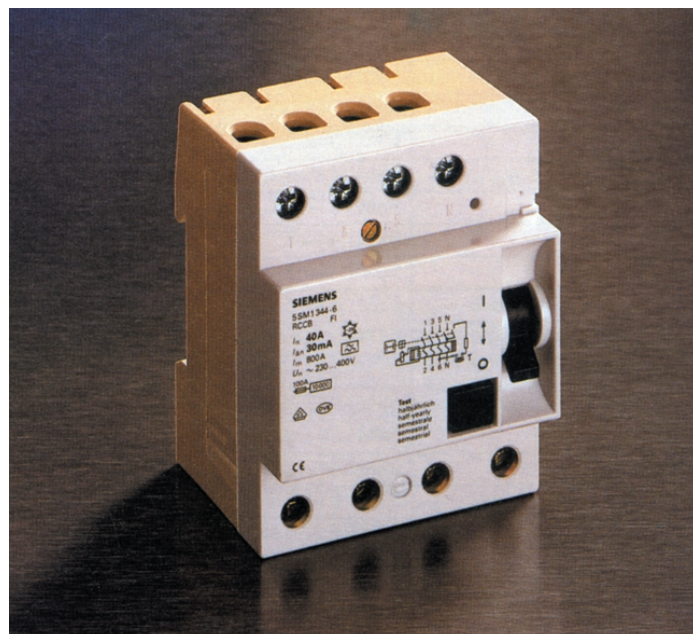


# SIEMENS

Повышение безопасности  
с помощью устройств  
защитного отключения



Вопросам обеспечения безопасности при обращении с электрическими устройствами должно уделяться первостепенное внимание. Каждый специалист в области электротехники должен проявлять особую ответственность в этом отношении и использовать самые эффективные меры безопасности, имеющиеся в его распоряжении.

В области защитных мероприятий это требование означает, что в установках, потребляющих электроэнергию, из всех защитных систем безусловный приоритет перед альтернативными защитными устройствами должен быть отдан устройствам защитного отключения.

Помимо защиты при косвенном касании и от пожаров, вызываемых токами замыкания на землю, устройства защитного отключения с расчетными токами утечки  $I_{\Delta n} \leq 30$  мА гарантируют и достаточную защиту при прямом касании. Может быть исключено даже возникновение пожаров вследствие неполных коротких замыканий. Нижеприведенный анализ устройств для защиты при косвенном и прямом касании призван более подробно показать преимущества устройств защитного отключения.

Предписания разработанного Обществом немецких электротехников стандарта (DIN VDE) во многих случаях требуют применения устройств защитного отключения. Даже когда местные технические условия подключения (TAB) энергоснабжающего предприятия допускают применение других защитных устройств, каждый электромонтажник должен в полной мере использовать возможности устройств защитного отключения.

*Акционерное общество Siemens  
Департамент техники автоматизации и привода*

<b>1.</b>	<b>Монтаж силовых электроустановок с расчетными напряжениями до 1000 В DIN VDE 0100</b>	
1.1	Понятия и термины	5
1.2	Системы сетей и защитные устройства	7
1.2.1	TN-система	8
1.2.2	TT-система	11
1.2.3	IT-система	12
1.3	Выводы	13
<b>2.</b>	<b>Устройства защитного отключения</b>	
2.1	Конструкция и принцип действия устройств защитного отключения фирмы Siemens	14
2.2	Расчетные токи утечки (ранее называвшиеся номинальными токами утечки) и защитное действие устройств защитного отключения фирмы Siemens	18
2.3	Пожарозащита	21
2.4	Синусоидальные переменные токи утечки и пульсирующие постоянные токи утечки	22
2.5	Постоянные токи утечки с небольшой остаточной пульсацией или постоянные токи утечки без пульсации	23
2.5.1	Проектирование и сооружение электроустановок с устройствами защитного отключения, реагирующими на пульсирующие токи утечки, и универсальными устройствами защитного отключения	28
2.6	Расчетная коммутационная способность и стойкость к коротким замыканиям устройств защитного отключения фирмы Siemens	30
2.7	Устойчивость к свариванию контактов устройств защитного отключения фирмы Siemens	31
2.8	Практическое применение устройств защитного отключения фирмы Siemens	32
2.9	Обзор программы устройств защитного отключения, выпускаемых фирмой Siemens	34
2.9.1	Устройство защитного отключения/линейный защитный автомат (FI/LS)	35
<b>3.</b>	<b>Указания по технике монтажа</b>	
3.1	Встраивание устройств защитного отключения в имеющиеся установки	36
3.2	Устройства защитного отключения для селективного отключения	36
3.3	Устройства защитного отключения, срабатывающие с малой задержкой	38
3.4	Повышение эксплуатационной надежности за счет распределения устройств защитного отключения по нескольким цепям	38
3.5	Выбор расчетного тока с учетом коэффициента нагрузки	39
3.6	Обнаружение повреждений	41
3.6.1	Прибор для измерения тока утечки	42
3.7	Стандарт DIN VDE 0100 и устройства защитного отключения	43
<b>4.</b>	<b>Перспективы</b>	45
	Нормативные документы Общества немецких электротехников (VDE)	46

# 1. Монтаж силовых электроустановок с расчетными напряжениями до 1000 В

DIN VDE 0100

Требования стандарта DIN VDE 0100 распределены по группам следующим образом:

Группа 100	Область применения Общие требования
Группа 200	Термины
Группа 300	Общие сведения
Группа 400	Меры защиты
Группа 500	Выбор и монтаж электрооборудования
Группа 600	Испытания
Группа 700	Требования к производственным сооружениям, помещениям и установкам специального типа

Таблица 1. Перечень действующих стандартов на “монтаж силовых электроустановок с номинальным напряжением до 1000 В”

## 1.1 Понятия и термины

Ряд понятий получил терминологическое определение.

Ниже приводятся важнейшие термины, связанные с мерами защиты (выдержка из стандарта DIN VDE 0100, часть 200):

*Внешние провода (условное обозначение L1, L2, L3)*

Провода, соединяющие источники тока с потребителями, однако не отходящие от нейтрали или нулевой точки.

*Нейтральный провод (условное обозначение N)*

Провод, соединенный с нейтралью или нулевой точкой сети и используемый для передачи электроэнергии.

Примечание: Раньше использовался термин “Средний провод” (Mр).

## Термины

### *Защитный провод (условное обозначение PE)*

Провод, необходимый при некоторых способах защиты от опасных токов, текущих через тело человека, и предназначенный для электрического соединения с одной из следующих частей:

- корпусом электроустановки
- посторонними электропроводящими деталями
- зажимом главного заземления
- заземлителем
- заземленной точкой источника тока или искусственной нейтралью.

Примечание: Раньше использовалось сокращенное обозначение "SL".

### *PEN-провод*

Заземленный провод, который одновременно выполняет функции защитного и нейтрального проводов.

Примечание: Раньше использовался термин "нулевой провод" (SL/Мр).

### *Активная часть*

Любой провод или токопроводящая деталь, которые при нормальных условиях должны находиться под напряжением, включая нейтральный провод, однако, согласно договоренности, не PEN-провод.

Примечание: Этот термин не обязательно свидетельствует о наличии опасности поражения электрическим током.

### *Корпус (электрооборудования)*

Открытая для прикосновения проводящая часть электрооборудования, которая обычно не находится под напряжением, однако может оказаться под напряжением в аварийной ситуации.

Примечание: Проводящая часть электрооборудования, которая в аварийной ситуации может оказаться под напряжением только в результате контакта с другим корпусом, не должна рассматриваться в качестве корпуса.

Примечание: Такими деталями могут быть:

- металлические конструкции зданий,
- газовые, водопроводные и отопительные трубы и т.д., изготовленные из металла, и соединенные с ними устройства, не относящиеся к электрооборудованию (отопительные радиаторы, газовые или угольные плиты, металлические кухонные раковины и т.д.),
- не изолирующие полы и стены.

*Прямое касание*

Касание активных частей людьми или полезными животными (домашними животными).

*Косвенное касание*

Касание людьми или полезными животными (домашними животными) корпусов электрооборудования, находящихся под напряжением вследствие неисправности.

*Рабочий ток (в установке)*

Ток, текущий в исправной электрической цепи на землю или постороннюю проводящую деталь.

Примечание: Этот ток может иметь емкостную составляющую, в частности, обусловленную использованием конденсаторов.

*Земля*

Проводящий грунт, электрический потенциал которого в любой точке условлено считать равным нулю.

*Заземлитель*

Проводящая деталь или несколько проводящих деталей, которые находятся в хорошем контакте с землей и образуют с ней электрическое соединение.

*Рабочее заземление*

Заземление точки рабочей электрической цепи, необходимое для правильной эксплуатации приборов или установок. Оно называется:

- непосредственным, если, помимо сопротивления заземления, другие сопротивления отсутствуют,
- косвенным, если оно происходит через дополнительные активные, индуктивные или емкостные сопротивления.

## **1.2 Системы сетей и защитные устройства**

В стандарте DIN VDE 0100, часть 300 дано определение систем сетей, а в стандарте DIN VDE 0100, часть 410 для них указаны допустимые защитные устройства.

Системы сетей обозначаются соответствующими сокращениями, причем отдельные буквы имеют следующее значение:

1-я буква: Условия заземления источника тока	
T	Непосредственное заземление одной точки
I	Либо изолирование всех активных частей от земли, либо соединение одной точки с землей через сопротивление.
2-я буква: Условия заземления корпусов электроустановки	
T	Корпуса заземлены непосредственно, независимо от возможно имеющегося заземления одной точки источника тока.
N	Корпуса непосредственно соединены с рабочим заземлителем (в сетях переменного тока заземленной точкой обычно является нейтраль).
Другие буквы: Исполнение нейтрального провода и защитного провода в TN-системе	
S	Функции нейтрального провода и защитного провода выполняют различные провода.
C	Функции нейтрального и защитного проводов объединены в одном проводе (PEN-провод)

### 1.2.1 TN-система

Одна точка TN-системы непосредственно заземлена. Корпуса электроустановки соединены с этой точкой защитным проводом или PEN-проводом.

Допустимые защитные устройства:

- устройства защиты от токов перегрузки
- устройства защитного отключения, срабатывающие при появлении тока утечки.

Должно выполняться следующее условие:

$$Z_s \times I_a \leq U_0$$




$Z_s$	полное сопротивление петли повреждения
$I_a$	ток, вызывающий автоматическое отключение. При использовании устройства защитного отключения $I_a$ соответствует номинальному току утечки $I_{\Delta n}$ (ранее называвшемуся номинальным током утечки).
$U_0$	расчетное напряжение относительно заземленного провода

#### Отключение

- в течение 0,2 с в электрических цепях с расчетным током (ранее называвшимся номинальным током) до 35 А, оснащенных штепсельными розетками
- в течение 0,2 с в электрических цепях, содержащих переносные аппараты класса электробезопасности I, которые в процессе работы удерживаются или охватываются рукой
- в течение 5 с во всех других электрических цепях.

При использовании устройств защиты от токов перегрузки необходимо проверить требуемое время отключения с учетом отключающего тока, например, с помощью характеристик отключения. Для этого необходимо определить отключающий ток путем расчета или измерения. На практике это не всегда удастся сделать простым способом. Однако поскольку устройство защитного отключения при появлении тока утечки должно срабатывать в течение 0,2 с, при его использовании выполнение вышеприведенного условия в TN-системе не вызывает никаких проблем.

