

СИБИРСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ ГЕОДЕЗИЧЕСКАЯ АКАДЕМИЯ
Кафедра техносферной безопасности

**ОПИСАНИЕ
ПРАКТИЧЕСКИХ
РАБОТ**

Новосибирск

СИБИРСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ ГЕОДЕЗИЧЕСКАЯ АКАДЕМИЯ
Кафедра техносферной безопасности

**ИССЛЕДОВАНИЕ ОПАСНОСТИ ПОРАЖЕНИЯ ЧЕЛОВЕКА ТОКОМ
В ТРЁХФАЗНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ
НАПРЯЖЕНИЕМ ДО 1000 В**

Расчетно-практическая работа

Новосибирск 2013

Цель работы: ознакомиться с приёмами исследования опасности поражения током в трёхфазных сетях переменного тока напряжением до 1000 В и изучить технические способы защиты от такого поражения.

Порядок выполнения

1. Ознакомиться с общими сведениями.

2. Оценить согласно варианту (табл. 1) по величине тока, проходящего через тело человека, опасность прикосновения к фазе двух типов трёхфазных электросетей:

- четырёхпроводной с глухозаземлённой нейтралью
- трёхпроводной с изолированной нейтралью

В каждой сети рассмотреть с использованием эквивалентных схем по два случая прикосновения:

- с учётом сопротивления обуви ($R_{об}$) и пола ($R_{пол}$);
- без учёта сопротивления $R_{об}$ и $R_{пол}$ (принять их равными нулю) и сделать вывод о влиянии этих сопротивлений на степень поражения электрическим током.

3. Сравнить между собой трёхфазные электросети по степени опасности поражения человека током.

4. Ознакомиться и законспектировать сведения о причинах поражения электрическим током и технических способах и средствах защиты от поражения ими.

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Известно, что электрическая энергия удобнее и безопаснее любой из известных форм энергий. Однако и при её использовании существуют определённая вероятность поражения человека током.

Все случаи поражения человека током являются результатом замыкания электрической цепи через его тело, или, иначе говоря, результатом прикосновения человека к двум точкам цепи, между которыми существует напряжение. Опасность такого прикосновения оценивается силой тока (I_h), проходящего через тело человека. Величину силы тока определяет закон Ома:

$$I_h = \frac{U}{R}, \quad (1)$$

где U - напряжение, под которое попал человек, В;

R - полное сопротивление участка цепи, элементом которой стал человек, Ом.

Из формулы (1) видно, что сила зависит от двух величин – напряжение и сопротивления. Такая зависимость подсказывает два главных подхода в обеспечении безопасности человека от поражения током – снижение напряжения и увеличение сопротивления. Однако, это самые общие соображения.

Углубляясь же в анализ условий поражения человека током, можно отметить, что степень поражения человека электрическим током зависит от того:

- в какую электрическую сеть он включился;
- каким оказалось включение.

В системе энергоснабжения используются два вида электросетей:

- трёхфазная электросеть с глухозаземлённой нейтралью (4-х проводная);
- трёхфазная электросеть с изолированной нейтралью (3-х проводная).

Глухозаземлённой нейтралью называется нейтраль трансформатора или генератора, присоединённая к заземляющему устройству непосредственно или через малое сопротивление (2 – 8 Ом).

Изолированной нейтралью называется нейтраль трансформатора или генератора, не присоединённая к заземляющему устройству или присоединённая через аппараты, компенсирующие ёмкостный ток в сети, трансформатор напряжения или другие аппараты, имеющие большое сопротивление.

Прикосновение (включение) к токоведущим элементам в трёхфазных сетях может быть однофазным и двухфазным.

Однофазное включение – это прикосновение к одной фазе электроустановки, находящейся под напряжением.

При этом электрическая цепь тока, проходящего через человека, включает в себя, кроме сопротивления тела человека (R_h), также сопротивление пола ($R_{пол}$), сопротивление обуви ($R_{об}$) и заземление нейтрали источника тока (R_0).

В случае прикосновения человека к фазному проводу трёхфазной сети с глухозаземлённой нейтралью ток будет:

$$I_h = \frac{U}{R} = \frac{U_\phi}{R} = \frac{U_l}{\sqrt{3} (R_h + R_{об} + R_{пол} + R_0)}, \quad (2)$$

где U_ϕ - фазное напряжение, В = 220;

U_l - линейное напряжение, В = 380;

$R_0 = 4$ Ом.

А в случае прикосновения человека к фазному проводу трёхфазной сети с изолированной нейтралью ток будет:

$$I_h = \frac{U_\phi}{\dots}, \quad (3)$$

$$R_h + R_{об} + R_{пол} + R_u/3$$

где R_u - сопротивление изоляции проводов.

Двухфазное включение - это одновременное прикосновение к двум фазам электроустановки, находящейся под напряжением. При этом человек находится под линейным напряжением, которое в $\sqrt{3}$ раза больше фазного. Такое включение наиболее опасно. Силу тока, проходящего через тело человека, определяют при этом соотношением:

$$I_h = \frac{U}{R} = \frac{\sqrt{3} \times U_\phi}{R_h} = \frac{U_l}{R_h}, \quad (4)$$

где, обозначения те же.

2. ЗАДАЧИ

№ 1. Определить по варианту (табл. 1) силу тока, проходящего через тело человека, при однофазном его прикосновении к незаземленным токоведущим частям трёхфазной электросети с глухозаземлённой нейтралью с учётом и без учёта сопротивлений пола и обуви. После расчётов сделать вывод об их влиянии на степень поражения электрическим током.

№ 2. Определить по варианту (табл. 1) силу тока, проходящего через тело человека, при однофазном его прикосновении к незаземленным токоведущим частям электросети с изолированной нейтралью с учётом и без учёта сопротивлений пола и обуви. По результатам расчётов сделать вывод о влиянии сопротивлений пола и обуви на степень опасности поражения током, а также сравнить по степени электробезопасности оба типа электросетей.

Таблица 1

ПОКАЗАТЕЛИ	ВАРИАНТЫ									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Сопротивление тела человека, R_h (кОм)	1.2	0.9	1.1	1.0	1.3	0.8	0.9	1.25	1.5	1.35
Сопротивление изоляции проводов, R_u (кОм)	500	700	600	550	750	800	900	1200	850	1000
Сопротивление пола $R_{пол}$ (кОм)	1.4	1.6	2.2	2.0	1.8	1.5	2.5	2.4	3.0	3.5
Сопротивление обуви, $R_{об}$ (кОм)	1.5	7.5	5.5	6.0	2.5	3.0	4.0	1.9	5.0	4.8

3. ОСНОВНЫЕ ПРИЧИНЫ ПОРАЖЕНИЯ ЧЕЛОВЕКА ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ТОКОМ

1. Случайное прикосновение или приближение на опасное расстояние к токоведущим частям электроустановки.
2. Прикосновение к незаземлённым корпусам машин и трансформаторов с повреждённой изоляцией.
3. Несоблюдение правил технической эксплуатации электроустановок.
4. Работа с неисправными ручными электроинструментами.
5. Работа без защитных изолирующих и предохранительных приспособлений.
6. Шаговое напряжение на поверхности земли в результате обрыва токонесущего провода.

4. ТЕХНИЧЕСКИЕ СПОСОБЫ ЗАЩИТЫ ОТ ПОРАЖЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ТОКОМ.

