведущих деталей категорически запрещается. После успешного пуска и остановки электродвигателя отключите автоматический выключатель QF.

При возникновении аварийных ситуаций: гудении электродвигателя (например, при не полнофазном режиме работы), появлении запаха дыма и возникновении прочих аварийных режимов – немедленно отключите автоматический выключатель QF и сообщите о неисправности лаборанту или преподавателю.

6. Изучите схему управления трехфазным асинхронным электродвигателем с короткозамкнутым ротором с помощью реверсивного МП, приведенную на рис. 26.

7. Монтажными проводами произведите коммутацию между соответствующими зажимами блока зажимов на лабораторном стенде согласно рис. 26.

8. После проверки преподавателем схемы осуществите управление трехфазным асинхронным электродвигателем с короткозамкнутым ротором с помощью реверсивного МП, как описано выше. Доложите о работе схем преподавателю. Обесточьте стенд. С согласия преподавателя отсоедините монтажные провода от блока зажимов стенда. Соберите монтажные провода и сдайте лаборанту.

## Содержание отчета.

1. Наименование и цель работы.
2. Монтажная схема магнитного пускателя ПМЛ-2501О4.
3. Принципиальные электрические схемы управления трехфазным асинхронным электродвигателем с короткозамкнутым ротором с помощью магнитного пускателя.

## Контрольные вопросы.

1. Расшифруйте магнитный пускатель ПМЛ-1631О4А.
2. Что может входить в комплект пускателя ПМЛ?
3. Расшифруйте приставку ПКЛ11О4.
4. Как устроен магнитный пускатель ПМЛ?
5. Как устроен магнитный пускатель ПМУ?
6. Из каких частей состоит реверсивный магнитный пускатель с тепловым реле?
7. Какие меры предусмотрены в схемах для защиты от аварийных режимов?
8. Для чего предназначен реверсивный магнитный пускатель?
9. Каким способом изменяется направление вращения электродвигателя?
10. Для чего в конструкции реверсивного пускателя серии ПМЛ предусмотрена механическая блокировка?
11. Выберите МП серий ПМЛ и ПМУ для реверсивного пуска электродвигателя серий 5А и АИР (табл.5), указанного преподавателем.

Таблица 5

Типоразмер электродвигателя	$P_{2\text{ном}}$ , кВт	cosφ	КПД
5А80МА4	1,1	0,8	0,74
5А80МВ4	1,5	0,81	0,76
5А112М4	5,5	0,83	0,86
АИРМ132S4	7,5	0,85	0,88
АИРМ132М4	11,0	0,85	0,89
5А160S4	15,0	0,86	0,895
5А160М4	18,5	0,86	0,90
АИР180S4	22,0	0,86	0,905
АИР180М4	30,0	0,87	0,915
5А220М4	37,0	0,85	0,923
5А220L4	45,0	0,84	0,927
5А225М4	55,0	0,86	0,933

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №13

### **ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИЙ И ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАЩИТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК УСТРОЙСТВ ЗАЩИТНОГО ОТКЛЮЧЕНИЯ**

#### *Цель работы:*

Изучить принцип действия и конструкции устройств защитного отключения (УЗО). Ознакомиться с УЗО отечественного и импортного производства. Освоить методику определения дифференциального отключающего тока УЗО.

#### *Задание к работе*

1. Изучить устройство и принцип действия УЗО.
2. Изучить схемы включения УЗО.
3. Произвести монтаж схемы включения УЗО.
4. Снять защитные характеристики УЗО.

#### *Общие сведения*

Отключение защитное – электрозащитная мера, основанная на применении быстродействующих коммутационных аппаратов, отключающих питание электроустановки при возникновении в ней утечки тока на землю, или на защитный проводник, которое могло быть вызвано непреднамеренным включением человека в электрическую цепь.

Устройства, реализующие отключение защитное, согласно действующему ГОСТ Р 50538-93 называются устройствами защитного отключения – УЗО.

В основе действия защитного отключения как электрозащитного средства лежит принцип ограничения (за счет быстрого отключения) продолжительности протекания тока через тело человека при непреднамеренном прикосновении его к элементам электроустановки, находящимся под напряжением.

На рис. 1 представлены граничные кривые переменного тока промышленной частоты (сообщение Международной энергетической комиссии (МЭК) 479, глава 2, 3 - е издание 1994 года), характеризующие воздействие электрического тока на человека в зависимости от продолжительности времени его протекания. Необходимые пояснения к рис. 1 приведены в табл. 1.

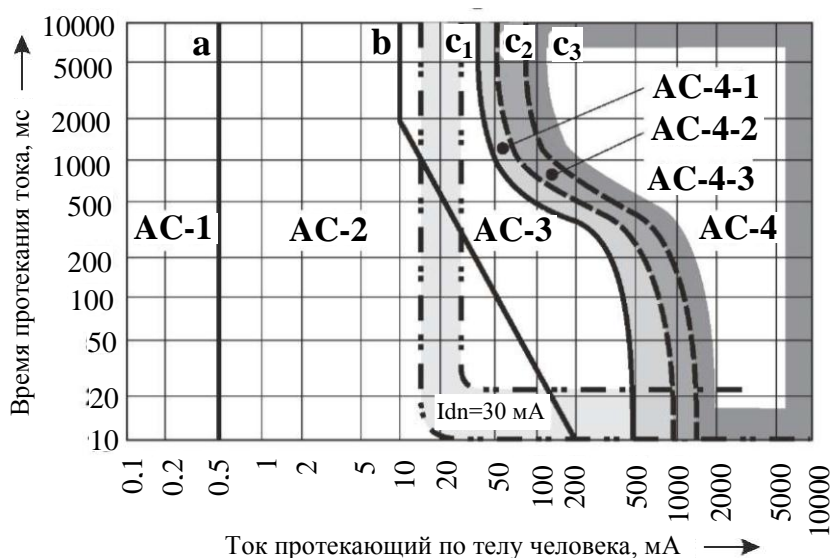


Рис. 1. Граничные кривые переменного тока

Таблица 1

Обозначение интервала (АС - переменного тока)	Предельное значение тока в интервале	Физиологическое воздействие
1	2	3
АС-1	до 0,5 мА (прямая <i>a</i> )	Обычно без ощутимого воздействия
АС-2	от 0,5 мА до ломаной линии <i>b</i>	Обычно без вредного физиологического воздействия
АС-3	от ломаной линии <i>b</i> до кривой <i>c1</i>	Обычно без органического повреждения. Возможна судорога мышц и проблемы с дыханием, если ток протекает дольше 2с. Нарушение сердечной деятельности без фибрилляции сердечной мышцы наблюдается только при более продолжительном времени протекания и при более высоких значениях тока
АС-4	выше кривой <i>c1</i>	Увеличивается вероятность возникновения таких опасных патологических явлений, как остановка дыхания и тяжелые ожоги
АС-4-1	<i>c1</i> - <i>c2</i>	Вероятность возникновения фибрилляции сердечной мышцы 5%
АС-4-2	<i>c2</i> - <i>c3</i>	Вероятность возникновения фибрилляции сердечной мышцы приблизительно 50%
АС-4-3	выше кривой <i>c3</i>	Вероятность возникновения фибрилляции сердечной мышцы выше 50%

Главным фактором, обуславливающим отсутствие смертельного исхода при поражении человека электрическим током, является малое время протекания электрического тока.

В специальной литературе приводится значение предельно допустимого произведения тока, протекающего по телу человека, и времени его протекания, равного 70 мА·с. При значениях сопротивления тела человека 2000 Ом и напряжения прикосновения 230 В величина тока, протекающего по телу, составит  $230/2000 = 0,115$  А. Время протекания тока в этом случае не должно превышать значения 0,6 с. В случае использования УЗО с номинальным отключающим дифференциальным током, равным  $I_{dn}=30$  мА (рис. 1), значение времени отключения при касании человеком токоведущего проводника обычно находится в пределах от 10 до 30 мс, что гарантирует высокую степень безопасности.

Стандарт МЭК 60 364-4-41 устанавливает требования по обеспечению защиты от поражения электрическим током при эксплуатации зданий. Эта защита осуществляется применением мер, которые должны:

а) предотвратить возможность протекания тока через тело человека (изоляция токоведущих частей, уравнение потенциалов и другие);

б) ограничить величину тока, протекающего через тело человека, до безопасного значения, путем использования систем безопасного сверхнизкого напряжения;

в) быстро отключить неисправное электрооборудование от источника питания (предохранители, автоматические выключатели, УЗО).

В соответствии с 413-м разделом МЭК 60 364-4-41 мерами для обеспечения защиты от косвенного прикосновения являются:

– автоматическое отключение питания за определенное время (наибольшее время, в течение которого должно произойти автоматическое отключение источника питания, нормируется исходя из данных о воздействии электрического тока на организм человека (рис. 1));

– применение электрооборудования класса II или с равноценной изоляцией;

– применение изолирующих (непроводящих) помещений, зон, площадок;

– использование незаземленной системы местного уравнивания потенциалов;

– электрическое разделение цепей (с помощью разделяющего трансформатора или источника питания, равноценного ему по степени обеспечения электробезопасности).

Защита посредством автоматического отключения питания в установленном время может быть использована в системах заземления типов TN, TT и IT.

В соответствии с ГОСТ Р50571.2.94 (МЭК 364-3-93) в обозначении системы заземляющего устройства первая буква I или T характеризует режим нейтрали трансформатора (генератора). Буква I означает, что сеть с изолированной нейтралью (нейтраль трансформатора изолирована от земли или связана с землей через очень большое сопротивление или разрядник). Буква T означает, что нейтраль трансформатора имеет глухое заземление.

Вторая буква в обозначении системы характеризует тип соединения с землей нетоковедущих частей (корпуса) электроустановки, доступных прикосновению, которые могут оказаться случайно под напряжением. Буква T означает прямое соединение открытых проводящих частей (корпусов) электроустановки с землей без связи их с нулевым многократно заземленным проводом, без связи их с нейтралью трансформатора.

Буква N указывает на присоединение нетоковедущих частей (корпусов) электроустановки с заземленной нейтралью (с нулевым многократно заземленным проводом) посредством PEN- или PE-проводников.

Последующие буквы характеризуют устройство нулевого защитного и нулевого рабочего проводников. Буква S означает, что функции нулевого защитного и нулевого рабочего проводников объединены в одном проводнике (PEN- проводнике), буква S – функции нулевого защитного и нулевого рабочего проводника обеспечиваются отдельными проводниками.

Условные графические изображения на электрических схемах нулевых рабочих и нулевых защитных проводников приведены в табл. 2.

Таблица 2

Графическое изображение	Наименование проводника
	нулевой рабочий проводник (N)
	нулевой защитный проводник (PE)
	совмещенный нулевой рабочий и нулевой защитный проводник (PEN)

Система заземления и зануления TN-S имеет N- проводник и PE-проводник, которые работают отдельно по всей системе. В этой системе устройство защитного отключения может устанавливаться в любой точке сети. Однако при этом в трехфазных сетях переменного тока для реализации системы TN-S требуется во всей сети с глухозаземленной нейтралью с занулением от трансформатора (генератора) до электроприемника применять пятипроводные линии (рис. 2). Это делает систему TN-S более дорогой и сложной.

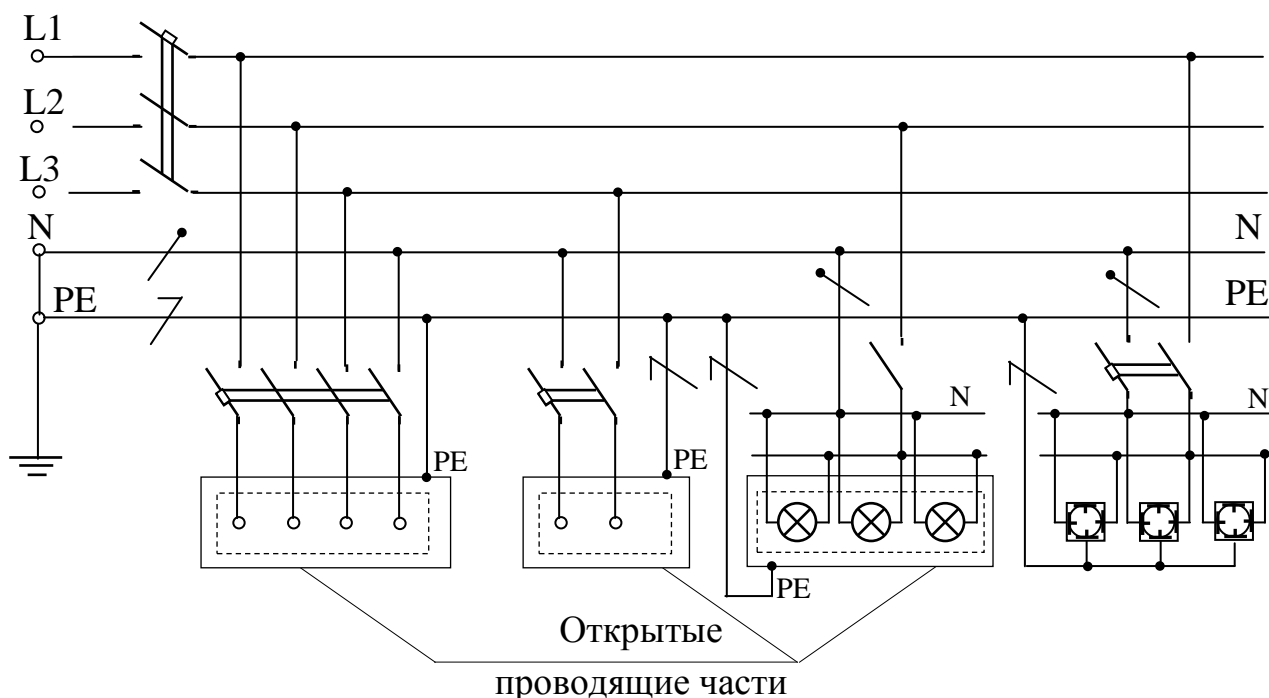


Рис. 2. Система заземления TN-S в трехфазных сетях переменного тока

Проводник N вводимый вовнутрь электроустановки, подключается к нейтральной точке нагрузки с целью выравнивания напряжения на фазах нагрузки и для канализации рабочего тока в нулевом проводе. PE-проводник подключается к корпусу нагрузки и является нулевым защитным проводником.

