

НАПРЯЖЕНИЯ ПРИКОСНОВЕНИЯ И ТОКИ, ЗАЩИТНОЕ ЗАЗЕМЛЕНИЕ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
к выполнению лабораторной работы
по курсу «Безопасность жизнедеятельности»



Министерство образования Российской Федерации
Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия
(СибАДИ)

Кафедра безопасности жизнедеятельности

НАПРЯЖЕНИЯ ПРИКОСНОВЕНИЯ И ТОКИ, ЗАЩИТНОЕ ЗАЗЕМЛЕНИЕ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
к выполнению лабораторной работы №4
по курсу «Безопасность жизнедеятельности»

Составители: Д.С. Алешков, М.В. Суковин

Омск
Издательство СибАДИ
2011

УДК 621.3.053.1:613.6:699.8
ББК 31.2
Н 27

Рецензент доктор техн. наук, профессор декан факультета «Нефтегазовая и строительная техника» В.С. Щербаков, Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия

Работа одобрена научно-методическими советами специальностей в качестве методических указаний к выполнению лабораторных работ по дисциплине «Безопасности жизнедеятельности» для направлений подготовки: 190205, 190603_03, 220301, 190603_04.

Напряжения прикосновения и токи, защитное заземление:
Методические указания к выполнению лабораторной работы по курсу «Безопасность жизнедеятельности» / Сост. Д.С. Алешков, М.В. Суковин. – Омск: СибАДИ, 2011. – 20с.

Методические указания содержат основные положения по обеспечению электробезопасности в электроустановках, связанные с вопросами защитного заземления. Рассмотрены влияние электрического тока на организм и наиболее опасные схемы включения в электрическую систему человека.

Представленная методика расчета сопротивления защитного заземления и практически полученные навыки позволяют выполнить курсовую работу в полном объеме, приобретенные знания могут быть использованы при выполнении раздела дипломного проектирования, а также непосредственно на производстве при организации системы заземления.

Табл.6. Ил. 9. Библиогр.: 8 назв.

© Составители Д.С. Алешков, М.В. Суковин, 2011

Лабораторная работа № 9

НАПРЯЖЕНИЯ ПРИКОСНОВЕНИЯ И ТОКИ, ЗАЩИТНОЕ ЗАЗЕМЛЕНИЕ

Цели работы: ознакомиться с принципом действия систем защитного заземления, и порядком контроля его эффективности. Определить сопротивление защитного заземления. Определить величину удельного сопротивления грунта. Произвести расчет защитного заземления. Изучить биологическое действие электрического тока на человека. Определить значения токов, протекающих через тело человека, при различных его включениях в электрическую сеть.

1. Общие положения

Все электроустановки принято подразделять по напряжению на две группы: напряжением до 1000 В и напряжением более 1000 В.

В промышленности применяют два вида трехфазных электрических сетей: сети с изолированной и заземленной нейтралью трансформатора, причем основным видом сетей являются трехфазные сети с заземленной нейтралью и нулевым проводом. Так как такие сети позволяют не только питать трехфазных потребителей, но и получать фазное напряжение (фаза – нуль) для включения осветительных приборов и однофазных ручных инструментов.

Электрический ток, проходя через тело человека, может оказывать биологическое, тепловое, механическое и химическое действия. Биологическое действие заключается в способности электрического тока раздражать и возбуждать живые ткани организма, тепловое – в способности вызывать ожоги тела, механическое – приводить к разрыву тканей, химическое – к электролизу крови. Световое действие электрического тока проявляется в воздействии на зрительный анализатор при наблюдении электрической дуги, как естественного, так и искусственного происхождения.

ГОСТ 12.1.038—82* устанавливает предельно допустимые напряжения прикосновения и токи, протекающие через тело человека (рука—рука, рука—нога) при нормальном (неаварийном) режиме работы электроустановок производственного и бытового назначения

постоянного и переменного тока частотой 50 и 400 Гц, а также при аварийных режимах работы данных электроустановок.

Допустимым считается ток, при котором человек может самостоятельно освободиться от электрической цепи. Его величина зависит от скорости прохождения тока через тело человека: для переменного тока промышленной частоты ($f=50$ Гц) при длительности действия свыше 1с – 6мА; для постоянного – 15 мА при той же длительности воздействия.

Принято различать три степени воздействия тока на организм человека и соответствующие им три пороговых значения: осязаемое, не отпускающее и фибрилляционное.

Для переменного тока промышленной частоты значение *осязаемого тока* 0,6-1,5 мА, для постоянного тока это пороговое значение составляет 6-7 мА.

Ток, при котором пострадавший не может самостоятельно оторваться от токоведущих частей, называется *не отпускающим* (сила переменного тока при этом 10-15 мА; постоянного 50-70 мА).

