

Министерство образования и науки Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Оренбургский государственный университет»

Кафедра безопасности жизнедеятельности

В.М. Воронова, В.С. Мануйлов

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДЕЙСТВИЯ ЗАЩИТНОГО ЗАЗЕМЛЕНИЯ

Методические указания
к лабораторной работе

Рекомендовано к изданию Редакционно-издательским советом
федерального государственного бюджетного образовательного
учреждения высшего профессионального образования «Оренбургский
государственный университет»

Оренбург
ОГУ
2011

УДК 621.316.9(07)
ББК 31.279-04я7
В 75

Рецензент – доцент, кандидат технических наук Л.А. Быкова

Воронова, В.М.

В 75 Исследование эффективности действия защитного заземления:
методические указания к лабораторной работе / В.М. Воронова,
В.С. Мануйлов; Оренбургский гос. ун-т. – Оренбург : ОГУ, 2011. – 23 с.

Методические указания устанавливают объем и содержание лабораторной работы по исследованию эффективности действия защитного заземления.

В работе указаны ее задачи, содержание работы, приведена краткая теоретическая часть, позволяющая студенту самостоятельно выполнять работу. Дано описание лабораторного стенда, изложена методика проведения работы и порядок оформления отчета.

Методические указания предназначены для студентов всех видов и форм обучения изучающих курс безопасность жизнедеятельности.

УДК 621.316.9(07)
ББК 31.279-04я7

© Воронова, В.М.,
Мануйлов В.С., 2011
© ОГУ, 2011

Содержание

1	Цель работы.....	4
2	Содержание работы.....	4
3	Общие сведения о защитном заземлении.....	4
4	Экспериментальная часть.....	10
4.1	Описание лабораторного стенда.....	10
4.2	Порядок работы стенда.....	11
4.3	Указания по безопасности.....	16
4.4	Порядок выполнения работы.....	17
4.4.1	Оценка эффективности действия защитного заземления в сети с изолированной нейтралью	17
4.4.2	Оценка эффективности действия защитного заземления в сети с изолированной нейтралью при двойном замыкании на заземленные корпуса.....	18
4.4.3	Оценка эффективности действия защитного заземления в сети с заземленной нейтралью.....	19
5	Указания по составлению отчета.....	20
6	Вопросы для самоконтроля.....	22
	Список использованных источников.....	23

1 Цель работы

Оценить эффективность действия защитного заземления в электроустановках питающихся от трехфазных трехпроводных сетей с изолированной нейтралью и трехфазных пятипроводных сетей с заземленной нейтралью напряжением до 1 кВ.

2 Содержание работы

2.1 Оценить эффективность действия защитного заземления в электроустановках, питающихся от трехфазных трехпроводных сетей с изолированной нейтралью напряжением до 1 кВ.

2.2 Оценить эффективность действия защитного заземления в сети с изолированной нейтралью при двойном замыкании на заземленные корпуса электроустановок.

2.3 Оценить эффективность действия защитного заземления в электроустановках, питающихся от трехфазных пятипроводных сетей с заземленной нейтралью напряжением до 1кВ.

2.4 Определить зависимость изменения напряжения прикосновения при изменении расстояния до заземлителя.

3 Общие сведения о защитном заземлении

Защитным заземлением называется преднамеренное электрическое соединение с землей или ее эквивалентом металлических нетоковедущих частей, которые могут оказаться под напряжением вследствие замыкания на корпус и по другим причинам (индуктивное влияние соседних токоведущих частей, вынос потенциала и т.п.).

Замыкание на корпус - это случайное электрическое соединение токоведущей части с металлическими нетоковедущими частями электроустановки.

Назначение защитного заземления - устранение опасности поражения током в случае прикосновения к корпусу и другим нетоковедущим металлическим частям электроустановки, оказавшимся под напряжением.

Область применения защитного заземления - трехфазные трехпроводные сети до 1000 В с изолированной нейтралью и выше 1000 В о любым режимом нейтрали.