1. Защитное заземление – это преднамеренное электрическое соединение с землёй или её эквивалентом металлических нетоковедущих частей, которые могут оказаться под напряжением. Суть заземления заключается в том, что все конструкции из металла, могущие оказаться под напряжением, соединяют с заземляющим устройством через малое сопротивление. Это сопротивление должно быть во много раз меньше, чем сопротивление человека ($R_h = 1000$ кОм). В случае замыкания на корпус аппарата основная часть тока пройдёт через заземляющее устройство (рис. 4).

2. Защитное зануление - это преднамеренное электрическое соединение с нулевым защитным проводником металлических нетоковедущих частей, которые могут оказаться под напряжением. Такое электрическое соединение превращает всякое замыкание токоведущих частей на землю в однофазное короткое замыкание, а это обеспечивает срабатывание «защиты» (предохранителей, автоматов и пр.), отключение повреждённой установки от питающей сети (рис. 5).

3. Защитное отключение. При нём используют реле напряжения, соединённое с металлическими нетоковедущими частями оборудования, которые могут оказаться под напряжением. При замыкании фазы на корпус, при снижении сопротивления изоляции фаз

или при появлении в сети более высокого напряжения происходит автоматическое отключение электроустановки от источника питания (рис. 6).

4. Выравнивание потенциалов. Для этого снижают напряжение (сближают потенциалы) между точками электрической цепи, к которым человек может прикоснуться и на которых может стоять.

5. Малые напряжения (не более 420 В) уменьшают опасность поражения человека электрическим током. Их используют для питания электроинструмента, светильников местного освещения, переносных ламп в помещениях с повышенной опасностью и особо опасных.

6. Электрическое разделение сети. Сеть разделяют на отдельные, не связанные между собой участки, с использованием отдельных трансформаторов (на каждый электроприёмник свой трансформатор). Эти трансформаторы электроприёмники от общей сети и, следовательно, предотвращают воздействие на них токов утечки, замыканий на землю. Тем самым исключаются условия, которые могут привести к электротравме.

7. Изоляция - обеспечивает недоступность к токоведущим частям электроустановки. Исправная изоляция – основное условие электробезопасности. Однако в процессе эксплуатации изоляция подвергается воздействиям, приводящим её к старению. Главное из них – нагревание её рабочими и пусковыми токами, токами короткого замыкания или от посторонних источников. Нужен периодический контроль её состояния. Сопротивление изоляции не должно быть менее 0.5 мОм.

8. Ограждение токоведущих частей чаще всего предусматривается конструкцией электрооборудования. Корпуса, кожухи, щитки препятствуют случайным прикосновениям к ним. Голые провода, шины, открытые приборы и аппараты помещают в шкафы, ящики или закрывают сплошным или сетчатым ограждением (высотой 1.7 – 2 м).

9. Блокировка не позволяет открыть ограждения, когда электроустановка под напряжением и автоматически снимает напряжение при раскрытии ограждения.

10. Сигнализация световая и звуковая применяется в электроустановках в сочетании с другими мерами защиты от поражения электрическим током.

11. Средства защиты при обслуживании электроустановок. К ним относятся: изолирующие штанги, измерительные и электроизмерительные клещи, указатели напряжения, диэлектрические перчатки и инструменты с изолирующими ручками, а так же диэлектрические колпаки, галоши, коврики, изолирующие подставки, переносные заземления, оградительные устройства, плакаты и знаки безопасности. Кроме перечисленных электрозщитных средств при необходимости применяются индивидуальные средства защиты (очки, каски, противогаз, рукавицы, предохранительные монтажные пояса, страховочные канаты).

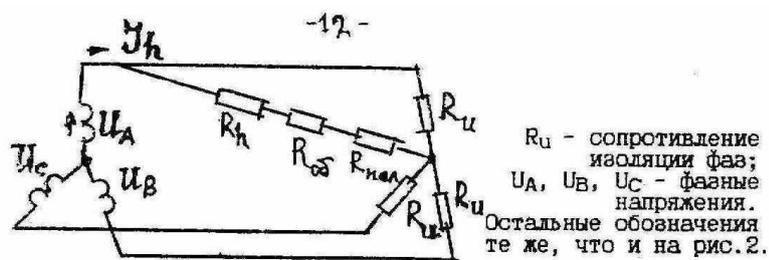


Рис. 1 Эквивалентная схема трёхфазной электросети с изолированной нейтралью.

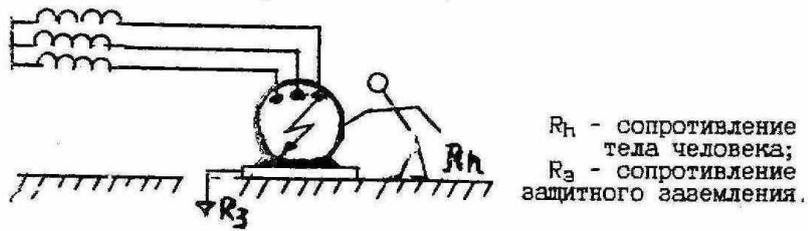


Рис. 2. Схема защитного заземления электроустановки.

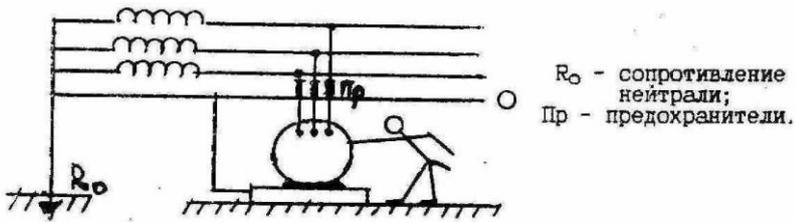


Рис. 3. Схема зануления электроустановок.

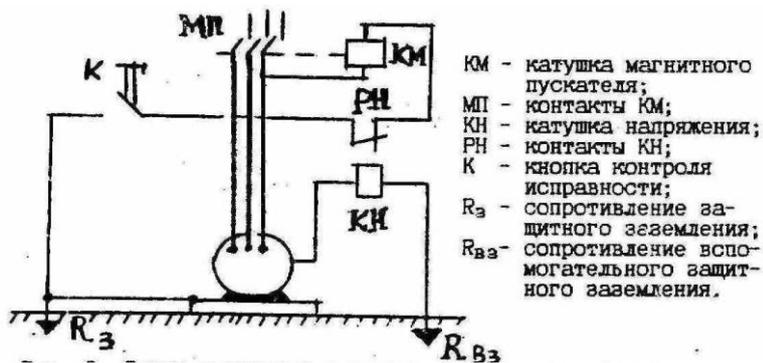


Рис. 4. Схема защитного отключения электроустановок.

Таблица № 2.

**ДЕЙСТВИЕ ПЕРЕМЕННОГО (50_{Hz}) ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТОКА
НА ЧЕЛОВЕКА**

№ п/п	Пороговые значения	Величина МА	Биологическое действие
1	2	3	4
1.	Пороговый осязаемый ток	0.6 – 1.5	Слабый зуд, пощипывание кожи
2.	Пороговый отпускающий ток	7 - 8	Сильная боль, лёгкие судороги, можно освободиться самостоятельно.
3.	Пороговый неотпускающий ток	9	Сильные судороги мышц и руки, кисть самостоятельно не разжимается.
4.	Пороговый фибрилляционный ток	25 - 50	Судороги мышц грудной клетки и сердца, потеря сознания, через 3 – 5 мин. – клиническая смерть.
5.	Пороговый смертельный ток (рука - рука, рука - ноги)	≥ 100	Смерть через 1 – 2 сек.

