

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Брянский государственный аграрный университет»

Кафедра электроэнергетики и электротехнологий

Широбокова О.Е.

Электробезопасность

**Методическое пособие
для студентов всех форм обучения
направления подготовки 13.03.02
«Электроэнергетика и электротехника»**

Брянская область, 2022

УДК 331.45:621.3 (07)
ББК 31.29н
Ш 64

Широбокова, О. Е. Электробезопасность: методическое пособие для студентов всех форм обучения направления подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» / О. Е. Широбокова. - Брянск: Изд-во Брянский ГАУ, 2022. – 80 с.

Методическое пособие составлено для выполнения практических работ студентов по дисциплине «Электробезопасность». Кратко изложен теоретический курс, приведен перечень практических работ и порядок их выполнения.

Разработали Широбокова О.Е., к.т.н., доц.

Рецензент: д.т.н. проф. Кисель Ю.Е.

Рекомендовано к изданию методической комиссией факультета энергетики и природопользования БГАУ, протокол № 3 от 28.10. 2022 г.

© Брянский ГАУ, 2022
© Широбокова О.Е., 2022

Предисловие

Одним из основных видов занятий по курсу «Электробезопасность» является выполнение практических работ. Предлагаемые в методических указаниях задания охватывают основной материал вышеназванного курса, и включает материал по основным разделам дисциплины: электробезопасность.

Целью изучения дисциплины является формирование у бакалавров навыков, направленных на изучение вопросов безопасности труда при эксплуатации электроустановок до и выше 1 кВ, предупреждения электротравматизма на промышленных предприятиях, а также специальных вопросов, знание которых необходимо при эксплуатации электроустановок в системах электроснабжения, а также изучение влияния электрического поля на организм человека, способов и средств защиты от него.

Целью выполнения практических работ является проверка усвоения студентами соответствующих разделов курса.

Дисциплина базируется на высшей математике, физике, химии, теоретических основах электротехники, метрологии стандартизации и сертификации, информационно-измерительной технике. Дисциплина является основой для изучения электропривода, электротехнологии, электрических машин, электрического привода, электрических сетей, безопасности жизнедеятельности.

В результате освоения дисциплины формируются следующие основные компетенции:

УК 8.1 Анализирует факторы вредного влияния на жизнедеятельность элементов среды обитания (технических средств, технологических процессов, материалов, зданий и сооружений, природных и социальных явлений);

УК8.2 Идентифицирует опасные и вредные факторы в рамках осуществляемой деятельности;

УК 8.3 Выявляет проблемы, связанные с нарушениями техники безопасности на рабочем месте; предлагает мероприятия по предотвращению чрезвычайных ситуаций.

ПКС – 8.1 Осуществляет управление процессом эксплуатации муниципальных линий электропередачи, трансформаторных подстанций и распределительных пунктов.

Содержание

Предисловие.....	3
Введение	5
Практическая работа 1. Изучение основных и дополнительных средств защиты для электроустановок напряжением до 1000 В.....	6
Практическая работа 2. Изучение основных и дополнительных средств защиты для электроустановок напряжением выше 1000 В	9
Практическая работа 3. Изучение мер безопасности при проведении измерений.....	12
Практическая работа 4. Расчет тока через человека.....	14
Практическая работа 5. Расчет шагового напряжения. Напряжение прикосновения	18
Практическая работа 6. Расчет защитного заземления	26
Практическая работа 7. Оформление наряда-допуска в электроустановках до 1000 В.....	41
Практическая работа 8. Изучение схем защитного отключения.....	44
Практическая работа 9. Изучение оперативной технической документации электрических подстанций	49
Практическая работа 10. Изучение технической документации электрических подстанций	52
Практическая работа 11. Изучение мер безопасности при выполнении наладки электрооборудования	53
Практическая работа 12. Оказание первой помощи пострадавшим, от действия электрического тока.....	56
Тесты для проверки остаточных знаний по дисциплине электробезопасность	63
Список использованной литературы.....	79

Введение

Методические указания разработаны на основании рабочей программы учебной дисциплины «Электробезопасность» основной образовательной программы ФГОС по специальности 13.03.02 электроэнергетика и электротехника и содержит описание и методику выполнения практических работ.

Практические работы проводятся в той последовательности, в которой расположен теоретический материал в программе. Они являются логическим продолжением теоретического материала и нацелены на формирование профессиональных компетенций и отработку умений в соответствии с требованиями ФГОС по специальности 13.03.02.

В каждой практической работе приведена методика, которая позволяет повторить изученный на лекциях материал. Выполнение практических работ является предварительной стадией подготовки к производственной практике и выполнению выпускной квалификационной работы. В конце каждой работы приведены контрольные вопросы, которые позволяют обучающимся подготовиться к защите практической работы.

Практические работы оформляются в тетради или на формате А4 и брошюруются в журнал практических работ.

Методические указания могут быть использованы в учебном заведении на любой форме обучения (очной и заочной).

Практическая работа 1

Изучение основных и дополнительных средств защиты для электроустановок напряжением до 1000 В

Цель работы: выработать умение пользоваться электрозащитными средствами, применяемыми в электроустановках до 1000В.

Оборудование и приборы: Мультимедийный проектор, электронные материалы. Образцы электрозащитных средств.

Краткие теоретические сведения

Таблица 1.1 – Классификация электрозащитных средств

Электрозащитные средства			
Основные		Дополнительные	
Электроустановки выше 1000В	Электроустановки до 1000В	Электроустановки выше 1000В	Электроустановки до 1000В
Штанги изолирующие	Штанги изолирующие	Диэлектрические перчатки	Диэлектрические галоши или боты
Клещи изолирующие	Клещи изолирующие	Переносные заземлители	Переносные заземления
Клещи электроизмерительные	Клещи электроизмерительные	Диэлектрические коврики	Изолирующие подставки
Указатели напряжения	Указатели напряжения	Изолирующие подставки	Диэлектрические коврики
	Инструмент слесарно-монтажный с изолирующими рукоятками	Диэлектрические боты	
	Диэлектрические перчатки	Сигнализаторы напряжения индивидуальные	
		Сигнализаторы напряжения стационарные	
		Колпаки диэлектрические	

К средствам индивидуальной защиты относят: - средства защиты головы (каска защитные); - средства защиты глаз и лица (очки и щитки защитные); - средства защиты органов дыхания (противогазы и респираторы); - средства защиты рук (рукавицы); - средства защиты от падения с высоты (пояса предохранительные и канаты страховочные); - одежда специальная защитная (комплект защиты от электрической дуги). При работе в электроустановках с использованием основных средств защиты достаточно применить одно дополнительное средство защиты. Например, при работе с указателем напряжения необязательно применение одновременно диэлектрических перчаток и диэлектрических бот (или коврика). При необходимости освободить пострадавшего от действия электрического тока следует применять наряду с диэлектрическими перчатками диэлектрические боты или галоши. В то же время применение двух или более

дополнительных средств защиты не заменяет основного средства защиты. Например, в электроустановках выше 1000В диэлектрические перчатки и боты не могут заменить изолирующих штанг или клещей. Средствами защиты следует пользоваться по их прямому назначению в электроустановках напряжением не выше того, на которое они рассчитаны.

Исходные данные

Таблица 1.2 – Средства защиты в электроустановках напряжением до 1000В

№п/п	Образцы средств защиты	Изображения
1	Изолирующая штанга	
2	Указатель напряжения	
3	Электроизмерительные клещи	
4	Изолирующие клещи	
5	Диэлектрические перчатки	 http://postroy.giuz
6	Диэлектрические галоши	
7	Диэлектрические ковры	
8	Ручной изолирующий инструмент (отвертка, плоскогубцы и др.)	

Порядок выполнения работы

1. Изучить натурные образцы электрозщитных средств.
2. Дать описание указанных средств защиты по форме, приведенной в таблице 1.2.
3. Дать описание средств индивидуальной защиты по форме, приведенной в таблице 1.3, 1.4. Сделать вывод по практической работе.
5. Ответить на контрольные вопросы.

Таблица 1.3 – Описание электротехнических средств для электроустановок до 1000В

Наименование средства защиты	Основные/ дополнительные средства до 1000 В	Назначения	Особенности
Изолирующая штанга		1. 2. 3.	Конструкция рабочей части
Указатель напряжения			Виды индикации. Как проверить исправность? Двухполюсные и однополюсные указатели
Электроизмерительные клещи			Конструкция для ЭУ до 1000В. Какое устройство представляет собой электро-клещи? Правила пользования
Изолирующие клещи			Как защитить глаза и лицо при использовании клещей
Диэлектрические перчатки			Длина перчатки (не менее)? Как проверить целостность? Размер перчатки? Как правильно надевать?
Диэлектрические галоши			Размер обуви, цвет обуви.
Переносные заземления			Конструкция, минимальное сечение Защита от термического и динамического действия тока КЗ, порядок установки
Диэлектрические ковры			Использование в ЗРУ и ОРУ
Ручной изолирующий инструмент (отвертки, пассатижи, плоскогубцы, ключи гаечные и др.			Конструкция ручного инструмента двух типов Изоляция стержней отверток. Изоляция плоскогубцев и отверток. Изоляция плоскогубцев и т.п., длина ручек которые менее 400 мм.

Таблица 1.4 – Средства индивидуальной защиты

Назначение	Название	От чего защищает
Средство защиты головы		1. 2. 3.
Средства защиты глаз и лица		
Средство защиты от падения с высоты		
Средства защиты органов дыхания		

Контрольные вопросы:

1. Укажите классификацию электротехнических средств.
2. Приведите примеры основных и дополнительных средств защиты в электроустановках напряжением до 1000 В.

Практическая работа 2

Изучение основных и дополнительных средств защиты для электроустановок напряжением выше 1000 В

Цель работы: получить практические навыки применения электротехнических средств, применяемых в электроустановках выше 1000В.

Оборудование и приборы: Мультимедийный проектор, электронные материалы. Натурные образцы защитных средств.

Краткие теоретические сведения

Таблица 2.1 – Классификация электротехнических средств

Электротехнические средства			
Основные (Электротехнические средства, изоляция которых длительно выдерживает рабочее напряжение электроустановки и которые позволяют работать на токоведущих частях, находящихся под напряжением)		Дополнительные (электротехнические средства, которые сами по себе не могут при данном напряжении обеспечить защиту от поражения электрическим током, но дополняют основные средства защиты, а также служат для защиты от напряжения прикосновения и напряжения шага)	
Электроустановки выше 1000В	Электроустановки до 1000В	Электроустановки выше 1000В	Электроустановки до 1000В
Штанги изолирующие	Штанги изолирующие	Диэлектрические перчатки	Диэлектрические галоши, боты
Клещи изолирующие	Клещи изолирующие	Переносные заземлители	Переносные заземления
Клещи электроизмерительные	Клещи электроизмерительные	Диэлектрические коврики	Изолирующие подставки
Указатели напряжения	Указатели напряжения	Изолирующие подставки	Диэлектрические коврики
	Инструмент слесарно-монтажный с изолирующими рукоятками	Диэлектрические боты	
	Диэлектрические перчатки	Сигнализаторы напряжения индивидуальные	
		Сигнализаторы напряжения стационарные	
		Колпаки диэлектрические	

Исходные данные

Таблица 2.2 – Средства защиты в электроустановках напряжением выше 1000В.

№п/п	Образцы средств защиты	Изображение
1	Изолирующая штанга	
2	Указатель напряжения	
3	Электроизмерительные клещи	
4	Изолирующие клещи	
5	Диэлектрические перчатки	
6	Диэлектрические боты	
7	Диэлектрические ковры	
8	Изолирующие подставки	
9	Переносные заземления	

Порядок выполнения работы:

1. Изучить натурные образцы электротехнических средств, применяемых в электроустановках выше 1000 В.

2. Дать описание указанных средств защиты по форме, приведенной в таблице 2.3, 2.4 и изобразить их.

3. Ответить на контрольные вопросы.

Таблица 2.3 – Описание электробезопасных средств для электроустановок выше 1000В.

Наименование средства защиты	Основные/ дополнительные средства выше 1000 В	Назначения	Особенности
Изолирующая штанга		1. 2. 3.	3 элемента конструкции. Длина изолирующей части и рукоятки (3,3, 10, 35, 110, 220кВ)
Указатель напряжения			4 элемента конструкции. Виды индикации. Как проверить исправность? Напряжение индикации.
Электроизмерительные клещи			Какое устройство представляет собой электро-клещи? Правила пользования. Минимальная длина изолирующей части и рукоятки.
Изолирующие клещи			Как защитить глаза и лицо при использовании клещей. Длина изолирующей части рукоятки: 3,3, 10, 35кВ.
Диэлектрические перчатки			Длина перчатки (не менее)? Как проверить целостность? Размер перчатки? Как правильно надевать?
Диэлектрические боты			Размер обуви, высота бот. Цвет обуви. Особенности бот
Диэлектрические ковры			Использование в ЗРУ и ОРУ. Размеры ковров
Изолирующие подставки			В каких случаях применяются?
Переносные заземления			Конструкция, мин. сечение. Защита от термического и динамического действия тока КЗ, порядок установки

Контрольные вопросы:

1. Укажите классификацию электробезопасных средств.
2. Приведите примеры основных и дополнительных средств защиты в электроустановках напряжением выше 1000В.
3. Приведите основные характеристики основных и дополнительных средств защиты в электроустановках напряжением выше 1000В.

Практическая работа 3

Изучение мер безопасности при проведении измерений

Цель работы: Научиться выполнять меры безопасности при проведении измерений в электроустановках мегомметром и электроизмерительными клещами.

Оборудование: мегомметр М4101/1 и электроизмерительные клещи Д90, Ц-90, методические указания, ПОТ.

Порядок выполнения работы:

1. Ознакомится с указаниями по выполнению измерений в электроустановках до 1000В.
2. Выполнить по данной схеме измерения мегомметром и электроизмерительными клещами.
3. Ответить на контрольные вопросы.

Краткие теоретические сведения:

Электроизмерительные клещи предназначены для измерения тока, напряжения и мощности в электрических цепях без нарушения их целостности. Клещи для электроустановок напряжением до 1000В состоят из рабочей части (разъемного магнитопровода, обмотки и измерительного прибора) и корпуса, являющегося одновременно изолирующей частью с упором и рукояткой.

1. Изолирующие и электроизмерительные клещи, применяемые в электроустановках до 1000В, испытывают напряжением 3кВ при приемосдаточных и 2кВ при эксплуатационных испытаниях. Продолжительность прикладываемого напряжения 5 мин. Периодичность испытаний 1 раз в 24 мес.

2. В электроустановках до 1000В работать с электроизмерительными клещами может работник с группой III. При этом допускается не пользоваться диэлектрическими перчатками. Запрещается работать с электроизмерительными клещами на опоре ВЛ. В электроустановках выше 1000В работу с электроизмерительными клещами должны проводить по распоряжению два работника с группами IV и III. Запрещается склоняться к прибору для отсчета показаний. Работать необходимо в диэлектрических перчатках.

3. Измерения в электроустановках напряжением выше 1000В следует проводить в диэлектрических перчатках и галошах (или стоя на изолирующем основании), в защитных очках. Клещи необходимо держать на весу. Запрещается нагибаться к амперметру при отсчете показаний. Во время производства измерений запрещается касаться приборов, проводов и измерительных трансформаторов.

1.1. Измерения электроизмерительными клещами на шинах напряжением до 1000В следует выполнять, стоя на полу или специальных подмостках.

2.1. Перед началом работы с мегомметром необходимо выяснить, к какой категории по степени опасности относится помещение, в котором предстоит выполнять работу.

2.2. Перед началом работ с мегомметром следует внешним осмотром проверить исправность деталей корпуса, проверить его работу.

2.3. Мегомметр, имеющий дефекты или просроченную дату периодической поверки, применять в работе не разрешается.

2.4. Для контроля исправности мегомметр должен подвергаться периодической поверке.

2.5. Работник должен лично убедиться в том, что все меры, необходимые для обеспечения безопасности выполнены.

2.6. Работник не должен приступать к работе, если у него имеются сомнения в обеспечении безопасности при выполнении предстоящей работы.

2.7. Перед началом работы нужно убедиться в достаточности освещения рабочего места.

2.8. Перед началом работы следует обратить внимание на рациональную организацию рабочего места.

3.1. Измерения мегомметром в процессе эксплуатации разрешается выполнять обученным работникам из числа электротехнического персонала.

3.2. В электроустановках напряжением выше 1000В измерения должны производиться по наряду, в электроустановках напряжением до 1000В – по распоряжению.

3.3. В тех случаях, когда измерения мегомметром входят в содержание работ, оговаривать эти измерения в наряде или распоряжении не требуется.

3.4. Измерять сопротивление изоляции мегомметром может работник, имеющий группу III.

3.5. Измерение сопротивления изоляции мегомметром должно осуществляться на отключенных токоведущих частях, с которых снят заряд путем предварительного их заземления.

3.6. Заземление с токоведущих частей следует снимать только после подключения мегомметра.

3.7. При измерении мегомметром сопротивления изоляции токоведущих частей соединительные провода следует присоединять к ним с помощью изолирующих держателей (штанг).

3.8. В электроустановках напряжением выше 1000В, кроме того, следует пользоваться диэлектрическими перчатками.

3.9. При работе с мегомметром прикасаться к токоведущим частям, к которым он присоединен, не разрешается.

3.10. После окончания работы следует снять с токоведущих частей остаточный заряд путем их кратковременного заземления.

3.11. Работать мегомметром с приставных лестниц запрещается; для выполнения работ на высоте следует использовать прочные стремянки или подмости.

3.12. Работать мегомметром, не защищенным от воздействия капель и брызг, в условиях их воздействия, а также на открытых площадках во время дождя или снегопада запрещается.

3.13. Не следует оставлять без надзора мегомметр, присоединенный к токоведущим частям, а также передавать его лицам, не имеющим права с ним работать.

3.14. При переносе мегомметром с одного рабочего места на другое, а также при перерыве в работе и ее окончании мегомметр должен быть отсоединен от токоведущих частей.

Контрольные вопросы:

1. Кто имеет право проводить измерения клещами до 1кВ и выше?
2. Кто имеет право проводить измерения мегомметром до 1кВ и выше?
3. Что необходимо сделать перед проведением измерений клещами до 1кВ и выше?
4. Что необходимо сделать перед проведением измерений мегомметром до 1кВ и выше?
5. Что необходимо сделать после проведения измерений мегомметром до 1кВ и выше?

Практическая работа 4 Расчет тока через человека

1 Расчет тока через человека при однофазном включении в сеть

При прикосновении к одной фазе в трехпроводной сети с изолированной нейтралью сила тока (рис. 4.1), протекающего через человека, будет определяться величиной действующего на него напряжения, сопротивления изоляции проводов ($r_{из}$) которая в соответствии с ПУЭ не должна быть менее 0,5 МОм, а также электрическим сопротивлением цепи человека ($R_ч$), состоящих из последовательно соединенных сопротивлений тела человека ($r_{м.ч.}$), обуви ($r_{об}$) и опорной поверхности ног (r_n) или пола

$$I_ч = \frac{U_ф}{R_ч + \frac{r_{из}}{3}}; \quad (4.1)$$

где $U_ф$ – фазное напряжение, В (в сетях 380/220В $U_ф=220В$);

$R_ч$ –сопротивлением цепи человека, Ом ($R_ч=r_{м.ч.} + r_{об} + r_n$);

$r_{м.ч.}$ –сопротивление изоляции проводов, Ом.

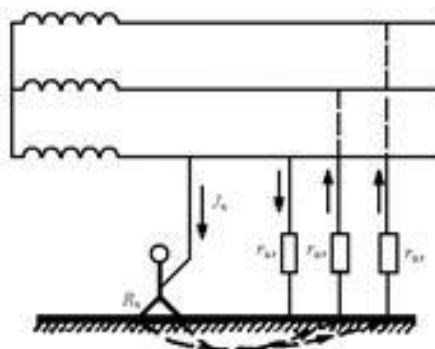


Рисунок 4.1 – Однофазное включение в сеть с изолированной нейтралью

Для определения последствий включения в цепь тока расчетное значение тока человека необходимо сравнить с пороговыми значениями (табл. 4.1).

Таблица 4.1 – Ориентировочные пороговые значения электрического тока

Термин	Определение	Величина тока, I _{мА}
Порог ощущения	Электрический ток, вызывающий при прохождении через организм ощутимые раздражения	0,5 – 1,5
Неотпускающий ток	Электрический ток, вызывающий при прохождении через человека непреодолимые судорожные сокращения мышц руки, которой зажат проводник	10-15
Фибрилляционный ток	Электрический ток, вызывающий при прохождении через организм человека фибрилляцию сердца (судорожные сокращения сердца)	50-80
Смертельный ток	Электрический ток, вызывающий при прохождении через организм человека смерть	100 и более

Пример 4.1. Определить силу тока, проходящего через человека, при неблагоприятной и благоприятной ситуациях в случаях однофазного включения в трехпроводную трехфазную сеть напряжением $U_{л} = 380 \text{ В}$ с изолированной нейтралью (рис. 4.2).