При воздействии переменного тока промышленной частоты величина порогового *фибрилляционного* тока составляет 100 мА (при продолжительности воздействия более 0,5 с), а для постоянного тока – 300 мА при той же продолжительности.

Переменный ток с частотой 20-100 Гц наиболее опасен для человека. При напряжениях, превышающих 500 В, наиболее опасен постоянный ток, а при меньших напряжениях - переменный.

Опасность поражения оценивается напряжением прикосновения и величиной тока, проходящего через тело человека, а так же рядом других факторов: напряжением сети, режимом нейтрали, значением сопротивления изоляции и емкости проводов фаз и нейтрали относительно земли и др.

Двухфазное включение более опасно, поскольку к телу человека прикладывается линейное напряжение, а ток через тело человека оказывается независимым от схемы сети, режима нейтрали и других факторов. Он имеет наибольшее значение.

$$J_h = \frac{U_l}{R_h}, \quad (1)$$

где J_h - ток проходящий через тело человека, А; U_l - линейное напряжение, т.е. напряжение между фазными проводами сети, В; R_h - сопротивление тела человека, Ом.

Однофазное включение является, как правило, менее опасное, чем двухфазное, поскольку напряжение, под которым оказывается человек, не превышает фазного. Соответственно меньше оказывается ток, проходящий через тело человека.

$$J_h = \frac{U_\phi}{R_h} = \frac{U_l}{\sqrt{3}R_h}, \quad (2)$$

где U_ϕ - фазное напряжение, т.е. напряжение между фазным и нулевым проводом сети, В.

Одним из ориентирующих принципов обеспечения электробезопасности является защита расстоянием /1, 2/. В соответствии с /4/ определены охранные зоны воздушных линий электропередачи (далее ВЛ) и воздушных линий связи (см. рис. 1).

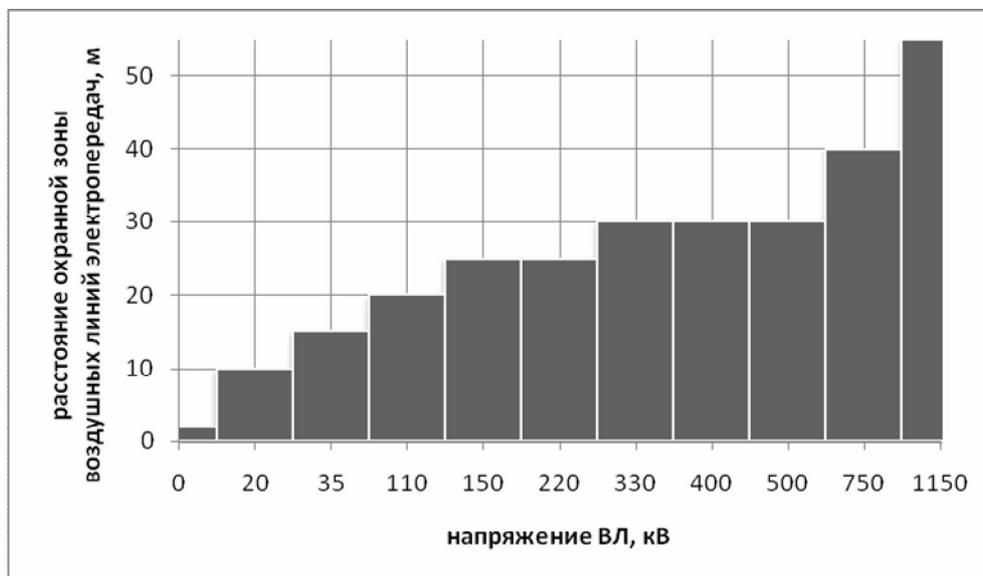


Рис. 1. Расстояния границ охранной зоны воздушных линий электропередач в зависимости от напряжения сети.

Кроме этого, в электроустановках не допускается приближение людей, механизмов и грузоподъемных машин к находящимся под напряжением неогражденным токоведущим частям на расстояния менее указанных в табл.1. /4/.

Принцип недоступности реализуется в следующем виде:

Работники, не обслуживающие электроустановки, могут допускаться в них в сопровождении оперативного персонала, имеющего группу III - в электроустановках напряжением до 1000 В, либо работника, имеющего право единоличного осмотра.

Таблица 1.

Допустимые расстояния до токоведущих частей, находящихся под напряжением

Напряжение, кВ		Расстояние от людей и применяемых ими инструментов и приспособлений, от временных ограждений, м	Расстояния от механизмов и грузоподъемных машин в рабочем и транспортном положении, от стропов, грузозахватных приспособлений и грузов, м
До 1	На ВЛ	0,6	1,0
	В остальных электроустановках	Не нормируется (без прикосновения)	1,0
1-35		0,6	1,0
60*, 110		1,0	1,5
150		1,5	2,0
220		2,0	2,5
330		2,5	3,5
400*, 500		3,5	4,5
750		5,0	6,0
800*		3,5	4,5
1150		8,0	10,0

* Постоянный ток.