Система заземления и зануления TN-C-S является комбинацией систем заземления TN-C и TN-S, в которой PEN- проводник используется только в сети общего пользования. В какой-то точке сети PEN- проводник разделяется на два проводника PE- проводник и N- проводник. После точки разделения PE- и N- проводники соединять (объединять) запрещается, N-проводник изолируется от корпуса, при этом предусматриваются отдельные



зажимы или шины для PE- проводника и N- проводника. Разделение PEN-проводника в системе TN-C-S обычно осуществляется на вводе в электроустановку. В точке разделения PEN-проводник заземляется на повторный контур заземления (рис. 3).

К PEN- проводнику предъявляются следующие требования в системе TN-C-S:

- сечение медного проводника должно быть не менее  $10 \text{ мм}^2$ ;
- сечение алюминиевого проводника должно быть не менее  $16 \text{ мм}^2$ ;
- электроустановки с PEN-проводником не должны быть оснащены УЗО, реагирующими на дифференциальный ток. Устройства защитного отключения могут быть установлены только после разделения PEN-проводника со стороны электроприемников.

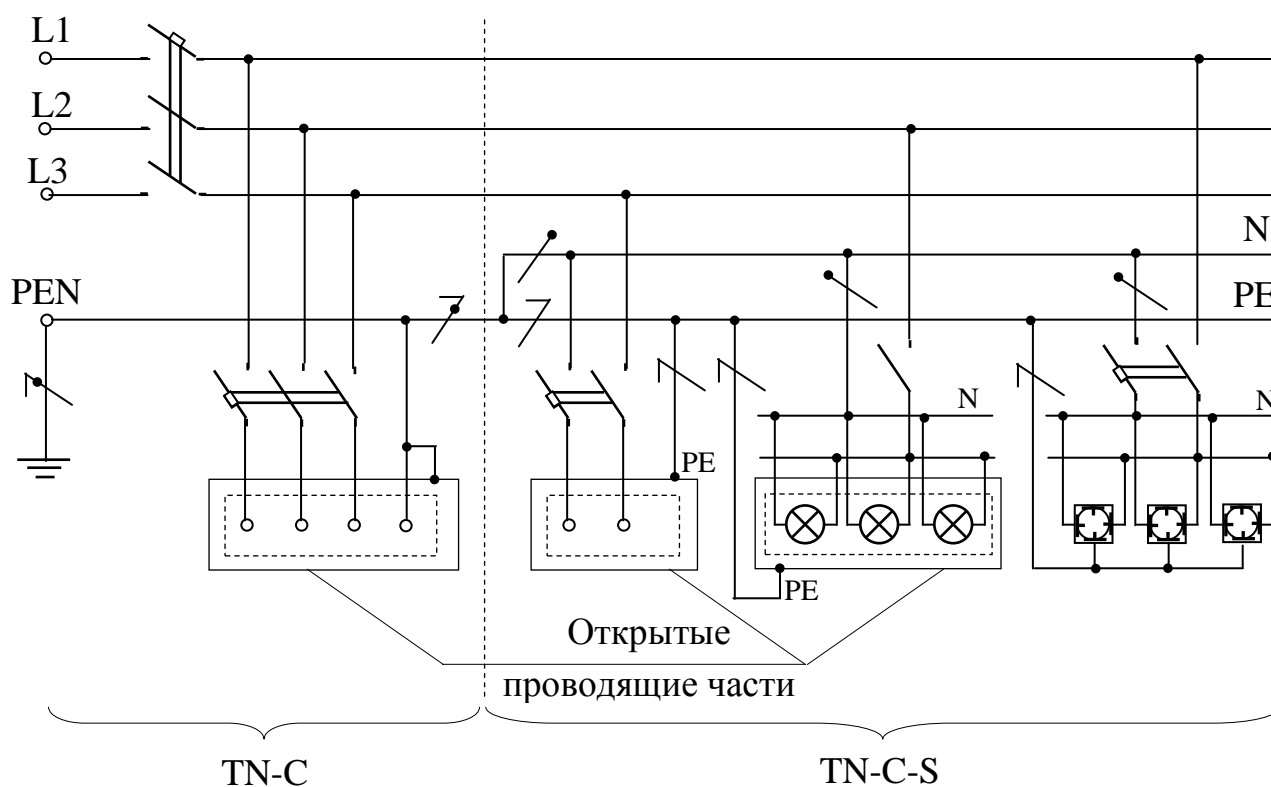


Рис. 3. Система заземления TN-C и TN-C-S в трехфазных сетях переменного тока

Следует отметить, что система TN-C-S является наиболее перспективной для практического применения, так как она позволяет применить УЗО при использовании отдельных PE- и N-проводников, что дает возможность обеспечить более высокий уровень электробезопасности по сравнению с системой TN-C, а в существующих электрических сетях не

требуется реконструкция.

В системе заземления ТТ нейтраль трансформатора или генератора глухо заземлена, а открытые токопроводящие части корпуса оборудования присоединены к заземлителю, независимому от заземлителя нейтрали источника питания (рис. 4). В данной системе заземляющие устройства выполняются без связи между собой, таких устройств может быть несколько. Эта система применяется в электросетях напряжением 110 кВ и выше, когда электроэнергия передается на большие расстояния по трехпроводной трехфазной линии, а заземляющие устройства выполняются «собственные» на каждой повышающей или понижающей подстанции.

В некоторых случаях по ГОСТ Р50669 рекомендуется использовать эту систему при проектировании, монтаже и эксплуатации электроустановок зданий и помещений из металла (киоски, павильоны и т.п.), где существует металлическая связь между источником и электроприемником. Это правило распространяется и на электроприемники передвижных установок от передвижных автономных источников питания, где имеется металлическая связь корпусов электрооборудования.

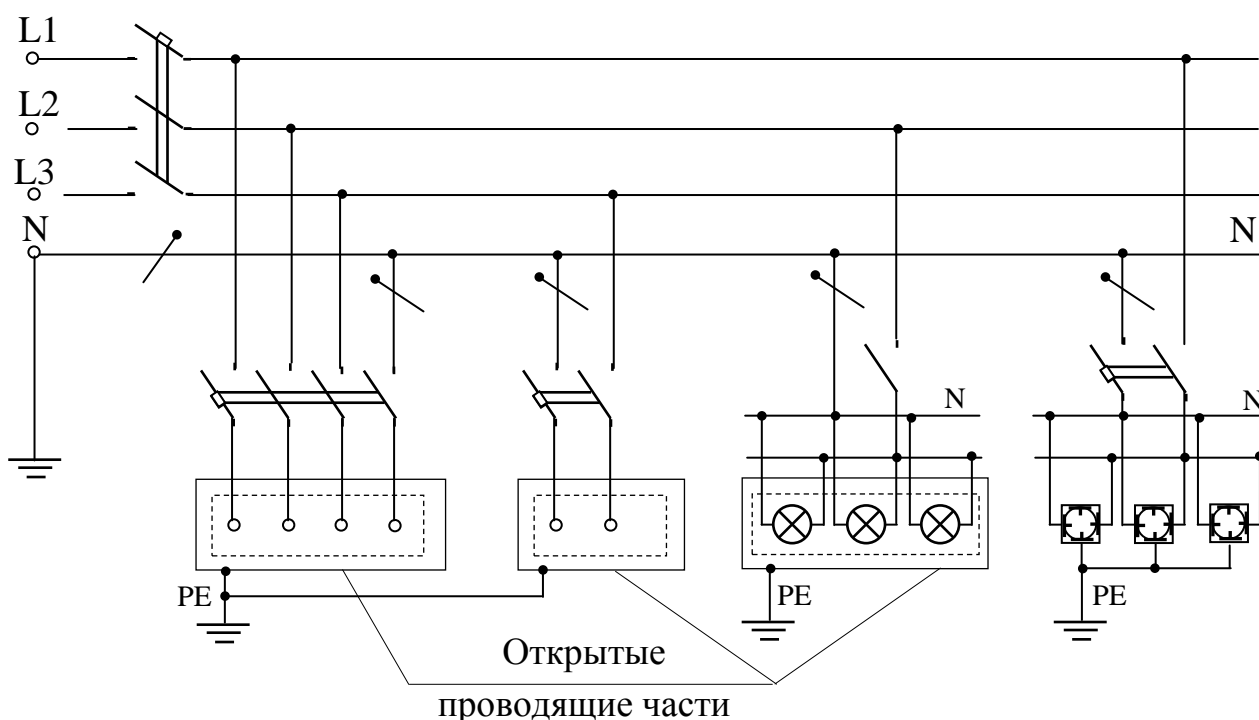


Рис. 4. Система заземления ТТ в трехфазных сетях переменного тока

Защита от сверхтоков, используемая в сетях системы ТТ, TN и IT, в части обеспечения электробезопасности имеет ряд технических недостатков, например:

а) в ряде случаев приходится ограничивать мощность потребления электроприемников для того, чтобы обеспечить нужное сопротивление заземляющего устройства  $R_A$  или полного сопротивления цепи замыкания  $Z_A$

б) если значения  $Z_A$  или  $R_A$  вместе повреждения недостаточно малы, то на открытых проводящих частях может появиться опасное напряжение прикосновения. При небольшом значении тока повреждения время отключения велико. В течение этого времени на открытой проводящей части присутствует опасное напряжение прикосновения, а защитный проводник осуществляет вынос потенциала на другие открытые проводящие части;

в) в сетях системы TN-C на открытых проводящих частях появляется фазное напряжение в случаях:

- замены проводника PEN на фазный;
- обрыва проводника PEN;

г) при замене аппарата защиты на аппарат с большим номинальным током, выполненной неквалифицированным персоналом, время отключения поврежденного участка может превышать допустимое, либо отключение может вообще не произойти;

д) защита от непосредственного прикосновения к токоведущим частям не обеспечивается.

Кроме того, выполнение требований, обеспечивающих электробезопасность в сети системы ТТ посредством предохранителей или автоматических выключателей, практически не реализуемо. Поэтому в таких сетях должны использоваться УЗО. В свою очередь, в сетях систем TN и IT с введением в действие стандарта МЭК 60364-4-41 ужесточаются требования ко времени отключения защитными аппаратами поврежденного участка сети. Для случаев, когда реализация увеличения сечений проводников затруднена, стандарт четко определяет альтернативное решение – использование УЗО.

Устройство защитного отключения является превентивным электрозщитным мероприятием и в сочетании с современными системами

заземления (TN-S, TN-C-S, TT) обеспечивает высокий уровень электробезопасности при эксплуатации электроустановок.

Принцип работы УЗО состоит в том, что оно постоянно контролирует входной сигнал и сравнивает его с наперед заданной величиной (уставкой). Если входной сигнал превышает уставку, то устройство срабатывает и отключает защищенную электроустановку от сети. В качестве входных сигналов устройств защитного отключения используют различные параметры электрических сетей, которые несут в себе информацию об условиях поражения человека электрическим током.

Все УЗО по виду входного сигнала классифицируют на несколько типов (рис. 5).



Рис. 5. Классификация УЗО по виду входного сигнала

Кроме того, УЗО могут классифицироваться по другим критериям, например, по конструктивному исполнению.

Основными элементами любого устройства защитного отключения являются датчик, преобразователь и исполнительный орган.

Принцип действия УЗО дифференциального типа основан на применении электромагнитного векторного сумматора токов – дифференциального трансформатора тока. Сравнение текущих значений двух и более (в четырехполюсных УЗО – четырех) токов по амплитуде и фазе наиболее эффективно, т.е. с минимальной погрешностью, осуществляется электромагнитным путем – с помощью дифференциального трансформатора тока (рис. 6).

Конструктивно дифференциальные УЗО разделяются на два типа:

– электромеханические УЗО, функционально не зависящие от напряжения питания. Источником энергии, необходимой для функционирования таких УЗО – выполнения защитных функций, включая операцию отключения, является сам входной сигнал – дифференциальный ток, на который оно реагирует.

– электронные УЗО, функционально зависящие от напряжения питания. Их механизм для выполнения операции отключения нуждается в энергии, получаемой либо от контролируемой сети, либо от внешнего источника.

Применение устройств, функционально зависящих от напряжения питания, более ограничено в силу их меньшей надежности и подверженности воздействию внешних факторов. Однако основной причиной меньшего распространения таких устройств является их неработоспособность при часто встречающейся и наиболее опасной по условиям вероятности электропоражения неисправности электроустановки, а именно – при обрыве нулевого проводника в цепи до УЗО по направлению к источнику питания. В этом случае электронное УЗО, не имея питания, не функционирует, а на электроустановку по фазному проводнику выносится опасный для жизни человека потенциал.

К магнитопроводу трансформатора тока электромеханического УЗО предъявляются чрезвычайно высокие требования по качеству: высокая чувствительность, линейность характеристики намагничивания, температурная и временная стабильность и т.д. По этой причине для изготовления магнитопроводов трансформаторов тока, применяемых при производстве УЗО, используется специальное высококачественное аморфное (некристаллическое) железо.

Важнейшим функциональным блоком УЗО (рис. 6) является дифференциальный трансформатор тока 1. В абсолютном большинстве УЗО, производимых и эксплуатируемых в настоящее время во всем мире, в качестве датчика дифференциального тока используется именно трансформатор тока. В литературе по вопросам конструирования и применения УЗО этот трансформатор иногда называют трансформатором тока нулевой последовательности (ТТНП), хотя понятие "нулевая

последовательность" применимо только к трехфазным цепям и используется при расчетах несимметричных режимов многофазных цепей.

Пусковой орган (пороговый элемент) 2 выполняется, как правило, на чувствительных магнитоэлектрических реле прямого действия или электронных компонентах. Исполнительный механизм 3 включает в себя силовую контактную группу с пружинным механизмом привода.

В нормальном режиме, при отсутствии дифференциального тока – тока утечки, в силовой цепи по проводникам, проходящим сквозь окно магнитопровода и образующим встречно включенные первичные обмотки дифференциального трансформатора тока 1, протекает рабочий ток нагрузки  $I_1 = I_2$ . Ток  $I_1$  протекает по направлению к нагрузке,  $I_2$  – от нагрузки.