а) Неблагоприятные условия: человек прикоснулся к одной фазе, стоит на токопроводящем железобетонном полу, обувь сырая. Сопротивления: тела человека $r_{м.ч} = 1000 \text{ Ом}$, обуви $r_{об} = 0 \text{ Ом}$, опорной поверхности ног (сопротивление пола) $r_n = 0 \text{ Ом}$, изоляции $r_{из} = 70000 \text{ Ом}$.

б) Благоприятные условия: человек стоит на не токопроводящем полу, покрытом линолеумом ($r_n = 1500000 \text{ Ом}$),

Решение. Определим ток через человека (мА) по формуле (4.1) для неблагоприятных условий

$$I_{ч} = \frac{U_{\phi}}{R_{ч} + \frac{r_{из}}{3}} = \frac{220}{1000 + \frac{70000}{3}} = 0,009 \text{ А} = 9 \text{ мА};$$

Определим ток через человека (мА) для благоприятных условий по формуле 4.1.

$$I_{ч} = 220 / (100 + (70000 + 1500000) / 3) = 0,00014 \text{ А} = 0,1 \text{ мА}$$

Выводы. Сравниваем полученные значения тока через человека с пороговыми значениями тока (табл. 4.1): в первом случае (при неблагоприятных условиях) ток близок к порогу неотпускающего тока и представляет опасность; во втором случае (при благоприятных условиях) ток, проходящий через человека, не представляет опасности.

При однофазном включении человека в четырехпроводную сеть с глухозаземленной нейтралью (рис. 4.3) проходящий через него ток определяется величиной фазного напряжения установки (U_{ϕ}), электрическим сопротивлением цепи человека ($R_{ч}$) и сопротивлением заземления нейтрали (R_0) источника тока

$$I_{ч} = U_{\phi} / (R_{ч} + R_0) = U_{\phi} / (r_{т.ч} + r_{об} + r_n + R_0) \quad (4.2)$$

где $R_{ч}$ – сопротивление цепи человека, Ом;

R_0 – сопротивление заземления нейтрали, Ом.

Так как $R_{ч} \gg R_0$, то в формуле 4.2 R_0 можно не учитывать.

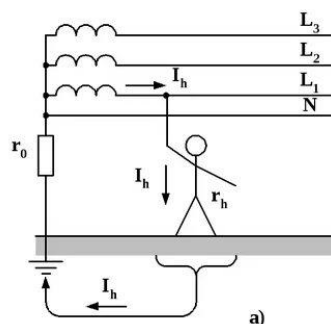


Рис. 4.2 – Однофазное включение в сеть с глухозаземленной нейтралью

Задача для самостоятельной работы:

Определить силу тока, проходящего через человека, при однофазном включении в трёхфазную четырехпроводную электрическую сеть напряжением $U_{л}=380\text{В}$ с заземленной нейтралью.

а) неблагоприятные условия: человек стоит на токопроводящем железобетонному полу в сырой обуви. Сопротивление тела человека $r_{т.ч}=1000\text{Ом}$, пола $r_{п}=0$, обуви $r_{об}=0$, заземление нейтрали $R_0=4\text{Ом}$ (допускаем $R_0=0$ ввиду незначительной величины по сравнению с сопротивлением тела человека).

б) благоприятные условия: человек находится на сухом паркетном полу $r_{п}=30000\text{ Ом}$ обувь не токопроводящая сухая (резиновая подошва) $r_{об}=300000$.

Выполнить расчет для двух условий и сделать вывод.

2 Расчет тока через человека при двухфазном включении в сеть

Наибольшую опасность представляет двухфазное включение (рис. 4.3), так как в этом случае человек оказывается под рабочим напряжением сети и проходящий через него ток определится по формуле (А)

$$I_{ч} = U_{л} / r_{т.ч.} \quad (4.3)$$

где $U_{л}$ – линейное напряжение сети, В;

$r_{т.ч}$ – сопротивление тела человека, Ом.

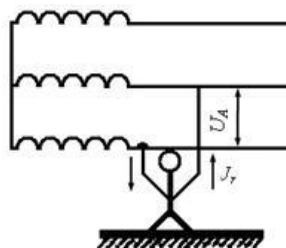


Рисунок 4.3 – Двухфазное включение человека в трехфазную сеть

Из сопоставления формул для расчета силы тока при одно- и двухфазном включении видно, что в последнем случае величина тока, действующего на человека, значительно выше, чем в первом, так как числитель в формуле для двухфазного включения возрастает, а знаменатель резко уменьшается, потому посещения изоляции обуви и пола не оказывают защитного действия.

Пример 4.2. Определить силу тока, проходящего через человека при двухфазном включении трехфазную электрическую сеть напряжением $U_{л} = 380 \text{ В}$.

Определяем ток через человека по формуле (4.3)

$$I_{ч} = U_{л} / R_{т.ч} = 380 / 1000 = 0,38 \text{ А} = 380 \text{ мА}$$

Вывод. Величина такого тока является смертельно опасной для человека.

3 Расчет тока через человека при включении в сеть в аварийном режиме

Расчет тока через человека при включении в сеть

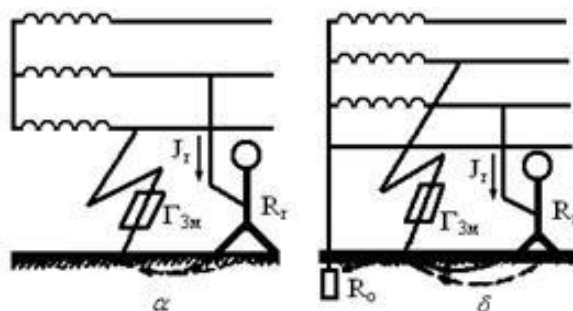
При аварийных режимах сети, например, когда одна из фаз замкнута на землю через относительно малое активное сопротивление $r_{3м}$, величина тока, проходящего через человека при однофазном включении в сеть с изолированной нейтралью (рис. 4.1), будет равна

$$I_{ч} = U_{л} / (R_{т.ч} + r_{3м}) \quad (4.4)$$

а в сеть с заземленной нейтралью (рис. 4.2)

$$I_{ч} = \frac{U_{ч}}{R_{ч}}; \quad (4.5)$$

где $U_{ч}$ – напряжение, под которым оказывается человек, подключившийся справному фазному проводу аварийной трехфазной сети с глухозаземленной нейтралью, В.



а – сеть с изолированной нейтралью; б – сеть с глухозаземленной нейтралью
Рисунок 4.4 – Однофазное включение человека в сеть при аварийном режиме

Анализ формул позволяет сделать вывод, что включение человека в аварийную сеть более опасно, чем работающую в нормальном режиме.

Контрольные вопросы:

1. Что означает термин «электробезопасность»?
2. Какое напряжение считается опасным для жизни человека?
3. Какая величина тока считается смертельной для человека?
4. Чем определяется опасность для человека при прохождении через него электрического тока?

Практическая работа 5

Расчет шагового напряжения. Напряжение прикосновения

1 Расчет тока через человека при включении под напряжение шага

Цель работы: Изучить понятия шаговое напряжение, напряжение прикосновения. Максимальный радиус шагового напряжения и правила перемещения в зоне шагового напряжения.

Шаговое напряжение - это разность напряжений в 2-х точках зоны растекания тока (на длину шага человека). При соприкосновении любой токоведущей части с землей, например, при обрыве и падении на землю какого - либо провода происходит распределение потенциалов на поверхности земли. Это распределение потенциалов подчиняется закону гиперболы и имеет вид (рис. 5.1). Ток, проходящий через человека $I_{ч}$ будет равен:

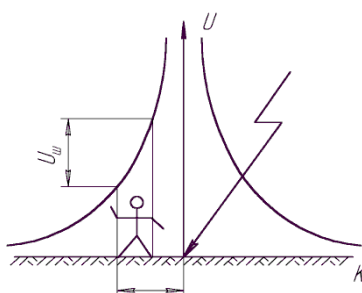


Рисунок 5.1 – Схема распределения потенциалов при шаговом напряжении

$$I_{ч} = \frac{U_{ш}}{R_{ч} + R_{ш}} \quad (5.1)$$

где $U_{ш}$ – шаговое напряжение;

$R_{ш}$ - сопротивление растекания тока в земле от одной ноги к другой;

$R_{ч}$ – сопротивление тела человека.

Чем ближе человек будет находиться к проводу, тем под большим шаговым напряжением он окажется.

При эксплуатации электрических сетей и электроустановок возможно случайное электрическое соединение токоведущей части непосредственно с землей токоведущими проводящими конструкциями или предметами, не изолированными от земли, называемое электрическим замыканием сопровождается протеканием через нее тока. Земля становится участком электрической цепи, в зоне растекания тока, на которой из-за сопротивления земли падает напряжение и появляется разность потенциалов между отдельными точками ее поверхности.

Характер растекания тока в зоне из-за разных электрических свойств грунта описывается сложной зависимостью.

В однородном грунте от одиночного полусферического заземлителя (рис. 5.2) падение напряжения на поверхности земли в зоне растекания тока гиперболическому закону. При этом падение напряжения на расстоянии 1 м от за-

землителя составляет 68 %, на расстоянии 10 м – 92 %, а на расстоянии 20 м потенциалы точек практически могут быть приняты равными нулю.

Шаговое напряжение представляет собой разность потенциалов между двумя точками в зоне растекания тока, находящимися на расстоянии шага 0,8 м [16].

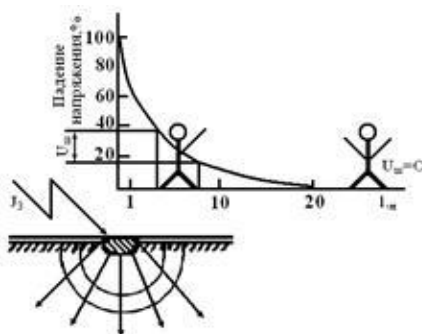


Рисунок 5.2 – Распределение потенциала на поверхности земли

Попав в зону растекания, человек может оказаться под разностью потенциалов с напряжением шага (В)

$$U_{ш} = \frac{I_3 * \rho}{2\pi} * \left(\frac{1}{x} - \frac{1}{x+a} \right) \quad (5.2)$$

где I_3 – ток замыкания на землю (стекающий через заземлитель), А;

ρ – удельное сопротивление грунта» Ом м (табл. 5.1);

x – расстояние от центра заземлителя до человека, м;

a – расстояние шага, м.

Анализ формулы (5.2) показывает, что чем шире шаг, тем больше напряжение шага.

Ток, протекающий через человека, попавшего под шаговое напряжение |(А), можно рассчитать по формуле

$$I_{ч} = \frac{U_{ш}}{R_{ч}}; \quad (5.3)$$

Таблица 5.1 – Удельное сопротивление грунта ρ

№ п/п	Характер грунта	Сопротивление грунта, ρ , Ом*м
1	Торф	40
2	Садовая земля	40
3	Глина	70...80
4	Каменистая глина	100
5	Суглинок	150
6	Известняк, щебень, глина	150
7	Чернозем	200
8	Супесь	400
9	Песчаная почва	700...900
10	Известняк, мергель	14000
11	Скальный грунт	3000

Пример. Произошел обрыв на землю высоковольтного провода, ток замыкания равен 6А. Человек находится в поле растекания потенциалов на рас-

стоянии 1 м от упавшего провода. Ширина шага 0,8 м, грунт – супесь. Найти напряжение шага и оценить опасность поражения.

Решение. Шаговое напряжение определяется как разность потенциалов между одной и второй ногой человека. Для нашего случая напряжение шага можно определить по формуле (5.2)

$$U_{\text{ш}} = \left(\frac{I_3 \cdot \rho}{2\pi} \right) * \left[\frac{1}{x-1} - \frac{1}{x+a} \right] = \left(\frac{6 \cdot 100}{2 \cdot 3,14} \right) * [1/1 - 1/(1+0,8)] = 43\text{В}$$

Чтобы оценить опасность поражения шаговым напряжением, надо рассчитать ток через человека по формуле (5.3)

$$I = \frac{U_{\text{ш}}}{R_{\text{ч}}} = \frac{52}{1000} = 43\text{мА};$$

Вывод: Ток 43 мА вызывает фибрилляцию и может привести к смерти при протекании более 20 с.

2 Расчет напряжения прикосновения

При стекании тока в землю через проводник, находящийся в непосредственном контакте с землей, происходит резкое снижение потенциала заземлившейся токоведущей части до значения Φ_3 (В), равного произведению тока, стекающего в землю I_3 (А), на сопротивление, которое этот ток встречает на своем пути R_3 (Ом)

$$\Phi_3 = I_3 \cdot R_3 \tag{5.4}$$

Рассмотрим напряжение прикосновения при одиночном заземлителе. На рис. 5.3 представлено оборудование, например электродвигатели, корпуса которых заземлены с помощью одиночного заземлителя [33].

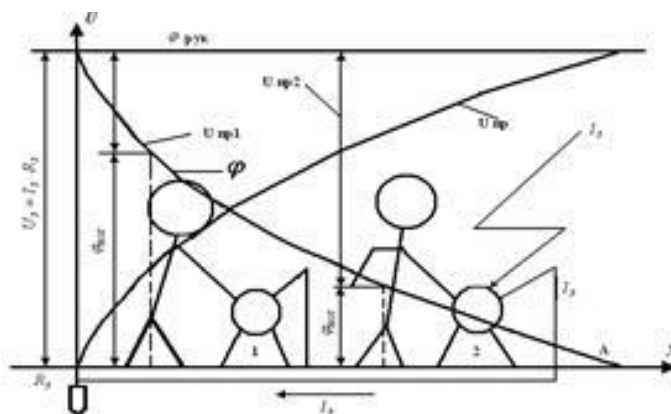


Рисунок 5.3 – Напряжение прикосновения

При замыкании на корпус одного из этих двигателей на заземлителе и всех присоединенных к нему металлических частях, в том числе на корпусах двигателей, появится потенциал Φ_3 . Поверхность земли вокруг заземлителя также будет иметь потенциал, изменяющийся по кривой, зависящей от формы заземлителя. Форму кривой учитывает коэффициент напряжения прикосновения α [33].

Напряжение прикосновения зависит от формы потенциальной кривой и расстояния x между человеком, прикасающимся к заземленному оборудованию

нию, и заземлителем: чем дальше от заземлителя находится человек, тем больше $U_{пр}$, и наоборот.

Так при наибольшем расстоянии, т. е. при $x = \infty$, а практически при $x = 20$ м напряжение прикосновения имеет наибольшее значение, при этом коэффициент напряжения прикосновения $\alpha = 1$. Это наиболее опасный случай прикосновения. При наименьшем значении x , когда человек стоит непосредственно на заземлителе, $U_{пр} = 0$ и $\alpha = 0$.

Напряжение прикосновения в общем виде можно определить по формуле

$$U_{пр} = \varphi_p - \varphi_n = U_K - (I_3 * \rho / 2\pi * x); \quad (5.5)$$

где φ_p ; φ_n – потенциал рук и ног, В;

U_K – напряжение на корпусе, В;

I_3 – ток замыкания на землю, А;

x – расстояние от заземлителя до человека, м;

ρ – удельное сопротивление грунта, Ом·м.

Напряжение на корпусе рассчитывается по формуле

$$U_K = I_3 * R_3 \quad (5.6)$$

где R_3 – сопротивление заземлителя и заземляющего проводника, Ом.

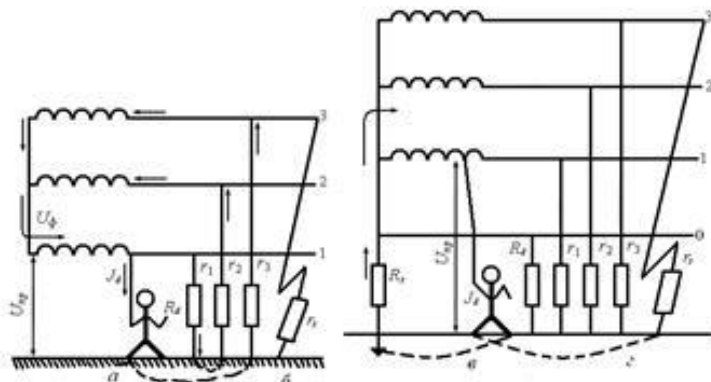
Напряжение прикосновения в сетях с изолированной нейтралью в нормальном режиме работы (рис. 5.4, а) определяется сопротивлением проводов человека $R_ч$ и рассчитывается по формуле

$$U_{пр} = U_{\phi} \times \frac{3R_ч}{R_ч + r/3}; \quad (5.7)$$

Если человек прикоснется к проводу в сети с изолированной нейтралью, находящейся в аварийном режиме (рис. 5.4, б), то он окажется почти под линейным напряжением.

В сети с заземленной нейтралью, находящейся в нормальном режиме (рис. 5.4, в) напряжение прикосновения определяется из выражения

$$U_{пр} = U_{\phi} \frac{R_ч}{R_ч + R_3} \quad (5.8)$$



а, б – трехпроводная сеть с изолированной нейтралью, нормальный и аварийный режим; в, г – четырехпроводная сеть с заземленной нейтралью, нормальный и аварийный режим

Рисунок 5.4 – Схемы возможных прикосновений человека к трехфазной сети

Длительно допустимое напряжение прикосновения рассчитывается по формуле

$$U_{\text{прик}} = J_{\text{чд}} \cdot R_{\text{ч}} \quad (5.9)$$

где $J_{\text{чд}}$ – длительно допустимый ток через чело человека, мА ($J_{\text{чд}}=10\text{мА}$).

Пример. Ток стекает в землю через полушаровой заземлитель.

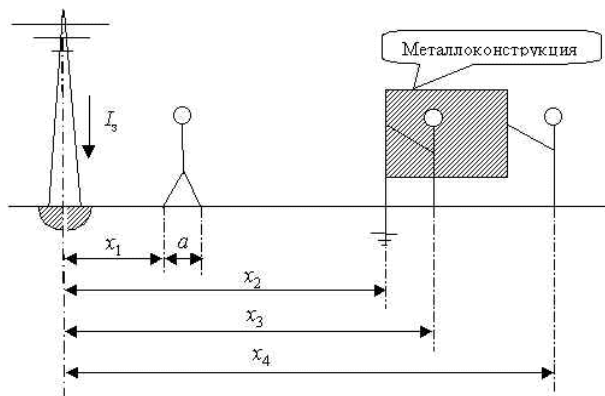


Рисунок 5.5 – Схема к задаче

1) На расстоянии $x_1=2,2$ м от места замыкания на землю стоит человек (см. рисунок). Определить для него напряжение шага, если размер шага, $a=0,8$ м.

2) На расстоянии $x_2 = 4$ м расположена металлоконструкция (см. рисунок). Определить напряжение прикосновения для человека, касающегося металлоконструкции и находящегося на расстоянии $x_3=8$ м или $x_4 = 25$ м от места замыкания.

При решении задачи принять удельное объемное сопротивление грунта $\rho = 100 \text{ Ом}\cdot\text{м}$, а сопротивления растеканию тока основания, на котором стоит человек, равным нулю.

Решение:

Потенциал любой точки поверхности земли вблизи одиночного полушарового заземлителя можно определить по формуле (2.8)

$$\varphi = \frac{I_3 \rho}{2 \pi x}$$

1) Определим напряжение шага (см. Напряжение прикосновения и шага). Так как напряжение шага – это разность потенциалов между двумя точками поверхности земли, на которых одновременно стоит человек, в нашем случае с координатами x_1 и $x_1 + a$, рассчитаем его значение как:

$$U_{\text{ш}} = \frac{I_3 \rho}{2 \pi x_1} - \frac{I_3 \rho}{2 \pi (x_1 + a)} \approx 40 \text{ В.}$$

2) Определим напряжение прикосновения для двух указанных в условиях задачи случаев. Напряжение прикосновения – это разность потенциалов между двумя точками цепи тока, которых одновременно касается человек (см. напряжение прикосновения и шага). В обоих случаях человек касается металлической конструкции, имеющей связь с землей. Следовательно, потенциал рук че-

ловека в обоих случаях будет равен потенциалу металлической конструкции, который может быть определен следующим образом:

$$\varphi_{\text{рук}} = \frac{I_3 \rho}{2\pi x_2}.$$

Потенциал ног человека определяется потенциалом основания, на котором стоит человек (в одном случае расстоянием x_3 , в другом x_4). Потенциал ног на расстоянии x_3 рассчитывается как

$$\varphi_{\text{ног}} = \frac{I_3 \rho}{2\pi x_3},$$

Следовательно, напряжение прикосновения для этого случая равно

$$U_h = \varphi_{\text{рук}} - \varphi_{\text{ног}} = \frac{I_3 \rho}{2\pi x_2} - \frac{I_3 \rho}{2\pi x_3} = 30 \text{ В.}$$

Так как расстояние $x_4 > 20 \text{ м}$, можно принять потенциал ног равным нулю. Человек фактически находится вне зоны растекания тока. Следовательно, напряжение прикосновения для этого случая равно

$$U_h = \frac{I_3 \rho}{2\pi x_2} = 60 \text{ В.}$$

Ответ задачи: 1) 40 В; 2) 30 В, 60 В.

