

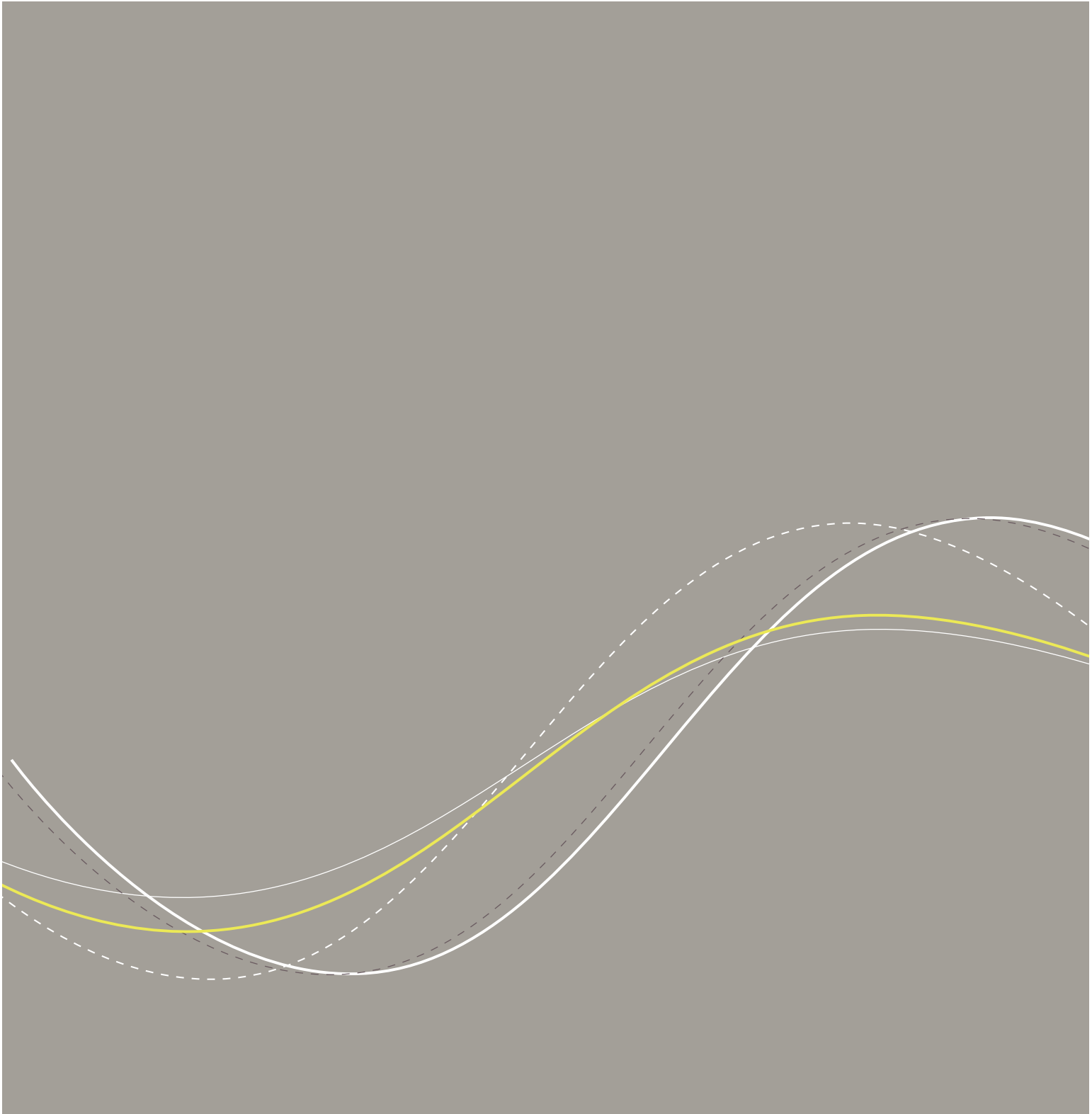
# Аппаратура распределения и управления до 4000 А



ТЕХНИЧЕСКОЕ  
РУКОВОДСТВО

 **legrand**<sup>®</sup>

[www.legrand.ru](http://www.legrand.ru)



Добро пожаловать на страницы первого издания **Технического руководства** по устройствам защиты и распределения электрической энергии, выпускаемого корпорацией Legrand.

Данное Техническое руководство является одновременно и справочником, и практическим пособием. Оно содержит технические характеристики аппаратов, описание принципов их действия, практическую информацию по эксплуатации, преимуществам и т.д., позволяющую наилучшим образом выбрать электрооборудование Legrand.

**Исчерпывающая информация** о функциях аппаратов поможет сделать оптимальный и обоснованный выбор.

# Содержание



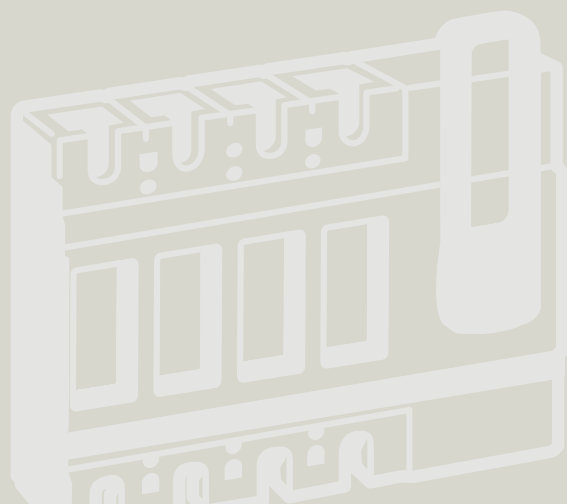
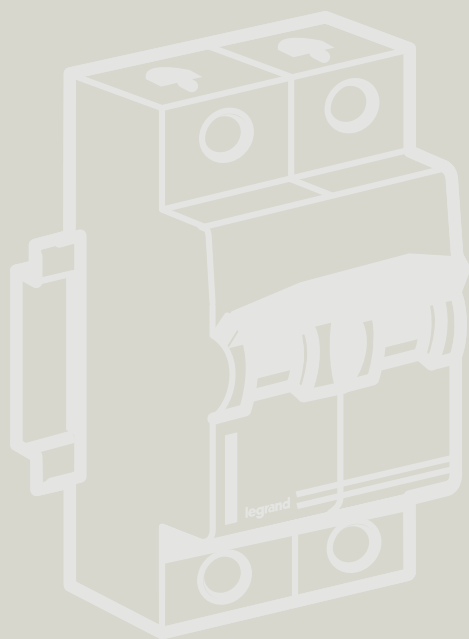
<b>Автоматические выключатели: общие сведения</b>	4
Автоматические выключатели АСВ и МССВ (стандарт IEC 60947-2-98, ГОСТ Р 50030.2-99)	14
Автоматические выключатели DMX	16
Автоматические выключатели DPX	36
Автоматические выключатели бытового и аналогичного назначения (стандарт IEC 60898-95, ГОСТ Р 50345-99)	76
Модульные аппараты серий DX и LR	76
Автоматические выключатели управляемые дифференциальным током:	
АВДТ (стандарт IEC 60947-2-98 прил. В, стандарт IEC 61009, ГОСТ Р 51327-1-99),	84
ВДТ (стандарт IEC 61008-1-96, ГОСТ Р 51326.1 - 99)	86
<b>Техническая защита</b>	88
Защита от короткого замыкания	89
Защита при косвенном прикосновении	97
Оценка токов КЗ и пример расчета	108
<b>Координация устройств защиты</b>	118
Резервная защита	119
Селективность	126
Селективность ВДТ	141
<b>Защита от перенапряжений (УЗИП)</b>	142
<b>Выключение, отключение, разъединение</b>	170
<b>Распределение электроэнергии</b>	174
Сборные и распределительные шины	176
Определение сечения шин	178
Шины и электромагнитные эффекты	185
Выбор суппортов шин	188
Проверка изоляции	194
Соединение шин	198
Проводники	202
Распределительные блоки	214
<b>Система XL-Part</b>	218
<b>Шкафы и щиты XL<sup>3</sup></b>	220
<b>Аварийное отключение</b>	248
<b>Контроль и испытания НКУ</b>	256

# Автоматические выключатели: общие сведения

DMX ACB, DPX MCCB

и DX MCB: аппараты защиты

и отключения от 1 до 4000 А



**Автоматический выключатель (согласно ГОСТ 50030.2-99) – это механический коммутационный аппарат, способный выключать, проводить и отключать токи при нормальных условиях цепи, включать и проводить токи в течение определенного промежутка времени и прерывать их при определенных аномальных условиях цепи, например при коротких замыканиях.**

**Автоматические выключатели Legrand полностью соответствуют требованиям ГОСТ Р и международных стандартов (см. далее).**

### **Стандарты, определяющие требования к оборудованию электроустановок здания**

Стандарты делятся на три большие группы:

1. Стандарты на электроустановку зданий. Комплекс стандартов ГОСТ Р 50571.
2. Стандарты определяющие требования к НКУ (низковольтное комплектное устройство): ГОСТ Р 51321 части 1 и 2, ГОСТ Р 51732, ГОСТ Р 51778, ГОСТ Р 51628. Стандарты на выполнение контактных соединений ГОСТ Р 10434, ГОСТ Р 17441.
3. Требования к низковольтной аппаратуре распределения и управления: ГОСТ Р 50030, ГОСТ Р 50345, ГОСТ Р 51326 часть 1, ГОСТ Р 51327 часть 1.



**Автоматические выключатели Legrand**

### **ДЛЯ ИНФОРМАЦИИ**



Смотрите on-line каталог: инструкции, технические данные, перечни и т.д.

# Автоматические выключатели:

## общие сведения (продолжение)

### АВТОМАТИЧЕСКИЕ ВЫКЛЮЧАТЕЛИ LEGRAND: DMX, DPX И DX

Автоматические выключатели Legrand делятся на три основных категории: ACB DMX, MCCB DPX (в литых корпусах) и MCB DX и LR (модульные). Автоматические выключатели выбирают по их характеристикам в соответствии с параметрами электроустановки.



#### Автоматические выключатели Legrand выполняют следующие функции:

- Ручная или автоматическая коммутация электрических цепей
- Разъединение электрических цепей с указанием коммутационного положения, а также с видимым коммутационным положением выключателей съемного и выкатного исполнения, а также выключателей DPX-IS
- Дистанционное отключение
- Защита от тока утечки или КЗ на землю

#### СПОСОБЫ ОБНАРУЖЕНИЯ СВЕРХТОКОВ

Сверхтоки обнаруживаются тремя разными способами:

- тепловым при перегрузках,
- электромагнитным при коротких замыканиях,
- электронным при перегрузках и КЗ.

Тепловой и электромагнитный способы защиты реализуются в виде термомеханических расцепителей, изготовленных по проверенной временем недорогой технологии. Термомеханические расцепители не обладают достаточной гибкостью настройки время-токовых характеристик.

#### Термический расцепитель

Состоит из биметаллической пластины, которая при нагреве выше определенной температуры изгибается, освобождая устройство, удерживающее главные контакты. Быстродействие биметаллической пластины прямо пропорционально значению тока. Тепловой расцепитель характеризуется тепловой инерцией, и после замыкания сработавшего автоматического выключателя время следующего срабатывания расцепителя уменьшается. В автоматических выключателях Legrand ток срабатывания можно установить в диапазоне от 0,4 до 1,0 от номинального тока.

#### Электромагнитный расцепитель

Представляет собой электромагнит, который при возникновении сверхтока воздействует на устройство, удерживающее главные контакты, что приводит к их размыканию. Время реакции очень мало (сотые доли секунды). В автоматических выключателях Legrand имеется возможность регулировать ток срабатывания в широком (до 10 раз) диапазоне, что позволяет легко настроить автоматический выключатель под конкретные требования защиты. Кроме того, такую регулировку можно использовать для обеспечения селективности срабатывания автоматических выключателей.

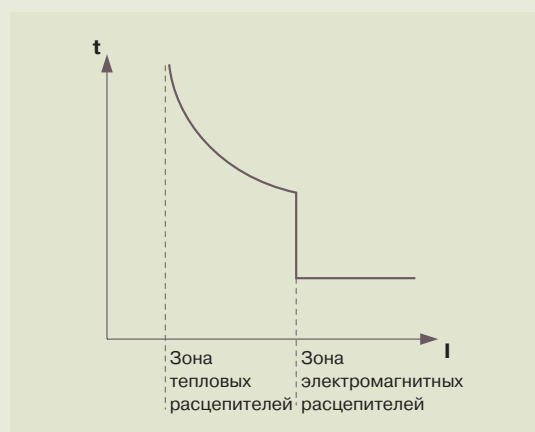


## Электронный расцепитель

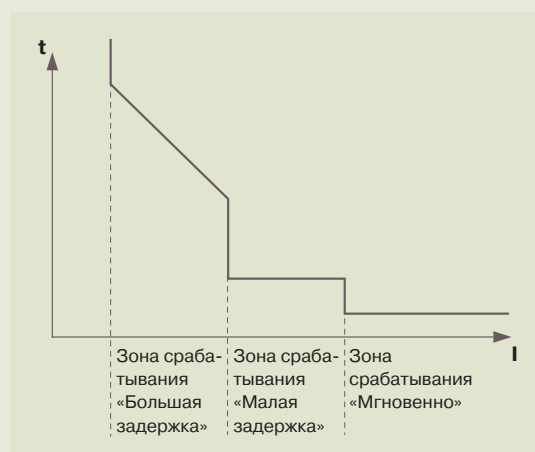
В каждом полюсе автоматического выключателя размещен измерительный трансформатор тока, измеряющий протекающий через него ток. Измеренное и заданное значение токов сравниваются в электронном модуле, который в случае превышения заданного значения размыкает автоматический выключатель. Время-токовая характеристика имеет три зоны срабатывания. Электронные расцепители применяются в автоматических выключателях DPX и DMX.

- Зона срабатывания **«Большая задержка»**  
Эта зона соответствует тепловому расцепителю и защищает цепи от перегрузки.
- Зона срабатывания **«Малая задержка»**  
Это защита от «слабых» коротких замыканий (обычно в конце защищаемой линии). Порог срабатывания, как правило, можно настроить. За счет изменения порога срабатывания можно увеличить время задержки до 1 секунды, что используется для обеспечения надежной селективности срабатывания расположенных ниже аппаратов защиты.
- Зона срабатывания **«Мгновенно»**  
Это защита от «мощных» коротких замыканий. Порог срабатывания устанавливается при изготовлении и зависит от модели автоматического выключателя.

## Типовые время-токовые характеристики



Тепловые и электромагнитные расцепители сверхтоков



Электронные расцепители сверхтоков

# Автоматические выключатели:

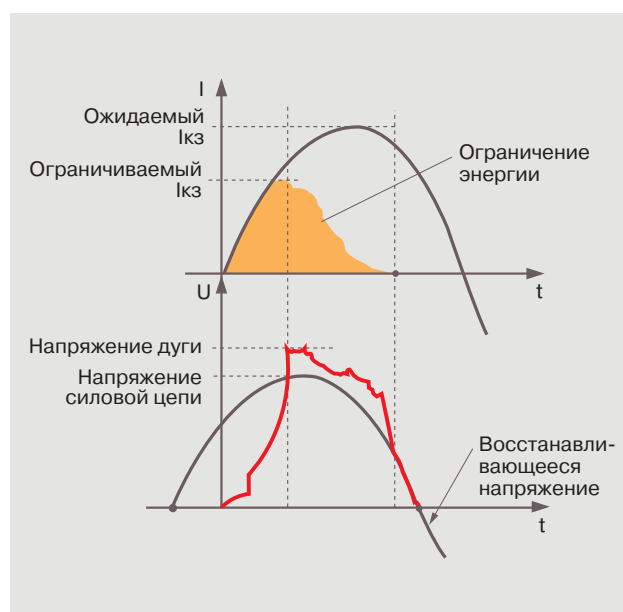
## общие сведения (продолжение)

### Электрическая дуга

Непосредственный разрыв цепи при КЗ производится в дугогасительной камере, назначение которой состоит в перераспределении электрической дуги, возникающей при размыкании контактов, для снижения энергии дуги.

Энергия дуги значительна, до 100 кДж и 20 000°C, и может вызвать эрозию контактов из-за испарения их металла. Поэтому дугу следует гасить как можно быстрее.

Дуга, являясь проводником, имеет магнитное поле, что и используется для втягивания ее в дугогасительную камеру и растягивания ее там до полного гашения. Механизм автоматического выключателя должен обеспечивать очень быстрое размыкание контактов (уменьшение их эрозии) и большое контактное давление (противодействие электродинамическому отбрасыванию контактов).



## ХАРАКТЕРИСТИКИ АВТОМАТИЧЕСКИХ ВЫКЛЮЧАТЕЛЕЙ

### Номинальное рабочее напряжение $U_e$ (В)

Указанное напряжение означает максимальное допустимое значение в течении длительного времени. При меньших напряжениях отдельные характеристики могут изменяться и даже улучшаться, например, отключающая способность.

### Номинальное напряжение изоляции $U_i$ (кВ)

Характеризует изоляционные свойства аппарата, определяется в ходе его испытаний высоким напряжением (импульсным и промышленной частоты).

### Номинальное импульсное выдерживаемое напряжение $U_{imp}$ (кВ)

Номинальное импульсное выдерживаемое напряжение – пиковое значение импульсного напряжения заданной формы и полярности, которое может выдержать аппарат без повреждений.

### Номинальный ток $I_n$ (А)

Это наибольший ток, который автоматический выключатель может проводить в продолжительном режиме при температуре окружающего воздуха  $40^{\circ}\text{C}$  по стандарту ГОСТ Р 50030.2-99 и  $30^{\circ}\text{C}$  по стандарту ГОСТ Р 50345-99. При более высоких температурах значение номинального тока уменьшается.

### Номинальная предельная наибольшая отключающая способность $I_{cu}$ (кА)

Это наибольший ток короткого замыкания, который автоматический выключатель способен отключить при данном напряжении и коэффициенте мощности. Испытания на  $I_{cu}$  проводятся по схеме O-t-CO, где O – отключение, t – выдержка времени, CO – включение с последующим автоматическим выключением.

В ходе испытания изоляционные свойства автоматического выключателя не должны снижаться ниже допустимого предела. Номинальная наибольшая отключающая способность проверяется так же, но обозначается  $I_{sp}$ . По окончании испытания автоматический выключатель должен сохранять свои изоляционные свойства и способность к отключению в соответствии с требованиями стандарта.



### Отключающая способность

На автоматические выключатели часто наносят два значения отключающей способности. Это объясняется тем, что в разных стандартах используются разные условия испытаний.

- **10000**: стандарт ГОСТ Р 50345-99 (IEC 60898) для аппаратов бытового и аналогичного назначения, где при неквалифицированном обращении возможно неоднократное включение неисправной цепи. Наибольшая отключающая способность (в амперах) указывается в прямоугольнике без указания единицы измерения.
- 10 кА: стандарт ГОСТ Р 50030.2-99 (IEC 60947-2) для всех применений, где требуется определенная квалификация обслуживающего персонала. В этом случае наибольшая отключающая способность указывается с единицей измерения (кА).

# Автоматические выключатели: общие сведения (продолжение)

## ХАРАКТЕРИСТИКИ АВТОМАТИЧЕСКИХ ВЫКЛЮЧАТЕЛЕЙ (продолжение)

### Номинальная рабочая наибольшая отключающая способность $I_{cs}$

Это величина, выражаемая в процентах от  $I_{cu}$ : 25% (только для категории А), 50%, 75% или 100%. Автоматический выключатель должен нормально работать после неоднократного отключения тока  $I_{cs}$  при испытании в последовательности О-СО-СО.

### Номинальный кратковременно выдерживаемый сквозной ток $I_{cw}$ (кА)

Это ток короткого замыкания, который автоматический выключатель категории В (см. ниже) способен выдерживать в течение установленного времени без изменения своих характеристик.

Этот параметр используется для обеспечения селективности срабатывания аппаратов.

Соответствующий выключатель может оставаться замкнутым до тех пор пока значение  $I^2t$  не превысит значения  $I_{cw}^2$ . Величина  $I_{cw}$  – один из наиболее важных показателей автоматического выключателя.

**Значение  $I_{cw}$  указывается для тока, действующего в течение 1 с. Для других длительностей надо вводить соответствующие обозначения, например  $I_{cw_{0,2}}$ . При этом необходимо убедиться в том, что величина  $I^2t$ , характеризующая тепловой нагрев до момента срабатывания расположенного ниже аппарата защиты, действительно меньше, чем  $I_{cw}^2t$ .**

### Номинальная наибольшая включающая способность $I_{cm}$ (кА, пиковое значение)

Это максимальное значение тока, который аппарат способен удовлетворительно выдерживать в условиях, оговоренных стандартом.

Аппараты, не имеющие функции защиты (например, выключатели), должны выдерживать ток короткого замыкания, значение и длительность которого определяются параметрами срабатывания присоединенного аппарата защиты.

### Категория применения

Стандарт ГОСТ Р 50030.2-99 (IEC 60947-2) определяет две категории применения автоматических выключателей:

#### – категория А

Выключатели, не предназначенные специально для обеспечения селективности в условиях короткого замыкания относительно других устройств защиты от коротких замыканий, последовательно присоединенных со стороны нагрузки, т.е. без заданной кратковременной выдержки времени, предусматриваемой для обеспечения селективности в условиях короткого замыкания, а поэтому без номинального кратковременного выдерживаемого тока

#### – категория В

Выключатели, специально предназначенные для обеспечения селективности в условиях короткого замыкания относительно других устройств защиты от коротких замыканий, последовательно присоединенных со стороны нагрузки, т.е. с заданной кратковременной выдержкой времени (которая может быть регулируемой), предусматриваемой с целью селективности в условиях короткого замыкания. Такие выключатели имеют номинальный кратковременно выдерживаемый ток.

Значение  $I_{cw}$  должно быть не менее  $12 I_n$  или 5 кА для автоматических выключателей с наибольшим номинальным током до 2500 А и 30 кА для автоматических выключателей с  $I_n$  свыше 2500А.



## Стандарты

Стандарты на автоматические выключатели: ГОСТ Р 50345-99 (IEC 60898) и ГОСТ Р 50030.2-99 (IEC 60947-2).

### »»» Стандарт ГОСТ Р 50345-99 (IEC 60898)

Этот стандарт определяет требования к аппаратам бытового и аналогичного назначения, а также ко всем случаям, когда потребители устройств не обладают достаточной квалификацией.

Стандарт применяется к аппаратам, имеющим максимальные значения: номинального тока 125 А, предельной коммутационной способности не более 25 000 А и номинального рабочего напряжения 440 В.

Уставка теплового расцепителя составляет от 1,05 до 1,3 I<sub>n</sub>.

Стандарт определяет диапазоны токов для мгновенных расцепителей типов В (от 3 I<sub>n</sub> до 5 I<sub>n</sub>), С (от 5 I<sub>n</sub> до 10 I<sub>n</sub>) и D (от 10 I<sub>n</sub> до 50 I<sub>n</sub>).

### »»» ГОСТ Р 50030.2-99 (IEC 60947-2)

Этот стандарт определяет требования к аппаратам промышленного применения, обслуживаемых квалифицированным персоналом. Рабочий диапазон не определен: все характеристики (I<sub>g</sub>, I<sub>m</sub> и т.д.) можно регулировать.

Для I<sub>g</sub>=I<sub>n</sub> срабатывание от перегрузки должно происходить при токе от 1,13 до 1,45 I<sub>n</sub>.

Аппараты, соответствующие стандарту IEC 60898 в диапазоне соответствующих характеристик, могут также использоваться в промышленных установках.

На автоматические выключатели управляемые дифференциальным током, которые применяются в электроустановках жилых зданий, распространяются требования следующих стандартов:

### »»» ГОСТ Р 51327.1-99 (IEC 61009-1-96)

«Выключатели автоматические, управляемые дифференциальным током, бытового и аналогичного назначения со встроенной защитой от сверхтоков. Часть 1. Общие требования и методы испытаний».

### »»» ГОСТ Р 51326.1-99 (IEC 61008-1-96)

«Выключатели автоматические, управляемые дифференциальным током, бытового и аналогичного назначения без встроенной защиты от сверхтоков. Часть 1. Общие требования и методы испытаний».

# Автоматические выключатели:

## общие сведения (окончание)

### ТОКООГРАНИЧИВАЮЩИЕ АВТОМАТИЧЕСКИЕ ВЫКЛЮЧАТЕЛИ

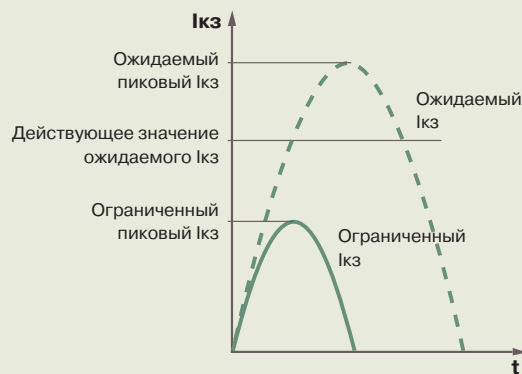
Токоограничивающим (согласно МЭС 441-14-21) является автоматический выключатель с чрезвычайно малым временем отключения, в течение которого ток короткого замыкания не успевает достичь своего максимального значения.

Нетокоограничивающие автоматические выключатели не ограничивают ток КЗ в цепи, и он достигает максимального ожидаемого значения.

Токоограничивающие автоматические выключатели ограничивают значение тока КЗ с помощью быстрого введения в цепь дополнительного сопротивления электрической дуги (в первый же полупериод, до того, как ток короткого замыкания значительно возрастет) и последующего быстрого отключения короткого замыкания, при этом ток короткого замыкания не достигает ожидаемого расчетного максимального значения.

В токоограничивающих автоматических выключателях серии DPX, при больших ожидаемых токах короткого замыкания контакты, имеющие специальную конструкцию, сразу же отбрасываются электродинамическими силами, вводя в цепь сопротивление дуги, и затем уже не соприкасаются, так как своевременно срабатывает электромагнитный расцепитель. При малых токах короткого замыкания отключение производится электромагнитным расцепителем.

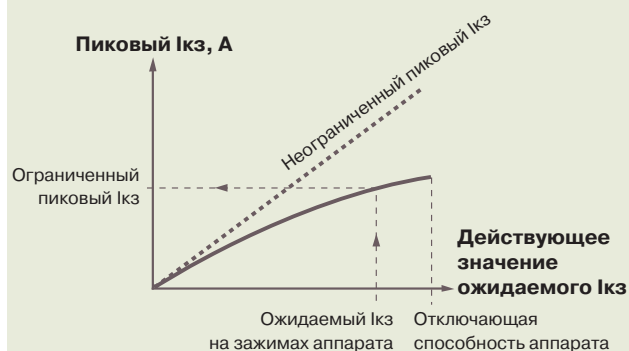
#### Ограничение ожидаемого тока короткого замыкания



#### Характеристики токоограничения

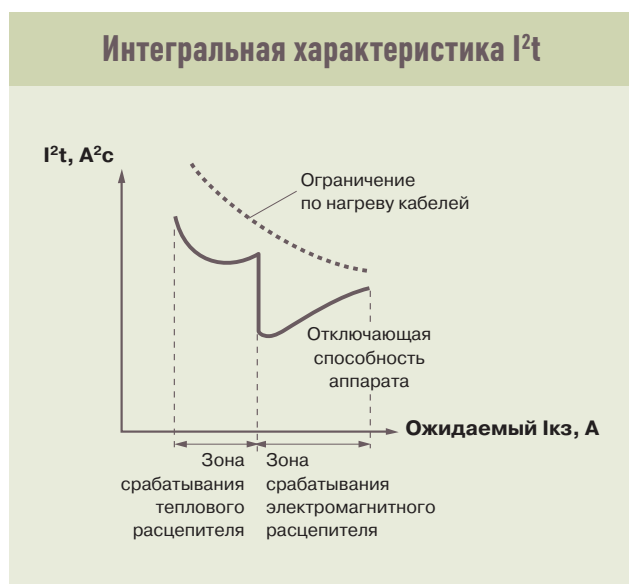
Данные характеристики показывают, как аппараты ограничивают значение тока короткого замыкания по сравнению с его ожидаемым значением. Они используются при выборе сечения шин и проводников, а также при проверке правильности выбора аппаратов защиты.

#### Характеристики токоограничения



## Интегральная характеристика $I^2t$

Если для токоограничивающего автоматического выключателя не указан класс ограничения тока КЗ, то предоставляется интегральная характеристика  $I^2t$ .



## Классы токоограничения

Стандарт IEC 60898 определяет классы токоограничения для аппаратов на номинальный ток не более 32 А. Эти классы устанавливают предельные значения пропускаемой энергии в  $A^2c$ .

Пример для автоматического выключателя типа С с отключающей способностью 6 кА и с номинальным током от 20 до 32 А:

- **класс 1:** не нормируется
- **класс 2:** нагрев, ограниченный энергией 130 000  $A^2c$
- **класс 3:** нагрев, ограниченный энергией 45 000  $A^2c$

Все автоматические выключатели Legrand с номинальным током не более 32 А относятся к классу 3.

# Автоматические выключатели АСВ и МССВ

Автоматические выключатели  
АСВ и МССВ Legrand  
соответствуют стандартам  
IEC 60947-2-98,  
ГОСТ Р 50030.2-99





## АВТОМАТИЧЕСКИЕ ВЫКЛЮЧАТЕЛИ АСВ И МССВ

В данной главе содержится информация об автоматических выключателях, главные контакты которых предназначены для коммутации цепей напряжением до 1000 В, которые могут быть также оснащены устройством для обеспечения защиты от токов утечки.

Данные автоматические выключатели оснащаются тепловым и электромагнитным расцепителем (далее термомангнитный расцепитель) или электронным расцепителем, параметры которых регулируются в широких пределах в зависимости от конкретной модели автоматического выключателя.

Данные автоматические выключатели производятся для монтажа в фиксированном (стационарном), выдвижном (втычном) и выкатном исполнении (АСВ только в фиксированном и выкатном). Они могут оснащаться дополнительными устройствами, такими как:

- минимальное реле или минимальный расцепитель напряжения
- независимый расцепитель
- электродвигательный привод или привод независимого управления
- блокирующие устройства
- вспомогательные контакты и контакты управления
- дополнительная изолирующая защита токопроводящих частей
- дополнительные клеммы



**АСВ DMX на 2500 А**



**МССВ DPX на 1600 А  
с электронным расцепителем**

# Автоматические выключатели DMX

DMX – это контактные коммутационные аппараты, способные включать, проводить и отключать токи в цепи до 4000 А, а также включать, проводить и отключать токи при ненормальных условиях в цепи, таких как короткое замыкание.

В разомкнутом положении DMX удовлетворяют требованиям к разъединителям.



## АВТОМАТИЧЕСКИЕ ВЫКЛЮЧАТЕЛИ DMX

Конструкция воздушных автоматических выключателей модернизирована: гашение дуги происходит уже не на открытом воздухе, а в довольно сложных по конструкции дугогасительных камерах, сами же аппараты стали значительно меньше по размерам.

Усовершенствованы технические характеристики аппаратов (электрическая и механическая стойкость, отключающая способность, эксплуатационная

надежность и т.д.). Аппараты DMX полностью соответствуют мировым и российским стандартам.

Данные автоматические выключатели предназначены для защиты мощных электроустановок. Простота их монтажа – результат тщательной разработки. Все аппараты DMX могут устанавливаться за одной передней панелью и имеют одну и ту же глубину и высоту.

## Система на 4000 А у вас под рукой



# Автоматические выключатели DMX (продолжение)

## АВТОМАТИЧЕСКИЕ ВЫКЛЮЧАТЕЛИ DMX

Автоматические выключатели DMX и выключатели-разъединители DMX-I выпускаются двух типоразмеров:

- DMX и DMX-I 2500 (800, 1250, 1600, 2000 и 2500 А)
- DMX и DMX-I 4000 (3200 и 4000 А).

Выключатели DMX рассчитаны на стандартную отключающую способность 50 кА<sup>(1)</sup>, DMX-H – 65 кА<sup>(1)</sup>, DMX-L – 100 кА<sup>(1)</sup>. Габаритные размеры DMX-L на токи от 800 до 4000 А такие же, как и DMX 4000.

<sup>(1)</sup> (при 415 В~)



DMX 2500 фиксированного монтажа



DMX 2500 выкатного монтажа



DMX 4000 выкатного монтажа



### Один номер по каталогу – для заказа готового изделия

- Все DMX в стандартной комплектации поставляются:
  - с электронным расцепителем MP17
  - с 8-ю дополнительными контактами (5 замыкающих + 3 размыкающих)
  - с клеммами для подключения сзади
  - с дополнительной клеммной колодкой
  - с приспособлением для блокировки в положении ВКЛ. и ОТКЛ.
  - с защитными шторками
- Все выключатели выкатного исполнения в стандартной комплектации поставляются также:
  - с запираемыми предохранительными крышками
  - с рукояткой для выкатывания
  - с регулируемыми контактными зажимами для присоединения проводников сзади

Автоматические выключатели и разъединители DMX поставляются как в фиксированном, так и выкатном исполнении.

Выкатное исполнение имеет дополнительные возможности для блокировки аппарата, необходимые для обеспечения безопасности при выполнении работ (запирание на висячий замок и физическое отделение аппарата от электроустановки). Кроме того, легко обеспечивается замена аппарата в выкатном исполнении.



Для выкатывания аппарата используются специальные рукоятки



Обязательные для всех аппаратов DMX шторки защищают от прикосновения к частям аппарата, находящимся под напряжением



### Внешний блок памяти



При замене аппарата все настройки и данные (отказы, срабатывания, токи и т.д.), накопившиеся в ходе работы, сохраняются во внешнем блоке памяти. Это повышает безопасность и сводит простой электроустановки к минимуму. Таким образом, уставки связаны с защищаемой цепью, а не с конкретным аппаратом.



Надежность и удобство в эксплуатации аппаратов DMX в значительной степени определяются их конструкцией. После снятия передней панели предоставляется удобный доступ ко всем элементам управления и сигнализации: расцепителям, катушкам, контактам, приводам, счетчикам и т.д.



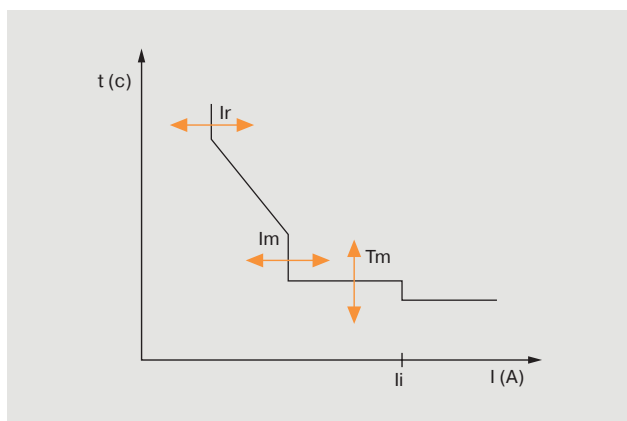
# Автоматические выключатели DMX (продолжение)

## ЭЛЕКТРОННЫЕ РАСЦЕПИТЕЛИ

Помимо удобства встраивания, легкости установки и подключения проводников, надежности и бесперебойности эксплуатации у этих автоматических выключателей есть и такое достоинство, как наличие современных электронных расцепителей, которые позволяют очень точно настроить параметры защиты и обеспечить селективность по отношению к расположенным ниже автоматическим выключателям.



Расцепитель в выкатном аппарате DMX 2500



### Электронный расцепитель MP17

Автоматические выключатели DMX в стандартной комплектации оснащены электронными блоками защиты MP17. С помощью поворотных переключателей производится настройка:

- уставки  $I_r$  в диапазоне от 0,4 до 1,0  $I_n$  (7 ступеней),
- уставки  $I_m$  в диапазоне от 2 до 12  $I_r$  (7 ступеней) – защиты от короткого замыкания с кратковременной задержкой,
- кратковременной задержки срабатывания защиты  $T_m$  в диапазоне от 0 до 1 с (7 ступеней),
- уставки  $I_i$  (мгновенная токовая отсечка) от OFF до 10  $I_n$ .

Настройка блока защиты осуществляется поворотными переключателями и потому является энергонезависимой.

Расцепитель MP17 имеет также защиту мгновенного действия от очень больших токов короткого замыкания.



Установка  $I_r$  и  $I_i$

Установка  $I_m$  и  $T_m$  ( $I_{sd} = x I_r$  и  $T_{sd}$ )

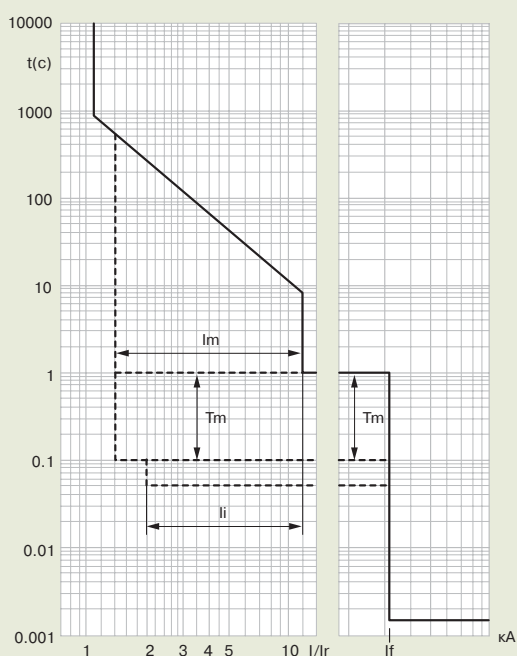
Время-токовая характеристика

Светодиодный индикатор нормальной работы

Разъем для проведения проверок и подключения внешнего источника питания

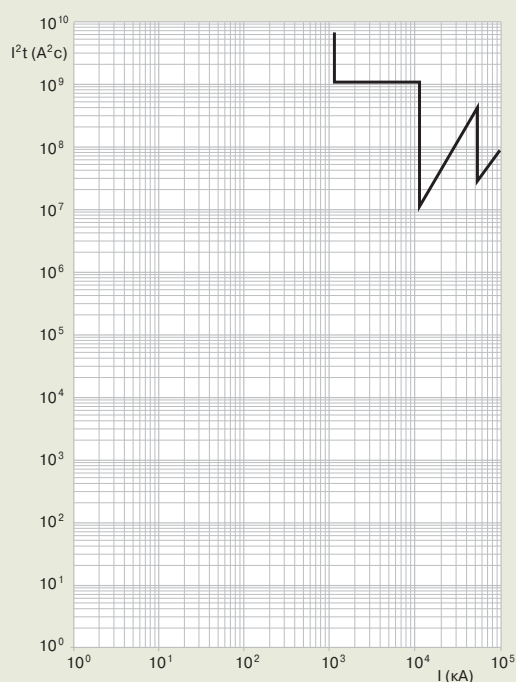
## Время-токовая характеристика электронного расцепителя МР17

Настройка уставок на передней панели



- Защита от перегрузки с продолжительной задержкой**  
 $I_r = 0,4 - 0,5 - 0,6 - 0,7 - 0,8 - 0,9 - 1,0 I_n$  (7 ступеней).  
 Защита нейтрали – 50 % от уставки защиты фаз
- Защита от короткого замыкания с кратковременной задержкой**  
 $I_m = 2 - 3 - 4 - 5 - 6 - 7 - 8 - 9 - 10 - 12 I_r$  (7 ступеней)  
 $T_m = \text{мгновен.} - 0,1 - 0,2 - 0,4 - 0,6 - 0,8 - 1,0 \text{ с}$  (7 ступеней)
- Мгновенная токовая отсечка**  
 $I_i = \text{OFF}, 2, 3, 4, 6, 8, 10 \times I_n$   
 $I_f = (\text{если } I_i = \text{OFF}) 50 \text{ кА, для DMX}, 80 \text{ кА для DMX-L}$

## Кривая ограничения по нагреву для электронного расцепителя МР17



По запросу поставляется электронный расцепитель МР18, который является аналогом МР17 и оснащен ЖК дисплеем

# Автоматические выключатели DMX (продолжение)

## ЭЛЕКТРОННЫЕ РАСЦЕПИТЕЛИ (продолжение)

### Электронный расцепитель MP20

По запросу автоматические выключатели DMX могут оснащаться электронным расцепителем MP20 с расширенными возможностями.

Настройка уставок производится с помощью сенсорной клавиатуры. Уставки отображаются на подсвечиваемой кривой.

Возможно также отображение количества срабатываний, текущего состояния, журнала имевших место неисправностей, параметров отключения нагрузки (раннего предупреждения, контроля нагрузки), а также значений токов.

Возможен также обмен данными и управление по протоколу Modbus.

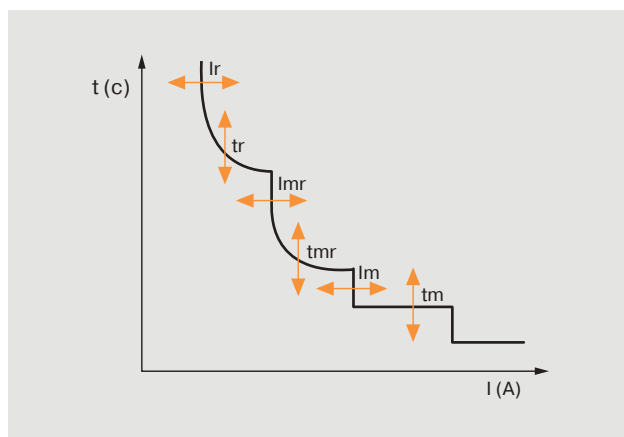
Каждый расцепитель MP20 снабжается внешним блоком памяти.

Можно выполнить настройку следующих уставок:

- $I_r$  от 0,4 до 1,0  $I_n$  (60 ступеней) – защита от перегрузки с продолжительной задержкой,
- $t_r$  от 0,25 до 35 с (16 ступеней) – задержка срабатывания защиты,
- $I_{mr}$  от 1,5 до 12  $I_r$  (8 ступеней) – защита от короткого замыкания,
- $t_{mr}$  от 1 до 10 с (функция  $t_r$ ) – задержка срабатывания защиты,
- $I_m$  от 1,5 до 12  $I_r$  (8 ступеней) – защита от короткого замыкания с кратковременной задержкой,
- $t_m$  от 0 до 1 с (10 ступеней) – задержка срабатывания защиты,
- мгновенная защита от очень больших токов короткого замыкания



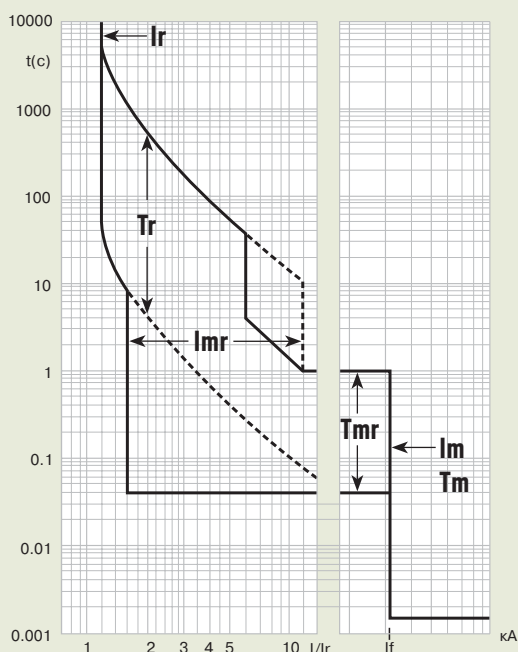
Блок управления и защиты MP20 на автоматическом выключателе DMX 4000





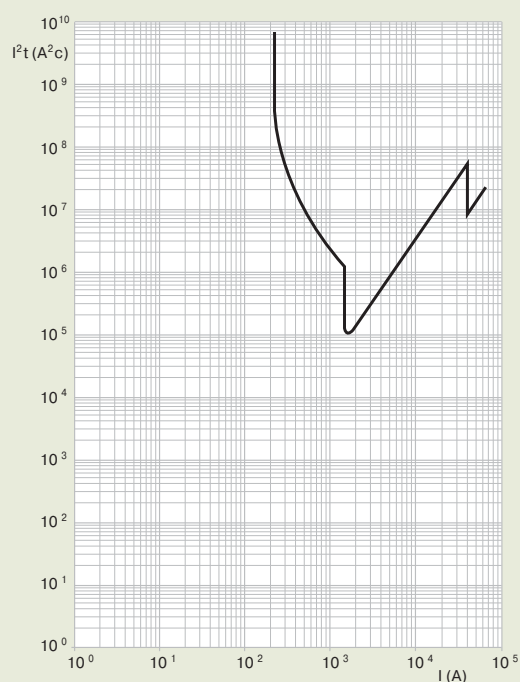
## Время-токовая характеристика для электронного расцепителя MP20

Настройка уставок  $I_r$ ,  $I_{mr}$ ,  $T_{mr}$ ,  $I_m$ ,  $T_m$



- Защита от перегрузок с продолжительной задержкой срабатывания**  
 $I_r$  = от 0,4 до 1,0 In (ступени по 0,01)  
 $T_r$  = от 0,25 до 35 с при 7,2  $I_r$  (16 ступеней)
- Защита от короткого замыкания с задержкой срабатывания**  
 $I_{mr}$  = 1,5 – 2 – 3 – 4 – 5 – 6 – 7 – 8 – 10 – 12  $I_r$   
 $T_{mr}$  – фиксированное значение, зависит от  $T_r$
- Защита от короткого замыкания с кратковременной задержкой срабатывания**  
 $I_m$  = 1,5 – 2 – 3 – 4 – 5 – 6 – 7 – 8 – 10 – 12  $I_r$   
 $T_m$  = мгнов. – 0,1 – 0,2 – 0,3 – 0,4 – 0,5 – 0,6 – 0,7 – 0,8 – 0,9 – 1,0 с
- Мгновенная защита**  
 $I_f$  = 50 кА для DMX  
 65 кА для DMX-H  
 80 кА для DMX-L

## Кривая ограничения по нагреву для электронного расцепителя MP20

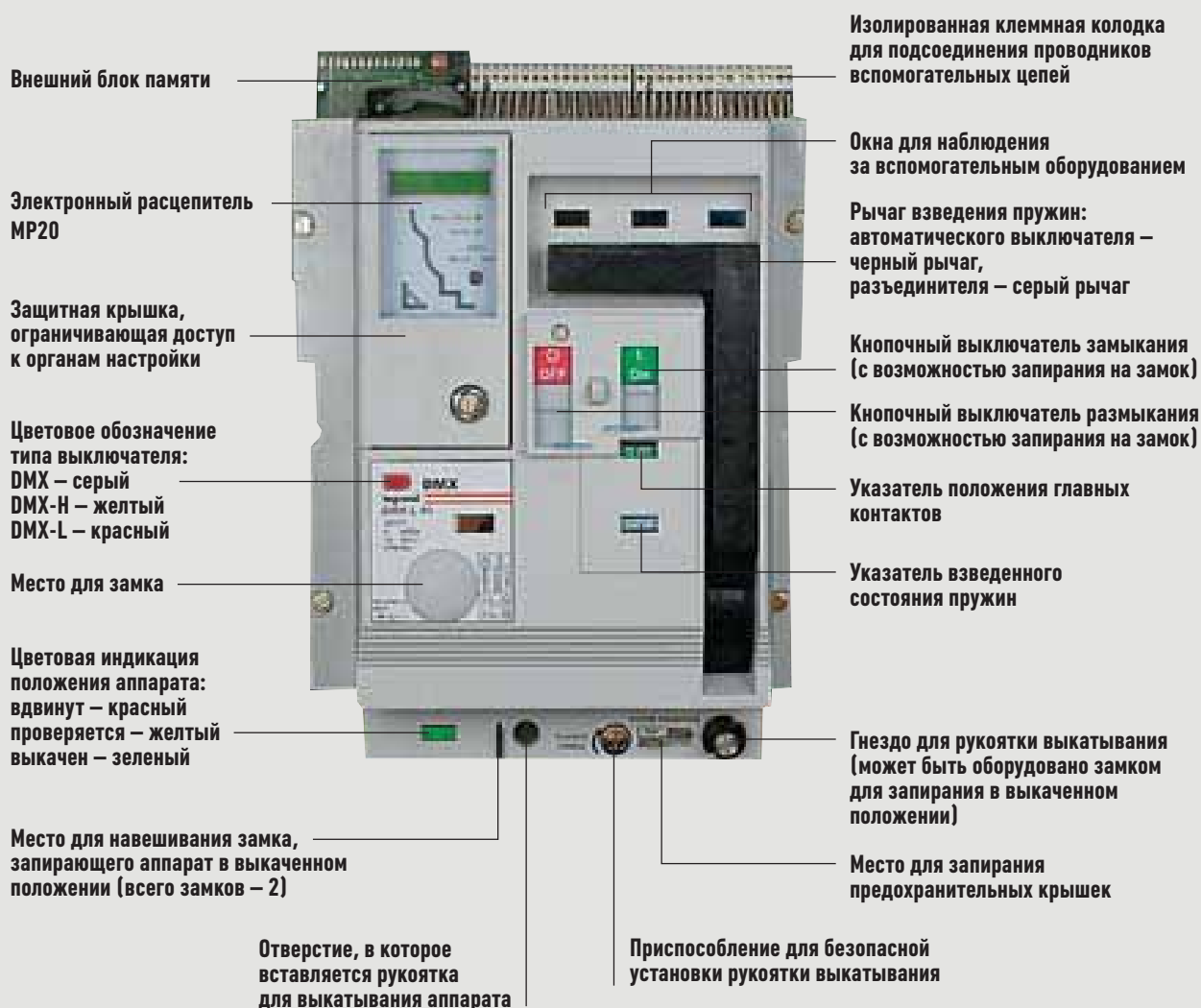


### Защита от замыкания на землю:

По запросу электронные расцепители MP17, MP18 и MP20 могут быть оснащены защитой от замыканий на землю. Значение тока замыкания на землю можно устанавливать в пределах от 0 до 1,0 In 6-ю ступенями на MP17, MP18 и 10-ю ступенями на MP20. Задержку срабатывания можно настроить в пределах от 0 до 1 с. В блоках MP20 имеется возможность отключения функции « $I^2t = \text{const}$ ».

# Автоматические выключатели DMX (продолжение)

Передняя панель выкатного автоматического выключателя DMX



## РАСШИРЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ УПРАВЛЕНИЯ

### • Независимые расцепители

Независимые расцепители – устройства для мгновенного дистанционного размыкания аппарата. Как правило они управляются замыкающим контактом. Независимые расцепители поставляются как для постоянного, так и для переменного тока разных напряжений. Они просто защелкиваются на передней панели аппарата без применения каких-либо инструментов.

В цепь катушки последовательно включен вспомогательный контакт, разомкнутый при разомкнутых главных контактах.

Номинальные напряжения  $U_n$ : = 48 В постоянного тока, 110/130 В постоянного или переменного тока, 220/250 В постоянного или переменного тока, 380/440 В переменного тока.

Допустимые изменения  $U_n$ : 0,7 – 1,1  $U_n$

Максимальное время размыкания: 50 мс

Максимальная потребляемая мощность: 300 ВА в цепи переменного тока, 250 Вт в цепи постоянного тока

### • Минимальные расцепители

Минимальные расцепители управляются размыкающим контактом. Они вызывают мгновенное размыкание автоматического выключателя, если напряжение питания опускается ниже определенного значения.

Данные расцепители снабжены устройством ограничения потребления ими тока после замыкания цепи. Расцепители просто защелкиваются на передней панели аппарата без применения каких-либо инструментов.

Номинальные напряжения  $U_n$ : 24/30 В постоянного тока, 48 В постоянного тока, 110/130 В постоянного тока, 220/250 В переменного тока, 380/440 В переменного тока

Допустимые изменения  $U_n$ : 0,85 – 1,1  $U_n$

Напряжение срабатывания: 35 %

Напряжение возврата: 60 %

Время размыкания: 50 мс (максимальное)

Максимальная потребляемая мощность: 300 ВА со снижением до 20 ВА через 400 мс

### • Минимальные расцепители напряжения с задержкой срабатывания

Данные расцепители оснащены электронным устройством, задерживающим их срабатывание примерно на 3 с. Расцепители предназначены для использования в условиях нестабильного электропитания для предотвращения нежелательного срабатывания автоматического выключателя. Расцепители устанавливаются простым защелкиванием без применения каких-либо инструментов.

Номинальные напряжения  $U_n$ : 48 В постоянного тока, 110/130 В постоянного тока, 220/250 В переменного тока, 380/440 В переменного тока

Допустимые изменения  $U_n$ : 0,85 – 1,1  $U_n$

Напряжение срабатывания: 35 %

Напряжение возврата: 60 %

Время размыкания: 3 с

Максимальная потребляемая мощность: 300 ВА со снижением до 20 ВА через 400 мс

### • Включающие катушки

Используются для дистанционного включения автоматического выключателя (при предварительном взведении его пружин), управляются замыкающим контактом и устанавливаются простым защелкиванием без применения какого-либо инструмента.

Номинальные напряжения  $U_n$ : 24/30 В $\pm$ , 48 В $\pm$ , 110/130 В $\pm$  или  $\sim$ , 230/250 В $\sim$

Допустимые изменения  $U_n$ : 0,85 – 1,1  $U_n$

Время размыкания: 50 мс

Потребляемая мощность: 300 ВА в цепи переменного тока и 250 Вт в цепи постоянного тока

### Количество вспомогательных устройств управления для DMX

Независимый расцепитель	1
Минимальный расцепитель (стандартный или с задержкой)	1
Включающая катушка	1

# Автоматические выключатели DMX (продолжение)

## • Электродвигательный привод

Электродвигательные приводы на различные напряжения используются для дистанционного взведения пружин механизма автоматического выключателя немедленно после его замыкания. Таким образом, аппарат может быть снова замкнут сразу же после его размыкания. В сочетании с расцепителем (независимым или минимальным) и включающей катушкой электродвигательный взвод пружинного привода можно использовать для дистанционного управления автоматическим выключателем. При этом в случае отказа питания приборов управления по-прежнему возможно ручное взведение пружин.

Электродвигательные приводы имеют специальные контакты, отключающие электропитание их двигателей после взведения пружин.

Для сигнализации взведенного состояния пружин может использоваться вспомогательный сигнальный контакт Кат.№ 269 51, устанавливаемый с помощью всего трех винтов.

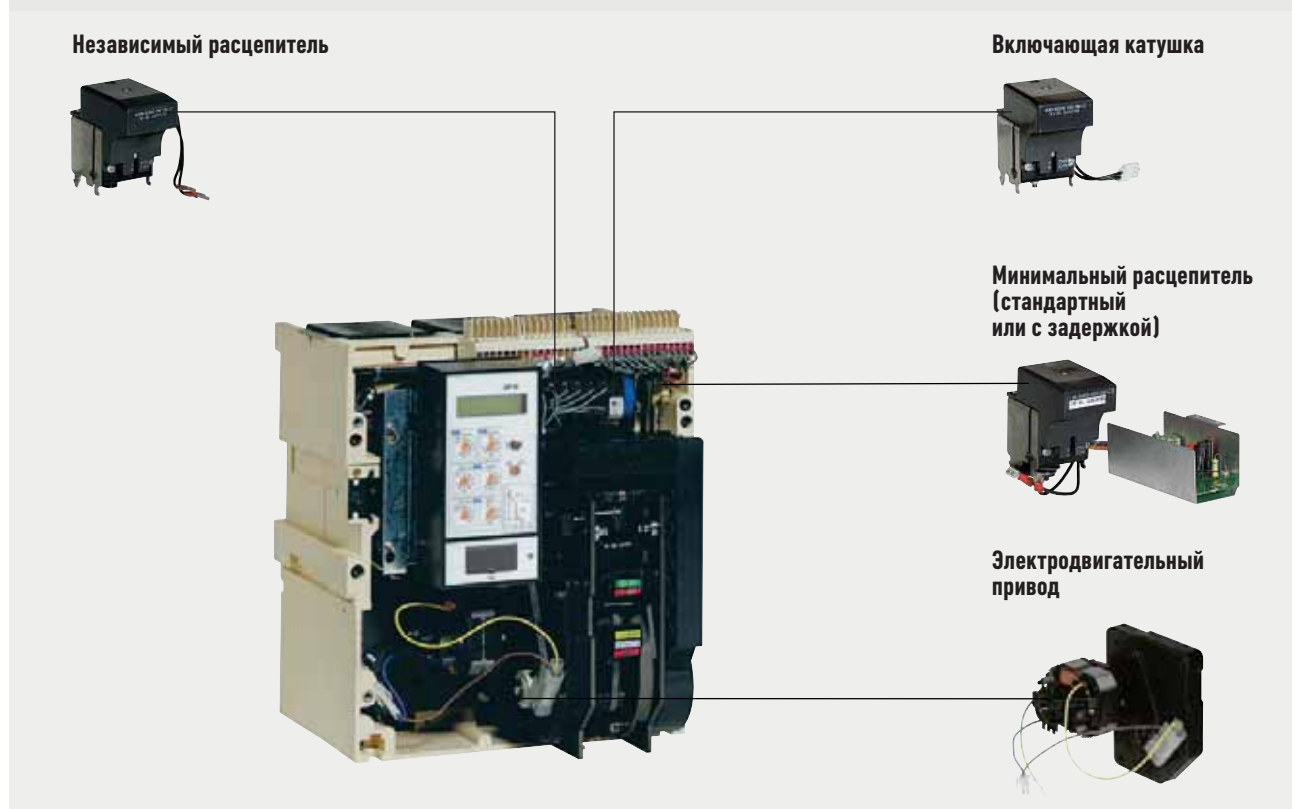
Номинальное напряжение  $U_n$ : 24/30 В<sub>в</sub>, 48 В<sub>в</sub>, 110/130 В<sub>в</sub> и  $\sim$ , 230/250 В $\sim$ .

Допустимые изменения  $U_n$ : 0,85 – 1,1  $U_n$

Время взведения пружины: 3 с

Максимальная потребляемая мощность: 300 ВА в цепи переменного тока и 250 Вт в цепи постоянного тока.

## Установка дополнительных устройств



## РАСШИРЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ

### Сигнальные контакты

Все аппараты DMX в стандартной комплектации оснащены 8-ю дополнительными контактами (5 замыкающих и 3 размыкающих). Возможно добавление контакта сигнализации неисправности (1 замыкающий контакт, Кат. № 269 52). Этот контакт остается замкнутым до тех пор, пока аппарат не возвращен в исходное состояние.

Допустимые токи: 10 А для цепи 250 В<sub>~</sub>, 5 А для цепи 125 В<sub>~</sub>, 0,25 А для цепи 250 В<sub>~</sub>.  
Категория применения: AC23 – DC3 (2 контакта, соединенные последовательно).

### Контакты сигнализации положения

В выкатном исполнении DMX может устанавливаться дополнительный блок из 12 переключающих контактов (6 замыкающих и 6 размыкающих, Кат. № 269 50) для индикации положения аппарата (вдвинут – тест – выкачен).

При поставке контактный блок состоит из 6-и замыкающих и 6-и размыкающих контактов.



### Подключение и обозначение дополнительных устройств

Дополнительные устройства подключаются к специально предназначенной для этого клеммной колодке, расположенной на передней панели аппарата (32 клеммы). Окно в крышке позволяет определить какие катушки установлены на аппарат, а определить каждое дополнительное устройство можно по нанесенным на них обозначениям.

## ПРИНАДЛЕЖНОСТИ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

Автоматические выключатели и разъединители DMX выкатного исполнения в стандартной комплектации имеют запираемые на замок предохранительные крышки, исключающие доступ к частям аппарата, находящимся под напряжением. Имеются и другие средства обеспечения безопасности.

- Запирание навесными замками:
  - Кнопочных выключателей ВКЛ/ОТКЛ.
  - Предохранительных крышек
  - Фиксаторов выкаченного положения аппарата и гнезд для рукоятки выкатывания
- Запирание врезными замками:
  - Разомкнутого положения главных контактов
  - Разомкнутого положения разъединителя
- Использование крышек:
  - Защиты блока настроек
  - Гнезда для рукоятки выкатывания
- Механическая блокировка для АВР (стр. 28)



# Автоматические выключатели DMX (продолжение)

## АВТОМАТИЧЕСКИЙ ВВОД РЕЗЕРВА

Все аппараты DMX и DMX-I (фиксированного и выкатного исполнения) могут быть оснащены механизмом блокировки, обеспечивающим механическую блокировку в системе АВР. Этот механизм устанавливается на боковой стороне корпуса аппарата и дополняется системой тросиков. Система блокировки связывает аппараты разных типоразмеров и типов (3-х и 4-х полюсные, с фиксированным креплением, выкатные) определенными блокировочными зависимостями. Такая механическая система блокировки может дополняться электродвигательными приводами и электронным блоком управления (Кат. № 261 93). В этом случае переключение можно полностью автоматизировать.



Автоматические выключатели DMX в режиме АВР



Блокировочный механизм вместе с тросиками дополняет аппараты DMX любых исполнений независимо от места их установки (стандартная длина тросов 2 м, другие значения – по требованию)



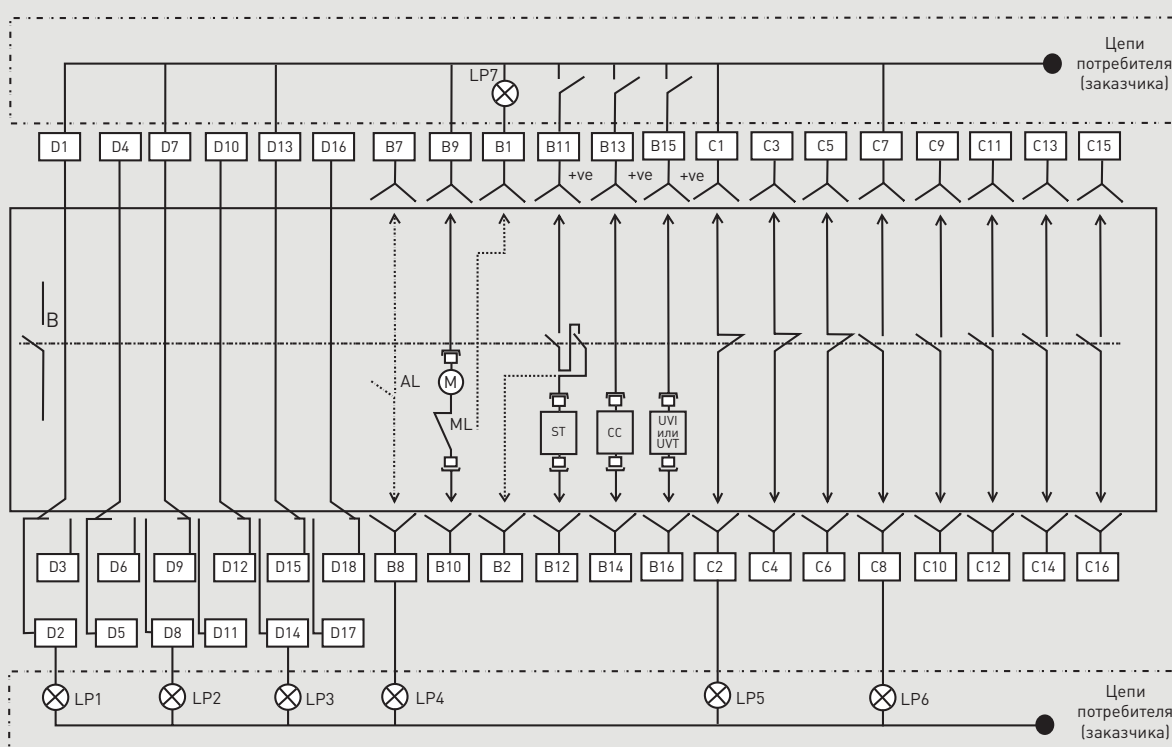
Электронный блок управления АВР Кат. № 261 93

## ДЛЯ ИНФОРМАЦИИ



АВР на трех аппаратах защиты: обращайтесь в представительства Legrand

## СХЕМА СОЕДИНЕНИЙ



### Назначение клемм

B1 – B16	Клеммы
C1 – C16	Клеммы
D1 – D6	Перевод блоков выключателей в отключенное положение <sup>(1)</sup>
D7 – D12	Перевод блоков выключателей в положение проверки <sup>(1)</sup>
D13 – D18	Перевод блоков выключателей во включенное положение <sup>(1)</sup>

(1) Переключающие контакты можно реконфигурировать

(2) Не срабатывает при отключении АСВ с помощью ST, UV или UVTD

### Индикация

LP1	Отключено
LP2	Проверка
LP3	Включено
LP4	Срабатывание АСВ
LP5	АСВ отключен
LP6	АСВ включен

### Дополнительные элементы

LP7	Индикация взведения замыкающих пружин
CC	Включающая катушка
UV	Минимальный расцепитель
UVTD	Минимальный расцепитель с задержкой
AL	Аварийное отключение МР (замыкающий контакт) <sup>(2)</sup>
ML	Концевой выключатель электродвигательного взвода пружины
M	Электродвигательный взвод замыкающей пружины
ST	Независимый расцепитель

# Автоматические выключатели DMX (продолжение)

## ПОДКЛЮЧЕНИЯ

Правильный выбор размеров всего, что связано с подсоединением проводников, является существенным фактором надежности оборудования. Для аппаратов DMX поставляются различные по размеру контактные пластины. Для выкатных исполнений поставляются многонаправленные контактные пластины для заднего присоединения.

### Рекомендации по минимальным размерам контактных пластин и шин, присоединенных к одному полюсу аппарата

	Задние контактные выводы	Ie (A)	Гибкие шины, мм	Жесткие шины, мм
DMX 2500 стационарное исполнение		800	1 x 50 x 10 или 2 x 50 x 5	2 x 50 x 5
		1000	1 x 50 x 10 или 2 x 50 x 5	2 x 50 x 5
		1250	2 x 50 x 5	1 x 50 x 10 + 1 x 50 x 5
		1600	1 x 50 x 10 + 1 x 50 x 5	2 x 50 x 10
		2000	2 x 50 x 10	2 x 60 x 10
		2500	3 x 50 x 10	3 x 60 x 10
DMX 2500 выкатное исполнение		800	1 x 50 x 10 или 2 x 50 x 5	2 x 50 x 5
		1000	2 x 50 x 5	2 x 63 x 5
		1250	1 x 50 x 10 + 1 x 50 x 5	2 x 63 x 5
		1600	2 x 50 x 10	1 или 2 x 60 x 10 + 1 x 63 x 5 или 2 x 60 x 10
		2000	–	3 x 60 x 10 или 2 x 80 x 10
		2500	–	4 x 60 x 10 или 3 x 80 x 10
DMX-L 2500 DMX/DMX-L 4000 стационарное и выкатное исполнение	<b>Стационарное исполнение</b> 	800	–	1 x 75 x 5 или 1 x 80 x 5
	<b>Выкатное исполнение</b> 	1000	–	1 x 100 x 5
		1250	–	2 x 75 x 5 или 2 x 80 x 5
		1600	–	2 x 100 x 5
		2000	–	3 x 100 x 5 или 2 x 80 x 10
		2500	–	2 x 100 x 10
		3200	–	3 x 100 x 10
	4000	–	4 x 100 x 10	





**Момент затяжки задних контактных выводов 45-50 Нм**

В аппаратах выкатного исполнения задние контактные выводы могут быть расположены вертикально или горизонтально



Подключение двух шин 80 x 10 к каждому из задних контактных выводов DMX 2500 выкатного исполнения



### Несколько рекомендаций по подключению

Качество подключения влияет на надежность электрических соединений и степень их нагрева. Размеры контактных поверхностей никогда не должны быть меньше требуемых по электрическому расчету. Площадь контактных выводов следует использовать возможно полнее.

При вертикальном расположении шин отвод тепла улучшается. При подключении нечетного числа шин большее число шин должно быть подключено к контактным выводам, расположенным выше.

Не следует располагать шины слишком близко друг от друга – это ухудшает отвод теплоты и приводит к вибрациям. Минимальное расстояние между шинами в пакете должно быть не меньше их толщины, а для его поддержания между шинами целесообразно помещать распорки.



Подключение четырех шин 100 x 10 к каждому из задних контактных выводов DMX 4000 выкатного исполнения

# Автоматические выключатели DMX (продолжение)

## ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Тип автоматического выключателя / выключателя со свободным расцеплением	DMX 2500											
	800			1000			1250			1600		
Типоразмер	1	1	2	1	1	2	1	1	2	1	1	2
Количество полюсов	3-3+N/2			3-3+N/2			3-3+N/2			3-3+N/2		
Электрические характеристики (IEC 947-31)												
Номинальное рабочее напряжение Ue	690			690			690			690		
Номинальное напряжение изоляции Ui (кВ)	1			1			1			1		
Номинальное импульсное напряжение Uimp (кВ)	8			8			8			8		
Категория применения	B			B			B			B		
Номинальная частота (Гц)	50 – 60			50 – 60			50 – 60			50 – 60		
Номинальный ток In (А)	800			1000			1250			1600		
Уровень защиты по току в нулевом проводе (% от тока в фазном проводе)	50			50			50			50		
Отключающая способность												
Номинальная предельная наибольшая отключающая способность Icu (кА) для DMX Icm (кА) для DMX-I		<b>H</b>	<b>L</b>		<b>H</b>	<b>L</b>		<b>H</b>	<b>L</b>		<b>H</b>	<b>L</b>
230 В~	50	65	100	50	65	100	50	65	100	50	65	100
415 В~	50	65	100	50	65	100	50	65	100	50	65	100
500 В~	50	65	80	50	65	80	50	65	80	50	65	80
600 В~	50	50	65	50	50	65	50	50	65	50	50	65
690 В~	40	40	60	40	40	60	40	40	60	40	40	60
Номинальная рабочая наибольшая отключающая способность Ics (% от Icu)	100	100	80	100	100	80	100	100	80	100	100	80
Кратковременно выдерживаемый ток Icw (кА в течение 1 с)	50	65	80	50	65	80	50	65	80	50	65	80
Пригодность к разъединению	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Индикация состояния автоматического выключателя	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Индикация состояния контактов	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Индикация состояния пружин (введены-отпущены)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Дополнительные принадлежности												
Электронный расцепитель, управляемый микропроцессором	MP.../17...	В серии	В серии	В серии	В серии	В серии	В серии	В серии	В серии	В серии	В серии	В серии
	MP.../18, 20...	Опция	Опция	Опция	Опция	Опция	Опция	Опция	Опция	Опция	Опция	Опция
Защита от перегрузки	В серии	В серии	В серии	В серии	В серии	В серии	В серии	В серии	В серии	В серии	В серии	В серии
Защита от короткого замыкания	В серии	В серии	В серии	В серии	В серии	В серии	В серии	В серии	В серии	В серии	В серии	В серии
Защита от замыкания на землю	Опция	Опция	Опция	Опция	Опция	Опция	Опция	Опция	Опция	Опция	Опция	Опция
Дополнительные контакты (5 замыкающих + 3 размыкающих)	В серии	В серии	В серии	В серии	В серии	В серии	В серии	В серии	В серии	В серии	В серии	В серии
Контакты аварийной сигнализации (1 замыкающий)	Опция	Опция	Опция	Опция	Опция	Опция	Опция	Опция	Опция	Опция	Опция	Опция
Размыкающие расцепители	Опция	Опция	Опция	Опция	Опция	Опция	Опция	Опция	Опция	Опция	Опция	Опция
Замыкающая катушка	Опция	Опция	Опция	Опция	Опция	Опция	Опция	Опция	Опция	Опция	Опция	Опция
Блок электродвигательного привода взведения пружин	Опция	Опция	Опция	Опция	Опция	Опция	Опция	Опция	Опция	Опция	Опция	Опция
Стационарное исполнение	В серии	В серии	В серии	В серии	В серии	В серии	В серии	В серии	В серии	В серии	В серии	В серии
Выкатное исполнение	В серии	В серии	В серии	В серии	В серии	В серии	В серии	В серии	В серии	В серии	В серии	В серии
Механические блокировки (на 2-3 аппарата)	Опция	Опция	Опция	Опция	Опция	Опция	Опция	Опция	Опция	Опция	Опция	Опция

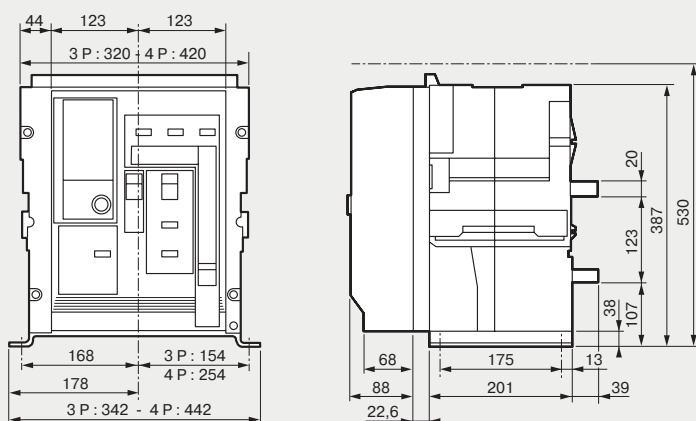
	DMX 2500						DMX 4000						DMX-I 2500			DMX-I 4000		
	2000			2500			3200			4000			1250	1600	2000	2500	3200	4000
	1	1	2	1	1	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	2	2
	3-3+N/2			3-3+N/2			3-3+N/2			3-3+N/2			3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4
	690			690			690			690			690	690	690	690	690	690
	1			1			1			1			250	250	250	250	250	250
	8			8			8			8			1	1	1	1	1	1
	B			B			B			B			8	8	8	8	8	8
	50 – 60			50 – 60			50 – 60			50 – 60			50 – 60	50 – 60	50 – 60	50 – 60	50 – 60	50 – 60
	2000			2500			3200			4000			1250	1600	2000	2500	3200	4000
	50			50			50			50			50-60	50-60	50-60	50-60	50-60	50-60
		<b>H</b>	<b>L</b>		<b>H</b>	<b>L</b>		<b>H</b>	<b>L</b>		<b>H</b>	<b>L</b>						
	50	65	100	50	65	100	50	65	100	50	65	100						
	50	65	100	50	65	100	50	65	100	50	65	100	143	143	143	143	143	143
	50	65	80	50	65	80	50	65	80	50	65	80	143	143	143	143	143	143
	50	50	65	50	50	65	50	50	65	50	50	65	105	105	105	105	105	105
	40	40	60	40	40	60	40	40	60	40	40	60	84	84	84	84	84	84
	100	100	80	100	100	80	100	100	80	100	100	80						
	50	65	80	50	65	80	50	65	80	50	65	80	50	50	50	50	50	50
	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	В серии	В серии	В серии	В серии	В серии	В серии	В серии	В серии	В серии	В серии	В серии	В серии						
	Опция	Опция	Опция	Опция	Опция	Опция	Опция	Опция	Опция	Опция	Опция	Опция						
	В серии	В серии	В серии	В серии	В серии	В серии	В серии	В серии	В серии	В серии	В серии	В серии						
	В серии	В серии	В серии	В серии	В серии	В серии	В серии	В серии	В серии	В серии	В серии	В серии						
	Опция	Опция	Опция	Опция	Опция	Опция	Опция	Опция	Опция	Опция	Опция	Опция						
	В серии	В серии	В серии	В серии	В серии	В серии	В серии	В серии	В серии	В серии	В серии	В серии	В серии	В серии	В серии	В серии	В серии	В серии
	В серии	В серии	В серии	В серии	В серии	В серии	В серии	В серии	В серии	В серии	В серии	В серии	В серии	В серии	В серии	В серии	В серии	В серии
	Опция	Опция	Опция	Опция	Опция	Опция	Опция	Опция	Опция	Опция	Опция	Опция	Опция	Опция	Опция	Опция	Опция	Опция

# Автоматические выключатели DMX (окончание)

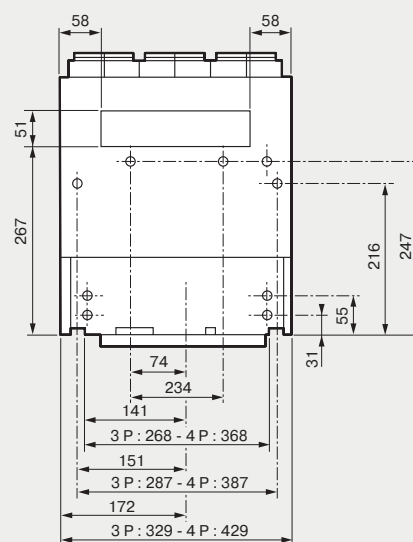
## РАЗМЕРЫ

### »» DMX 2500, DMX-I 2500

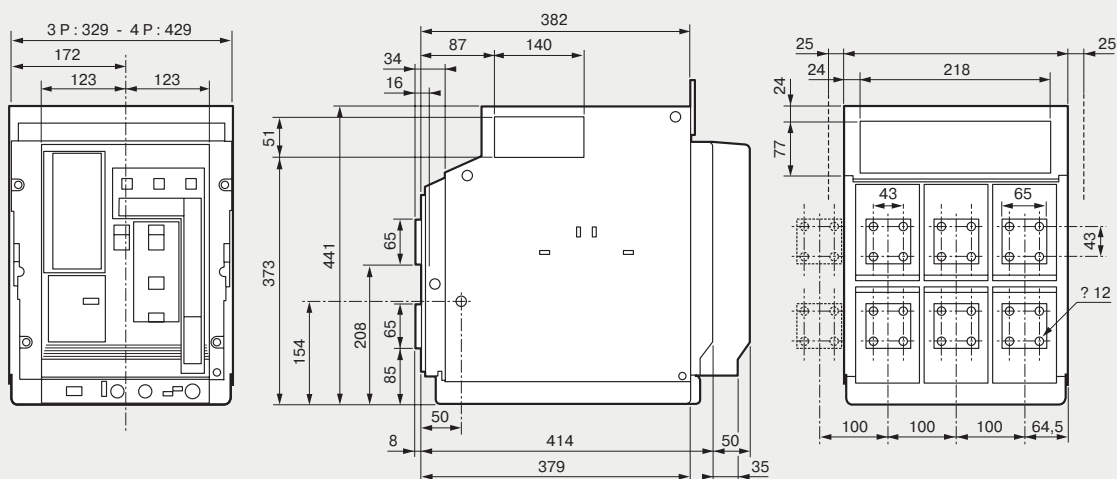
Фиксированное исполнение



Основание для выкатного исполнения

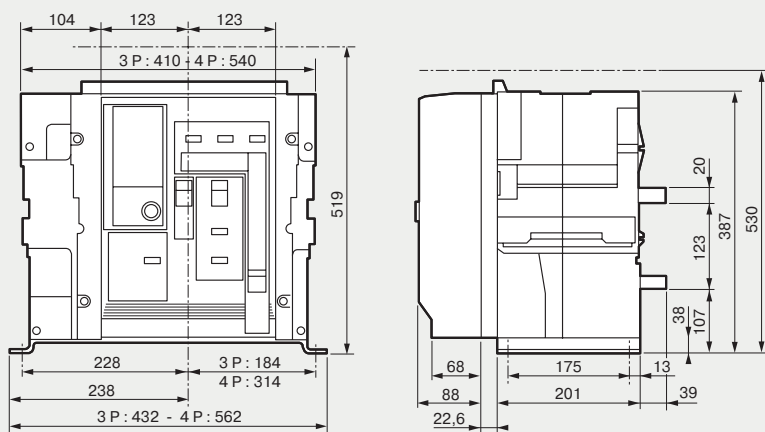


Выкатное исполнение

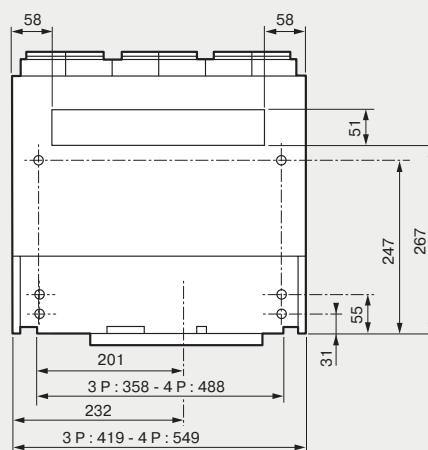


DMX 4000 - DMX-H 2500/4000 - DMX-L 2500/4000 - DMX-I 4000

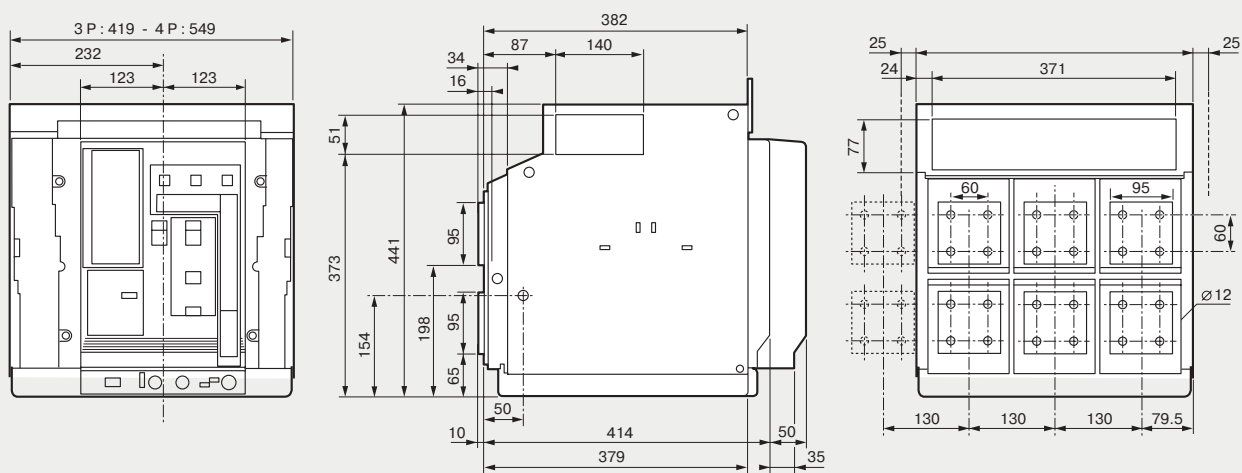
Фиксированное исполнение



Основание для выкатного исполнения



Выкатное исполнение



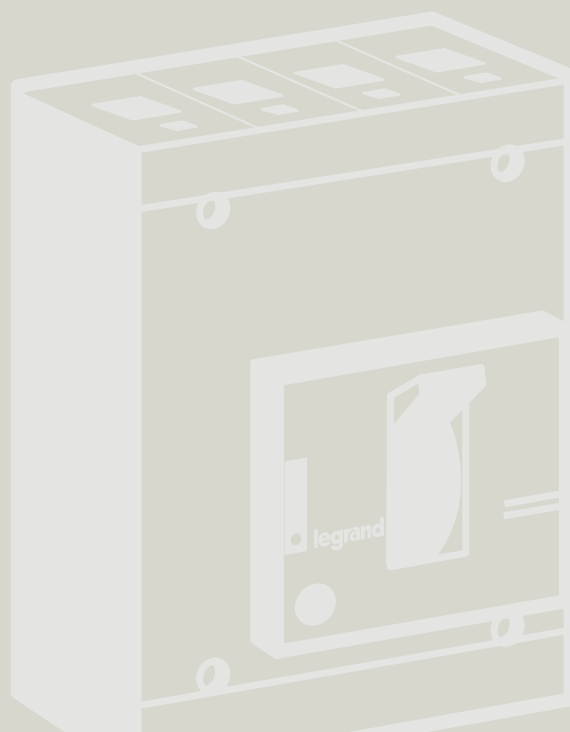
# Автоматические выключатели DPX в литых корпусах

Характерные черты гаммы  
DPX – передовой дизайн,  
отличные характеристики  
и оптимальные решения по  
защите цепей.