Министерство образования и науки Российской Федерации
Сибирская Государственная Геодезическая Академия

Кафедра техносферной безопасности

Практическая работа № 2

**ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДЕЙСТВИЯ
ЗАЩИТНОГО ЗАЗЕМЛЕНИЯ**

Новосибирск
2013 год

Цель работы: Помочь студентам понять принцип действия данной меры защиты, область её применения, оценить эффективность **действия** защитного заземления в сетях систем IT и TN, привить навыки исследования опасности поражения электрическим током в различных ситуациях.

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Защитное заземление — это преднамеренное электрическое соединение открытых проводящих частей электроустановки с заземляющим устройством, выполняемое в целях электробезопасности.

Принципы действия:

- ◆ снижение до допустимых значений напряжения прикосновения путем уменьшения переходного сопротивления между корпусом электроустановки и землей;
- ◆ снижение до допустимых значений шаговых напряжений путем выравнивания потенциалов на поверхности земли.

В данной работе будет исследован только первый принцип действия. Второй принцип будет рассмотрен в работе по исследованию шаговых напряжений.

Исследуя первый принцип действия, т. е. снижение до допустимых значений напряжения прикосновения путем уменьшения переходного сопротивления между корпусом электроустановки и землей, следует помнить о том, что это возможно тогда и только тогда, когда ток замыкания на землю не будет зависеть от сопротивления защитного заземления. Это наиболее эффективно в сетях системы IT. В чем и предлагается убедиться студентам при выполнении лабораторной работы.

Меньшая опасность поражения будет в том случае, когда напряжение прикосновения и ток через тело человека будут меньше допустимых. Иными словами, защитное заземление будет эффективным, если при его подключении (соединении открытой проводящей части электроустановки с заземлителем) напряжение прикосновения и ток через тело человека снизятся до допустимых значений.

Нормирование защитных заземлений изложено в статное 1.7.96, 1.7.97, 1.7.104 ПУЭ.

Для выполнения лабораторных работ по исследованию эффективности защитного заземления и защитного зануления используется лабораторный стенд БЖ 06/2 «*Защитное заземление и защитное зануление*».

2. Описание лабораторного стенда

Лабораторный стенд БЖ 06/2 предназначен для моделирования ситуаций применения защитного заземления и защитного зануления (лаб. № 14) в электрических сетях систем IT и TN.

Лабораторный стенд представляет собой модель электрической сети с источником питания, электропотребителями, различными техническими мерами защиты, измерительными приборами.

Лицевая панель стенда представлена на рис. .2.

В качестве источника используется трехфазный трансформатор.

Стенд включается автоматическим выключателем S2 в положение 1. При этом загораются индикаторы (желтого, зеленого и красного цветов), расположенные рядом с фазными проводами (А, В, С).

Режим нейтрали изменяется переключателем S1, причем правое положение соответствует режиму заземленной нейтрали; левое положение — режиму изолированной нейтрали. Нейтральная точка заземляется через сопротивление $R_o = 4$ Ом. С помощью переключателя S3 подключается нулевой рабочий проводник — N. Переключатель S4 предназначен для подключения нулевого защитного проводника — PE.

Сопротивления изоляции фазных проводов сети и N-провода относительно земли смоделированы сосредоточенными сопротивлениями R_A , R_B , R_C , R_N . В данном стенде моделируется только активная составляющая полного сопротивления, причем используется случай симметричных сопротивлений изоляции проводов относительно земли (т. е. $R_A = R_B = R_C = R_N$). Значения указанных сопротивлений (1, 5, 10, 15, 20 кОм) изменяются переключателем S18 в зависимости от вариантов, задаваемых преподавателем.

Электропотребители на мнемосхеме показаны в виде их корпусов. Потребители «корпус 1» и «корпус 2» являются трехфазными и подключены сети через автоматические выключатели S5 и S10 соответственно. Подключение , при этом напряжение подается на потребишли.#леетро||^ебшель «корпус III является однофазным, выполненным по классу 1 защиты от поражения электрическим током.

Лабораторный стенд позволяет модеШрват* два|^оба защита: *защитное заземление* и *защитное зануление*.

Подключение корпусов 1 и 2 к РЕ-проводнику осуществляется переключателями S8 и S14 соответственно. Правое положение переключателей означает, что корпуса *запулены*. Сопротивления фазных проводов на участке «источник питания — точка присоединения корпуса 1» имеют величину $L_{\phi} = 0,05$ Ом каждый. На участке «точка присоединений! корпуса 1 — точка присоединения корпуса 2», также имеют величину $L_{\phi} = 0,05$ Ом каждый.

Сопротивление РЕ-провода может изменяться с помощью трех-позиционного переключателя S6, причем сопротивления участков R_{PE1} «нейтраль — корпус 1» и R_{PE2} «нейтраль — корпус 2» равны и принимают значения 0,1; 0,2; 0,5 Ом.

Обрыв РЕ-проводника имитируется с помощью переключателя S12, нижнее положение которого соответствует обрыву проводника.

Повторное заземление R_n подключается к РЕ-проводнику с помощью переключателя S17. Значение сопротивления R_n (4,10,100 Ом) изменяется трехпозиционным переключателем S19.

Переходное сопротивление R . (0; 0,1; 0,5 Ом) между *щитом*2 Пер и нулевым защитным проводником РЕ точка X8 изменяется трехпозиционным переключателем S16.

Подключение корпусов 1 и 2 к *заземляющим устройствам* с сопротивлениями R_{H1} , R_{H2} осуществляется с помощью переключателей S9 и A5 соответственно. Сопротивление заземления R_{H1} корпуса 1 является постоянным и равно 4 Ом. Сопротивление заземления корпуса 2 R_{H2} (4, 10, 100 Ом) изменяется трехпозиционным переключателем S 11.

Замыкание фазных проводов на корпуса 1 и 2 осуществляется кнопками S7 и S13 соответственно, причем на корпус 1 замыкается фаза провод А, а на корпус 2 — фазный провод В.

Лабораторный стенд имеет три измерительных прибор вольтметр с диапазоном измерения от 0 до 2000 В, цифровой амперметр с диапазоном измерения от 0 до 2000 А, цифровой мили секундомер с диапазоном измерения от 0 до 999 мс.

Вольтметр следует включать в цепь через гнезда XI-XI5, установленные в соответствующих точках схемы с помощью гибких проводников, снабженных наконечниками.

Амперметр следует включать в цепь с помощью переключателя (откл, A1, A2, A3), находящегося под индикатором. При соответствующем включении загорается лампочка на мнемосхеме, в месте подключения прибора.

Положение «ОТКЛ» означает отсутствие амперметра в цепях стенда.

В положении А1 измеряется ток короткого замыкания в нулевом защитном проводнике РЕ, в положении А2 — ток замыкания на землю через корпус 2, в положении А3 — ток замыкания на землю через повторное заземление РЕ-проводника.

Милли секундомер включается при нажатой кнопке S13, а отключается при срабатывании автоматического выключателя S10. Установка позволяет длительно сохранить режим, соответствующий периоду замыкания фазного провода на корпуса 1 и 2. Для возврата схемы в исходное состояние после того, как измерены все необходимые параметры, следует нажать кнопку «СБРОС».

