



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования

«Дальневосточный федеральный университет»  
(ДВФУ)

НАЗВАНИЕ ШКОЛЫ (ФИЛИАЛА)

«СОГЛАСОВАНО»

Руководитель ОП

Н.В. Силин  
(подпись) (Ф.И.О. рук. ОП)  
« 29 » января 2020 г.

«УТВЕРЖДАЮ»

Заведующий кафедрой  
ЭЭиЭТ  
(название кафедры)

Н.В. Силин  
(подпись) (Ф.И.О. зав. каф.)  
« 29 » января 2020 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Диагностика электроустановок

Направление подготовки –13.04.02 Электроэнергетика и электротехника

Магистерская программа «Оптимизация развивающихся систем электроснабжения»

Форма подготовки (очная)

курс  2  семестр  3

лекции  18  час.

практические занятия  18  час.

лабораторные работы   час.

в том числе с использованием МАО лек.  8  /пр.  10  /лаб.   час.

всего часов аудиторной нагрузки  36  час.

в том числе с использованием МАО  18  час.

самостоятельная работа  72  час.

контрольные работы (1)

курсовая работа / курсовой проект   семестр

зачет  3  семестр

экзамен   семестр

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта по направлению подготовки 13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника» утвержденного приказом Министерства образования и науки РФ от 22 марта 2018 г. №50476

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры Электроэнергетики и электротехники, протокол № 5 от «29» января 2020 г.

Заведующий кафедрой д.т.н., доцент Н.В. Силин

Составитель: к.т.н., доцент Ю.М. Горбенко

**Оборотная сторона титульного листа РПУД**

**I. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры:**

Протокол от «\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_\_

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  
(подпись) (И.О. Фамилия)

**II. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры:**

Протокол от «\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_\_

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  
(подпись) (И.О. Фамилия)

## **Аннотация к рабочей программе дисциплины**

### **«Диагностика электроустановок»**

Дисциплина «Диагностика электроустановок» разработана для магистров 2 курса по направлению 13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника» программа «Оптимизация развивающихся систем электроснабжения», относится к дисциплинам по выбору вариативной части базового цикла учебного плана (Б1.В.ДВ.02.02).

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 3 зачетные единицы (108 час.). Учебным планом предусмотрены лекционные занятия (18 час.), практические занятия (18 час.), самостоятельная работа студентов (72 час.). Дисциплина реализуется в 3 семестре. Форма промежуточной аттестации – зачет.

Дисциплина опирается на знания, полученные студентами при изучении дисциплин: «Информатика», «Прикладное программирование», «Математические задачи энергетики», «Общая энергетика», «Теоретические основы электротехники», «Метрология и стандартизация в электроэнергетике», «Электрические аппараты». В свою очередь дисциплина является «фундаментом» для подготовки магистрантов к практической работе на производстве. Дисциплина изучает методы и средства диагностики энергетического оборудования как при снятии рабочего напряжения, так и под напряжением.

#### **Цели дисциплины:**

- изучение основ анализа условий работы электрооборудования, причин отказов и физических процессов, сопутствующих появлению дефектов, а также характерных признаков, предшествующих отказам изделий;
- изучить вопросы автоматизации процессов диагностирования с помощью измерительно-диагностических приборов;
- изучение систем мониторинга электрооборудования энергетических предприятий;
- обучение студентов наиболее эффективным методам диагностики подстанционного электрооборудования в зависимости от предполагаемого дефекта;

- изучение физических основ и методов диагностики (контроля технического состояния) изоляции установок и оборудования электрических станций и сетей высокого напряжения.