На нижеприведенных рисунках провода в соответствии со своим назначением согласно стандарту DIN 40900, часть 11 обозначены следующим образом:

-  изображение защитного провода
-  изображение PEN-провода
-  изображение нейтрального провода



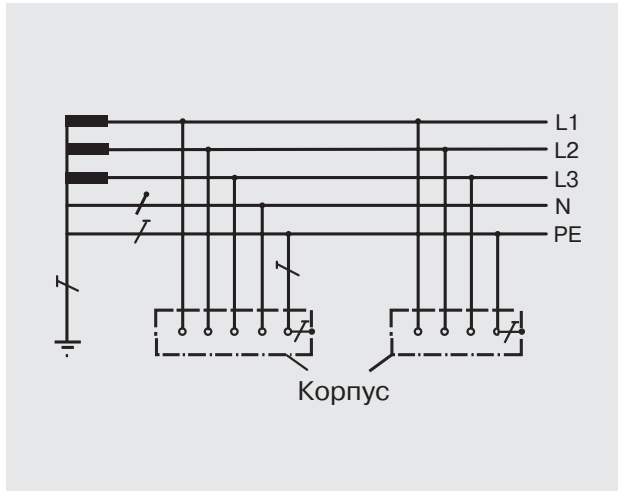


Рис. 1.  
TN-S-система  
Отдельные нейтральный и защитный провода во всей сети

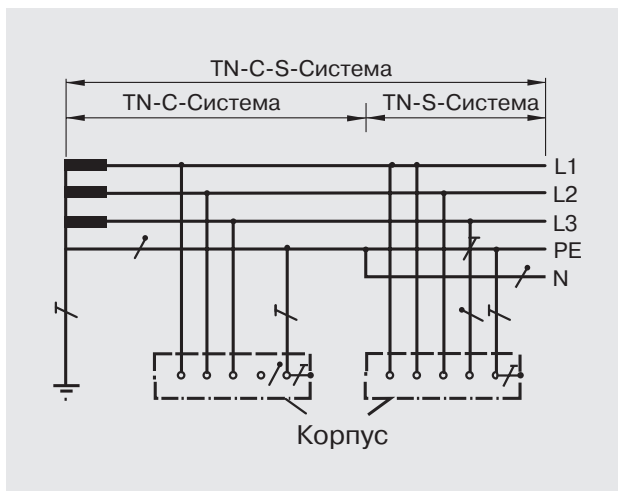


Рис. 2.  
TN-C-S-система  
Функции нейтрального и защитного проводов в части сети выполняются одним единственным проводом - PEN-проводом

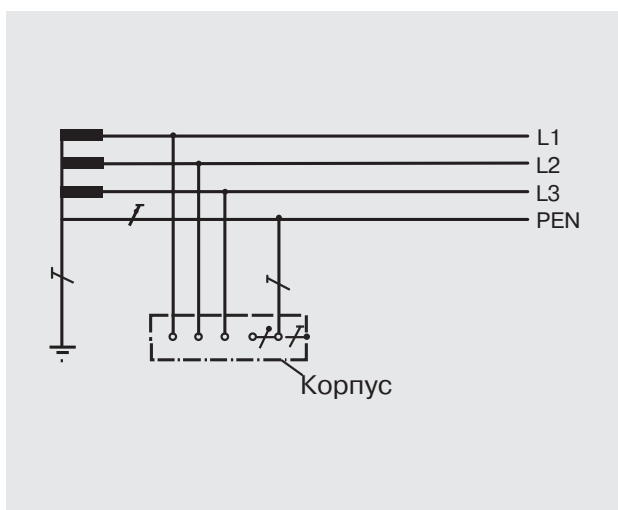


Рис. 3.  
TN-C-система  
Функции нейтрального и защитного проводов во всей сети выполняются одним единственным проводом — PEN-проводом

### 1.2.2 ТТ-система

Одна точка ТТ-системы непосредственно заземлена (рабочий заземлитель); корпуса электроустановки соединены с заземлителями, разделенными с рабочим заземлителем.

Допустимые защитные устройства:

- устройства защиты от токов перегрузки
- устройства защитного отключения, срабатывающие при появлении тока утечки
- устройства защитного отключения, срабатывающие от опасного напряжения (но только в особых случаях - см. DIN VDE 0100, часть 410, пункт 7).

*Должно выполняться следующее условие:*

$$R_A \times I_a \leq U_L$$

$R_A$  сопротивление заземления корпусов.

Сопротивление заземления  $R_A$  в случае использования устройства защитного отключения, срабатывающего при появлении тока утечки, см. в табл. 2.

$I_a$  ток, вызывающий автоматическое отключение защитного устройства. При использовании устройств защитного отключения, срабатывающих при появлении тока утечки,  $I_a$  соответствует расчетному току утечки  $I_{\Delta n}$ .

$U_L$  граница допустимого длительно действующего напряжения прикосновения; для переменного напряжения она соответствует 50 В. В особых случаях применения при необходимости требуются более низкие значения.

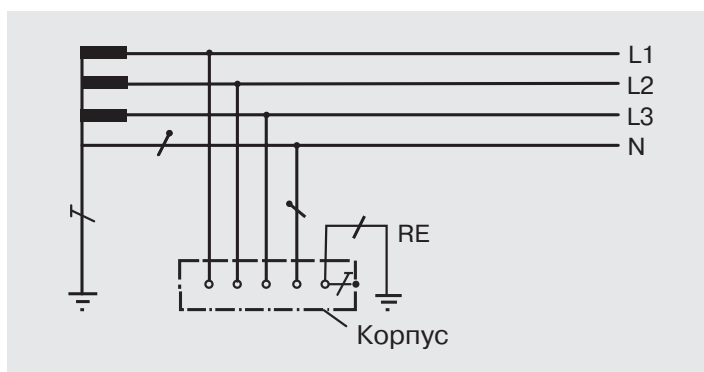


Рис. 4.  
ТТ-система

Расчетный ток утечки $I_{\Delta n}$	Макс. сопротивление заземления $R_A$ при макс. допустимом напряжении прикосновения	
	50 В	25 В
10 мА	5000	2500
30 мА	1660	830
0,3 А	170	85
0,5 А	100	50
1 А	50	25

Таблица 2.  
Максимальные сопротивления заземления  $R_A$  при использовании устройств защитного отключения, срабатывающих при появлении тока утечки

### 1.2.3 IT-система

IT-система не имеет непосредственного соединения между активными проводниками и заземленными частями; корпуса электроустановки заземлены.

Допустимые защитные устройства:

- устройства защиты от токов перегрузки
- устройства контроля изоляции
- устройства защитного отключения, срабатывающие при появлении тока утечки
- устройства защитного отключения, срабатывающие от опасного напряжения (но только в особых случаях - см. DIN VDE 0100, часть 410, пункт 7).

Должно выполняться следующее условие:

$$R_A \times I_d \leq U_L$$

$R_A$  сопротивление заземления всех соединенных с заземлителем корпусов.

$I_d$  ток утечки в случае первого заметного уменьшения полного сопротивления между внешним проводом и защитным проводом или соединенным с ним корпусом. Величина  $I_d$  учитывает токи утечки и полное сопротивление электроустановки относительно земли.

$U_L$  граница длительно действующего допустимого напряжения прикосновения; для переменного напряжения она равна 50 В. В особых случаях применения при необходимости требуются более низкие значения.

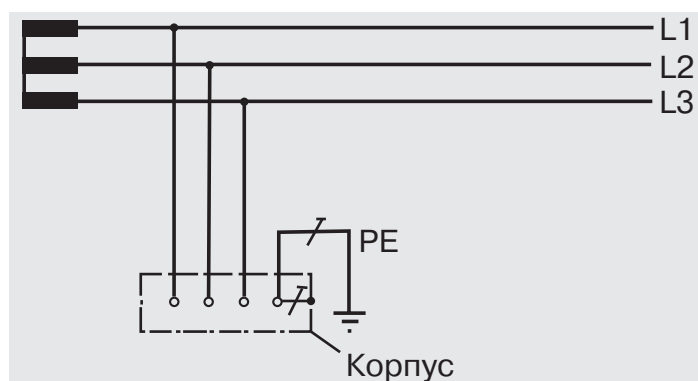


Рис. 5.  
IT-система

Таким образом, устройства защитного отключения, срабатывающие при появлении тока утечки, могут использоваться и в ИТ-системах, однако при условии, что емкость системы относительно земли достаточна для того, чтобы в случае повреждения величина появляющегося тока утечки была по крайней мере равна величине расчетного тока утечки.

При этом ИТ-система может дополнительно оснащаться устройством контроля изоляции. Оба защитных устройства не влияют друг на друга.

### 1.3 Выводы

Устройства защитного отключения, срабатывающие при появлении тока утечки, могут использоваться в сетях переменного или трехфазного тока всех 3 систем. При этом устройства защитного отключения по своему защитному эффекту превосходят упомянутые альтернативные защитные устройства, поскольку они не только гарантируют защиту при косвенном касании, но и обеспечивают существенную защиту при прямом касании в случае использования устройств защитного отключения с  $I_{\Delta n} \leq 30$  мА.

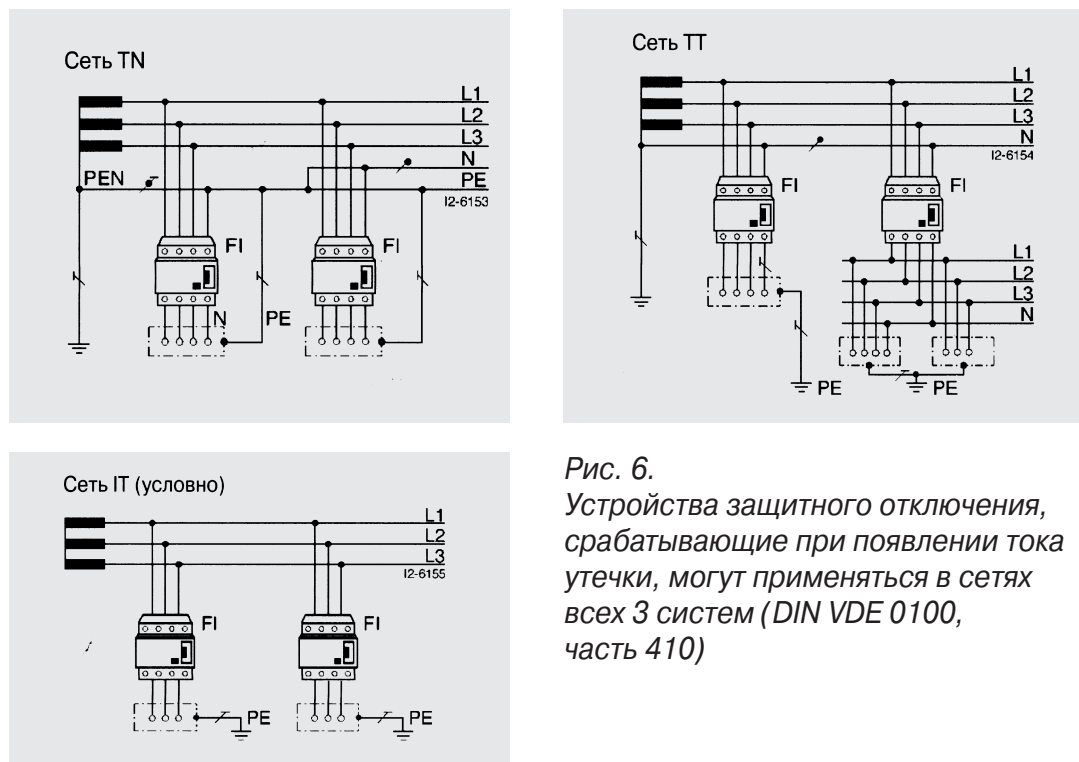


Рис. 6.  
Устройства защитного отключения, срабатывающие при появлении тока утечки, могут применяться в сетях всех 3 систем (DIN VDE 0100, часть 410)

Кроме того ни одно другое защитное устройство не обеспечивает такой эффективной пожарозащиты, как устройства защитного отключения с  $I_{\Delta n} \leq 0,3$  А, что обусловлено их возможностью обнаруживать короткие замыкания на землю.

## **2. Устройства защитного отключения**

### **2.1 Конструкция и принцип действия устройств защитного отключения фирмы Siemens**

Конструкцию устройства защитного отключения, срабатывающего при появлении тока утечки (далее кратко называемого просто устройством защитного отключения (УЗО)), можно разделить на 3 функциональных узла:

1. суммирующий трансформатор тока для обнаружения тока утечки
2. расцепитель для преобразования электрической измеренной величины в механическое освобождение защелки
3. защелка в контактах.

Суммирующий трансформатор тока охватывает все провода, используемые для передачи тока, то есть при необходимости и нейтральный провод.

При исправной установке намагничивающее действие проводов, служащих для пропускания тока, в суммирующем трансформаторе взаимно компенсируется, поскольку согласно закону Кирхгофа сумма всех токов равна нулю. Остаточное магнитное поле, которое могло бы навести напряжение во вторичной обмотке, не возникает.

Если же в результате повреждения электрической изоляции в электрической цепи после устройства защитного отключения возникает ток утечки, то равновесие нарушается и в сердечнике суммирующего трансформатора появляется остаточное магнитное поле. В результате во вторичной обмотке наводится напряжение, которое через расцепитель и защелку обеспечивает отключение электрической цепи с поврежденной изоляцией и, следовательно, отключение слишком высокого напряжения прикосновения (рис. 7).

Это отключение согласно DIN VDE 0664 должно происходить в течение 0,2 с.

