

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Емельянов Сергей Геннадьевич

Должность: ректор

Дата подписания: 30.01.2020 10:33:07

Уникальный программный ключ:

9ba7d3e34c012eba476ffd2d064cf2781953be73dd1b74d10f5e0ce558f0fcb

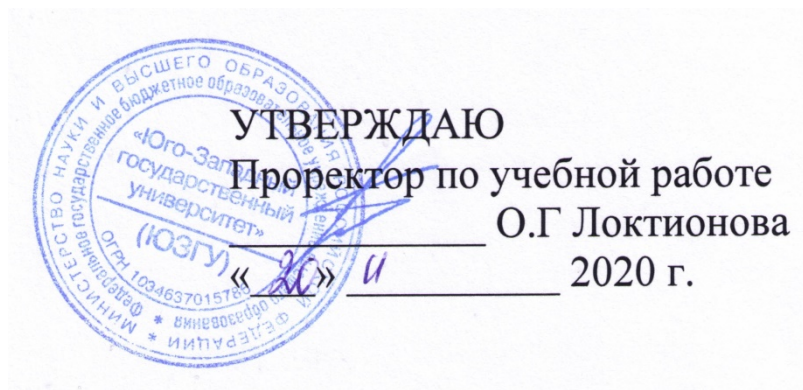
## МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное

учреждение высшего образования

«Юго-Западный государственный университет»

Кафедра охраны труда и окружающей среды



## ИССЛЕДОВАНИЕ ОПАСНОСТИ ТРЕХФАЗНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ

Методические указания к проведению лабораторных работ по дисциплине «Безопасность труда, безопасность жизнедеятельности» для студентов всех направлений подготовки

Курск 2020



### **Цель работы:**

1. Изучение характеристик опасности электрических сетей и влияющих на нее факторов.
2. Исследование характеристик трехфазных электрических сетей в нормальном и аварийном режимах.
3. Измерение опасных факторов трехфазных электрических сетей с изолированной и заземленной нейтралью источника питания на специальном лабораторном стенде.
4. Построение графиков измерения характеристик опасных факторов, полученных экспериментальным методом.

### **Общие положения**

Рассмотрим факторы, влияющие на степень поражения электотоком человека:

1.1 Сила тока: человек начинает чувствовать ток в пределах от 0,5 до 10 мА, такой ток называют осязаемым или пороговым значением ток;

1.2 Ток 15-20 мА называют опасным надпороговым не отпускающим током;

1.3 Ток 80-100 мА называют фибрилляционным током, могущим вызвать остановку сердца и клиническую смерть.

#### **2. Длительность протекания ток**

Ток длительностью воздействия более 3-5 с при неотпускающем токе может вызвать паралич сердечной мышцы и привести к потере сознания.

3. Род ток: переменный ток промышленной частоты более опасный чем постоянный ток при напряжении источника до 400-600 В. Свыше 600 В более опасным является постоянный ток.

4. Частота тока. Наиболее опасным является ток с частотой от 20 до 100 Гц. Токи высокой частоты более 500 кГц не вызывают электрического удара, но являются опасными по тепловому воздействию на внутренние органы и ткани.

5. Путь протекания тока: наименее опасный нога – нога и наиболее опасный правая рука – левая нога. Неблагоприятный климат (температура, влажность) увеличивает опасность поражением током.

Физиологическое и психологическое состояние человека влияет на степень сопротивления организма воздействию электрического тока.

### **Характеристики трехфазных сетей переменного тока промышленной частоты**

Трехфазные сети подразделяются на следующие виды:

2.1 Трехпроводные с изолированной нейтралью при напряжении до 1000 В;

2.2 Четырехпроводные с заземленной нейтралью при напряжении до 1000 В;

2.3 Трехпроводные с заземленной нейтралью при напряжении свыше 35 кВ.

Изолированной нейтралью называется нейтральная точка источника питания (генератора, трансформатора), не присоединенная к заземляющему устройству.

Глухозаземленной нейтралью называется нейтраль источника питания, присоединенная к заземляющему устройству через малое сопротивление или непосредственно.

В соответствии с требованиями ПУЭ (правила устройства электроустановок) защитное сопротивление не должно превышать 10 Ом в установках с напряжением до 1000 В и в установках свыше 1000 В защитное сопротивление не должно превышать 4 Ома. В промышленности применяют трехпроводные сети с изолированной нейтралью и четырехпроводные с заземленной нейтралью.