Защитное заземление является наиболее распространенной и в то же время весьма эффективной и простой мерой защиты от поражения током при появлении напряжения на металлических нетоковедущих частях.

Принцип действия защитного заземления - снижение напряжения между корпусом, оказавшимся под напряжением, и землей до безопасного значения.

Поясним это на примере сети до 1000 В с изолированной нейтралью.

Если корпус электроустановки не заземлен и он оказался в контакте с фазой, то прикосновение человека к такому корпусу равносильно прикосновению к фазному проводу. При определенных неблагоприятных условиях этот ток может достигать опасных значений.

Например, если

$$U_{\phi} = 220 \text{ В}, R_A = R_B = R_C = 3,6 \text{ кОм} \text{ и } C_A, C_B, C_C = 0, R_h = 1 \text{ кОм},$$

то электрический ток, проходящий через человека будет равен:

$$I_h = \frac{3 \cdot U_{\phi}}{3 \cdot R_h + R_s} = \frac{3 \cdot 220}{3 \cdot 1 + 3,6} = 100 \text{ мА}.$$

Такой ток для человека смертельно опасен.

Напряжение, под которым окажется человек, прикоснувшийся к корпусу (напряжение прикосновения), составит:

$$U_{np} = I_h \cdot R_h = 0,1 \cdot 1000 = 100 \text{ В.}$$

Если же корпус заземлен, то при замыкании на него фазы (рисунок 1) через заземление пойдет в землю ток, который в данном случае является током однофазного замыкания на землю.

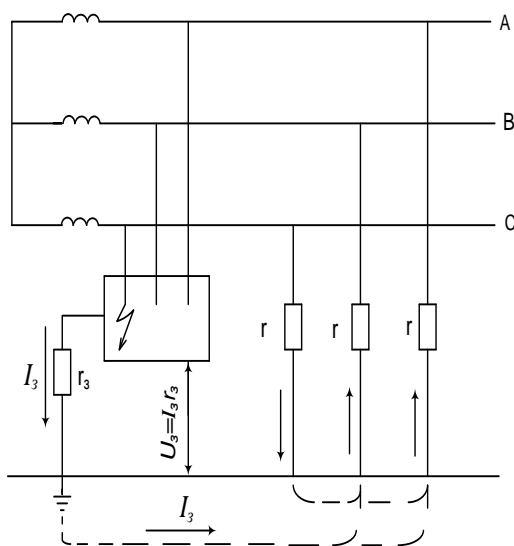


Рисунок 1 - Принципиальная схема защитного заземления в сети с изолированной нейтралью

Значение этого тока зависит от сопротивления заземления R_3 и сопротивления изоляции фазных проводов относительно земли и определяется из следующего выражения:

$$I_3 = \frac{3 \cdot U_{\phi}}{3 \cdot R_3 + R} \quad (1)$$

Напряжение корпуса относительно земли в этом случае будет равно:

$$U_3 = I_3 \cdot R_3, \quad (2)$$

а ток через человека, касающегося корпуса при самых неблагоприятных условиях, будет:

$$I_h = \frac{U_3}{R_h} \quad (3)$$

При $R_3 = 4$ Ом напряжение корпуса относительно земли (напряжение прикосновения) в рассматриваемом примере будет:

$$U_3 = U_{\text{нр}} \frac{3 \cdot 220}{3 \cdot 4 + 3600} \cdot 4 = 0,7 \text{ В}$$

Ток через человека также будет незначительным - $I_h = 0,7$ мА. При одновременном замыкании двух фаз на два корпуса, имеющих отдельные заземляющие устройства (рисунок 2), возникает так называемое двойное замыкание на землю и заземленное оборудование окажется под напряжением относительно земли равным

в установке 1:

$$U_{31} = I_{31} \cdot R_{31} = \frac{\sqrt{3} \cdot U_{\phi}}{R_{31} + R_{32}} \cdot R_{31}, \quad (4)$$

