

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«НИЖЕГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ им. Р. Е. АЛЕКСЕЕВА»
- федеральный опорный вуз

Кафедра "Производственная безопасность, экология и химия"

**ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ
ЗАЩИТНОГО ЗАЗЕМЛЕНИЯ И ЗАНУЛЕНИЯ**

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
к лабораторной работе по курсу
«Безопасность жизнедеятельности»

Нижегород, 2018

Составители: Н.С.Конюхова, О.В.Маслеева

УДК 621.382.3+621.31+614.84(075.5)

Оценка эффективности защитного заземления и зануления: Методические указания к лаб. работе № 10 по курсу «БЖД» /НГТУ; Сост.: Н.С.Конюхова, О.В.Маслеева. Н.Новгород, 2018, 10 с.

Изложены краткие сведения из теории, дано описание стенда, порядок выполнения лабораторной работы и указания к составлению отчета.

Утверждено на заседании кафедры ПБЭиХ 14 февраля 2018 г., протокол №3

Подп. к печ. . Формат 60x80¹/16. Бумага газетная. Печать офсетная. Печ. л. 0,75. Уч.-изд.л. 0,5. Тираж 100 экз. Заказ 231.

Нижегородский государственный технический университет.

Типография НГТУ. 603600, Н.Новгород, ул Минина,24.

© Нижегородский государственный
технический университет, 2018

1. Цель работы

1.1. Оценить эффективность защитного заземления в электроустановках, питающихся от трехфазных трехпроводных сетей с изолированной нейтралью и действие защитного заземления в трехфазных пятипроводных сетях с заземленной нейтралью напряжением до 1000 В.

1.2. Оценить эффективность зануления в трехфазной пятипроводной сети с заземленной нейтралью напряжением до 1000 В.

2. Краткие сведения из теории

Защитным заземлением называется преднамеренное электрическое соединение с землей или ее эквивалентом (вода, каменистый грунт) нетоковедущих частей электрооборудования, которые могут оказаться под напряжением. Действие защитного заземления сводится к снижению до безопасного значения напряжения прикосновения – разности потенциалов между двумя точками электрической цепи (корпуса и основания), которых одновременно касается человек. Безопасность достигается, во-первых, за счет уменьшения потенциала на заземленном корпусе электроустановки (ЭУ) из-за малого сопротивления защитного заземления и большого сопротивления изоляции фазных проводников в электрических сетях с изолированной нейтралью и, во-вторых, за счет повышения потенциала основания, на котором стоит человек в случае расположения заземлителя вблизи заземленного корпуса.

Защитное заземление наиболее эффективно действует в трехфазных трехпроводных сетях напряжением до 1000 В с изолированной нейтралью в питающем трансформаторе, а также в однофазных двухпроводных сетях с изолированным от земли нулевым рабочим проводником

При эксплуатации электрооборудования в производственных условиях возникают аварийные режимы, когда происходят одновременные замыкания фазных проводников на корпусах двух электроустановок, с отдельными заземляющими устройствами. При этом возникает двойное замыкание на землю и заземленное оборудование оказывается под напряжением, определяемым формулами:

$$\text{- на корпусе 1 } U_1 = I_3 R_1 = \frac{U_\Delta}{R_1 + R_2} R_1, \text{ В,}$$

$$\text{- на корпусе 2 } U_2 = I_3 R_2 = \frac{U_\Delta}{R_1 + R_2} R_2, \text{ В,}$$

где $I_3 = \frac{U_\Delta}{R_1 + R_2}$ - ток через заземлители корпусов 1 и 2, А;

R_1 и R_2 – сопротивления заземляющих устройств, Ом; U_Δ - линейное напряжение сети, В (на стенде $U_\Delta = 380$ В).

Из приведенных зависимостей U_1 и U_2 видно, что в случае равенства R_1 и R_2 напряжение, возникшее на заземленных корпусах 1 и 2, будет равным половине линейного напряжения, т.е. $U_1 = U_2 = 0,5 U_{л}$.