В подавляющем большинстве электроустановки напряжением до 1000 В работают от четырехпроводных сетей с глухозаземленной нейтралью. С помощью нулевого провода потребителей включают на фазное напряжение. Нулевой защитный проводник и нулевой рабочий проводник являются рабочими элементами схемы.

При анализе опасности электрических сетей наиболее общими являются следующие схемы включения человека в электрическую цепь: двухфазное включение – прикосновение человека одновременно к двум фазам; при этом включении человек попадает под линейное напряжение и ток через человека равен:

$$I_h = \frac{\sqrt{3} * U_{\phi}}{R_h}, \quad (1)$$

Однофазное включение – прикосновение к одной фазе и земле, включение на фазное напряжение и более низкий ток. При это ток через человека равен:

$$I_h = \frac{U_\phi}{R_h}, \quad (2)$$

Где  $U_\phi$  – фазное напряжение, В;  $R_h$  – сопротивление человека.

Также важным является режим работы сети – нормальный и аварийный, характеризующийся повышенной опасностью для человека и возникающий в случае замыкания одной из фаз на землю или на токопроводящие корпуса электроустановок.

Анализ безопасности электрических сетей сводится к определению величины тока, который проходит через тело человека, когда он случайно становится элементом действующей электрической цепи (например, при прикосновении к проводам, которые находятся под напряжением).

При расчете защиты от поражения электрическим током используют предельно допустимые значения тока и напряжения прикосновения.

### **Содержание отчета по работе.**

4.1 Экспериментальная часть работы выполняется на специальном лабораторном стенде, позволяющим моделировать исследуемые трехфазные сети напряжением до 1000 В.

Существующие в реальных сетях распределенные сопротивления изоляции и емкости проводов соответственно заменены в схеме стенда сосредоточенными сопротивлениями и емкостями. Изменяя значения этих сопротивлений и емкостей, можно имитировать на стенде каждую из исследуемых сетей с необходимыми параметрами. Сопротивление тела человека имитируется с помощью набора резисторов. Ток, протекающий через человека, измеряется амперметром РА 2. Ток в сети измеряется амперметром РА 1. Напряжение, под которым оказывается человек, прикоснувшись к фазному проводу, измеряется вольтметром РV.

### 4.2 Порядок выполнения работы.

4.2.1 Привести стенд в исходное положение: все тумблеры поставить в положение «отключено» (вниз), переключатели поставить в крайнее левое положение. Включить питание стенда сдвоенным тумблером «Устройство».

4.2.2 Экспериментальные исследования параметров трехфазной сети с изолированной нейтралью. Сеть работает без замыкания на землю.

Опыт №1. Сопротивления всех трех фаз устанавливаются одинаковыми  $R_1=R_2=R_3=R_{u3}$ . Величина  $R_{u3}$  меняется в соответствии с заземлением от 1 кОм до 400 кОм. Емкость проводов всех фаз одинакова и неизменна  $C_1=C_2=C_3=C=0,1$  кОм.

Переключатель  $R_h$  поставить в положение 1, что соответствует сопротивлению тела человека  $R_h=1$  кОм.

Миллиамперметром измеряется ток  $I_h$ , протекающий через сопротивление тела человека при изменении сопротивления изоляции

$$I_h=f(R_{u3}), C=0,1 \text{ мкФ}$$

Результаты измерений заносятся в табл.1

Таблица 1 – Зависимость тока  $I_h$ , протекающего через тело человека, от сопротивления изоляции.

| Исследуемый параметр               | Сопротивление изоляции $R_{u3}$ , кОм |   |   |    |     |
|------------------------------------|---------------------------------------|---|---|----|-----|
|                                    | 1                                     | 2 | 5 | 10 | 400 |
| Ток $I_h$ , измеренный в опыте, мА |                                       |   |   |    |     |

По результатам измерений построить график зависимости  $I_h=f(R_{u3})$ , при  $C=\text{const}$ ; сравнить полученные результаты с теоретическими, сформулировать выводы по результатам опыта №1.

Опыт №2. Емкости проводов всех трех фаз устанавливаются одинаковыми  $C_1=C_2=C_3=C_{u3}$ . Величина  $C_{u3}$  меняется в соответствии с заданием. Сопротивление изоляции всех трех фаз одинаковы и не изменяются  $R_{u3}=400$  кОм. Миллиамперметром измеряется ток  $I_h$ .

$$I_h=f(C), R_{u3}=400 \text{ кОм}$$

Результаты измерений помещаются в табл.2.