Однако эффективная защита предполагает также, что расцепление должно осуществляться независимо от напряжения сети, поскольку лишь в этом случае гарантируется сохранение полной защитной функции рассматриваемого устройства защитного отключения и в случае повреждения сети, например, при выходе из строя одного внешнего провода или при разрыве нейтрального провода. Функционирование расцепителя, работающего независимо от сетевого или вспомогательного напряжения, иллюстрируется на рис. 8.

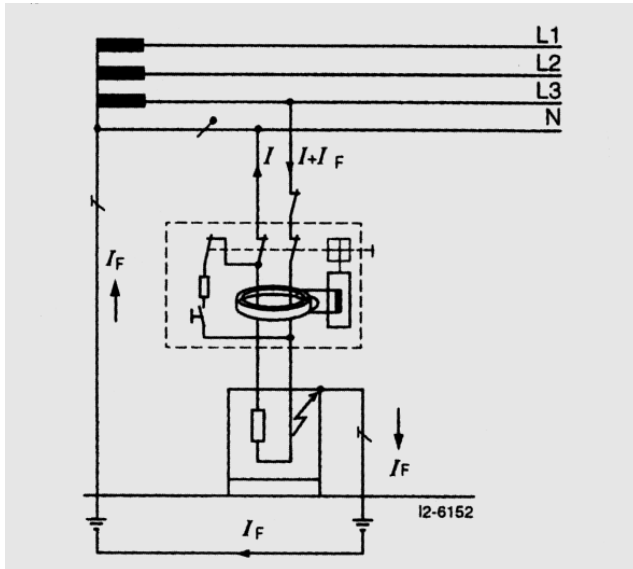


Рис. 7.  
Принцип действия устройства защитного отключения  
 $I_F$  : ток утечки

Непосредственно над постоянным магнитом расположен магнитный шунт, предназначенный в первую очередь для стабилизации напряженности магнитного поля постоянного магнита. В прямоугольной отверстии между двумя полюсными сердечниками на одном из них находится обмотка возбуждения, соединенная с вторичной обмоткой суммирующего трансформатора тока. При замыкании на землю в цепи главного тока во вторичной обмотке суммирующего трансформатора тока наводится напряжение.

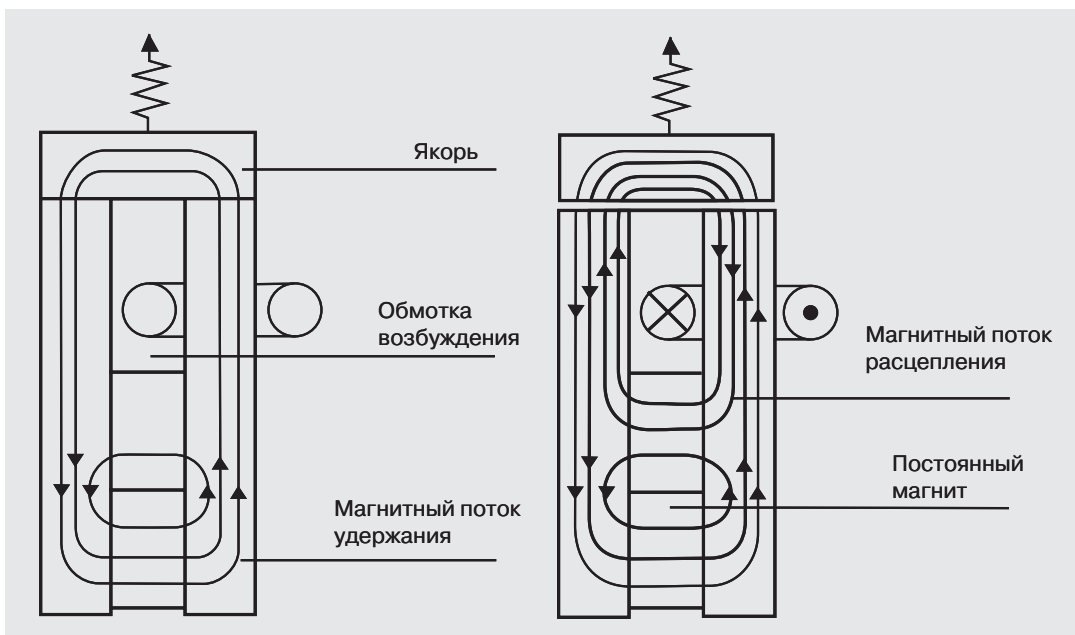


Рис. 8. Принцип действия расцепителя для устройства защитного отключения, работающего независимо от сети; а) при нормальной эксплуатации; б) при повреждении изоляции

На рис. 8а представлено состояние покоя, соответствующее исправной установке. Магнитный силовой поток постоянного магнита замыкается через два сердечника, изготовленных из магнитомягкого материала, и при этом удерживает якорь, противодействуя силе пружины.

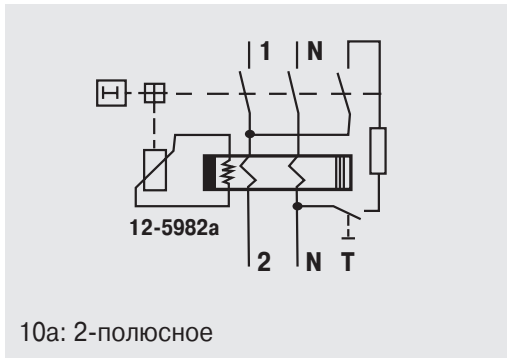
Как показано на рис 8b, через обмотку возбуждения расцепителя проходит электрический ток. В окрестности обмотки создается второй силовой поток, направленный против магнитного потока постоянного магнита и в течение одной полуволны компенсирующий действие поля постоянного магнита. Под действием силы пружины якорь отводится от поверхности полюсов. Отпущенный якорь через защелку вызывает размыкание контактов. Для освобождения защелки трансформатору не требуется энергия, поскольку эта операция осуществляется за счет силового аккумулятора в механизме защелки. Суммирующий трансформатор тока должен обеспечить лишь небольшую энергию для компенсации магнитного потока удержания в расцепителе.

Таким образом, этот принцип расцепления действует независимо от сетевого напряжения или наличия вспомогательной энергии.

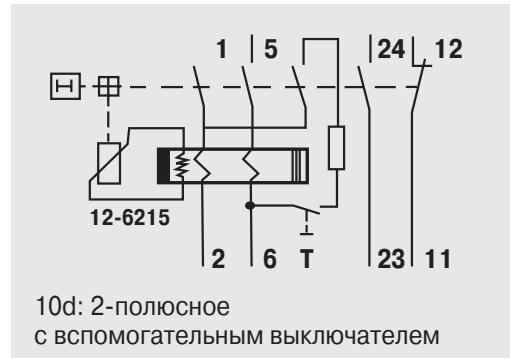
Устройства защитного отключения обеспечивают высокий уровень защиты согласно DIN VDE 0664 благодаря тому, что их срабатывание происходит независимо от напряжения сети или другого вспомогательного напряжения, причем это требование содержится и в правилах испытаний согласно DIN VDE 0664 (Требования к устройствам защитного отключения при появлении тока утечки). Эксплуатационную готовность устройства защитного отключения можно проверить с помощью контрольной кнопки, которой оснащено каждое такое устройство. При нажатии контрольной кнопки создается искусственный ток утечки — устройство защитного отключения должно сработать.

Рекомендуется проверять функционирование при вводе установки в эксплуатацию и через регулярные промежутки времени, например, ежемесячно.

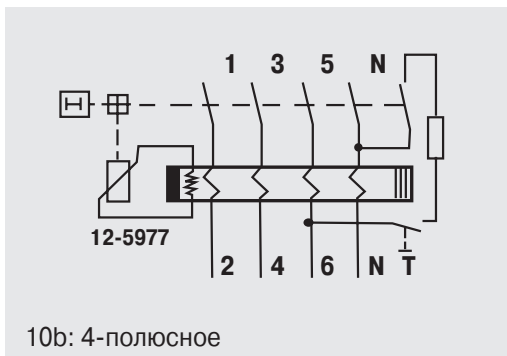
Рис. 9. Схемы внутренних электрических соединений устройств защитного отключения фирмы Siemens



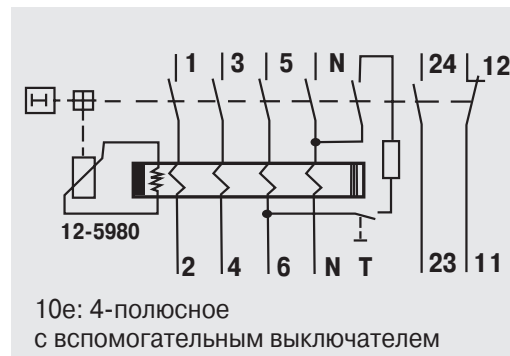
Размер крышки 36 мм x 45 мм



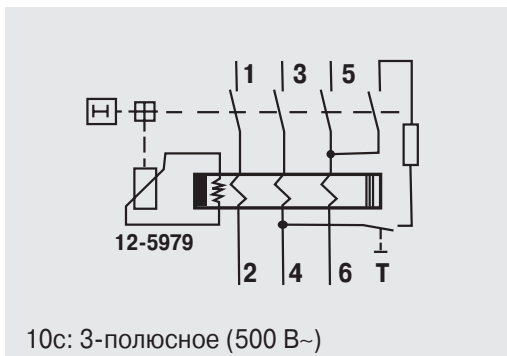
Размер крышки 81 мм x 45 мм



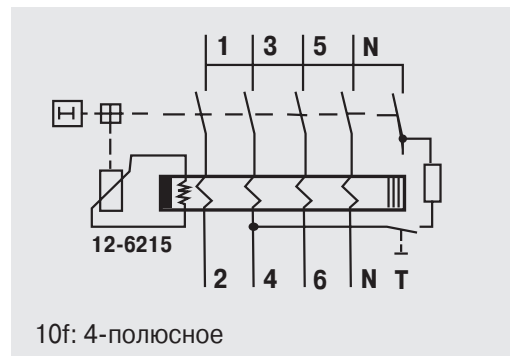
Размер крышки 72 мм x 45 мм



Размер крышки 81 мм x 45 мм



Размер крышки 72 мм x 45 мм  
T: контрольная кнопка



Размер крышки 80 мм x 80 мм или для УЗО  
в корпусе из изоляционного материала

### Подключение

Сеть или, соответственно, потребитель могут подключаться к верхним или нижним зажимам.

При 3-полюсном подключении 4-полюсного устройства защитного отключения следует подключаться к зажимам 1, 3, 5 и 2, 4, 6; в этом случае функционирование контрольной кнопки гарантируется только при установке перемычки между зажимами 3 и N (не относится к устройствам защитного отключения согласно рис. 10f).



## 2.2 Расчетные токи утечки и защитное действие устройств защитного отключения фирмы Siemens

Предлагаются устройства защитного отключения с расчетными токами утечки 1,0 А, 0,5 А, 0,3 А, 0,03 А (30 мА) и 0,01 А (10 мА).

В то время как приборы с расчетными токами утечки более 30 мА обеспечивают только защиту при косвенном касании, применение приборов с  $I_{\Delta n} \leq 30$  мА гарантирует и существенную защиту при случайном прямом касании активных частей электроустановки.

В любом случае при использовании устройства защитного отключения к защищаемым частям установки и оборудования необходимо подвести заземленный защитный провод. Таким образом, ток может течь через тело человека только при наличии двух дефектов (в дополнение к дефекту изоляции и разрыву РЕ-провода) или при случайном касании активных частей (рис. 10).

Если человек непосредственно касается активных частей, то величина протекающего тока определяется двумя сопротивлениями - внутренним сопротивлением тела человека  $R_m$  и переходным сопротивлением места нахождения  $R_{st}$  (рис. 11).

При анализе возможных несчастных случаев следует исходить из самого неблагоприятного варианта, то есть считать, что переходное сопротивление места нахождения близко к нулю.

Сопротивление человеческого тела зависит от пути тока. Например, измерения показали, что в случае пути рука/рука или рука/нога сопротивление составляет около 1000 Ом.

При напряжении повреждения 230 В для пути тока рука/рука величина тока равна 230 мА.

Предписания Общества немецких электротехников (DIN VDE) исходят из сопротивления человеческого тела 3000 Ом, что при напряжении 230 В соответствует току 77 мА.

