

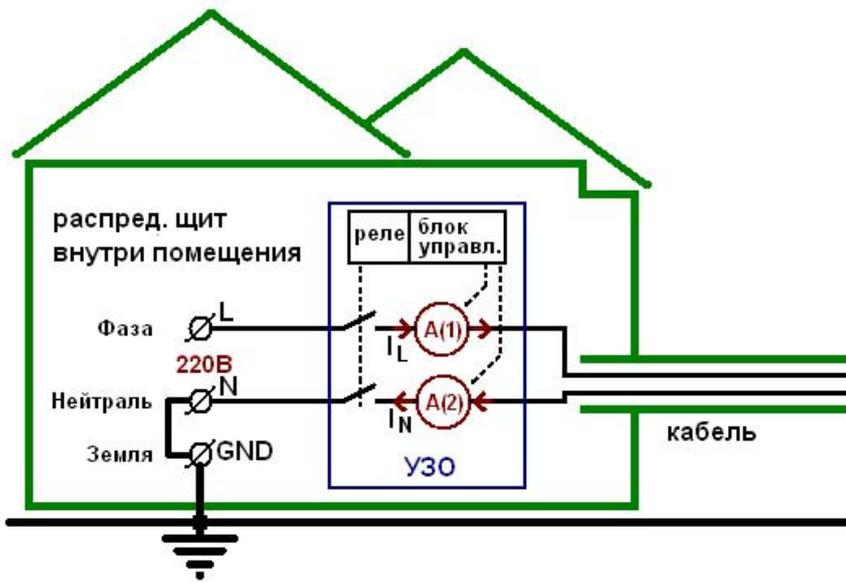
УЗО - устройства защитного отключения

1 Термины

Русский термин	иностран. термин	Замечание
УЗО		
УЗО (устройство защитного отключения)	–	=УЗО
устройство разностного тока (УРТ)	–	=УЗО
устройство защитного отключения, управляемое дифференциальным (остаточным) током (УЗО–Д)	–	=УЗО
выключатель дифференциального тока (ВДТ)	–	=УЗО
защитно-отключающее устройство (ЗОУ)	–	=УЗО
Устройство остаточного тока Автомат остаточного тока	RCD (Residual Current Device)	=УЗО
Размыкатель цепи по остаточному току	residual-current circuit breaker (RCCB)	=УЗО
Размыкатель цепи по току утечки на Землю (ELCBs) Размыкатель цепи по току утечки на Землю работающий по току (I-ELCBs) Размыкатель цепи по току утечки на Землю работающий по напряжению (V-ELCBs)	An earth leakage circuit breaker (ELCB) I-ELCBs (current operated ELCB) V-ELCBs (voltage-operated ELCB) A voltage-operated ELCB detects a rise in potential between the protected interconnected metalwork (equipment frames, conduits, enclosures) and a distant isolated earth reference electrode.	= УЗО Ранее термин означал не только УЗО работающие по току но и УЗО работающие по напряжению An earth leakage circuit breaker (ELCB) may be a residual-current device, although an older type of voltage-operated earth leakage circuit breaker exists. Types: -voltage operated and, -current operated. V-ELCBs детектировал повышение потенциала между защищаемым металлическим объектом (корпус оборудования, станина, кабелепровод) и удалённым изолированным Земляным электродом сравнения. Порог напряжения был около 50В.
Прерыватель линии при КЗ на Землю	ground fault circuit interrupter (GFCI)	= УЗО термин United States and Canada
Прерыватель при КЗ на Землю	ground fault interrupter (GFI)	= УЗО

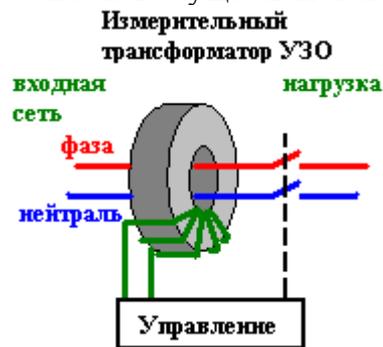
		термин United States and Canada
Прерыватель тока утечки оборудования	appliance leakage current interrupter (ALCI)	= УЗО термин United States and Canada
Безопасный выключатель или RCD	"safety switches" или "RCD"	= УЗО термин Australia
Выключатель, расцепитель, размыкатель цепи	"trips" or "trip switches" circuit breakers	= УЗО термин United Kingdom
Устройства имеющие в своем составе УЗО		
УЗО–Д со встроенной защитой от сверхтоков (от перегрузки по току)	–	= УЗО+автоматический токовый защитный выключатель с термоманитным расцепителем
дифференциальный автомат или комбинированный автомат (дифавтомат)	–	= УЗО+автоматический токовый защитный выключатель с термоманитным расцепителем
Размыкатель цепи по остаточному току с защитой по перегрузке	A residual-current circuit breaker with overload protection (RCBO)	= УЗО+автоматический токовый защитный выключатель с термоманитным расцепителем (combines the functions of overcurrent protection and leakage detection.)
–	RCD, Residual-current device	Общий термин объединяющий термины УЗО и дифавтомат RCD, Residual-current device is a generic term covering both RCCBs and RCBOs.
–	coordinated differential current relay rele differenziale coordinato	= УЗО, реже УЗО+автоматический токовый защитный выключатель с термоманитным расцепителем термин United Kingdom, Italy
В настоящее время появляется много новых терминов - см примеры ниже - Типы УЗО		