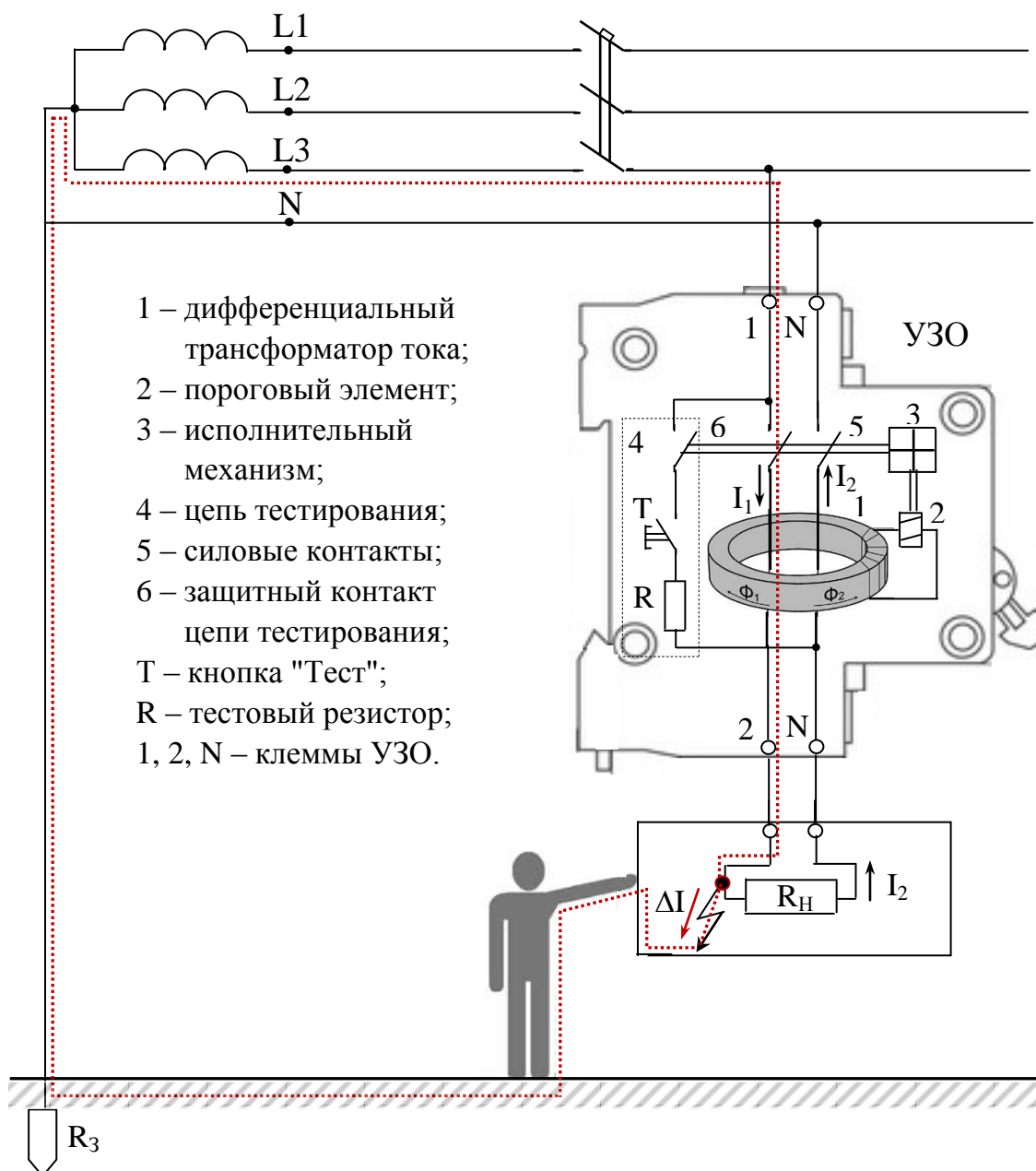


Рис. 6. Структурная схема и принцип действия УЗО

Равные токи во встречно включенных обмотках наводят в магнитном сердечнике трансформатора тока, равные по значению, но противоположно направленные магнитные потоки  $\Phi_1$  и  $\Phi_2$ . Результирующий магнитный поток оказывается равным нулю, следовательно, ток во вторичной обмотке дифференциального трансформатора также будет отсутствовать. При этом пусковой орган 2 находится в состоянии покоя.

При прикосновении человека к открытым токопроводящим частям или к корпусу электроприемника, который в результате пробоя изоляции оказался под напряжением, по фазному проводнику через УЗО, кроме тока нагрузки  $I_1$ , потечет дополнительный ток  $\Delta I$  (ток утечки), являющийся для трансформатора тока дифференциальным (разностным). Неравенство токов в первичных обмотках –  $I_1 + \Delta I$  в фазном проводнике и  $I_2 = I_1$  в нулевом рабочем проводнике – вызывает небаланс магнитных потоков и, как следствие, возникновение во вторичной обмотке трансформированного дифференциального тока. Если этот ток превышает заданное значение тока порогового элемента пускового органа 2, последний срабатывает и воздействует на исполнительный механизм 3. Исполнительный механизм, обычно состоящий из пружинного привода, спускового механизма и группы силовых контактов, размыкает электрическую цепь. В результате защищаемая УЗО электроустановка обесточивается.

Для осуществления периодического контроля исправности (работоспособности) УЗО предусмотрена цепь тестирования 4. При нажатии кнопки "Т" искусственно создается цепь протекания отключающего дифференциального тока. Срабатывание УЗО в этом случае означает, что устройство в целом исправно.

Основными параметрами, по которым подбирается то или иное УЗО, являются: номинальный ток нагрузки, т.е. рабочий ток электроустановки, который протекает через нормально замкнутые контакты УЗО в дежурном режиме; номинальное напряжение; уставка; время срабатывания устройства.

Номинальное напряжение ( $U_n$ ) – значение напряжения, установленное изготовителем УЗО, при котором устройство работоспособно. Обычно 220 или 380 В. Равенство напряжения в сети и номинального напряжения УЗО очень важно для электронных УЗО. От этого сильно зависит его работоспособность.

Номинальный ток ( $I_n$ ) – максимальный ток, при котором УЗО сохраняет свою работоспособность продолжительное время. Номинальный ток УЗО выбирается из ряда: 10, 13, 16, 20, 25, 32, 40, 63, 80, 100, 125 А. Поскольку УЗО должно быть защищено последовательным защитным устройством (ПЗУ), номинальный ток нагрузки УЗО должен быть скоординирован с номинальным током ПЗУ. Номинальный ток нагрузки УЗО должен быть равен или на ступень выше номинального тока последовательного защитного устройства. Это означает, что, например, в цепь, защищаемую автоматическим выключателем с номинальным током нагрузки 25А, должно быть установлено УЗО с номинальным током 40А (см. табл. 3).

Таблица 3

Устройство	Номинальный ток нагрузки, А						
	10	16	25	40	63	80	100
ПЗУ	10	16	25	40	63	80	100
УЗО	16	25	40	63	80	100	125

Целесообразность такого требования можно объяснить простым примером. Если УЗО и автоматический выключатель имеют равные номинальные токи, то при протекании тока, превышающего номинальный, например, на 45%, т.е. тока перегрузки, этот ток будет отключен автоматическим выключателем за время до одного часа. Это означает, что этот период времени УЗО будет перегружено. Номинальный не отключающий дифференциальный ток УЗО равен половине значения тока уставки. Это означает, что реальное значение дифференциального тока, при котором УЗО срабатывает, находится в диапазоне от половины до целого значения номинального отключающего тока. При этом каждое конкретное устройство имеет, как правило, определенное стабильное значение отключающего тока, находящееся в указанном диапазоне. Проектировщики и пользователи УЗО должны во избежание ложных отключений учитывать данное обстоятельство и сопоставлять реальное значение отключающего тока с "фоновым" током утечки в электроустановке,

Номинальный отключающий дифференциальный ток ( $I_{dn}$ ) – ток утечки. Основная характеристика УЗО. Данное значение показывает величину дифференциального тока, указанное при котором УЗО должно срабатывать при заданных условиях. Номинальный отключающий дифференциальный ток УЗО выбирается из следующего ряда: 6, 10, 30, 100,



300, 500 мА. Уставку УЗО для каждого конкретного случая применения выбирают с учетом следующих факторов:

- значения существующего в данной электроустановке суммарного (с учетом присоединяемых стационарных и переносных электроприемников) тока утечки на землю – так называемого "фонового тока утечки";

- значения допустимого тока через человека на основе критериев электробезопасности;

- реального значения отключающего дифференциального тока УЗО, которое в соответствии с требованиями ГОСТ Р 50807-94 находится в диапазоне  $(0,5 \div 1) I_{dn}$ . Согласно требованиям ПУЭ ([1] п.7.1.83), номинальный дифференциальный отключающий ток УЗО должен быть не менее чем в три раза больше суммарного тока утечки защищаемой цепи электроустановки ( $I_d$ ), т.е.  $I_{dn} \geq 3 \cdot I_d$ .

Суммарный ток утечки электроустановки замеряется специальными приборами либо определяется расчетным путем. Рекомендуемые значения на основе критериев электробезопасности номинального отключающего дифференциального тока –  $I_{dn}$  (уставки) УЗО для диапазона номинальных токов (16÷80)А приведены в табл. 4.

Таблица 4

Номинальный ток нагрузки в зоне защиты, мА	16	25	40	63	80
$I_{dn}$ при работе в зоне защиты одиночного потребителя, мА	10	30	30	30	100
$I_{dn}$ при работе в зоне защиты группы потребителей, мА	30	30	30(100)	100	300
$I_{dn}$ УЗО противопожарного назначения на ВРУ, ВРЩ, мА	300	300	300	300	300

При отсутствии фактических (замеренных) значений тока утечки в электроустановке ПУЭ ([1] п.7.1.83) предписывают принимать ток утечки электроприемников из расчета 0,4мА на 1А тока нагрузки, а ток утечки цепи из расчета 10 мкА на 1м длины фазного проводника.

В некоторых случаях для определенных потребителей значение уставки задается нормативными документами. В ГОСТ Р 50669-94 применительно к зданиям из металла или с металлическим каркасом задается значение уставки УЗО не выше 30 мА. Временные указания предписывают: для сантехнических кабин, ванн и душевых устанавливать УЗО с током

срабатывания: 10 мА, если на них выделена отдельная линия. В остальных случаях (например, при использовании одной линии для сантехнической кабины, кухни и коридора) допускается использовать УЗО с уставкой 30 мА. В индивидуальных жилых домах для групповых цепей, питающих штепсельные розетки внутри дома, включая подвалы, встроенные и пристроенные гаражи, а также в групповых сетях, питающих ванные комнаты, душевые и сауны УЗО с уставкой 30 мА.

ПУЭ ([1] п. 7.1.84) рекомендуется для повышения уровня защиты от возгорания при замыканиях на заземленные части на вводе в квартиру, индивидуальный дом и тому подобное установка УЗО с током срабатывания до 300 мА.

В соответствии с ПУЭ ([1] п.1.7.177) в животноводческих помещениях, в которых отсутствуют условия, требующие выполнения выравнивания потенциалов, должна быть выполнена защита при помощи УЗО с номинальным отключающим дифференциальным током не менее 100 мА, устанавливаемых на вводном щитке.

Номинальный условный ток короткого замыкания ( $I_{nc}$ ) – характеристика, определяющая надежность и прочность устройства, качество исполнения его механизма и электрических соединений при протекании сверхтока (тока короткого замыкания в сети), значение этого параметра проверяется при сертификационных испытаниях. Еще этот параметр называют "стойкость к току короткого замыкания". Автомат, который защищает цепь, сработает на отключение, но это произойдет через 10 мс. За это время УЗО будет находиться под воздействием сверхтока, если оно сохраняет работоспособность, то его качество считается высоким. Значения номинального тока короткого замыкания стандартизованы и равны: 3000, 4500, 6000 и 10000 А. Минимально допустимое значение – 3000 А. Для УЗО типов S и G (с задержкой срабатывания) предъявляются повышенные требования к току короткого замыкания. Их устанавливают на вводе, и они находятся под воздействием сверхтока более продолжительное время.

Номинальная коммутационная способность ( $I_m$ ) – согласно требованиям, должна быть не менее чем в 10 раз больше номинального тока или равна 500 А. Качественные устройства имеют, как правило, гораздо более высокую коммутационную способность – 1000, 1500 А. Такие

устройства надежнее, и в аварийной ситуации, например, при коротком замыкании на землю, УЗО, опережая автомат защиты, гарантированно произведут отключение электроустановки.

Номинальное время отключения ( $t_n$ ) – промежуток времени между моментом внезапного возникновения отключающего дифференциального тока и моментом гашения дуги на всех полюсах. Стандартами установлено предельно допустимое время отключения УЗО – 0,3с. В действительности современные качественные УЗО имеют быстроедействие порядка 20÷30 мс. Это означает, что УЗО "быстрый" выключатель, поэтому на практике возможны ситуации, когда УЗО срабатывает раньше аппарата защиты и отключает как токи нагрузки, так и сверхтоки.

Дополнительные, возможно важные, технические характеристики УЗО:

Показатель качества изготовления. Номинальный ток короткого замыкания ( $I_{nc}$ ) – один из основных параметров УЗО, характеризующий, прежде всего, качество изделия. Указанное заводом-изготовителем значение этого параметра проверяется при сертификационных испытаниях устройства. Смысл испытания заключается в определении термической и электродинамической стойкости изделия при протекании сверхтоков. При испытании на специальном стенде создается цепь из мощного источника и нагрузки, обеспечивающая протекание заданного сверхтока из ряда: 3; 4,5; 6; 10 кА. Испытательный ток не достигает заданного значения, поскольку отключается ранее последовательно включенным защитным аппаратом с нормированной уставкой. Как правило, для этой цели применяются плавкие вставки в виде серебряных проводников калиброванного сечения. Значение  $I_{nc}$ , как важнейшего параметра УЗО, должно обязательно быть приведено на лицевой панели устройства, или в сопроводительной технической документации на УЗО. Для УЗО типов S и G предъявляются повышенные требования по данному параметру, поскольку предполагается, что, во-первых, УЗО этого типа устанавливаются на головном участке сети, где токи короткого замыкания, естественно, выше, во-вторых, такие устройства, имея задержку по срабатыванию, могут находиться под воздействием аварийных токов более продолжительное время.

Показатель качества изготовления. Номинальный дифференциальный ток короткого замыкания ( $I_{Dc}$ ) – Параметр аналогичен рассмотренному в

Inc. Главным отличием является то, что сверхток протекает по одному проводнику УЗО и испытания проводятся при включении испытательного тока поочередно по отдельным полюсам УЗО.

Предельное значение неотключающего сверхтока ( $I_{nm}$ ) – Данный параметр характеризует способность УЗО не реагировать на симметричные токи короткого замыкания и перегрузки и также является важным показателем качества устройства. Неправильно считать, что это ток, при котором УЗО должно производить отключение. Нормативы определяют минимальное значение неотключающего тока, равное шестикратному значению номинального тока нагрузки, т.е.  $I_{nm} = 6 \cdot I_n$ . Максимальное значение неотключающего сверхтока не нормируется и может иметь значения, намного превышающие  $6I_n$ .

