

Министерство образования и науки РФ
Федеральное государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
ИВАНОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ
Текстильный институт

Кафедра техносферной безопасности

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к выполнению лабораторной работы

**ИССЛЕДОВАНИЕ ОПАСНОСТИ ПОРАЖЕНИЯ
ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ТОКОМ В ТРЕХФАЗНЫХ СЕТЯХ
НАПРЯЖЕНИЕМ ДО 1000 В**

для студентов:

направлений 260800, 260700, 220200, 150400, 280700

специальностей 100101. 150406, 150601, 210303, 230301, 260703,
260704, 280102

В лабораторных указаниях рассмотрены некоторые теоретические вопросы анализа опасности поражения человека электрическим током при соприкосновении с токоведущими частями 3-х фазных сетей, а также порядок выполнения экспериментальной части этого анализа на имитационном лабораторном стенде.

для студентов:

направлений 260800, 260700, 220200, 150400, 280700

специальностей 100101. 150406, 150601, 210303, 230301, 260703, 260704, 280102

Составители: доктор техн. наук, проф. А.П. Башков,
канд. техн. наук, доц. Н.М. Махов
канд. техн. наук, доц. С.Н. Щадрова

Научный редактор канд. техн. наук, доц. А.В. Смирнов

ЦЕЛЬ РАБОТЫ:

Исследовать опасность поражения электрическим током в трехфазных сетях переменного тока напряжением до 1000 В

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

1. По значению тока, проходящего через тело человека, оценить опасность прикосновения к фазе одной из двух типов трехфазных сетей:

- а) трехпроводной с изолированной нейтралью;
- б) четырехпроводной с заземленной нейтралью.

В каждой сети рассмотреть по два случая прикосновения: а) при нормальном режиме работы сети и б) при аварийном режиме, т.е. при замыкании одной из фаз на землю.

Параметры обеих сетей: линейные напряжения, сопротивления изоляции и емкости относительно земли проводов одинаковы и задаются преподавателем.

2. Определить зависимость опасности прикосновения человека к фазе двух из указанных трехфазных сетей в период нормального режима их работы от:

- а) значения сопротивления изоляции проводов относительно земли (при отсутствии или при неизменном значении емкости проводов относительно земли);
- б) значения емкости проводов относительно земли (при неизменном значении сопротивления изоляции проводов).

Параметры обеих сетей одинаковы и задаются преподавателем.

ОБЩАЯ ЧАСТЬ

Все случаи поражения человека током являются результатом замыкания электрической цепи через тело или, иначе говоря, результатом прикосновения человека не менее чем к двум точкам цепи, между которыми существует напряжение. Опасность такого прикосновения, оцениваемая, как известно, значением тока I_h , проходящего через тело человека, или же напряжением, под которым оказывается человек, т.е. напряжением прикосновения U_{np} . Эта опасность зависит от ряда факторов: схемы включения человека в цепь, напряжения сети, схемы самой сети, режима ее нейтрали, степени изоляции токоведущих частей от земли, а также от значения емкости токоведущих частей относительно земли и т.п.

Таким образом, указанная опасность не является однозначной: в одних случаях включение человека в цепь будет сопровождаться прохождением через него малых токов и окажется без последствий, в других – токи могут достигать больших значений, способных вызвать смертельное поражение человека. Зависимость опасности поражения током от указанных факторов необходимо знать при оценке той или иной сети по условиям техники безопасности, при выборе и расчете соответствующих мер защиты и, в частности, заземления, зануления, защитного отключения, а также устройств контроля изоляции и пр.

Схемы включения человека в цепь тока.

Схемы включения человека в цепь тока могут быть различными. Однако наиболее характерными являются две схемы включения: между двумя фазами и между одной фазой и землей (рис.1). Разумеется во втором случае предполагается наличие электрической связи между сетью и землей.

Применительно к наиболее распространенным трехфазным сетям первую схему принято называть двухфазным (двухполюсным) прикосновением, а вторую – однофазным (однополюсным).

Двухфазное прикосновение, как правило, более опасно, поскольку к телу человека прикладывается наибольшее в данной сети напряжение - линейное, а ток через человека, оказываясь независимым от схемы сети, режима нейтрали и других фактов, имеет наибольшее значение

$$I_h = \frac{U_{Л}}{R_h} = \frac{\sqrt{3} \cdot U_{\phi}}{R_h}; \quad (1)$$

$U_{Л} = \sqrt{3} \cdot U_{\phi}$ – линейное напряжение, т.е. напряжение между фазными проводами сети, В;

U_{ϕ} – фазное напряжение, т.е. напряжение между началом и концом одной обмотки питающего сеть трансформатора (генератора) или между фазным и нулевым проводами сети, В;

R_h – сопротивление тела человека, Ом.