2 Принцип работы

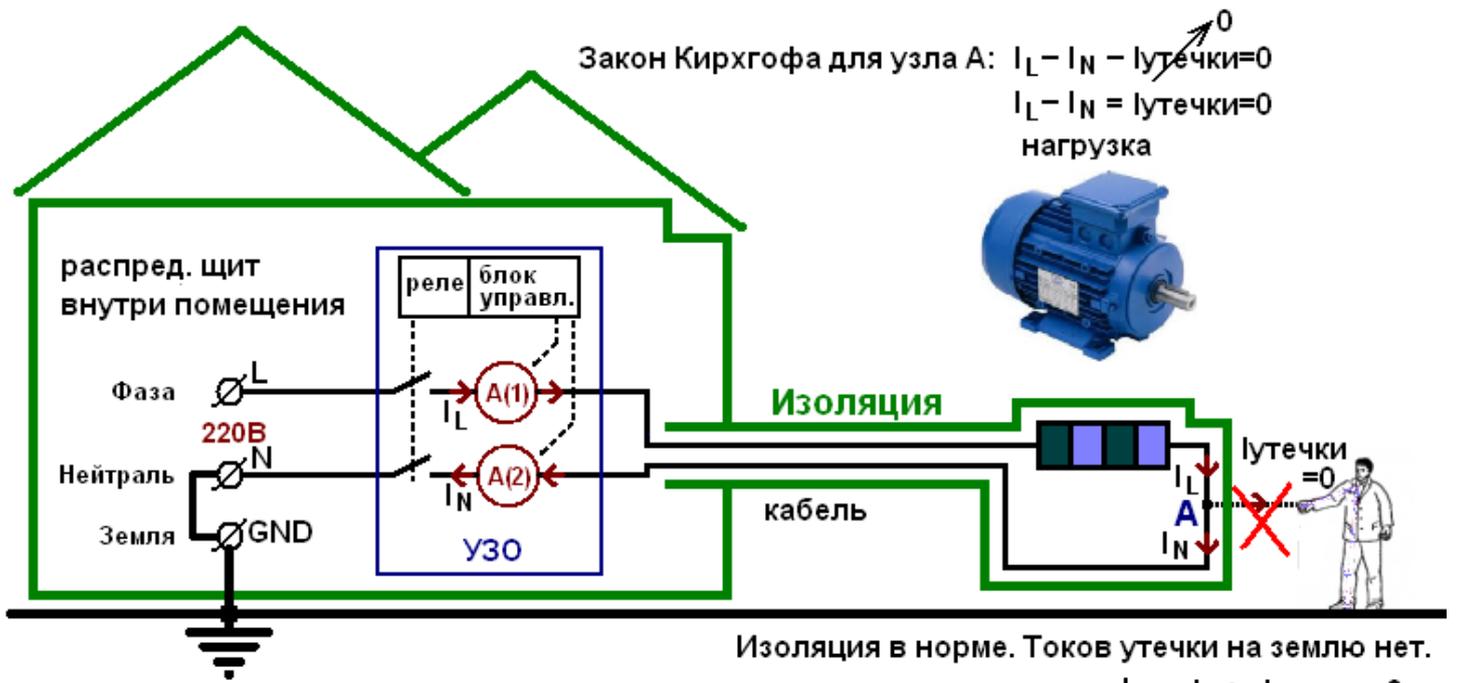


УЗО измеряет 2 тока. Амперметр A1 измеряет ток в Фазном проводнике I_L . Амперметр A2 измеряет ток в проводнике Нейтрали I_N . Блок управления вычисляет разность показаний обоих амперметров A1 и A2. Если разность ($I_L - I_N$) будет больше порога срабатывания УЗО, то УЗО сработает и обесточит цепь нагрузки.

