

Продукция компании Дюерке: Устройства защитного отключения.

В стандарте основное правило защиты от поражения электрическим током, сформулировано следующим образом **«Опасные токоведущие части не должны быть доступными, а доступные проводящие части не должны быть опасными:**

- в нормальных условиях;
- при наличии неисправности».

Защита в нормальных условиях, т.е. при отсутствии повреждений обеспечивается за счет основной защиты, которая соответствует защите от прямого прикосновения.

Это:

- основная изоляция;
- ограждения или оболочки;
- размещения вне зоны досягаемости;
- другие меры.

Защита при наличии неисправности должна обеспечиваться защитой, предусмотренной на случай неисправности, которая соответствует защите от косвенного прикосновения.

Это:

- дополнительная изоляция;
- выравнивание потенциалов;
- защитное экранирование;
- автоматическое отключение источника питания;
- другие меры.

В настоящее время защитное отключение источника питания является одним из наиболее эффективных защитных средств, которое может осуществляться с помощью УЗО.

УЗО также осуществляет защиту электроустановок от возгораний и пожаров, возникающих вследствие протекания токов утечки.

По данным различных источников, локальное возгорание изоляции может быть вызвано довольно незначительной мощностью, выделяемой в месте утечки.

В зависимости от материала и срока службы изоляции эта мощность составляет всего 40...60 Вт. Это означает, что своевременное срабатывание УЗО противопожарного назначения с уставкой 300мА предупредит выделение указанной мощности, и, следовательно, не допустит возгорания.

Одним из ведущих производителей УЗО уже более 50 лет считается немецкая фирма Дюерке, которая в настоящее время поставляет более 1600 различных типов. Фирма Дюерке была образована в 1956г. Центральный офис находится в г.Норден на берегу Северного моря. Там же находится завод по производству УЗО и всех электронных компонентов. Второй завод расположен в г.Бикенриде, основанный в 1992г., он выпускает автоматические выключатели.

Принцип действия УЗО

Основные блоки электромеханического УЗО представлены на структурной схеме на (рис. 1).

Важнейшим функциональным блоком УЗО является дифференциальный трансформатор тока 1 (рис. 2).

В нормальном режиме, при отсутствии дифференциального тока-тока утечки, в силовой цепи по проводникам, проходящим сквозь окно трансформатора тока 1, протекает рабочий ток нагрузки. Проводники, проходящие сквозь окно магнитопровода, образуют встречно включенные первичные обмотки дифференциального трансформатора тока.

Если обозначить ток, протекающий по направлению к нагрузке как I_1 , а от нагрузки I_2 , то справедливо равенство:

$$I_1 = I_2.$$

Равные токи во встречно включенных обмотках наводят в магнитном сердечнике трансформатора тока равные, но векторно встречно направленные магнитные потоки Φ_1 и Φ_2 .

Результирующий магнитный поток Φ_{Σ} равен нулю, ток во вторичной обмотке дифференциального трансформатора тоже равен нулю.

Пусковой орган 2 находится в этом случае в состоянии покоя.

При возникновении утечки тока, вызванной, например, пробоем изоляции на корпус электроприемника или непреднамеренным прикосновением человека к открытым проводящим частям, по фазному проводнику через УЗО кроме тока нагрузки I_1 протекает дополнительный ток – ток утечки I_{Δ} (рис. 3).

Неравенство токов в первичных обмотках ($I_1 + I_{\Delta}$ в фазном проводнике и I_2 , равный I_1 , в нулевом рабочем проводнике) вызывает небаланс магнитных потоков и, как следствие, возникновение во вторичной обмотке трансформированного дифференциального тока I_{Δ} .

Если ток I_{Δ} превышает значение уставки порового элемента 2, последний срабатывает и воздействует на исполнительный механизм 3.

По виду тока утечки УЗО подразделяются на типы:

- УЗО типа АС, реагирующие на синусоидальный ток утечки. Такой ток утечки с частотой сети возникает в устройствах, состоящих из компонентов с линейными или близкими характеристиками (пропорциональная зависимость между напряжением и током). Это компоненты с R, L или C свойствами.