Номинальная включающая и отключающая способность (коммутационная способность) – ( $I_m$ ) – Коммутационная способность зависит от уровня технического исполнения устройства – качества силовых контактов, мощности пружинного привода, материала (пластмассовых или металлических деталей) и качества механизма, наличия дугогасящей камеры и др. Этот параметр в значительной степени определяет надежность УЗО. В некоторых аварийных режимах УЗО должно осуществить отключение сверхтоков, опережая автоматический выключатель, при этом оно должно сохранить свою работоспособность.

Номинальная включающая и отключающая способность по дифференциальному току ( $ID_m$ ) – Данная характеристика аналогична рассмотренной выше  $I_m$  с той разницей, что предполагается протекание дифференциального сверхтока, например, при коротком замыкании на корпус электроприемника в системе TN-C-S.

По условиям функционирования дифференциальные УЗО подразделяются на следующие типы: AC, A, B, S и G.

УЗО типа AC – устройство защитного отключения, реагирующее на переменный синусоидальный дифференциальный ток, возникающий внезапно, либо медленно возрастающий.

УЗО данного типа применяются в системах, где возможен синусоидальный ток утечки на землю. Они не чувствительны к импульсным дифференциальным токам с пиковым значением до 250А (форма волны 8/20  $\mu$ S), которые могут возникнуть, например, при наложении импульсов

перенапряжения при включении люминесцентных ламп, рентгеновского оборудования, систем обработки информации, тиристорных преобразователей.

Стандартные значения максимально допустимого времени отключения УЗО типа АС при любом номинальном токе нагрузки и заданных нормами значениях дифференциального тока не должны превышать приведенных в табл. 5.

Максимальное время отключения, установленное в табл. 5, распространяется также на УЗО типа А. При этом испытания УЗО типа А проводят при значениях токов  $I_{dn}$ ,  $2 I_{dn}$ ,  $5 I_{dn}$  и 500 А с коэффициентом 1,4 (при  $I_{dn} > 0,01$  А) и с коэффициентом 2 (при  $I_{dn} \leq 0,01$  А).

Таблица 5

Номинальный отключающий дифференциальный ток	$I_{dn}$	$2 \cdot I_{dn}$	$5 \cdot I_{dn}$	500 А
Номинальное время отключения $t_n$ , с	<0,3	<0,15	<0,04	<0,04

УЗО типа А – устройство защитного отключения, реагирующее на переменный синусоидальный дифференциальный ток и пульсирующий постоянный дифференциальный ток, возникающие внезапно, либо медленно возрастающие.

УЗО данного типа нечувствительны к импульсным утечкам с пиковым значением тока до 250 А (форма волны 8/20  $\mu$ S). Они предназначены для использования в установках, где имеются электронные выпрямители и фазоимпульсные регуляторы физической величины (скорости, температуры, интенсивности освещения) класса изоляции I, получающие питание непосредственно из электросети без использования трансформатора (класс изоляции II, по своему определению, не допускает утечки на землю). УЗО типа А способны распознавать пульсирующие токи замыкания на землю с постоянной составляющей, которые могут возникать в подобных схемах.

УЗО типа В – устройство защитного отключения, реагирующее на переменный, постоянный и выпрямленный дифференциальные токи.

УЗО данного типа пригодны для защиты установок от пульсирующего постоянного или синусоидального тока утечки, а так же постоянного тока утечки. Способны распознавать постоянный ток утечки с небольшой пульсацией. Их рекомендуется использовать для защиты электродвигателей

и инверторных приводов насосов, лифтов, текстильных и обрабатывающих станков.

УЗО типа G – устройство защитного отключения с кратковременной выдержкой времени.

Для электрических потребителей, вызывающих при включении кратковременные высокие дифференциальные токи (например, переходные токи, протекающие через конденсатор помехоподавления между фазным проводом и проводом РЕ), могут происходить нежелательные срабатывания УЗО без выдержки времени, если дифференциальный ток превышает расчетный отключающий дифференциальный ток  $I_{dn}$  УЗО.

Для таких случаев, когда устранение подобных источником помех невозможно или возможно лишь отчасти, могут применяться УЗО с кратковременной выдержкой срабатывания.

Эти устройства имеют время срабатывания более 10 мс, т. е. они не должны срабатывать при импульсе тока длительностью 10 мс. При этом выдерживаются условия срабатывания согласно DIN VDE 0664 часть 1. Устройства обладают импульсной устойчивостью 3 кА, превосходящей требования DIN VDE 0664. Устройства защитного отключения с кратковременной выдержкой срабатывания обозначаются маркировкой G.

Предельные значения времени отключения УЗО типа G в зависимости от величины тока  $I_{dn}$  приведены в табл. 6.

Таблица 6

Номинальный отключающий дифференциальный ток	$I_{dn}$	$2 \cdot I_{dn}$	$5 \cdot I_{dn}$	500 А
Максимальное время отключения, с	0,3	0,15	0,15	0,04
Минимальное время не отключения, с	0,01	0,01	0,01	0,01

УЗО типа S – устройство защитного отключения, селективное (с выдержкой времени отключения).

Селективность УЗО означает, что из последовательно включенных в цепь устройств, срабатывает только то, которое расположено ближе к месту повреждения. Цель селективности – исключение нежелательных отключений последующих УЗО.

Для всех приведенных выше типов УЗО их селективная работа невозможна. Для того чтобы добиться селективности при последовательном включении УЗО, эти устройства должны различаться как по выдержке

времени срабатывания, так и по расчетному отключающему дифференциальному току. Для селективных УЗО предусмотрена маркировка **S**. Стандартные значения допустимого времени отключения и не отключения для УЗО типа **S** при любом номинальном токе нагрузки свыше 25 А и значениях номинального отключающего дифференциального тока свыше 0,03 А не должны превышать приведенных в табл. 7.

Таблица 7

Номинальный отключающий дифференциальный ток	$I_{dn}$	$2 \cdot I_{dn}$	$5 \cdot I_{dn}$	500 А
Максимальное время отключения, с	0,5	0,2	0,15	0,15
Минимальное время не отключения, с	0,13	0,06	0,05	0,04

Из табл. 4÷6 следует:

- УЗО для общего применения без задержки срабатывания и УЗО типа **G** имеют одинаковые верхние предельные значения времени отключения. УЗО этих типов должны отключиться не позже 0,3 с после возникновения отключающего дифференциального тока  $I_{dn}$ , а устройства селективного типа - не позже 0,5 с;

- у УЗО для общего применения отсутствует нижняя граница времени срабатывания;

- УЗО с задержкой срабатывания имеет определенное время не отключения, когда устройство находится в состоянии ожидания. Очевидно, что УЗО с задержкой срабатывания можно использовать для исключения ложных срабатываний под влиянием кратковременных внешних воздействий (перенапряжений, различных помех, коммутаций электроприемников).

К УЗО также предъявляется требование, заключающееся в том, что рабочий диапазон срабатывания устройства должен находиться в пределах от 50÷100% тока  $I_{dn}$ .

Параметр, называемый „устойчивость к импульсному току“, определяет наибольшую величину максимального мгновенного значения тока (ударный ток) в рабочих проводниках, при котором УЗО не должно сработать. Например, если у УЗО общего применения без задержки отключения устойчивость к импульсному току составляет 250 А, то в случае наличия ударного тока при коммутации электропотребителя, превышающего указанное значение, может произойти ложное отключение УЗО. Срабатывание произойдет из-за несимметричного расположения проводов в

окне суммирующего трансформатора тока. Очевидно, что УЗО с задержкой срабатывания отличается повышенной устойчивостью к ударному току в рабочих проводниках

Для обеспечения селективности двух последовательно включенных в цепь УЗО их графически изображенные время токовые характеристики срабатывания не должны иметь общих точек. Время токовые характеристики УЗО различных типов (G, S и общего применения) представлены на рис. 7. Из рис. 7 видно, что расположение УЗО типа S с указанными на рисунке параметрами ближе к источнику питания обеспечит селективную работу устройств, включенных в радиальную схему сети на участках, расположенных дальше от источника питания.

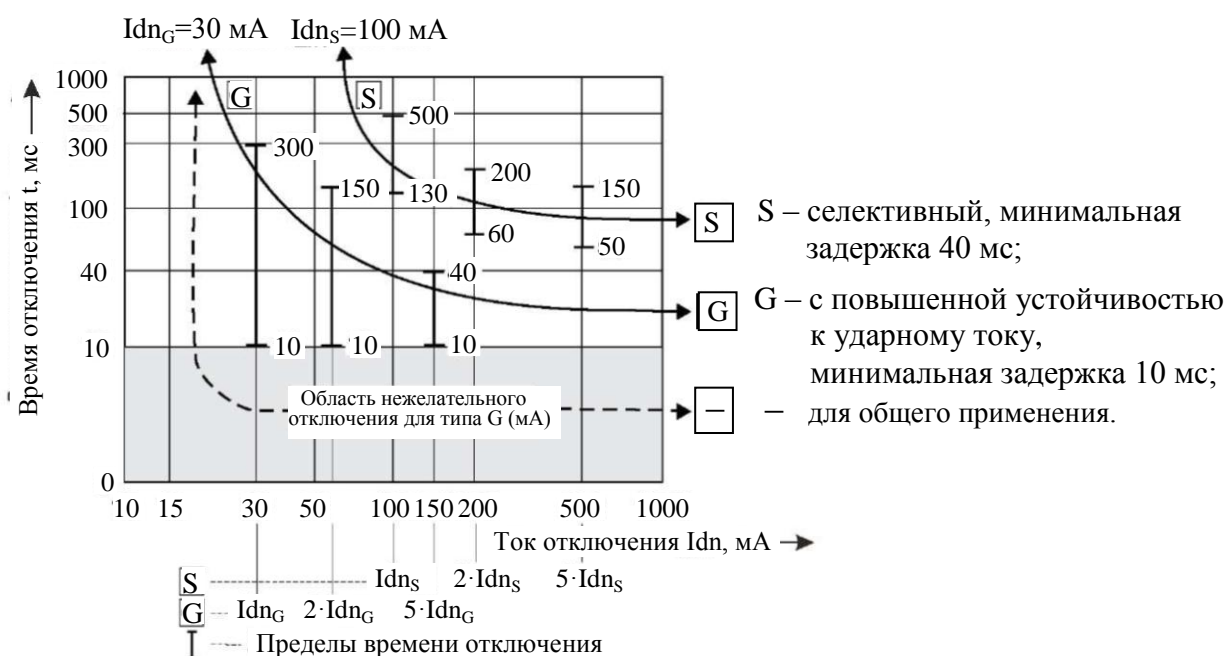


Рис. 7. Время токовые характеристики УЗО типа G, S и общего применения

Для обеспечения селективной работы последовательно включенных в цепь УЗО во всех случаях (независимо от значений дифференциальных токов при повреждениях в сети) требуется выполнение двух условий:

1. УЗО, расположенное ближе к источнику питания, должно быть типа S. При этом достигается селективность по времени.

2. Значение номинального отключающего дифференциального тока УЗО типа S должно быть не менее утроенного значения номинального отключающего дифференциального тока УЗО типа G или общего применения, расположенных дальше от источника питания, то есть:



$$I_{dnS} \geq 3 \cdot I_{dnG}$$

Необходимо отметить, что УЗО предназначены, прежде всего для защиты электрических цепей от утечек токов на "землю" и никак не могут быть использованы в качестве "автоматов" – для защиты от коротких замыканий. Более того, УЗО само должно быть обеспечено защитой от сверхтоков и токовых перегрузок.

В настоящее время отечественной и зарубежной промышленностью выпускается целый ряд УЗО различного назначения. Из отечественных фирм потребителям известны ставропольский завод "СИГНАЛ" (выпускает электронное "УЗО-20"), НИИ "ПРОЕКТЭЛЕКТРОМОНТАЖ" (производит электронное "УЗО-2000"), фирма "АСТРО-УЗО" (предлагает электромеханическое устройство "Астро\*УЗО"). Кроме того, широко используются УЗО известных зарубежных фирм, таких как Siemens, ABB, Schneider Electric, GE Power, Hager, AEG, Legrand, Circutor и др.

Французский концерн Schneider Electric предлагает российским покупателям сразу две гаммы устройств данного класса – многофункциональную серию Multi 9 марки Merlin Gerin и серию устройств, специально предназначенных для оборудования жилых зданий – "Домовой".

Свое название гамма получила исходя из следующей логики: 9 мм – стандартная ширина дополнительного контакта или половина ширины автоматического выключателя, а слово "мульти" говорит о большой номенклатуре выпускаемых изделий, устанавливаемых на DIN-рейку.

УЗО серии Multi 9 мгновенного действия (тип ID) на токи 16...125 А предназначены для отключения цепи (вручную и автоматически) в случае повреждения изоляции между фазой и землей, когда ток утечки более или равен 10, 30, 300, 500мА.

УЗО типа ID мгновенного действия применяются в распределительных сетях административных и промышленных зданий. Отстраивается от кратковременных, неустойчивых, случайных перенапряжений (пробой из-за пыли, коммутационные перенапряжения, грозовые разряды и т.д.) и работы высокочастотного оборудования.

Большинство промышленных электрических установок создают или передают помехи. Кроме того, питающие их воздушные сети, как правило, подвергаются действию атмосферных возмущений, а сами устройства УЗО могут быть чувствительны к грозовым разрядам. В действительности, в

зависимости от удаленности источника помех, сеть низкого напряжения может испытывать воздействие:

– перенапряжения, которое возникает между токоведущими проводами и землей, когда помеха уходит на землю значительно выше устройства УЗО (рис. 8, а);

– тока перегрузки, часть которого попадает в сеть ниже УЗО, например, через паразитные емкости (рис. 8, б);

– тока перегрузки, определяемого устройством УЗО, возникающего в результате пробоя ниже УЗО (рис 8, в).