Рис. 10. Примеры случайного прямого касания

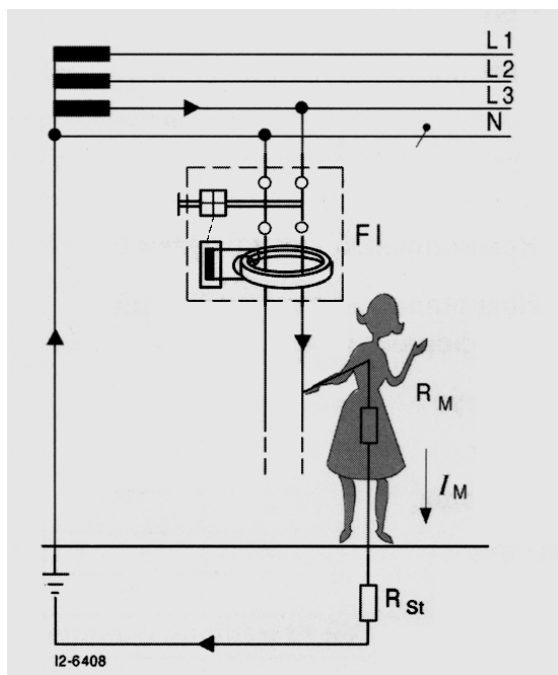
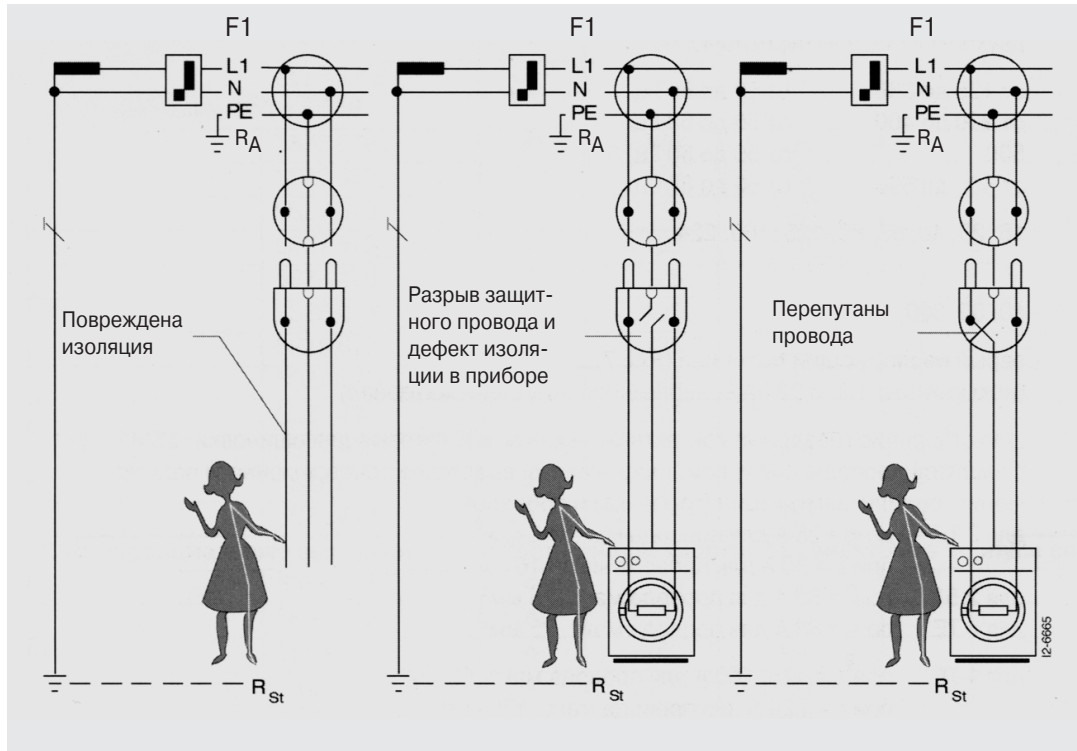
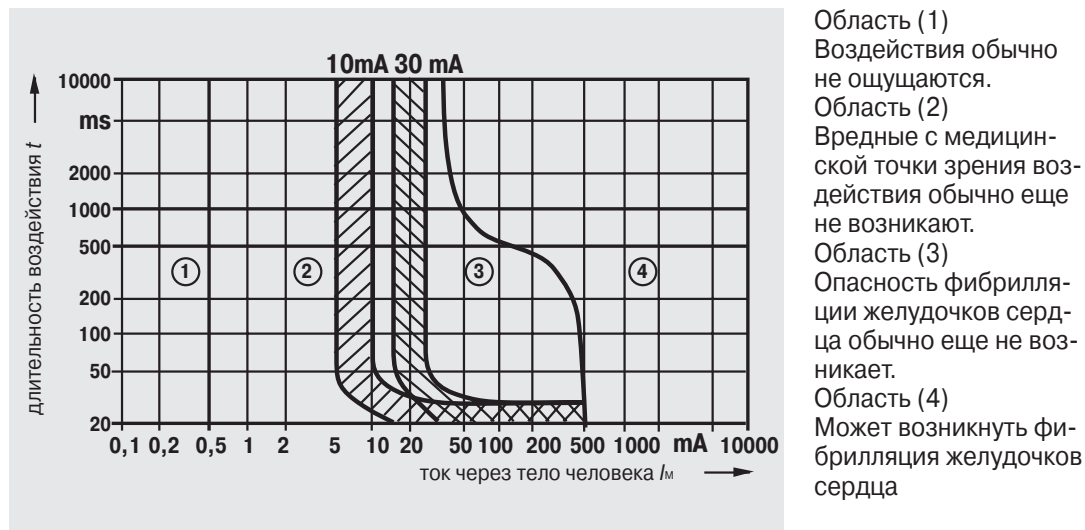


Рис. 11.  
Защита при касании активных частей

- $R_M$  внутреннее сопротивление человеческого тела
- $I_M$  ток, протекающий через тело человека
- $R_{St}$  переходное сопротивление места нахождения

Рис. 12. Области значений силы тока согласно IEC 479  
Области различного воздействия переменного тока 50/60 Гц на человека



На рис. 12 представлены области значений силы тока, соответствующие различным физиологическим реакциям человеческого тела. Опасными являются значения тока/времени в области 4, поскольку они могут вызвать фибрилляцию желудочков сердца и, как следствие, смерть человека, пораженного электрическим током. На рисунке изображены также области срабатывания устройств защитного отключения с расчетной величиной тока утечки 10 и 30 мА. При этом предполагается, что устройство уже срабатывает за время от 10 до 30 мс, а не в течение 0,2 с (200 мс), как это допускается согласно предписаниям стандарта DIN VDE 0664.

Тем самым устройства защитного отключения с расчетным током утечки 10 или, соответственно, 30 мА обеспечивают надежную защиту даже при прохождении тока через тело человека в результате случайного прямого касания активных частей электроустановки. Такое дополнительное защитное действие не достигается при использовании любых других сопоставимых мер защиты при косвенном касании.

На рис. 13 представлена зависимость граничного тока отпущения от частоты. При значениях, соответствующих кривой 1, 99,5% людей еще способны собственными силами освободиться от токоведущей части, к которой они прикоснулись.

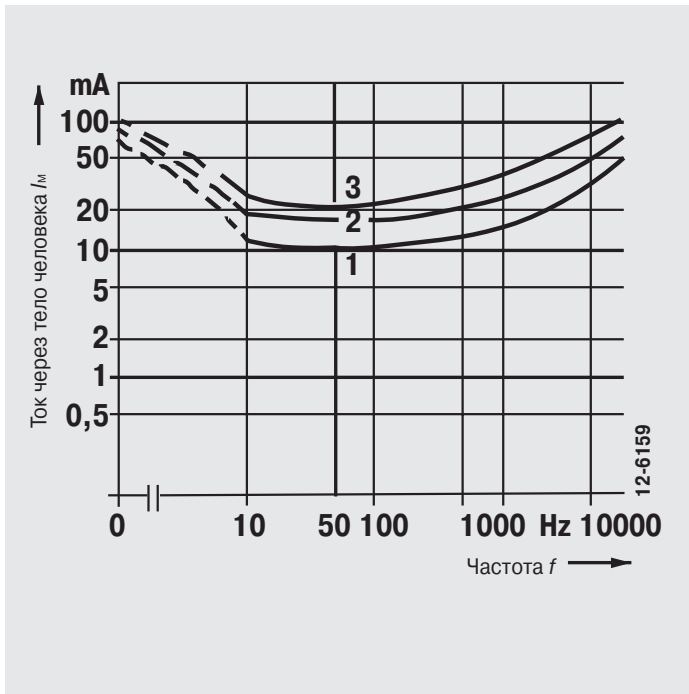


Рис. 13.  
Граничные токи отпуска  
согласно IEC 479 в  
зависимости от частоты

Могут освободиться:    кривая 3    кривая 2    кривая 1  
                                  0,5%        50%        99,5% людей

### 2.3 Пожарозащита

Согласно DIN VDE 0100, часть 720/03.83 для “пожароопасных производственных помещений” требуются мероприятия по защите от возникновения пожара вследствие повреждения изоляции. При этом различаются:

- защита от пожара вследствие короткого замыкания
- защита от пожара вследствие замыкания на землю
- соблюдение безопасных расстояний (только для прокладки кабелей или линий).

Защита от пожара вследствие короткого замыкания обеспечивается устройствами защиты от токов перегрузки, а защита от пожара вследствие замыкания на землю — устройствами защитного отключения при появлении тока утечки. При этом согласно предписаниям могут применяться только устройства защитного отключения с расчетным током утечки макс. 0,5 А. Оптимальное защитное действие достигается при использовании устройств с расчетным током утечки макс. 0,3 А.

Дополнительная пожарозащита с помощью устройств защитного отключения должна использоваться повсеместно, а не ограничиваться только пожароопасными производственными помещениями.

## 2.4 Синусоидальные переменные токи утечки и пульсирующие постоянные токи утечки

Как в бытовых приборах, так и в промышленных установках постоянно увеличивается применение электронных деталей. При этом используются такие схемы и устройства управления, как, например, однополупериодные выпрямители, устройства управления с фазовой отсечкой и т.п., у которых как рабочие токи, так и токи утечки отличаются от нормальной синусоидальной формы.

Поэтому как рабочий ток, так и ток утечки содержат более или менее значительную долю высших гармоник. Часть приборов с электронными элементами оснащена защитной изоляцией (класс электробезопасности II), то есть не имеют зажима для подключения защитного провода.

В приборах с подключением защитного провода (класс электробезопасности I) при повреждении изоляции через устройство защитного отключения могут течь токи утечки, форма которых отличается от синусоидальной.

Предписания стандарта DIN VDE, относящиеся к устройствам защитного отключения, требуют обеспечивать отключение также и при токах утечки, которые в течение одного периода сетевой частоты становятся равными нулю или приближаются к нулевому значению.

Допустимые максимальные значения токов для проверки срабатывания при пульсирующих постоянных токах утечки (таблица 3) по сравнению с синусоидальными переменными токами утечки с учетом медицинских исследований были увеличены в 1,4 раза.






Устройства защитного отключения, срабатывающие как при синусоидальных переменных токах утечки, так и при пульсирующих постоянных токах утечки, снабжаются условным обозначением .

