



Федеральное агентство по рыболовству  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Калининградский государственный технический университет»  
(ФГБОУ ВО «КГТУ»)

УТВЕРЖДАЮ  
Начальник УРОПС

Фонд оценочных средств  
(приложение к рабочей программе модуля)  
**«ЭКСПЛУАТАЦИЯ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ»**

основной профессиональной образовательной программы магистратуры  
по направлению подготовки

**13.04.02 ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА И ЭЛЕКТРОТЕХНИКА**

Профиль программы  
**«ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ»**

ИНСТИТУТ  
РАЗРАБОТЧИК

морских технологий, энергетики и строительства  
кафедра энергетики

## 1 РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Таблица 1 – Планируемые результаты обучения по модулю, соотнесенные с установленными индикаторами достижения компетенций

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции	Дисциплина	Результаты обучения (владения, умения и знания), соотнесенные с компетенциями/индикаторами достижения компетенции
ПК-5: Способен самостоятельно планировать, организовывать, управлять деятельностью и выполнять работы по эксплуатации и ремонту объектов профессиональной деятельности с необходимым уровнем безопасности и надежности	ПК-5.4: Контролирует выполнение требований охраны труда и качество работ по эксплуатации и ремонту объектов профессиональной деятельности	Безопасность в электротехнике	<u>Знать:</u> основные опасности при работе с электрооборудованием различных уровней напряжения. <u>Уметь:</u> выполнять требования охраны труда по эксплуатации и ремонту объектов профессиональной деятельности. <u>Владеть:</u> навыками обеспечения защиты силовых электроустановок.
	ПК-5.1: Проводит диагностику и организует контроль технического состояния объектов профессиональной деятельности в электроэнергетике	Методы диагностики в электроэнергетике	<u>Знать:</u> методы диагностики, применяемые в электроэнергетике. <u>Уметь:</u> осуществлять контроль технического состояния и решать иные задачи технической диагностики объектов электроэнергетики. <u>Владеть:</u> навыками технической диагностики объектов профессиональной деятельности в электроэнергетике.

## 2 ПЕРЕЧЕНЬ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПОЭТАПНОГО ФОРМИРОВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОСВОЕНИЯ МОДУЛЯ (ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ) И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

2.1 Для оценки результатов освоения дисциплины используются:

- оценочные средства текущего контроля успеваемости;
- оценочные средства для промежуточной аттестации по дисциплине.

2.2 К оценочным средствам текущего контроля успеваемости относятся:

- тестовые задания по дисциплинам модуля;
- задания по темам практических занятий по дисциплине «Безопасность в электротехнике»;
- контрольные вопросы по темам лабораторных работ по дисциплине «Методы диагностики в электроэнергетике»;

- задания по контрольным работам по дисциплине «Безопасность в электротехнике».

2.3 К оценочным средствам для промежуточной аттестации по модулю «Эксплуатация электротехнических систем» относятся:

- промежуточная аттестация по дисциплине «Безопасность в электротехнике» в форме зачета проходит по результатам прохождения всех видов текущего контроля успеваемости;
- вопросы к экзамену по модулю.

### **3 ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ**

3.1 Тестовые задания используются для оценки освоения студентами тем дисциплин модуля. Тестирование обучающихся проводится на занятиях после изучения соответствующих разделов. В приложении № 1 приведены типовые тестовые задания по дисциплинам модуля. По итогам выполнения тестовых заданий оценка выставляется по пятибалльной шкале в соответствии с критериями, представленными в таблице 2.

3.2 В приложении № 2 приведены темы и контрольные вопросы по темам лабораторных работ по дисциплине «Методы диагностики в электроэнергетике». Целью лабораторного практикума является закрепление знаний и умений, полученных на лекционных занятиях. Оценка результатов выполнения задания по каждой лабораторной работе производится при представлении студентом отчета по лабораторной работе и на основании ответов студента на вопросы по тематике лабораторной работы. Студент должен продемонстрировать знания, умения и навыки в предметной области дисциплины, в области техники проведения экспериментов и обработки результатов исследований. Результаты выполнения лабораторных работ оцениваются по системе «зачтено / не зачтено» в соответствии с критериями, представленными в таблице 2.

3.3 В приложении № 3 приведены типовые задания для практических занятий по дисциплине «Безопасность в электротехнике». Результаты выполнения практических заданий оцениваются по системе «зачтено / не зачтено» в соответствии с критериями, представленными в таблице 2.

3.4. Задания по контрольным работам по дисциплине «Безопасность в электротехнике» (для студентов заочной формы обучения) приведены в приложении № 4. Защита контрольной работы проводится по содержанию работы. В ходе защиты оценивается степень владения студента предметной областью и соответствующим методологическим аппаратом. По итогам выполнения и защиты контрольной работы оценка выставляется по пятибалльной шкале в соответствии с критериями, представленными в таблице 2.

## 4 ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ МОДУЛЯ

4.1 Промежуточная аттестация по модулю проводится в форме экзамена. Экзамен проходит в форме ответа на экзаменационные вопросы, содержащиеся в экзаменационном билете. Экзаменационный билет содержит два экзаменационных вопроса. Перечень вопросов к экзамену приведен в приложении № 5. Оценка за экзамен выставляется по пятибалльной шкале в соответствии с критериями, представленными в таблице 2.

Таблица 2 – Система оценок и критерии выставления оценки

Система оценок  Критерий	2	3	4	5
	0-40%	41-60%	61-80 %	81-100 %
	«неудовлетворительно»	«удовлетворительно»	«хорошо»	«отлично»
	«не зачтено»	«зачтено»		
<b>1 Системность и полнота знаний в отношении изучаемых объектов</b>	Обладает частичными и разрозненными знаниями, которые не может научно-корректно связывать между собой (только некоторые из которых может связывать между собой)	Обладает минимальным набором знаний, необходимым для системного взгляда на изучаемый объект	Обладает набором знаний, достаточным для системного взгляда на изучаемый объект	Обладает полнотой знаний и системным взглядом на изучаемый объект
<b>2 Работа с информацией</b>	Не в состоянии находить необходимую информацию, либо в состоянии находить отдельные фрагменты информации в рамках поставленной задачи	Может найти необходимую информацию в рамках поставленной задачи	Может найти, интерпретировать и систематизировать необходимую информацию в рамках поставленной задачи	Может найти, систематизировать и систематизировать необходимую информацию, а также выявить новые, дополнительные источники информации в рамках поставленной задачи
<b>3. Научное осмысление изучаемого явления, процесса, объекта</b>	Не может делать научно корректных выводов из имеющихся у него сведений, в состоянии проанализировать только некоторые из имеющихся у него сведений	В состоянии осуществлять научно корректный анализ предоставленной информации	В состоянии осуществлять систематический и научно корректный анализ предоставленной информации, вовлекает в исследование новые	В состоянии осуществлять систематический и научно-корректный анализ предоставленной информации, вовлекает в исследование новые

			релевантные задаче данные	релевантные поставленной задаче данные, предлагает новые ракурсы поставленной задачи
<b>4. Освоение стандартных алгоритмов решения профессиональных задач</b>	В состоянии решать только фрагменты поставленной задачи в соответствии с заданным алгоритмом, не освоил предложенный алгоритм, допускает ошибки	В состоянии решать поставленные задачи в соответствии с заданным алгоритмом	В состоянии решать поставленные задачи в соответствии с заданным алгоритмом, понимает основы предложенного алгоритма	Не только владеет алгоритмом и понимает его основы, но и предлагает новые решения в рамках поставленной задачи

## **5 СВЕДЕНИЯ О ФОНДЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ И ЕГО СОГЛАСОВАНИИ**

Фонд оценочных средств для аттестации по модулю «Эксплуатация электротехнических систем» представляет собой компонент основной профессиональной образовательной программы магистратуры по направлению подготовки 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника, профиль программы «Электроснабжение».

Фонд оценочных средств рассмотрен и одобрен на заседании кафедры энергетики (протокол № 4 от 29.03.2022 г.)

Заведующий кафедрой



---

В.Ф. Белей

Приложение № 1

**ТЕСТОВЫЕ ЗАДАНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНАМ МОДУЛЯ**

**Безопасность в электротехнике**

**Вариант № 1**

<i>1. Фактор, от которого НЕ зависит действие электрического тока на организм человека:</i>	
1. Величина тока	2. Величина напряжения
3. Сопротивление тела человека	4. Сопротивление фазного провода
<i>2. К типам заземляющих устройств относится:</i>	
1. Дистанционный	2. Защитный
3. Контурный	4. Рабочий
<i>3. Присоединение заземляющих проводников должно быть произведено:</i>	
1. Сваркой или болтовым соединением	2. При помощи специального клея
3. Непосредственным контактом	4. Скруткой
<i>4. Виды поражения электрическим током организма человека:</i>	
1. Тепловые	2. Радиоактивные
3. Механические	4. Звуковые
<i>5. По правилам устройства электроустановок под понятием «Прямое прикосновение» понимается:</i>	
1. Электрический контакт людей или животных с открытыми проводящими частями, оказавшимися под напряжением при повреждении изоляции	2. Электрический контакт людей или животных с токоведущими частями, находящимися под напряжением
3. Опасное для жизни прикосновение к токоведущим частям, находящимся под напряжением	4. Электрический контакт людей или животных с открытыми проводящими частями.
<i>6. Величина электрического тока, которая считается смертельной:</i>	
1. 0,005 А	2. 0,1 А
3. 0,025 А	4. 0,01 А
<i>7. Тепловое поражение электрическим током приводит к:</i>	
1. Заболеваниям глаз	2. Параличу нервной системы
3. Ожогам тела	4. Потере слуха
<i>8. Переменное напряжение, которое является относительно безопасным:</i>	
1. 55 В	2. 220 В
3. 12 В	4. 100 В

<i>9. Защитным заземлением называется:</i>	
1. Преднамеренное электрическое соединение какой-либо точки сети, электроустановки или оборудования с заземляющим устройством	2. Заземление, выполняемое в целях электробезопасности
3. Заземление точки или точек токоведущих частей электроустановки, выполняемое для обеспечения работы электроустановки (не в целях электробезопасности)	4. Электрический контакт фазы электросети с землей

<i>10. Условия, которые способствуют повышению опасности поражения электрическим током:</i>	
1. Влага на оборудовании и одежде электросварщика	2. Использование при работе резиновых ковриков, калош
3. Работа на заземленном сварочном аппарате	4. Напряжение электроустановки ниже 50 В