При этом в соответствии с принципом подбора кадров выделяют:

- *персонал электротехнический* - административно-технический, оперативный, оперативно-ремонтный, ремонтный персонал, осуществляющий монтаж, наладку, техническое обслуживание, ремонт, управление режимом работы электроустановок;

- *персонал электротехнологический* - персонал, у которого в управляемом им технологическом процессе основной составляющей является электрическая энергия (например, электросварка, электродуговые печи, электролиз и т.д.), использующий в работе ручные электрические машины, переносной электроинструмент и светильники, и другие работники, для которых должностной инструкцией или инструкцией по охране труда установлено знание настоящих Правил (где требуется II или более высокая группа по электробезопасности);

- персонал *неэлектротехнический* - производственный персонал, не попадающий под определение "электротехнического", "электротехнологического" персонала. Данному персоналу присваивается I квалификационная группа после прохождения им инструктажа по электробезопасности.

Так, присоединение и отсоединение от сети электросварочных установок, а так же наблюдение за их исправным состоянием в процессе эксплуатации должен выполнять электротехнический персонал организации, имеющий группу по электробезопасности не ниже III (см. табл. 2). При этом электросварщикам может быть присвоена группа III и выше после прохождения специального обучения /5/.

К работам по ремонту и обслуживанию аккумуляторных батарей допускаются лица имеющие квалификационную группу по электробезопасности не ниже III.

В электроустановках напряжением до 1000 В работники из числа оперативного персонала, единолично обслуживающие электроустановки, должны иметь группу III.

В действующих электроустановках работы с применением грузоподъемных машин и механизмов проводятся по наряду.

Под ВЛ автомобили, грузоподъемные машины и механизмы должны проезжать в местах наименьшего провеса проводов (у опор).

Установка и работа грузоподъемных механизмов непосредственно под проводами ВЛ напряжением до 35 кВ включительно, находящимися под напряжением, не допускается.

Таблица 2.

Группы по электробезопасности электротехнического персонала и условия их присвоения /6/

Группа по электробезопасности	Минимальный стаж работы в электроустановках, мес.						Требования к персоналу
	Персонал организаций				Практиканты		
	не имеющих среднего образования	со средним образованием	со средним электротехническим и высшим техническим образованием	с высшим электротехническим образованием	профессионально-технических училищ	институтов и техникумов (колледжей)	
1	2	3	4	5	6	7	8
II	после обучения по программе не менее 72 часов		не нормируется				1. Элементарные технические знания об электроустановке и ее оборудовании. 2. Отчетливое представление об опасности электрического тока, опасности приближения к токоведущим частям. 3. Знание основных мер предосторожности при работах в электроустановках. 4. Практические навыки оказания первой помощи пострадавшим.
III	3 в предыдущей группе	2 в предыдущей группе	2 в предыдущей группе	1 в предыдущей группе	6 в предыдущей группе	3 в предыдущей группе	1. Элементарные познания в общей электротехнике. 2. Знание электроустановки и порядка ее технического обслуживания. 3. Знание общих правил техники безопасности, в том числе правил допуска к работе, правил пользования и испытаний средств защиты, и специальных требований, касающихся выполняемой работы. 4. Умение обеспечить безопасное ведение работы и вести надзор за работающими в электроустановках. 5. Знание правил освобождения пострадавшего от действия

							электрического тока, оказания первой медицинской помощи и умение практически оказывать ее пострадавшему.
IV	6 в предыдущей группе	3 в предыдущей группе	3 в предыдущей группе	2 в предыдущей группе	.	.	1. Знание электротехники в объеме специализированного профессионально-технического училища.
							2. Полное представление об опасности при работах в электроустановках.
							3. Знание настоящих Правил, правил технической эксплуатации электрооборудования, правил пользования и испытаний средств защиты, устройства электроустановок и пожарной безопасности в объеме занимаемой должности.
							4. Знание схем электроустановок и оборудования обслуживаемого участка, знание технических мероприятий, обеспечивающих безопасность работ.
							5. Умение проводить инструктаж, организовывать безопасное проведение работ, осуществлять надзор за членами бригады.
							6. Знание правил освобождения пострадавшего от действия электрического тока, оказания первой медицинской помощи и умение практически оказывать ее пострадавшему.
							7. Умение обучать персонал правилам техники безопасности, практическим приемам оказания первой медицинской помощи.
V	24 в предыдущей группе	12 в предыдущей группе	6 в предыдущей группе	3 в предыдущей группе	.	.	1. Знание схем электроустановок, компоновки оборудования технологических процессов производства.
							2. Знание настоящих Правил, правил пользования и испытаний средств защиты, четкое представление о том, чем вызвано то или иное требование.
							3. Знание правил технической эксплуатации, правил устройства электроустановок и пожарной безопасности в объеме занимаемой должности.
							4. Умение организовать безопасное проведение работ и осуществлять непосредственное руководство работами в электроустановках любого напряжения.
							5. Умение четко обозначать и излагать требования о мерах безопасности при проведении инструктажа работников.
							6. Умение обучать персонал правилам техники безопасности, практическим приемам оказания первой медицинской помощи.