DPX (ТУ 3422-012-31895692-02)

соответствуют ГОСТ

Р 50030.1-2000 и 50030.2-99.



## ОБЗОР ГАММЫ

Автоматические выключатели DPX выпускаются с термомагнитными и электронными расцепителями на номинальные токи от 16 до 1600 А с отключающей способностью от 16 до 100 кА. Главные конструктивные особенности автоматических выключателей DPX – оптимизированные размеры, простота установки, эксплуатации, наличие дополнительных принадлежностей и высокая надежность.

### Выключатели DPX с термомагнитными расцепителями

Автоматические выключатели с термомагнитными расцепителями предназначены для защиты от перегрузки и от короткого замыкания. Регулируемая уставка защиты от короткого замыкания есть у всех аппаратов от DPX 250 и выше. Выключатели DPX с термомагнитными расцепителями выпускаются на токи от 16 до 1250 А с наибольшей отключающей способностью до 100 кА.



### Нестандартные аппараты DPX

Компания Legrand выпускает специальные аппараты по запросу на базе аппаратов DPX:

- Автоматические выключатели для энергетических компаний – по очень жестким техническим условиям, обеспечивающим абсолютно надежную эксплуатацию
- Автоматические выключатели только с электромагнитными расцепителями
- Двухполюсные автоматические выключатели (в корпусе 3-х полюсных)
- Аппараты, удовлетворяющие другим специальным требованиям



DPX 125



АВДТ на базе DPX 250 ER (Кат. № 252 16 + Кат. № 260 36)

## ДЛЯ ИНФОРМАЦИИ



По вопросам заказа просим обращаться в офисы Legrand

# DPX автоматические выключатели в литых корпусах (продолжение)

## ОБЗОР СЕРИИ (продолжение)

### DPX с электронными расцепителями

DPX с микропроцессорными расцепителями позволяют (в зависимости от исполнения) точно настраивать защиту при перегрузках, коротких замыканиях и замыканиях на землю. DPX выпускаются на токи от 40 до 1600 А с наибольшей отключающей способностью от 36 до 100 кА.

Электронные расцепители выпускаются в 3-х исполнениях:

- S1 – настройка  $I_r$ ,  $I_m$
- S2 – настройка  $I_r$ ,  $T_r$ ,  $I_m$ ,  $T_m$
- Sg – настройка  $I_r$ ,  $T_r$ ,  $I_m$ ,  $T_m$ ,  $I_g$ ,  $T_g$

### DPX-H 630 с электронным расцепителем Sg

#### Обозначение модели

- Желтый – DPX-H

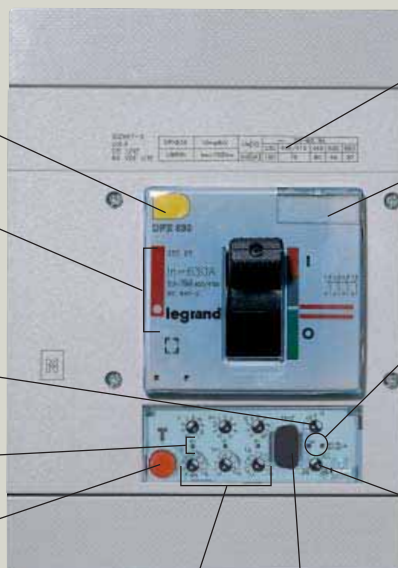
#### Технические данные:

- Кат. №
- Наибольшая отключающая способность
- Номинальный ток
- Обозначение стандарта

Настройка защиты по току в нулевом проводе (0-0,5-1)

Светодиодная индикация

Кнопка проверки



Органы настройки расцепителей

Разъем для проверки

Электрические характеристики и ссылки на стандарты

Держатели для маркировочных элементов

#### Индикаторные лампы:

- Зеленая – нормальная работа
- Красная (горит непрерывно) – ток не более  $0,9 I_r$
- Красная (мигает) – ток более  $1,05 I_r$

Переключатель режимов селективности





**DPX 250**  
с электронным  
расцепителем

**DPX 630**  
с электронным  
расцепителем

**DPX 1600**  
с электронным  
расцепителем



В зависимости от модели электронные DPX обеспечивают выполнение следующих дополнительных функций:

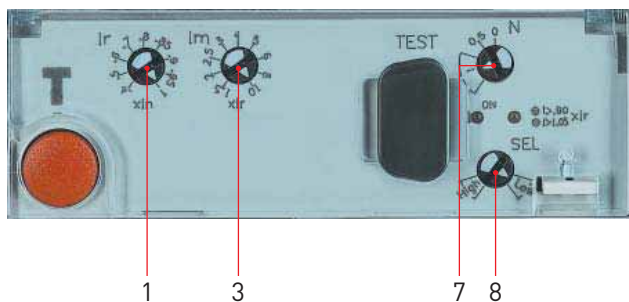
- «Термопамять» – при перегрузке расцепитель «запоминает» картину роста температуры и эта «память» регулярно обновляется до следующей перегрузки. Однако если перегрузки следуют одна за другой, эффекты от них накапливаются, а задержка срабатывания аппарата соответственно уменьшается. Таким образом, обеспечивается защита кабелей от перегрева.
- Установку с передней панели уровня защиты по току в нулевом проводе (0 %, 50 %, 100 % от тока в фазном проводе).
- Логическая селективность – обнаружив замыкание, расцепитель DPX выдает сигнал КЗ и проверяет наличие сигнала КЗ от нижестоящего DPX. При наличии такого сигнала вышестоящий DPX остается включенным в течение всего времени своей выдержки. В противном случае он отключается немедленно вне зависимости от значения уставки времени.
- Защиту от сбоев микропроцессора.
- Настройка отключающего дифференциального тока  $I_{\Delta n}$  в пределах 0,2-1,0 In и времени задержки отключения  $T_{\Delta n}$  в пределах 0,1-1,0 с.

# DPX автоматические выключатели в литых корпусах (продолжение)

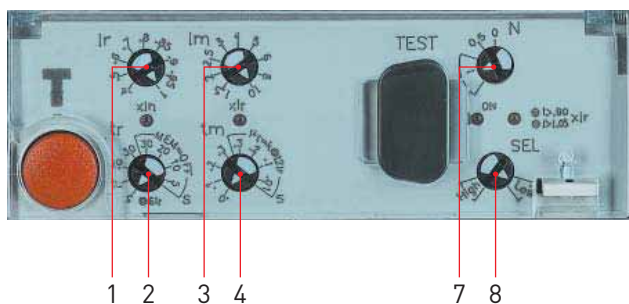
## ОБЗОР СЕРИИ (продолжение)

Особенностями новых электронных расцепителей являются логическая и динамическая селективность. Настройки селективности выполняются непосредственно на лицевой панели автоматического выключателя. Регулировочные винты могут быть опечатаны.

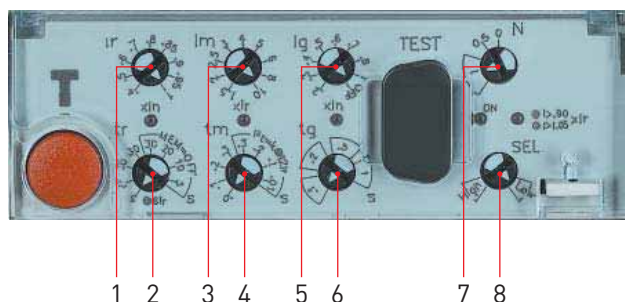
### • Электронный расцепитель S1



### • Электронный расцепитель S2



### • Электронный расцепитель Sg



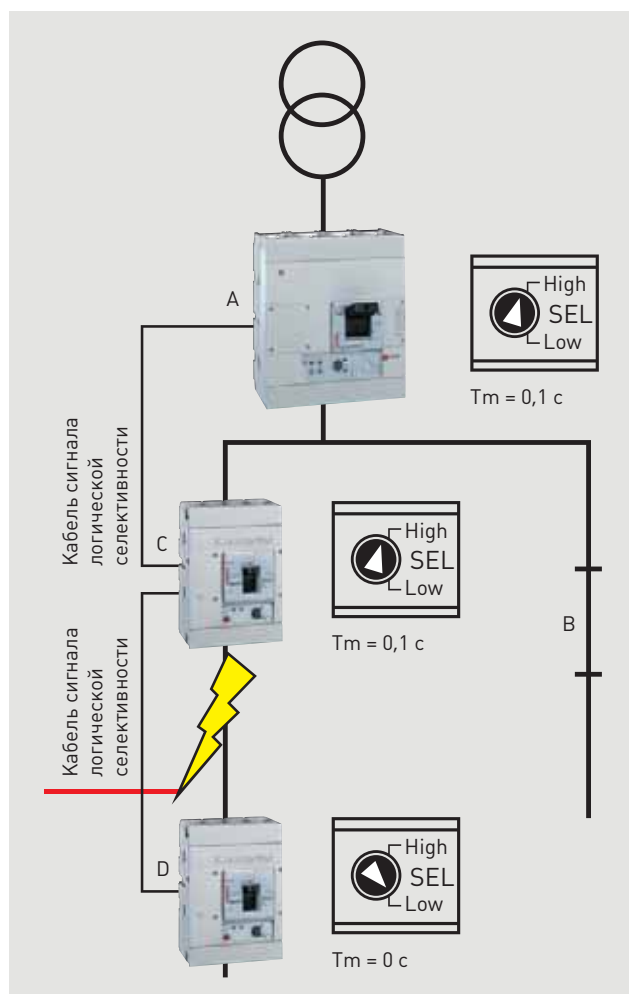
#### Условные обозначения:

- 1 – Регулировка уставки защиты от перегрузки
- 2 – Регулировка уставки времени задержки отключения при перегрузке
- 3 – Регулировка уставки защиты от короткого замыкания
- 4 – Регулировка уставки времени задержки отключения при коротком замыкании
- 5 – Регулировка уставки защиты от тока утечки
- 6 – Регулировка уставки времени задержки отключения при токе утечки
- 7 – Регулировка уставки защиты рабочего нулевого проводника (только для четырехполюсных)
- 8 – Регулировка динамической селективности

## ЛОГИЧЕСКАЯ И ДИНАМИЧЕСКАЯ СЕЛЕКТИВНОСТЬ

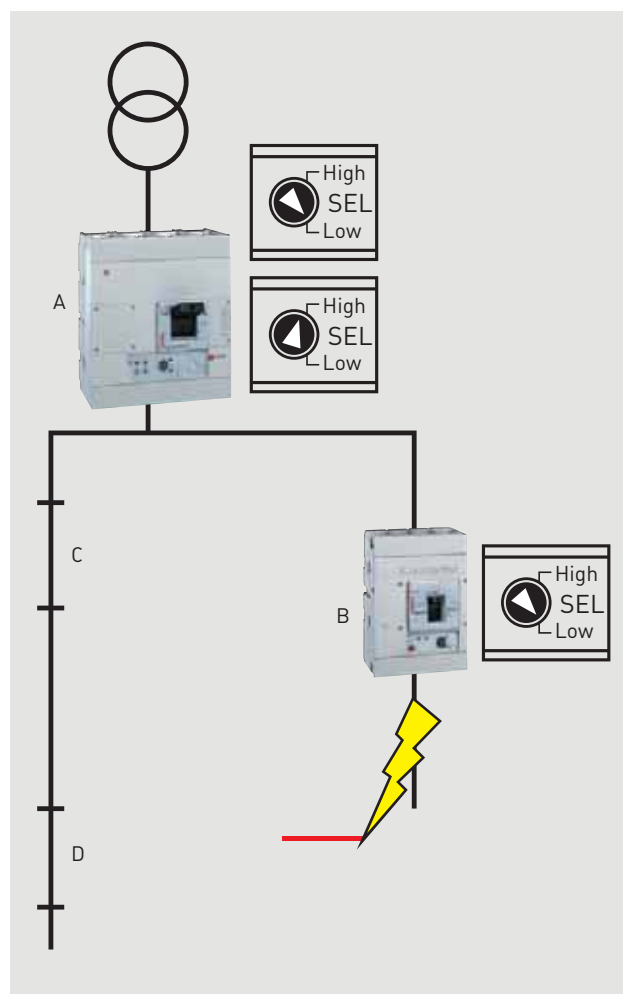
### Логическая селективность

Логическая селективность – это функция электронных расцепителей, которая заключается в том, что вышестоящий DPX, не получивший от нижестоящего сигнал о детектировании КЗ, считает что КЗ происходит между ними и отключается мгновенно, без учета уставок своего расцепителя. Назначение – улучшение защиты сборных шин НКУ.







### Динамическая селективность







Для повышения селективности автоматических выключателей переключатель селективности может быть установлен в положение High. Это гарантирует селективность (см. таблицы селективности) такого автоматического выключателя по отношению к другому, нижестоящему, переключателю селективности которого установлен в положение Low.



# DPX автоматические выключатели в литых корпусах (продолжение)

## ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

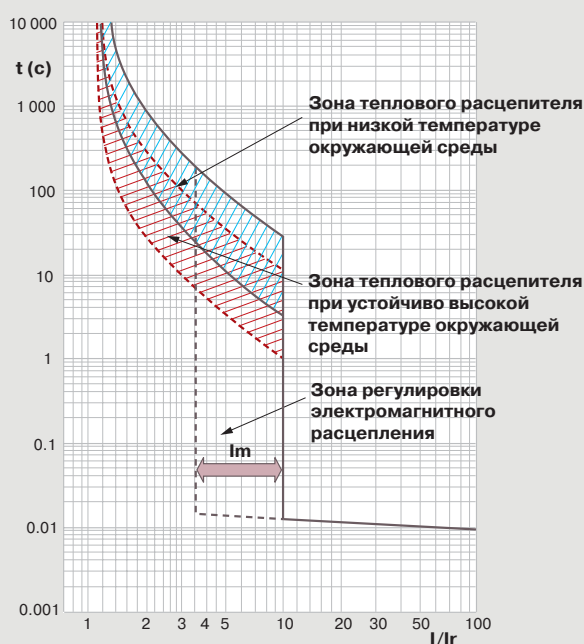
											
Типоразмер	DPX 125	DPX 125			DPX 160			DPX 250 ER			
Наибольшая отключающая способность	DPX E 16 кА	DPX 16 кА	DPX 25 кА	DPX 36 кА	DPX 25 кА	DPX 36 кА	DPX 50 кА	DPX 25 кА	DPX 36 кА	DPX 50 кА	
Число полюсов	1P	3P - 3P + 1/2N - 4P			3P - 3P + 1/2N - 4P			3P - 3P + 1/2N - 4P			
Номинальный ток (А)	16-125	16-125			63-160		40-60		25-250		
<b>Электрические характеристики (ГОСТ Р 50030-2 (IEC 60947-2))</b>											
Номинальная частота (Гц)	50/60	50/60			50/60			50/60			
Номинальное рабочее напряжение Ue (В)	230 В~	500 В~ – 250 В=			500 В~ – 250 В=			500 В~ – 250 В=			
Номинальное напряжение изоляции Ui (В)	290 В~	500 В~			500 В~			500 В~			
Номинальное импульсное выдерживаемое напряжение Uimp (кВ)	6	6			6			6			
Категория применения	A	A			A			A			
Наибольшая отключающая способность Icu (кА) 230 В~	16	22	35	40	40	50	65	40	50	65	
400 В~		16	25	36	25	36	50	25	36	50	
440 В~		10	18	20	20	25	30	20	25	30	
480/500 В~		8	12	14	10	12	15	10	12	15	
600 В~											
690 В~											
250 В~		16	25	30	25	36	45	25	36	45	
Номинальная рабочая отключающая способность Ics (% от Icu)	50	100	50	75	100	75	50	100	75	50	
Номинальная наибольшая включающая способность Icm (кА при 400 В)	32	32	52.5	75.6	52.5	75.6	105	52.5	75.6	105	
Номинальный кратковременно выдерживаемый ток Icw (кА)											
Износостойкость (коммутационных циклов)	механическая	25000			20000			20000			
	электрическая	6000	8000			8000			8000		
Пригодность к разъединению	•	•									
<b>Дополнительные принадлежности</b>											
Модуль обнаружения тока утечки	устанавливается снизу		•			•			•		
	устанавливается сбоку		•			•			•		
Дистанционное управление		•			•			•			
Стационарное исполнение	•	•			•			•			
Втычное исполнение		•			•			•			
Выкатное исполнение											
Поворотная рукоятка		•			•			•			
Переключение чередования фаз с блокировкой					•			•			
<b>Габаритные размеры и масса</b>											
Габаритные размеры (Ш x В x Г, мм)	1-полюсный	25x120x74									
	3-полюсный		75.6 x 120 x 74			90 x 150 x 74			90 x 76 x 74		
	4-полюсный		101 x 120 x 74			120 x 150 x 74			120 x 176 x 74		
Масса (кг)	3-полюсный		1			1.2			1.6		
	4-полюсный		1.2			1.6			2.1		

																
DPX 250 ELEC.			DPX 250			DPX 630 ELEC.			DPX 630			DPX 1250			DPX 1600 ELEC.	
DPX 36 kA	DPX H 70 kA	DPX L 100 kA	DPX 36 kA	DPX H 70 kA	DPX L 100 kA	DPX 36 kA	DPX H 70 kA	DPX L 100 kA	DPX 50 kA	DPX H 70 kA	DPX L 100 kA	DPX 50 kA	DPX H 70 kA	DPX L 100 kA	DPX 50 kA	DPX H 70 kA
3P - 4P			3P - 3P + ½N - 4P			3P - 4P			3P - 3P + ½N - 4P			3P - 4P			3P - 4P	
40-250			40-250			200-630	400-630		200-630	320-630		800-1250			800-1600	
50/60			50/60			50/60			50/60			50/60			50/60	
690 B~			690 B~ - 250 B=			690 B~			690 B~ - 250 B=			690 B~ - 250 B=			690 B~	
690 B~			690 B~			690 B~			690 B~			690 B~			690 B~	
8			8			8			8			8			8	
A			A			A (160-400 A) - B (630 A)			A			A			B	
60	100	170	60	100	170	60	100	170	60	100	170	80	100	170	80	100
36	70	100	36	70	100	36	70	100	36	70	100	50	70	100	50	70
30	60	70	30	60	70	30	60	70	30	60	70	45	65	80	45	65
25	40	45	25	40	45	25	40	45	25	40	45	35	45	55	35	45
20	25	28	20	25	28	20	25	28	20	25	28	25	35	40	25	35
16	20	22	16	20	22	16	20	22	16	20	22	25	25	30	20	25
			36	40	40				36	40	40	50	50	50		
100	75	50	100	75	50	100	75	50	100	75	50	100	75	50	100	75
75.6	154	220	75.6	154	220	75.6	154	220	75.6	154	220	105	154	220	105	154
3						5									15 ≤ 1250 < 20	
20000			20000			15000			15000			10000			10000	
8000			8000			8000			8000			4000			3000 (In 1600-8000)	
•															•	
•			•			•			•			•			•	
•			•			•			•			•			•	
•			•			•			•			•			•	
•			•			•			•			•			•	
•			•			•			•			•			•	
•			•			•			•			•			•	
•			•			•			•			•			•	
105 x 200 x 105			105 x 200 x 105			140 x 260 x 105			140 x 260 x 105			210 x 320 x 140			210 x 320 x 140	
140 x 200 x 105			140 x 200 x 105			183 x 260 x 105			140 x 260 x 105			280 x 320 x 140			280 x 320 x 140	
2.5			2.5			5.3 ≤ 400 < 5.8			5.5			18			18	
3.7			3.7			6.8 ≤ 400 < 7.4			6.4			23.4			23.4	

# DPX автоматические выключатели в литых корпусах (продолжение)

## ВРЕМЯ-ТОКОВЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

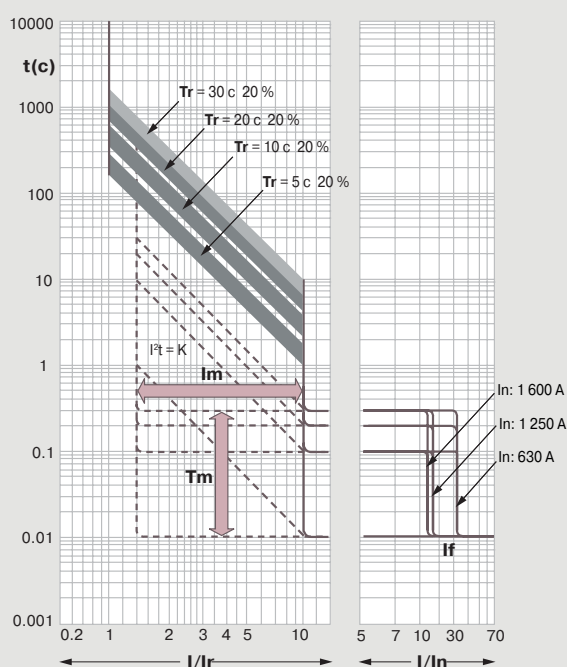
Время-токовая характеристика DPX с термомангнитным расцепителем



$I$  – действующее значение тока  
 $I_r$  – уставка тепловой защиты от перегрузки (устанавливается в долях от  $I_n$ )  
 $I_m$  – уставка защиты от короткого замыкания (устанавливается кратной  $I_n$ )

Поскольку по оси абсцисс откладывается отношение  $I/I_r$ , то регулировка  $I_r$  не изменяет вид кривой защиты от перегрузки. Значение  $I_m$  можно считать непосредственно (в этом примере от 3,5 до 10).

Время-токовая характеристика DPX с электронным расцепителем с регулировкой  $I_r$ ,  $I_m$ ,  $T_r$  и  $T_m$  (исполнение S2)



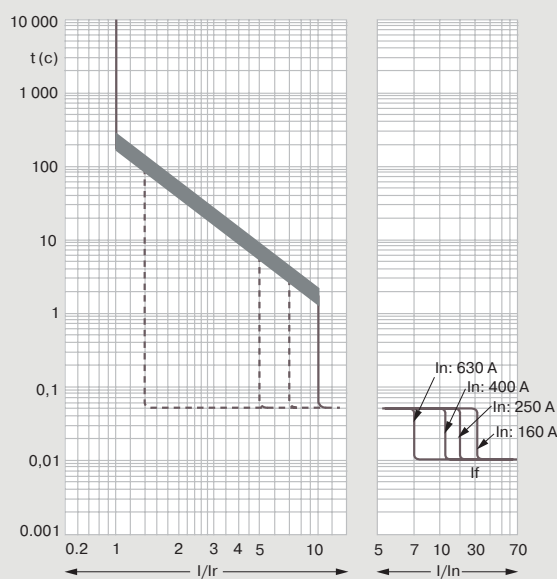
$I$  – действующее значение тока  
 $I_r$  – уставка защиты от перегрузки с продолжительной задержкой (задается от 0,4 до 1,0  $I_n$ )  
 $T_r$  – продолжительная задержка (задается от 5 до 30 с)  
 $I_m$  – уставка защиты от короткого замыкания с короткой задержкой (задается кратной  $I_r$ , в данном примере от 1,5 до 10  $I_r$ )  
 $T_m$  – короткая задержка (задается от 0 до 0,3 с)  
 $I^2t$  – постоянное значение (изменение возможно регулировкой  $T_m$ )  
 $I_f$  – уставка мгновенной защиты от коротких замыканий (не регулируется, 5–20 кА в зависимости от модели выключателя)

### >>> Пример анализа и настройки параметров время-токовой характеристики

Номинальный ток – 500 А

$I_{k3 \max} = 25 \text{ кА}$  в месте установки автоматического выключателя

→ Выбираем аппарат DPX 630 с электронным расцепителем на номинальный ток 630 А (Кат.№ 256 03/07) с уставкой защиты от перегрузки с продолжительной задержкой  $I_r = 0,8 I_n = 504 \text{ А}$



**Случай 1: начало линии, высокий ток  $I_{k \min}$**

$I_{k \min} = 20 \text{ кА}$ , поэтому устанавливаем максимальную защиту от короткого замыкания  $I_m = 10 I_r = 5040 \text{ А}$ .

Анализируем характеристики:

Если  $I < 504 \text{ А}$ , срабатывания не происходит

Если  $504 \text{ А} < I < 5 \text{ кА}$ , задержка срабатывания (продолжительная) составляет от 1 до 200 с

Если  $I > 5 \text{ кА}$ , срабатывание происходит за 0,01 с (мгновенная защита с фиксированной уставкой)

**Случай 2: конец линии, малый ток  $I_{k \min}$**

$I_{k \min} = 4 \text{ кА}$ , поэтому выбираем уставку защиты от короткого замыкания  $I_m = 5 I_r = 2520 \text{ А}$ .

Анализируем характеристики:

Если  $I < 504 \text{ А}$ , срабатывания не происходит

Если  $504 \text{ А} < I < 2520 \text{ А}$ , задержка срабатывания (продолжительная) составляет от 10 до 200 с

Если  $2520 \text{ А} < I < 5 \text{ кА}$ , задержка срабатывания (кратковременная) менее 0,1 с

Если  $I > 5 \text{ кА}$ , срабатывание происходит за 0,01 с (мгновенная защита с фиксированной уставкой)

# DPX автоматические выключатели в литых корпусах (продолжение)

## ПРИНАДЛЕЖНОСТИ ДЛЯ ПОДСОЕДИНЕНИЯ ПРОВОДНИКОВ

Подключение к DPX							
Исполнение	Подключение	DPX 125	DPX 160	DPX 250 ER	DPX 250	DPX 630	DPX 1250/1600
Стационарное исполнение	Клеммы для подключения спереди			Монтируются	Монтируются	Монтируются	Монтируются
	Гнездовые зажимы	Монтируются	Монтируются	•	•	•	•
	Клеммы на большие токи					•	•
	Удлиненные клеммы пер. подкл.			•	•	•	•
	Полюсные расширители				•	•	•
	Задние клеммы с резьбой	•	•	•	•	•	
	Задние плоские клеммы				•	•	
	Задние укороченные плоские клеммы						•
	Задние удлиненные плоские клеммы						•
Втычное	Клеммы для подключения спереди	•	•	•	•	•	
	Задние клеммы с резьбой	•	•	•	•	•	
	Задние плоские клеммы				•	•	
Выкатное	Клеммы для подключения спереди				•	•	•
	Задние клеммы с резьбой				•	•	•



### Любой подвод электропитания

Электропитание на все аппараты DPX может подаваться как на верхние (прямой подвод), так и на нижние (обратный подвод) контакты – на характеристики аппарата это никак не влияет.



## Принадлежности для монтажа, управления и подключения

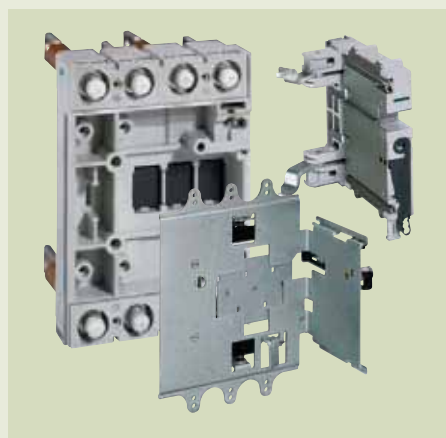
Контактные зажимы с принадлежностями



Крышки выводов



Полюсные расширители



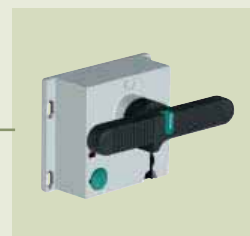
Основание аппарата выкатного исполнения и механизм "debro-lift" для аппарата выкатного исполнения



Блок дистанционного управления



Поворотная рукоятка



Задние клеммы с резьбой



Задние плоские клеммы



Модули обнаружения тока утечки (УЗО)

# DPX автоматические выключатели в литых корпусах (продолжение)

## ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ПРИНАДЛЕЖНОСТИ

### Независимый расцепитель

Используется для дистанционного размыкания аппарата. Подключается последовательно с размыкающим управляющим контактом.

### Минимальный расцепитель

Предназначен для размыкания аппарата (с выдержкой времени или без) при значительном снижении или отсутствии напряжения управления. Может оборудоваться модулем задержки для исключения ложных срабатываний расцепителя при нестабильности напряжения питания.

Расцепители устанавливаются под крышкой, слева от рукоятки управления.

### Технические характеристики

	Независимый расцепитель	Минимальный расцепитель	
Номинальное напряжение (% $U_n$ )	70 – 110	35 – 70%	
Напряжение восстановления (% $U_n$ )	–	85 – 110%	
Время отключения DPX (мс)	< 50	< 50	
Потребляемая мощность	(ВА)	300	5
	(Вт)	300	1,6

### Дополнительные контакты

Данные контакты могут использоваться для передачи информации о состоянии автоматического выключателя. Дополнительные контакты – о том, замкнут или разомкнут автоматический выключатель, аварийные контакты – о «расцепленном» состоянии выключателя после срабатывания блока защиты, независимого расцепителя, минимального расцепителя напряжения, по сигналу аппарата, управляемого дифференциальным током или в результате извлечения из колодки выключателя съемного исполнения.

Подвод кабелей осуществляется сбоку или сзади. В выкатном и втычном исполнениях выключателей подсоединение проводников к дополнительным принадлежностям производится через специальные разъемы.

### Технические характеристики дополнительных контактов

Номинальное напряжение $U_n$	$I_n$ (А)
110 Вac	4
230 Вac	3
24 Вdc	5
48 Вdc	1,7
110 Вdc	0,5
230 Вdc	0,25

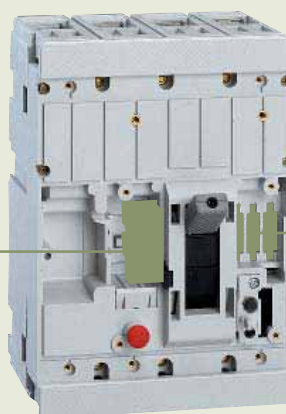
### Электрические устройства управления

Предназначены для дистанционного включения и выключения автоматического выключателя. Монтируются на боковой стороне аппаратов, устанавливаемых на монтажных рейках, или спереди для остальных аппаратов модельного ряда DPX и могут оборудоваться запирающими устройствами.

## Установка дополнительных устройств на аппараты DPX



Расцепители



Дополнительные контакты

Максимальное количество вспомогательных устройств на одном аппарате DPX

Аппарат	Дополнительные контакты	Аварийные контакты	Расцепители
DPX 125	1	1	1
DPX 160	1	1	1
DPX 250 ER	1	1	1
DPX 250	2	1	1
DPX 630	2	1	2
DPX 1600	3	1	2

# DPX автоматические выключатели в литых корпусах (продолжение)

## СЪЕМНОЕ И ВЫКАТНОЕ ИСПОЛНЕНИЯ

Аппараты DPX этих исполнений наряду с традиционно высокими эксплуатационными характеристиками имеют и высокий уровень безопасности.



**DPX 250**  
съемного исполнения  
смонтирован  
на основании с задним  
расположением клемм



**DPX 1600**  
выкатного  
исполнения

Варианты монтажа DPX










Монтаж		DPX 125			DPX 160			DPX 250 ER			DPX 250		DPX 630		DPX 1250 1600
		Отдельно	+ УЗО <sup>(1)</sup> сбоку	+ УЗО <sup>(1)</sup> снизу	Отдельно	+ УЗО <sup>(1)</sup> сбоку	+ УЗО <sup>(1)</sup> снизу	Отдельно	+ УЗО <sup>(1)</sup> сбоку	+ УЗО <sup>(1)</sup> снизу	Отдельно	+ УЗО <sup>(1)</sup> снизу	Отдельно	+ УЗО <sup>(1)</sup> снизу	Отдельно
<b>На направляющих</b>		•	•		•	•		•	•						
<b>Стационарное исполнение</b>	Клеммы спереди	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
	Клеммы сзади	•		•	•		•	•		•	•	•	•	•	•
<b>Втычное исполнение</b>	Клеммы спереди	•			•			•		•	•	•	•	•	•
	Клеммы сзади	•			•			•		•	•	•	•	•	
<b>Выкатное исполнение</b>	Клеммы спереди									•	•	•	•	•	•
	Клеммы сзади									•	•	•	•	•	•

(1) УЗО – дополнительный блок, управляемый дифференциальным током

### Съемное (втычное) исполнение

Такие аппараты вставляются и извлекаются без обесточивания соответствующей цепи. Присоединение и отсоединение аппарата возможно только в том случае, если аппарат разомкнут. В противном случае при отсоединении происходит автоматическое размыкание контактов аппарата.

В простых ситуациях съемные аппараты можно использовать для реализации функции разъединения. Обычно втычные аппараты применяют в тех случаях, когда необходимо обеспечить легкую замену аппаратов, что делает их обслуживание очень удобным. Аппараты съемного исполнения иногда обозначаются буквой D (disconnectable – отсоединяемое исполнение).

Автоматический выключатель	Контакты «тюльпан»	Монтажное основание
 <p><b>DPX 250 ER</b></p>		
 <p><b>DPX 250</b></p>		
 <p><b>DPX 630</b></p>		

# DPX автоматические выключатели в литых корпусах (продолжение)

## СЪЕМНОЕ И ВЫКАТНОЕ ИСПОЛНЕНИЯ (продолжение)

### Выкатное исполнение

Обладая всеми преимуществами втычного исполнения (легкая заменяемость и ясно видимое разъединение цепи), выкатное исполнение, благодаря наличию механизма «debro-lift», позволяет управлять присоединением и отсоединением, проводить проверки и измерения во вспомогательных цепях при разъединенных главных цепях, отображать состояние этих цепей, наконец, запирают аппарат с помощью различных замков. Выкатное исполнение может обозначаться буквой W (withdrawable parts – выдвигаемые части).



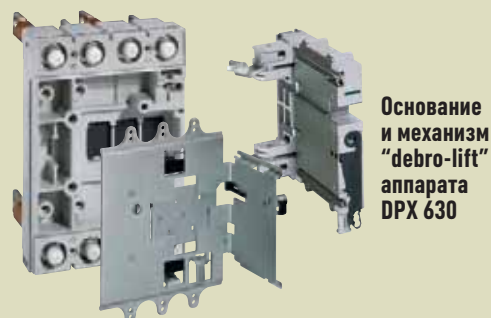
### Механизм «debro-lift»

Очень простой в установке, этот механизм закрепляется на общем монтажном основании аппарата.

Присоединение и отсоединение аппарата DPX производятся механически, кривошипным механизмом.

Механизм имеет три позиции, обозначаемые индикаторами разного цвета:

- «присоединено» – красный индикатор, присоединены главные и вспомогательные цепи
- «тест» – желтый индикатор, главные цепи разъединены, вспомогательные – присоединены
- «извлечено» – зеленый индикатор, главные и вспомогательные цепи разъединены



Основание и механизм «debro-lift» аппарата DPX 630



Индикаторы позиций выкатного механизма

## ПОДКЛЮЧЕНИЕ

Многочисленные аксессуары позволяют осуществить любые подключения. Помимо подключения непосредственно к контактным выводам аппарата возможно подключение через клеммы, распределительные контакты, удлинители, полюсные расширители, задние резьбовые и плоские клеммы и т.д. Все варианты подсоединения проводников приведены в таблицах.

### DPX 125 Наибольшие сечения проводников, присоединяемых к каждому полюсу аппарата



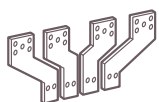



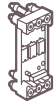
Проводник	Ширина (мм)	Провода и кабели		Медные кабельные наконечники		Алюминиевые кабельные наконечники		
		Сечение (мм <sup>2</sup> )	жесткие	гибкие	стандартный	компактный	стандартный	компактный
<b>Зажим</b>								
Гнездовые зажимы (прилагаются к DPX)	12	70	70					
048 67 Распределительный зажим		6 x 35	6 x 25					
263 00/01 Задние клеммы с резьбой	15			95-8			120-8	

### DPX 160 Наибольшие сечения проводников, присоединяемых к каждому полюсу аппарата

Проводник	Ширина (мм)	Провода и кабели		Медные кабельные наконечники		Алюминиевые кабельные наконечники		
		Сечение (мм <sup>2</sup> )	жесткие	гибкие	стандартный	компактный	стандартный	компактный
<b>Зажим</b>								
Контактная пластина для присоединения неподготовленных проводников	18			50-6			50-8	
262 18 Гнездовой зажим	13	95	70					
262 17 Удлинитель	20			70-10			185-10	
262 19 Зажим с увеличенной присоединительной способностью		120	95					
048 67 Распределительный зажим		6 x 35	6 x 25					
263 10/11 Задние контактные выводы с резьбой	18			120-8	185-10		120-10	

# DPX автоматические выключатели в литых корпусах (продолжение)

## ПОДКЛЮЧЕНИЕ (продолжение)

DPX 250 ER Наибольшие сечения проводников, присоединяемых к каждому полюсу аппарата								
Проводник	Ширина (мм)	Провода и кабели		Медные кабельные наконечники		Алюминиевые кабельные наконечники		
		Сечение (мм <sup>2</sup> )	жесткие	гибкие	стандартный	компактный	стандартный	компактный
<b>Зажим</b> 	20				70-8		120-10	
<b>262 88</b> Гнездовой зажим 	18	185	150					
<b>262 90/91</b> Полюсные расширители 	32				185-12	300-10	240-12	300-10
<b>262 31</b> Переходники* 	25				120-10	185-10	150-12	185-10
<b>265 10/11</b> Задние клеммы с резьбой 					185-12		240-12	
<b>Передние клеммы для втычного исполнения</b> 					95-8	185-10	95-12	185-10
<b>Задние клеммы для выкатного исполнения</b> 					Задние клеммы с резьбой			

\* – поставляются с изолирующими перегородками













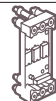
**DPX 250 Наибольшие сечения проводников, присоединяемых к каждому полюсу аппарата**

Проводник	Ширина (мм)	Провода и кабели		Медные кабельные наконечники		Алюминиевые кабельные наконечники	
		жесткие	гибкие	стандартный S – Ø мм <sup>2</sup> – мм	компактный S – Ø мм <sup>2</sup> – мм	стандартный S – Ø мм <sup>2</sup> – мм	компактный S – Ø мм <sup>2</sup> – мм
<b>Зажим</b> Контактная пластина для присоединения неподготовленных проводников							
262 35 Гнездовой зажим	18	185	150	95-8	185-10		185-10
262 33/34 Полюсные расширители	32			185-12	300-10	240-12	300-10
262 31 Переходники*	25			120-10	185-10	150-12	185-10
262 32 Удлинитель	25			150-12	300-10	240-12	300-10
263 31/32 Задние клеммы с резьбой	25			185-12		240-12	
265 27/28 Задние плоские клеммы	25			95-10	185-10	150-12	185-10
Передние клеммы для втычного исполнения	20			95-10	185-10	95-12	185-10
Монтажное основание XL для втычного исполнения	20			2 x 95-8	2 x 185-10		2 x 185-10
Задние клеммы для втычного и выкатного исполнений		Задние клеммы с резьбой					

\* – поставляются с изолирующими перегородками

# DPX автоматические выключатели в литых корпусах (продолжение)

## ПОДКЛЮЧЕНИЕ (продолжение)

DPX 630 Наибольшие сечения проводников, присоединяемых к каждому полюсу аппарата							
Проводник	Ширины	Провода и кабели		Медные кабельные наконечники		Алюминиевые кабельные наконечники	
		жесткие	гибкие	стандартный	компактный	стандартный	компактный
Зажим	Ширина (мм)	Сечение (мм <sup>2</sup> )		S - Ø мм <sup>2</sup> - мм	S - Ø мм <sup>2</sup> - мм	S - Ø мм <sup>2</sup> - мм	S - Ø мм <sup>2</sup> - мм
Контактная пластина для присоединения неподготовленных проводников 	32			150-12	300-10	240-12	300-10
262 50 Гнездовой зажим 	25	300	240				
262 51 Зажим на 2 проводника 		2 x 240	2 x 185				
262 48/49 Полюсные расширители 	50			2 x 185-12	2 x 300-10	2 x 240-16	2 x 300-10
262 46 Переходники на 400 А 	32			2 x 150-12	2 x 300-10	2 x 240-12	2 x 300-10
262 47 Удлинитель 	32			2 x 150-12	2 x 300-10	2 x 240-12	2 x 300-10
263 50/51 Задние клеммы с резьбой 	32			2 x 300-16		2 x 300-16	
263 52/53 Задние плоские клеммы 	40			2 x 185-12	2 x 300-10	2 x 240-12	2 x 300-10
Передние клеммы для втычного и выкатного исполнений 	25			150-12	300-10	240-12	300-10
Монтажное основание XL для втычного исполнения 	25			1 x 150-12	2 x 300-10	2 x 240-12	2 x 300-10
Задние клеммы для втычного и выкатного исполнений 		Задние клеммы с резьбой или плоские					

**DPX 1600 Наибольшие сечения проводников, присоединяемых к каждому полюсу аппарата**

Проводник	Ширина (мм)	Провода и кабели		Медные кабельные наконечники		Алюминиевые кабельные наконечники	
		жесткие	гибкие	стандартный S - Ø мм <sup>2</sup> - мм	компактный S - Ø мм <sup>2</sup> - мм	стандартный S - Ø мм <sup>2</sup> - мм	компактный S - Ø мм <sup>2</sup> - мм
<b>Зажим</b> 	50			300-14		300-16	
<b>262 69</b> Зажим на 2 проводника 		2 x 240	2 x 185				
<b>262 70</b> Зажим на 4 проводника 		4 x 240	4 x 185				
<b>262 73/74</b> Полюсные расширители 	80			4 x 300-14		4 x 300-16	4 x 300-14
<b>262 67 (1250 A)</b> <b>262 68</b> Удлинитель 	50			2 x 300-14		2 x 300-16	2 x 300-14
<b>263 80/82</b> Укороченные задние клеммы 	50			2 x 300-14		2 x 300-16	2 x 300-14
<b>263 81/83</b> Удлиненные задние клеммы 	50			2 x 300-14		3 x 300-16	3 x 300-14
<b>Передние клеммы для выкатного исполнения</b> 	50			4 x 120-12 2 x 300-14	4 x 185-10	2 x 300-14	4 x 150-10
<b>Задние клеммы для выкатного исполнения</b> 	50			2 x 185-12		2 x 240-12	

# DPX автоматические выключатели в литых корпусах (продолжение)

## АВТОМАТИЧЕСКИЙ ВВОД РЕЗЕРВА



Для ввода резервного питания применяются DPX 160, DPX 250, DPX 630, DPX 1600 стационарного или выкатного исполнения.

При этом возможны 3 варианта переключения:

- **Ручное** – специальное устройство механической блокировки препятствует одновременному включению двух аппаратов, с которыми оно связано. Включение любого из двух аппаратов возможно лишь в том случае, если другой аппарат отключен.
- **Дистанционно управляемое** – перевод аппаратов из одного положения в другое производится электродвигательным приводом.
- **Автоматическое** – все операции по переключению питания управляются специальным электронным блоком (230 В переменного тока или 24 В постоянного тока).



## ВЫКЛЮЧАТЕЛИ DPX-I

Выключатели – это те же автоматические выключатели, но без защитных расцепителей. Такие выключатели имеют те же размеры, что и автоматические выключатели, могут снабжаться теми же принадлежностями и теми же средствами дистанционного управления.

Выключатели DPX-I можно отключать с помощью независимого расцепителя или минимального расцепителя напряжения, они могут быть также оснащены модулями обнаружения тока утечки на землю.

Эти аппараты соответствуют стандарту ГОСТ Р 50030.3-99 (IEC 60947-3-99), категория применения AC 23 A.

**Все узлы и принадлежности – те же, что и для автоматических выключателей**



		DPX-I 125	DPX-I 160	DPX-I 250 ER	DPX-I 250	DPX-I 630	DPX-I 1600
Номинальное рабочее напряжение $U_e$ (В)	50/60 Гц	500	500	500	690	690	690
	пост. ток	250	250	250	250	250	250
Номинальное напряжение изоляции $U_i$ (В переменного тока)		500	500	500	690	690	690
Номинальное импульсное выдерживаемое напряжение $U_{imp}$ (кВ)		6	6	6	8	8	8
Номинальная наибольшая включающая способность $I_{cn}$ (кА)	400 В	3	3.6	4.3	4.3	13	40
Кратковременно выдерживаемый ток $I_{cw}$ (кА в течение 1 с)		1.7	2.1	3	3	7.6	20
Износостойкость (коммутационных циклов)	механическая	25 000	20 000	20 000	20 000	15 000	8 000
	электрическая	8 000	8 000	8 000	8 000	8 000	3 000
Номинальный ток (А)		125	160	250	250	630	1600
Категория применения AC 23 A (~690 В)		125 (500 В)	160 (500 В)	250 (500 В)	250	630	1600
Категория применения DC 23 A (~250 В)		125	160	250	250	630	–



Другие характеристики – см. стр. 66

# DPX автоматические выключатели в литых корпусах (продолжение)

## ОБНАРУЖЕНИЕ ТОКА УТЕЧКИ

Все автоматические выключатели DPX на токи до 630 А могут оснащаться модулями обнаружения тока утечки.

### Монтаж

Поставляются два типа модулей обнаружения тока утечки (до DPX 250 ER включительно) с одинаковыми техническими характеристиками, но с разными способами установки:

- устанавливаемые сбоку
- устанавливаемые снизу

Эти модули выпускаются следующих номиналов (в зависимости от номинала автоматического выключателя):

- 63 А для DPX 125 от 16 до 63 А
- 125 А для DPX 125 от 100 до 125 А
- 160 А для DPX 250 ER
- 250 А для DPX 250 ER
- 250 А для DPX 250
- 400 А для DPX 630
- 630 А для DPX 630

Соединительные провода требуются только при установке модулей сбоку автоматических выключателей.

### Реле тока утечки с отдельным сердечником

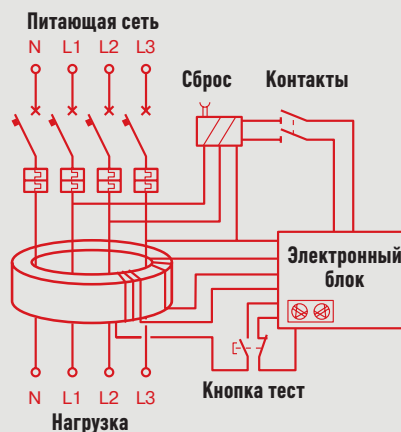


Эти реле дополняют функцию управления остаточным током автоматические выключатели DPX и выключатели-разъединители и DPX-I с независимым расцепителем.

### Общие технические характеристики

- Модуль обнаружения тока утечки с электронным расцепителем
- Тип А
- Чувствительность и выдержка времени могут регулироваться:
  - $I_{\Delta n} = 30 \text{ мА} - 300 \text{ мА} - 1 \text{ А} - 3 \text{ А}$
  - $t = 0 - 0,3 \text{ с} - 1 \text{ с} - 3 \text{ с}$
- При установке чувствительности в 30 мА выдержка времени автоматически устанавливается равной нулю.

### Электронные модули



Данный модуль обнаружения тока утечки является настраиваемым

- чувствительность: 0 – 0,03 – 0,3 – 1 – 3 А
- задержка: 0 – 0,3 – 1 – 3 с

Электропитание модулей производится от трех фаз, при этом для срабатывания расцепителя достаточно двух фаз.



Способ установки		Сбоку	Снизу	Сбоку	Снизу	Сбоку	Снизу
Тип		125	125	250 ER	250 ER	250	до 630
Расцепитель		Электронный	Электронный	Электронный	Электронный	Электронный	Электронный
Номинальный ток (А)		63-125	63-125	160-250	160-250	160-250	400 и 630
Число полюсов		3-4	4	3-4	4	4-3	4-3
Размеры (мм)	ширина	101	101	120	120	140	183
	глубина	74	74	74	74	105	105
	высота	120	90	150	108	108	152
Номинальное напряжение (В, 50-60 Гц)		500	500	500	500	500	500
Рабочее напряжение (В, 50-60 Гц)		230-500	230-500	230-500	230-500	230-500	230-500
Отключающий дифференциальный ток $I_{\Delta n}$ (А)		0.03-0.3-1-3	0.03-0.3-1-3	0.03-0.3-1-3	0.03-0.3-1-3	0.03-0.3-1-3	0.03-0.3-1-3
Задержка срабатывания $\Delta t$ (с)		0-0.3-1-3	0-0.3-1-3	0-0.3-1-3	0-0.3-1-3	0-0.3-1-3	0-0.3-1-3
Работоспособность при наличии постоянной составляющей		•	•	•	•	•	•
Возможность установки на монтажной рейке		•		•			
Исполнения	стационарное, подключение проводников спереди	•	•	•	•	•	•
	стационарное, подключение проводников сзади		•		•	•	•
Кабельные наконечники	поставляются с аппаратом	•	•				
	поставляются по запросу			•	•	•	•

Для 3- и 4-полюсных аппаратов DPX > DPX 630 использовать RCD комплекты.

# DPX автоматические выключатели в литых корпусах (продолжение)

## СПЕЦИАЛЬНЫЕ СЛУЧАИ ПРИМЕНЕНИЯ

### Повышенная температура

Номинальный ток автоматических выключателей определен при температуре окружающего воздуха 40°C (стандарт ГОСТ Р 50030.2-99 (IEC 60947-2)).

Если окружающая температура в комплектном устройстве с аппаратом DPX выше 40°C, то во избежание ложного срабатывания значение номинального тока должно быть снижено.

Минимальное значение номинального тока соответствует минимальной регулировке соотношения  $I_r/I_n$  расцепителя (0,7 для DPX 125, 0,64 для DPX 160, 0,8 для DPX 400, 0,4 для DPX 630, 0,4 для DPX 1600).

### Съемные и выкатные исполнения:

Применяется понижающий коэффициент 0,85 к наибольшему значению номинального тока.

### Исполнение с модулем обнаружения тока утечки:

Применяется понижающий коэффициент 0,9 к наибольшему значению номинального тока.

При сочетании двух исполнений применяется коэффициент 0,7.

Для заказа аппаратов DPX, рассчитанных на температуры отличные от 40°C, обращайтесь в офисы Legrand.

Номинальные токи аппаратов DPX в зависимости от тепловой уставки  $I_r$  как функции температуры в оболочке комплектного устройства

Аппараты с термомангнитным расцепителем	Номинальный ток	40°C		50°C		60°C		70°C	
		$I_r$ , min.	$I_r$ , max.	$I_r$ , min.	$I_r$ , max.	$I_r$ , min.	$I_r$ , max.	$I_r$ , min.	$I_r$ , max.
DPX 125	25 A	17	25	16	24	16	23	15	22
	40 A	28	40	27	38	26	37	25	36
	63 A	44	63	42	60	40	58	38	55
	100 A	70	100	67	96	64	92	61	88
	125 A	87	125	84	120	80	115	76	110
DPX 160	25 A	16	25	14	23	13	20	12	18
	40 A	25	40	23	36	20	32	18	28
	63 A	40	63	36	57	32	50	28	43
	100 A	63	100	58	91	52	82	48	73
	125 A	100	160	93	145	83	130	73	115
DPX 250 ER	100 A	64	100	58	91	52	82	47	73
	160 A	102	160	93	145	83	130	74	115
	250 A	160	250	147	230	134	210	122	190
DPX 250	100 A	63	100	58	91	52	82	48	73
	160 A	100	160	93	145	83	130	73	115
	250 A	160	250	147	230	130	210	115	190
DPX 630	400 A	160	400	160	400	150	380		
	500 A	400	500	380	480	360	450	340	420
	630 A	250	630	240	599	227	567		
DPX 1600	800 A	630	800	600	760	570	720	540	680
	1000 A	800	1000	760	950	720	900	680	850
	1250 A	1000	1250	950	1190	900	1125	850	1080

Аппараты с электронным расцепителем	Номинальный ток	40°C	50°C	60°C
DPX 250	250 A	250	205	238
	400 A	400	400	380
DPX 630	630 A	630	600	567
	800 A	800	760	760
DPX 1600	1250 A	1250	1188	1125
	1600 A	1600	1520	1440



### ➤ Работа на частоте 400 Гц

Все характеристики аппаратов DPX приведены для питающего напряжения частотой 50/60 Гц. Для частоты 400 Гц их следует скорректировать.

Поправки, приведенные в таблице справа, применимы при регулировке теплового и электромагнитного расцепителей.

Поправочные коэффициенты для уставок теплоэлектромагнитных расцепителей аппаратов DPX в питающей сети частотой 400 Гц					
Тип аппарата	Номинальный ток	Уставка по току перегрузки		Уставка по току короткого замыкания	
		Поправочный коэффициент	$I_n$ при 400 Гц	Поправочный коэффициент	$I_m$ при 400 Гц
DPX 125	16 A	1	16	2	1000
	25 A	1	25	2	1250
	40 A	1	40	2	1800
	63 A	0.95	60	2	1900
	100 A	0.9	90	2	2500
	125 A	0.9	112	2	2500
DPX 160	16 A	1	25	2	800
	40 A	1	40	2	800
	63 A	0.95	60	2	1250
	100 A	0.95	95	2	2000
	160 A	0.9	145	2	3200
DPX 250 ER	100 A	0.95	95	2	2000
	160 A	0.9	145	2	3200
	250 A	0.85	210	2	5000
DPX 250	40 A	1	40	2	280-800
	63 A	0.95	60	2	440-1250
	100 A	0.95	95	2	700-2000
	160 A	0.9	145	2	1120-3200
	250 A	0.85	210	2	1800-5000
DPX 630	400 A	0.8	320	1	2000-4000
	630 A	0.6	380	1	3200-6300
DPX 1600	800 A	0.6	480	1	4000-8000
	1250 A	0.6	750	1	3800-7500

### ➤ Постоянное напряжение

Аппараты DPX с термомагнитными расцепителями могут также использоваться в цепях с напряжением до 500 В постоянного тока (при этом три полюса аппарата соединяются последовательно). Уставки защиты от КЗ при этом увеличиваются на 50% (см. таблицу ниже).

	Наибольшая отключающая способность $I_{cu}$ (кА)				Уставки расцепителей	
	Номинальный ток	2 полюса последовательно 110-125 В	2 полюса последовательно 250 В	3 полюса последовательно 500 В	от перегрузок	от короткого замыкания
DPX 125-E	16-125 A	20	16	16	100%	150%
DPX 125 (25 кА)	16-125 A	30	25	25	100%	150%
DPX 125 (36 кА)	16-125 A	36	30	30	100%	150%
DPX 250 ER	25-250 A	30	25	25	100%	150%
DPX 250 ER (36 кА)	25-250 A	40	36	36	100%	150%
DPX 250 ER (50 кА)	25-250 A	50	36	36	100%	150%
DPX 250	25-250 A	40	36	36	100%	150%
DPX 250-H	25-250 A	45	90	40	100%	150%
DPX 250-L	25-250 A	50	45	45	100%	150%
DPX 630	250-630 A	40	36	36	100%	150%
DPX 630-H	250-630 A	45	40	40	100%	150%
DPX 630-L	250-630 A	50	45	45	100%	150%

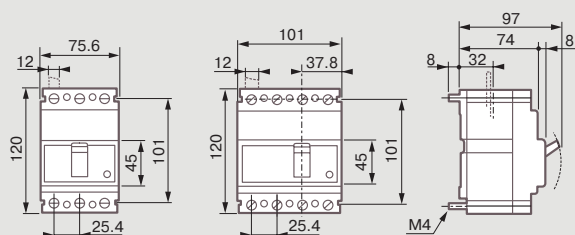
# DPX автоматические выключатели в литых корпусах (продолжение)

## РАЗМЕРЫ

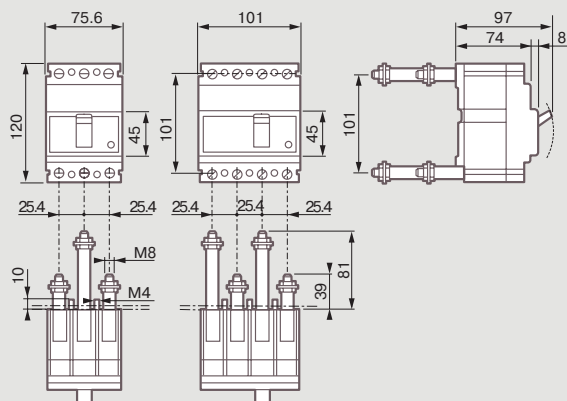
### »» DPX 125

#### ■ Размеры

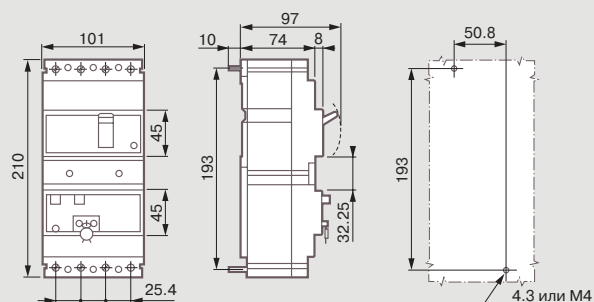
Стационарное исполнение,  
подсоединение проводников спереди



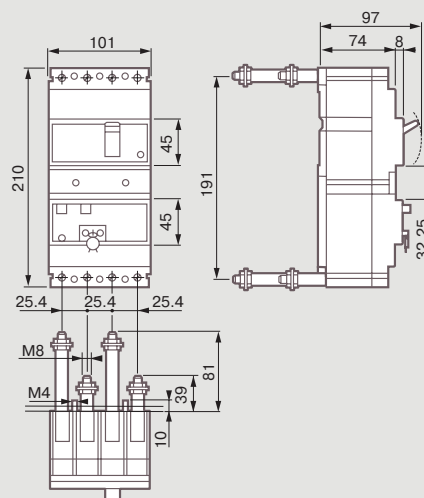
Стационарное исполнение,  
подсоединение проводников сзади



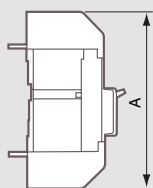
Стационарное исполнение, подсоединение  
проводников спереди, модуль обнаружения  
тока утечки установлен снизу



Стационарное исполнение, подсоединение  
проводников сзади, модуль обнаружения  
тока утечки установлен снизу

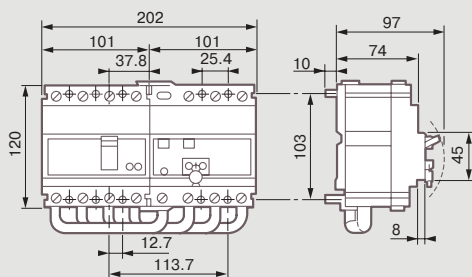


### Крышка выводов



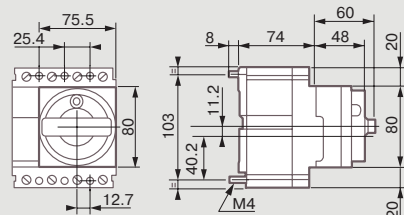
	A
DPX 125	170
DPX 125 + модуль обнаружения тока утечки, устанавливаемый снизу	260

### Стационарное исполнение, подключение проводников спереди, модуль обнаружения тока утечки установлен сбоку<sup>(1)</sup>

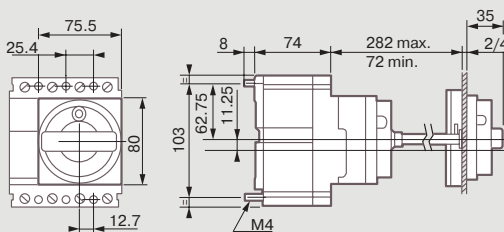


(1) Размеры 3-х и 4-полюсных модулей обнаружения тока утечки

### Поворотная рукоятка, устанавливаемая на аппарат DPX



### Поворотная рукоятка, устанавливаемая на дверь комплектного устройства



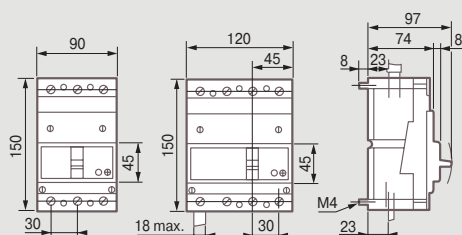
# DPX автоматические выключатели в литых корпусах (продолжение)

## РАЗМЕРЫ (продолжение)

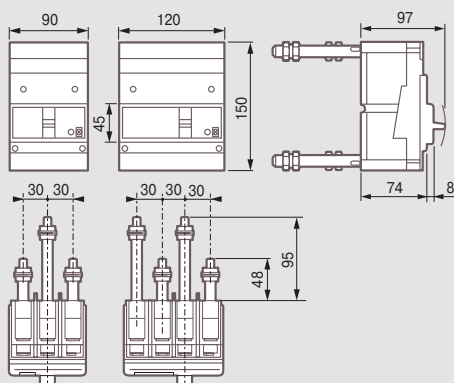
### DPX 160

#### Размеры

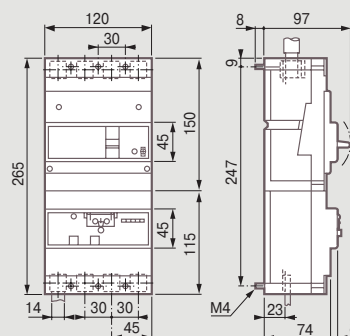
Стационарное исполнение,  
подсоединение проводников спереди



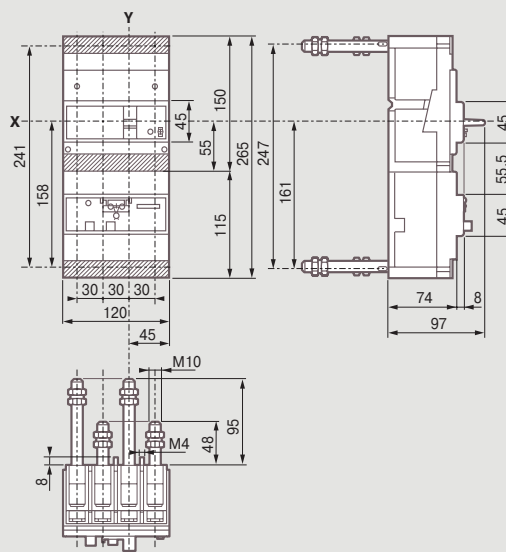
Стационарное исполнение,  
подсоединение проводников сзади



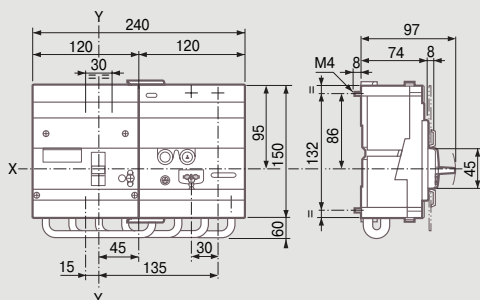
Стационарное исполнение, подсоединение  
проводников спереди, модуль обнаружения  
тока утечки установлен снизу



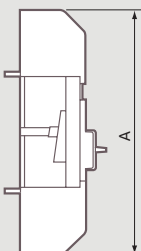
Стационарное исполнение, подсоединение  
проводников сзади, модуль обнаружения  
тока утечки установлен снизу



**Стационарное исполнение, подсоединение проводников спереди, модуль обнаружения тока утечки установлен сбоку<sup>(1)</sup>**



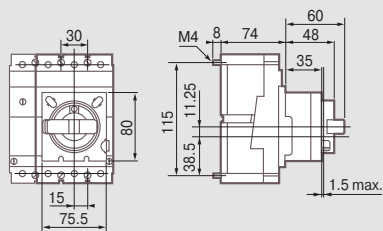
**Крышка выводов**



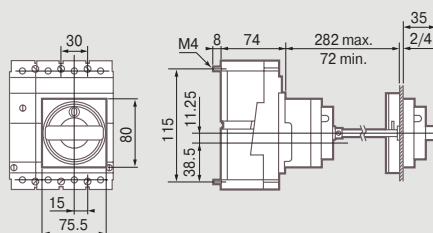
	<b>A</b>
<b>DPX 160</b>	278
<b>DPX 160 + модуль обнаружения тока утечки, устанавливаемый снизу</b>	393

<sup>(1)</sup> Размеры 3-х и 4-полюсных модулей обнаружения тока утечки

**Поворотная рукоятка, устанавливаемая на аппарат DPX**



**Поворотная рукоятка, устанавливаемая на дверь комплектного устройства. Ось отрезается нужной длины**



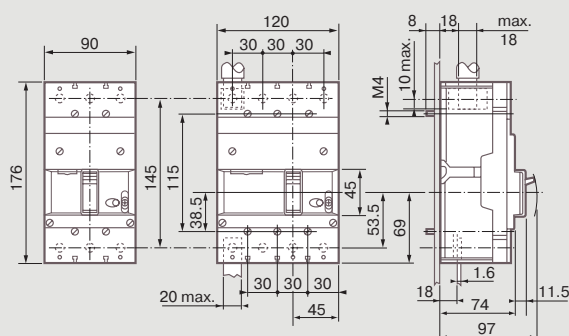
# DPX автоматические выключатели в литых корпусах (продолжение)

## РАЗМЕРЫ (продолжение)

### DPX 250 ER

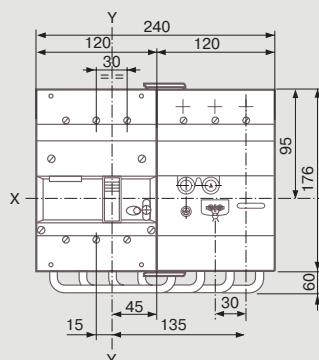
#### Размеры

Стационарное исполнение,  
подсоединение проводников спереди

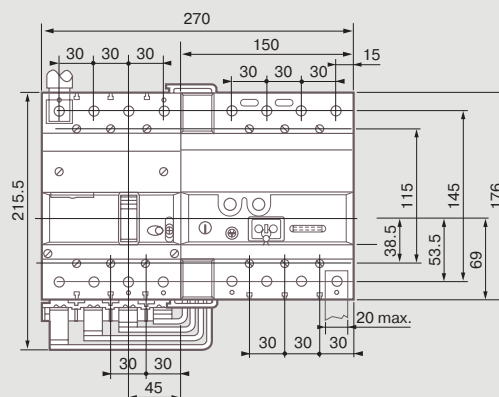


Стационарное исполнение, подсоединение  
проводников спереди, модуль обнаружения  
тока утечки установлен снизу

160 A



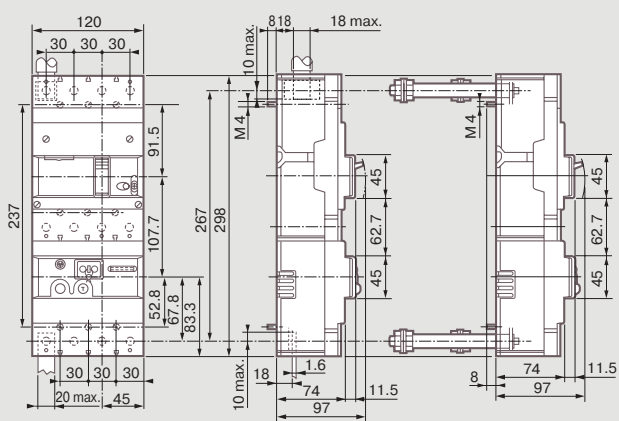
250 A



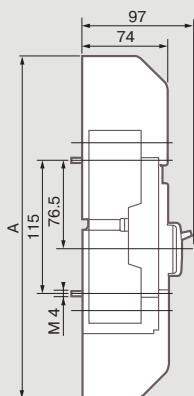
**Стационарное исполнение, модуль обнаружения тока утечки установлен снизу**

Подсоединение проводников

Подсоединение проводников сзади

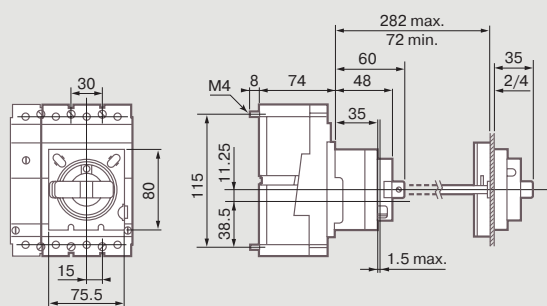


**Крышка выводов**



	A
DPX 250 ER	296
DPX 250 ER + модуль обнаружения тока утечки	418

**Поворотная ручка, устанавливаемая на дверь комплектного устройства**



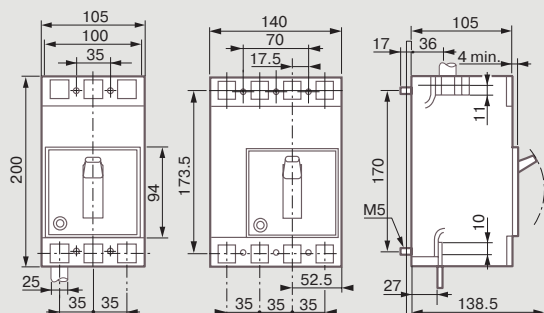
# DPX автоматические выключатели в литых корпусах (продолжение)

## РАЗМЕРЫ (продолжение)

### DPX 250

#### Размеры

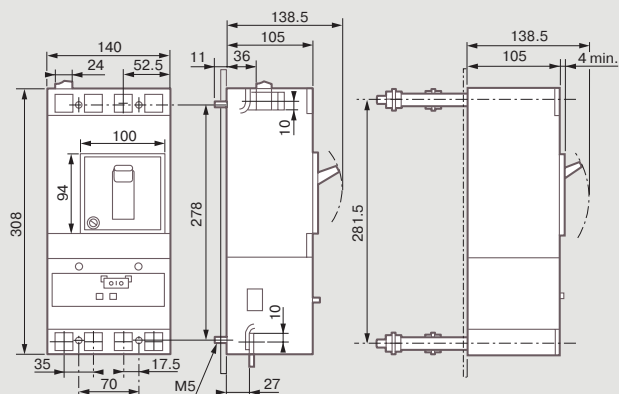
Стационарное исполнение,  
подсоединение проводников спереди



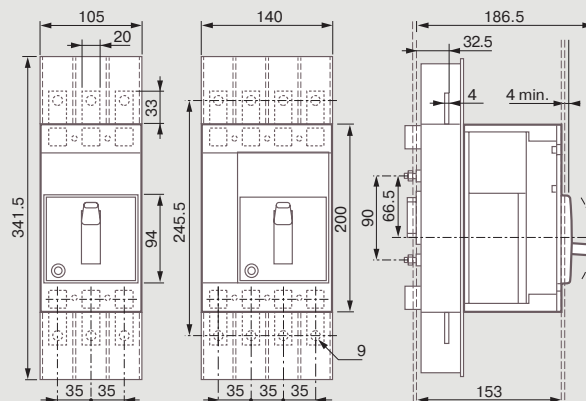
Стационарное исполнение,  
модуль обнаружения тока утечки установлен снизу

Подсоединение  
проводников

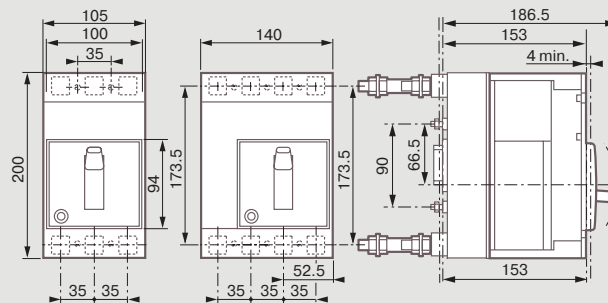
Подсоединение  
проводников сзади



Втычное исполнение  
с подсоединением проводников спереди

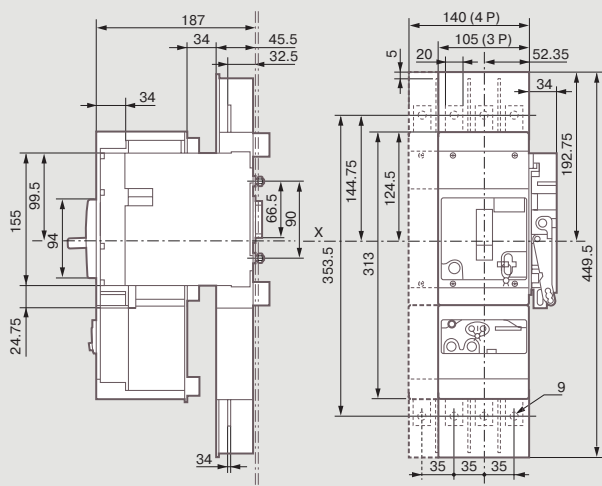


Втычное исполнение  
с подсоединением проводников сзади



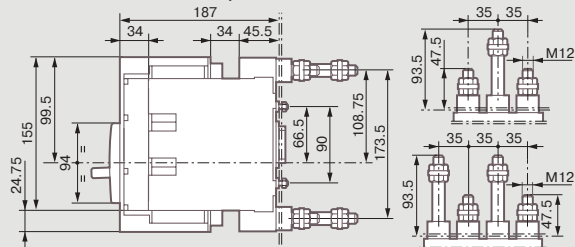


**Выкатное исполнение  
с подсоединением проводников спереди**

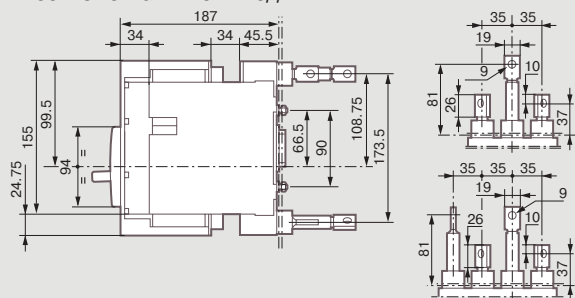


**Выкатное исполнение  
с подсоединением проводников сзади**

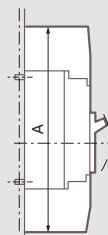
*Контактные выводы с резьбой*



*Плоские контактные выводы*

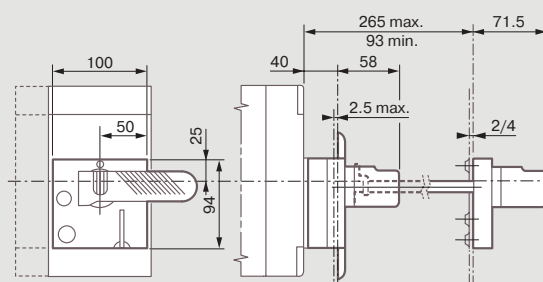


**Крышка выводов**



	A
DPX 250	330
DPX 250 + модуль обнаружения тока утечки, устанавливаемый снизу	438

**Поворотная рукоятка, устанавливаемая на дверь  
комплектного устройства**



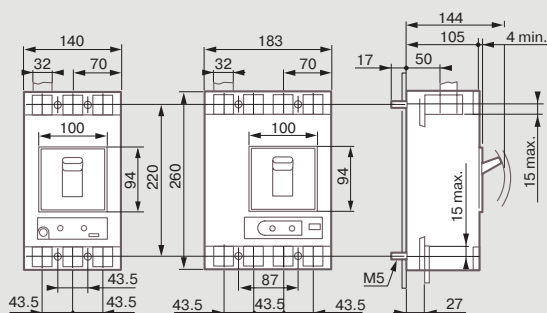
# DPX автоматические выключатели в литых корпусах (продолжение)

## РАЗМЕРЫ (продолжение)

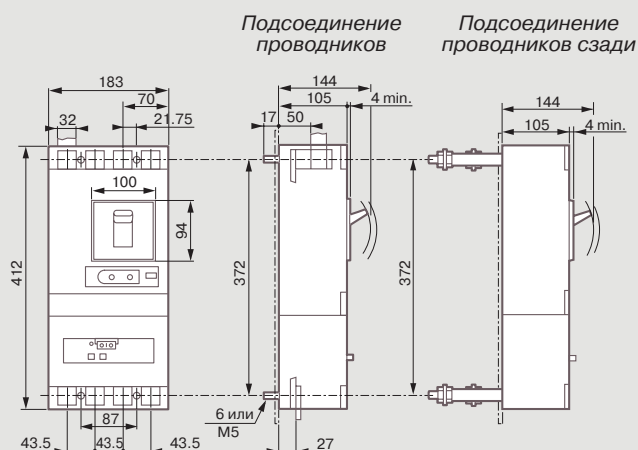
### DPX 630

#### Размеры

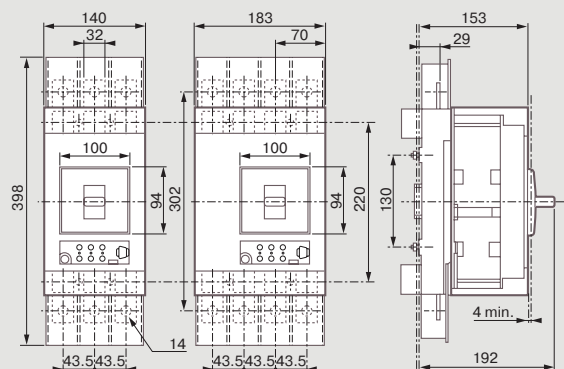
Стационарное исполнение, подсоединение проводников спереди



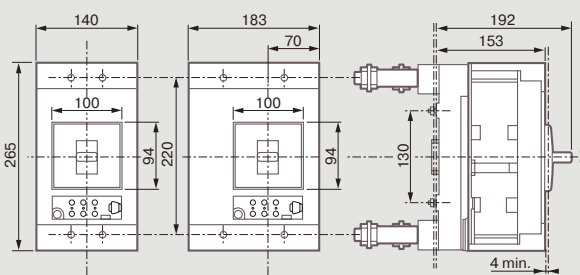
Стационарное исполнение, модуль обнаружения тока утечки установлен снизу



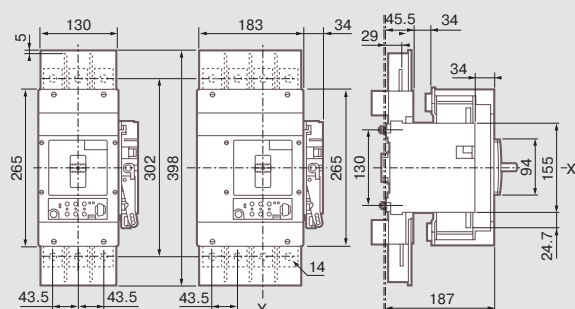
Съемное исполнение с подсоединением проводников спереди



Съемное исполнение с подсоединением проводников сзади

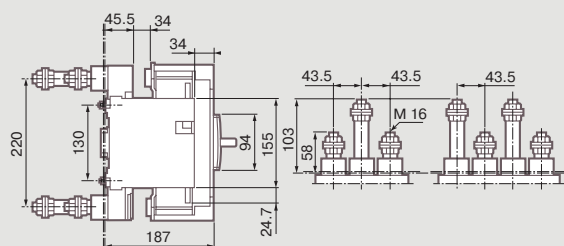


**Выкатное исполнение  
с подсоединением проводников спереди**

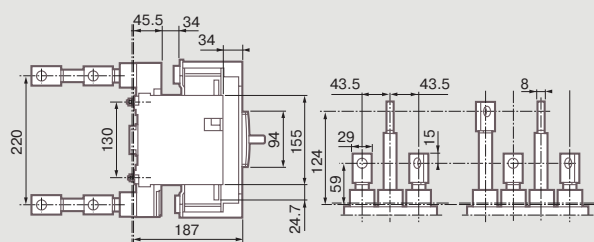


**Выкатное исполнение  
с подсоединением проводников сзади**

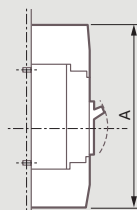
Контактные выводы с резьбой



Плоские контактные выводы

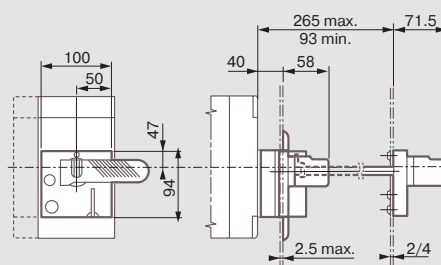


**Крышка выводов**



	A
DPX 630	296
DPX 630 + модуль обнаружения тока утечки, устанавливаемый снизу	418

**Поворотная рукоятка, устанавливаемая на дверь  
комплектного устройства**



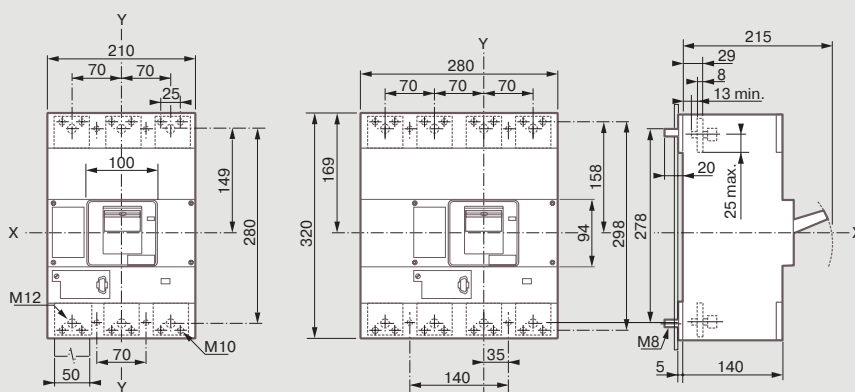
# DPX автоматические выключатели в литых корпусах (окончание)

## РАЗМЕРЫ (окончание)

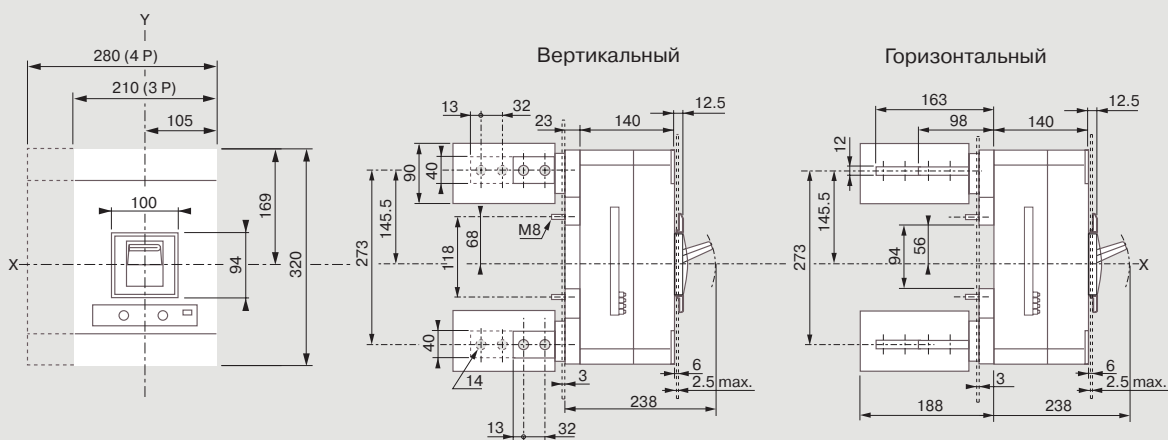
### DPX 1250 – 1600

#### Размеры

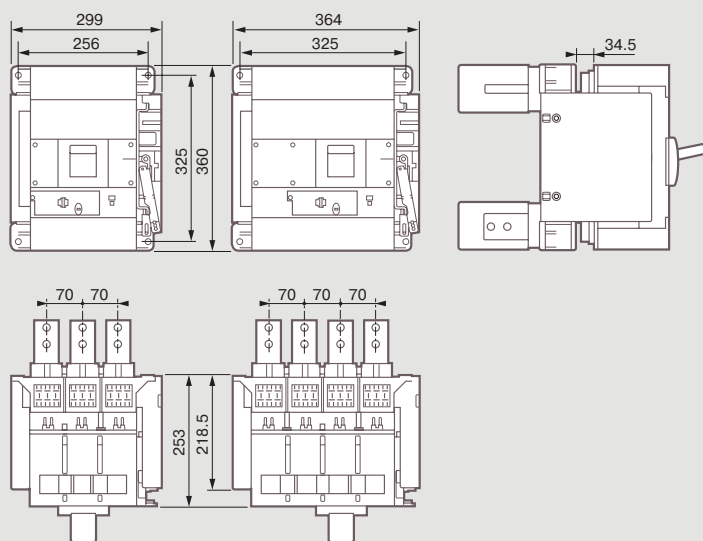
Стационарное исполнение,  
подсоединение проводников спереди



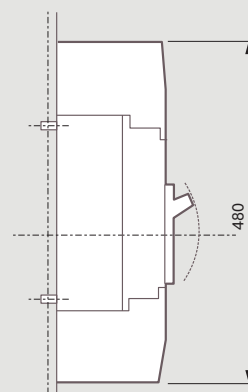
Стационарное исполнение,  
подсоединение проводников сзади



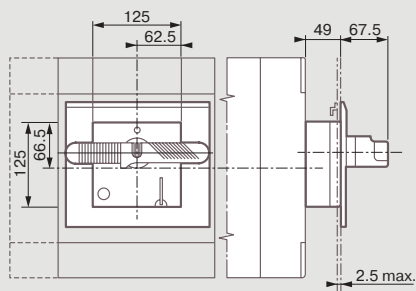
**Выкатное исполнение  
с подсоединением проводников спереди**



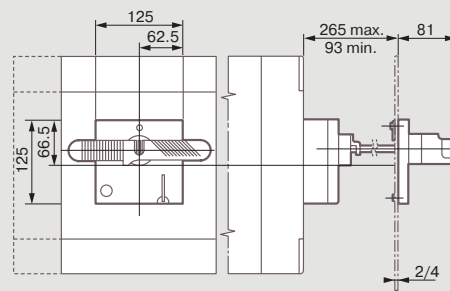
**Крышка выводов**



**Поворотная рукоятка, устанавливаемая  
на аппарат DPX**



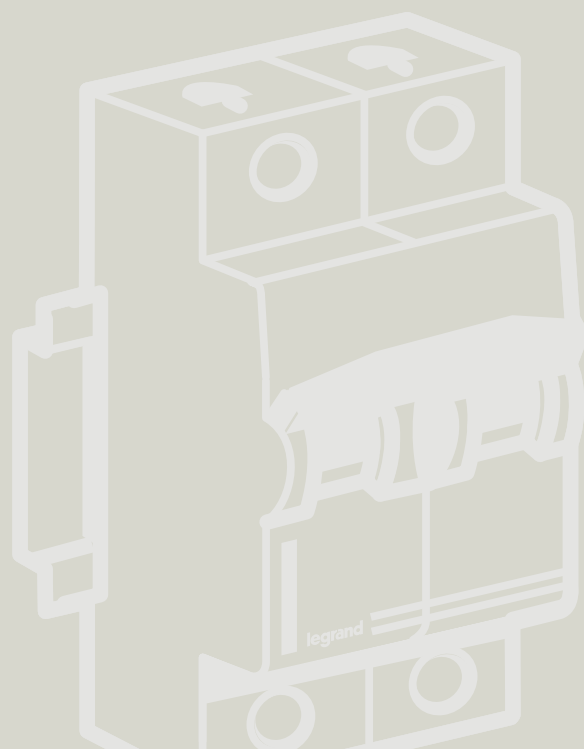
**Поворотная рукоятка, устанавливаемая  
на дверь комплектного устройства**



# Модульные аппараты DX и LR

Модульные автоматические выключатели Legrand могут устанавливаться на DIN рейки в любых сочетаниях.