<i>11. Принцип действия защитного заземления заключается в:</i>	
1. Отключение электроустановки в случае короткого замыкания	2. Снижение напряжения прикосновения
3. Снижение напряжения между корпусом и землей	4. Отключение электроустановки при возникновении напряжения между корпусом и землей

<i>12. Величина порогового фибрилляционного тока (переменного) составляет</i>	
1. 25 мА	2. 50 мА
3. 100 мА	4. 75 мА

<i>13. Помещения в отношении опасности поражения людей электрическим током классифицируются на:</i>	
1. Помещения без повышенной опасности, помещения с повышенной опасностью, опасные помещения, особо опасные помещения.	2. Помещения без повышенной опасности, помещения с повышенной опасностью, опасные помещения
3. Помещения без повышенной опасности, помещения с повышенной опасностью, особо опасные помещения и территория открытых электроустановок	4. Неопасные помещения, помещения с повышенной опасностью, опасные помещения, особо опасные помещения

<i>14. Электроустановка считается действующей:</i>	
1. Исправная электроустановка	2. Электроустановка или ее часть, которая находится под напряжением, либо на которую напряжение может быть подано включением коммутационных аппаратов.
3. Электроустановка, которая находится в постоянной эксплуатации	4. Электроустановка, которая находится под напряжением не ниже 220 В

15. Для питания переносных электроприемников переменного тока должно использоваться напряжение:

1. Не выше 380/220 В	2. Не выше 220/127 В
3. Не выше 110 В	4. Не выше 42 В

### Вариант № 2

1. Глубина, на которую должна быть вкопана железобетонная свая в качестве искусственного заземлителя:

1. Больше 2-х метров	2. Больше 3-х метров
3. Больше 5 метров	4. Более 1 метра

2. **НЕ** подлежат заземлению:

1. Арматура изоляторов	2. Металлические корпуса электроустановок
3. Каркасы распределительных щитов	4. Экраны кабелей

3. Принцип действия защитного заземления заключается в:

1. Отключении электроустановки в случае короткого замыкания	2. Снижении напряжения прикосновения
3. Снижении напряжения между корпусом и землей	4. Компенсации тока замыкания

4. Электробезопасность – это система организационных и технических мероприятий и средств, обеспечивающих защиту людей от воздействия:

1. Электрического тока	2. Электрической дуги
3. Электрической дуги, электрического тока, электромагнитного поля и статического электричества	4. Электростатического разряда

5. Отличительная особенность электрического тока по сравнению с другими производственными вредностями:

1. Невозможность почувствовать напряжение на расстоянии	2. Высокая скорость прохождения заряда
3. Мгновенность действия	4. Тепловое воздействие

6. К местным электротравмам **НЕ** относится:

1. Электрический след	2. Электрический ожог
3. Электрический удар	4. Металлизация кожи

7. **НЕ** относится к подразделениям электротехнического персонала:

1. Ремонтный	2. Оперативно-технический
3. Стационарный	4. Административно-технический

<i>8. Допускать к самостоятельной работе и присваивать III группу по электробезопасности студентам и практикантам <b>НЕ</b> достигшим 18-ти лет:</i>	
1. Запрещается	2. Разрешается
3. По усмотрению мастера	4. Разрешается при наличии высшего образования

<i>9. Сроки, в которые должна производиться периодическая проверка знаний у электротехнического персонала, непосредственно обслуживающего действующие электроустановки:</i>	
1. Один раз в 3 года	2. Один раз в год
3. Один раз в 2 года	4. Один раз в 4 года

<i>10. Защитное заземление:</i>	
1. Электрическое соединение нетоковедущих частей оборудования с заземленной нейтралью вторичной обмотки трехфазного понижающего трансформатора или генератора	2. Случайное электрическое соединение токоведущей части с нетоковедущими металлическими частями электроустановки
3. Преднамеренное электрическое соединение с землей или ее эквивалентами металлических нетоковедущих частей электроустановок	4. Электрический контакт между фазой и землей

<i>11. Электрические сети напряжением 10 кВ должны работать с нейтралью:</i>	
1. С глухозаземленной нейтралью	2. С эффективно заземленной нейтралью
3. С изолированной нейтралью и с нейтралью, заземленной через дугогасящий реактор или резистор	4. С любой из перечисленных видов нейтралей

<i>12. Для питания переносных (ручных) светильников, применяемых в помещениях с повышенной опасностью, применяется напряжение:</i>	
1. Не выше 12 В	2. Не выше 42 В
3. Не выше 50 В	4. Не выше 127 В

<i>13. К помещениям с повышенной опасностью относятся</i>	
1. Только помещения, характеризующиеся наличием сырости или токопроводящей пыли.	2. Только помещения, характеризующиеся наличием металлических, земляных, железобетонных и других токопроводящих полов
3. Только помещения, характеризующиеся наличием высокой температуры	4. Любое из перечисленных помещений относится к помещениям с повышенной опасностью

<i>14. Система заземления, относящаяся к системе TN:</i>	
1. Система, в которой нейтраль источника питания изолирована от земли или заземлена	2. Система, в которой нейтраль источника питания глухо заземлена, а открытые

через приборы или устройства, имеющие большое сопротивление, а открытые проводящие части электроустановки заземлены	проводящие части электроустановки заземлены с помощью заземляющего устройства, электрически независимого от глухозаземленной нейтрали источника
3. Система, в которой нейтраль источника питания глухо заземлена, а открытые проводящие части электроустановки присоединены к глухозаземленной нейтрали источника посредством нулевых защитных проводников	4. Система, в которой функции нулевого защитного и нулевого рабочего проводников совмещены в одном проводнике в какой-то ее части, начиная от источника питания

<i>15. Система заземления, относящаяся к системе TN-C:</i>	
1. Система, в которой нейтраль источника питания глухо заземлена, а открытые проводящие части электроустановки присоединены к глухозаземленной нейтрали источника посредством нулевых защитных проводников	2. Система, в которой нулевой защитный и нулевой рабочий проводники разделены на всем ее протяжении
3. Система, в которой нулевой защитный и нулевой рабочий проводники совмещены в одном проводнике на всем ее протяжении	4. Система, в которой функции нулевого защитного и нулевого рабочего проводников совмещены в одном проводнике в какой-то ее части, начиная от источника питания

### Вариант № 3

<i>1. Защитное зануление:</i>	
1. Электрическое соединение нетоковедущих частей оборудования с заземленной нейтралью вторичной обмотки трехфазного понижающего трансформатора или генератора.	2. Случайное электрическое соединение токоведущей части с нетоковедущими металлическими частями электроустановки
3. Преднамеренное электрическое соединение с землей или ее эквивалентами металлических нетоковедущих частей электроустановок	4. Электрический контакт между фазным и нулевым проводниками

<i>2. Сроки, в которые проводится проверка заземляющего устройства:</i>	
1. Один раз в 12 лет	2. Один раз в 10 лет
3. Один раз в 5 лет	4. Один раз в год

<i>3. Количество групп электрозащитных средств</i>	
1. 2	2. 3
3. 4	4. 5

<i>4. Минимальный размер диэлектрических ковров:</i>	
1. 75 x 75	2. 100 x 100
3. 100 x 50	4. 200 x 200

<i>5. К предохранительным приспособлениям относится:</i>	
1. Плоскогубцы	2. Монтерские когти
3. Индикатор напряжения	4. Диэлектрические штанги

<i>6. Группа электробезопасности, которая должна быть у старшего по смене или единолично управляющего монтера на электроустановке с напряжением выше 1000 В:</i>	
1. II	2. III
3. IV	4. V

<i>7. Количество категорий, на которые разделяется работа на действующих электроустановках:</i>	
1. 2	2. 3
3. 4	4. 5

<i>8. Для проверки сопротивления изоляции используется прибор:</i>	
1. Амперметр	2. Резистор
3. Мегомметр	4. Конденсатор

<i>9. Количество классов выпуска ручного электроинструмента:</i>	
1. 2	2. 3
3. 4	4. 5

<i>10. Наиболее надежная зона защиты молниеотвода:</i>	
1. Типа А	2. Типа Б
3. Зоны защиты А и Б равнозначны	4. Типа В

<i>11. Система заземления, относящаяся к системе TN-S:</i>	
1. Система, в которой нейтраль источника питания глухо заземлена, а открытые проводящие части электроустановки присоединены к глухозаземленной нейтрали источника посредством нулевых защитных проводников	2. Система, в которой нулевой защитный и нулевой рабочий проводники разделены на всем ее протяжении
3. Система, в которой нулевой защитный и нулевой рабочий проводники совмещены в одном проводнике на всем ее протяжении	4. Система, в которой функции нулевого защитного и нулевого рабочего проводников совмещены в одном проводнике в какой-то ее части, начиная от источника питания

<i>12. Система заземления, относящаяся к системе TN-C-S:</i>	
1. Система, в которой нейтраль источника питания глухо заземлена, а открытые проводящие части электроустановки присоединены к глухозаземленной нейтрали	2. Система, в которой нулевой защитный и нулевой рабочий проводники разделены на всем ее протяжении

источника посредством нулевых защитных проводников	
3. Система, в которой нулевой защитный и нулевой рабочий проводники совмещены в одном проводнике на всем ее протяжении	4. Система, в которой функции нулевого защитного и нулевого рабочего проводников совмещены в одном проводнике в какой-то ее части, начиная от источника питания
<i>13. Система заземления, относящаяся к системе TT:</i>	
1. Система, в которой нейтраль источника питания глухо заземлена, а открытые проводящие части электроустановки присоединены к глухозаземленной нейтрали источника посредством нулевых защитных проводников	2. Система, в которой нейтраль источника питания изолирована от земли или заземлена через приборы или устройства, имеющие большое сопротивление, а открытые проводящие части электроустановки заземлены
3. Система, в которой нейтраль источника питания глухо заземлена, а открытые проводящие части электроустановки заземлены с помощью заземляющего устройства, электрически независимого от глухозаземленной нейтрали источника	4. Система, в которой функции нулевого защитного и нулевого рабочего проводников совмещены в одном проводнике в какой-то ее части, начиная от источника питания