Усложним задачу.

Предположим, что сопротивление растеканию тока с основания, на котором стоит человек $R_{\text{осн}}$ не равно нулю, а сопротивление тела человека электрическому току $R_h = 1 \text{ кОм}$.

1) Для человека, стоящего на расстоянии $x_1 = 2,2 \text{ м}$ определим напряжение шага с учетом того, что сопротивление растеканию тока с одной ноги человека $R_n = 2 \text{ кОм}$.

Решение:

С учетом $R_{\text{осн}}$ напряжение шага определяется как:

$$U'_{\text{ш}} = U_{\text{ш}} * b_2,$$

где $U_{\text{ш}}$ – напряжение шага, рассчитанное без учета $R_{\text{осн}}$;

b_2 – коэффициент напряжения шага:

$$b_2 = \frac{R_n}{R_n + R_{\text{осн}}} = \frac{R_n}{R_n + 2R_n}.$$

(Здесь учтено, что в контуре тока участвует поочередно каждая нога человека, и, соответственно, сопротивление основания, на котором он стоит, равно удвоенному значению R_n .)

В нашем случае

$$b_2 = \frac{R_n}{R_n + 2R_n} = \frac{1}{1 + 2 * 2} = 0,2, \text{ а } U_h = 40 \text{ В.}$$

При этом $U'_{\text{ш}} = 40 * 0,2 = 8 \text{ В}$.

Ответ задачи: 8 В.

2) Для человека, находящегося на расстоянии $x_4 = 25 \text{ м}$, определим напряжение прикосновения с учетом того, что сопротивление растеканию тока с основания, на котором стоит человек $R_{\text{осн}} = 9 \text{ кОм}$.

Решение: С учетом $R_{\text{осн}}$ напряжение прикосновения определяется как

$$U'_h = U_h * a_2,$$

где U_h – напряжение прикосновения, рассчитанное ранее без учета $R_{\text{осн}}$, а a_2 – коэффициент напряжения прикосновения, учитывающий $R_{\text{осн}}$:

$$a_2 = \frac{R_h}{R_h + R_{\text{осн}}}.$$

$$a_2 = \frac{R_h}{R_h + R_{\text{осн}}} = \frac{1}{1+9} = 0,1, \text{ а } U_h = 60 \text{ В.}$$

В нашем случае

Следовательно, искомое напряжение прикосновения $U'_h = 60 * 0,1 = 6 \text{ В}$.

Результаты показывают, что напряжение прикосновения и шага существенно зависят от сопротивления $R_{\text{осн}}$.

Ответ задачи: 6 В.

Решите аналогичные задачи самостоятельно.

Задача 1. На участке небольшой протяженности земля используется в качестве проводника, по которому протекает ток от одного полушарового электрода к другому (см. рисунок).

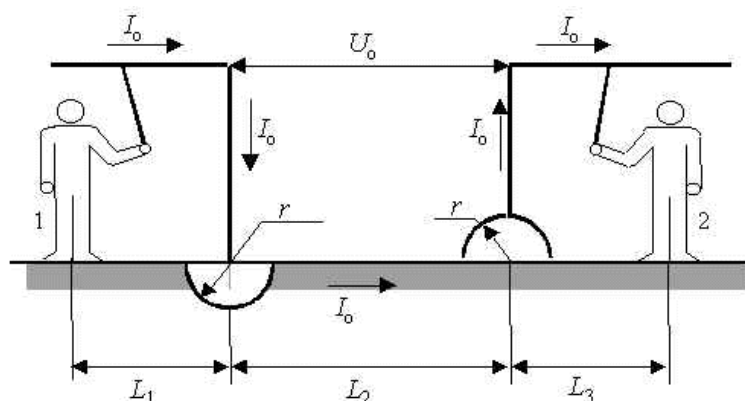


Рисунок 5.6 – Схема прохождения тока через землю и полушаровые электроды

Определить напряжения прикосновения, воздействию которых подверглись два человека (1 и 2), коснувшиеся провода в период прохождения по нему тока, а так же напряжение между заземлителями U_0 .

Значение тока $I_0 = 1,0 \text{ А}$; удельное сопротивление земли $\rho = 200 \text{ Ом*м}$; радиусы заземлителей $r = 0,05 \text{ м}$; расстояния: $L_1 = 3 \text{ м}$, $L_2 = 40 \text{ м}$, $L_3 = 20 \text{ м}$; сопротивление тела человека $R_h = 1000 \text{ Ом}$.

Ответ задачи: $U_{\text{пр1}} = 482 \text{ В}$; $U_{\text{пр2}} = 768 \text{ В}$; $U_0 = 1636 \text{ В}$.

Если ваш ответ не совпал с приведенным, повторите раздел напряжение прикосновения.

Задача 2. Определить напряжение прикосновения для человека, стоящего на полушаровом заземлителе в токопроводящей обуви и касающегося токоведущей части (см. рисунок).

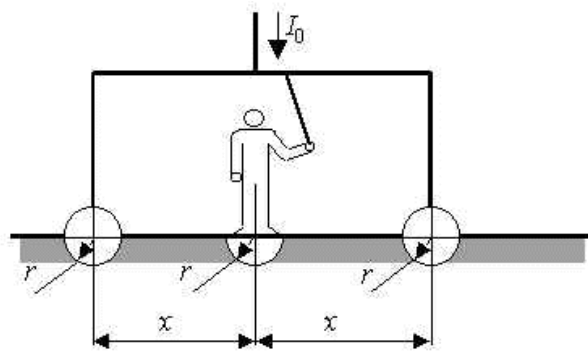


Рисунок 5.7 – Схема включения человека в цепь тока, стекающего в землю через полушаровые заземлители

Радиус каждого заземлителя $r = 0,05$ м; расстояния между соседними заземлителями $x = 1,0$ м; ток, проходящий по схеме в землю, $I_0 = 0,5$ А; земля однородная с удельным сопротивлением $\rho = 1000$ Ом*м.

Ответ задачи: $U_{пр} = 135$ В.

Если ваш ответ не совпал с приведенным, повторите раздел напряжение прикосновения и шага.

Задача 3. На территории промышленного предприятия в земле на небольшой глубине находится металлический предмет в форме шара большого размера, обладающий сравнительно малым сопротивлением расстеканию с него тока в землю. В связи с этим было решено использовать этот предмет в качестве естественного заземлителя в системе существующего на данном предприятии защитного заземления. При этом предварительно необходимо оценить безопасность нахождения людей в непосредственной близости от участка расположения указанного естественного заземлителя.

Для этого требуется рассчитать значение напряжения шага $U_{ш}$ для человека, идущего по земле к точке С – месту входа провода в землю (см. рисунок), а так же потенциал заземлителя φ в период стекания с него в землю тока $I_з$.

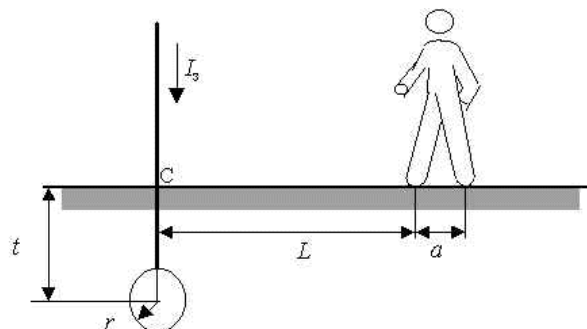


Рисунок 5.8 – Схема к определению шага человека, идущего по прямой к точке С – месту входа в землю изолированного провода, по которому подается ток к шаровому электроду

Глубина погружения шара в землю $t = 4$ м; наибольшее значение тока $I_з = 60$ А; расчетное удельное сопротивление земли $\rho = 80$ Ом*м; минимально воз-

можное (по производственным условиям) расстояние от точки С до человека $L = 2$ м; длина шага человека $a = 0,8$ м.

Указания: считать, что ток I_3 идет к рассматриваемому заземлителю через слой земли толщиной t по изолированному проводу; заземлитель имеет форму шара радиусом $r = 0,4$ м; сопротивление растекания тока с основания, на котором стоит человек, равно нулю.

Ответ задачи: $U_{ш} = 14,5$ В; $j_3 = 1000$ В

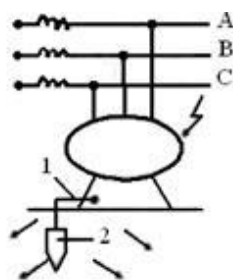
Практическая работа 6 Расчет защитного заземления

Цель работы: Изучить схемы защитного заземления в электроустановках и методики расчета сопротивления заземляющих устройств.

Назначение и принцип устройства защитного заземления. При обслуживании производственного оборудования, использующего электроэнергию, работающие прикасаются к его нетоковедущим металлическим частям. Такой контакт обычно является нормальной операцией. В процессе эксплуатации может происходить повреждение изоляции электрооборудования. Повреждение изоляции, как правило, сопровождается замыканием на корпус электроустановки, т.е. случайным соединением токоведущих частей с металлическими нетоковедущими частями электроустановки. В результате чего корпус электроустановки, а через него все оборудование и обслуживающий персонал могут оказаться под напряжением, что приводит к поражению электротоком.

Для защиты людей от поражения электрическим током при повреждении изоляции и замыкании на корпус «Правилами устройства электроустановок» предусматривается ряд защитных мер, одним из них является применение защитного заземления.

Защитным заземлением называется преднамеренное соединение с землей металлических нетоковедущих частей электроустановок, которые могут оказаться под напряжением (рис. 6.1).



1 – заземляющий проводник; 2 – заземлитель

Рисунок 6.1 – Защитное заземление электроустановки

Принцип действия защитного заземления можно рассмотреть на примере схемы питания электроустановки (рис. 6.2). Человек, с сопротивлением тела касаясь корпуса электроустановки, на которой произошел пробой изоляции, оказывается под защитой сопротивления заземления r_3 , которое включено па-

параллельно $R_{\text{ч}}$. Так как $R_{\text{ч}} \gg r_3$, то ток короткого замыкания, протекает по пути наименьшего сопротивления, т. е. через заземлитель и ток $I_{\text{чел}} \ll I_{\text{заз}}$.

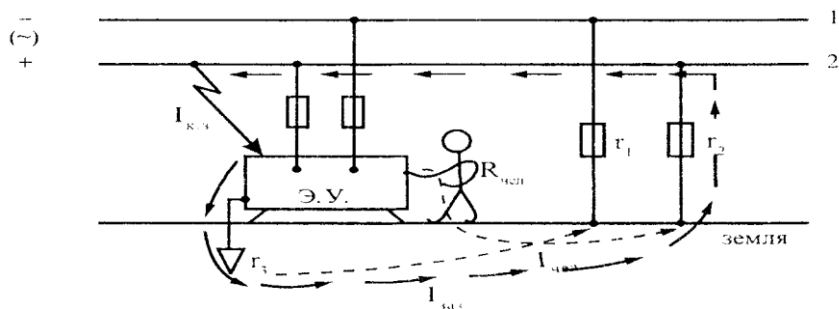


Рисунок 6.2 – Принцип действия защитного заземления

$R_{\text{ч}}$ – электрическое сопротивление человека; r_3 – сопротивление заземлителя; r_1 и r_2 – сопротивление изоляции проводов 1 и 2, соответственно; $I_{\text{кз}}$ – ток короткого замыкания; $I_{\text{заз}}$ – ток, протекающий через заземлитель; $I_{\text{чел}}$ – ток, протекающий через тело человека $I_{\text{кз}} = I_{\text{заз}} + I_{\text{чел}}$.

При замыкании одной фазы на корпус электроустановки, корпус окажется под напряжением, в случае отсутствия соединения корпуса с землей, прикосновение к нему также опасно, как и прикосновение к фазе.

Защитное заземление, как мера защиты людей от поражения электрическим током, при возникновении напряжения на нетоковедущих частях электроустановок в результате повреждения изоляции и замыкании на корпус заключается в электрическом соединении корпусов электроустановок с заземляющим устройством. Защитное действие заземления состоит в снижении до безопасных значений напряжения прикосновения и тока протекающего через человека, обусловленных замыканием на корпус.

Эффективность заземления зависит от его сопротивления, чем меньше сопротивление, тем выше его защитная эффективность.

Область применения защитного заземления:

- В трехфазных трехпроводных сетях напряжения до 1000В переменного тока с изолированной нейтралью или изолированным выводом источника однофазного тока, а также в сетях постоянного тока с изолированной средней точкой обмоток источника тока;

- В сетях напряжения выше 1000В переменного и постоянного тока с любым режимом нейтрали или средней точки.

В соответствии с требованиями «Правил устройства электроустановок» заземлению подлежат:

- все электроустановки при напряжении 380В и выше переменного тока и 440В и выше постоянного тока при эксплуатации в любых помещениях;

- наружные электроустановки напряжением 42В и выше переменного тока и 110В и выше постоянного тока, работающих в условиях с повышенной опасностью и в особо опасных условиях;

- электроустановки любого напряжения, работающие во взрывоопасных помещениях.

В заземляющее устройство входит заземлитель (металлический проводник или группа проводников, находящихся в непосредственном соприкосновении с грунтом) и заземляющие проводники, соединяющие заземляемые части электроустановки с заземлителем.

Заземлителем называется металлический проводник или совокупность металлических соединенных между собой проводников, находящихся в соприкосновении с землей.

В зависимости от расположения заземлителей по отношению к заземляемому оборудованию заземления бывают выносные

$R_{ч}$ – электрическое сопротивление человека; r_3 – сопротивление заземлителя; r_1 и r_2 – сопротивление изоляции проводов 1 и 2, соответственно; $I_{кз}$ – ток короткого замыкания; $I_{зав}$ – ток, протекающий через заземлитель; $I_{чел}$ – ток, протекающий через тело человека $I_{кз} = I_{зав} + I_{чел}$.

При замыкании одной фазы на корпус электроустановки, корпус окажется под напряжением, в случае отсутствия соединения корпуса с землей, прикосновение к нему также опасно, как и прикосновение к фазе.

Защитное заземление, как мера защиты людей от поражения электрическим током, при возникновении напряжения на нетоковедущих частях электроустановок в результате повреждения изоляции и замыкании на корпус заключается в электрическом соединении корпусов электроустановок с заземляющим устройством. Защитное действие заземления состоит в снижении до безопасных значений напряжения прикосновения и тока протекающего через человека, обусловленных замыканием на корпус.

Эффективность заземления зависит от его сопротивления, чем меньше сопротивление, тем выше его защитная эффективность.

Область применения защитного заземления:

- В трехфазных трехпроводных сетях напряжения до 1000В переменного тока с изолированной нейтралью или изолированным выводом источника однофазного тока, а также в сетях постоянного тока с изолированной средней точкой обмоток источника тока;

- В сетях напряжения выше 1000В переменного и постоянного тока с любым режимом нейтрали или средней точки.

В соответствии с требованиями «Правил устройства электроустановок» заземлению подлежат:

- все электроустановки при напряжении 380В и выше переменного тока и 440В и выше постоянного тока при эксплуатации в любых помещениях;

- наружные электроустановки напряжением 42В и выше переменного тока и 110В и выше постоянного тока, работающих в условиях с повышенной опасностью и в особо опасных условиях;

- электроустановки любого напряжения, работающие во взрывоопасных помещениях.

В заземляющее устройство входит заземлитель (металлический проводник или группа проводников, находящихся в непосредственном соприкоснове-

нии с грунтом) и заземляющие проводники, соединяющие заземляемые части электроустановки с заземлителем.

Заземлителем называется металлический проводник или совокупность металлических соединенных между собой проводников, находящихся в соприкосновении с землей.

В зависимости от расположения заземлителей по отношению к заземляемому оборудованию заземления бывают выносные (сосредоточенные) и контурные (рис.6.2). Заземлители выносных заземлений располагают сосредоточенно на расстоянии свыше 20 м от заземляемого оборудования, т. е. вне зоны растекания тока замыкания на землю. Заземлители контурного заземления располагают по периметру и внутри площадки, на которой установлено заземляемое оборудование. Все эти заземлители электрически соединены друг с другом.

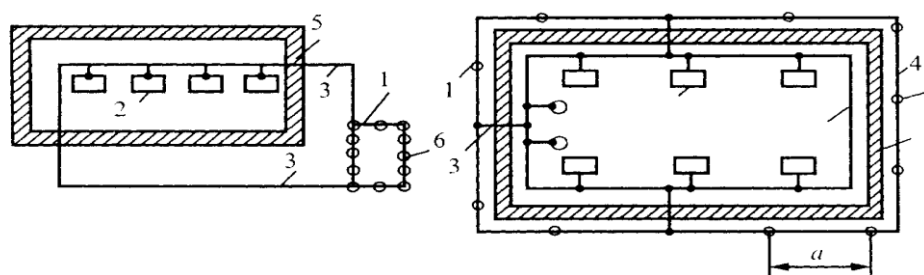
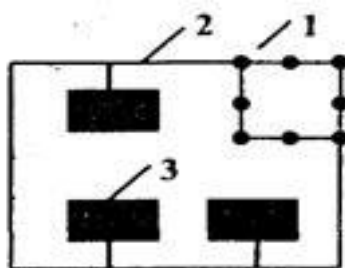


Рисунок 6.3 – Схема защитного заземления

1 – заземлители; 2 – электроустановки; 3 – заземляющие проводники (внутренний контур); 4 – внешний контур заземления; 5 – электропомещение или площадка с размещенным электрооборудованием; 6 – заземлители.

Оно является эффективной мерой защиты в трехфазных сетях с изолированной нейтралью (трехпроводные сети) до 1000В и выше 1000В с любым режимом нейтрали. Защитное заземление снижает до безопасного уровня напряжение прикосновения и шага за счет уменьшения потенциала относительно земли из-за малого сопротивления заземления. Различают два типа заземляющих устройств: выносное и контурное.

Выносное заземляющее устройство (рис. 6.4) характеризуется тем, что заземлитель вынесен за пределы площади, на которой размещено электрооборудование [42].



1 – заземляющее устройства; 2 – заземляющие проводники;
3 – электроустановки

Рисунок 6.4 – Выносное заземление

Недостатком данного типа заземляющего устройства является то, что заземлитель отдален от оборудования и коэффициент прикосновения $a = 1$. Достоинством является возможность выбора участка грунта с минимальным удельным сопротивлением (сырой, глинистый).

Контурное заземляющее устройство (рис. 6.5) характеризуется тем, что его заземлители равномерно размещены по контуру площади, где размещено электрооборудование, при этом обеспечивается выравнивание потенциалов и снижение напряжений прикосновения и шага до допустимых величин.

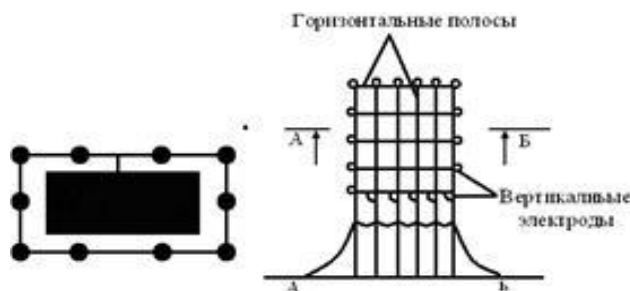
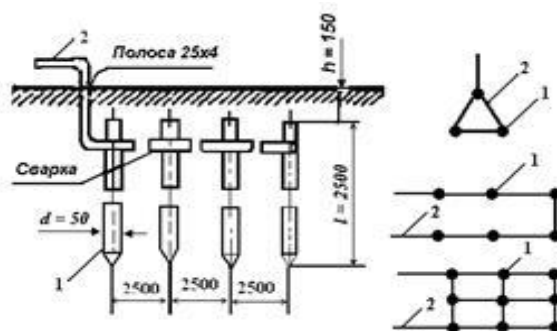


Рисунок 6.5 – Контурное заземление и выравнивание потенциалов

Для искусственных заземлителей применяют обычно вертикальные и горизонтальные электроды. В качестве вертикальных электродов используют стальные трубы диаметром 3 - 5 см и угловую сталь размером от 40x40 до 60x60 мм, длиной 2,5 - 3 м. Находят применение стальные прутки диаметром 10 - 12 мм и длиной до 10 м. Для связи вертикальных электродов и как самостоятельный горизонтальный электрод применяется полосовая сталь сечением не менее 4x12 мм или сталь круглого сечения диаметром не менее 6 мм.