Серии DX и LX соответствуют ГОСТ Р 50345-99 на автоматические выключатели бытового и аналогичного назначения.



## МОДУЛЬНЫЕ АВТОМАТИЧЕСКИЕ ВЫКЛЮЧАТЕЛИ DX



### Маркировка аппаратов DX

Номер по каталогу Legrand

064 66

400 V ~  
C 10

6000

3

legrand

Класс ограничения тока КЗ

2 полюса с защитой



$I_m$ : Номинальная наибольшая отключающая способность

$I_n$ : Номинальный ток

$I_m = 500 \text{ A} / I_m = 1500 \text{ A}$

40 A

10000

legrand

Отключающая способность при наличии дополнительной защиты



$I_{\Delta n} = 0.03 \text{ A}$  300 mA

TEST

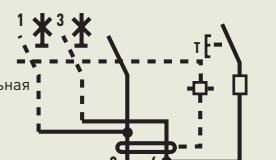
Проверить ежемесячно

Номинальная наибольшая дифференциальная отключающая способность

$I_{\Delta m} = I_{cn}$

078 08

legrand



$I_{\Delta n} = 0.3 \text{ A}$  300 mA

TEST

Проверить ежемесячно

Номинальный отключающий дифференциальный ток  
 $I_{\Delta n}$ : Номинальный отключающий дифференциальный ток

2-полюсный автоматический выключатель DX для защиты от сверхтоков

2-полюсный автоматический выключатель, управляемый дифференциальным током

Добавочный модуль DX, управляемый дифференциальным током

# DХ и LR модульные автоматические выключатели (продолжение)

## ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Обозначение модели	LR <b>6000</b> /6 кА				DХ <b>6000</b> /10 кА		
	1P	2P	3P	4P	1P + N	1P	2P
Число полюсов							
Номинальный ток при 30°C (А)	6/10/13/16 20/25/32 40/50/63	6/10/13/16 20/25/32 40/50/63	6/10/13/16 20/25/32 40/50/63	6/10/13/16 20/25/32 40/50/63	0,5/1/2/3/4 6/8/10/13/16 20/25/32/40	1/2/3/4/6/10 16/20/25/32 40/50/63	1/2/3/4/6/10 16/20/25/32 40/50/63
Тип мгновенного расцепителя	В и С	В и С	В и С	В и С	В и С	В и С	В и С
Номинальное напряжение (со стандартным допуском)	230/400 В	400 В	400 В	400 В	230 В	230/400 В	400 В
Номинальная частота	50/60 Гц	50/60 Гц	50/60 Гц	50/60 Гц	50/60 Гц	50/60 Гц	50/60 Гц
Рабочее напряжение (50/60 Гц) ±10%	240/415 В	415 В	415 В	415 В	240 В	240/415 В	415 В
Номинальная отключающая способность I <sub>ср</sub> (50/60 Гц) согласно ГОСТ Р 50345-99 (IEC 60898-95)	127/230 В	6 000 А	6 000 А	6 000 А	6 000 А	6 000 А	6 000 А
	230/400 В	6 000 А	6 000 А	6 000 А	6 000 А	6 000 А	6 000 А
Номинальная предельная наибольшая отключающая способность I <sub>сн</sub> (50/60 Гц) согласно ГОСТ Р 50030.2-99 (IEC 60947-2)	127/230 В	6 кА	6 кА	6 кА	6 кА	10 кА	10 кА Тип В: 25 кА Тип С: I <sub>n</sub> ≤ 32 А: 25 кА I <sub>n</sub> > 32 А: 20 кА
	230/400 В	6 кА	6 кА	6 кА	6 кА	10 кА	10 кА
Номинальная рабочая наибольшая отключающая способность ГОСТ Р 50030.2-99 (IEC 60947-2)		100%	100%	100%	100%	100%	100%
Номинальное напряжение изоляции U <sub>i</sub> (степень загрязнения 2)	500 В	500 В	500 В	500 В	250 В	500 В	500 В
Номинальное выдерживаемое импульсное напряжение U <sub>imp</sub> (кВ)	6 кВ	6 кВ	6 кВ	6 кВ	4 кВ	6 кВ	6 кВ
Износостойкость (число срабатываний)	механическая	20 000	20 000	20 000	20 000	20 000	20 000
	электрическая	10 000	10 000	10 000	10 000	10 000	10 000
Диэлектрическая прочность (0 – 2000 м над уровнем моря)	2500 В	2500 В	2500 В	2500 В	2500 В	2500 В	2500 В
Возможность дистанционного управления	–	–	–	–	–	Есть	Есть
Аксессуары	–	–	–	–	–	Есть	Есть
Рабочая температура	от -25°C до +70°C	от -25°C до +70°C	от -25°C до +70°C	от -25°C до +70°C	от -25°C до +70°C	от -25°C до +70°C	от -25°C до +70°C



DX 6000 /10 кА	DX-H 10000 /25 кА				DX-D 6000			DX-L 50 кА	
3P, 3P + N и 4P	1P	1P + N	2P	3P, 3P + N и 4P	1P	2P	3P и 4P	2P	4P
1/2/3/6/10 16/20/25/32 40/50/63	2/3/6/10 13/16/20/25 32/40/50/63 80/100/125	6/10/13/16 20/25/32 40/50/63	2/3/6/10 13/16/20/25 32/40/50/63 80/100/125	2/3/6/10 13/16/20/25 32/40/50/63 80/100/125	1/2/3/6/10 13/16/20/25 32/40/50/63	1/2/3/6/10 16/20/25/32 40/50/63 80/100/125	1/2/3/6/10 16/20/25 32/40/50/63 80/100/125	10/16/20/25 32/40/50/63	10/16/20/25 32/40/50/63
В и С	В <sup>(1)</sup> и С	В и С	С	В <sup>(1)</sup> и С	Д	Д	Д	С	С
400 В	230/400 В	230 В	400 В	400 В	230/400 В	400 В	400 В	400 В	400 В
50/60 Гц	50/60 Гц	50/60 Гц	50/60 Гц	50/60 Гц	50/60 Гц	50/60 Гц	50/60 Гц	50/60 Гц	50/60 Гц
415 В	240/415 В	240 В	415 В	415 В	240/415 В	415 В	415 В	415 В	415 В
6000 А	10000 А	10000 А	10000 А	10000 А	6000 А	6000 А	6000 А	25000 А	25000 А
6000 А	10000 А	10000 А	10000 А	10000 А	6000 А	6000 А	6000 А	25000 А	25000 А
Тип В: 25 кА Тип С: In ≤ 32 А: 25 кА In > 32 А: 20 кА	25 кА	25 кА	In ≤ 40 А: 50 кА In > 40 А: 25 кА	In ≤ 40 А: 50 кА In 50/63 А: 25 кА In > 63 А: 16 кА	In ≤ 32 А: 25 кА In ≤ 63 А: 20 кА In > 63 А: 16 кА	In ≤ 32 А: 25 кА In ≤ 63 А: 20 кА In > 63 А: 16 кА	In ≤ 32 А: 25 кА In ≤ 63 А: 20 кА In > 63 А: 16 кА	70 кА	70 кА
10 кА	In ≤ 20 А: 25 кА In 25 А: 20 кА In 32 А: 15 кА In > 32 А: 12,5 кА	In ≤ 20 А: 25 кА In 25 А: 20 кА In 32/40 А: 15 кА In > 32 А: 12,5 кА	In ≤ 20 А: 30 кА In 25 А: 25 кА In 32/40 А: 20 кА In > 40 А: 15 кА	In ≤ 20 А: 25 кА In 25 А: 20 кА In 32/40 А: 15 кА In > 40 А: 12,5 кА	In ≤ 32 А: 15 кА In > 32 А: 10 кА	In ≤ 32 А: 15 кА In > 32 А: 10 кА	In ≤ 32 А: 15 кА In > 32 А: 10 кА	50 кА	50 кА
100%	75%	75%	75%	75%	75%	80%	75%	75%	75%
500 В	500 В	500 В	500 В	500 В	500 В	500 В	500 В	500 В	500 В
6 кВ	6 кВ	6 кВ	6 кВ	6 кВ	6 кВ	6 кВ	6 кВ	6 кВ	6 кВ
20000	20000	20000	20000	20000	20000	20000	20000	20000	20000
10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000
2500 В	2500 В	2500 В	2500 В	2500 В	2500 В	2500 В	2500 В	2500 В	2500 В
Есть	Есть	–	Есть	Есть	Есть	≤ 63 А: Есть	≤ 63 А: Есть		
Есть	–	–	Есть	Есть		Есть	Есть	Есть	Есть
от -25°C до +70°C	от -25°C до +70°C	от -25°C до +70°C	от -25°C до +70°C	от -25°C до +70°C	от -25°C до +70°C	от -25°C до +70°C	от -25°C до +70°C	от -25°C до +70°C	от -25°C до +70°C

# DХ и LR модульные автоматические выключатели (продолжение)

## ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ (продолжение)

### Выбор аппаратов защиты в зависимости от режима нейтрали

Как правило, все токоведущие проводники (и фазные, и нулевые) должны быть защищены от перегрузок и коротких замыканий.

#### Основные схемы в зависимости от режима нейтрали

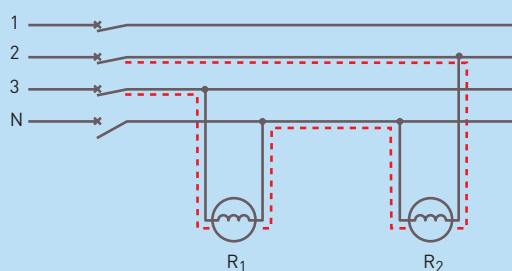
Тип системы заземления	N		N		N		N		N	
		$S_N = S_{PH}$	$S_N = S_{PH}$	Без нулевого провода	$S_N = S_{PH}$	$S_N < S_{PH}$	$S_N = S_{PH}$	$S_N < S_{PH}$	$S_N = S_{PH}$	$S_N < S_{PH}$
ТТ	●	● <sup>(1)</sup>	●	●	● <sup>(1)</sup>		●	●		
TN-S	●	● <sup>(1)</sup>	●	●	● <sup>(1)</sup>		●	●		
TN-C	●			●					●	●
IT			●	●	● <sup>(2)</sup>	● <sup>(2)</sup>	●	●		

(1) В системах ТТ и TN возможно использование автоматических выключателей с незащищенным нулевым полюсом, если сечение нулевого проводника такое же, как и фазных проводников. Однако защита нулевого проводника необходима, если есть опасность его повреждения, а защита, управляемая дифференциальным током, отсутствует (система TN).

(2) В системах IT с нулевым проводом возможно использование автоматических выключателей с незащищенным нулевым полюсом, если со стороны источника питания включено устройство защиты, управляемое дифференциальным током, имеющее чувствительность менее 15 % от допустимого тока в нулевом проводе. Это устройство должно отключать все полюсы, в том числе и нулевой провод. Такое включение следует применять лишь в цепях питания устройств, выдерживающих полное (межфазное) напряжение без опасности возгорания.



Обрыв нулевого проводника (преднамеренный или из-за возникновения сверхтока) должен всегда приводить к отключению всех токоведущих проводников. Отключение только нулевого провода порождает небаланс напряжений, приложенных к однофазным устройствам, питающимся от трехфазной сети.



При обрыве нулевого провода электроприемники  $R_1$  и  $R_2$  питаются последовательно напряжением  $U_{23}$  (например, 380 В) между фазами 2 и 3:

$$U_{23} = U_{R1} + U_{R2}$$

В зависимости от полного сопротивления электроприемников  $R_1$  и  $R_2$  приложенные к ним напряжения могут достигать разрушительных величин. Если, например,  $R_1$  имеет мощность 2 кВт, а  $R_2$  – 100 Вт, то при последовательном питании на зажимах  $R_1$  будет 20 В, а на зажимах  $R_2$  – 360 В(!) вместо нормальных 220 В.

Трёхфазные отключающие аппараты с нулевым полюсом должны отключать нулевой полюс последним при размыкании цепи и включать его первым при замыкании цепи. Поэтому очень важно, чтобы нулевой проводник был подключен именно к полюсу с маркировкой N, а не к какому-либо другому.

# DX и LR модульные автоматические выключатели (продолжение)

## ПОДСОЕДИНЕНИЕ ПРОВОДНИКОВ

		Максимальное сечение проводников, присоединяемых к каждому полюсу					
		Управление и сигнализация	40 А	63 А	125 А	63 А с шиной питания	
<b>Вид зажима</b> 							
					<b>Входной зажим 049 05</b>	<b>Входной зажим 049 06</b>	
<b>Проводник</b>  <b>Сечение (мм²)</b>	<b>жесткий</b>	6	16	35	50	25	35
	<b>гибкий</b>	6	10	25	35	16	35

## ТЕМПЕРАТУРА

Автоматические выключатели DX и LR рассчитаны на работу при номинальном токе  $I_n$  в окружающей среде с температурой +30°C согласно ГОСТ Р 50345-99 ( IEC 60898).

Номинальный ток (А) в зависимости от температуры для автоматических выключателей DX, DX-H и LR с характеристиками срабатывания В и С и DX-D с характеристикой срабатывания D							
$I_n$ (А)	0°C	10°C	20°C	30°C	40°C	50°C	60°C
1	1.1	1.07	1.03	1	0.97	0.93	0.90
2	2.2	2.1	2.06	2	1.94	1.86	1.80
3	3.3	3.2	3.1	3	2.9	2.8	2.6
6	6.6	6.4	6.18	6	6.8	5.5	5.4
10	11	10.7	10.3	10	9.7	9.3	9
16	18	17.3	16.6	16	15.4	14.7	14.1
20	22.4	21.6	20.8	20	19.2	18.4	17.6
25	28.3	27.2	26	25	24	22.7	21.7
32	36.2	34.9	33.3	32	30.7	29.1	27.8
40	46	44	42	40	38	36	34
50	57.5	55	52.5	50	47.5	45	42.5
63	73.1	69.9	66.1	63	59.8	56.1	52.9
80	96	89	86.4	80	73.6	67.2	60.8
100	119	114	108	100	92	84	76
125	148	142	135	125	115	105	95

– Расчетная температура +30°C

### Питающая сеть частотой 400 Гц

Характеристики аппаратов приведены для частоты 50/60 Гц.

Для частоты 400 Гц их следует скорректировать. У одномодульного DX (фаза + ноль) и DX 80 А, 100 А и 125 А уставка срабатывания электромагнитного расцепителя возрастает на 35% и на 45% у 1, 2, 3 и 4-полюсных автоматических выключателей DX и DX-Н на токи от 1 до 63 А.

Другие характеристики (номинальные значения, уставка срабатывания теплового расцепителя) не меняются.

### Питающая сеть постоянного тока

Автоматические выключатели DX и LR могут обеспечивать защиту цепей постоянного тока при условии, что напряжение на их зажимах не превышает:

- 60 В на аппарат для DX P+N и DNX P+N (1 модуль)
- 80 В на один полюс для DX, DX-Н и LR.

При напряжениях более 80 В следует применять многополюсные аппараты и соединять их полюсы последовательно.

### Люминесцентные лампы

Уставки устройств защиты определяются исходя из действующего значения тока ( $I_B$ ), умноженного на коэффициент К.

- К** = 1,8 для скомпенсированных ламп ( $\cos \varphi \approx 0,85$ )
- К** = 3,4 для нескомпенсированных ламп ( $\cos \varphi \approx 0,5$ )

$$\text{В 3-фазной цепи 230 В: } I_B = \frac{P}{230} \times K$$

$$\text{В 3-фазной цепи 400 В: } I_B = \frac{P}{400 \times \sqrt{3}} \times K$$

**Р:** сумма мощностей (в Вт) люминесцентных ламп в зависимости от их модели (18 Вт, 36 Вт, 58 Вт, 2x36 Вт, 2x58 Вт, 2x80 Вт, 4x18 Вт и т.д.)

### Защита конденсаторных батарей

Уставки устройств защиты определяются исходя из действующего значения тока ( $I_B$ ), умноженного на коэффициент К.

- К** = 2 для  $Q \leq 25$  кВАр
- К** = 1,8 для  $Q \leq 50$  кВАр
- К** = 1,7 для  $Q \leq 100$  кВАр
- К** = 1,5 для  $Q > 100$  кВАр

$$I_B = \frac{Q \times 1000}{U \times \sqrt{3}} \times K$$

**Q:** реактивная мощность конденсаторной батареи (в кВАр)

**U:** номинальное напряжение 3-фазной питающей сети

## ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА

К аппаратам DX поставляются дополнительные устройства: дополнительные контакты, аварийная сигнализация, минимальные расцепители, независимые расцепители.

Все дополнительные устройства (не более 3-х одновременно <sup>11</sup>) устанавливаются на левой стороне аппарата DX, при этом через них может быть пропущена шина питания вилочного типа.

Аппараты LR не допускают присоединение дополнительных устройств.

<sup>11</sup> При этом между автоматическим выключателем и дополнительным устройством управления может устанавливаться еще одно (не более) дополнительное устройство управления на группу совместно работающих выключателей и одно дополнительное устройство сигнализации (0,5 модуля, т.е. 2 устройства = 1 модуль).

# DX и LR модульные автоматические выключатели (продолжение)

## АВТОМАТИЧЕСКИЕ ВЫКЛЮЧАТЕЛИ, УПРАВЛЯЕМЫЕ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫМ ТОКОМ

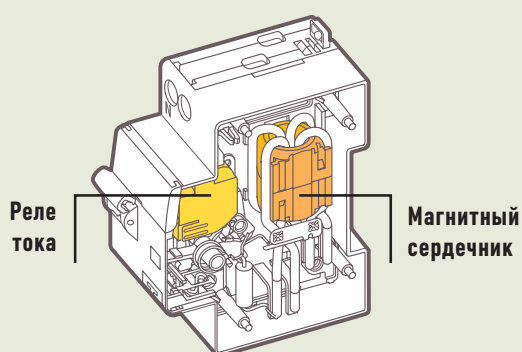
Устройства, управляемые дифференциальным током предназначены для электрических сетей переменного тока с номинальным напряжением не выше 440 В для защиты людей от поражения электрическим током и их имущества от теплового действия электрического тока.

### УСТРОЙСТВО И ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ

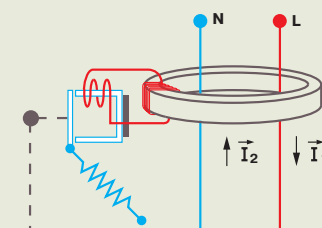
В нормальном режиме, при отсутствии тока утечки, по проводникам силовой цепи, проходящим сквозь окно магнитопровода, протекают рабочие токи нагрузки. Эти токи наводят в магнитном сердечнике равные, но векторно встречно направленные магнитные потоки. Результирующий магнитный поток равен нулю, следовательно, ток во вторичной обмотке также равен нулю. Вся система находится в состоянии покоя.

При возникновении тока утечки (например, утечки на землю или прикосновении человека к токоведущим частям ЭУ) – баланс токов в питающих проводниках, а следовательно и магнитных потоков в сердечнике, нарушается, и во вторичной обмотке появляется трансформированный дифференциальный ток. Если этот ток превышает значение уставки электромагнитной защелки на постоянном магните, защелка срабатывает и, посредством рычага, размыкает замок механизма свободного расцепления, тем самым отключая защищаемую цепь от питающей сети.

### Устройство RCBO, управляемого током утечки «фаза-нейтраль»

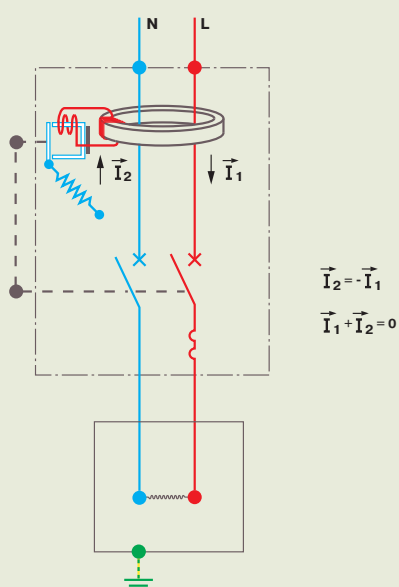


### Принцип действия



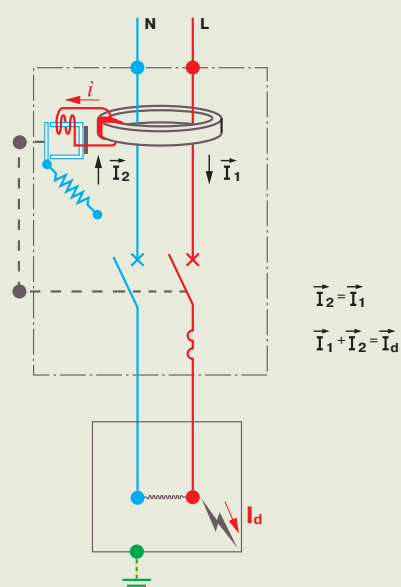
## Принцип действия

### Цепь исправна



Значение втекающего тока (в фазном проводе) такое же, как и обратного тока (в нейтральном проводе). Ток утечки отсутствует, нет и магнитного потока в сердечнике. Реле тока не включено, контакты замкнуты. Электроустановка работает в нормальном режиме.

### Неисправность в цепи



Значение втекающего тока (в фазном проводе) отличается от значения обратного тока (в нейтральном проводе). Ток утечки порождает магнитный поток в сердечнике, что приводит к срабатыванию реле тока.

# DX и LR модульные автоматические выключатели (окончание)

## АВТОМАТИЧЕСКИЕ ВЫКЛЮЧАТЕЛИ, УПРАВЛЯЕМЫЕ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫМ ТОКОМ (продолжение)

### ВЫБОР АППАРАТОВ, УПРАВЛЯЕМЫХ ТОКОМ УТЕЧКИ

Выбор аппарата, управляемого дифференциальным током, определяется требуемым уровнем защиты (чувствительностью к  $I_{\Delta n}$ ), характером соединенного с этим аппаратом основного коммутационного аппарата (выключателя или автоматического выключателя), а также конкретными условиями применения (с выдержкой времени, с селективностью срабатывания, с нечувствительностью к чему-либо).

#### ➤ Аппарат, управляемый дифференциальным током, с защитой от сверхтоков



#### ➤ Четырехполюсный моноблок АВДТ (RCBO) с 4-мя модулями на ток до 32 А

Он и отключает цепь, и защищает от сверхтоков (при перегрузках и коротких замыканиях).



#### ➤ Добавочный блок для модульных автоматических выключателей



#### ➤ Монтируемый сбоку добавочный модуль кат. № 260 36, объединенный с DPX 250 ER

Поставляется несколько исполнений:

- модульный моноблок
- добавочный модуль для модульных аппаратов
- объединяемый добавочный модуль (монтируется сбоку или снизу DPX)
- реле тока утечки с отдельным сердечником



Аппараты, управляемые дифференциальным током, снабжены кнопкой «Test» (Проверка) для имитации неисправности в цепи. Проверку необходимо проводить один раз в месяц.

#### ➤ Автоматический выключатель, управляемый дифференциальным током, без защиты от сверхтоков



#### ➤ Автоматический выключатель, управляемый дифференциальным током

Автоматический выключатель, управляемый дифференциальным током, без защиты от сверхтоков должен быть объединен с аппаратом защиты – предохранителем или токоограничивающим MCB, который к тому же защитит и данный выключатель.

### Реле тока утечки с отдельным сердечником



Добавляет функцию защиты от тока утечки для автоматических выключателей DPX и DMX, а также выключателей, оснащенных независимым расцепителем.



## Конкретные условия применения

Есть два типа аппаратов, управляемых дифференциальным током:



**Тип AC**

Для стандартных применений.



**Тип A**

Для применения в случаях искажения сигнала нагрузкой (ток не является чисто синусоидальным или имеет постоянную составляющую), например, для защиты электронных устройств, компьютеров и т.д.

Каждый тип аппарата, управляемого дифференциальным током, может быть поставлен:

- **в стандартном исполнении**

Отключение предполагается немедленным.

- **в исполнении «S»** (с обеспечением селективности за счет использования задержки срабатывания)

Отключение производится с задержкой, что обеспечивает селективность срабатывания по отношению к расположенным ниже аппаратам, также управляемым дифференциальным током.

- **в исполнении «Hri»** (с высоким уровнем нечувствительности)

Это исполнение типа А, но с повышенной нечувствительностью к переходным процессам. Низкая чувствительность аппарата данного исполнения к постоянным токам утечки делает его особенно удобным для питания компьютеров, что позволяет сократить количество цепей и аппаратов защиты, управляемых дифференциальным током.



**Точность уставки срабатывания расцепителя дифференциального тока обычно гарантируется для низкой температуры вплоть до  $-5^{\circ}\text{C}$ . Для некоторых исполнений, особенно для исполнения «Hri», точность уставки гарантируется до  $-25^{\circ}\text{C}$ , о чем свидетельствует представленный здесь специальный знак.**



Селективность срабатывания аппаратов, управляемых дифференциальным током  
стр. 141

# Техническая защита

Аппараты защиты должны  
обеспечивать:

- защиту от перегрузки  
и короткого замыкания
- защиту от неярмых  
контактов
- безопасность изоляции  
проводников
- бесперебойность работы  
электроустановки



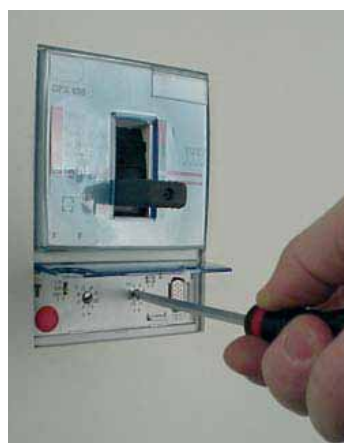
## ЗАЩИТА ОТ КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ

Любое устройство защиты от короткого замыкания должно отвечать двум условиям:

- Отключающая способность устройства защиты должна быть, по крайней мере, равна максимальному току короткого замыкания в точке нахождения устройства защиты
- Время срабатывания устройства защиты от короткого замыкания, происходящего в каком-либо месте электрической цепи, не должно превышать время нагрева проводников до максимальной допустимой температуры

Следуя этим требованиям, необходимо для каждой цепи определить ток короткого замыкания в начале цепи и ток короткого замыкания в конце цепи. Значение тока короткого замыкания в начале цепи используется:

- для определения необходимой отключающей способности аппарата защиты
  - для того, чтобы гарантировать защиту проводников от теплового воздействия
- Значение тока короткого замыкания в конце линии используется:
- для проверки условия срабатывания электромагнитного расцепителя автоматического выключателя
  - для гарантированной защиты проводников от теплового воздействия.



Регулировка расцепителя автоматического выключателя DPX

### ОТКЛЮЧАЮЩАЯ СПОСОБНОСТЬ

Отключающая способность устройства защиты должна быть, по крайней мере, равна максимально допустимому току короткого замыкания, способному возникнуть в точке, где установлено устройство защиты:

$$PdC \geq I_{cc} \max$$

Виды токов КЗ:

- трехфазный симметричный ток короткого замыкания  $I_{cc3}$  в трехфазных цепях (3 фазы или 3 фазы + нейтраль)
- двухфазный ток короткого замыкания  $I_{cc2}$  в двухфазных цепях (фаза/фаза)
- однофазный ток короткого замыкания  $I_{cc1}$  в однофазных цепях (фаза/нейтраль)

# Техническая защита (продолжение)

## ЗАЩИТА ОТ КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ (продолжение)

### ! Согласование (координация) устройств защиты

В качестве исключения допускается применение устройств защиты с более низкой отключающей способностью при соблюдении следующих условий:

- другое защитное устройство, установленное со стороны питания, имеет необходимую отключающую способность
- характеристики этих двух устройств согласованы таким образом, чтобы сквозная мощность КЗ не превышала значения, допускаемого для устройства, установленного на стороне потребителя и проводников, защищенных этими устройствами.

### ПРОВЕРКА ДОПУСТИМЫХ ТЕПЛОВЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ НА ПРОВОДНИК

Время отключения автоматического выключателя, вызванного КЗ в какой-либо точке цепи, не должно превышать времени, при котором температура проводника достигнет предельно допустимого значения. На практике нужно удостовериться в том, что мощность, которую пропускает автоматический выключатель, не превышает мощности, которую может выдержать проводник.

Максимальное тепловое воздействие (для  $t < 5$  с), которое может выдержать проводник, подсчитывается по следующей формуле:

$$I^2t = K^2 \times S^2$$



### Частный случай системы ИТ

В питающей электрической сети системы ИТ правило, касающееся отключающей способности, должно рассматриваться для  $I_{сз3}$ , а так же для тока второго короткого замыкания на открытые проводящие части.

Принято условно, что аппарат защиты должен разомкнуть находящуюся под напряжением цепь при токе второго замыкания на открытые проводящие части в одном полюсе, равном:

- 0,15 от  $I_{сз3}$  в месте размещения аппарата, если он ниже или равен 10 000 А
- 0,25 от  $I_{сз3}$  в месте размещения аппарата, если он выше 10 000 А.

**Пример:** В электрической цепи 230/400 В для  $I_{сз3}$  20 кА устройство защиты должно разомкнуть цепь под напряжением 400 В при токе в одном полюсе, равном  $0,25 \times 20 = 5$  кА

Значение К для рабочих и защитных проводников

Изоляция	ПВХ			ПК/ЭПК <sup>(3)</sup>			Резина 60°С			Резина 85°С			Силиконовый каучук			Без изоляции		
	Т° макс (°С)	160/140 <sup>(2)</sup>			250			200			220			350			200/150 <sup>(1)</sup>	
Материал жилы	Cu	Al	Сталь	Cu	Al	Сталь	Cu	Al	Сталь	Cu	Al	Сталь	Cu	Al	Сталь	Cu	Al	Сталь
Защитный проводник, не находящийся в составе кабеля, или не сгруппированные проводники	143 133 <sup>(2)</sup>	95 88 <sup>(2)</sup>	52 49 <sup>(2)</sup>	176	116	64	159	105	58	166	110	60	201	133	73	159 138 <sup>(2)</sup>	105 91 <sup>(2)</sup>	58 50 <sup>(2)</sup>
Активный или защитный проводник в составе кабеля или сгруппированные проводники	115 103 <sup>(2)</sup>	76 68 <sup>(2)</sup>		143	94		141	93		134	89		132	87		138	91	50

(1) В случае угрозы пожара

(2) Сечение, превышающее 300 мм<sup>2</sup>, или сгруппированные проводники

(3) Пропиленовый каучук/этиленпропиленовый каучук

## Рабочие проводники

- Если в качестве устройства защиты применяется автоматический выключатель, то необходимо убедиться в том, что график  $I^2t$  автоматического выключателя проходит ниже графика защищаемых им проводников. В качестве расчетного принимается максимальный ток КЗ в начале рассматриваемой цепи.

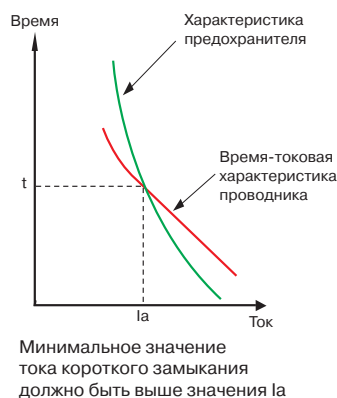
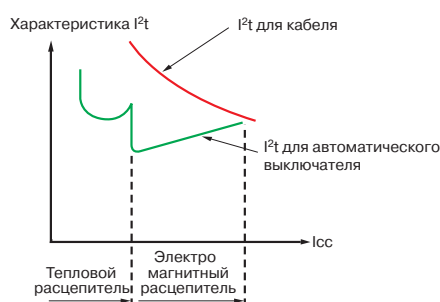
- $I_{sc3}$  для трехфазных цепей (3 фазы или 3 фазы + нейтраль)
- $I_{sc2}$  для двухфазных цепей
- $I_{sc1}$  для однофазной цепи (фаза + нейтраль)

Анализ характеристик  $I^2t$  (ограничения теплового воздействия) позволяет убедиться в том, что характеристика автоматического выключателя расположена ниже соответствующей характеристики проводников для предполагаемых условий короткого замыкания.

- Если в качестве устройства защиты используются предохранители, то необходимо убедиться в том, что минимальное значение тока короткого замыкания на стороне нагрузки «расплавит» предохранитель в течение времени, совместимого с допустимым тепловым воздействием на проводники.

Расчетные токи короткого замыкания:

- $I_{sc1}$  для цепей с нейтралью
- $I_{sc2}$  для цепей без нейтрали



**Значения  $I^2t$  (в  $A^2c$ ) для проводников в зависимости от сечения, материала жилы и изоляции**

Сечение, мм <sup>2</sup>	Cu/ПВХ	Cu/ПК	Al/ПВХ	Al/ПК
1,5	$2,98 \cdot 10^4$	$4,6 \cdot 10^4$		
2,5	$8,27 \cdot 10^4$	$1,28 \cdot 10^5$		
4	$2,12 \cdot 10^5$	$3,27 \cdot 10^5$		
6	$4,76 \cdot 10^5$	$7,36 \cdot 10^5$		
10	$1,32 \cdot 10^6$	$2,04 \cdot 10^6$	$5,78 \cdot 10^5$	$8,84 \cdot 10^5$
16	$3,39 \cdot 10^6$	$5,23 \cdot 10^6$	$1,48 \cdot 10^6$	$2,26 \cdot 10^6$
25	$8,27 \cdot 10^6$	$1,28 \cdot 10^7$	$3,61 \cdot 10^6$	$5,52 \cdot 10^6$
35	$1,62 \cdot 10^7$	$2,51 \cdot 10^7$	$7,08 \cdot 10^6$	$1,08 \cdot 10^7$
50	$3,31 \cdot 10^7$	$5,11 \cdot 10^7$	$1,44 \cdot 10^7$	$2,21 \cdot 10^7$
95	$1,19 \cdot 10^8$	$1,85 \cdot 10^8$	$5,21 \cdot 10^7$	$7,97 \cdot 10^7$
120	$1,9 \cdot 10^8$	$2,94 \cdot 10^8$	$8,32 \cdot 10^7$	$1,27 \cdot 10^8$
150	$2,98 \cdot 10^8$	$4,6 \cdot 10^8$	$1,3 \cdot 10^8$	$1,99 \cdot 10^8$
185	$4,53 \cdot 10^8$	$7 \cdot 10^8$	$1,98 \cdot 10^8$	$3,02 \cdot 10^8$
240	$7,62 \cdot 10^8$	$1,18 \cdot 10^9$	$3,33 \cdot 10^8$	$5,09 \cdot 10^8$
300	$1,19 \cdot 10^9$	$1,84 \cdot 10^9$	$5,2 \cdot 10^8$	$7,95 \cdot 10^8$
400	$2,12 \cdot 10^9$	$3,27 \cdot 10^9$	$9,24 \cdot 10^8$	$1,41 \cdot 10^9$
500	$3,31 \cdot 10^9$	$5,11 \cdot 10^9$	$1,44 \cdot 10^9$	$2,21 \cdot 10^9$



**При использовании автоматического выключателя с задержкой необходимо систематически проверять значение теплового воздействия.**

**Такую проверку не нужно выполнять для активных (фазных и нейтрального) проводников, если:**

- устройство защиты, расположенное со стороны питания, защищает проводники от сверхтока
- сечение нейтрального проводника не ниже сечения фазных проводников.

# Техническая защита (продолжение)

## ЗАЩИТА ОТ КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ (продолжение)

### Защитные проводники

Проверка теплового воздействия не обязательна, если сечение проводника РЕ было выбрано в соответствии с таблицей, приведенной ниже. Если сечение проводника РЕ определяется вычислением, то в качестве расчетного тока короткого замыкания, используемого для проверки теплового воздействия, принимается минимальный ток короткого замыкания  $I_d$  между активным и защитным проводниками в конце рассматриваемой цепи независимо от типа защиты.

Сечение защитного проводника рассчитывается для времени отключения меньше 5 секунд по следующей формуле:

$$S = \frac{\sqrt{I^2 t}}{K}$$

- S:** сечение защитного проводника в мм<sup>2</sup>  
**I:** действующее значение тока короткого замыкания в А  
**t:** время срабатывания устройства защиты  
**K:** коэффициент, зависящий от допустимой температуры жилы и изоляции.

### Сечение защитного проводника (S<sub>pe</sub>) в зависимости от сечения фазных проводников (S<sub>ph</sub>)

Сечение фазных проводников S <sub>ph</sub>	Сечение защитного проводника S <sub>pe</sub>
S <sub>ph</sub> < 16 мм <sup>2</sup>	S <sub>ph</sub>
16 мм <sup>2</sup> < S <sub>ph</sub> < 35 мм <sup>2</sup>	16 мм <sup>2</sup>
S <sub>ph</sub> > 35 мм <sup>2</sup>	S <sub>ph</sub> /2

Для питающих электрических сетей с большим током утечки (>10 А) сечение защитного проводника должно быть не менее 10 мм<sup>2</sup> для меди и 16 мм<sup>2</sup> для алюминия, или должны применяться два защитных проводника нормального сечения, т.е. не менее 10 мм<sup>2</sup> (медь) и 16 мм<sup>2</sup> (алюминий).



### Расчет тока I<sub>d</sub>

Может быть применен приближенный условный метод, учитывающий удаленность источника питания. Ток I<sub>d</sub> однофазного короткого замыкания на землю может быть принят (пренебрегая реактивным сопротивлением) равным:

$$I_d = 0,8 \times \frac{U_0}{R_{ph} + R_{PE}}$$

**U<sub>0</sub>:** напряжение фаза/нейтраль  
**R<sub>ph</sub>:** сопротивление фазного проводника  
**R<sub>pe</sub>:** сопротивление защитного проводника

Значение 0,8 принято исходя из предположения, что напряжение в начале цепи равно 80% от номинального напряжения, или что полное сопротивление части контура короткого замыкания расположенного выше устройства защиты равно 20% от общего сопротивления контура.

### Подсчет коэффициента K

K выражен в А·сек<sup>0,5</sup>/мм<sup>2</sup> и подсчитывается по формуле:

$$K = \frac{\sqrt{C_v(B_0 + 20)}}{\rho_{20}} \times 10^{-12} \times \ln\left(1 + \frac{\theta_f - \theta_1}{B_0 + \theta_1}\right)$$

**C<sub>v</sub>:** объемная тепловая емкость в Дж/°С·м<sup>3</sup>

$$C_v = C_m \times M_v$$

**C<sub>m</sub>:** удельная теплоемкость Дж/°С·кг

**M<sub>v</sub>:** плотность в кг/м<sup>3</sup>

**B<sub>0</sub>:** обратное значение коэффициента удельного сопротивления при 0°С

**ρ<sub>20</sub>:** удельное сопротивление материала Ом\*м

**θ:** начальная температура проводника в °С

**θ:** конечная температура проводника в °С

## Проверка максимальных длин защищаемых проводников (минимальные токи короткого замыкания)

Необходимо убедиться, что наименьший ток КЗ вызовет срабатывание аппарата защиты. Для этого достаточно убедиться, что этот ток в конце участка защищаемой цепи выше уставки электромагнитного расцепителя автоматического выключателя.

При этом необходимо принимать в расчет самую неблагоприятную оценку условия срабатывания:

- Верхние значения для время-токовых характеристик В (5 x In), С (10 x In) или D (20 x In) для автоматических выключателей серии DX
- Верхнее значение уставки электромагнитного расцепителя при максимальной регулировке срабатывания, составляющей 20% для автоматических выключателей серии DPX.

Ниже следует простой метод расчета (названный условным), позволяющий оценить максимальные длины защищаемых проводников в зависимости от настройки срабатывания электромагнитного расцепителя автоматического выключателя. Данный метод действителен для участков цепей, расположенных далеко от источника питания. Предполагается, что в случае короткого замыкания, напряжение в начале участка поврежденной цепи равно 80% от номинального напряжения питания. Это означает, что полное сопротивление участка поврежденной цепи составляет 80% от полного сопротивления поврежденного контура, что может быть выражено формулой представленной ниже:

$$0,8 \times U = Z_d \times I_{cc_{min}}$$

**U:** напряжение в нормальном режиме в месте размещения аппарата защиты

**Z<sub>d</sub>:** полное сопротивление участка поврежденной цепи (нужно учитывать длину прямого и обратного проводников рассматриваемого участка цепи).

**I<sub>cc<sub>min</sub></sub>:** минимальный ток короткого замыкания

Эта формула может быть записана в другом виде:

$$L_{max} = \frac{0,8 \times U_0 \times S}{2 \times \rho \times I_a}$$

**L<sub>max</sub>:** максимальная длина защищенных проводников, в м

**U<sub>0</sub>:** номинальное линейное напряжение питающей сети, в В. Если используется сеть без нейтрали – фазное напряжение

**S:** сечение проводников, в мм<sup>2</sup>

**ρ:** удельное сопротивление жилы проводника, в Ом·мм<sup>2</sup>/м

**I<sub>a</sub>:** ток отсечки автоматического выключателя, в А. Для кабелей большого сечения (≥ 150 мм<sup>2</sup>)

необходимо учитывать их реактивное сопротивление.

### Поправочные коэффициенты на длину проводников

– **Материал жилы: значения указаны для медных проводников. Для алюминиевых проводников эти значения нужно умножить на 0,62 при защите автоматическим выключателем и на 0,41 при защите плавкими предохранителями.**

– **Тип цепи: таблицы предназначены для однофазных цепей напряжением 230 В и трехфазных цепей напряжением 400 В с нулевым рабочим проводником.**

Трехфазная или двухфазная цепь 400 В	Поправочный коэффициент
Без нулевого рабочего проводника	1,72
С «полной» нейтралью	1
С «половинной» нейтралью	0,67

# Техническая защита (продолжение)

## ЗАЩИТА ОТ КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ (продолжение)

Максимальные теоретические длины кабелей (в метрах), защищенных от минимальных токов короткого замыкания в зависимости, от аппаратов защиты и от сечения жил кабеля ( $S_N = S_{\text{фазы}}$ ) для трехфазной четырехпроводной цепи напряжением 400 В или однофазной двухпроводной цепи напряжением 230 В.

Автоматический выключатель модульный DX или LR, тип С														
S (мм <sup>2</sup> )	Номинальный ток (In) автоматического выключателя (в А)													
	2	4	6	10	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125
1,5	300	150	100	60	38	30	24	19						
2,5	500	250	167	100	63	50	40	31	25					
4	800	400	267	160	100	80	64	50	40	32				
6		600	400	240	150	120	96	75	60	48	38			
10			667	400	250	200	160	125	100	80	63	50		
16			1067	640	400	320	256	200	160	128	102	80	64	
25				1000	625	500	400	313	250	200	159	125	100	80
35					875	700	560	438	350	280	222	175	140	112
50							800	625	500	400	317	250	200	160

Внимание! Данные значения должны быть скорректированы с помощью поправочных коэффициентов (стр. 93)

Автоматический выключатель модульный DX или LR, тип В														
S (мм <sup>2</sup> )	Номинальный ток (In) автоматического выключателя (в А)													
	2	4	6	10	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125
1,5	600	300	200	120	75	60	48	38						
2,5	1000	500	333	200	125	100	80	63	50					
4	1600	800	533	320	200	160	128	100	80	64				
6		1200	800	480	300	240	192	150	120	96	76			
10			1333	800	500	400	320	250	200	160	127	100		
16			2133	1280	800	640	512	400	320	256	203	160	128	
25				2000	1250	1000	800	625	500	400	317	250	200	160
35					1750	1400	1120	875	700	560	444	350	280	224
50							1600	1250	1000	800	635	500	400	320

Внимание! Данные значения должны быть скорректированы с помощью поправочных коэффициентов (стр. 93)



### Автоматический выключатель модульный DX, тип D

S (мм <sup>2</sup> )	Номинальный ток (In) автоматического выключателя (в А)													
	2	4	6	10	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125
1,5	150	75	50	30	19	15	12	9						
2,5	250	125	83	50	31	25	20	16	13					
4	400	200	133	80	50	40	32	25	20	16				
6		300	200	120	75	60	48	38	30	24	19			
10			333	200	125	100	80	63	50	40	32	25		
16			233	320	200	160	128	100	80	64	51	40	32	
25				500	313	250	200	156	125	100	79	63	50	40
35					438	350	280	219	175	140	111	88	70	56
50							400	313	250	200	159	125	100	80

Внимание! Данные значения должны быть скорректированы с помощью поправочных коэффициентов (стр. 93)

### Автоматический выключатель DPX

S (мм <sup>2</sup> )	Значение регулируемой уставки электромагнитного расцепителя автоматического выключателя (в А)																										
	90	100	125	160	200	250	320	400	500	700	800	875	1000	1120	1250	1600	2000	2500	3200	4000	5000	6300	8000	12500	16000		
1,5	56	50	40	31	25	20	16	13	10	7	6	6	5	4	4	5											
2,5	93	83	67	52	42	33	26	21	17	12	10	10	8	7	7	5	4	3	3								
4	148	133	107	83	67	53	42	33	27	19	17	15	13	12	11	8	7	5	4	3	3						
6	222	200	160	125	100	80	63	50	40	29	25	23	20	18	16	13	10	8	6	5	4	3					
10	370	333	267	208	167	133	104	83	67	48	42	38	33	30	27	21	17	13	10	8	7	5	4				
16	593	533	427	333	267	213	167	133	107	76	67	61	53	48	43	33	27	21	17	13	11	8	7	4	3		
25			667	521	417	333	260	208	167	119	104	95	83	74	67	52	42	33	26	21	17	13	10	7	5		
35					583	467	365	292	238	167	146	133	117	104	93	73	58	47	36	29	23	19	15	9	7		
50						667	521	417	333	238	208	190	167	149	133	104	83	67	52	42	33	26	21	13	10		
70							729	583	467	333	292	267	233	208	187	146	117	93	73	58	47	37	29	19	15		
95										452	396	362	317	283	253	198	158	127	99	79	63	50	40	25	20		
120											500	457	400	357	320	250	200	160	125	100	80	63	50	32	25		
150												497	435	388	348	272	217	174	136	109	87	69	54	35	27		
185													514	459	411	321	257	206	161	128	103	82	64	41	32		
240														571	512	400	320	256	200	160	128	102	80	51	40		
300																500	400	320	250	200	160	127	100	64	50		

Внимание! Данные значения должны быть скорректированы с помощью поправочных коэффициентов (стр. 93)

Внимание! При использовании кабелей сечением более 300 мм<sup>2</sup> необходимо учитывать их сопротивление.

# Техническая защита (продолжение)

## ЗАЩИТА ОТ КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ (продолжение)

### Плавкие предохранители aM

S (мм <sup>2</sup> )	Номинальный ток плавкого предохранителя (в А), ПВХ/PR																			
	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250
1,5	28/33	19/23	13/15	8/10	6/7															
2,5	67	47/54	32/38	20/24	14/16	9/11	6/7													
4	108	86	69	47/54	32/38	22/25	14/17	9/11	6/7											
6	161	129	104	81	65/66	45/52	29/34	19/23	13/15	9/10	6/7									
10				135	108	88	68	47/54	32/38	21/25	14/16	9/11	6/7							
16						140	109	86	69	49/55	32/38	21/25	14/17	9/11	6/7					
25								135	108	86	67	47/64	32/38	21/25	14/16	9/11				
35									151	121	94	75	58/60	38/45	25/30	17/20	11/13	7/9		
50											128	102	82	65	43/51	29/36	19/24	13/15	8/10	
70												151	121	96	75	56/60	38/45	26/30	17/20	11/13
95												205	164	130	102	82	65	43/51	29/34	19/23
120														164	129	104	82	65	44/52	29/35
150															138	110	88	69	55	37/44
185																128	102	80	64	61
240																	123	97	78	62

Внимание! Данные значения должны быть скорректированы с помощью поправочных коэффициентов (стр. 93)

### Плавкие предохранители gG

S (мм <sup>2</sup> )	Номинальный ток плавкого предохранителя gG (в А)																				
	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	
1,5	82	59/61	38/47	18/22	13/16	6/7															
2,5		102	82	49/56	35/43	16/20	12/15	5/7													
4			131	89	76	45/52	31/39	14/17	8/10	4/5											
6				134	113	78	67/74	31/39	18/23	10/12	7/9										
10					189	129	112	74	51/57	27/34	19/24	19/12	7/9	3/4							
16							179	119	91	67	49/56	24/30	18/23	9/11	5/7	3/4					
25								186	143	104	88	59/61	45/53	22/27	13/16	7/9	4/5				
35									200	146	123	86	75	43/52	25/36	14/18	8/11	4/5			
50										198	167	117	101	71	45/54	26/33	16/22	8/11	5/7		
70											246	172	150	104	80	57/60	34/42	17/22	11/14		
95												233	203	141	109	82	62	32/40	20/25	9/11	
120													256	179	137	103	80	51/57	32/40	14/18	
150														272	190	145	110	85	61	42/48	20/24
185															220	169	127	98	70	56	27/34
240																205	155	119	85	68	62

Внимание! Данные значения должны быть скорректированы с помощью поправочных коэффициентов (стр. 93)

## ЗАЩИТА ПРИ КОСВЕННОМ ПРИКОСНОВЕНИИ

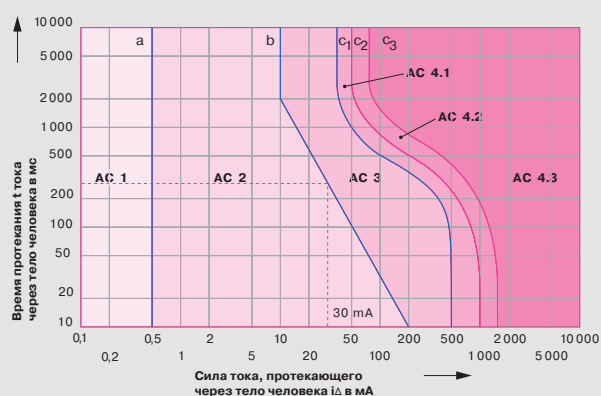
**В любой электроустановке должны быть предприняты меры защиты от поражения электрическим током при косвенном прикосновении. Реализация этой защиты осуществляется с помощью средств, описанных выше. В настоящей главе определены условия реализации защиты путем автоматического отключения питания.**

При возникновении тока замыкания на землю  $I_d$  устройство защитного отключения должно обеспечить защиту человека от поражения электрическим током.

Время отключения тока определено графиками справа и зависит от предполагаемого напряжения прикосновения  $U_c$ . Данные зависимости представлены также в виде таблиц, которые показывают максимальное время отключения питания в зависимости от выбранной системы заземления, от номинального напряжения электропитания и от значения сверхнизкого (малого) напряжения. В системе ТТ, благодаря использованию устройств защитного отключения (УЗО), управляемых дифференциальным током, можно не сверяться со значениями, приведенными в таблицах. УЗО должно быть выбрано в соответствии с сопротивлением заземления. В схемах TN и IT необходимо рассчитывать значения токов замыкания на землю и оценивать время отключения, указанное в таблицах (см. ниже). Необходимо отметить, что при любом режиме нейтрали источника питания необходимо обязательно применять высокочувствительные УЗО (с номинальным отключающим дифференциальным током не более 30 мА) в цепи:

- с розетками с номинальным током не менее 32 А
- с розетками во влажных помещениях
- с розетками временных электроустановок.

### Графики оценки степени риска



**Если время протекания тока не превышает 10 мс, граничное значение тока для линии b не превышает 200 мА**

Зона	Физиологический эффект
АС-1	Обычно никакой реакции
АС-2	Обычно никаких опасных физиологических эффектов
АС-3	Обычно никаких органических повреждений; вероятность сокращения мышц и затруднения дыхания при протекании тока свыше 2 с. Обратимые нарушения ритма сердца, в том числе фибрилляция предсердий и временная остановка сердца без желудочковой фибрилляции, возрастающие с увеличением тока и времени воздействия.
АС-1	Дополнительно к эффектам зоны АС-3 возрастающие с увеличением величины тока и времени его воздействия физиологические нарушения, такие как: остановка сердца, остановка дыхания, тяжелые ожоги.
АС-4.1	Вероятность желудочковой фибрилляции до 5%
АС-4.2	Вероятность желудочковой фибрилляции до 50%
АС-4.3	Вероятность желудочковой фибрилляции более 50%

# Техническая защита (продолжение)

## ЗАЩИТА ПРИ КОСВЕННОМ ПРИКОСНОВЕНИИ (продолжение)

### СИСТЕМА TT

В этом режиме нейтрали защита основана на использовании УЗО, управляемого дифференциальным током. Полное сопротивление контура повреждения является достаточно высоким (два сопротивления заземления), поэтому ток замыкания на землю может оказаться недостаточным для срабатывания защитного устройства от сверхтока.

Номинальный отключающий дифференциальный ток аппарата защиты, должен быть выбран таким образом, чтобы напряжение прикосновения не превышало сверхнизкого (малого) напряжения  $U_I$ , т.е. 50 В

$$I_{\Delta n} \leq \frac{50}{R_A}$$

$I_{\Delta n}$ : номинальный отключающий дифференциальный ток

$R_A$ : сопротивление цепи заземления.

### СИСТЕМА TN

В системе TN защита при косвенном прикосновении реализуется с помощью устройств защиты от сверхтоков. Рекомендуется (см. Правила устройства электроустановок) применение УЗО, управляемого дифференциальным током.

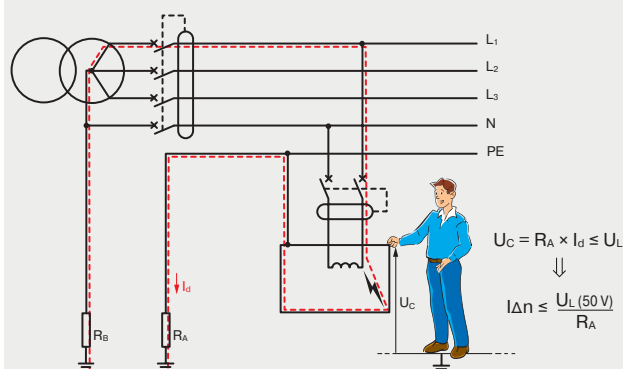
### Время отключения

Время отключения устройств защиты не должно превышать значений, указанных в приведенной ниже таблице.



**На практике, когда цепь защищена автоматическим выключателем, не нужно проверять это требование. Тем не менее, если речь идет об автоматическом выключателе с задержкой срабатывания, то необходимо убедиться, что время его отключения не выходит за указанные значения.**

### Контур тока замыкания на землю в системе TT



### Максимально допустимое сопротивление цепи заземления

$I_{\Delta n}$	Сопротивление цепи заземления (Ом) $U_L: 50 \text{ В}$
$\leq 30 \text{ mA}$	$> 500$
100 mA	500
300 mA	167
1 A	50
3 A	17

### Максимальное время отключения

Номинальное напряжение питания $U_0$ (В)	Время отключения $t_0$ (с); $U_L: 50 \text{ В}$
$50 < U_0 \leq 120$	0,8
$120 < U_0 \leq 230$	0,4
$230 < U_0 \leq 400$	0,2
$> 400$	0,1

## Ток повреждения

Принцип защиты основан на том, что в системе TN нарушение изоляции приводит к короткому замыканию фаза/нейтраль. Если ток повреждения достаточно большой, то защита осуществляется устройством защиты от сверхтоков. Это выражается следующей формулой:

$$I_d = \frac{U_0}{Z_s} \geq I_a$$

$U_0$ : номинальное фазное напряжение

$Z_s$ : полное сопротивление контура повреждения

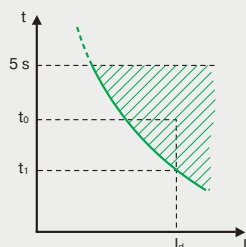
$I_a$ : ток, гарантирующий срабатывание устройства защиты в течении требуемого времени.

## Максимальная длина защищаемых проводников

Для определения максимальной длины защищаемой электрической линии необходимо знать ток повреждения  $I_d$ . Его значение определяется током электромагнитного расцепителя  $I_m$  (или  $I_a$ ) аппарата защиты.

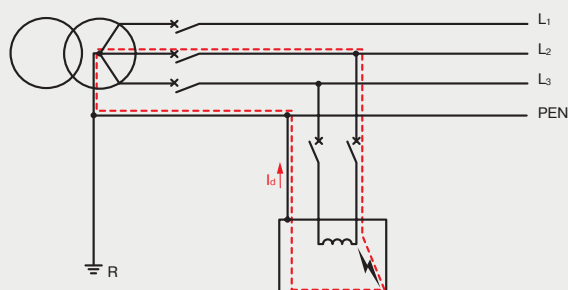
## Защита предохранителями

Необходимо удостовериться, что ток повреждения расплавит предохранитель в течение определенного времени. Это условие будет выполнено, если время  $t_1$  плавления предохранителя при расчетном токе повреждения  $I_d$  меньше нормированного времени  $t_0$ .



Если  $t_1 < t_0$ , то защита выполняется надлежащим образом

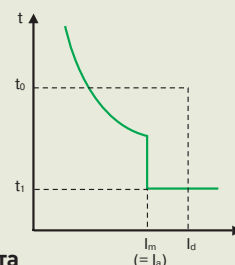
## Контур повреждения в системе TN



## Защита автоматическими выключателями

При использовании в качестве устройств защиты автоматических выключателей необходимо убедиться, что ток повреждения превышает ток уставки электромагнитного расцепителя автоматического выключателя. Необходимо принимать в расчет самые неблагоприятные условия срабатывания. В случае применения автоматического выключателя DPX необходимо брать верхний порог отключения (+20%), а для автоматического выключателя DX – максимальный порог отключения.

$I_m$ : ток уставки электромагнитного расцепителя  
 $I_d$ : ток повреждения  
 $t_1$ : время срабатывания автоматического выключателя  
 $t_0$ : максимальное время отключения (см. таблицу)



Если  $I_d > 20\%$  и  $t_1 < t_0$ , то защита выполняется надлежащим образом

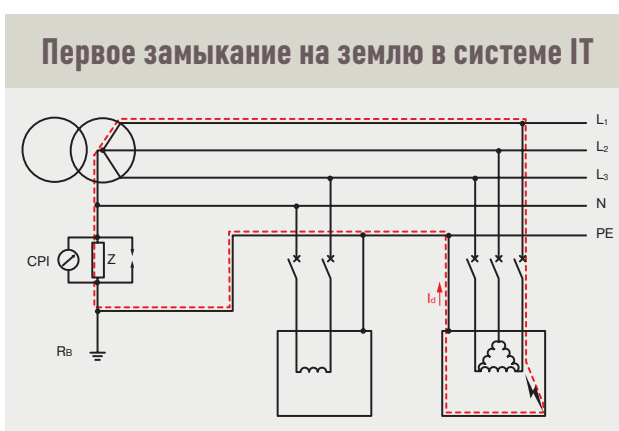
# Техническая защита (продолжение)

## ЗАЩИТА ПРИ КОСВЕННОМ ПРИКОСНОВЕНИИ (продолжение)

### СИСТЕМА IT

#### Первое замыкание на землю или на открытые проводящие части

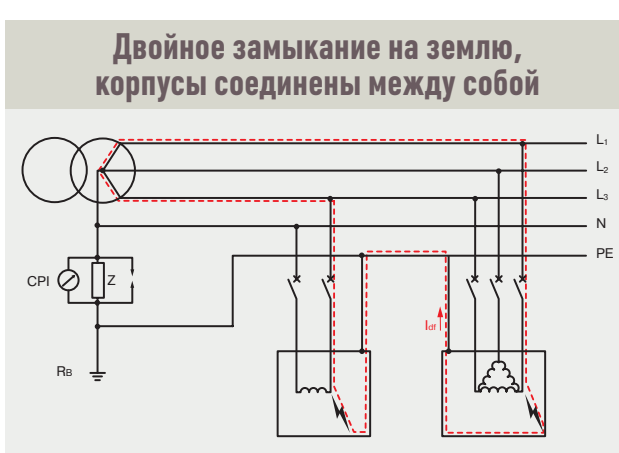
В системе IT автоматический выключатель не срабатывает при первом замыкании на землю или на открытые проводящие части. Благодаря высокому сопротивлению контура повреждения при первом замыкании, ток повреждения достаточно мал и напряжение прикосновения остается ниже сверхнизкого (малого) напряжения, что безопасно для человека. Для обнаружения наличия повреждения используется контроль изоляции сети (CPI).



#### Двойное замыкание на землю или на открытые проводящие части

При двойном замыкании на землю или на открытые проводящие части выполняется защитное отключение. При двойном замыкании корпуса электроустановок соединены последовательно:

- корпуса электроустановок соединены последовательно через PE-проводник (рекомендуемая схема соединения): условия применения такие же, как в схеме TN
- корпуса электроустановок не соединены между собой и каждый корпус заземлен отдельно: условия применения такие же, как в схеме TT.



**!** Если корпуса электроустановок соединены между собой, то при двойном замыкании ток повреждения не ограничен сопротивлением заземления.

Как и в схеме TN, нужно убедиться в том, что значение тока повреждения при двойном замыкании достаточно для срабатывания устройства защиты от сверхтока. Можно также применить правила для схемы TN.

Ток двойного замыкания на землю или на открытые проводящие части определяется следующей формулой

$$I_{df} = \frac{U'}{2Z_s} \geq I_a$$

$I_{df}$ : ток двойного замыкания на землю или на открытые проводящие части

$U'$ : линейное напряжение, если отсутствует нейтраль, фазное напряжение, если нейтраль используется

$Z_s$ : полное сопротивление контура повреждения

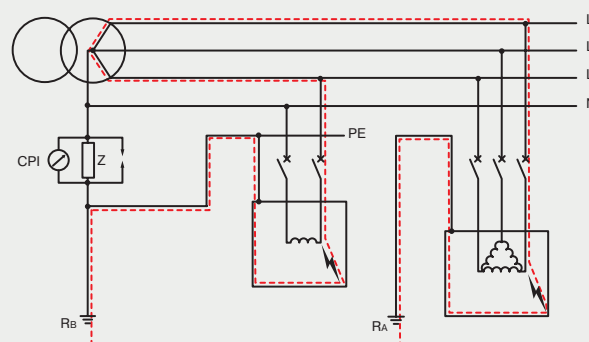
$I_a$ : ток, обеспечивающий срабатывание устройства защиты за требуемое время.

Если корпуса электроустановок не соединены между собой, то ток повреждения каждой установки стекает в землю через отдельные заземлители, цепь тока двойного повреждения замыкается через землю, и ток ограничен сопротивлением двух устройств заземления. Ток повреждения оказывается слишком слабым, чтобы вызвать срабатывание устройств защиты от сверхтока, и при этом создаст опасное напряжение прикосновения. Поэтому в данной схеме каждая электроустановка должна быть оснащена УЗО, управляемым дифференциальным током. Выбор параметров осуществляется так же, как и для схемы ТТ.

### Максимальное время отключения в зависимости от напряжения

Номинальное напряжение сети $U_0$ (В)	Время отключения $t_0$ (с); $U_i: 50$ В
$50 < U_0 \leq 120$	0,8
$120 < U_0 \leq 230$	0,4
$230 < U_0 \leq 400$	0,2
$> 400$	0,1

### Двойное замыкание на открытые проводящие части, корпуса электроустановок не соединены между собой



Если корпус понижающего трансформатора источника питания не соединен с корпусами других электроустановок, то УЗО, управляемое дифференциальным током, должно быть включено на вводе питания в электроустановку. Это же требование должно соблюдаться, если устройство заземления ограничителя перенапряжения не соединено с группой соединенных между собой корпусов.

# Техническая защита (продолжение)

## ЗАЩИТА ПРИ КОСВЕННОМ ПРИКОСНОВЕНИИ (продолжение)

### Проверка максимальной длины защищаемых проводников

Для проверки достаточно убедиться в том, что ток повреждения превышает ток уставки электромагнитного расцепителя автоматического выключателя. Необходимо принять в расчет самое неблагоприятное значение тока повреждения:

- верхние предельные значения кривых срабатывания B (3 x I<sub>n</sub>), C (10 x I<sub>n</sub>) или D (20 x I<sub>n</sub>) для автоматических выключателей серии DX
- значение регулируемой уставки срабатывания электромагнитного расцепителя, увеличенное на 20% – для автоматических выключателей DPX.

Руководство UTE C 15-105 кроме оценки максимальных длин проводников, защищаемых от минимальных токов короткого замыкания, дает также методику простого подсчета длины (названную условной). Эта методика действительна для цепей, расположенных далеко от источника питания (вспомогательные цепи и цепи нагрузок) и не запитываемых от генератора.

Этот метод предполагает, что в случае короткого замыкания, напряжение в начале поврежденной цепи равно 80% от номинального напряжения питающей сети. Это означает, что полное сопротивление поврежденной цепи составляет 80% от полного сопротивления контура повреждения.

Сказанное можно выразить формулой:

$$0,8 \times U_0 = (R_a + R_{PE}) \times I_d$$

**U<sub>0</sub>**: фазное напряжение (в вольтах)

**R<sub>PE</sub>**: сопротивление части защитного проводника, входящей в контур повреждения

**R<sub>a</sub>**: сопротивление токоведущих проводников, входящих в контур повреждения

**I<sub>d</sub>**: ток замыкания на корпус

Эта формула может быть записана в следующем виде:

$$L_{\max} = \frac{0,8 \times U_0 \times S_{ph}}{\rho \times (1 + m) \times I_a}$$

**L<sub>max</sub>**: максимальная длина защищаемых проводников (в метрах)

**U<sub>0</sub>**: фазное напряжение (в вольтах)

**S<sub>ph</sub>**: сечение фазного проводника поврежденной цепи (в мм<sup>2</sup>)

**m**: соотношение сечений фазного и защитного проводников S<sub>ph</sub>/S<sub>PE</sub>

**ρ**: удельное сопротивление жилы проводника (в Ом·м/мм<sup>2</sup>), 0,025 для меди и 0,035 для алюминия.

**I<sub>a</sub>**: ток расцепителя автоматического выключателя.

При питании от системы ИТ электроустановок с соединенными между собой корпусами ток повреждения представляет собой ток двойного замыкания на землю или на открытые проводящие части. Так как невозможно определить в каком месте произойдет замыкание второй фазы, делают предположение, что вторая поврежденная цепь обладает теми же характеристиками, что и первая. Поэтому предыдущая формула преобразуется следующим образом:

$$L_{\max} = \frac{1}{2} \times \frac{0,8 \times U' \times S_a}{\rho \times (1 + m) \times I_a}$$

**L<sub>max</sub>**: максимальная длина защищенных проводников (в метрах)

**U'**: линейное напряжение, если отсутствует нейтраль; фазное напряжение, если используется нейтраль (в вольтах)

**S<sub>a</sub>**: сечение части токоведущего проводника, входящего в контур повреждения (в мм<sup>2</sup>); фазного проводника, если нейтраль не используется, и нейтрального проводника, если нейтраль используется

**m**: соотношение сечений токоведущего и защитного проводников S<sub>a</sub>/S<sub>PE</sub>

**ρ**: удельное сопротивление жилы проводника (в Ом·м/мм<sup>2</sup>), 0,025 для меди и 0,035 для алюминия

**I<sub>a</sub>**: ток расцепителя автоматического выключателя.



По приведенным ниже таблицам можно определить максимальную длину защищаемых проводников в зависимости от режима нейтрали и от материала жилы проводника. Эти значения даны для цепей, в которых сечение защитного РЕ-проводника равно сечению фазных проводников. Если РЕ-проводник имеет меньшее сечение, то длину защищаемых проводников необходимо умножить на указанный в таблице коэффициент. Влияние реактивного сопротивления проводников большого сечения ( $\geq 150 \text{ мм}^2$ ) в таблице уже учтено.

**Поправочный коэффициент для максимальных теоретических длин защищаемых проводников в зависимости от режима нейтрали и от сечения защитного проводника**

Режим нейтрали	$m = S_{PE}/S_{ph}$				
	1	0,5	0,33	0,25	0,2
TN 230/240 В	1	0,67	0,5	0,4	0,33
IT 400 В без нейтрали	0,86	0,58	0,43	0,34	0,28
IT 230/400 с нейтралью	0,5	0,33	0,25	0,2	0,16

Для алюминиевых проводников значение поправочных коэффициентов необходимо умножить на 0,62



В схеме IT с сечением нейтрального проводника меньшим, чем сечение фазного, необходимо использовать табличные данные с учетом фактического (уменьшенного) сечения нейтрального проводника.



Приведенные ниже таблицы позволяют определить максимальную длину защищаемых проводников, а не допустимые токи.

Максимальные теоретические длины защищаемых проводников (в метрах), определяемые по условиям защиты при косвенном прикосновении в зависимости от аппарата защиты и от сечения проводников ( $S_{\text{neutre}}=S_{\text{phase}}$ ) для трехфазной цепи с нейтралью напряжением 400 В или однофазной цепи напряжением 230 В.

**Автоматический выключатель серии DX или LR, тип C**

S (мм <sup>2</sup> )	Номинальный ток (In) автоматического выключателя (в А)													
	2	4	6	10	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125
1,5	300	150	100	60	38	30	24	19						
2,5	500	250	167	100	63	50	40	31	25					
4	800	400	267	160	100	80	64	50	40	32				
6		600	400	240	150	120	96	75	60	48	38			
10			667	400	250	200	160	125	100	80	63	50		
16			1067	640	400	320	256	200	160	128	102	80	64	
25				1000	625	500	400	313	250	200	159	125	100	80
35					875	700	560	438	350	280	222	175	140	112
50							800	625	500	400	317	250	200	160

Внимание! Указанные значения должны быть умножены на поправочный коэффициент, приведенный в таблице на стр. 93.

# Техническая защита (продолжение)

## ЗАЩИТА ОТ КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ (продолжение)

### Автоматический выключатель серии DX или LR, тип В

S (мм <sup>2</sup> )	Номинальный ток (In) автоматического выключателя (в А)													
	2	4	6	10	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125
1,5	600	300	200	120	75	60	48	38						
2,5	1000	500	333	200	125	100	80	63	50					
4	1600	800	533	320	200	160	128	100	80	64				
6		1200	800	480	300	240	192	150	120	96	76			
10			1333	800	500	400	320	250	200	160	127	100		
16			2133	1280	800	640	512	400	320	256	203	160	128	
25				2000	1250	1000	800	625	500	400	317	250	200	160
35					1750	1400	1120	875	700	560	444	350	280	224
50							1600	1250	1000	800	635	500	400	320

Внимание! Указанные значения должны быть умножены на поправочный коэффициент, приведенный в таблице на стр. 93.

### Автоматический выключатель серии DX, тип D

S (мм <sup>2</sup> )	Номинальный ток (In) автоматического выключателя (в А)													
	2	4	6	10	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125
1,5	150	75	50	30	19	15	12	9						
2,5	250	125	83	50	31	25	20	16	13					
4	400	200	133	80	50	40	32	25	20	16				
6		300	200	120	75	60	48	38	30	24	19			
10			333	200	125	100	80	63	50	40	32	25		
16			533	320	200	160	128	100	80	64	51	40	32	
25			833	500	313	250	200	156	125	100	79	63	50	40
35				700	438	350	280	219	175	140	111	88	70	56
50					625	500	400	313	250	200	159	125	100	80

Внимание! Указанные значения должны быть умножены на поправочный коэффициент, приведенный в таблице на стр. 93.

### Пример

Точный подсчет тока повреждения для кабеля показывает, что защита при косвенном прикосновении обеспечивается автоматическим выключателем DPX 250 ER (Im=2500), размещенным на вводе электропитания.

Использование таблицы дает тот же самый результат. Так, в таблице «Автоматический выключатель DPX» для сечения фазного провода 70 мм<sup>2</sup> и регулируемой уставки электромагнитного

расцепителя 2500 А находим максимальную длину защищаемых проводников 93 м.

Поскольку при использовании схемы TN соотношение  $m$  (сечение РЕ-проводника/сечение фазного проводника) равно 0,5, то нужно умножить полученное значение на поправочный коэффициент 0,67 (см. таблицу на предыдущей странице). Итак, реальная длина защищаемого проводника составляет 62 м, что согласуется с реальной длиной кабеля равной 50 м.

### Автоматический выключатель DPX

S (мм <sup>2</sup> )	Значение регулируемой уставки электромагнитного расцепителя автоматического выключателя (в А)																								
	90	100	125	160	200	250	320	400	500	700	800	875	1000	1120	1250	1600	2000	2500	3200	4000	5000	6300	8000	12500	16000
1,5	56	50	40	31	25	20	16	13	10	7	6	6	5												
2,5	93	83	67	52	42	33	26	21	17	12	10	10	8	7	7	5									
4	148	133	107	83	67	53	42	33	27	19	17	15	13	12	11	8	7	5							
6	222	200	160	125	100	80	63	50	40	29	25	23	20	18	16	13	10	8	6	5					
10	370	333	267	208	167	133	104	83	67	48	42	38	33	30	27	21	17	13	11	8	7	5			
16	593	533	427	333	267	213	167	133	107	76	67	61	53	48	43	33	27	21	17	13	11	8	7		
25			667	521	417	333	260	208	167	119	104	95	83	74	67	52	42	33	26	21	17	13	10	7	5
35					583	467	365	292	238	167	146	133	117	104	93	73	58	47	36	29	23	19	15	9	7
50						667	521	417	333	238	208	190	167	149	133	104	83	67	52	42	33	26	21	13	10
70							729	583	467	333	292	267	233	208	187	146	117	93	73	58	47	37	29	19	15
95										452	396	362	317	283	253	198	158	127	99	79	63	50	40	25	20
120											500	457	400	357	320	250	200	160	125	100	80	63	50	32	25
150												497	435	388	348	272	217	174	136	109	87	69	54	35	27
185													514	459	411	321	257	206	161	128	103	82	64	41	32
240														571	512	400	320	256	200	160	128	102	80	51	40
300																500	400	320	250	200	160	127	100	64	50

Внимание! Указанные значения должны быть умножены на поправочный коэффициент, приведенный в таблице на стр. 93.

Примечание. Для проводников сечением более 300 мм<sup>2</sup> необходимо учесть значение реактивного сопротивления.