Случаи двухфазного прикосновения происходят очень редко и не могут служить основанием для оценки сетей по условиям безопасности. Они бывают обычно в установках до 1000 В в результате работы под напряжением, применения неисправных защитных средств, а

также эксплуатации оборудования с неизолированными токоведущими частями (открытые рубильники, незащищенные зажимы сварочных трансформаторов и т.п.).

Однофазное прикосновение является, как правило, менее опасным, чем двухфазное, поскольку ток, проходящий через человека, ограничивается влиянием многих факторов. Однако однофазное прикосновение возникает значительно чаще и является основной схемой включения человека в сеть, вызывающей поражение током при любом напряжении. Поэтому ниже анализируются лишь случаи однофазного прикосновения. При этом рассматриваются обе разрешенные к применению сети трехфазного тока напряжением до 1000В: четырехпроводная с глухозаземленной нейтралью и трехпроводная с изолированной нейтралью

Четырехпроводная сеть с глухозаземленной нейтралью (рис. 2) в настоящее время используется значительно чаще. В случае прикосновения человека к одному из фазовых проводов ток замкнется на соседние фазы через человека в землю и через заземлитель нейтрали r_0 и сопротивления (активные r_A, r_B, r_C, r , и емкостные C_A, C_B, C_C, C_N) изоляции фазных и нулевого проводов. В трехфазной четырехпроводной сети с глухозаземленной нейтралью при нормальном режиме работы сети полное сопротивление изоляции фазных и нулевого проводов относительно земли по сравнению с сопротивлением заземления нейтрали (не более 4 Ом) имеют значительно большие значения и с некоторым допущением проводимости изоляции фазовых и нулевого проводов могут быть приравнены к нулю, т.е. ток замкнется через человека в землю и вернется в сеть через заземление нейтрали.

Напряжение прикосновения в действительной форме будет равно:

$$U_h = \frac{U_\phi R_h}{R_h + r_0}; \quad (2)$$

а ток, проходящий через человека, в действительной форме

$$I_h = \frac{U_\phi}{R_h + r_0}; \quad (3)$$

где r_0 - сопротивление заземлителя.

Согласно Правилам устройства электроустановок (ПУЭ) [3] сопротивление заземления не должно превышать 4 Ом, а в сетях с силовыми трансформаторами мощностью до 100 кВА, и в повторных (дублирующих) заземлителях нейтрали – не более 10 Ом. Сопротивление же тела человека R_h не опускается ниже нескольких сотен Ом, обычно в расчетах принимается 1000 Ом. Следовательно, без большой ошибки в уравнениях (1 и 2) можно пренебречь значением r_0 и считать, что при прикосновении к одной из фаз четырехпроводной сети с глухозаземленной нейтралью человек оказывается практически под фазным напряжением U_ϕ , а ток, проходящий через него, равен:

$$I_h = \frac{U_\phi}{R_h}.$$

Из уравнения (3) вытекает еще один вывод: ток, проходящий через человека, прикоснувшегося к фазе трехфазной сети с заземленной нейтралью в период нормальной ее работы, практически не изменяется с изменением сопротивления изоляции и емкости проводов относительно земли, если сохраняется условие, что полные сопротивления изоляции проводов относительно земли весьма велики по сравнению с сопротивлением заземления нейтрали.

При аварийном режиме (рис. 3), когда одна фаза замкнута на землю, т.е. сопротивление её изоляции относительно земли нулевое, U_h будет:

$$U_h = U_\phi R_h \frac{r_{3M} + r_0 \sqrt{3}}{r_{3M} r_0 + R_h (r_{3M} + r_0)}. \quad (4)$$

Тогда ток, проходящий через человека, будет

$$I_h = U_\phi \frac{r_{3M} + r_0 \sqrt{3}}{r_{3M} r_0 + R_h (r_{3M} + r_0)}; \quad (5)$$

где r_{3M} – сопротивление замыкания фазного провода на землю.

Рассмотрим два характерных случая:

Если сопротивление замыкания провода на землю r_{3M} считать равным нулю, то уравнение (4) примет вид:

$$U_h = \sqrt{3} \cdot U_\phi. \quad (6)$$

Следовательно, в данном случае человек окажется под воздействием линейного напряжения сети, как при двухфазном включении.

2. Если принять равным нулю сопротивление заземления нейтрали $r_0 = 0$, $U_h = U_\phi$, т.е. напряжение, под которым окажется человек, будет равно фазному напряжению.