в установке 2:

$$U_{32} = I_{32} \cdot R_{32} = \frac{\sqrt{3} \cdot U_{\phi}}{R_{32} + R_{32}} \cdot R_{32}. \quad (5)$$

Сопrotивления изоляции и емкости фаз относительно земли в данном случае практически не влияют на значение тока замыкания на землю, цепь которого устанавливается через сопротивления заземлений R_{31} и R_{32} . При этом $U_{31} + U_{32} = U_{л}$. Наличие такого напряжения на заземленных элементах установок является опасным в смысле поражения током, тем более, что двойное замыкание на землю в некоторых сетях может существовать длительно.

Если же заземляющие устройства электроустановок 1 и 2 соединить между собой с помощью металлических шин или заземлители их выполнить как одно целое, то двойное замыкание на землю превратится в короткое замыкание между фазами, что вызовет быстрое отключение установок с помощью релейной защиты, т.е. обеспечит кратковременность аварийного режима.

В сети с заземленной нейтралью (рисунок 3) при замыкании фазы на корпус по цепи, образовавшейся через землю, будет проходить ток, значение которого определяется выражением:

$$I_3 = \frac{U_{\phi}}{R_0 + R_3}. \quad (6)$$

Напряжение фазы, замкнувшейся на корпус, распределится между сопротивлениями рабочего и защитного заземлений (R_0 и R_3), т.е.

$$U_3 = I_3 \cdot R_3; U_0 = I_3 \cdot R_0; U_{\phi} = U_3 + U_0. \quad (7)$$

Таким образом, напряжение корпуса относительно земли зависит только от соотношения сопротивлений R_0 и R_3 .

В сети до 1000 В ток I_3 может оказаться недостаточным, чтобы вызвать срабатывание максимально-токовой защиты, т.е. установка может не отключиться и напряжение U_3 на корпусе будет существовать длительно.

Поэтому в сетях напряжением до 1000 В с заземленной нейтралью защитное заземление не применяется.

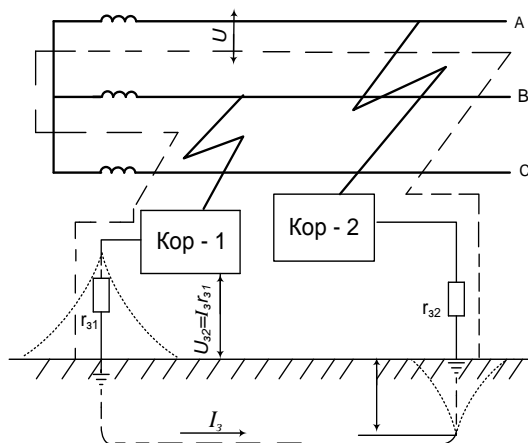


Рисунок 2 — Двойное замыкание на землю

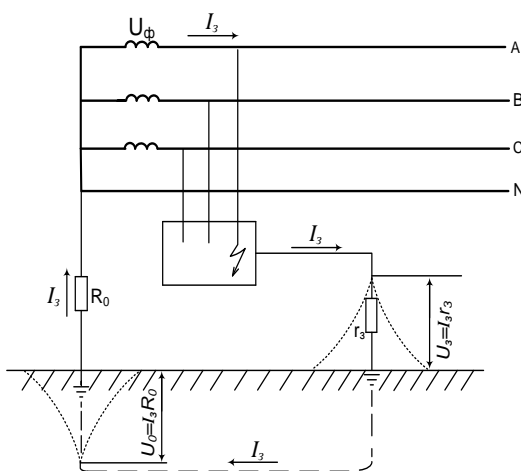


Рисунок 3 — Принципиальная схема защитного заземления в сети с заземленной нейтралью

4 Экспериментальная часть

4.1 Устройство и принцип работы стенда

Стенд представляет собой настольную конструкцию с вертикальной передней панелью. На лицевой панели стенда изображена мнемосхема исследуемой системы "электрическая сеть - электропотребители", которая содержит изображение источника питания (трёхфазная сеть), фазных и защитных проводников, электропотребителей (корпусы 1, 2 и 3) и автоматических выключателей.