### Плавкие предохранители aM

S (мм <sup>2</sup> )	Номинальный ток плавкого предохранителя (в А), ПВХ/PR																								
	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250					
1,5	28	23	18	14	11	9	7	6	5	4															
2,5	47	38	30	24	19	15	12	9	8	6	5														
4	75	60	48	36	30	24	19	15	12	10	8	6	5	4											
6	113	90	72	57	45	36	29	23	18	14	11	9	7	6	5	4									
10	188	151	121	94	75	60	48	36	30	24	19	15	12	10	8	6	5	4							
16	301	241	193	151	121	96	77	60	48	39	30	24	19	15	12	10	6	6	5	4					
25	470	377	302	236	188	151	120	94	75	60	47	38	30	24	19	15	12	9	8	6					
35	658	627	422	330	264	211	167	132	105	84	66	53	42	33	26	21	17	13	11	8					
50	891	714	572	447	357	286	227	179	144	115	90	72	57	46	36	29	23	18	14	11					
70			845	660	527	422	335	264	211	169	132	105	84	67	53	42	33	26	21	17					
95				895	716	572	454	358	286	229	179	143	115	91	72	67	45	36	29	23					
120					904	723	574	452	362	289	226	181	145	115	90	72	57	45	36	29					
150						794	630	496	397	317	248	198	159	126	99	79	63	50	40	32					
185							744	586	469	375	293	234	188	149	117	94	74	59	47	38					
240								730	584	467	365	292	234	185	146	117	93	73	58	47					
300									702	582	439	351	281	223	175	140	111	88	70	66					

Внимание! Указанные значения должны быть умножены на поправочный коэффициент, приведенный в таблице на стр. 93.

Примечание. Для проводников сечением более 300 мм<sup>2</sup> необходимо учесть значение реактивного сопротивления.

# Техническая защита (продолжение)

## ЗАЩИТА ОТ КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ (продолжение)

Плавкие предохранители gG																				
S (мм <sup>2</sup> )	Номинальный ток плавкого предохранителя gG (в А)																			
	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250
1,5	53	40	32	22	18	13	11	7	6	4	3									
2,5	88	66	53	36	31	21	18	12	9	7	6	4								
4	141	106	85	58	49	33	29	19	15	11	9	8	6	4						
6	212	159	127	87	73	60	43	29	22	16	14	10	8	6	4					
10	353	265	212	145	122	84	72	48	37	27	23	16	14	10	7	6	4			
16	566	424	339	231	196	134	116	77	69	43	36	25	22	15	12	9	7	6	4	
25	884	663	530	381	306	209	181	120	92	67	57	40	35	24	18	14	11	8	6	4
35		928	742	606	428	293	263	169	129	94	80	56	48	34	26	20	15	11	9	6
50				667	581	398	343	229	176	128	108	76	66	46	35	27	20	15	12	8
70					856	586	506	337	259	189	159	111	97	67	52	39	30	22	17	11
95						795	887	458	351	256	216	151	131	92	70	63	41	29	23	16
120							868	578	444	323	273	191	166	116	89	67	52	37	29	20
150								615	472	343	290	203	178	123	94	71	54	39	31	21
185								714	547	399	336	235	205	142	110	82	64	46	36	24
240									666	485	409	286	249	173	133	100	77	55	44	29
300										566	477	334	290	202	155	117	90	65	51	34

Внимание! Указанные значения должны быть умножены на поправочный коэффициент, приведенный в таблице на стр. 93.  
Примечание. Для проводников сечением более 300 мм<sup>2</sup> необходимо учесть значение реактивного сопротивления.

## ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ СРЕДСТВА ЗАЩИТЫ

В системах TN и IT, когда не выполняются условия срабатывания устройств защиты или их нельзя проверить, применяются дополнительные средства:

- Дифференциальные устройства защиты.  
Достаточно высокий ток повреждения позволяет использовать дифференциальные устройства защиты низкой чувствительности (с током срабатывания порядка 1 ампера). Как и в схеме TT, можно не проверять значение тока повреждения.
- Автоматические выключатели с малым током срабатывания электромагнитного расцепителя или автоматических выключателей с характеристикой срабатывания В.  
Однако в этом случае может возникнуть нежелательный эффект, заключающийся в преждевременном отключении электропитания при пуске мощного электроприемника (например, при включении трансформатора НН/НН, пуске электродвигателя и т.п.).
- Увеличение сечения проводников позволяет увеличить ток повреждения до значения, обеспечивающего надежное срабатывание аппаратов защиты от сверхтока.
- Выполнение дополнительных проводников уравнивания потенциалов. Эти проводники должны соединять между собой все одновременно доступные прикосновению открытые проводящие части, такие как корпуса аппаратов, металлические балки, железная арматура. Все защитные проводники, а также контакты защитного заземления розеток должны быть объединены с этими проводниками уравнивания потенциалов. Эффективность этого решения должна быть проверена измерением сопротивления между одновременно доступными прикосновению проводящими частями.



**Измерение тока короткого замыкания в конце линии позволяет оценить на практике правильность выбора системы защиты.**

# Техническая защита (продолжение)

## ОЦЕНКА ТОКОВ КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ И ПРИМЕР РАСЧЕТА

Определение токов короткого замыкания во всех точках электроустановки является наиважнейшим этапом выбора системы защиты. Прежде всего необходимо оценить значение тока короткого замыкания в начале линии электропитания, а затем в любой точке согласно различным методикам, выбор которых зависит от важности электрооборудования, располагаемых данных, типа осуществляемой проверки.



«Метод полных сопротивлений», «условный метод» и «составной метод».

– При использовании метода полных сопротивлений выполняется суммирование активных и реактивных сопротивлений участков поврежденной цепи от источника питания до рассматриваемой точки, после чего вычисляется эквивалентное сопротивление. Токи КЗ и токи повреждения вычисляются по закону Ома.

– Условный метод основывается на предположении, что в течении времени повреждения напряжение в начале цепи равно 80% от номинального напряжения источника электропитания. Данный метод позволяет определить минимальные токи КЗ и определить по таблице максимальную длину защищаемых проводников. Метод действителен для цепей, удаленных от источников питания, и не применим для цепей, питаемых от генератора.

– Составной метод используется, когда ток КЗ в начале цепи известен, но характеристики электрооборудования, расположенного со стороны питания, неизвестны. Этот метод позволяет определить максимальные токи короткого замыкания в любой точке электрооборудования.

## ЗНАЧЕНИЕ ТОКА КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ В НАЧАЛЕ ЛИНИИ ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ

### Питание от трансформатора

В случае питания электроустановки от распределительного трансформатора необходимо учитывать полное сопротивление трансформатора и цепи высокого напряжения

#### • Полное сопротивление цепи высокого напряжения

Полное сопротивление цепи высокого напряжения, рассматриваемое относительно цепи низкого напряжения, можно получить у поставщика оборудования, измерить или вычислить по следующей формуле:

$$Z_Q = \frac{(m \times U_n)^2}{S_{kQ}} \text{ (в мОм)}$$

**m**: коэффициент нагрузки, взятый равным 1,05

**U<sub>n</sub>**: линейное номинальное напряжение в вольтах

**S<sub>kQ</sub>**: мощность короткого замыкания в цепи высокого напряжения, в кВА

При отсутствии точной информации от поставщика электроэнергии можно вычислить активное и реактивное сопротивления в соответствии с формулой:

$$R_Q = 0,1 \times X_Q \text{ и } X_Q = 0,995 \times Z_Q \text{ (в мОм)}$$

При отсутствии данных, принять  $S_{kQ} = 500 \text{ МВА}$

• **Полное сопротивление трансформатора**

$$Z_s = \frac{(m \times U_n)^2}{S_{Tr}} \times \frac{U_{cc}}{100} \text{ (в МОм)}$$

**m**: коэффициент нагрузки, взятый равным 1,05  
**U<sub>n</sub>**: линейное номинальное напряжение в вольтах  
**S<sub>Tr</sub>**: номинальная мощность трансформатора, в кВА  
**U<sub>cc</sub>**: напряжение короткого замыкания трансформатора, в % от U<sub>n</sub>  
 Значения активных и реактивных сопротивлений иногда предоставляются разработчиками.  
 В противном случае они должны быть подсчитаны по следующей формуле:

$$R_s = 0,31 \times Z_s \text{ и } X_s = 0,95 \times Z_s \text{ (в МОм)}$$

В расположенных ниже таблицах приведены значения активного и реактивного сопротивления, а также максимальные токи трехфазного короткого замыкания сети (полное сопротивление цепи высокого напряжения равно нулю) для масляных и сухих трансформаторов.

Примечание. Значения токов короткого замыкания, приводимые в каталогах продукции, могут быть немного ниже, так как они были подсчитаны для напряжения 410 В.

**Трехфазные трансформаторы, заполненные негорючим жидким диэлектриком.**  
**Значения рассчитаны для напряжения холостого хода 420 В**

<b>S (кВА)</b>	50	100	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500
<b>I<sub>n</sub> (А)</b>	69	137	220	275	344	433	550	687	866	1100	1375	1718	2200	2749	3437
<b>U<sub>cc</sub> (%)</b>	4	4	4	4	4	4	4	4	4	6	6	6	6	6	6
<b>I<sub>cc3</sub> (кА)</b>	1,81	3,61	5,78	7,22	9,03	11,37	14,44	18,05	22,75	19,26	24,07	30,09	38,52	48,15	60,18
<b>R<sub>TR</sub> (МОм)</b>	43,75	21,9	13,7	10,9	8,75	6,94	5,47	4,38	3,47	4,10	3,28	2,63	2,05	1,64	1,31
<b>X<sub>TR</sub> (МОм)</b>	134,1	67	41,9	33,5	26,8	21,28	16,76	13,41	10,64	12,57	10,05	8,04	6,28	5,03	4,02

**Трехфазные сухие трансформаторы.**  
**Значения рассчитаны для напряжения холостого хода 420 В**

<b>S (кВА)</b>	100	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500
<b>I<sub>n</sub> (А)</b>	137	220	344	344	433	550	687	866	1100	1375	1718	2199	2479	3437
<b>U<sub>cc</sub> (%)</b>	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
<b>I<sub>cc3</sub> (кА)</b>	2,41	3,85	4,81	6,02	7,58	9,63	12,04	15,17	19,26	24,07	30,09	38,52	48,15	60,18
<b>R<sub>TR</sub> (МОм)</b>	32,8	20,5	16,4	13,1	10,42	8,2	6,56	5,21	4,10	3,28	2,63	2,05	1,64	1,31
<b>X<sub>TR</sub> (МОм)</b>	100	62,8	50,3	40,2	31,9	25,1	20,11	15,96	12,57	10,05	8,04	6,28	5,03	4,02



**Параллельное включение трансформаторов**

Для нормальной работы параллельно включенных трансформаторов необходимо обеспечить:

- равенство коэффициентов трансформации
- баланс нагрузок
- равенство напряжений короткого замыкания (допустимое значение 10%)
- отношение мощностей трансформаторов между 0,5 и 2

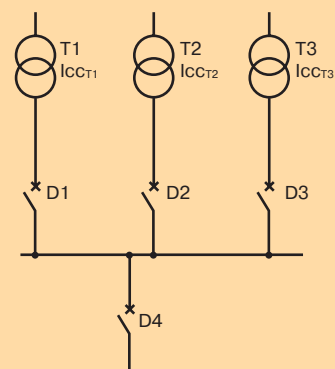
Определение отключающей способности аппаратов

- Отключающая способность автоматического выключателя источника (например, D1)

Отключающая способность должна быть по крайней мере равна самому высокому значению между максимальным током короткого замыкания (I<sub>ccT1</sub>) трансформатора T1 (короткое замыкание ниже D1) и суммой токов короткого замыкания (I<sub>ccT2</sub> + I<sub>ccT3</sub>) других параллельно включенных трансформаторов (короткое замыкание выше D1).

- Отключающая способность автоматического выключателя отходящей линии (например, D4)

Отключающая способность должна быть по крайней мере равна сумме максимальных токов короткого замыкания всех параллельно включенных трансформаторов (I<sub>ccT1</sub> + I<sub>ccT2</sub> + I<sub>ccT3</sub>).



# Техническая защита (продолжение)

## ОЦЕНКА ТОКОВ КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ И ПРИМЕР РАСЧЕТА (продолжение)

### Расчет тока КЗ трансформатора на стороне низкого напряжения

Ток короткого замыкания в точке подключения определяется в соответствии с формулой:

$$I_{CC} = \frac{P \times 100}{1,73 \times V \times U_{CC}}$$

**P**: номинальная мощность трансформатора, в кВА

**V**: номинальное напряжение вторичной обмотки трансформатора

**U<sub>CC</sub>**: номинальное напряжение 3-х фазного короткого замыкания на стороне низкого напряжения, в %



**Из-за высокого внутреннего полного сопротивления ток КЗ генератора гораздо меньше тока КЗ трансформатора равной мощности.**

**Это означает, что можно использовать аппараты защиты с меньшей отключающей способностью.**

**Развитие короткого замыкания на зажимах генератора можно разделить на три периода:**

- от 10 до 20 миллисекунд, в течение которого уровень тока короткого замыкания самый высокий (> 5 I<sub>n</sub>)
- до 200 – 300 миллисекунд, в течение которого значение тока короткого замыкания находится в пределах от 3 до 5 I<sub>n</sub>
- уровень тока короткого замыкания стабилизируется на уровне от 0,3 до 5 I<sub>n</sub> в зависимости от типа возбуждения генератора.

### Питание от генератора

Значения токов короткого замыкания могут быть рассчитаны следующим образом:

$$I_{CC3} = \frac{c \times m \times U_0}{X'd}$$

$$I_{CC2} = \frac{\sqrt{3}}{2} \times I_{CC3}$$

$$I_{CC1} = \frac{3 \times c \times m \times U_0}{2 \times X'd + X_0}$$

$$X'd = \frac{U_n^2}{S_G} \times \frac{x'd}{100}$$

(переходное реактивное сопротивление, в МОм) и

$$X_0 = \frac{U_n^2}{S_G} \times \frac{x_0}{100}$$

(реактивное сопротивление нулевой последовательности, в Ом)

**m**: коэффициент нагрузки, взятый равным 1,05

**c**: коэффициент напряжения, взятый равным 1,05 для максимальных значений и 0,95 для минимальных значений

**U<sub>n</sub>**: номинальное линейное напряжение, в вольтах

**U<sub>0</sub>**: номинальное фазное напряжение, в вольтах

**S<sub>G</sub>**: мощность генератора в кВА

**X'd**: переходное реактивное сопротивление, в %, взятое равным 30% в случае отсутствия более точной информации

**X<sub>0</sub>**: реактивное сопротивление нулевой последовательности, в %, взятое равным 6% в случае отсутствия более точной информации



**На практике можно применять максимальные предполагаемые значения:**

- 18 кА при подключенной мощности нагрузки до 100 кВА
- 22 кА при подключенной мощности нагрузки до 250 кВА.



### Уровень максимальных трехфазных токов короткого замыкания генератора в зависимости от мощности ( $U_n = 400 \text{ В}$ и $X'd = 30\%$ )

Р (кВА)	100	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250
$I_{cc3max}$ (кА)	0,53	0,85	1,06	1,33	1,67	2,12	2,65	3,34	4,24	5,30	6,63



В электроустановках, получающих питание от источников различных типов, например от одного или нескольких трансформаторов и от генератора (используемого в качестве дополнительного источника), аппараты защиты должны быть выбраны с учетом характеристик источников электропитания различных типов.

При расчете максимального тока короткого замыкания необходимо выбрать максимальный ток короткого замыкания одновременно работающих источников электропитания. Речь идет в основном о питании от параллельно включенных трансформаторов.

При расчете минимального тока короткого замыкания необходимо выбрать минимальный ток короткого замыкания одновременно работающих источников электропитания.



В генераторах двухфазный ток короткого замыкания может оказаться меньше однофазного тока короткого замыкания. В этом случае для расчета минимального тока короткого замыкания (длина защищаемых проводников, защита при косвенном прикосновении...) принимают значение двухфазного тока короткого замыкания.

## ЗНАЧЕНИЕ ТОКА КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ В КАКОЙ-ЛИБО ТОЧКЕ ЭЛЕКТРОУСТАНОВКИ

### Метод полных сопротивлений

В соответствии с данным методом ток короткого замыкания в какой-либо точке электроустановки определяется путем сложения активных и реактивных сопротивлений контуров повреждения, начиная от источника питания и заканчивая рассматриваемой точкой электроустановки.

Ток короткого замыкания подсчитывается по закону Ома:

$$I_{cc} = \frac{c \times m \times U_0}{Z_{cc}} = \frac{c \times m \times U_0}{\sqrt{\sum R^2 + \sum X^2}}$$

**c**: коэффициент напряжения, принятый равным 0,95 для минимального тока короткого замыкания

и 1,05 для максимального тока короткого замыкания

**m**: коэффициент нагрузки, принятый равным 1,05

**$U_0$** : фазное напряжение электроустановки, в вольтах

**$Z_{cc}$** : полное сопротивление контура повреждения в рассматриваемой точке, являющееся векторной суммой активных и реактивных сопротивлений контура.

# Техническая защита (продолжение)

## ОЦЕНКА ТОКОВ КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ И ПРИМЕР РАСЧЕТА (продолжение)



Различные типы максимальных и минимальных токов короткого замыкания вычисляются по основной формуле.

- **Трехфазный ток короткого замыкания**

$$I_{CC3\max} = \frac{c_{\max} \times m \times U_0}{\sqrt{\left(R_Q + R_S + R_{Pha} + \rho_0 \frac{L}{S_{Ph} \times n_{Ph}}\right)^2 + \left(X_Q + X_S + X_{Pha} + \lambda \frac{L}{n_{Ph}}\right)^2}}$$

- **Двухфазный ток короткого замыкания:**

$$I_{CC2\max} = \frac{\sqrt{3}}{2} \times I_{CC3\max}$$

При расчете минимального значения двухфазного тока короткого замыкания нужно заменить:

- $\rho_0$  на  $\rho_1$ , если цепь защищается автоматическим выключателем, или на  $\rho_2$ , если цепь защищается предохранителем
- $c_{\max}$  на  $c_{\min}$

- **Однофазный ток короткого замыкания:**

$$I_{CC1\max} = \frac{c_{\max} \times m \times U_0}{\sqrt{\left(R_Q + R_S + R_{Pha} + R_{Na} + \rho_0 \times L \left(\frac{1}{S_{Ph} \times n_{Ph}} + \frac{1}{S_N \times n_N}\right)\right)^2 + \left(X_Q + X_S + X_{Pha} + X_{Na} + \lambda \times L \left(\frac{1}{n_{Ph}} + \frac{1}{n_N}\right)\right)^2}}$$

При расчете минимального значения однофазного тока короткого замыкания необходимо заменить:

- $\rho_0$  на  $\rho_1$ , если цепь защищается автоматическим выключателем, или на  $\rho_2$ , если цепь защищается предохранителем
- $c_{\max}$  на  $c_{\min}$

- **Ток повреждения:**

$$I_d = \frac{c_{\min} \times m \times \alpha \times U_0}{\sqrt{\left(R_Q + R_S + R_{Pha} + R_{PEa} + \rho_1 \times L \left(\frac{1}{S_{Ph} \times n_{Ph}} + \frac{1}{S_{PE} \times n_{PE}}\right)\right)^2 + \left(X_Q + X_S + X_{Pha} + X_{PEa} + \lambda \times L \left(\frac{1}{n_{Ph}} + \frac{1}{n_{PE}}\right)\right)^2}}$$

$c_{\max}$ ,  $c_{\min}$ : коэффициент напряжения, принятый равным 0,95 ( $c_{\min}$ ) для минимальных токов короткого замыкания и 1,05 ( $c_{\max}$ ) для максимальных токов короткого замыкания

$m$ : коэффициент нагрузки, принятый равным 1,05

$\alpha$ : 1 в схеме TN; 0,86 в схеме IT без нейтрали и 0,5 в схеме IT с нейтралью

$U_0$ : фазное напряжение электроустановки, в вольтах

$R_Q$ ,  $X_Q$ : эквивалентные активное и реактивные сопротивления сети высокого напряжения

$R_S$ ,  $X_S$ : эквивалентные активное и реактивные сопротивления источника питания

$R_{Pha}$ ,  $X_{Pha}$ : активное и реактивное сопротивления фазных проводников от источника питания до начала рассматриваемой цепи. Это сумма активных сопротивлений R и реактивных сопротивлений X кабелей вверх по цепи.



$R_{Na}, X_{Na}$ : активное и реактивное сопротивления нейтральных проводников от источника до начала рассматриваемой цепи. Это сумма активных сопротивлений  $R$  и реактивных сопротивлений  $X$  кабелей со стороны источника питания.

$R_{Pea}, X_{Pea}$ : активное и реактивное сопротивления защитных проводников от источника питания до начала рассматриваемой цепи. Это сумма активных сопротивлений  $R$  и реактивных сопротивлений  $X$  кабелей со стороны источника питания.

$\rho_1, \rho_2, \rho_3$ : удельная проводимость проводников (см. таблицу)

$\lambda$ : реактивное удельное сопротивление проводников (см. таблицу)

$L$ : длина рассматриваемой цепи, в метрах

$S_{Ph}, n_{Ph}$ : сечение и количество параллельных фазных проводников рассматриваемой цепи

$S_N, n_N$ : сечение и количество параллельных нейтральных проводников рассматриваемой цепи

$S_{PE}, n_{PE}$ : сечение и количество параллельных РЕ-проводников рассматриваемой цепи

Полное сопротивление проводника оценивается по следующим формулам:

$$R = \rho \times 10^3 \frac{L}{n_c \times S_c} \text{ (Ом)}$$

$$X = \lambda \frac{L}{n_c} \text{ (Ом)}$$

$\rho$ : удельная проводимость проводника, Ом·мм<sup>2</sup>/м (см. таблицу напротив)

$\lambda$ : реактивное сопротивление проводника, мОм/м (см. таблицу напротив)

$S_c$ : сечение проводника, мм<sup>2</sup>

$n_c$ : число параллельно соединенных проводников

$L$ : длина проводника, м

### Метод составлений

По току трехфазного короткого замыкания в начале линии (см. предыдущий раздел) можно ориентировочно определить предполагаемый ток короткого замыкания в её конце. Этот метод применяется в электроустановках мощностью не более 800 кВА. Максимальный ток короткого замыкания в какой-либо точке электроустановки определяется по таблице, расположенной на следующей странице. Необходимо учитывать:

- предполагаемый ток короткого замыкания в начале электроустановки
- длину линии
- материал и сечение проводников.

Удельное сопротивление проводников, используемое при расчетах различных параметров короткого замыкания ( $\rho_0$ : удельное сопротивление проводника при 20°C)			
Параметр короткого замыкания	Удельное сопротивление	Медный проводник (Ом·мм <sup>2</sup> /м)	Алюминиевый проводник (Ом·мм <sup>2</sup> /м)
I <sub>cc</sub> макс.	$\rho_0$	0,01851	0,0294
I <sub>cc</sub> мин.	При защите цепи автоматическим выключателем $\rho_1 = 1,25 \cdot \rho_0$	0,02314	0,0368
	При защите цепи предохранителем $\rho_1 = 1,25 \cdot \rho_0$	0,02777	0,0441
I <sub>d</sub>	$\rho_1 = 1,25 \cdot \rho_0$	0,02314	0,0368
Тепловое воздействие	$\rho_1 = 1,25 \cdot \rho_0$	0,02314	0,0368

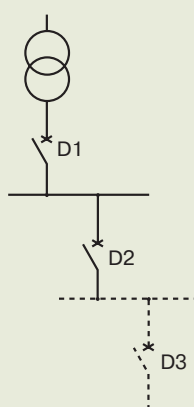
Используемое при расчетах удельное реактивное сопротивление проводников в зависимости от типа кабеля и способа его прокладки	
Вид кабеля и способ прокладки	Удельное реактивное сопротивление $\lambda$ (мОм/м)
Многожильные или одножильные кабели, уложенные в навал	0,08
Одножильные кабели, уложенные в один слой	0,09
Одножильные кабели удаленные друг от друга не менее, чем на свой диаметр	0,13



## ПРИМЕР РАСЧЕТА

В данном примере показан полный расчет электроустановки по методу полных сопротивлений. Для обеспечения защиты людей от поражения электрическим током выполняется полный расчет токов повреждения. В данном примере значение тока повреждения всегда ниже значения однофазного тока короткого замыкания и используется для выбора регулируемой уставки электромагнитного расцепителя автоматических выключателей.

### Исходные данные рассматриваемого примера


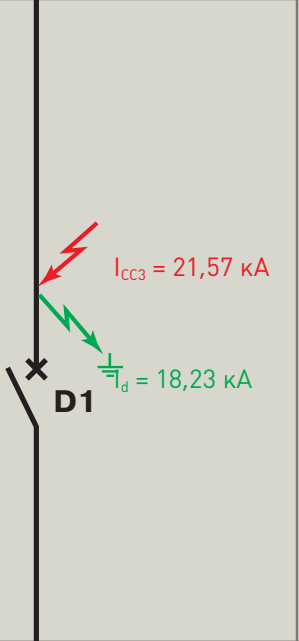
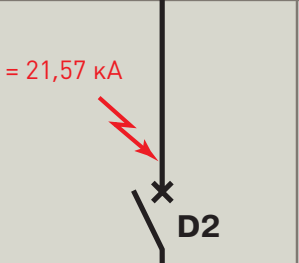


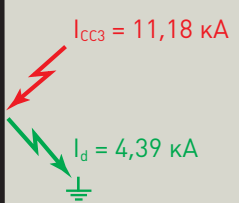

Электроустановка подключена к сети 230/400 В и получает питание от трансформатора 630 кВА ( $U_{CC}$ : 4%), мощность короткого замыкания сети высокого напряжения принимается равной 500 МВА.

	<p><math>S_{KQ} = 500 \text{ МВА}</math></p> $Z_Q = \frac{(m \times U_n)^2}{S_{KQ}} = \frac{(1,05 \times 400)^2}{500000} = 0,353 \text{ МОм}$ <p><math>X_Q = 0,995 \times Z_Q = 0,351 \text{ МОм}</math> и <math>R_Q = 0,1 \times X_Q = 0,035 \text{ МОм}</math></p> <table border="1" data-bbox="496 1319 1353 1364"> <tr> <td><math>R_Q = 0,035 \text{ МОм}</math></td> <td><math>X_Q = 0,351 \text{ МОм}</math></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	$R_Q = 0,035 \text{ МОм}$	$X_Q = 0,351 \text{ МОм}$		
$R_Q = 0,035 \text{ МОм}$	$X_Q = 0,351 \text{ МОм}$				
	<p>• Расчет <math>I_{CC3}</math></p> $Z_S = \frac{(m \times U_n)^2}{S_{Tr}} \times \frac{U_{CC}}{100} = \frac{(1,05 \times 400)^2}{630} \times \frac{4}{100} = 11,2 \text{ МОм}$ <p><math>R_S = 0,31 \times Z_S = 3,472 \text{ МОм}</math> и <math>X_S = 0,95 \times Z_S = 10,640 \text{ МОм}</math></p> <table border="1" data-bbox="496 1547 1353 1592"> <tr> <td><math>R_S = 3,472 \text{ МОм}</math></td> <td><math>X_S = 10,640 \text{ МОм}</math></td> <td><math>\Sigma R = 3,507 \text{ МОм}</math></td> <td><math>\Sigma X = 10,991 \text{ МОм}</math></td> </tr> </table> $\Rightarrow I_{CC3} = \frac{1,05 \times 1,05 \times 231}{\sqrt{3,507^2 + 10,991^2}} = 22,07 \text{ кА}$	$R_S = 3,472 \text{ МОм}$	$X_S = 10,640 \text{ МОм}$	$\Sigma R = 3,507 \text{ МОм}$	$\Sigma X = 10,991 \text{ МОм}$
$R_S = 3,472 \text{ МОм}$	$X_S = 10,640 \text{ МОм}$	$\Sigma R = 3,507 \text{ МОм}$	$\Sigma X = 10,991 \text{ МОм}$		
<p>Медь/PR  <math>S_{Ph} = 2 \times 185 \text{ мм}^2</math>  <math>S_N = 2 \times 185 \text{ мм}^2</math>  <math>S_{PE} = 1 \times 95 \text{ мм}^2</math>  <math>I_B = 866 \text{ А}</math>  <math>I_Z = 1054 \text{ А}</math>  <math>L = 5 \text{ м}</math></p>	<p>• Расчет <math>I_{CC3}</math></p> $R_c = \rho_0 \times 10^3 \times \frac{L}{n_{ph} \times S_{ph}} = 0,01851 \times 10^3 \times \frac{5}{2 \times 185} = 0,250 \text{ МОм}$ $X_c = \lambda \times \frac{L}{n_{ph}} = 0,08 \times \frac{5}{2} = 0,200 \text{ МОм}$ <table border="1" data-bbox="496 1899 1353 1944"> <tr> <td><math>R_c = 0,250 \text{ МОм}</math></td> <td><math>X_c = 0,200 \text{ МОм}</math></td> <td><math>\Sigma R = 3,757 \text{ МОм}</math></td> <td><math>\Sigma X = 11,191 \text{ МОм}</math></td> </tr> </table> $\Rightarrow I_{CC3} = \frac{1,05 \times 1,05 \times 231}{\sqrt{3,757^2 + 11,191^2}} = 21,57 \text{ кА}$	$R_c = 0,250 \text{ МОм}$	$X_c = 0,200 \text{ МОм}$	$\Sigma R = 3,757 \text{ МОм}$	$\Sigma X = 11,191 \text{ МОм}$
$R_c = 0,250 \text{ МОм}$	$X_c = 0,200 \text{ МОм}$	$\Sigma R = 3,757 \text{ МОм}$	$\Sigma X = 11,191 \text{ МОм}$		

# Техническая защита (продолжение)

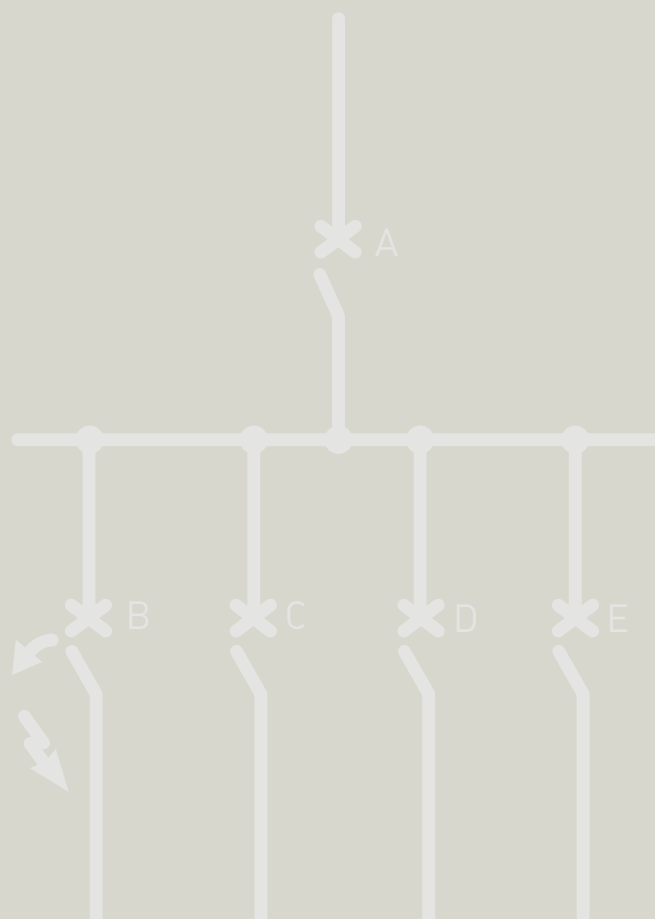
## ОЦЕНКА ТОКОВ КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ И ПРИМЕР РАСЧЕТА (продолжение)

	<ul style="list-style-type: none"> <li>Расчет <math>I_d</math></li> </ul> $R_c = \rho_l \times 10^3 \times L \left( \frac{1}{n_{ph} \times S_{ph}} + \frac{1}{n_{PE} \times S_{PE}} \right) = 0,02314 \times 10^3 \times 5 \left( \frac{1}{2 \times 185} + \frac{1}{95} \right) = 1,53 \text{ мОм}$ $X_c = \lambda \times L \left( \frac{1}{n_{ph}} + \frac{1}{n_{PE}} \right) = 0,08 \times 5 \left( \frac{1}{2} + 1 \right) = 0,600 \text{ мОм}$ <table border="1" data-bbox="568 965 1428 1010"> <tr> <td><math>R_c = 1,531 \text{ мОм}</math></td> <td><math>X_c = 0,600 \text{ мОм}</math></td> <td><math>\Sigma R = 5,038 \text{ мОм}</math></td> <td><math>\Sigma X = 11,591 \text{ мОм}</math></td> </tr> </table> $\Rightarrow I_d = \frac{0,95 \times 1,05 \times 231}{\sqrt{5,038^2 + 11,191^2}} = 18,23 \text{ кА}$	$R_c = 1,531 \text{ мОм}$	$X_c = 0,600 \text{ мОм}$	$\Sigma R = 5,038 \text{ мОм}$	$\Sigma X = 11,591 \text{ мОм}$
$R_c = 1,531 \text{ мОм}$	$X_c = 0,600 \text{ мОм}$	$\Sigma R = 5,038 \text{ мОм}$	$\Sigma X = 11,591 \text{ мОм}$		
	<p><b>Выбор вводного автоматического выключателя D1</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Номинальный ток выключателя (<math>I_n</math>) Выбираем автоматический выключатель DPX 1600 с номинальным током 1600 А, что позволит в дальнейшем при необходимости подключить дополнительную нагрузку.</li> <li>Отключающая способность <math>PdC \geq I_{CC3} \Rightarrow PdC \geq 21,57 \text{ кА}</math>. Отключающая способность DPX 1600 равна 50 кА</li> <li>Число полюсов 3</li> <li>Уставка теплового расцепителя (<math>I_r</math>) <math>I_B \leq I_r \leq I_z \Rightarrow 866 \leq I_r \leq 1054 \text{ А}</math> Следовательно, значение уставки должно быть больше <math>866/1600 = 0,54</math> и меньше <math>1054/1600 = 0,64</math>. Выбираем <math>I_r = 0,6 \times I_n</math>, т.е. <math>I_r = 960 \text{ А}</math>.</li> <li>Уставка электромагнитного расцепителя <math>I_m \leq \frac{I_d}{1,2}</math> <math>I_d</math>: наименьший ток повреждения в конце линии (уровень сборных шин) 1,2: учитывает 20-процентную точность кривой срабатывания <math>I_m \leq 18230/1,2 \Rightarrow I_m \leq 15191 \text{ А}</math> Максимальная допустимая уставка: <math>I_m = 10 \times I_r = 9600 \text{ А}</math>.</li> </ul>				
<p><b>Сборные шины</b></p>	<p>Как правило, общим сопротивлением сборных шин пренебрегают</p>				
	<p><b>Выбор автоматического выключателя D2</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Номинальный ток выключателя (<math>I_n</math>) Выбираем автоматический выключатель DPX 250 ER с номинальным током 250 А.</li> <li>Отключающая способность <math>PdC \geq I_{CC3} \Rightarrow PdC \geq 21,57 \text{ кА}</math>. Отключающая способность для DPX 250 ER равна 50 кА</li> </ul>				

		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Число полюсов 3</li> <li>• Уставка теплового расцепителя (<math>I_r</math>)  <math>I_B \leq I_r \leq I_z \Rightarrow 250 \leq I_r \leq 269 \text{ A}</math>                      Максимальная уставка соответствует: <math>I_r = 1 \times I_n = 250 \text{ A}</math>.</li> <li>• Уставка электромагнитного расцепителя  <math>I_m \leq \frac{I_d}{1,2} \Rightarrow I_m \leq 4390/1,2 \Rightarrow I_m \leq 3658 \text{ A}</math>                      Уставка соответствует: <math>I_m = 10 \times I_n = 2500 \text{ A}</math>.</li> </ul>								
	<p>Медь/PR  <math>S_{Ph} = 2 \times 70 \text{ мм}^2</math>  <math>S_N = 1 \times 35 \text{ мм}^2</math>  <math>S_{PE} = 1 \times 35 \text{ мм}^2</math>  <math>I_B = 250 \text{ A}</math>  <math>I_z = 269 \text{ A}</math>  <math>L = 50 \text{ м}</math></p> 	<p><b>Кабель</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Расчет <math>I_{CC3}</math> (эта величина необходима для определения отключающей способности автоматического выключателя D3)  <math>R_c = \rho_0 \times 10^3 \times \frac{L}{n_{ph} \times S_{ph}} = 0,01851 \times 10^3 \times \frac{50}{1 \times 70} = 13,221 \text{ мОм}</math>  <math>X_c = \lambda \times \frac{L}{n_{ph}} = 0,08 \times \frac{50}{1} = 4 \text{ мОм}</math></li> </ul> <table border="1" data-bbox="494 1198 1348 1243"> <tr> <td><math>R_c = 13,221 \text{ мОм}</math></td> <td><math>X_c = 4 \text{ мОм}</math></td> <td><math>\Sigma R = 16,979 \text{ мОм}</math></td> <td><math>\Sigma X = 15,191 \text{ мОм}</math></td> </tr> </table> $\Rightarrow I_{CC3} = \frac{1,05 \times 1,05 \times 231}{\sqrt{16,979^2 + 15,191^2}} = 11,18 \text{ кА}$ <ul style="list-style-type: none"> <li>• Расчет <math>I_d</math>  <math>R_c = \rho_1 \times 10^3 \times L \left( \frac{1}{n_{ph} \times S_{ph}} + \frac{1}{n_{PE} \times S_{PE}} \right) = 0,02314 \times 10^3 \times 50 \left( \frac{1}{70} + \frac{1}{35} \right) = 49,586 \text{ мОм}</math>  <math>X_c = \lambda \times L \left( \frac{1}{n_{ph}} + \frac{1}{n_{PE}} \right) = 0,08 \times 50 (1 + 1) = 8 \text{ мОм}</math></li> </ul> <table border="1" data-bbox="494 1512 1348 1556"> <tr> <td><math>R_c = 49,586 \text{ мОм}</math></td> <td><math>X_c = 8 \text{ мОм}</math></td> <td><math>\Sigma R = 54,623 \text{ мОм}</math></td> <td><math>\Sigma X = 19,591 \text{ мОм}</math></td> </tr> </table> $\Rightarrow I_d = \frac{0,95 \times 1,05 \times 231}{\sqrt{54,623^2 + 19,591^2}} = 4,39 \text{ кА}$	$R_c = 13,221 \text{ мОм}$	$X_c = 4 \text{ мОм}$	$\Sigma R = 16,979 \text{ мОм}$	$\Sigma X = 15,191 \text{ мОм}$	$R_c = 49,586 \text{ мОм}$	$X_c = 8 \text{ мОм}$	$\Sigma R = 54,623 \text{ мОм}$	$\Sigma X = 19,591 \text{ мОм}$
$R_c = 13,221 \text{ мОм}$	$X_c = 4 \text{ мОм}$	$\Sigma R = 16,979 \text{ мОм}$	$\Sigma X = 15,191 \text{ мОм}$							
$R_c = 49,586 \text{ мОм}$	$X_c = 8 \text{ мОм}$	$\Sigma R = 54,623 \text{ мОм}$	$\Sigma X = 19,591 \text{ мОм}$							
		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Расчет падения напряжения  <math>u = b \times \left( \rho_1 \times \frac{L}{S} \times \cos \varphi + \lambda \times L \times \sin \varphi \right) \times I_B</math>                      в трехфазной сети <math>b = 1</math>  <math>u = \left( 0,02314 \times \frac{50}{70} \times 0,85 + 0,08 \times 10^{-3} \times 50 \times 0,527 \right) \times 250 = 4,04 \text{ В}</math>  <math>\Delta u = \frac{4,04}{231} \times 100 = 1,75\%</math>                      Зная, что падение напряжения равно 0,14% (расчетное значение), суммарное падение напряжение составит 1,89%.</li> </ul>								

# Координация устройств защиты

Координация – последовательное соединение двух или нескольких устройств для защиты от сверхтоков, чтобы обеспечить селективность при сверхтоках, резервную защиту.





## РЕЗЕРВНАЯ ЗАЩИТА

Резервная защита – координация по сверхтокам двух устройств для защиты от сверхтоков, соединенных последовательно, когда защитное устройство, расположенное, как правило, но необязательно на входной стороне, осуществляет защиту от сверхтока с помощью или без помощи второго защитного устройства, предотвращая его чрезмерную нагрузку. Отключающая способность аппарата защиты должна быть, по меньшей мере, равна максимальному току короткого замыкания в месте установки аппарата. Как исключение, отключающая способность может быть ниже ожидаемого максимального тока короткого замыкания в следующих случаях:

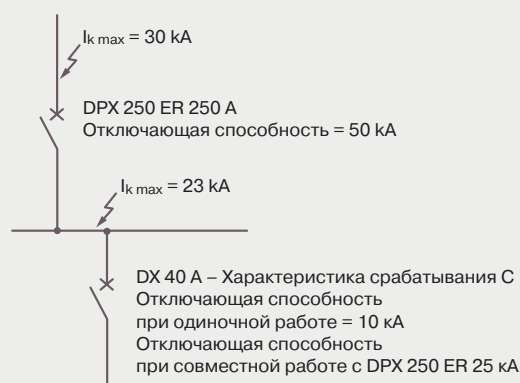
- аппарат защиты работает совместно с аппаратом, расположенным выше и имеющим требуемую отключающую способность;
- аппарат защиты, расположенный ниже, и защищаемые цепи способны выдержать мощность, ограничиваемую вышестоящими аппаратами защиты.

Таким образом, координация дает существенную экономию.

Характеристики координации устройств защиты, приведенные в таблицах на последующих страницах, основаны на лабораторных испытаниях, проведенных в соответствии с ГОСТ 30030.2-99 (IEC 60947-2).

При рассмотрении однофазных цепей, питаемых от 3-фазной питающей сети 380/415 В, рекомендуется пользоваться таблицами для напряжения 230 В.

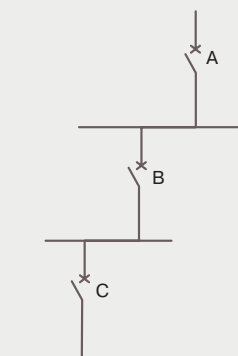
### Пример координации



# Координация устройств защиты (продолжение)

## РЕЗЕРВНАЯ ЗАЩИТА (продолжение)

### 3-уровневая координация устройств защиты



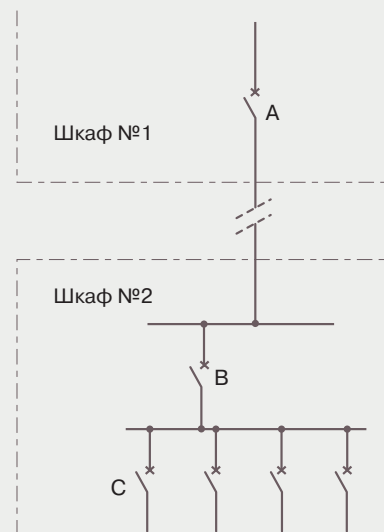
Координация может быть организована в трех уровнях, если выполняется одно из следующих условий:

- Расположенный в начале линии аппарат защиты А должен иметь отключающую способность, соответствующую месту его установки. Аппараты В и С скоординированы с аппаратом А. Необходимо убедиться, что сочетания В+А и С+А имеют достаточную отключающую способность. В этом случае нет необходимости проверять совместную работу аппаратов В и С.
- Координация выполняется между последовательно включенными аппаратами:
  - Расположенный в начале линии аппарат защиты А имеет отключающую способность, соответствующую месту его установки, аппарат С скоординирован с аппаратом В, а тот, в свою очередь, скоординирован с аппаратом А.
  - Легко убедиться, что сочетания С+В и В+А имеют необходимую отключающую способность. В этом случае нет необходимости проверять совместную работу аппаратов А и С.

### Координация распределительных щитов

Координация может выполняться как для аппаратов, расположенных в одном распределительном щите, так и в разных щитах.

Поэтому всегда возможно выгодно использовать преимущества координации аппаратов защиты, расположенных, например, в главном распределительном шкафу и во вторичных шкафах.



**Координация между плавкими предохранителями и автоматическими выключателями DX.**

**■ В 3-фазных питающих сетях (+ N) 400/415 В согласно ГОСТ 30030.2-99 (IEC 60947-2)**

Автоматические выключатели в конце линии		Плавкий предохранитель типа gG в начале линии	
		20 – 32 А	63 – 160 А
DX 6000 – 10 кА Характеристики срабатывания С и D	1 – 40 А	100	100
	50 – 125 А		100
DX-H 10000 – 25 кА Характеристики срабатывания В и С	2 – 40 А	100	100
	50 – 63 А		100
DX-L – 50 кА Характеристика срабатывания С	10 – 40 А	100	100
	50 – 63 А		100

**■ В 3-фазных питающих сетях (+ N) 230/240 В согласно ГОСТ 30030.2-99 (IEC 60947-2)**

Автоматические выключатели в конце линии		Плавкий предохранитель типа gG в начале линии	
		20 – 50 А	63 – 160 А
DX 6000 – 10 кА Характеристики срабатывания С и D	1 – 40 А	100	100
	50 – 125 А		100
DX-H 10000 – 25 кА Характеристики срабатывания В и С	2 – 40 А	100	100
	50 – 63 А		100
DX-L – 50 кА Характеристика срабатывания С	10 – 40 А	100	100
	50 – 63 А		100

# Координация устройств защиты (продолжение)

## РЕЗЕРВНАЯ ЗАЩИТА (продолжение)

- Координация автоматических выключателей (в кА) 3-фазных питающих сетях (+ N) 400/415 В согласно ГОСТ 30030.2-99 (IEC 60947-2)

	Автоматические выключатели в начале линии											
	DX-H $\overline{10000}$ – 25 кА Характеристики срабатывания В и С		DX-L		DPX-E 125	DPX 125	DPX/ DPX-H 160	DPX 250 ER				
Автоматические выключа- тели в конце линии	2 – 32 А	40 – 125 А	10 – 32 А	40 – 63 А	16 – 125 А	16 – 125 А	25 – 160 А	63 А	100 А	160 А	250 А	
DX $\overline{6000}$ – 10 кА Характеристики срабатывания С и D	1 – 20 А	25	12,5	50	25	16	25	25	25	25	25	25
	25 А	25	12,5	50	25	16	25	25	25	25	25	25
	32 А		12,5		25	16	25	25	25	25	25	25
	40 А		12,5		25	16	25	25	25	25	25	25
	50 А				25	16	25	20	25	25	20	20
	63 А					16	25	15		20	15	15
	80 А						20	25			20	20
	125 А							25			15	15
DX-H $\overline{10000}$ – 25 кА Характеристики срабатывания В и С	1 – 16 А			50	25	16	25	25	25	25	25	25
	20 А			50	25	16	25	20	25	25	25	25
	25 А				25	16	25	15	25	25	25	25
	32 А				25	16	25	20	25	25	25	25
	40 А				25	16	25	20	25	25	25	25
	50 А				25	16	25	15	25	25	20	20
DX $\overline{6000}$ – 15 кА Характеристика срабатывания D	63 А					16	25	25	25	20	15	15
DX-L – 50 кА Характеристика срабатывания С	10 – 63 А			50	50			50	50	50	50	50

	DPX/H/L 250		DPX/H/L 630	DPX/H/L 630 электронный		DPX/H/L 1250	DPX/H/L 1600
	160 A	250 A	250 – 400 A	160 – 400 A	630 A	500 – 1250 A	800 – 1600 A
	25	25	25	25	25	25	25
	25	25	25	25	25	20	20
	25	25	25	25	25	15	15
	25	20	20	20	20	15	12.5
	20	15	15	15	15	12.5	12.5
	15	15	15	15	15	12.5	
	20	20	20	20	20		
	20	20	20	20	20		
	15	15	15	15	10		
	25	25	25	25	25	25	25
	25	25	25	25	25	25	25
	25	25	25	25	25	20	20
	25	25	25	25	25	15	15
	25	20	20	20	20	15	15
	20	15	15	15	15	12.5	12.5
	15	15	15	15	15	12.5	12.5
	50	50	50	50	50	50	50

# Координация устройств защиты (продолжение)

## РЕЗЕРВНАЯ ЗАЩИТА (продолжение)

- Координация автоматических выключателей (в кА) 3-фазных питающих сетях (+ N) 230/240 В согласно ГОСТ 30030.2-99 (IEC 60947-2)

		Автоматические выключатели в начале линии										
		DX-H $\overline{10000}$ – 25 кА Характеристики срабатывания В и С		DX-L		DPX-E 125	DPX 125	DPX/ DPX-H 160	DPX 250 ER			
Автоматические выключатели в конце линии		2 – 32 А	40 – 125 А	10 – 32 А	40 – 63 А	16 – 125 А	16 – 125 А	25 – 160 А	63 А	100 А	160 А	250 А
DX $\overline{6000}$ – 10 кА Характеристики срабатывания В и С	1 – 20 А	50	25	50	25	22	35	35	50	50	50	50
	32 – 40 А		25		25	22	35	35	50	50	50	50
	50 А				25	16	25	25	36	36	36	36
	63 А					16	25	15		30	30	30
	80 А					16	25	25		25	25	25
	100 А					16	25	25			25	25
DX-H $\overline{10000}$ – 25 кА Характеристики срабатывания В и С DX 6000 – 15 кА Характеристика срабатывания D	1 – 40 А			50	25	22	35	35	50	50	50	50
	50 А				25	16	25	25	36	36	36	36
	63 А					16	25	25		30	30	30
DX-L – 50 кА Характеристика срабатывания С	10 – 63 А			70	70			70	70	70	70	70

Система заземления TT или TN:

В питающей электрической сети 230/400 В для определения отключающей способности расположенного в конце линии 2-полюсного выключателя, защищающего фазный и нулевой проводники (230 В) при наличии 2-х или 4-полюсного выключателя, следует использовать значения из таблицы для напряжения 230/240 В.

	DPX/H/L 250			DPX/H/L 630 электронный		DPX/H/L 1250	DPX/H/L 1600
	160 A	250 A	250 – 400 A	160 – 400 A	630 A	500 – 1250 A	800 – 1600 A
	50	50	50	50	50	50	50
	50	50	50	50	50	50	50
	36	30	30	30	25	25	25
	30	30	30	30	25	25	25
	25	25	25	25	20		
	25	25	25	25	20		
	25	25	25	25	20		
	50	50	50	50	50	50	50
	36	30	30	30	25	25	25
	25	30	30	30	25	25	25
	70	70	70	70		70	70

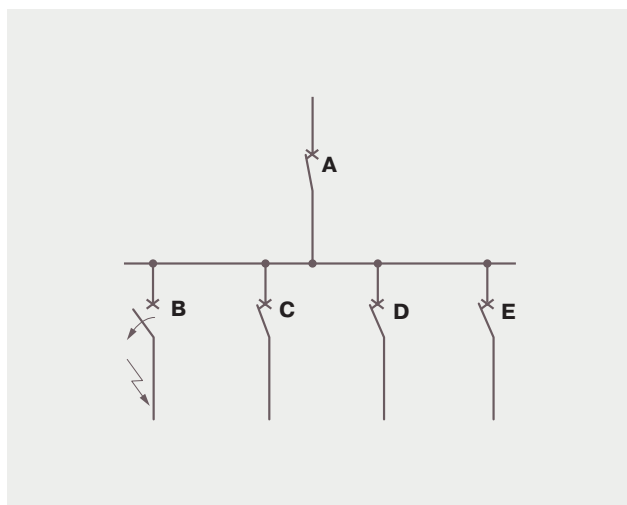
# Координация устройств защиты (продолжение)

## СЕЛЕКТИВНОСТЬ

**Селективность по сверхтокам – координация рабочих характеристик двух или нескольких устройств для защиты от сверхтоков с таким расчетом, чтобы в случае возникновения сверхтоков в пределах указанного диапазона срабатывало только устройство, предназначенное для оперирования в данном диапазоне, а прочие не срабатывали.**

Различаются последовательная селективность, когда через различные устройства для защиты от сверхтоков проходит практически одинаковый сверхток, и параллельная селективность, когда через тождественные защитные устройства проходят различные доли сверхтока.

Селективность между аппаратами А и В называется полной, если полностью определяется значением ожидаемого максимального тока короткого замыкания в месте установки аппарата В.



В таблицах, приведенных на следующих страницах, полная селективность, обозначаемая Т, означает, что имеет место селективность вплоть до значения отключающей способности аппарата В.

В остальных случаях селективность между аппаратами А и В называется частичной, поэтому вводится понятие предела селективности (его значения приводятся в таблицах ниже). Это значение тока короткого замыкания, ниже которого обязательно сработает выключатель В и при превышении которого может сработать выключатель А.

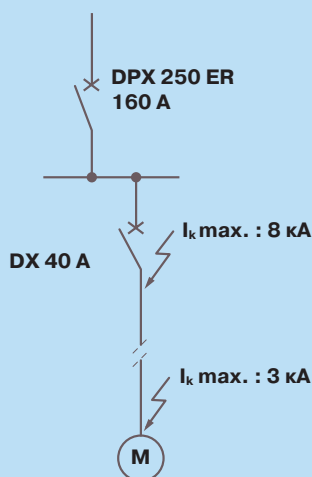
Виды селективности:

- **токовая селективность;**
- **временная селективность**, обеспечиваемая задержкой срабатывания выключателя, расположенного выше;
- **логическая селективность**, являющаяся вариантом временной селективности, используемой в электронных выключателях и осуществляемой через специальную связь между аппаратами.





Поскольку почти все неисправности в цепях появляются во время эксплуатации, то частичная селективность применима, если предел селективности выше значения тока короткого замыкания на конце линии. В этом случае говорят о рабочей селективности. Ее реализация часто весьма удобна, экономична и проста.



Предел селективности для совместно работающих автоматических выключателей DPX 250 ER (160 А) и DX 40 А (характеристика срабатывания С) 6 кА. Максимальный ток короткого замыкания в линии 8 кА, поэтому селективность не полная, а рабочая, так как ток короткого замыкания в точке подключения оборудования составляет только 3кА.

## Селективность по току

Селективность по току обеспечивается конструктивными различиями аппаратов.

### – Перегрузка

Для обеспечения селективности при перегрузке отношение уставок токов  $I_g$  должно быть не менее 2.

### – Короткое замыкание

Для обеспечения селективности при коротком замыкании отношение уставок защиты от коротких замыканий ( $I_m$ ) должно быть не менее 1,6.

Предел селективности равен уставке электромагнитного расцепителя  $I_m A$  аппарата, расположенного выше. Селективность в этом случае является полной до тех пор, пока  $I_k B$  меньше, чем  $I_m A$ .

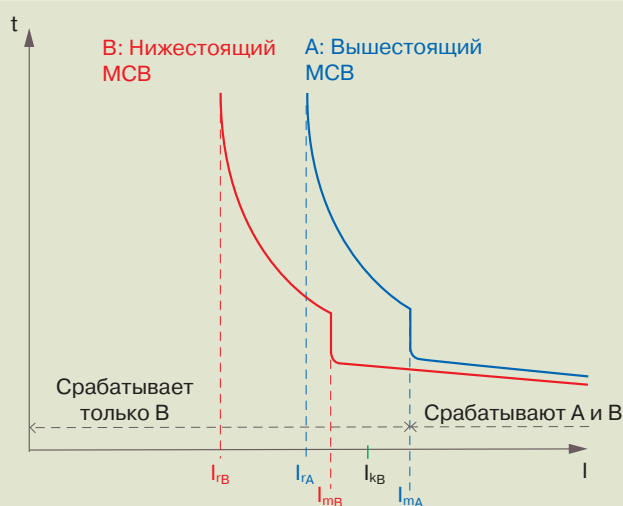
Селективность по току очень удобна для цепей, где токи короткого замыкания относительно невелики.

В других случаях вместе с селективностью по току можно использовать селективность по времени (см. стр. 129).

# Координация устройств защиты (продолжение)

## СЕЛЕКТИВНОСТЬ (продолжение)

### Селективность по току



$I_{kB}$ : Максимальный ток короткого замыкания в месте установки МСВ В

Для тока  $I_{kB}$  селективность является полной



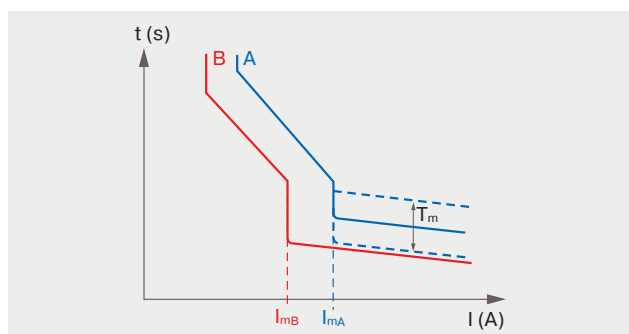
$I_{kB}$ : ожидаемый ток короткого замыкания в месте установки выключателя

$I'_{kB}$ : ток короткого замыкания, ограничиваемый аппаратом В

Если расположенный ниже выключатель В является токоограничивающим, он ограничивает ток короткого замыкания по времени и по амплитуде. При этом селективность является полной, если ограничиваемый ток  $I_{kB}$ , пропускаемый МСВ В, меньше, чем уставка МСВ А.

## Селективность по времени

Данная селективность основана на сдвиге по времени время-токовых характеристик автоматических выключателей соединенных последовательно. Она используется в дополнение к селективности по току, чтобы обеспечить селективность срабатывания за пределами уставки тока короткого замыкания  $I_{mA}$  расположенного выше выключателя.



Для обеспечения селективности по времени:

- должна быть возможность установки задержки срабатывания на расположенном выше выключателе;
- расположенный выше выключатель должен выдерживать ток короткого замыкания со всеми его воздействиями в течение всей задержки;
- кабели, через которые течет этот ток, должны выдерживать тепловое воздействие ( $I^2t$ ).

Время несрабатывания расположенного выше аппарата должно быть больше времени срабатывания (включая возможную задержку) аппарата, расположенного ниже.

В DPX имеется возможность задавать разные задержки срабатывания, что позволяет создавать несколько ступеней селективности.

## Логическая селективность

Реализуется между двумя аппаратами, объединенными специальной связью. Когда расположенный ниже МСВ обнаруживает неисправность, он посылает сигнал выключателю, расположенному выше, который начнет отсчет выдержки времени, равной 50 мс. Если за это время расположенный ниже выключатель не в состоянии ограничить воздействие неисправности,

то активизируется выключатель, расположенный выше. Электронные расцепители автоматических выключателей DPX обеспечивают выполнение логической селективности.

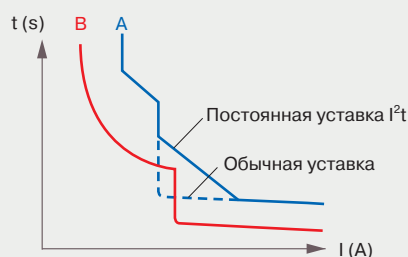
### Логическая селективность



Электронные расцепители имеют также функцию снижения нагрузки, заключающуюся в отключение второстепенных цепей в случае, если нагрузка защищаемой цепи составляет более 90%.

### Электронные расцепители ( $I^2t = \text{const}$ )

Селективность улучшается при использовании автоматических выключателей с электронными расцепителями, в которых  $I^2t = \text{const}$ , что позволяет избежать наложения характеристик.



# Координация устройств защиты (продолжение)

## СЕЛЕКТИВНОСТЬ DPX/DPX

Автоматический выключатель, расположенный выше

Автоматический выключатель, расположенный ниже	DPX In (A)	DPX 125 (16 кА) DPX 125 (25 кА) DPX 125 (36 кА)				DPX 160 (25 кА) DPX 160 (36 кА) DPX 160 (50 кА)		DPX 250ER (25 кА) DPX 250ER (36 кА) DPX 250ER (50 кА)			DPX 250 DPX-H 250 DPX-L 250			
		40	63	100	125	40	63	100	160	250	63	100	160	250
DPX	Ist. (кА)	0.8	0.95	1.25	1.25	0.4	0.63	1	1.6	2.5	0.63	1	1.6	2.5
DPX125 (16 кА)	16	0.8	1	1.2	1.2		0.63	1	1.6	2.5	0.63	1	1.6	2.5
	25	0.8	1	1.2	1.2			1	1.6	2.5		1	1.6	2.5
	40		1	1.2	1.2			1	1.6	2.5		1	1.6	2.5
	63			1.2	1.2				1.6	2.5			1.6	2.5
	100								1.6	2.5			1.6	2.5
DPX125 (25 кА)	16	0.8	1	1.2	1.2		0.63	1	1.6	2.5	0.63	1	1.6	2.5
	25	0.8	1	1.2	1.2			1	1.6	2.5		1	1.6	2.5
	40		1	1.2	1.2			1	1.6	2.5		1	1.6	2.5
	63			1.2	1.2				1.6	2.5			1.6	2.5
	100								1.6	2.5			1.6	2.5
DPX125 (36кА)	16	0.8	1	1.2	1.2		0.63	1	1.6	2.5	0.63	1	1.6	2.5
	25	0.8	1	1.2	1.2			1	1.6	2.5		1	1.6	2.5
	40		1	1.2	1.2			1	1.6	2.5		1	1.6	2.5
	63			1.2	1.2				1.6	2.5			1.6	2.5
	100								1.6	2.5			1.6	2.5
DPX160 DPX250ER (25 кА)	25					0.4	0.63	1	1.6	2.5	0.63	1	1.6	2.5
	40						0.63	1	1.6	2.5	0.63	1	1.6	2.5
	63							1	1.6	2.5		1	1.6	2.5
	100								1.6	2.5			1.6	2.5
	160									2.5				2.5
DPX160 DPX250ER (36 кА)	25					0.4	0.63	1	1.6	2.5	0.63	1	1.6	2.5
	40						0.63	1	1.6	2.5	0.63	1	1.6	2.5
	63							1	1.6	2.5		1	1.6	2.5
	100								1.6	2.5			1.6	2.5
	160									2.5				2.5
DPX160 DPX250ER (50 кА)	25					0.4	0.63	1	1.6	2.5	0.63	1	1.6	2.5
	40						0.63	1	1.6	2.5	0.63	1	1.6	2.5
	63							1	1.6	2.5		1	1.6	2.5
	100								1.6	2.5			1.6	2.5
	160									2.5				2.5
DPX250 (36 кА)	25													
	40													
	63											1	1.6	2.5
	100												1.6	2.5
	160													2.5
DPX250 S1 (36 кА)	40													
	63													
	100													
	160													
	250													

	DPX 630 DPX-H 630 DPX-L 630					DPX 1250 DPX-H 1250 DPX-L 1250				
	250	320	400	500	630	500	630	800	1000	1250
	2.5	3.2	4	5	6.3	5	6.3	8	6	7.5
	6	6	6	6	8	12	T	T	T	T
	6	6	6	6	8	12	T	T	T	T
	6	6	6	6	8	12	T	T	T	T
	6	6	6	6	8	12	T	T	T	T
	4	4	4	6	8	12	T	T	T	T
	4	4	4	6	8	12	T	T	T	T
	6	6	6	6	8	12	16	16	16	16
	6	6	6	6	8	12	16	16	16	16
	6	6	6	6	8	12	16	16	16	16
	6	6	6	6	8	12	16	16	16	16
	4	4	4	6	8	12	16	16	16	16
	4	4	4	6	8	12	16	16	16	16
	6	6	6	6	8	12	16	16	16	16
	6	6	6	6	8	12	16	16	16	16
	6	6	6	6	8	12	16	16	16	16
	6	6	6	6	8	12	16	16	16	16
	4	4	4	6	8	12	16	16	16	16
	4	4	4	6	8	12	16	16	16	16
	2.5	3.2	4	5	6.3	12	16	16	16	16
	2.5	3.2	4	5	6.3	12	16	16	16	16
	2.5	3.2	4	5	6.3	12	16	16	16	16
	2.5	3.2	4	5	6.3	12	16	16	16	16
	2.5	3.2	4	5	6.3	12	16	16	16	16
	2.5	3.2	4	5	6.3	12	16	16	16	16
	2.5	3.2	4	5	6.3	12	16	16	16	16
	2.5	3.2	4	5	6.3	12	16	16	16	16
	2.5	3.2	4	5	6.3	12	16	16	16	16
	2.5	3.2	4	5	6.3	12	16	16	16	16
	2.5	3.2	4	5	6.3	12	16	16	16	16
	2.5	3.2	4	5	6.3	12	16	16	16	16
	2.5	3.2	4	5	6.3	12	16	16	16	16
	2.5	3.2	4	5	6.3	12	16	16	16	16
	2.5	3.2	4	5	6.3	12	16	16	16	16
	2.5	3.2	4	5	6.3	12	16	16	16	16
	2.5	3.2	4	5	6.3	12	16	16	16	16
	2.5	3.2	4	5	6.3	12	16	16	16	16
		3.2	4	5	6.3	16		16	16	16
		3.2	4	5	6.3	16		16	16	16
		3.2	4	5	6.3	16		16	16	16
		3.2	4	5	6.3	16		16	16	16

# Координация устройств защиты (продолжение)

## СЕЛЕКТИВНОСТЬ DPX/DPX (продолжение)

Автоматический выключатель, расположенный выше

Автоматический выключатель, расположенный ниже	DPX In (A)	DPX 125 (16 кА) DPX 125 (25 кА) DPX 125 (36 кА)				DPX 160 (25 кА) DPX 160 (36 кА) DPX 160 (50 кА)		DPX 250ER (25 кА) DPX 250ER (36 кА) DPX 250ER (50 кА)			DPX 250 DPX-H 250 DPX-L 250			
		40	63	100	125	40	63	100	160	250	63	100	160	250
DPX	Ist. (кА)	0.8	0.95	1.25	1.25	0.4	0.63	1	1.6	2.5	0.63	1	1.6	2.5
DPX-H/L 250 (70/100 кА)	25										0.63	1	1.6	2.5
	40										0.63	1	1.6	2.5
	63										1	1.6	2.5	
	100											1.6	2.5	
	160												1.6	2.5
DPX-H/L 250 S1 (70/100 кА)	250													
	40													
	63													
	100													
DPX630 (36 кА)	160													
	250													
	320													
	400													
DPX-H/L 630 (70/100 кА)	500													
	630													
	250													
	320													
DPX630 S1/S2/Sg (36 кА)	400													
	630													
	160													
	250													
DPX-H/L 630 S1/ S2/Sg (70/100 кА)	400													
	630													
	500													
	630													
DPX1250 (50 кА)	1250													
	1000													
	800													
	630													
	500													
DPX-H/L 1250 (70/100 кА)	1250													
	1000													
	800													
	630													
DPX/DPX-H 1600 S1 (50/70 кА)	800													
	630													
DPX/DPX-H 1600 S2/Sg (50/70 кА)	800													
	630													
DPX/DPX-H 1600 S1/ S2/Sg (50/70 кА)	1600													
	1250													

	DPX 630 DPX-H 630 DPX-L 630					DPX 1250 DPX-H 1250 DPX-L 1250				
	250	320	400	500	630	500	630	800	1000	1250
	2.5	3.2	4	5	6.3	5	6.3	8	6	7.5
	2.5	3.2	4	5	6.3	12	16	16	16	16
	2.5	3.2	4	5	6.3	12	16	16	16	16
	2.5	3.2	4	5	6.3	12	16	16	16	16
	2.5	3.2	4	5	6.3	12	16	16	16	16
	2.5	3.2	4	5	6.3	12	16	16	16	16
		3.2	4	5	6.3	12	16	16	16	16
		3.2	4	5	6.3	16		16	16	16
		3.2	4	5	6.3	16		16	16	16
		3.2	4	5	6.3	16		16	16	16
		3.2	4	5	6.3	16		16	16	16
		3.2	4	5	6.3	10	10	10	10	10
			4	5	6.3	10	10	10	10	10
				5	6.3	10	10	10	6	7.5
					6.3		10	10	6	7.5
								10	6	7.5
		3.2	4	5	6.3	10	10	10	10	10
			4	5	6.3	10	10	10	10	10
				5	6.3	10	10	10	6	7.5
					6.3		10	10	6	7.5
								10	6	7.5
					6.3	6.3		8	6	8
					6.3	6.3		8	6	8
					6.3	6.3		8	6	8
								8	6	8
					6.3	6.3		8	6	8
					6.3	6.3		8	6	8
								8	6	8
								8	6	8
							5	8	7.5	7.5
								8	7.5	7.5
									7.5	7.5
										7.5
							5	8	7.5	7.5
								8	7.5	7.5
									7.5	7.5
										7.5

# Координация устройств защиты (продолжение)

## СЕЛЕКТИВНОСТЬ ЭЛЕКТРОННЫХ DPX

Автоматический выключатель, расположенный выше (SEL = LOW)

Автоматический выключатель, расположенный ниже	DPX In (A)	DPX 250 S1 (36 кА) DPX-H 250 S1 (70 кА) DPX-L 250 S1 (70 кА)					DPX 630 S1/S2/Sg (36 кА) DPX-H 630 S1/S2/Sg (70 кА)				DPX/DPX-H 1600 S1 (50/70 кА)		DPX/DPX-H 1600 S2.Sg (50/70 кА)		DPX/DPX-H 1600 S1.S2.Sg (50/70 кА)	
		40	63	100	160	250	160	250	400	630	630	800	630	800	1250	1600
DPX	Ist. (кА)	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	5	5	5	5	10	10	10	10	15	20
DPX125 (16 кА)	16	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	8	8	8	8	T	T	T	T	T	T
	25	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	8	8	8	8	T	T	T	T	T	T
	40		3.5	3.5	3.5	3.5	6	6	6	6	T	T	T	T	T	T
	63			3.5	3.5	3.5	6	6	6	6	T	T	T	T	T	T
	100				3.5	3.5	6	6	6	6	T	T	T	T	T	T
DPX125 (25 кА)	16	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	8	8	8	8	T	T	T	T	T	T
	25	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	8	8	8	8	T	T	T	T	T	T
	40		3.5	3.5	3.5	3.5	6	6	6	6	T	T	T	T	T	T
	63			3.5	3.5	3.5	6	6	6	6	T	T	T	T	T	T
	100				3.5	3.5	6	6	6	6	T	T	T	T	T	T
DPX125 (36 кА)	16	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	8	8	8	8	25	25	T	T	T	T
	25	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	8	8	8	8	25	25	T	T	T	T
	40		3.5	3.5	3.5	3.5	6	6	6	6	25	25	T	T	T	T
	63			3.5	3.5	3.5	6	6	6	6	25	25	T	T	T	T
	100				3.5	3.5	6	6	6	6	25	25	T	T	T	T
DPX160 DPX250ER (25 кА)	25	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	8	8	8	8	20	20	T	T	T	T
	40		3.5	3.5	3.5	3.5	8	8	8	8	20	20	T	T	T	T
	63			3.5	3.5	3.5	6	6	6	6	20	20	T	T	T	T
	100				3.5	3.5	6	6	6	6	20	20	T	T	T	T
	160					3.5		6	6	6	20	20	T	T	T	T
DPX160 DPX250ER (36 кА)	25	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	8	8	8	8	20	20	T	T	T	T
	40		3.5	3.5	3.5	3.5	8	8	8	8	20	20	T	T	T	T
	63			3.5	3.5	3.5	6	6	6	6	20	20	T	T	T	T
	100				3.5	3.5	6	6	6	6	20	20	T	T	T	T
	160					3.5		6	6	6	20	20	T	T	T	T
DPX160 DPX250ER (50 кА)	25	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	8	8	8	8	20	20	T	T	T	T
	40		3.5	3.5	3.5	3.5	8	8	8	8	20	20	T	T	T	T
	63			3.5	3.5	3.5	6	6	6	6	20	20	T	T	T	T
	100				3.5	3.5	6	6	6	6	20	20	T	T	T	T
	160					3.5		6	6	6	20	20	T	T	T	T
DPX250 (36 кА)	25	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	8	8	8	8	20	20	T	T	T	T
	40		3.5	3.5	3.5	3.5	8	8	8	8	20	20	T	T	T	T
	63			3.5	3.5	3.5	6	8	8	8	20	20	T	T	T	T
	100				3.5	3.5	6	8	8	8	20	20	T	T	T	T
	160					3.5		8	8	8	20	20	T	T	T	T
DPX250 S1 (36 кА)	40		0.63	1	1.6	2.5	8	8	8	8	20	20	T	T	T	T
	63			1	1.6	2.5	6	6	8	8	20	20	T	T	T	T
	100				1.6	2.5	6	6	8	8	20	20	T	T	T	T
	160					2.5		6	8	8	20	20	T	T	T	T
	250							6	6	6	20	20	T	T	T	T



**Предохранитель, расположенный выше**

Автоматические выключатели, расположенные ниже	Типа gG		
	250 А	400 А	1000 А
DPX 125	7500		
DPX 160		10000	
DPX 250 ER		10000	
DPX 250		10000	
DPX 630			50000

**Автоматический выключатель, расположенный выше (SEL = LOW)**

Автоматический выключатель, расположенный ниже	DPX	DPX 250 S1 (36 кА) DPX-H 250 S1 (70 кА) DPX-L 250 S1 (70 кА)					DPX 630 S1/S2/Sg (36 кА) DPX-H 630 S1/S2/Sg (70 кА) DPX-H 630 S1/S2/Sg (70 кА)				DPX/DPX-H 1600 S1 (50/70 кА)		DPX/DPX-H 1600 S2.Sg (50/70 кА)		DPX/DPX-H 1600 S1.S2.Sg (50/70 кА)	
		In (A)	40	63	100	160	250	160	250	400	630	630	800	630	800	1250
DPX	Ist. (кА)	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	5	5	5	5	10	10	10	10	15	20
DPX-H/L 250 (70/100 кА)	25	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	8	8	8	8	20	20	30	30	30	36
	40		3.5	3.5	3.5	3.5	8	8	8	8	20	20	30	30	30	36
	63			3.5	3.5	3.5	6	8	8	8	20	20	30	30	30	36
	100				3.5	3.5	6	8	8	8	20	20	30	30	30	36
	160					3.5		8	8	8	20	20	30	30	30	36
DPX-H/L 250 S1 (70/100 кА)	40		0.63	1	1.6	2.5	8	8	8	8	20	20	30	30	30	36
	63			1	1.6	2.5	6	6	6	6	20	20	30	30	30	36
	100				1.6	2.5	6	6	6	6	20	20	30	30	30	36
	160					2.5		6	6	6	20	20	30	30	30	36
	250								6	6	20	20	30	30	30	36
DPX630 (36 кА)	250								6	6	15	15	20	20	20	T
	320								6	6	15	15	20	20	20	T
	400									6	15	15	20	20	20	T
	500										10	10	20	20	20	T
	630											10		20	20	T
DPX-H/L 630 (70/100 кА)	250								6	6	15	15	20	20	20	36
	320								6	6	15	15	20	20	20	36
	400									6	15	15	20	20	20	36
	500										10	10	20	20	20	36
	630											10		20	20	36
DPX630 S1/S2/Sg (36 кА)	160							5	5	5	15	15	20	20	20	T
	250								5	5	15	15	20	20	20	T
	400									5	15	15	20	20	20	T
	630											15		20	20	T
DPX-H/L 630 S1/S2/Sg (70/100 кА)	160							5	5	5	15	15	20	20	20	36
	250								5	5	15	15	20	20	20	36
	400									5	15	15	20	20	20	36
	630											15		20	20	36
DPX1250 (50 кА)	500										15	15	20	20	20	20
	630											15		20	20	20
	800														20	20
	1000														20	20
	1250														20	20
DPX-H/L 1250 (70/100 кА)	500										15	15	20	20	20	20
	630											15		20	20	20
	800														20	20
	1000														20	20
DPX/DPX-H 1600 S1 (50/70 кА)	630											15		15	15	20
	800														15	20
DPX/DPX-H 1600 S2/Sg (50/70 кА)	630											15		15	15	20
	800														15	20
DPX/DPX-H 1600 S1/S2/Sg (50/70 кА)	1250															20
	1600															20

# Координация устройств защиты (продолжение)

## СЕЛЕКТИВНОСТЬ ЭЛЕКТРОННЫХ DPX (продолжение)

Автоматический выключатель, расположенный выше (SEL = HIGH)

Автоматический выключатель, расположенный ниже	DPX In (A)	DPX 250 S1 (36 кА) DPX-H 250 S1 (70 кА) DPX-L 250 S1 (70 кА)					DPX 630 S1/S2/Sg (36 кА) DPX-H 630 S1/S2/Sg (70 кА)				DPX/DPX-H 1600 S1 (50/70 кА)		DPX/DPX-H 1600 S2.Sg (50/70 кА)		DPX/DPX-H 1600 S1.S2.Sg (50/70 кА)	
		40	63	100	160	250	160	250	400	630	630	800	630	800	1250	1600
DPX	Ist. (кА)	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	5	5	5	5	10	10	10	10	15	20
DPX125 (16 кА)	16						T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
	25						T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
	40						T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
	63						T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
	100						T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
	125						T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
DPX125 (25 кА)	16						T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
	25						T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
	40						T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
	63						T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
	100						T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
	125						T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
DPX125 (36 кА)	16						T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
	25						T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
	40						T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
	63						T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
	100						T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
	125						T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
DPX160 DPX250ER (25 кА)	25						T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
	40						T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
	63						T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
	100						T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
	160							T	T	T	T	T	T	T	T	T
	250							T	T	T	T	T	T	T	T	T
DPX160 DPX250ER (36 кА)	25						T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
	40						T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
	63						T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
	100						T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
	160							T	T	T	T	T	T	T	T	T
	250							T	T	T	T	T	T	T	T	T
DPX160 DPX250ER (50 кА)	25						36	36	36	36	36	36	36	36	36	36
	40						36	36	36	36	36	36	36	36	36	36
	63						36	36	36	36	36	36	36	36	36	36
	100						36	36	36	36	36	36	36	36	36	36
	160							36	36	36	36	36	36	36	36	36
	250							36	36	36	36	36	36	36	36	36
DPX250 (36 кА)	25						T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
	40						T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
	63						T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
	100						T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
	160							T	T	T	T	T	T	T	T	T
	250							T	T	T	T	T	T	T	T	T
DPX250 S1 (36 кА)	40						T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
	63						T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
	100						T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
	160							T	T	T	T	T	T	T	T	T

Автоматический выключатель, расположенный выше (SEL = HIGH)

Автоматический выключатель, расположенный ниже	DPX In (A)	DPX 250 S1 (36 кА) DPX-H 250 S1 (70 кА) DPX-L 250 S1 (70 кА)					DPX 630 S1/S2/Sg (36 кА) DPX-H 630 S1/S2/Sg (70 кА) DPX-H 630 S1/S2/Sg (70 кА)				DPX/DPX-H 1600 S1 (50/70 кА)		DPX/DPX-H 1600 S2.Sg (50/70 кА)		DPX/DPX-H 1600 S1.S2.Sg (50/70 кА)	
		40	63	100	160	250	160	250	400	630	630	800	630	800	1250	1600
DPX	lst. (кА)	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	5	5	5	5	10	10	10	10	15	20
DPX-H/L 250 (70/100 кА)	25						36	36	36	36	36	36	36	36	36	36
	40						36	36	36	36	36	36	36	36	36	36
	63						36	36	36	36	36	36	36	36	36	36
	100						36	36	36	36	36	36	36	36	36	36
	160							36	36	36	36	36	36	36	36	36
DPX-H/L 250 S1 (70/100 кА)	250								36	36	36	36	36	36	36	36
	40						36	36	36	36	36	36	36	36	36	36
	63						36	36	36	36	36	36	36	36	36	36
	100						36	36	36	36	36	36	36	36	36	36
DPX630 (36 кА)	160															
	250															
	320															
	400															
	500															
DPX-H/L 630 (70/100 кА)	630															
	250															
	320								25	25	36	36	36	36	36	36
	400								25	25	36	36	36	36	36	36
	500								25	25	36	36	36	36	36	36
DPX630 S1/S2/Sg (36 кА)	630															
	160															
	250															
	400															
DPX-H/L 630 S1/ S2/Sg (70/100 кА)	630															
	160															
	250								25	25	36	36	36	36	36	36
	400								25	25	36	36	36	36	36	36
DPX1250 (50 кА)	630															
	500															
	800															
	1000															
	1250															
DPX-H/L 1250 (70/100 кА)	500															
	630															
	800															
	1000															
	1250															
DPX/DPX-H 1600 S1 (50/70 кА)	630															
	800															
DPX/DPX-H 1600 S2/Sg (50/70 кА)	630															
	800															
DPX/DPX-H 1600 S1/ S2/Sg (50/70 кА)	1250															
	1600															

# Координация устройств защиты (продолжение)

## СЕЛЕКТИВНОСТЬ DPX/DX ИЛИ LR

Автоматический выключатель, расположенный выше

Автоматический выключатель, расположенный ниже		DPX														
		DPX 125				DPX 160			DPX 250 ER				DPX/H/L 250			
		40 A	63 A	100 A	125 A	63 A	100 A	160 A	63 A	100 A	160 A	250 A	63 A	100 A	160 A	250 A
LR 6000 DX 6000 – 6 кА DX 6000 – 10 кА DX-H 10000 – 25 кА Характеристика срабатывания C	1 – 4 A	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
	6 A	6000	6000	T	T	T	T	T	T	T	T	T	6000	T	T	T
	10 A	5000	5000	7500	7500	5000	T	T	5000	T	T	T	5000	T	T	T
	13 A	4000	4000	6000	6000	5000	T	T	5000	T	T	T	4000	T	T	T
	16 A	4000	4000	6000	6000	4000	T	T	4000	T	T	T	4000	T	T	T
	20 A	3000	3000	5000	5000	4000	8000	T	4000	8000	T	T	4000	8000	T	T
	25 A	3000	3000	4500	4500	3000	6000	8500	3000	6000	8500	T	3000	6000	T	T
	32 A		2000	4000	4000	2000	5000	7000	2000	5000	7000	T	2000	5000	T	T
	40 A		2000	3000	3000	2000	4000	6000	2000	4000	6000	T	2000	5000	T	T
	50 A			3000	3000		4000	5500		4000	5500	7000		4000	8000	T
	63 A			3000	3000		3000	5000		3000	5000	6000		4000	8000	T
	80 A				2000		2500	5000		2500	5000	6000			8000	T
	100 A							4000			4000	5000			7500	T
125 A							2000			2000	3000			3000	8000	
DX 6000 Характеристика срабатывания D	1 – 4 A	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
	6 A	6000	6000	T	T	4000	T	T	4000	T	T	T	6000	T	T	T
	10 A	5000	5000	7500	7500	4000	T	T	4000	T	T	T	5000	T	T	T
	13 A	4000	4000	6000	6000	4000	T	T	4000	T	T	T	4000	T	T	T
	16 A	4000	4000	6000	6000	3500	6000	T	3500	6000	T	T	4000	T	T	T
	20 A	3000	3000	5000	5000	3500	6000	T	3500	6000	T	T	4000	8000	T	T
	25 A	3000	3000	4500	4500	2500	5500	8500	2500	5500	8500	T	3000	6000	T	T
	32 A		2000	4000	4000	2500	5000	7000	2500	5000	7000	T	2000	5000	T	T
	40 A		2000	3000	3000	2000	4500	6000	2000	4500	6000	T	2000	5000	T	T
	50 A			3000	3000		3500	5000		3500	5000	T		4000	8000	T
	63 A			3000	3000		3500	5000		3500	5000	6000		4000	8000	T
	80 A				1500			4000			4000	5000			7000	T
	100 A							3000			3000	4000			6500	T
125 A							1500			1500	2000			2000	7000	
LR 6000 DX 6000 – 6 кА DX 6000 – 10 кА DX-H 10000 – 25 кА Характеристика срабатывания B	1 – 4 A	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
	6 A	6000	6000	10000	10000	T	T	T	T	T	T	T	6000	T	T	T
	10 A	5000	5000	7500	7500	7000	T	T	7000	T	T	T	5000	T	T	T
	13 A	4000	4000	6000	6000	7000	T	T	7000	T	T	T	4000	T	T	T
	16 A	4000	4000	6000	6000	5500	9500	T	5500	9500	T	T	4000	T	T	T
	20 A	3000	3000	5000	5000	5500	8500	10000	5500	8500	10000	T	3000	8000	T	T
	25 A	3000	3000	4500	4500	4500	7000	8500	4500	7000	8500	T	3000	6000	T	T
	32 A		2000	4000	4000	4500	5500	7000	4500	5500	7000	T	2000	5000	T	T
	40 A		2000	3000	3000		5500	6000		5500	6000	T	2000	5000	T	T
	50 A			3000	3000		4500	5500		4500	5500	10000		4000	8000	T
63 A			3000	3000		4500	5000		4500	5000	8000		4000	8000	T	
DX-H 25000 – 50 кА Характеристика срабатывания C	10 A	30000	30000	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
	16 A	20000	20000	35000	35000	20000	T	T	20000	T	T	T		40000	T	T
	20 A	15000	15000	25000	25000	15000	22000	T	15000	22000	T	T		33000	T	T
	25 A	12000	12000	20000	20000	12000	18000	T	12000	18000	T	T		28000	T	T
	32 A		9000	15000	15000	9000	13000	T	9000	13000	T	T		20000	T	T
	40 A		6000	10000	10000	6000	8000	20000	6000	8000	20000	25000		13000	T	T
	50 A			5000	5000		4000	10000		4000	10000	20000		8000	20000	T
63 A			5000	5000		4000	10000		4000	10000	15000		8000	20000	T	

T – полная селективность, вплоть до значения отключающей способности автоматического выключателя, расположенного ниже (согласно IEC 60947-2)



# Координация устройств защиты (окончание)

## СЕЛЕКТИВНОСТЬ (продолжение)

### Таблицы селективности

#### DMX/DMX

		Вышестоящий DMX				
		1600 A	2000 A	2500 A	3200 A	4000 A
Нижестоящий DMX	800 A	T	T	T	T	T
	1000 A		T	T	T	T
	1250 A			T	T	T
	1600 A				T	T
	2000 A					T
	2500 A					
	3200 A					
	4000 A					

#### DMX/DPX

		Вышестоящий DMX								
		800 A	1000 A	1250 A	1600 A	2000 A	2500 A	3200 A	4000 A	
Нижестоящий DPX	DPX 125	T	T	T	T	T	T	T	T	
	DPX 160	T	T	T	T	T	T	T	T	
	DPX 250	T	T	T	T	T	T	T	T	
	DPX 250 ER	T	T	T	T	T	T	T	T	
	< 400 A	< 400 A	T	T	T	T	T	T	T	T
		400 A	T	T	T	T	T	T	T	T
		630 A			T	T	T	T	T	T
	DPX 1600	800 A				T	T	T	T	T
		1250 A							T	T
		1600 A							T	T
		1600 A								

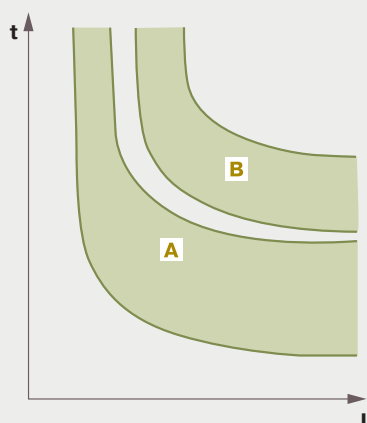
T – полная селективность, вплоть до значения отключающей способности автоматического выключателя, расположенного ниже (согласно IEC 60947-2)

## СЕЛЕКТИВНОСТЬ МЕЖДУ АППАРАТАМИ ЗАЩИТЫ, УПРАВЛЯЕМЫМИ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫМ ТОКОМ

Условия координации устройств защиты, управляемых дифференциальным током, определены стандартом IEC 60364. При обеспечении максимальной безопасности эти условия позволяют продолжить работу тех частей оборудования, которые не подверглись повреждениям.