Однако в практических условиях сопротивления r_{3M} и r_0 всегда больше нуля, поэтому напряжение, под которым оказывается человек, прикоснувшийся в период аварийного режима к исправному фазному проводу трехфазной сети с заземленной нейтралью, всегда меньше линейного, но больше фазного, т.е.

$$\sqrt{3} \cdot U_\phi \geq U_h \geq U_\phi. \quad (7)$$

Следует отметить, что этот вывод вытекает также из уравнения (4). Так при небольших значениях r_{3M} и r_0 по сравнению с R_h первым

слагаемым в знаменателе можно пренебречь. Тогда дробь при любых соотношениях r_{3M} и r_0 будет всегда больше единицы, но меньше $\sqrt{3}$, т.е. получим выражение (7). Таким образом, прикосновение человека к исправной фазе сети с заземленной нейтралью в период аварийного режима более опасно, чем при нормальном режиме.

В трехфазной трехпроводной сети с изолированной нейтралью при нормальном режиме работы U_h и ток I_h , проходящий через человека при прикосновении к одной из фаз, например к фазе C (рис. 4), определяются следующими уравнениями:

1. При равенстве сопротивлений и емкостей, т.е. при $r_A = r_B = r_C = r$, $C_A = C_B = C_C = C$ получим:

$$I_h = \frac{U_\phi}{R_h + \frac{Z}{3}}; \quad (8)$$

где: Z - комплекс полного сопротивления (емкостной и активной составляющей) одной фазы относительно земли (Ом);

В действительной форме ток будет определяться выражением:

$$I_h = \frac{U_\phi}{R_h} = \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{r(r + 6R_h)}{9R_h^2(1 + r^2 \cos^2 \alpha)}}}; \quad (9)$$

где: $\alpha = 120^\circ$ (из треугольника токов).

2. При равенстве сопротивлений и отсутствии емкостей, т.е. при $r_A = r_B = r_C = r$, $C_A = C_B = C_C = 0$, что может иметь место в коротких воздушных сетях, будем иметь:

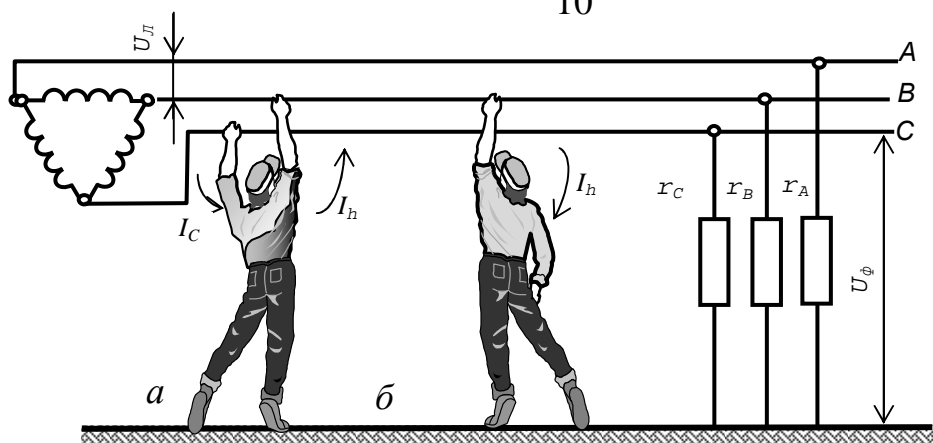


Рис. 1. Варианты включения человека в цепь тока:
 а – двухполюсное включение, б – однополюсное включение