Размещение электродов заземлителя производится с учетом выбранного типа заземлителя, площади участка, размещения на нем оборудования и других условий. Стержневые электроды располагают обычно на расстоянии 2 - 3 м друг от друга на глубине 0,7 м (рис. 6.6). Верхние концы погруженных в землю вертикальных электродов соединяют стальной полосой с помощью сварки.



1 – заземлитель; 2 – промежуточный проводник

Рисунок 6.6 – Заземляющее устройство

Заземлители могут быть естественными и искусственными. Искусственные заземлители выполняются в виде электродов. По расположению в грунте и по форм электродов заземлители делятся на углубленные, состоящие из полос

или круглой стали, укладываемых глубоко на дно котлована горизонтально по периметру фундаментов, вертикальные, состоящие из электродов, верхний конец которых заглубляется на 0,5-0,7 м от поверхности земли; в качестве их используют стальные вертикальные заложенные стержни диаметром 10-16 мм, (или отрезки стальных труб, различного диаметра), длиной 3-5 м, а также уголковая сталь длиной 2,5-3м (рис.6.3); горизонтальные (протяженные), состоящие из электродов, применяемых для связи между собой вертикальных заземлителей, соединяемых сваркой. В качестве таких заземлений используется круглая сталь диаметром не менее 10 мм или стальные полосы толщиной не менее 4 мм, сечением 48 мм².

В качестве заземляющих проводников-ответвлений к оборудованию, где по условиям работы не требуются гибкие проводники, применяются медные или алюминиевые проводники. В качестве заземляющих проводников, образующих заземляющую магистраль, применяется полосовая или круглая сталь, сечением порядка 48 мм².

Таблица 6.1 – Минимальные размеры стальных заземлителей и заземляющих проводников, мм

Заземлитель	Место расположения		
	в зданиях	в наружных установках	в земле
Круглые, диаметром, мм	5	6	10
Прямоугольные, сечением, мм ²	24	48	48
Прямоугольные, толщиной, мм ²	3	4	4
Угловая сталь с толщиной полос, мм	2	2,5	4
Стальные водо- газопроводные (некондиционные) трубы с толщиной стенок, мм	2,5	2,5	3,5

Таблица 6.2 – Наименьшие сечения медных и алюминиевых заземляющих проводников в электроустановках напряжением до 1000 В

Проводники медь	Сечением, мм	
	медь	алюминий
Без изоляции при открытой прокладке	4	6
Изолированные	1,5	2,5
Заземляющие жилы кабелей или многожильных проводов, водящихся в общей защитной оболочке с средними жилами	1	1,5

Заземляющий проводник присоединяется к заземлению сваркой внахлестку не менее чем в двух местах. Длина нахлестки должна быть равна двойной ширине проводника при прямоугольном сечении или круглом шести диаметрам. Болты (винты, шпильки) для крепления заземляющего проводника должны изготавливаться из стойкого в отношении коррозии металла. Диаметр болта (винта, шпильки), зависит от номинального тока потребителя: при токе потребителя до 16 А, диаметр болта 4мм потребителя 250-300 А диаметр болта 10 мм. Нельзя применять для выполнения заземления крепежные детали машин, оборудования.

Таблица 6.3 – Наибольшие допустимые значения сопротивлений заземляющих устройств электроустановок

Характеристика объекта	Сопротивление, Ом
Электроустановки напряжением 110 кВ и выше сетей с эффективным заземлением нейтрали, выполненные по нормам на сопротивление	$0,002 \cdot 0,5\rho$
Электроустановки 3-35 кВ сетей с изолированной нейтралью	$250/I_p^*$, но не более 10 Ом $0,002 \rho \cdot 250/I_p$
Электроустановки сетей напряжением до 1000 В с глухозаземленной нейтралью напряжением: 660/380 В 380/220 В 220/127 В	15** ($15 \cdot 0,01 \rho$) 30** ($30 \cdot 0,01 \rho$) 60** ($60 \cdot 0,01 \rho$)
Электроустановки сетей напряжением до 1000 В с изолированной нейтралью при мощности источника питания: более 100 кВА до 100 кВА	$50/I_p^*$, но не более 4 Ом $50/I_p^*$, но не более 10 Ом

* I_p - расчетный ток замыкания на землю, в качестве которого принимается:

в сетях без компенсации емкостного тока замыкания на землю – ток замыкания на землю;

в сетях с компенсацией емкостного тока замыкания на землю:

- для электроустановок, к которым присоединены компенсирующие аппараты, - ток, равный 125% номинального тока наиболее мощного из этих аппаратов;

- для электроустановок, к которым не присоединены компенсирующие аппараты, - ток замыкания на землю, проходящий в данной сети при отключении наиболее мощного из компенсирующих аппаратов.

** - сопротивление заземляющего устройства с учетом повторных заземлений нулевого провода должно быть не более 2, 4 и 8 Ом при линейных напряжениях соответственно 660, 380 и 220 В источника трехфазного тока и напряжениях 380, 220 и 127 В источника однофазного тока.

Таблица 6.4 – Удельные сопротивления грунта

Грунт, вода	Удельное сопротивление, Ом·м	Грунт, вода	Удельное сопротивление, Ом·м
Торф	20	Гравий, щебень	2000
Чернозем	30	Каменистый грунт	4000
Садовая земля	50	Скалистый грунт	10^4-10^7
Глина	60	Вода морская	0,2-1
Суглинок	100	Вода речная	10-100
Лесс	250	Вода прудовая	40-50
Супесь	300	Вода грунтовая	20-70
Песок	500	Каменный уголь	100-150

Таблица 6.5 – Значение сезонных повышающих коэффициентов К

Данные, характеризующие климатические зоны и тип применяемых электродов	Климатические зоны			
	1	2	3	4
<i>1. Климатические признаки зон</i>				
Средняя температура января	-20...-15	-14...-10	-14...0	0...+5
Средняя температура июля	16-18	18-22	22-24	24-26

Защитное отключение выполняется как дополнение к защитному заземлению или заменяет его. Преимущество - мгновенное (0,2с) автоматическое отключение электрооборудования при появлении на корпусе напряжения выше допустимого. Применяется, когда устройство заземления вызывает трудности (скалистый грунт) или, когда выполнение его нецелесообразно (передвижные электроустановки).

Защита от перехода высокого напряжения в сеть низкого.

Сети напряжением до 1000В, связанные через трансформатор должны быть защищены от возможного появления в них высокого напряжения. Эта защита осуществляется при помощи пробивного предохранителя. Электрическая схема защиты представлена на рис.6.8 в нейтрали и на рис. 6.9 в фазе. Пробивные предохранители состоят из 2-х металлических дисков, изолированных друг от друга слюдяной прокладкой определенной толщины с отверстиями. Один диск соединяется с нейтралью или фазой вторичной обмотки, а другой - с заземляющим устройством.

Профилактическое испытание изоляции. Двойная изоляция.

Все материалы, применяемые для изоляции токоведущих частей электрической установки со временем, теряют диэлектрические свойства.

Поэтому согласно ПУЭ все электрооборудование подвергается периодическим и постоянным контролям надежности и целостности изоляции. Периодический контроль - мегомметры, постоянный контроль по показаниям вольтметров (рис. 6.10) и испытанная изоляция повышенным напряжением. При нормальном режиме все вольтметры будут показывать фазное напряжение рис. 6.11 а. При пробое изоляции и замыкании на землю второй вольтметр показывает 0, а первый и третий фазное напряжение увеличенное в $\sqrt{3}$ раз (рис.6.11). Частичное замыкание - рис. 6.11.

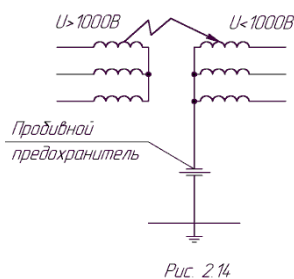


Рисунок 6.8 – Схема защиты при переходе высокого напряжения в сети низкого в нейтраль.

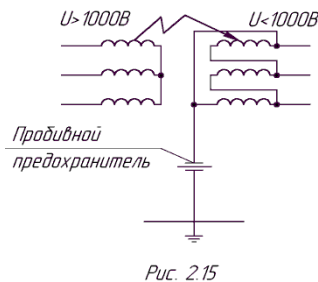


Рисунок 6.9 – Схема защиты при переходе высокого напряжения в сети низкого в фазе.

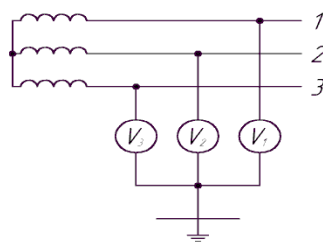


Рис. 2.16

Рисунок 6.10 – Схема контроля изоляции методом 3-х вольтметров.

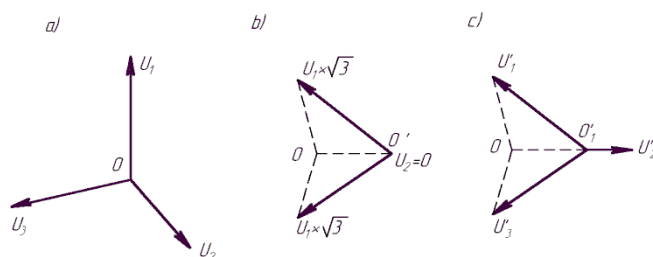


Рис. 2.17

Рисунок 6.11 – Схема положения векторов при контроле изолиний методом 3-х вольтметров

Двойная изоляция- рабочая и дополнительная.

Рабочая- для изоляции токоведущих частей электрического оборудования обеспечивает его нормальную работу и защиту от поражения электрическим током.

Дополнительная- для защиты от поражения электрическим током в случае повреждения рабочей изоляции. Например, ручные электрические машины.

Индивидуальные средства защиты, предупредительные плакаты и надписи.

В процессе эксплуатации электрических установок могут возникнуть условия, при которых даже самое совершенное их выполнение не обеспечивает безопасности работающего и требует применение специальных средств защиты.

Средства защиты условно делятся на три группы:

- изолирующие;
- ограждающие;
- предохранительные.

Изолирующие электрозщитные средства делятся на основные и дополнительные.

К основным относятся: диэлектрические резиновые перчатки; инструмент с изолированными ручками; указатели напряжения; изолировочные штанги; изолировочные и электроизмерительные клещи.

К дополнительным изолирующим электрозщитным средствам относятся: диэлектрические галоши; коврики и изолирующие подставки.

Ограждающие защитные средства предназначены для временного ограждения токоведущих частей, находящихся под напряжением.

К ним относятся: щиты, барьеры, ограждения - клетки, переносные заземления.

Предохранительные защитные средства служат для защиты персонала от случайного падения с высоты, для безопасного подъема на высоту, для защиты от световых, тепловых, механических и химических воздействий электрического тока (предохранительные пояса, когти, лестницы, защитные очки, щитки, рукавицы и др.).

Все защитные средства периодически проверяются повышенным напряжением, а резиновые изделия - на ток утечки. Для предотвращения ошибочных действий персонала применяют предупредительные плакаты и надписи.

Защитное зануление – это преднамеренное соединение металлических нетоковедущих частей электроустановки с нулевым защитным проводником /N (рис. 6.10). Оно эффективно в сетях с глухозаземленной нейтралью.

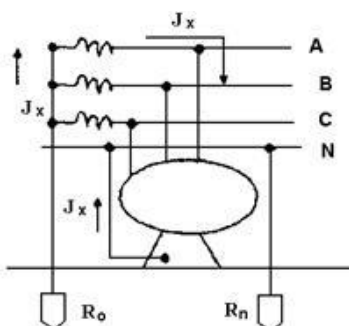


Рисунок 6.12 – Защитное зануление электроустановки

Расчет зануления имеет целью определить условия, при которых оно надежно выполняет возложенные на него задачи — быстро отключает поврежденную установку от сети и в то же время обеспечивает безопасность прикосновения человека к зануленному корпусу в аварийный период. В соответствии с этим защитное зануление рассчитывают на отключающую способность, а также на безопасность прикосновения к корпусу при замыкании фазы на землю (расчет заземления нейтрали) и на корпус (расчет повторного заземления нулевого защитного проводника).

а) Расчет на отключающую способность

При замыкании фазы на зануленный корпус электроустановка автоматически отключится, если значение тока однофазного короткого замыкания (т. е. между фазным и нулевым защитным проводниками) I_k , А, удовлетворяет условию:

$$I_k \geq k \cdot I_{ном} \quad (6.1)$$

где k — коэффициент кратности номинального тока I_n А, плавкой вставки предохранителя или уставки тока срабатывания автоматического выключателя, А. (Номинальным током плавкой вставки называется ток, значение которого указано (выбито) непосредственно на вставке заводом-изготовителем при этом токе плавкая вставка может работать сколь угодно долго, не перегорая и не нагреваясь выше установленной заводом-изготовителем температуры)

Значение коэффициента k принимается в зависимости от типа защиты электроустановки. Если защита осуществляется автоматическим выключате-

лем, имеющим только электромагнитный расцепитель (отсечку), т. е. срабатывающим без выдержки времени, то k принимается в пределах 1,25-1,4.

Если установка защищается плавкими предохранителями, время перегорания которых зависит, как известно, от тока (уменьшается с ростом тока), то в целях ускорения отключения принимают

$$k \geq 3, \quad (6.2)$$

Если установка защищается автоматическим выключателем с обратной зависимой от тока характеристикой, подобной характеристике предохранителей, то также

$$k \geq 3$$

Значение I_k зависит от фазного напряжения сети U_ϕ и сопротивлений цепи, в том числе от полных сопротивлений трансформатора z_T , фазного проводника z_ϕ , нулевого защитного проводника $z_{нз}$, внешнего индуктивного сопротивления петли (контура) фазный проводник — нулевой защитный проводник (петли фаза — нуль) X_π , а также от активных сопротивлений заземлений нейтрали обмоток источника тока (трансформатора) r_0 и повторного заземления нулевого защитного проводника r_π (рис. 1, а).

Поскольку r_0 и r_π , как правило, велики по сравнению с другими сопротивлениями цепи, можно не принимать во внимание параллельную ветвь, образованную ими. Тогда расчетная схема упростится (рис. 1, б), а выражение для тока КЗ I_k , А, в комплексной форме будет

$$I_k = \frac{U_\phi}{\frac{z_T}{3} + z_\phi + z_{нз} + jX_\pi} \quad (6.4)$$

или

$$I_k = \frac{U_\phi}{\frac{z_T}{3} + z_\pi}, \quad (6.5)$$

где U_ϕ — фазное напряжение сети, В;

z_T — комплекс полного сопротивления обмоток трехфазного источника тока (трансформатора), Ом;

z_ϕ — комплекс полного сопротивления фазного провода, Ом;

$z_{нз}$ — комплекс полного сопротивления нулевого защитного проводника, Ом;

R_ϕ и $R_{нз}$ — активные сопротивления фазного и нулевого защитного проводников, Ом;

X_ϕ и $X_{нз}$ — внутренние индуктивные сопротивления фазного и нулевого защитного проводников, Ом;

— комплекс полного сопротивления петли фаза — нуль, Ом.

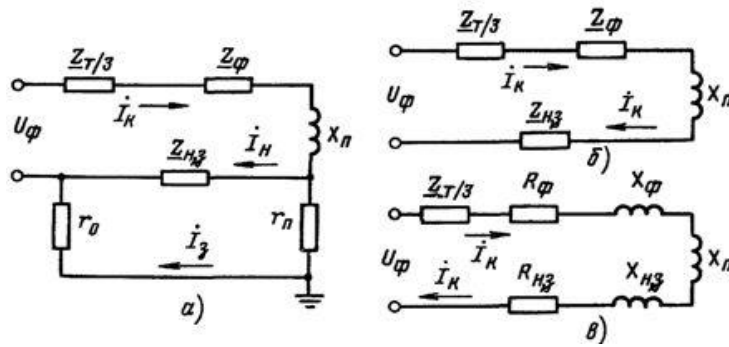


Рисунок 1 – Расчетная схема зануления в сети переменного тока на отключающую способность: а — полная, б, в — упрощенные

При расчете зануления допустимо применять приближенную формулу для вычисления действительного значения (модуля) тока короткого замыкания I_k , в которой модули сопротивлений трансформатора и петли фаза — нуль Z_T и Z_n Ом, складываются арифметически:

$$I_k = \frac{U_\phi}{\frac{Z_T}{3} + Z_n}$$

Некоторая неточность (около 5%) этой формулы ужесточает требования безопасности и поэтому считается допустимой.

Полное сопротивление петли фаза – нуль в действительной форме (модуль) равно, Ом,

$$z_n = \sqrt{(R_\phi + R_{H3})^2 + (X_\phi + X_{H3} + X_n)^2}, \quad (6.6)$$

Расчетная формула имеет следующий вид:

$$k \cdot I_{ном} \leq \frac{U_\phi}{\frac{Z_T}{3} + \sqrt{(R_\phi + R_{H3})^2 + (X_\phi + X_{H3} + X_n)^2}}, \quad (6.7)$$

Здесь неизвестными являются лишь сопротивления нулевого защитного проводника и, которые могут быть определены соответствующими вычислениями по этой же формуле. Однако, эти вычисления обычно не производятся, поскольку сечение нулевого защитного проводника и его материал принимаются заранее из условия, чтобы полная проводимость нулевого защитного проводника была не менее 50% полной проводимости фазного провода, т. е.

$$\frac{1}{z_{H3}} \geq \frac{1}{2 \cdot z_\phi}, \quad (6.8)$$

или

$$z_{H3} \leq 2 \cdot z_\phi, \quad (6.9)$$

Это условие установлено ПУЭ в предположении, что при такой проводимости I_k будет иметь требуемое значение

$$I_k \geq k \cdot I_{ном}, \quad (6.10)$$

В качестве нулевых защитных проводников ПУЭ рекомендуют применять неизолированные или изолированные проводники, а также различные металлические конструкции зданий, подкрановые пути, стальные трубы электропроводок, трубопроводы и т. п. Рекомендуется использовать нулевые рабочие провода

одновременно и как нулевые защитные. При этом нулевые рабочие провода должны обладать достаточной проводимостью (не менее 50% проводимости фазного провода) и не должны иметь предохранителей и выключателей.

Таким образом, расчет зануления на отключающую способность является проверочным расчетом правильности выбора проводимости нулевого защитного проводника, а точнее, достаточности проводимости петли фаза – нуль.

Значение z_T , Ом, зависит от мощности трансформатора, напряжения и схемы соединения его обмоток, а также от конструктивного исполнения трансформатора. При расчетах зануления значение z_T берется из таблиц (например, табл. 6.6).

Значения R_ϕ и $R_{нз}$, Ом, для проводников из цветных металлов (медь, алюминий) определяют по известным данным: сечению s , мм², длине l , м, и материалу проводников ρ . При этом искомое сопротивление

$$R = \frac{\rho \cdot l}{s}, \quad (6.11)$$

где ρ — удельное сопротивление проводника, равное для меди 0,018, а для алюминия 0,028 Ом*мм²/м.

Таблица 6.6 – Приближенные значения расчетных полных сопротивлений z_T , Ом, обмоток масляных трехфазных трансформаторов

Мощность трансформатора, кВ А	Номинальное напряжение обмоток высшего напряжения, кВ	z_T , Ом, при схеме соединения обмоток	
		Y/Y _н	Д/У _н У/ЗН
25	6-10	3,110	0,906
	20-35	1,136	0,407
40	6-10	1,949	0,562
	20-35	0,764	0,327
63	6-10	1,237	0,360
	20-35	0,478	0,203
100	6-10	0,799	0,226
	20-35	0,305	0,130
160	6-10	0,487	0,141
	20-35	0,191	—
250	6-10	0,312	0,090
	20-35	0,121	—
400	6-10	0,195	0,056
	20-35	0,077	0,032
630	6-10	0,129	0,042
	20-35	0,054	0,017
1000	6-10	0,081	0,027
	20-35	0,077	0,032
1600	6-10	0,054	0,017
	20-35	0,051	0,020

Примечание. Данные таблицы относятся к трансформаторам с обмотками низшего напряжения 400/230 В. При низшем напряжении 230/127 В значения сопротивлений, приведенные в таблице, необходимо уменьшить в 3 раза.

Если нулевой защитный проводник стальной, то его активное сопротивление определяется с помощью таблиц, например табл. 6.7, в которой приведены значения сопротивлений 1 км (r_{ω} , Ом/км) различных стальных проводников при разной плотности тока частотой 50 Гц.