<i>14. Система заземления, относящаяся к системе IT:</i>	
1. Система, в которой нейтраль источника питания глухо заземлена, а открытые проводящие части электроустановки присоединены к глухозаземленной нейтрали источника посредством нулевых защитных проводников	2. Система, в которой нейтраль источника питания изолирована от земли или заземлена через приборы или устройства, имеющие большое сопротивление, а открытые проводящие части электроустановки заземлены
3. Система, в которой нейтраль источника питания глухо заземлена, а открытые проводящие части электроустановки заземлены с помощью заземляющего устройства, электрически независимого от глухозаземленной нейтрали источника	4. Система, в которой функции нулевого защитного и нулевого рабочего проводников совмещены в одном проводнике в какой-то ее части, начиная от источника питания

<i>15. Рабочим заземлением называется:</i>	
1. Преднамеренное электрическое соединение какой-либо точки сети, электроустановки или оборудования с заземляющим устройством	2. Заземление, выполняемое в целях электробезопасности
3. Заземление точки или точек токоведущих частей электроустановки, выполняемое для обеспечения работы электроустановки (не в целях электробезопасности)	4. Преднамеренное электрическое соединение открытых проводящих частей электроустановок, не находящихся в нормальном состоянии под напряжением

## Методы диагностики в электроэнергетике

### Вариант №1

<i>Вопрос 1. Диагностирование – это ...</i>	
1. Определения и оценки технического состояния объекта	3. Определения и оценки технического состояния объекта без его разборки
2. Определения и оценки технического состояния объекта после его разборки	4. Область знаний, охватывающая теорию, методы, алгоритмы и средства определения состояния объекта

<i>Вопрос 2. Процесс технической диагностики основывается на зависимости значений...</i>	
1. Входных технических характеристик от значений структурных параметров	3. Выходных характеристик от значений структурных параметров
2. Входных характеристик от значений структурных параметров	4. Выходных характеристик от значений входных параметров

<i>Вопрос 3. Прогнозирование надежности изделия – это научное направление, изучающее</i>	
1. Предвидение, изменение технического состояния изделия и определение продолжительности его безотказной работы с определенной степенью вероятности	3. Изменение работоспособного состояния изделия и определение периодичности выхода его в ремонт
2. Изменение технического состояния изделия и определение периодичности его отказа	4. Изменение технического состояния изделия и определение периодичности выхода его в ремонт

<i>Вопрос 4. Целью профилактических испытаний кабельных линий является:</i>	
1. Определить обрыв в линии	3. Определение состояния брони и джутового покрова
2. Доведение ослабленных мест изоляции до пробоя, определить обрыв в линии	4. Довести ослабленные места до пробоя, предупредить аварийный выход кабеля из строя

<i>Вопрос 5. Величина испытательного напряжения при профилактических испытаниях кабелей напряжением 10 кВ составляет</i>	
1. (5-6) $U_{ном}$ в течение 5 минут	3. (4-5) $U_{ном}$ в течение 5 минут
2. (4-5) $U_{ном}$ в течение 10 минут	4. (5-6) $U_{ном}$ в течение 10 минут

<i>Вопрос 6. Коэффициент абсорбции у неувлажненных трансформаторов должен составлять</i>	
1. При температуре от +10 до +30°C не менее 2,5	3. При температуре от +10 до +30°C более 1,3
2. При температуре от +0 до +30°C не менее 1,3	4. При температуре от +10 до +30°C не менее 1,3

*Вопрос 7. Если подключенный к сети асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором гудит, ротор вращается медленно, ток во всех фазах различен и даже на холостом ходу превышает номинальный, то может иметь место*

1. Обрыв фазы обмотки статора	3. Витковое замыкание в обмотке статора, или ухудшение условий охлаждения
2. Обрыв одного или нескольких стержней обмотки ротора или неправильное соединение начала и конца фазы обмотки статора	4. Обрыв питающей сети

*Вопрос 8. Методы, с помощью которых определяется зона повреждения высоковольтного кабеля:*

1. Импульсный, емкостной, метод колебательного разряда, индукционный	3. Импульсный, емкостной, акустический, метод петли, индукционный
2. Импульсный, емкостной, метод колебательного разряда, метод петли	4. Импульсный и индукционный

*Вопрос 9. Величины пробивного напряжения сухого и эксплуатационного масла соотносятся следующим образом:*

1. У сухого масла пробивное напряжение выше, чем у эксплуатационного	3. У эксплуатационного масла пробивное напряжение выше, чем у сухого
2. Их пробивные напряжения равны	4. Величина пробивного напряжения не зависит от состояния масла

*Вопрос 10. Основные задачи диагностирования*

1. Контроль работоспособности, диагностика;	3. Контроль работоспособности, поиск дефекта, прогнозирование технического состояния;
2. Контроль работоспособности, диагностика, прогнозирование технического состояния	4. Защита и ремонт

### Вариант №2

*Вопрос 1. Диагностика - это*

1. Определения и оценки технического состояния объекта	2. Определения и оценки технического состояния объекта после его разборки
3. Определения и оценки технического состояния объекта без его разборки	4. Область знаний, охватывающая теорию, методы, алгоритмы и средства определения состояния объекта

*Вопрос 2. Метод диагностирования – это*

1. Совокупность операций, действий, позволяющих дать объективное заключение о состоянии объекта	3. Совокупность предписаний, определяющих упорядоченную последовательность действий при проведении диагностирования.
2. Аппаратура, программы и ремонтно-эксплуатационная документация,	4. Процесс определения технического состояния объекта

позволяющая оценить состояние технических объектов	
--	--

*Вопрос 3. При тестовом диагностировании состояние объекта оценивается по....*

1. Его реакции, вызываемой подаваемыми на его входы специальными тестовыми воздействиями.	3. Его реакции, вызываемой подаваемыми на его выходы специальными тестовыми воздействиями.
2. Выходным параметрам при подаче на его входы рабочих воздействий	4. Выходным параметрам при подаче на его выходы рабочих воздействий

*Вопрос 4. Алгоритм диагностирования представляет собой...*

1. Совокупность предписаний, определяющих упорядоченную последовательность действий при проведении диагностирования.	3. Совокупность операций, действий, позволяющих дать объективное заключение о состоянии объекта.
2. Программы и ремонтно-эксплуатационная документация, позволяющая оценить состояние технических объектов	4. Заключение о техническом состоянии объекта

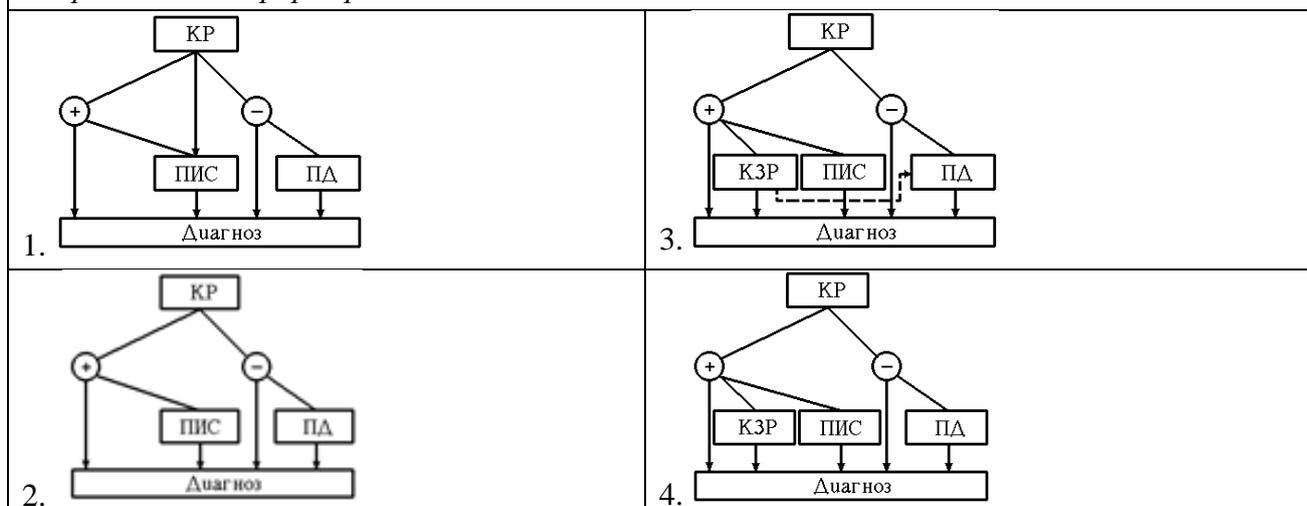
*Вопрос 5. Диагностическим признаком называют...*

1. Параметр или характеристику, используемую при диагностировании и несущую информацию об изменении состояния объекта диагностики.	3. Физические величины: силу тока, напряжение, мощность, время переходного процесса.
2. Зависимость одной физической величины от другой.	4. Реакцию, вызываемой подаваемыми на его выходы специальными тестовыми воздействиями

*Вопрос 6. Объектом диагностирования называют...*

1. Блок, устройство, прибор, оборудование, система, подлежащие (подвергаемые) диагностированию	3. Часть, которую при диагностировании нельзя разделить на более мелкие
2. Аппаратуру, программы и ремонтно-эксплуатационную документацию, позволяющую оценить состояние технических объектов.	4. Совокупность предписаний, определяющих упорядоченную последовательность действий при проведении диагностирования

*Вопрос 7. Схема формирования диагноза имеет вид*



*Вопрос 8. Этапы жизненного цикла электроустановок:*

1. проектирование, изготовление, хранение	3. проектирование, изготовление, эксплуатация
2. хранение, ремонт, использование по назначению	4. изготовление, ремонт, эксплуатация

*Вопрос 9. Область работоспособности:*

1. Область изменения диагностических параметров, ограниченная их допустимыми значениями, в которой объект работоспособен	3. Область изменения выходных сигналов, ограниченная их допустимыми значениями, в которой объект исправен
2. Область изменения диагностических параметров, ограниченная их допустимыми значениями, в которой объект неисправен, но работоспособен	4. Область изменения диагностических параметров, ограниченная их допустимыми значениями, в которой объект ремонтпригоден.