Данная работа может быть выполнена на ЭВМ, совместимом персональном компьютере, так как имеется полная компьютерная версия данной работы, иллюстрирующая получаемые данные графиками и векторными диаграммами напряжений проводов относительно земли.

3. Порядок выполнения работы

Изучить рекомендуемую литературу, данное методическое пособие, определение и принцип действия защитного заземления, области его применения. Ознакомиться с устройством лабораторного стенда, на котором предстоит выполнять работу.

Задание 1. Оценка эффективности действия защитного заземления в сети с изолированной нейтралью.

Для оценки эффективности защитного заземления надо сравнить опасность поражения током при замыкании на корпус 2 без защитного заземления и при наличии защитного заземления, вводя последовательно его значения от 100 Ом до 4 Ом.

Оценить опасность поражения при замыкании фазы на корпус 2 без защитного заземления.

Для этого необходимо:

1. Изолировать нейтраль — перевести переключатель S1 в левое положение.
2. Отключить N и РЕ-проводники — перевести переключатели S3 и S4 в нижнее положение.
3. Установить значения активных сопротивлений изоляции сети переключателем S18 в соответствии с заданием преподавателя (1+20кОм)
4. Убедиться, что:
 - ◆ переключатели S8, S14, S17, S9, S15 находятся в левом положении;
 - ◆ переключатель S12 — в нижнем положении;

◆ переключатель S5 — в положении 0.

5. Включить стенд — выключатель S2 в положении 1, при этом загорятся индикаторы наличия напряжения.

6. Подключить корпус 2 к сети — переключатель S10 в положение 1.

7. Нажатием кнопки S13 произвести замыкание фазного прово-12 В на корпус 2.

8. С помощью гибких проводников подключить вольтметр и измерить, с учетом примечания 1, следующие напряжения:

◆ напряжение корпуса 2 относительно земли (гнезда X8 и X2);
напряжения фазных проводов относительно земли (гнезда X2 и X15, X2 и X14, X2 и X13).

9. Кнопкой «СБРОС» устранить замыкание фазного провода на корпус 2.

Оценить напряжение прикосновения, которым является напряжение корпуса 2 относительно земли.

9. Выключить стенд — S2

Задание 2. Оценить опасность поражения при замыкании фазы на корпус 2 при наличии защитного заземления.

Для этого:

1. Установить значение R32 в соответствии указанным выше. \

2. Заземлить корпус 2 — переключатель S15 в правое положение

3. Включить стенд — S2 в положение

4. Нажатием кнопки S13 произвести замыкание фазового провода В на корпус 2.

5. Измерить вольтметром, с учетом примечания 1, следующие напряжения:

◆ напряжение корпуса 2 относительно земли (гнезда X8 и X2и

◆ напряжения фазных проводов относительно земли (гнезда X2 и X15, X2 и X14, X2 и X13).

6. Посмотреть измерения для других значений R32.

7. Выключить стенд — S2 в положение 0.

При задании преподавателем, измерить напряжения прикосновения при различных расстояниях до заземлителя (гнезда X8 и X9, X8 и X6, X8 и X5).

Сравнить опасности поражения электрическим током при прикосновении к корпусу 2 без защитного заземления и при наличии его.

Оценить эффективность действия защитного заземления в электроустановках, питающихся от трехфазных сетей с изолированной нейтралью системы IT, при однофазном замыкании на корпус.

Задание 3. Оценка эффективности действия защитного заземления в сети с изолированной нейтралью при двойном замыкании на корпус

Для оценки эффективности надо сравнить опасности поражения током при двойном замыкании разных фаз на корпуса 1 и 2 без защитного заземления и при наличии заземления корпусов. Для этого необходимо следующее.

1. Обесточить заземления корпусов 1 и 2 — переключатель S9# S15 в левое положение.

2. Подключить электроприёмники 1 и 2 к сети — переключатели S5 и S10 в положение 1.

3. Включить стенд — S2 в положение 1.

4. Одновременно кнопками S7 и S13 произвести замыкания фазных проводов А и В на корпуса 1 и 2 соответственно.

5. Вольтметром с помощью гибких проводников измерить следующие напряжения:

- ◆ напряжение корпуса 1 относительно земли (гнезда X4 и X2);
- ◆ напряжение корпуса 2 относительно земли (гнезда X8 и X2). При измерении напряжений учитывать примечание 1. Повторить опыт при защитном заземлении:

1. Заземлить корпуса 1 и 2 — переключатели S9, S15 в правое положение, переключатель S11 в положение 4 Ом.

2. Подключить корпус 1 и 2 к сети — переключатели S5 и S10 в положение 1.

3. Включить стенд — S2 в положение 1.

4. Одновременно кнопками S7 и S13 произвести замыкания фазных проводов А и В на корпуса 1 и 2 соответственно.

5. Вольтметром с помощью гибких проводников измерить следующие напряжения:

- ◆ напряжение корпуса 1 относительно земли (гнезда X4 и X2);
- ◆ напряжение корпуса 2 относительно земли (гнезда X8 и X2). При измерении напряжений учитывать примечание 1.

6. Измерить ток замыкания на землю, установив переключатель амперметра в положение А2, при этом загорается лампа, соответствующая данному подключению амперметра.

Примечание 1. Перед переходом с одного предела измерения амперметра на другой необходимо дождаться установившегося показания прибора.

Примечание 2. При измерениях с помощью цифровых приборов наблюдается дрейф последней цифры — в протокол следует заносить среднее значение показания.

После измерений переключатель «место включения прибора» установить в положение «ОТКЛ».

Содержание отчета.

Обработать результаты измерений, представив их в виде таблиц и графиков зависимостей. Построить зависимости $I_n = f(Z)$ для сетей систем IT и TN в одной системе координат и сравнить результаты. Отчет должен содержать принципиальные схемы сетей в исследуемых режимах, иллюстрирующие измерения, краткие выводы по каждому из разделов исследований, выводы по работе.

Используя полученные результаты лабораторной работы, показать, как изменяется опасность поражения человека при изменении сопротивления защитного заземления от 100 Ом до 4 Ом в сетях системы IT и TN.

Контрольные вопросы

1. Какие системы электрических сетей электроснабжения существуют и каковы их отличительные признаки?
2. Что такое защитное зануление (определение, принцип действия)?
3. Область применения защитного заземления и защитного зануления?
4. Почему зануление и заземление называются защитными?

Министерство образования и науки Российской Федерации
Сибирская Государственная Геодезическая Академия

Кафедра техносферной безопасности

Практическая работа № 3

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ДЕЙСТВИЯ ЗАЩИТНОГО ЗАНУЛЕНИЯ

Новосибирск
2013 год

Цель работы: Помочь студентам понять принцип действия данной меры защиты, область её применения, привить навыки исследования опасности поражения электрическим током в различных ситуациях. Исследовать эффективность действия защитного зануления в трехфазной пятипроводной сети с заземленной нейтралью системы TN 1 напряжением до 1 кВ.

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Защитное зануление в электроустановках напряжением до 1 кВ является составной частью «Защитного автоматического отключения питания». Защитным занулением называется преднамеренное соединение открытых токоведущих проводящих частей электрооборудования (например, металлический корпус) с глухозаземленной нейтралью генератора или трансформатора в сетях трёхфазного переменного тока (рис.1), с глухозаземленным выводом источника однофазного тока, с заземленной точкой источника в сетях постоянного тока, выполняемое в целях электробезопасности.