Для этого необходимо задаться профилем и сечением проводника, а также знать его длину и ожидаемое значение тока КЗ I_k , который будет проходить по этому проводнику в аварийный период. Сечением проводника задаются из расчета, чтобы плотность тока КЗ в нем была в пределах примерно 0,5-2,0 А/мм².

Таблица 6.7 – Активные r_{ω} и внутренние индуктивные x_{ω} сопротивления стальных проводников при переменном токе (50 Гц), Ом/км

Размеры или диаметр сечения, мм	Сечение, мм ²	r_{ω}	x_{ω}	r_{ω}	x_{ω}	r_{ω}	x_{ω}	r_{ω}	x_{ω}
		при ожидаемой плотности тока в проводнике, А/мм ²							
		0,5		1,0		1,5		2,0	
Полоса прямоугольного сечения									
20 x 4	80	5,24	3,14	4,20	2,52	3,48	2,09	2,97	1,78
30 x 4	120	3,66	2,20	2,91	1,75	2,38	1,43	2,04	1,22
30 x 5	150	3,38	2,03	2,56	1,54	2,08	1,25	—	—
40 x 4	160	2,80	1,68	2,24	1,34	1,81	1,09	1,54	0,92
50 x 4	200	2,28	1,37	1,79	1,07	1,45	0,87	1,24	0,74
50 x 5	250	2,10	1,26	1,60	0,96	1,28	0,77	—	—
60 x 5	300	1,77	1,06	1,34	0,8	1,08	0,65	—	—
Проводник круглого сечения									
5	19,63	17,0	10,2	14,4	8,65	12,4	7,45	10,7	6,4
6	28,27	13,7	8,20	11,2	6,70	9,4	5,65	8,0	4,8
8	50,27	9,60	5,75	7,5	4,50	6,4	3,84	5,3	3,2
10	78,54	7,20	4,32	5,4	3,24	4,2	2,52	—	—
12	113,1	5,60	3,36	4,0	2,40	—	—	—	—
14	150,9	4,55	2,73	3,2	1,92	—	—	—	—
16	201,1	3,72	2,23	2,7	1,60	—	—	—	—

Значения X_{ϕ} и $X_{нз}$ для медных и алюминиевых проводников сравнительно малы (около 0,0156 Ом/км), поэтому ими можно пренебречь. Для стальных проводников внутренние индуктивные сопротивления оказываются достаточно большими, и их определяют с помощью таблиц, например табл. 6.7. В этом случае также необходимо знать профиль и сечение проводника, его длину и ожидаемое значение тока.

Значение X_{π} , Ом, может быть определено по известной из теоретических основ электротехники формуле для индуктивного сопротивления двухпроводной линии с проводами круглого сечения одинакового диаметра d , м,

$$X_{\pi} = \omega \cdot L = \omega \cdot \frac{\mu_r \cdot \mu_0}{\pi} \cdot l \cdot \ln \frac{2 \cdot D}{d}, \quad (6.12)$$

где ω — угловая скорость, рад/с; L — индуктивность линии, Гн; μ_r — относительная магнитная проницаемость среды; $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$ — магнитная постоянная, Гн/м; l — длина линии, м; D — расстояние между проводами линии, м.

Для линии длиной 1 км, проложенной в воздушной среде ($\mu_r = 1$) при частоте тока $f = 50$ Гц ($\omega = 314$ рад/с), формула принимает вид, Ом/км,

$$X_{\pi} = 314 \cdot \frac{4 \cdot \pi \cdot 10^{-7}}{\pi} \cdot 10^3 \cdot \ln \frac{2 \cdot D}{d} = 0,1256 \cdot \ln \frac{2 \cdot D}{d}, \quad (6.13)$$

Из этого уравнения видно, что внешнее индуктивное сопротивление зависит от расстояния между проводами D и их диаметра d . Однако поскольку d изменяется в незначительных пределах, влияние его также незначительно и, следовательно, X_{π} зависит в основном от D (с увеличением расстояния растет сопротивление). Поэтому в целях уменьшения внешнего индуктивного сопротивления петли фаза — нуль нулевые защитные проводники необходимо прокладывать совместно с фазными проводниками или в непосредственной близости от них.

При малых значениях D , соизмеримых с диаметром проводов d , т. е. когда фазный и нулевой проводники расположены в непосредственной близости один от другого, сопротивление X_{π} незначительно (не более 0,1 Ом/км) и им можно пренебречь.

В практических расчетах обычно принимают $X_{\pi} = 0,6$ Ом/км, что соответствует расстоянию между проводами 70 — 100 см (примерно такие расстояния бывают на воздушных линиях электропередачи от нулевого провода до наиболее удаленного фазного).

Пример 6.1. Воздушная линия, питающая ферму, выполнена проводом марки А-35, Нулевой провод имеет то же сечение и ту же марку, что и фазные провода. Расстояние от подстанции до фермы 0,5 км. На подстанции установлен трансформатор ТМ-100 мощностью 100 кВ А. Определить ток однофазного короткого замыкания при замыкании фазного провода сети 380/220 В на корпус электродвигателя вакуумного насоса. сопротивлением в месте короткого замыкания пренебречь.

Решение. Активное сопротивление проводов R_n сечением S_n , равным 35 мм², длиной 1000 м при удельном сопротивлении проводника

$\rho_{np} = 0,028$ Ом*мм²/м тогда сопротивление проводов, составит

$$R_{\pi} = 1000 / 35 \times 0,028 = 0,79 \text{ Ом}$$

Реактивное сопротивление составит 0,6 Ом.

Определим полное сопротивление петли «фаза-нуль» по формуле (6.6)

$$Z_{\pi} = \sqrt{(R_{\Sigma} + R_n)^2 + X_{\pi}^2} = \sqrt{(0,79)^2 + 0,6^2} = 1,06 \text{ Ом}, \quad (6.14)$$

Сопротивление обмотки питающего трансформатора определим по табл. (справочные данные) для трансформатора мощностью 100 кВ А $Z_T = 0,259$ Ом. Ток однофазного короткого замыкания рассчитаем по формуле (6.15)

$$I_{кз} = \frac{U_{\phi}}{\frac{Z_T}{3} + Z_{\phi} + Z_a} = \frac{220}{\frac{0,259}{3} + 1,06} = 191,9 \text{ А} \quad (6.15)$$

Вывод. Ток короткого замыкания равен 192 А.

Пример 6.2. В сети напряжением 380/220 В часть электроустановок заземлена через заземляющее устройство, не имеющее соединения с нулевым проводом, а часть занулена (в нарушение ПУЭ). Сопротивление заземляющего устройства, не соединенного с нулевым проводом R_3 составляет 2 Ом. Общее сопротивление заземляющего устройства на подстанции и повторного заземления R составляет 3 Ом. Сопротивление обмотки питающего трансформатора ($Z_T/3$) типа ТМ-100 равно 0,358 Ом. Полное сопротивление фазного провода составляет 0,5 Ом. Переходным сопротивлением в месте замыкания пренебречь. Определить напряжение между корпусами зануленных электроустановок и землей.

Решение. Ток замыкания на землю рассчитаем по формуле:

$$I_{кз} = \frac{U_{\phi}}{\frac{Z_T}{3} + Z_{\phi} + Z_a} = \frac{220}{0,358 + 0,5 + 2 + 3} = 37,5 \text{ А}$$

Напряжение на заземляющем устройстве при таком токе будет составлять $U_3 = I_{кз} \cdot R = 37,5 \cdot 3 = 112 \text{ В}$

Вывод. Если пренебречь сопротивлением пола и обуви, то человек окажется под напряжением 112В, что представляет опасность для жизни.

Практическая работа 7

Оформление наряда-допуска в электроустановках до 1000 В

Цель работы: Научится оформлять бланк наряда-допуска в электроустановках до 1000В и свыше 1000 В.

Оборудование: Схема РУ-0,4кВ, бланки, методические указания, ПБ.

Порядок выполнения работы:

1. Ознакомится с указаниями по заполнению наряда-допуска для работ в электроустановках до 1000В.
2. Заполнить согласно схемы бланк наряда-допуска.
3. Ответить на контрольные вопросы.

Краткие теоретические сведения

В электроустановках напряжением до 1кВ при работе под напряжением необходимо:

- оградить расположенные вблизи рабочего места, другие токоведущие части, находящиеся под напряжением, к которым возможно случайное прикосновение;
- работать в диэлектрических галошах или стоя на изолирующей подставке, либо на резиновом диэлектрическом коврике;
- применять изолированный инструмент (у отверток, кроме того, должен быть изолирован стержень), пользоваться диэлектрическими перчатками.

Не допускается работать в электроустановках:

- в одежде с короткими или засученными рукавами, а также использовать ножовки, напильники, металлические метры;
- в согнутом положении, если при выпрямлении расстояния до токоведущих частей будет менее расстояния, указанного в таблице 6.6;
- около не огражденных токоведущих частей располагаться так, чтобы эти части находились сзади работника или с двух боковых сторон;
- прикасаться без применения электрозащитных средств к изоляторам, изолирующим частям оборудования, находящегося под напряжением;
- в неосвещенных местах.

Персоналу и студентам-практикантам следует помнить, что после исчезновения напряжения на электропроводке оно может быть подано вновь без предупреждения.

Не допускаются работы в неосвещенных местах. Освещенность участков работ, рабочих мест, проездов и подходов к ним должна быть равномерной, без слепящего действия осветительных устройств на работающий персонал (студентов).

При приближении грозы должны быть прекращены все работы на воздушных линиях электропередач, открытых распределительных устройствах.

Контрольные вопросы:

1. Кто имеет право выдавать наряд в установках до 1 кВ?
2. Кто может быть ответственным руководителем работ?
3. Кто может быть допускающим в установках до 1 кВ?
4. Когда назначается наблюдающий, его группа?
5. За что отвечает допускающий?
6. За что отвечает производитель работ?
7. За что отвечает член бригады?
8. Какие совмещаемые обязанности может выполнять выдающий наряд?
9. Какие совмещаемые обязанности может выполнять ответственный руководитель работ?
10. Какие совмещаемые обязанности может выполнять производитель работ из числа оперативного персонала?
11. Каков порядок регистрации и хранения нарядов-допусков?

12. Каков порядок заземления установок для работы по наряду-допуску?
Литература: ПБ. Стр. 159 – 163, 25 – 45.

Оформление наряда-допуска в электроустановках выше 1000В

Цель работы: Научится оформлять бланк наряда-допуска в электроустановках выше 1000В.

Оборудование: Схема РУ-6-10кВ, бланки, методические указания, ПБ.

Порядок выполнения работы:

1. Ознакомится с указаниями по заполнению наряда-допуска для работ в электроустановках выше 1000В.
2. Заполнить согласно схемы бланк наряда-допуска.
3. Ответить на контрольные вопросы.

Краткие теоретические сведения:

Работы в электроустановках по нарядам-допускам и распоряжениям учитываются в журнале по приведенной ниже форме.

При работах по нарядам в журнале оформляется только первичный допуск к работам, и указываются номер наряда, место и наименование работы, дата и время начала и полного окончания работы (графы 2, 3, 9 и 10); при работах по распоряжению оформляют все графы журнала, за исключением графы 2 (номер наряда).

Форма журнала может быть дополнена или видоизменена. Допускается учет работ по нарядам и распоряжениям вести иным образом, установленным руководителем организации, при сохранении сведений, содержащихся в графах формы журнала. Независимо от принятого порядка учета работ по нарядам и распоряжениям, факт допуска к работе регистрируется записью в оперативном журнале.

При выполнении работ по наряду в оперативном журнале производится запись, как о первичном, так и о ежедневных допусках к работе.

При работах по распоряжению в графе 8 Журнала учета работ по нарядам и распоряжениям проведение целевых инструктажей регистрируется подписями работников, проводивших целевые инструктажи, и работников, их получивших. Если инструктаж проводится с использованием средств связи, проведение и получение инструктажа фиксируется в двух «Журналах учета работ по нарядам и распоряжениям» - в журнале работника, отдавшего распоряжение, и в журнале работников, получивших инструктаж, с подтверждающими подписями в обоих журналах.

Журнал учета работ по нарядам и распоряжениям должен быть пронумерован, прошнурован и скреплен печатью организации. Срок хранения журнала - один месяц со дня регистрации в графе 10 полного окончания работы по последнему, зарегистрированному в журнале наряду или распоряжению.

Контрольные вопросы:

1. Кто имеет право выдавать наряд в установках свыше 1 кВ?
 2. Кто может быть ответственным руководителем работ?
 3. Кто может быть допускающим в установках свыше 1 кВ?
 4. Когда назначается наблюдающий, его группа?
 5. За что отвечает допускающий?
 6. За что отвечает производитель работ?
 7. За что отвечает член бригады?
 8. Какие совмещаемые обязанности может выполнять выдающий наряд?
 9. Какие совмещаемые обязанности может выполнять ответственный руководитель работ?
 10. Какие совмещаемые обязанности может выполнять производитель работ из числа оперативного персонала?
 11. Каков порядок регистрации и хранения нарядов-допусков?
 12. Каков порядок заземления установок для работы по наряду-допуску?
- Литература: ПБ. Стр. 159 – 163, 25 – 45.

Практическая работа 8 Изучение схем защитного отключения

Цель работы: Изучить назначение и схемы устройств защитного отключения.

Оборудование: УЗО типа М304-4, 40А, 30мА, трёхфазное, паспорт, методические указания.

Порядок выполнения работы:

1. Ознакомится с теоретическими сведениями.
2. Начертить схемы:
 - 1) дифференциальный трансформатор тока;
 - 2) принцип действия УЗО.
 - 3) схема стенда по проверке УЗО
3. Провести на стенде испытание УЗО, сделать вывод о соответствии тока срабатывания.
4. Ответить на контрольные вопросы.

Краткие теоретические сведения

Принцип действия УЗО

Функционально УЗО можно определить, как быстродействующий защитный выключатель, реагирующий на дифференциальный ток в проводниках, подводящих электроэнергию к защищаемой электроустановке.

Принцип действия УЗО дифференциального типа основан на применении электромагнитного векторного сумматора токов – дифференциального трансформатора тока. Сравнение текущих значений двух и более (в четырехполюсных УЗО - 4-х токов) по амплитуде и фазе наиболее эффективно, т.е. с минимальной погрешностью, осуществляется электромагнитным путем с помощью дифференциального трансформатора тока.

Суммарный магнитный поток в сердечнике - Φ_{Σ} пропорциональный разности токов в проводниках, являющихся первичными обмотками трансформатора, i_L и i_N , наводит во вторичной обмотке трансформатора тока соответствующую эдс, под действием которой в цепи вторичной обмотки протекает ток $i_{\Deltaвт}$, также пропорциональный разности первичных токов.

Следует отметить, что к магнитному сердечнику трансформатора тока электромеханического УЗО предъявляются чрезвычайно высокие требования по качеству - высокая чувствительность, линейность характеристики намагничивания, температура и временная стабильность и т.д.

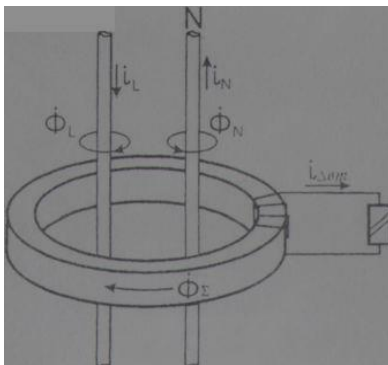


Рисунок 8.1 – Дифференциальный трансформатор тока

По этой причине для изготовления сердечников трансформаторов тока, применяемых при производстве УЗО, используется специальное высококачественное аморфное (некристаллическое) железо.

Основные функциональные блоки УЗО представлены на рис. 8.2.

Важнейшим функциональным блоком УЗО является дифференциальный трансформатор тока 1.

В абсолютном большинстве УЗО, производимых и эксплуатируемых в настоящее время во всем мире, в качестве датчика дифференциального тока используется именно трансформатор тока.

В литературе по вопросам конструирования и применения УЗО этот трансформатор иногда называют трансформатором тока нулевой последовательности – ТТНП, хотя понятие «нулевая последовательность» применимо только к трехфазным цепям и используется при расчетах несимметричных режимов многофазных цепей.

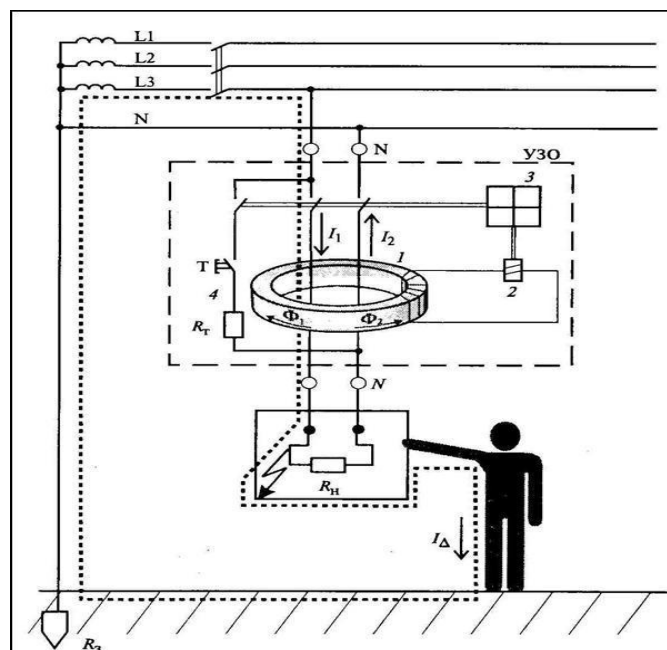


Рисунок 8.2 – Принцип действия УЗО

Пусковой орган (пороговый элемент) 2 выполняется, как правило, на чувствительных магнитоэлектрических реле прямого действия или электронных компонентах.

Исполнительный механизм 3 включает в себя силовую контактную группу с механизмом привода. В нормальном режиме при отсутствии дифференциального тока - тока утечки, в силовой цепи по проводникам, проходящим сквозь окно магнитопровода трансформатора тока 1, протекает рабочий ток нагрузки. Проводники, проходящие сквозь окно магнитопровода, образуют встречно включенные первичные обмотки дифференциального трансформатора тока.

Если обозначить ток, протекающий по направлению к нагрузке как I_1 от нагрузки как I_2 , то можно записать равенство:

$$I_1 = I_2.$$

Равные токи во встречно включенных обмотках наводят в магнитном сердечнике трансформатора тока равные, но векторно встречно направленные магнитные потоки Φ_1 и Φ_2

Результирующий магнитный поток равен нулю, ток во вторичной обмотке дифференциального трансформатора так же равен нулю. Пусковой орган 2 находится в этом случае в состоянии покоя.

При прикосновении человека к открытым токопроводящим частям или к корпусу электроприемника, на который произошел пробой изоляции, по фазному проводнику через УЗО кроме тока нагрузки I , протекает дополнительный ток-ток утечки (I_{Δ}), являющийся для трансформатора тока дифференциальным (разностным).

Неравенство токов в первичных обмотках ($I_1 + I_{\Delta}$ в фазном проводнике и I_2 , равный I_0 в нулевом рабочем проводнике) вызывает небаланс магнитных потоков и, как следствие, возникновение во вторичной обмотке трансформиро-

ванного дифференциального тока. Если этот ток превышает значение уставки порогового элемента пускового органа 2. последний срабатывает и воздействует на исполнительный механизм 3.

Исполнительный механизм, обычно состоящий из пружинного привода, спускового механизма и группы силовых контактов, размыкает электрическую цепь. В результате защищаемая УЗО электроустановка обесточивается. Для осуществления периодического контроля исправности (работоспособности) УЗО предусмотрена цепь тестирования 4. При нажатии кнопки «Тест» искусственно создается отключающий дифференциальный ток. Срабатывание УЗО означает, что оно в целом исправно.

ВИДЫ УЗО

По техническому исполнению существуют следующие виды УЗО

1. По назначению

- УЗО без встроенной защиты от сверх токов
- УЗО со встроенной защитой от сверх токов

2. По способу управления

- УЗО функционально независимое от напряжения
- УЗО функционально зависящее от напряжения

УЗО функционально зависящее от напряжения в свою очередь подразделяются:

- на устройства автоматически размыкающие силовые контакты при исчезновении напряжения с выдержкой времени или без нее. При восстановлении напряжения одни модели и их устройства автоматически повторно замыкают контакты в главной цепи, другие остаются в отключенном состоянии;

- на устройства не размыкающие силовые контакты при исчезновении напряжения. Имеются также два варианта исполнения устройств этой группы. В одном варианте при исчезновении напряжения устройство размыкает свои контакты, но сохраняет способность разомкнуть цепь при возникновении дифференциального тока. Во втором варианте, при отсутствии напряжения устройства не способны произвести отключение при возникновении дифференциального тока.