*Вопрос 10. К параметрам, характеризующим состояние выключателей, относится*

1. Ток несимметрии	3. Вес
2. Вибрация	4. Сопротивление постоянному току

### Вариант №3

*Вопрос 1. Рабочее техническое диагностирование – это*

1. Диагностирование, при котором на объект подаются рабочие воздействия	3. Диагностирование, при котором на объект подаются тестовые воздействия
2. Диагностирование, при котором на объект подаются аналоговые воздействия	4. Диагностирование, при котором на объект подаются дискретные воздействия

<i>Вопрос 2. Функциональная схема представляет собой...</i>	
1. Графическое изображение входящих в нее узлов и соответствующих сигнальных трактов	3. Графическое изображение входящих в нее узлов
2. Схема, в которой все реальные элементы заменены их эквивалентными схемами	4. Схема, которая содержит идеализированные элементы, удобная для математического описания, но выбрана таким образом, чтобы с хорошим приближением можно было описывать реальные

<i>Вопрос 3. Сигналы в схемах электрооборудования проходят по сигнальным цепям двух видов:</i>	
1. Последовательные и разветвленные	3. Параллельные и разветвленные
2. Последовательные и параллельные	4. Последовательные и смешанные

<i>Вопрос 4. Отказ, возникающий в результате нарушения установленных правил или условий эксплуатации, называется</i>	
1. Конструктивным	3. Эксплуатационным
2. Производственным	4. Ресурсным

<i>Вопрос 5. Чтобы составить таблицу дефектов необходимо ...</i>	
1. Выполнить моделирование дефектов и испытания	3. Провести анализ диагностической модели и испытания
2. Выполнить моделирование дефектов или анализ диагностической модели	4. Выполнить моделирование работы объекта или анализ диагностической модели

<i>Вопрос 6. Алгоритм поиска дефектов в виде графа представляется следующим образом:</i>	
1. Вершины – элементы, ветви - проверки	3. Вершины – проверки, ветви – направления движения по результатам проверки
2. Вершины – проверки, ветви – обнаруживаемые дефекты	4. Вершины – элементы, ветви – обнаруживаемые дефекты

<i>Вопрос 7. Основные свойства последовательного алгоритма поиска дефектов</i>	
1. Последовательное выполнение проверок	3. Обнаружение каждой проверкой одного дефекта
2. Последовательное разбиение объекта диагностирования на равные части	4. Одновременная проверка нескольких частей объекта диагностирования

<i>Вопрос 8. Для построения алгоритма поиска дефектов методом «время-вероятность» необходимо иметь...</i>	
1. Время поиска каждого дефекта, вероятности отказов	3. Энтропии состояния объекта и вероятность безотказной работы
2. Функциональная схема и вероятность безотказной работы	4. Функциональная схема и время поиска каждого дефекта

*Вопрос 9. Предсказание состояния, в котором объект окажется в некоторый последующий момент времени называется*

1. Технический генезис

3. Техническое прогнозирование

2. Технический мониторинг

4. Техническая диагностика

*Вопрос 10. Методами аналитического прогнозирования называются*

1. Методы экстраполяции, используемые для определения значения прогнозируемой переменной.

3. Методы теории вероятности, используемые для определения значения прогнозируемой переменной

2. Методы теории распознавания образов, используемые для определения значения прогнозируемой переменной

4. Методы планирования экспериментов, на основе марковских процессов, используемые для определения значения прогнозируемой переменной

Приложение № 2

**КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ПО ЛАБОРАТОРНЫМ РАБОТАМ**

**по дисциплине «Методы диагностики в электроэнергетике»**

***Лабораторная работа №1 «Дефектация и настройка электрических аппаратов»***

*Цель работы:* Сформировать знания, умения и навыки в области основных средств и методов диагностики электрических аппаратов.

*Контрольные вопросы:*

1. Какие существуют типы электрических аппаратов?
2. Особенности дефектации контакторов, пускателей постоянного и переменного тока.
3. Почему уменьшение провала приводит к нагреву контактов?
4. Правила проверки и замены сгоревших предохранителей.
5. Каким образом осуществляется контроль температуры контактных соединений предохранителей?
6. Токо-временная характеристика автоматического выключателя и предохранителя.

***Лабораторная работа №2 «Изучение методов определения короткозамкнутых витков обмоток электрических машин, трансформаторов и катушек»***

*Цель работы:* Сформировать знания, умения и навыки в области основных принципов и приборных методов обнаружения витковых замыканий и обрывов в обмотках электрических машин, трансформаторов и катушек.

*Контрольные вопросы:*

1. Устройство и принцип работы трехфазного асинхронного двигателя
2. Возможные неисправности машин переменного тока
3. Методы и алгоритмы поиска неисправностей электрических машин
4. Основные методы восстановления технического состояния

***Лабораторная работа №3 «Диагностика асинхронных двигателей»***

*Цель работы:* Сформировать знания, умения и навыки в области диагностики асинхронных двигателей.

*Контрольные вопросы:*

1. Что относится к электрическим неполадкам асинхронных двигателей?
2. Из-за чего скорость вращения двигателя при полной нагрузке ниже номинальной?
3. Причины ненормального шума в двигателе?

***Лабораторная работа №4 «Определение места повреждения кабельной линии при помощи кабельного моста»***

*Цель работы:* Сформировать знания, умения и навыки в области принципа действия и методов использования кабельных мостов.

*Контрольные вопросы:*

1. Измерительные мосты постоянного и переменного тока. Принципы измерений.
2. Виды повреждений кабельных линий.
3. Как определить целостность жил кабельной линии и сопротивление изоляции кабельной линии (между фазами и между фазой и “землёй”)?
4. Укажите особенность мостового метода измерений при определении повреждения кабельной линии.

***Лабораторная работа №5 «Определение места повреждения кабельной линии электромагнитным методом»***

*Цель работы:* Сформировать знания, умения и навыки в области электромагнитных методов определения места повреждения кабельной линии.

*Контрольные вопросы:*

1. Способы измерения сопротивления изоляции кабелей.
2. Дефекты и отказы в кабельных линиях.
3. Методы определения отказов кабелей.
4. Методы поиска места повреждений в кабельной линии.
5. Ограничения в применении индукционного метода поиска места повреждения.

***Лабораторная работа №6 «Определение места повреждения кабельной линии импульсным методом»***

*Цель работы:* Сформировать знания, умения и навыки в области методов определения места повреждения кабельной линии, в частности определения характера и места повреждения кабельной линии с помощью измерителя неоднородностей линий «Рейс-105».

*Контрольные вопросы:*

1. Зачем прожигают изоляцию поврежденной КЛ?
2. Какими методами определяется характер повреждения КЛ при коротком замыкании и обрывах жил?
3. Каким методом определяется характер повреждения КЛ при заплывающем пробое?
4. На чём основан принцип импульсного метода?

Приложение №3

**ТИПОВЫЕ ЗАДАНИЯ ПО ТЕМАМ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ**

**по дисциплине «Безопасность в электротехнике»**

Задания для практических занятий предусмотрены для закрепления теоретического материала, изученного на лекционных занятиях. Задания предполагают проведение расчетов и построение моделей. Содержание заданий приведено ниже, данные для расчетов выдаются преподавателем индивидуально.

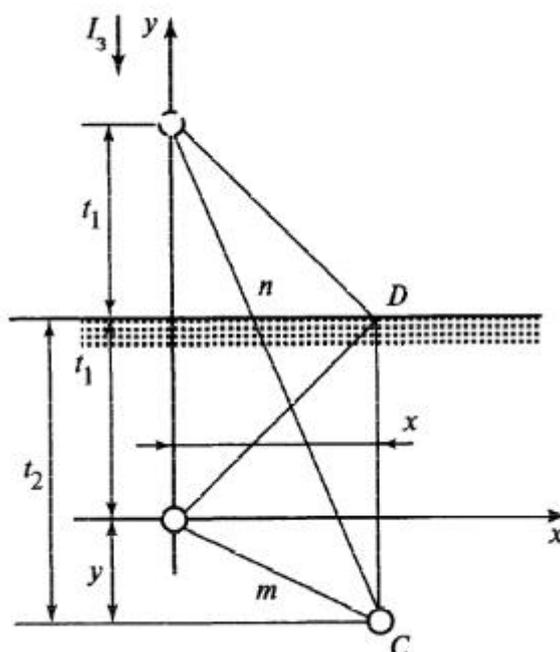
**Тема 1. Одиночные заземлители**

*Цель занятия:* Изучение электростатических полей одиночных заземлителей.

*Типовые задания.*

**Задача 1.1.** Ток  $I_3 = 100$  А стекает в землю через металлический предмет неправильной формы, который может быть условно уподоблен шару радиусом  $r = 0,5$  м. Предмет погружен в землю на глубину 3 м; ток к нему подается по изолированному проводу. Удельное сопротивление земли  $100 \text{ Ом}\cdot\text{м}$ .

Требуется определить потенциал на металлическом трубопроводе, проложенном в земле на глубине  $Z_2 = 4$  м и на расстоянии по горизонтали от центра шара  $x = 3$  м.



**Задача 1.2.** С металлического шара радиусом  $r = 0,5$  м, погруженного в землю на глубину 3 м, стекает ток 80 А, который подается к шару по изолированному проводу.

Требуется определить потенциал на поверхности земли в точке D на расстоянии  $x = 3$  м от вертикали, проходящей через центр шара, и потенциал заземлителя (шара). Удельное сопротивление земли  $90 \text{ Ом}\cdot\text{м}$ .

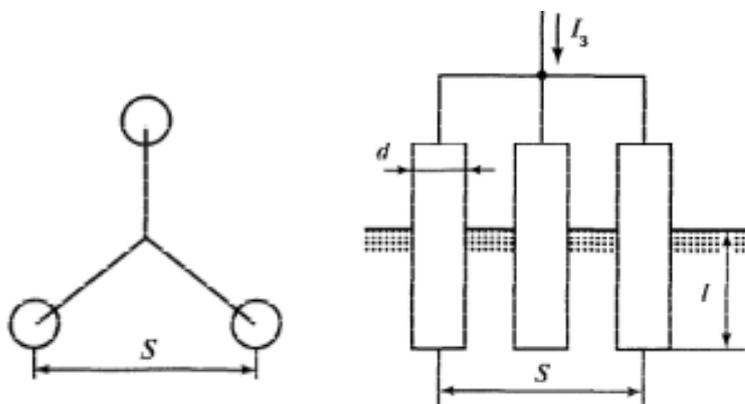
## Тема 2. Групповые заземлители

*Цель занятия:* Изучение электростатических полей групповых заземлителей.