В данной работе рассматривается защитное зануление в трехфазной сети переменного тока.

Принцип действия: При замыкании фазы на корпус возникает ток короткого замыкания, вызывающий срабатывание защитно-коммутационной аппаратуры, отключающей поврежденное оборудование и ограничивающей во времени существование опасности поражения электрическим током. Согласно ПУЭ ст. 1.7.78 характеристики защитных аппаратов и параметры защитных проводников должны быть согласованы, чтобы обеспечивалось нормированное время отключения поврежденной цепи защитно-коммутационным аппаратом в соответствии с номинальным фазным напряжением питающей сети 1.7.79 .

Наибольшее допустимое время защитного автоматического отключения для системы *TN* приведено ниже

Номинальное фазное напряжение, В	Время отключения, с
127	0,8
220	0,4
380	0,2
Более 380	0,1

Лабораторный стенд БЖ 06/2 предназначен для моделирования ситуаций применения защитного заземления и защитного зануления в электрических сетях систем IT и TN.

Лабораторный стенд представляет собой модель электрической сети с источником питания, электропотребителями, различными техническими мерами защиты, измерительными приборами.

Задание

Оценить эффективность действия повторного заземления нулевого защитного проводника при обрыве последнего (вынос потенциала).

Выполнить п.п. 1, 2.

1. Подключить электроприемники 1 и 2 к сети — переключатели S5 и S10 в положение 1.

2. Занулить и заземлить корпуса и подключить повторное заземление PE: переключатели S6, S9, S14, S15, S17 установить в правое положение, S12 **вверх**, S19 — в положение 100 Ом.

3. Смоделировать обрыв нулевого проводника: S12 — вниз.

4. Произвести замыкание фазного провода на корпус 2 кнопкой S13.

5. Вольтметром с помощью гибких проводников измерить следующие напряжения с учетом примечания 1:

- ◆ напряжение нулевой точки относительно земли (гнезда X1 и X2)
- ◆ напряжение корпусов относительно земли (гнезда X4 и X2; X8 и X2).
- ◆ напряжения фазных проводов относительно земли (гнезда X2 и X15, X2 и X14, X2 и X13).

Щ

7. Переключателем S19 придать повторному заземлению значения 10 и 4 Ом. Произвести повторные измерения п. 6, измерить токи замыкания на землю амперметром А3.

8. Выключить *стенд* — S2 в положение 0.

Оценить напряжения прикосновения на корпусах 1 и 2, напряжение нейтральной точки относительно земли, при различных значениях сопротивления повторного заземления нулевого защитного проводника.

Примечание 1. При измерение напряжения необходимо отключить амперметр — переключатель места включения амперметра в положение «ОТКЛ».

Примечание 2. Перед переходом с одного предельного измерения амперметра на другой необходимо дождаться установившегося пока

Примечание 3. При измерениях с помощью цифровых приборов наблюдается дрейф последней цифры — в протокол следует заносить среднее значение показания.

СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

Обработать результаты измерений, представив их в виде таблиц графиков зависимостей. Отчет должен содержать принципиальные схемы сетей в исследуемых режимах или иллюстрирующие измерения, краткие выводы по каждому разделов исследований, выводы по работе.

Контрольные вопросы

5. Какие системы электрических сетей электроснабжения существуют и каковы их отличительные признаки?
6. Что такое защитное зануление (определение, принцип действия)?
7. Область применения защитного заземления и защитного зануления?
8. Почему зануление и заземление называются защитными?

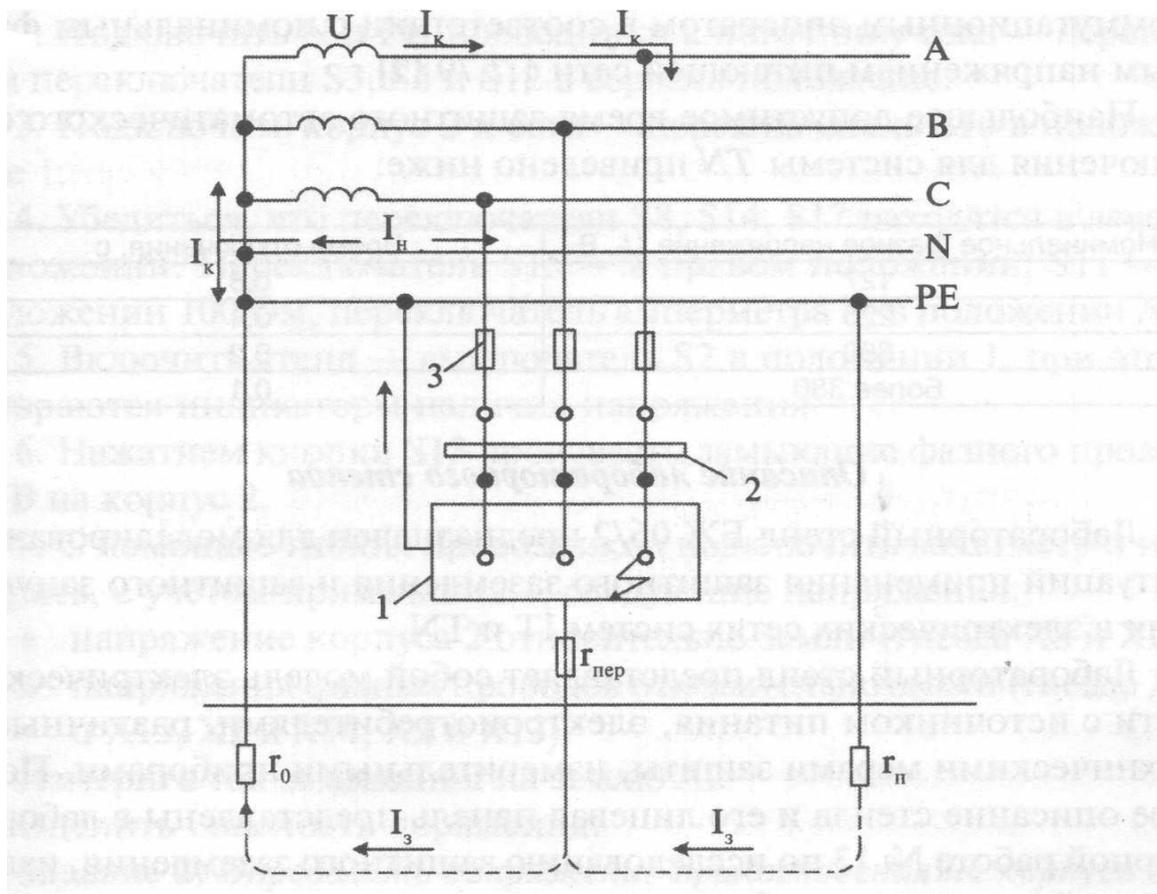


Рис. 1. Принципиальная схема зануления в трехфазной сети

- корпус электроустановки (трансформатор, эл. двигатель и т. п.); 2, 3 - аппараты защиты от сверхтоков (2 - автоматический выключатель, 3 - предохранитель); γ - сопротивление заземления нейтрали обмотки источника тока; сопротивление повторного заземления нулевого защитного проводника; I_k - ток короткого замыкания (сверхток); I_n - часть тока КЗ, протекающего через нулевой защитный проводник; I - часть тока КЗ, протекающего через землю; U - фазное напряжение; γ - переходное сопротивление между корпусом и землей;