3 По способу установки

- УЗО, применяемые для стационарной установки при неподвижной электропроводке;
- УЗО, применяемые для подвижной установки (переносного типа) и шнурового присоединения.

4. По числу полюсов

- двухполюсные с двумя защищенными полюсами;
- четырёхполюсные с четырьмя защищенными полюсами

5. По условиям регулирования отключающего дифференциального тока:

- УЗО с одним значением номинального отключающего дифференциального тока;
- УЗО с несколькими фиксированными значениями отключающего дифференциального тока.

6. По условиям функционирования при наличии составляющей постоянного тока:

- УЗО типа АС, реагирующие на синусоидальный переменный дифференциальный ток, медленно нарастающий, либо возникающий скачком;
- УЗО типа А, реагирующие как на синусоидальный переменный дифференциальный ток, так и на пульсирующий постоянный дифференциальный ток, медленно нарастающие, либо возникающие скачком.

7. По наличию задержки по времени:

- УЗО без выдержки времени - тип общего применения:

- УЗО с выдержкой времени - тип S (селективный).

8. По способу защиты от внешних воздействий:

- УЗО защищенного исполнения, не требующие для своей эксплуатации защитной оболочки;

- УЗО незащищенного исполнения, для эксплуатации которых необходима защитная оболочка

9. По способу монтажа:

- УЗО поверхностного монтажа;
- УЗО утопленного монтажа;
- УЗО панельно-щитового монтажа.

10. По характеристике мгновенного расцепления (для УЗО со встроенной защитой от сверхтоков):

- ✓ типа В;
- ✓ типа С;
- ✓ типа D.

Принципиальное значение при рассмотрении конструкции УЗО имеет разделение устройств по способу технической реализации на следующие два типа:

УЗО, функционально не зависящие от напряжения питания (электрохимические).

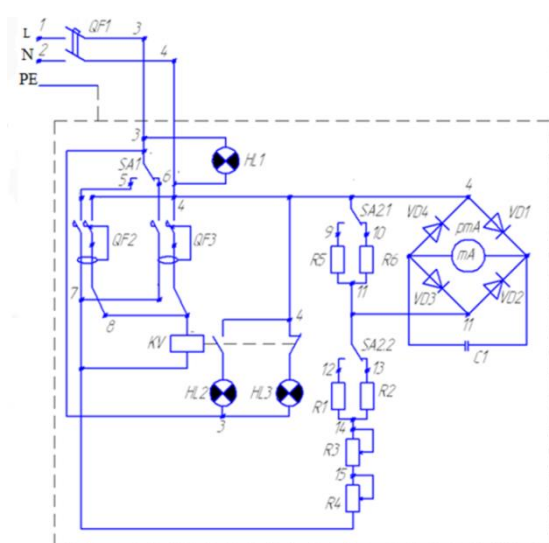


Рисунок 8.3 – Схема стенда по проверке УЗО

Проверить работоспособность УЗО можно 4 наиболее известными способами:

С помощью кнопки ТЕСТ

- Проверка батарейкой
- С помощью лампочки накаливания
- Проверка тестером

Наиболее популярны первые два способа, требующие меньших усилий и подручных средств.

1. Чтобы проверить устройство защитного отключения достаточно нажать кнопку «Тест» (этой кнопкой снабжены все эти аппараты). При нажатии внутри схемы подключается сопротивление, имитирующее ток утечки. При этом исправное устройство отключает цепь нагрузки.

2. Взять обычную пальчиковую батарейку и подсоединить к ней два заранее заготовленных провода, желателен разного цвета. Взвести рычаг устройства и коснуться свободными концами проводов обеих клемм любого из полюсов (можно как фазного, так и нейтрального). Затем поменять полярность. Исправное УЗО должно сработать при подключении хотя бы одной полярности (УЗО типа А должно сработать при любой полярности, типа АС – только при одной).

Важный момент: батарейкой можно проверить электромеханическое УЗО, электронное не работает ни в какой полярности, поскольку для его работы нужно специально подавать питание.

Практическая работа 9

Изучение оперативной технической документации электрических подстанций

Цель работы: закрепить знания путем практического изучения основных видов оперативно-технической документации электрической подстанции.

Оборудование и приборы: Мультимедийный проектор, электронные материалы.

Краткие теоретические сведения

Оперативный журнал предназначен для записи в хронологическом порядке результатов деятельности оперативного персонала при обслуживании подстанции. В данном журнале оформляется прием-сдача смены, сведения об отклонениях от нормальной схемы электроснабжения. В оперативный журнал вносятся записи о поданных заявках на работы, приказах, уведомлениях, записи о выдаче ключей от распределительных устройств, ведется учет установленных переносных заземлений по номерам, все записи о работах, выполняемых по наряду-допуску, распоряжению и перечню работ, выполняемых в порядке текущей эксплуатации.

В Книге произведенных работ вносятся записи о всех произведенных на подстанции работах с учетом трудовых затрат по видам работ и подсчетом итоговых трудовых затрат в человеко-часах.

Книга осмотров и неисправностей заполняется ежедневно по итогам осмотров без приближения к токоведущим частям. Обнаруженные при осмотрах неисправности вносятся в соответствующую графу с обязательной отметкой об устранении в короткие сроки.

В Журнал учета работ по нарядам и распоряжениям вносят краткие записи о работах, производимым по наряду-допуску, а также подробно записывают текст распоряжения на работу.

Примеры заполнения оперативно-технической документации приведены в Приложении 1.2.1.

Исходные данные Образцы оперативно-технической документации электрической подстанции (задаются преподавателем).

Порядок выполнения работы:

1. Записать исходные данные.
2. Перечислить основные виды оперативно-технической документации, используемой на электрических подстанциях.
3. Рассмотреть и внести записи в заданный преподавателем вид оперативно-технической документации.

Контрольные вопросы:

1. Укажите назначение оперативного журнала.
2. Укажите назначение Книги произведенных работ.
3. Укажите назначение Книги осмотров и неисправностей
4. Укажите назначение Журнала учета работ по нарядам и распоряжениям.

Таблица 9.1 – Оперативный журнал

№ по порядку записей в журнале энерго-диспетчера	Дата	Время (часы, мин.)	Кому или от кого	Содержание приказа, уведомления или заявки	Кто передал (фамилия)	Кто принял (фамилия)	Утверждено (часы, мин)	Отметка об исполнении
735	23.01	08-00	ЭЦЦ-3	Дежурство сдала	Иванова			
				Дежурство приняла	Петрова			
	23.01	08-00	ЭЧЭ-1	Дежурство сдала	Кравцова			
				Дежурство приняла	Сидорова			
	23.01	09-30	ЭЧЭ-1	В порядке текущей эксплуатации произведен осмотр оборудования подстанции, замечаний нет	Иванова			

Таблица 9.2 – Книга произведенных работ

Дата и время	Место работы	№ наряда или распоряжения, содержание работ, численный состав бригады с указанием фамилий и подписи	Выполнение (физический объем)	ППР	Надежность и кап. ремонт	Обеспечение ПЧ, ПМС и других организаций	Новые работы по приказам ЭЧ.Э	Устранение повреждений объектов	Дежурство по ЭЧК, ЭКС, ЭЧЭ	Подъезд к месту работы	Прочие работы	Всего
23.03.13 20-15	ЭЧЭ-1	Текущий ремонт выключателей на вводе трансформатора Т-1	1 шт.	6,82								6,82

Таблица 9.3 – Книга осмотров и неисправностей

Дата и время	Место обнаружения неисправностей	Описание обнаруженной неисправности, отметка о необходимости выдачи предупреждения и краткое описание выполняемых работ	Подпись лица обнаружившего неисправность	Дата и время устранения неисправностей	Подпись руководителя работ	Примечание
23.01.14 08-15	ЭЧЭ	Осмотр оборудования, замечаний нет	Эл. Механик Иванов			-
23.01.14 20-15	ЭЧЭ	Осмотр оборудования. Обнаружено подгорание контактов разъединителя Р1 фидера РП1	Эл. Механик Сидоров	24.01.14 Внеплановый ремонт Р1, устранено (проверяют при всех проверках)	Эл. Механик по ремонту Никифоров	-

Таблица 9.4 – Журнал учёта работ по нарядам и распоряжениям

№ распоряжения	№ наряда	Место и наименование работы	Продолжительность работ, наблюдающих. (Фамилия инициалы, группа по эл. безопасности)	Члены бригады, (Фамилия инициалы, группа по эл. безопасности)	Работник, отдавший распоряжение (Фамилия инициалы, группа по эл. безопасности)	Технические мероприятия по обеспечению безопасности работ с указанием необходимых отключений	Краткое содержание целевого инструктажа, подписи работников проводивших и проводивших целевые инструктажи	К работе приступили: дата, время	Работа закончена: дата, время
Р-1	-	РУ до 1000В, тек. ремонт	Афанасьев П.П., 5 гр.	Яковлев Р.Н., 4 гр.	Александров А.П., 5 гр.	Снять предохранители 220В, Вывесить КПБ Бригада в спец. костюмах	Соблюдать ПТБ. Инструктаж выдал: Александров. Инструктаж получил: Афанасьев. Инструктаж выдал: Афанасьев. Инструктаж получил: Яковлев	23.01.14 13-20	23.01.14 15-45

Практическая работа 10

Изучение технической документации электрических подстанций

Цель работы: изучить основные виды технической документации, применяемой на электрической подстанции.

Оборудование и приборы: Мультимедийный проектор, электронные материалы.

Краткие теоретические сведения

К основным видам технической документации электрических подстанций можно отнести следующие документы:

1. Схема внешнего электроснабжения электрической подстанции.
2. Однолинейная схема электрической подстанции.
3. Схемы вторичной коммутации всех присоединений и релейных защит.

4. Технический паспорт подстанции.
5. Технические паспорта всех видов оборудования электрической подстанции.
6. Перечень опасных мест и технологические карты для работы в этих местах.
7. Журнал учета, содержания и испытания средств защиты.
8. Перечень аварийно-восстановительного запаса с указанием места его хранения.
9. Правила и инструкции по технике безопасности и охране труда.
10. Акты разграничений с энергоснабжающими организациями.
11. Паспорт на контур заземления.
12. Кабельный журнал электроустановки.
13. Схемы трасс кабельных линий, проложенных на территории электрической подстанции.
14. Протоколы испытания оборудования, кабелей, защитных средств и монтажных приспособлений.

Исходные данные: Образцы технической документации электрической подстанции – технические паспорта оборудования электрической подстанции (задаются преподавателем).

Порядок выполнения работы

1. Перечислить основные виды технической документации, используемой на электрических подстанциях.
2. Рассмотреть заданный преподавателем вид технической документации, дать его подробное описание с целью получения навыка работы с технической документацией в следующем порядке:
 - 2.1. Расшифровать буквенно-цифровое наименование заданного типа оборудования.
 - 2.2. Назначение оборудования.
 - 2.3. Выписать технические параметры заданного типа оборудования:
 - 2.4. Особенности конструкции оборудования.

Контрольные вопросы.

1. Перечислите основные виды технической документации электрической подстанции.
2. Какие основные технические параметры содержит технический паспорт (техническое описание) оборудования электрической подстанции?

Практическая работа 11

Изучение мер безопасности при выполнении наладки электрооборудования

Цель занятия: изучить правила безопасности при наладках и испытаниях электрооборудования;

Оборудование и приборы: Мультимедийный проектор, электронные материалы.

Порядок выполнения работы:

1. Ознакомится с указаниями по проведению испытаний в установках до 1000В и выше.
2. Заполнить согласно схемы бланк наряда-допуска.
3. Ответить на контрольные вопросы.

Краткие теоретические сведения

К наладке и испытаниям электрооборудования допускается специально подготовленный персонал, прошедший дополнительную проверку при сдаче на группу допуска по электробезопасности и имеющий соответствующую отметку в удостоверении на право самостоятельной работы в электроустановках. В связи с повышенной опасностью к наладочным работам допускается не только хорошо обученный персонал, но и обладающий высокой производственной дисциплиной.

Все наладочные работы в действующих электроустановках выполняются только по наряду не менее чем двумя лицами, одно из которых имеет IV или V группу по электробезопасности, второе - не ниже III.

Помещение, в котором будут проводиться пусконаладочные работы, освобождается от посторонних предметов. Вращающиеся и токоведущие части машин ограждают и защищают от случайного прикосновения. Во время работы включают общее и местное освещение, для осмотра используют переносные лампы и фонари.

Перед агрегатами и движущимися механизмами, на панелях управления, над столом с измерительными приборами вывешиваются предупредительные плакаты «Стой! Опасно для жизни», «Работать здесь» и другие.

Пуск электрических машин производится после предварительного согласования с электромонтажным персоналом и механиками. В обязательном порядке проверяется присоединение корпуса к РЕ-проводнику. Во время работы с приборами, получающими питание от сети напряжением более 50В, для изоляции наладчика используется изоляционная решетка или диэлектрический коврик.

Обувь, одежда и руки наладчика должны быть сухими. Одежду одевают с длинными рукавами, женщины носят брюки и чулки.

Измерительную аппаратуру располагают на деревянном столе, покрытом изоляцией - гетинаксом или электрокартоном, реостаты и другие регулирующие устройства закрепляют, а в необходимых случаях ограждают. Высоковольтные установки ограждают, оснащают блокировкой, вывешивают плакат «Испытание. Опасно для жизни». В помещении устанавливается общий коммутационный аппарат, перед электроустановкой укладываются резиновые диэлектрические коврики, не токоведущие части электроустановок присоединяют к РЕ-проводнику.

При эксплуатации электроустановок испытания электрооборудования обычно проводят бригады в составе не менее двух человек, из которых один имеет квалификационную группу по электробезопасности не ниже IV, а второй не ниже III. Массовые испытания изоляционных материалов и изделий (средств

защиты, отдельных деталей), проводимых на специально оборудованных установках с ограждением и блокировкой, может выполнять лицо с группой по электробезопасности не ниже III согласно перечню, в порядке текущей эксплуатации.

Профилактические испытания электрооборудования промышленных и сельскохозяйственных предприятий могут проводить работники:

- энергослужбы;
- специальных лабораторий, состоящих в штатах пусконаладочных организаций;
- районных и городских электрических сетей.

Если испытания проходят на нескольких производственных объектах или их длительность превышает 1 час, необходим наряд. Испытания в электроустановках напряжением выше 1кВ проводятся только по наряду. Кратковременные испытания, измерение сопротивления заземляющих проводников и испытания снятых с объектов аппаратов осуществляются по распоряжению. По распоряжению могут проводиться испытания отсоединенных от питающих кабелей электродвигателей. Испытания электрооборудования, проводимые без наряда, вносятся в перечень работ, выполняемых в хозяйстве по распоряжению или в порядке текущей эксплуатации.

Проводить испытания и оформлять их результаты в виде протоколов энергослужба предприятия или хозяйства может только с разрешения инспекции Ростехнадзора. Во всех случаях во время испытаний персонал выполняет все организационные и технические мероприятия, обеспечивающие безопасность работ.

Сборку испытательной цепи проводит персонал бригады, проводящей испытания. Место испытания ограждается, вывешивается плакат «Испытания! Опасно для жизни» или задействуется световое табло. Присоединение к РЕ-проводнику должно быть выполнено медным проводом сечением не менее 4мм² и проверено. Испытательную установку подключают к электрической сети 380/220В через коммутационный аппарат с видимым разрывом. Если соединительные провода испытательной установки расположены вне помещения, то выставляется охрана.

Перед подачей напряжения производитель работ проверяет, все ли члены бригады находятся на указанных местах, а посторонние лица выведены из помещения, предупреждает бригаду о подаче напряжения, а затем подается испытательное напряжение. С момента подачи напряжения, производить какие-либо соединения в испытательной схеме и на оборудовании *запрещается*. После окончания испытаний напряжение снижается до нуля, установка отключается, заземляется, об этом сообщается бригаде. Только после этого можно отключить провода и снять ограждение.

Контрольные вопросы

1. Какой персонал допускается наладке и испытаниям электрооборудования специально подготовленный?
2. Какую проверку должен пройти работник при сдаче на группу допуска по электробезопасности?
3. Какую отметку в удостоверении на право самостоятельной работы в электроустановках должен иметь работник?
4. Какой состав бригады и какие квалификационные группы по электробезопасности должны иметь работники?
5. Какие плакаты вывешиваются при наладке и испытаниях электроустановок?

Практическая работа 12

Оказание первой помощи пострадавшим, от действия электрического тока

Цель занятия:

- изучить основные признаки нарушения жизненно важных функций человека, общие принципы и приёмы оказания первой помощи;
- уметь освобождать проходимость верхних дыхательных путей и выполнять искусственное дыхание, а также закрытый массаж сердца.

Краткие теоретические сведения

Первая помощь пострадавшему от электрического тока - это комплекс мероприятий, направленных на восстановление или сохранение жизни и здоровья работнику, осуществляемых персоналом организации (взаимопомощь) или самим пострадавшим (самопомощь). Одним из важнейших положений оказания первой помощи является ее срочность: чем быстрее она оказана, тем больше надежды на благоприятный исход. Поэтому такую помощь современно может оказать тот, кто находится рядом с пострадавшим.

Основными условиями при оказании первой помощи пострадавшим от электрического тока и при других несчастных случаях являются спокойствие, находчивость, быстрота действий, знания и умение спасателя, оказывающего помощь. Эти качества воспитываются и могут быть выработаны в процессе учёбы и специальной подготовки, которая должна проводиться наряду с профессиональным обучением. Каждый работник должен уметь оказать помощь так же квалифицировано, как выполнять свои профессиональные обязанности.

Работник (студент), оказывающий первую помощь должен знать:

- основные признаки нарушения жизненно важных функций человека;
- общие принципы первой помощи и её приёмы применительно к характеру полученного пострадавшим повреждения;
- основные способы переноски и эвакуации пострадавших.

Спасатель, оказывающий первую помощь должен уметь:

- оценивать состояние пострадавшего от электрического тока и определять, в какой помощи в первую очередь он нуждается;

- обеспечивать свободную проходимость верхних дыхательных путей;
- выполнять искусственное дыхание «изо рта в рот» (изо рта в нос) и закрытый массаж сердца и оценивать их эффективность;
- использовать подручные средства при переноске, погрузке и транспортировке пострадавших;
- определять целесообразность вывоза пострадавшего машиной скорой помощи или попутным транспортом;
- пользоваться аптечкой первой медицинской помощи.

Последовательность оказания первой помощи

При оказании первой помощи пострадавшему от воздействия электрического тока необходимо:

- остановить воздействие на организм повреждающих факторов, угрожающих здоровью и жизни, т.е. освободить пострадавшего от действия электрического тока;
- оценить состояние человека;
- определить характер и тяжесть электротравмы, а также последовательность мероприятий по его спасению;
- выполнить необходимые мероприятия по спасению пострадавшего в порядке срочности (восстановить проходимость дыхательных путей, провести искусственное дыхание, наружный массаж сердца);
- поддерживать основные жизненные функции пострадавшего до прибытия медицинского работника;
- вызвать врача либо принять меры для транспортировки пострадавшего в ближайшее лечебное учреждение.

Спасение пострадавшего от действия электрического тока в большинстве случаев зависит от быстроты освобождения его от воздействия тока, а также от быстроты и правильности оказания ему первой помощи. Промедление при оказании помощи может повлечь за собой гибель пострадавшего.

При поражении электрическим током смерть часто бывает клинической («мнимой»), поэтому никогда не следует отказываться от оказания помощи пострадавшему и считать его мёртвым из-за отсутствия дыхания, сердцебиения, пульса. Прекратить реанимационные мероприятия и вынести заключения о смерти пострадавшего имеет право только врач.

Весь персонал факультета и студенты должны периодически проходить инструктаж по оказанию первой медицинской помощи, а также пройти обучение на тренажерах приёмам освобождения от электрического тока и выполнения реанимационных мероприятий. Занятия должны проводить инженер по технике безопасности, или преподаватель факультета, прошедшие специальную подготовку и имеющие право обучать персонал и студентов университета оказанию первой помощи.

Освобождение работника от действия электрического тока

При поражении работника электрическим током необходимо как можно скорее освободить его от поражающего действия тока, так как от продолжительности этого действия зависит тяжесть электротравмы.

Прикосновение к токоведущим частям, находящимся под напряжением, вызывает непроизвольное судорожное сокращение мышц, которое может привести полному прекращению деятельности органов дыхания и кровообращения. Пострадавший, как правило, держит провод руками и его пальцы, сжимаются так сильно, что высвободить провод из рук становится невозможным. Поэтому первым действием работника, оказывающего помощь должно быть отключение той части электроустановки, которой касается пострадавший. Отключение электрооборудования производится с помощью выключателей, рубильника или другого отключающего аппарата, а также путём снятия или вывёртывания предохранителей (пробок), разъёма штепсельного соединения (рисунок 12.2, а).