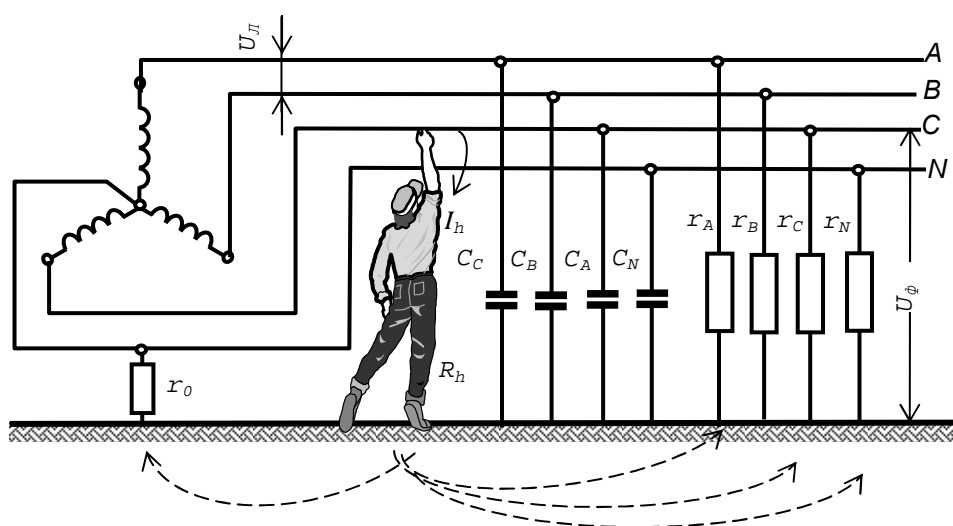


Рис. 2. Схема однополюсного включения человека в трехфазную четырехпроводную сеть с заземленной нейтралью.

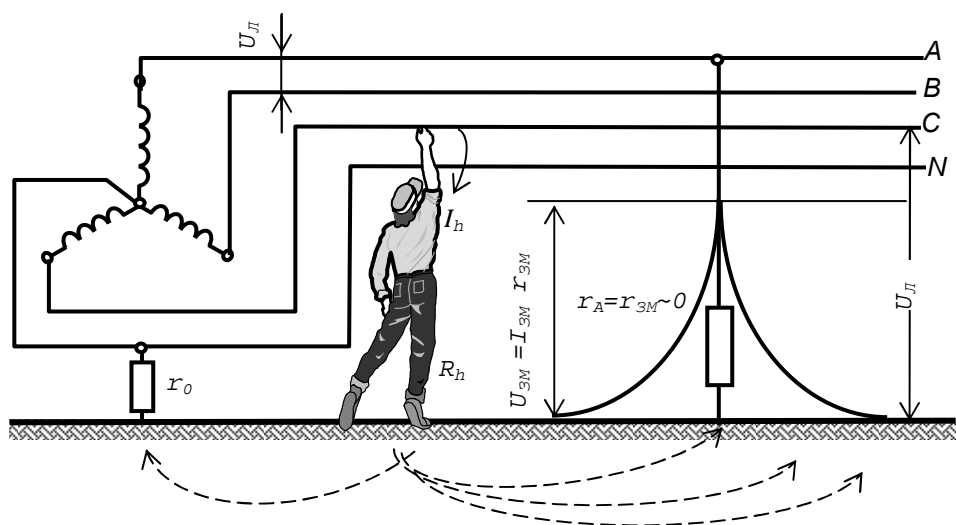


Рис. 3. Схема однополюсного включения человека в трехфазную четырехпроводную сеть с заземленной нейтралью в аварийном режи-

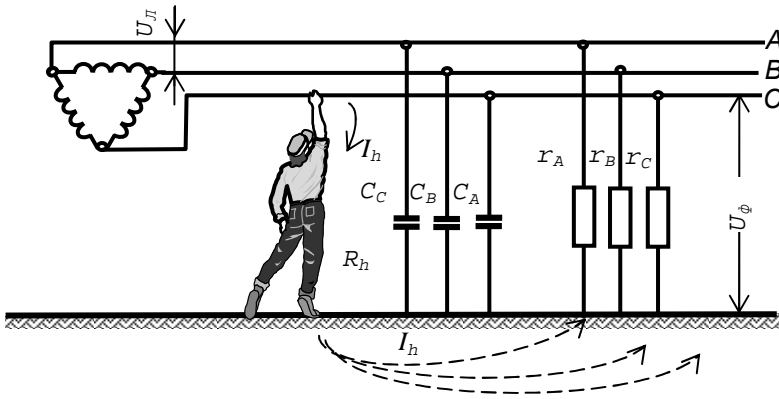


Рис. 4. Схема однополюсного включения человека в трехфазную трехпроводную сеть с изолированной нейтралью.

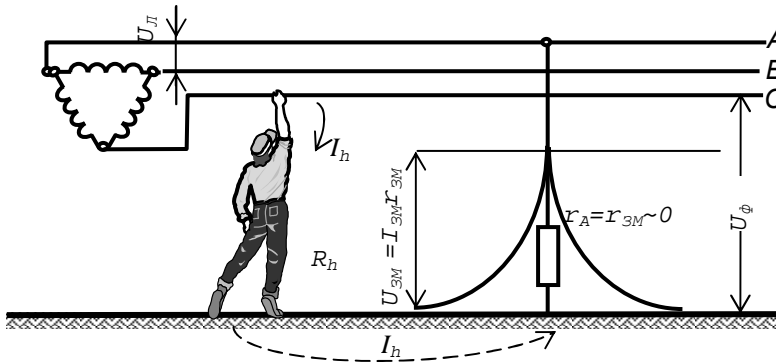


Рис. 5. Схема однополюсного включения человека в трехфазную трехпроводную сеть с изолированной нейтралью в аварийном режиме.