Таблица 3. Токи срабатывания, предписанные согласно DIN VDE 0664 для устройств защитного отключения, реагирующих как на переменные, так и на пульсирующие постоянные токи утечки

Вид тока утечки	Диапазоны срабатывания
1 Переменные токи утечки 	0,5...1 x I <sub>Δn</sub>
2 Пульсирующие постоянные токи утечки (положительные и отрицательные полуволны) Однополупериодный ток 	0,35...1,4 x I <sub>Δn</sub>
Однополупериодный ток с отсечкой: угол отсечки 90° эл. 135° эл. 	0,25...1,4 x I <sub>Δn</sub> 0,11...1,4 x I <sub>Δn</sub>
3 Однополупериодный ток с наложением постоянного тока без пульсаций 6 мА 	макс. 1,4 x I <sub>Δn</sub> + 6 мА

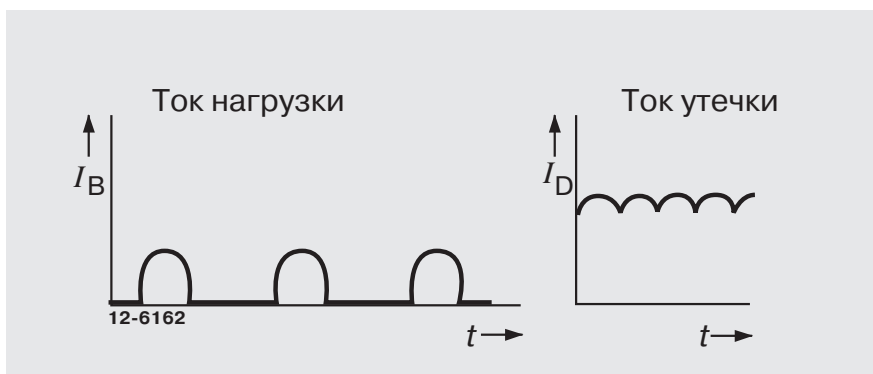
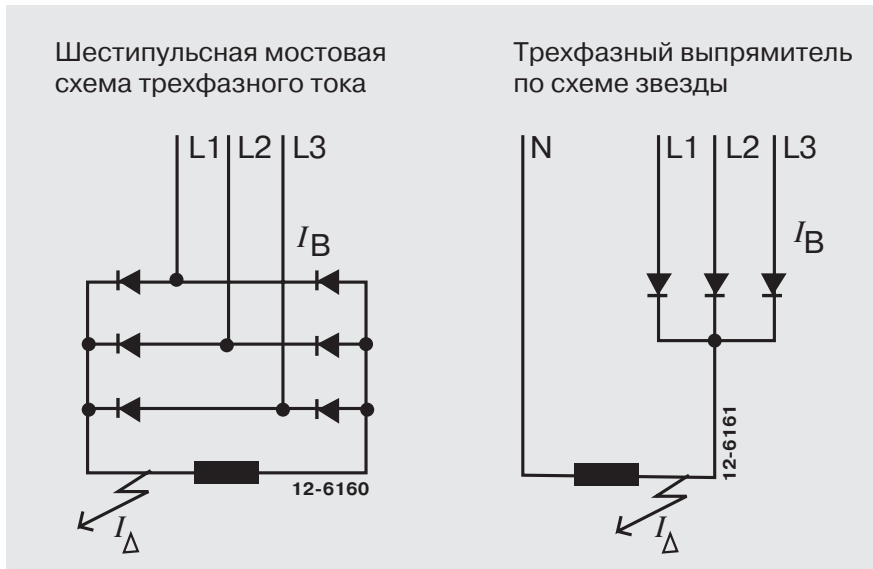
## 2.5 Постоянные токи утечки с небольшой остаточной пульсацией или постоянные токи утечки без пульсации

В промышленных электроустановках потребителей все более широкое применение находят схемы, в которых при аварийной ситуации могут появиться постоянные токи утечки с небольшой остаточной пульсацией (рис. 14). Это возможно, например, при использовании

- преобразователей частоты
- медицинских приборов, например, рентгеновских аппаратов
- агрегатов бесперебойного электроснабжения
- систем управления подъемниками
- нагревателей трубопроводов или в лабораториях.

## Защитное действие

Рис. 14. Виды схем, при неисправности которых могут возникнуть постоянные токи утечки с небольшой остаточной пульсацией  
Принципиальная схема с указанием места неисправности



Поскольку подобные токи утечки отрицательно сказываются на функции срабатывания устройств защитного отключения, реагирующих на пульсирующий ток, электроустановки потребителей, которые в аварийной ситуации создают такие постоянные токи утечки, не должны эксплуатироваться совместно с устройствами защитного отключения, реагирующими на пульсирующие токи утечки (см. также стандарт DIN VDE 0160). В этом случае необходимо выбрать другой способ защиты, например, защитное разделение, которое, однако, можно реализовать лишь с помощью тяжелых и дорогих разделяющих трансформаторов.

Технически совершенным и экономичным решением для этих случаев применения являются новые универсальные устройства защитного отключения (рис. 15).

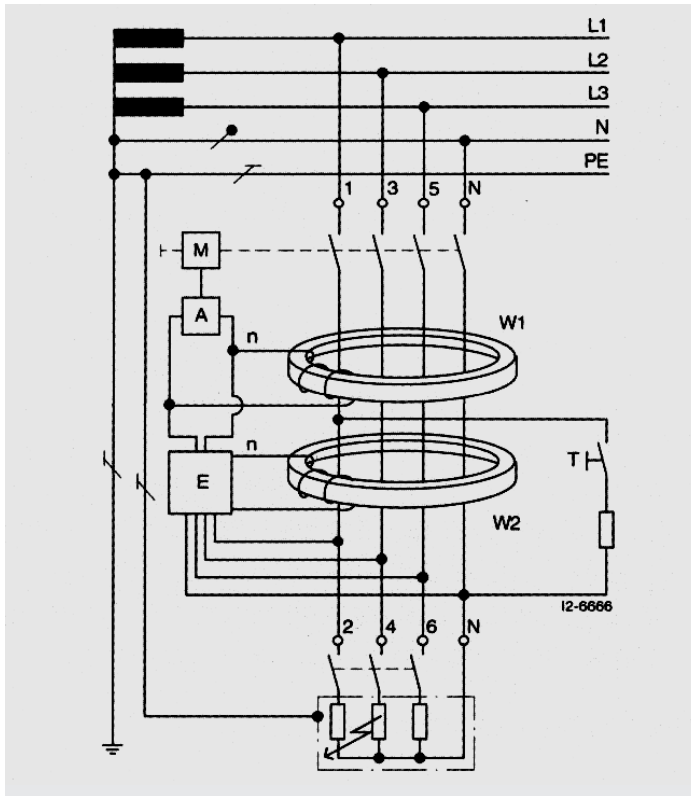


Рис. 15. Конструкция универсального устройства защитного отключения (принципиальная схема)






- A    расцепитель
- M    механическая часть устройства защитного отключения
- E    электронное устройство для расцепления при появлении постоянных токов утечки без пульсации
- T    контрольное устройство
- n    вторичная обмотка
- W1   суммирующий трансформатор тока для обнаружения синусоидальных токов утечки
- W2   суммирующий трансформатор тока для обнаружения постоянных токов утечки без пульсации





## Защитное действие

Требования к токам срабатывания устройств защитного отключения согласно стандарту DIN VDE 0664 относятся и к универсальному устройству защитного отключения. Однако для срабатывания при появлении постоянных токов утечки эти требования были расширены с учетом кривых воздействия электрического тока на человека согласно IEC 479.

В таблице 4 представлены значения для соответствующих видов токов утечки:

Вид тока утечки	Диапазоны срабатывания
1 Переменные токи утечки	 0,5...1 x $I_{\Delta n}$
2 Пульсирующие постоянные токи утечки (положительные и отрицательные полуволны) Однополупериодный ток	 0,35...1,4 x $I_{\Delta n}$
Однополупериодный ток с отсечкой:	
угол отсечки      90° эл.	0,25...1,4 x $I_{\Delta n}$
135° эл.	0,11...1,4 x $I_{\Delta n}$
3 Однополупериодный ток с наложением постоянного тока без пульсаций 6 мА	 макс. 1,4 x $I_{\Delta n}$ + 6 мА
4 Постоянный ток утечки без пульсации	 0,50...2 x $I_{\Delta n}$

Универсальные устройства защитного отключения снабжаются условным обозначением  .

На новых устройствах защитного отключения имеется знак проверки, выданный соответствующей организацией Общества немецких электротехников (VDE) и имеющий форму помещенного в рамку регистрационного номера VDE. Новые устройства защитного отключения для расчетного тока 63 А поставляются в двух исполнениях с расчетными токами утечки 30 и 300 мА. Они имеют ширину, соответствующую восьми стандартным установочным ячейкам (144 мм), и пригодны для монтажа на 35-мм шине.

### Экспертная проверка с контролем изготовления Рег. № VDE

Новое универсальное устройство защитного отключения соответствует также требованиям международного стандарта IEC 755 редакция 2 “Общие требования к устройствам защитного отключения” — Тип В —. Выдержка из стандарта IEC 755 представлена на рис. 16.



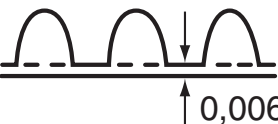
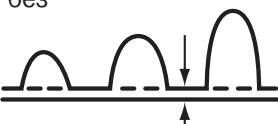
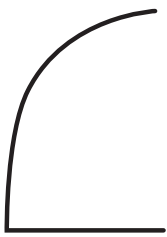
	Форма тока утечки	Правильное функционирование устройств защитного отключения Тип		
		АС	А	В
Синусоидальный постоянный ток	 внезапно появляющийся	+	+	+
	 медленно возрастающий			
Пульсирующий постоянный ток	 внезапно появляющийся ↑ 0,006 А		+	+
	 с или без медленно возрастающий			
Плавно изменяющийся постоянный ток				+

Рис. 16.  
Исполнение устройств защитного отключения согласно CEI IEC 755 (выдержка из оригинала)

Тип АС:  
реагирует на переменный ток

Тип А:  
реагирует на пульсирующий ток

Тип В:  
универсальный

### **2.5.1 Проектирование и сооружение электроустановок с устройствами защитного отключения, реагирующими на пульсирующие токи утечки, и универсальными устройствами защитного отключения**

При проектировании и сооружении установок необходимо учитывать, что потребители электроэнергии, которые в случае неисправности могут создавать постоянные токи утечки без пульсации, должны иметь собственную электрическую цепь с универсальным устройством защитного отключения (рис. 17). Не допускается ответвление от таких цепей после устройств защитного отключения, реагирующих на пульсирующие токи утечки согласно стандарту DIN VDE 0664, поскольку постоянные токи утечки без пульсации свыше 6 мА отрицательно сказываются на надежности срабатывания этих устройств защитного отключения.

Как и устройства защитного отключения согласно стандарту DIN VDE 0664, реагирующие на пульсирующие постоянные токи утечки, универсальные устройства защитного отключения пригодны для сетей переменного или трехфазного тока.

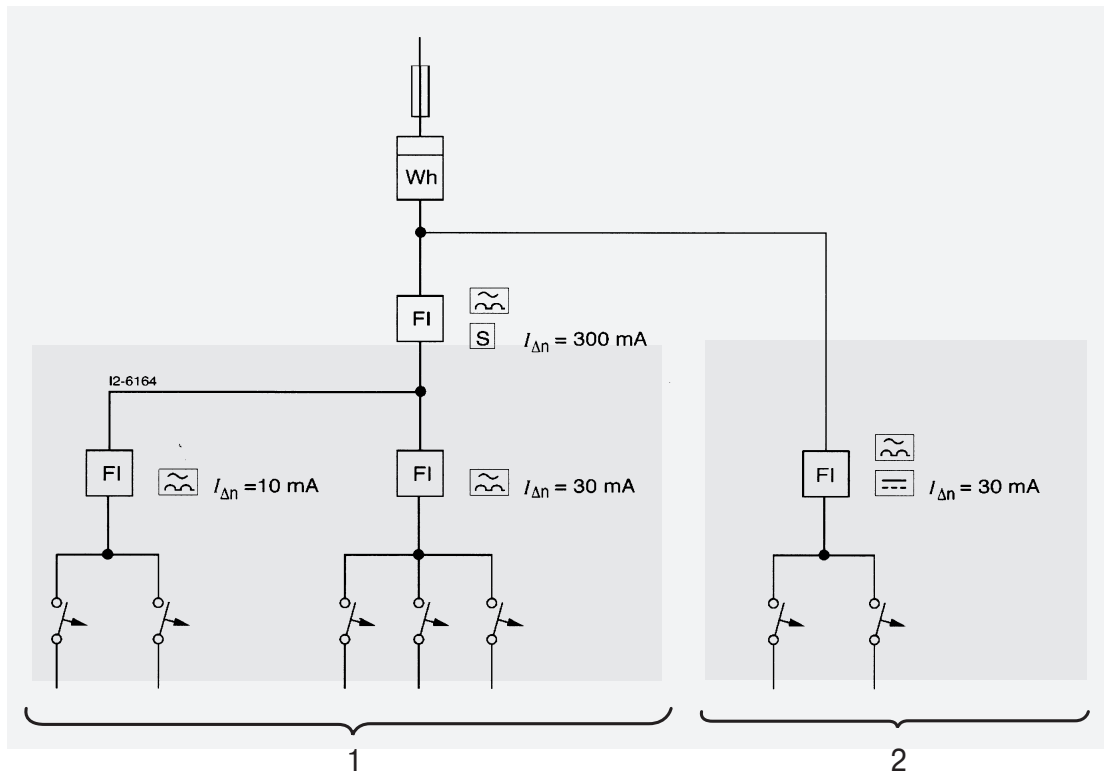


Рис. 17.

Указания по проектированию для устройств защитного отключения, реагирующих на пульсирующие постоянные токи утечки, и универсальных устройств защитного отключения

- 1 Электрические цепи с потребителями, которые при неисправностях могут создавать переменные токи утечки или пульсирующие постоянные токи утечки
- 2 Электрические цепи с потребителями, которые при неисправностях могут создавать переменные токи утечки, пульсирующие постоянные токи утечки или постоянные токи утечки без пульсации

## **2.6 Расчетная коммутационная способность и стойкость к коротким замыканиям устройств защитного отключения фирмы Siemens**

Токи утечки не всегда имеют малую величину, они могут находиться и в области значений токов короткого замыкания. Достаточно представить себе повреждение изоляции в хорошо заземленном аппарате, например, в аккумуляционном водонагревателе.