Если пострадавший находится на высоте, главная задача - как можно быстрее спустить пострадавшего с высоты, чтобы приступить к оказанию помощи в более удобных и безопасных условиях (на земле, на площадке). *Нельзя тратить время на оказание первой помощи на высоте!*

При отключении электроустановки может одновременно погаснуть электрический свет. В связи с этим при отсутствии дневного освещения необходимо позаботиться об освещении от другого источника (включить аварийное освещение, аккумуляторные фонари и т.п.).

Если отключить электроустановку быстро нельзя, необходимо принять другие меры к освобождению пострадавшего от действия электрического тока. Не допустимо прикасаться к пострадавшему без средств защиты. Спасатель должен следить и за тем, чтобы самому не оказаться в контакте с токоведущей частью или под напряжением шага.

Для освобождения пострадавшего от токоведущих частей спасателю можно пользоваться канатом, палкой, доской или каким-либо другим сухим предметом, не проводящим электрический ток. Можно оттянуть его за одежду (если она сухая), например, за воротник, избегая при этом прикосновения к окружающим металлическим предметам и частям тела пострадавшего, не прикрытого одеждой (рисунок 12.1, б).

Если оттаскивать пострадавшего за ноги, спасатель не должен касаться его обуви или одежды без хорошей изоляции своих рук, так как обувь и одежда могут быть сырыми и являться проводниками электрического тока.

Для изоляции рук спасатель, при необходимости, может применять диэлектрические перчатки или обмотать руку шарфом, натянуть на руку рукав пиджака, накинуть на пострадавшего простую сухую материю. Можно также изолировать себя, встав на резиновый коврик, сухую доску или свёрток одежды и т.п.

При отделении пострадавшего от токоведущих частей рекомендуется действовать одной рукой, держа вторую в кармане или за спиной, чтобы не образовать дополнительную электрическую цепь через себя.

Если электрический ток проходит в землю через пострадавшего, и он сжимает в руке провод, проще прервать ток, отделив пострадавшего от земли, соблюдая при этом меры предосторожности как по отношению к самому себе, так и по отношению к пострадавшему. Можно также перекусить электропроводку инструментом с изолированными рукоятками (кусачками, пассатижами и т. п.). Перекусывать провода электрической сети необходимо поочередно, стоя по возможности на сухих досках, деревянной лестнице и т. п. Можно воспользоваться и неизолированным инструментом, обернув его рукоятку сухой материей.

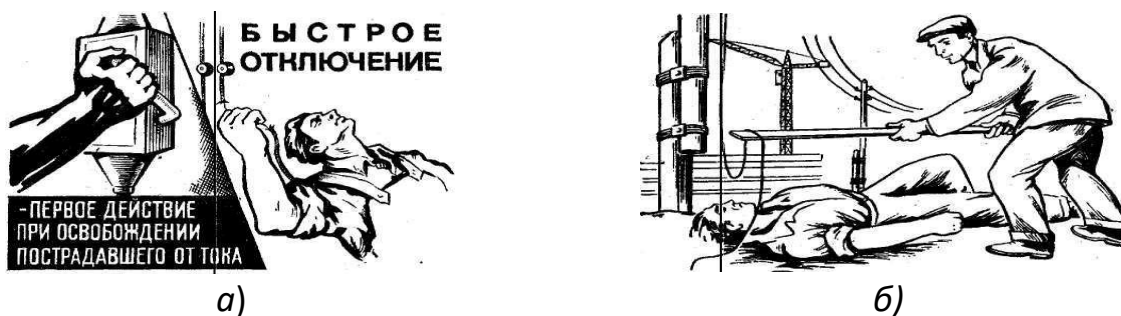


Рисунок 12.1 – Освобождение пострадавшего от действия электротока:
 а) – путем отключения электроустановки; б) – отбрасыванием провода доской

Для отделения пострадавшего от токоведущих частей, находящихся под напряжением выше 1кВ, следует надеть диэлектрические перчатки и боты и действовать штангой или изолирующими клещами (рисунок 12.2).

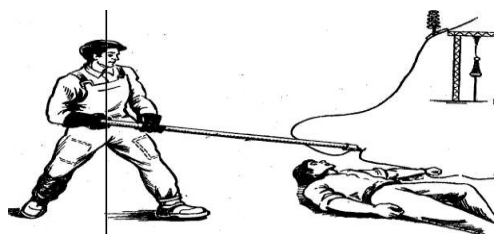


Рисунок 12.2 – Освобождение пострадавшего от действия электротока отбрасыванием провода изолирующей штангой

Замкнуть провода воздушной линии электропередачи накоротко можно методом «наброса» неизолированного провода, согласно специальной инструкции.

Провод должен иметь достаточное сечение, чтобы он не перегорел при прохождении через него тока короткого замыкания. Перед тем как произвести наброс, один конец провода надо надёжно заземлить (присоединить его к телу металлической опоры, заземляющему спуску и др.).

Для удобства наброса на провода воздушной линии электропередачи на свободный конец проводника необходимо прикрепить груз. Набрасывать проводник надо так, чтобы он не коснулся людей, в том числе оказывающего помощь и пострадавшего. Если пострадавший касается одного провода, то часто достаточно заземлить только этот провод. Необходимо оттащить пострадавшего за одежду не менее чем на 8 метров от места касания проводом земли.

Первая помощь пострадавшему от электрического тока

После освобождения пострадавшего от действия электрического тока необходимо оценить его состояние (приложение 1).

При твердых практических навыках, владея собой, квалифицированный спасатель за время менее 1 мин способен оценить состояние пострадавшего и решить, в каком объеме и порядке следует оказывать ему помощь.

Цвет кожных покровов и наличие дыхания (по подъему и опусканию грудной клетки) оценивают визуально. Нельзя тратить драгоценное время на прикладывание ко рту и носу зеркала, блестящих металлических предметов. Об утрате сознания так же, как правило, судят визуально, и чтобы окончательно убедиться в его отсутствии, можно обратиться к пострадавшему с вопросом о самочувствии.

Пульс на сонной артерии прощупывают подушечками второго, третьего и четвертого пальцев руки, располагая их вдоль шеи между кадыком (адамово яблоко) и кивательной мышцей и слегка прижимая к позвоночнику. Приемы определения пульса на сонной артерии очень легко отработать на себе или своих близких.

Ширину зрачков при закрытых глазах определяют следующим образом: подушечки указательных пальцев кладут на верхние веки обоих глаз и, слегка придавливая их к главному яблоку, поднимают вверх. При этом глазная щель открывается и на белом фоне видна округлая радужка, а в центре ее округлой черные зрачки, состояние которых (узкие или широкие) оценивают по тому, какую площадь радужки они занимают.

Как правило, степень нарушения сознания, цвет кожных покровов и состояние дыхания оценивают одновременно с прощупыванием пульса за время не более 1 мин. Осмотр зрачков проводят за 1-3 секунды.

Если пострадавший дышит очень редко и судорожно, но у него прощупывается пульс, необходимо сразу же начать делать искусственное дыхание. Не обязательно, чтобы при проведении искусственного дыхания пострадавший находился в горизонтальном положении (рисунок 13.3, 4, 5).

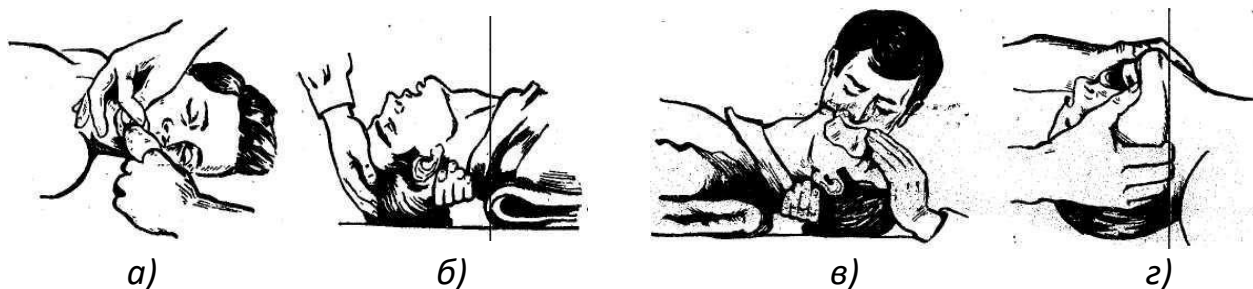


Рисунок 12.3 – Порядок оказания первой помощи пострадавшему: а) – очищение рта и глотки; б) – положение головы при проведении искусственного дыхания; в) – проведение искусственного дыхания по способу «изо рта в рот»; г) – выдвижение нижней челюсти двумя руками.

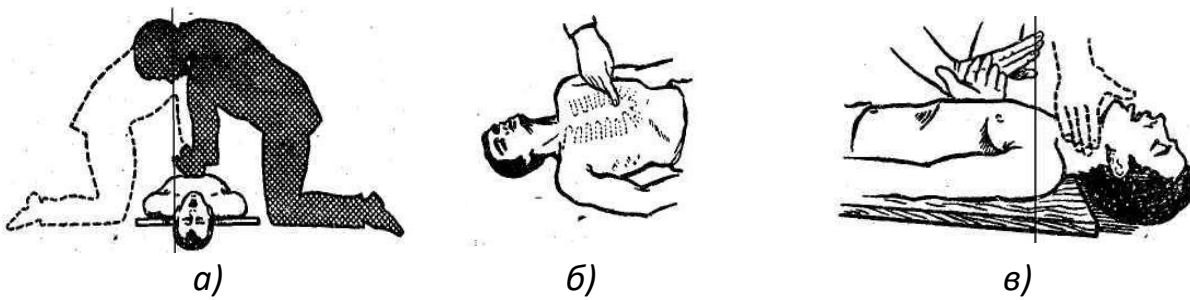


Рисунок 12.4 –Порядок проведения реанимационных мероприятий: а) – положение оказывающего помощь при проведении наружного массажа сердца; б) – место расположения рук при проведении наружного массажа сердца; в) – правильное положение рук при проведении наружного массажа сердца и определение пульса на сонной артерии (пунктир).



Рисунок 12.5 –Порядок проведения реанимационных мероприятий: а) – проведение искусственного дыхания и наружного массажа сердца одним лицом; б) - проведение искусственного дыхания и наружного массажа сердца двумя лицами

Приступив к реанимации, нужно позаботиться о вызове врача или скорой медицинской помощи. Это должен сделать не оказывающий помощь, который не может прервать ее оказание, а кто-то другой.

Если пострадавший в сознании, но до этого был в обмороке с сохранившимся устойчивым дыханием и пульсом, его следует уложить на подстилку из одежды; расстегнуть одежду, стесняющую дыхание. Необходимо создать приток свежего воздуха; согреть тело, если холодно; обеспечить прохладу, если жарко; создать полный покой, непрерывно наблюдая за пульсом и дыханием; удалить лишних людей.

Если пострадавший находится в бессознательном состоянии, необходимо наблюдать за его дыханием и в случае нарушения дыхания из-за западания языка выдвинуть нижнюю челюсть вперед, взявшись пальцами за его углы, и поддерживать ее в таком положении, пока не прекратится западание языка.

При возникновении у пострадавшего рвоты необходимо повернуть его голову и плечи налево для удаления рвотных масс.

Ни в коем случае нельзя позволять пострадавшему двигаться, а тем более продолжать работу, так как отсутствие видимых тяжелых повреждений от электрического тока или других причин (падения и т. п.) еще не исключает возможности последующего ухудшения его состояния. Только врач может решить вопрос о состоянии здоровья пострадавшего.

Переносить пострадавшего в другое место следует только в тех случаях, когда ему продолжает угрожать опасность или, когда оказание помощи на месте невозможно (например, на высоте).

Ни в коем случае нельзя зарывать пострадавшего в землю, так как это принесет только вред и приведет к потерям дорогих для его спасения минут.

При поражении молнией оказывается та же помощь, что и при поражении электрическим током.

В случае невозможности вызова врача на место происшествия необходимо обеспечить транспортировку пострадавшего в ближайшее лечебное учреждение. Перевозить пострадавшего можно только при удовлетворительном дыхании и устойчивом пульсе. Если состояние пострадавшего не позволяет его транспортировать, необходимо продолжать оказывать помощь.

Приложение 1

Универсальная схема оказания первой помощи на месте происшествия

1. Если нет сознания и нет пульса на сонной артерии – *приступить к реанимации;*
2. Если нет сознания, но есть пульс на сонной артерии – *повернуть на живот и очистить ротовую полость;*
3. При артериальном кровотечении – *наложить жгут;*
4. При наличии ран – *наложить повязки;*
5. Если есть признаки переломов костей конечностей - *наложить транспортные шины.*

Контрольные вопросы

1. Что такое первая помощь пострадавшему от электрического тока?
2. Что является основными условиями оказания первой помощи пострадавшим?
3. Что должен уметь работник (студент), оказывающий первую помощь при поражении электрическим током?
4. Какая последовательность оказания первой помощи?
5. От чего зависит спасение пострадавшего от действия электрического тока?

Тесты для проверки остаточных знаний по дисциплине электробезопасность

1. Как классифицируются помещения по опасности поражения электрическим током?

- 1) Без повышенной опасности, с повышенной опасностью
- 2) Без повышенной опасности, с повышенной опасностью, особо опасные
- 3) Без повышенной опасности, с повышенной опасностью, опасные
- 4) Безопасные, с повышенной опасностью, особо опасные

2. На какое минимальное расстояние в электроустановках до 1 кВ допускается приближение людей к находящимся под напряжением не огражденным токоведущим частям?

- 1) не нормируется
- 2) 0,8
- 3) 0,6
- 4) 1,0
- 5) 1,5

3. Вставьте в пропущенное место правильный ответ в десятичной форме, используя ЗАПЯТУЮ:

Минимальное расстояние для воздушных линий электропередач до 1 кВ, на которое допускается приближение людей к находящимся под напряжением не огражденным токоведущим частям, составляет ... метров.

Правильные варианты ответа: 0,6;

4. Вставьте в пропущенное место правильный ответ в десятичной форме, используя ЗАПЯТУЮ:

Минимальное расстояние для воздушной неизолированной линии электропередачи напряжением 10 кВ, на которое возможно приближение механизмов, грузоподъемных машин в рабочем состоянии к находящимся под напряжением токоведущим частям, составляет ... метров.

Правильные варианты ответа: 1,0;

5. Вставьте вместо точек правильный ответ в десятичной форме, используя ЗАПЯТУЮ:

Минимальное расстояние до электрического двигателя напряжением до 1 кВ, на которое допускается приближение механизмов и грузоподъемных машин в рабочем состоянии к находящимся под напряжением не огражденным токоведущим частям, составляет ... метров.

Правильные варианты ответа: 1,0;

6. Вставьте вместо точек правильный ответ в десятичной форме, используя ЗАПЯТУЮ:

Минимальное расстояние до проводов марки АС75 ВЛЭП напряжением 35 кВ, на которое допускается приближение людей к находящимся под напряжением не огражденным токоведущим частям составляет ... метров.

Правильные варианты ответа: 0,6;

7. Вставьте вместо точек правильный ответ в десятичной форме, используя ЗАПЯТУЮ:

Минимальное расстояние до проводов марки АС35 ВЛЭП напряжением 0,38 кВ, на которое допускается приближение механизмов и грузоподъемных машин в рабочем состоянии к находящимся под напряжением не ограждённым проводам, составляет ... метров.

Правильные варианты ответа: 1,0;

8. Помещение, в котором эксплуатируется электроустановка напряжением до 1 кВ характеризуется следующими параметрами:

- температура окружающего воздуха - 20 °С;
- относительная влажность воздуха - 50%;
- пол помещения - не токопроводящий;
- проводящая пыль - отсутствует;
- электроустановки расположены на расстоянии 1 м от радиаторов центрального отопления.

9. К какому классу по опасности поражения электрическим током относится данное помещение?

- 1) Без повышенной опасности
- 2) С повышенной опасностью
- 3) Особо опасное
- 4) Опасное
- 5) Безопасное

9. Помещение, в котором эксплуатируются электроустановки напряжением до 1 кВ характеризуется следующими параметрами:

- температура окружающего воздуха - 20 гр. С;
- относительная влажность воздуха - 50%;
- пол помещения - железобетонный;
- технологический процесс связан с наличием химически агрессивной среды.

К какому классу относится данное помещение по опасности поражения электрическим током?

- 1) Без повышенной опасности
- 2) С повышенной опасностью
- 3) Особо опасное
- 4) Безопасное
- 5) Опасное

10. Помещение, в котором эксплуатируются электроустановки напряжением до 1 кВ характеризуется следующими параметрами:

- температура окружающего воздуха - 20 гр. С;
- относительная влажность воздуха - 80%;
- пол помещения железобетонный;
- проводящая пыль отсутствует.

К какому типу по опасности поражения электрическим током относится данное помещение?

- 1) Особо опасное
- 2) Без повышенной опасности
- 3) Опасное
- 4) Безопасное
- 5) С повышенной опасностью

11. От каких факторов зависит действие электрического тока на организм человека?

- а) От величины тока.
- б) От величины напряжения.
- в) От сопротивления тела человека.
- г) от всех перечисленных факторов

12. Какие бывают виды поражения электрическим током организма человека?

- а) Тепловые.
- б) Радиоактивные.
- в) Световые.

13. Имеет ли право электросварщик на подключение сварочного аппарата к сети?

- а) Имеет.
- б) Не имеет.
- в) Подключение производит электротехнический персонал.

14. При какой величине электрический ток считается смертельным?

- а) 0,005 А.
- б) 0,1 А.
- в) 0,025 А.

15. Что означает тепловое поражение электрическим током?

- а) Заболевание глаз.
- б) Паралич нервной системы.
- в) Ожоги тела.

16. Какое по величине напряжение является относительно безопасным?

- а) 55 В.
- б) 36 В.
- в) 12 В.

17. Какие условия повышают опасность поражения электрическим током?

- а) Влага на оборудовании и одежде электросварщика.
- б) Использование при работе резиновых ковриков, калош.
- в) Работа на заземленном сварочном аппарате.

18. Что необходимо предпринять в случае неисправности сварочного аппарата?

- а) Отремонтировать своими силами.
- б) Вызвать электрика.
- в) Доложить о неисправности своему руководителю.

19. Каково максимально допустимое расстояние от рубильника до сварочного аппарата?

- а) 5 м.
- б) 15 м.
- в) 10 м.

20. Что означает световое поражение электрическим током?

- а) Заболевание глаз.
- б) Паралич нервной системы.
- в) Ожоги тела.

21. Основная характеристика постоянного электрического поля

- 1) сила
- 2) напряжения
- 3) заряд
- 4) зона
- 5) энергия

22. Результат теплового воздействия тока, образующийся при контакте кожи человека с проводником

- 1) электрозног
- 2) металлизация кожи
- 3) механические повреждения
- 4) электрический ожог
- 5) электротравма

23. Проникновение в кожу мельчайших частиц металла под влиянием механического или химического воздействия тока

- 1) металлизация кожи
- 2) электроожог
- 3) электроофтальмия
- 4) электрозног
- 5) электрический удар

24. Действия электрического тока на организм человека можно объединить в две основные группы

- 1) электрофтальмия
- 2) электровибрация
- 3) электротравма, электроудар
- 4) металлизация кожа
- 5) клинический смерть

25. Непосредственное воздействие тока через тело или от электрической дуги

- 1) металлизация
- 2) электрофтальмия
- 3) ожог
- 4) остаток в теле след
- 5) механическое повреждение

26. Первая до врачебная помощь пострадавшему от электрического тока

- 1) искусственное дыхание
- 2) наружный массаж сердца
- 3) оказывающий помощь встает слева
- 4) свежий воздух
- 5) восстановить дыхание

27. Действие электрического тока на организм человека может нарушить биоэнергетический процесс

- 1) биологический
- 2) нагревание
- 3) механический
- 4) химический
- 5) аэродинамический

28. Для снятия зарядов статического электричества, накапливающегося на людях, используются полы

- 1) электропроводящим покрытием
- 2) деревянные
- 3) изоляционные
- 4) цементные

29. Сколько существует степеней электро-ожогов?

- 1) 5
- 2) 2
- 3) 6
- 4) 4
- 5) 7

30. Перед оказанием первой помощи пострадавшим необходимо

- 1) искусственное дыхание
- 2) наружный массаж сердца
- 3) оказывающий помощь встает слева
- 4) освободить пострадавшего от действия тока
- 5) восстановить дыхание

31. Как следует проводить искусственное дыхание и непрямой массаж

- 1) чередовать
- 2) одновременно
- 3) массаж сердца
- 4) сделать искусственное дыхание
- 5) искусственное дыхание, через 5 минут сделать массаж

32. Признаки приводящие пораженного электрическим током в чувства?