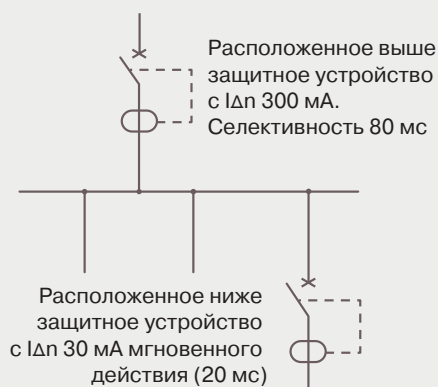
Для обеспечения селективности между двумя устройствами защиты, управляемыми дифференциальным током, необходимо, чтобы область несрабатывания, определяемая время-токовой характеристикой аппарата защиты, расположенного выше, проходила выше области несрабатывания, определяемой время-токовой характеристикой аппарата защиты, расположенного ниже.

### Полная селективность между расположенным выше аппаратом (А) и расположенным ниже аппаратом (В)

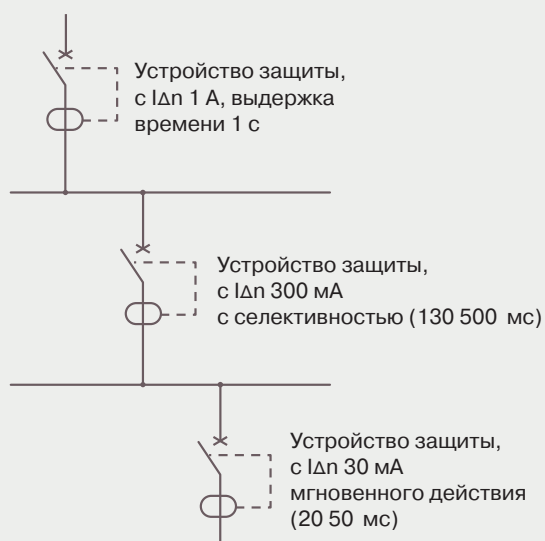


На практике, аппарат, расположенный выше, должен иметь в 2-3 раза большую уставку и как минимум в 3 раза большее время отключения при  $I_{\Delta n}$ , чем аппарат, расположенный ниже. Выдержка времени более 1 с обычно не допускается.

### 2-уровневая селективность



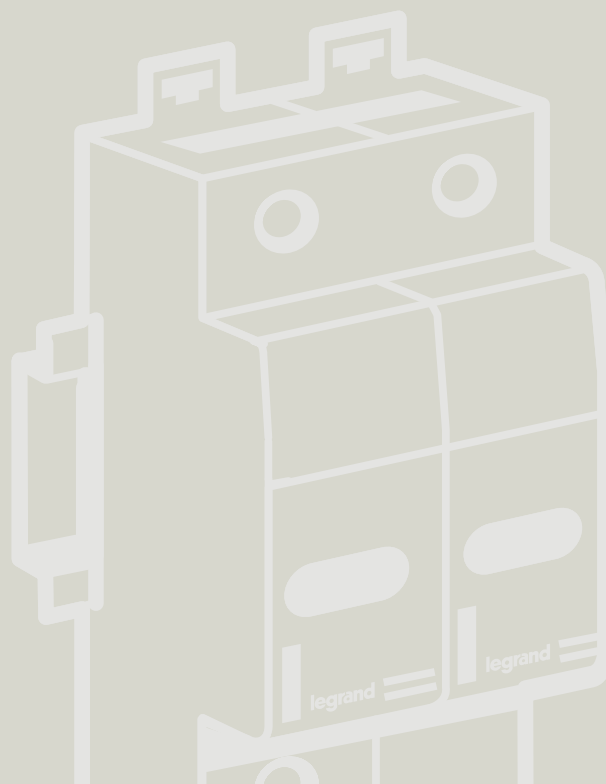
### 3-уровневая селективность



# Защита от перенапряжений (УЗИП)

Удары молний наносят  
существенный ущерб  
во всем мире.

Молния – природное явление,  
разрушительное воздействие  
которого на промышленное  
и бытовое оборудование  
постоянно растет.



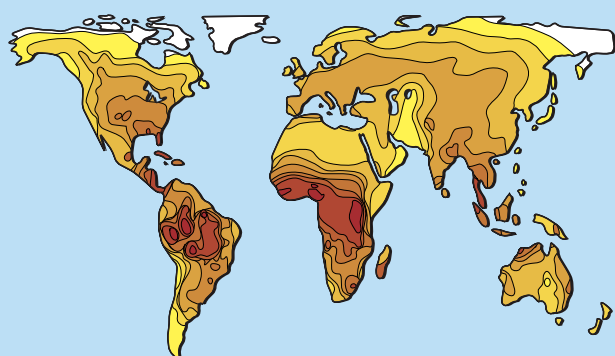


## ГРОВОЙ РАЗРЯД, ЕГО ДЕЙСТВИЕ И ПОСЛЕДСТВИЯ

В силу своей природы, грозовые разряды очень часто имеют драматические последствия для электрических установок. Знание этого явления существенно для оценки риска и выбора наилучшего оборудования для защиты.



### Вероятность воздействия грозового разряда: среднегодовое количество гроз



0 - 1	40 - 59
2 - 4	60 - 79
5 - 9	80 - 99
10 - 19	100 - 139
20 - 39	140 - 200 +

### ЯВЛЕНИЕ ГРОВОГО РАЗРЯДА

Грозовой разряд – это чрезвычайно мощный электрический разряд, вызванный нарушением равенства потенциалов облаков или облака и земли. Токи в молниях достигают 10-100 кА, нарастая за считанные микросекунды.

Грозовой разряд может причинить значительный ущерб.

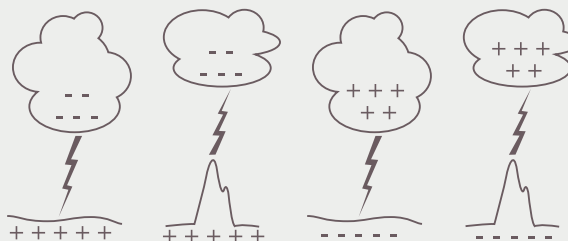
– Грозовой разряд «облако-земля»: сначала «ступенчатый лидер» прокладывает проводящий канал, спускающийся от облака к земле. По этому каналу в обратном направлении и происходит разряд.

– Грозовой разряд «земля-облако»: «лидер» поднимается к облаку от точки, связанной с землей (дерево, сооружение, молниеотвод и т.д.).

Разряд происходит в обратном направлении, сопровождается световой вспышкой (молнией) и звуком (громом). Ток грозового разряда достигает сотен килоампер.

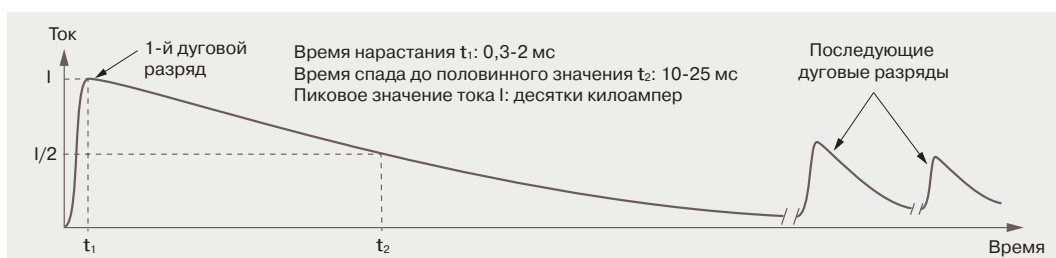
### Различные типы грозовых разрядов на землю

В зависимости от направления развития разряда и знака заряда различают четыре типа грозовых разрядов на землю



Отрицательный облако-земля      Положительный земля-облако      Положительный облако-земля      Отрицательный земля-облако

Типичная форма тока грозового разряда



# Устройства для защиты от перенапряжений (продолжение)

## ГРОВОЙ РАЗРЯД, ЕГО ДЕЙСТВИЕ И ПОСЛЕДСТВИЯ (продолжение)

Грозовой разряд прямо или косвенно порождает следующие эффекты:

- тепловой (вспышки, пожары);
- электродинамический (ослабление контактных зажимов);
- возрастание потенциала поверхности земли (угроза смерти от удара током);
- перенапряжения в несколько тысяч вольт и разрушительные наведенные токи (повреждения электрического и электронного оборудования, сбои в его работе).

### ПРЯМЫЕ ЭФФЕКТЫ

В месте удара грозовой разряд порождает:

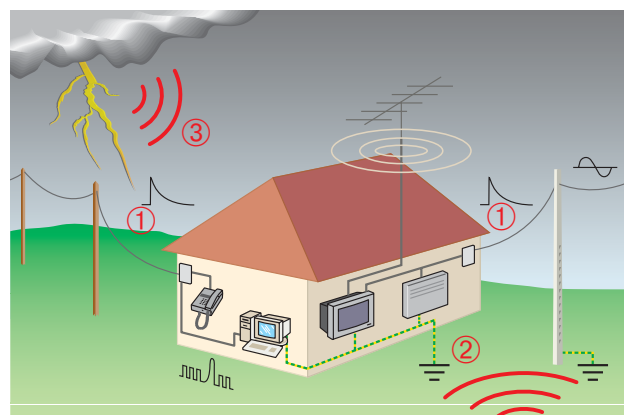
- прямой тепловой эффект (плавление, огонь), вызываемый электрической дугой;
- тепловой и электродинамический эффекты из-за прохождения тока грозowego разряда;
- взрывной эффект (ударная волна) из-за резкого расширения воздуха.



### КОСВЕННЫЕ ЭФФЕКТЫ

Ток грозowego разряда и его воздействия могут достигать оборудования тремя путями:

- по воздушным линиям (электричество, связь, телевидение и т.д.) ①
- по земле, за счет повышения ее потенциала и попадания его на устройства заземления ②
- с наведением токов в замкнутых контурах оборудования ③

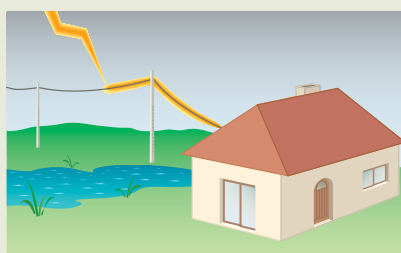
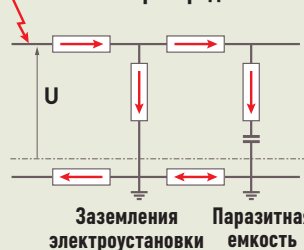


Ток грозowego разряда создает перенапряжения в токоведущих кабелях ① и в заземляющих проводниках ② или через индуктивное и емкостное сопротивление непосредственно в питающей сети ③, что вызывает повреждение подсоединенного электрического и электронного оборудования.

Индуктивный эффект грозowego разряда ощутим в радиусе 1 км, гальванический – в радиусе более 10 км.

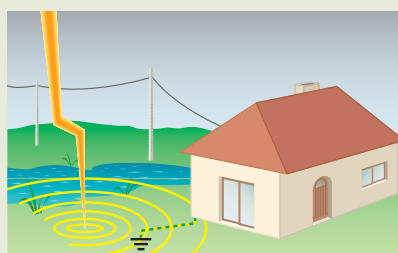
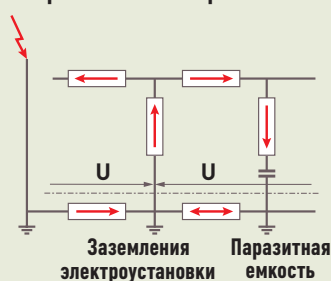
## Упрощенные электрические модели перенапряжений, вызванных грозовыми разрядами

**Перенапряжения на входе линий электропередачи**



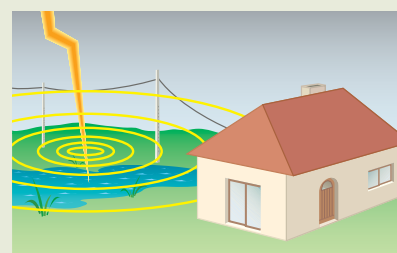
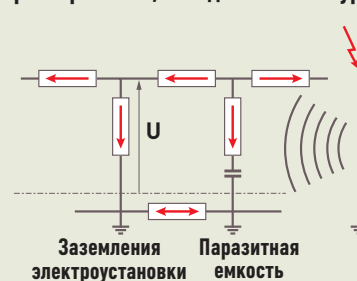
При ударе молнии в воздушные линии электропередачи в высоковольтных и низковольтных сетях возникают перенапряжения в несколько тысяч вольт.

**Проникновение через землю**



Удар молнии в землю вызывает возрастание потенциала земли, распространяющегося к оборудованию.

**Перенапряжение, наведенное в контуре**



При грозовом разряде возникает электромагнитное поле с широким спектром частот, наводящее в контурах оборудования токи, достигающие разрушительных величин.

## КАК ОЦЕНИТЬ РИСК УДАРА МОЛНИИ

Последствия ударов молний и вероятность поражения этими ударами данного места можно оценить, проведя анализ рисков.

Для этого надо учесть следующее:

- метеорологические риски и статистику гроз в данном месте;
- географические особенности данного места;
- характер местности;
- что подлежит защите.

Тогда для данного места возможно более точно оценить требуемый уровень защиты, исходя из следующих рисков:

- внешняя «подводка» к данному месту (электричество, связь и т.д.);

- конструкция и размеры сооружений, а также их назначение (общественные здания, установки для защиты окружающей среды);
- последствия, связанные с рисками (для окружающей среды, людей, финансовые и т.д.);
- чувствительность оборудования (электронного, компьютеров и т.д.);
- стратегическую важность оборудования (коммунальные службы, транспорт, военная и гражданская безопасность и т.д.);
- приемлемая степень повреждений, их цена, последствия в зависимости от варианта защиты.

# Устройства для защиты от перенапряжений (продолжение)

## ЗАЩИТА ОТ ВОЗДЕЙСТВИЯ ГРОВОУХ РАЗРЯДОВ (МОЛНИЕЗАЩИТА)

Защита в основном базируется на следующем:

- Улавливание и отвод тока разряда в землю;
- Применение средств защиты от импульсных перенапряжений;
- Использование пассивной защиты электроустановки.

Пассивная защита оборудования (плохая, хорошая) определяется его составом и конфигурацией самой электроустановки (типом системы заземления, площадью, уровнем эквипотенциальности и т.д.).

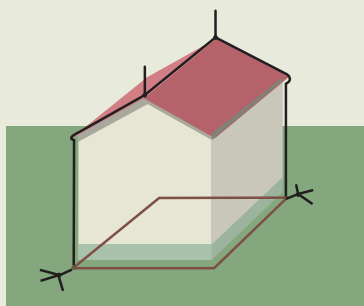
### ПРЯМОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ

Защита от прямого воздействия основана на улавливании тока грозового разряда и отводе его в землю (молниеотводы, молниеуловители и т.д.)

### Молниеотводы

Защищают от прямых ударов молний. Улавливая и отводя ток грозового разряда в землю, защищают оборудование от прямого воздействия этого тока. Существуют четыре типа молниеотводов.

#### Стержневые молниеотводы (франклиновские)



Состоит из наконечника, одного или нескольких нисходящих проводников и заземлителя

#### Молниеотводы с устройством искрового перекрытия



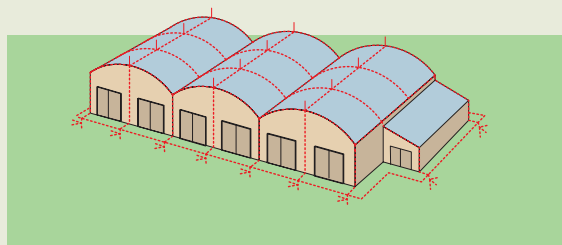
Эти молниеотводы оснащены устройством, создающим на его конце электрическое поле

#### Тросовые молниеотводы



Молниеотводы такой конструкции используются в верхней части определенных зданий, открытых складских площадок, линий электропередач (защитный трос заземления) и т.д.

#### Молниеприемные сетки



Состоят из сетки проводников, расположенных вокруг здания таким образом, что здание целиком находится внутри этой сетки. К данной сетке могут быть добавлены стержневые улавливатели, равномерно расположенные вокруг выступающих частей сооружения. Все указанные проводники соединены между собой и через несколько нисходящих проводников — с контуром заземления. Уровень защиты определяется частотой сетки. Если в сооружении имеется сетчатая защита от внешних электромагнитных полей, то она должна быть соединена с молниеприемной сеткой.

## Электрогеометрическая модель

После оценки риска удара молнии и его возможных последствий (в экономическом плане) требуется выбрать молниеотвод и определить, как он будет установлен в данном месте.

При этом надо учитывать, что молния «имеет привычку» ударять не в любые части сооружений и оборудования, а в некоторые характерные точки. Для определения этих точек используется так называемый «электрогеометрический» метод, определяющий круговую зону, защищаемую молниеотводом в момент первого дугового разряда. Чем выше ток этого первого разряда, тем выше вероятность улавливания молнии и шире зона защиты.



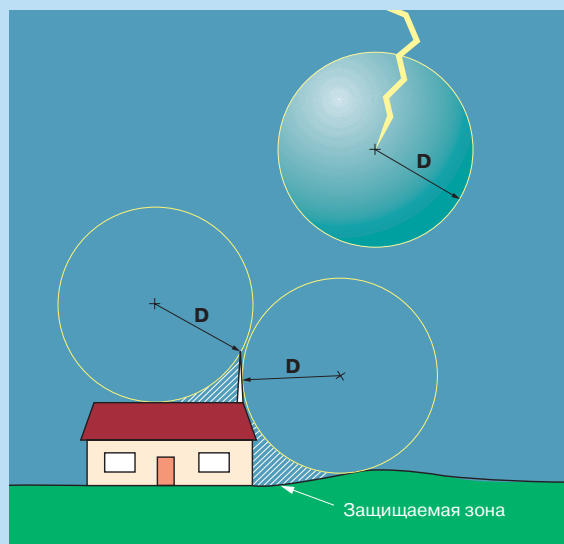
Электрогеометрическая модель может быть адаптирована к виду устройства защиты (стержневые молниеотводы, молниеприемные сетки, тросовые молниеотводы, защищаемый объем которых определен стандартом IEC 61024-1). Данный стандарт определяет четыре уровня защиты в зависимости от вероятности улавливания.

Уровень	I	II	III	IV
Вероятность улавливания (%)	98	95	90	80
Мин. ток улавливания (кА)	2.8	5.2	9.5	14.7
Макс. искровой промежуток (м)	20	30	45	60

При применении активных молниеотводов с устройством искрового перекрытия следует обращаться к информации изготовителя.



## Общий принцип электрогеометрической модели



Конец «лидера» молнии (отмечен крестиком) предполагается центром некоей сферы радиуса  $D$ . Эта сфера перемещается вместе с «лидером» и первый предмет, который на ее пути войдет с ней в соприкосновение и будет местом удара молнии: дерево, крыша, поверхность земли или молниеотвод (если он есть). За пределами точек касания сферы предметами молниеотвод не в состоянии обеспечить защиту этих предметов. Теоретический радиус сферы определяется соотношением:  $D = 10 \times I^{2/3}$ , где  $D$  в метрах,  $I$  в кА.

$D$ (м)	15	29	46	96	135	215
$I$ (кА)	2	5	10	30	50	100

Например, для оптимальной защиты при минимальных значениях тока (уровень защиты 1) диаметр сферы 20 м ( $I = 2,8$  кА).

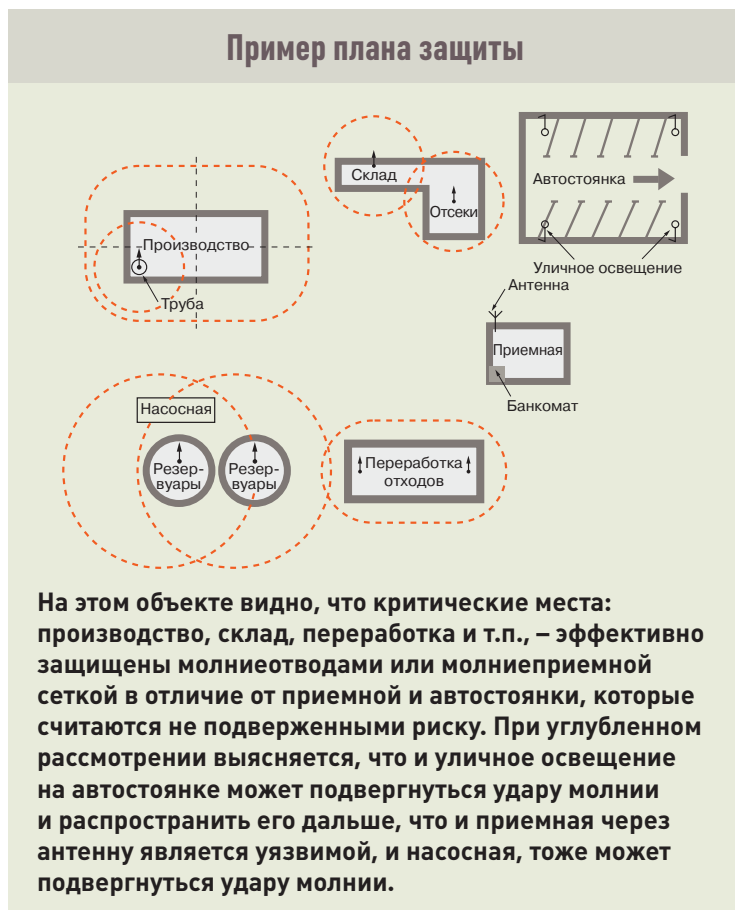
# Устройства для защиты от перенапряжений (продолжение)

## ЗАЩИТА ОТ ВОЗДЕЙСТВИЯ ГРОВОУХ РАЗРЯДОВ (МОЛНИЕЗАЩИТА)

### План защиты: расположение поверхностей улавливания

Если объект, подлежащий защите, состоит из нескольких сооружений или выходит за пределы одиночного молниеприемного устройства, то необходимо разработать план защиты всего объекта, подбирая различные теоретические поверхности улавливания. Если сооружения на объекте имеют разную высоту, то полного покрытия объекта защитой добиться трудно.

Наложив план защиты на план объекта, можно выявить, какие зоны не покрываются защитой, то есть где удар молнии может оказаться разрушительным.



### КОСВЕННОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ

Защита от косвенного воздействия молний состоит в предотвращении попадания энергии молнии на оборудование, поскольку эта энергия может не только помешать работе оборудования, но и повредить и даже разрушить его. Для защиты от косвенного воздействия молнии необходимо выполнить три условия:

- не допустить появления опасных перенапряжений между самими устройствами, а также между устройствами, цепями защиты и различными металлическими токопроводящими частями – для этого применяется система выравнивания потенциалов;
- снизить до минимума эффект индукции от полей, возникающих в месте удара молнии и при прохождении тока по молниеотводу, во всех проводящих контурах и строительных конструкциях – для этого необходимо рационально располагать оборудование и соединяющие его цепи;
- ограничить возрастание потенциала на оборудовании, шунтируя его устройствами защиты от перенапряжений.



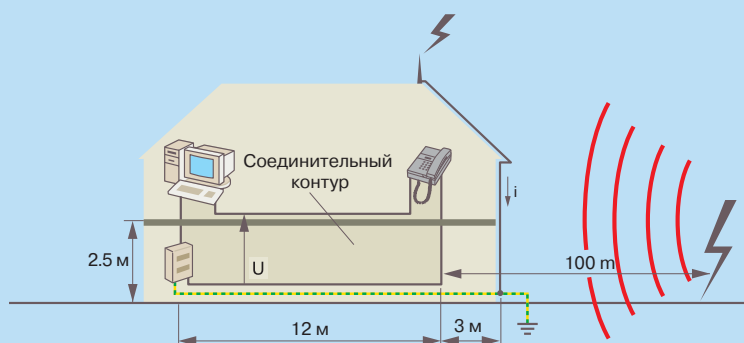
**Основной ущерб электрическому оборудованию наносит именно косвенное воздействие грозвых разрядов.**



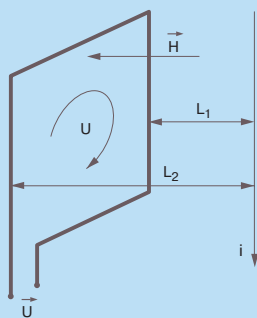
## Излучаемое электромагнитное поле

Ток грозового разряда, как самой молнии, так и отводимый молниеотводом, создает поле, электрическая и магнитная составляющие которого достигают значительных величин: нескольких кВ/м и десятков микротесла (мкТл).

Излучаемое поле воздействует на все проводники и наводит в них токи. Для проводников, образующих большие по площади контуры, преобладающим является эффект магнитной индукции.



Поле, создаваемое током (несколько кА), текущим по токоотводу системы молниезащиты, воздействует на контуры, образуемые проводниками в здании, наводя напряжения до нескольких кВ. Это также происходит, если молния ударяет в стороне, даже в нескольких сотнях метров. Например, удар молнии на расстоянии 100 м при токе 10 кА порождает перенапряжение 600 В в контуре площадью 30 м<sup>2</sup>. При прохождении такого же тока по токоотводу системы молниезащиты всего в 3 м наводится перенапряжение более 15 кВ. В первом случае перенапряжение поглощается без особого ущерба, во втором – является разрушительным. Это означает, что применение молниеотводов должно обязательно предусматривать установку устройств защиты от перенапряжений.



### Индуктивное воздействие одиночного проводника на контур:

$$U = M \times \frac{di}{dt}$$

– где  $M$  – коэффициент, характеризующий воздействие в зависимости от расстояний  $L_1$  и  $L_2$ , площади контура и магнитной проницаемости среды. Обычно предполагается, что плоскость контура параллельна направлению тока (т.е.  $L_1=L_2$ ), а расстояние больше размеров контура.

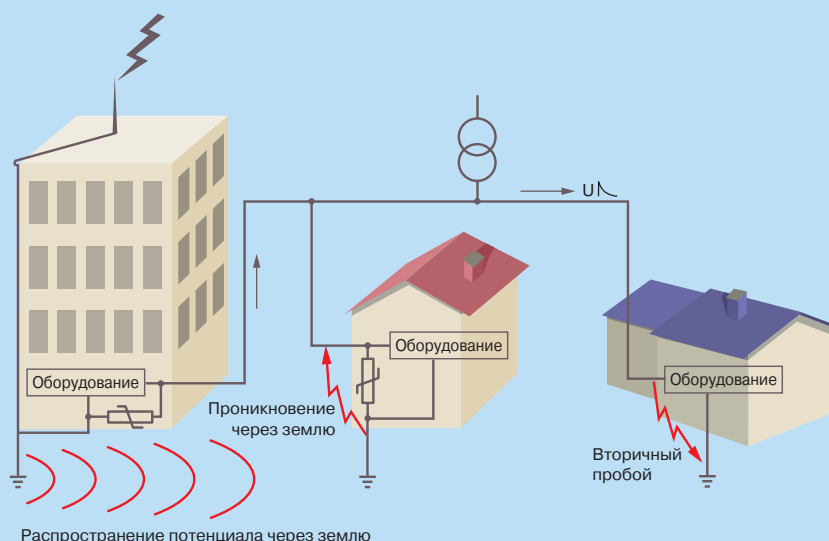
# Устройства для защиты от перенапряжений (продолжение)

## ЗАЩИТА ОТ ВОЗДЕЙСТВИЯ ГРОВОВЫХ РАЗРЯДОВ (МОЛНИЕЗАЩИТА)



### Проникновение через землю

Молния, ударяя в молниеотвод или прямо в землю, вызывает локальное повышение потенциала земли, которое достигает ближайшего оборудования через его заземление и связанные с ним цепи, а удаленного оборудования – через распределительные сети.



Перенапряжение, проникающее через землю, далее распространяется по сетям либо через оборудование (с разрушительными последствиями), либо через пробой в устройствах защиты. В последнем случае само оборудование защищено, но питающееся от той же сети другое оборудование оказывается защищенным недостаточно. Распространяющееся перенапряжение  $U$  может вызвать разрушительные вторичные пробой между проводниками, находящимися под напряжением, и землей в удаленном от места удара молнии оборудовании, где потенциал земли ниже. Такое явление наблюдается в зданиях, расположенных вблизи высоких сооружений, когда в последние ударяет молния.

Для снижения последствий таких явлений, которые трудно предвидеть, следует:

- оснастить все оборудование, питающееся от одной низковольтной сети, устройствами защиты от перенапряжений;

- уравнивать потенциалы всех заземляющих устройств созданием перекрестных соединений. Это применимо к группам сооружений (на производстве), но не применимо к домам.

Следует иметь в виду, что нулевой провод, заземленный в нескольких местах, уже выравнивает потенциалы, однако это не применимо к оборудованию, где имеются электроустановки, заземленные по отдельности (система ТТ). Из этих соображений более предпочтительной является сеть типа TN.

Наконец, следует добавить, что подземные распределительные сети тоже могут способствовать проникновению перенапряжений через землю.



## Пассивная защита: структура и компоновка оборудования

Многочисленные линии связи между сооружениями (компьютерные сети, системы дистанционного управления, связь, сигнализация, электропитание) являются причиной возникновения перекрестных помех, являющихся результатом воздействия электромагнитного поля грозового разряда или градиента потенциала земли. Есть два пути защиты этих линий:

- экранирование или использование клеток Фарадея, которое помимо защиты от полей грозового разряда дополнительно обеспечивает выравнивание потенциалов (прокладка заземляющих проводников в непосредственной близости от силовых и сигнальных проводников, скручивание, экранирование и т.д.);
- гальваническая развязка отдельных сооружений (оптопары, волоконная оптика, разделительные трансформаторы и т.д.).

Термин «структура и компоновка оборудования» относится к:

- схемам заземления (или к типу системы заземления), которые влияют на реакцию

оборудования при появлении перенапряжений и, следовательно, на выбор устройств защиты;

- пространственному разделению цепей, предназначенному для ограничения перекрестного влияния проводников этих цепей друг на друга (здесь подразумевается именно взаимное расположение проводников, а не наличие контуров, чувствительных к влиянию поля грозового разряда);
- электропитанию т.н. «чувствительных» цепей от отдельных источников питания;
- обеспечению выравнивания потенциалов заземляющими перемычками (5 уровней).



**Риск прямого воздействия грозового разряда никогда не равен нулю. Цена устройств защиты в сравнении с возможным ущербом ничтожно мала и окупается при первом же аварийном случае. Но защита от перенапряжений – не панацея, если оборудование спроектировано плохо. Лучшая защита – пассивная, определяемая структурой и компоновкой оборудования.**

## Пассивная защита: логика конфигурации

Не всегда легко оценить степень качества пассивной защиты: масштабы оборудования, разделение цепей, уровень эквипотенциальности.

Показателем уровня пассивной защиты можно считать нижеприведенную логическую диаграмму.

Уровень защиты:

- хороший, если максимальное число критериев находится в зеленой зоне;
- плохой, если большинство критериев попадает к красную зону;
- средний в промежуточных случаях (например, система TN, но не очень больших масштабов).

Система заземления TT

TT	IT	TN
----	----	----

Масштаб оборудования (число контуров)

очень большой (район)	большой (квартал)	малый (дом)
-----------------------	-------------------	-------------

Пространственное разделение цепей

не разделены (есть взаимовлияние)	разделены	экранированы (взаимовлияние слабое)
-----------------------------------	-----------	-------------------------------------

Отдельное питание для «чувствительных» цепей

питание общее	отдельное питание мощных цепей	полностью отдельное питание
---------------	--------------------------------	-----------------------------

Уровень эквипотенциальности

0 защитные проводники	1 заземляющие проводники	2 уравнительные соединения	3 объединение блоков	4 полное объединение
--------------------------	-----------------------------	-------------------------------	-------------------------	-------------------------

# Устройства для защиты от перенапряжений (продолжение)

## ЗАЩИТА ОТ ВОЗДЕЙСТВИЯ ГРОВОНЫХ РАЗРЯДОВ (МОЛНИЕЗАЩИТА)

### Активная защита: устройства для защиты от импульсных перенапряжений (УЗИП)

УЗИП – это пассивный компонент, переходящий в активное состояние под воздействием грозового разряда. По сути это автоматический выключатель, замыкающий под воздействием кратковременного перенапряжения (атмосферного происхождения) цепь для прохождения тока.

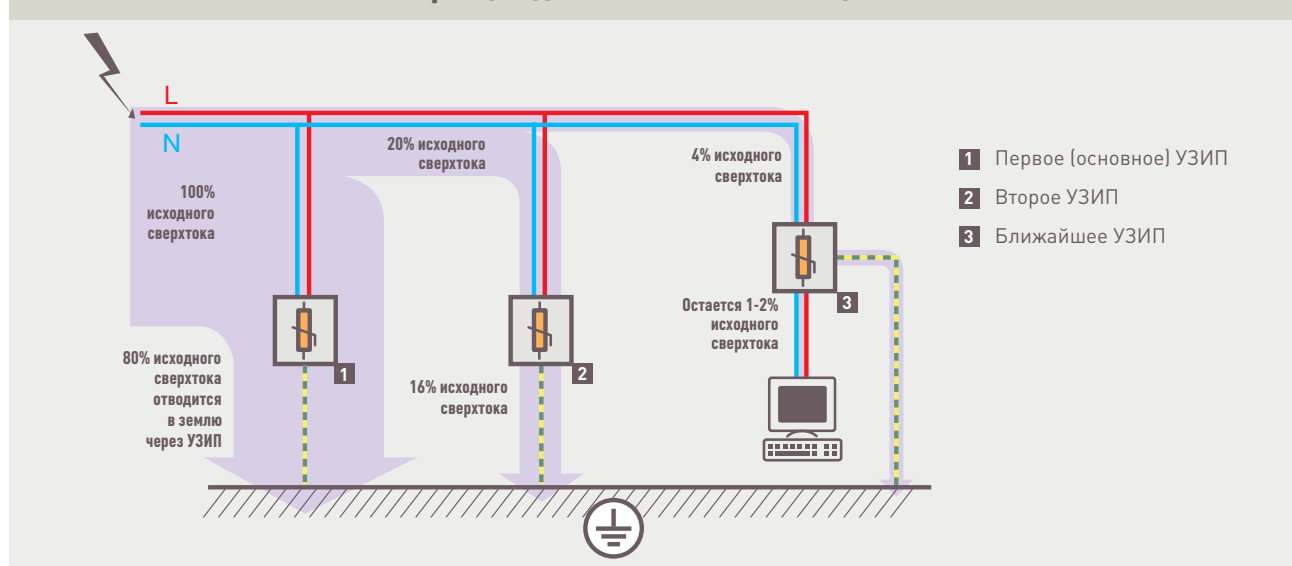
Одинокое УЗИП может оказаться недостаточным для эффективной защиты всей электроустановки,

поскольку при этом не исключается попадание на него остаточного перенапряжения.

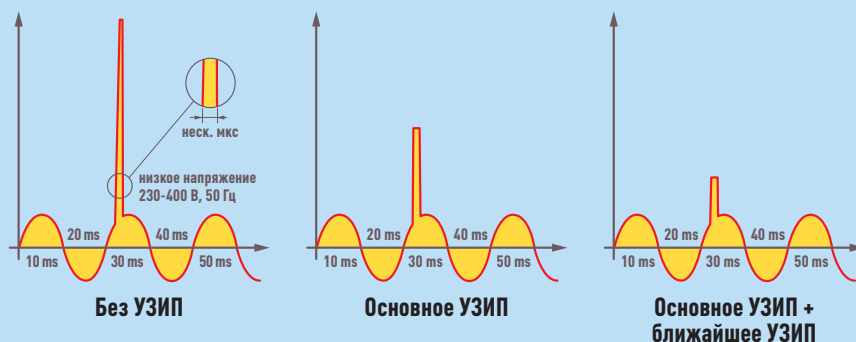
Добавив один-два УЗИП, можно получить каскадную защиту, при этом:

- величина остаточного напряжения снижается до величины меньшей, чем  $U_p$  последнего УЗИП, и до приемлемого для электроустановки уровня;
- еще большая часть сверхтока отводится в землю.

### Принцип действия активной защиты



### Снижение перенапряжения каскадом УЗИП



## УСТРОЙСТВА ДЛЯ ЗАЩИТЫ ОТ ИМПУЛЬСНЫХ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЙ (УЗИП)

### ХАРАКТЕРИСТИКИ И ТИПЫ

УЗИП характеризуются:

- импульсным разрядным током;
- уровнем напряжения защиты.

Существует три основных уровня защиты УЗИП:

– класс 1 (УЗИП для использования в сооружениях с молниеотводами) характеризуется импульсным разрядным током в форме стандартной волны 10/350 мкс, ближайшей к прямой волне тока грозового разряда. Поэтому способность такого УЗИП к разряду энергии велика и оно используется для снижения разности потенциалов между системой молниезащиты и электроустановкой во время прохождения грозового тока по молниеотводу. В помещениях такое УЗИП может быть заменено на УЗИП класса 2, расположенное около источника питания защищаемой электроустановки.

Оно характеризуется параметром  $I_{imp}$ .

– класс 2 (УЗИП общего применения) характеризуется импульсным разрядным током в форме стандартной волны 8/20 мкс, ближайшей к волне тока, вызванном косвенным воздействием молнии. Такое УЗИП характеризуется параметром  $I_{max}$ .

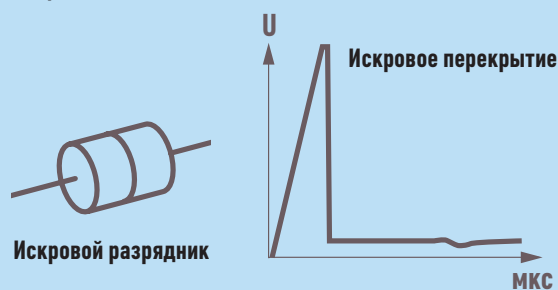
– класс 3 (УЗИП для конечной защиты) характеризуется комбинированной волной напряжения 1,2/50 мкс и тока 8/20 мкс, а также параметром  $U_{oc}$ .



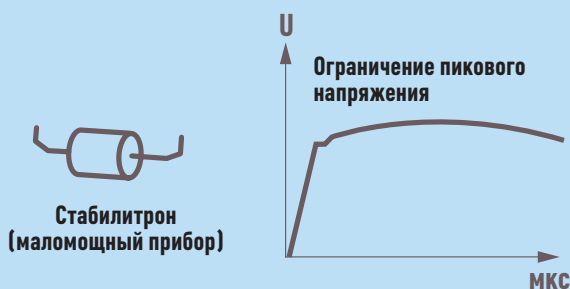
### Компоненты, используемые в устройствах для защиты от импульсных перенапряжений

УЗИП в основном содержат компоненты трех типов: приведенные ниже вольт-временные характеристики отображают два режима работы:

#### > Пробой



#### > Ограничение напряжения



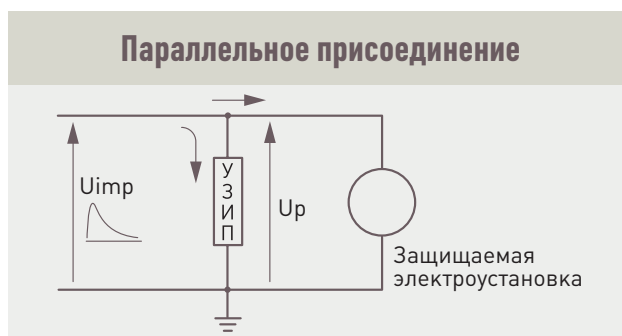
# Устройства для защиты от перенапряжений (продолжение)

## ПРАВИЛА УСТАНОВКИ УСТРОЙСТВ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ОТ ИМПУЛЬСНЫХ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЙ

### ПРИСОЕДИНЕНИЕ УЗИП

УЗИП классов 1 и 2 присоединяются параллельно защищаемой электроустановке.

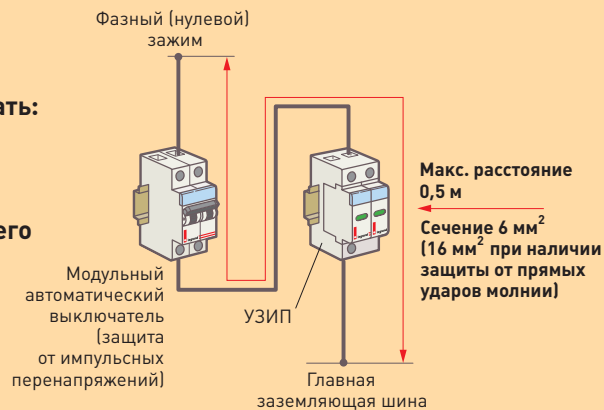
УЗИП класса 3 можно присоединять как параллельно, так и последовательно в соответствии с рекомендациями изготовителя.



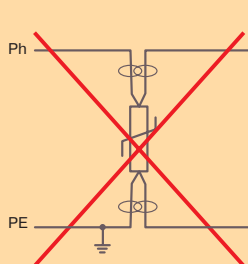
### Принципы присоединения

Чтобы УЗИП выполняло свои функции наилучшим образом, его следует устанавливать:

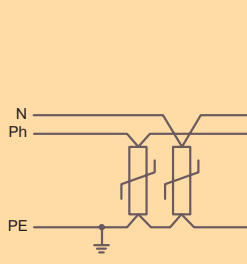
- как отвод;
- сохранять минимально возможной длину соединительных проводников до фазного (нулевого) зажима и до главного заземляющего зажима (шины);
- учитывая правила электромагнитной совместимости (избегать образования петель, разносить кабели и токопроводящие металлические части).



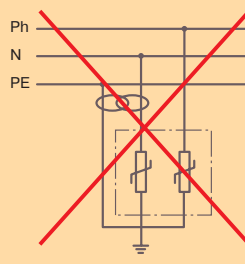
При определенном расположении проводников возможна индуктивная связь между подходящими к УЗИП проводниками со стороны питания и со стороны нагрузки, что может привести к распространению перенапряжений по цепям электроустановки.



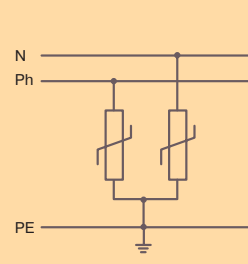
Проводники, подсоединяемые к УЗИП как со стороны питающей сети, так и со стороны нагрузки, имеют участки с общей трассой



Проводники, присоединенные к одним и тем же зажимам УЗИП, разношены



Присоединенные к УЗИП прямые и обратные проводники не разношены



Проводники, присоединенные к УЗИП, разношены и имеют минимальную длину.

## ЗАЗЕМЛЕНИЕ

В стандартах используется общий термин «заземляющее устройство» как для устройства выравнивания потенциалов, так и для соединения с землей, без проведения различий между ними. Вопреки такому подходу важность соединения с землей, гарантированно обеспечивающего безопасность людей при низких частотах, не имеет прямой связи с эффективностью защиты, обеспечиваемой УЗИП.

Полное сопротивление протеканию импульсного разрядного тока, отводимого УЗИП, состоит из двух частей. Первая создается сопротивлением проводников и сопротивлением самой земли и по существу носит индуктивный характер, а это означает рост сопротивления с частотой даже при принятии специальных мер.

Вторая составляющая полного сопротивления менее заметна, но на высоких частотах существенна из-за наличия паразитной емкости между электроустановкой и землей.



**Значение сопротивления соединения с землей на низких частотах должно соответствовать Правилам Устройства Электроустановок. Заземляющее устройство должно быть одно. Независимые цепи (компьютеров, токоотводов) должны быть исключены. Однако это не исключает соединения с землей многими проводниками (электродами), если они соединены между собой.**

Конечно, доля каждой из этих двух составляющих зависит от типа и размера электроустановки, расположения УЗИП (основное или ближайшее) и типа системы заземления, но практика показывает, что доля отводимого через УЗИП тока молнии может достигать 60-90% при наличии системы выравнивания потенциалов, а доля тока прямого разряда на землю составляет 10-50%.



**Система выравнивания потенциалов является основным условием для поддержания низкого потенциала относительно земли. Для большей эффективности защиты УЗИП следует присоединять к системе выравнивания потенциалов.**

## ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ УСТРОЙСТВ

Способ эффективной защиты с использованием УЗИП можно было бы выделить путем сравнения ожидаемого значения силы удара молнии (в зависимости от места) и импульсной стойкостью защищаемого оборудования (категории электротехнического оборудования по стойкости изоляции к перенапряжениям).

Категории по перенапряжениям	Тип и характеристики оборудования	U <sub>imp</sub> (кВ)	
		Управляемая ситуация <sup>(1)</sup>	Естественная ситуация <sup>(2)</sup>
IV	Электрооборудование, установленное до распределительного щита: измерительные приборы, держатели предохранителей, вводной выключатель и т.д.)	6	4
III	Части несъемного оборудования: провода, автоматические выключатели, розетки, кожухи, соединительные коробки или постоянно подключенное промышленное оборудование [электродвигатели, печи и т.д.]	4	2.5
II	Подключаемое оборудование повседневного использования: бытовые приборы и инструменты	2.5	1.5
I	Чувствительное оборудование с пониженной стойкостью изоляции к перенапряжениям, включающее электронные компоненты. Желательно наличие близкорасположенной или встроенной защиты.	1.5	0.8

(1) Электроустановки, в которых кратковременные перенапряжения снижены (путем защиты питающей линии или источника питания электроустановки, например, путем защиты воздушной линии).

(2) Электроустановки, где опасность в принципе невелика и где применение УЗИП необязательно (например, полностью подземные сети).

# Устройства для защиты от перенапряжений (продолжение)

## ПРАВИЛА УСТАНОВКИ УСТРОЙСТВ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ОТ ИМПУЛЬСНЫХ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЙ (продолжение)

### ДЛИНА СОЕДИНИТЕЛЬНЫХ ПРОВОДНИКОВ

На практике мы рекомендуем, чтобы общая длина цепей УЗИП не превышала 50 см. Это не всегда легко выполнить, поэтому для подключения можно использовать любую близко расположенную «землю».

### РЕКОМЕНДУЕМЫЕ СЕЧЕНИЯ ПРОВОДНИКОВ ДЛЯ ПОДКЛЮЧЕНИЯ УЗИП

		Способность к защите	$I_{imp}$	Сечение (мм <sup>2</sup> )
Класс 2	Стандартная (С)			6
	Повышенная (П)			10
Класс 1	Высокая (В)		10 кА	16
	Искровой разрядник		>12.5 кА	16



### Правило полуметра

Теоретически при ударе молнии приложенное к электроустановке напряжение  $U_t$  такое же, как и уровень напряжения защиты  $U_p$  УЗИП (при его номинальном разрядном токе  $I_n$ ), но на практике  $U_p$  выше. Это объясняется падением напряжения на полных сопротивлениях соединительных проводников УЗИП, добавляемым к  $U_p$ :

$$U_t = U_{I_1} + U_d + U_{I_2} + U_p + U_{I_3}$$

Например, падение напряжения на 1 м проводника при прохождении импульса тока 10 кА в течение 10 мкс составляет 1000 В

$$\Delta u = L \times \frac{di}{dt}$$

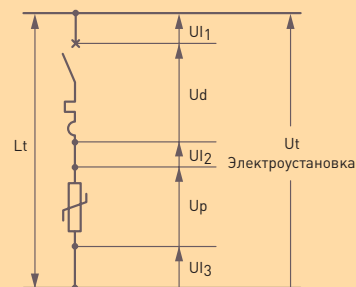
где:  $di$  – изменение тока, 10 000 А

$dt$  – интервал времени, 10 мкс

$L$  – индуктивность 1 м проводника, 1 мкГн.

Величину  $\Delta u$  следует добавить к  $U_p$ .

Поэтому общая длина  $L_t$  должна быть как можно короче, на практике мы рекомендуем не более 0,5 м. Если обеспечить это затруднительно, то можно рекомендовать использовать широкие и плоские проводники (плетеные, гибкие шины).



## КООРДИНАЦИЯ УЗИП

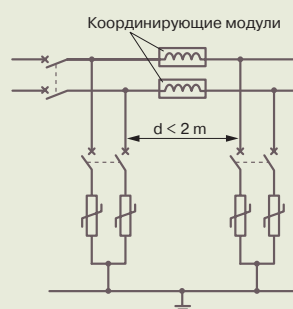
Установка нескольких УЗИП позволяет постепенно снизить пик перенапряжений от грозовых разрядов. Такое каскадирование существенно, если расстояние между УЗИП и оборудованием слишком велико или если ограничение пика основным УЗИП недостаточно (такое возможно, если защищаемое оборудование достаточно чувствительное). Для высокочувствительного оборудования требуется третий уровень защиты («ближайший»).

Такое расположение нескольких УЗИП требует их координации для того, чтобы каждое УЗИП оптимальным образом отводило энергию и максимальным образом ограничивало бы распространение грозового разряда по оборудованию. Координация УЗИП – это комплексная концепция, требующая выполнения специального изучения и испытаний. Минимальные расстояния между УЗИП и взаимное расположение развязывающих фильтров рекомендуются изготовителями.

### Минимальные расстояния между УЗИП в пределах одной электроустановки

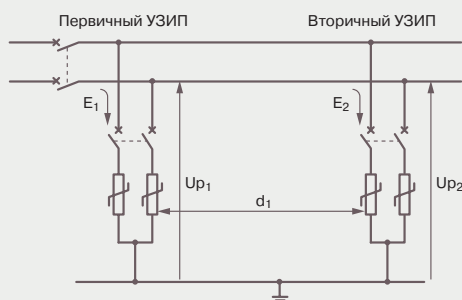
УЗИП, расположенное выше	УЗИП, расположенное ниже	Расстояние (в метрах)
Искровой разрядник	Повышенный (П)	8
	Стандартный (С)	10
Высокий (В)	Повышенный (П)	6
	Стандартный (С)	8
	«Ближайший» (Б)	10
Повышенный (П)	Стандартный (С)	4
	«Ближайший» (Б)	6
Стандартный (С)	«Ближайший» (Б)	2

### Координирующие модули



Координирующие модули Legrand (Кат.№ 039 62/63) используются для координации двух УЗИП в одном распределительном щите (до 63 А) независимо от расстояния между ними. Необходимо установить по 1 модулю на каждый токоведущий проводник защищаемой цепи.

### Координация УЗИП



Первичный и вторичный УЗИП должны быть скоординированы так, чтобы вся подлежащая пропусканию на землю энергия ( $E_1 + E_2$ ) распределялась бы между ними в соответствии с их способностью пропускать разрядный ток при соответствующем уровне напряжения защиты.

Рекомендуемое расстояние  $d_1$  обеспечивает развязку УЗИП во избежание попадания слишком большой части энергии непосредственно на вторичный УЗИП и выхода его из строя. Это расстояние определяется характеристиками обоих УЗИП. Два одинаковых УЗИП (например,  $U_p = 2$  кВ и  $I_{max} = 70$  кА) могут быть установлены без соблюдения расстояния  $d_1$ .

Энергия распределяется примерно одинаково между обоими УЗИП. Однако два различных УЗИП (например,  $U_p = 2$  кВ,  $I_{max} = 70$  кА и  $U_p = 1,2$  кВ,  $I_{max} = 15$  кА) нужно разносить минимум на 10 м, чтобы не предъявлять ко второму УЗИП слишком высоких требований.

# Устройства для защиты от перенапряжений (продолжение)

## ПРАВИЛА УСТАНОВКИ УСТРОЙСТВ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ОТ ИМПУЛЬСНЫХ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЙ (продолжение)

### УЧЕТ РАССТОЯНИЯ

Эффективность применения УЗИП достигается только при учете длины проводников, питающих защищаемые электроустановки. При длине проводников больше определенного значения возможно возникновение резонансных явлений, в результате которых напряжение на зажимах электроустановки может превзойти ожидаемое значение.

Вероятность возникновения резонанса связана с характеристиками оборудования (характеристиками проводников, системы выравнивания потенциала), а возможное увеличение перенапряжения определяется импульсом тока. Правила определения максимальной длины проводников являются в основном эмпирическими и опираются на три ключевых момента:

- расположение УЗИП;
- устройство системы выравнивания потенциалов;
- сечение проводников.

### Максимальные расстояния между УЗИП и защищаемыми устройствами

Расположение УЗИП		Со стороны подачи питания на оборудование		Со стороны, противоположной стороне подачи питания на оборудование	
		внутренняя проводка	большие кабели (промышленные)	внутренняя проводка	большие кабели (промышленные)
Устройство системы выравнивания потенциалов	РЕ-проводник	< 10 м	10 м	< 10 м <sup>(1)</sup>	20 м <sup>(1)</sup>
	Сетка выравнивания потенциалов	10 м	20 м	20 м <sup>(1)</sup>	30 м <sup>(1)</sup>

(1) если расстояние больше, то рекомендуется установить УЗИП непосредственно в электроустановке

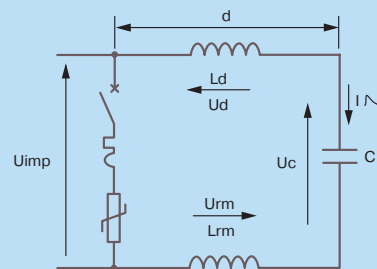


### Возникновение резонанса

При превышении определенной длины  $d$  в защищаемой УЗИП цепи, возникает резонанс, как только сравниваются величины ее индуктивного и емкостного сопротивлений

$$L_w = -\frac{1}{C_w},$$

а полное сопротивление цепи снизится до омического. Несмотря на наличие УЗИП, в защищаемой цепи есть остатки тока грозового разряда импульсного характера. Их возрастание из-за резонанса приводит к значительному повышению напряжений  $U_d$ ,  $U_c$  и  $U_{gm}$ , при этом приложенное к электроустановке напряжение может удвоиться.



$C$  – емкость нагрузки;  
 $L_d$  – индуктивность линии питания  
 $L_{gm}$  – индуктивность системы выравнивания потенциалов



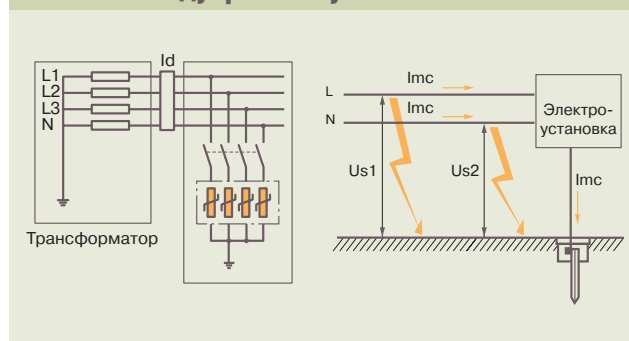
## ОБЫЧНЫЙ РЕЖИМ И РЕЖИМ ТОКА УТЕЧКИ

Есть два режима перенапряжения от грозовых разрядов:

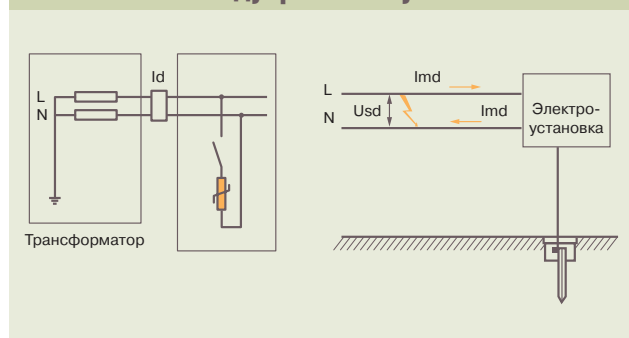
- обычный режим;
- режим тока утечки.

Перенапряжения от грозовых разрядов появляются, в основном, в обычном режиме и, как правило, со стороны ввода питания в электроустановку. Перенапряжения в режиме тока утечки появляются обычно в системах ТТ и воздействуют преимущественно на чувствительное к перенапряжениям оборудование (электронное, компьютеры и т.д.).

### Защита в обычном режиме между фазой/нулем и землей

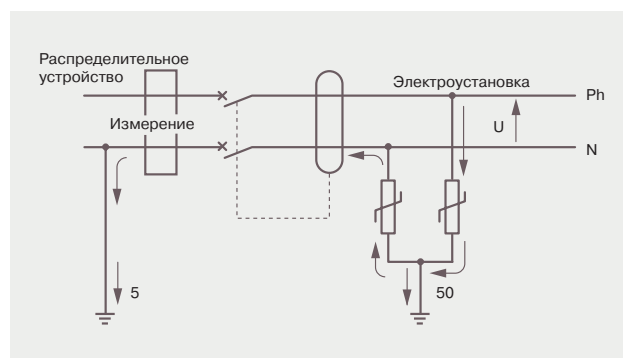


### Защита в режиме тока утечки между фазой и нулем



Защита фаза/ноль в системах ТТ оправдана, если нулевой провод на стороне распределительной сети соединен с землей через малое сопротивление (несколько ом, в то время как сопротивление заземления электроустановки может достигать десятков ом).

В этом случае имеется вероятность того, что цепью обратного тока станет нулевой проводник установки, а не заземляющий проводник. При этом напряжение  $U$  в режиме тока утечки (между фазой и нулем) может возрасти до суммы остаточных напряжений каждого УЗИП, т.е. вдвое по сравнению с уровнем защиты в обычном режиме.



Подобное явление может произойти в системе TN-S, если нулевой рабочий проводник и проводник защитного заземления полностью разделены или имеют неодинаковый потенциал. Тогда обратный ток скорее всего пойдет по нулевому проводнику, а не по проводнику защитного заземления и системе выравнивания потенциалов.

Можно определить некую теоретическую модель оптимальной защиты, применимую ко всем системам заземления с нулевым проводом, однако на практике УЗИП почти всегда сочетает оба режима защиты (кроме систем IT или TN-C).

# Устройства для защиты от перенапряжений (продолжение)

## РАСПОЛОЖЕНИЕ УЗИП

Для эффективной защиты от импульсных перенапряжений может потребоваться сочетание УЗИП:

- основного ① (главного);
- местного ② (защита цепей);
- ближайшего ③ (непосредственная защита устройства).

Чувствительность оборудования к перенапряжениям	Уровень защиты		
	Стандартный	Высокий	Очень высокий
<b>Очень высокая (электронные средства, компьютеры)</b>	① + ③	① + ③	① + ② + ③
<b>Высокая (бытовые электроприборы)</b>	①	① + ②	① + ② + ③
<b>Невысокая (электродвигатели, электропечи)</b>	①	①	① + ②



## УСТРОЙСТВА ЗАЩИТЫ, РАСПОЛОЖЕННЫЕ ДО УЗИП

Электрические установки с УЗИП должны быть защищены разъединителями от перегрузки и короткого замыкания. После каждого грозового разряда ток утечки немного возрастает и через некоторое время варистор в УЗИП подвергается старению и начинает греться. Внутреннее отключающее устройство отключает УЗИП от защищаемой цепи в конце его срока службы. Загорается светодиод или замыкается дополнительный контакт, сигнализирующий о необходимости замены УЗИП. УЗИП может быть выведен из строя и током короткого замыкания, превышающим импульсный разрядный ток.

Устройство защиты от короткого замыкания и перегрузки должно быть установлено до УЗИП и включено последовательно с ним. Такое устройство должно быть скоординировано с другими установленными выше аппаратами защиты.



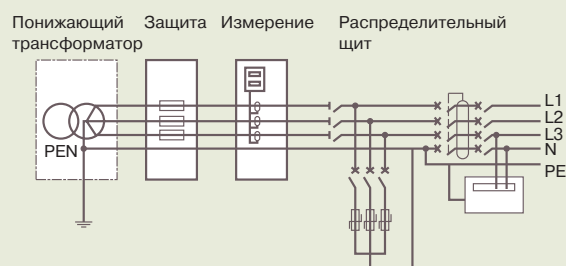
### УЗИП и бесперебойность электроснабжения

Установка УЗИП не должна ухудшать бесперебойность электроснабжения защищаемых устройств. Поэтому УЗИП следует устанавливать на вводе питания, особенно это касается бытовых и им аналогичных электроприборов (сети с системами заземления ТТ), при этом в распределительных щитах должны применяться аппараты защиты с управлением дифференциальным током и выдержкой времени (УДТ типа S). Не следует забывать, что ток грозовых разрядов может превышать 5 кА.

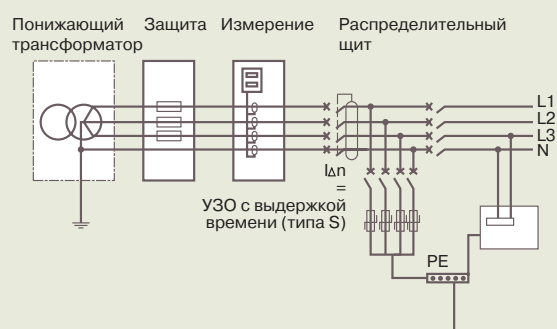
## УСТАНОВКА

### Установка УЗИП в соответствии с типом системы заземления

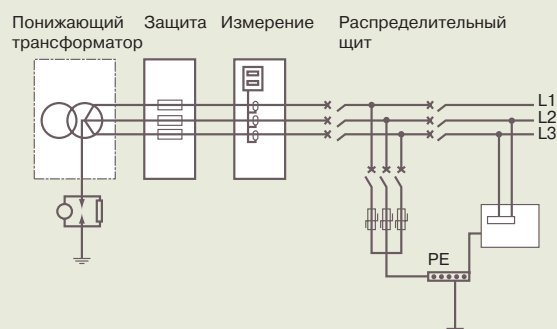
#### > УЗИП в системе TN



#### > УЗИП в системе TT



#### > УЗИП в системе IT



# Устройства для защиты от перенапряжений (продолжение)

## УСТАНОВКА (продолжение)

Принципиальная схема, представленная на стр. 163, отображает общую структуру электроустановки, связи между источником питания и отдельными устройствами, а также связи с защитными проводниками, открытыми проводящими частями и землей.

Число уровней распределения ограничено тремя, но их может быть и больше. Такая структура почти одинакова и для очень мощных электроустановок (промышленных), и для маломощных (бытовых). Различия лишь в масштабе и числе уровней распределения. В бытовых электроустановках, например, уровень всего один.

В один уровень могут входить высоко- и низковольтные цепи, их количество в уровне на вид схемы не влияет. Однако вероятность удара молнии на участке низкого напряжения между трансформатором и основным уровнем распределения очень сильно зависит от природы этого участка (коммунальные воздушные линии длиной сотни метров или же проводники небольшой длины, к тому же обычно защищенные промышленными или иными зданиями).



**Рабочие цепи (распределительные коробки и щитки, прямые подключения) могут питаться непосредственно от главного низковольтного распределительного щита. В этом случае на эти цепи и их аппараты налагаются более строгие ограничения (по  $I_k$ ,  $U_{imp}$ ), чем при нахождении этих цепей на более низком уровне распределения. Из этого следует, что и защита этих цепей и аппаратов должна быть соответствующей.**

Данная схема раскрывает многообразие связей с землей и, к сожалению, множество путей проникновения опасных перенапряжений от ударов молний (через защитные проводники, устройства выравнивания потенциалов, цепи защиты от косвенного прикосновения).



**Не обязательно соединять УЗИП с главным заземляющим зажимом, если тот расположен слишком далеко. Достаточно эффективным является соединение с ближайшей доступной точкой устройства выравнивания потенциала, если при этом соблюдается «правило полуметра». Минимальное рекомендуемое сечение соединительных проводников должно выбираться из расчета максимального тока грозового разряда и характеристик аппарата защиты в конце его срока службы. Бесполезно наращивать сечение проводников для компенсации потерь из-за увеличения расстояния – на высоких частотах все равно происходит увеличение полного сопротивления проводников, тем большее, чем больше их длина.**

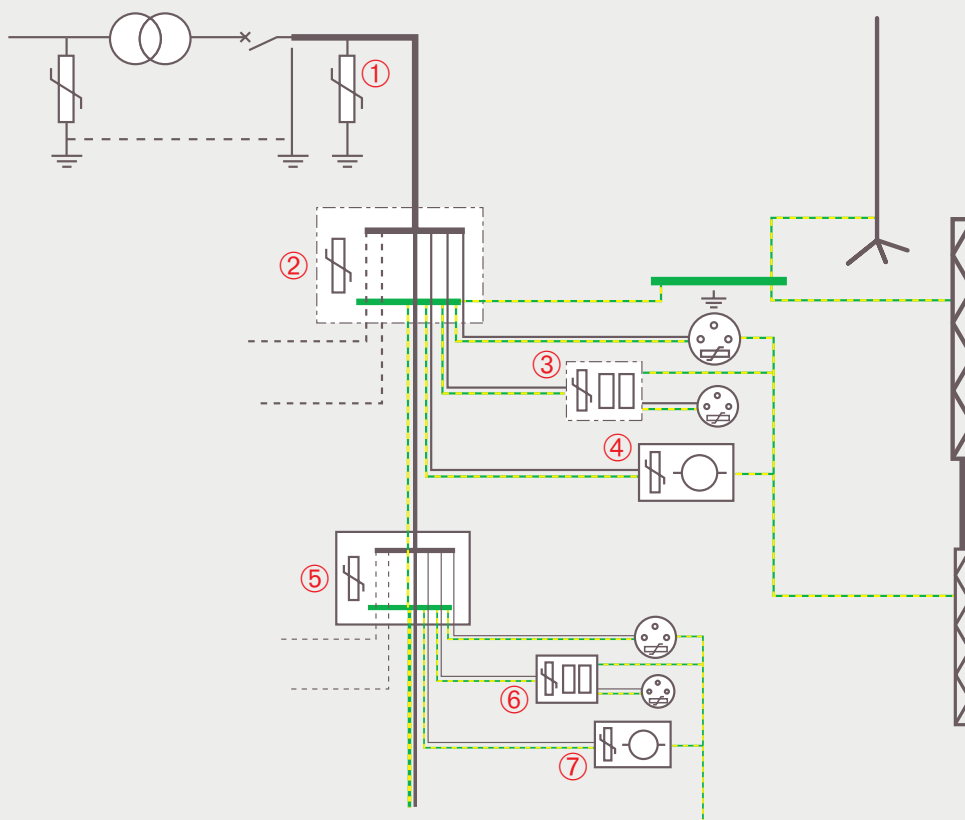
В зависимости от характера нагрузки, качества или возраста электроустановки, проводники выравнивания потенциалов расположены более или менее равномерно.

Но на конечном уровне преднамеренно созданные соединения дополняются непреднамеренными:

- прямым контактом приборов с землей (через опоры, фиксаторы, рамы);
- экранированием проводников передачи данных;
- через открытые проводящие части (с нулевым потенциалом) электронного оборудования.

На практике точек заноса перенапряжений и их отвода через землю великое множество, особенно если электроустановки рассредоточены на большой площади. В ряде случаев возможна защита молниеотводами сооружений, электрически относящихся ко вторичному уровню распределения. Перенапряжения, которые могут при этом возникнуть в земле, скорее всего будут распространяться в сторону конечных цепей.

### Схема системы выравнивания потенциалов



### Пример расположения УЗИП в электроустановке большого масштаба (промышленного или коммерческого применения)

Номер на схеме	Тип УЗИП	
	С молниеотводом	Без молниеотвода
①	Грозовой разрядник на трансформаторной подстанции (используют при защите IT-систем)	
②	УЗИП в сочетании с молниеотводом класса 1	УЗИП <sup>(1)</sup> высокой или повышенной защитной способности класса 2
③	УЗИП класса 1 (при наличии молниеотвода на сооружении, питающемся от вторичного уровня распределения) или УЗИП высокой защитной способности класса 1/класса 2.	УЗИП <sup>(1)</sup> повышенной или стандартной защитной способности класса 2
④	УЗИП повышенной защитной способности класса 2	УЗИП <sup>(1)</sup> стандартной защитной способности класса 2
⑤	УЗИП стандартной защитной способности класса 2	УЗИП <sup>(2)</sup> стандартной способности класса 2
⑥	УЗИП <sup>(2)</sup> непосредственной защиты на зажимах оборудования	УЗИП <sup>(2)</sup> непосредственной защиты на зажимах оборудования
⑦	УЗИП <sup>(2)</sup> встроенного типа	УЗИП <sup>(2)</sup> встроенного типа

(1) Тип УЗИП выбирается по условиям внешних воздействий, характеру цепей и наличию пассивной защиты.

(2) В зависимости от чувствительности защищаемых устройств.

# Устройства для защиты от перенапряжений (продолжение)

## ПРАКТИЧЕСКИЕ ПРИМЕРЫ МОНТАЖА



Основные УЗИП электроустановки: для самого короткого присоединения УЗИП можно использовать монтажную рейку, являющейся эквипотенциальной в силу способа ее установки



Все элементы каркаса, монтажные стойки и рейки оболочки XL<sup>3</sup> являются токопроводящими, что обеспечивает равенство потенциалов, необходимое для установки УЗИП с высоким разрядным током (70 кА) на монтажной рейке



УЗИП с высоким разрядным током (40 кА) на вводе питания в комплектное устройство системы управления производственным процессом: соединение с системой выравнивания потенциалов и с землей осуществляется через общую монтажную панель (оцинкованная сталь)



Использование открытых токопроводящих частей в качестве элементов системы выравнивания потенциалов, к которым присоединяется УЗИП, должно сопровождаться принятием соответствующих мер как в самой конструкции, так и при ее монтаже.

Неразрывность соединения токопроводящих частей оболочки означает, что их можно использовать в качестве проводников защитного заземления, а также для присоединения УЗИП.

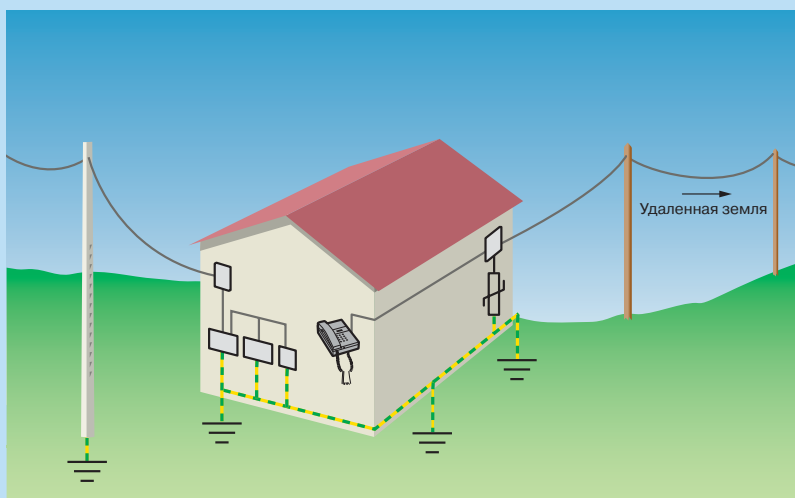
Следует заметить, что помимо удобства присоединения и возможности соблюдения «правила полуметра» проводящие части оболочки XL<sup>3</sup> имеют полное сопротивление на высоких частотах (типовая индуктивность менее 0,01 мкГн/м), что гораздо меньше, чем у обычных проводников. Открытые токопроводящие части оболочек других типов, а также рейки, особенно из алюминия, не следует использовать для присоединения УЗИП, предварительно не убедившись в их пригодности для этого. В сомнительных случаях для подсоединения защитных проводников к УЗИП лучше использовать обычные проводники.

## ЗАЩИТА ТЕЛЕФОННЫХ ЛИНИЙ

При установке УЗИП в сетях низкого напряжения рекомендуется устанавливать их и в телекоммуникационных сетях.



Если электрические установки соединены с системой выравнивания потенциалов, которая в свою очередь соединена с землей, то телефонное оборудование обычно связано с «удаленной землей», на потенциал которой «электрическая земля» не влияет. При ударе молнии перенапряжение возникает между проводящими частями оборудования и телефонной линией, что очень опасно для любого пользующегося телефоном. И такая опасность, между прочим, существует независимо от того, куда ударила молния – в телефонные или электрические провода. Решение этой проблемы заключается в гальванической развязке телефонных сетей (через специальные трансляторы) или – проще – в установке специальных УЗИП, земляной зажим которых присоединяется к системе выравнивания потенциалов электрооборудования.



УЗИП Legrand Кат. № 038 28 для аналоговых линий и Кат № 038 29 для цифровых линий являются идеальными устройствами для защиты телефонных линий

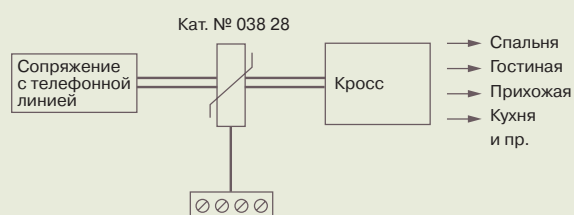
# Устройства для защиты от перенапряжений (продолжение)

## УСТАНОВКА ТЕЛЕФОННЫХ УЗИП

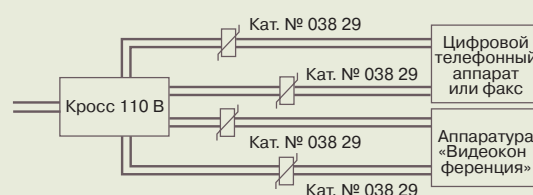
Телефонные УЗИП Legrand включаются последовательно.

### Принципы установки

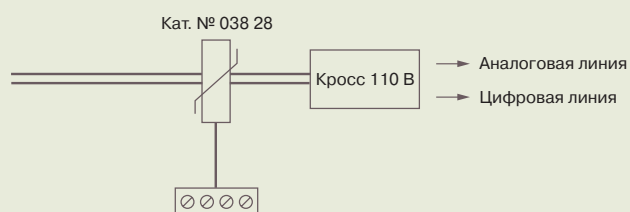
#### > Аналоговая телефонная линия



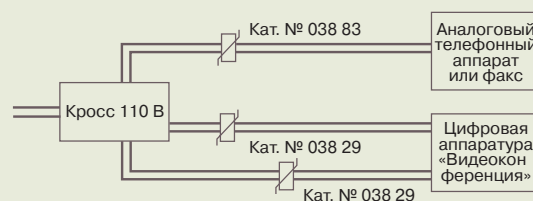
#### > Цифровая телефонная линия



#### > Аналоговая или цифровая телефонная линия



#### > Аналоговая или цифровая телефонная линия





## НЕКОТОРЫЕ ПРАВИЛА, РЕГЛАМЕНТИРУЮЩИЕ УСТАНОВКУ УЗИП

В Европе и во всем мире поставщики электрической энергии и соответствующие национальные органы широко рекомендуют применение УЗИП.