- самостоятельно приобретать и использовать в практической деятельности новые знания и умения, расширять и углублять свое научное мировоззрение, в том числе с помощью информационных технологий;

- находить творческие решения профессиональных задач, уметь принимать нестандартные решения;

- профессионально эксплуатировать современное оборудование;

- оформлять, представлять и докладывать результаты диагностирования;

- использовать современные и перспективные компьютерные и информационные технологии;

- формулировать технические задания, разрабатывать и использовать средства автоматизации при проектировании и технологической подготовке производства;

- управлять проектами электроэнергетических и электротехнических установок различного назначения;

- решать инженерно-технические и экономические задачи с применением средств прикладного программного обеспечения;

- применять методы и средства автоматизированных систем управления технологическими процессами электроэнергетической и электротехнической промышленности;

- управлять действующими технологическими процессами при производстве электроэнергетических и электротехнических изделий, обеспечивающими выпуск продукции, отвечающей требованиям стандартов и рынка;

- управлять программами освоения новой продукции и технологии;

### **Задачи дисциплины:**

- познакомить обучающихся с видами технического состояния и системами эксплуатационного контроля оборудования электрических сетей и подстанций;
- дать информацию о методах, средствах и приемах диагностики электрооборудования;
- научить принимать и обосновывать конкретные технические решения о дальнейшей судьбе выявленного неисправного оборудования;
- научиться выявлять дефекты электрооборудования электрических сетей и подстанций и определять остаточный ресурс;
- понимать и использовать зависимость между результатами диагностики и остаточным ресурсом электрооборудования для своевременного вывода оборудования в ремонт;
  - познакомить обучающихся с разнообразными видами автоматизированных диагностических систем в электроэнергетике, их назначением, требование к ним и основные характеристики;
  - научить работе с документацией и критически оценивать возможности существующих диагностических систем в электроэнергетике, проводить сравнительный анализ результатов диагностирования;
  - научить принимать и обосновывать конкретные технические решения при последующем конструировании диагностических систем в электроэнергетике.

Для успешного изучения дисциплины «Диагностика электроустановок» у обучающихся должны быть сформированы следующие предварительные компетенции, полученные при освоении программы бакалавриата:

- способность проявлять инициативу и принимать ответственные решения, осознавая ответственность за результаты своей профессиональной деятельности;

- способность творчески воспринимать и использовать достижения науки, техники в профессиональной сфере в соответствии с потребностями регионального и мирового рынка труда;

- способность использовать современные методы и технологии (в том числе информационные) в профессиональной деятельности;

- способность работать в коллективе, толерантно воспринимая социальные и культурные различия;

- способностью к самоорганизации и самообразованию;

- способностью применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач;

- способностью участвовать в планировании, подготовке и выполнении типовых экспериментальных исследований по заданной методике;

- способностью обрабатывать результаты экспериментов.

В результате изучения данной дисциплины у студентов формируются следующие общепрофессиональные и профессиональные компетенции (элементы компетенций).

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции	
УК-6 - способностью определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки	Знает	методы организации и проведения научной работы и решения практических задач
	Умеет	самостоятельно осваивать новые методы исследований и адаптироваться к решению новых практических задач
	Владеет	навыками формулировки и решения проблемных ситуаций в соответствии с исходными принципами современного типа научно-технической рациональности
ПК-5 - готовностью применять методы и средства автоматизированных систем управления технологическими процессами	Знает	требования к качеству электрической энергии; порядок управления электроэнергетическим режимом работы энергосистемы с использованием режимной автоматики; состав автоматизированной системы диспетчерского управления; функциональные возможности средств диспетчерского и технологического управления; назначение, принципы выполнения, порядок обслуживания устройств (комплексов) релейной защиты и автоматики; основы электротехники

электроэнергетической и электротехнической промышленности	Умеет	использовать средства диспетчерского и технологического управления; создавать наиболее надежную послеаварийную схему электрических соединений объектов электроэнергетики; оценивать эффективность управляющих воздействий в послеаварийной схеме электрических соединений объектов электроэнергетики
	Владеет	навыками применения автоматизированных систем управления технологическими процессами в электроэнергетических системах

Для формирования вышеуказанных компетенций в рамках дисциплины «Диагностика электроустановок» применяются следующие методы активного обучения: **«дискуссия», «коллективное решение задачи».**

# **I. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ**

## **КУРСА (18 час)**

### **1. РАЗДЕЛ I. ОБЩИЕ ВОПРОСЫ ДИАГНОСТИКИ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК (8час.)**

#### **Тема 1. Современные задачи диагностики электроустановок(2 час.)**

Современные задачи диагностики (контроля технического состояния) установок и электрооборудования высокого напряжения: исключение аварий с тяжёлыми экономическими и экологическими последствиями, определение целесообразных сроков и содержания ремонтных работ, оценка остаточного ресурса для определения очередности замены устаревшего оборудования. Достоверность диагностических измерений. Методы и средства диагностики. Методология диагностики. Приемы диагностики. Нормативная база диагностики «РД 34.45-51.300-97. Объем и нормы испытаний электрооборудования».