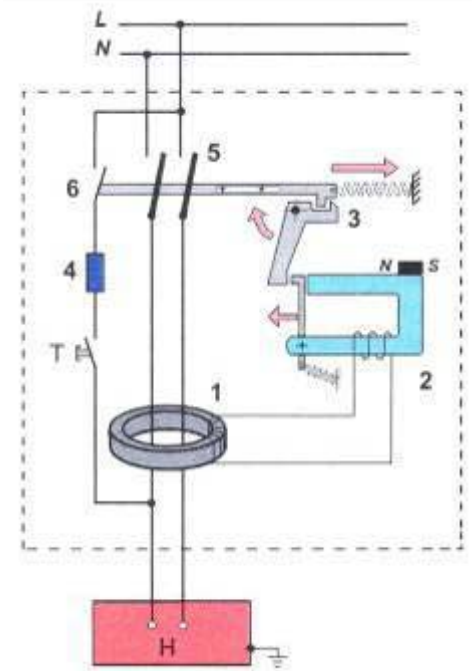


Рис.1

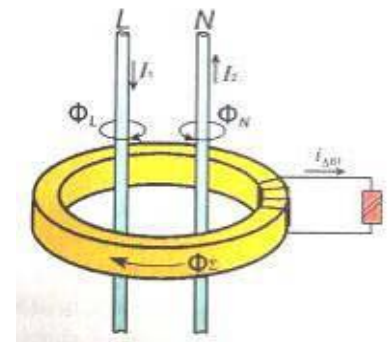


Рис.2

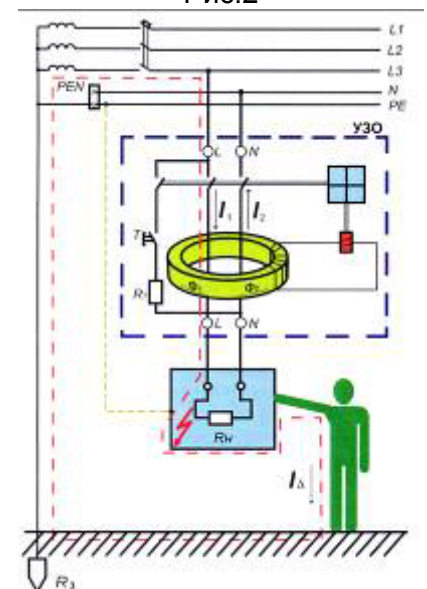


Рис.3

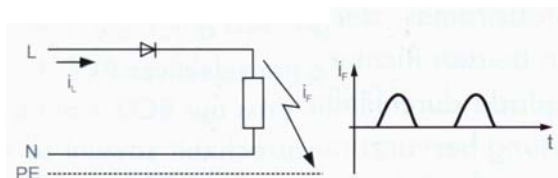


Рис.4

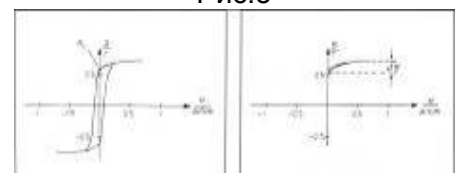


Рис.5

Устройства с нелинейными элементами диодами, транзисторами, тиристорами даже при синусоидальном питающем напряжении могут содержать токи с гармониками высших порядков, среднее значение которых на протяжении периода $\neq 0$, т.е. имеющие постоянную пульсирующую составляющую.

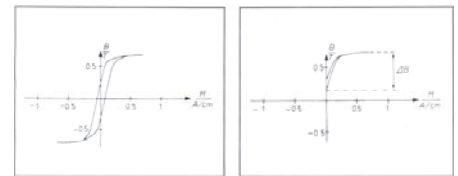


Рис.6

В зависимости от вида и схемы соединений таких электронных компонентов форма тока утечки может сильно отличаться от идеальной синусоиды с "0" в среднем значении.

- для обнаружения таких токов утечки применяют УЗО типа А (рис. 4).

Почему УЗО типа АС не реагирует на пульсирующие токи утечки. Вспомним кривую намагничивания: зависимость индукции магнитного поля B от напряженности H : это так называемая петля гистерезиса (рис. 5).

Пульсирующий постоянный ток неисправности не вызывает срабатывания обычного устройства из-за того, что сердечник трансформатора тока размагничивается только до уровня остаточной магнитной индукции. В результате слишком незначительное изменение магнитного потока индуцирует напряжение, величины которого недостаточно для срабатывания магнитоэлектрического реле.

