

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
Высшего профессионального образования
Санкт-Петербургский Государственный Политехнический Университет
Кафедра электротехники и электроэнергетики

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ И ЭЛЕКТРОННЫЕ АППАРАТЫ

Устройства защитного отключения

Лабораторная работа № 2.

Ознакомление с принципом действия автоматических выключателей.

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Изучить назначение, принцип действия устройств защитного отключения (УЗО).
Исследовать характеристики УЗО и методы проведения испытаний УЗО

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

Устройство защитного отключения (сокр. **УЗО**; более точное название: *устройство защитного отключения, управляемое дифференциальным (остаточным) током*, сокр. **УЗО–Д**) или **выключатель дифференциального тока (ВДТ), автоматический выключатель, управляемый дифференциальным током или защитно-отключающее устройство (ЗОУ)** — механический коммутационный аппарат или совокупность элементов, которые при достижении (превышении) дифференциальным током заданного значения при определённых условиях эксплуатации должны вызвать размыкание контактов. Может состоять из различных отдельных элементов, предназначенных для обнаружения, измерения (сравнения с заданной величиной) дифференциального тока и замыкания и размыкания электрической цепи (разъединителя).

Основная задача УЗО — защита человека от поражения электрическим током и от возникновения пожара, вызванного утечкой тока через изношенную изоляцию проводов и некачественные соединения.

При малых токах замыкания, снижении уровня изоляции, а также при обрыве нулевого защитного проводника зануление недостаточно эффективно, поэтому в этих случаях УЗО является единственным средством защиты человека от электропоражения .

Широкое применение также получили комбинированные устройства, совмещающие в себе УЗО и устройство защиты от сверхтока, такие устройства называются УЗО–Д со встроенной защитой от сверхтоков, либо просто **диффавтомат**. Часто диффавтоматы снабжаются специальной индикацией, позволяющей определить, по какой причине произошло срабатывание (от сверхтока или от дифференциального тока).



Рис. 1. Устройства защитного отключения производства фирмы АВВ.

Назначение и функции УЗО. Принцип действия УЗО.

УЗО предназначены для

* Защиты человека от поражения электрическим током при **косвенном прикосновении** (прикосновение человека к открытым проводящим нетоковедущим частям электроустановки, оказавшимся под напряжением в случае повреждения изоляции), а также при **непосредственном прикосновении** (прикосновение человека к токоведущим частям электроустановки, находящимся под напряжением). Данную функцию обеспечивают УЗО соответствующей чувствительности (ток отсечки не более 30мА).

- Предотвращения возгораний при возникновении токов утечки на корпус или на землю.

УЗО может значительно улучшить безопасность электроустановок, но оно не может полностью исключить риск поражения электрическим током или пожара. УЗО не реагирует на аварийные ситуации, если они не сопровождаются утечкой из защищаемой цепи. В частности, УЗО не реагирует на короткие замыкания между фазами и нейтралью.

Также УЗО некорректно работает при совмещении заземления с нейтральным проводом.

УЗО также не сработает, если человек оказался под напряжением, но утечки при этом не возникло, например, при прикосновении пальцем одновременно и к фазному, и к нулевому проводникам. Предусмотреть электрическую защиту от таких прикосновений невозможно, так как нельзя отличить протекание тока через тело человека от нормального протекания тока в нагрузке. В подобных случаях действительны только механические защитные меры (изоляция, непроводящие коврики и т. п.), а также отключение электроустановки перед ее обслуживанием.