*Типовые задания.*

**Задача 2.1.** Ток 60 А стекает в землю через групповой заземлитель, состоящий из трех соединенных между собой одинаковых стержневых электродов диаметром  $d = 0,05$  м. Стержни забиты в землю на глубину 2 м и размещены в вершинах равностороннего треугольника, земля однородная, ее удельное сопротивление  $100 \text{ Ом}\cdot\text{м}$ .

Требуется определить потенциал группового заземлителя и коэффициент использования его проводимости для двух случаев: при расстоянии между центрами электродов 2 м и 10 м.



**Задача 2.2.** Два одинаковых стержневых заземлителя (электрода) круглого сечения забиты в землю вертикально на всю их длину. Расстояние между их центрами  $S = 5$  м. Электроды соединены между собой проводником, с каждого из них в землю стекает ток 5 А.

Длины электродов  $Z = 5$  м; диаметры электродов  $d = 0,05$  м; земля однородная, ее удельное сопротивление  $100 \text{ Ом}\cdot\text{м}$ ; длина шага человека  $a = 0,8$  м.

Требуется определить потенциалы электродов, их сопротивления стеканию тока, а также максимальные значения напряжений прикосновения и шага для человека, находящегося между электродами на прямой, соединяющей их центры.

### Тема 3. Анализ опасности поражения электрическим током

*Цель занятия:* Изучение методики оценки опасности поражения электрическим током.

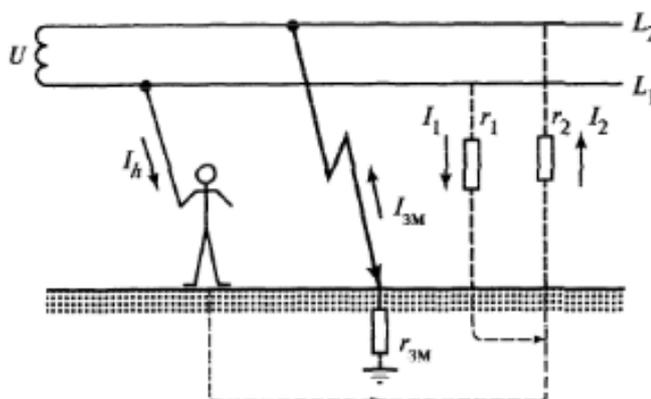
*Типовые задания*

**Задача 3.1.** Человек, стоя на земле (на токопроводящем основании), прикоснулся к одному из проводов однофазной двухпроводной сети, изолированной от земли, в период замыкания провода на землю.

Напряжение сети (между проводами)  $U = 660$  В; сопротивление изоляции проводов относительно земли (до замыкания провода на землю) 30 кОм; сопротивление замыкания провода на землю 60 Ом; сопротивление тела человека  $R_h = 1000$  Ом.

Требуется определить ток, прошедший через тело человека, в двух случаях:

- 1) человек касается провода при отсутствии замыкания на землю;
- 2) человек касается провода с неповрежденной изоляцией при замыкании на землю.

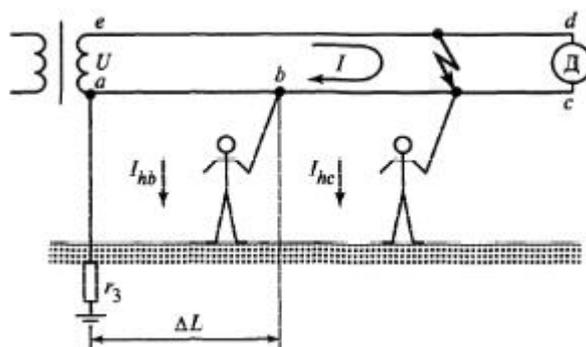


**Задача 3.2.** Человек прикоснулся к заземленному проводу однофазной двухпроводной сети в точке b, а затем в точке с.

Напряжение сети (между проводами)  $U = 220$  В; сопротивление тела человека 1000 Ом; суммарная длина обоих проводов  $L = 100$  м; провода медные сечением  $S = 10$  мм<sup>2</sup>; удельное сопротивление меди 0.017 Ом·мм /м; длина участка а—b заземленного провода 30 м; потеря напряжения, установленная при выборе проводов сети во время проектирования (сооружения), 5 %; активная мощность, потребляемая двигателем,  $P = 18$  кВт; сопротивление заземления провода 4 Ом; коэффициент мощности электродвигателя, питающегося от рассматриваемой сети,  $\cos \phi = 0,8$ .

Требуется определить значение тока, прошедшего через человека, при:

- 1) нормальной работе сети;
- 2) замыкании между проводами.



#### Тема 4. Электрическое поле промышленной частоты

*Цель занятия:* Изучение методики оценки опасности электрического поля промышленной частоты.

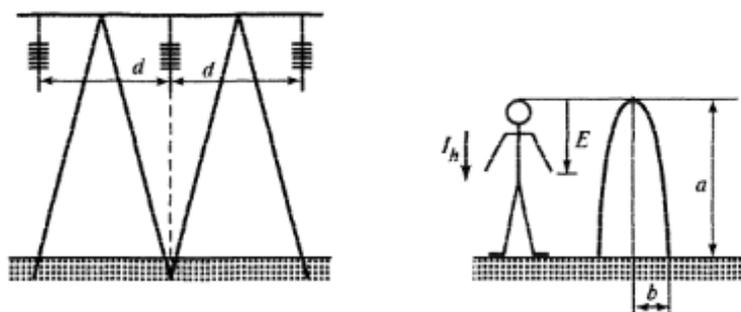
##### *Типовые задания*

**Задача 4.1.** Человек, находящийся вблизи действующей электроустановки, оказывается в области создаваемого ею электрического поля, которое при определенной интенсивности вредно для здоровья людей. Вместе с тем, электрическое поле обуславливает возникновение электрического тока, стекающего в землю через тело человека и также являющегося отрицательным фактором.

Вредное воздействие на здоровье людей ограничивается предельно допустимыми уровнями напряженности электрического поля. В то же время, для оценки степени влияния электрического поля следует проводить расчет тока, проходящего через человека.

Рост человека (подростка)  $a = 1,2$  м; масса тела подростка 43 кг; плотность тела человека (среднее значение)  $1,05$  г/см<sup>3</sup>.

Требуется рассмотреть частный случай — определить значение тока, стекающего в землю через тело человека (подростка), находящегося вблизи воздушной линии электропередачи (ВЛ) сверхвысокого напряжения, где напряженность электрического поля на уровне роста этого человека достигает  $E=15$  кВ/м; решение надо выполнить, используя точное и приближенное значения коэффициента деполяризации эллипсоида  $N_a$  (получить два значения тока, проходящего через человека: точное и приближенное).



**Задача 4.2.** Известно, что вблизи электроустановок промышленной частоты (50 Гц) сверхвысокого и ультравысокого напряжения — 330 кВ и выше (воздушных линий электропередачи, подстанций, распределительных устройств и др.) возникает интенсивное электрическое поле, вредное для здоровья людей. Поэтому существующие нормы ограничивают длительность пребывания людей в электрическом поле в зависимости от его напряженности и от категории людей (персонал, обслуживающий электроустановки; сельскохозяйственный персонал; население). При необходимости нахождения людей в электрическом поле напряженностью  $E$  выше допустимого значения или большей продолжительности, чем предусмотрено нормами, требуется применение защитных средств — экранирующих костюмов, экранов и др.

Допустим, в открытом распределительном устройстве 500 кВ предстоит плановая работа на ряде участков с повышенной напряженностью  $E$  электрического поля. Работа будет проводиться без применения защитных средств — экранов, экранирующих костюмов и пр.

Продолжительность работы зависит от ее объема и составляет:

60 мин на участке 1, где  $E = 10$  кВ/м;

90 мин на участке 2, где  $E = 8$  кВ/м.

Требуется вычислить наибольшее допустимое время выполнения работ для третьего участка, где  $E = 6$  кВ/м, имея в виду, что приведенное время, эквивалентное по биологическому эффекту времени пребывания человека в электрическом поле, не должно превышать 8 ч в течение рабочего дня.

## **Тема 5. Работы под напряжением**

*Цель занятия:* Ознакомление с методикой оценки опасности при работе под напряжением.

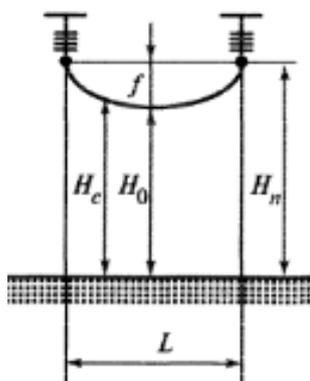
### *Типовые задания*

**Задача 5.1.** При подготовке к пофазному ремонту воздушной трехфазной линии электропередачи 35 кВ был отключен один из проводов (фаза) ВЛ, который подлежал

ремонту. На этом проводе наводился электростатический потенциал  $\varphi$  от влияния двух оставшихся под напряжением проводов.

Опоры линии — П-образные с горизонтальным расположением проводов, без грозозащитных тросов; расстояние между соседними проводами на опоре  $d = 3$  м; высота крепления проводов к гирлянде изоляторов  $H_n = 12,09$  м; габарит линии (наименьшее расстояние по вертикали от провода до земли)  $= 7$  м; взаимная емкость между проводами  $C_{ab} = 1,9 \cdot 10^{-9}$  Ф/км; марка провода АС-150; расчетный радиус провода  $0,85$  см; сопротивление тела человека  $R_h = 1000$  Ом.

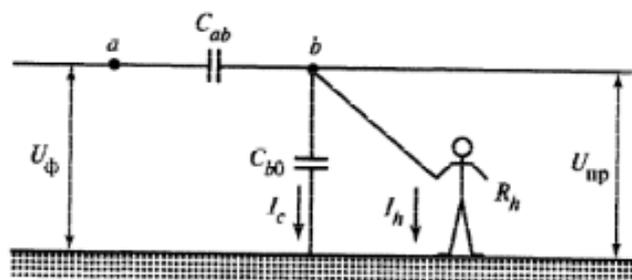
Требуется определить значения потенциала, напряжение прикосновения и ток, проходящий через тело человека при прикосновении его к отключенному проводу. Задачу следует решить в двух вариантах: 1) при длине отключенного провода  $L_1 = 50$  км и 2)  $L_2 = 0,24$  км (один пролет линии).