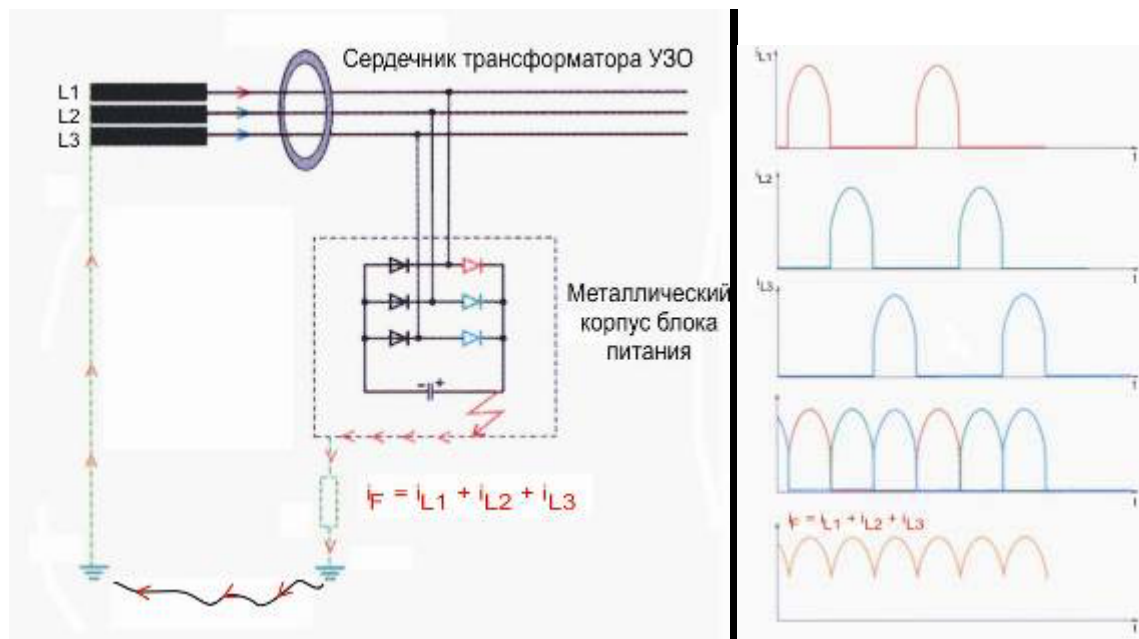


Рис.7

В УЗО типа А эта проблема решается за счет применения материала сердечника с предельно высокой магнитной проницаемостью (рис.6). Вторичная цепь после внесения в нее незначительных изменений может создавать повышенное индуцированное напряжение. Это достигается за счет подключения пассивных элементов – например, конденсаторов с целью образования резонансного контура, в котором индуцированное напряжение повышается до уровня, достаточного для срабатывания реле.

Этот принцип основан на использовании особенности пульсирующего постоянного тока неисправности, заключающийся в том, что такой ток всегда имеет почти одинаковый период нулевого тока, известный как «мертвый период». В течение этого периода сердечник обесточен, а заряженный конденсатор начинает в резонанс отдавать в цепь накопленную энергию. Таким образом, величина магнитного потока меняется, а индуцируемое напряжение, соответственно, повышается.

- УЗО типа В реагирует на токи утечки типа А, а также на постоянные (сглаженные) и переменные с частотой до 1 МГц токи утечки.

В электроустановках с электронными компонентами, которые не имеют гальванической развязки с сетью, могут возникать, в случае коротких замыканий на землю, постоянные токи утечки ($f=0$) либо токи утечки с частотой сильно отличающейся от частоты сети (рис.7).

В качестве примера рассмотрим пробой изоляции промежуточного конденсатора блока питания с мостовой схемой выпрямления В6.

Ток утечки i_F состоит из суммы отдельных токов i_{L1} , i_{L2} и i_{L3} в проводниках L1, L2 и L3. Их магнитные потоки, суммируясь в сердечнике традиционных УЗО типов А или АС, работающих по принципу электромагнитной индукции, образуют поток с постоянной составляющей, которая не только не вызовет срабатывание УЗО, но и затруднит обнаружение (или даже исключит) изменяющихся магнитных потоков.

Другой пример.