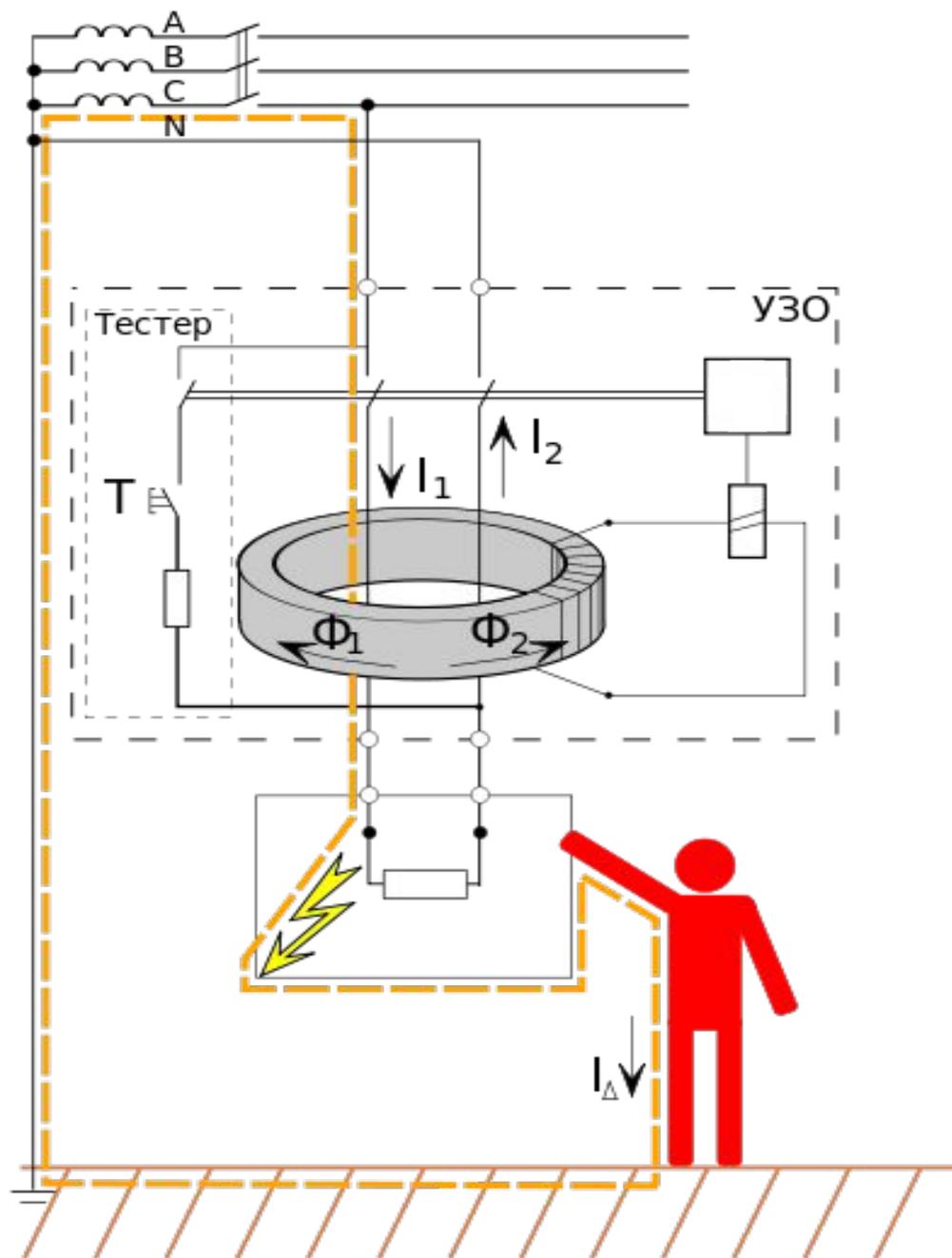


Рис. 2. Принцип действия УЗО

Принцип работы УЗО

Принцип работы УЗО основан на измерении баланса токов между входящими в него токоведущими проводниками с помощью дифференциального трансформатора тока. Если баланс токов нарушен, то УЗО немедленно размыкает все входящие в него контактные группы, отключая таким образом неисправную нагрузку.

УЗО измеряет алгебраическую сумму токов, протекающих по контролируемым проводникам (двум для однофазного УЗО, четырьмя для трехфазного и т. д.): в нормальном состоянии ток, «втекающий» по одним проводникам, должен быть равен току, «вытекающему» по другим, то есть сумма токов, проходящих через УЗО равна нулю (точнее, сумма не должна превышать допустимое значение). Если же сумма превышает допустимое значение, то это означает, что часть тока проходит мимо УЗО, то есть контролируемая электрическая цепь неисправна — в ней имеет место утечка.