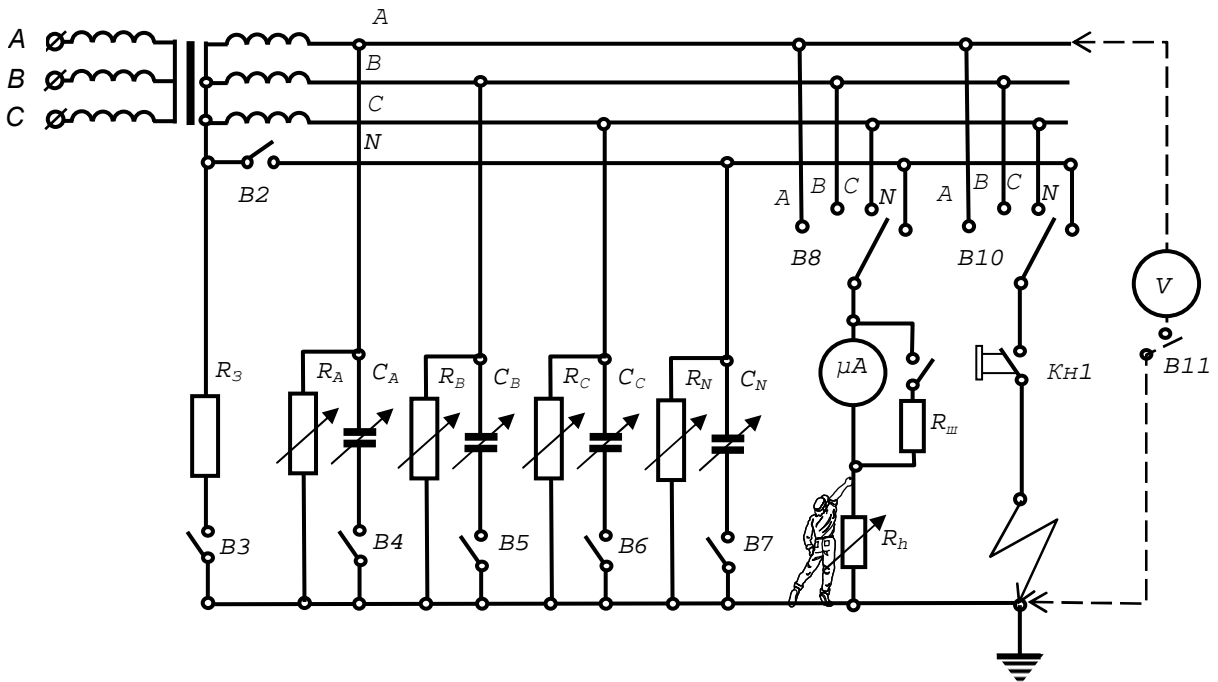


Рис. 6. Схема электрическая стенда для исследования электробезопасности сетей

$$I_h = \frac{U_\phi}{R_h + \frac{r}{3}}. \quad (10)$$

3. При равенстве емкостей и больших активных сопротивлений по сравнению с емкостными, т.е. при $r_A = r_B = r_C = r = \infty$, $C_A = C_B = C_C = C$, что может быть в кабельных сетях, будем иметь:

$$I_h = \frac{U_\phi}{\sqrt{R_h^2 + \frac{x_C^2}{3}}}; \quad (11)$$

где: $x_C = \frac{1}{\omega C}$ - емкостное сопротивление, Ом;

ω – угловая частота, равная $2\pi f$;

f – частота промышленного тока, 50 Гц.

Выражения (6) – (9) показывают, что в сетях с изолированной нейтралью опасность для человека, прикоснувшегося к одной из фаз в период нормальной работы сети, зависит от сопротивления проводов относительно земли. С увеличением сопротивления опасность уменьшается. Вместе с тем этот случай, как правило, менее опасен, чем прикосновение к сети с заземленной нейтралью - сравни уравнения (3) и (10).

При аварийном режиме (рис. 3), когда имеет место замыкание фазы (например фазы А) на землю через малое активное сопротивление r_{3M} , проводимости двух других фаз можно принять равными нулю.

Ток, проходящий через человека, будет:

$$I_h = \frac{\sqrt{3} \cdot U_\phi}{R_h + r_{3M}}. \quad (12)$$

Напряжение прикосновения будет

$$U_{np} = I_h R_h = \sqrt{3} \frac{U_\phi R_h}{r_{3M} + R_h}. \quad (13)$$

Если принять, что $r_{3M} = 0$, или, по крайней мере, считать, что $r_{3M} \ll R_h$ (так обычно бывает в действительных условиях), то согласно уравнению (13) $U_h = U_\phi \sqrt{3}$, т.е. человек окажется под линейным напряжением.