Министерство образования и науки Российской Федерации
Сибирская Государственная Геодезическая Академия

Кафедра техносферной безопасности

Практическая работа №4

ИССЛЕДОВАНИЕ УСЛОВИЙ ВОЗНИКНОВЕНИЯ И ОПАСНОСТИ ШАГОВЫХ
НАПРЯЖЕНИЙ И СПОСОБОВ ЗАЩИТЫ ОТ НИХ

Новосибирск
2013 год

Цель работы: Исследовать условия возникновения шаговых напряжений, оценить их опасность и изучить способы борьбы с ними

Общие положения

Выполняя лабораторную работу, необходимо иметь в виду, что при замыкании провода сети на землю или на какой-либо заземлитель, последний оказывается под напряжением. Ток, возвращаясь к источнику, стекает с заземлителя в землю и растекается по значительному ее объему. Пространство вокруг заземлителя, в котором наблюдается растекание тока замыкания, принято называть **полем растекания**. Потенциалы точек поверхности земли в поле растекания тока определяются по формуле 1

$$\varphi = \frac{\rho I_3}{2\pi r'}$$

где φ — потенциал точки поверхности земли;

r — расстояние от точки потенциала до центра заземлителя

ρ — удельное сопротивление грунта.

I_3 — ток замыкания на землю.

Очевидно, что удельное сопротивление грунта, ток замыкания на землю и коэффициент 2π — величины постоянные и могут быть заменены постоянным коэффициентом K , тогда выражение (1) примет вид:

$$\varphi = K \frac{1}{r'}$$

что является уравнением равносторонней гиперболы

Следовательно, потенциалы на поверхности земли вокруг заземлителя изменяются по гиперболическому закону, уменьшаясь от максимального значения до нуля по мере удаления от заземлителя, в чем необходимо убедиться при выполнении лабораторной работы.

Гиперболический характер кривой объясняется тем, что величина поверхности земли, которую пронизывает ток при растекании, возрастает во второй степени от величины r . Наибольшее сопротивление растеканию тока оказывают слои земли, лежащие вблизи заземлителя, так как ток проходит здесь по малому сечению. В этих слоях имеют место наибольшие значения потенциалов и, соответственно, наибольшие значения падений напряжения. По мере удаления от заземлителя сечение земли увеличивается, её сопротивление на этих участках уменьшается и падения напряжения

на этих участках также уменьшаются. Практически потенциалы точек земли, лежащих на расстоянии более 20 м от заземлителя, можно считать равными нулю.

Подлежащее исследованию шаговое напряжение есть разность потенциалов двух точек земли в поле растекания тока, отстоящих одна от другой на расстоянии шага человека, и определяется выражением (3)

$$U_{\text{ш}} \equiv \frac{\rho I_3 a}{2\pi r(r+a)}$$

Где a — величина шага человека.

Из (3) следует, что шаговое напряжение уменьшается по мере удаления от заземлителя вследствие уменьшения крутизны потенциальной кривой. Изменение шагового напряжения при удалении от заземлителя характеризуется *коэффициентом напряжений шага B* , равным

$$B = U_{\text{ш}} / U_3$$

где $U_{\text{ш}}$ — напряжение на заземлителе относительно точки нулевого потенциала,

$$U = I_3 * R_3$$

где R_3 — сопротивление растеканию тока заземлителя.

Коэффициент напряжения шага B изменяется в пределах $1 > B > 0$ и уменьшается по мере удаления от заземлителя.

2. Для построения потенциальной кривой необходимо вычислить потенциалы различных точек земли, используя полученные при выполнении лабораторной работы экспериментальные данные.

Например, падение напряжения на заземлителе определяется ос формуле (5), что соответствует максимальному потенциалу заземлителя φ_3 , так как

$$U_3 = \varphi_3 - \varphi_0$$

где φ_0 — точка нулевого потенциала.

Потенциал точки земли, отстоящей от заземлителя на расстоянии одного шага, равен [2]:

$$\varphi_1 = U_3 - U_{\text{ш}1} = \varphi_3 - U_{\text{ш}1}$$

на расстоянии двух шагов

$$\varphi_2 = \varphi_1 - U_{\text{ш}2} = \varphi_3 - U_{\text{ш}1} - U_{\text{ш}2}$$

на расстоянии n шагов

$$\varphi_n = \varphi_{n-1} - U_{\text{ш}n}$$

Где n — число шагов.

Здесь $U_{ш1}$ $U_{ш2}$, $U_{ш3}$ $U_{шn}$ — показания прибора при перемещений человека в зоне растекания тока,

n — порядковый номер шага.

3. При изучении способов защиты от шаговых напряжений следует обратить особое внимание на применение заземления, в котором заземлители располагаются по контуру вокруг защищаемого объекта на небольшом расстоянии друг от друга. При этом поля растекания отдельных заземлителей накладываются (т. е. потенциальные кривые складываются), и любая точка поверхности земли внутри контура приобретает повышенный потенциал. Происходит выравнивание потенциалов внутри контура, вследствие чего кривая распределения потенциалов сглаживается и разность потенциалов между точками снижается, а коэффициент напряжения шага **B** существенно уменьшается. Причем, эффект снижения шагового напряжения тем выше, чем меньше сопротивление растеканию тока заземлителя. Таким образом, реализуется второй принцип действия защитного заземления, который изложен в лабораторной работе по исследованию защитного заземления.

Схема участка ЛЭП с указанием места возможного замыкания | на землю, схема расположения заземлителей и кривые распределения потенциалов изображены на лицевой панели стенда УШН-1 и I представлены на рис.1.

4. Рассчитать и построить график зависимости потенциалов ток на поверхности земли от расстояния до места замыкания при различных сопротивлениях заземляющего контура

Описание лабораторного стенда

Для выполнения лабораторной работы используется стенд УШН-1. Стенд представляет собой устройство, моделирующее участок линии электропередач (ЛЭП) с замыканием одной из фаз на землю и **позволяющее** исследовать явления, возникающие при растекании тока в земле.

Включение стенда осуществляется тумблером «Сеть». Выбор напряжения ЛЭП производится включением соответствующего тумблера-переключателя в положение 6 кВ или 35 кВ. При этом на мнемопанели высвечивается изображение воздушной высоковольтной линии электропередачи и загорается цифра выбранного напряжения.

Нажатием кнопки «пробой» имитируется замыкание одного из проводов ЛЭП на землю и растекание тока в земле. На мнемопанели при этом высвечивается кривая, показывающая распределение потенциалов на поверхности земли в зоне растекания тока при выбранном напряжении ЛЭП.

Переключателем « $U_{ш}$ » *имитируется положение человека* ца различным расстоянии (в шагах) от места замыкания.

Величина шагового напряжения в вольтах измеряется вольтметром, имеющим две шкалы: для измерения в сетях 6 кВ и 35 кВ, соответственно.

Ток, проходящий через человека, попавшего под шаговое напряжение, измеряется амперметром, имеющим три шкалы. Переключатель «/,—» позволяет переключать прибор либо в цепь тока замыкания на землю, либо в цепь тока через тело человека. Для измерения тока замыкания на землю переключатель прибора должен быть в положении /_и (измерение производится по верхней шкале в А). Для измерения тока через тело человека переключатель «/—/ю» находится в положении «7». Измерение производится по средней и нижней шкалам (в мА) для 35 и 6 кВ, соответственно.