Вследствие малого сопротивления электрической цепи, по которой проходит ток утечки, сила тока легко может достигать нескольких сотен ампер. Может случиться также, что, например, в результате воздействия электрической дуги замыкание на землю одновременно приводит к короткому замыканию.

В обоих случаях ток, подобный току короткого замыкания, течет через устройство защитного отключения, контакты которого при этом как раз размыкаются. Выдержит ли устройство защитного отключения такую нагрузку, зависит от его коммутационной способности.

Поэтому устройства защитного отключения должны обладать коммутационной способностью, охватывающей область токов короткого замыкания.

Согласно требованиям к монтажу электроустановок DIN VDE 0100, часть 410 (Защита от опасных токов, протекающих через тело человека) устройства защитного отключения при появлении тока утечки можно использовать в сетях всех трех типов (TN-, TT- и IT-система). При этом в TN-системе при использовании нейтрального провода в качестве защитного провода в случае повреждения могут возникнуть токи утечки, соответствующие по величине токам короткого замыкания. Поэтому, в сочетании с входным предохранителем, устройства защитного отключения должны обладать соответствующей расчетной коммутационной способностью и стойкостью при коротком замыкании. Для этой цели были определены необходимые испытания. На приборах должна указываться расчетная стойкость при коротком замыкании комбинации используемых защитных устройств.

Устройства защитного отключения фирмы Siemens в сочетании с соответствующим входным предохранителем обладают расчетной стойкостью при коротком замыкании 10 000 А. Это максимально возможная ступень расчетной стойкости при коротком замыкании согласно требованиям стандарта DIN VDE.

Данные о расчетной коммутационной способности или, соответственно, максимальном токе входных предохранителей для устройств защитного отключения фирмы Siemens приведены в таблице 5.

Таблица 5. Технические данные

**Расчетный ток устройств защитного отключения**

	A	16	25	40	63	125	160	224
--	---	----	----	----	----	-----	-----	-----

**Расчетная коммутационная способность**

(При расчетном напряжении)	A	1500	1500	1500	1500	2000	4000	4000
----------------------------	---	------	------	------	------	------	------	------

**Входные предохранители для защиты устройств защитного отключения от короткого замыкания, например, низковольтный предохранитель большой разрывной мощности, предохранитель DIAZED® или, соответственно, NEOZED®, класс эксплуатации gL/gG для ~125...400 В**

Макс. расчетный ток	A	63	80	80	100	125	160	224
---------------------	---	----	----	----	-----	-----	-----	-----

**для ~ 500 В**

Макс. расчетный ток	A	-	50	63	-	-	-	-
---------------------	---	---	----	----	---	---	---	---

**для ~ 400...690 В**

Макс. расчетный ток	A	-	-	-	-	125	160	224
---------------------	---	---	---	---	---	-----	-----	-----

Данные о входных предохранителях для защиты от короткого замыкания относятся к короткозамкнутой цепи с  $\cos \phi > 0,85$ . Эти предохранители обычно располагаются перед устройствами защитного отключения. Однако они могут находиться и после устройств защитного отключения, если не существует возможности короткого замыкания между ними и устройствами защитного отключения. Линейные защитные автоматы согласно DIN VDE 0641 также обеспечивают защиту от короткого замыкания.

## 2.7 Устойчивость к свариванию контактов устройств защитного отключения фирмы Siemens

Если в результате прохождения слишком большого тока происходит сваривание контактов устройства защитного отключения, то сначала этого можно не заметить, поскольку, например, срабатывает входной предохранитель, а снаружи защитного устройства нельзя увидеть никаких дефектов.

Если после повреждения такое устройство защитного отключения со сваренными контактами снова вводится в эксплуатацию, то существует большая опасность, что из-за сваривания контактов оно уже не сможет выполнять свою задачу и при возникновении следующего повреждения изоляции не обеспечит эффективную защиту.

Поэтому при разработке устройств защитного отключения фирмы Siemens этой проблеме было уделено особое внимание.

Благодаря самому тщательному выбору материала контактов достигается максимально возможная устойчивость контактов к свариванию.

## 2.8 Практическое применение устройств защитного отключения фирмы Siemens

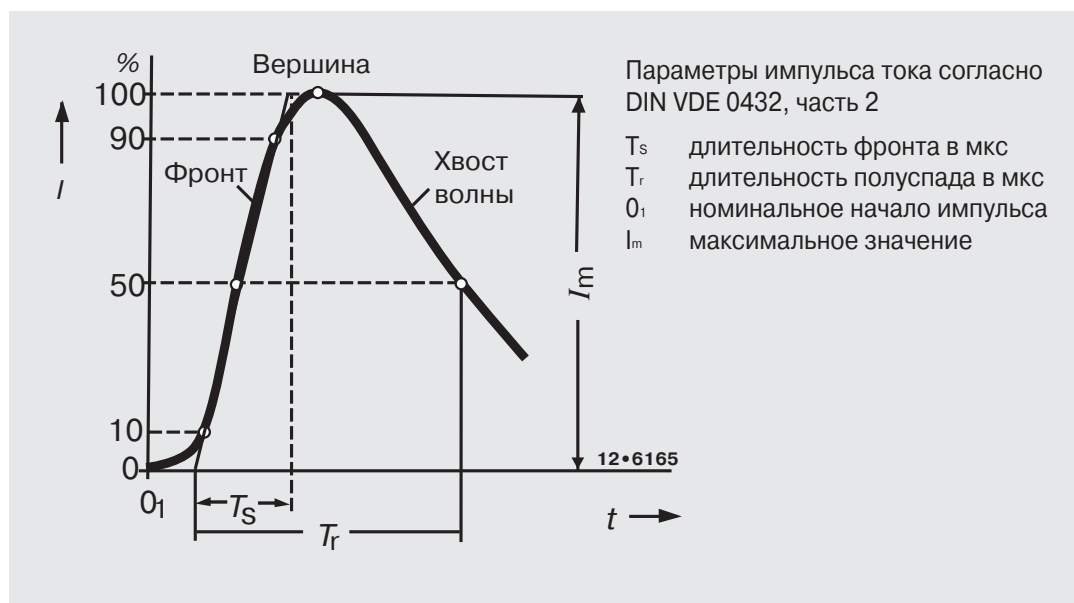
В этой связи также большое внимание было уделено обеспечению максимальной надежности и качества. Устройства безупречно выдержали испытания на протяжении 10 000 коммутационных циклов при расчетном токе. После этих испытаний устройства защитного отключения полностью сохранили свою работоспособность. Срок службы постоянно контролируется на заводе-изготовителе с помощью специальных приборов.

Наряду с этими аспектами надежности следует также кратко остановиться на монтажных свойствах устройств защитного отключения фирмы Siemens.

Устройства защитного отключения фирмы Siemens могут монтироваться в любом положении. Это значит, что безупречное функционирование гарантируется и в том случае, если их монтаж отличается от обычного монтажа на вертикальной стене.

В связи с этим не требуется учитывать какие-либо инструкции по монтажу, что имеет особые преимущества при использовании устройств защитного отключения, например, в таких временных сооружениях, как выставочные павильоны, распределительные устройства для строительных площадок и т.д.

Рис. 18. Волна импульсного тока 8/20 мкс (длительность фронта 8 мкс; длительность полуспада 20 мкс)



Устройства защитного отключения фирмы Siemens прекрасно зарекомендовали себя и в установках, работающих в переменных климатических условиях. В соответствии со стандартом DIN 50 019, часть 1 “Техноклиматы” (Климатические условия работы технических устройств) они могут использоваться в районах с умеренным, а также теплым и сухим климатом. Максимальная температура окружающей среды составляет 45 °С. При более высоких температурах необходимо уменьшить ток нагрузки по сравнению с расчетным током.

При грозах атмосферные перенапряжения в форме блуждающих волн через сеть воздушных линий могут попасть в электрооборудование установки и вызвать срабатывание устройства защитного отключения. В целях исключения этих нежелательных срабатываний устройства защитного отключения должны подвергаться определенным испытаниям для доказательства устойчивости к воздействию импульсных токов. Испытание производится с помощью стандартизированной волны импульсного тока  $\hat{I} = 250 \text{ A}$  с параметрами 8/20 мкс (рис. 18). Устройства защитного отключения фирмы Siemens с запасом удовлетворяют этим требованиям.

Устройства защитного отключения обладают высокой вибростойкостью и поэтому могут применяться также в станках или транспортных средствах.

Благодаря малым габаритам их встраивание не вызывает проблем.



## 2.9 Обзор программы устройств защитного отключения, выпускаемых фирмой Siemens




Наименование устройств защитного отключения	Число полюсов	Расчетный ток утечки (А)	Расчетный ток выключателя (мА)	Возможность установки вспомогательной цепи тока			
							
Со стандартными размерами для встраивания в распределительные щиты	2	16 25 40 63 80	10 30, 300 30, 300 30, 300 30, 300	• • • • •	• • • • •	• • • • •	
Со стандартными размерами для встраивания в распределительные щиты	4	25 40 63	30, 300, 500 30, 300, 500 30, 300, 500	• • •	• • •	• • •	
Со стандартными размерами для встраивания в распределительные щиты для ~ 500 В, 50...60 Гц	3	25 40	30, 500 30, 500		• •	• •	
Со стандартными размерами для встраивания в распределительные щиты для селективного отключения	4	63	300	•		•	
Со стандартными размерами для встраивания в распределительные щиты универсальные	4	63	30, 300			• •	•
Со стандартными размерами для встраивания в распределительные щиты с коротким временем задержки	4	25 40	30 30	•		• •	
Со стандартными размерами для встраивания в распределительные щиты для 50...400 Гц	4	25 40	30 30	•		• •	
Для встраивания в распределительные щиты, размер крышки 80 x 80 мм	4	125	30, 300, 500, 1000			•	
В корпусе из изоляционного материала	4	160	300, 500			•	
В корпусе из изоляционного материала	4	224	300, 500			•	
Корпус из изоляционного материала, оснащенный устройством защитного отключения и штепсельной розеткой с защитным контактом SCHUKO	2	16	30		•	•	
Распределитель со штепсельной розеткой с защитным контактом SCHUKO plus	2	16	10, 30			•	
Распределитель со штепсельной розеткой с защитным контактом SCHUKO "Body Guard", IP 44	2	16	30			•	
Безопасная штепсельная розетка с защитным контактом SCHUKO для открытого монтажа	2	16	10, 30		•	•	

Таблица 6 Обзор устройств защитного отключения фирмы Siemens

Расчетные напряжения:

2-полюсные приборы ~125...230 В, 50...60 Гц могут применяться в сетях 230 В, 120/240 В.

4-полюсные приборы ~230...400 В, 50...60 Гц могут применяться в сетях 220/380 В, 230/400 В, 240/415 В.

Приборы с расчетным током 125, 160, 224 А пригодны также и для расчетного напряжения ~400...690 В, 50...60 Гц.

### **2.9.1 Устройство защитного отключения/линейный защитный автомат (FI/LS)**

Наряду с приведенными в таблице 6 устройствами защитного отключения, могут поставляться также приборы в виде комбинации устройства защитного отключения и линейного защитного автомата, обозначаемые FI/LS. Такие приборы имеются для расчетных токов от 6 до 32 А и обеспечивают защиту от

- опасных токов через тело человека
- перегрузки и
- короткого замыкания.

Они состоят из части для обнаружения токов утечки, которая комбинируется с 2- или 4-полюсным линейным защитным автоматом переменного тока с характеристикой В или С согласно стандарту DIN VDE 0664, часть 2.

Комбинированные стандартные (N) устройства защитного отключения и линейные защитные автоматы обладают коммутационной способностью 6000 А и соответствуют классу селективности 3.

## **3 Указания по технике монтажа**

### **3.1 Встраивание устройств защитного отключения в имеющиеся установки**

Устройства защитного отключения можно комбинировать со всеми другими защитными устройствами.

Таким образом, если в имеющейся установке уже предусмотрено другое защитное устройство, несмотря на это, для этой установки или ее части можно применить защитное отключение при появлении тока утечки. Кроме того практически любую существующую систему защиты без больших затрат можно переоборудовать в устройство защитного отключения.