Оборудование с силовой электроникой, такое как, например, источники бесперебойного питания, инверторы или частотные преобразователи, генерирует напряжение в виде прямоугольных импульсов, которые с помощью широтно-импульсной модуляции преобразуются на выходе в синусоидальное напряжение необходимой частоты. Поэтому, частотный преобразователь, в случае пробоя изоляции, сможет генерировать токи утечки широкого спектра частот. Например:

- постоянный, $f=0$ Гц;
- сетевой частоты, $f=50$ Гц;
- тактовой частоты, $f=8$ кГц с высшими гармониками 16, 24, 32 кГц и т.д.;
- выходной частоты, $f=10$ Гц;

Для того, чтобы обеспечить надежную защиту для людей и оборудования во всем диапазоне частот, немецкая фирма *Doerke*, выпустила на рынок серию DFS 4B – первые УЗО типа «В» сертифицированные на рынке знаком VDE.

Серия включает две модификации:

- NK - со стандартной частотной характеристикой тока срабатывания
- SK – со специальной частотной характеристикой тока срабатывания

Различие между ними заключается в пороге срабатывания при высоких частотах токов утечки. Для пояснения рассмотрим графики (рис.8):

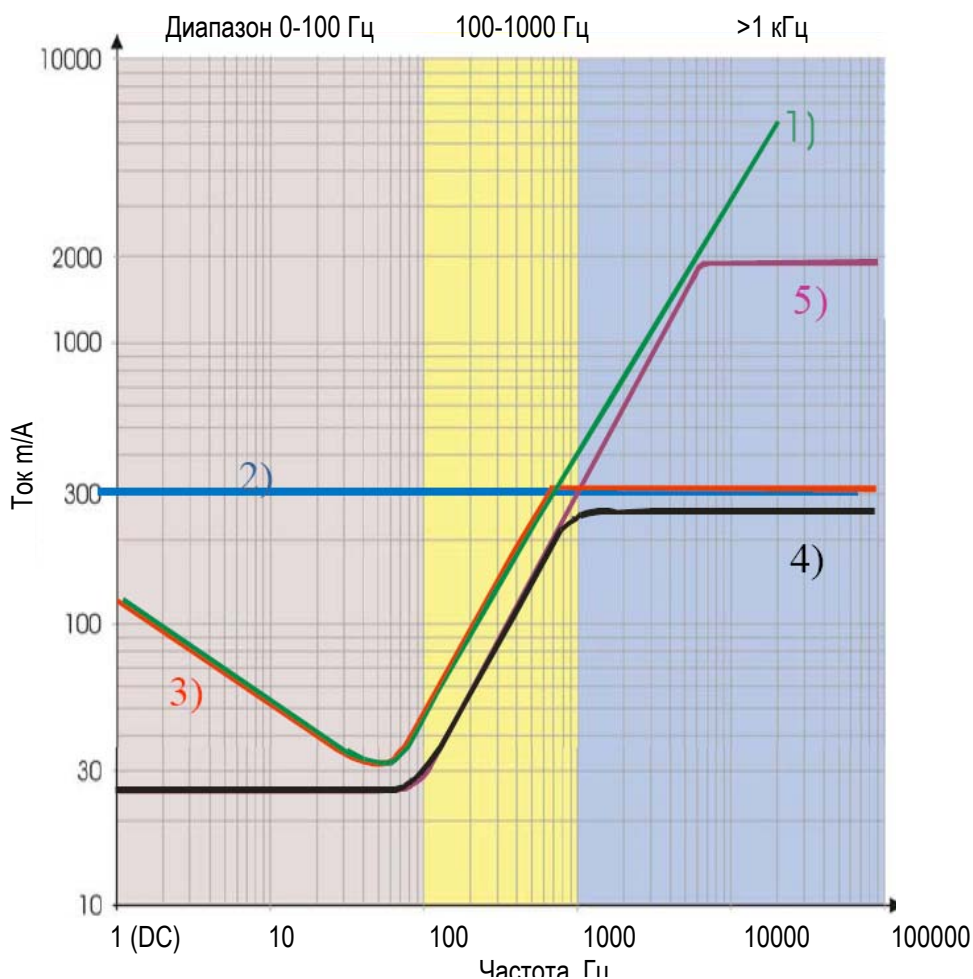


Рис.8

Кривая 1 – кривая опасности для жизни человека; показывает, как реагирует сердце на токи утечки разных частот.