Задание №1

Измерение сопротивления защитного заземления

Заземлением называется - преднамеренное электрическое соединение какой-либо точки системы электроустановки или оборудования с заземляющим устройством. Соответственно, защитное заземление – это заземление частей электроустановки с целью обеспечения электробезопасности /4/.

Принцип действия защитного заземления (рис. 2): снижение до безопасных значений напряжения прикосновения, обусловленных замыканием на корпус. Это достигается уменьшением потенциала заземленного оборудования, а также выравниванием потенциала за счет подъема потенциала основания, на котором стоит человек, до потенциала, близкого по значению к потенциалу заземленного оборудования. Это выравнивание происходит вследствие стекания тока в землю, J_3 , через проводник, находящийся в непосредственном контакте с землей и имеющий определенную величину сопротивления, R_3 , этому току. При этом потенциал заземленного оборудования становится равным:

$$\Phi_3 = J_3 R_3, J_3 = \frac{U_\phi}{R_\phi + R_3}, \quad (3)$$

где U_ϕ – фазовое напряжение, $U_\phi=220$ В; R_ϕ , R_n – сопротивление фазного и нулевого проводов от источника до потребителя соответственно, Ом.

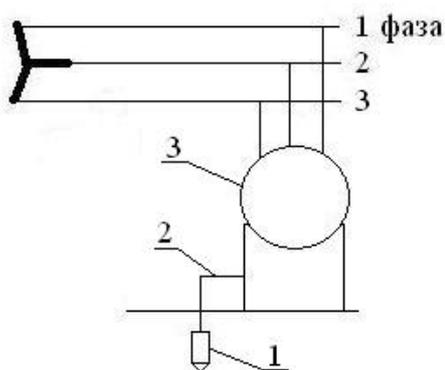


Рис. 2. Принципиальная схема защитного заземления.

Если обеспечить величину сопротивления защитного заземления значительно меньшей величины сопротивления фазы, R_ϕ , то при протекании тока через заземлитель на оборудовании будет потенциал, меньший потенциала U_ϕ , а именно:

$$\Phi_3 = U_\Phi \frac{3R_3}{R_\Phi}, \quad (4)$$

а ток протекающий через тело человека будет весьма мал:

$$J_h = \frac{\Phi_3}{R_h} = \frac{3U_\Phi R_3}{R_\Phi R_h}. \quad (5)$$

Таким образом, при устройстве защитного заземления необходимо обеспечить достаточно низкое R_3 .

При стекании тока в землю происходит резкое снижение потенциала заземлившейся части оборудования до значения Φ_3 , равному произведению тока, стекающего в землю J_3 , на сопротивление, которое этот ток встречает на своем пути R_3 :

$$\Phi_3 = J_3 R_3. \quad (6)$$

Чем меньше величина защитного заземления, тем надежнее обеспечивается безопасность работающих.

При стекании тока в землю, наряду с положительным (резкое снижение потенциала на заземленном оборудовании) возникает и отрицательное явление – появление на поверхности грунта вокруг заземлителя потенциала, который может быть опасен для жизни человека в виде напряжения шага.

Потенциал на поверхности земли вокруг заземлителя изменяется по закону гиперболы, уменьшаясь от максимального значения Φ_3 , до нуля. В реальных условиях на расстоянии 20 м от заземлителя потенциал практически равен нулю.

Согласно, ГОСТ 12.1.030-81, для установок напряжением до 1 кВ с заземленной нейтралью сопротивление защитного заземления (рис. 3) при междуфазном напряжении 220 В, 380 В, 660 В должно быть не более 8, 4, 2 Ом, соответственно. Для установок с напряжением выше 1 кВ в сетях с заземленной нейтралью заземляющее устройство должно иметь в любое время года сопротивление не более 0,5 Ом.

Сопротивление заземляющего устройства с напряжением до 1 кВ с изолированной нейтралью (рис. 4) должно быть не более 4 Ом. При мощности трансформаторов 100 кВА и менее заземляющие устройства могут иметь сопротивление не более 10 Ом.