С точки зрения вопросов электробезопасности УЗО принципиально отличаются от устройств защиты от сверхтока (предохранителей) тем, что УЗО предназначены именно для защиты от поражения электрическим током, поскольку они срабатывают при утечках тока значительно меньших, чем предохранители (обычно от 2 ампер и более для бытовых предохранителей, что во много раз превышает смертельное для человека значение). УЗО должны срабатывать за время не более 25-40 мс, то есть до того, как электрический ток, проходящий через организм человека, вызовет фибрилляцию сердца — наиболее частую причину смерти при поражениях электрическим током.

УЗО с отключающим дифференциальным током порядка 300 мА и более иногда применяются для защиты больших участков электрических сетей (например, в компьютерных центрах), где низкий порог привел бы к ложным срабатываниям. Такие низкочувствительные УЗО выполняют противопожарную функцию и не являются эффективной защитой от поражения электрическим током.

Устройство УЗО.

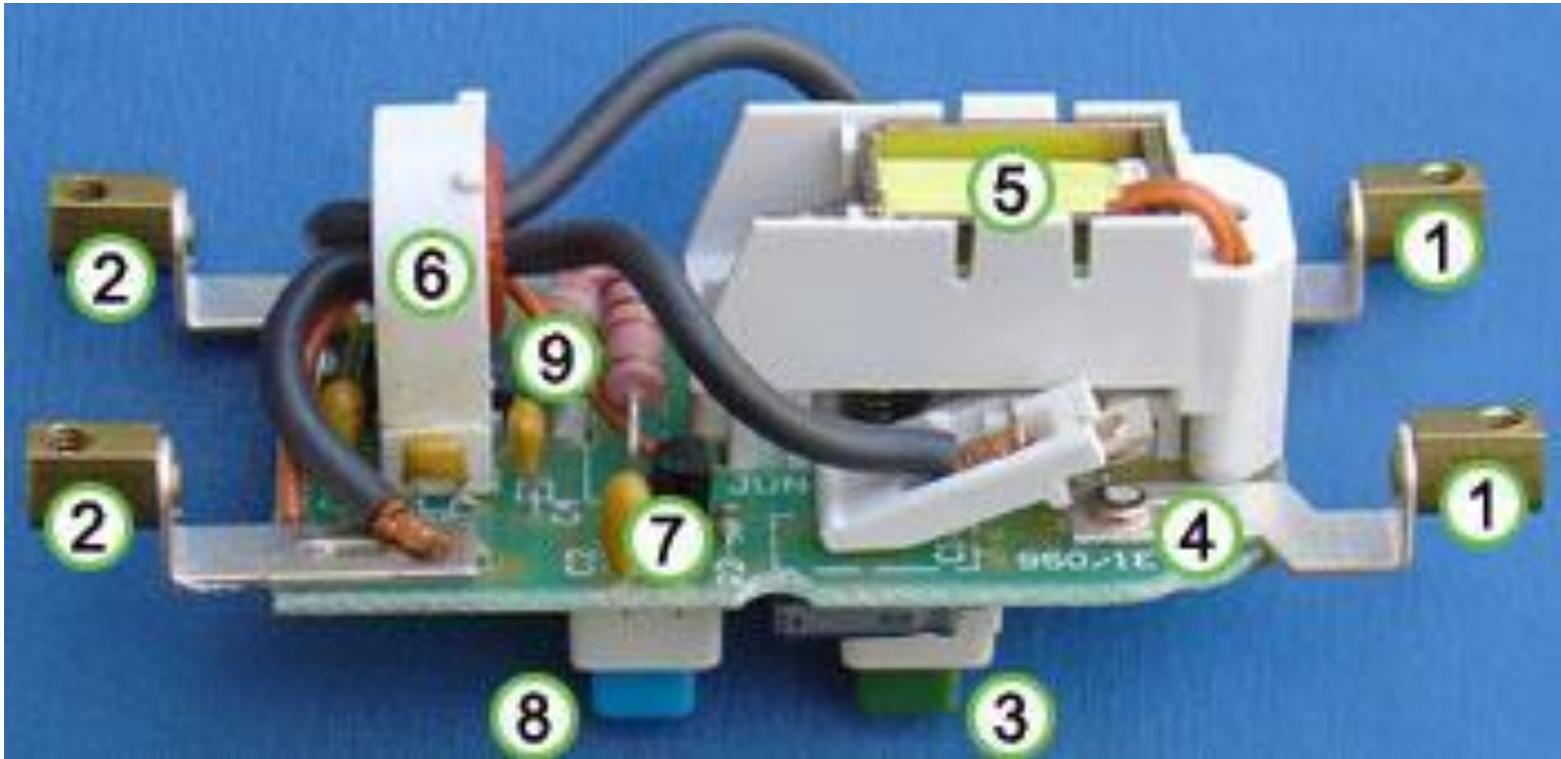


Рис. 3. Устройство УЗО

На рисунке 2 показано внутреннее устройство одного из типов УЗО. Данное УЗО предназначено для установки в разрыв шнура питания, его номинальный ток 13 А, отключающий дифференциальный ток 30 мА. Данное устройство является:

- * УЗО со вспомогательным источником питания.
 - * выполняющим автоматическое отключение при отказе вспомогательного источника.
- Это означает, что УЗО может быть включено только при наличии питающего напряжения, при пропадании напряжения оно автоматически отключается (такое поведение повышает безопасность устройства).

Устройство УЗО

Фазный и нулевой проводники от источника питания подключаются к контактам (1), нагрузка УЗО подключается к контактам (2). Проводник защитного заземления (РЕ-проводник) к УЗО никак не подключается.