Такое напряжение представляет высокую опасность для обслуживающего персонала, тем более, что двойное замыкание может существовать длительно. В данном случае необходимо оснащать такие установки быстродействующей релейной защитой или применять зануление как меру основной защиты.

Занулением называется преднамеренное электрическое соединение с нулевым защитным проводником (НЗП) металлических нетоковедущих частей электрооборудования, которые могут оказаться под напряжением.

Зануление предназначено для устранения опасности поражения человека электрическим током при замыкании фазного проводника на корпус путем быстрого автоматического отключения поврежденной электроустановки от питающей сети.

Принцип действия зануления – превращение тока замыкания фазного проводника на корпус электроустановки ЭУ в ток короткого замыкания, т.е. замыкания между фазным и нулевым проводником, с целью создания большого тока, необходимого для срабатывания защиты и автоматического отключения поврежденной ЭУ от питающей сети за время $\tau \leq 0,2$ с. Кроме того, при соединении зануленных корпусов с землей через нулевой защитный проводник (НЗП) и повторное заземление (ПЗ), в случае замыкания фазного проводника на корпус ЭУ, до момента отключения напряжение на замкнутых корпусах снижается.

Таким образом, зануление осуществляет два защитных действия – быстрое автоматическое отключение поврежденной электроустановки от питающей сети и снижение напряжения на зануленных металлических корпусах относительно земли.

Зануление применяется преимущественно в трехфазных четырехпроводных и пятипроводных сетях напряжением до 1000 В с глухозаземленной нейтралью.

3. Правила техники безопасности

1. Перед началом работы на лабораторном стенде по оценке эффективности защитного заземления и зануления студентам необходимо ознакомиться с электрической схемой, выполненной на стенде, и описанием этой схемы в разделе 4.

2. Лабораторный стенд подключен к 3-фазной электрической сети напряжением 380 В частотой 50 Гц.

3. Приступать к выполнению эксперимента нужно после получения разрешения и выдачи задания преподавателем.

4. При возникновении любых неисправностей или отказов (искрение, поломки выключателей, тумблеров, погашение сигнальных ламп на фазных проводниках или др.) прекратить эксперимент и отключить стенд. Самостоятельно дефекты не устранять.

Внимание! Бережно относиться ко всему оборудованию стенда. Аккуратно выполнять эксперимент.

4. Описание лабораторного стенда

Лабораторный стенд представляет собой настольную конструкцию с вертикальной передней панелью. На лицевой панели стенда (рис.1) изображена мнемосхема системы «электрическая сеть – потребители», которая содержит изображение источника питания (трехфазная сеть), фазных и защитных проводников, электропотребителей: полуактивного (корпус 1), активного (корпус 2) и пассивного (корпус 3).

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

Стенд позволяет моделировать два способа защиты – защитное заземление и зануление. Подключение корпусов 1 и 2 к РЕ-проводнику или к заземляющим устройствам осуществляется путем соединения гибким проводом со штекерами клемм «Х1» или «Х2» с одной из клемм «Хре1», «Хре2» или Хзм1», Хзм2».

На поле мнемосхемы размещены коммутационные элементы и регуляторы с соответствующими цифровыми обозначениями, выполняющими следующие функции:

- изменение значений сопротивлений изоляции проводов (R_{AE} , R_{BE} , R_{CE} , R_{NE}); 1; 5; 10; 20 кОм;

- имитацию подключения автоматическими выключателями активного (корпус 2) и полуактивного (корпус1) потребителей кнопками без фиксации с индикацией, соответственно S_2 и S_1 , (корпус 3 является пассивным и изображен как однофазный потребитель);

- имитацию замыкания корпусов 1 и 2 на фазы соответственно «А» и «В» (тумблеры с фиксацией и индикацией $S_{кз.1}$ и $S_{кз.2}$);

- изменение значений сопротивления нулевого проводника – РЕ-проводника;

- изменение значений переходного сопротивления между корпусом 2 и нулевым проводником ($R_{пер}$);

- изменение значений сопротивления заземления корпуса 2 ($R_{зм2}$) и другие функции.