Для установок выше 1 кВ в сетях с изолированной нейтралью сопротивление должно быть в случае одновременного использования электроустановок до 1 кВ:

$$R_3 = \frac{125}{J}. \quad (7)$$

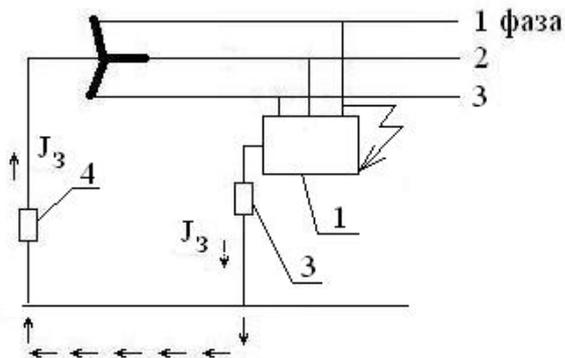


Рис. 3. Принципиальная схема трехфазной электрической сети с заземленной нейтралью.

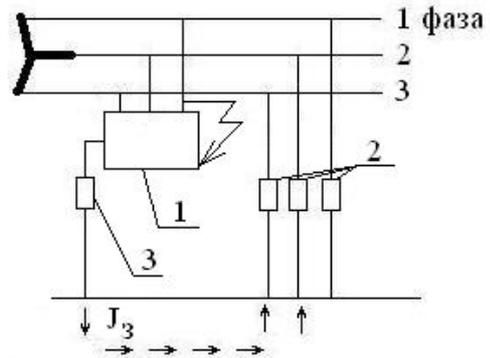


Рис. 4. Принципиальная схема трехфазной электрической сети с изолированной нейтралью.

Для установок только выше 1 кВ в сетях с изолированной нейтралью сопротивление должно быть:

$$R_3 = \frac{250}{J}. \quad (8)$$

В помещениях с повышенной опасностью и особо опасных по условиям поражения электрическим током защитное заземление применяется в электроустановках напряжением выше 42 В переменного и выше 110 В постоянного тока, а в помещениях без повышенной опасности – выше 380 В переменного и выше 440 В постоянного тока.

Во взрывоопасных помещениях все электроустановки независимо от величины напряжения должны быть заземлены.

Электроустановки к шине защитного заземления подключаются только параллельно. При этом, перед присоединением электроустановок к электросети, необходимо в первую очередь заземлить установку, а при отсоединении наоборот, сначала отсоединить от сети, а потом снять заземление. Подключение защитного заземления осуществляется в том месте, которое обозначено знаком защитного заземления (рис. 5).

При измерении сопротивления заземляющего устройства, $R_{исп}$, необходимо иметь два дополнительных заземлителя: вспомогательный заземлитель, $R_{всп}$, и зонд, $R_{зонд}$.

Вспомогательный заземлитель предназначен для создания цепи тока от источника через испытуемый заземлитель, который измеряется амперметром.

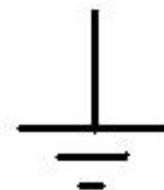


Рис. 5. Графическое изображение защитного заземления.

Зонд предназначен для включения вольтметра, измеряющего падение напряжения на испытуемом заземлителе.

Расстояние между испытуемым, зондом и вспомогательным заземлителями должно быть не менее 20 м.

Величина $R_{ВСП}$ не более десятикратной величины нормированного значения сопротивления заземляющего устройства.

Сопротивление заземлителя составляет:

$$R_{ИСП} = \frac{U_3}{J_3}, \quad (9)$$

где U_3 - полное падение напряжения на испытуемом заземлителе относительно нулевого потенциала; J_3 - величина тока, проходящего через испытуемый заземлитель.

Если сопротивление обмотки вольтметра не превышает более чем в 100 раз сопротивления заземлителя, то падение напряжения определяется по формуле:

$$U_3 = U_B \left(1 + \frac{R_{ЗОНД}}{R_B} \right), \quad (10)$$

где U_B - напряжение, показываемое вольтметром, В; $R_{ЗОНД}$ - сопротивление зонда, Ом; R_B - внутреннее сопротивление вольтметра, Ом.

Порядок работы

1. Включить стенд, моделирующий схему, изображенную на рис. 6.
2. По заданию преподавателя установить тип грунта.
3. Ручкой реостата К установить напряжение на $R_{ИСП}$ и снять показания амперметра.
4. Результаты занести в таблицу 3.
5. Определить сопротивления заземлителя по формуле (9).
6. Сделать вывод: для каких электроустановок в соответствии с ГОСТ 12.1.030-81 применимо заземляющее устройство в качестве защитного:
 - для установок напряжением до 1кВ с заземленной нейтралью при междуфазном напряжении 220 В, 380 В, 660 В;
 - для установок напряжением выше 1 кВ с заземленной нейтралью;
 - для установок напряжением до 1 кВ в сетях с изолированной нейтралью;
 - для установок напряжением до 1 кВ в сетях с изолированной нейтралью, если заземляющее устройство одновременно используется и для установок более 1 кВ;

- определить величину тока протекающего через человека используя формулу (5).