В действительных условиях $r_{3M} > 0$, поэтому напряжение, под которым оказывается человек, прикоснувшийся в период аварийного режима к исправной фазе трехфазной сети с изолированной нейтралью, значительно больше фазного и несколько меньше линейного напряжения сети.

Таким образом, этот случай прикосновения во много раз опаснее прикосновения к той же фазе сети при нормальном режиме работы (сравним уравнение (10) и (12), имея в виду, что $r/3 \gg r_{3M}$). Вместе с тем этот случай является также, как правило, более опасным, чем прикосновение к исправной фазе трехфазной сети с заземленной нейтралью (сравним уравнения (4) и (10), имея в виду, что r_0 мало по сравнению с R_h).

Выбор схемы сети

Выбор схемы сети, а также режима ее нейтрали производится по технологическим требованиям, а также по условиям безопасности.

При напряжении до 1000В широкое распространение получили обе разрешенные схемы трехфазных сетей: трехпроводная с изолированной нейтралью и четырехпроводная с заземленной нейтралью. По технологическим требованиям предпочтение отдается четырехпроводной сети, поскольку она позволяет использовать два рабочих на-

пряжения - линейное и фазное. Так, например, от четырехпроводной сети 380/220В можно питать как силовую нагрузку - трехфазную или однофазную, включая ее между фазными проводами на линейное напряжение 380В, так и осветительную, включая ее между фазным и нулевым проводами, т.е. на фазное напряжение 220В. При этом достигается удешевление электроустановки в целом за счет применения меньшего числа трансформаторов, меньшего сечения проводов и т.п.

По условиям безопасности выбор одной из двух схем производится с учетом выводов, полученных при рассмотрении этих сетей: по условиям прикосновения к фазному проводу в период нормального режима работы сети более безопасной является, как правило, сеть с изолированной нейтралью, а в аварийный период - сеть с заземленной нейтралью.

Поэтому сети с изолированной нейтралью целесообразно применять в тех случаях, когда имеется возможность поддерживать высокий уровень изоляции проводов и когда емкость сети относительно земли незначительна. Такими являются непротяженные малоразветвленные сети, не подверженные воздействию агрессивной среды и находящиеся под постоянным надзором квалифицированного персонала. Примером могут служить сети небольших предприятий, электротехнических лабораторий и т.п.

Сети с заземленной нейтралью надлежит применять там, где невозможно обеспечить хорошую изоляцию проводов (из-за высокой влажности, агрессивной среды и пр.), когда нельзя быстро отыскать или устранить повреждение изоляции, либо когда емкостные токи се-

ти вследствие значительной ее разветвленности достигают больших значений, опасных для человека.

Примером таких сетей могут служить сети крупных промышленных предприятий, городские и сельские сети и т. п.

ПРЕДЕЛЬНО ДОПУСТИМЫЕ УРОВНИ НАПРЯЖЕНИЙ ПРИКОСНОВЕНИЯ И ТОКОВ.

Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов установлены для путей тока от одной руки к другой и от руки к ногам.

Напряжения прикосновения и токи, протекающие через тело человека при *нормальном (неаварийном) режиме* электроустановки, не должны превышать значений, указанных в табл. 1 (ГОСТ 12.1.038-82) [4].

Таблица 1

Род тока	$U, В$	$I \mu A$
	не более	
Переменный, 50 Гц	2,0	0,3
Переменный, 400 Гц	3,0	0,4
Постоянный	8,0	1.0

Примечания:

1. Напряжения прикосновения и токи приведены при продолжительности воздействия не более 10 мин в сутки и установлены, исходя из реакции ощущения.
2. Напряжения прикосновения и токи для лиц, выполняющих работу в условиях высоких температур (выше 25°C) и влажности (относительная влажность более 75%), должны быть уменьшены в три раза.

Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов при *аварийном режиме* в электроустановках напряжением до 1000 В с глухозаземленной или изолированной нейтралью не должны превышать значений, указанных в табл. 2.

Таблица 2.