**Задача 5.2.** Отключенный от источников питания и незаземленный один из проводов трехфазной воздушной линии электропередачи (ВЛ) напряжением 110 кВ находится под электростатическим потенциалом 8,1 кВ, наведенным оставшимися в работе проводами.

Взаимная емкость проводов  $1,2 \cdot 10^{-9}$  Ф/км; сопротивление тела человека  $R_h = 1000$  Ом.

Требуется оценить опасность прикосновения человека к этому проводу по значениям напряжения прикосновения и тока, проходящего через него. Задачу решить для двух случаев: при длине отключенного провода  $L_1 = 100$  км и  $L_2 = 1$  км. Вычисление выполнить с учетом емкости провода относительно земли  $C_{b0}$ .



## Тема 6. Несчастные случаи без летального исхода

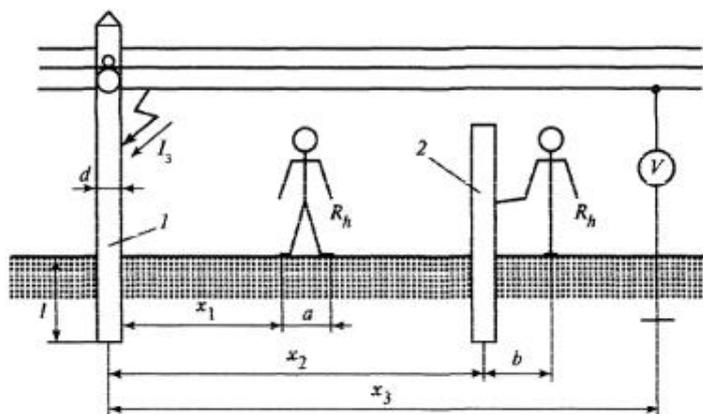
*Цель занятия:* Ознакомление с методикой оценки получения электротравм без летального исхода.

### Типовые задания

**Задача 6.1.** На воздушной линии электропередачи (ВЛ) с металлическими опорами круглого сечения произошло замыкание фазного привода на тело опоры. При этом воздействию тока подверглись два человека: первый, идущий к опоре, на которую произошло замыкание, и находившийся на расстоянии  $x_1$  от нее, и второй — касавшийся металлической стойки забора, закрепленной в земле и отстоящей от центра опоры ВЛ на расстоянии  $x_2$ .

Ток, стекающий с опоры в землю 50 А; заглубление опоры в землю 2 м; диаметр опоры  $d = 0,2$  м; удельное сопротивление земли  $\rho = 100$  Ом·м; сопротивление тела человека = 1000 Ом; длина шага  $a = 0,8$  м; расстояния:  $x_1 = 2$  м;  $x_2 = 4$  м,  $b = 1,0$  м,  $x_3 = 45$  м.

Требуется определить напряжение шага для первого человека и напряжение прикосновения для второго человека; в обоих случаях учесть сопротивления оснований, на которых находились эти люди. Необходимо также определить потенциал стойки и показание вольтметра на расстоянии  $x_3$ .

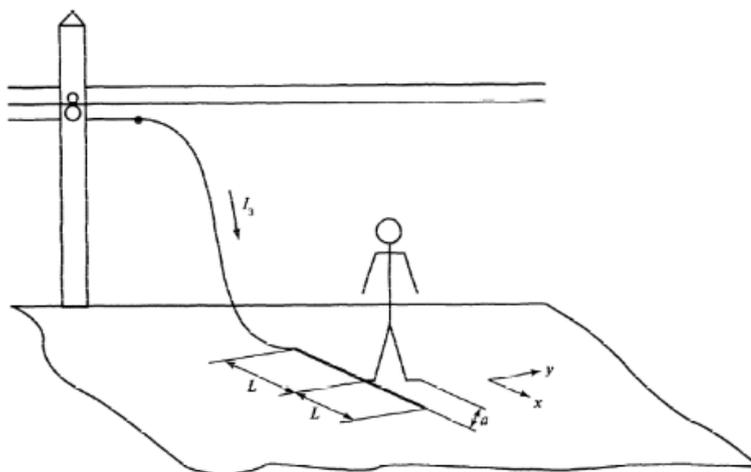


**Задача 6.2.** На воздушной линии электропередачи (ВЛ) напряжением 10 кВ оборвался один из проводов. Участок этого провода длиной  $2L$  лег на землю. Человек, идущий поперек оси участка провода, лежащего на земле, наступил одной ногой точно на середину этого участка провода, а другой ногой — на землю. Человек подвергся воздействию шагового напряжения и упал на землю, однако остался жив.

Дано-. длина линий электросети, в состав которых входит и поврежденный участок, составляет: воздушных —  $L_n = 105$  км, кабельных —  $L_k = 12$  км, длина участка привода, лежащего на земле 18 м; длина шага  $a = 0,8$  м; удельное сопротивление земли 100 Ом·м; диаметр провода  $d = 0,02$  м; сопротивление тела человека 1000 Ом.

Требуется вычислить потенциал оборванного провода и шаговое напряжение пострадавшего.

Указания-, принять, что участок провода, лежащего на земле, погружен в землю на половину его диаметра; сопротивление обуви пострадавшего и сопротивление растекания тока с его ног вследствие сырой погоды принять равными нулю.



### Тема 7. Несчастные случаи с летальным исходом

*Цель занятия:* Ознакомление с методикой оценки получения электротравм с летальным исходом.

#### *Типовые задания*

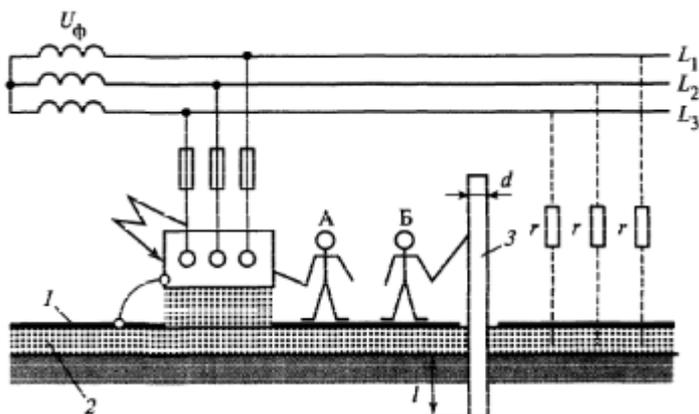
**Задача 7.1.** Небольшое производственное помещение имеет металлический пол — стальной лист, уложенный поверх бетонного основания. Этот лист не имеет электрической связи ни с какими металлоконструкциями и металлическими предметами за исключением корпуса электродвигателя, установленного на бетонном фундаменте; корпус соединен проводником с металлическим полом. Предполагалось, что стальной лист является заземлителем с достаточно большой проводимостью. Но, как показали измерения, это сопротивление оказалось достаточно большим из-за бетонного основания и составило несколько мегаом, т.е. при расчете может быть принято бесконечным.

Во время пребывания в помещении двух рабочих, стоявших на металлическом полу и касавшихся: рабочий А корпуса двигателя, рабочий Б — стальной трубы (см. рисунок к задаче), вертикально забитой в землю, произошло замыкание обмотки работающего двигателя на его корпус. В результате этого человек Б был смертельно поражен током.

Труба, которой касался пострадавший, проходила через круглое отверстие в стальном полу, диаметром в 2 раза большим диаметра трубы, и не касалась стального пола и других металлических элементов помещения.

Дано', сеть трехфазная трехпроводная с изолированной нейтралью напряжением  $U = 660$  В; сопротивления изоляции проводов относительно земли  $r_1 = r_2 = r = 1800$  Ом; длина забитого в землю участка трубы  $2,0$  м; диаметр трубы  $d = 0,05$  м; сопротивление тела человека  $R_h = 1000$  Ом; удельное сопротивление земли  $\rho = 200$  Ом·м.

Требуется определить напряжения прикосновения, воздействию которых подверглись оба рабочих.



**Задача 7.2.** На воздушной трехфазной линии электропередачи (ВЛ) с заземленной нейтралью произошел обрыв провода, который упал на металлический полушар, лежащий на земле.

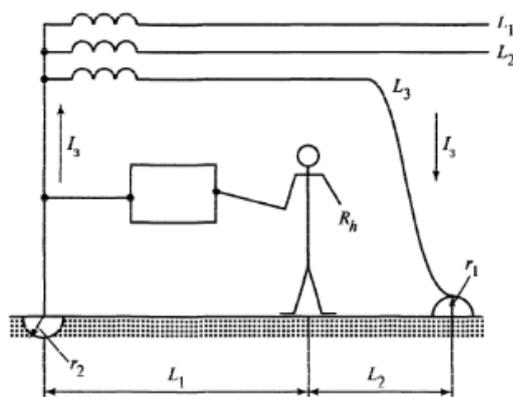
Человек, стоявший на земле и прикасавшийся в это время к заземленному корпусу потребителя электроэнергии, был смертельно поражен током.

Радиусы полушаров  $r_1 = r_2 = 0,5$  м; расстояния от центров полушаров до точки, на которой стоял пострадавший,  $L_1 = 2$  м,  $L_2 = 1$  м; удельное сопротивление земли  $200$  Ом·м; сопротивление тела человека  $1000$  Ом.

Измерениями было установлено, что ток, стекающий с оборванного провода в землю через полушар,  $63$  А.

Требуется: вычислить напряжение прикосновения, под которым оказался пострадавший, с учетом сопротивления растекания тока в землю с ног человека (сопротивления основания).

Предмет, которого касался оборванный провод, следует уподобить полушару радиусом  $r_1$ , лежащему на земле, а заземлитель нейтрали сети принять также в виде полушару радиусом  $r_2$ .



### Тема 8. Защитное заземление

*Цель занятия:* Ознакомление с методикой расчетов защитных устройств.

*Типовые задания*

**Задача 8.1.** На выделенном участке земли во второй климатической зоне местности намечено сооружение группового заземлителя с использованием вертикальных стержневых и соединяющих их горизонтальных полосовых электродов. При этом верхние концы вертикальных электродов и горизонтальные электроды погружены в землю на глубину 0,8 м.