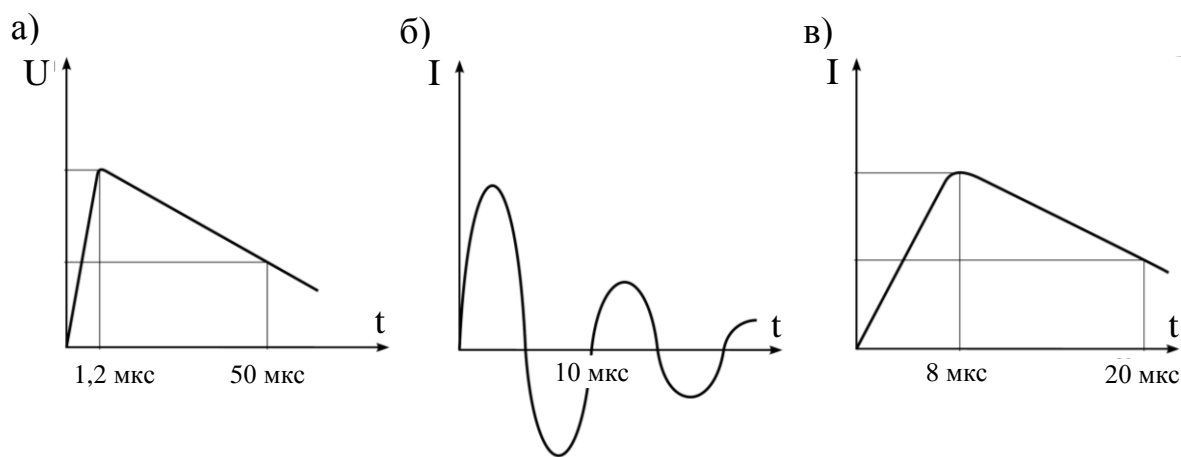


Рис. 8. Стандартные волны напряжения и тока, характерные для грозового разряда

В номенклатуре изделий УЗО серии Multi 9, кроме УЗО мгновенного действия (рис. 9, а, б), предусмотрены устройства УЗО, устойчивые к указанным выше паразитным токам; это УЗО типа «S» с током отключения ( $I_{dn} \geq 100$  мА). Кроме того, в изделия данной серии входят устройства с высокой чувствительностью и повышенной стойкостью; это УЗО типа «Si» (рис. 9, в) с током отключения ( $I_{dn} \leq 30$  мА) марки Merlin Gerin.

Необходимо отметить, что УЗО типа «S» позволяет выполнить селективную цепь с отходящими линиями с дифференциальными выключателями нагрузки на 10 и 30 мА (рис. 9, г)

Применение в сети УЗО типа «S» и «Si» позволяет обеспечить ее устойчивость к воздействию на цепи защиты: токов утечки частотой 50-60 Гц (микрокомпьютеры и другие электронные устройства); переходных токов утечки (подключение цепи с емкостным небалансом); высокочастотных токов утечки (тиристорные выпрямители с фильтрами, имеющими конденсаторы); токов, возникающих в результате грозового разряда. В

результате применения данных типов УЗО, минимизируется число случаев ложных срабатываний защищаемых участков сети.

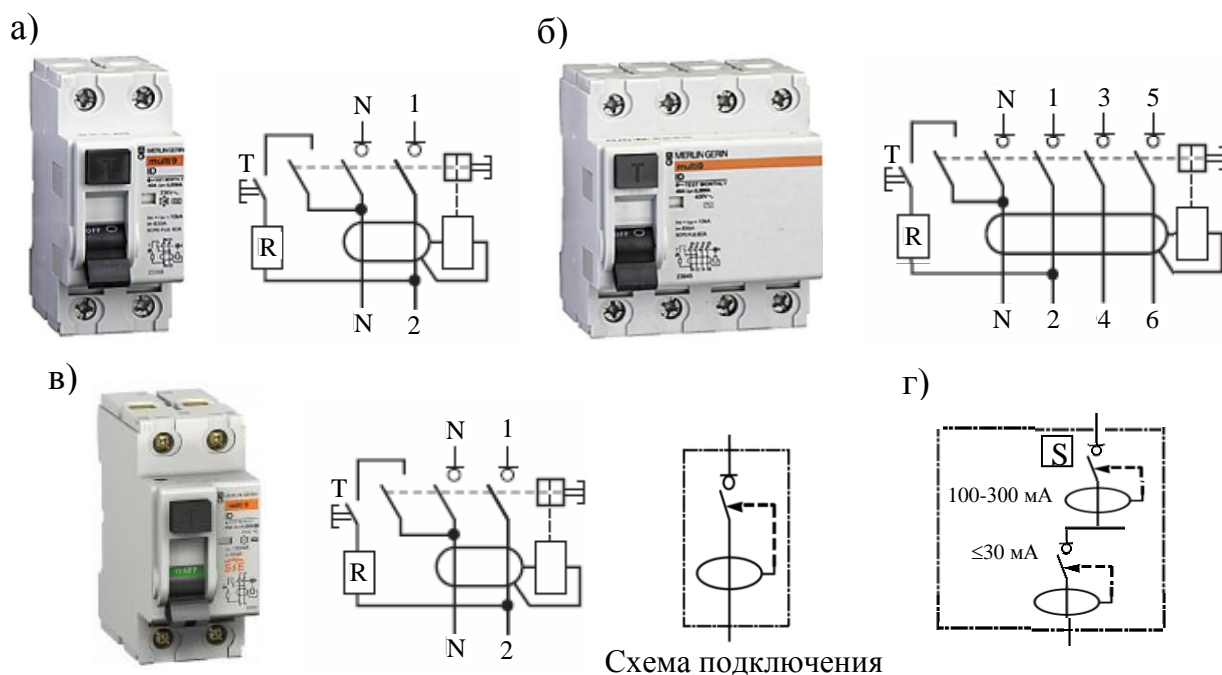


Рис. 9. УЗО серии Multi 9 марки Merlin Gerin: а – двухполюсное типа ID; б – четырехполюсное типа ID; в – двухполюсное типа Si; г – схема подключения селективного УЗО типа S.

В зависимости от назначения и условий применения УЗО серии Multi 9 комплектуются различного типа вспомогательными электрическими устройствами. Вспомогательные электрические устройства позволяют осуществлять дистанционное отключение и сигнализацию состояния УЗО. Они монтируются с левой стороны от УЗО (рис. 10).



Рис. 10. Вспомогательные электрические устройства для УЗО серии Multi 9

УЗО со встроенной максимальной токовой защитой являются комбинацией двух защитных устройств – УЗО и автоматического выключателя (АВ). Обозначения таких устройств, используемые в зарубежной литературе – RSBO (английское обозначение), FI/LS или DI/LS (немецкое обозначение).

Встроенная максимальная токовая защита осуществляет защиту от сверхтоков как контактов УЗО, так и электрической цепи. Механизм отключения встроенного АВ, обеспечивающего защиту от сверхтоков, используется так же для отключений, производимых УЗО. Технические данные УЗО представляют собой комбинацию параметров УЗО (номинальный отключающий дифференциальный ток и другие) и АВ (номинальный ток, отключающая способность и т. д.). Характеристики отключения встроенного защитного АВ и УЗО ( $I_{dn} = 30 \text{ mA}$ ) представлены на рис. 11.

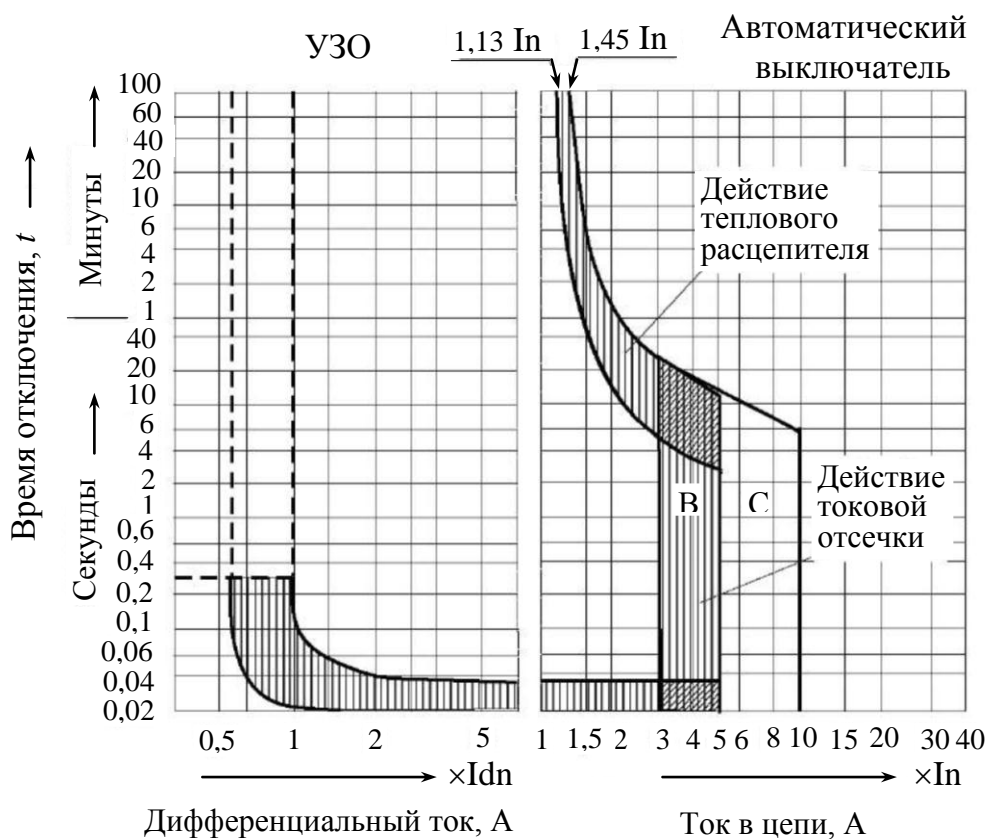
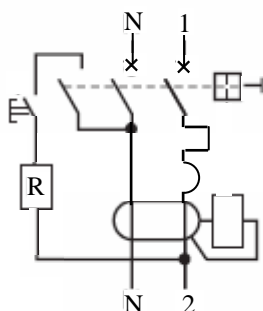


Рис. 11. Время токовые характеристики УЗО ( $I_{dn} = 30 \text{ mA}$ ) со встроенным автоматическим выключателем

Автоматический, дифференциальный выключатель-моноблок DPN N Vigі серии Multi 9 (рис. 12) является комбинацией двух защитных устройств УЗО и АВ позволяет реализовать:

- комплексную защиту цепей от коротких замыканий, перегрузок и повреждений изоляции;
- защиту людей от поражения электрическим током при прямых (30 мА) контактах с токопроводящими частями;
- защиту электроустановки от риска возникновения пожара;
- селективность защит при каскадном соединении аппаратов на токи утечки 30 мА и 300 мА.



#### Характеристики

- количество полюсов: 1+N;
- номинальный ток : 6÷30 А при 30°С;
- номинальное напряжение: ~ 230 В;
- ток отключения: 6000 А;
- мгновенное замыкание;
- кривая отключения: С и В.

Рис. 12. Дифференциальный автоматический выключатель DPN N Vigi ток утечки 30 мА мгновенного

В Европейском экономическом сообществе в соответствии с европейским стандартом EN 61008-1 на дифференциальные выключатели нагрузки применительно к нормативным документам и технической литературе общеприняты следующие сокращения: ID – Франция, RCCD's – Англия.

На территории РФ определения, технические требования и методы испытаний на аналогичного рода устройства общего типа содержатся в ГОСТ Р 51326.1-99 (МЭК 61008-1-96). В настоящем стандарте принято сокращенное обозначение АВ, управляемых дифференциальным током бытового и аналогичного назначения без встроенной защиты от сверхтоков – ВДТ.

ВДТ предназначены для защиты людей при косвенном контакте с открытыми проводящими частями электроустановок, соединенными с соответствующим заземляющим устройством электроустановок зданий, и аналогичного применения. Они могут быть использованы для обеспечения защиты от пожаров, возникающих вследствие длительного протекания тока повреждения.

ВДТ, имеющий номинальный отключающий дифференциальный ток не более 30 мА, могут быть также использованы в качестве средства

дополнительной защиты в случае отказа защитных устройств, предназначенных для защиты от поражения электрическим током.

Стандарт распространяется на ВДТ с номинальными напряжениями, не превышающими 440 В переменного тока, и номинальными токами, не превышающими 125 А, выполняющие одновременно функцию обнаружения дифференциального тока, сравнения его со значением дифференциального тока срабатывания и отключения защищаемой цепи в случае, когда дифференциальный ток превосходит это значение.

В отличие от ВДТ, управляемый дифференциальным током АВ, предназначенный для выполнения функций защиты от сверхтоков, определен в 3.3.3. ГОСТ Р 51326.1-99 как автоматический выключатель, управляемый дифференциальным током, со встроенной защитой от сверхтоков (АВДТ).

Отечественной промышленностью под торговой маркой ИЭК (ИЭК–производитель ИНТЕРЭЛЕКТРОКОМПЛЕКТ) выпускаются: выключатели дифференциальные ВД1-63; дифференциальные автоматы АД12, АД14, АД12М; автоматические выключатели дифференциального тока серии АВДТ-32.



Рис. 13

Выключатель дифференциальный ВД1-63 (рис. 13) – предназначен для защиты человека от поражения электрическим током при случайном непреднамеренном прикосновении к токоведущим частям электроустановок при повреждениях изоляции (уставка – 10 мА, 30 мА, 100 мА). Единственная защита от поражения электрическим током при прямом однофазном прикосновении к токоведущим частям электроустановки. ВД1-63 с уставкой срабатывания 300 мА и 500 мА предназначены для предотвращения возгорания и пожаров вследствие протекания токов утечки на землю.

При использовании ВД1-63 необходимо последовательно с ним включать автоматический выключатель ВА 47-29 или ВА 47-100 (аналогичного или меньшего номинала), так как функционально ВД1-63 не предусматривает защиты от сверхтока короткого замыкания и перегрузки.

Преимущества:

- электромеханическая схема без электронных компонентов;

- наиболее надёжная защита человека при прямом прикосновении к токоведущим частям;
  - независимый индикатор положения контактов;
  - не имеет собственного потребления электроэнергии и сохраняет работоспособность при обрыве нулевого проводника;
  - модульное исполнение экономит пространство в распределительном щите и значительно облегчает процедуру монтажа;
  - тестирующая цепь сохраняет работоспособность в широком диапазоне напряжений от 110 до 265 В (двухполюсный), от 200 до 460 В (четырёхполюсный);
  - насечки на контактных зажимах снижают тепловые потери и увеличивают механическую устойчивость соединения;
  - высокая механическая износостойкость;
  - варианты исполнения на восемь номинальных токов;
  - широкий диапазон рабочих температур от -25°С до +50°С.
- В табл. 8 приведены технические характеристики ВД1-63.