Известно, что при частоте 50 Гц, безопасным считается ток утечки максимум 30 мА. При постоянном токе этот уровень значительно повышается, т.к. человек к постоянному току менее чувствителен. С увеличением частоты, кривая резко уходит вверх. Все токи, находящиеся выше, вызовут фибрилляцию сердечных мышц, в результате чего может наступить смерть.

Если бы УЗО осуществляло только защиту от кардиологического воздействия электрического тока, характеристика срабатывания соответствовала бы кривой 1. Но УЗО должно защитить человека и от других патологических воздействий электрического тока, например, термического и электрохимического. Для исключения этих воздействий, токовая граница должна проходить ниже значения 0,3 А чтобы не вызвать необратимых последствий в организме (кривая 2).

Значение 0,3 А известно также как максимальное значение тока утечки, гарантирующее защиту от возникновения пожара.

Сравнив кривые 1 и 2, видим, что токи утечки частотой менее 600 Гц оказывают кардиологическое воздействие в большей степени, а токи частотой более 600 Гц – патологическое.

Кривая 3 учитывает все возможные механизмы воздействия. Находясь ниже кривых 1 и 2, она соответствует защите при прямом прикосновении.

УЗО с характеристикой В НК должно полностью исключить все опасные воздействия токов утечки во всем диапазоне частот. Поэтому, ток срабатывания УЗО (кривая 4) ни в какой точке не должен превышать граничную кривую 3.

При наличии нескольких частотных преобразователей и/или длинных кабелей к двигателям, УЗО может нежелательно срабатывать из-за высоких токов утечки в диапазоне частот более 1 кГц. Это приводит к производственному браку из-за частых остановок оборудования. Чтобы этого не происходило, ток срабатывания УЗО искусственно завышают (кривая 5).

Естественно, что в этом диапазоне частот чувствительность УЗО понижается – оно может защитить только от косвенного прикосновения.

Конструктивно УЗО типа В состоит из 2 частей:

- *независящей от сетевого напряжения* части для контроля над синусоидальными переменными и пульсирующими постоянными токами утечки частотой 50 Гц (электромагнитной),
- и
- *зависящей от сетевого напряжения* части для контроля за токами утечки, с частотой в диапазоне от 0 Гц до 1 МГц (электронной).

Для питания электронной схемы достаточно всего 30 В (безопасно низкое напряжение) между двумя любыми из 4 проводниками. Если на лицевой панели горит зелёный светодиод, значит напряжения достаточно для работы части типа В, если не горит – работает только части А и АС.

Итак:

Для защиты от прямых, косвенных прикосновений и от возникновения пожара применяются следующие УЗО:

- RCCB – без встроенной защиты от сверхтоков (на **рис.9** – расшифровка кодировки);
- RCBO – со встроенной защитой от сверхтоков;
- CBR – автоматические выключатели с дополнительным расцепителем по току утечки;
- MRCD – модульные устройства защиты, в которых узлы обнаружения тока утечки, оценки и силовой выключатель выполнены в отдельных корпусах.

Монтажное положение УЗО произвольное, подвод питания с любой стороны, только для типов В питание должно заводиться на клеммы 1, 3, 5, 7; сторона потребителя 2, 4, 6, 8. Это связано с необходимостью подачи напряжения для питания электронной схемы.

От 4 полюсного УЗО можно запитывать и 1 фазную нагрузку, используя при этом фазу, к которой подсоединена кнопка – Test.

RCCB

Расшифровка обозначения:

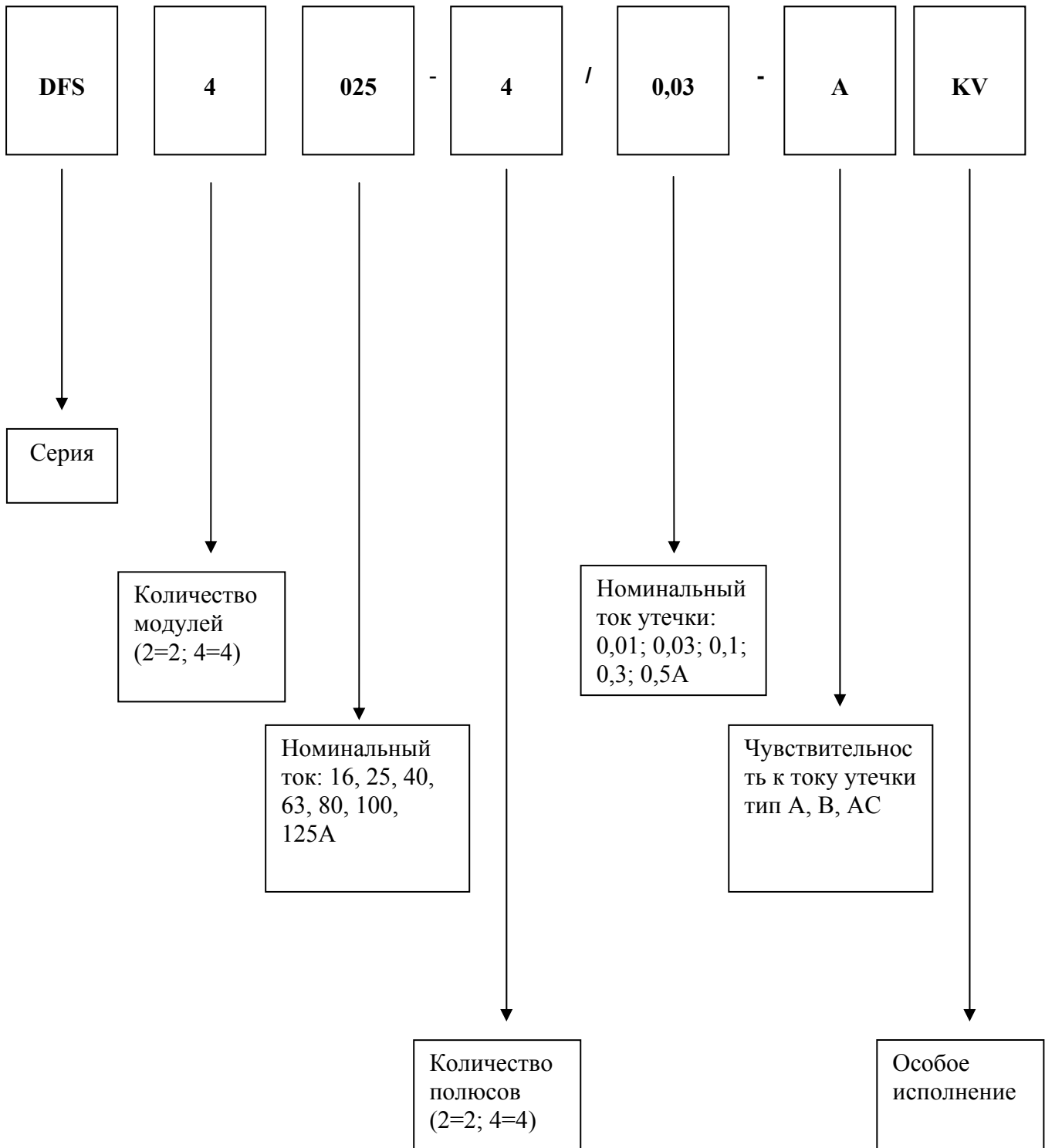


Рис.9

KV – исполнение повышенной стойкости к импульсным токам утечки

Из-за коммутационных или грозовых импульсов перенапряжений возникают импульсы токов утечки благодаря ёмкости оборудования или кабельных линий по отношению к земле. Например, панельные обогреватели или люминесцентные лампы в количестве более 20 штук, будут отключаться при защите их стандартными УЗО. Чтобы отключить такие нежелательные отключения необходимо применить УЗО специальной модели- KV. Задержка срабатывания в 10 мс., позволит пропустить через трансформатор импульс тока формы 8/20 без срабатывания.

Устойчивость к импульсным токам стандартных УЗО составляет > 200А в то время как исполнения KV – 3 кА (по запросу 5 кА).