#### **Тема 2. Общие сведения о подстанционном оборудовании(4 час.)**

*Занятия проводятся с использованием метода интерактивного обучения – «дискуссия» (4 час.)*

Трансформаторное оборудование. Виды трансформаторного оборудования. Устройство и принцип работы силового трансформатора. Устройство и принцип работы реактора.

Коммутационная аппаратура. Виды коммутационной аппаратуры. Устройство и принцип работы высоковольтного выключателя. Устройство и принцип работы разъединителя.

Измерительное оборудование. Виды измерительного оборудования. Устройство и принцип работы трансформатора напряжения. Устройство и принцип работы трансформатора тока.



Вспомогательное оборудование. Устройства компенсации реактивной мощности. Токоограничивающие устройства. Устройства регулирования напряжения.

### **Тема 3. Методы оценки остаточного ресурса силовых трансформаторов (2 час.)**

*Занятие проводится с использованием метода интерактивного обучения – «дискуссия» (2 час.)*

Закономерности и содержание процессов старения изоляции силовых трансформаторов и шунтирующих реакторов. Оценка остаточного ресурса силового трансформатора по степени полимеризации твёрдой изоляции (картона, бумаги). Оценка остаточного ресурса силового трансформатора по концентрации фурановых соединений в масле. Возможность управления сроком службы трансформатора.

## **РАЗДЕЛ II. МЕТОДЫ ДИАГНОСТИКИ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК В ЭКСПЛУАТАЦИИ (10час.)**

### **Тема 4. Периодический контроль технического состояния с отключением оборудования (2 час.)**

*Занятие проводится с использованием метода интерактивного обучения – «дискуссия» (2 час.)*

Испытания изоляции приложением повышенного напряжения. Измерения сопротивления и тангенса угла диэлектрических потерь, абсорбционных характеристик.

Диагностические характеристики, основанные на измерении электромагнитных параметров. Определение коэффициента трансформации. Измерение тока и потерь холостого хода. Измерение сопротивления короткого замыкания. Измерение потерь короткого замыкания. Измерение сопротивления обмоток постоянному току.

Диагностические характеристики, основанные на определении химического состава. Газохроматографический анализ. Диагностика состояния бумажной изоляции по продуктам старения. Применение тонкослойной хроматографии при определении микроколичеств фурановых производных в изоляционном масле. Контроль качества трансформаторных масел при их эксплуатации в электрооборудовании.

### **Тема 5. Периодический контроль технического состояния под напряжением (2 час.)**

Основы электрического и акустического методов регистрации частичных разрядов (ЧР). Тепловизионный контроль. Контроль маслonaполненного оборудования путём испытания проб масла (измерение физико-химических свойств масла, хроматографический анализ растворённых в масле газов).

Трансформаторное оборудование. Испытание масла в процессе эксплуатации трансформаторов. Контроль качества трансформаторных масел при их эксплуатации в электрооборудовании. Диагностика вводов трансформаторного оборудования.

Коммутационная аппаратура. Вибрационные характеристики. Тепловизионное обследование.

Измерительное оборудование. Измерение  $\tan\delta$  изоляции в трансформаторах тока. Измерение сопротивления обмоток постоянному току в трансформаторах тока. Испытание встроенных трансформаторов тока. Измерение сопротивления изоляции обмоток в трансформаторах напряжения. Испытание обмоток повышенным напряжением частоты 50 Гц в трансформаторах напряжения. Измерение сопротивления обмоток постоянному току в трансформаторах напряжения.