Таблица 8

Соответствуют стандартам	ГОСТ Р 51326.1-99, ТУ 3421-033-18461115-02
Номинальное напряжение частотой 50 Гц, В	230/400
Номинальный ток $I_n$ , А	16, 25, 32, 40, 50, 63, 80, 100
Номинальный отключающий дифференциальный ток $I_{Dn}$ , мА	10, 30, 100, 300, 500
Номинальный условный дифференциальный ток короткого замыкания $I_{Dc}$ , А	3000
Рабочая характеристика при наличии дифференциального тока	АС
Время отключения при номинальном дифференциальном токе, мс	≤ 40
Число полюсов	2, 4
Условия эксплуатации	УХЛ4
Степень защиты выключателя	IP 20
Электрическая износостойкость, циклов В-О, не менее	4000
Механическая износостойкость, циклов В-О, не менее	10000
Максимальное сечение присоединяемых проводов, мм <sup>2</sup>	35



Дифференциальный автомат АД-12/14 – быстродействующий защитный выключатель. Благодаря высокому быстродействию, дифференциальные автоматы с уставкой срабатывания 10 мА и 30 мА обеспечивают эффективную защиту человека от поражения электрическим током в случае его прикосновения к токоведущим частям или к элементам электрооборудования, оказавшегося под напряжением в результате повреждения изоляции токоведущих частей.

Кроме того, АД-12/14 обеспечивают эффективную защиту электрооборудования от сверхтока (короткого замыкания и перегрузки). А в ряде исполнений АД-12 и АД-14 предусмотрена защита от импульсных перенапряжений в сети.

Конструкция АД-12/14 представляет собой соединение двух функциональных узлов: электронный модуль дифференциальной защиты и автоматический выключатель. Электронный модуль состоит из дифференциального трансформатора тока, электронного усилителя с пороговым устройством, исполнительного электромагнита сброса и источника питания.

При установке рукоятки управления автоматического выключателя в положение "ВКЛ" на электронный модуль поступает напряжение питания. В нормальном режиме работы, ток во вторичной обмотке дифференциального трансформатора равен нулю.

При прикосновении человека к открытым токопроводящим частям или к корпусу электроприемника, на который произошел пробой изоляции, по фазному проводнику, кроме тока нагрузки, протекает дополнительный ток – ток утечки, являющийся для трансформатора тока дифференциальным (разностным).

Если этот ток превышает значение уставки порогового устройства, последнее подает ток от источника питания на катушку электромагнита сброса, который сдергивает защелку механизма независимого расцепления АВ и электрическая цепь размыкается.

При этом кнопка "Возврат" выступает из лицевой панели.

Для повторного включения необходимо нажать эту кнопку до фиксации и взвести рукоятку АВ.



Для осуществления периодического контроля исправности АД-12/14 в электронный модуль встроена цепь тестирования. При нажатии кнопки "Тест" искусственно создается отключающий дифференциальный ток. Немедленное срабатывание АД означает исправность всех его элементов.

Монтаж АД-12/14 производят на 35 мм монтажную DIN-рейку.

Преимущества:

- четыре вида защит: от перегрузки, короткого замыкания, дифференциального тока и импульсных (грозовых перенапряжений);
- улучшенная конструкция электронного модуля;
- высокое быстродействие;
- индикация срабатывания от дифференциального тока;
- свыше 40 типоразмеров;
- широкий диапазон рабочих температур от  $-25^{\circ}\text{C}$  до  $+50^{\circ}\text{C}$ .

Особенности конструкции:



- наплавка из серебросодержащего композита повышает износостойкость контактной группы и снижает переходное сопротивление.



- тест для проверки работоспособности устройства и правильности подключения.



- кнопка ВОЗВРАТ для индикации срабатывания от дифференциального тока.



- возможность простой самостоятельной установки контактов состояния КС47 и КСВ47.



- увеличенный размер головки винта с универсальным шлицем (+, -) облегчает монтаж и предотвращает выпадение винтов при установке.

В табл. 9 приведены технические характеристики АД-12/14.

Таблица 9

Соответствуют стандартам	ГОСТ Р 51327.1-99, ТУ 99 АГИЕ.641243.039
Номинальное напряжение частотой 50 Гц, В	230/400
Номинальный ток $I_n$ , А	6, 10, 16, 20, 25, 32, 40, 50, 63
Номинальный отключающий дифференциальный ток $I_{\Delta n}$ , мА	10, 30, 100, 300
Номинальная отключающая способность, А	4500
Рабочая характеристика при наличии дифференциального тока	АС
Время отключения при номинальном дифференциальном токе, мс	$\leq 40$
Число полюсов	2, 4
Условия эксплуатации	УХЛ4
Степень защиты выключателя	IP 20
Износостойкость, циклов В-О, не менее	10000
Максимальное сечение присоединяемых проводов, мм <sup>2</sup>	вход – 25; выход – 16/25*

\* Размер для устройств с номинальными токами свыше 40А.

Автоматические выключатели дифференциального тока АДТ-32



Рис. 15

предназначены для защиты человека от поражения электрическим током при повреждении изоляции электроустановок, для предотвращения пожаров вследствие протекания токов утечки на землю и для защиты от перегрузки и короткого замыкания. Рекомендуются для защиты групповых линий, питающих розетки наружной установки, розеток и освещения подвалов и гаражей.

Преимущества:

- комбинированная схема с электронным модулем дифференциальной защиты и встроенным выключателем серии ВА47-29;
- наиболее надёжная защита человека при прямом прикосновении к токоведущим частям;
- независимый индикатор положения контактов;

- широкий диапазон рабочих температур от  $-25^{\circ}\text{C}$  до  $+50^{\circ}\text{C}$ ;
- насечки на контактных зажимах снижают тепловые потери и увеличивают механическую устойчивость соединения;
- наличие кнопки "Тест" для проверки работоспособности устройства и правильности подключения;
- габариты АВДТ соответствуют 2- модульному исполнению за счёт размещения элементов конструкции.

Особенности конструкции:



Индикатор состояния главной цепи предоставляет точную информацию о состоянии контактов независимо от положения рукоятки.



Комбинированная схема с электронным модулем дифференциальной защиты, варистором класса D и встроенным выключателем серии ВА47-29 обеспечивает 4 вида защиты: от дифференциального тока (тока утечки); от короткого замыкания; от перегрузки; от импульсных (грозовых перенапряжений).



Наплавка из серебросодержащего композита повышает износостойкость контактной группы и снижает переходное сопротивление.



Тест для проверки работоспособности устройства и правильности подключения.

В табл. 10 приведены технические характеристики АВДТ-32.

Таблица 10

Соответствуют стандартам	ГОСТ Р 51327.1-99, ТУ 99 АГИЕ.641243.039
Номинальное напряжение частотой 50 Гц, В	230
Номинальный ток $I_n$ , А	6, 10, 16, 20, 25, 32, 40, 50, 63
Характеристики срабатывания электромагнитного расцепителя	В, С
Число полюсов	1+N

Продолжение таблицы 10

Номинальный отключающий дифференциальный ток $I_{Dn}$ , мА	10, 30, 100
Номинальная отключающая способность, А	6000
Рабочая характеристика при наличии дифференциального тока	АС
Время отключения при номинальном дифференциальном токе, мс	$\leq 40$
Износостойкость, циклов В-О, не менее	10000
Условия эксплуатации	УХЛ4
Степень защиты выключателя	IP 20
Мощность рассеивания, Вт не более	6,5
Максимальное сечение присоединяемых проводов, мм <sup>2</sup>	вход – 25; выход – 16/25*

\* Размер для устройств с номинальными токами свыше 40А.

Некоторые виды УЗО отечественных производителей и их параметры представлены в табл.11.

Таблица 11

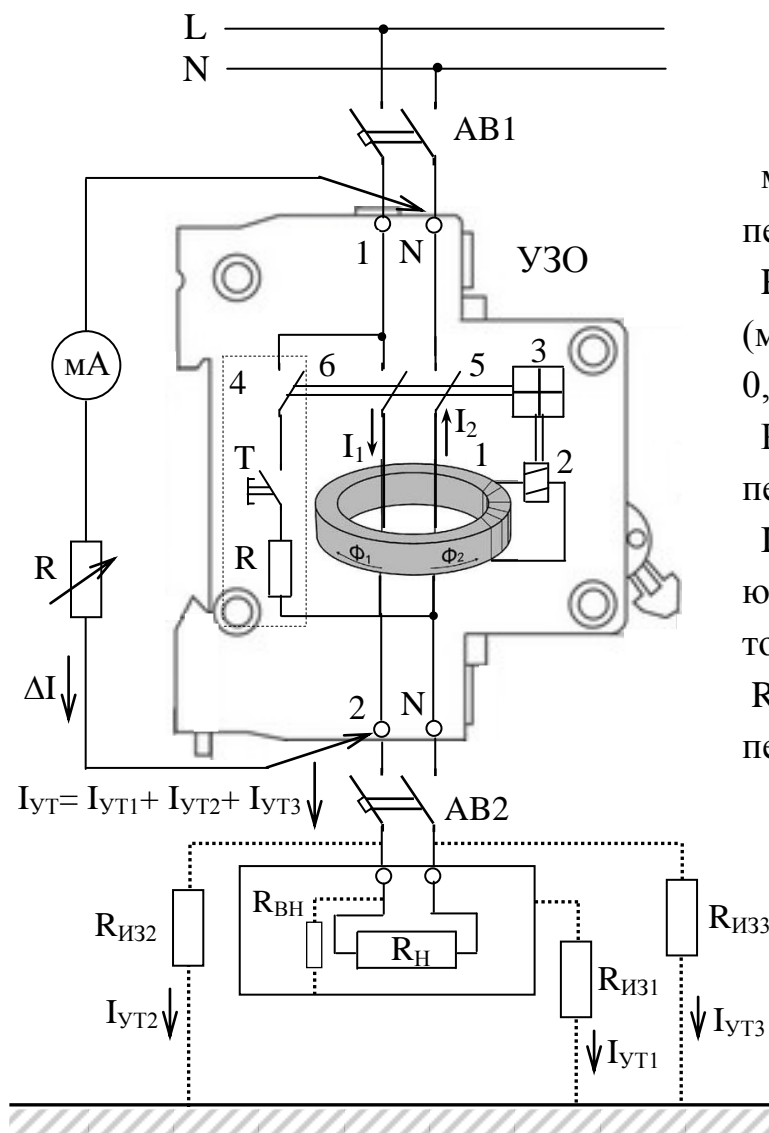
Параметры	Тип устройства защитного отключения			
	УЗО-22	ВАД-11	Д-АС	Астро* УЗО
Номинальное напряжение, В	220		220/380	
Частота, Гц	50	50; 60	50	50
Номинальный ток нагрузки, А	6,3; 10; 16; 25; 32; 40	6; 40	6; 10; 16; 25; 32	16; 25; 40; 63
Номинальное значение дифференциального отключающего тока, мА	10; 30	10; 30; 100	10, 30, 100, 300	
Максимальное время отключения при номинальном дифференциальном токе, мс	40	10	40	30
Рабочая температура, °С	От –10 до +40	От –5 до +40	От –5 до +40	От –20 до +45
Зависимость от колебаний напряжения сети	Не зависит			
Потребность в источнике питания	Требуется		Не требуется	
Тип расцепителя	Электронно-магнитный		Электромеханический	

\* Для 4-х полюсных УЗО.

Рекомендуется ежемесячно проверять работоспособность УЗО. Наиболее простой способ проверки – нажатие кнопки «тест». Если УЗО исправно и подключено к электрической сети, то оно при нажатии кнопки «тест» должно сразу же сработать (то есть отключить нагрузку). Если после нажатия кнопки нагрузка осталась под напряжением, то УЗО неисправно и должно быть заменено.

Тест нажатием кнопки не является полной проверкой УЗО. Оно может срабатывать от кнопки, но не пройти полный лабораторный тест, включающий измерение отключающего дифференциального тока и времени срабатывания. Поэтому более надежной проверкой является имитация утечки непосредственно в цепи, которая является нагрузкой УЗО.

С этой целью, для проведения проверки, как правило, применяют тестовые схемы (рис. 16) или специализированные приборы.



mA – миллиамперметр  
 переменного тока (0÷300 mA).  
 R – переменный резистор  
 (магазин сопротивлений) от  
 0,75 до 43 кОм.  
 $P = Idn^2 \cdot R_{MAX}$  – мощность  
 переменного резистора;  
 $Idn$  – номинальный отключа-  
 ющий дифференциальный  
 ток испытуемого УЗО;  
 $R_{MAX}$  – максимальное значение  
 переменного резистора.

Рис. 16. Схема измерения

Определение порога срабатывания (дифференциального отключающего тока  $I_{dn}$ ) УЗО:

1. Отключить от установленного в электроустановке УЗО цепь нагрузки  $R_H$  с помощью двухполюсного автоматического выключателя АВ2 (рис. 16). В том случае, если в электроустановке применен однополюсный автоматический выключатель, при выполнении данного измерения для достижения необходимой точности необходимо отсоединить и нулевой рабочий проводник.

2. С помощью гибких проводников подключить к указанным на схеме клеммам (2, N) УЗО измерительную цепь с переменным резистором  $R$  и миллиамперметром –  $mA$ . Переменный резистор первоначально должен находиться в положении максимального сопротивления.

3. Плавно снижать сопротивление резистора.

4. Зафиксировать показание миллиамперметра в момент срабатывания УЗО.

5. Зафиксированное значение тока является отключающим дифференциальным током  $I_d$  данного экземпляра УЗО, которое согласно требованиям стандартов должно находиться в диапазоне  $0,5 I_{dn} \div 1 I_{dn}$ .

В том случае, если значение  $I_d$  выходит за границы данного диапазона, УЗО подлежит замене.

УЗО должно соответствовать требованиям подключения. Особое внимание следует обращать при использовании проводов и кабелей с алюминиевыми жилами (многие импортные УЗО допускают подключение только медных проводов).

При установке УЗО последовательно должны выполняться требования селективности. При двух- и многоступенчатой схемах УЗО, расположенное ближе к источнику питания, должно иметь уставку и время срабатывания не менее чем в три раза большую, чем у УЗО, расположенную ближе к потребителю. В зоне действия УЗО нулевой рабочий проводник не должен иметь соединений с заземленными элементами и нулевым защитным проводником.

Чтобы безопасность была гарантированной даже при значительной величине тока, установлены нормы по времени срабатывания УЗО: оно не должно превышать 0,3 секунды; обычно оно меньше 0,1 секунды.

Схему подключения УЗО поясняет рис. 17. В качестве УЗО здесь используется дифференциальный автоматический выключатель, установленный на входе линии питания. Для нормального функционирования УЗО необходимо обеспечить формирование дифференциального тока при возникновении утечки тока на землю.