Страна	Основной документ	Уровень требований национальных правил	Рекомендуемые значения у источника питания электроустановок	
			При наличии молниеотвода на сооружении	Воздушные и подземные линии при отсутствии молниеотвода
Франция	UTE C 15-443	NF C 15-100 Молниеотводы для всех зон. Воздушные или воздушно-подземные линии в зоне AQ2.	Класс 1 $I_{imp} \geq 12.5 \text{ кА}$ $U_p \leq 2.5 \text{ кВ}$	Класс 2 $I_n \geq 5 \text{ кА}$ $U_p \leq 2.5 \text{ кВ}$
Россия	ГОСТ Р 51992-2002	ГОСТ Р 51992-2002		
Испания	BT-23 (Таблицы А и В)	УЗИП обязательны, если есть угроза жизни людей и животных, коммунальному оборудованию, экономической деятельности. В зоне AQ2 – рекомендованы.	Класс 1 Рекомендовано, но не обязательно, минимальные значения не устанавливаются. Обращаться к изготовителю.	Класс 2 Обязательно, но в 2005 г. минимальных значений не устанавливалось. Обращаться к изготовителю.
Германия		DIN V VDE V 100 DIN V VDE V 0185		
Другие страны		IEC 60364-4-44 IEC 60364-5-53	Класс 1 $I_{imp} \geq 12.5 \text{ кА}$	Класс 2 $I_n \geq 5 \text{ кА}$

# Устройства для защиты от импульсных перенапряжений (окончание)

## ХАРАКТЕРИСТИКИ УСТРОЙСТВ ЗАЩИТЫ ОТ ИМПУЛЬСНЫХ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЙ LEGRAND

### УЗИП для питающих электрических линий

Кат. №	Искровой разрядник	Высокой защитной способности (В)	Повышенной защитной способности (П)		Стандартной защитной способности (С)
	039 10	039 20/21/22/23	039 30/31/33	039 35/36/38	039 40/41/43
Напряжение сети	230/400 В	110/230/400 В		110/230 В	
Тип системы заземления	ТТ, TN, IT			ТТ, TN	
Максимальное значение установившегося рабочего напряжения $U_c$	440 В			320 В	
Частота	50/60 Гц				
Класс	1	1/2			
I max	волна 8/20 мкс	70 кА	40 кА		15 кА
	волна 10/350 мкс	12.5 кА	10 кА		
Уровень защиты $U_p - I_n$	Обычный режим 1.8 кВ – 20 кА 1.3 кВ – 5 кА	2 кВ – 20 кА 1.5 кВ – 5 кА	1.8 кВ – 15 кА 1.3 кВ – 5 кА	1.4 кВ – 15 кА 1.2 кВ – 5 кА	
Выдерживаемое временное перенапряжение $U_t$	440 В			400 В	
Ik при $U_c$ (С20-С40)	260 В	20 кА			
	320 В			4 кА	
	440 В	4 кА			
Ток утечки $I_c$ при $U_c$	< 1 мА				
Сопровождающий ток $I_s$	0				
Время реакции	25 нс				
Наибольшее сечение присоединяемых проводников	Жесткие проводники	25 мм <sup>2</sup>			
	Гибкие проводники с кабельными наконечниками	16 мм <sup>2</sup>			
Степень защиты	IP 20, установка в оболочке				
Температура окружающей среды	При эксплуатации	от -10°C до +40°C			
	При хранении	от -20°C до +70°C			

## РАЗЪЕДИНИТЕЛИ ДЛЯ СОВМЕСТНОЙ РАБОТЫ С УЗИП\*\*

Тип УЗИП	TT*	TN	IT без нулевого провода
Стандартной защитной способности 5/15 кА класс 2 U <sub>c</sub> = 320 В	C 20 А	C 20 А F 40 А gG (14 x 51)	
Повышенной защитной способности 15/40 кА класс 2 U <sub>c</sub> = 320 В	C 20 А	C 20 А F 125 А gG (22 x 58) или C 40 А	
Повышенной защитной способности 15/40 кА класс 2 U <sub>c</sub> = 440 В	C 20 А	C 20 А F 125 А gG (22 x 58) или C 40 А	C 20 А F 125 А gG (22 x 58) или C 40 А
Высокой защитной способности 20/70 кА класс 1/2 U <sub>c</sub> = 440 В	C 40 А	C 40 А F 160 А gG (Т100)	C 40 А F 160 А gG (Т100)
Искровой разрядник 12,5 кА класс 1 U <sub>c</sub> = 440 В	C 40 А	C 40 А F 160 А gG (Т100)	C 40 А F 160 А gG (Т100)

\* Применение плавких вставок не допускается

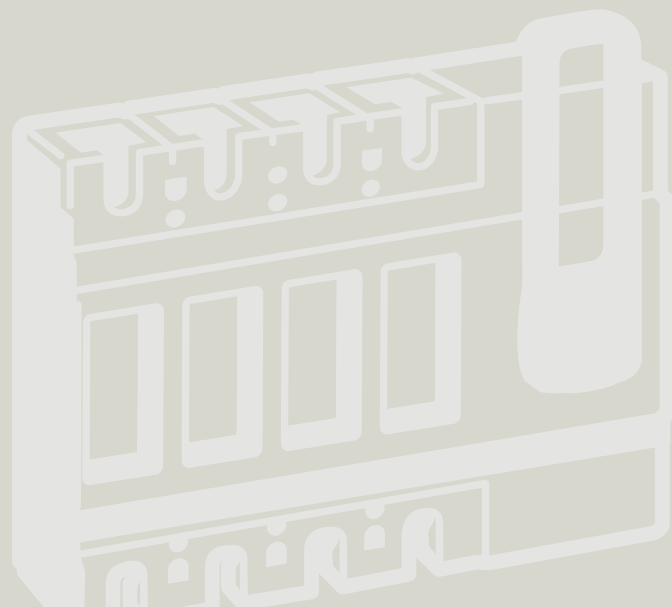
\*\* DX, DX-H, DX-L – в зависимости от тока короткого замыкания

## ТЕЛЕФОННЫЕ УЗИП

	Аналоговая телефонная линия 038 28	Цифровая телефонная линия 038 29
Номинальное напряжение	170 В	48 В
Максимальный разрядный ток I <sub>max</sub>	10 кА	
Уровень напряжения защиты U <sub>p</sub>	300 В	100 В
Сечение присоединяемых проводников (гибких и жестких)	0.5 – 2.5 мм <sup>2</sup>	
Степень защиты	IP 20	
Рабочая температура	от -10°C до +40°C	
Температура хранения	от -20°C до +70°C	

# Выключение, отключение, разъединение

Назначение функции  
состоит в отделении  
электроустановки  
или ее части от источника  
электрической энергии  
с целью обеспечения  
безопасности.



## ВЫКЛЮЧЕНИЕ, ОТКЛЮЧЕНИЕ, РАЗЪЕДИНЕНИЕ

Выключатель-разъединитель – коммутационный аппарат, способный включать, проводить и отключать токи в нормальных условиях работы, в том числе в условиях, предусмотренных для рабочих перегрузок, а также проводить в течение установленного времени токи в аномальных условиях, например, токи короткого замыкания, а в отключенном положении удовлетворяющий требованиям по изоляции, нормированным для разъединителя (МЭС 441-14-12).

Разъединитель – коммутационный аппарат способный включать и отключать цепь с незначительным током или при незначительном изменении напряжения на зажимах каждого из полюсов разъединителя. Разъединитель может проводить токи в нормальных условиях работы, а также в течение определенного времени в аномальных условиях работы выдерживать токи короткого замыкания, а в отключенном положении удовлетворяет определенным требованиям для изолирующей функции.



**Разъединение само по себе не обеспечивает полной безопасности выполнения работ в электроустановке. Следует принимать меры по недопущению несанкционированной подачи питания на электроустановку (блокирование рукояток навесными замками, вывешивание предупредительных надписей, запираение помещений, заземление).**

### Указание коммутационного положения разъединителя

Данная конструктивная особенность обеспечивает надежную связь между состоянием контактов и положением рукоятки управления. Рукоятка управления, находящаяся в положении «I» (красного цвета) или в положении «0» (зеленого цвета), однозначно указывает состояние контактов разъединителя.

### Видимое коммутационное положение разъединителя

Фактическое состояние контактов разъединителя четко видно или через окно (в DPX-IS), или по положению втычного или выкатного аппарата (DPX, DMX-E).

### Выключатели-разъединители Legrand



DPX-IS 250



DPX-IS 630





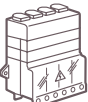
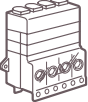

Аппарат отключения под нагрузкой: применяется для аварийного отключения и разъединения



Выкатной МССВ DPX 630

# Разъединение (окончание)

## ПОДСОЕДИНЕНИЯ К ВЫКЛЮЧАТЕЛЮ VISTOP

Максимальные значения для каждого полюса								
Проводник	Шины	Проводники		Медные наконечники		Алюминиевые наконечники		
		жесткие	гибкие	стандартные	компактные	стандартные	компактные	
К чему присоединяется	Ширина (мм)	Сечение (мм <sup>2</sup> )		S - Ø мм <sup>2</sup> - мм	S - Ø мм <sup>2</sup> - мм	S - Ø мм <sup>2</sup> - мм	S - Ø мм <sup>2</sup> - мм	
<b>VISTOP</b> 63 - 100 - 125 - 160 А Для крепления к монтажной рейке	 Гнездовой зажим	12	70	50				
	 048 67 Распределительный зажим		6 x 35	6 x 25				
	 227 78/79 Блок плоских зажимов	30			150-10	195-10	150-12	195-10
	 227 80/81 Блок гнездовых зажимов	18	185	150				
160	 Плоские зажимы	20			95-10	195-10	95-12	195-10

## ПОДСОЕДИНЕНИЯ К ВЫКЛЮЧАТЕЛЮ DPX-IS

### Максимальные значения для каждого полюса

	Проводник	Ширина (мм)	Проводники		Медные наконечники		Алюминиевые наконечники	
			Сечение (мм <sup>2</sup> ) жесткие	гибкие	стандартные S - Ø - мм мм <sup>2</sup> - мм	компактные S - Ø - мм мм <sup>2</sup> - мм	стандартные S - Ø - мм мм <sup>2</sup> - мм	компактные S - Ø - мм мм <sup>2</sup> - мм
DPX-IS 250	Плоские зажимы	32			150-12	300-10	240-12	300-10
	262 60 Гнездовой зажим	25	300	240				
	262 48/49	50			2 x 185-12	2 x 300-10	2 x 185-12	2 x 300-12
	263 50/51 Задние винтовые контактные выводы	32			2 x 300-16		2 x 300-16	
DPX-IS 630	Плоские зажимы	50			300-14		300-16	
	262 69 Зажим для подсоединения двух проводников		2 x 240	2 x 185			300-16	
DPX-IS 1600	262 73/74	80			4 x 300-14		4 x 300-16	4 x 300-14
	263 80/82 Задние контактные выводы	50			4 x 300-14		4 x 300-16	4 x 300-14
	Плоские зажимы	50			300-14		300-16	

# Распределение электроэнергии

Низковольтное устройство распределения и управления – комбинация низковольтных аппаратов совместно с устройствами управления, измерения, сигнализации, защиты, регулирования и т. п., смонтированных предприятием-изготовителем НКУ под его ответственность на единой конструктивной основе со всеми внутренними электрическими и механическими соединениями и конструктивными элементами.





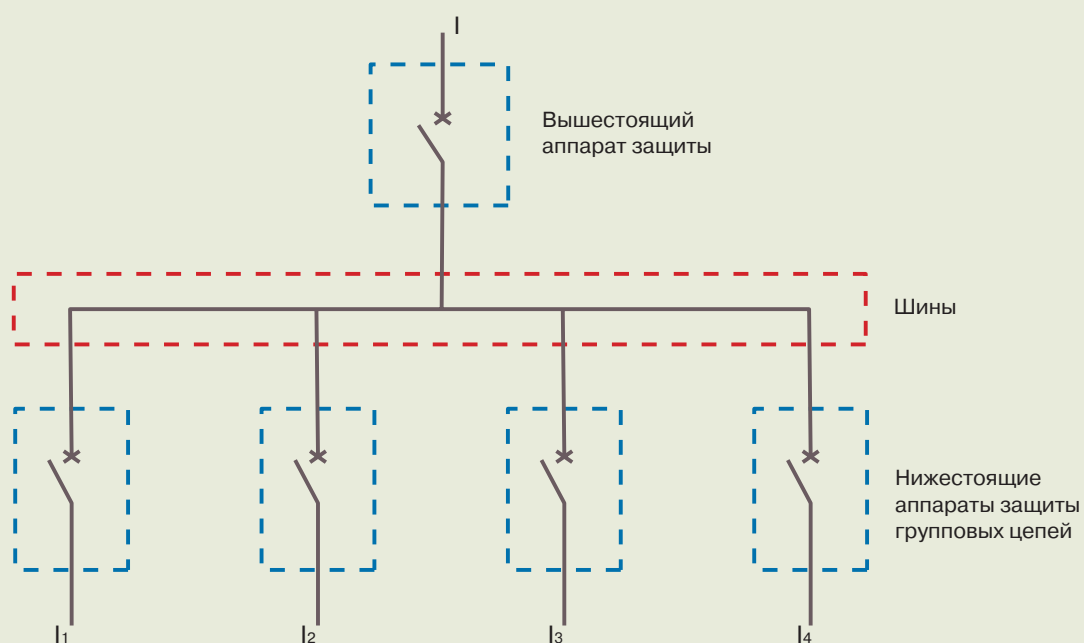
В соответствии с ГОСТ Р 51321.1-2000:

Шина – проводник с низким сопротивлением, к которому можно подсоединить несколько отдельных электрических цепей. Термин «шина» не включает в себя геометрическую форму, габариты или размеры проводника.

Сборная шина – шина, к которой могут быть присоединены одна или несколько распределительных шин и/или блоков ввода или вывода.

Распределительная шина – шина в пределах одной секции НКУ, соединенная со сборной шиной и питающая устройство вывода.

### Структурная схема



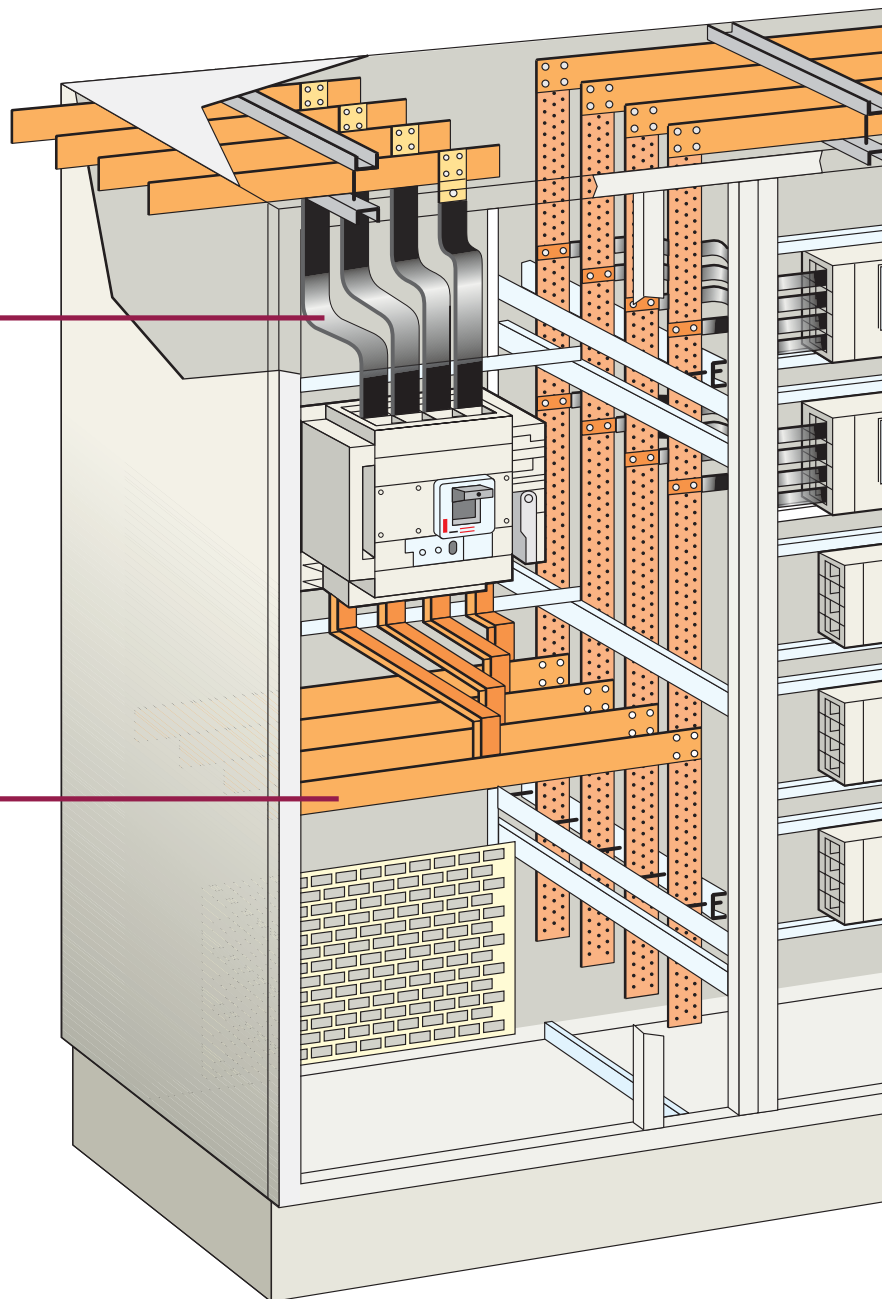
# Распределение электроэнергии (продолжение)

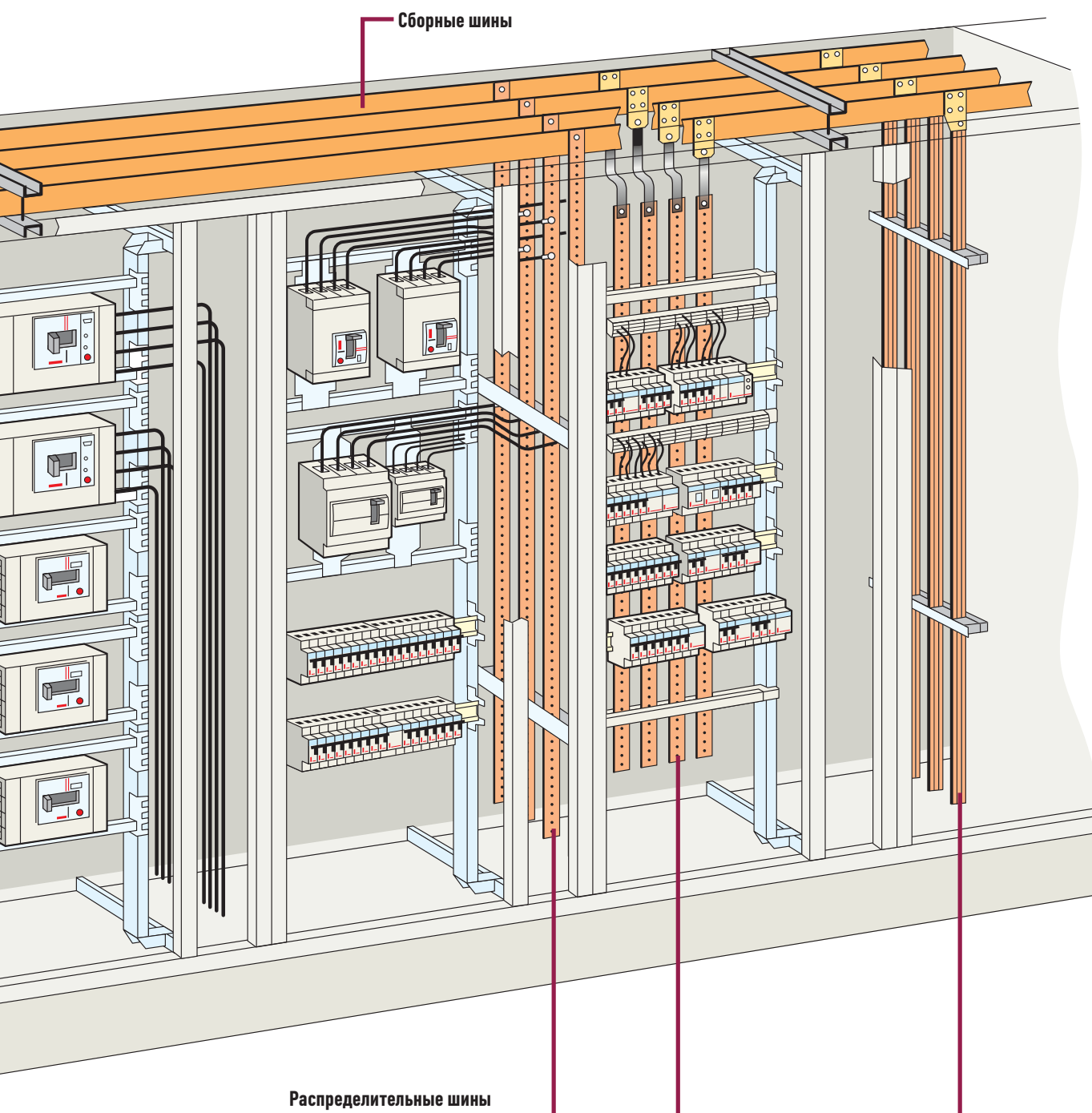
## ШИНЫ

Сборные шины – основные элементы распределительного оборудования, служащие для обеспечения питанием групповых цепей.

Элементы присоединения гибкой шиной

Распределительные шины





# Распределение электроэнергии (продолжение)

## ШИНЫ (продолжение)

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ СЕЧЕНИЯ

Требуемое сечение шин определяется исходя из рабочего тока, степени защиты IP оболочки и теплового воздействия от тока короткого замыкания. При этом ток определяется в соответствии со стандартом ГОСТ Р 50030.1-2000 (IEC 60947-1) для обычных условий работы и исходя из допустимого нагрева шин не более, чем до 65°C.

#### Параллельные шины

При увеличении количества шин допустимый ток увеличивается не прямо пропорционально их количеству. В системе из двух шин общий допустимый ток больше не в 2 раза, а в 1,6-1,8 раза, в системе из 3-х шин – в 2,2-2,4 раза, а в системе из 4-х шин – в 2,7-2,9 раза. Чем шины шире, тем больше это снижение, тем хуже условия их охлаждения, тем больше сказывается их взаимная индуктивность. Поэтому допустимая плотность тока не постоянна: 3 А/мм<sup>2</sup> для малых шин и 1 А/мм<sup>2</sup> для групп больших шин.



### Определение токов по ГОСТ Р 50030.1-2000 (IEC 60947-1)

$I_e$ : номинальный рабочий ток в устройствах распределения, размещенных в оболочке с естественной вентиляцией или со степенью защиты IP ≤ 30 (температура воздуха внутри оболочки ≤ 25°C).

$I_{the}$ : условный тепловой ток в оболочке, соответствующий самым жестким условиям размещения. Герметичный корпус не обеспечивает воздухообмен. Степень защиты > 30 (температура воздуха внутри оболочки ≤ 50°C).

Указанные токи нормируются:

- $I_e$  (А) для распределительных шкафов XL<sup>3</sup> 4000
- $I_{the}$  (А) для распределительных шкафов XL<sup>3</sup> 160, XL<sup>3</sup> 400, XL<sup>3</sup> 800, XL<sup>3</sup> 4000.

Жесткие шины в суппортах Кат. № 373 15/21, Кат. № 373 20/22 и Кат. № 374 14/53

#### Плоские жесткие медные шины при установке «на ребро»

$I_e$ (А) IP30	$I_{the}$ (А) IP > 30	Кат. №	Размеры (мм)	$I^2t$ (А <sup>2</sup> с)	$I_{cw_{1s}}$ (А)
110	80	373 88	12 x 2	$1.2 \times 10^7$	3430
160	125	373 89	12 x 4	$4.7 \times 10^7$	6865
200	160	374 33	15 x 4	$7.4 \times 10^7$	8580
250	200	374 34	18 x 4	$1 \times 10^8$	10295
280	250	374 38	25 x 4	$2.1 \times 10^8$	14300
330	270	374 18	25 x 5	$3.2 \times 10^8$	17875
450	400	374 19	32 x 5	$5.2 \times 10^8$	22900
700	630	374 40	50 x 5	$1.1 \times 10^9$	33750
1150	1000	374 40	2 x (25 x 5)	$4.5 \times 10^9$	67500
800	700	374 41	63 x 5	$1.8 \times 10^9$	42500
1350	1150	374 41	2 x (63 x 5)	$7.2 \times 10^9$	85000
950	850	374 59	75 x 5	$2.5 \times 10^9$	50600
1500	1300	374 59	2 x (75 x 5)	$1 \times 10^{10}$	101000
1000	900	374 43	80 x 5	$2.9 \times 10^9$	54000
1650	1450	374 43	2 x (80 x 5)	$1.2 \times 10^{10}$	108000
1200	1050	374 46	100 x 5	$4.5 \times 10^9$	67500
1900	1600	374 46	2 x (100 x 5)	$1.8 \times 10^{10}$	135000

## Жесткие шины в суппортах Кат. № 373 24 и 374 54

### Плоские жесткие медные шины при установке «на ребро»

le(A) IP30	lthe(A) IP > 30	Номер	Размеры (мм)	I <sup>2</sup> t (A <sup>2</sup> s)
700	630	1	50 x 5	1.14 x 10 <sup>9</sup>
1180	1020	2	50 x 5	4.56 x 10 <sup>9</sup>
1600	1380	3	50 x 5	1.03 x 10 <sup>10</sup>
2020	1720	4	50 x 5	1.82 x 10 <sup>10</sup>
800	700	1	63 x 5	1.81 x 10 <sup>9</sup>
1380	1180	2	63 x 5	7.23 x 10 <sup>9</sup>
1900	1600	3	63 x 5	1.63 x 10 <sup>10</sup>
2350	1950	4	63 x 5	2.89 x 10 <sup>10</sup>
950	850	1	75 x 5	2.56 x 10 <sup>9</sup>
1600	1400	2	75 x 5	1.03 x 10 <sup>10</sup>
2200	1900	3	75 x 5	2.31 x 10 <sup>10</sup>
2700	2300	4	75 x 5	4.10 x 10 <sup>11</sup>
1000	900	1	80 x 5	2.92 x 10 <sup>9</sup>
1700	1480	2	80 x 5	1.17 x 10 <sup>10</sup>
2350	2000	3	80 x 5	2.62 x 10 <sup>10</sup>
2850	2400	4	80 x 5	4.67 x 10 <sup>10</sup>
1200	1050	1	100 x 5	4.56 x 10 <sup>9</sup>
2050	1800	2	100 x 5	1.82 x 10 <sup>10</sup>
2900	2450	3	100 x 5	4.10 x 10 <sup>10</sup>
3500	2900	4	100 x 5	7.29 x 10 <sup>10</sup>
1450	1270	1	125 x 5	7.12 x 10 <sup>9</sup>
2500	2150	2	125 x 5	2.85 x 10 <sup>10</sup>
3450	2900	3	125 x 5	6.41 x 10 <sup>10</sup>
4150	3450	4	125 x 5	1.14 x 10 <sup>11</sup>
1750	1500	1	160 x 5 <sup>(1)</sup>	1.17 x 10 <sup>10</sup>
3050	2450	2	160 x 5 <sup>(1)</sup>	4.67 x 10 <sup>10</sup>
4200	3300	3	160 x 5 <sup>(1)</sup>	1.05 x 10 <sup>11</sup>
5000	3800	4	160 x 5 <sup>(1)</sup>	1.87 x 10 <sup>11</sup>

(1) требуется шпилька из нержавеющей стали диаметром 8, которая поставляется отдельно и отрезается по месту.



Суппорта Кат. № 373 24 применяются для сборных шин на очень большие токи (до 4000 А).

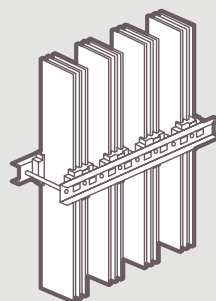
### Плоские жесткие медные шины при установке «на ребро»

le(A) IP30	lthe(A) IP > 30	Номер	Размеры (мм)	I <sup>2</sup> t (A <sup>2</sup> s)
950	850	1	50 x 10	4.56 x 10 <sup>9</sup>
1680	1470	2	50 x 10	1.82 x 10 <sup>10</sup>
2300	2030	3	50 x 10	4.1 x 10 <sup>10</sup>
1150	1020	1	60 x 10	6.56 x 10 <sup>9</sup>
2030	1750	2	60 x 10	2.62 x 10 <sup>10</sup>
2800	2400	3	60 x 10	5.90 x 10 <sup>10</sup>
1460	1270	1	80 x 10	1.17 x 10 <sup>10</sup>
2500	2150	2	80 x 10	4.67 x 10 <sup>10</sup>
3450	2900	3	80 x 10	1.05 x 10 <sup>11</sup>
1750	1500	1	100 x 10	1.82 x 10 <sup>10</sup>
3050	2550	2	100 x 10	7.29 x 10 <sup>10</sup>
4150	3500	3	100 x 10	1.64 x 10 <sup>11</sup>
2000	1750	1	120 x 10	2.62 x 10 <sup>10</sup>
3600	2920	2	120 x 10	1.05 x 10 <sup>11</sup>
4800	4000	3	120 x 10	2.36 x 10 <sup>11</sup>

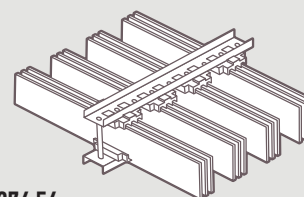
### Шины медные С-образные

le(A) IP ≤ 30	lthe(A) IP > 30	Кат. №	Сечение (мм <sup>2</sup> )	I <sup>2</sup> t (A <sup>2</sup> s)	I <sub>cw1s</sub> (A)
500	400	374 60	155	4.9 x 10 <sup>8</sup>	22165
800	630	374 61	265	1.3 x 10 <sup>8</sup>	37775
1250	1000	374 62	440	3.5 x 10 <sup>9</sup>	59400

### Расположение групп шин



Сборные шины, смонтированные «на ребро» вертикально



или горизонтально в суппортах Кат. № 374 54

# Аппаратура распределения (продолжение)

## ШИНЫ (продолжение)

### Плоские жесткие медные шины – монтаж плашмя

le(A) IP30	lthe(A) IP > 30	Количество на 1 полюс питания	Размеры (мм)
500	420	1	50 x 5
750	630	2	50 x 5
1000	900	3	50 x 5
1120	1000	4	50 x 5
600	500	1	63 x 5
750	630	2	63 x 5
1100	1000	3	63 x 5
1350	1200	4	63 x 5
700	600	1	75 x 5
1000	850	2	75 x 5
1250	1100	3	75 x 5
1600	1400	4	75 x 5
750	630	1	80 x 5
1050	900	2	80 x 5
1300	1150	3	80 x 5
1650	1450	4	80 x 5
850	700	1	100 x 5
1200	1050	2	100 x 5
1600	1400	3	100 x 5
1900	1650	4	100 x 5
1000	800	1	125 x 5
1450	1250	2	125 x 5
1800	1600	3	125 x 5
2150	1950	4	125 x 5
1150	900	1	160 x 5 <sup>(1)</sup>
1650	1450	2	160 x 5 <sup>(1)</sup>
2000	1800	3	160 x 5 <sup>(1)</sup>
2350	2150	4	160 x 5 <sup>(1)</sup>

(1) требуется шпилька диаметром 8, которая поставляется отдельно и отрезается по месту.



### Ориентация шин

Расположение шин ребром вверх улучшает рассеяние тепла. Если шины приходится располагать плашмя на вертикально расположенных держателях, допустимые токи должны быть уменьшены.

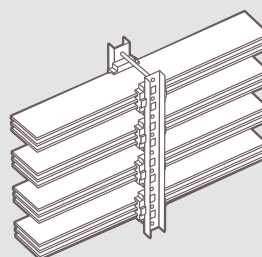
### Плоские жесткие медные шины – монтаж плашмя

le(A) IP30	lthe(A) IP > 30	Количество на 1 полюс питания	Размеры (мм)
880	650	1	50 x 10
1250	1050	2	50 x 10
2000	1600	3	50 x 10
1000	800	1	60 x 10
1600	1250	2	60 x 10
2250	1850	3	60 x 10
1150	950	1	80 x 10
1370	1650	2	80 x 10
2500	2000	3	80 x 10
1350	1150	1	100 x 10
2000	1650	2	100 x 10
2900	2400	3	100 x 10
1650	1450	1	120 x 10

### Гибкие медные шины

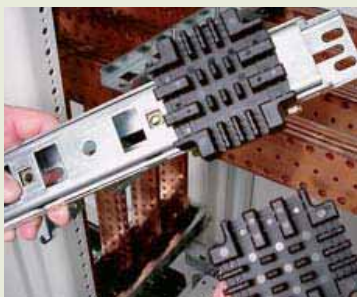
le(A) IP ≤ 30	lthe(A) IP > 30	Кат. №	Размеры (мм)	I <sup>t</sup> (A <sup>2</sup> s)	I <sub>cw1s</sub> (A)
200	160	374 10	13 x 3	2 x 10 <sup>7</sup>	4485
320	200	374 16	20 x 4	8.5 x 10 <sup>7</sup>	9200
400	250	374 11 374 67	24 x 4 20 x 5	1.2 x 10 <sup>8</sup>	11000
470	320	374 17	24 x 5	1.9 x 10 <sup>8</sup>	13800
630	400	374 12	32 x 5	3.4 x 10 <sup>8</sup>	18400
700	500	374 44	40 x 5	5.3 x 10 <sup>8</sup>	23000
850	630	374 57	50 x 5	8.3 x 10 <sup>8</sup>	28700
1250	1000	374 58	50 x 10	3.3 x 10 <sup>9</sup>	57500
2500	2000	374 58	2 x (50 x 10)	1.3 x 10 <sup>10</sup>	115000

### Расположение групп шин



Шины, смонтированные плашмя в сборные шины с использованием суппортов Кат. № 374 54, расположенных вертикально

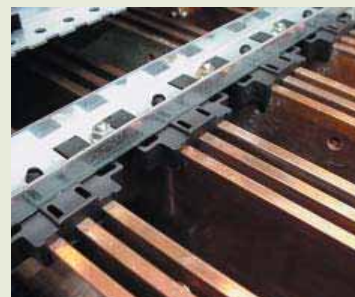
## Суппорты Кат. № 374 54



Для закрепления шин толщиной 5 или 10 мм достаточно всего лишь повернуть суппорты



От 1 до 4 шин толщиной 5 мм на один полюс питания



От 1 до 3 шин толщиной 10 мм на один полюс питания

### КАК ОПРЕДЕЛИТЬ РАССТОЯНИЕ МЕЖДУ СУППОРТАМИ

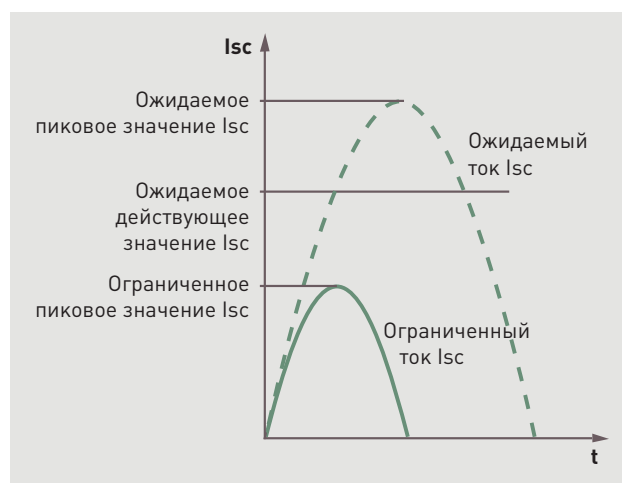
Расстояние между суппортами определяется исходя из электродинамических сил, возникающих при коротком замыкании. Эти силы возникают между шинами, когда по ним течет ток короткого замыкания, их величина пропорциональна пиковому значению этого тока.

#### Ожидаемое пиковое значение тока короткого замыкания

Это ожидаемое максимальное значение тока короткого замыкания в цепи в отсутствие аппарата защиты зависит от типа источника питания и его мощности. Реальное значение этого тока обычно ограничивается полным сопротивлением электрической цепи.

### Значение пикового тока ( $I_{pk}$ )

Ограниченный пиковый ток определяется характеристиками аппарата защиты. В отсутствие такового ожидаемое пиковое значение рассчитывается по действующему значению тока короткого замыкания и коэффициенту асимметрии.



# Аппаратура распределения (продолжение)

## ШИНЫ (продолжение)



### Расчет термических воздействий

Значение  $I^2t$  максимального термического воздействия при длительности тока короткого замыкания  $t$  менее 5 с рассчитывается по формуле:

$$I^2t = K^2 S^2$$

–  $K$  ( $A \cdot s^{0.5} / mm^2$ ):

115 для гибких шин (максимальная температура: 160°C)

135 для жестких шин большого сечения (ширина более 50 мм, максимальная температура 200°C)

143 для жестких шин С-образной формы малого сечения (ширина менее 50 мм, максимальная температура: 220°C)

–  $S$  ( $mm^2$ ): сечение шины

Значение допустимого по термическому воздействию кратковременного тока, приведенное к длительности 1 сек., выражается формулой:

$$I_{cw} = \sqrt{I^2t}$$



Допустимое термическое воздействие на шину должно быть больше значения, ограниченного аппаратом защиты.

### ! Проверка шин по условию допустимого термического воздействия с помощью кривых ограничения

Пример проверки для одной плоской жесткой шины 12 x 4 с номинальным током 160 А  
Допустимое значение величины  $I^2t$  для шины:  
 $4,7 \times 10^7 A^2 \cdot s$

Действующее значение тока  $I_{cc}$ : 10 кА (104 А)

Это значение откладывается по оси абсцисс графика ограничения автоматического выключателя (в данном случае DPX 250 ER 160 А). По кривой ограничения определяется значение термического воздействия, составляющее  $5 \times 10^5 A^2 \cdot s$ , что меньше допустимого для данной шины значения  $I^2t$ .

### Кривая термического воздействия, ограниченного аппаратом DPX 250 ER (160 А)





## Действующее значение ожидаемого тока короткого замыкания ( $I_{cc}$ )

Речь идет о максимальном ожидаемом значении тока, который протекал бы во время короткого замыкания цепи в отсутствие устройства защиты. Это значение зависит от типа и мощности источника питания. Учитывая сопротивление проводников, реальный ток короткого замыкания будет меньше.



### Ожидаемый ток $I_{cc}$

Ожидаемым током  $I_{cc}$  называют действующее значение тока короткого замыкания, который протекал бы при отсутствии устройства защиты.  
 $I_{cc1}$ : ток короткого замыкания между фазным и нейтральным проводниками  
 $I_{cc2}$ : ток короткого замыкания между двумя фазными проводниками  
 $I_{cc3}$ : ток короткого замыкания между тремя фазными проводниками  
 Вместо перечисленных выше обозначений используют также обозначения  $I_{k1}$ ,  $I_{k2}$ ,  $I_{k3}$ , которые не следует путать с рассмотренным ниже  $I_{rk}$ .



В случае сомнения относительно реального значения  $I_{cc}$ , следует принимать его равным не менее  $20 I_n$ .



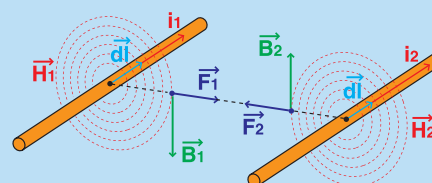
Электродинамические силы, действующие на шины, представляют собой результат взаимодействия магнитных полей, созданных протекающими по шинам токами. Эти силы пропорциональны квадрату пикового значения тока  $I_{rk}$ , который обозначается как А или кА. При коротком замыкании электродинамические силы могут быть весьма значительными (достигать нескольких сотен ньютонов), что может привести к деформации шин или к поломке держателей.

Ориентировочный расчет сил, который уточняется последующими испытаниями, производится по закону Лапласа, гласящего о том, что если проводник помещен в магнитное поле, характеризующееся вектором напряженности магнитного поля  $\vec{H}$  и вектором магнитной индукции  $\vec{B}$ , и через него течет ток  $i_1$ , то на каждый единый элемент  $d\vec{l}$  этого проводника действует сила, равная  $d\vec{F} = i d\vec{l} \wedge \vec{B}$

Если магнитное поле создано другим проводником, через который течет ток  $i_2$ , то возникает взаимодействие сил  $\vec{F}_1$  и  $\vec{F}_2$ , созданных магнитными полями, характеризующимися векторами  $\vec{H}_1$ ,  $\vec{H}_2$ ,  $\vec{B}_1$  и  $\vec{B}_2$ .

### Схема взаимодействия электромагнитных полей (закон Био-Савара)

Направления векторов определены по правилу буравчика. Если токи  $i_1$  и  $i_2$  текут в одном и том же направлении, то проводники притягиваются, если в противоположных направлениях – отталкиваются.

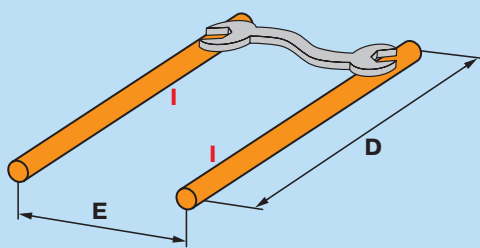


# Аппаратура распределения (продолжение)

## ШИНЫ (продолжение)



### Основная формула расчета силы электродинамического действия при коротком замыкании



**D:** длина проводника (расстояние между суппортами шин)  
**E:** расстояние между проводниками

$$F_{\max} = 2 \times I^2 \times \frac{D}{E} \times 10^{-8}$$

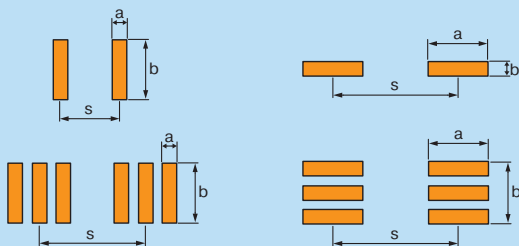
**F** в ньютонах, **I** в амперах, **D** и **E** в одинаковых единицах. На практик, эта формула применяется только для круглых проводников и проводников большой длины ( $D > 20 E$ ).

При меньших значениях **D** используют поправочный коэффициент, называемый «краевым коэффициентом».

Для  $4 < \frac{D}{E} < 20$ , используется формула  $F_{\max} = 2 \times I^2 \times \left(\frac{D}{E} - 1\right) \times 10^{-8}$

Для  $\frac{D}{E} < 4$ , используется формула  $F_{\max} = 2 \times I^2 \times \left[\sqrt{\left(\frac{D}{E}\right)^2 + 1} - 1\right] \times 10^{-8}$

Для некруглых проводников необходимо ввести в формулу дополнительный поправочный коэффициент, учитывающий их взаимное расположение и форму.



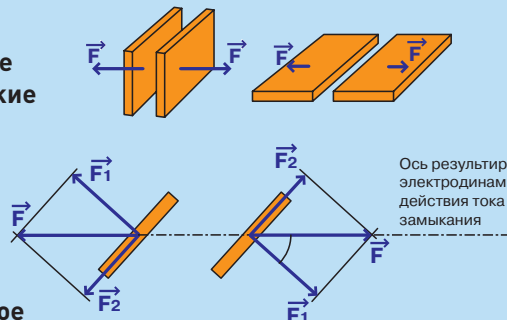
Коэффициент **k** определяется согласно диаграммам в зависимости от  $\frac{s-a}{a+b}$  и  $\frac{a}{b}$ .

Его влияние быстро уменьшается с увеличением **s** (значение коэффициента стремится к 1).

Данный коэффициент оказывает наибольшее влияние при расчете силы действия на плоские шины. Чем ближе расположены шины и чем больше обращены друг к другу поверхности шин, тем больше значение силы электродинамического действия.

При наклонном расположении шин необходимо учитывать угол  $\alpha$ .

Значение вектора **F** определяет максимальное допустимое значение тока. Вектор **F** вычисляется по обычным формулам механики.

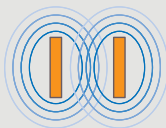


Ось результирующей силы электродинамического действия тока короткого замыкания

## ШИНЫ И ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ЭФФЕКТЫ

Связанные с шинами электромагнитные эффекты можно разделить на переходные (электродинамические силы, возникающие при коротких замыканиях) и постоянно действующие (проявление электромагнитной индукции, порождаемой протеканием значительного тока). Постоянно действующие электромагнитные эффекты проявляются в следующем:

- Возрастание полного сопротивления шин из-за влияния взаимной индуктивности



- Возрастание температуры из-за изменения электромагнитной проницаемости среды вокруг шин



- Возможное нежелательное воздействие на чувствительные устройства.



Если по шинам протекают очень большие токи, а рекомендации изготовителя отсутствуют, то для различных устройств минимально допустимые расстояния от шин должны быть увеличены на:

- 30 см – для устройств с низкой чувствительностью (предохранители, автоматические выключатели в литых корпусах и т.п. устройства);

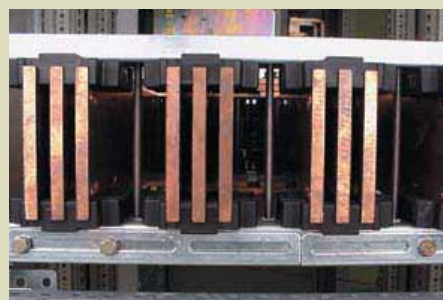
- 50 см – для устройств с умеренной чувствительностью (модульные автоматические выключатели вторичных цепей, в том числе управляемые дифференциальным током, реле и пускатели, трансформаторы и т.п. устройства);
- 1 м – для устройств с высокой чувствительностью (цифровое измерительное оборудование, системы с шинами данных, устройства дистанционного управления, электронные выключатели и т.п. устройства);
- еще большее расстояние – для устройств, особо чувствительных к электромагнитным полям (аналоговые измерительные приборы, осциллографы, катодно-лучевые трубки и т.п. устройства).



**Суппорты на алюминиевых поперечинах для предотвращения деформации шин под воздействием электромагнитного поля.**



**Для этой же цели в суппортах Кат. № 374 54 используются винты из немагнитной нержавеющей стали.**

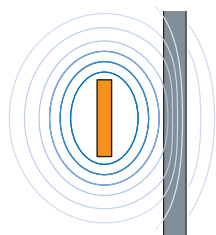


# Распределение электроэнергии (продолжение)

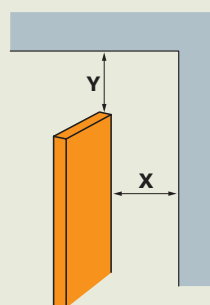
## ШИНЫ И ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ЭФФЕКТЫ

Металлические части комплектных устройств (панели, каркасы и рамы), расположенные вблизи от силовых шин, попадают в зону действия магнитных полей, созданных протекающими по шинам токами.

Это явление аналогично тому, которое используется для электромагнитного экранирования, но в данном случае необходимо ограничить влияние магнитного поля для уменьшения индуцированного в них тока и нагрева металлических конструкций.



### Минимальные расстояния между шинами и металлическими панелями



Магнитная индукция больше с плоской стороны шины (расстояние X). При токе более 2500 А минимально допустимые расстояния X: 150 мм и Y: 100 мм.



Объем комплектного устройства определяется с одной стороны необходимостью надлежащего рассеяния теплоты, а с другой стороны – необходимостью соблюдения допустимых расстояний между шинами и металлическими частями корпуса, определяемых значением магнитной индукции.



Необходимо полностью исключить образование замкнутых магнитных контуров вокруг силовых шин. В каркас шкафов входят немагнитные элементы, размыкающие магнитные контуры, что позволяет использовать эти шкафы для размещения шин с очень большими токами.



При размещении электрических и электронных устройств вблизи силовых шин (до 4000 А) должны быть увеличены минимально допустимые расстояния между шинами и устройствами. При отсутствии специальных требований в документации на изделия, минимально допустимые расстояния должны составлять:

- 30 см для малочувствительных устройств (предохранителей, недифференциальных выключателей, соединителей, выключателей мощности...).
- 50 см для аппаратов средней чувствительности (автоматических выключателей, а также дифференциальных реле, магнитных пускателей, трансформаторов...)
- 1 м для высокочувствительных устройств (цифровых измерительных устройств, сигнальных шин, устройств дистанционного управления, электронных выключателей...).
- Для обеспечения надежной работы аппаратов с очень высокой чувствительностью к воздействию электромагнитных полей (аналоговых измерительных приборов, счетчиков электрической энергии, высокочувствительных измерительных приборов типа гальванометр, приборов с электронно-лучевой трубкой) могут потребоваться еще большие расстояния.



## Измерение линий напряженности магнитного поля вокруг системы шин



Умение измерять индукцию магнитного поля, создаваемого вокруг силовых проводников, позволяет определять допустимые расстояния размещения электрических и электронных устройств, при которых исключается влияние на них электромагнитного поля.

Для количественной характеристики магнитного поля используют следующие величины.

Измеряемая в теслах (Тл) магнитная индукция. Магнитная индукция, равная одной тесла, характеризует поле, магнитный поток которого сквозь поперечное сечение площадью 1 м<sup>2</sup> равен 1 веберу (Вб).

– Тесла является очень большой единицей, поэтому на практике используют дольные единицы: миллитесла (мТл) и микротесла (мкТл). Единица магнитной индукции гаусс (Гс) не принадлежит системе СИ и не допускается к применению (1 Тл = 10 000 Гс).

– Единица «ампер на метр» (А/м), называемая также «ампервиток на метр», не принадлежит системе СИ и характеризует напряженность магнитного поля в центре витка диаметром в 1 м, по которому течет постоянный ток в 1 А.

Магнитная индукция В (измеряемая в Тл) и напряженность магнитного поля Н (измеряемая в А/м) связаны с формулой:

$$B = \mu_0 \mu_r H$$

где  $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$  (магнитная проницаемость воздуха или вакуума)  
 $\mu_r = 1$  (относительная проницаемость железа)

Основные соотношения: 1 мкТл = 1,25 А/м; 1 А/м = 0,8 мкТл

Рекомендуемые значения минимально допустимых расстояний от шин до аппаратов соответствуют значениям магнитных полей, определенных вблизи системы шин, по которым течет ток 4000 А.

0,1 мТл (125 А/м): 1 м для высокочувствительных устройств

0,5 мТл (625 А/м): 50 см для устройств средней чувствительности

1 мТл (1250 А/м) 30 см для малочувствительных устройств



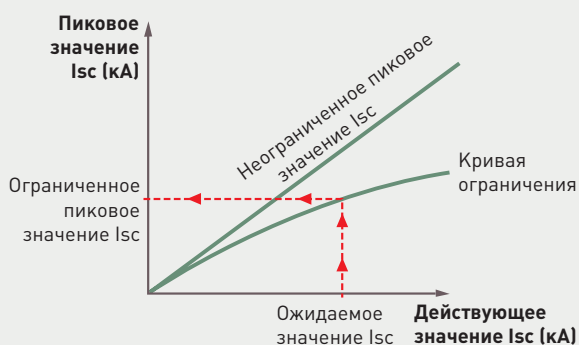
На практике магнитное поле, создаваемое вокруг силовых шин, может оказаться значительно больше и для надежной работы устройств могут потребоваться расстояния превосходящие рекомендуемые. Чрезвычайно жесткие испытания аппаратов DX подтвердили надежность их работы в таких условиях.

# Распределение электроэнергии (продолжение)

## ВЫБОР СУППОРТОВ ДЛЯ ШИН

### Токоограничивающие аппараты защиты

Кривые ограничения для аппаратов защиты (DX и DPX) определяют ограниченное пиковое значение тока по отношению к ожидаемому значению тока короткого замыкания. Прямая неограниченного пикового тока  $I_{sc}$  соответствует отсутствию защиты в цепи.

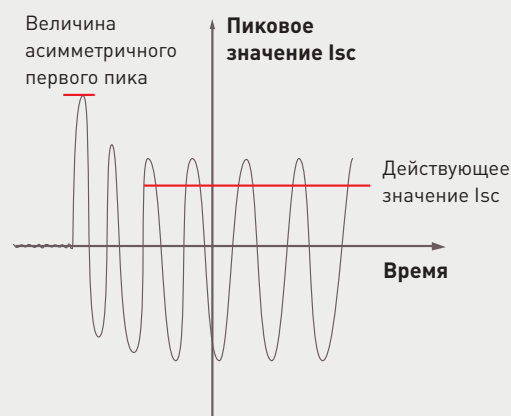


В приведенной ниже таблице даны ограниченные значения пикового тока короткого замыкания, прямо соответствующие максимальным ожидаемым значениям, равным отключающей способности ( $I_{cu}$ ) аппаратов защиты. Для меньших, чем  $I_{cu}$ , ожидаемых значений ограниченные пиковые значения определяются по графикам.

Аппарат	Номинальный ток (А)	Максимальный пиковый ток $I_{sc}$ (кА)
DPX 125	16 – 25	11.9
DPX 125	40 – 63	15
DPX 125	100 – 125	17
DPX 160	25	14.3
DPX 160	40 – 160	20
DPX 250 ER	100 – 250	22
DPX 250	40 – 250	27
DPX-H 250	40 – 250	34
DPX 630	250 – 630	34
DPX-H 630	250 – 630	42
DPX 1600	630 – 1600	85
DPX-H 1600	630 – 1600	110

### Аппараты защиты без токоограничения

Если цепь с системой шин защищена аппаратом без токоограничения, то максимальное значение пика тока короткого замыкания достигается в первом же полупериоде действия этого тока.



Первый пик асимметричен, и соотношение между пиковым и действующим ожидаемыми значениями тока определяется коэффициентом асимметрии  $n$ :

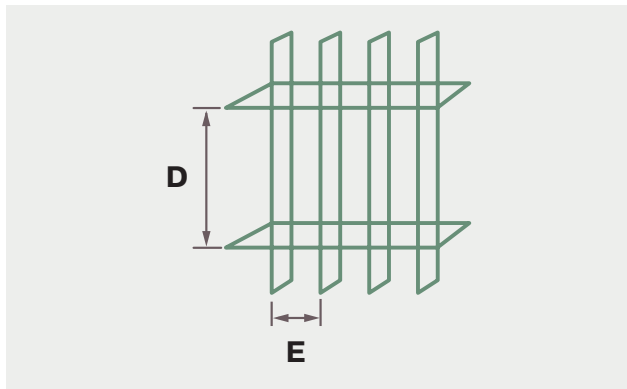
пиковое значение  $I_{sc} = n \times$  ожидаемое действующее значение  $I_{sc}$

Ожидаемое действующее значение $I_{sc}$ (кА)	$n$
$\leq 5$	1.5
$5 \leq I = 10$	1.7
$10 \leq I = 20$	2
$20 \leq I = 50$	2.1
$50 < I$	2.2

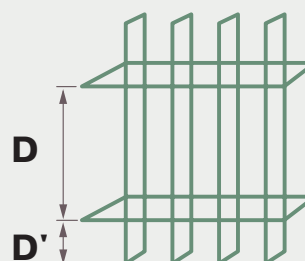
### Как по пиковому значению тока $I_{pk}$ определить расстояние между держателями шин

По таблицам на стр. 190-193 можно определить наибольшее расстояние  $D$  (в мм) между суппортами и таким образом построить систему шин, рассчитанную на требуемое пиковое значение  $I_{pk}$ . Чем меньше  $D$ , тем жестче система шин и тем больше допустимый ток короткого замыкания.

Применяя одностоечные держатели, также возможно изменять расстояние  $E$  между шинами. Чем больше  $E$ , тем «просторнее» система шин и тем больше допустимый ток короткого замыкания.






**Расстояние  $D'$  за последним держателем всегда должно быть менее 30 % от расстояния  $D$**





# Распределение электроэнергии (продолжение)

## Наибольшее расстояние D (в мм) для одностоечных держателей (с изменяемым E)

Шины		Кат. № 373 98 				Кат. № 374 37 				Кат. № 373 10 					
		373 88 (12 x 2) или 373 89 (12 x 4)				374 33 (15 x 4) или 374 34 (18 x 4) или 374 38 (25 x 4)				374 34 (18 x 4)		374 18 (25 x 5)		374 19 (32 x 5)	
E (мм)		50	75	100	125	50	75	100	125	55	83	55	83	55	83
Пиковое значение I <sub>sc</sub> (I <sub>рк</sub> в кА)	10	400	600	800		350	600	750		500	600	650		700	
	15	300	450	600	800	250	400	500	700	300	400	500	600	500	600
	20	250	350	450	600	150	225	300	375	250	300	350	400	400	500
	25	200	250	300	400	125	150	200	250	200	250	300	350	350	400
	30					100	125	150	175	150	200	250	300	300	350
	35						100	125	150						
	40									125	150	200	250	250	300
	50									100	125	150	200	200	250
	60										100	125	150	150	200
	70											100	125	100	150
	80												100		100

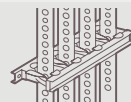
## Наибольшее расстояние D (в мм) для суппортов (с фиксированным E)

Шины		Кат. № 			Кат. № 373 15 			
		373 88 (12 x 2)	373 89 (12 x 4)	374 33/34 (15 x 4) (18 x 4)	374 36	374 34 (18 x 4)	374 18 (25 x 5)	374 19 (32 x 5)
Пиковое значение I <sub>sc</sub> (I <sub>рк</sub> в кА)	10	200	400	550	650	1000	1200	1500
	15	150	300	400	500	700	1000	1200
	20	125	200	300	400	550	750	950
	25	100	150	200	350	400	600	750
	30			150	200	350	500	650
	35			100	150			
	40				100	250	350	450
	50					200	300	400
	60					200	250	300
	70					150	200	250
	80					150	200	250



### Наибольшее расстояние D (в мм) для Кат. № 374 53 (E фиксировано, 75 мм)

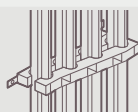
Кат. № 373 22 и 374 53



Шины	1 шина на 1 полюс					2 шины на 1 полюс				
	374 40 (50 x 5)	374 41 (63 x 5)	374 59 (75 x 5)	374 43 (80 x 5)	374 46 (100 x 5)	374 40 (50 x 5)	374 41 (50 x 5)	374 59 (75 x 5)	374 43 (80 x 5)	374 46 (100 x 5)
E (мм)	1000	1200	1200	1200	1200					
Пиковое значение I <sub>sc</sub> (I <sub>pk</sub> в кА)	15	800	900	1000	1000	1200				
	20	650	700	750	750	900				
	25	500	600	600	600	700				
	30	400	500	550	550	600	700	800		
	35	350	450	450	450	550				
	40	300	350	400	400	450	550	600	650	700
	45	300	300	350	350	400				
	50	250	250	300	300	350	450	500	500	550
	60	200	250	250	250	300	350	400	400	450
	70	150	200	250	250	250	250	350	350	400
	80	100	150	200	200	200	250	300	300	300
	90	100	150	200	200	200	200	250	300	300
	100	100	150	150	150	200	200	250	250	250
	110	100	100	150	150	150	200	150	200	200
	120	100	100	100	100	100	150	150	200	200

### Наибольшее расстояние D (в мм) для Кат. №№ 374 56 и 374 14 (E фиксировано, 75 мм)

Кат. № 373 21



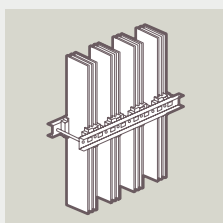
Кат. № 373 20



Шины	1 шина профиля С на 1 полюс			1 плоская шина на 1 полюс				1 плоская шина на 1 полюс					
	374 60 155 мм <sup>2</sup>	374 61 265 мм <sup>2</sup>	374 62 440 мм <sup>2</sup>	374 40 (50 x 5)	374 41 (63 x 5)	374 59 (75 x 5)	374 42 (80 x 5)	374 34 (18 x 4)	374 18 (25 x 5)	374 19 (32 x 5)	374 40 (50 x 5)	374 41 (63 x 5)	
E (мм)	10	1100	1600	1600	1100	1200	1200	1200	800	800	900		
Пиковое значение I <sub>sc</sub> (I <sub>pk</sub> в кА)	15	800	1000	1300	800	900	1000	1000	400	600	600	700	800
	20	600	800	1000	650	700	750	750	300	450	500	600	700
	25	450	650	800	500	600	800	800	250	350	400	500	550
	30	400	550	700	400	500	550	550	225	300	350	400	450
	35	350	450	600	350	450	450	450	200	250	300	350	400
	40	300	400	550	300	400	400	400	175	200	250	275	300
	45	300	350	500	300	350	350	350	150	200	200	225	250
	50	250	300	450	250	300	300	300	150	150	150	200	200
	60	200	300	400	200	250	250	250	125	125	125	150	150
	70	150	250	350	150	200	200	200	100	100	100	150	150
	80		200	300	100	150	200	200				100	100
	90		200	250	100	150	200	200					
	100		150	250	100	150	150	150					
	110		150	200	100	100	150	150					
	120		150	200	100	100	100	100					

# Распределение электроэнергии (продолжение)

Наибольшее расстояние D (в мм) для Кат. №№ 373 24 и 374 54  
с медными шинами толщиной 5 мм



Кат. № 373 24 и 374 54

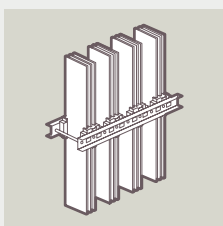
Шины	1 шина на 1 полюс					
	50 x 5	63 x 5	75 x 5 80 x 5	100 x 5	125 x 5	
Пиковое значение I <sub>sc</sub> (I <sub>pk</sub> в кА)	10	1550	1700	1700	1700	1700
	15	1050	1200	1350	1550	1700
	20	800	900	1000	1150	1350
	25	650	750	800	950	1100
	30	550	600	700	800	900
	35	450	550	600	650	800
	40	400	450	550	600	700
	45	350	400	450	550	600
	50	350	350	450	500	550
	60	300	300	350	400	450
	70	250	250	300	350	400
	80		250	300	350	
	90		250	250	300	
	100			250	300	
	110			250	250	
	120				250	
	130				250	
	140					
	150					
	160					
	170					
	180					

Шины	2 шины на 1 полюс					
	50 x 5	63 x 5	75 x 5 80 x 5	100 x 5	125 x 5	
Пиковое значение I <sub>sc</sub> (I <sub>pk</sub> в кА)	10	1700	1700	1700	1700	1700
	15	1550	1700	1700	1700	1700
	20	1200	1350	1500	1700	1700
	25	950	1100	1200	1400	1550
	30	800	900	1000	1150	1300
	35	700	800	900	1000	1150
	40	600	700	800	900	1000
	45	550	600	700	800	900
	50	500	550	650	700	800
	60	400	450	550	600	700
	70	350	400	450	500	650
	80	300	350	400	450	550
	90	300	300	350	400	500
	100	250	300	300	350	500
	110	250	250	300	350	450
	120		250	250	300	450
	130			250	300	400
	140			250	250	400
	150				250	350
	160				250	350
	170					350
	180					300

Шины	3 шины на 1 полюс					
	50 x 5	63 x 5	75 x 5 80 x 5	100 x 5	125 x 5	
Пиковое значение I <sub>sc</sub> (I <sub>pk</sub> в кА)	10	1700	1700	1700	1700	1700
	15	1700	1700	1700	1700	1700
	20	1550	1700	1700	1700	1700
	25	1250	1450	1600	1700	1700
	30	1050	1200	1350	1550	1700
	35	900	1050	1150	1300	1500
	40	800	900	1050	1150	1300
	45	700	800	900	1050	1200
	50	650	750	850	950	1050
	60	550	600	700	800	900
	70	450	550	600	700	750
	80	400	450	550	600	700
	90	350	400	500	550	600
	100	350	400	450	500	550
	110	300	350	400	450	500
	120	300	300	350	400	450
	130	250	300	350	350	450
	140	250	250	300	350	400
	150	250	250	300	350	350
	160		250	250	300	350
	170		250	250	300	350
	180			250	300	300
	190			250	250	300
	200				250	300
	210				250	250
	220				250	250

Шины	4 шины на 1 полюс					
	50 x 5	63 x 5	75 x 5 80 x 5	100 x 5	125 x 5	
Пиковое значение I <sub>sc</sub> (I <sub>pk</sub> в кА)	10	1700	1700	1700	1700	1700
	15	1700	1700	1700	1700	1700
	20	1700	1700	1700	1700	1700
	25	1550	1700	1700	1700	1700
	30	1300	1500	1700	1700	1700
	35	1150	1250	1450	1650	1700
	40	1000	1100	1300	1450	1650
	45	900	1000	1150	1300	1450
	50	800	900	1050	1150	1350
	60	650	750	850	1000	1100
	70	600	650	750	850	950
	80	500	600	650	750	850
	90	450	500	600	650	750
	100	400	450	550	600	700
	110	350	450	500	550	600
	120	350	400	450	550	550
	130	300	350	400	500	550
	140	300	350	400	450	500
	150	300	300	350	400	450
	160	250	300	450	400	350
	170	250	300	300	350	300
	180	250	250	300	350	300
	190	250	250	300	300	250
	200		250	250	300	250
	210		250	250	250	200
	220			250	250	200

## Наибольшее расстояние D (в мм) для Кат. № 373 24 и 374 54 с медными шинами толщиной 10 мм



**Суппорт Кат. №№ 373 24  
и 374 54**

Шины	1 шина на 1 полюс		
	80 x 10	100 x 10	120 x 10
Пиковое значение I <sub>sc</sub> (I <sub>pk</sub> в кА)	20	1700	1700
	25	1600	1700
	30	1350	1550
	35	1150	1300
	40	1050	1150
	45	900	1050
	50	850	950
	60	700	800
	70	600	700
	80	550	600
	90	500	550
	100	450	500
	110	400	450
	120	350	400
	130	350	350
	140	300	350
	150	300	350
	160	250	300
	170	250	300
	180	250	300
	190	250	300
	200	200	300
	210	200	250
	220		250
	230		250
	240		200
	250		200

Шины	2 шины на 1 полюс		
	80 x 10	100 x 10	120 x 10
Пиковое значение I <sub>sc</sub> (I <sub>pk</sub> в кА)	20	1700	1700
	25	1700	1700
	30	1700	1700
	35	1700	1700
	40	1500	1700
	45	1350	1550
	50	1200	1400
	60	1000	1150
	70	900	1000
	80	750	900
	90	700	800
	100	600	700
	110	550	650
	120	550	600
	130	500	550
	140	450	500
	150	450	500
	160	400	450
	170	350	400
	180	350	400
	190	350	400
	200	300	350
	210	300	350
	220	300	300
	230	300	300
	240	250	300
	250	250	300

Шины	3 шины на 1 полюс		
	80 x 10	100 x 10	120 x 10
Пиковое значение I <sub>sc</sub> (I <sub>pk</sub> в кА)	20	1700	1700
	25	1700	1700
	30	1700	1700
	35	1700	1700
	40	1700	1700
	45	1700	1700
	50	1600	1700
	60	1350	1550
	70	1150	1300
	80	1000	1150
	90	900	1050
	100	850	950
	110	750	800
	120	700	750
	130	650	700
	140	600	650
	150	550	600
	160	550	500
	170	500	500
	180	500	450
	190	450	400
	200	450	400
	210	400	350
	220	350	300
	230	300	300
	240	300	250
	250	250	250

# Распределение электроэнергии (продолжение)

## ИЗОЛЯЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

### ПРОВЕРКА ИЗОЛЯЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК

#### Номинальное напряжение изоляции $U_i$

Номинальное напряжение изоляции аппарата – значение напряжения, по которому определяют испытательное напряжение при испытании изоляционных свойств, расстояние утечки и воздушные зазоры.

#### Номинальное импульсное выдерживаемое напряжение $U_{imp}$

Номинальное импульсное выдерживаемое напряжение – пиковое значение импульсного напряжения заданной формы и полярности, которое может выдержать аппарат без повреждений в установленных условиях испытания и к которому отнесены значения воздушных зазоров.

$U_{imp}$  аппарата должно быть не ниже указанных значений переходного перенапряжения, возможных в системе, в которую входит аппарат.

### Изоляционные характеристики суппортов

Кат. №	373 98	374 37	373 96	374 32	374 36	373 10	374 14	374 53	373 21	374 54
$U_i$ (В)	500	500	690	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
$U_{imp}$ (кВ)	8	8	8	12	12	12	12	12	12	12



Все относящиеся к изоляции рекомендации определены международным стандартом IEC 60664-1 «Координация изоляции в системах (сетях) низкого напряжения». Их можно также найти в стандартах ГОСТ Р 51321.1-2000 (IEC 60439-1) и ГОСТ Р 50030.1-2000 (IEC 60947-1).



Суппорты шин Legrand разработаны и испытаны для наиболее тяжелых условий работы, соответствующих наибольшей вероятности возникновения перенапряжений. Данные требования по безопасности характеризуются значением  $U_{imp}$ .

## ПРОВЕРКА ИЗОЛЯЦИИ

### Номинальное напряжение изоляции $U_i$

Номинальное напряжение изоляции должно быть равно или превышать максимальное рабочее напряжение. Последнее зависит от напряжения питающей электрической сети и схемы соединения обмоток трансформатора на подстанции (звезда, треугольник, с или без нейтрали).

### Напряжение изоляции в зависимости от номинального напряжения питающей электрической сети

Номинальное напряжение питающей электрической сети	Напряжение изоляции между фазными проводниками	Напряжение изоляции между фазным и нейтральным проводниками	
		Трехфазная 4-проводная сеть с заземленной нейтралью	Трехфазная сеть 3-проводная сеть с изолированной нейтралью или с одной заземленной фазой
(В)	(В)	(В)	(В)
60	63	32	63
110 - 120 - 127	125	80	125
160	160	—	160
208	200	125	200
220 - 230 - 240	250	160	250
300	320	—	320
380 - 400 - 415	400	250	400
440	500	250	500
480 - 500	500	320	500
575	630	400	680
600	630	—	630
660 - 690	630	400	630
720 - 830	800	500	800
960	1 000	630	1 000
1 000	1 000	—	1 000



Необходимо убедиться в том, что контрольное напряжение не превышает номинальное напряжения изоляции  $U_i$  аппаратов, шин и распределителей.



Напряжение изоляции между токоведущими проводниками и заземленными суппортами шин и распределителей Legrand должно быть по крайней мере равно напряжению изоляции между фазными проводниками. Значение номинального напряжения изоляции  $U_i$  можно использовать для всех питающих электрических сетей.

# Распределение электроэнергии (продолжение)

## ИЗОЛЯЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ (продолжение)

### Номинальное импульсное выдерживаемое напряжение $U_{imp}$

Эта величина характеризует значение перенапряжения в форме одной волны, возникающего при ударе молнии, которое должна выдерживать изоляция. Значение данного параметра (в кВ) зависит от напряжения питающей сети и от местонахождения электрооборудования в составе электроустановки. Номинальное импульсное выдерживаемое напряжение должно быть выше в начале электроустановки (т.е. до автоматического выключателя групповой линии или до трансформатора). Обозначение оборудования может быть выполнено двумя способами:

- указываются два значения напряжения, например, 230/400 В. Такое обозначение имеет оборудование, питаемое от 3-фазной 4-проводной сети (обмотки трансформатора на подстанции соединены звездой). Меньшее значение представляет собой напряжение между фазным и нейтральным проводником. Большее значение – напряжение между фазными проводниками.
- указывается одно напряжение, например 400 В. Такое обозначение имеет оборудование, подключаемое к 1-фазной или к 3-фазной 3-проводной сети с изолированной нейтралью или с одной заземленной фазой, в которой напряжение между фазой и землей может достичь значения полного линейного напряжения.

### Импульсное напряжение в зависимости от напряжения относительно земли и от местонахождения электрооборудования в составе электроустановки

Максимальное напряжение относительно земли. Действующее значение напряжения или напряжение постоянного тока (В)	Предпочтительное значение напряжения определенного для номинального импульсного выдерживаемого напряжения (1,2/50 мс) для электроустановок, расположенных на высоте до 2000 м над уровнем моря (кВ)							
	Обычное применение				Подземная прокладка			
	Категория оборудования по импульсному перенапряжению				Категория оборудования по импульсному перенапряжению			
	IV	III	II	I	IV	III	II	I
	Электро-оборудование, используемое перед главным распределительным щитом	Распределительные устройства	Подключаемая нагрузка	Специальное электрооборудование	Электро-оборудование, используемое перед главным распределительным щитом	Распределительные устройства	Подключаемая нагрузка	Специальное электрооборудование
50	1,5	0,8	0,5	0,33	0,8	0,5	0,33	–
100	2,5	1,5	0,8	0,5	1,5	0,8	0,5	0,33
150	4	2,5	1,5	0,8	2,5	1,5	0,8	0,5
300	6	4	2,5	1,5	4	2,5	1,5	0,8
600	8	6	4	2,5	6	4	2,5	1,5
1 000	12	8	6	4	8	6	4	2,5

Примечание. Номинальное импульсное выдерживаемое напряжение приведено для электроустановок, расположенных на высоте до 2000 м над уровнем моря. Для электроустановок, расположенных выше, необходимо принимать более высокие значения напряжения: 7,4 кВ для 6кВ; 9,8 кВ для 8 кВ; 14,8 кВ для 12 кВ.



## Концепция изолирующих суппортов шин

Номинальное напряжение изоляции  $U_i$  суппортов шин измерено при определении расстояния утечки и зависит от изоляционных свойств используемых материалов и от степени их загрязнения.

- Расстояние утечки – кратчайшее расстояние по поверхности изоляционного материала между двумя токопроводящими частями. Стык между двумя элементами из изоляционного материала считают частью поверхности.

- Воздушные зазоры и длины путей утечки в щитках должны быть не менее 6 мм. Воздушные зазоры и длины путей утечки, установленные нормативными документами на встраиваемые аппараты, не должны уменьшаться после их установки и присоединения внутренних и внешних проводников.

- Воздушные зазоры и длины путей утечки между неизолированными токоведущими частями ВРУ, а также между ними и проводящими частями, кроме расстояния до двери, должны быть не менее 12 мм.

Расстояние по воздуху до двери – не менее 50 мм.(ГОСТ Р 51732-2001).

Открытые токоведущие части, как правило, должны иметь изоляционное покрытие. Между неподвижно укрепленными токоведущими частями разной полярности, а также между ними и открытыми проводящими частями должны быть обеспечены расстояния не менее 20 мм по поверхности изоляции и не менее 12 мм по воздуху. От неизолированных токоведущих частей до ограждений должны быть обеспечены расстояния не менее 100 мм при сетчатых и 40 мм при сплошных съемных ограждениях. (п.4.1.15. ПУЭ)

- Кроме того, изоляционные качества материалов характеризуются индексом трекинговой стойкости во влажной среде (IRS). Чем выше это значение, тем меньше ухудшение изоляционных свойств материала под воздействием токопроводящего загрязнения (Суппорты шин Legrand из полиамида 6,6, армированного стекловолокном, имеют индекс выше 400).

- Степень загрязнения (окружающей среды) – условное число, основанное на количестве токопроводящей или гигроскопической пыли, ионизированных газов или солей относительной влажности и частоте появления ее значений, обуславливающих гигроскопическую абсорбцию или конденсацию влаги, ведущую к снижению электрической прочности изоляции, поверхностного удельного сопротивления или того и другого

- Степень загрязнения характеризуется числами от 1 до 4 и обозначает следующее:

- 1: отсутствие загрязнений
- 2: отсутствие загрязнений и временное выпадение конденсата
- 3: наличие временного токопроводящего загрязнения
- 4: наличие постоянного загрязнения

Степень загрязнения 2 – характерна для электроустановок бытового и аналогичного назначения.

Степень загрязнения 3 – характерна для электроустановок промышленного назначения.

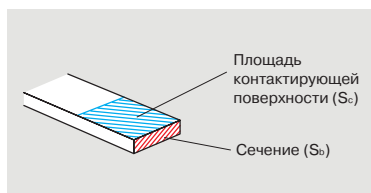
# Распределение электроэнергии (продолжение)

## СОЕДИНЕНИЕ ШИН

Требования к разборным электрическим контактным соединениям определяет ГОСТ 10434-82 «СОЕДИНЕНИЯ КОНТАКТНЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ. Классификация. Общие технические требования», который распространяется на разборные и неразборные электрические контактные соединения шин, проводов или кабелей из меди, алюминия и его сплавов, стали, алюмомедных проводов с выводами электротехнических устройств, а также на контактные соединения проводников между собой на токи от 2,5 А.

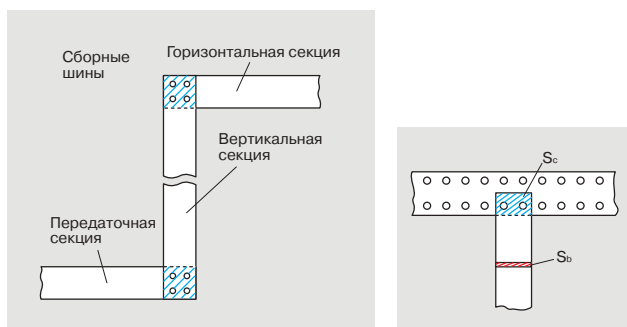
### Размеры контактирующих поверхностей

Площадь контактирующей поверхности ( $S_c$ ) должна быть не менее чем в пять раз больше сечения шины ( $S_b$ ).  $S_c > 5 \times S_b$



Соединение отдельных элементов сборных шин рекомендуется выполнять таким образом, чтобы

создавалась максимально возможная площадь контактирующих поверхностей. В этом случае будет обеспечена максимальная теплопередача.



При подсоединении ответвлений от сборных шин площадь контактной поверхности может быть уменьшена. При этом должно соблюдаться условие  $S_c > 5 \times S_b$

При подсоединении шины к зажиму аппарата площадь контакта должна занимать всю контактную поверхность зажима. Только в этом случае обеспечивается работа аппарата при номинальном токе.



### Контактное нажатие

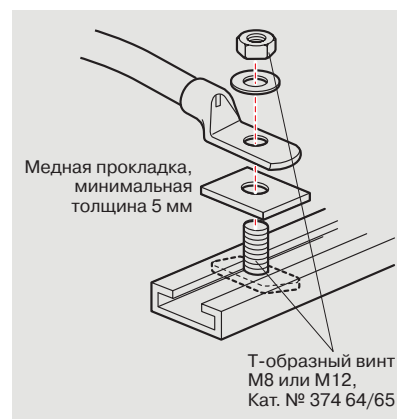
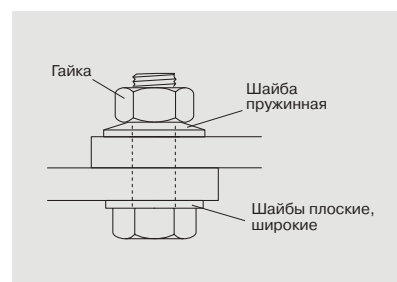
Требуемое контактное нажатие в месте соединения шин обеспечивается болтами, размер, качество, число и усилие сжатия которых выбирают в зависимости от тока и размеров шин. Слишком большое усилие сжатия или недостаточное число винтов может деформировать шины, что приведет к уменьшению площади контакта. Рекомендуется распределять давление за счет увеличения точек сжатия и использования широких шайб или прокладок.



## Минимальное рекомендуемое число винтов и их характеристики

	I (A)		Ширина шины (мм)	Минимальное число винтов	Диаметр винта (мм)	Минимальное качество	Момент сжатия (Нм)
	Одна шина	Две и более шин					
Шины толщиной 5 мм	≤ 250	–	≤ 25	1	M8	8-8	15/20
	≤ 400	–	≤ 32	2	M10 M6	6-8 8-8	30/35 10/15
	≤ 630	–	≤ 50	1 2	M12 M8	6-8 8-8	50/60 30/35 15/20
	800	1250	≤ 80	4 4	M8 M10	8-8 6-8	15/20 30/35
	1000	1600	≤ 100	4 2	M10 M12	8-8 6-8	40/50 50/60
	1600	2000	≤ 125	3	M12	6-8	50/60
Толщина 10 мм	–	2500	≤ 80	3	M12	8-8	70/85
	–	3200	≤ 100	4	M12	8-8	70/85
	–	4000	≤ 1200	6	M12	8-8	70/85

Чрезмерное усилие сжатия вызывает пластическую (необратимую) деформацию шин.



**Присоединение проводника с кабельным наконечником к С-образной шине (к сборной шине или к системе ответвления XL-Part)**



Соединение шин 120 x 10 (4000 A)



Двойное соединение: шины 100 x 10 (3200 A) и шины 80 x 10 (2500 A) закреплены на шинах 120 x 10



Для контроля состояния резьбовых соединений используют специальную краску или лак, позволяющие визуально контролировать возможное ослабление затяжки

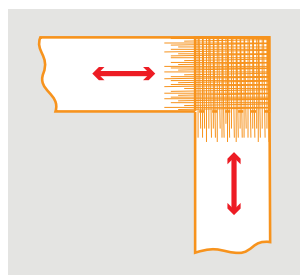
# Распределение электроэнергии (продолжение)

## СОЕДИНЕНИЕ ШИН (продолжение)

### Подготовка контактных поверхностей

Шины не требуют специальной подготовки контактных поверхностей кроме удаления продуктов коррозии (черных окислов или серо-зеленого карбоната меди). Не допускается обрабатывать поверхности шин кислотой, т.к. в этом случае возникнет опасность дополнительной коррозии меди, а после обработки кислотой потребуется тщательная нейтрализация ее остатков и затем – промывка шин от щелочи.

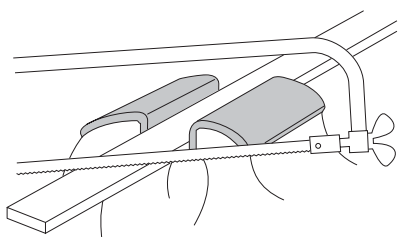
Для удаления продуктов коррозии поверхность шин зачищают шлифовальной бумагой (зернистость 240 или 400). При этом



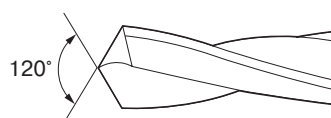
направление шлифования должно быть выбрано таким образом, чтобы оставленные бумагой шлифовальные следы на соединяемых полосах располагались перпендикулярно.

### Обработка медных шин

Медь является вязким материалом, который обрабатывают всухую. Смачивание необходимо только при выполнении быстрой резки и быстрого сверления.



Резка медной полосы ножовкой по металлу в тисках с накладными губками



Можно использовать сверла для стали, но лучше – специальные сверла с удлиненными бороздками, облегчающими извлечение медной стружки



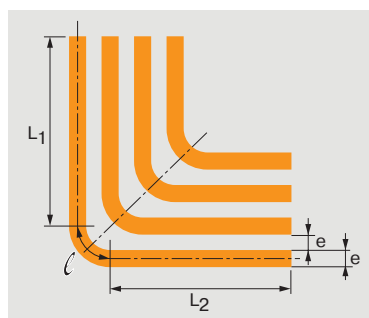
Гидравлический перфоратор точно пробивает отверстия без образования стружки и без усилий

### Гибка шин

Рекомендуется выполнить чертеж пакета шин в месте гибки в масштабе 1:1.

Полосы пакета шин должны быть расположены на расстоянии «e», равном их толщине.

Длина полосы перед гибкой равна сумме прямых частей ( $L_1 + L_2$ ) плюс длина гнутой части, расположенной симметрично осевой линии (в теории – измеряемой посередине толщины металла).



симметрично осевой линии (в теории – измеряемой посередине толщины металла).