Функцию изображённого на мнемосхеме трёхфазного трансформатора выполняют три однофазных трансформатора, включенные в трехфазную сеть по схеме "звезда" с заземленным нулевым проводом.

Индикация наличия фазных напряжений осуществляется тремя светодиодными индикаторами - желтым (фаза А), зеленым (фаза В) и красным (фаза С).

Реально существующие распределённые сопротивления изоляции проводов (фазных и нулевого) относительно земли изображены на мнемосхеме в виде сосредоточенных сопротивлений - резисторов.

Трёхфазные электропотребители показаны на мнемосхеме в виде корпусов, полуактивного (Корпус 1), активного (Корпус 2) и пассивного (Корпус 3).

На поле мнемосхемы, рядом с изображениями элементов моделируемой сети, размещены коммутационные элементы с соответствующими буквенно-цифровыми обозначениями, выполняющие следующие функции:

- заземление нейтрали - " R_0 ";
- изменение значений сопротивления изоляции проводов (" R_{AE} ", " R_{BE} ", " R_{CE} ", " R_{PEN} "), сопротивления нулевого защитного проводника R_{PE} , сопротивления заземления, сопротивления переходного контакта, сопротивления повторного заземления;

- включение автоматических выключателей.

Уровни напряжений на фазных и нулевом проводах имеют масштаб 1 : 10 по отношению к реальным значениям.

Система "электрическая сеть - электропотребители" смоделирована в стенде с помощью электрических цепей, содержащих наборы резисторов, связанных определённой логикой. Номиналы резисторов выбраны из расчёта величин токов, значения которых имеют масштаб 1 : 1000 по отношению к реальным значениям.

Индикация токов и напряжений в моделируемой трёхфазной сети, а также измерение времени срабатывания автоматического выключателя "Корпуса 2" осуществляются встроенными цифровыми измерительными приборами.

В связи с тем, что рабочее напряжение в моделируемой сети в 10 раз ниже напряжения реальной сети, а шкалы приборов отображают измеряемые величины в реальном масштабе, то вольтметр и амперметр являются по сути индикаторами.

Внимание! Производить измерение напряжений встроенным вольтметром вне стенда категорически запрещается.

Для измерения напряжения используется 4-х разрядный, 4-х предельный цифровой вольтметр со шкалой от 0 до 2000 В.

Для измерения токов в электрических цепях используется 4-х разрядный, 4-х предельный цифровой амперметр с диапазоном измерений от 0 до 2000 А. Для измерения времени срабатывания автоматического выключателя используется миллисекундомер шкалой от 0 до 999 мс.

4.2 Порядок работы стенда

Схема лицевой панели лабораторного стенда приведена на рисунке 4. Стенд представляет собой модель трёхфазной электрической сети с источником питания, электропотребителями, средствами защиты и измерительными приборами. В качестве источника питания используется

трёхфазный трансформатор. Стенд включается трёхфазным автоматом защиты S2 - положение 1, при этом загораются индикаторы (желтого, зеленого и красного цветов), расположенные на линиях фазных проводов А, В и С соответственно. Режим нейтрали сети изменяется переключателем S1, причем положение 1 соответствует режиму заземлённой нейтрали, а положение 0 - режиму изолированной нейтрали.