Род тока	Нормируемая величина	Предельно-допустимые уровни, не более, при продолжительности воздействия t , с											
		0,01-0,08	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	св. 1,0
Переменный 50 Гц в промышленных сетях	U , В	650	500	250	165	125	100	85	70	65	55	50	36
	I , μ А												6
Постоянный	U , В	650	500	400	350	300	250	240	230	220	210	200	40
	I , μ А												15
Переменный 50 Гц в бытовых сетях	U , В	220	200	100	70	55	50	40	35	30	27	25	12
	I , μ А	220	200	100	70	55	50	40	35	30	27	25	2

ОПИСАНИЕ СТЕНДА

Стенд, на котором выполняется работа и принципиальная схема которого показана на рис. 6, позволяет моделировать обе исследуемые трехфазные сети до 1000В с изолированной и заземленной нейтралью, причем существующие в реальных сетях распределенные сопротивления изоляции и емкости проводов относительно земли заменены в схеме стенда сосредоточенными сопротивлениями R_A , R_B , R_C и R_N и емкостями C_A , C_B , C_C и C_N с помощью регулируемых резисторов и конденсаторов. Изменяя значения этих сопротивлений и емкостей, можно имитировать на стенде каждую из исследуемых сетей с нужными параметрами. Сопротивление тела человека R_h , а так-

же сопротивление заземлений нейтрали R_3 , и замыкания фазы на землю R_{3M} создаются с помощью регулируемых резисторов.

Ток через человека измеряется встроенным миллиамперметром. Значение тока, проходящего через резистор R_h , имитирующий сопротивление тела человека, может изменяться в широких пределах в зависимости от заданных параметров сети. Предел измерения можно увеличить в 10 раз, включив шунт $R_{ш}$ выключателем $B9$.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Задание, выдаваемое преподавателем, должно содержать следующие данные:

- а) значения сопротивлений изоляции каждого из четырех проводов относительно земли, т.е. значения R_A , R_B , R_C и R_N , а также значение емкости одного провода относительно земли C , (предполагается, что емкости всех проводов сети одинаковы, т. е. $C_A = C_B = C_C = C_N$),
- б) значения сопротивлений тела человека R_h ,
- в) номер фазы, которая будет замкнута на землю при аварийном режиме,
- г) вариант выполнения работы.

Работа может выполняться для одного из 2-х вариантов:

1 вариант - оценка опасности прикосновения человека к одной из фаз 3-х проводной сети с изолированной нейтралью и 4-х проводной сети с заземленной нейтралью при нормальном и аварийном режимах работы.

2 вариант - изучение зависимости опасности прикосновения к фазе от значения сопротивления изоляции и емкости фаз относительно земли.

Вариант задания лабораторной работы выдается преподавателем.

Для выполнения работы необходимо разобраться в схеме электрической цепи. При этом обратить внимание и суметь ответить на следующие вопросы:

1. Какие выключатели переводят сеть из режима 4-х проводной сети с заземленной нейтралью в режиме 3-х проводной сети с изолированной нейтралью?
2. Какие выключатели переводят сеть в аварийный режим (фаза замкнута на землю), как перевести конкретно указанную фазу в аварийный режим?
3. Как задать и как изменить сопротивление изоляции и емкости проводов относительно земли?
4. Как задать сопротивление человека?
5. Какой ток измеряет амперметр и как измерить ток проходящий через человека при прикосновении к различным фазам?
6. Какое напряжение измеряет вольтметр?

Если Вы можете ответить на все эти вопросы, то это значит, что Вы разобрались в схеме и выполнение работы не вызовет у Вас затруднений .

Перед выполнением работы необходимо стенд привести в исходное положение: отключить все выключатели.

1 вариант. Для оценки опасности прикосновения к фазе сети необходимо:

1. Собрать схему 3-х фазной 3-х проводной сети включением соответствующих выключателей (*B4-B5*) и установкой заданных сопротивлений изоляции и емкостей фаз относительно земли с помощью резисторов R_A, R_B, R_C .
2. Установить заданное сопротивление тела человека с помощью резистора R_h
3. Включить схему под напряжение выключателем *B1*
4. Имитировать прикосновение человека к различным фазам (переключателем *B8*). Измерить при этом ток, проходящий через тело человека.
5. Результаты измерений записать в табл. 3. Сравнить с нормируемыми (табл. 1, табл. 2)

Таблица 3.

Значения тока, проходящего через человека, при прикосновении к фазовому проводу при нормальной и аварийной работе сети.