### **3.2 Устройства защитного отключения для селективного отключения**

Обычно устройства защитного отключения срабатывают без задержки. Это означает, что последовательное соединение таких устройств с целью селективного отключения при возникновении неисправности невозможно.

Чтобы обеспечить селективное отключение при последовательном соединении устройств защитного отключения, последовательно включенные приборы должны иметь градацию как по расчетному току утечки  $I_{\Delta n}$ , так и по времени срабатывания.

Для устройств защитного отключения, срабатывающих без задержки, стандарт DIN VDE 0664 требует при  $1x I_{\Delta n}$  максимального времени срабатывания 0,2 с. При токе  $5x I_{\Delta n}$  приборы должны производить отключение в пределах 0,04 с.

Устройства защитного отключения фирмы Siemens при  $1x I_{\Delta n}$  имеют время срабатывания около 0,04 с. В отличие от этого, для селективных устройств защитного отключения предусматриваются значения времени срабатывания согласно таблице 7 в соответствии со стандартом DIN VDE 0664, часть 1, раздел 25.

Для контроля устойчивости к импульсным токам (см. стр. 33) селективные устройства защитного отключения дополнительно проверяются путем воздействия импульсного тока с амплитудой  $I \geq 3000$  А.

Селективные устройства защитного отключения имеют обозначение **S**

Переменный ток утечки $I_{\Delta n}$	Пульсирующий постоянный ток утечки ( $\alpha = 0^\circ$ эл.) $I_{\Delta}$	Время срабатывания $t_a$ в с
$I_{\Delta n}$	$1,4 I_{\Delta n}$	$0,15 \leq t_a \leq 0,5$
$2 I_{\Delta n}$	$2 \cdot 1,4 I_{\Delta n}$	$0,06 \leq t_a \leq 0,2$
$5 I_{\Delta n}$	$5 \cdot 1,4 I_{\Delta n}$	$0,04 < t_a \leq 0,15$
500 А	$\frac{1}{\sqrt{2}} \cdot 500$ А	$0,04 < t_a \leq 0,15$

Таблица 7. Значения времени срабатывания селективных устройств защитного отключения согласно стандарту DIN VDE 0664, часть 1, раздел 25

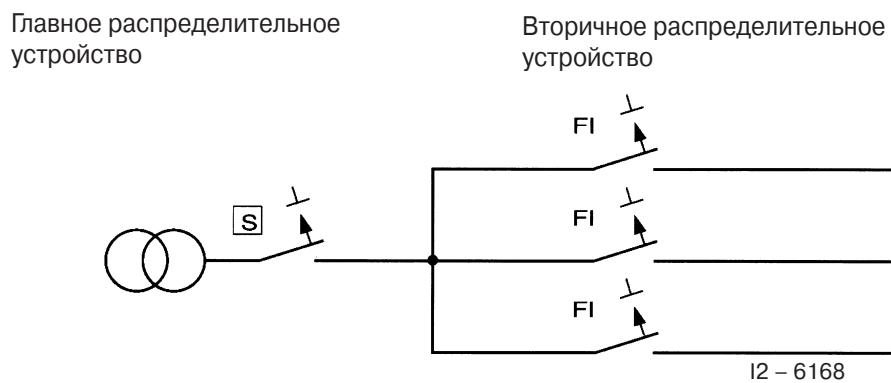


Рис. 19. Возможная градация устройств защитного отключения, предназначенных для селективного отключения, при последовательном соединении с приборами без временной задержки

для селективного отключения <b>S</b>	без задержки	или
63 А/300 мА	63 А/30 мА 40 А/30 мА 25 А/30 мА	16 А/10 мА

### **3.3 Устройства защитного отключения, срабатывающие с малой задержкой**

В случае потребителей электроэнергии, создающих при включении кратковременные токи утечки (например, переходные токи утечки, текущие через помехоподавляющие конденсаторы между внешним проводом и защитным проводом), может произойти нежелательное расцепление срабатывающих без задержки устройств защитного отключения, если ток утечки превышает расчетный ток утечки  $I_{\Delta n}$ .

В тех случаях применения, когда такие источники помех устранить не удастся или возможно лишь их частичное устранение, могут использоваться устройства защитного отключения с малой задержкой. Эти приборы имеют минимальное время срабатывания  $\geq 10$  мс, то есть не должны срабатывать при импульсах тока утечки длительностью  $< 10$  мс. При этом выполняются условия расцепления согласно стандарту DIN VDE 0664, часть 1. Эти приборы снабжаются условным обозначением Общества немецких электротехников (VDE) и, что выходит за рамки требований стандарта DIN VDE 0664, обладают устойчивостью к воздействию импульсных токов 3 кА.

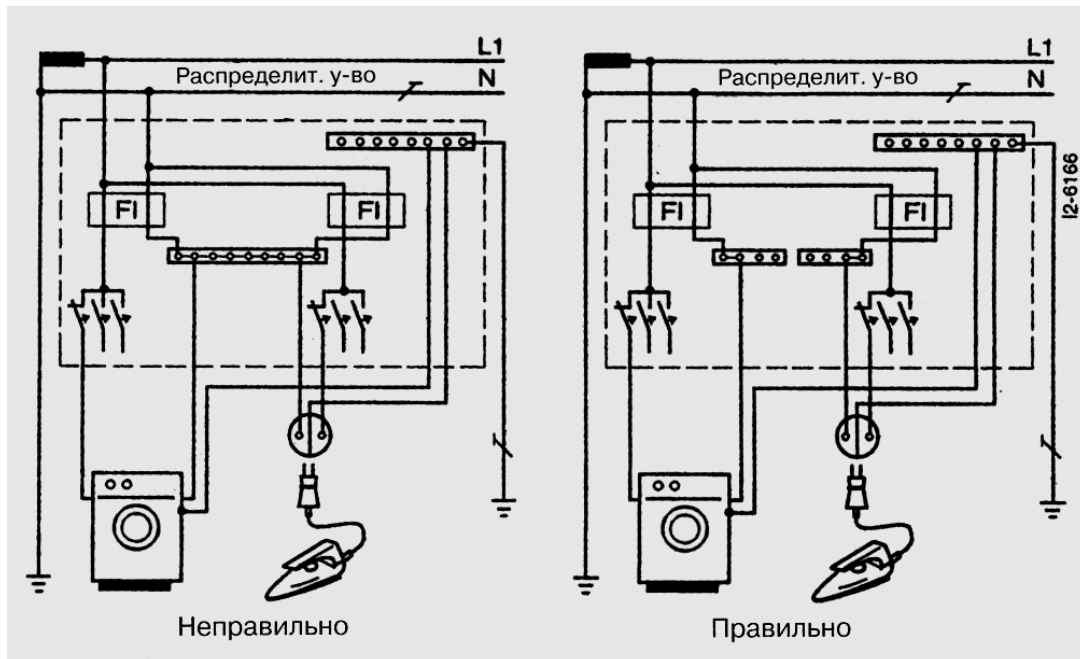
### **3.4 Повышение эксплуатационной надежности за счет распределения устройств защитного отключения по нескольким цепям**

Если в каком-либо месте установки возникает повреждение, то устройство защитного отключения отключает все расположенные после него электрические цепи. Поэтому не только для повышения эксплуатационной надежности, но и для облегчения поиска повреждений целесообразно распределять несколько устройств защитного отключения по различным цепям.

Используемый в устройствах защитного отключения принцип обнаружения тока утечки требует, чтобы нейтральные провода (N), если они используются для передачи тока, на стороне входа и выхода были подключены к соответствующим устройствам защитного отключения.

При этом в процессе проектирования и сооружения электроустановки необходимо обращать внимание на то, чтобы после отдельных устройств защитного отключения всегда находились отдельные и расположенные изолированно соединительные шины для нейтрального провода (рис. 20).

Рис. 20. Соответствие между нейтральными шинами и устройствами защитного отключения



### 3.5 Выбор расчетного тока с учетом коэффициента нагрузки

Коэффициент нагрузки (ранее называвшийся коэффициентом одновременности  $g$ ) учитывает, что в одной электроустановке отдельные потребители включаются не одновременно. Таким образом, этот коэффициент всегда меньше 1 и уменьшается с ростом числа потребителей.

Следовательно, он уменьшается в направлении потребитель — распределительное устройство — домовый ввод.

При выборе “правильного” устройства защитного отключения необходимо обратить внимание на то, чтобы сумма частичных токов включенных после него отдельных электрических цепей не превышала расчетный ток  $I_n$ . При этом следует учитывать коэффициенты нагрузки, например, согласно стандарту DIN VDE 0660, часть 500 (апрель 1994), раздел 4.7, таблица 8.

Число цепей главного тока	Коэффициент нагрузки
2 и 3	0,9
4 и 5	0,8
6 и 7	0,7
10 и более	0,6

Таблица 8 согласно стандарту DIN VDE 0660, часть 500

Кроме того в нижеприведенной таблице 9 указаны ориентировочные значения коэффициента нагрузки потребителей в трех часто встречающихся объектах.

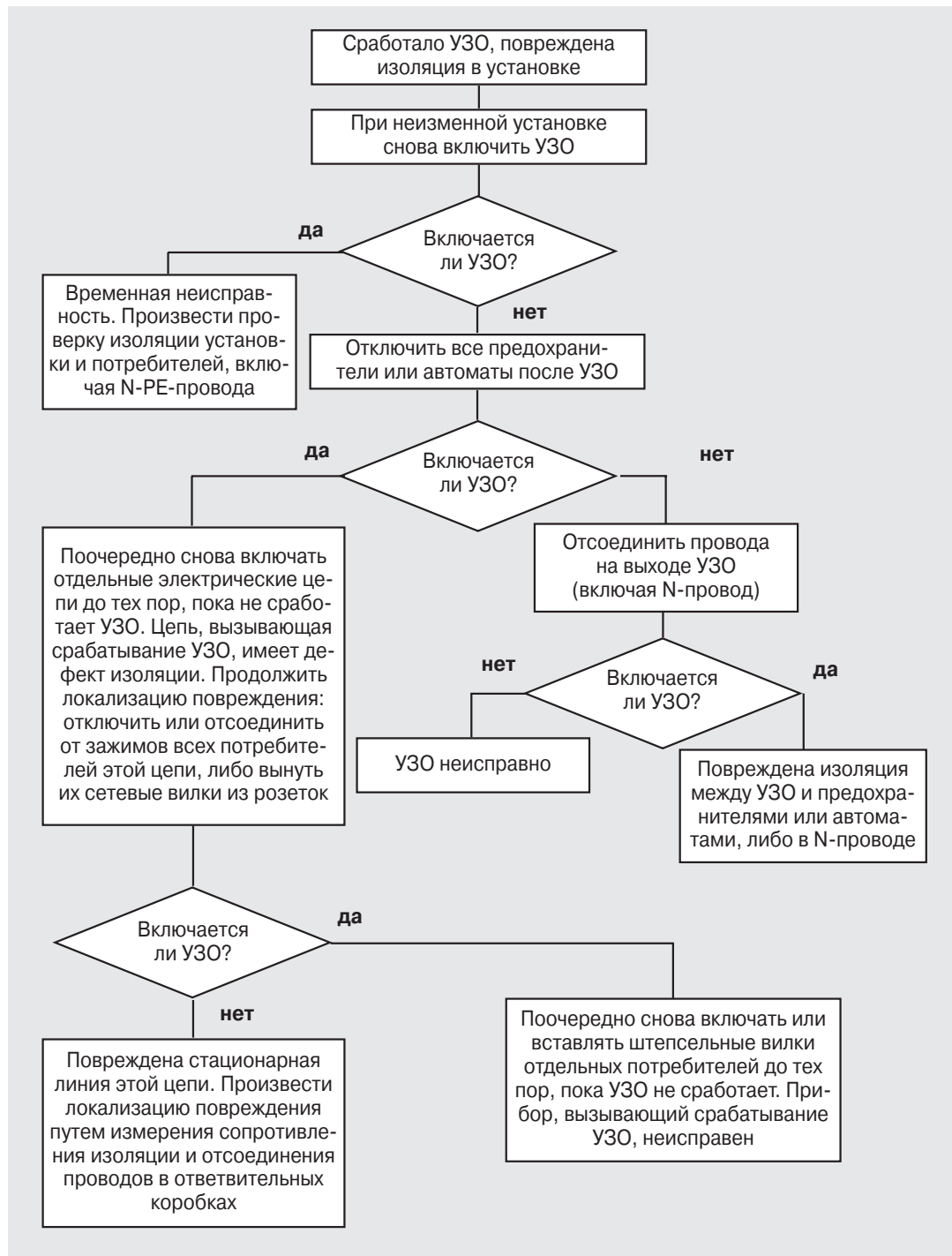
Отсюда можно получить и ориентировочные значения для жилых зданий.