Вспомогательное оборудование. Диагностика переключающих устройств трансформаторного оборудования. Диагностика устройств регулирования напряжения силовых трехфазных трансформаторов. Диагностика системы защиты и контрольно-измерительной аппаратуры трансформаторного

оборудования. Диагностика систем охлаждения трансформаторного оборудования. Диагностика баков трансформаторного оборудования.

### **Тема 6. Непрерывный автоматический контроль (мониторинг) (2 час.)**

Современные системы автоматического непрерывного контроля технического состояния мощных силовых трансформаторов высокого напряжения. Основные требования к функциональным свойствам систем диагностического мониторинга силовых трансформаторов 110 кВ. Системы диагностического мониторинга и оценки технического состояния силовых трансформаторов. Системы мониторинга коммутационного оборудования. Системы диагностического мониторинга изоляции высоковольтных кабельных линий. Системы мониторинга состояния изоляции для воздушных линий электропередачи. Требования к системам диагностического мониторинга высоковольтных электрических машин.

### **Тема 7. Диагностика воздушных и кабельных линий (2 час.)**

Особенности линий электропередачи как объекта диагностики. Методы локализации повреждений в кабельных линиях. Аэросканирование воздушных линий электропередачи.

Требования к диагностированию воздушных линий. Схемы замещения воздушных линий электропередачи и их параметры. Кабельные линии электропередачи. Схемы замещения кабельных линий электропередачи и их параметры. Методики определения целостности жил и фазировки кабельных линий. Методики определения целостности жил, характера и места повреждения кабельных линий. Приборы и оборудование для определения зоны повреждения кабеля. Диагностирование кабельных линий. Измерение тангенса угла диэлектрических потерь и емкости изоляции

### **Тема 8. Особенности диагностики отдельных видов электрооборудования (2 час.)**

Специфические задачи и особенности контроля технического состояния изоляции крупных вращающихся машин, коммутирующих и защитных аппара-

ратов. Анализ дефектов, возникающих в электрических машинах. Диагностика изоляции электрических машин. Аппаратура диагностического контроля. Диагностика технического состояния обмотки статора и ротора, качества крепления обмоток в пазу. Датчики для измерения частичных разрядов. Диагностика остаточного коммутационного ресурса главных контактов, привода, изоляционной системы.

## **II. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА (18 часов)**

**Занятие 1. Изучение нормативных документов по диагностике электрооборудования станций и подстанций (2 час.)**

1. РД 34.46.303-89. Методические указания по подготовке и проведению хроматографического анализа газов, растворенных в масле силовых трансформаторов. – М.: Союзтехэнерго, 1990.

2. РД 34.45-51.300-97. Объем и нормы испытаний электрооборудования. М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 1997.

3. РДИ 34-38-058-91. Типовая технологическая инструкция. Трансформаторы напряжением 110–1150 кВ мощностью 80 МВА и более. Капитальный ремонт. М.: Союзтехэнерго, 1991.

4. РД 34.46.303-98. Методические указания по подготовке и проведению хроматографического анализа газов, растворенных в масле силовых трансформаторов. – М.: ВНИИЭ, 1998.

5. Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей Российской Федерации (2003г.).

6. Правила устройства электроустановок (7-е издание).

7. Методические указания по контролю состояния электрооборудования (81 нормативно-технический документ (НТД) согласно Приказу от 29.05.2008 № 210 «Об утверждении Реестра действующих в ОАО «ФСК ЕЭС» нормативно-технических документов (НТД) электросетевой тематики».

### **Занятия 2, 3. Достоверность диагностической информации(4 час.)**

1. Метрологические характеристики средств измерений. Класс точности.
2. Методы обработки результатов прямых измерений.
3. Методы обработки результатов косвенных измерений.
4. Методы обработки результатов совместных и совокупных результатов измерений.

### **Занятие 4. Просмотр учебной презентации «Диагностика силовых трансформаторов» с последующим обсуждением(2 час.)**

*Занятие проводится с использованием метода интерактивного обучения – «дискуссия» (2 час.)*

1. Основные виды повреждений трансформаторов.
2. Способы диагностики силовых трансформаторов.
3. Контроль за показаниями контрольно-измерительных приборов и осмотры трансформаторов.