Сопротивления заземления нейтрали и заземления корпуса 1 установлены постоянные (4 Ом).

Индикация токов (Амперметр) и напряжений (Вольтметр) в моделируемой трехфазной сети, а также времени срабатывания автоматического выключателя корпуса 2 (Секундомер) осуществляются цифровыми индикаторами в нижней части стенда. Индицируемые параметры зависят от положения переключателей «А1-А2» и «U_A- U_B- U_C - U1- U2 - U3- Uф».

Так как только корпус 2 является активным, т.е. работающим при всех экспериментах, работа стенда осуществляется только при условии включения

корпуса 2 и замыкания на землю фазы «В» (кнопка $S_{кз2}$). Если будет попытка произвести измерение при несоблюдении этого условия, на цифровых индикаторах высветится цифра «2».

В случае набора не предусмотренной комбинации на цифровые индикаторы выводится символ «----».

Включение-выключение стенда производится тумблером «ВКЛ-ВЫКЛ».

5. Порядок выполнения работы

5.1. *Оценка эффективности действия защитного заземления в сети с изолированной нейтралью.*

а) Незаземленный корпус

- Изолировать нейтраль – перевести переключатель S_N в нижнее положение.
- Установить значения активных сопротивлений изоляции переключателем S_{RE} в соответствии с заданием преподавателя.
- Включить стенд – тумблер перевести в положение «on», при этом загораются лампы.
- Подключить ЭУ 2 к сети кнопкой S_2 .
- Произвести тумблером $S_{кз2}$ замыкание фазного провода В на корпус 2 (положение тумблера – вверх).
- Вольтметром измерить напряжение незаземленного корпуса 2 относительно земли (переключатель напряжений установить в положение U_2 и нажать кнопку «измерение»). Результат записать в табл. Нажать кнопку «СБРОС». Отключить $S_{кз2}$.

б) Заземленный корпус

- Установить значение $R_{зм2}$, равное 4 Ом.
- Подключить ЭУ 2 к сети кнопкой S_2 .
- Произвести тумблером $S_{кз2}$ замыкание фазного провода В на корпус 2.
- Заземлить корпус 2 – соединить гнезда X_2 и $X_{зм2}$ с помощью гибких проводников.
- Переключить амперметр в положение « A_1 .»
Вольтметром измерить напряжение заземленного корпуса 2 относительно земли (переключатель напряжений установить в положение U_2 и нажать кнопку «измерение») и ток замыкания на землю. Результаты записать в табл. 1.
- Выполнить сброс замыкания на корпус.

5.2. *Оценка эффективности действия защитного заземления в сети с заземленной нейтралью*

- Заземлить нейтраль источника тока - переключатель S_N в верхнее положение.
- Подключить ЭУ 2 к сети кнопкой S_2 .
- Произвести тумблером $S_{кз2}$ замыкание фазного провода В на корпус 2.

- Заземлить корпус 2 – соединить гнезда X_2 и X_{3M2} с помощью гибких проводников.
- Установить амперметр в положение “А₁.”
Вольтметром измерить напряжение заземленного корпуса 2 относительно земли (переключатель напряжений установить в положение U_2 и нажать кнопку «измерение») и ток замыкания на землю. Результаты записать в табл. 1. Значение напряжения на незаземленном корпусе внести в таблицу из предыдущего опыта.
- Выполнить сброс замыкания на корпус.