Амперметры здесь упомянуты для удобства понимания работы устройства. В реальности на блок управления поступает уже сигнал разности токов (ток фазы минус ток нейтрали) как показано ниже. Фазный и нейтральный провод пропущенные через измерительный трансформатор выступают как витки трансформатора. Контроль разности токов осуществляется через измерительную обмотку.

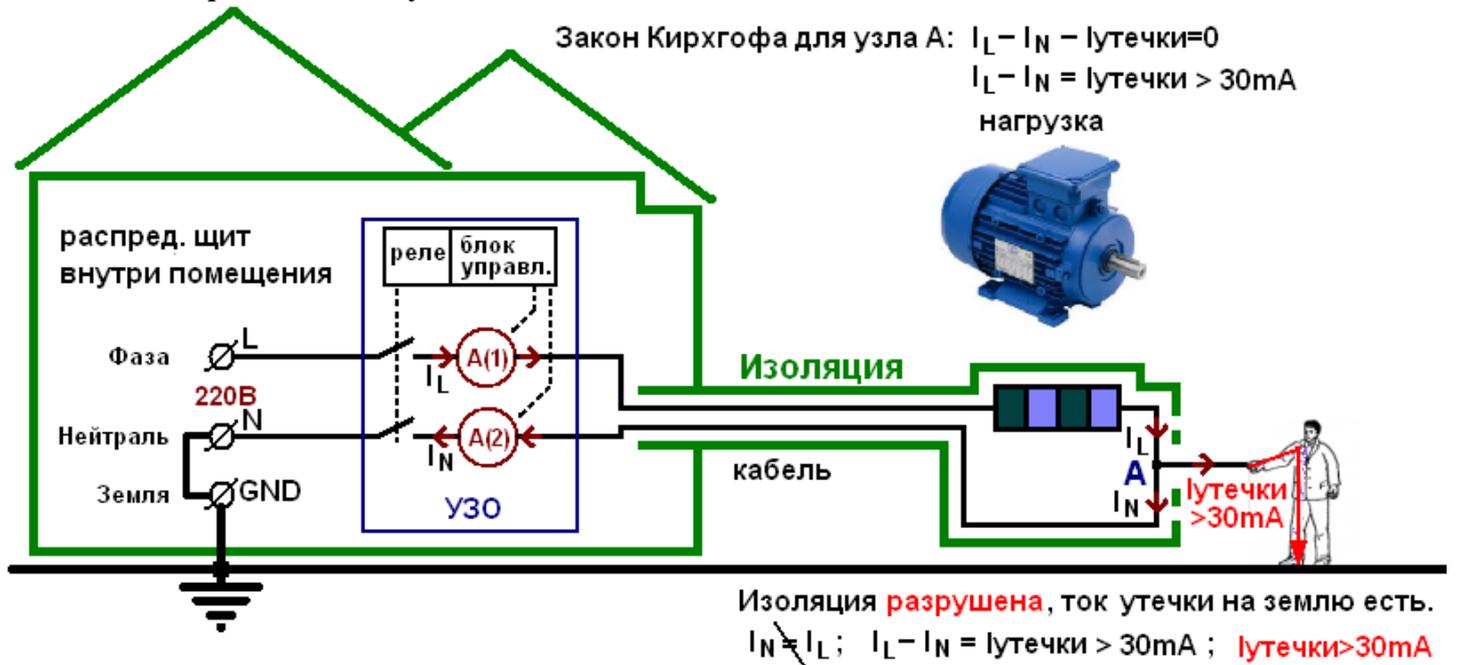


Изоляция в норме. Тока утечки на Землю нет.



Если вся нагрузочная цепь изолирована от земли, то $I_L - I_N = 0$, $I_{\text{утечки}} = 0$. УЗО питает нагрузку:

Изоляция повреждена. Ток утечки на Землю есть.



Если хоть в одном месте нагрузочной цепи изоляция нарушена, то есть начинает течь ток утечки по цепи "токоведущий проводник-Земля" (например идет дождь и вода проникла в токоведущие части газонокосилки), то ток I_N становится меньше тока I_L по закону Кирхгофа для узла токов (узел тока – это место повреждения изоляции, в нём $I_L - I_N - I_{\text{утечки}} = 0$), и если разница токов превышает порог безопасности $\rightarrow I_L - I_N = I_{\text{утечки}} > 30\text{миллиАмпер}$, то УЗО сработает и обесточит цепь нагрузки.

Порог срабатывания УЗО предназначенного для защиты человека не превышает 30мА. В некоторых странах этот порог(гос. требования) безопасности для человека еще меньше. УЗО с более высоким пороговым током используется в промышленности, для защиты крупных объектов, электрооборудования и не обеспечивает безопасность человека.