При нажатии кнопки (3) контакты (4) (а также еще один контакт, скрытый за узлом (5)) замыкаются, и УЗО пропускает ток. Соленоид (5) удерживает контакты в замкнутом состоянии после того, как кнопка отпущена.

Катушка (6) на тороидальном сердечнике является вторичной обмоткой дифференциального трансформатора тока, который окружает фазный и нулевой проводники. Проводники проходят сквозь тор, но не имеют электрического контакта с катушкой. Ток, текущий по фазному проводнику, точно равен току, текущему по нулевому проводнику, однако эти токи противоположны по направлению. Таким образом, токи взаимно компенсируют друг друга и в катушке дифференциального трансформатора тока ЭДС отсутствует. Любая утечка тока из защищаемой цепи на заземленные проводники (например, прикосновение человека, стоящего на мокром полу, к фазному проводнику) приводит к нарушению баланса в трансформаторе тока: через фазный проводник «втекает больше тока», чем возвращается по нулевому (часть тока утекает через тело человека, то есть помимо трансформатора). Несбалансированный ток в первичной обмотке трансформатора тока приводит к появлению ЭДС во вторичной обмотке. Эта ЭДС сразу же регистрируется следящим устройством (7), которое отключает питание соленоида (5). Отключенный соленоид больше не удерживает контакты (4) в замкнутом состоянии, и они размыкаются под действием силы пружины, обесточивая неисправную нагрузку.

Устройство спроектировано таким образом, что отключение происходит за доли секунды, что значительно снижает тяжесть последствий от поражения электрическим током.

Кнопка проверки (8) позволяет проверить работоспособность устройства путем пропускания небольшого тока через оранжевый тестовый провод (9). Тестовый провод проходит через сердечник трансформатора тока, поэтому ток в тестовом проводе эквивалентен нарушению баланса токонесущих проводников, то есть УЗО должно отключиться при нажатии на кнопку проверки. Если УЗО не отключилось, значит оно неисправно и должно быть заменено.

Основные виды классификации УЗО.