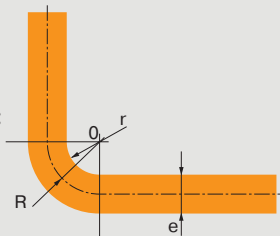
### Подсчет длины $\ell$

Гибка на  $90^\circ$

$$\ell = \frac{2\pi R}{4} = \frac{\pi}{4} (2r + e)$$

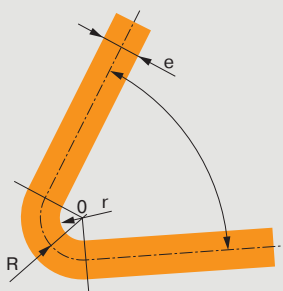
Практическая формула:

$$\ell = R \times 1,57$$



Гибка на угол  $\alpha$

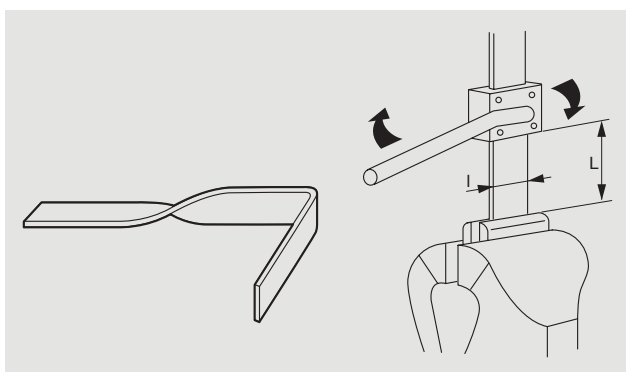
$$\ell = \frac{\pi (180 - \alpha)}{360} (2r + e)$$



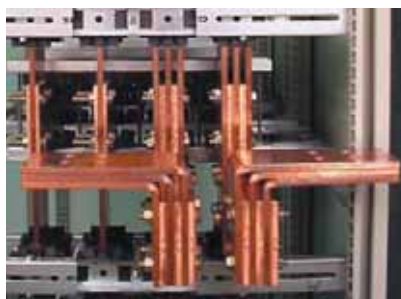
$r$ : радиус изгиба (радиус инструмента)

$R$ : радиус нейтральной линии  $R = r + e/2$

$\ell$ : длина нейтральной линии



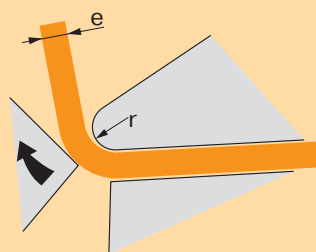
Скручивание. Длина  $L$  скручиваемой части должна быть по крайней мере равна двойной ширине шины



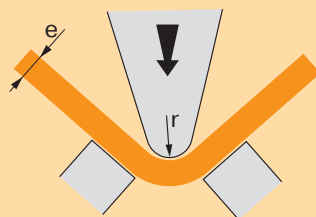
Пример гибки пакета шин из трех полос шин для создания мощного отвода



Подсчет должен быть выполнен в соответствии с используемым оборудованием и фактическим радиусом гибки  $r$ .



Гибка на гибочном станке  
 $r = \text{от } 1 \text{ до } 2e$



Гибка на  $V_e$ :  
 $r_{\text{min}} = e$



Гибка медной шины толщиной 10 мм на гидравлическом портативном оборудовании

# Распределение электроэнергии (продолжение)

## ПРОВОДНИКИ

### ПРОВОДНИКИ С ЖЕСТКОЙ МЕДНОЙ ЖИЛОЙ

В стационарных электроустановках в основном применяются проводники с жесткой медной жилой. Зажимы и выводы аппаратов должны допускать подсоединение проводников требуемого сечения и пропускать ток требуемого значения.

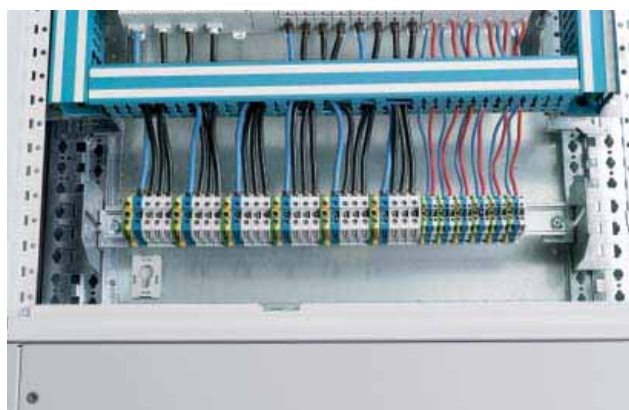


По гибкости жил проводники подразделяются в соответствии со стандартом IEC 60228 (NFC 32-013) на четыре класса: 1, 2, 5 и 6.

Класс гибкости 1 – проводники с однопроволочной жилой. Класс гибкости 2 – проводники с жесткой многопроволочной жилой.

Классы гибкости 5 и 6 относятся к гибким многопроволочным и тонкопроволочным жилам. Многопроволочные уплотненные и фасонные жилы имеют второй класс гибкости.

**Внимание!** Приведенные обозначения классов не имеют никакого отношения к классу защиты II, обеспечиваемому проводниками с двойной или усиленной изоляцией.



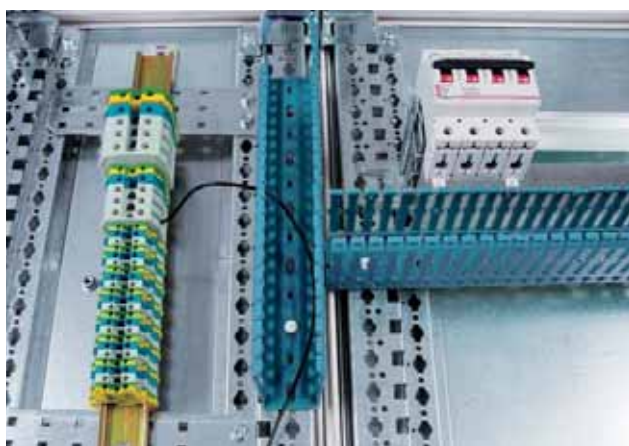
Подсоединение проводников групповых линий к клеммам Viking в шкафу XL<sup>3</sup>



Требования к клеммам для присоединения проводников изложены в стандартах:

- ГОСТ Р 50043.1. Устройства соединительные для низковольтных цепей бытового и аналогичного назначения.
- ГОСТ Р 51686 (IEC 60999). Устройства соединительные. Требования безопасности к винтовым и невинтовым зажимам для электрических медных проводников.
- IEC 60947 и ГОСТ Р 50030.7.1-2000 (IEC 60947-7-1-89). Клеммы для присоединения медных проводников (на эти изделия существуют многочисленные национальные стандарты, в частности северо-американские, CSA, UL).
- IEC 1545. Клеммы для присоединения алюминиевых проводников.

Надежность присоединения проводников обеспечивается применением специального инструмента и соблюдением указанного изготовителем клемм усилия затяжки (см. таблицу моментов затяжки).

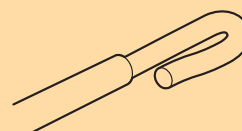
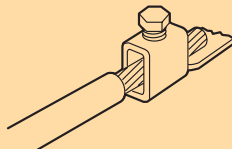
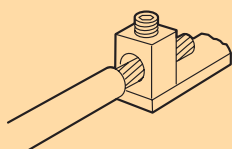


Клеммы Viking, закрепленные на монтажной рейке XL<sup>3</sup> 400

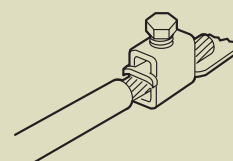


Присоединение проводников малого сечения в зажимы с прямой передачей давления требует соблюдения некоторых предосторожностей.

- При снятии изоляции нельзя надрезать жилу, т.к. это может привести к ее облому.
- Нельзя затягивать резьбовой зажим сверх меры. Это позволит исключить повреждение жилы винтом.
- Для обеспечения лучшего контакта можно согнуть конец жилы.



Модульные аппараты и клеммы Viking имеют зажимы с непрямой передачей давления: проводник зажимается не вращающейся при затягивании винта частью, обеспечивающей равномерное распределение давления.



# Распределение электроэнергии (продолжение)

## ПРОВОДНИКИ (продолжение)

### ПРИСОЕДИНЕНИЕ ПРОВОДНИКОВ

К выводам электроаппаратов обычно допускается присоединять два проводника с жесткой жилой одинакового сечения. Не рекомендуется присоединять к одному выводу два проводника с жилами разного типа и сечения. Допустимые сечения, типы и сочетания присоединяемых проводников указываются в технической документации или на самих аппаратах.



Не допускается присоединение к одному выводу (зажиму) двух проводников цепей защиты. Не рекомендуется присоединять два проводника к одному зажиму, за исключением штепсельных розеток, светильников и т.п., при условии, что зажимы указанных аппаратов допускают такое присоединение.

Для присоединения большого числа проводников к одной точке цепи  
используются специальные принадлежности



Дополнительный клеммный блок для присоединения нейтральных проводников в распределительном устройстве



Присоединение дополнительных проводников к клеммам Viking с использованием разделяемой перемычки



Разделяемая гребенчатая трехфазная шина LEXIC

### Сечение проводников, присоединяемых к клеммам Viking 3

Кат. №	Номинальный ток	Сечение (мм <sup>2</sup> )		Шаг (мм)	I <sub>с</sub> (А)
		Жесткий проводник	Гибкий проводник		
390 60	2,5	от 0,25 до 4	от 0,25 до 2,5	5	27
390 61	4	от 0,25 до 6	от 0,25 до 4	6	36
390 62	6	от 0,5 до 10	от 0,25 до 6	8	48
390 64	10	от 1,5 до 16	от 2,5 до 10	10	65
390 66	16	от 1,5 до 25	от 4 до 16	12	85
390 68	35	от 2,5 до 50	от 4 до 35	15	138
390 70	70	от 25 до 95	от 16 до 70	22	213

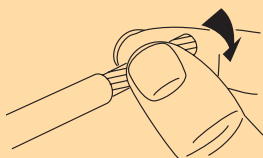
I<sub>с</sub>: рабочий ток согласно CEI 60364-533.

## ГИБКИЕ МЕДНЫЕ ПРОВОДНИКИ

Присоединение гибких проводников имеет свои особенности, которые необходимо учитывать при выполнении монтажных работ.



Слишком сильная затяжка винтового зажима может привести к повреждению проволок жилы проводника. Присоединение проводников не номинального сечения приводит к расплющиванию жил и плохому контакту. Перед вставкой проводника в зажим необходимо, соблюдая направление скрутки, дополнительно скрутить многопроволочную жилу. Эта операция позволит избежать расплющивания жилы и обеспечит надлежащий электрический контакт проводника с зажимом.



Кабельные наконечники Starfix™ позволяют исключить надрез и расплющивание многопроволочных жил, характерные для зажимов с прямой передачей давления.



Не следует лудить многопроволочные жилы, поскольку припой со временем может разрушиться под воздействием «фриттирующей коррозии». Не рекомендуется применять смазку во влажной или проводящей атмосфере. Это может привести к пробою. При выполнении электромонтажа установок, которым предстоит работать в тяжелых условиях, рекомендуется оснащать проводники кабельными наконечниками.

Для надежного подключения гибких проводников используются изделия Starfix™, стандартные и специальные кусачки Starfix S, а также кабельные наконечники для жил сечением от 0,5 до 25 мм<sup>2</sup>.



Клеммы Viking: надежное решение для присоединения гибких проводников

Универсальный и легкий в работе инструмент Starfix для резки проводников и обжима кабельных наконечников



С помощью клещей Starfix S выполняется резка, снятие изоляции и обжатие жилы проводника

# Распределение электроэнергии (продолжение)

## АЛЮМИНИЕВЫЕ ПРОВОДНИКИ

### АЛЮМИНИЕВЫЕ ПРОВОДНИКИ

Алюминий является отличным проводником с хорошим соотношением вес/проводимость для средних и больших сечений. Алюминиевые проводники широко используются в линиях электропередачи и находят широкое применение в электрических сетях.

Применение алюминиевых проводников имеет свои особенности, которые необходимо учитывать.

– На воздухе алюминий быстро покрывается тонким и очень прочным изолирующим слоем окиси алюминия. Поэтому проводники необходимо присоединять сразу же после зачистки.

При необходимости алюминиевые жилы зачищают абразивным материалом.

– Коэффициент теплового расширения алюминия намного больше, чем у других металлов (сталь, медь, латунь и т.п.), что неизбежно создает усилия разжима контактных соединений. Зажимы для присоединения алюминиевых проводников должны быть изготовлены из алюминия или алюминиевого сплава, или содержать устройства компенсации расширения, например, пружинные шайбы.

– Алюминий имеет отрицательный электрохимический потенциал, равный  $-1,67$  В. Это означает, что алюминий является анодом и корродирует в контакте с другими металлами. При этом коррозия усиливается во влажной или проводящей среде. Недопустим контакт алюминия с нержавеющей сталью, серебром и медью. Цинк, углеродистая сталь и олово вполне совместимы.



**При присоединении алюминиевых проводников рекомендуется через несколько дней подтянуть винтовые зажимы.**

### Шкала электрохимических потенциалов

#### Взаимодействие двух металлов

Для данного металла из шкалы электрохимических потенциалов:

– Металлы, расположенные выше, вызывают окисление

– Металлы, расположенные ниже, вызывают восстановление

Пример: серебро вызывает окисление олова, а хром – его восстановление.

Металл, имеющий более отрицательный потенциал, разрушается под воздействием металла с более положительным потенциалом.

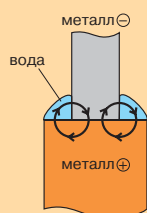
Нормальный потенциал	Металлы	
+1,52 В	Золото	Au
+1,18 В	Платина	Pt
+ 0,91 В	Палладий	Pd
+0,799 В	Серебро	Ag
+0,798 В	Ртуть	Hg
+0,52 В	Медь	Cu
+0,47 В	Сурьма	Sb
+0,35 В	Висмут	Bi
	Мышьяк	As
+0,326 В	Хромат (бихроматаж)	Cr
0	Водород	H
-0,10 В	Dacromet	
-0,12 В	Свинец	Pb
-0,13 В	Олово	Sn
-0,20 В	Молибден	Mo
-0,257 В	Никель	Ni
-0,29 В	Кобальт	Co
-0,41 В	Кадмий	Cd
-0,44 В	Железо	Fe
-0,74 В	Хром	Cr
-0,76 В	Цинк	Zn
-1,18 В	Марганец	Mn
-1,63 В	Титан	Ti
-1,67 В	Алюминий	Al
-1,70 В	Магний	Mg
	Кремний	Si
	Барий	Ba
-2,71 В	Натрий	Na
-2,84 В	Кальций	Ca
-2,92 В	Калий	K
-3,04 В	Литий	Li



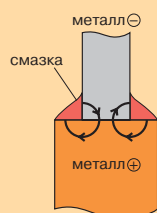




Если правильно выбранные контактирующие металлы эксплуатируются в сухой атмосфере, то электролитическая коррозия незначительна. Во влажной среде коррозия увеличивается (вода играет роль электролита в создавшемся гальваническом элементе). Использование нейтральной смазки (в основном на базе силикона) ограничивает коррозию.



Цепь замыкается и возникает электролитическая коррозия



Цепь разомкнута, коррозия отсутствует



Клемма Кат. № 262 51 для подключения двух алюминиевых проводников сечением 185 мм<sup>2</sup> к выводу аппарата DPX 630



Соединительный блок медь/алюминий Кат. № 374 80/81 предназначен для некорродирующего соединения алюминиевых и медных проводников на вводе в шкаф



Прямое подсоединение проводников к торцевым контактным зажимам DPX 630

# Распределение электроэнергии (продолжение)

## КАБЕЛЬНЫЕ НАКОНЕЧНИКИ



Выходы аппаратов DPX и Vistor допускают присоединение проводников в медных или алюминиевых кабельных наконечниках, обеспечивающих высокую надежность присоединения.

Для присоединения алюминиевых проводников к аппаратам DPX без кабельного наконечника рекомендуется применять выходы Кат. № 262 19 (DPX 160), 048 67 (DPX 125/160), 262 51 (DPX 630), 262 69/70 (DPX 1600).

Присоединение проводников без кабельного наконечника используется также в аппаратах с гнездовыми выводами Кат. № 262 18/88/35/50.

В модульных аппаратах Vistor 63/160 могут быть установлены выходы Кат. № 048 67.

Соединительные блоки Кат. № 374 80/81 предназначены для присоединения и отвлечения алюминиевых проводников силовых цепей.

### ОБЖИМ КАБЕЛЬНЫХ НАКОНЕЧНИКОВ

Кабельные наконечники различных видов пользуются заслуженной репутацией изделий, обеспечивающих механическую и электрическую надежность присоединения проводников.

Медные гильзовые кабельные наконечники помимо специальных конструкторских обозначений имеют дополнительные двухзначные цифровые обозначения:

- допустимое сечение (в мм<sup>2</sup>) жесткого проводника (класс гибкости 2)
- диаметр отверстия для присоединения к выводу аппарата.



Размеры наиболее распространенных кабельных наконечников указаны в стандартах (ГОСТ 9581-80, ГОСТ 7386-80).

Для обжима кабельных наконечников используются клещи со штамповочной или шестигранной матрицей.

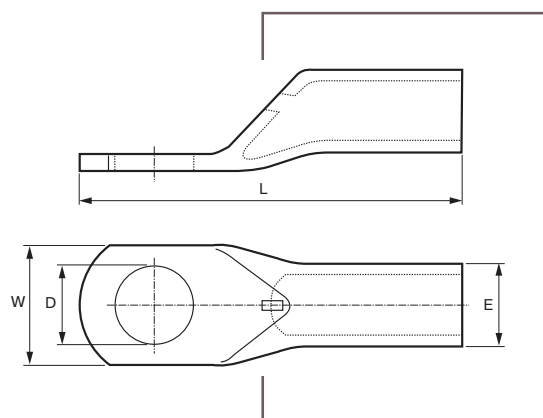
### Эквивалентные сечения алюминиевых и медных проводников

Сечение медного проводника (мм <sup>2</sup> )	Сечение алюминиевого проводника (мм <sup>2</sup> )	
	С тем же нагревом	С тем же падением напряжения
6	10	10
10	16	16
16	25	25
25	35	35
35	50	50
50	70	95
70	95	120
95	150	150
120	185	185
150	240	240
185	300	400

■ Основные размеры (в мм) стандартных медных кабельных наконечников

S (мм <sup>2</sup> )	D	W	L	E
16	6	12	35	8
	8	16	40	8
	10	16	45	8
25	6	13	35	9,5
	8	16	40	9,5
	10	16	45	9,5
35	6	16	51	11
	8	16	51	11
	10	16	51	11
50	8	20	57	12,5
	10	20	57	12,5
	12	20	57	12,5
70	8	22	65	15
	10	22	65	15
	12	22	65	15
	14	22	65	15
95	8	24	70	17
	10	24	70	17
	12	24	70	17
	14	24	70	17
120	10	28	84	19
	12	28	84	19
	14	28	84	19
	16	28	84	19
150	12	31	89	21
	14	31	89	21
	16	31	89	21
185	12	33	91	23
	14	33	91	23
	16	33	91	23
240	14	38	105	26
	16	38	105	26
300	14	41	114	28
	16	41	114	28
	20	41	114	28

Остальные размеры приведены в технических условиях.



Присоединение винтами проводников со стандартными медными кабельными наконечниками к аппарату Vistop 400 с выводами 240-14



Поставляются так же специальные кабельные наконечники для гибких проводников (с жилой класса гибкости 5 и 6), предназначенных для применения на железнодорожном транспорте. От обычных наконечников они отличаются размерами, т.к. гибкие и жесткие проводники одинакового сечения имеют разный диаметр.

# Распределение электроэнергии (продолжение)

## КАБЕЛЬНЫЕ НАКОНЕЧНИКИ (продолжение)

### ■ Основные размеры (в мм) компактных медных кабельных наконечников

Эти кабельные наконечники используются для присоединения проводников большого сечения к плоским выводам аппаратов DPX.

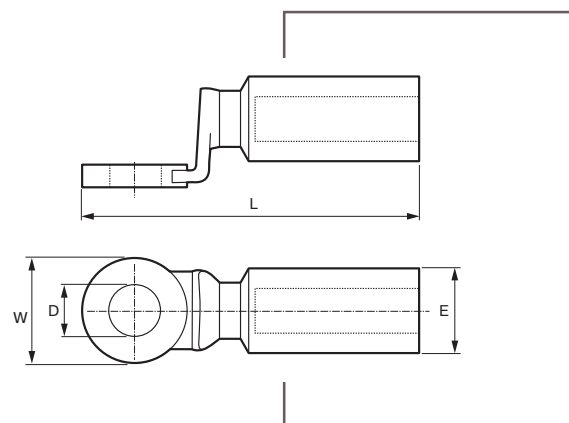
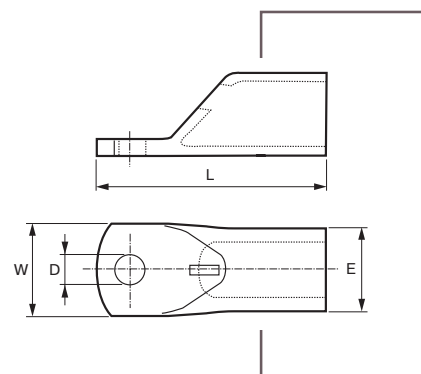
S (мм <sup>2</sup> )	D	W	L	E
120	10	24,5	63	19
150	10	24,5	65	21
185	10	24,5	73	23
240	10	31	74	26
300	10	31	83	28

Источник информации SIMEL.

### ■ Основные размеры (в мм) стандартных алюминиевых кабельных наконечников для промышленных сетей

Эти биметаллические кабельные наконечники состоят из медной контактной площадки и алюминиевой контактной гильзы, закрепляемой на проводнике с помощью клещей с шестигранной матрицей.

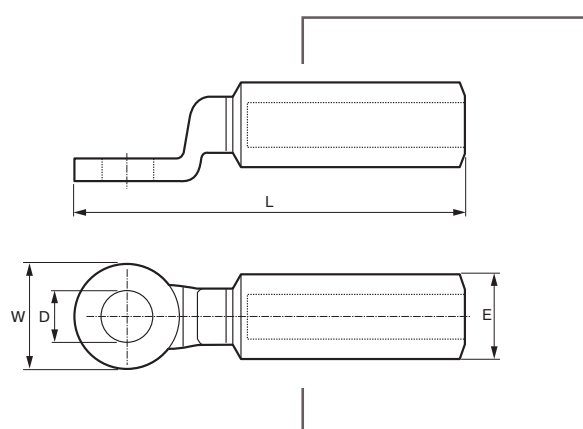
S (мм <sup>2</sup> )	D	W	L	E
35	8	16	57	16
50	8	16	57	20
70	10	20	60	20
95	10	20	60	20
120	10	20	60	25
150	12	30	90	25
185	12	30	90	32
240	12	30	90	32
300	14	35	90	40



### ■ Основные размеры (в мм) алюминиевых кабельных наконечников для выполнения ответвлений

Данные кабельные наконечники используются для заднего присоединения проводников к аппаратам DPX.

S (мм <sup>2</sup> )	D	W	L	E
35	12	26	90	16
50	12	26	90	20
70	12	26	90	20
95	12	26	90	20
120	12	31	110	25
150	12	31	110	25
185	12	31	110	32
240	12	31	115	32
300	16	38	160	40



### ■ Гильзовые кабельные наконечники с изолирующей втулкой

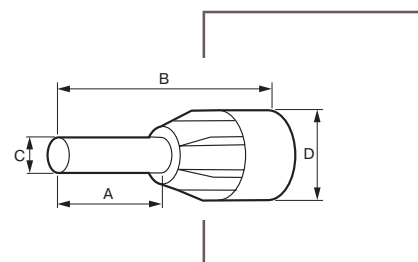
Гильзовые кабельные наконечники с изолирующей втулкой соответствуют требованиям стандарта NF 63-023.

Цвет изолирующей втулки соответствует определенному сечению проводника:

S (мм <sup>2</sup> )	0,5	0,75	1	1,5	2,5	4	6	10	16	25
Цвет	белый	голубой	красный	черный	серый	оранжевый	зеленый	коричневый	белый	черный

### ■ Размеры гильзовых кабельных наконечников Starfix™

S (мм <sup>2</sup> )	A (мм)	B (мм)	C (мм)	D (мм)
0,5	7,6	14,1	1,5	3,4
0,75	7,6	14,1	1,5	3,4
1	7,6	14,1	1,7	3,6
1,5	7,9	14,4	2	4,1
2,5	7,9	15,4	2,6	4,8
4	11,9	21,2	3,2	7,2
6	11,9	22,9	3,8	8,6
10	12	21,9	4,9	8,6
16	12	22,5	6,3	9,8
16	18	28,5	6,3	9,8
25	18	31,3	7,9	12,2
35	18	32	8,9	13,5
50	20	36	11,1	16,1



# Распределение электроэнергии (продолжение)

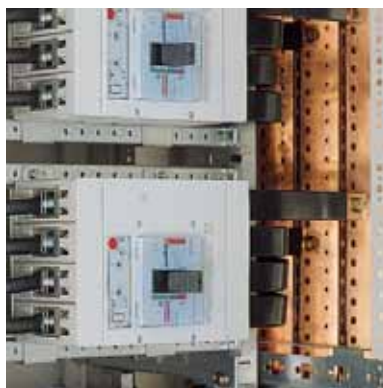
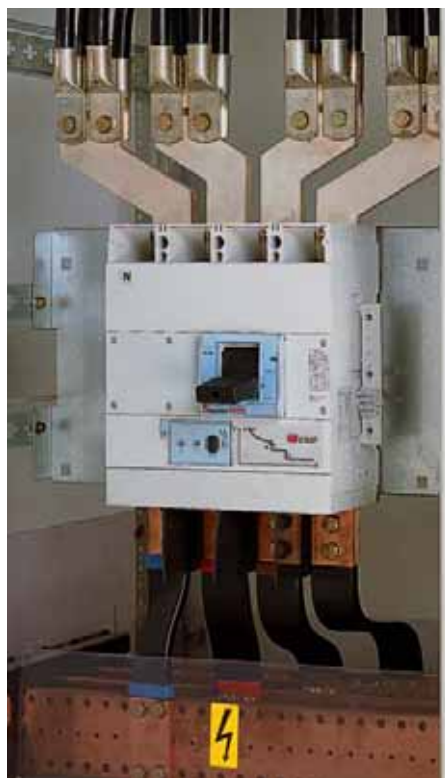
## ПРОВОДНИКИ (продолжение)

### СООТВЕТСТВИЕ СЕЧЕНИЙ ВНЕШНИХ ПРОВОДНИКОВ И ТОКОВ

Сечения и число проводников, указанные в таблице напротив, являются справочными и могут использоваться для предварительного выбора наиболее подходящего для конкретных условий присоединения. Данная таблица не предназначена для подбора проводников в соответствии со стандартом (см. раздел II.A).

Указанные значения не относятся к внутренним проводникам электротехнического изделия, которые по сравнению с внешними проводниками, как правило, имеют меньшее сечение и отличаются типом проводника (например, могут использоваться шины).

- Минимальные сечения относятся к открыто проложенным проводникам небольшой длины с полиуритановой изоляцией.
- Максимальные сечения относятся к длинным проводникам с ПВХ изоляцией, проложенным в штробе или в защитных трубах. Такой вариант часто встречается в протяженных электроустановках распределения электроэнергии.



Различные способы присоединения проводников к аппаратам

### Минимальные и максимальные сечения внешних проводников

I (A)	Медные проводники Сечение (мм <sup>2</sup> )		Алюминиевые проводники Сечение (мм <sup>2</sup> )	
	мин.	макс.	мин.	макс.
10	1	1,5	1,5	2,5
16	1,5	2,5	2,5	4
20	2,5	4	4	6
25	2,5	6	4	10
32	4	10	6	16
40	6	16	10	25
63	10	25	16	35
80	16	35	25	50
100	25	50	35	70
125	35	70	50	95
160	50	95	70	120
200	70	120	95	150
250	95	185	150	240
315	120	240	185	300
400	185 2x120	300 2x150	240 2x150	2x185 3x120
500	240 2x150	2x185 3x120	2x150 3x120	2x240 3x150 4x120
630	300 2x150	2x240 3x120	2x185 3x120	2x300 3x185 4x150
800	2x185 3x150	2x300 3x185 4x150	2x240 3x150	3x240 4x185 5x150
1000	2x240 3x185 4x150	3x240 4x185 5x150	3x185 4x150	3x300 4x240 5x185 6x150
1250	3x185 4x150 5x120	4x240 5x185 6x150	3x240 4x185 5x150	4x300 5x240 6x185
1600	4x185 5x150 6x120	4x300 5x240 6x185	4x240 5x185 6x150	5x300 6x240

## МОМЕНТЫ ЗАТЯЖКИ

Рекомендуемые крутящие моменты для затяжки винтов при монтаже комплектных устройств управления и распределения и при присоединении проводников.

Аппарат	Инструмент или насадка	Крутящий момент	
Vistop	Модульный 63/100/125/160 А	Торцевой внутренний шестигранный ключ 4	6 Н·м
	Присоединительная коробка для плоских выводов кат. номер 227 78/79	Шестигранная головка 13	15 Н·м
	Присоединительная коробка для гнездовых выводов кат. номер 227 80/81	Торцевой внутренний шестигранный ключ 5	10 Н·м
	160 А	Шестигранная головка 13	15 Н·м
	250 А	Шестигранная головка 17	30 Н·м
	400/630 А	Шестигранная головка 19	50 Н·м
	800 А	Шестигранная головка 13 и торцевой внутренний шестигранный ключ 6	15 Н·м
Vistop	Клемма медь-алюминий (кат. номер 095 44)	Торцевой внутренний шестигранный ключ 6	20 Н·м
	1250 А	Шестигранная головка 17	30 Н·м
DPX	1600 А	Шестигранная головка 19	50 Н·м
	125	Торцевой внутренний шестигранный ключ 4	6 Н·м
Сборные шины	160 (с плоскими или гнездовыми выводами)	Торцевой внутренний шестигранный ключ 5	10 Н·м
	250 ER (с плоскими выводами)	Торцевой внутренний шестигранный ключ 5	10 Н·м
	250 ER (с гнездовыми выводами)	Торцевой внутренний шестигранный ключ 5	12 Н·м
	250 (с плоскими выводами)	Торцевой внутренний шестигранный ключ 6	15 Н·м
	250 (с гнездовыми выводами)	Торцевой внутренний шестигранный ключ 5	12 Н·м
	400/630 (с плоскими или гнездовыми выводами)	Торцевой внутренний шестигранный ключ 8	25 Н·м
	1250 (с плоскими выводами)	Торцевой внутренний шестигранный ключ 8	25 Н·м
	Крепежные винты	Шестигранная головка 10	7,5 Н·м
	Винты М 8 (мини 8-8) присоединения к шинам	Шестигранная головка 13	15-20 Н·м
	Винты М10 (мини 6-8) присоединения к шинам	Шестигранная головка 17	30-35 Н·м
Распределитель электропитания	Винты М10 (мини 8-8) присоединения к шинам	Шестигранная головка 17	40-50 Н·м
	Винты М12 (мини 6-8) присоединения к шинам	Шестигранная головка 19	50-60 Н·м
	Винты М12(мини 8-8) присоединения к шинам	Шестигранная головка 19	70-85 Н·м
	Т-образный винт для присоединения к С-образной шине М8 (кат. номер. 374 64)	Шестигранная головка 13	15 Н·м
	Т-образный винт для присоединения к С-образной шине М12 (кат. номер. 374 65)	Шестигранная головка 19	50 Н·м
	Модульный с винтовыми зажимами	Накидной разрезной ключ Ø 5,5/PZ 2	2 Н·м
Распределитель электропитания XL-Part	Торцевой внутренний шестигранный ключ 6	15 Н·м	
	Торцевой внутренний шестигранный ключ 5	10 Н·м	
	Торцевой внутренний шестигранный ключ 4	6 Н·м	
	Шестигранная головка 7 / накидной разрезной ключ Ø 6,5	2,5 Н·м	
	Шестигранная головка 10 / накидной разрезной ключ Ø 10	7,5 Н·м	
	Шестигранная головка 13	15 Н·м	
Рама с вертикальными шинами распределения электропитания XL-Part	Винты крепления уголков	Шестигранная головка 10	10 Н·м
	Винты крепления уголков и разъемов	Шестигранная головка 13	15 Н·м
	Винты крепления контактного основания для DPX 125/160/250 ER	Торцевой внутренний шестигранный ключ 4	6 Н·м
Клеммный блок Viking	Винты крепления кронштейнов сборных шин	Шестигранная головка 13	15 Н·м
	Винты крепления контактного основания для DPX250 и DPX 630 (трубчатый ключ)	Шестигранная головка 10	10 Н·м
DX Lexic	Шаг 5	Накидной разрезной ключ Ø 3,5	0,8 Н·м
	Шаг от 6 до 8	Накидной разрезной ключ Ø 4	1,4 Н·м
	Шаг 10	Накидной разрезной ключ Ø 5,5	2 Н·м
	Шаг 12	Накидной разрезной ключ Ø 5,5 / PZ2	2 Н·м
	Шаг 15	Накидной разрезной ключ Ø 6,5 / PZ2	4 Н·м
	Шаг 22	Торцевой внутренний шестигранный ключ 6	15 Н·м
Шкаф XL <sup>3</sup> Поперечины и устройства крепления аппаратов	Фаза+N/DNX	Накидной разрезной ключ Ø 5,5 / PZ1	2 Н·м
	≤ 63 А	Накидной разрезной ключ Ø 6,5 / PZ2	2,5 Н·м
	От 80 до 125 А	Накидной разрезной ключ Ø 8 / PZ3	3,5 Н·м
	Винты М6 (крепление реек и аппаратов)	Шестигранная головка 10	10 Н·м
Шкаф XL <sup>3</sup> Поперечины и устройства крепления аппаратов	Винты М8 (крепление аппаратов)	Шестигранная головка 13	15 Н·м
	Винты крепления скоб для фиксации проводников в шкафу	Шестигранная головка 8 / накидной разрезной ключ Ø 6,5	7,5 Н·м
	Винты крепления пластины с кабельными сальниками	Накидной разрезной ключ Ø 5,5 / PZ2	1,5 Н·м
	Винты крепления боковых стенок	Головка PZ2	2,5 Н·м
	Винты присоединительные комплекта Effix	Шестигранная головка 13	15 Н·м
	Винты крепежные и присоединительные	Торцевой внутренний шестигранный ключ 6	15 Н·м
	Рым-болт	Максимальное значение	40 Н·м
	Винты крепления подъемных уголков	Максимальное значение	50 Н·м

# Распределение электроэнергии (продолжение)

## РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫЕ БЛОКИ

Распределительный блок поставляется в собранном виде. Размеры распределительного блока определяются номинальным током и, в отличие от шин, такой блок монтируется без дополнительных разъяснений изготовителя.

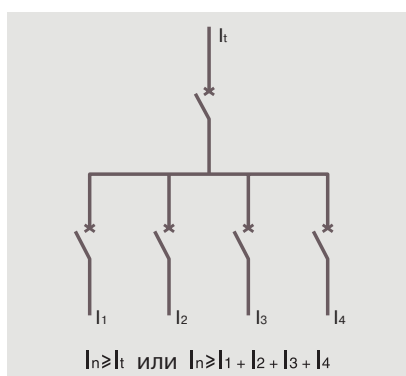
Legrand поставляет разнообразные распределительные блоки, отличающиеся номинальным током, способам присоединения проводников и способом крепления, что требует от проектировщиков умения их подбирать с учетом определенных требований и правил. Балансировка фаз производится на уровне распределения. Широкая номенклатура распределительных блоков Legrand всегда позволяет выбрать требуемый блок для любых конкретных требований.

### ХАРАКТЕРИСТИКИ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ БЛОКОВ

Распределительные блоки характеризуются высокой универсальностью и пригодны для всех типов применений.

#### Номинальный ток

Номинальный ток распределительного блока ( $I_n$ ) должен соответствовать току расположенного выше аппарата защиты или сечению питающего проводника. Номинальный ток распределительного блока должен быть равен или немного выше номинального тока основного аппарата защиты ( $I_t$ ), а сумма токов групповых цепей – не превышать номинальный ток ( $I_n$ ) распределительного блока.



#### Допустимое значение тока короткого замыкания

- Величина  $I_{cw}$  характеризует условно допустимый в течение 1 с ток по условиям теплового нагрева.
- Величина  $I_{pk}$  характеризует наибольший допустимый пиковый ток распределительного блока. Это значение должно быть выше, чем ожидаемое значение тока короткого замыкания, ограничиваемое расположенным выше аппаратом защиты.



Распределительные блоки Legrand выдерживают нагрев как минимум такой же, как и проводник с сечением, соответствующим номинальному току, поэтому дополнительных проверок на нагревостойкость проводить не требуется.

#### Изоляционные свойства

Распределительные блоки Legrand разработаны и испытаны для работы в тяжелых условиях, соответствующих наибольшей вероятности возникновения перенапряжений. Требования безопасности характеризуются значением  $U_{imp}$ .

### Изоляционные свойства распределительных блоков Legrand

Тип	Клеммы 40/100 A IP 2 x	Lexiclic	Модульные распределительные блоки	Добавочные распределительные блоки		Ступенчатые распределительные блоки		
				374 47	374 00	374 30/31 374 35	374 42 расстояние 50 мм   75 мм	370 08
Кат. №	048 XX	048 70/ 74/75	048 79/80/ 81/82/83/84/ 85/86/88	374 47	374 00	374 30/31 374 35	374 42 расстояние 50 мм   75 мм	370 08
$U_i$ (В)	400	660	500	500	1000	1000	1000	1000
$U_{imp}$ (кВ)	8	8	8	8	12	12	8	12



## Способ присоединения

### Непосредственное присоединение

Проводники присоединяются к зажимам без предварительной подготовки. Гибкие проводники, присоединяемые к торцевым зажимам, или внешние проводники, подверженные растягивающим усилиям, рекомендуется подсоединять с использованием кабельных наконечников (например, Starfix™).

### Присоединение через зажимы

Этот способ используется для присоединения проводников большого сечения и характеризуется высокой механической стойкостью, надежным электрическим контактом и легкостью присоединения и отсоединения.

## Широкая номенклатура распределительных блоков

Удобство крепления, заранее известные характеристики (номинальный ток, стойкость к коротким замыканиям, изоляционные свойства, число и нагрузочная способность выходов, способ присоединения проводников) – все это позволяет правильно выбрать распределительный блок.

## Варианты установки распределительных блоков

Распределительный блок

Электрический аппарат

Распределительный блок

На вводе питания или на выходе щита для присоединения входящих и выходящих проводников (клеммная коробка)

Расположенное выше устройство

Распределительный блок

Непосредственно к выходу расположенного выше устройства (выходные зажимы)

Распределительный блок

Расположенное ниже устройство

Непосредственно ко входу расположенного ниже устройства (шины питания, Lexiclic)

Расположенное выше устройство

Распределительный блок

Расположенное ниже устройство

Отдельно к расположенному выше и ниже устройству, присоединение к их входу и выходу

Расположенное выше устройство

Распределительный блок

Расположенное ниже устройство

Одновременно к выходу расположенного выше устройства и ко входу расположенного ниже устройства, без проводов, подсоединение конструктивно объединено с механизмом крепления. XL-Part – это наиболее успешная концепция.

# Распределение электроэнергии (продолжение)

## РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫЕ БЛОКИ (продолжение)

### Шины Lexic

Для непосредственного подключения модульных автоматических выключателей с номинальным током до 90 А применяются 1, 2, 3 и 4-полюсные комплекты шин.

Это чрезвычайно гибкое решение, т.к. занимает мало места в комплектном устройстве и имеется возможность установки выключателей в ряд.



Возможность установки дополнительных комплектов шин с подводом питания к MCBs сверху или снизу – в зависимости от конкретных условий

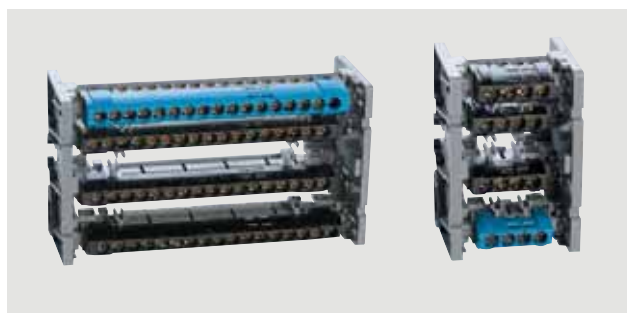
### Универсальные клеммные блоки

Универсальным клеммные блоки с номинальным током до 100 А имеют от 4 до 33 винтовых зажимов (кол. зажимов определяется Кат. №).

Сечение подводящих проводников от 4 до 25 мм<sup>2</sup>.

Сечение отходящих проводников от 4 до 16 мм<sup>2</sup>.

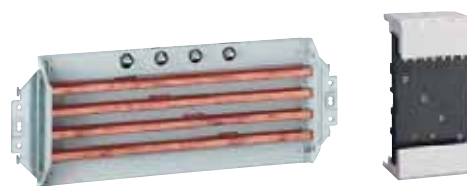
Клеммные блоки крепятся на пластине 12 x 2 мм или на U-образной рейке.



Установив клеммы IP 2x в держатели Кат. № 048 10, получим 2-х, 3-х или 4-полюсный распределительный блок

### Распределительные блоки XL-Part с горизонтально расположенными шинами

Данные блоки с горизонтально расположенными шинами предназначены для приема и распределения электрической энергии с током до 400 А.



Подача питания от сборных шин или через вводное устройство

### Распределительные зажимы

Это однополюсные распределительные блоки, закрепляемые непосредственно на выходных зажимах автоматических выключателей DPX 125, 160, 250, 250 ER, DPX-IS 250 и модульных автоматических выключателей Vistop с номинальным током от 63 до 160 А.

Данные распределительные зажимы применяются для прямого, упрощенного распределения при ограниченном количестве главных цепей.



Клеммный блок для подсоединения 6 жестких проводников сечением до 35 мм<sup>2</sup> или 6 гибких проводников сечением до 25 мм<sup>2</sup>. Кат. № 048 67

## Модульные распределительные блоки

Сочетают компактность и высокую способность к присоединению. Крепятся на зажимах к монтажным рейкам. Полностью изолированы, применяются на вводе электропитания в комплектное устройство для токов до 250 А или в качестве выводов в устройстве с большими токами.



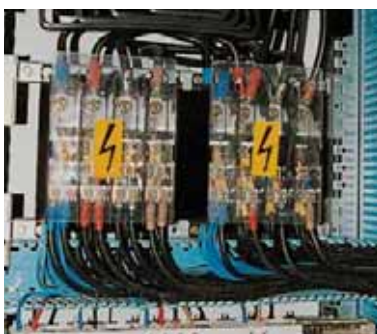
**Модульный распределительный блок на 160 А (кат. № 048 87) с полной изоляцией каждого полюса**



**2-хполюсный распределительный блок с дополнительными зажимами**

## Супер плоские распределительные блоки

Применяются на вводе электропитания в комплектное устройство для токов до 250 А. Предназначены для компактного распределения электрической энергии в плоских комплектных устройствах.



**Достаточно большие токи, способность к присоединению кабелей с большими сечениями и компактность — вот главные преимущества распределительных блоков**

## Распределительные блоки со ступенчато расположенными горизонтальными шинами

Данные блоки поставляются в обычном исполнении (полностью собранные) на токи от 125 до 400 А и в модульном исполнении (шины и держатели поставляются отдельно), могут применяться в случаях, когда к распределению предъявляются какие-либо специальные требования.



**Блок распределения на 250 А**

## Клеммные коробки

Предназначены для перехода от входящих в щит проводников большого сечения (в том числе алюминиевыми) к внутренним проводникам. Поставляются коробки двух моделей:

- 120 мм<sup>2</sup>/70 мм<sup>2</sup> (кат. № 374 80);
- 300 мм<sup>2</sup>/185 мм<sup>2</sup> (кат. № 374 81).

Могут также применяться для подсоединения цепей управления, выполненных алюминиевыми проводниками или в случае, когда необходимо применить проводники большого сечения (например, для уменьшения сопротивления длинных проводников).



# Распределение электроэнергии (окончание)

## КОМПОНЕНТЫ СИСТЕМЫ XL-PART

Система XL-Part предназначена для приема и распределения электрической энергии с общим током нагрузки до 1600 А. Система XL-Part представляет собой функциональное инновационное и универсальное решение распределения электрической энергии для питания промышленных и коммерческих электроустановок. Система XL-Part является простым и эффективным решением, повышающим скорость и качество электромонтажа.

### **Рама распределения электропитания XL-Part, реализующая принцип активной монтажной панели**

C-образные шины подают электропитание непосредственно на контактные основания автоматических выключателей DPX. Такое решение уменьшает количество точек присоединения вдвое и позволяет рационально использовать пространство внутри комплектного устройства.

### **Узел питания**

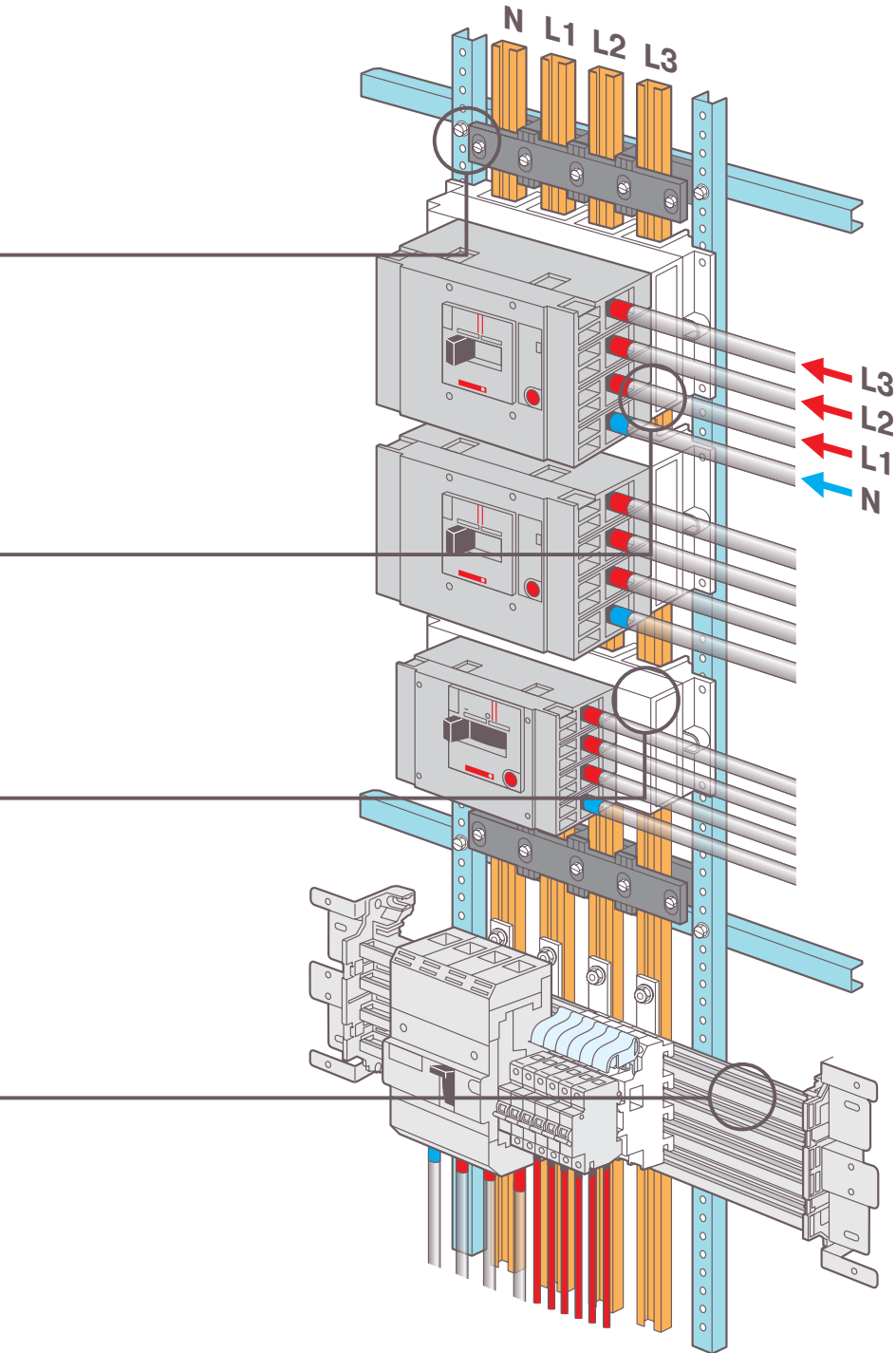
Рама XL-Part распределения электропитания позволяет подсоединять проводники как к входным, так и к выходным зажимам автоматических выключателей.

### **Контактные основания для DPX**

Новые контактные основания системы XL-Part предназначены для крепления автоматических выключателей в литых корпусах и для распределения электроэнергии. При использовании автоматических выключателей втычного и выкатного исполнения входные (или выходные) проводники присоединяются непосредственно к контактному основанию.

### **Распределительные блоки на 400 и 250 А**

Распределительный блок электрически соединяется с C-образными шинами системы XL-Part и предназначен для приема и распределения электрической энергии с током до 400 А через закрепляемые на нем автоматические выключатели DPX, DX и Lexic.



# Шкафы и щиты XL<sup>3</sup>

XL<sup>3</sup> – это система настенных и напольных шкафов и щитов, предоставляющая полную свободу монтажа любого распределительного оборудования.



## НОМЕНКЛАТУРА XL<sup>3</sup>

Широкая номенклатура оболочек XL<sup>3</sup> обеспечивает полную свободу выбора «готовых к использованию» настенных и напольных комплектных устройств приема и распределения электрической энергии.

### Щитки распределительные XL<sup>3</sup> 160

Распределительные щитки XL<sup>3</sup> 160 поставляются в сборе, с извлекаемой монтажной рамой. Можно снять боковые, верхнюю и нижнюю панели и максимально облегчить выполнение электромонтажных работ.

Щитки предназначены как для открытой установки, так и для установки в нишах. В одном ряду щитка можно разместить до 24 модулей.

Распределительные щитки XL<sup>3</sup> 160 поставляются в 3-х исполнениях:

- > металлические класса I
- > пластиковые класса II
- > для установки в нишах



### Настенные и напольные распределительные щитки и шкафы XL<sup>3</sup> 400

В конструкции XL<sup>3</sup> используются многочисленные новшества, обеспечивающие быстрый и надежный монтаж (функциональные монтажные стойки, обеспечивающие два уровня крепления монтажных реек). В одном ряду комплектного устройства можно разместить до 24 модулей. В комплект поставки входят боковые и верхняя панели, монтажные стойки.

Настенные оболочки поставляются в 3-х исполнениях:

- > металлические класса I
- > пластиковые класса II
- > металлические со степенью защиты IP 55

Напольные оболочки поставляются с цоколем в следующих исполнениях:

- > металлические со степенью защиты IP 43
- > металлические со степенью защиты IP 55



### Настенные и напольные распределительные щитки и шкафы XL<sup>3</sup> 800

XL<sup>3</sup> 800 до 800 А – это модульные прочные оболочки с возможностью их объединения. По высоте оболочка может быть разделена на отдельные секции с собственными дверями. XL<sup>3</sup> 800 имеют следующие конструктивные особенности:

- > в одном ряду комплектного устройства можно разместить аппараты суммарной шириной 24 или 36 модулей
- > распределительные щитки и шкафы поставляются высотой от 1050 до 1950 мм и могут объединяться с кабельными секциями соответствующей высоты

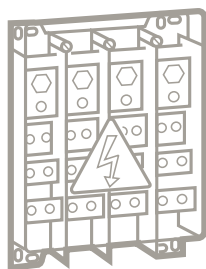


# Шкафы и щиты XL<sup>3</sup> (продолжение)

## СВОБОДА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

Широкая номенклатура оболочек XL<sup>3</sup> предоставляет любые варианты распределения электрической энергии.

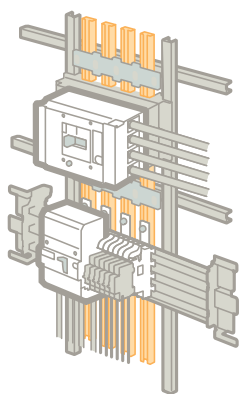
### «Стандартное» распределение



Такое распределение включает в себя:

- держатели шин;
- распределительные блоки;
- зажимы;
- сборные шины.

### «Оптимизированное» распределение с использованием системы XL-Part



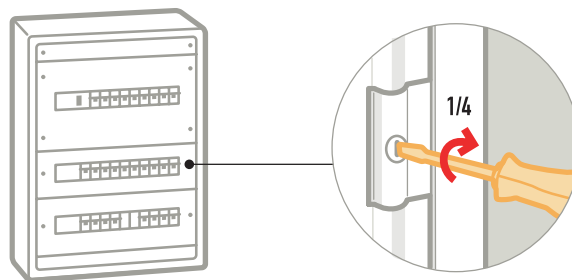
Такое распределение включает в себя:

- рама распределения электроэнергии;
- активная задняя панель;
- распределительные блоки;
- автоматическое распределение электроэнергии через сборные шины.

## ВЫБОР ОТДЕЛКИ ЗА ВАМИ

### Лицевые панели

Запираемые поворотом замка на 1/4 оборота с возможностью пломбирования – у всех настенных и напольных щитков и шкафов от XL<sup>3</sup> 160 до XL<sup>3</sup> 800.



Крепление лицевых панелей винтами и на шарнирах во всех щитках и шкафах XL<sup>3</sup>.

### Двери

Плоские двери:

Металлические



Остекленные



Профильные двери

Металлические



Остекленные

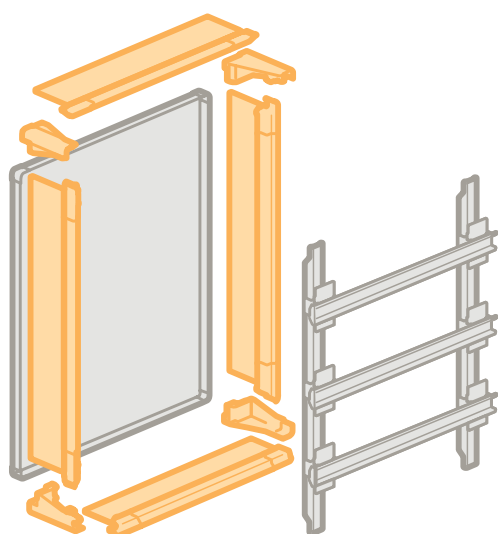




## ВЫБОР РАСПОЛОЖЕНИЯ АППАРАТУРЫ – ЗА ВАМИ

Широкая номенклатура оболочек XL<sup>3</sup> предоставляет полную свободу размещения аппаратуры.

Съемные боковые, верхние и нижние панели плюс извлекаемая монтажная рама.



## ПРЕИМУЩЕСТВА ОБОЛОЧЕК LEGRAND

- 1 Номенклатура XL<sup>3</sup> полностью охватывается конструкторским программным обеспечением XL PRO<sup>2</sup>
- 2 Любые решения на токи до 800 А: настенные и напольные исполнения, 2 типа распределения, отделка на выбор
- 3 Полная свобода выбора компоновочных решений

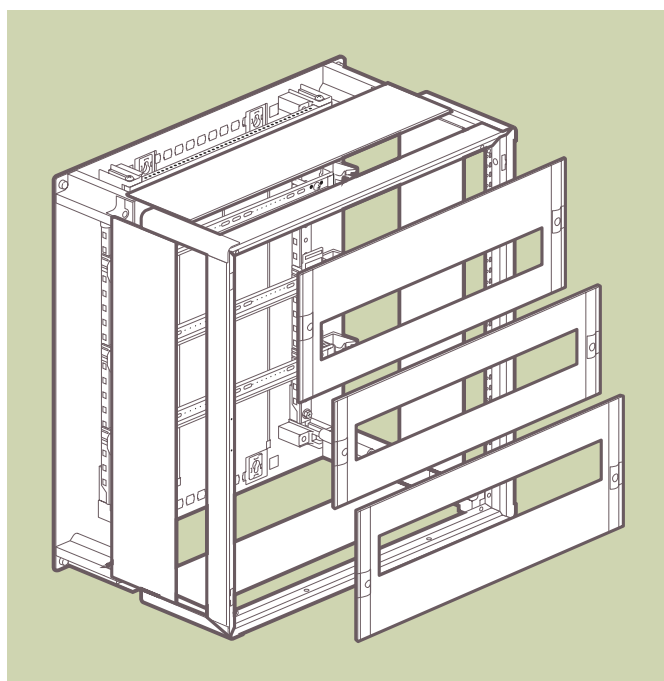
# XL<sup>3</sup> 160

## КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ

Конструкция данных распределительных щитков обеспечивает простой электромонтаж внутренних цепей и удобное подключение внешних цепей. В XL<sup>3</sup> 160 применяется извлекаемая монтажная рама и различные оригинальные решения для прокладки и крепления проводов внутренних цепей. XL<sup>3</sup> 160 характеризуется большим полезным объемом и высококачественной отделкой поверхностей.

Распределительные щитки полностью укомплектованы монтажными рейками, лицевыми панелями и медной шиной для подключения защитных проводников.

	Пластиковая оболочка класса II 	Металлическая оболочка класса I	Оболочка для установки в нишах
<b>Выдерживаемый ток короткого замыкания I<sub>pk</sub></b>	20 кА	35 кА	
<b>Степень защиты</b>	Без дверей	IP 30	
	С дверью	IP 40	
	С пломбируемой дверью	IP 43	
<b>Соответствие стандартам</b>	IEC 60439-1 и 60439-3		
<b>Стойкость к воспламенению по IEC 60695-2-1</b>	750°C/5 с		
<b>Цвет</b>	RAL 7035		



### Пластиковый щиток XL<sup>3</sup> 160:

- для удобства монтажа боковые, верхнюю и нижнюю панели можно снять;
- рама для крепления лицевых панелей извлекается;
- монтажная рама извлекается.

## ПЛАСТИКОВЫЕ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫЕ ЩИТКИ КЛАССА II

### Модульные распределительные щитки

### Распределительные щитки абонентские

Высота (мм)		Модульные распределительные щитки					Распределительные щитки абонентские	
		200 52	200 53	200 54	200 55	200 56	200 95	200 96
450								
600								
750								
900								
1050								
<b>Кат. №</b>		<b>200 52</b>	<b>200 53</b>	<b>200 54</b>	<b>200 55</b>	<b>200 56</b>	<b>200 95</b>	<b>200 96</b>
<b>Кол-во реек</b>		2	3	4	5	6	3	4
<b>Кол-во модулей</b>		48	72	96	120	144	72	96
<b>Профильная дверь</b>	металлическая	202 52	202 53	202 54	202 55	202 56	202 55	202 56
	остекленная	202 62	202 63	202 64	202 65	202 66	202 65	202 66
<b>Плоская дверь</b>	металлическая	202 72	202 73	202 74	202 75	202 76	202 75	202 76
	остекленная	202 82	202 83	202 84	202 85	202 86	202 85	202 86

В XL<sup>3</sup> 160 можно установить также автоматические выключатели DPX 125 и Vistop 160, но без дополнительных принадлежностей.

# XL<sup>3</sup> 160 (продолжение)

## МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ

		Высота (мм)				
		1050	900	750	600	450
<b>Кат. №</b>		<b>200 02</b>	<b>200 03</b>	<b>200 04</b>	<b>200 05</b>	<b>200 06</b>
<b>Кол-во реек</b>		2	3	4	5	6
<b>Кол-во модулей</b>		48	72	96	120	144
<b>Профильная дверь</b>	<b>металлическая</b>	202 52	202 53	202 54	202 55	202 56
	<b>остекленная</b>	202 62	202 63	202 64	202 65	202 66
<b>Плоская дверь</b>	<b>металлическая</b>	202 72	202 73	202 74	202 75	202 76
	<b>остекленная</b>	202 82	202 83	202 84	202 85	202 86

В металлические XL<sup>3</sup> 160 можно установить также автоматические выключатели DPX 125 и Vistop 160, но без дополнительных принадлежностей.

## ЩИТКИ ДЛЯ УСТАНОВКИ В НИШАХ

### Модульные распределительные щитки

### Распределительные щитки абонентские

Высота (мм)	Модульные распределительные щитки				Распределительные щитки абонентские		
	200 13	200 14	200 15	200 16	200 25	200 26	
1050							
900							
750							
600							
<b>Кат. №</b>	<b>200 13</b>	<b>200 14</b>	<b>200 15</b>	<b>200 16</b>	<b>200 25</b>	<b>200 26</b>	
<b>Кол-во реек</b>	2	3	5	6	3	4	
<b>Кол-во модулей</b>	72	96	120	144	72	96	
<b>Плоская дверь</b>	<b>металлическая</b>	202 73	202 74	202 75	202 76	202 75	202 76
	<b>остекленная</b>	202 83	202 84	202 85	202 86	202 85	202 86

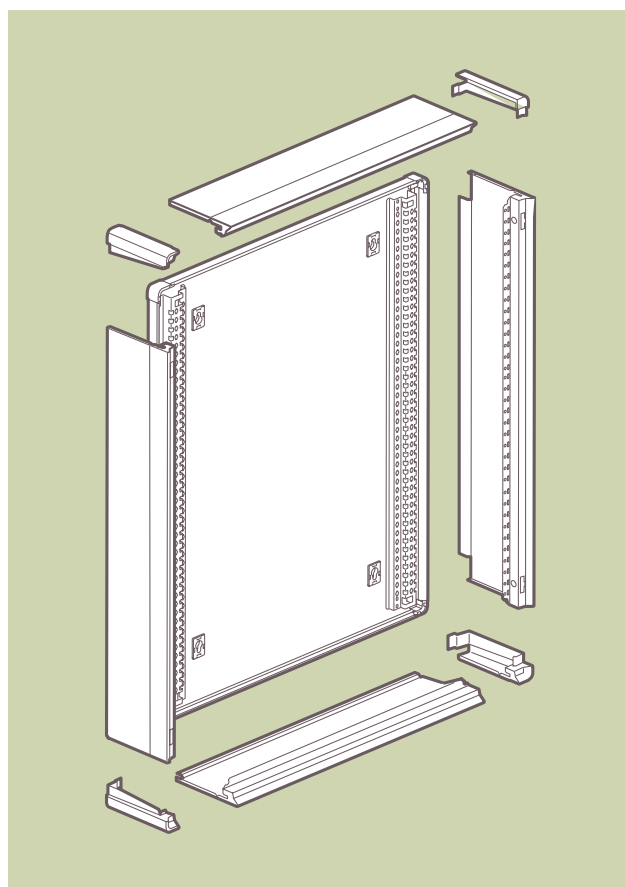
В XL<sup>3</sup> 160 можно установить также автоматические выключатели DPX 125 и Vistop 160, но без дополнительных принадлежностей

# XL<sup>3</sup> 400

## КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ

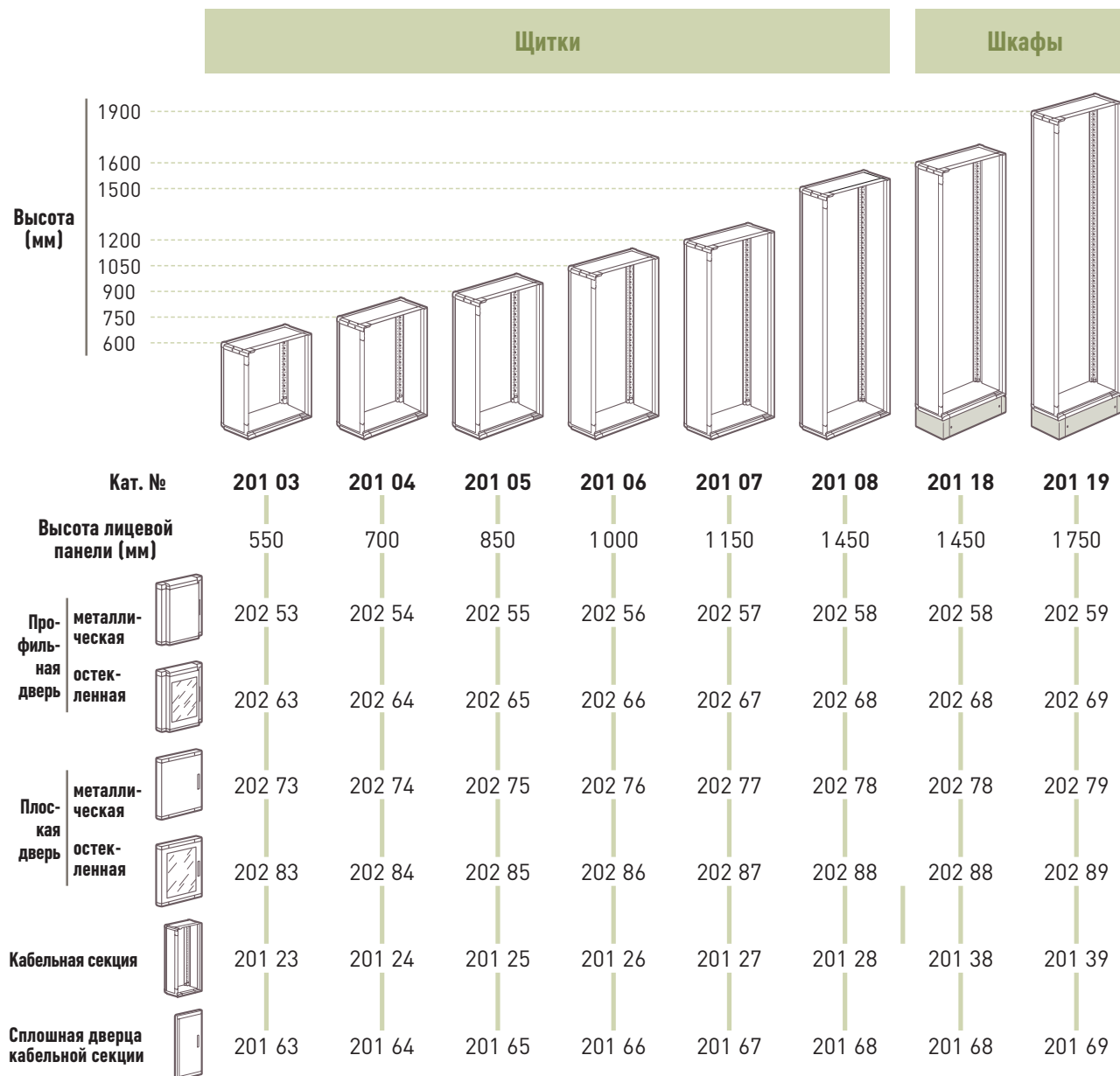
XL<sup>3</sup> 400 предназначены для установки в общественных зданиях и на промышленных предприятиях:

- Степень защиты от IP 30 до IP 55;
- Степень защиты от механических воздействий от IK 04 до IK 08;
- Класс I и II;
- Стойкость материалов к воспламенению соответствует требованиям IEC 60695-2 при нагреве до температуры 750°C в течение 5 с;
- Номинальный кратковременно выдерживаемый ток короткого замыкания I<sub>sw</sub>: 25 кА в течение 1 с;
- Вместимость 24 модуля на 1 рейку;
- Номинальный ток до 400 А;
- Возможность выбора типа распределения электроэнергии – стандартный или оптимизированный (активная задняя панель XL-Part 250, распределительный блок на 250 А и т.д.);
- Пристраиваемые слева и/или справа кабельные секции;
- Возможность установки автоматических выключателей DX, DPX и различных распределительных устройств;
- Цвет RAL 7035.



## МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ ЩИТКИ И ШКАФЫ СО СТЕПЕНЬЮ ЗАЩИТЫ IP 30-40-43

Глубина 175 мм, ширина 575 мм

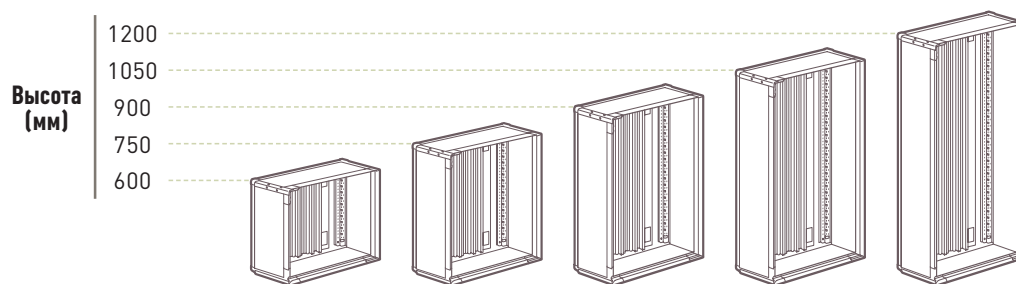


# XL<sup>3</sup> 400

## (продолжение)

### РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫЕ ЩИТКИ СО СТЕПЕНЬЮ ЗАЩИТЫ IP 30-40-43

Глубина 175 мм, ширина 575 мм

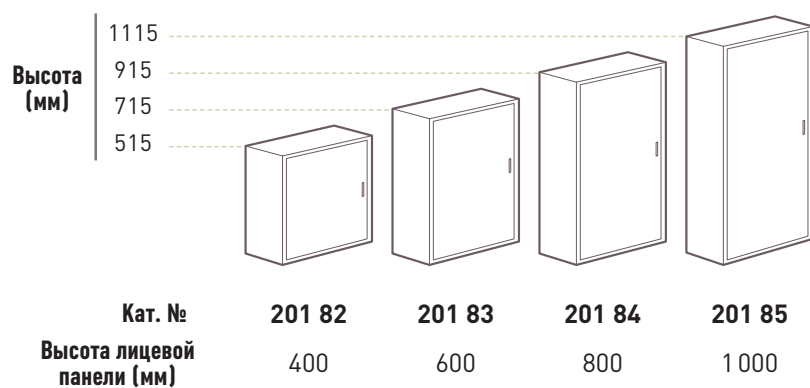


Кат. №		201 53	201 54	201 55	201 56	201 57
Высота лицевой панели (мм)		550	700	850	1 000	1 150
Профильная дверь	металлическая	202 53	202 54	202 55	202 56	202 57
	остекленная	202 63	202 64	202 65	202 66	202 67
Плоская дверь	металлическая	202 73	202 74	202 75	202 76	202 77
	остекленная	202 83	202 84	202 85	202 86	202 87
Кабельная секция		201 73	201 74	201 75	201 76	201 77
Сплошная дверца кабельной секции		201 63	201 64	201 65	201 66	201 67



## МОНОБЛОЧНЫЕ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫЕ ЩИТКИ СО СТЕПЕНЬЮ ЗАЩИТЫ IP 55

Глубина 215 мм, ширина 650 мм

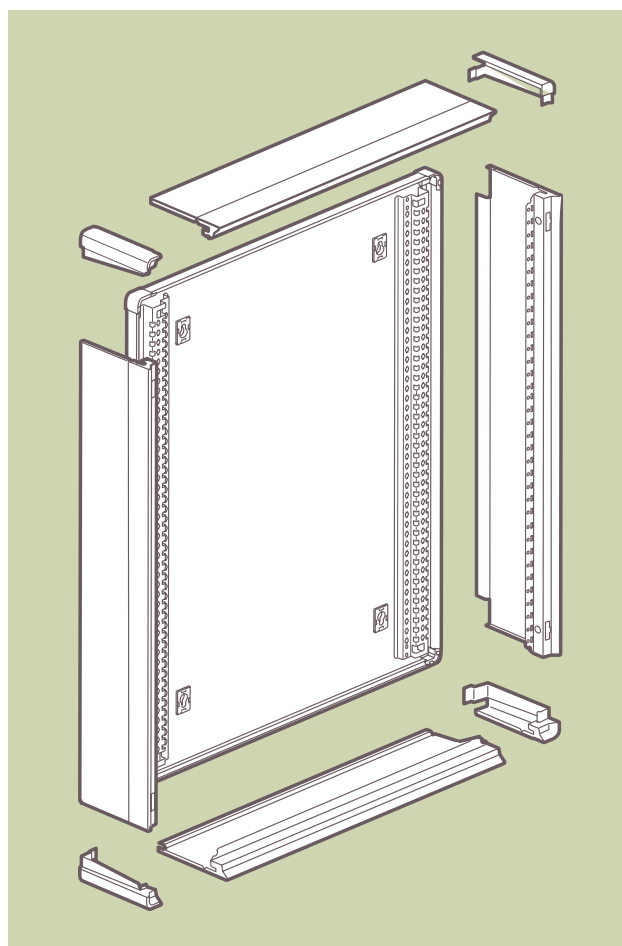


# XL<sup>3</sup> 800

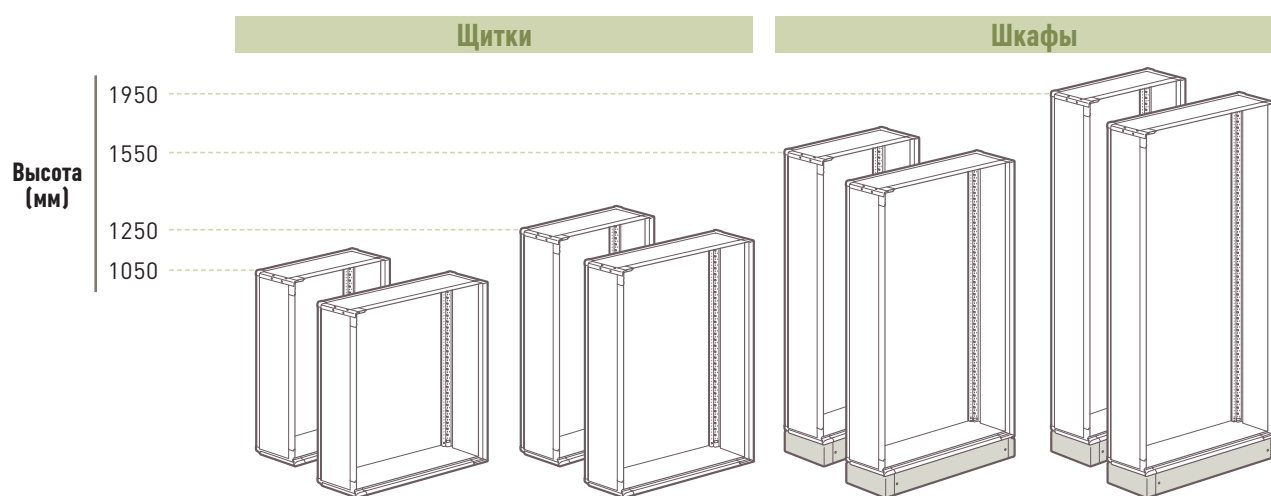
## КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ

XL<sup>3</sup> 800 предназначены для установки в общественных зданиях и на промышленных предприятиях:

- Степень защиты от IP 30 до IP 55;
- Степень защиты от механических воздействий от IK 07 до IK 08;
- Стойкость материалов к воспламенению соответствует требованиям IEC 60695-2 при нагреве до температуры 750°C в течение 5 с при установке в общественных зданиях;
- Номинальный кратковременно выдерживаемый ток короткого замыкания I<sub>sw</sub>: 25 кА в течение 1 с;
- Пиковое значение тока короткого замыкания I<sub>pk</sub>: 50 кА;
- Вместимость 24 модуля в ряду;
- Номинальный ток 800 А (630 А для IP 55);
- Возможность выбора типа распределения электроэнергии – стандартный или оптимизированный
- Встроенная или внешняя (пристраиваемая слева или справа) кабельная секция;
- Возможность установки автоматических выключателей DPX;
- Цвет RAL 7035.
- Щитки и шкафы соответствуют требованиям стандарта IEC 60439-1.



## ЩИТКИ И ШКАФЫ СО СТЕПЕНЬЮ ЗАЩИТЫ IP 30-40-43



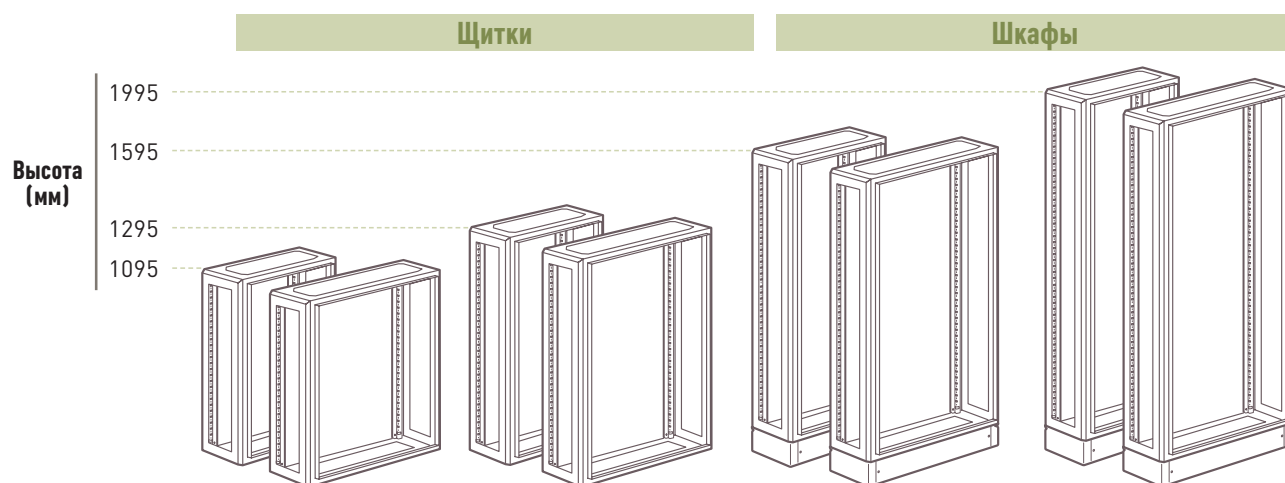
Кат. №	204 01	204 06	204 02	204 07	204 03	204 08	204 04	204 09
Общая ширина (мм)	660	910	660	910	660	910	660	910
Число модулей в ряду	24	36 <sup>(1)</sup>	24	36 <sup>(1)</sup>	24	36 <sup>(1)</sup>	24	36 <sup>(1)</sup>
Высота лицевой панели (мм)	1000	1000	1200	1200	1400	1400	1800	1800
Профильная дверь	металлическая	212 51	212 52	212 57	212 53	212 58	212 54	212 59
	стеклянная	212 61	212 62	212 67	212 63	212 68	212 64	212 69
Встроенная кабельная секция		204 26		204 27		204 28		204 29
Лицевая панель встроенной кабельной секции		204 46		204 47		204 48		204 49
Внешняя кабельная секция					204 23	204 23	204 24	204 24
Дверь внешней кабельной секции					204 33	204 33	204 34	204 34
Лицевая панель наружной кабельной секции					204 43	204 43	204 44	204 44
Комплект уплотнения для обеспечения степени защиты IP 43	201 30	201 30	201 30	201 30	201 30	201 30	201 30	201 30
Перегородка	204 90	204 91	204 90	204 91	204 90	204 91	204 90	204 91

(1) или 24 при наличии внутренней кабельной секции

# XL<sup>3</sup> 800

## (продолжение)

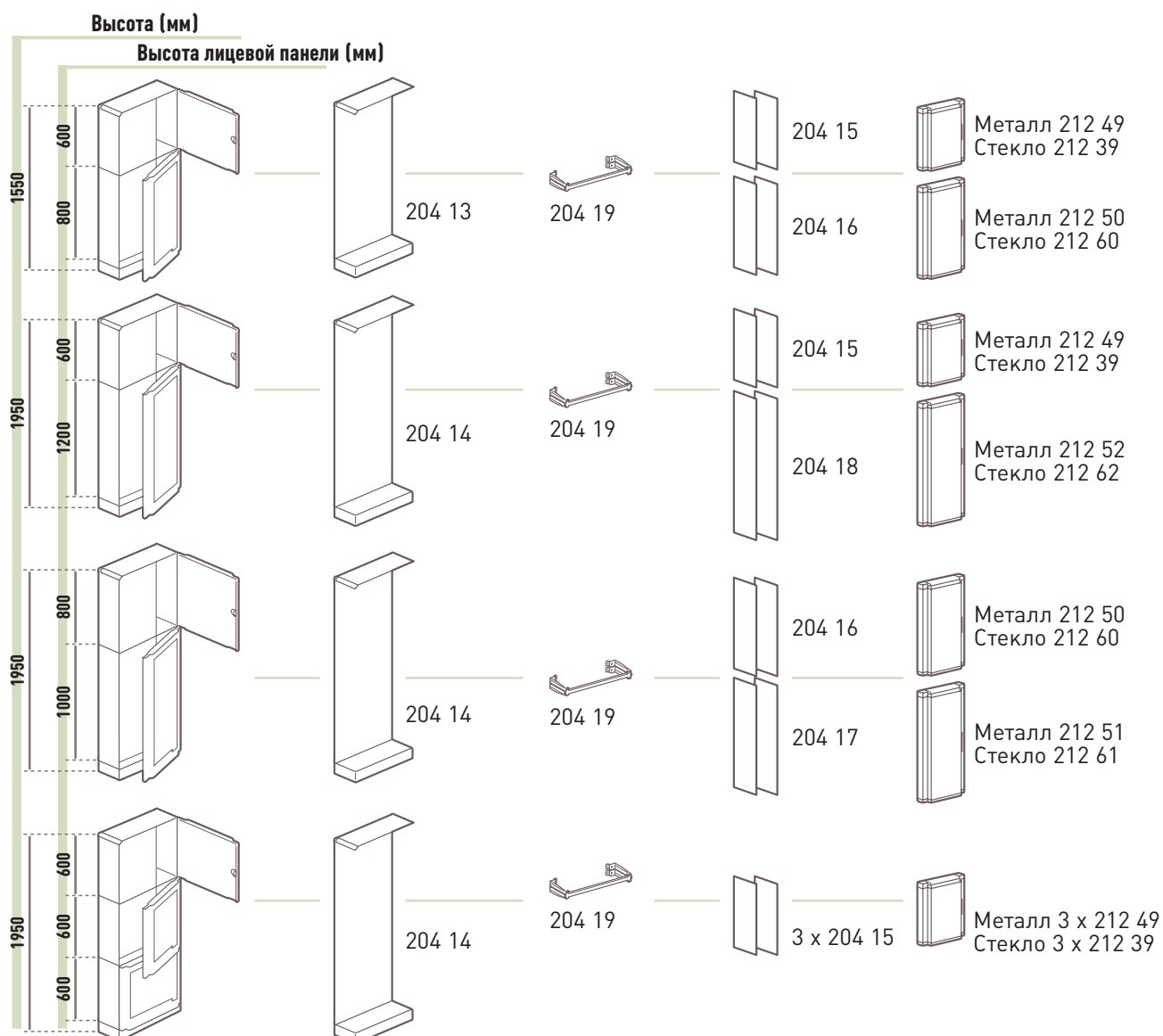
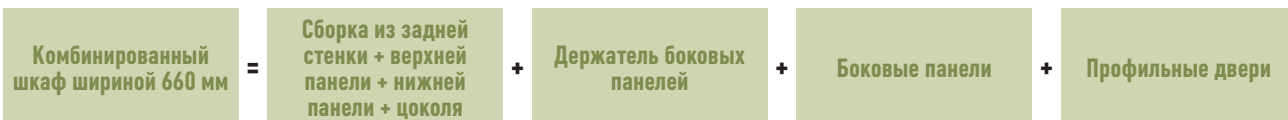
### ЩИТКИ И ШКАФЫ IP 55



	Кат. №	204 51	204 56	204 52	204 57	204 53	204 58	204 54	204 59
Общая ширина (мм)		700	950	700	950	700	950	700	950
Число модулей в ряду		24	36 <sup>(1)</sup>	24	36 <sup>(1)</sup>	24	36 <sup>(1)</sup>	24	36 <sup>(1)</sup>
Высота лицевой панели (мм)		1000	1000	1200	1200	1400	1400	1800	1800
Плоская дверь	металлическая	212 71	212 76	212 72	212 77	212 73	212 78	212 74	212 79
	стеклянная	212 81	212 86	212 82	212 87	212 83	212 88	212 84	212 89
Встроенная кабельная секция			204 76		204 77		204 78		204 79
Лицевая панель встроенной кабельной секции			204 46		204 47		204 48		204 49
Внешняя кабельная секция						204 73	204 73	204 74	204 74
Дверь внешней кабельной секции						204 83	204 83	204 84	204 84
Лицевая панель наружной кабельной секции						204 43	204 43	204 44	204 44
Перегородка		204 90	204 91	204 90	204 91	204 90	204 91	204 90	204 91
Боковые панели		204 66	204 66	204 67	204 67	204 68	204 68	204 69	204 69

(1) или 24 при наличии внутренней кабельной секции

## КОМБИНИРОВАННЫЕ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫЕ ШКАФЫ

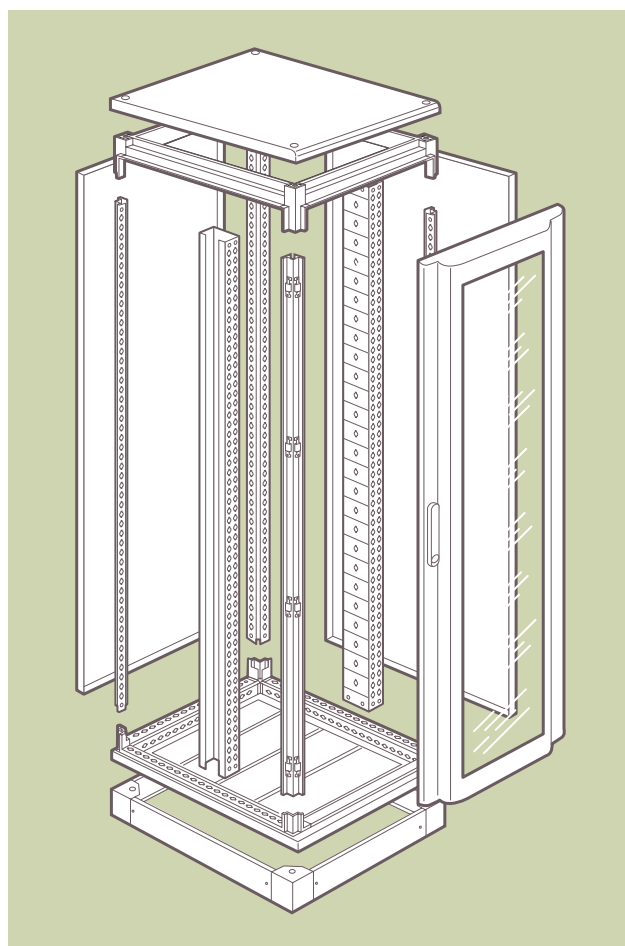


# XL<sup>3</sup> 4000

## КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ

XL<sup>3</sup> 4000 предназначены для установки в общественных зданиях и на промышленных предприятиях:

- Степень защиты от IP30 до IP55 (при использовании уплотнения дверей и уплотнения объединенных оболочек);
- Степень защиты от механических воздействий: IK 08;
- Стойкость к воспламенению: 750°C в течение 30 с;
- Номинальный кратковременно выдерживаемый ток короткого замыкания I<sub>sw</sub>: до 110 кА (с шинами на 4000 А);
- 3 типоразмера по ширине:
  - 475 мм (кабельная секция)
  - 725 мм (шкаф шириной 24 модуля)
  - 975 мм (шкаф шириной 36 модулей или 24 модуля с внутренней кабельной секцией);
- В оболочки можно установить аппаратуру до 4000 А;
- 3 типа лицевых панелей (с пломбируемым замком, закрывающимся на 1/4 оборота, с винтовым креплением, с шарнирными петлями или без них, с шарнирными петлями и замками);
- Формы: до 4 b;
- Индекс обслуживания: IS 333;
- Цвет покрытия: RAL 7035;
- Шкафы соответствуют стандарту CEI 60439-1.