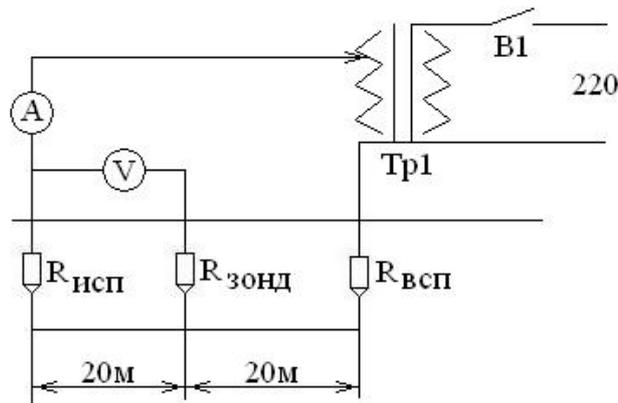


Рис. 6. Принципиальная схема лабораторной установки по определению сопротивления заземлителя.

Таблица 3.

№	№ грунта	J_3, A	U_B, B	U_3, B	$R_{зонд}, Ом$	$R_B, Ом$	$R_{ИСП}, Ом$	$R_{ИСП ср.}, Ом$
1								
2								
3								

Задание №2.

Определение величины удельного сопротивления грунта

Определение величины удельного сопротивления грунта определяется в соответствии с ГОСТ 9.602-89 «Общие требования к защите от коррозии». Знание данной характеристики, позволяет проектировать эффективные системы защитного заземления. Величина удельного сопротивления грунта определяет интенсивность растекания тока в земле, что будет влиять на эффективность работы заземлителя. Так, в условиях мерзлоты для повышения

Порядок работы

1. Собрать установку для определения удельного электрического сопротивления грунта (см. рис. 7.).
2. Грунт увлажнить до полного влагонасыщения, а в глинистых до достижения мягкопластичного состояния. При пробе грунта

взятой выше уровня грунтовых вод увлажняют дистиллированной водой, а если ниже – грунтовой водой.

3. Измерить значение силы постоянного тока в цепи, I , А.
4. Измерить падение напряжения между электродами М и N, U , В.
5. Изменить полярность электродов А, В.
6. Повторить пункты 3 и 4.
7. Определить сопротивление грунта по формуле:

$$R_i = \frac{U_i}{I_i}. \quad (11)$$

При наличии разности потенциалов между электродами М и N, U_0 , в отсутствии тока сопротивление грунта определяется по формуле:

$$R_i = \frac{U_i - U_0}{I_i}. \quad (12)$$

8. Вычислить среднее значение сопротивления грунта:

$$R_{CP} = \frac{\sum R_i}{n}, \quad (13)$$

где n – число замеров.

9. Определить удельное электрическое сопротивление грунта, ρ , Ом·м по формуле:

$$\rho = R_{CP} \frac{S}{L}, \quad (14)$$

где S – площадь поверхности одной стороны электродов, м^2 ; L – расстояние между электродами М и N, м.

10. Результаты занести в табл. 4.
11. Сделать вывод.

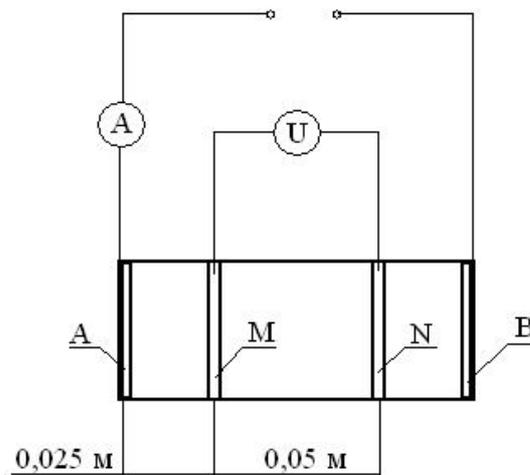


Рис. 7. Схема установки для определения величины удельного сопротивления грунта.

Таблица 4.

№	Ширина поверхности электрода, м	Длина поверхности электрода, м	S_2 , м ²	L, м	U_i , В	U_0 , В	I_i , А	R_i , Ом	R_{CP} , Ом	ρ , Ом·м
1	0,035	0,031								
2										

Задание №3.

Анализ прикосновения в сетях с заземленной нейтралью

При однофазном включении человека в электрическую сеть степень опасности не одна и та же: она зависит от того, имеет установка заземление нейтральной точки источника или нет. Если нейтральная точка заземлена, то значение ее потенциала близко значению потенциала земли; тогда при включении на одну фазу человек попадает под фазное напряжение:

$$U_{np} = J_h R_h, \quad (15)$$

а величина тока, протекающего через тело человека, будет определяться:

$$J_h = \frac{U_\phi}{R_h - R_0}, \quad (16)$$

где R_0 – сопротивление заземления нейтрали, $R_0=4,7$ Ом; $R_h=1$ кОм.