По способу установки

стационарные с монтажом стационарной электропроводкой
переносные с монтажом гибкими проводами с удлинителями

По числу полюсов

однополюсные двухпроводные
двухполюсные
двухполюсные трехпроводные
трехполюсные
трехполюсные четырехпроводные
четыреполюсные

По виду защиты от сверхтоков и перегрузок по току

без встроенной защиты от сверхтоков
со встроенной защитой от сверхтоков
со встроенной защитой от перегрузки
со встроенной защитой от коротких замыканий

По способу действия

УЗО–Д без вспомогательного источника питания
УЗО–Д со вспомогательным источником питания:

По возможности регулирования отключающего дифференциального тока

нерегулируемые
Регулируемые

По условиям функционирования

УЗО–Д типа АС — устройство защитного отключения, реагирующее на переменный синусоидальный дифференциальный ток, возникающий внезапно, либо медленно возрастающий;
УЗО–Д типа А -- устройство защитного отключения, реагирующее на переменный синусоидальный дифференциальный ток и пульсирующий постоянный дифференциальный ток, возникающие внезапно, либо медленно возрастающие;
УЗО–Д типа В. УЗО реагирует на переменный, постоянный и выпрямленный дифференциальные токи.
УЗО–Д типа S - селективное (с выдержкой по времени отключения), это может быть необходимо там, где используется АВР.
УЗО–Д типа G - то же что и S, но с меньшей выдержкой времени.

Нормируемые параметры УЗО (ГОСТ Р 50807-95)

1.Номинальное напряжение (U_n) - действующее значение напряжения, при котором обеспечивается работоспособность УЗО.

$$U_n = 220, 380 \text{ В.}$$

2.Номинальный ток нагрузки (I_n) - значение тока, которое УЗО может пропускать в продолжительном режиме работы.

$$I_n = 6; 16; 25; 40; 63; 80; 100; 125 \text{ А.}$$

3.Номинальный отключающий дифференциальный ток (I_{Dn}) - значение дифференциального тока, которое вызывает отключение УЗО при заданных условиях эксплуатации.

$$I_{Dn} = 0,006; 0,01; 0,03; 0,1; 0,3; 0,5 \text{ А.}$$

4.Номинальный неотключающий дифференциальный ток (I_{Dn0}) - значение дифференциального тока, которое не вызывает отключение УЗО при заданных условиях эксплуатации.

$$I_{Dn0} = 0,5 I_{Dn}.$$

5.Предельное значение неотключающего сверхтока (I_{nm}) - минимальное значение неотключающего сверхтока при симметричной нагрузке двух и четырехполюсных УЗО или несимметричной нагрузке четырехполюсных УЗО.

$$I_{nm} = 6 I_n.$$

6.Сверхток - любой ток, который превышает номинальный ток нагрузки.

7.Номинальная включающая и отключающая способность (коммутационная способность) (I_m) - действующее значение ожидаемого тока, который УЗО способно включить, пропускать в течение своего времени размыкания и отключить при заданных условиях эксплуатации без нарушения его работоспособности.

$$\text{Минимальное значение } I_m = 10 I_n \text{ или } 500 \text{ А (выбирается большее значение).}$$

8.Номинальная включающая и отключающая способность по дифференциальному току (I_{Dm}) - действующее значение ожидаемого дифференциального тока, которое УЗО способно включить, пропускать в течение своего времени размыкания и отключить при заданных условиях эксплуатации без нарушения его работоспособности.

$$\text{Минимальное значение } I_{Dm} = 10 I_n \text{ или } 500 \text{ А (выбирается большее значение).}$$

9.Номинальный условный ток короткого замыкания (I_{nc}) - действующее значение ожидаемого тока, которое способно выдержать УЗО, защищаемое устройством защиты от коротких замыканий, при заданных условиях эксплуатации, без необратимых изменений, нарушающих его работоспособность.