Пока шаговое напряжение и ток остаются опасными для человека, на мнемопанели горит предупредительная надпись красного цвета «Опасно». Для снижения шагового напряжения к металлической опоре ЛЭП с помощью переключателя «Защита» присоединяется заземлитель, сопротивление которого может быть задано \odot_0 , 50, 10, 0,5 Ом. Положение переключателя «>» соответствует отключенному заземлителю. Выравнивание потенциалов внутри контура наблюдается как по вольтметру, так и на мнемопанели, на которой высвечивается изображение заземляющего контура и соответствующая ему кривая распределения потенциалов.

При снижении шагового напряжения и тока через человека до допустимой величины надпись «Опасно» гаснет.

При выполнении лабораторной работы необходимо помнить, что во избежание порчи стенда переключение с 6 кВ на 35 кВ и наоборот следует производить с выдержкой времени 2—3 секунды в нейтральном положении переключателя.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Исследовать зависимость шагового напряжения от расстояния между местом замыкания на землю и человеком при различных напряжениях сети и отсутствии защиты. Построить графики полученных зависимостей.

Исследовать влияние сопротивления заземляющего контура на величину шагового напряжения и ток через тело человека при различных напряжениях сети. Построить кривые зависимостей (графики) Шаговых напряжений от количества шагов до места замыкания при различных сопротивлениях заземляющих контуров: 50, 10, 0,5 Ом.

Задание 1. Измерить шаговые напряжения при перемещении человека от места замыкания при различных напряжениях сети и отсутствии защиты.

Включить стенд тумблером «Сеть» — вверх.

Выбрать напряжение сети 6 кВ — переключатель вверх. Нажав кнопку «пробой», осуществить замыкание одного из проводов ЛЭП на землю. По верхней шкале амперметра измерить ток замыкания на землю: переключатель « $I_{кз}$ — $I_{ч}$ » в положении $I_{кз}$.

Переключателе «Защита» — в положении ∞ , при этом заземлитель отключен.

Переключателем $U_{ш}$ перемещать человека в зоне растекания тока, при этом положение человека высвечивается на мнемопанели. В каждом положении человека следует измерять напряжение шага вольтметром и ток через тело человека амперметром (положение « $I_{кз}$ — $I_{ч}$ » переключателя в положении $I_{ч}$).

Повторить все действия для напряжения 35 кВ.

Выключить стенд тумблером «Сеть» — вниз.

Задание 2. Измерить шаговые напряжения при различных сопротивлениях заземлителя — переключатель «Защита» в положении 50 10 и 0,5 Ом для поочередно исследуемых напряжений ЛЭП 6 и 35 кВ.

Выполнить действия п. 1 при разных напряжениях и разных заземлителях

Задание 3. По приведенным выше формулам рассчитать зависимости потенциалов на поверхности земли от расстояния до места замыкания при различных сопротивлениях заземлителя.

СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

Отчет должен содержать:

- ◆ наименование и цель работы;
- ◆ содержание работы;
- ◆ схемы исследуемых сетей;
- ◆ таблицы результатов измерений;
- ◆ графики молненных зависимостей

В отчете, кроме сведений о проведенных исследованиях, должны содержаться выводы об опасности поражения человека при косвенном включении в электрическую цепь и об эффективности защиты для всех исследуемых случаев.

Контрольные вопросы

1. Какое явление возникает при растекании тока в земле?
2. Что такое шаговое напряжение?
3. Как влияет сопротивление заземлителя на распределение потенциалов?
4. Какова зона растекания тока в земле?
5. Что такое выравнивание потенциалов?
6. Как влияет сопротивление заземлителя на величину шаговых напряжений?

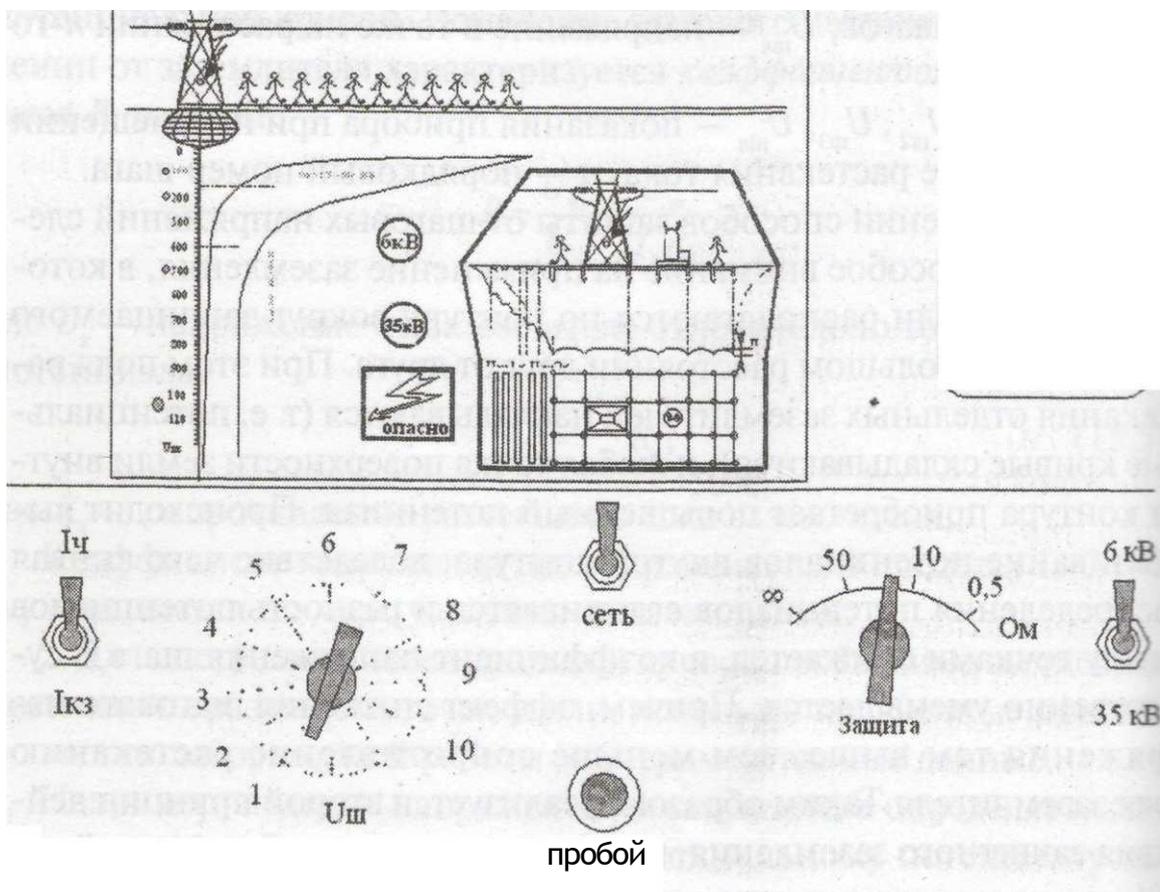


Рис. .1. Лицевая панель стенда УШН-1

Министерство образования и науки Российской Федерации
Сибирская Государственная Геодезическая Академия

Кафедра техносферной безопасности

Практическая работа №5

**ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТОСПОСОБНОСТИ И ХАРАКТЕРИСТИК
УСТРОЙСТВА ЗАЩИТНОГО ОТКЛЮЧЕНИЯ**

Новосибирск
2013 год

Цель работы: Оценить работоспособность устройства защитного отключения (УЗО), реагирующего на дифференциальный ток в сетях с заземленной и изолированной нейтралью напряжением до 1 кВ. Изучить характеристики УЗО (свойства, принцип действия, область применения). Оценить эффективность УЗО (соответствие характеристик УЗО первичным критериям электробезопасности).

