

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1 (1-533)
(для ИСФ)

ОПАСНОСТЬ ПОРАЖЕНИЯ ТОКОМ В ТРЕХФАЗНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ

Цель работы: выявить зависимость опасности поражения электрическим током от режима нейтрали сети и сопротивления изоляции фаз.

1. ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Анализ опасности электрических сетей практически сводится к определению величины тока, проходящего через тело человека в различных условиях, в которых может оказаться человек при эксплуатации сетей и установок. При этом в сетях напряжением до 1000 В величина тока, проходящего через человека, а, следовательно, и опасность поражения зависит:

- от режима сети,
- от проводимостей между фазными проводами и землей.

В зависимости от режима нейтрали вторичной обмотки трансформатора или генератора различают следующие трехфазные сети:

- трехпроводные с изолированной нейтралью,
- трехпроводные с заземленной нейтралью.

Изолированной нейтралью называется нейтраль трансформатора или генератора, не присоединенная к заземляющему устройству или присоединенная к нему через аппараты, имеющие большое сопротивление.

Глухозаземленной нейтралью называется нейтраль трансформатора или генератора, присоединенная через малое сопротивление к заземляющему устройству.

1.1. Трехфазная трехпроводная сеть с изолированной нейтралью

В трехпроводной сети с изолированной нейтралью (рис. 1а) проводимости фазных проводов относительно земли соизмеримы. Поэтому в такой сети на величину тока, проходящего через тело человека, прикоснувшегося к фазному проводу, влияют проводимости всех проводов.

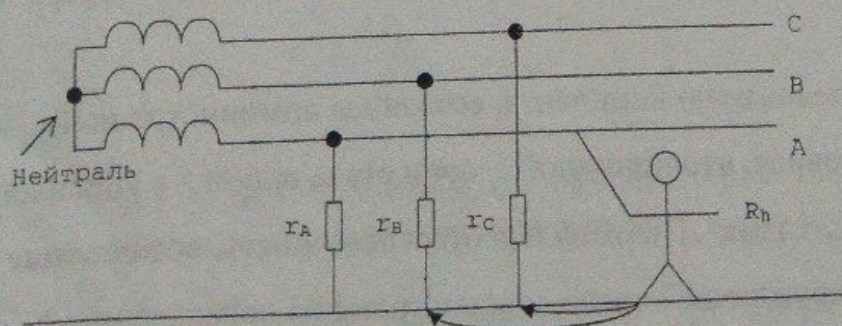


Рис. 1а

При симметричных сопротивлениях изоляции, когда $\Gamma_A = \Gamma_B = \Gamma_C = \Gamma$, в сети с малой емкостью ток, проходящий через тело человека, зависит только от сопротивления изоляции:

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

При замыкании фазы на землю в трехпроводной сети с изолированной нейтралью (рис. 16) ток, проходящий через человека, не зависит от величины сопротивления изоляции фаз и может быть определен по формуле:

$$I_h = \frac{\sqrt{3} \cdot U_\phi}{R_h} \quad (2)$$

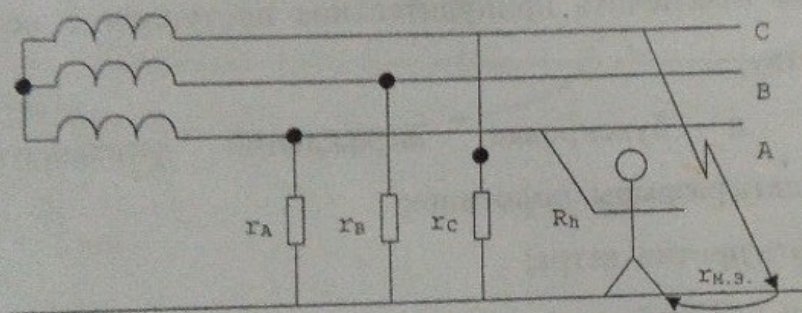


Рис. 16

1.2. Трехфазная трехпроводная сеть с заземленной нейтралью

В сетях с заземленной нейтралью (рис. 2а) проводимости фаз относительно земли значительно меньше проводимости заземления нейтрали, поэтому можно считать, что ток, проходящий через человека в случае прикосновения к фазному проводу, не зависит от сопротивления изоляции проводов:

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

В случае замыкания фазы на землю (рис. 2б) по телу человека будет проходить ток, величина которого равна

$$I_h = \frac{\sqrt{U_\phi^2 + U_0^2 + U_\phi \cdot U_0}}{R_h} \quad (4)$$

где

$$U_0 = I_3 \cdot R_0 = \frac{U_\phi}{R_0 + r_{мз}} \cdot R_0,$$

R_0 — сопротивление заземления,

$r_{мз}$ — сопротивление в месте замыкания.