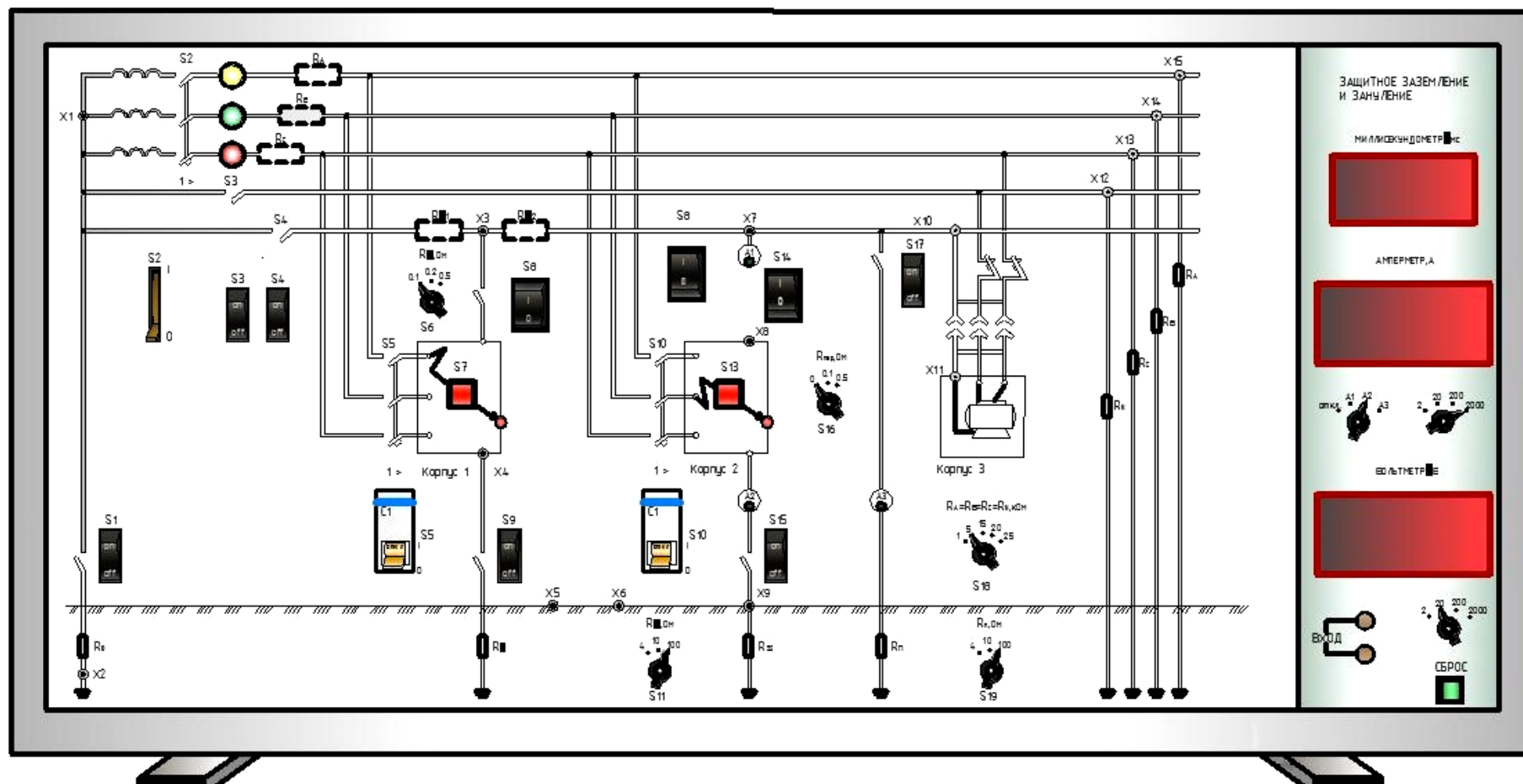


Рисунок 4 – Схема лицевой панели лабораторного стенда

Нейтральная точка заземляется через сопротивление 4 Ом. С помощью переключателя S3 подключается нулевой рабочий проводник N - проводник. Переключатель S4 предназначен для подключения нулевого защитного проводника (PE - проводника). Положение 1 переключателей означает наличие пятипроводной сети, положение 0 - трёхпроводной сети.

Сопротивления 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 симметричной проводимости проводов относительно земли. (то есть $R_A = R_B = R_C = R_N$).

Значения указанных сопротивлений изменяются пятипозиционным переключателем S18 в зависимости от вариантов задаваемых преподавателем.