Исходные условия	Сеть	Режим работы	Значение тока, проходящего через человека, I_h при прикосновении к фазе, μA			
			<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>N</i>
$U_L = \dots\dots B,$ $R_h = \dots\dots Ом,$ $C_A = C_B = C_C =$ $C_N = \dots\dots \mu\Phi,$ $R_A = \dots\dots кОм,$ $R_B = \dots\dots кОм,$ $R_C = \dots\dots кОм,$ $R_N = \dots\dots кОм.$	3-х проводная с изолированной нейтралью	нормальный				
		аварийный				
	4-х проводная с изаземленной нейтралью	нормальный				
		аварийный				

6. Имитировать аварийный режим (замыкание на землю) заданной преподавателем фазы (переключателем $B10$) и измерить ток через человека при подключении человека к различным фазам при этом режиме. При измерении выключатель $KН-1$ надо держать нажатым. Результаты измерений занести в табл. 3.
7. Собрать схему 3-х фазной 4-х проводной сети с заземленной нейтралью (переключатели $B3, B2$) и измерить ток проходящий через человека при прикосновении к различным фазам. Результаты измерений занести в табл. 3.
8. Повторить измерения при аварийном режиме (замыкание заданной фазы на землю).
9. Сделать выводы: какая из исследуемых сетей и при каких условиях является безопаснее, в каких случаях следует принимать ту или другую из исследуемых сетей.

2 вариант. Для определения зависимости опасности прикосновения к фазе от значения сопротивления изоляции и емкости проводов относительно земли необходимо:

1. Собрать схему 3-х фазной 3-х проводной сети с изолированной нейтралью и, установив постоянное и равное для всех фаз значение емкости, измерить ток через человека, меняя сопротивление:
 - тела человека R_h при постоянном сопротивлении изоляции фаз;

– изоляции фаз (сопротивление изоляции различных фаз при этом должны быть равны $R_A=R_B=R_C = R_N$) при постоянном сопротивлении тела человека.

Данные измерений записать в табл. 4 .

Таблица 4

Значения тока проходящего через челочка, прикоснувшегося к сети, от сопротивления изоляции ($C = const$) и емкости проводов ($R = const$) при изменении R_h

Сопротивление тела человека, $R_h, кОм$	Сила тока, проходящего через человека, μA			
	Сеть с изолированной нейтралью	Сеть с глухозаземленной нейтралью	Сеть с изолированной нейтралью	Сеть с глухозаземленной нейтралью
	$C=.....\mu\Phi$		$R=.....кОм$	
	$C=.....\mu\Phi$		$R=.....кОм$	
	$C=.....\mu\Phi$		$R=.....кОм$	

2. Для 3-х фазной сети с изолированной нейтралью установить постоянное и равное для всех фаз сопротивление изоляции фаз и измерить ток через человека при разных значениях емкости проводов. При этой емкости проводов разных фаз должны быть равны, $C_A = C_B = C_C = C_N$. Результаты измерений занести в табл. 4.

3. Собрать схему 3-х фазной 4-х проводной сети с заземленной нейтралью и сделать замеры тока через человека:

- а) при различных значениях сопротивления изоляции;
- б) при различных значениях емкости проводов аналогично пунктам 1 и 2;

Данные занести в табл. 4, сравнить с нормируемыми (табл. 1, табл. 2)

4. Построить графики зависимости тока через человека от сопротивления тела человека, изоляции фаз и емкости проводов относительно земли для 3-х фазной сети с изолированной нейтралью и 3-х фазной 4-х проводной сети с глухозаземленной нейтралью.
5. Сделать вывод о роли сопротивления тела человека, изоляции и емкости проводов относительно земли в обеспечении безопасности прикосновения к фазе исследуемых сетей.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Куценко Г. Ф. Электробезопасность. –М.: Дизайн ПРО, 2006. - 240 с..
2. Кельберт Д.Л. Охрана труда в текстильной промышленности. - М.: Легкая индустрия, 1990. – 296 с.
3. Правила устройства электроустановок (ПУЭ). Издание 6-е. Главгосэнергонадзор РФ, 1998.
4. ГОСТ 12.1.038-82 Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов.

ИССЛЕДОВАНИЕ ОПАСНОСТИ ПОРАЖЕНИЯ
ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ТОКОМ В ТРЕХФАЗНЫХ СЕТЯХ
НАПРЯЖЕНИЕМ ДО 1000 В

для студентов спец. 550300, 280300, 170700, 210200, 230700.

Составители: А.П. Башков;
Н.М. Махов;
С.Н. Щадрова

Научный редактор: А.В. Смирнов

Редактор Т.В. Федорова

Корректор Н.Е. Балыкова

Подписано в печать 30.09.14

Формат 1/16 60x84.

Бумага писчая.

Усл.печ.л. 0,93. Усл.кр.-отт. 0,91. Уч.-изд.л. 0,89. Тираж 100 экз

Редакционно-издательский отдел Ивановского государственного
политехнического университета. Ротапринтный участок.
153000 Иваново, Шереметевский пр.,21