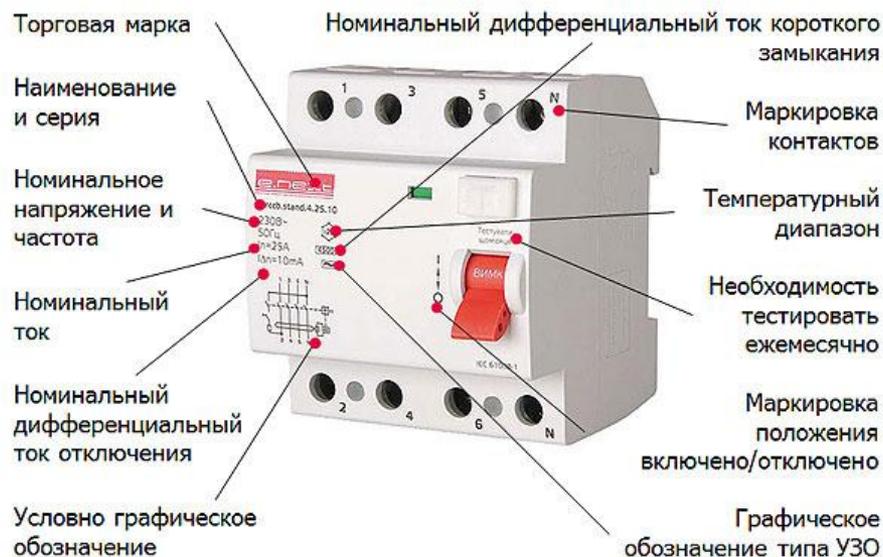
$$I_{nc} = 3000; 4500; 6000; 10\ 000 \text{ А.}$$

10.Номинальный условный дифференциальный ток короткого замыкания (I_{Dc}) - действующее значение ожидаемого дифференциального тока, которое способно выдержать УЗО, защищаемое устройством защиты от коротких замыканий при заданных условиях эксплуатации без необратимых изменений, нарушающих его работоспособность.

$$I_{Dc} = 3000; 4500; 6000; 10\ 000 \text{ А.}$$

Маркировка и другая информация об изделии

1. Наименование или торговый знак (марка) изготовителя.
2. Обозначение типа, номера по каталогу или номера серии.
3. Номинальное напряжение U_n .
4. Номинальная частота, если УЗО разработано для частоты, отличной от 50 и (или) 60 Гц.
5. Номинальный ток нагрузки I_n .
6. Номинальный отключающий дифференциальный ток I_{Dn} .
7. Номинальная наибольшая включающая и отключающая коммутационная способность I_m .
8. Номинальный условный ток короткого замыкания I_{nc} .
9. Степень защиты (только в случае ее отличия от IP20);
10. Символ [S] для устройств типа S, [G] для устройств типа G.
11. Указание, что УЗО функционально зависит от напряжения сети, если это имеет место.
12. Обозначение органа управления контрольным устройством - кнопки "Тест" - буквой Т.
13. Схема подключения.
14. Рабочая характеристика: тип АС - символ 
тип А - символ 