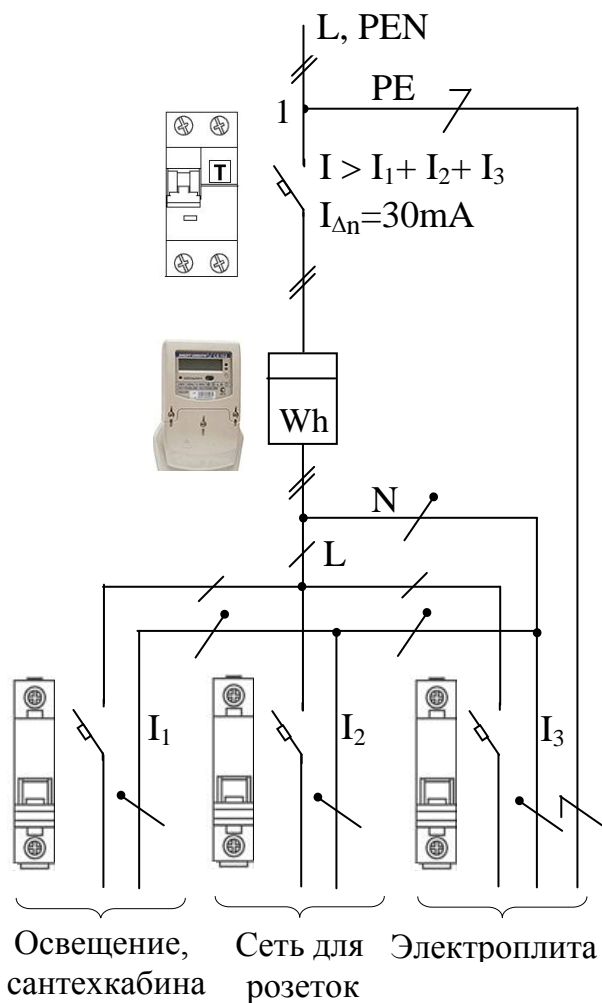


Рис. 17. Схема электроснабжения в двухпроводной сети при отсутствии защитного проводника PE в розеточной цепи и цепи освещения.

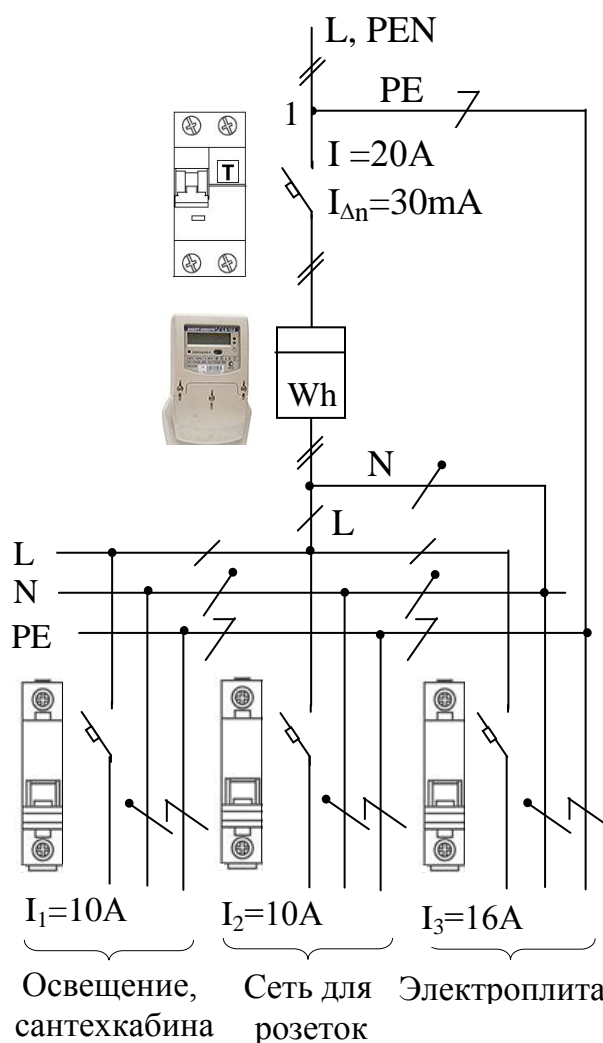


Рис. 18. Схема электроснабжения в двухпроводной сети с системой заземления TN-C-S

Дифференциальный ток появится только в случае утечки через заземленный проводник, не подключенный к УЗО. Поскольку нейтраль N проходит через УЗО, необходимо до места подключения УЗО разделить проводник PEN на проводники N и PE (точка 1 на рис. 17). При этом проводник PE должен быть подключен к электрооборудованию непосредственно. Не допускается его размыкание или исполнение в виде временного проводника.

В свою очередь, использование системы TN-C-S подразумевает заземление металлических корпусов электрооборудования и подключение розеток трехпроводными проводами. Схема, поясняющая подключение УЗО для двухпроводной сети, показана на рис. 18. УЗО в этом случае должно осуществлять защиту максимального числа линий и оборудования.

На рис. 19 и рис. 20 приведены примеры схем электроснабжения квартир повышенной комфортности.

В схеме, приведенной на рис. 19, на вводной линии установлен дифференциальный автоматический выключатель с током срабатывания 300 мА.

Этот дифференциальный автомат обеспечивает защиту электропроводки и оборудования при возникновении утечки на корпус, а также повышает пожарную безопасность цепи электропитания квартиры. Кроме того, он обеспечивает некоторую задержку отключения. Из двухпроводной линии формируется система TN-C-S. Для непосредственной защиты людей в групповые цепи питания потребителей установлены дополнительные дифференциальные автоматические выключатели. В цепи питания розеток и стационарного электрооборудования включены устройства с дифференциальным током срабатывания 30 мА, а для помещений с повышенной опасностью используется более чувствительное устройство с током срабатывания 10 мА.

На рис. 20 приведена схема электроснабжения квартиры повышенной комфортности с трехфазным вводом.



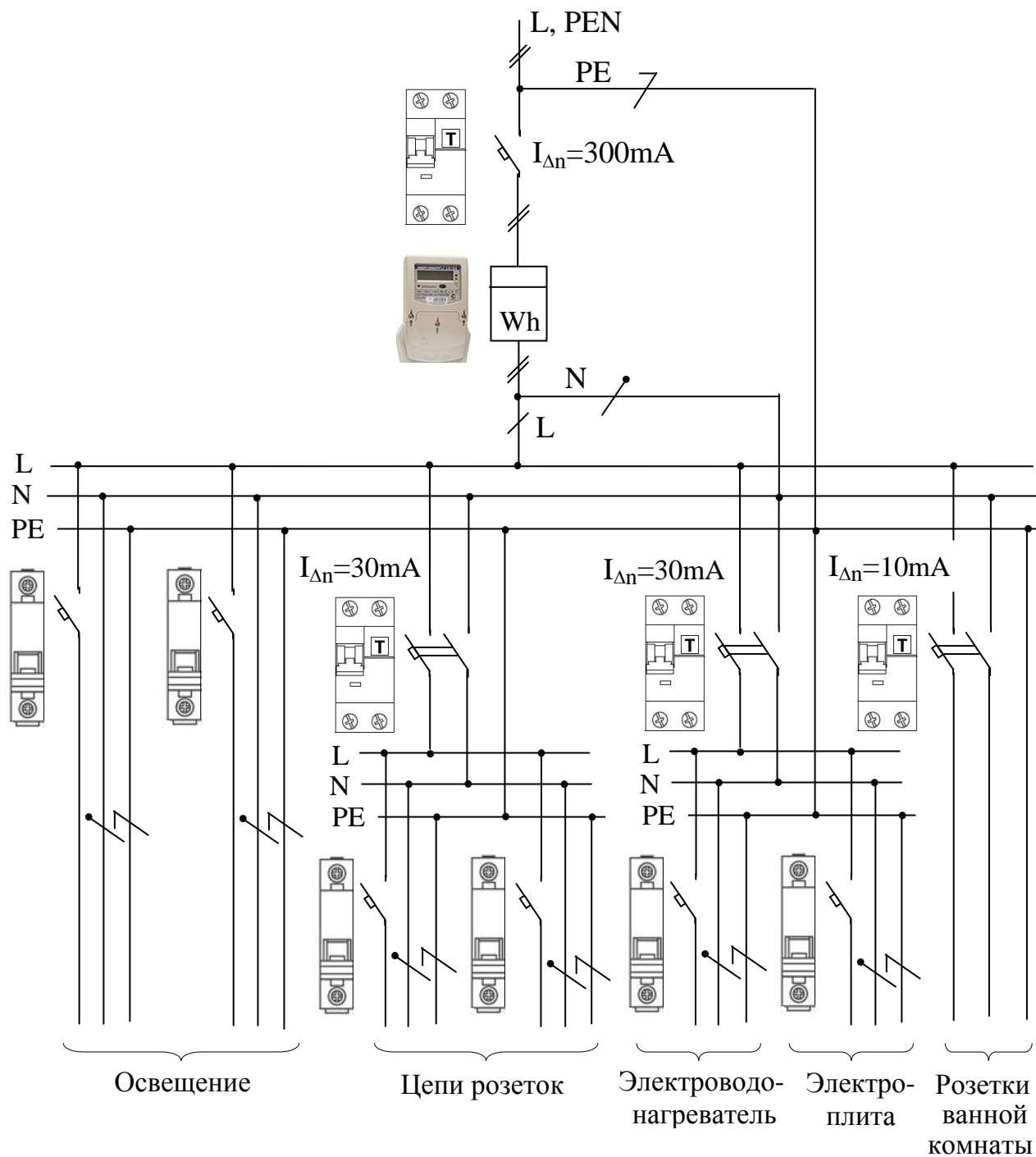


Рис. 19. Схема электроснабжения квартиры повышенной комфортности (вариант 1)

На вводе установлен четырехполюсный дифференциальный автоматический выключатель с током отключения 300 мА и временной задержкой отключения. Для учета расхода электроэнергии используется трехфазный электросчетчик. Потребители электроэнергии подключаются ко всем трем фазам с учетом оптимальной нагрузки на все линии.

Применительно к схемам электроснабжения, изображенным на рис. 19 и рис. 20, действуют общие для таких случаев правила: при объединении групповых линий для защиты одним УЗО следует учитывать возможность их одновременного отключения; кроме того, в многоступенчатых схемах необходимо выполнять условия селективности, то есть функции отключения с задержкой.

На современных объектах индивидуального строительства (коттеджи, дачные, садовые дома и т. д.) требуется применение повышенных мер электробезопасности. Это связано с высокой энергонасыщенностью, разветвленностью электрических сетей и спецификой эксплуатации как самих объектов, так и электрооборудования. При выборе схемы электроснабжения типа УЗО и распределительных щитков следует обратить внимание на необходимость использования ограничителей перенапряжений (грозовых разрядников), которые следует устанавливать до УЗО (рис. 21).

В индивидуальных домах рекомендуется использовать УЗО с номинальным током, не превышающим 30 мА, – для групповых линий, питающих ванные комнаты, душевые и сауны, а также штепсельные розетки (внутри дома, в подвалах, встроенных и пристроенных гаражах). Для линий, обеспечивающих наружную установку штепсельных розеток, применение УЗО с номинальным током, не превышающим 30 мА, обязательно.

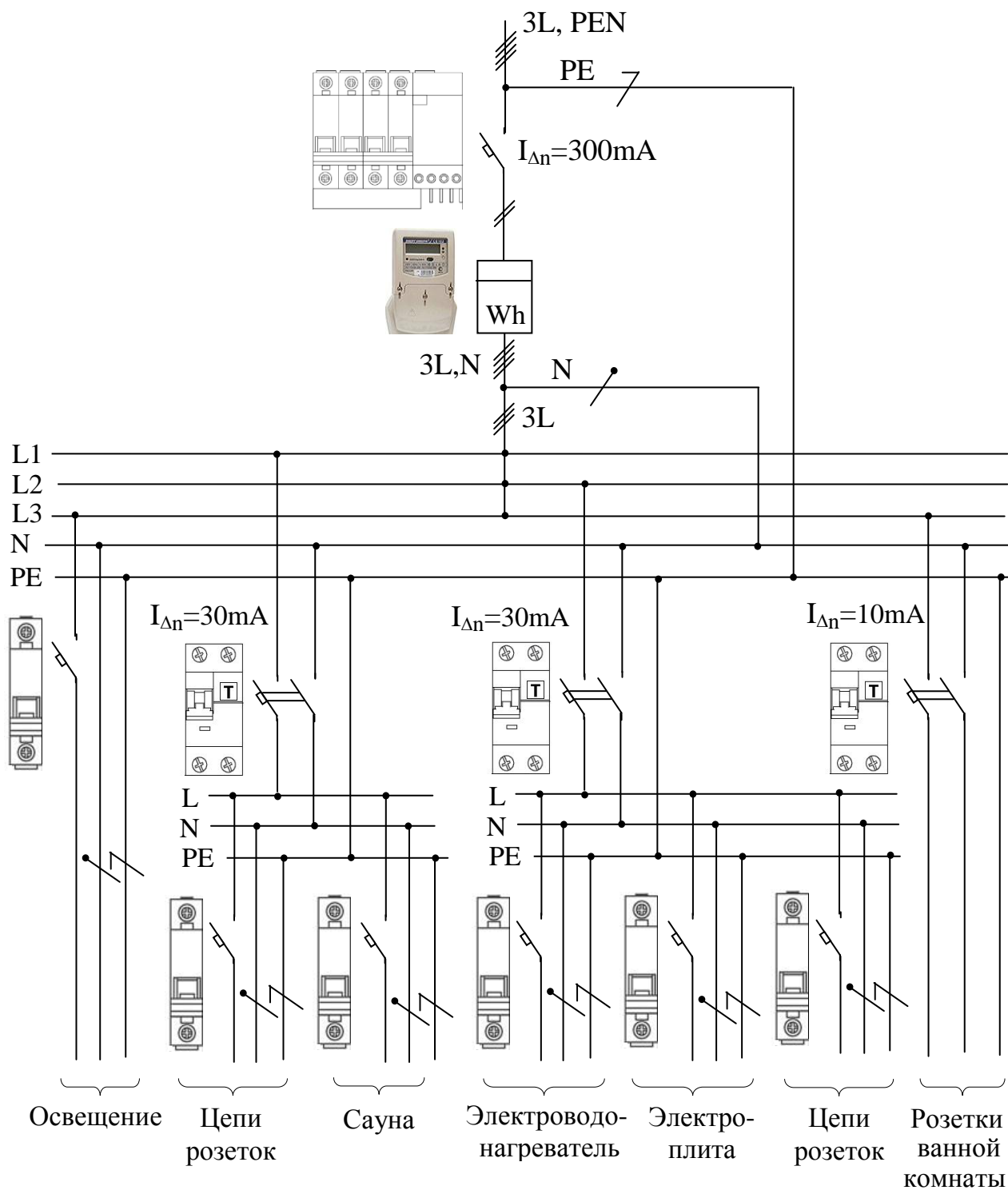


Рис. 20. Схема электроснабжения квартиры повышенной комфортности (вариант 2)