## ШКАФЫ И НАРУЖНЫЕ КАБЕЛЬНЫЕ СЕКЦИИ

Габаритные размеры l x p, мм	Комплект «верхняя и нижняя панели»	Несущие стойки	Цоколь	Монтажные стойки		Траверы для внутренней кабельной секции	Лицевая панель внутренней кабельной секции	Задняя панель	Боковые панели	Дверь профилированная		Дверь плоская	
				Без внутренней кабельной секции	С внутренней кабельной секцией					Металлическая	Стекло-лянная	Металлическая	Стекло-лянная
725 x 475	205 04	205 00	205 14	205 24	–	–	–	205 42	205 41	205 54	205 64	205 74	205 84
725 x 725	205 05	205 00	205 15	205 24	–	–	–	205 42	205 42	205 54	205 64	205 74	205 84
725 x 975	205 06	205 00	205 18	205 24	–	–	–	205 42	205 43	205 54	205 64	205 74	205 84
975 x 475	205 07	205 00	205 17	205 27	205 24	205 21	205 47	205 43	205 41	205 57	205 67	205 77	205 87
975 x 725	205 08	205 00	205 18	205 27	205 24	205 22	205 47	205 43	205 42	205 57	205 67	205 77	205 87
975 x 975	205 09	205 00	205 19	205 27	205 24	205 23	205 47	205 43	205 43	205 57	205 67	205 77	205 87

Габаритные размеры l x p, мм	Комплект «верхняя и нижняя панели»	Несущие стойки	Цоколь	Лицевая панель	Задняя панель	Боковая панель	Дверца
475 x 475	205 01	205 00	205 11	205 48	205 41	205 41	205 71
475 x 725	205 02	205 00	205 14	205 48	205 41	205 42	205 71
475 x 975	205 03	205 00	205 17	205 48	205 41	205 43	205 71

# Выбор шкафов и щитов

## ТЕПЛОВЫЕ УСЛОВИЯ

### РАСЧЕТ МОЩНОСТИ, РАССЕИВАЕМОЙ ШКАФОМ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ДОПУСТИМОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ

С помощью приведенной ниже формулы можно рассчитать рассеиваемую мощность  $P$  (в Вт):

$$P = \Delta t_{\text{ moy }} \times K \times S_e$$

$\Delta t_{\text{ moy }}$ : разность между средней температурой воздуха внутри оболочки шкафа и наружной температурой воздуха (в °C)

$K$ : коэффициент теплопередачи через стенку (в Вт/°C м<sup>2</sup>)

$S_e$ : эквивалентная площадь рассеивания (в м<sup>2</sup>)

### Причины увеличения разности температур ( $\Delta t_{\text{ moy }}$ )

Установленная в шкафу аппаратура выделяет тепло, что приводит к неравномерному повышению температуры внутри оболочки.

Средняя температура воздуха внутри оболочки представляет собой среднеарифметическое значение температур находящихся на разной высоте слоев воздуха. Известно, что среднюю температуру имеет слой воздуха, расположенный между одной третьей и половиной высоты корпуса.

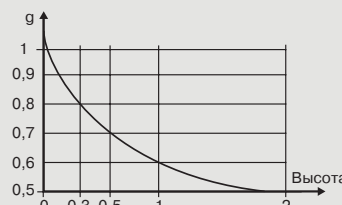
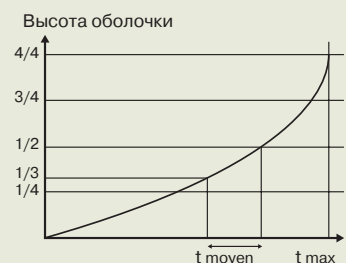
Если средняя температура воздуха внутри оболочки служит для расчета рассеиваемой теплоты, то значение максимальной температуры расположенного в верхней части оболочки слоя воздуха необходимо учитывать для правильного размещения аппаратуры.

Отношение максимальной температуры (верхнего слоя) к средней температуре воздуха называется градиентом температуры  $g$ :

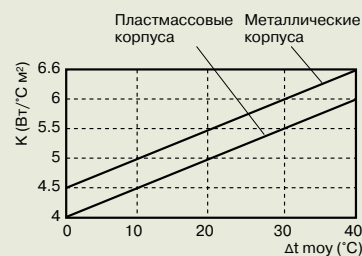
$$\Delta t_{\text{ moy }} = g \times \Delta t_{\text{ max }}$$

Распределение слоев воздуха с одинаковой температурой можно описать с помощью градиента температуры  $1/g$  который увеличивается с высотой корпуса.

### Градиент температуры



### Значение коэффициента $K$ общей теплопередачи в зависимости от средней температуры воздуха внутри оболочки



### Коэффициент теплопередачи через стенку ( $K$ в Вт/°C м<sup>2</sup>)

Характеризует теплообмен через горизонтальную эталонную стенку и учитывает передачу теплоты за счет конвекции и излучения, которые приблизительно одинаково влияют на теплопередачу, а также за счет теплопроводности.



## Эквивалентная поверхность рассеяния ( $S_e$ )

Теплообмен каждой наружной поверхности комплектного устройства зависит ее положения в пространстве (вертикальное или горизонтальное) и от того, соприкасается или нет рассматриваемая поверхность с со стенами или полом. Поверхность считается изолированной, если соприкасается, и свободной – если не соприкасается. Влияние указанных факторов на теплообмен учитывается с помощью поправочных коэффициентов. Эквивалентная поверхность рассеяния теплоты представляет собой сумму отдельных поверхностей:

$$S_e = S1 + S2 + S3 + S4 + S5 + S6 + S7 + S8 + S9 + S10$$

## Поправочный коэффициент на некоторые конфигурации

- установленные кабельные лотки  
Рассеиваемая мощность  $P$  (Вт) умножается на коэффициент  $M$ .

- объединение двух щитков  
Рассеиваемая мощность двух щитков равна сумме рассеиваемых мощностей каждого щитка, умноженной на поправочный коэффициент, учитывающий наличие общей перегородки.

## Поправочные коэффициенты для подсчета эквивалентной рассеивающей поверхности $S_e$

Поверхность	Щитки XL <sup>3</sup>	Шкафы XL <sup>3</sup>	Шкафы XL <sup>3</sup> IP 55
S1: Горизонтальная верхняя свободная поверхность	1	1	1
S2: Горизонтальная верхняя изолированная поверхность	0,7	0,7	0,5
S3: Вертикальная задняя свободная поверхность	0,7	0,9	0,8
S4: Вертикальная задняя изолированная поверхность	0,35	0,4	0,3
S5: Боковая свободная поверхность	0,7	0,9	0,8
S6: Боковая изолированная поверхность	0,35	0,4	0,3
S7: Нижняя горизонтальная изолированная поверхность	0,2	0,6	0,6
S8: Нижняя горизонтальная изолированная поверхность	0,1	0,3	0,2
S9: Передняя поверхность с лицевой панелью	0,8	0,9	0,8
S10: Передняя поверхность с лицевой панелью и дверью	0,6	0,6	0,6

## Поправочные коэффициенты на кабельные лотки



Кабельные лотки сверху

	Кол.	1	2	3
Высота	Ширина	М	М	М
50/65	160	1,4	1,6	1,8
65	250	1,5	1,7	–



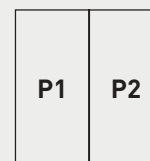
Кабельные лотки сверху и снизу

	Кол.	1	2
Высота	Ширина	М	М
50/65	160	2	2,2
65	250	2,4	2,4

## Поправочные коэффициенты для двух объединенных шкафов



Вертикально объединяемые шкафы  
 $P = P1 + 0,8 \times P2$



Горизонтально объединяемые шкафы  
 $P = 0,9 \times (P1 + P2)$

# Выбор шкафов и щитов (продолжение)

## ТЕПЛОВЫЕ УСЛОВИЯ (продолжение)

### СТАНДАРТНЫЕ УСЛОВИЯ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ

Средняя температура воздуха внутри комплектного устройства может превышать температуру калибровки аппаратов.

Предполагается, что цепи нагрузки потребляют не максимальный ток, или что не все цепи нагрузки включены одновременно.

Два фактора влияют на работу аппаратов защиты:

- увеличение температуры окружающего воздуха (> 25°C)

- увеличение коэффициента нагрузки (> 80%).

Для исключения опасности неправильной эксплуатации аппаратов (нагрев, размыкание, преждевременный выход из строя) необходимо принять достаточно простые меры.

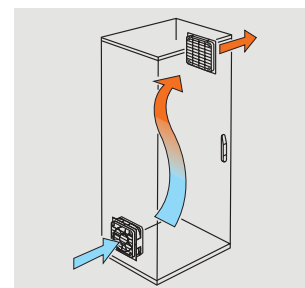
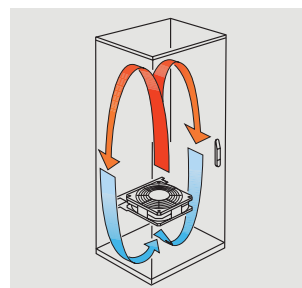
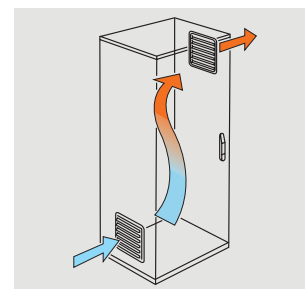
### ДВА РЕШЕНИЯ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ В УСЛОВИЯХ ПОВЫШЕННОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

- Увеличить размеры оболочки и тем самым улучшить условия рассеяния тепла (повышенная температура может быть обусловлена плотной компоновкой аппаратов, размещением аппаратов в верхней части шкафа или в закрытом углу, а также наличием расположенного рядом источника тепла).

- Установить в верхней и нижней части вентиляционные решетки, которые обеспечат естественную вентиляцию комплектного устройства.

- Сделать температуру однородной внутри корпуса и исключить возникновение горячих областей за счет постоянного перемешивания воздуха внутри комплектного устройства.

- В жестких условиях эксплуатации может потребоваться вентилятор для механической вентиляции шкафа.





В каталоге Legrand представлены различные изделия: нагреватели, вентиляторы, теплообменники, кондиционеры воздуха, обеспечивающие работу комплектных устройств при любых условиях эксплуатации:

- при температуре воздуха от низкой до очень высокой;
- в чистой или загрязненной окружающей среде.

Legrand предлагает различные решения для нормализации условий эксплуатации



## РЕШЕНИЯ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИЕ ЭКСПЛУАТАЦИЮ КОМПЛЕКТНЫХ УСТРОЙСТВ ПРИ ВЫСОКОМ КОЭФФИЦИЕНТЕ НАГРУЗКИ

### Автоматические выключатели DPX

Аппараты защиты, и в частности автоматические выключатели, защищают цепи, в том числе и от чрезмерного теплового воздействия, вызванного увеличением потребляемого тока. На характеристики этих аппаратов влияет температура окружающего воздуха. Температура калибровки аппаратов равна 40°C. Автоматические выключатели с электронным расцепителем, как правило, менее чувствительны к температуре окружающего воздуха чем магнито-термические. Если температура воздуха внутри шкафа выше температуры калибровки аппаратов, то необходимо изменить характеристики аппарата. Есть два способа решения этой задачи:

- изменить характеристики в соответствии с заранее определенным поправочным коэффициентом на температуру воздуха снаружи комплектного устройства;
- воспользоваться таблицей уменьшения тока в зависимости от конструкции аппарата (выкатной, с дифференциальным блоком) и от фактической температуры воздуха внутри комплектного устройства. В обоих случаях требуется изменение  $I_n$  или  $I_r$ .

### Поправочный коэффициент для температуры снаружи шкафа

Применение «заранее назначенного» поправочного коэффициента позволяет достаточно хорошо определить уменьшение тока срабатывания, когда неизвестны фактическая температура воздуха и ее распределение внутри комплектного устройства

Температура воздуха (°C)	10	20	25	30	35	40	45	50
Поправочный коэффициент	1,1	1	0,95	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5

Необходимо отрегулировать ток срабатывания аппарата в зависимости от фактического тока. Используются следующие значения отношения  $I_r/I_n$ : 0,4 – 0,6 – 0,64 – 0,7 – 0,8 – 0,9 – 0,95 – 1.



# Выбор шкафов и щитов (продолжение)

## ТЕПЛОВЫЕ УСЛОВИЯ (продолжение)

Уменьшенное значение  $I_r$  тока срабатывания автоматического выключателя DPX в зависимости от температуры воздуха внутри шкафа

Автоматический выключатель с магнито-термическим расцепителем	Номинальный ток	40°C		50°C		60°C		70°C	
		$I_r$ min	$I_r$ max	$I_r$ min	$I_r$ max	$I_r$ min	$I_r$ max	$I_r$ min	$I_r$ max
DPX 125	25 A	17	25	16	24	16	23	15	22
	40 A	28	40	27	38	26	37	25	36
	63 A	44	63	42	60	40	58	38	55
	100 A	70	100	67	96	64	92	61	88
DPX 160	125 A	87	125	84	120	80	115	76	110
	25 A	16	25	14	23	13	20	12	18
	40 A	25	40	23	36	20	32	18	28
	63 A	40	63	36	57	32	50	28	43
DPX 250 ER	100 A	64	100	58	91	52	82	47	73
	160 A	102	160	93	145	83	130	74	115
	250 A	160	250	147	230	134	210	122	190
	100 A	63	100	58	91	52	82	48	73
DPX 250	160 A	100	160	93	145	83	130	73	115
	250 A	160	250	147	230	130	210	115	190
DPX 630	400 A	160	400	160	400	150	380		
	500 A	400	500	380	480	360	450	340	420
	630 A	250	630	240	599	227	567		
DPX 1600	800 A	630	800	600	760	570	720	540	680
	1000 A	800	1000	760	950	720	900	680	850
	1250 A	1000	1250	950	1190	900	1125	850	1080

Автоматический выключатель с электронным расцепителем	Номинальный ток	40°C	50°C	60°C
DPX 250	250 A	250	250	238
DPX 630	400 A	400	400	380
	630 A	630	600	567
DPX 1600	800 A	800	760	760
	1250 A	1250	1188	1125
	1600 A	1600	1520	1440

Минимальное значение тока срабатывания соответствует отношению  $I_r/I_n$ , равному: 0,7 для DPX 125; 0,64 для DPX 160; 0,8 для DPX 400; 0,4 для DPX 630; 0,4 для DPX 1600.

Для аппаратов втычного и выкатного исполнения найденное максимальное значение уменьшенного тока срабатывания следует умножить на понижающий коэффициент 0,85.

Для аппаратов с дифференциальным блоком найденное максимальное значение уменьшенного тока срабатывания следует умножить на понижающий коэффициент 0,9.

Для аппаратов втычного и выкатного исполнения с дифференциальным блоком используется коэффициент 0,7.

### Модульные аппараты DX

Как правило, номинал модульных аппаратов защиты групповых линий не изменяют, поскольку через них редко протекает максимальный ток.



Если аппарат DX должен работать при полной нагрузке и/или в условиях повышенной температуры воздуха внутри шкафа (в качестве вводного или линейного аппарата защиты), то для вентиляции около него необходимо оставить свободное пространство, равное, например, одному модулю, или установить модуль для прокладки проводников, Кат. № 044 40 (0,5 модуля) или Кат. № 044 41 (1 модуль).

### $I_n$ (A) DX, DX-h, B и C и DX-D, в зависимости от температуры внутри шкафа

$I_n$ (A)	0°C	10°C	20°C	30°C	40°C	50°C	60°C
1	1,1	1,07	1,03	1	0,97	0,93	0,90
2	2,2	2,1	2,06	2	1,94	1,86	1,80
3	3,3	3,2	3,1	3	2,9	2,8	2,6
6	6,6	6,4	6,18	6	6,8	5,5	5,4
10	11	10,7	10,3	10	9,7	9,3	9
16	18	17,3	16,6	16	15,4	14,7	14,1
20	22,4	21,6	20,8	20	19,2	18,4	17,6
25	28,3	27,2	26	25	24	22,7	21,7
32	36,2	34,9	33,3	32	30,7	29,1	27,8
40	46	44	42	40	38	36	34
50	57,5	55	52,5	50	47,5	45	42,5
63	73,1	69,9	66,1	63	59,8	56,1	52,9
80	96	89	86,4	80	73,6	67,2	60,8
100	119	114	108	100	92	84	76
125	148	142	135	125	115	105	95

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАГРЕВА ОТ АППАРАТОВ И ПРОВОДНИКОВ В ШКАФАХ

Предложенный ниже метод позволяет достаточно точно определить фактические тепловыделения в шкафах.

Эффективное значение тепловыделений (в Вт) можно определить по следующей формуле:

$$P = (P_A + P_C) \times U \times M \times S \times C \times E$$

### Сумма тепловыделений аппаратов при номинальном токе ( $P_A$ )

Значения тепловыделений конкретных аппаратов можно найти в соответствующих технических описаниях.

Примечание. В распределительных шкафах источником основных тепловыделений являются автоматические выключатели и проводники большого сечения.

В шкафах управления основными источниками тепловыделений являются регуляторы частоты вращения, источники питания и магнитные пускатели. Тепловыделения проводников, как правило, незначительны.

### Тепловыделение проводников ( $P_C$ )

- Провода и кабели

Тепловыделения проводников можно определить путем суммирования тепловыделений каждого проводника, для чего необходимо знать номинальный ток, длину и сечение. Тепловыделения каждого проводника определяются следующей формулой:

$$P = RI_{\text{ном}}^2$$

## Сопротивление проводника в зависимости от сечения

### Медная гибкая жила, класс 5

Сечение (мм <sup>2</sup> )	0,5	0,75	1	1,5	2,5	4	6	10	16	25	35
Сопротивление (Ом/км)	36,1	24	18	12,3	7,4	4,58	3,05	1,77	1,12	0,72	0,51

### Медная жесткая жила, класс 2

Сечение (мм <sup>2</sup> )	50	70	95	120	150	185	240	300	400	500	630
Сопротивление (Ом/км)	0,36	0,25	0,18	0,14	0,11	0,09	0,07	0,055	0,043	0,033	0,026

### Алюминиевая жесткая жила, класс 2

Сечение (мм <sup>2</sup> )	35	50	70	95	120	150	185	240	300	400	500	630
Сопротивление (Ом/км)	0,8	0,59	0,44	0,3	0,23	0,19	0,15	0,115	0,092	0,072	0,056	0,043

**Примечание:** В таблице приведены значения сопротивления наиболее применяемых проводников длиной один километр при температуре 40°C. Можно не учитывать изменение типа проводника и незначительное отклонение от указанной температуры. Самым весомым фактором является значение тока, которое необходимо знать наиболее точно.

Тепловыделение каждого проводника рассчитывается для номинального тока цепи.

### Коэффициент использования ( $U$ )

Коэффициент использования представляет собой отношение фактической потребляемой мощности к номинальной мощности в начале электроустановки. Для шкафов на ток  $\leq 400$  А следует принять коэффициент использования равным 0,8 (что соответствует 0,9 In), а на больший ток – 0,65 (что соответствует 0,8 In). Коэффициент использования необходимо умножить на значение тепловыделений.

### Коэффициент эксплуатации

Коэффициент эксплуатации представляет собой отношение времени работы к времени простоя оборудования и в промышленности изменяется в диапазоне от 0,3 до 1. Для цепей обогрева и освещения, а также для цепей, время работы которых превышает 30 мин., следует принять коэффициент эксплуатации равным 1.

# Выбор шкафов и щитов (продолжение)

## ТЕПЛОВЫЕ УСЛОВИЯ (продолжение)

### Коэффициент одновременности (S)

Коэффициентом одновременности называется отношение одновременно включенной нагрузки отходящих линий (групповых цепей) к полной нагрузке всех отходящих линий.

Этот коэффициент обычно называют «избыток».

Необходимо принять:

$S = 1$  при наличии одной отходящей линии (т.е. 100 % тока).

$S = 0,8$  при наличии от 2 до 3 отходящих линий (т.е. 90 % тока)

$S = 0,7$  при наличии от 4 до 5 отходящих линий (т.е. 83 % тока)

$S = 0,55$  при наличии от 6 до 9 отходящих линий (т.е. 75 % тока)

$S = 0,4$  при наличии 10 и более отходящих линий (т.е. 63 % тока)

Указанный коэффициент учитывает число отходящих линий и фактически подключенную нагрузку.

При необходимости его уточняют для основных групповых линий (цепей освещения, электрических розеток, электродвигателей, кондиционеров и т.п.).

Примечание. Коэффициент одновременности не следует путать с коэффициентом разновременности, определенным в стандарте EN 60439-1.

Коэффициент разновременности обозначает отношение фактической суммы токов групповых линий к максимально возможному току и используется при проведении испытаний.

### Коэффициент коммутации (C)

Коэффициент коммутации учитывает число коммутаций цепей. Большое число коммутаций (а следовательно и пусковых токов) характерно для систем автоматического управления с коротким непрерывно повторяющимся циклом работы.

Следует принять:

$C = 1,2$  в электроустановках с коротким циклом работы

$C = 1$  в других устройствах (распределения электро-энергии).

### Коэффициент запаса на последующее расширение электроустановки (E)

Значение коэффициента запаса принимают в зависимости от реальных обстоятельств.

При отсутствии конкретных сведений обычно принимают равным 1,2.

### Допустимая температура нагрева частей электротехнических изделий (выдержка из стандарта ГОСТ Р 51321.1-2000 (IEC 60439-1))

Части электротехнического изделия	Допустимая температура нагрева (K или °C)
Отдельные части, аппараты, сборки, источники питания	В соответствии с техническими данными на конкретные электротехнические изделия с учетом температуры окружающего воздуха <sup>[1]</sup>
Зажимы для подсоединения внешних проводников	70 <sup>[2]</sup>
Шины, зажимы для подсоединения к шинам	В соответствии с контактирующим или находящимся вблизи материалами (номинальные токи шин Legrand определены для различных случаев использования) <sup>[3]</sup>
Органы управления	Металлические: 15 <sup>[4]</sup> Пластмассовые: 25
Оболочки и доступные прикосновению панели комплектных устройств	Металлические: 30 <sup>[4]</sup> Пластмассовые: 40

- (1) Как правило, температура не должна превышать 40°C. Для определения рассеиваемой мощности используется средняя температура от 25 до 30°C. При более высокой температуре необходимо уменьшить ток через аппараты или оснастить оболочку устройством охлаждения, или выбрать корпус большего размера.
- (2) Максимально допустимая температура зажимов для подсоединения проводников и клемм Legrand составляет 65°C.
- (3) Ток шин и распределителей Legrand указан для максимальной температуры 65°C.
- (4) Эти значения могут быть на 10 градусов больше, если в нормальном режиме эксплуатации до указанных поверхностей дотрагиваются редко.

Нагрев частей электротехнического изделия приводит к повышению температуры окружающего воздуха. Таким образом, нагрев частей электротехнического изделия ограничен допустимой суммой температур окружающего воздуха и наиболее нагретой части.

## Тепловыделения проводников при рабочем токе

### Медный проводник

Сечение (мм <sup>2</sup> )	0,5	0,75	1	1,5	2,5	2,5	4	6	10	16	25	25
Ток (А)	2	4	6	10	16	20	25	32	40	63	80	100
Тепловыделение (Вт/м)	0,15	0,4	0,6	1,2	1,9	3	2,9	3,1	2,8	4,4	4,6	7,2

Сечение (мм <sup>2</sup> )	35	35	50	70	95	95	120	150	185	240	2x185	2x240
Ток (А)	100	125	125	160	160	200	250	250	315	400	630	800
Тепловыделение (Вт/м)	5,1	8	5,6	6,4	4,6	7,2	8,7	6,9	8,9	11,2	17,8	22,4

### Алюминиевый проводник

Сечение (мм <sup>2</sup> )	35	35	50	70	70	95	120	150	185	240	240	300
Ток (А)	63	80	80	100	125	160	160	200	250	250	315	400
Тепловыделение (Вт/м)	3,2	5,1	3,6	5,9	6,8	7,7	5,9	7,6	9,3	7,2	11,4	14,7

Для проводов и кабелей однофазных цепей данные значения умножают на 2, для трехфазных цепей – на 3.

### Шины

Кат. №	373 88	373 89	374 33	374 34	374 38	374 18	374 19	374 40	374 41
Размеры	12 x 2	12 x 4	15 x 4	18 x 4	25 x 4	25 x 5	32 x 5	50 x 5	63 x 5
I (IP > 30)	80	125	160	200	250	270	400	600	700
Тепловыделение (Вт/м)	8,1	7,4	9,6	12,5	14,4	13,1	22,8	33	35,7
I (IP ≤ 30)	110	185	205	245	280	330	450	700	800
Тепловыделение (Вт/м)	11,3	12,8	15,8	18,8	17,7	19,6	28,9	45	46,7

Кат. №	374 59	374 43	374 46	374 40	374 41	374 59	374 43	374 46
Размеры	75 x 5	80 x 5	100 x 5	2x50x5	2x63x5	2x75x5	2x80x5	2x100x5
I (IP > 30)	850	900	1050	1000	1150	1300	1450	1600
Тепловыделение (Вт/м)	45,3	47	53,5	47,4	50,6	57,7	65,7	66,3
I (IP ≤ 30)	950	1000	1200	1150	1350	1500	1650	1900
Тепловыделение (Вт/м)	54,8	59	70	62,7	69,8	74,4	85	93,4

### Гибкие шины

Кат. №	374 10	374 16	374 11	374 17	374 12	374 44	374 57	374 58
Размеры	13 x 3	20 x 4	24 x 4	24 x 5	32 x 5	40 x 5	50 x 5	50 x 10
I (IP > 30)	160	250	250	320	400	500	630	800
Тепловыделение (Вт/м)	14,4	14,2	14,2	18,4	23	28,5	36,8	40,2
I (IP ≤ 30)	200	350	400	470	630	700	850	1200
Тепловыделение (Вт/м)	22,5	35	36	40	43	56	67	77

Токи определены в соответствии со стандартом EN 60947-1 для обычных условий эксплуатации и для температуры шин не более 65°C.

**I<sub>c</sub>**: номинальный рабочий ток в шкафах с естественной вентиляцией или в открытых распределительных устройствах со степенью защиты IP ≤ 30 (XL 400/600).

**I<sub>the</sub>**: условный тепловой ток в оболочке соответствует самым неблагоприятным условиям эксплуатации электроустановки без естественной вентиляции.

Степень защиты IP > 30

Тепловыделения в Вт/м приведены для одного полюса. Для 3-фазных цепей необходимо умножить на 3.



Тепловыделение трехфазных шин можно оценить по следующей формуле:  
Тепловыделение = 0,15 Вт/А на один метр длины.

# Выбор шкафов и щитов (продолжение)

## ТЕПЛОВЫЕ УСЛОВИЯ (продолжение)

### НОМИНАЛЬНЫЙ ТОК УСТРОЙСТВ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ В СООТВЕТСТВИИ С ГОСТ Р 51321.1-2000 (IEC 60439-1)

#### Аппараты и схема распределения электроэнергии

Ввод электропитания обычно осуществляется через одну линию, подсоединяемую к соответствующему вводному автоматическому выключателю (вводной аппарат должен соответствовать стандарту EN 60439-1). Отходящие от распределительного устройства цепи представляют собой трехфазные (3-х или 4-проводные) распределительные цепи и однофазные (фазный плюс нулевой рабочий проводники) групповые цепи.

#### Распределительные и групповые цепи

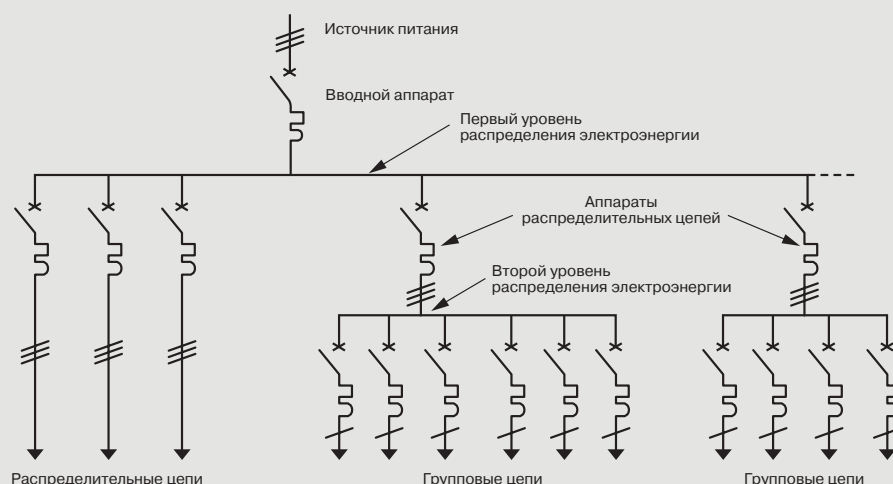
В большинстве электроустановок, чем больше ток вводного аппарата, тем больше количество распределительных цепей. Отходящие от распределительного устройства цепи (от несколько десятков до многих сотен ампер) питают другие распределительные устройства (распределительные щиты) или силовоточное оборудование (печи, кондиционеры, машины).



#### Виды распределительных устройств

- Распределительные устройства до 160 А, содержащие только однофазные групповые цепи. Такие устройства работают в самых неблагоприятных условиях
- Распределительные устройства до 250 А, содержащие отходящие и групповые цепи в равных частях.
- Распределительные устройства до 630 А, содержащие 70 % отходящих цепей.
- Распределительные устройства на ток более 630 А должны содержать только распределительные цепи. Распределение электроэнергии по групповым цепям выполняется в устройствах, расположенных ниже по питанию.

Схема 1. Распределение электроэнергии в одном устройстве



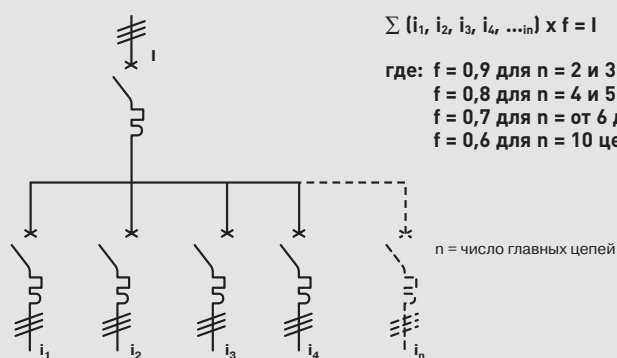


## Коэффициент разновременности

В стандарте EN60439-1 коэффициент разновременности распределительного устройства определен как отношение наибольшей суммы всех одновременно действующих токов главных цепей, взятых в любой момент времени, к сумме номинальных токов всех главных цепей распределительного устройства (см. схему 2). Стандарт EN 60439-3, в котором приведены требования к распределительным устройствам на ток не более 250 А, уточняет, что число главных цепей – это число отходящих от распределительного устройства цепей, соединенных с каждой фазой питающей электрической сети (см. схему 3).

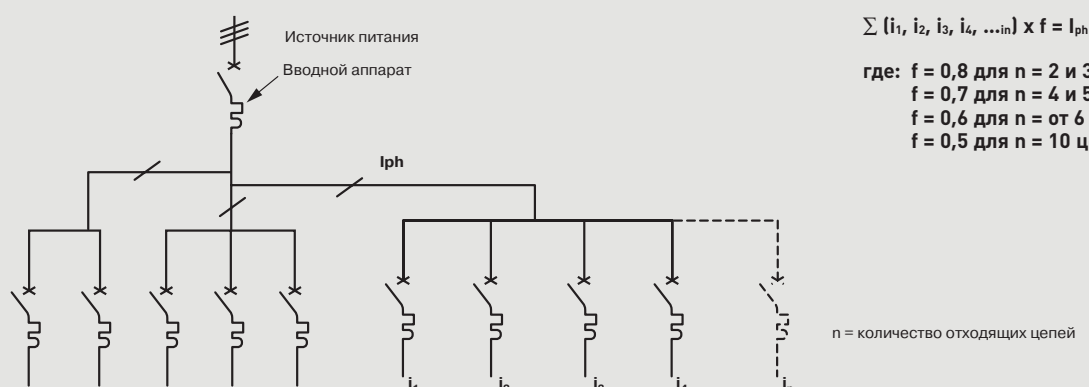
– На схеме 1 (см. предыдущую страницу) представлена типовая схема распределения электроэнергии. Номинальный ток первого уровня распределения определен с учетом коэффициента разновременности, указанного в стандарте EN 60439-1.  
– Номинальный ток второго уровня распределения электроэнергии (однофазные цепи, отходящие от трехфазного автоматического выключателя) определен с учетом коэффициента разновременности, указанного в стандарте EN 60439-3.

**Схема 2. Коэффициент разновременности по ГОСТ Р 51321.1-2000 (IEC 60439-1)**



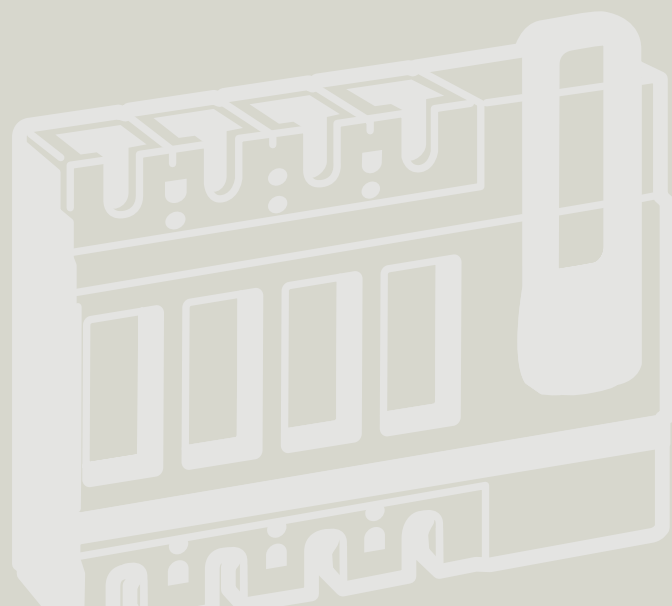
**Безопасность устройств распределения электроэнергии гарантируется проведением испытаний, в которых учитывается коэффициент разновременности, окружающая температура воздуха и коэффициент нагрузки.**

**Схема 3. Коэффициент разновременности по ГОСТ Р 51321.3-99 (МЭК 60439-3-90) (распределительное устройство на ток не более 250 А)**



# Аварийное отключение

Аварийное отключение означает отключение электропитания, а аварийный останов – исключение опасности от перемещения машин и механизмов.



## АВАРИЙНОЕ ОТКЛЮЧЕНИЕ, В ТОМ ЧИСЛЕ ДЛЯ АВАРИЙНОГО ОСТАНОВА

### АВАРИЙНОЕ ОТКЛЮЧЕНИЕ, В ТОМ ЧИСЛЕ ДЛЯ АВАРИЙНОГО ОСТАНОВА

Аварийное отключение электропитания применяется во всех электроустановках, где в случае возникновения неисправности имеется опасность поражения электрическим током: в испытательных и исследовательских электроустановках, котельных, кухнях предприятий общественного питания.

Аппараты аварийного отключения должны отключать все питающие проводники, в том числе и нулевой рабочий проводник. Не допускается отключение РЕ- или PEN-проводника.

Аварийное отключение электропитания должно выполняться под нагрузкой и одним воздействием.

#### **!** Размещение аппарата аварийного отключения

- Аппарат аварийного отключения должен находиться вблизи от аппарата защитного отключения и легко идентифицироваться эксплуатационным персоналом или персоналом аварийной службы. Аппараты управления, выполняющие ПУСК и ОСТАНОВ (выключатели, контакторы, автоматические выключатели), могут служить аппаратами аварийного отключения при условии, что они отвечают вышеупомянутым требованиям.

Аварийное отключение в однофазных цепях освещения (фазный плюс нулевой рабочий проводник) можно выполнять с помощью однополюсного аппарата.

- Аппарат аварийного отключения может быть размещен в распределительном щите групповых цепей, при условии, что этот аппарат легко идентифицируется и место его расположения находится в непосредственной близости от места возможной опасности или там, откуда можно ее своевременно заметить.

Такое размещение выполняется для того, чтобы исключить несвоевременное срабатывание устройств аварийного отключения и ограничить доступ эксплуатационного персонала.

Внимание! Если дверца распределительного щита запирается на ключ, то аппарат аварийного отключения должен быть оснащен механизмом выносного управления или иметь дистанционное электрическое управление.

В любых электроустановках таких как, жилые, промышленные, коммерческие, офисные или аналогичные помещения площадью менее 500 м<sup>2</sup>, основное устройство управления и защиты, расположенное на вводе электропитания может использоваться в качестве аппарата аварийного отключения при условии, что к нему обеспечен легкий доступ.

- Если устройство аварийного отключения должно располагаться в непосредственной близости от места возникновения возможной опасности и быть недоступным в нормальных (неаварийных) условиях, то для оперирования этим устройством необходимо предварительно разбить защитное стекло, либо воспользоваться прямым управлением (кнопочным выключателем), либо отпереть его ключом.

#### Для обеспечения безопасности эксплуатации машин...



В соответствии с требованиями EN 60204-1 орган управления аппарата аварийного отключения должен быть красного цвета и располагаться на желтом фоне.

# Аварийное отключение (продолжение)

## АВАРИЙНОЕ ОТКЛЮЧЕНИЕ, В ТОМ ЧИСЛЕ ДЛЯ АВАРИЙНОГО ОСТАНОВА (продолжение)



Основные места размещения устройств аварийного отключения приведены в стандарте NF C 15-100, раздел 463.

В руководстве УТВ 15-476 уточнены применяемые на практике условия выполнения рабочего отключения, аварийного отключения, в том числе для аварийного останова и отделения.

Распоряжение от 14 ноября 1988 г. (относящееся к требованиям безопасности при эксплуатации электроустановок зданий) расширяет необходимость применения аварийного отключения на все цепи и при этом допускает отключение нескольких цепей одним аппаратом и разрешает размещать аппараты аварийного отключения в вводных щитках.

Циркуляр DRT 89-2 от 6/02/89 уточняет условия доступа персонала к устройствам аварийного отключения и типы аппаратов, используемых в качестве устройств аварийного отключения: выключатели (разъединители), автоматические выключатели, выключатели и электрические соединители на ток не более 32 А, доступные и не относящиеся к вышеперечисленным: выключатели (разъединители) (если они выполняют только эту функцию), дистанционные выключатели, плавкие предохранители, полупроводниковые устройства, термостаты и электрические соединители на ток более 32 А за исключением тех, выключение которых осуществляется без нагрузки.

Для некоторых электроустановок (котельные, варочные котлы, кухни предприятий общественного питания, световая реклама и т.п.) устройство аварийного отключения должно быть:

- либо с положительной безопасностью
- либо с индикацией состояния ОТКЛЮЧЕНО/ВКЛЮЧЕНО, например, световой индикатор коммутационного положения.

Устройство аварийного отключения должно быть приспособлено для запираения в отключенном положении. В противном случае, перевод аварийного выключателя во включенное положение и повторное включение питания должны выполняться одним и тем же лицом. Рекомендуется установить эти два аппарата в непосредственной близости друг от друга или на расстоянии прямой видимости.



Пост аварийного отключения котельной, Кат. № 380 29



Выключатель световой рекламы Кат. № 380 50

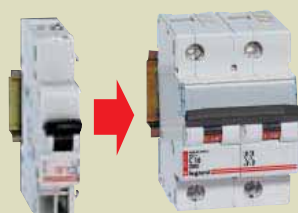




- В качестве аппаратов аварийного отключения с ручным управлением можно применять все автоматические выключатели моделей DX, DPX и Vistop.



- Если аппарат аварийного отключения находится внутри комплектного устройства, например, за закрытой на ключ дверью, то автоматические выключатели Vistop и DPX следует оснастить внешней рукояткой, выводимой на боковую панель или на дверь шкафа



- При дистанционном управлении автоматические выключатели DV, DNX, DPX и дифференциальные выключатели можно оснастить независимым или нулевым расцепителем напряжения.

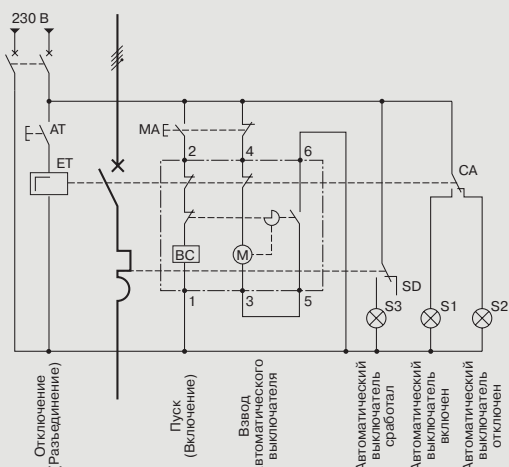


В соответствии с принципом положительной безопасности иногда в технических требованиях указывается предпочтительность применения расцепителей нулевого напряжения, если цепь нагрузки не представляет опасности, например цепи обогрева, освещения, розеток, то запертие ручки выключателя в отключенном положении не требуется. На практике, избегают устанавливать автоматические выключатели с нулевыми расцепителями вместо минимальных расцепителей, так как в этом случае при снижении напряжения возможно отключение силовых цепей.

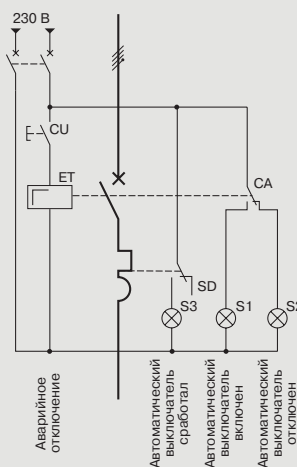
# Аварийное отключение (продолжение)

## АВАРИЙНОЕ ОТКЛЮЧЕНИЕ, В ТОМ ЧИСЛЕ ДЛЯ АВАРИЙНОГО ОСТАНОВА (продолжение)

### Примеры схем аварийного останова



Автоматический выключатель DPX с электродвигательным приводом, с кнопкой AT аварийного отключения, независимым расцепителем и ручным взводом.



Автоматический выключатель DPX с ручным приводом. Аварийное отключение выполняется кнопкой CV, подающей питание на независимый расцепитель ET.

- CA: вспомогательный контакт
- SD: контакт сигнализации аварийного отключения
- ET: независимый расцепитель
- MT: минимальный расцепитель напряжения
- MA: кнопка пуска
- AT: кнопка останова
- R: взвод автоматического выключателя

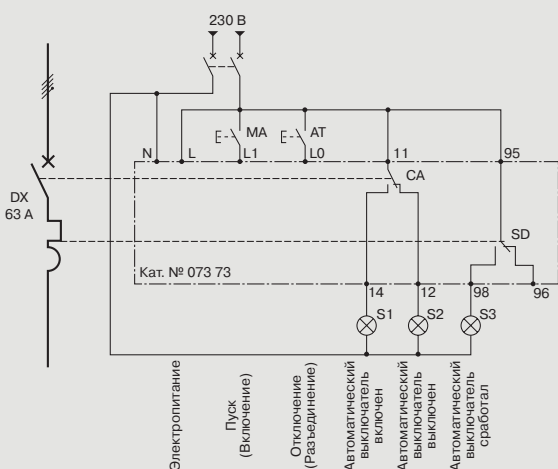
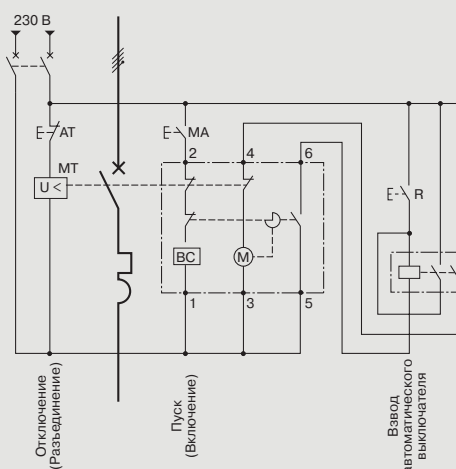


Схема подключения электродвигательного привода Кат. № 073 70/71/73 к автоматическому выключателю DX. Аварийное отключение выполняется кнопкой AT.



Электродвигательный привод для автоматического выключателя DPX с дистанционным взводом. Отключение осуществляется с помощью минимального расцепителя напряжения.

## АВАРИЙНЫЙ ОСТАНОВ

Машины и механизмы, перемещение которых может представлять опасность, должны быть оснащены устройствами аварийного останова, расположенными как можно ближе к рабочему месту.

Устройствами аварийного останова должны быть оснащены, например, эскалаторы, лифты, устройства подъема мостов, транспортеры, двери с электрическим управлением, устройства для мойки машин, а также тестосмесители, погрузо-разгрузочные механизмы и различные станки.

Каждая такая машина и механизм должны быть снабжены одним или несколькими устройствами аварийного останова, отвечающими следующим требованиям: внешний вид должен четко определять их назначение, они должны быть легко доступны, а их количество должно быть достаточным для исключения возможности возникновения опасных ситуаций.



Аварийный останов должен выполняться прямым воздействием с соблюдением принципа «позитивной безопасности», что означает прямое воздействие на контакты отключения электропитания или приоритетный останов при возникновении неисправности оборудования или падения напряжения в питающей электросети.

В соответствии с конструкцией машины аварийный останов может выполняться мгновенно, по определенному алгоритму или с задержкой.

Аварийный останов не требуется:

- если он не уменьшает опасность
- если время аварийного останова больше или равно времени аварийного отключения
- для переносных машин и машин управляемых вручную.

### Для безопасности эксплуатации машин...

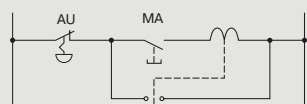


В соответствии с EN 60204-1 в качестве аппарата аварийного останова должен применяться кнопочный выключатель с красным грибовидным толкателем, расположенным на желтом фоне.

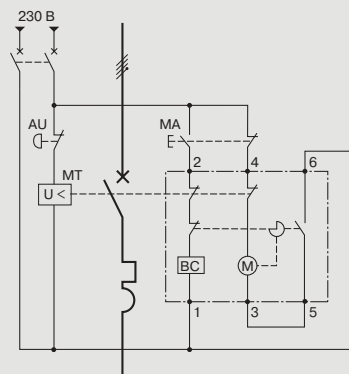
# Аварийное отключение (окончание)

## АВАРИЙНОЕ ОТКЛЮЧЕНИЕ, В ТОМ ЧИСЛЕ ДЛЯ АВАРИЙНОГО ОСТАНОВА (продолжение)

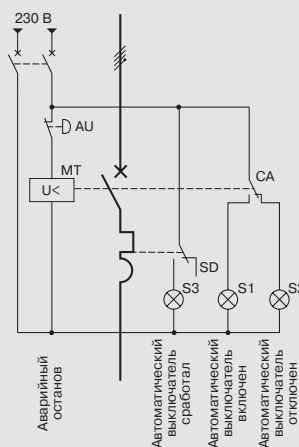
### Примеры схем аварийного останова



Классическая схема включения реле питания с приоритетом останова



Автоматический выключатель DPX с электродвигательным управлением, с автоматическим взводом после включения. Отключение производится минимальным расцепителем напряжения.



Автоматический выключатель DPX с ручным управлением. Аварийное отключение кнопочным выключателем с грибовидным толкателем, коммутирующим минимальный расцепитель напряжения.

- CA: вспомогательный контакт
- SD: контакт сигнализации аварийного отключения
- VT: минимальный расцепитель напряжения
- MA: кнопка пуска
- AU: кнопка аварийного останова



Минимальные расцепители напряжения с замедлением времени срабатывания (800 мс) позволяют исключить ненужные отключения при кратковременном исчезновении напряжения (Кат. № 261 75/85 и модули Кат. № 261 90/91).



## ВИДИМЫЙ РАЗРЫВ

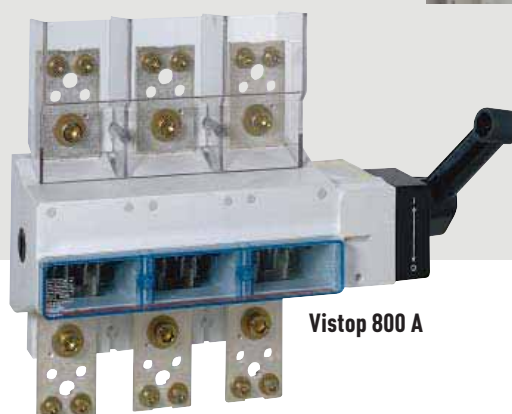
Аппараты с видимым разрывом гарантируют визуальный контроль размыкания главных контактов. Эта функция может быть реализована при помощи смотрового окна (Vistop, DPX-IS) или при помощи выкатного или съемного исполнения (DPX, DMX).



**DPX-IS 250**



**DPX 630**  
выкатное исполнение



**Vistop 800 A**

# Контроль и испытания НКУ

Испытаниям подвергаются не только оболочки щитов, но и вся электроустановка в целом.

Данная методика дополняет проверку НКУ в соответствии с ГОСТ Р 51321.12000.



## ПРОЦЕДУРА ПРОВЕРКИ НКУ

### ВИЗУАЛЬНАЯ ПРОВЕРКА

#### Проводники

- Соответствие электрической схеме.
- Сечение проводников.
- Соблюдение правильности прокладки проводников различных цепей (силовых, управления, сигнализации).
- Соблюдение правил идентификации проводников (цветовое кодирование, буквенно-цифровая маркировка).
- Соблюдение полярности при подсоединении проводников.
- Маркировка отходящих кабелей.
- Крепление проводников.
- Безопасное расстояние от острых металлических частей.
- Обработка проводников, не защищенных от коротких замыканий (цепи постоянного тока, измерительные цепи).
- Состояние жгутов гибких проводников, исключение трения жгутов о подвижные элементы, например, двери.
- Ввод проводников в корпус электротехнического устройства (герметичность, механическая защита, отсутствие механических напряжений).
- Состояние сборных шин (механическое крепление, расстояние между кронштейнами, болтовые соединения).

#### Аппаратура

- Соответствие аппаратов принципиальной схеме (типоразмер, отключающая способность, характеристики).
- Достижение требуемой отключающей способности методом координации (если необходимо).
- Селективность.
- Таблички и маркировка.
- Состояние контактных зажимов (усилие затяжки, состояние перегородок и крышек для ограждения выводов аппаратов).
- Состояние обжатых кабельных наконечников

### Меры защиты от поражения электрическим током

#### • Защита от прямого прикосновения

- Наличие лицевой панели, обеспечивающей степень защиты не менее 2х или ххВ.
- Наличие (рекомендованных) ограждений, обеспечивающих степень защиты не менее ххА.
- Перегородка формы 2 вокруг шин (если требуется).
- Наличие предупреждающих знаков.

#### • Защита при косвенном прикосновении

- Класс I: визуальная проверка электрического соединения каркаса и доступных прикосновению металлических частей электроустановки.
- Наличие проводников уравнивания потенциалов на доступных прикосновению проводящих частях (дверях, панелях) или стационарной части выкатных аппаратов.
  - Соответствие сечения проводников уравнивания потенциалов мощности установленного оборудования.
  - Состояние присоединения защитных проводников к зажимам аппаратов, если они ими снабжены.
  - Сечение защитных проводников и главного контактного зажима

Примечание. Эти проверки выполняются при приемосдаточных испытаниях.

Класс II: визуальная проверка устройств, соответствующих классу II

- Проверка правильности присоединения проводников, если они перед этим были отсоединены.
- Состояние изоляции оболочек и защитных проводников.
- Отсутствие соединения оболочек с защитным проводником.
- Прокладка проводников в кабельном лотке, или на изолирующих кронштейнах, или использование проводников с двойной изоляцией.
- Обозначение зоны, соответствующей классу II.
- Наличие предупреждающих знаков (надписей).
- Отсутствие металлических частей пересекающих шкаф.
- Изоляция элементов настенного крепления.

Примечание. Выполняется проверка изоляции НКУ.

# Контроль и испытания НКУ (продолжение)

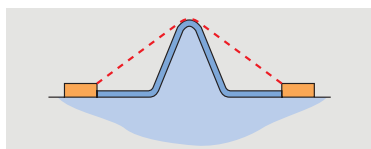
## ИЗОЛЯЦИЯ

### Изоляционные расстояния

– Расстояния от выводов аппаратов (кабельных наконечников, контактных площадок...) до ближайших проводящих частей металлоконструкции (до корпуса комплектного устройства, до монтажной пластины).  
– Болтовые соединения и подсоединения к шинам: расстояние между шинами и проводящими частями комплектного устройства.

#### • Воздушные зазоры

Воздушный зазор представляет собой кратчайшее расстояние по воздуху между двумя проводящими частями. В случае пробоя электрическая дуга проследовала бы этим путем утечки. Наличие ребер или перегородок может увеличить воздушный зазор.

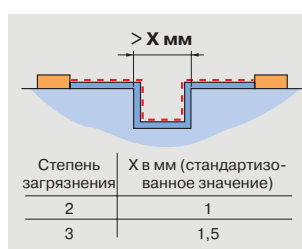


Воздушные зазоры определены в зависимости от напряжения  $U_{имп}$  электроустановки.

Импульсное напряжение $U_{имп}$ (кВ)	Минимальное изоляционное расстояние (мм)	
	Между токоведущими частями разных потенциалов (фаза, N, земля)	Между токоведущими частями и проводящими частями в случае использования двойной или усиленной изоляции
4	3	5,5
6	5,5	8
8	8	14
12	14	18

#### • Пути утечки

Путь утечки представляет собой кратчайшее расстояние по поверхности изоляционного материала между двумя проводящими частями, он зависит от свойств изоляционного материала и от степени его загрязнения. Наличие ребер и не накапливающих воду впадин может увеличить путь утечки.



На практике и в расчете принимаются только борозды шириной и глубиной не менее 2 мм. Пути утечки определены в зависимости от напряжения изоляции  $U_i$  электроустановки.

Напряжение изоляции $U_i$ (В)	Минимальные пути утечки (группа материалов II, индекс сопротивления протеканию тока утечки (IRC) > 400)			
	Между токоведущими частями разной полярности (фаза, N, земля)		Между токоведущими частями и токопроводящими частями в случае использования двойной или усиленной изоляции	
Степень загрязнения	2	3	2	3
250	1,8	3,6	3,6	7,1
400	2,8	5,5	5,6	11
630/690	4,5	9	9	18
800	5,6	11	11	22
1000	7,1	14	14	28



### Значения изоляционных расстояний описаны в IEC 60664-1:

- воздушные зазоры определены для мгновенного импульсного напряжения, превышающего требуемое значение  $U_i$ .
- пути утечки определены для значения напряжения, соответствующего двойному номинальному напряжению  $U_i$ . Двойная или усиленная изоляция должна применяться со стороны источника питания и аппарата защиты от косвенного прикосновения: дифференциальные устройства в режиме ТТ, устройства защиты от КЗ в ИТ и ТН.

## Монтажные расстояния

В отличие от изоляционных расстояний (воздушные зазоры и пути утечки), определяемых конструкцией аппаратов и устройств, монтажные расстояния определяются требованиями безопасности, соблюдаемыми при монтаже (болты в шинах, профильные кронштейны, положение кабельных наконечников и т.п.)

В электроустановках напряжением 400 В должны соблюдаться следующие минимальные расстояния:

- между токоведущими неизолированными частями разной полярности – 10 мм
- между токоведущими неизолированными частями и проводящими частями оболочки (каркас, корпус) – 20 мм

В электротехнических устройствах со степенью защиты не более ХХВ это расстояние достигает 100 мм.

## Функционирование электрической части комплектных устройств

Сложные комплектные устройства могут быть подвергнуты испытаниям на функционирование. Заинтересованные стороны должны определить место (на предприятии-изготовителе или на месте эксплуатации) и условия проведения испытаний:

- тестируемые цепи
- число точек подключения
- позиции блокировок
- последовательность управления
- измерение тока
- баланс фаз
- разностные испытания
- измерительные приборы

## Функционирование механической части комплектных устройств

- Блокировочные устройства
- Функционирование и запираение дверей
- Наличие ключей
- Координация блокировочного устройства и дверей
- Аппараты выкатного и втычного исполнения
- Механическая безопасность переключателей
- Установочные устройства (рым-болты, ...)
- Моменты затяжки



**Размеры кронштейнов и сборных шин Legrand определены так, чтобы гарантировать двойную изоляцию по отношению к окружающим проводящим частям оболочки.**

**Степень загрязнения 2 характерна для жилых и непромышленных помещений.**

**Степень загрязнения 3 характерна для промышленных помещений. Дверь распределительного щитка XL-A защищает внутреннее пространство и позволяет уменьшить степень загрязнения (например, с 3 до 2).**

# Контроль и испытания НКУ (продолжение)

## ИЗОЛЯЦИЯ (продолжение)

### Степень защиты

- Сохранение степени защиты в зоне ввода кабелей в оболочку.
- Связи между сборными модулями.
- Непроницаемость дверей, панелей, люков.
- Соответствие защиты от пыли условиям эксплуатации.
- Степень защиты устройств вентиляции или охлаждения.
- Достижимость внутренних частей, находящихся под напряжением (доступ только для квалифицированного персонала).

### Паспортная табличка

Наличие паспортной таблички, четко указывающей как минимум:

- наименование изготовителя комплектного устройства (или его товарный знак)
- указание типа комплектного устройства или обозначение, позволяющее определить соответствующие технические характеристики.

### Информация, приводимая в технической документации

Следующая информация должна содержаться в паспортной табличке или в технической документации:

- Ссылка на соответствие требованиям ГОСТ Р 51321.1-2000
- Род и частота тока.
- Номинальное напряжение изоляции ( $U_i$ ) и номинальное рабочее напряжение ( $U_e$ ), если они отличаются.
- Номинальное импульсное напряжение ( $U_{imp}$ ), если необходимо.
- Напряжения вспомогательных цепей, если необходимо.
- Предельные характеристики.
- Номинальный ток (в амперах) для каждой цепи.
- Устойчивость к токам короткого замыкания: предполагаемый действующий ток в начале электроустановки (в кА), кратковременно выдерживаемый ток ( $I_{sw}$  в кА), допустимый пиковый ток ( $I_{pk}$  в кА).
- Степень защиты IP.
- Класс защиты электроустановки от поражения электрическим током: класс I или класс II.
- Способ присоединения функциональных единиц (стационарные, переднее присоединение, заднее присоединение, выкатные, втычные).
- Способ разъединения.
- Условия эксплуатации если они отличаются от обычных (агрессивная среда, тропический климат, пыльная среда).
- Режим нейтрали.
- Размеры (высота x ширина x глубина).
- Масса.

## ИСПЫТАНИЯ

### ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ ИСПЫТАНИЯ

#### Проверка изоляции

Проверка изоляции представляет собой проверку диэлектрических свойств.



**Измерение сопротивления изоляции выполняется дополнительно к визуальной проверке изоляционных расстояний в КУ. Убедиться в том, что изоляционное расстояние является недостаточным, можно только путем испытания диэлектрических свойств путем приложения импульсного напряжения.**

#### • Измерение сопротивления изоляции

- Сопротивления изоляции измеряется мегаомметром (с автономным или внешним источником питания постоянного тока напряжением не менее 500 В).
- Подлежащее испытанию КУ должно быть отключено от питающей электрической сети и от всех нагрузок.
- Все коммутационные аппараты должны находиться в состоянии «I» (т.е. замкнуты).

- Испытательное напряжение прикладывается между каждой токоведущей частью и проводящими частями комплектного устройства.
- При проведении испытаний можно соединить между собой все полюса: фазные и нейтральный проводники. Сказанное не относится к системе TNС, в которой PEN проводник соединен с оболочкой комплектного устройства.
- Аппараты (катушки, измерительные приборы), которые не могут выдержать испытательное напряжение, должны быть закорочены путем установки перемычек на их зажимы.



**В соответствии с ГОСТ Р 51321.1-2000 минимальное сопротивление изоляции каждой цепи должно составлять 1 000 Ом/В.**

**На практике, достаточным считается значение не менее 0,5 Мом для КУ напряжением 230/400 В и не менее 1 МОм для КУ на большее напряжение.**



**Условия проведения измерений могут повлиять на полученные результаты. Нельзя выполнять измерения при температуре окружающего воздуха ниже температуры точки росы, т.к. выпавший конденсат увлажнит поверхности аппаратов и оболочки. Сопротивление изоляции уменьшается с увеличением температуры. Повторяющиеся испытания должны выполняться при одинаковых условиях окружающей среды. Большое значение имеет длительность приложения испытательного напряжения. Процесс измерения состоит из трех фаз. В начале измерения происходит заряд емкости, которую представляет собой электрооборудование относительно земли, и на этом этапе имеет место значительный ток утечки. Как только емкость зарядится, ток стабилизируется, и его значение будет зависеть только от сопротивления изоляции. Если испытательное напряжение по-прежнему остается приложенным, то сопротивление будет постепенно увеличиваться, что объясняется уменьшением тока диэлектрической абсорбции.**

**При строгом измерении сопротивления изоляции подсчитывают отношение сопротивлений, измеренных через одну и через 10 минут.**

**Если отношение  $R_{10 \text{ мин.}}/R_{1 \text{ мин.}}$  больше двух, то такая изоляция является хорошей.**

**На практике ориентируются на более высокое значение сопротивления, измеряемое за меньшее время (но не менее одной минуты).**

# Контроль и испытания НКУ (продолжение)

## ИСПЫТАНИЯ (продолжение)

### • Проверка диэлектрических свойств

Если не выполнялось измерение сопротивления изоляции цепей комплектного устройства, то должны быть проверены диэлектрические свойства цепей.

– Испытание напряжением промышленной частоты для указанного изготовителем значения напряжения изоляции  $U_i$ .

– Испытание импульсным напряжением длительностью 1,2 /50 мкс для указанного изготовителем  $U_{имп}$ . Условия проведения испытаний.

– Подлежащее испытанию комплектное устройство должно быть отключено от питающей электрической сети и от всех нагрузок.

– Все коммутационные аппараты должны находиться в положении «I» (т.е. замкнуты).

– Испытательное напряжение прикладывается:

– между каждой токоведущей частью (включая силовые цепи, цепи управления, вспомогательные цепи) и проводящими частями комплектного устройства.

– между каждым полюсом главной цепи и другими полюсами (между фазными проводниками и между каждым фазным и нейтральным проводниками).

– между электрически не связанными цепями (например, между цепями раздельного управления в ГРЩ и главными цепями).

– между цепью защиты и проводящими частями оболочки для комплектных устройств, имеющих класс II защиты от поражения электрическим током.

– между выкатными и разъединенными частями.

– Аппараты, которые могут быть повреждены приложением испытательного напряжения (измерительные приборы, электронные расцепители должны быть отсоединены).

– Помехоподавляющие конденсаторы, включенные между токоведущими и токопроводящими частями, не отсоединяют. Они должны выдержать испытательное напряжение.

### Испытание напряжением промышленной частоты

**Напряжение прикладывается не менее, чем на 1 секунду. Комплектное устройство считается выдержавшим испытание, если не произошло пробоя изоляции или перекрытия поверхности.**

Испытательное напряжение (В)	Напряжение изоляции $U_i$ (В)
1 000	$U_i \leq 60$
2 000	$60 < U_i \leq 300$
2 500	$300 < U_i \leq 690$
3 000	$690 < U_i \leq 800$
3 500	$800 < U_i \leq 1 000$

### Испытание импульсным напряжением

**Напряжение каждой полярности прикладывается не менее трех раз с интервалом 1 секунда. Значение прикладываемого напряжения соответствует значению  $U_{имп}$  с учетом поправочного коэффициента на высоту над уровнем моря.**

Высота над уровнем моря	Испытательное напряжение (кВ)				Номинальное импульсное выдерживаемое напряжение $U_{имп}$ (кВ)
	200 м	500 м	1 000 м	2 000 м	
2,9	2,8	2,8	2,7	2,5	2,5
4,5	4,8	4,7	4,4	4	4
7,4	7,2	7	6,7	6	6
9,8	9,6	9,3	9	8	8
14,8	14,5	14	13,3	12	12







При выполнении испытаний с приложением высокого напряжения необходимо соблюдать не только элементарные меры безопасности (обозначение зоны проведения испытаний, использование изолирующих перчаток, привлечение к проведению испытаний только квалифицированного персонала), но и соблюдать меры предосторожности, связанные с особенностями проведения испытаний:

- следует избегать коммутационных перенапряжений, начиная проводить испытания при нуле вольт, и перед отключением высокого напряжения уменьшать его до нуля вольт.
- При выполнении приемосдаточных испытаний в соответствии со стандартом ГОСТ Р 51321.3-99 (IEC 60439-3-90) длительность приложения испытательного напряжения ограничивается одной секундой. Это исключает возможность какого-либо воздействия, вредного для дальнейшей эксплуатации комплектного устройства. Поэтому ток уставки расцепителя ограничивают несколькими миллиамперами. Следует иметь в виду, что целью проверки диэлектрических свойств является не проверка качества изоляционных материалов, а проверка изоляционных расстояний.

#### • Проверка электрической непрерывности защитных проводников

Конструкция шкафов XL<sup>3</sup> гарантируют надлежащий контакт проводящих частей оболочки. При этом необходимо проверить электрическую непрерывность цепей между проводящими частями оболочки и защитным проводником электроустановки и убедиться в том, что все защитные проводники присоединены к главному зажиму (или к шине с зажимами для присоединения защитных проводников).

#### • Условия испытаний

- Измерение может быть осуществлено постоянным или переменным током.
- Испытательное напряжение может составлять от 6 до 24 В.
- Один из полюсов источника испытательного напряжения присоединяют к главному зажиму для подсоединения защитных проводников, а другой полюс – к различным проводящим частям.

#### • Измерение сопротивления цепи при отсутствии обрывов

Рекомендуется применять следующие стандартные значения:

- ток испытания: 25 А
- время приложения напряжения: 1 мин.
- максимальное сопротивление: 50 мОм

#### • Проверка электрической непрерывности контрольным прибором

Эта процедура не стандартизирована. Она позволяет только убедиться в том, что электрическая непрерывность существует, но не позволяет определить сопротивление цепи. Если электрическая непрерывность определяется с помощью такого прибора, то необходимо тщательно визуально проверить каждое соединение токопроводящих частей комплектного устройства и каждой части цепи защиты.



Используемый метод, измерение или проверка, будет перенесен в отчет о результатах испытаний. Если используются другие виды испытаний, например, в соответствии со стандартом EN 60204-1 (измерение падения напряжения при токе 10 А), то это необходимо уточнить.

# Контроль и испытания НКУ (продолжение)

## ИСПЫТАНИЯ (продолжение)

### ПРОВЕРКА ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ СОВМЕСТИМОСТИ (ЭМС)

Если не рассматривать случаи, когда комплектные устройств изготавливаются для какого-либо специального применения в определенной окружающей среде, то можно утверждать, что в основном изготавливаемые комплектные устройства состоят из более или менее случайной комбинации различной аппаратуры.

В соответствии с характером установленной аппаратуры и условий эксплуатации различают два случая.

1 – Комплектные устройства не требуют проведения испытаний на устойчивость к воздействию электромагнитных помех:

– если комплектные устройства не содержат электронного оборудования, которое соответствует требованиям ЭМС на уровне стандартов IEC 61000-6-x.

2 – Комплектные устройства требуют проведения испытаний на устойчивость к воздействию электромагнитных помех если:

– окружающая среда, в которой предстоит работать комплектному устройству, содержит близко расположенные источники сильных электромагнитных излучений.

– в комплектном устройстве установлена электронная аппаратура (например, микропроцессорная) или устройства, излучающие электромагнитные помехи (например, источники питания с фазоимпульсным регулированием).



### Испытания для проверки на ЭМС

- Испытания на устойчивость к электромагнитным помехам

Импульсы от 1,2/50 до 8/20 мкс согласно ГОСТ Р 51317.4 (IEC 61000-4):

- напряжение испытания 2 кВ: фаза
- земля/проводящие части комплектного устройства
- напряжение испытания 1 кВ: между фазами

Быстрые переходные процессы согласно ГОСТ Р 51317.4.4-99 (IEC 61000-4-4-95):

- напряжение испытания 2 кВ

Электромагнитное излучение согласно ГОСТ Р 51317.4.3-99 (IEC 61000-4-3-95):

- напряжение испытания 10 В/м

Электростатические разряды согласно ГОСТ Р 51317.4.2-99 (IEC 61000-4-2-95)

- напряжение испытания 8 кВ в воздухе

- Испытание на электромагнитное излучение

Пределы излучения согласно CISPR II:

- класс В для бытового окружения
- класс А для промышленного окружения



**Соответствие НКУ требованиям ЭМС не означает, что некоторые внешние помехи, особенно распространяющиеся по цепям питания, не могут оказать неприемлемое воздействие на его функционирование. Такими помехами могут оказаться: нестабильность напряжения, кратковременное исчезновение напряжения, наличие дополнительных гармоник, небаланс напряжений и т.д.**

**Кроме того, необходимо учитывать условия подсоединения НКУ к электроустановке. С этой точки зрения может оказаться важным выбор режима нейтрали.**

## МАРКИРОВКА, ПАСПОРТИЗАЦИЯ

### ПАСПОРТНЫЕ ТАБЛИЧКИ И ЗНАКИ

Каждое комплектное устройство должно иметь одну или несколько табличек со стойкой и хорошо различимой маркировкой:

- табличка с наименованием изготовителя
- табличка (в соответствии с договором), подтверждающая соответствие комплектного устройства требованиям EN 60439-1/3 с указанием номера декларации соответствия
- если необходимо, табличка со знаком «СЕ».

#### Пример таблички соответствия

Комплектное устройство  
соответствует требованиям  
стандарта ГОСТ Р 51321.3,  
ГОСТ Р 51321.1

Декларация №

.....

Минимальные  
рекомендуемые размеры 50 x 30 мм



### Знак СЕ

В соответствии с директивами Совета Европы маркировка знаком СЕ является обязательной. Маркировка СЕ не является знаком качества и не характеризует изделие ни с точки зрения функциональности, ни с точки зрения надежности. Знак СЕ указывает на то, что изготовитель (или его представитель), удостоверяют соответствие изделия основным требованиям директив Совета Европы, касающихся данного изделия. Фактически речь идет о своеобразном «паспорте» для свободной циркуляции изделий в пределах Европейского Союза.

Комплектные устройства управления и распределения характеризуются некоторыми особенностями применения этих правил:

- с одной стороны, комплектные устройства имеют совершенно различную архитектуру и укомплектованы самой разнообразной аппаратурой.
- с другой стороны, они, довольно часто, предназначены для применения в составе одной конкретной электроустановки и поэтому не являются отдельным товаром.

Традиции и здравый смысл говорят о том, что комплектные устройства, предназначенные для применения в составе конкретной электроустановки, не находятся в свободном обращении и не должны маркироваться знаком СЕ. Напротив, передвижные комплектные устройства заводского изготовления должны иметь знак СЕ.

# Контроль и испытания НКУ (продолжение)

## МАРКИРОВКА, ПАСПОРТИЗАЦИЯ (продолжение)



### Маркировка комплектных устройств

Внимание, оснащение изделия знаком CE осуществляется под ответственность изготовителя (сборщика) или ответственного за поставку изделия на рынок. В случае проверки или оспаривания правомочности оснащения изделия таким знаком он должен представить доказательства соответствия изделия основным требованиям безопасности в соответствии с заранее составленным перечнем.

Стандарты ГОСТ Р 51321.3, ГОСТ Р 51321.1 (IEC/EN 60439-1/3) включают в себя перечень нормативных документов, которым должны удовлетворять комплектные устройства. Знак CE означает соответствие изделия всем применяемым директивам на момент его поставки.



CE

Минимальная высота букв: 5 мм.  
Размеры должны быть пропорциональными размерам комплектного устройства.





## Для заметок

A large area of the page is filled with horizontal dotted lines, providing space for handwritten notes.











## РОССИЯ

### Волгоград

400131 Волгоград,  
ул. Коммунистическая, д. 19Д, офис 528  
Тел.: (8442) 33 11 76  
e-mail: bureau.volgograd@legrand.ru

### Воронеж

394036 Воронеж,  
ул. Красноармейская, д. 52Б  
Тел./факс: (4732) 51 95 70  
e-mail: bureau.voronej@legrand.ru

### Екатеринбург

620027 Екатеринбург,  
ул. Шевченко, д. 9, офис 226  
Тел./факс: (343) 353 59 08  
Тел./факс: (343) 353 60 85  
e-mail: bureau.ekat@legrand.ru

### Казань

420124 Казань,  
ул. Сулеймановой, д. 7, офис 1  
Тел./факс: (843) 227 03 30  
Тел./факс: (843) 227 01 57  
e-mail: bureau.kazan@legrand.ru

### Нижний Новгород

603000 Нижний Новгород,  
ул. М. Горького, д. 117,  
Бизнес-Центр, офис «Legrand»  
Тел./факс: (8312) 78 57 06  
Тел./факс: (8312) 78 57 08  
e-mail: bureau.nnov@legrand.ru

### Новосибирск

630049 Новосибирск,  
Красный пр-т, д. 220, корп. 1, офис 204  
Тел./факс: (383) 210 62 80  
Тел./факс: (383) 290 39 67  
e-mail: bureau.novosib@legrand.ru

## Омск

644043 Омск,  
ул. Кемеровская, д. 9, офис 106  
Тел./факс: (3812) 24 77 53  
e-mail: bureau.omsk@legrand.ru

### Ростов-на-Дону

344010 Ростов-на-Дону,  
ул. Соколова, д. 80, офис 505  
Тел./факс: (863) 291 03 48  
e-mail: bureau.rostov@legrand.ru

### Самара

443010 Самара,  
ул. Самарская, д. 146, офис 311  
Тел./факс: (846) 332 16 40  
e-mail: bureau.samara@legrand.ru

### Санкт-Петербург

197110 Санкт-Петербург,  
ул. Барочная, д. 10, корп. 1,  
офис «Legrand»  
Тел./факс: (812) 336 86 76  
e-mail: bureau.stpet@legrand.ru

### Ставрополь

355000 Ставрополь,  
ул. Шпаковская, д. 107В, офис 207  
Тел.: (8652) 777 991  
e-mail: bureau.stavropol@legrand.ru

### Уфа

450000 Уфа, ул. Кирова, д. 1, офис 205  
Тел./факс: (3472) 72 56 89  
e-mail: bureau.ufa@legrand.ru

### Хабаровск

880030 Хабаровск,  
ул. Павловича, д. 13А, офис «Legrand»  
Тел.: (4212) 41 13 40  
e-mail: bureau.khab@legrand.ru

## УКРАИНА

### Киев

01054 Киев,  
ул. Тургеневская, д. 15, офис 52  
Тел./факс: (38) 044 494 00 10  
Тел./факс: (38) 044 490 67 56  
e-mail: office.kiev@legrand.ua

## КАЗАХСТАН

### Алматы

Алматы, мкрн. Мамыр - 4, д. 100а  
Тел.: (327) 270 36 99  
e-mail:  
bureau.almaty@legrandelectric.com

### Астана

010000 Астана,  
ул. Ташенова, д. 8, офис 300  
Тел./факс (3172) 37 92 46  
e-mail:  
bureau.astana@legrandelectric.com

## БЕЛАРУСЬ

### Минск

220036 Минск,  
Домашевский переулок, д. 9,  
подъезд 2, офис 4  
Тел.: (375) 17 205 04 78  
Факс: (375) 17 205 04 79  
e-mail:  
bureau.minsk@legrandelectric.com



## МОСКВА

107023 Москва,  
ул. Малая Семеновская, д. 9, стр. 12  
Тел.: +7 495 975 86 50/60  
Факс: +7 495 975 86 51/61  
e-mail: bureau.moscou@legrand.ru  
[www.legrand.ru](http://www.legrand.ru)

## КОНЦЕПТУАЛЬНОЕ ПРОСТРАНСТВО ЛЕГРАН:

129090 Москва,  
проспект Мира, д. 26, стр. 4  
Тел.: +7 495 771 69 30/32