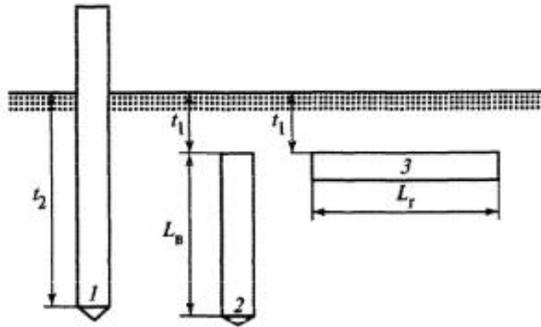
Длина и диаметр вертикального электрода  $L^* = 4,2$  м; его диаметр  $d = 0,05$  м; длина горизонтального электрода  $L_g = 50$  м; его сечение  $S - 4 \times 40$  мм; сопротивления растеканию тока с зонда при погружении его на глубину 5 м в разных местах участка составили:

30 Ом; 26 Ом; 40 Ом; 22 Ом.

Требуется определить расчетные значения удельных сопротивлений однородной земли для одиночных вертикального и горизонтального заземлителей (электродов)  $r_{rv}$  и  $r_{rh}$  с учетом климатической зоны местности.

С этой целью в четырех местах участка, на котором намечено сооружение заземлителя, были проведены измерения сопротивлений растекания одиночного заземлителя методом послойного зондирования с помощью вертикального зонда (электрода). При этом глубина погружения нижнего конца зонда составляла 5 м, что соответствовало предполагаемой глубине погружения нижних концов вертикальных электродов проектируемого заземлителя.

Во время зондирования земля была малой влажности, количество осадков ниже нормы.



**Задача 8.2.** Для строящейся понижающей трансформаторной подстанции 10/0,4 кВ городской кабельной сети решено соорудить заземлитель контурного типа. Заземлитель будет содержать 10 вертикальных электродов — отрезков угловой стали с шириной полков  $b = 50$  мм, длиной каждый  $A_b = 3$  м и горизонтальный электрод — стальную полосу сечением  $4 \times 20 = 80$  мм<sup>2</sup>, длиной 50 м, соединяющую вертикальные электроды.

На подстанции будут установлены два трехфазных трансформатора, работающих параллельно при изолированных нейтралях со стороны высшего напряжения и глухозаземленных нейтралях со стороны 400 В

Протяженность питающей кабельной сети 10 кВ 40 км, воздушная сеть отсутствует; измеренное удельное сопротивление земли, полученное замером при повышенной влажности земли, 65 Ом; расстояние между соседними вертикальными электродами  $a = 5$  м; глубина погружения в землю верхнего конца вертикального электрода и глубина погружения горизонтального электрода  $t = 0,8$  м.

Требуется рассчитать сопротивление заземлителя с целью проверки его соответствия требованиям ПУЭ. При этом надо иметь в виду, что заземлитель должен быть пригоден для установок как до 1000 В, так и выше 1000 В вплоть до 35 кВ, т.е. его сопротивление не должно быть выше 4 Ом в первом случае и  $125/I_3 < 10$  Ом во втором (где  $I_3$  — ток замыкания на землю).



Приложение № 4

## **ЗАДАНИЯ ДЛЯ КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ**

### **по дисциплине «Безопасность в электротехнике»**

Контрольные работы представляют собой исследования, при выполнении которых магистрант использует накопленный объем знаний по дисциплине «Безопасность в электротехнике», а также по смежным дисциплинам для приобретения навыков решения задач научно-практической направленности, связанных с безопасной работой электрооборудования, приобретая тем самым формируемые в результате освоения курса компетенции. Контрольные работы предусмотрены в третьем и четвертом семестрах обучения.

Контрольная работа за **третий** семестр посвящена вопросам **заземления**. Задание для контрольной работы формулируется совместно с преподавателем с учетом тематики магистерской ВКР студента и возникающих при работе над ней задач, связанных с безопасностью объектов электроэнергетики.

Обязательные вопросы, рассматриваемые в контрольной работе за третий семестр:

- одиночные заземлители;
- простые групповые заземлители;
- защитное заземление.

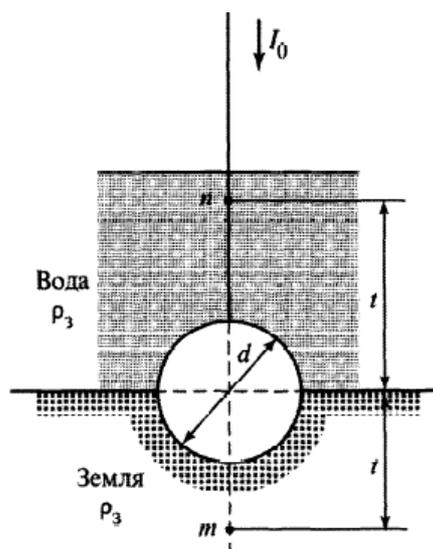
В качестве типовых заданий на приведенные выше темы могут быть использованы следующие.

#### **1 Одиночные заземлители**

Сферический электрод, на который по изолированному проводу подается ток, лежит на дне моря на весьма большой глубине, при которой поверхность моря не влияет на характер растекания тока.

Дано: диаметр шара; стекающий с шара ток; удельное сопротивление воды и земли; расстояния от центра сферы до точек  $m$  и  $n$  одинаковы.

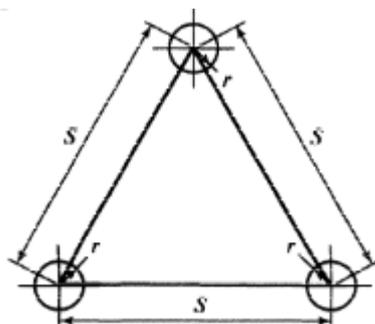
Требуется определить потенциалы в точках  $m$  и  $n$ ; а также вычислить сопротивление растеканию рассматриваемого сферического электрода.



## 2 Групповые заземлители

Ток  $I_3$  стекает с группового заземлителя, состоящего из трех одинаковых полусферовых электродов, размещенных в вершинах равностороннего треугольника.

Требуется определить потенциал группового заземлителя при расстояниях между центрами электродов  $S$ . Известно удельное сопротивление грунта равно (земля однородная).



## 3 Защитное заземление

При проектировании заземляющего устройства трансформаторной подстанции 110/35/10 кВ было решено в дополнение к искусственному заземлителю использовать два естественных заземлителя: первый — грозозащитные тросы на опорах отходящей от подстанции воздушной линии электропередачи (ВЛ) 110 кВ; второй стальная обсадная труба неиспользуемого артезианского колодца, находящегося вблизи строящейся подстанции.

Таким образом, заземляющее устройство подстанции будет иметь три параллельно работающих заземлителя (два естественных и один искусственный) и должно обладать согласно требованиям ПУЭ сопротивлением не более 0,5 Ом.

Дано: число опор ВЛ, несущих грозозащитные тросы; число тросов на опоре ; тросы стальные, известно их активное сопротивление; длина пролета ВЛ; диаметр обсадной трубы; длина погруженной в землю части обсадной трубы; сопротивление заземлителя каждой опоры ВЛ; земля однородная; расчетное удельное сопротивление земли с учетом сезонных изменений .

Требуется определить значения сопротивлений, которыми обладают каждый естественный заземлитель, и значение сопротивления, которым должен обладать искусственный заземлитель.

Контрольная работа за **четвертый** семестр посвящена вопросам **обеспечения безопасности электроустановок**. Задание формулируется таким же образом как и в предыдущем семестре совместно с преподавателем с учетом тематики магистерской ВКР студента и возникающих при работе над ней задач, связанных с безопасностью объектов электроэнергетики.

Обязательные вопросы, рассматриваемые в контрольной работе за четвертый семестр:

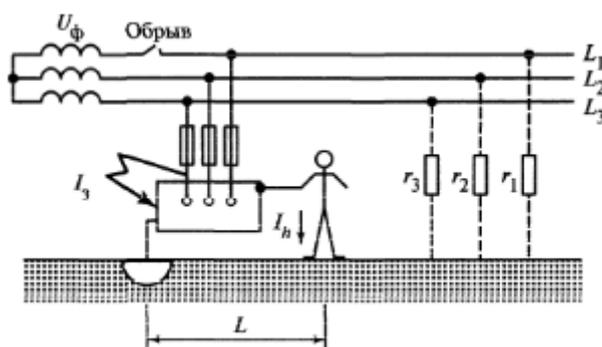
- анализ опасности поражения током в электрических сетях;
- электрическое поле промышленной частоты (50 Гц);
- работы пофазные и под напряжением свыше 1000 В;
- несчастные случаи с людьми от электрического тока без летального исхода;
- несчастные случаи с людьми от электрического тока с летальным исходом.

В качестве типовых заданий на приведенные выше темы могут быть использованы следующие.

### **1 Анализ опасности поражения током в электрических сетях**

В трехфазной сети с изолированной нейтралью произошел обрыв фазы 1 в непосредственной близости от питающего трансформатора. В это же время возникло короткое замыкание фазы 3 на заземленный корпус электродвигателя, которого касался человек.

Дано: напряжение сети; сопротивление заземления корпуса потребителя электроэнергии ; сопротивление изоляции фаз сети относительно земли  $r_1, r_2$ ; сопротивление тела человека  $R_h$ ; удельное сопротивление земли; расстояние от человека до заземлителя.



## 2 Электрическое поле промышленной частоты (50 Гц)

Определить энергию электрического поля промышленной частоты (50 Гц), поглощенную телом человека, работавшего в ОРУ в течение 4 ч, стоя непосредственно на земле в токопроводящей обуви без каких-либо средств защиты от воздействия электрического поля. При этом напряженность электрического поля на уровне высоты его роста составляла 5 кВ/м.

Дано: рост человека, масса его тела, плотность тела ; удельное электрическое сопротивление тела человека.

Рекомендуется заменить тело человека равной ему по высоте и объему половиной эллипсоида вращения (овоида) с полуосями  $a$  и  $b$ , стоящего так, что большая его полуось  $a$  перпендикулярна поверхности земли.

## 3 Работы пофазные и под напряжением свыше 1000 В

При подготовке воздушной линии электропередачи (ВЛ) к пофазному ремонту полагается устанавливать на отключенный (подлежащий ремонту) провод два временных переносных заземления вблизи друг от друга. Это требование вызвано необходимостью обеспечить высокую степень надежности заземления провода, находящегося под электростатическим и магнитным влиянием оставшихся в работе проводов.

