

Министерство высшего и среднего специального образования

Республики Узбекистан.

Ташкентский государственный технический университет им.

Абу Райхана Беруни

Методические указания к лабораторной работе

«Исследование эффективности защитных заземляющих устройств»

Ташкент 2006

Методические указания к лабораторной работе «Исследование эффективности защитных заземляющих устройств»

Сост: Каримова В.М., Хасанова О.Т., Ирназаров Ш , Кодирбеков, Йулдош Ш.Й.
Ташкент Таш.ГТУ, 2006. 7с.

Данная работа включает в себя методику выполнения лабораторной работы, которая рассчитана на предварительную домашнюю подготовку студентов бакалавров всех направлений.

Кафедра «Безопасность жизнедеятельности»

Печатается по решению научно- методического совета ТашГТУ

Рецензенты: к.т.н. Саидахмедов С.С. доц. ТашГТУ
Урманов И.Р. доц. ТАДИ

Лабораторная работа

Исследование эффективности защитных заземляющих устройств

Цель работы:

I. Исследовать эффективность действия защитного заземления в сети с изолированной нейтралью и при двойном замыкании на землю.

II. Исследовать эффективность действия защитного заземления в сети с заземленной нейтралью, а также при двойном замыкании на землю.

Защитное заземление

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 с любым режимом нейтрали.

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

Защитное заземление выполняется путем подсоединения корпуса

электроустановки к искусственным и естественным заземлителям, представляющим конструкции из металла или других токопроводящих материалов и имеющих электрический контакт с грунтом.

1. Исследование эффективности действия защитного заземления в сети с изолированной нейтралью.

А) Если корпус электроустановки не заземлён, и он оказался в контакте с фазой, то прикосновение человека к такому корпусу равносильно прикосновению к фазному проводу (рис.1).

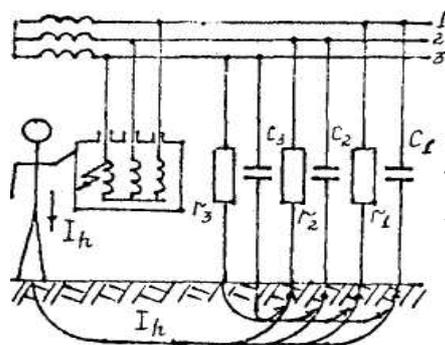


Рис.1 Прикосновение человека к изолированному от земли

корпусу при замыкании на него фазного провода

В этом случае ток, проходящий через человека, будет (в. комплексной форме), А,

$$I_h = \frac{U_\phi}{R_h + Z/3} \quad (1)$$

где U_ϕ - фазное напряжение сети, В;

R_h - сопротивление тела человека, Ом;

Z - комплекс полного сопротивления одного провода относительно земли, Ом:

$$Z = \frac{1}{1/r + j\omega c} \quad (2)$$

Здесь g и c - сопротивление изоляции и емкость провода относительно земли соответственно, Ом; ω - угловая частота, 1/с.

При малых значениях C уравнение (1) принимает вид:

$$I_h = \frac{U_\phi}{R_h + r/3}, \quad (3)$$

где I_h - ток в действительной форме, проходящий через человека, А.

При некоторых значениях r и U_ϕ ток I_h может достигать опасных значений.

Например, при $U_\phi = 220$ В, $r = 3,6$ кОм, $C = 0$, сопротивление тела человека $R_h = 1$ кОм по (3) получим

$$I_h = \frac{220}{1 + 3.6 / 3} = 100 \text{ Ma}$$

Такой ток для человека смертельно опасен.

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

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

Б) Если же корпус заземлен, то при замыкании на него фазы (рис.2) через заземление пойдет в землю ток I_3 , который является током однофазного замыкания на землю.

Значение его зависит от r и сопротивления заземления корпуса r_3 и определяется выражением, подобным (3):

$$I_3 = \frac{U_\phi}{r_3 + r/3}, \quad (4)$$

Напряжение корпуса относительно земли в этом случае будет равно

$$U_{корп} = U_3 = I_3 \cdot r_3, \quad (5)$$

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

будет

$$I_h = \frac{U_3}{R_h}, \quad (6)$$

При $r_3 = 4$ Ом напряжение корпуса относительно земли, которое в данном случае является напряжением прикосновения, будет равно в рассматриваемом примере

$$U_3 = U_{np} = I_3 \cdot r_3 = \frac{220}{4 + 3600 / 3} \cdot 4 \approx 0,7 B$$

Ток через человека также будет незначительным $I_h = 0,7$ мА.