Потребитель	Административные здания	Больницы	Магазины
Освещение	0,85...0,95	0,7...0,9	0,85...0,95
Кондиционер	1	0,9...1	0,9...1
Кухонное электрооборудование	0,5...0,85	0,6...0,8	0,6...0,8
Лифты/эскалаторы	0,7...1	0,5...1	0,7...1
Штепсельные розетки	0,1...0,15	0,1...0,2	0,2

Таблица 9. Ориентировочные значения коэффициентов нагрузки

### 3.6 Обнаружение повреждений

В случае срабатывания устройства защитного отключения (УЗО) обнаружение повреждений следует производить прежде всего в соответствии с нижеприведенной диаграммой:





### 3.6.1 Прибор для измерения тока утечки

Если в результате неквалифицированного проектирования установки, то есть вследствие ее крупных размеров и большого числа потребителей электроэнергии возникает значительное количество рабочих токов утечки и, в зависимости от режима эксплуатации, достигается или превышает значение тока срабатывания включенного на входе устройства защитного отключения, то может произойти нежелательное срабатывание устройств защитного отключения.

С помощью прибора для измерения тока утечки (рис. 21), включаемого в электроустановку последовательно с устройством защитного отключения, можно простым способом определить величину тока утечки в этой установке. Пользуясь калибровочной кривой, прилагаемой к прибору для измерения тока утечки, с помощью измеренного напряжения  $U$  можно определить ток утечки  $I$  в мА (рис. 22). Этот прибор хорошо зарекомендовал себя на практике при обнаружении повреждений и использовании для контроля состояния изоляции в электроустановках, например в сигнальных установках для регулирования уличного движения.

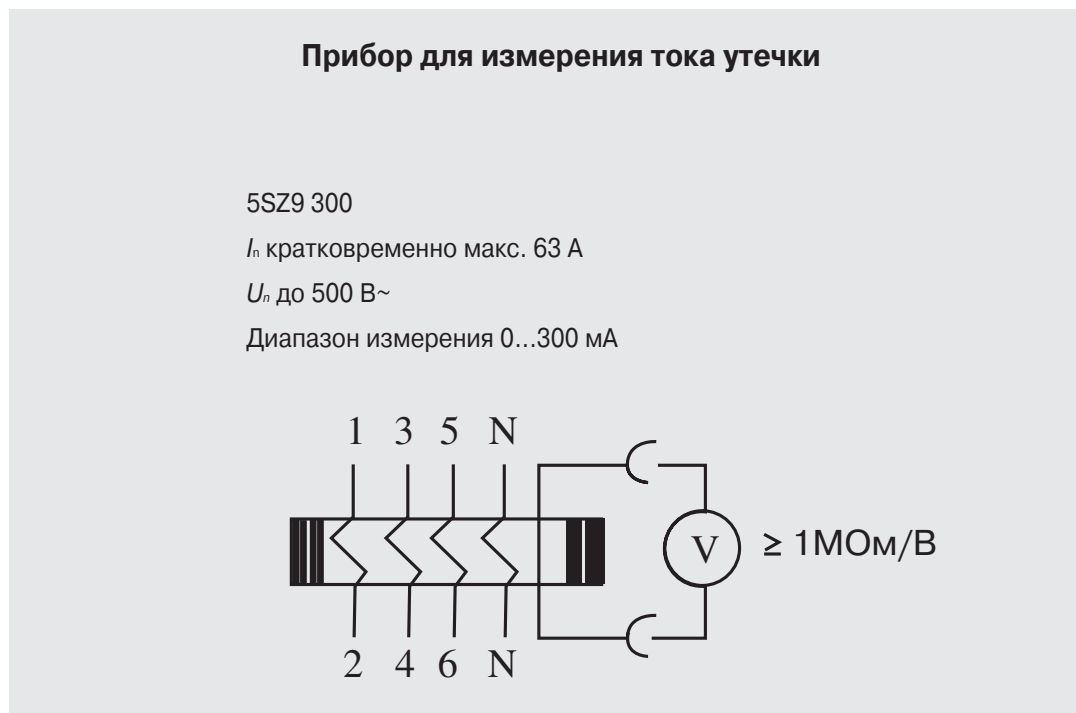


Рис. 21. Прибор для измерения тока утечки

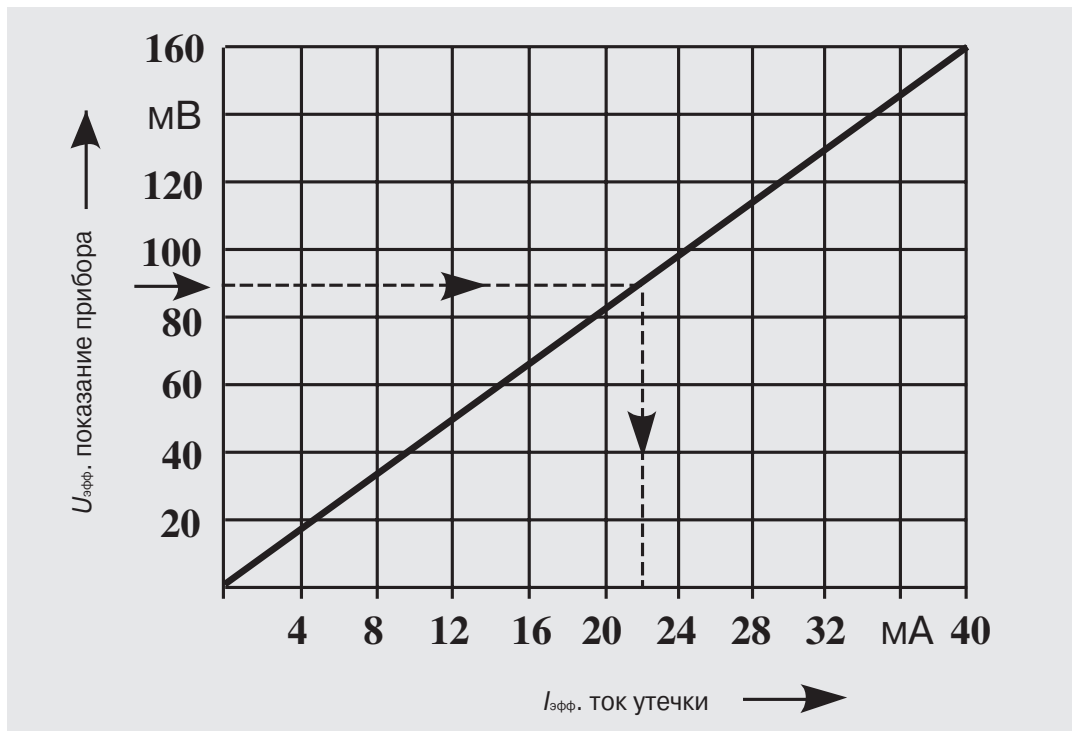


Рис. 22. Калибровочная кривая для определения тока утечки

### 3.7 Стандарт DIN VDE 0100 и устройства защитного отключения

Новый стандарт DIN VDE 0100 в группе 700 содержит “Требования к производственным зданиям, помещениям и установкам специального типа”. Эти требования, в частности, определяют виды необходимых защитных устройств.

Устройства защитного отключения при появлении тока утечки предписываются или рекомендуются для следующих установок или частей установок:

- строительные площадки
- сельскохозяйственные и производственные помещения
- светильники и осветительные устройства
- агрегаты аварийного электроснабжения
- электропроводящие зоны с ограниченной свободой перемещения
- плавательные бассейны
- жилые автоприцепы
- катера и яхты
- кемпинги
- передвижные сооружения для экспозиций

- учебные помещения с демонстрационными стендами
- ваннные комнаты и душевые кабины
- пожарозащита при замыкании на землю в пожароопасных производственных помещениях
- установки под открытым небом
- фонтаны
- штепсельные розетки в квартирах.

Сводка требований DIN VDE 0100, касающихся специально устройств защитного отключения при появлении тока утечки, приведена в таблице 6.

## 4. Перспективы

Благодаря высокому уровню защиты устройства защитного отключения в будущем найдут еще более широкое применение для реализации и обеспечения мер по защите людей от поражения электрическим током. Это обуславливается также и постоянным расширением спектра электроприборов и машин для домашнего хозяйства, мелких и крупных промышленных предприятий.

Поэтому уже сегодня целесообразно использование устройств защитного отключения, по крайней мере во всех случаях, когда выполнение требований с помощью других защитных устройств уже не представляется очевидным, либо не может быть обеспечено в будущем с достаточной надежностью. Между тем обеспечение безопасности — это главнейшая задача при пользовании электроэнергией.

Наряду с высоким уровнем безопасности, гарантируемым устройствами защитного отключения, они во многих случаях обеспечивают и экономическое преимущество по сравнению с другими возможностями решения проблемы.

DIN VDE 0100	Название (сокращенное)
Часть 410/11.83	Защита от опасных токов через тело человека
Часть 559/03.83	Светильники и осветительные установки
Часть 701/05.84	Помещения с ванной или душем
Часть 702/06.92	Крытые плавательные бассейны (плавательные залы) и плавательные бассейны под открытым небом
Часть 704/11.87	Строительные площадки
Часть 705/10.92	Сельскохозяйственные и садовые участки
Часть 706/06.92	Токопроводящие зоны с ограниченной свободой перемещения
Часть 708/10.93	Электроустановки в кемпингах и жилых автоприцепах
Часть 720/03.83	Пожароопасные производственные помещения
Часть 721/04.84	Жилые автоприцепы, катера, яхты, а также системы их электроснабжения для кемпингов или причалов
Часть 722/05.84	Передвижные сооружения, вагоны и жилые автомобили для экспозиций
Часть 723/11.90	Учебные помещения с демонстрационными стендами
Часть 728/03.90	Установки аварийного электроснабжения и другие устройства электропитания для временной эксплуатации
Часть 737/11.90	Установки, а также влажные зоны и помещения, установки под открытым небом
Часть 738/04.88	Фонтаны
Часть 739/06.89 (рекомендация)	Дополнительная защита при прямом касании

Таблица 10. Устройства защитного отключения согласно стандарту DIN VDE 0664, рекомендуемые в Требованиях к монтажу электроустановок DIN VDE 0100 – состояние на 05/95 .

Требование (сокращенное изложение)

---

Устройства защитного отключения

---

Устройства защитного отключения

$I_{\Delta n} \leq 30$  мА для демонстрационных стендов со светильниками

---

Штепсельные розетки, находящиеся в зоне 3, должны быть защищены устройствами защитного отключения  $I_{\Delta n} \leq 30$  мА

---

В пределах защитной зоны устройства защитного отключения  $I_{\Delta n} \leq 30$  мА

---

---

Устройства защитного отключения  $I_{\Delta n} \leq 30$  мА для штепсельных розеток до 16 А, в остальных случаях  $I_{\Delta n} \leq 500$  мА

---

Защита от пожара: устройство защитного отключения  $I_{\Delta n} \leq 500$  мА, для цепей штепсельных розеток с устройством защитного отключения  $I_{\Delta n} \leq 30$  мА

---

Устройство защитного отключения  $I_{\Delta n} \leq 30$  мА

---

---

Штепсельные розетки должны защищаться устройствами защитного отключения  $I_{\Delta n} \leq 30$  мА

---

Пожарозащита при замыкании на землю с помощью устройств защитного отключения  $I_{\Delta n} \leq 500$  мА

---

Штепсельные розетки на стоянках или причалах должны быть защищены устройствами защитного отключения  $I_{\Delta n} \leq 30$  мА

---

Устройства защитного отключения  $I_{\Delta n} \leq 500$  мА

---

---

Устройства защитного отключения  $I_{\Delta n} \leq 30$  мА

---

Для защиты в качестве альтернативы могут применяться также устройства защитного отключения

---

Устройство защитного отключения  $I_{\Delta n} \leq 30$  мА для штепсельных розеток до 32 А для подключения устройств, эксплуатируемых под открытым небом

---

Устройства защитного отключения для определенных зон

---

Устройства защитного отключения  $I_{\Delta n} \leq 30$  мА рекомендуются в целом для штепсельных розеток до 32 А в квартирах или для уже имеющихся установок

---

Департамент  
техники  
автоматизации  
и привода

117071 Москва, ул. Малая Калужская 17  
Тел.: (095) 737-2387, (095) 737-2395  
(095) 737-2381  
Факс: (095) 737-2398



---

Акционерное общество  
Siemens

Фирма оставляет за  
собой право на  
внесение изменений