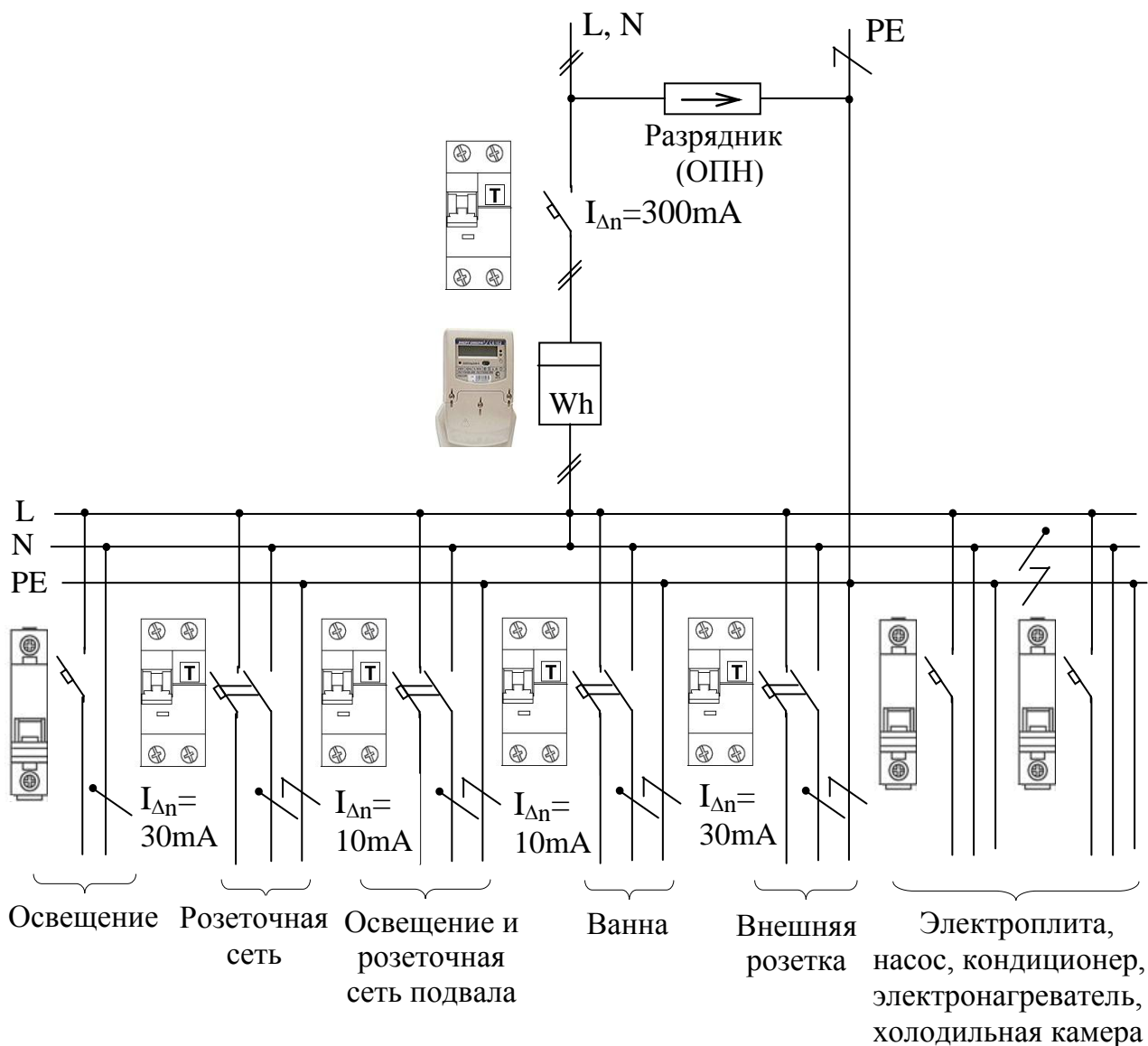


Рис. 21. Схема электроснабжения коттеджа с системой заземления TN-C-S

### Порядок выполнения работы.

1. Используя УЗО, размещенные на лабораторном стенде и выданные для ознакомления преподавателем, изучите их конструкцию (рис. 6).
2. Изучите схемы включения УЗО (рис. 17÷21).
3. Изучите методику выбора УЗО, а также проверки (рис. 16) и расчёт тока уставки.

## Содержание отчета.

1. Название и цель работы.
2. Основные характеристики и параметры УЗО.
3. Схемы включения УЗО для защиты электроустановок зданий.

### Контрольные вопросы.

1. Каково назначение УЗО?
2. Объясните принцип действия электронных УЗО.
3. Расскажите, как устроено электромеханическое УЗО.
4. Объясните по принципиальной схеме работу УЗО.
5. Укажите основные характеристики УЗО.
6. Опишите принцип выбора уставок УЗО.
7. Как определить порог срабатывания УЗО?
8. От каких аварийных режимов работы электрооборудования и сети защищает УЗО?
9. Как УЗО предотвращает пожары от электроустановок зданий?
10. Как обеспечить селективность работы нескольких последовательно включенных УЗО?

## ЛИТЕРАТУРА

1. Правила устройства электроустановок: ПУЭ: утв. Минэнерго России 08.07.02: введ. в действие с 01.01.03 – 7-е изд., измен. и доп. – М.: Главгосэнергонадзор, 2002.
2. Монтаж электрооборудования и средств автоматизации: учебник для ВУЗов / И.Р. Владыкин, А.П. Коломиец, Н.П. Кондратьева, С.И. Юран. – М.: Изд-во "КолосС", 2007.
3. Справочник электрика / Э.А. Киреева. – М.: Изд-во "КолосС", 2007.
4. Акимова Н.А. Монтаж, техническая эксплуатация и ремонт электрического и электромеханического оборудования: учеб. пособие / Н.А. Акимова, Н.Ф. Котеленец, Н.И. Сентюрихин; под ред. Н.Ф. Котеленца. – 3-е изд., стереотип. – М.: Академия, 2005.
5. Костенко Е.М. Монтаж, техническое обслуживание и ремонт промышленного и бытового электрооборудования: практ. пособие для электромонтера / Е.М. Костенко. – М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2005.
6. Бастрон А.В. Монтаж электрооборудования и средств автоматизации: учеб. пособие для вузов / А.В. Бастрон. – Красноярск: Краснояр. гос. агр. ун-т., 2004.
7. Справочная книга электрика / Э.А. Киреева [и др.]; под общ. ред. В.И. Григорьева. – М.: Изд-во "Колос", 2004.
8. Сибикин Ю.Д. Монтаж, эксплуатация и ремонт электрооборудования промышленных предприятий и установок: Учеб. пособие для проф. учеб. заведений / Ю.Д. Сибикин, М.Ю. Сибикин. – М.: Высш. шк., 2003.
9. Справочник по электротехнике и электрооборудованию: учеб. пособие / И.И.Алиев. – 4-е изд., дополн. – М.: Высш. шк., 2003.
10. Электробезопасность при эксплуатации электроустановок промышленных предприятий / Ю.Д.Сибкин. – М.: Изд-во ПрофОбрИзд., 2002.
11. Технология электромонтажных работ / Ю.Д.Сибкин.– М.: Высш. шк., 2002.
12. Шогенов А.Х. Монтаж электрооборудования на фермах / А. Х. Шогенов. – М.: Агропромиздат, 1991.
13. Монтаж средств измерений и автоматизации: справочник / А.С.Клюев. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1988.

14. Прищеп Л. Г. Учебник сельского электрика: учеб. для ПТУ. / Л.Г.Прищеп. – М.: Агропромиздат, 1986.
15. Ирха П.Д. Монтаж электроустановок в сельском хозяйств / П. Д. Ирха. – М.: Изд-во "КолосС", 1983.
16. Литвинов В.Н. Справочник молодого рабочего по монтажу электропроводок / В. Н. Литвинов. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 1977
17. Siemens AD ET Catalog B1T, 2007.
18. Официальный сайт SIBA: <http://www.sibafuses.com/>
19. Официальный сайт Cooper Bussman: <http://www.cooperbussmann.com/>
20. Официальный сайт General Electric (раздел «энергетика»): <http://www.gepower.com/>
21. Официальный сайт Eaton: <http://www.eatonelectric.com.au/>
22. Официальный сайт Ferraz-Shawmut: <http://www.ferrazshawmutsales.com/>

## ОГЛАВЛЕНИЕ

	стр.
<b>Введение</b>	3
<b>Общие положения</b>	4
Правила выполнения лабораторных работ и техника безопасности	4
Оформление отчета	5
<b>Раздел 3</b>	
<b>Монтаж осветительных установок</b>	6
Лабораторная работа №8 <i>Монтаж осветительных установок</i>	7
• Цель работы	7
• Порядок выполнения работы	7
• Теоретические сведения	7
• Содержание работы и методика ее выполнения	21
• Контрольные вопросы	24
Лабораторная работа №9 <i>Монтаж квартирного щитка и счетчика электрической энергии</i>	25
• Цель работы	25
• Задание к работе	25
• Общие сведения	25
Классификация щитков	29
Типы щитков и их условные обозначения	34
Учет израсходованной электрической энергии	45
Цифровой счетчик электрической энергии типа СЭТ-4ТМ.02	47
Индукционный однофазный электрический счетчик	55
Схемы включения счетчиков.	56
Трансформатор тока типа ТК-20	57
Трансформаторы тока типа ТШ-0,66 и Т-0,66	58
Трансформатор тока типа ТОП-0,66	59
Схемы включения счетчиков с трансформаторами тока	60
• Порядок выполнения работы	63
• Контрольные вопросы	64
<b>Раздел 4</b>	
<b>Электрические аппараты низкого напряжения</b>	65
Лабораторная работа №10 <i>Предохранители</i>	66



• Цель работы	66
• Задание к работе	66
• Теоретические сведения	66
Электрический предохранитель	70
Трубчатый предохранитель	71
Пластинчатый открытый предохранитель	72
Быстродействующие плавкие предохранители	73
Предохранители серии ПП	74
Предохранители серии ППН	76
Предохранители серии ППНИ	77
Выбор плавких вставок предохранителей	78
Предохранители двойного действия	80
Плавкие предохранители ножевого типа NH	82
Выбор плавких вставок предохранителей для защиты асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором	86
Выбор предохранителей для защиты магистралей, питающих несколько асинхронных двигателей	88
Выбор предохранителей для защиты асинхронных двигателей от перегрузки	89
Защита предохранителями сетей до 1000 В от перегрузки	90
Выбор предохранителей для защиты полупроводниковых элементов	92
Постоянная, непрерывная нагрузка в шестипульсной мостовой схеме	97
Неизвестная переменная нагрузка с известным максимальным током в шестипульсной мостовой схеме	97
Переменная нагрузка с известным нагрузочным циклом в шестипульсной мостовой схеме	98
Случайная ударная нагрузка из предварительной нагрузки с неизвестной последовательностью ударных импульсов в шестипульсной мостовой схеме	100
• Контрольные вопросы	101
Лабораторная работа №11 <i>Автоматические выключатели</i>	103
• Цель работы	103
• Теоретические сведения	103
Защитные характеристики автоматических выключателей	106
Основные элементы автоматических выключателей	112
Автоматические выключатели Schneider Electric серии Multi 9	113
Вспомогательные электрические устройства	115
Блоки Тm мотор-редукторы	117

Автоматические устройства АТm	119
Автоматические выключатели марки IEK	122
Автоматический выключатель ВА88	123
Автоматический выключатель ВА88-37 с электронным расцепителем	125
Дополнительные устройства	132
Автоматический выключатель ВА13	144
Автоматические выключатели ВА47-29 и ВА47-100	145
Автоматические выключатели ВА51 и ВА52	147
Автоматические выключатели ВА101, ВА102, ВА103 и ВА201	149
• Контрольные вопросы	154
Лабораторная работа №12 <i>Изучение конструкции, технологии монтажа и схем включения магнитных пускателей</i>	155
• Цель работы	155
• Задание к работе	155
• Общие сведения	155
Магнитные пускатели серии ПМЛ	161
Контактная приставка серии ПКЛ	163
Реле промежуточное серии РПЛ	164
Приставка выдержки времени пневматическая серии ПВЛ	164
Реле серии РТЛ	165
Реле электротепловые серий РТЛ-М и РТЛ-М2	168
Тепловые реле перегрузки серии РТЛ.У	169
Тепловые реле перегрузки типа LRD и LR97 серии D	172
Электрическая схема включения реле LR97 D	176
Диаграмма работы реле LR97 D при пуске асинхронного двигателя	177
Диаграмма работы реле LR97 D при механическом заклинивании ротора	178
Диаграмма работы реле LR97 D при перегрузке со стороны ротора	178
Схемы подключения магнитного пускателя	179
• Порядок выполнения работы	185
• Контрольные вопросы	187
Лабораторная работа №13 <i>Изучение конструкции и исследование защитных характеристик устройств защитного отключения</i>	188
• Цель работы	188
• Задание к работе	188

• Общие сведения	188
Меры обеспечения защиты от косвенного прикосновения	190
Типы систем заземления	191
Классификация УЗО	197
Принцип действия УЗО дифференциального типа	198
Основные и дополнительные параметры УЗО	200
Типы УЗО по условиям функционирования	205
Селективная работа УЗО	209
УЗО серии Multi 9 тип ID	210
Автоматический, дифференциальный выключатель-моноблок DPN N Vigi серии Multi 9	213
Выключатель дифференциальный ВД1-63	215
Дифференциальный автомат АД-12/14	217
Автоматический выключатель дифференциального тока АВДТ-32	219
Схемы включения УЗО	223
• Контрольные вопросы	229
<b>Литература</b>	230
<b>Оглавление</b>	232

УЧЕБНОЕ ИЗДАНИЕ

**Алтухов Игорь Вячеславович**  
**Епифанов Александр Дмитриевич**  
**Черных Алексей Георгиевич**

**МОНТАЖ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ  
И СРЕДСТВ АВТОМАТИЗАЦИИ**

Учебное пособие

КНИГА 2

Научный редактор – И.В. Алтухов  
Ответственный за выпуск – А.Г. Черных  
Компьютерная верстка – Е.И. Черных

Лицензия на издательскую деятельность

ЛР № 070444 от 11.03.98 г.

Подписано в печать 01.06.2012 г.

Усл. печ. л. 14,75. Заказ № 2379.

Тираж 300 экз.

ISBN 978-5-91777-072-7



Издательство Иркутской государственной  
сельскохозяйственной академии  
664038, Иркутская обл., Иркутский р-н,  
пос. Молодежный