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

- Изолировать нейтраль – перевести переключатель S_N в нижнее положение.
- Подключить ЭУ 1 к сети кнопкой S_1 и ЭУ 2 кнопкой S_2 .
- Одновременно тумблерами S_{K32} и S_{K31} произвести замыкания фазных проводов А и В на корпуса 1 и 2 соответственно.
- Установить переключатель амперметра в положение А₁.
- Вольтметром измерить напряжение незаземленного корпуса 1 относительно земли (переключатель напряжений установить в положение U_1 и нажать кнопку «измерение») и напряжение незаземленного корпуса 2 относительно земли (переключатель напряжений установить в положение U_2).
- Выполнить сброс замыканий.
- Заземлить корпуса – соединить гнезда X_2 и X_{3M2} с помощью гибких проводников и гнезда X_1 и X_{3M1} .
- Включить установки ЭУ1 и ЭУ2 и произвести замыкания соответствующими тумблерами S_{K32} и S_{K31} одновременно.
- Вольтметром измерить напряжение заземленного корпуса 1 относительно земли и напряжение заземленного корпуса 2 относительно земли (переключатель напряжений установить в положение U_1 , затем – в положение U_2).
- Одновременно измерить ток замыкания на землю.
- Результаты замеров занести в табл. 1.
- Выполнить сброс замыканий.

Таблица 1

Оценка эффективности защитного заземления

Тип питающей сети	Напряжение на незаземленном корпусе, В	Напряжение на заземленном корпусе, В	Ток замыкания на землю, А
Сеть с изолированной нейтралью (замыкание на корпус 2)	$U_{K2} =$	$U_{K2} =$	$I_3 =$
Сеть с заземленной нейтралью	$U_{K2} =$	$U_{K2} =$	$I_3 =$

Сеть с изолированной нейтралью (двойное замыкание на корпусах 1 и 2)	$U_{к1}=\$ $U_{к2}=\$	$U_{к1}=\$ $U_{к2}=\$	$I_3=\$
--	--------------------------	--------------------------	---------

Сделать вывод об эффективности защитного заземления в сетях с изолированной и заземленной нейтралью, сравнив соответствующие показания напряжений на заземленных корпусах. Также сделать вывод об эффективности защитного заземления в сети с изолированной нейтралью при двойном замыкании на заземленные корпуса.

5.4. Оценка эффективности действия зануления в трехфазной пятипроводной сети с заземленной нейтралью напряжением до 1000 В

5.4.1. Определение времени срабатывания автоматов защиты при замыкании фазного провода на корпус при различном сопротивлении петли «фаза-нуль».

- Заземлить нейтраль источника тока - переключатель S_N в верхнее положение.
- Подключить корпус 2 к нулевому защитному проводнику, для этого соединить гибкими проводниками гнезда X_{PE2} и X_2 .
- Переключателем S_{RPE} установить значение $R_{PE}=0,1$ Ом.
- Подключить ЭУ 2 к сети кнопкой S_2 .
- Произвести тумблером $S_{кз2}$ замыкание фазного провода В на корпус 2.
- Включить амперметр (положение А1).
- Снять показания времени срабатывания автомата защиты с помощью секундомера и тока замыкания на корпус с помощью амперметра А1, нажав кнопку «измерение».
- Выполнить сброс замыкания.
- Установить значения $R_{PE}=0,2$, затем 0,5 Ом и произвести измерения времени срабатывания защиты и тока замыкания на корпус соответственно.
- Отключить стенд.
- Результаты занести в табл. 2.

Таблица 2

Оценка эффективности зануления в сети с заземленной нейтралью

Исходные данные	Время срабатывания защиты, с	Ток замыкания
Сопротивление петли «фаза-нуль» $R_{PE}= 0,1$ Ом $R_{PE}= 0,2$ Ом $R_{PE}= 0,5$ Ом	$\tau_1=\$ $\tau_2=\$ $\tau_3=\$	$I_1 =$ $I_2 =$ $I_3 =$

--	--	--

Сделать выводы об эффективности зануления в сети с заземленной нейтралью в зависимости от сопротивления петли «фаза-нуль», сравнив время срабатывания защиты с допустимым.

6. Содержание отчета

Отчет по лабораторной работе должен содержать: цель работы, таблицы результатов и выводы.