В аварийном режиме, который характеризуется тем, что одна из фаз замкнута на землю, напряжение под которое попадет человек:

$$U_{np} = J_h R_h, \quad (17)$$

а величина тока, протекающего через тело человека, составит:

$$J_h = \frac{U_\phi (R_{3M} + \sqrt{3}R_0)}{R_{3M}R_0 + R_h(R_{3M} + R_0)}, \quad (18)$$

где $R_{3M}=20$ Ом.

Наиболее эффективным методом защиты при включении человека в такую электрическую сеть является хорошая изоляция от земли.

Порядок работы

1. Отжать кнопки S2...S7, S9. Положение переключателя S8 – любое.

2. Включите тумблеры СЕТЬ и S1 (верхнее положение ВКЛ). Пользуясь переключателем S8, измерьте линейное U_l (А-В) и фазное U_ϕ (А-Н) напряжение.
3. Занесите в таблицу 5 полученные результаты измерений.
4. Переключатель S9 поставьте в положение «А», имитируя прикосновение человека к фазе А, а переключатель S8 – в положение «А-1» и снимите показания вольтметра и миллиамперметра, показывающих напряжение прикосновения, U_{np} , и ток через человека, J_h , при прикосновении к фазе «А» в нормальном режиме работы сети (см. рис. 8).
5. Результаты замеров занесите в табл. 5.
6. Убедитесь, что при измерении параметров сети значения U_{np} , и J_h в сети с заземленной нейтралью не изменяются, для чего установите различные значения сопротивления изоляции и емкости фаз (кнопки S2...S7).
7. Кнопкой Кн1 замкните фазу «В» на «землю» и снимите показания вольтметра и амперметра при прикосновении к исправной фазе «А» при аварийном режиме фазы «В» (рис. 9).
8. Рассчитайте напряжения прикосновения и тока через человека для различных условий работы сети, пользуясь выражениями (15), (16), (17) и (18). Занесите полученные данные в табл.5.
9. Проведите анализ полученных результатов:
 - под каким напряжением окажется человек, прикоснувшийся к двум фазам;
 - под каким напряжением оказывается человек, прикоснувшийся к одной из фаз при нормальном режиме работы сети;
 - сравните степень опасности прикосновения человека к одной фазе при нормальном и аварийном режимах работы сети;
 - сравните полученные значения J_h с «критериальными» токами и дайте оценку состояния человека;
 - сравните расчетные и экспериментальные данные.

Таблица 5.

Состояние фаз	Результаты измерений				Результаты расчетов	
	U_l , В	U_ϕ В	U_{np} , В	J_h , мА	U_{np} , В	J_h , мА
Нормальный режим						
Аварийный режим: фаза «А» в нормальном режиме, а фаза «В» замкнута на землю						

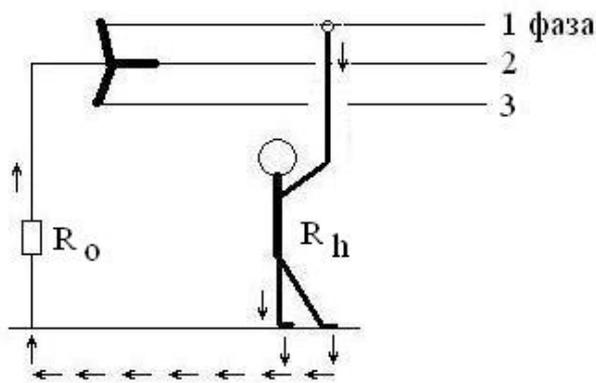


Рис. 8. Однофазное включение человека в трехфазную электрическую сеть с заземленной нейтралью.

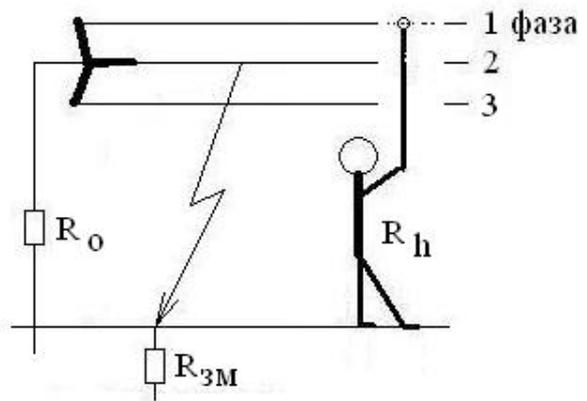


Рис. 9. Однофазное включение человека в электрическую сеть при замыкании другой фазы на «землю».