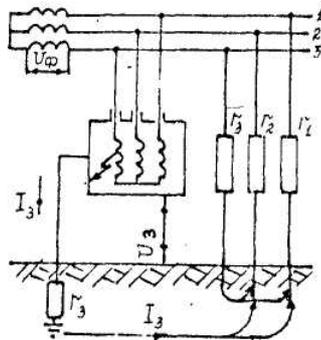


Рис2. Защитное заземление в сети с изолированной нейтралью

2. Исследование эффективности действия защитного заземления в сети с изолированной нейтралью при двойном замыкании на заземлённые корпуса.

При двойном замыкании, т.е. при одновременном замыкании двух фаз на два корпуса, имеющих отдельные заземлители, (рис.3) эти и другие корпуса, присоединенные к указанным заземлителям, окажутся под напряжением относительно земли равным:

в установке 1ой - $U_{31} = I_3 \cdot r_{31}$,

а в установке 2ой - $U_{32} = I_3 \cdot r_{32}$

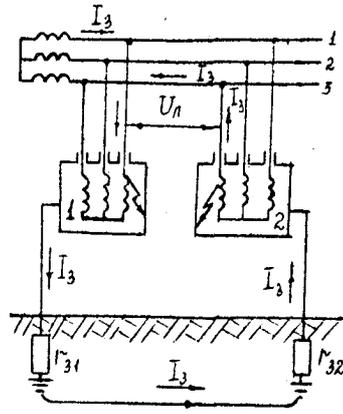


Рис.3. Двойное замыкание на землю

Сопротивление изоляции и емкости фаз относительно земли, в данном случае, практически не влияет на значение тока замыкания на землю, цепь которого устанавливается через сопротивление 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 в сетях до 1000 В может существовать длительно.

Если же заземлители установок 1 и 2 соединить проводником достаточного сечения или эти заземлители выполнить как одно целое, то двойное замыкание на землю превратится в КЗ между фазами, что вызовет быстрое отключение установок максимально - токовой защитой (предохранители, автоматы), т.е. обеспечит кратковременность опасного аварийного режима.

3. Исследование эффективности действия защитного заземления в сети с заземлённой нейтралью.

В сети с заземленной нейтралью (рис..4) при замыкании фазы на корпус по цепи, образовавшейся через землю, будет проходить ток

$$I_3 = \frac{U_\phi}{r_0 + r_3},$$

где r_0 - сопротивление заземления нейтрали, Ом.

При этом фазное напряжение распределится между r_3 и r_0

т.е.

$$U_3 = I_3 * r_3 \quad U_0 = I_3 * r_0 \quad U_\phi = U_3 + U_0$$

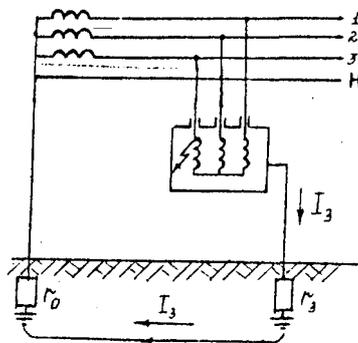


Рис. 4. Защитное заземление в сети с заземлённой нейтралью.

Таким образом, напряжение корпуса относительно земли зависит только от соотношения сопротивлений r_3 и r_0 .

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.

Устройство и принцип работы

Стенд представляет собой общий каркас коробчатого типа, устанавливаемый на столе и специальной подставке.

Конструктивно стенд выполнен в виде отдельных узлов и блоков, монтируемых в металлическом кожухе. К передней раме каркаса крепится передняя панель и установлены основные элементы. Панель с принципиальной электрической схемой крепится к кожуху, в ней предусмотрены: отверстия для органов управления и регулирования, гнезда для присоединения измерительных приборов к различным участкам схемы.

К задней раме каркаса крепится откидная панель блока трансформаторов, на котором установлены три трансформатора и кронштейн с клеммами заземления, элементами цепи, имитирующими сопротивление грунта, предохранителями.

Электрическая связь между передней панелью и откидной панелью осуществляется через разъем, вилка которого закреплена на откидной панели.

Доступ к предохранителям, клеммам и элементам цепи, имитирующим сопротивление грунта двумя заземлителями, осуществляется через открывающуюся дверку на задней стенке корпуса.

Напряжение в стенде подается от трехфазной сети переменного тока частотой 50 Гц через выключатель на три трансформатора, первичные обмотки которых соединены звездой, при включении стенда в сеть загораются сигнальные лампочки Л1, Л2, Л3, которые включены между нулевым проводом и каждой фазой через диоды Д1, Д2, Д3 и резисторы R1, R2, R3.

Три фазы, нулевой провод и провод позволяют соответствующим

переключателем тумблеров В₂, В₃ моделировать любую из сетей трехфазного тока:

- а) трехпроводную с изолированной нейтралью;
- б) трехпроводную с заземленной нейтралью;
- в) четырехфазную с изолированной нейтралью;
- д) четырехпроводную с заземленной нейтралью.