S – селективные

Селективные УЗО реагируют на ток утечки только после прохождения нескольких периодов сетевой частоты. Этим достигается, например, при последовательном включении второго УЗО избирательность срабатывания, т.е. в случае пробоя изоляции даже при высоких токах утечки сработает только то УЗО, которое ближе к месту повреждения, т.е. УЗО 3 (рис.10)

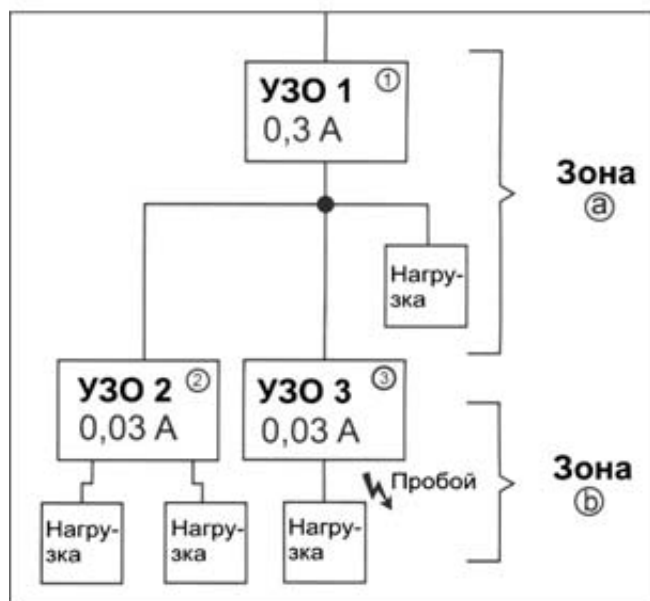


Рис.10

При установке мгновенных УЗО каждый ток утечки $I_{\Delta} > 0.3\text{A}$ в зоне «в» вызовет срабатывание как УЗО 3, так и УЗО 1, отключив всех потребителей. Селективность достигается путем введения задержки до 500мс.

FT – УЗО с функцией дистанционного срабатывания (тестирование)

При этом исполнении контакты встроенной Test – кнопки УЗО дополнительно выводятся на добавочной модуль (0,5 модуля), благодаря чему имеется возможность внешним устройством активировать Test – функцию с сигнализацией срабатывания н.з. контактом.

Сигнал на отключения УЗО может поступить из различных систем аварийных ситуаций, например, противопожарных датчиков.

V500 – УЗО для реализации защиты путём автоматического отключения питания в сетях 290/500 В.

F – то же, только в сетях с частотой $\neq 50$ Гц.

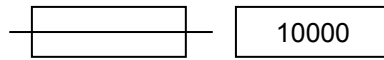
W – УЗО для сетей подогрева ж.д. стрелок на железных дорогах Германии

Un = 290/500В fn = 16 2/3 Гц.

Для УЗО типа В указывается исполнения NK или SK;

УЗО без встроенной защиты от сверхтоков не обладают устойчивостью к токам короткого замыкания, поэтому они должны быть защищены предохранителями или автоматическими выключателями, установленными со стороны источника питания. По этой причине говорят об условной устойчивости УЗО к токам к.з.

УЗО производства Дюерке обладают условной устойчивостью к токам к.з. (I_{пс}) в 10кА, для обеспечения которой требуется установка, добавочных предохранителей на 63А. Данный показатель указывается либо символом на лицевой панели: I_{пс} = 10кА, либо обозначением:



Номинальный ток УЗО должен быть равен или на ступень выше номинального тока защитного устройства.

Стандартный температурный диапазон почти во всех международных нормах составляет - 5° ÷ + 35°С с кратковременным повышением до + 40° на 1 час в сутки. УЗО Дюерке выдерживает более низкие температуры в -25°С, что указывается символом на панели прибора.

В УЗО Дюерке рычаг управления наделён так называемой функцией “Reset”. По положению рычага можно узнать – выключилось ли УЗО из-за тока утечки (среднее положение рычага) или вручную (нижнее положение). Для отмены среднего положения необходимо рычаг передвинуть в нижнее положение – “0” и только потом снова включить.

RCBO – УЗО со встроенной защитой от сверхтоков.

Три расцепителя позволяют осуществлять защиту не только от токов замыканий на землю, но и от перегрузки и коротких замыканий. Дюерке выпускает комбинации FI / LS на токи до 63А (в каталогах до 40А) с I_{дн} = 0,03 и 0,3А.

Характеристика срабатывания В и С. Эти устройства применяются обычно для отдельных потребителей с неизменной мощностью: газетные киоски, рекламные щиты.

CBR – выключатели с дополнительным расцепителем по току утечки.