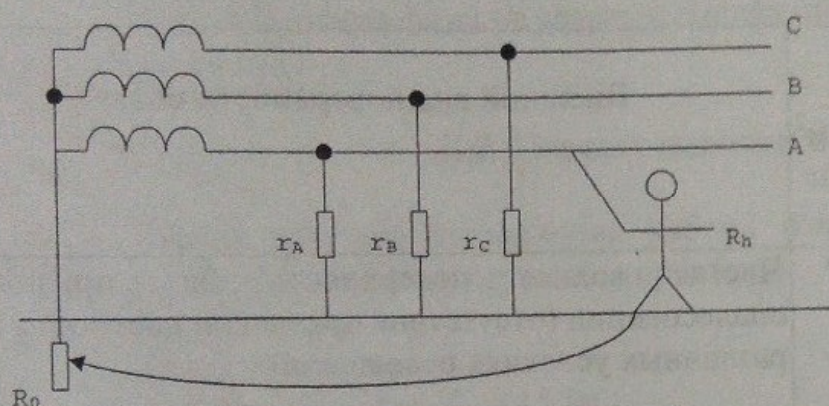


Рис. 2а

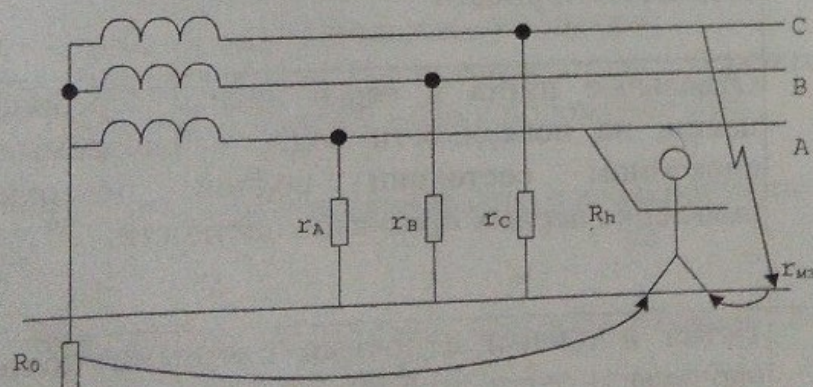


Рис. 2б

II. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

II.1. Оборудование

Работа проводится на стенде путем моделирования основных параметров исследуемых сетей. Вместо реально существующих распределен-

ных сопротивлений изоляции на стенде предусмотрены сосредоточенные сопротивления. Изменяя их величину переключателями П1 – П3, можно получить сеть с заданными параметрами.

Тело человека моделируется в схеме стенда активным сопротивлением, которое может регулироваться в пределах от 1 до 10 кОм переключателем П7 и подключается к фазе В.

Измерение тока, проходящего через человека, производится с помощью миллиамперметра.

Заземление и разземление нейтрали трансформатора производится выключателем В1.

Однополюсное прикосновение человека к сети осуществляется постоянно в течение работы стенда.

Для замыкания фазы на землю (аварийный режим) нажимается кнопка «Замыкание».

II.2. Порядок выполнения работы

Перед началом выполнения работы ознакомиться с устройством стенда, расположением органов управления. Определить цену делений миллиамперметра.

Исходные данные:

- фазное напряжение $U_{\phi} = 15 \text{ В}$;
- сопротивление человека R_h – по заданию преподавателя;
- сопротивление в месте замыкания фазы на землю $r_{мз} = 20 \text{ Ом}$;
- сопротивление заземления нейтрали трансформатора $R_0 = 4 \text{ Ом}$.

Исходное положение стенда:

- выключатели в положении «Выкл.»;
- переключатель П7 – в соответствии с заданным значением R_h ;
- переключатели П1 – П6 в положении «∞».

II.2.1. Исследование сети с изолированной нейтралью трансформатора

- 1) включить питание стенда: переключатель на боковой стенке стенда поставить в положение «Вкл.»;
- 2) переключателями П1 – П3 установить симметричное сопротивление изоляции фаз, равное 10 кОм. Измерить ток, проходящий через человека, при нормальном и аварийном (нажата кнопка «Замыкание») режимах. Результаты записать в таблицу 1 отчета;
- 3) переключателями П1 – П3 установить симметричное сопротивление изоляции фаз, равное 28 кОм. Измерить ток, проходящий через человека, при нормальном и аварийном режимах. Результаты записать в таблицу 1 отчета;
- 4) повторить измерения при сопротивлении изоляции фаз 71 и 153 кОм;

- 5) в бланке отчета построить графические зависимости $I_h = f(r)$ как для нормального, так и для аварийного режима работы сети.