Селективность работы УЗО

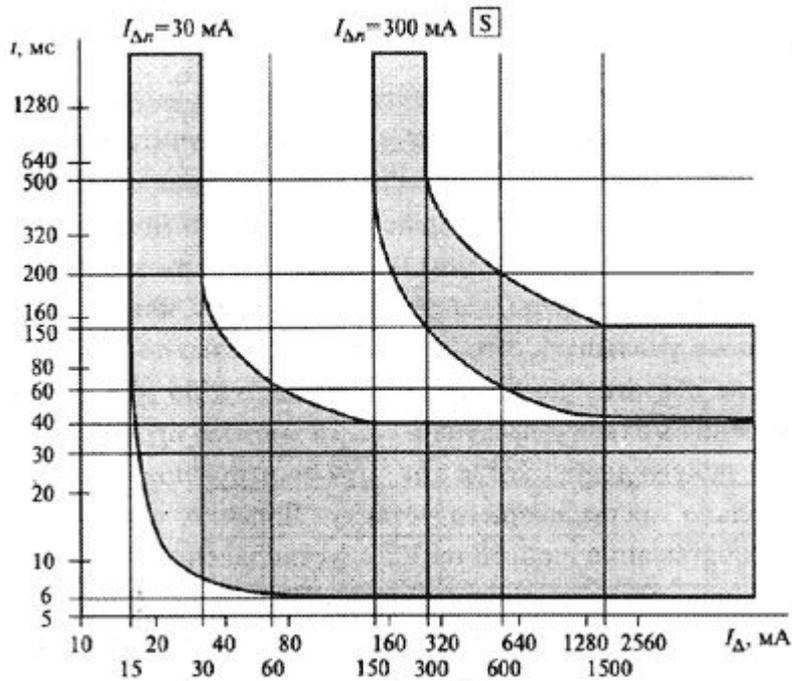


Рис 4. Времятоковые характеристики УЗО

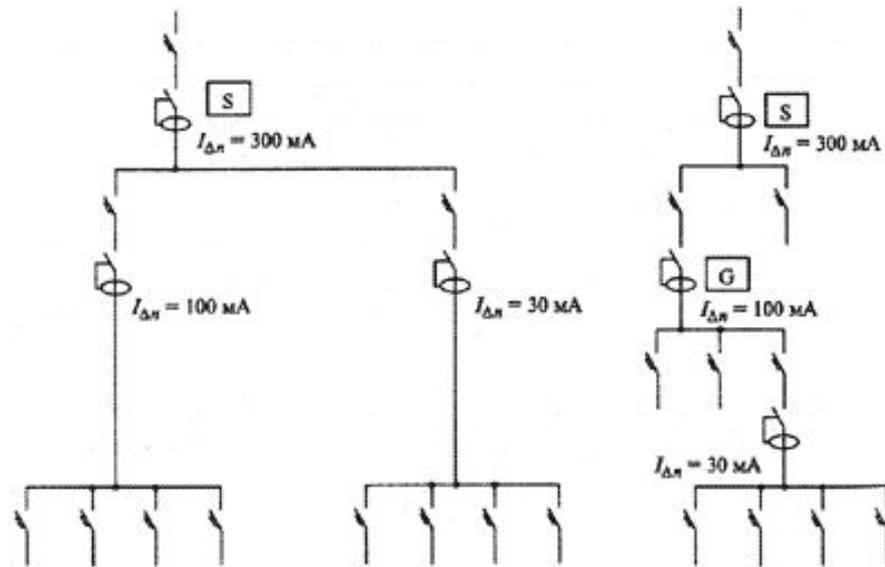


Рис 5. Примеры схем с 2-мя и 3-мя уровнями селективности

В силу очень высокого быстродействия УЗО практически невозможно обеспечить селективность действия УЗО по току при значениях уставок на соседних ступенях защиты, например, 10 и 30 мА, или 30 и 100 мА. Необходимо также учитывать, что на практике утечка тока в электроустановке вовсе не обязательно плавно увеличивается по мере старения изоляции, появления мелких дефектов и т.д. Возможны пробой изоляции или ее серьезное повреждение, когда ток утечки мгновенно достигает значения, значительно превышающего уставку. Логично, что в этих случаях возможно срабатывание любого из УЗО, установленных последовательно в цепи.

Селективность работы УЗО может быть обеспечена применением модификаций УЗО с выдержкой времени срабатывания (УЗО с индексами S или G).

Порядок контроля УЗО при сертификации электроустановок

1. Проверки фиксации органа управления УЗО в двух четко различающихся положениях: "Вкл" и "Откл";
2. Проверки при включенном рабочем напряжении путем нажатия кнопки "Тест" (пятикратно);
3. Замера отключающего дифференциального тока УЗО специальным прибором
4. Замера "фоновый" тока утечки электроустановки в зоне защиты каждого УЗО специальным прибором и сопоставление его с номинальным отключающим дифференциальным током (уставкой срабатывания) УЗО;
5. Проверки работоспособности всей системы электрозащиты на базе УЗО в электроустановке в целом путем имитации тока утечки в вероятных местах контакта человека с токопроводящими частями электрооборудования.

Выбор УЗО

Основные критерии:

- Напряжение сети;
- Количество полюсов;
- Выпускаются на номинальный ток нагрузки;
- Дифференциальный ток на который реагирует УЗО (ток утечки);
- По типу дифференциального тока;

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

- 1) Что такое автоматическое устройство защитного отключения(УЗО)?
- 2) Каково назначение УЗО?
- 3) Опишите устройство УЗО.
- 4) В каких случаях УЗО не срабатывает?
- 5) Почему защитный проводник не проходит через обмотку УЗО?
- 6) Чем УЗО принципиально отличается от предохранителя?
- 7) Как классифицируют УЗО?
- 8) Область применения УЗО.
- 9) Принципиально опишите испытательную установку.
- 10) Объясните регламент испытаний