Это приборы серии DFL 8 с номинальным током от 100 до 250А.

С фиксированным током утечки 0,03А или (в исполнении X) выбираемым из ряда 0,3-0,5-1,0-3,0А.

Без задержки срабатывания или (в исполнении X) выбираемой из ряда 60-150-300-450мс, благодаря чему можно добиться селективности срабатывания. Устойчивость к токам к.з. – 5кА.

MRCB – УЗО модульной конструкции

Дюерке выпускает УЗО с номинальным током до 125А. в случае больших токов и следовательно больших сечений проводников применяются УЗО модульной конструкции в которых узлы обнаружения тока утечки, его оценки и выключающее устройство находятся не в одном, а в отдельных корпусах. Трансформатор тока состоит только из вторичной обмотки. В качестве первичной обмотки выступает кабель, который пропускается через окно трансформатора. Окно 4 размеров от 35 до 140 мм в диаметре, должно быть максимально заполнено проводниками.

Приборы контроля дифференциального тока DMD 1, DMD 2, 2E и DMD 3.

Предназначены для контроля электроустановок, которые в случае нарушения изоляции между токоведущими частями и землёй, не должны сразу отключаться. Сюда можно отнести оборудование с непрерывным циклом работы (литьё), либо оборудование, которое должно закончить цикл перед отключением (металло и деревообрабатывающие станки, типографское оборудование). В этих случаях необходимо обнаружить ток утечки на ранней стадии и устранить аварию прежде, чем оборудование выйдет из строя.

DMD 1 – простейший прибор с фиксированным уровнем тока утечки 30mA и фиксированной задержкой срабатывания.

Полупроводниковый выход позволяет вывести сигнализацию, например, в комнату дежурного персонала на сигнализационную панель DMD – P.

DMD 2 – прибор с возможностью установки уровня срабатывания 30-100-300-1000mA и времени задержки 0,1-1,0с.

- постоянная индикация уровня на светодиодной шкале;
- релейный контакт позволяет подключить другие приборы для дистанционной сигнализации.

DMD 2E – исполнение прибора контроля с отдельным трансформатором тока. Аналогично модульным УЗО.

DMD 3 – для токов утечки типа В.

Два переключающих контакта:

- для предупредительной сигнализации (10-90% от $I_{\Delta n}$), чтобы можно было закончить рабочий цикл;
- для основной сигнализации (100% $I_{\Delta n}$).

Задержка срабатывания устанавливается в диапазоне 0,1 – 1,0с.

Два исполнения: NK и SK с различными вариантами установки тока утечки: 0,03-0,1-0,3А или 0,3-0,5-1,0А.

Привод дистанционного управления DFA

Предназначен для дистанционного управления и контроля УЗО (2 и 4 полюсными) и автоматами (1-3 полюсными). С помощью **DFA** можно вкл.и выкл. УЗО и АВ а случае УЗО ещё и вызывать срабатывание, имитируя возникновение тока утечки. Текущее состояние **DFA** (вкл., выкл., сраб.) сигнализируется встроенным релейным контактом. Переключатель ВКЛ-АВТО-ВЫКЛ. позволяет заблокировать возможность дистанционного управления, например, при проведении профилактических работ в распределителе. В положении Auto привод в случае срабатывания, через 15сек. делает один раз попытку автоматического включения. Устанавливается слева защёлкиванием скобы.

Область применения – удалённые, отдельно стоящие предприятия или установки – насосные, очистные сооружения, ветросиловые установки, радиопередающие установки, телекоммуникационные установки.

DFA не влияет на работу УЗО и АВ.

Для выполнения функции срабатывания ток утечки **DFA** должен совпадать с I_{Δ} УЗО. Для этого под крышкой **DFA** – переключатель на 0,03; 0,1; 0,3; 0,5А.

Дополнительный контакт DHi 2

Устанавливается слева от УЗО защёлкиванием. Для этого на УЗО отвёрткой выламывается отверстие для штифта механизма срабатывания. Рычаги соединяются осью. Перед монтажом в распределительный щит отвёрткой устанавливается необходимая функция. (переключатель на 2 положения на боковой поверхности контакта):

- дополнительный контакт: срабатывание происходит только при включении или выключении;
- сигнальный контакт: индикация срабатывания УЗО. На включение и выключение не реагирует.