II.2.2. Сеть с заземленной нейтралью трансформатора

Выключатель В1 поставить в положение «Вкл.» и повторить действия по п.п. 2) – 5) предыдущего раздела, записывая результаты в таблицу 2 отчета.

В бланке отчета построить графические зависимости $I_h = f(r)$ как для нормального, так и для аварийного режима работы сети.

II.2.3. Проверочные расчеты

Используя формулы (1) – (4), выполнить проверочные расчеты тока, проходящего через человека, в различных режимах работы сети при сопротивлении изоляции $r = 10, 28, 71$ и 153 кОм. Результаты вписать в табл. 1 и 2 отчета.

Контрольные вопросы

1. Какая из схем включения человека в электрическую цепь является наиболее опасной? Почему?
2. Какая из схем включения человека в электрическую цепь является наименее опасной? Почему?
3. От чего зависит величина тока, проходящего через тело человека, прикоснувшегося к фазному проводу трехфазной трехпроводной сети с изолированной нейтралью трансформатора:
 - а) при нормальном режиме работы сети;
 - б) при замыкании одной из фаз на землю (аварийный режим)?
4. Как изменится величина тока, проходящего через тело человека, прикоснувшегося к фазному проводу трехфазной трехпроводной сети с заземленной нейтралью трансформатора, если дополнительно произойдет замыкание на землю одной из фаз, которых человек не касается?
5. Трехфазная трехпроводная сеть с изолированной нейтралью трансформатора работает в нормальном режиме. Как будет изменяться величина тока, проходящего через тело человека, прикоснувшегося к фазному проводу, при увеличении активного сопротивления изоляции проводов?

ПРИЛОЖЕНИЕ
Образец отчета

ОТЧЕТ

По лабораторной работе № 1
ОПАСНОСТЬ ПОРАЖЕНИЯ ТОКОМ В ТРЕХФАЗНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ

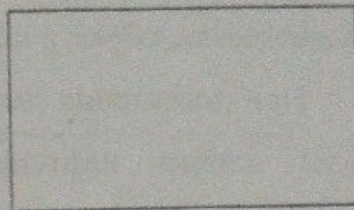
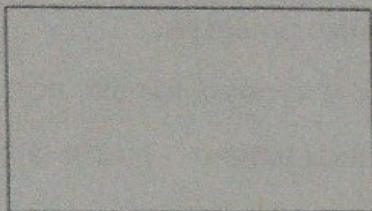
Цель работы: выявить зависимость опасности поражения электрическим током от режима нейтрали сети и сопротивления изоляции фаз.

Исходные данные: $U_\phi = 15 \text{ В}$; R_h – по заданию.

Оборудование: лабораторный стенд.

1. Исследование опасности поражения электрическим током при прикосновении к трехфазной симметричной сети с изолированной нейтралью трансформатора

Исследуемые схемы:



Расчетные формулы:

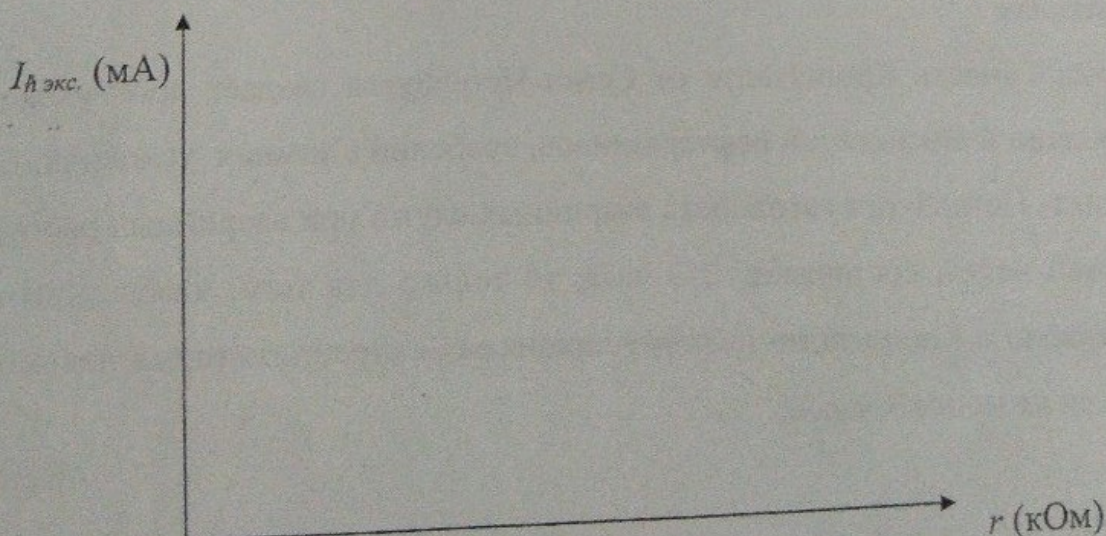
$$I_{h \text{ расч.}} =$$

$$I_{h \text{ расч.}} =$$

Таблица 1

Параметры	Нормальный режим				При замыкании фазы на землю			
	10	28	71	153	10	28	71	153
r (кОм)								
$I_{h \text{ экс.}}$ (мА)								
$I_{h \text{ расч.}}$ (мА)								

Расчеты $I_{h \text{ расч.}}$:

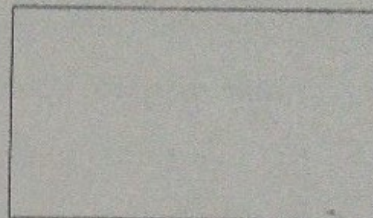
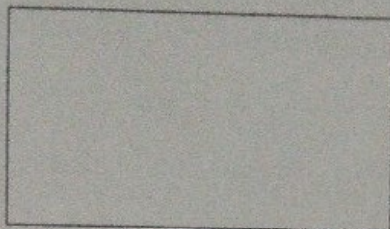


Выводы:

1

2. Исследование опасности поражения электрическим током при прикосновении к трехфазной симметричной сети с глухозаземленной нейтралью трансформатора

Исследуемые схемы:



Расчетные формулы:

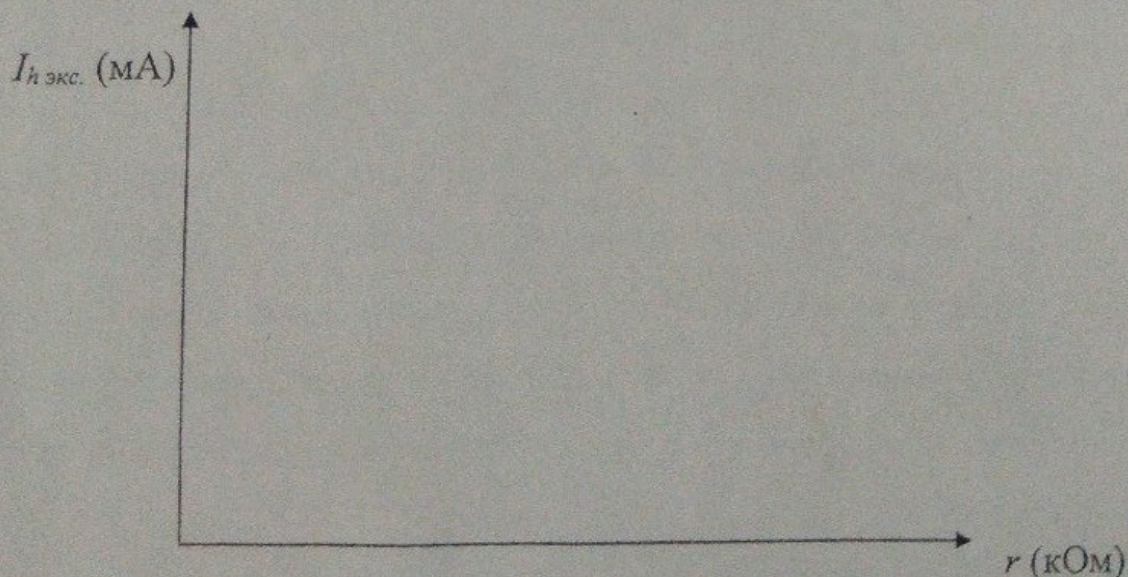
$$I_{h\text{ расч.}} =$$

$$I_{h\text{ расч.}} =$$

Таблица 1

Параметры	Нормальный режим				При замыкании фазы на землю			
r (кОм)	10	28	71	153	10	28	71	153
$I_{h\text{ экс.}}$ (мА)								
$I_{h\text{ расч.}}$ (мА)								

Расчеты $I_{h\text{ расч.}}$:



Выводы:

Выполнили студ.: _____