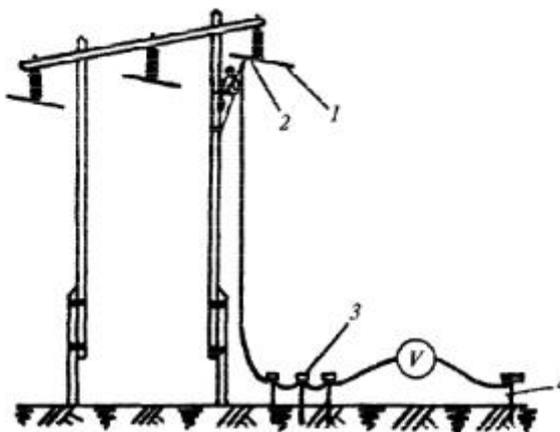
В данном случае одно из этих заземлений намечено присоединить к стационарному заземлителю стальной опоры ремонтируемой ВЛ, т.е. соединить провод с телом металлической опоры. Этот заземлитель, как показали испытания, обладает сопротивлением 26 Ом. Другое переносное заземление намечено установить на расстоянии нескольких метров от первого, где заземлителем будут служить вбитые в землю вертикальные электроды (стержни).

Дано: Напряжение ВЛ; допустимое напряжение прикосновения; длина отключенного провода; взаимная емкость между проводами; длина погруженной в землю части

вертикального стержня (электрода); диаметр стержня; расстояние между соседними вертикальными электродами, установленными в ряд; удельное сопротивление земли.

Требуется определить, каким сопротивлением должен обладать второй заземлитель, чтобы была обеспечена безопасность прикосновения монтера к отключенному проводу на участке выполнения работ, т.е. напряжение прикосновения не должно превышать допустимого правилами значения — 42 В; определить количество электродов, забиваемых в землю для устройства второго заземлителя, разместив их на одной прямой на одинаковом расстоянии друг от друга, например 2 м.

Примечание. На практике защита обеспечивается одновременно как от статических, так и от магнитных наводок путем установки на всей длине провода лишь одного двойного заземления, описанного выше, при этом разрешается работать на отключенном проводе лишь в пределах до 20 м в каждую сторону от места его заземления.



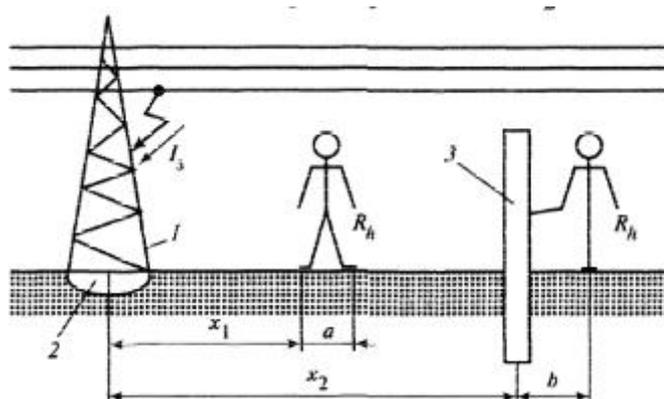
#### 4 Несчастные случаи с людьми от электрического тока без летального исхода

На воздушной линии электропередачи (ВЛ) напряжением 35 кВ с металлическими решетчатыми опорами в результате наброса произошло замыкание одной фазы на тело опоры. При этом воздействию гока во время аварии подверглись два человека: первый, идущий вблизи опоры, на которой произошло замыкание, на расстоянии  $x_1$  от оси опоры, и второй, касающийся металлической стойки забора 3, вбитой в землю и отстоящей от опоры на расстоянии  $x_2$ .

Дано: Суммарная протяженность ВЛ 35 кВ, к которой относится и поврежденный участок; удельное сопротивление земли; длина шага человека; сопротивление тела человека; расстояния:  $x_1$ ;  $x_2$ ;  $b$ .

Требуется определить шаговое напряжение для первого человека и напряжение прикосновения для второго человека с учетом сопротивления основания, на котором стоит человек, а также потенциал стойки 3.

Ток с опоры в землю стекает через ее фундамент, представляющий собой бетонный параллелепипед, который будем считать токопроводящим и заменим металлическим полушаром.

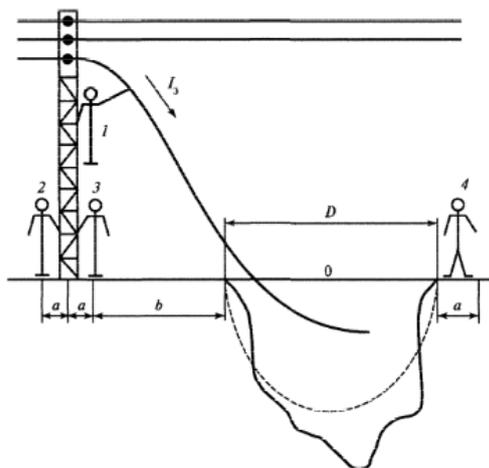


## 5 Несчастные случаи с людьми от электрического тока с летальным исходом

На воздушной электрической линии (ВЛ) 35 кВ с металлическими опорами, имеющей двухстороннее питание, произошел обрыв провода, конец которого упал в небольшой водоем (пруд). При этом воздействию тока подверглись четыре человека: 1 — человек, работающий на опоре, которую коснулся оборвавшийся провод; 2 и 3 — люди, касавшиеся в момент аварии металлического тела опоры; 4 — человек, идущий в непосредственной близости от водоема. Один из них был смертельно поражен током. На его руке возник ожог и образовались электрические знаки в виде выпуклых круглых пятен темно-желтого цвета.

Дано: суммарная длина электрической сети 35 кВ, от которой питался поврежденный участок; длины участков воздушной и кабельной линий; удельное сопротивление земли; сопротивление тела человека; размеры водоема.

Требуется определить значения напряжения прикосновения для людей 1, 3 и напряжение шага для человека 4 с учетом сопротивления основания каждого пострадавшего. Форму водоема следует принять в виде полусферы диаметром  $D$ , м.



Приложение №5

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЕ ВОПРОСЫ ПО МОДУЛЮ «ЭКСПЛУАТАЦИЯ  
ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ**

1. Шаровой заземлитель в земле на большой глубине
2. Шаровой заземлитель вблизи поверхности земли
3. Стержневой заземлитель
4. Определение сопротивления заземлителей растеканию тока методом электростатической аналогии
5. Распределение потенциала на поверхности земли при групповом заземлителе
6. Сопротивление группового заземлителя растеканию тока
7. Анализ опасности поражения током в однофазных электрических сетях
8. Анализ опасности поражения током в трехфазных электрических сетях
9. Чем обусловлена опасность для человека, находящегося рядом с высоковольтным оборудованием?
10. Какие факторы влияют на опасность человека, находящегося в зоне действия сильных электрических полей?
11. Как изменяется потенциал отключенного участка вдоль его длины при отключении одной из фаз? Как влияет длина участка на потенциал?
12. Напряжение прикосновения при одиночном и групповом заземлителях
13. Напряжение прикосновения при групповом заземлителе
14. Напряжение прикосновения с учетом падения напряжения в сопротивлении основания, на котором стоит человек
15. Напряжение шага
16. Напряжение шага при одиночном заземлителе
17. Напряжение шага при групповом заземлителе
18. Напряжение шага с учетом падения напряжения сопротивлении основания, на котором стоит человек
19. Как влияет заземление отключенной фазы на ток прикосновения к ней?
20. Что означает термин «сверхнизкое напряжение»? (ГОСТ 61140-2012)
21. Основополагающее правило защиты от поражения электрическим током. (ГОСТ 61140-2012)
22. Меры предосторожности для основной защиты от поражения электрическим током. (ГОСТ 61140-2012)

23. Методы идентификации выводов оборудования и проводников (IEC 60445:2010).
24. Идентификация посредством цвета (IEC 60445:2010).
25. Идентификация посредством графических обозначений (IEC 60445:2010).
26. Средства технического диагностирования.
27. Условия вскрытия масляных и авто – трансформаторов, масляных реакторов.
28. Типовые структуры систем диагностирования.
29. Методы оценки, измерения и испытания, определяющие состояние электрооборудования и его элементов.
30. Технические средства поиска дефектов.
31. Методы прогнозирования неисправностей электрооборудования.
32. Маслоочистительные установки для очистки масла центрифугированием.
33. Методы построения алгоритмов поиска дефектов.
34. Меры безопасности при работе с механизмами и установками.
35. Критерии и задачи организации системы диагностирования.
36. Способы построения диагностических моделей.
37. Связь процесса диагностирования и структуры технических средств диагностирования.
38. Высоковольтные испытания кабельной линии.
39. Диагностическая модель распределительной сети.
40. Объекты диагностирования элементов электроустановок.
41. Диагностические модели линий и трансформаторов.
42. Количественные показатели надежности.
43. Общие принципы и методы выявления дефектов оборудования.
44. Диагностическая модель трансформатора.
45. Процедура и методы анализа диагностических моделей.
46. Методы поиска дефектов. Объясните назначение тестового контроля в технических системах.
47. Какие отказы называют скрытыми?
48. оперативного постоянного тока и собственных нужд.
49. Методы и средства, применяемые при диагностике коммутационных аппаратов ВН на ПС
50. Методы и средства, применяемы при диагностике линий электропередач.

51. Неразрушающие методы контроля, обследование фундаментов сейсмоакустическим методом, обследование анкерных узлов ультразвуковым методом, диагностика анкерных плит методом георадарной локации.
52. Применение тепловизионного и ультразвукового контроля. Магнитная дефектоскопия токонесущих проводов, грозотросов и оттяжек опор воздушных линий электропередач. Диагностика грозоупорности ВЛ и методы ее повышения. Диагностика заземления опор ВЛ.
53. Диагностика гирлянд изоляторов ВЛ, методы, типовые дефекты изоляторов из стекла, фарфора и полимера.
54. Методы и средства, применяемые при диагностике кабельных линий электропередач.
55. Определение мест повреждения КЛ.
56. Передвижные диагностические лаборатории: возможности, применимость.
57. Методы и средства непрерывного мониторинга оборудования ВН
58. Методы непрерывного мониторинга, контроля и оценки состояния высоковольтного оборудования подстанций.
59. Комплексный подход к непрерывному мониторингу маслонаполненного трансформаторного оборудования.