Каждая фаза и нулевой провод имеют свой блок имитации изоляции. Для имитации изоляции имеются сопротивления МЛТ-2-10 кОм и СП-1-1А-100 кОм. Для имитации емкости провода служат: Конденсатор МБМ-250-0,25, резистор СП-1-1А- 330 кОм.

Цепи замыкания на корпус подключаются к каждой из фаз через В4 и В6. Гнезда Гн7, Гн8, Гн15, Гн16 предназначены для подключения измерительного прибора для измерения величины тока, протекающего через цепь, замкнутую на корпус.

Аварийный режим замыкания на корпус осуществляется кнопками Кн1, Кн2.

Тумблеры В5 и В7 осуществляют подключение к корпусам заземлений.

К клеммам Кл1, Кл2, Кл3 подключаются заземлители.

Каждая клемма имеет свой заземлитель. Общим заземлителем объединять клеммы – НЕЛЬЗЯ!!!

Резисторы R16-R19 и тумблеры В8, В9 предназначены для двух цепей, имитирующих сопротивление грунта между двумя заземлителями. Предел регулирования сопротивления грунта от 2,4 кОм до 12 кОм.

Порядок проведения лабораторной работы.

I. Исследование эффективности действия защитного заземления в сети с изолированной нейтралью.

1. Подготовить таблицы для записи результатов.
2. Привести стенд в исходное положение:
 - а) ручки блоков имитации изоляции фаз нулевого провода в положение 10 кОм и 0,25 МкФ;
 - б) тумблеры В2, В3, В5, В7 выключены;
 - в) переключатели В4, В6 в положение «откл».
- 3) Для измерения напряжения на корпусе Кор 1 и измерения напряжения фаз относительно земли подготовить схему стенда, для чего ручками R_A , R_B , R_C , R_N и C_A , C_B , C_C , C_N выставить сопротивление изоляции и емкости проводов в соответствии с заданием, полученным у преподавателя, в котором даны величины сопротивлений:
 - а) для замера тока, протекающего в цепи, пробитого на землю корпуса (Кор 1) включить амперметр в гнезда Гн7, Гн8 (с пределом 0,5 А);
 - б) для замера напряжения на корпусе относительно земли включить вольтметр в гнезда Гн9, Гн10 (с пределом 150 В);
 - в) для замера напряжения фаз относительно земли включить вольтметр в гнезда (Гн3 - Гн6) – Гн10 (с пределом 150 В);
 - г) переключатель «В4» поставить в положение «С».
 - д) корпуса Кор1 и Кор2 должны быть не заземлены, следовательно, В6, В7 отключены.

4. Собранный схему показать преподавателю, после чего подать питание, включить В1. Произвести замыкание на корпус, нажав кнопку Кн1, записать показания приборов в табл.1. Переставить В4 в положение В, нажать Кн1 и сделать замер, потом В4 в положение А, сделать замер и т.д. Сделать всего 9 замеров напряжений фаз относительно земли и 3 замера напряжений корпуса относительно земли и записать в табл. 1.

5. Провести измерения для заземленного корпуса аналогичным путем. Но предварительно:

а) включить тумблер В5, т.е. соединить корпус с заземлителем;

б) заменить вольтметр, показывающий напряжение на корпусе (Гн9, Гн10) на вольтметр с меньшим пределом (предел 7,5 В);

в) для замера напряжения фаз относительно земли подключить вольтметр в гнезда Гн3 - Гн6 и Гн10 (с пределом 150 В).

Во время этих измерений Кор1 должен быть заземлен, т.е. В5 включен.

г) Для оценки факторов, от которых зависит эффективность защитного заземления, измерить методом «наложения» постоянного тока (при помощи мегометра) суммарные сопротивления изоляции проводов относительно земли.

Для чего в схеме, на которой проводились предыдущие измерения, поставить В4 в положение «откл». Мегометр включить в гнездо Гн3 (или Гн4 или Гн5) и в гнездо Гн2 (питание на схему должно быть подано, т.е. В1 включен) во время вращения ручки мегометра с его шкалы снять показания: отключить мегометр и пользуясь вольтметром, замерить линейные напряжения.

По полученным данным найти сопротивления r_1 , r_2 , r_3 методом, изложенным в

теоретической части.

II. Исследования эффективности действия защитного заземления в сети с изолированной нейтралью при двойном замыкании на землю.

1. Для измерения тока в цепи корпусов включить амперметр в гнезда Гн7, Гн8 (с пределом 0,5 А).
2. Для измерения напряжения на корпусе (Кор1) относительно земли напряжения включить вольтметр в гнезда Гн9, Гн10 (с пределом 150 В).
3. Для измерения напряжения на корпусе (Кор2) относительно земли включить вольтметр в Гн17, Гн18 (с пределом 150 В).