Первый закон Кирхгофа (Закон Кирхгофа для узла): алгебраическая сумма токов в узле равна нулю. "Алгебраическая сумма равна нулю"- означает что все токи складываем (втекающие в узел берем со знаком плюс, вытекающие со знаком минус) и приравниваем эту сумму к нулю. То есть сколько токов втекло в узел столько должно и вытечь. [6]

Выше описан принцип работы однофазного УЗО. Для трехфазного УЗО принцип работы тот же, но расчет дифференциального (разностного тока) :

$I_L(\text{фазаA})+I_L(\text{фазаB})+I_L(\text{фазаC})-I_N=I_{\text{утечки}} > \text{порог УЗО}$!

3 Общее описание УЗО

RCD (Residual Current Devices) – УЗО, устройство защитного отключения, устройство разностного тока или более точное название: устройство защитного отключения, управляемое дифференциальным (остаточным) током, сокр. УЗО–Д) или выключатель дифференциального тока (ВДТ) или защитно-отключающее устройство (ЗОУ) — электромеханический коммутационный аппарат, которое при достижении (превышении) дифференциальным током заданного значения вызывает размыкание цепи нагрузки.

Основная задача УЗО — защита человека от поражения электрическим током и от возникновения пожара, вызванного утечкой тока через изношенную/повреждённую изоляцию токоведущих элементов линии питания и оборудования.

УЗО рекомендованы к использованию повсеместно в TNCS, TNS и др. системах и особенно эффективны в местах с факторами повышенной порчи изоляции - для сооружений связанных с проводящими средами водой и землёй и т.п (подводные сооружения, корабли, метро, ЖД, подземные сооружения, нефтегазовая отрасль, и др.) и др. мест требующих повышенной безопасности. К ним также относится садовое, сельскохозяйственное оборудование, подвалы, склады и тд.

УЗО могут представлять отдельное устройство или быть встроенным в переходник, розетку, и др., входить в состав оборудования, например ДГУ и др.

Преимущество УЗО по сравнению с токовым автоматом с терромагнитным расцепителем:

- при замыкании токоведущих проводников на корпус (через человека или разрушенную изоляцию и др.) отключает аварийную цепь задолго до достижения опасного уровня (требуемого для поражения человека, для возникновения пожара) тока замыкания.

Недостаток УЗО по сравнению с токовым автоматом с терромагнитным расцепителем:

-эффективно работает не во всех системах питания

-не защищает от КЗ(и превышения тока то есть перегрузки) в самой нагрузке, от замыкания между нейтралью и фазой.

Внимание! в большинстве систем рекомендуется совместное использование УЗО и токовых автоматов.

Особенности использования УЗО в разных системах питания.

1

In TN, an insulation fault is very likely to lead to a high short-circuit current that will trigger an overcurrent circuit-breaker or fuse and disconnect the L conductors. With TT systems, the earth fault loop impedance can be too high to do this, or too high to do it quickly, so an RCD (or formerly ELCB) is usually employed. The provision of a Residual-current device (RCD) or ELCB to ensure safe disconnection makes these installations EEBAD (Earthed Equipotential Bonding and Automatic Disconnection). Earlier TT installations may lack this important safety feature, allowing the CPC (Circuit Protective Conductor) to become energized for extended periods under fault conditions, which is a real danger.

В системах TN, повреждение изоляции (замыкание токоведущего проводника на Землю) легко ведёт к высоким токам короткого замыкания которые могут быть устранены путем автоматического отключения аварийного участка защитным токовым автоматоматическим выключателем с терромагнитным расцепителем или предохранителем. В результате фазный проводник отключается. **В системах TT**, импеданс участка "земля подстанции – земля нагрузки" может быть очень высок, поэтому обычный токовый автомат может не отключить аварийный участок или отключит его с задержкой. Поэтому обычно используется УЗО(выключатель дифференциального тока). Системы с применением УЗО (RCD или ELCB) обеспечивающих безопасное отключение при аварии, обозначаются как EEBAD (Заземляющее уравнивание потенциалов и автоматическое отключение питания). В ранних TT системах эти устройства безопасности могли отсутствовать что приводило при аварии к возможности длительного нахождения проводников заземления (CPC /Circuit Protective Conductor) под напряжением, что реально опасно.

2

In TN-S and TT systems (and in TN-C-S beyond the point of the split), a residual-current device can be used as an additional protection. In the absence of any insulation fault in the consumer device, the equation $I_{L1}+I_{L2}+I_{L3}+I_N = 0$ holds, and an RCD can disconnect the supply as soon as this sum reaches a threshold

(typically 10-500 mA). An insulation fault between either L or N and PE will trigger an RCD with high probability.