- 1) кровообращения, сужение зрачков, нормализация ударов
- 2) учащение ударов сердца
- 3) увеличение зрачков
- 4) нет пульса
- 5) учащение ударов сердца, увеличение зрачков

33. Нейтраль трансформатора или генератора, не присоединенная к заземляющему устройству или присоединенная через аппараты

- 1) глухо-заземленная нейтраль
- 2) не изолированная
- 3) трансформатор
- 4) электроустановка
- 5) изолированная нейтраль

34. Электробезопасность обеспечивается:

- 1) защитным заземлением
- 2) блокировкой
- 3) знаками безопасности
- 4) электрозащитными средствами
- 5) конструкцией электроустановок, техническими способами и средствами защиты

35. В целях электробезопасности используются следующие технические способы

- 1) режим нейтрали
- 2) условия внешней среды
- 3) конструкции электроустановок
- 4) виды исполнения
- 5) защитное заземление, электрозащитные средства, знаки безопасности

36. Особо сырыми называются помещения, относительная влажность которых близка к

- 1) 1,2
- 2) 1
- 3) 0,7
- 4) 0,8
- 5) 0,9

37. Пыльные помещения подразделяются на

- 1) токоведущие
- 2) нетоковедущие
- 3) токоведущие, нетоковедущие
- 4) агрессивные пары
- 5) газы

38. Технические способы и средства защиты устанавливаются с учетом

- 1) способа электроснабжения, режима нейтрали, вида исполнения
- 2) защитного заземления
- 3) изоляции токоведущих частей

39. Поражение слизистой и роговой оболочек глаза под действием ультрафиолетовой радиации

- 1) катаракта
- 2) стенокардия
- 3) электроофтальмия
- 4) миокард
- 5) ишемия

40. В электроустановках до 1кВ с глухо заземленной нейтралью должно быть выполнено

- 1) зануление
- 2) защитное отключение
- 3) защитные ограждения
- 4) блокировка

41. На кого возложена обязанность обеспечения охраны окружающей среды при эксплуатации электроустановок.

1. На организацию-потребителя, эксплуатирующую электроустановки.
2. На ответственного за электрохозяйство организации.
3. На специалистов энергетической службы.
4. На работников, непосредственно обслуживающих электроустановки.

42. В каком случае электротехнический персонал обязан пройти производственное обучение на рабочем месте.

1. До назначения на самостоятельную работу или при переходе на другую работу, связанную с эксплуатацией электроустановок.

2. При перерыве в работе в качестве электротехнического персонала свыше 6 месяцев.

3. При модернизации электроустановки, которую он обслуживает.

4. При нарушении им правил обслуживания электроустановки, вызвавших появление неисправностей или отклонений от нормы.

43. На каком расстоянии от коммутационного аппарата должна располагаться переносная (передвижная) электросварочная установка?

1. На таком расстоянии от коммутационного аппарата, чтобы длина соединяющего их гибкого кабеля была не более 10 м.

2. На таком расстоянии от коммутационного аппарата, чтобы длина соединяющего их гибкого кабеля была не более 15 м.

3. На таком расстоянии от коммутационного аппарата, чтобы длина соединяющего их гибкого кабеля была не более 20 м.

4. На таком расстоянии от коммутационного аппарата, чтобы длина соединяющего их гибкого кабеля была не более 25 м.

44. Допускается ли работать в спецодежде с короткими или засученными рукавами в электроустановках напряжением до 1000 В при работе под напряжением?

1. Да, допускается.

2. Нет, не допускается.

3. Можно в жаркое время года.

4. Никаких специальных требований к спецодежде не существует.

45. Какие работы в электроустановках считаются верхолазными?

1. Работы, выполняемые на высоте более 1,3 м от поверхности земли, перекрытия или рабочего настила.

2. Работы, выполняемые на высоте более 2 м от поверхности земли, перекрытия или рабочего настила.

3. Работы, выполняемые на высоте более 3 м от поверхности земли, перекрытия или рабочего настила.

4. Работы, выполняемые на высоте более 5 м от поверхности земли, перекрытия или рабочего настила.

46. С помощью каких устройств (приборов) можно проверить отсутствие напряжения в электроустановках до 1000 В с заземлённой нейтралью?

1. С помощью вольтметра.

2. С помощью контрольной лампы.

3. С помощью вольтметра или контрольной лампы.

47. Кем утверждается перечень работ, выполняемых в порядке текущей эксплуатации?

1. Руководителем организации.
2. Руководителем обособленного подразделения.
3. Ответственным за электрохозяйство организации.
4. Специалистом энергетической службы организации.
5. Лицами, перечисленными выше в пунктах 1 и 2.
6. Лицами, перечисленными выше в пунктах 1-3.

48. Какие обязанности может выполнять член бригады, имеющий группу ii, при проведении испытаний электрооборудования?

1. Член бригады с группой II может выполнять любые обязанности.
2. Член бригады с группой II может выполнять обязанности производителя работ.
3. Член бригады с группой II может выполнять обязанности охраны для предотвращения приближения посторонних людей к испытательной установке, соединительным проводам и испытываемому оборудованию.
4. Член бригады с группой II не может допускаться к выполнению каких-либо обязанностей при проведении испытаний электрооборудования.

49. Что понимается под напряжением прикосновения?

1. Напряжение между двумя проводящими частями или между проводящей частью и землёй при одновременном прикосновении к ним человека.
2. Напряжение между одновременно доступными прикосновению проводящими частями, когда человек их не касается.
3. Напряжение, возникающее при стекании тока с заземлителя в землю между точкой ввода тока в заземлитель и зоной нулевого потенциала.
4. Напряжение между двумя точками на поверхности земли, на расстоянии 1 м одна от другой.

50. Какая общая классификация средств защиты, используемых при обслуживании электроустановок, установлена нормативными документами?

1. Средства защиты от поражения электрическим током (электрозащитные средства).
2. Средства защиты от электрических полей повышенной напряжённости, коллективные и индивидуальные (в электроустановках напряжением 330 кВ и выше).
3. Средства индивидуальной защиты в соответствии с государственным стандартом (средства защиты головы, глаз и лица, рук, органов дыхания, от падения с высоты, одежда специальная защитная).
4. Нормативными документами установлена общая классификация средств защиты, указанная выше в пунктах 1, 2 и 3.
5. Нормативными документами установлена общая классификация средств защиты, указанная выше в пунктах 1 и 3.

51. Кто назначается для непосредственного выполнения обязанностей по организации эксплуатации электроустановок?

1. Ответственный за электрохозяйство организации.
2. Ответственный руководитель работ.
3. Производитель работ.

52. В каком случае электротехнический персонал обязан пройти производственное обучение на рабочем месте?

1. При нарушении им правил обслуживания электроустановок, вызвавших появление неисправностей или отклонений от нормы.
2. При перерыве в работе в качестве электротехнического персонала свыше 1 года.
3. При модернизации электроустановки, которую он обслуживает.

53. Кто должен выполнять присоединение и отсоединение от сети электросварочных установок?

1. Электротехнический персонал организации с группой по электробезопасности не ниже II.
2. Электротехнический персонал организации с группой по электробезопасности не ниже III.
3. Электротехнический персонал организации с группой по электробезопасности не ниже IV.
4. Электротехнический персонал организации с группой по электробезопасности не ниже V.

54. Какую группу по электробезопасности должны иметь работники из числа оперативного персонала, единолично обслуживающие электроустановки напряжением до 1000 В?

1. Не ниже II группы.
2. Не ниже III группы.
3. Не ниже IV группы.
4. V группу.

55. Какие меры предосторожности необходимо предпринять при работе под напряжением в электроустановках напряжением до 1000 В?

1. Снять напряжение с расположенных вблизи рабочего места других токоведущих частей, находящихся под напряжением, к которым возможно случайное прикосновение, или оградить их.
2. Работать в диэлектрических галошах или стоя на изолирующей подставке либо на резиновом диэлектрическом ковре.
3. Применять изолированный инструмент (у отвёрток должен быть изолирован стержень) или пользоваться диэлектрическими перчатками.
4. Меры предосторожности, перечисленные выше в пунктах 1 и 2.
5. Все вышеперечисленные меры предосторожности.

56. Относятся ли работы, проводимые в электроустановках на высоте 3 м от поверхности земли, к верхолазным?

1. Да, относятся.
2. Нет, не относятся.

57. В каком случае удостоверение о проверке знаний норм и правил работы в электроустановках подлежит замене?

1. В случае изменения наименования организации, выдавшей удостоверение.
2. В случае изменения должности работника.
3. В случае присвоения работнику следующей группы по электробезопасности.
4. Во всех вышеперечисленных случаях.
5. Ни в одном из вышеперечисленных случаев.

58. Разрешается ли работать с электроизмерительными клещами в электроустановках до 1000 в одному работнику, имеющему группу II?

1. Разрешается.
2. Разрешается, но только при работе по наряду или распоряжению.
3. Не разрешается.

59. ХТО понимается под напряжением шага?

1. Напряжение, возникающее при стекании тока с заземлителя в землю между точкой ввода тока в заземлитель и зоной нулевого потенциала.
2. Напряжение между двумя проводящими частями или между проводящей частью и землёй при одновременном прикосновении к ним человека.
3. Напряжение между одновременно доступными прикосновению проводящими частями, когда человек их не касается.
4. Напряжение между двумя точками на поверхности земли, на расстоянии 1 м одна от другой.

60. К какому виду средств защиты относится устройство для прокола кабеля?

1. К электрозщитным средствам.
2. К дополнительным изолирующим электрозщитным средствам.
3. К средствам защиты от электрических полей повышенной напряжённости

61. За что несут персональную ответственность работники, проводящие ремонт оборудования?

1. За невыполнение требований, предусмотренных Правилами технической эксплуатации электроустановок потребителей и должностными инструкциями.
2. За неправильную ликвидацию ими нарушений в работе электроустановок на обслуживаемом участке.
3. За несвоевременное и неудовлетворительное техническое обслуживание, и невыполнение противоаварийных мероприятий.
4. За нарушения в работе, вызванные низким качеством ремонта.

62. Какой вид проверки установлен для работника, у которого имеется перерыв в работе в данной должности более 6 месяцев?

1. Первичная проверка знаний.
2. Очередная проверка знаний.
3. Внеочередная проверка знаний.

63. Может ли работник из числа электротехнического персонала организации с III группой по электробезопасности выполнять присоединение и отсоединение от сети электросварочных установок?

1. Да, может.
2. Нет, не может.

64. Разрешается ли выполнять по распоряжению осмотр воздушной линии электропередачи одному работнику, имеющему группу II?

1. Разрешается, в светлое время суток при благоприятных метеоусловиях.
2. Не разрешается.

65. Какие обязанности возложены на административно-технический персонал?

1. Организация технического и оперативного обслуживания, проведения ремонтных, монтажных и наладочных работ в электроустановках.
2. Оперативное управление и обслуживание электроустановок.
3. Оперативное обслуживание в утверждённом объёме закреплённых за ним электроустановок.
4. Техническое обслуживание и ремонт, монтаж, наладка и испытание электрооборудования.

66. Что необходимо применять для временного ограждения токоведущих частей электроустановки, оставшихся под напряжением?

1. Щиты, ширмы, экраны, изготовленные из изоляционных материалов.
2. Канаты, верёвки или шнуры из растительных либо синтетических волокон.
3. Канаты, верёвки или шнуры из растительных либо синтетических волокон, а также щиты, ширмы, экраны и т.п., изготовленные из изоляционных материалов.

67. Кто может продлевать наряд-допуск?

1. Работник, выдавший наряд.
2. Работник, имеющий право выдачи наряда на работы в данной электроустановке.
3. Ответственный за электрохозяйство организации.
4. Работники, указанные в пунктах 1 и 2.
5. Все вышеперечисленные работники.

68. Какие значения измеряемых параметров могут приниматься как исходные?

1. Значения, указанные в паспортах и протоколах заводских испытаний и измерений.

2. Результаты измерений, полученные при проведении капитального или восстановительного ремонта.

3. Значения, полученные при испытаниях вновь вводимого однотипного оборудования.

4. Любые из вышеперечисленных значений.

5. Значения, перечисленные выше в пунктах 1 и 2.

69. Какое сечение установлено для защитного проводника (ре) в системе tn для переносных электроприёмников?

1. Сечение должно быть равно сечению фазных проводников.

2. Сечение должно быть не менее половины сечения фазного проводника.

3. Сечение должно быть не менее 16 мм².

4. Сечение должно быть не менее 25 мм².

5. Сечение должно быть не менее 50 мм².

70. К какому виду средств защиты относятся запрещающие плакаты безопасности?

1. К основным изолирующим электрозащитным средствам.

2. К дополнительным изолирующим электрозащитным средствам.

3. К средствам защиты от электрических полей повышенной напряжённости.

4. К электрозащитным средствам, а также к средствам защиты от электрических полей повышенной напряжённости.

71. Кто может осуществлять эксплуатацию электроустановок потребителей?

1. Местный электротехнический персонал (данной организации).

2. Электротехнический персонал специализированной организации.

3. Любой из вышеперечисленных персоналов.

72. Какой вид проверки установлен для работника при переводе его на другую работу, требующую дополнительных знаний норм и правил?

1. Первичная проверка знаний.

2. Очередная проверка знаний.

3. Внеочередная проверка знаний.

73. Какие средства защиты обязан использовать электросварщик в помещениях повышенной опасности?

1. Диэлектрические перчатки, галоши и коврики.

2. Спецодежду, а также диэлектрические перчатки, галоши и коврики.

3. Спецодежду, защитные каски (полиэтиленовые, текстолитовые или винилпластовые), а также диэлектрические перчатки, галоши и коврики.

74. Какое распределительное устройство считается открытым?

1. Распределительное устройство, оборудование которого расположено в здании.

2. Распределительное устройство, где всё или основное оборудование расположено на открытом воздухе.

3. Распределительное устройство, доступ в которое разрешён круглосуточно для оперативного и оперативно-ремонтного персонала.

75. Кому разрешено устанавливать и снимать переносные заземления в электроустановках напряжением до 1000 В?

1. Работнику, имеющему группу не ниже III из числа оперативного персонала.

2. Работнику, имеющему группу не ниже IV из числа оперативного персонала.

3. Работнику, имеющему группу не ниже III из числа электротехнологического персонала.

4. Работнику, имеющему группу не ниже IV из числа административно-технического персонала.

76. На какой срок может быть продлён наряд-допуск?

1. На срок не более 5 календарных дней со дня продления.

2. На срок не более 10 календарных дней со дня продления.

3. На срок не более 15 календарных дней со дня продления.

4. Наряд-допуск не продлевается.

77. Какое минимально допустимое сопротивление изоляции установлено для осветительной электропроводки

1. Не менее 0,5 МОм.

2. Не менее 1 МОм.

3. Не менее 10 МОм.

78. Какие естественные заземлители могут применяться в электроустановках при монтаже рабочего заземления?

1. Металлические и железобетонные конструкции зданий и сооружений, находящиеся в соприкосновении с землёй.

2. Алюминиевые оболочки бронированных кабелей, проложенных в земле.

3. Трубопроводы канализации и центрального отопления.

4. Все вышеперечисленные естественные заземлители.

5. Естественные заземлители, перечисленные выше в пунктах 1 и 3.

79. Какие изолирующие электрозащитные средства в электроустановках напряжением до 1000 В относятся к основным?

1. Изолирующие штанги всех видов и изолирующие клещи.

2. Указатели напряжения и электроизмерительные клещи.

3. Диэлектрические ковры и изолирующие подставки.

4. Все электрозащитные средства, указанные выше.

5. Электрозащитные средства, указанные выше в пунктах 1 и 2.

80. Кому должен сообщить работник о замеченных им неисправностях электроустановки или средств защиты?

1. Вышестоящему руководителю.
2. Своему непосредственному руководителю, а в его отсутствие – вышестоящему руководителю.
3. Специалистам энергетической службы.
4. Ответственному за электрохозяйство организации.

Определить правильную последовательность

81. Определить правильную последовательность действий при оказании первой доврачебной помощи при ударе электрическим током

- 1) Оценить сознание, дыхание, кровообращение
- 2) Вызвать скорую медицинскую помощь.
- 3) Передать медицинским работникам (100% госпитализация)
- 4) сердечно-лёгочная реанимация

82. Определить последовательность подключения фотореле к светильнику:

- 1) отключить электроэнергию
- 2) осуществить подключение фотореле
- 3) настроить фото реле
- 4) подключить фото реле к лампе
- 5) установить защитную крышку

83. Демонтаж электрического оборудования осуществляется в следующей последовательности:

- 1) отсоединяют от заземляющего контура
- 2) снимают с основания, открутив элементы крепежа
- 3) отсоединяют изделие от источника питания

84. Определите последовательность действий при проверке действительности зануления.

- 1) сделать замер сопротивления петли фаза-ноль
- 2) устанавливают уровень сопротивления на петле фазы и нуля
- 3) рассчитывают ток однофазного замыкания, применяя закон Ома

85. Определить правильную последовательность действий при проверке импульсного трансформатора на наличие межвитковых замыканий:

- 1) подберите и установите конденсатор
- 2) подключите осциллограф к одной из вторичных обмоток
- 3) проконтролируйте качество выходного сигнала
- 4) проверьте исправность других обмоток
- 5) установите выходной сигнал обмоток

86. Последовательность действий при возникновении аварийной ситуации (повышенная загазованность, загорание):

- 1) работы немедленно прекратить
- 2) сообщить старшему по смене
- 3) выйти из опасной зоны
- 4) отключить общий рубильник
- 5) приступить к устранению аварийной ситуации согласно плану ликвидации аварий

87. Капитальный ремонт масляных выключателей включает последовательность следующих основных работ:

- 1) слив масла
- 2) разборку выключателя
- 3) отсоединение выключателя от шин и привода
- 4) осмотр и ремонт

88. Определить последовательность проводимых с работником инструктажей:

- 1) Вводный
- 2) Повторный
- 3) Первичный

89. Последовательность действий при пожаре на предприятии:

- 1) сообщить администрации предприятия
- 2) вызвать пожарную службу
- 3) по возможности приступить к тушению пожара
- 4) эвакуировать персонал

90. Программа пуска котельной установки включает в себя следующую последовательность действий:

- 1) поджиг
- 2) остановка
- 3) подготовка

Список использованной литературы

1. Попов В.М. Психология безопасности профессиональной деятельности. Ч. 1. Основы: учебное пособие. Новосибирск: НГТУ, 1997.
2. Макаренко В.К., Быков А.П., Дьяченко Г.И. Основы экологии. Ч. 1: учебное пособие. Новосибирск: НГТУ, 1999.
3. Тимофеева С.С., Бавдик Н.В., Шешуков Ю.В. Безопасность жизнедеятельности в чрезвычайных ситуациях: учебное пособие. Иркутск: ИрГТУ, 1998.
4. Безопасность жизнедеятельности. Безопасность технологических процессов и производств (Охрана труда): учебное пособие / П.П. Кукин, В.Л. Ляпин, Е.А. Подгорных и др. М.: Высшая школа, 1999.
5. Попов В.М. Психология безопасности профессиональной деятельности. Ч. 2. Методы: учебное пособие. Новосибирск: НГТУ, 1999.
6. Охрана труда в машиностроении / под ред. Е.Я. Юдина. М.: Машиностроение, 1983.
7. Долин П.А. Основы техники безопасности в электроустановках. М.: Энергоатомиздат, 1984.
8. Охрана труда / под ред. Б.А. Князевского. М.: Высшая школа, 1982.
9. Парахин А.М., Попов В.М. Расчет устройств защитного отключения. Показатели качества: метод. указ. Новосибирск: НЭТИ, 1990.
10. Безопасность жизнедеятельности: учебник для вузов / С.В. Белов, А. В. Ильницкая, А.Ф. Козьяков и др.; под общ. ред. С.В. Белова. М.: Высшая школа, 1999.
11. Источник: <https://fireman.club/conspects/biletyi-po-elektrobezopasnosti/>

Учебное издание

Широбокова О.Е.

Электробезопасность

**Методическое пособие
для студентов всех форм обучения
направления подготовки 13.03.02
«Электроэнергетика и электротехника»**

Редактор Адылина Е.С.

Подписано к печати 05.12.2022 г. Формат 60x84 ¹/₁₆.

Бумага офсетная. Усл. п. л. 4,65. Тираж 25 экз. Изд. №7446

Издательство Брянского государственного аграрного университета
243365 Брянская обл., Выгоничский район, с. Кокино, Брянский ГАУ