Переключатели В4 и В6 установить в разные фазы.

Включить В5 и В7, т.е. заземлить оба корпуса.

6. Нажать одновременно на Кн1 и Кн2, замкнув две разные фазы на корпуса и записать показания приборов.

III. Исследование эффективности действия защитного заземления в сети с заземленной нейтралью.

В ранее собранную схему внести следующие изменения:

1. Для измерения напряжения нейтрали относительно земли включить вольтметр в гнезда Гн1, Гн2.

2. Заземлить нейтраль В2, поставить в положение «вкл» ;

Выключить нулевой провод выключателем В3;

Переключатель В4 поставить в положение А;

9													
---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Содержание отчёта.

I. Исследование эффективности действия защитного заземления в сети с изолированной нейтралью.

Принципиальная схема защитного заземления в сети с изолированной нейтралью.

Результаты расчёта тока замыкания на землю и напряжения корпуса 1 относительно земли.

Результаты измерения в виде таблицы 2.

Таблица 2

Режим измерений	Корпус не заземлён				Корпус заземлен				
	$U_{\text{корп}}$	U_1	U_2	U_3	$U_{\text{корп}}$	U_1	U_2	$U_{3п}$	I_3
Замыкание на корпус	В	В	В	В	В	В	В	В	мА
Фазы 1									
Фазы 2									
Фазы 3									

Значение сопротивления заземлителя, вычисленной по данным измерений.

Вывод.

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

1. Принципиальная схема двойного замыкания на землю.
 2. Результаты расчёта тока замыкания на землю и напряжений корпуса 1 и корпуса 2 относительно земли.
- Результаты измерения внести в табл. 3.

Таблица 3

$U_{\phi}, \text{ В}$	$\sqrt{3} U_{\phi}, \text{ В}$	$U_{\text{корп 1}}, \text{ В}$	$U_{\text{корп 2}}, \text{ В}$	$I_3, \text{ А}$	Расчётные значения	
					$r_{31}, \text{ Ом}$	$r_{32}, \text{ Ом}$

3. Результаты расчёта сопротивления заземлителей корпуса 1 и 2 по данным измерений.
4. Заключение об опасности двойного замыкания и предложения по предотвращению опасностей в этом случае.

III. Исследование эффективности действия защитного заземления в сети с заземленной нейтралью.

1. Принципиальная схема защитного заземления в сети с заземлённой нейтралью .

2. Результаты расчёта тока замыкания на землю и напряжений корпуса 1 относительно земли.

3. Результаты измерения в виде табл. 4

4. Выводы.

Таблица 4

$U_0, В$	$U_{\text{корп}}, В$	$U_{\text{ф}}, В$	$I_3, А$	Расчётные значения	
				$R_0, Ом$	$r_3, Ом$

Литература

1. Охрана труда в электроустановках / Под ред. Б.А. Князевского-М. Энергоатомиздат, 1983
2. Долин П. А. Основы техники безопасности в электроустановках.- М. Энергоатомиздат. 1984
3. Охрана труда в энергосистемах А.А Воронина, Н.Ф. Щебенко М.: Энергия. 1973
4. Правила устройства электроустановок, М.: ДЕАН., 2004
5. Правила устройства электроустановок, Электрическое освещение. Электрооборудование специальных установок М.: ДЕАН, 2002
6. Правила технической эксплуатации и правила техники безопасности при эксплуатации электропотребителей А.Г. Саиджоджаев, Т.М. Кадыров, О.М. Бурхонходжаев, Б.А. Абдуллаев под общей ред. Б.М. Тешабаева, А.Г. Солиева. ТашУз Гос Энергонадзор., 2005
7. Правила устройства электроустановок (Электроускуналарни тузилиш коидалари), Тошкент ДИ УзГосЭнергонадзор., 2005
8. www.кедти.ru

Содержание

Исследование эффективности защитных заземляющих устройств	3
Исследование эффективности действия защитного заземления в сети с изолированной нейтралью	3
Исследование эффективности действия защитного заземления в сети с изолированной нейтралью при двойном замыкании на заземлённые корпуса	6
Исследование эффективности действия защитного заземления в сети с заземлённой нейтралью	7
Устройство и принцип работы	8
Порядок проведения лабораторной работы	9
Исследование эффективности действия защитного заземления в сети с изолированной нейтралью.....	9
Исследования эффективности действия защитного заземления в сети с изолированной нейтралью при двойном замыкании на землю.....	10
Исследование эффективности действия защитного заземления в сети с заземленной нейтралью	11
Содержание отчёта	12
Исследование эффективности действия защитного заземления в сети с изолированной нейтралью	12
Исследование эффективности действия защитного заземления в сети с золированной нейтралью при двойном замыкании на землю.....	12
Исследование эффективности действия защитного заземления в сети с заземленной нейтралью	13