В системах TNS, TT (и в TNCS после точки разделения), УЗО может быть использовано как дополнительная защита. При отсутствии любых нарушений изоляции в устройствах потребления, выполняется уравнение $IL1+IL2+IL3+IN = 0$ для 3х фазных сетей. И УЗО может отключить питание при аварии когда эта сумма превысит заданный порог (типичное значение 10-500мА). Повреждение изоляции между L (или N) и PE вызовет срабатывание УЗО с высокой вероятностью.

3

In IT and TN-C networks, residual current devices are far less likely to detect an insulation fault. In a TN-C system, they would also be very vulnerable to unwanted triggering from contact between earth conductors of circuits on different RCDs or with real ground, thus making their use impracticable. Also, RCDs usually isolate the neutral core. Since it is unsafe to do this in a TN-C system, RCDs on TN-C should be wired to only interrupt the live conductor.

В сетях IT, TNC, УЗО с гораздо меньшей вероятностью может защитить от пробоя изоляции. В IT системах без нейтрали, УЗО не может быть использовано по причине отсутствия нейтрали. В IT системах с нейтралью, УЗО не может быть эффективно использовано по причине высокого имеданса (или бесконечного импеданса) цепи "нейтраль источника-земля"

В TNC системе, УЗО может также быть очень уязвимым для нежелательных срабатываний при контакте между различными проводниками земли (в том числе между точками подкл. различных УЗО) или реальной Землёй, что делает применение УЗО непрактичным. Причина легкости таких паразитных срабатываний заключается в том, что проводник PEN проходящий через УЗО подключается к корпусу(Земле) нагрузки обеспечивая нагрузку одновременно как нейтралью так и Заземлением, при этом например любое прикосновение человека стоящего на Заземлённом полу к корпусу нагрузки вызовет срабатывание УЗО.

Также ухудшает качество работы УЗО, то что в системе TNC нет чистой качественной земли (т.к. шина PEN служит одновременно и силовым проводником N и Заземлением GND) то есть в шине Земли постоянно циркулируют значительные рабочие токи, что приводит к некорректной работе УЗО.

Также УЗО при срабатывании лишает защищаемую цепь нейтрали и защитного заземления (кроме TT TNS TNCS). Всё это делает небезопасным использование УЗО в системах IT, TNC. УЗО допустимо использовать в TNC системах только для случая модифицированных УЗО которые при аварии размыкают только фазный проводник. УЗО допустимо использовать в IT системах как защиту второго уровня (защита при втором замыкании на Землю) или при использовании дополнительного импеданса достаточного для надёжной работы УЗО. [1]

Особенности использования УЗО с различными нагрузками.

Многое современное оборудование, например стабилизаторы, ИБП, импульсные блоки питания в тч компьютерные имеют встроенные сетевые фильтры гашения помех (EMI и др.). Фильтры (и др. цепи) часто содержат цепи дающие утечку на землю. Пример – стандартные фильтры ИБП или БП ПК /1-3кВА/ содержат конденсаторы подключенные между Нейтр. и Землёй, между Фазой и Землёй. Ток утечки на землю на частоте 50Гц составляет около 0,1..0,3мА и более. На более высоких частотах -еще выше. Большое число нагрузок приводит к суммированию этих токов то есть к большим токам утечки - в результате возможны паразитные срабатывания УЗО. По этой причине нагрузки с большим числом ИИП (датацентры и др.) защищаются без УЗО или с УЗО с высоким порогом отключающего дифференциального тока $\sim \leq 300 \text{ мА}$.

Существует большое число типов/марок УЗО. Они могут иметь разную чувствительность по частотам, разную скорость срабатывания, разную степень фильтрации шумов, что может приводить к ложным срабатываниям. Поэтому оборудование которое не требует обязательной защиты УЗО не рекомендуется защищать УЗО. Пример: ИБП питает нагрузку; нагрузка связана с водой и должна быть защищена УЗО – рекомендуется ставить УЗО между ИБП и нагрузкой (а не во входной линии ИБП).

Общие рекомендации по совместимости "УЗО и ИБП":

- большинство или почти все ИБП не требуют обязательной установки УЗО (см руководство ИБП) для обеспечения корректной работы ИБП.

Таким образом УЗО это доп. защита которую ставит пользователь по своему желанию или для соответствия локальным ПУЭ.

-на входе ИБП УЗО ставить не рекомендуется. Если это необходимо-то допускается но требуется расчёт.(для маломощных ИБП до 1-3кВА с большинством УЗО 30мА проблем нет, но были РЕДКИЕ ЕДИНИЧНЫЕ случаи ложных срабатываний для некоторых типов УЗО, поэтому можно рекомендовать УЗО 300мА или сменить тип УЗО/диф.автомата при ложных срабатываниях). Рекомендуются типы УЗО с малой чувствительностью, более замедленные.