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Известно, что одной из важнейших является проблема защиты людей от поражения электрическим током при эксплуатации электрооборудования. Это особенно актуально при прямом включении человека в электрическую цепь. Одним из путей защиты людей при прямом однополюсном включении в электрическую цепь является использование устройств защитного отключения (далее — УЗО). Такие устройства бывают очень разные по принципу действия, устройству, назначению и, конечно, по своим характеристикам.

В данной лабораторной работе предполагается исследование устройства типа УЗО-Д. В соответствии с ГОСТ Р 50807-95 и международным стандартом МЭК 755-83, УЗО-Д — это механический коммутационный аппарат или совокупность элементов, которые при достижении (превышении) заданного значения дифференциального тока при определенных условиях эксплуатации должны вызвать размыкание контактов.

Защитное отключение — функция, состоящая в переводе исполнительного органа УЗО-Д из положения «Включ.» в положение «Отключ.».

Дифференциальный (остаточный) ток (I_{Δ}) — действующее значение векторной суммы токов, протекающих в первичной цепи УЗО-Д (далее — дифференциальный ток).

УЗО-Д выполняет одновременно функции обнаружения дифференциального тока, измерения и сравнения его величины с заданной величиной тока отключения и отключения защищаемой цепи при превышении дифференциального тока над заданной величиной тока отключения.

Время отключения УЗО-Д — промежуток времени между моментом внезапного возникновения отключающего дифференциального тока и моментом выполнения функции данного устройства до полного гашения дуги.

Отключающий дифференциальный ток $I_{\Delta n}$ — значение дифференциального тока, вызывающее отключение УЗО-Д в заданных условиях эксплуатации.

Неотключающий дифференциальный ток — значение дифференциального тока, при котором и ниже которого УЗО-Д не отключает сети в заданных условиях эксплуатации.

Предпочтительные значения номинального отключающего дифференциального тока $I_{\Delta n}$ выбирают из ряда: 0,006; 0,01; 0,03; D,1 А.

Предпочтительное значение номинального неотключающего дифференциального тока равно $0,5 I_{\Delta n}$

ОПИСАНИЕ СТЕНДА

Работа выполняется на стенде БЖ 06/1. Описание смотрите в лабораторной работе № 12.

Порядок выполнения работы

Провести экспериментальные исследования в сетях систем IT и TN и определить:

- ◆ отключающий дифференциальный ток;
- ◆ время отключения УЗО;

- ◆ длительно допустимый ток через тело человека
- ◆ работоспособность УЗО совместно с занулением. Сделать заключения об их соответствии первичным критериям

электробезопасности.

Сделать выводы об эффективности защитного отключения при заданных параметрах УЗО в сетях систем IT и TN.

Задание 1. *Определить отключающий дифференциальный ток и время срабатывания УЗО.*

1) Установить значение параметров сети с изолированной нейтралью (переключатели S4-S11) в соответствии с заданием преподавателя. Переключатель S1 перевести в левое положение. Переключатель S3 перевести в нижнее положение. Переключатель S12 перевести в положение «О».

2) Установить переключатель S15 в положение УЗО.

3) Отключить PEN от корпуса электроустановки, установить переключатель S18 в левое положение.

4) Установить переключатель S13 в положение 1 кОм, а ручку резистора R_7 — в положение 100 кОм.

5) Включить стенд — перевести S2 в положение 1.

6) Включить УЗО, нажать кнопку «Пуск», при этом загорается красный индикатор на лицевой панели УЗО. Плавно вращать ручку резистора против часовой стрелки, увеличивая в цепи тела человека до срабатывания УЗО.

7) Измерить отключающий дифференциальный ток УЗО (ток через тело человека). При срабатывании УЗО красный индикатор на его лицевой панели погаснет. Значение отключающего дифференциального тока измеряем по амперметру А2 на пределе 200 мА.

8) Отключить стенд — S2 в положение 0. Ручку резистора R_7 установить на значение 100 кОм.

Для определения времени срабатывания УЗО

9) Включить стенд перевести S2 в положение 1.

10) Обнулить миллисекундомер нажатием кнопки «СБРОС».

11) Нажать кнопку 16, имитируя этим подключение человека к одному из проводов в зоне защиты УЗО. Измерить значение времени срабатывания УЗО по миллисекундомеру.

Отключить стенд — S2 в положение 0.

Задание 2. Измерить длительно допустимый ток через тело человека,

1) Установить значение параметров сети с заземленной нейтралью (переключатели S4-S11) в соответствии с заданием преподавателя. Переключатель S1 перевести в правое положение. Переключатель S3 перевести в верхнее положение. Переключатель S12 перевести в положение «0».

2) Установить переключатель S15 в любое из трех положений А, В, С.

3) Установить переключатель S13 в положение 1 кОм, а ручку резистора R_h — * положение 100 кОм.

4) Включить стенд — перевести S2 в положение 1.

Измерить длительно допустимый ток через тело человека. Для

этого необходимо плавно вращать ручку резистора R_h против часовой стрелки, увеличивая ток I_h в цепи тела человека. Значение опасного тока I_h соответствует загоранию индикатора, расположенного на изображении человека.

Ток через тело человека I_h измеряется с помощью амперметра А1 с пределом измерения 20 мА. Положение переключателя амперметра-А1.

5) Отключить стенд — S2 в положение 0.

Задание 3. Определить работоспособность УЗО совместно с зануление

- 1) Установить значение параметров сети с заземленной нейтралью (переключатели S4-S11) в соответствии с заданием преподавателя. Переключатель S1 перевести в правое положение. Переключатель S3 перевести в верхнее положение. Переключатель S12 перевести в положение «0».
- 2) Установить переключатель S15 в положение УЗО.
- 3) Занулить корпус электропотребителя: S18 в правое положение.
- 4) Повернуть ручку резистора R_h против часовой стрелки до Положения 0. Установить переключателем S13 сопротивление тела человека $R_h = 1$ кОм. Включить потребитель нажатием кнопки «ПУСК».
- 5) Обнулить миллисекундомер нажатием кнопки «СБРОС».
- 6) Нажать кнопку S16, имитируя этим прикосновение человека к фазному проводу в зоне защиты УЗО. Измерить значение времени срабатывания УЗО по миллисекундомеру.
- 7) Выключить стенд — переключатель S2 в положение 0.

СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

Результаты измерений представить в виде таблиц. Отчет должен содержать схемы сети, иллюстрирующие измерения, выводы по работе.

Контрольные вопросы

1. Что такое УЗО? (Определение)
2. Какими свойствами должно обладать УЗО?
3. Что такое отключающий дифференциальный ток?
4. Область возможного применения УЗО?
5. Каковы недостатки УЗО?
6. Что такое неотключающий дифференциальный ток?