Таблица 2 – Зависимость тока  $I_h$ , протекающего через тело человека, от емкости фаз относительно земли

| Исследуемый параметр               | Емкость сети относительно земли, мкФ |     |     |     |     |     |     |     |
|------------------------------------|--------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|                                    | 0                                    | 0,1 | 0,2 | 0,6 | 1,0 | 1,6 | 1,8 | 2,0 |
| Ток $I_h$ , измеренный в опыте, мА |                                      |     |     |     |     |     |     |     |

По результатам измерений построить график зависимости  $I_h=f(C_{u3})$ , при  $R=\text{const}$ ; сравнить полученные результаты с теоретическими, сформулировать выводы по результатам опыта №2.

Опыт №3. Сопротивление изоляции фаз устанавливаются неодинаково  $R_1 \neq R_2 \neq R_3$ . Емкость проводов относительно земли для всех одинакова и неизменна  $C=0,1$  мкФ.

Миллиамперметром измеряется ток, протекающий через сопротивление тела человека, в зависимости от того, к какой фазе он прикасается  $I_h=f(R_1, R_2, R_3)$ .

Переключатель  $\Pi_\phi$  поочередно ставить на каждую из фаз, параметры  $R_{u3}$  сети и  $C_{u3}$  не изменять. Переключатель  $R_h$  поставить в положение 1кОм. Показания миллиамперметра записать в строку 1, табл.3

Таблица 3 – Сопротивление изоляции фаз в зависимости от исследуемого аппарата

| Номер строки | Исследуемый параметр  | Сопротивление изоляции фаз, кОм |           |             |
|--------------|---|---------------------------------|-----------|-------------|
|              |   | Первой, 2                       | Второй, 5 | Третьей, 10 |
| 1            | Ток $I_h$ , измеренный в случае, когда работает в нормальном режиме     |                                 |           |             |
| 2            | Ток $I_h$ , измеренный в случае, когда появилось замыкание на землю, мА |                                 |           |             |

В сети появилось замыкание на землю одной из фаз.

Опыт №4. Сопротивление изоляции фаз устанавливаются неодинаковыми  $R_1 \neq R_2 \neq R_3$ . Емкость проводов относительно земли для всех фаз одинакова и неизменна  $C=0,1$  мкФ.

Замыкание на землю одной из фаз имитируется кнопкой «Замыкание фазы на землю».

Миллиамперметром измеряется ток, протекающий через сопротивление тела человека, в зависимости от того к какой фазе он прикоснулся, в то время как любая другая фаза замкнулась на землю.

$$I_h=f(R_1, R_2, R_3)$$

Переключатель  $P_{\phi}$  поочередно ставить на каждую из фаз и в момент измерения тока включать кнопку «Замыкание на землю» для имитации замыкания на землю. Параметры сети не изменять. Переключатель  $R_h$  поставить в положение 1 кОм.

Показания миллиамперметра записать в строку 2, табл.1.3

По результатам экспериментов сформулировать выводы и отличительные особенности протекания тока через тело человека в нормальных параметрах сети и аварийных.

4.2.3 Экспериментальные исследования параметров трехфазной сети с заземленной нейтралью в нормальном и аварийном режимах работы проводится аналогично приведенным выше для параметров трехфазных сетей с изолированной нейтралью с заполнением табл. 2.1, 2.2, 2.3 и построением графических зависимостей. В сети с заземленной нейтралью в нормальном режиме работы:

А) Заземлить нейтраль, включить тумблер  $R_0$ ;

Б) Для измерения тока в аварийном режиме включить тумблер «Шунтирование».

По результатам выполненных теоретических и экспериментальных исследований сформулировать выводы о влиянии различных параметров сетей на опасность поражения человека электрическим током.

### **Контрольные вопросы**

1. Назовите основные факторы, влияющие на исход поражения человека электрическим током.

2. Зависимость тяжести поражения человека от частоты тока и рода тока.

3. Путь протекания тока в теле человека наименее опасный и наиболее опасный.

4. Характерные особенности воздействия электрического тока на человека.

5. Индивидуальные и коллективные среды защиты человека от поражения электрическим током.

6. Приведите основные характеристики трехфазных электрических сетей промышленной частоты.

7. В чем суть методики анализа опасности электрических сетей.



## Библиографический список

1. П.А. Долин, Справочник по технике безопасности [текст]. П.А. Долин – 8 изд. перераб. и дополн. – М: Энергоиздат. 2006.800с.,ил.
2. Межотраслевые правила по охране труда (Правила безопасности при эксплуатации электроустановок). Изд.7.- М.:2007,380с.,ил.
3. Михайлов В.Е. Основы электробезопасности 7-е изд.- Л.Энергия, 2005.348с.