-на выходе ИБП пользователь может устанавливать любые типы УЗО каких требует обеспечение безопасности его нагрузок.

Информация выше приведена по опыту эксплуатации ИБП разных типов к. Эн-Пауэр

В настоящее время вводится повсеместно стандарт (см ПУЭ) "общее УЗО на весь объект (дом, квартира и тд.)". Поэтому часто владельцы ИБП вынуждены подключать их через УЗО. Если при установке нового оборудования (например ИБП) появились ложные/периодические срабатывания УЗО, то:

- проверьте правильно ли выбран порог УЗО (30мА, 300мА, др.)
- смените УЗО на УЗО другой марки
- проверьте исправность сети и нагрузок
- отключайте поочередно "подозрительные" нагрузки, тем самым найдите нагрузку(и) которая вызывает ложные срабатывания УЗО. Осмотрите нагрузку. Если повреждения не обнаружены обратитесь к поставщику.

В промышленности, медицине и др областях существует широкий ряд электроустановок, не допускающих по технологическим причинам перерыва в электроснабжении. В таких установках для защиты людей от поражения электрическим током (изза утечек тока на Землю) установка УЗО запрещена; должны применяться другие электротехнические меры — контроль изоляции, разделительные трансформаторы, использование системы IT и др.

Типы УЗО

Базовые характеристики:

Residual Current	Characteristics	Example Loads
Type AC	Sinusoidal AC (50Hz in the UK)	Resistive heating /lighting
Type A	As Type AC + Pulsed DC + <6mA Smooth DC	switch mode power supplies
Type B	As Type A + High frequency AC * + Smooth DC	3 phase VSD AC/DC converters
Type F	As Type A + High frequency AC *	Single phase equipment with speed control

Note 1: Refer to the RCD manufacturer's characteristics for frequency limits

Тип УЗО	Характеристики	Пример нагрузок
AC	Синусоидальное напряжение AC (50Гц Англия, РФ и др.)	Резистивные нагревательные нагрузки / освещение
A	Тип "AC" + Импульсное напр. DC + <6mA сглаженное напр. DC	Импульсные (Переключаемые) источники питания и оборудование содержащее их.
B	Тип "A" + Высокочастотное напр. AC * + сглаженное напр. DC	3х фазный Частотно-регулируемый привод (частотно-управляемый привод, ЧУП, Variable Frequency Drive, VFD / Variable Speed Drives (VSD)) /// выпрямители (AC/DC конверторы)
F	Тип "A" + Высокочастотное напр. AC *	Однофазное оборудование с контролем скорости.

* Замечание: частотные пределы зависят от типа и производителя для каждого УЗО.

Примеры специальных типов УЗО разных производителей (может быть внутренним стандартом производителя):

Table 3 : Trip time of different types of RCDs at various rates of differential current according to IEC 61008-1 standard (Table 1)

RCD type	RCD trip time at variable values of differential currents I_{DIFF} (rms.), ms					
	I_{DIFF}		$2 I_{DIFF}$		$5 I_{DIFF}$	
	Min	Max	Min	Max	Min	Max
G	-	300	-	150	-	40
S	130	500	60	200	50	150

Table 4 : Erroneous classification of types of RCD actuation based on its time delay [21]

RCD type		Time delay, ms at			
		$I_{\Delta} = I_{\Delta n}$	$I_{\Delta} = 2I_{\Delta n}$	$I_{\Delta} = 5I_{\Delta n}$	$I_{\Delta} = 500$ mA
-	Common use, without time delay	<0.3	<0.15	<0.04	<0.04
G	With minimal time delay 10 ms	0.01...0.3	0.01...0.15	0.01...0.04	0.01...0.04
S	Selective, with minimal time delay 40 ms	0.13...0.5	0.06...0.2	0.05...0.15	0.04...0.15

Table 5 : Some principal technical features of RCD, type G (general) especially resistant to faulty actuation

No.	RCD type and manufacturer	Type	Nominal current, A	Trip current, $I_{\Delta N}$ mA	Drive type	Time delay, ms (at $I = I_{\Delta N}$)	Pole number
1	dRCM-40/4/003-U+ Cat. number 120850 Eaton (Moeller)	U	40	30	electronic	10	4
2	F374-40/0.03 ABB	A-F	40	30	electro-mechanical	10	4
3	F204 A-40/0.03 ABB	AP-R	40	30	electro-mechanical	10	4
4	DFS 4F Cat. number 09134901 Doepke Schaltgeräte GmbH & Co.	A-F	40	30	electro-mechanical	10	4
5	5SM3 344-3 Siemens	F-K	40	30	electro-mechanical	10	4
6	4RC440SI30 (Clipsal) Schneider Electric	SI	40	30	electro-mechanical	-	4
7	FRCdM-40/4/003-G/B+ Cat. number 167881 Eaton (Moeller)	G/B+	40	30	electronic	10	4
8	5SM3 344-4 Siemens	B	40	30	electronic	10	4

Пример нового устройства включающего в состав УЗО:

Устройство Определения Дугового Пробоя 5SM6 (УОДП) в электрической цепи.