Электропотребители на мнемосхеме показаны в виде их корпусов. Потребители «корпус 1» и «корпус 2» являются трёхфазными и подключены к сети через автоматические выключатели S5 и S10 соответственно.

Положение 1 означает включение автоматов, при этом напряжение подается на потребители. Электропотребитель «корпус 3» является однофазным, выполненным по классу 1 защиты от поражения электрическим током.

Лабораторный стенд позволяет моделировать два способа защиты: защитное заземление и зануление.

Подключение корпусов 1 и 2 к PE - проводнику осуществляется переключателями S8 и S14 соответственно.

Положение 1 переключателей означает, что корпуса занулены.

Сопротивление фазного провода от нейтральной точки до корпуса 2 не изменяется и имеет значение $R_\phi = 0,1$ Ом, распределенное равномерно на двух участках провода (нейтральная точка - точка подключения корпуса 1 и точка подключения корпуса 1 - точка подключения корпуса 1). Сопротивление PE - проводника может изменяться с помощью трехпозиционного переключателя S6, причем сопротивление участков «нейтраль» - «корпус 1» и «корпус 1»,

«корпус 2», равны и принимают значения 0,1; 0,2; 0,5 Ом. Обрыв РЕ - проводника между точками подсоединения корпусов 1 и 2 имитируется с помощью переключателя S12, положение 0 которого соответствует обрыву проводника.

Повторное заземление R_n подключается к РЕ - проводнику с помощью переключателя S17. Значение сопротивления R_n изменяется трехпозиционным переключателем S19 (4, 10, 100 Ом). Переходное сопротивление $R_{пер}$ между корпусом 2 и зануляющим проводником включается и изменяется клавишным и трехпозиционным переключателями S16 и может принимать значения 0; 0,1; 0,5 Ом.

Подключение корпусов 1 и 2 к заземляющим устройствам с сопротивлениями R_{31} , R_{32} осуществляется с помощью переключателей S9, и S15 соответственно. Сопротивление заземления R_{31} корпуса 1 является постоянным и равно 4 Ом. Сопротивление заземления R_{32} корпуса 2 устанавливается с помощью трехпозиционного переключателя S11 (4, 10, 100 Ом).

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

Лабораторный стенд имеет три измерительных прибора: цифровой вольтметр с диапазоном измерения от 0 до 2000 В, цифровой амперметр с диапазоном измерения от 0 до 2000 А, цифровой миллисекундомер с диапазоном измерения от 0 до 999 мс.

Вольтметр включается в измерительные цепи через гнезда X1 – X15, установленные в соответствующих точках схемы, с помощью гибких проводников, снабженных наконечниками. Включение амперметра в сеть осуществляется с помощью переключателя, находящегося под его индикатором. При соответствующем подключении загорается индикатор, указывающий на место подключения прибора. Положение «ОТКЛ» означает отсутствие амперметра в цепях стенда. В положении А1 измеряется ток

короткого замыкания, в положении А2 - ток, стекающий с заземлителя корпуса 2, в положении А3 - ток замыкания на землю через повторное заземление РЕ - проводника.

Миллисекундомер включается при нажатии кнопки 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».

4.3 Указания по безопасности

К работе со стендом допускаются лица, ознакомленные с его устройством, принципом действия.

Перед эксплуатацией стенд должен быть заземлен, для чего используется элемент заземления с обозначением «⊥». Присоединение к шине заземления должно быть выполнено медным проводом сечением не менее 2,5 мм².

Перед эксплуатацией произвести внешний осмотр стенда и убедиться в целостности светодиодных индикаторов, надежном креплении органов коммутации, целостности сетевого кабеля.

Пред подключением стенда к сети установить переключатель S2 в положение 0, остальные органы коммутации могут находиться в произвольном положении.

Для включения стенда необходимо перевести переключатель S2 в положение 1, при этом должны засветиться светодиоды индикации наличия напряжения на фазных проводах.