Задание №4

Анализ прикосновения в сетях с изолированной нейтралью

В случае включения человека на одну из фаз в установке, имеющей изолированную нейтральную точку, то ток пройдет от места контакта через руку и тело, затем через ноги, обувь и несовершенную изоляцию проводов к двум другим фазам. В этом случае в электрическую цепь, кроме сопротивления самого человека, его обуви и пола, включается сопротивление изоляции проводов других фаз. При замыкании одной из фаз на землю (аварийный режим) и малом значении переходного сопротивления (имеются хорошо проводящий пол и обувь), то такое включение по степени опасности равноценно двухфазному включению человека.

Порядок работы

1. Отжать кнопки S2...S7, S9. Положение переключателя S8 – любое.
2. Включите тумблеры СЕТЬ (верхнее положение ВКЛ).
3. Тумблер S1 отключен (нижнее положение).
4. Переключателями S2, S4, S6 установите сопротивление изоляции фаз R1, R2, R3, равное 10 кОм, а емкости фаз C1, C2, C3 с помощью переключателей S3, S5, S7 равными 0. Переключатель S9 установите в положение «А», а переключатель S8 в положение «А-1» и запишите в табл.5 напряжение прикосновения U_{np} и ток через тело человека J_h в нормальном режиме сети. При этих же условиях снимите U_{np} и J_h при значениях сопротивления изоляции фаз, равных 20, 30 и 40 кОм.

5. Переключателями S3, S5, S7 установите емкости фаз C1, C2, C3 относительно «земли» величиной 1 мкФ и снимите значения U_{np} и J_h при условии $R1=R2=R3= 40$ кОм. Затем при этом же условии снимите значение U_{np} и J_h емкостей в фазах, равных 2 и 3 мкФ. Занесите полученные результаты замеров в табл.6.
6. Переключателями S3, S5, S7 установите емкости фаз, равны 0. Кнопкой Кн1 замкните фазу В на «землю» и запишите в табл. 6 значения U_{np} и J_h человека, прикоснувшегося к фазе А при аварии в фазе В.

Таблица 6.

Состояние фаз	Параметры сети		Результаты измерений	
	R1=R2=R3, кОм	C1=C2=C3, мкФ	J_h , мА	U_{np} , В
Нормальный режим фаз	10	0		
	20	0		
	30	0		
	40	0		
	40	1		
	40	2		
	40	3		
Фаза «А» в нормальном режиме, а фаза «В» замкнута на «землю»	40	0		

7. По данным измерений постройте график зависимости тока через тело человека J_h от величины сопротивления изоляции фаз при емкости фаз, равной 0, и график зависимости J_h от величины емкости фаз при сопротивлении изоляции фаз, равном 40 кОм.
8. Проведите анализ полученных результатов и сделайте выводы о степени опасности прикосновения к фазе сети с изолированной нейтралью:
 - с различным сопротивлением изоляции проводов фаз сети;
 - с различной емкостью проводов относительно «земли»;
 - сравните степень опасности при нормальном и аварийном режимах фаз;
 - сравните протекающие через человека токи с «критериальными»;
 - сопоставьте расчетные и экспериментальные данные.

Контрольные вопросы:

1. В чем особенность биологического действия тока?
2. Какое воздействие оказывает электрический ток, проходя через организм человека?
3. Что называется пороговым неотпускающим током?
4. При какой величине тока может возникнуть фибрилляция сердца?
5. Какова величина сопротивления тела человека при расчетах?
6. Почему двухфазное включение человека в сеть считается наиболее опасным?
7. Сколько составляет величина сопротивления защитного заземления в сетях с заземленной и изолированной нейтралью напряжением до 1000 В?
8. Какой фактор наиболее существенно влияет на величину шагового напряжения?
9. Какова величина «ощутимого», «не отпускающего» токов?
10. В каких единицах измерения измеряется удельное сопротивление грунта?
11. Какие требования предъявляются к квалификационным группам по электробезопасности?
12. Какое количество квалификационных групп по электробезопасности существует?

Библиографический список

1. Белов С.В. и др. Безопасность жизнедеятельности. – М.: Высшая школа, 1999.
2. Кукин П.П. и др. Безопасность технологических процессов и производств. Охрана труда. -М.: Высшая школа, 1999.
3. ГОСТ 12.1.019-79 ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.
ГОСТ 12.1.038—82* ССБТ.
4. Межотраслевые правила по охране труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок ПОТ РМ-016-2001.-Москва: НЦЭНАС, 2001.
5. Межотраслевые правила по охране труда на автомобильном транспорте ПОТ РМ 027-2003. .-Москва: НЦЭНАС, 2003.
6. Правила эксплуатации электроустановок потребителей. – М: Энергоиздат, 1992.
7. Белявин К.Е. Электробезопасность при эксплуатации электроустановок: Справочное пособие / К.Е.Белявин.-2-е изд. - Минск: Технопринт, 2004.-185 с.
8. Долин П.А. Основы техники безопасности в электроустановках: Учеб. пособие для вузов.-2-е изд., перераб. и доп. - М.: Энергоатомиздат, 1984.-448 с.