Устройства 5SM6 (AFD) Оборудование, выявляющее дуговой пробой, стало обязательным к использованию в США (стандарт сети UL) с 2008 года и с тех пор там широко применяется:

* как разъединитель цепи при возникновении дуги (AFCIs) для последовательных повреждений в линии; (технология определения дугового пробоя (AFDD Arc Fault Detection Devices))

* как комбинация модульного автоматического выключателя (MCBs) и разъединителя (AFCIs) для параллельных повреждений фаза-нейтраль, фаза-фаза;

* как комбинация разъединителя токов утечки (GFCIs) и разъединителя при возникновении дуги (AFCIs) для параллельных повреждений фаза-земля.

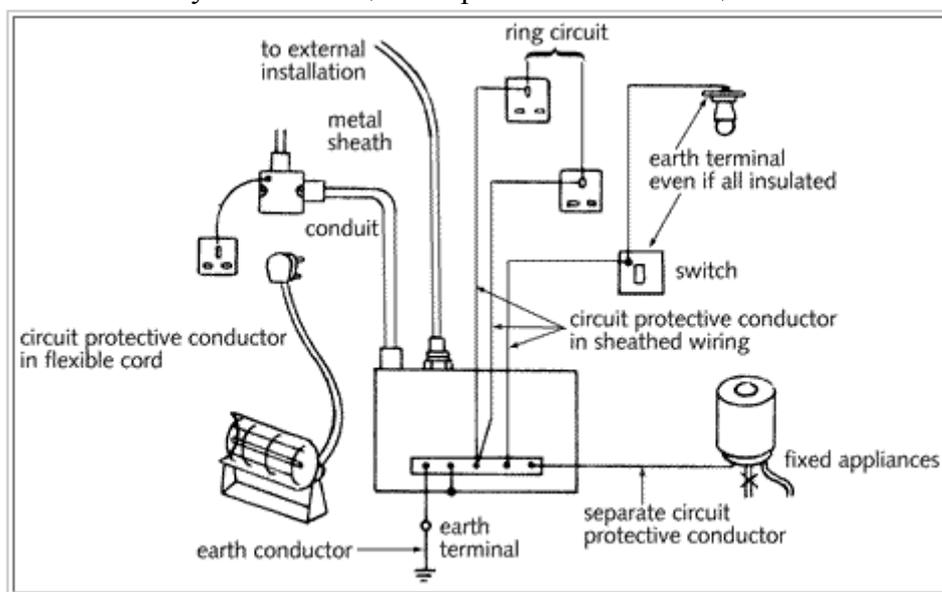
Замечание по этой защите: Как работает автомат защиты от аварийной дуги?

Устройство AFDD постоянно меряет и анализирует форму тока и напряжения в цепи. При появлении дуги в цепи по соответствующим изменениям формы тока и напряжения делается заключение о наличии дуги в цепи. Далее устройство сравнивает характеристики измеренной дуги с аварийными и неаварийными характеристиками. Пример неаварийной дуги - небольшая искра при подключении вилки обычной бытовой техники к розетке. Если параметры дуги аварийные - устройство срабатывает и отключает нагрузку. Устройство пока не распространено широко поэтому в настоящее время нет точных данных по эффективности устройства.

Предположительно: главный плюс - беспрецедентная защита от пожара (по сравнению с привычными УЗО и токовым автоматом), главный минус - узкая сфера применения (для определённой нагрузки), так как например, если в нагрузке переключаются мощные контакторы то рабочая (неаварийная) дуга будет значительна и возможны ложные срабатывания если производитель не предусмотрел именно такую нагрузку в алгоритме работы AFDD, наоборот, "высокий порог дуги" не даст ложных срабатываний но снижает защитные способности устройства по своевременной борьбе с аварийной дугой. Возможно стандарты будут требовать установки AFDD только в помещениях с повышенными требованиями по пожарной безопасности.

Дополнительные термины:

CPC (Circuit Protective Conductor) - проводник заземления, защитный проводник Заземления. CPC это система проводников соединяющих вместе все доступные нетоковедущие проводники оборудования с единым очагом Заземления (Главная шина Заземления). Термин включает все заземляющие проводники, то есть всю систему Заземляющего выравнивания потенциалов.