Включать лабораторный стенд в электрическую сеть только по разрешению преподавателя.

4.4 Порядок выполнения работы

4.4.1 Оценка эффективности действия защитного заземления в сети с изолированной нейтралью.

4.4.1.1 Изолировать нейтраль - перевести переключатель S1 в положение 1.

4.4.1.2 Отключить N и PE - проводники - перевести переключатель S3 и S4 в положение 0.

4.4.1.3 Установить значения активных сопротивлений изоляции переключателем S18 в соответствии с заданием преподавателя.

4.4.1.4 Убедиться в том, что переключатели S8, S14, S17, S9, S15, S12 находятся в отключенном (нулевом) положении.

4.4.1.5 Включить стенд- положение S2 -1, при этом загораются индикаторы наличия фазных напряжений.

4.4.1.6 Подключить корпус 2 к сети - положение автомата S10 - 1 (корпус 1 отключен - положение S5 - 0)

4.4.1.7 Нажатием кнопки S13 произвести замыкание фазного провода В на корпус 2.

4.4.1.8 Вольтметром с помощью гибких проводников измерить следующие напряжения;

- напряжение корпуса 2 относительно земли (гнезда X8 и X2);

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

Внимание! Измерять какие либо напряжения встроенным вольтметром вне стенда категорически запрещается.

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

4.4.1.10 Выключить стенд- положение S2 - 0.

4.4.1.11 Установить значение R_{32} в соответствии с заданием преподавателя.

4.4.1.12 Заземлить корпус 2 - переключатель S15 в положение 1.

4.4.1.13 Включить стенд- положение S2 -1.

4.4.1.14 Произвести замыкание фазного провода В на корпус 2.

4.4.1.15 Вольтметром с помощью гибких проводников измерить следующие напряжения:

- напряжение корпуса 2 относительно земли (гнезда X8 и X2);

- напряжения фазных проводов относительно земли (гнезда X15 и X2, X14 и X2, X13 и X2);

- напряжения прикосновения при различных расстояниях до заземлителя (гнезда X8 и X9, X8 и X6, X8 и X5).

При измерении напряжений необходимо отключить амперметр (переключатель амперметра - в положение «ОТКЛ»).

4.4.1.16 Измерить ток замыкания на землю, установив переключатель амперметра в положение А2, при этом загорается индикатор, соответствующий данному подключению амперметра.

При переходе с одного предела измерения амперметра на другой необходимо дождаться установившегося показания прибора.

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

4.4.1.17 Переключатель амперметра установить в положение «ОТКЛ».

4.4.1.18 Отключить стенд- положение S2 - 0.

4.4.2 Оценка эффективности действия защитного заземления в сети с изолированной нейтралью при двойном замыкании на заземленные корпуса.

4.4.2.1 Заземлить корпус 1 - переключатель S9 в положение 1.

4.4.2.2 Подключить корпус 1 к сети - положение автомата S5 -1.

4.4.2.3 Включить стенд - положение автомата S2 - 1.

4.4.2.4 Нажатием кнопок S7 и S13 произвести замыкания фазных проводов А и В на корпуса 1 и 2 соответственно.

4.4.2.5 Вольтметром с помощью гибких проводников измерить следующие напряжения:

- напряжение корпуса I относительно земли (гнезда X4 X2);

- напряжение корпуса 2 относительно земли (гнезда X8 и X2); *при измерении напряжений необходимо отключать амперметр.*

4.4.2.6 Измерить ток замыкания на землю, установив переключатель амперметра в положение А2.

4.4.2.7 Установить переключатель амперметра в положение «ОТКЛ».

4.4.2.8 Отключить стенд - положение S2 - 0.

4.4.3 Оценка эффективности действия защитного заземления в сети с заземленной нейтралью.

4.4.3.1 Отключить корпус 1 от сети переключатель S5 в положение - 0.

4.4.3.2 Заземлить нейтраль источника тока - переключатель S1 в положение 1.