Isolated ground (IG) - изолированная Земля – локальный проводник Заземления используемый с источником питания и др. Применение характерно для малых объектов, и для объектов повышенной защищённости. Основная цель использования – IG – обеспечить наличие чистой от шумов Земли (петли Земли), отдельной от EG (основное Заземление оборудования).

Equipment grounding (EG) основное Заземление оборудования. Также обозначается как PE (Protected Earth Conductor). Выполняется в соответствии с используемой системой питания (заземления).

IT – система с изолированной нейтралью, от франц. terre isolee.

см статья "системы Заземления"

Отечественные и иностранные термины связанные с заземлением:

Глухозаземленная нейтраль — нейтраль трансформатора или генератора, присоединенная непосредственно к заземляющему устройству.

Изолированная(или импедансно-заземленная) нейтраль — нейтраль трансформатора или генератора, неприсоединенная к заземляющему устройству (или присоединенная к нему через большое сопротивление приборов сигнализации, измерения, защиты и других аналогичных им устройств).

Заземляющее устройство — совокупность заземлителя и заземляющих проводников.

Заземлитель — проводящая часть или совокупность соединенных между собой проводящих частей, находящихся в электрическом контакте с землей непосредственно или через промежуточную проводящую среду.

Искусственный заземлитель — заземлитель, специально выполняемый для целей заземления.

Естественный заземлитель — сторонняя проводящая часть, находящаяся в электрическом контакте с землей непосредственно или через промежуточную проводящую среду, используемая для целей заземления.

Заземляющий проводник — проводник, соединяющий заземляемую часть (точку) с заземлителем.

Защитный (РЕ) проводник — проводник, предназначенный для целей электробезопасности.

Проводник совмещённой Нейтрал и Земли (PEN) – проводник совмещающий 2 функции – функции защитного заземления (РЕ) и функции Нейтрал (N) в системах TNС с глухозаземлённой нейтралью.

Защитный заземляющий проводник — защитный проводник, предназначенный для защитного заземления.

Защитный проводник уравнивания потенциалов — защитный проводник, предназначенный для защитного уравнивания потенциалов.

Главная заземляющая шина — шина, являющаяся частью заземляющего устройства электроустановки и предназначенная для присоединения нескольких проводников с целью заземления и уравнивания потенциалов.

Защитное заземление — заземление, выполняемое в целях электробезопасности.

Рабочее (функциональное) заземление — заземление точки или точек токоведущих частей электроустановки, выполняемое для обеспечения работы электроустановки (не в целях электробезопасности).

[1] http://en.wikipedia.org/wiki/TN-C#TN_networks

[2] http://en.wikipedia.org/wiki/Residual-current_device

[3] <http://www.tlc-direct.co.uk/Book/5.4.2.htm>

[4] http://ru.wikipedia.org/wiki/Устройство_защитного_отключения

[5] http://en.wikipedia.org/wiki/Earth_leakage_circuit_breaker

[6] http://en.wikipedia.org/wiki/Kirchhoff's_circuit_laws

[7] <http://ru.wikipedia.org/wiki/Заземление>

[8] <http://www.mastercity.ru/archive/index.php/t-199786.html>

(На англоязычном сайте Шнейдера в каком-то блоге есть пропаганда AFDD

<http://blog.schneider-electric.com/power-management-metering-monitoring-power-quality/2013/07/03/do-you-know-an-arc-fault-detection-device-afdd-can-prevent-from-an-electrical-fire/> /// Американская страница

AFCI Schneider Electric /// <http://www.schneider-electric.com/products/us/en/50300-circuit-breakers/50310-miniature-circuit-breakers/7224-arc-fault-circuit-interrupters/> /// Автоматы AFCI.

<http://savepic.su/4008329.jpg> <http://savepic.su/4027793.jpg> /// <http://www.afcisafety.org/qa.html> /// Типы

УЗО <http://savepic.su/4003209.png>

[9] <http://low-medium-voltage.siemens.ru/products/lv/Protect/afd/5SM6/>

[10] <http://w3.siemens.com/powerdistribution/global/en/lv/product-portfolio/sentron/protection-devices/5sm6-afd-units/pages/5sm6-afd-units.aspx>

[11] <http://blog.schneider-electric.com/power-management-metering-monitoring-power-quality/2013/07/03/do-you-know-an-arc-fault-detection-device-afdd-can-prevent-from-an-electrical-fire/>

[12] <http://www.abb.com/cawp/seitp202/e08cf560f265487fc125756f00823d4c.aspx>

[13] https://globaljournals.org/GJRE_Volume13/5-RCD-Nuisance-Tripping.pdf