4.4.3.3 Подключить N и PE - проводники к источнику питания- S3 и S4 в положение 1.

4.4.3.4 Включить стенд - положение S2 -1.

4.4.3.5 Кнопкой S1 замкнуть фазный провод В на корпус 2.

4.4.3.6 Вольтметром с помощью гибких проводников измерить следующие напряжения:

- напряжение корпуса 2 относительно земли (гнезда X8 и X2);

- напряжение нейтральной точки относительно земли (гнезда X1 и X2).

4.4.3.7 Измерить ток замыкания на землю, установив переключатель амперметра в положение А2.

4.4.3.8 Выключить стенд - S2 в положение - 0.

4.4.3.9 Все переключатели установить в отключенное положение.

5 Указания по составлению отчета

Обработать результаты измерений, представив их в виде таблиц. Отчет должен содержать принципиальные схемы исследуемых режимов, краткие выводы по каждому из разделов измерений.

5.1 Исследование эффективности действия защитного заземления в сети с изолированной нейтралью

5.1.1 Принципиальная схема защитного заземления в сети с изолированной нейтралью.

5.1.2 Результаты измерений представить в виде таблицы.

Таблица 1 – Оформление результатов измерений

Измеренная величина	Корпус не заземлен			Корпус заземлен		
	Какая фаза сети замкнута на корпус					
	А (Желтая)	В (Зеленая)	С (Красная)	А (Желтая)	В (Зеленая)	С (Красная)
Напряжение корпуса относительно земли, В						
Напряжение фазных проводов относительно земли, В:						
фаза А						
фаза В						
фаза С						
Ток замыкания на землю, А						

5.1.3 Значение сопротивления заземляющего устройства, вычисленное по данным измерений.

5.1.4 Обоснованные выводы о возможных мероприятиях по повышению эффективности защитного заземления при режиме однофазного замыкания на землю (то есть при замыкании фазы на заземленный корпус).

5.2 Исследование эффективности действия защитного заземления в сети с изолированной нейтралью при двойном замыкании на землю

5.2.1 Принципиальная схема защитного заземления в сети с изолированной нейтралью при двойном замыкании на землю.

5.2.2 Данные измерения тока замыкания на землю и напряжения заземленных корпусов при двойном замыкании.

5.2.3 Значения сопротивления заземляющих устройств R_{31} и R_{32} , вычисленные по данным измерений.

5.2.4 Заключение об опасности замыкания на корпус разных фаз в двух электроустановках, имеющих отдельные заземляющие устройства.

5.3 Исследование эффективности действия защитного заземления в сети с заземленной нейтралью

5.3.1 Принципиальная схема защитного заземления в сети с заземленной нейтралью.

5.3.2 Данные измерений напряжений корпуса и нейтрали относительно земли, напряжения фазы источника и тока в цепи заземлителя.

5.3.3 Выводы об эффективности действия защитного заземления в сети с заземленной нейтралью.

6 Вопросы для самоконтроля

Что называется защитным заземлением?

Каков принцип действия защитного заземления?

В каких электрических сетях применяется защитное заземление?

Почему в трехфазных сетях с заземленной нейтралью защитное заземление применять нельзя?

Какое оборудование нужно заземлять?

Что такое заземляющее устройство?

Список использованных источников

1. Основы техники безопасности в электроустановках / П.А. Долин; под ред. П.А. Долина. - М.: Энергоатомиздат, 1984. – 220 с.

2. Безопасность жизнедеятельности: учебник для вузов / С.В. Белов, А.В. Ильницкая, А.Ф. Козьяков и др.; под общ ред. С.В. Белова.- 6-е изд., испр. и доп. – М.: Высш. шк., 2006. - 616 с.

3. Коптев, Д. В. Охрана труда в строительстве: учебное пособие / Д.В. Коптев, В.И. Булыгин, Д.В. Виноградов и др.; под ред. Д. В. Коптева. – М.: МЦФЭР, 2009. - 512 с.