### **Занятие 5. Просмотр учебной презентации «Диагностика коммутационной аппаратуры» с последующим обсуждением(2 час.)**

*Занятие проводится с использованием метода интерактивного обучения – «дискуссия» (2 час.)*

1. Мониторинг остаточного коммутационного ресурса главных контактов.
2. Мониторинг технического состояния привода выключателей.
3. Мониторинг технического состояния изоляционной системы выключателя.
4. Мониторинг специфических технологических параметров, связанных с особенностями конструкции коммутационного оборудования.
5. Техническая реализация систем диагностики коммутационного оборудования.

### **Занятие 6. Просмотр учебной презентации «Диагностика измерительного оборудования» с последующим обсуждением(2 час.)**

*Занятие проводится с использованием метода интерактивного обучения – «дискуссия» (2 час.)*

1. Особенности работы измерительного трансформатора напряжения.
2. Анализ погрешностей и способы их уменьшения.
3. Метрологические характеристики измерительного трансформатора напряжения.

**Занятие 7. Просмотр учебной презентации «Диагностика измерительного оборудования» с последующим обсуждением(2 час.)**

*Занятие проводится с использованием метода интерактивного обучения – «дискуссия» (2 час.)*

1. Особенности работы измерительного трансформатора тока.
2. Анализ погрешностей и способы их уменьшения.
3. Метрологические характеристики измерительного трансформатора тока.

**Занятие 8. Просмотр учебной презентации «Диагностика и мониторинг кабельных линий» с последующим обсуждением (2 час.).**

*Занятие проводится с использованием метода интерактивного обучения – «дискуссия» (2 час.)*

1. Диагностика кабельных линий электропередач.
2. Причины повреждения кабельных ЛЭП и виды отказов.
3. Методы и средства диагностирования кабельных линий электропередач: дистанционный, топографический, импульсный метод, метод колебательного разряда, петлевой метод, индуктивный метод, акустический метод.

**Занятие 9. Диагностика и мониторинг воздушных линий электропередачи (2 час.).**

1. Проверка правильности установки опор; проверка на дефекты опор, трещины, коррозии, загнивания деревянных опор;
2. Испытания соединения проводов, проверка состояния проводов, замер расстояния между проводами, замер дуги провисания;

3. Проверка изоляционных элементов; измерение напряжения электричества, которое приходится на изолятор при помощи изолирующей штанги.

4. Замер сопротивления заземления с учетом коэффициентов, которые отвечают за погодные условия и влажность грунта;

5. Проверка защиты линии электропередачи до 1000В.

6. Контроль надежности соединений проводов и целостность изоляторов.

7. Проверка натяжения в оттяжках и состояние опор.

8. Измерение величины сопротивления изоляции тросов, опор, повторных заземлений. Контроль глубины заложения заземляющих устройств.

9. Виды технической диагностики изоляторов: контактные (сопротивление изоляции), ультразвуковой, трудоемкие (измерение напряжения по изоляторам измерительной штангой) и бесконтактные - дистанционные (акустический, ультрафиолетовый, тепловой) - не требующие отключений.

### **III. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ**

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся по дисциплине «Диагностика электроустановок» представлено в Приложении 1 и включает в себя:

- план-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине, в том числе примерные нормы времени на выполнение по каждому заданию;
- характеристика заданий для самостоятельной работы студентов и методические рекомендации по их выполнению;
- требования к представлению и оформлению результатов самостоятельной работы;
- критерии оценки выполнения самостоятельной работы.

#### IV. КОНТРОЛЬ ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛЕЙ КУРСА

№ п/п	Контролируемые модули/ разделы / темы дисциплины	Коды и этапы формирования компетенций		Оценочные средства - наименование	
				текущий контроль	промежуточная аттестация
1	Общие вопросы диагностики электроустановок	УК-6	<p>знает - методы организации и проведения научной работы и решения практических задач;</p> <p>умеет – самостоятельно осваивать новые методы исследований и адаптироваться к решению новых практических задач;</p> <p>владеет – навыками формулировки и решения проблемных ситуаций в соответствии с исходными принципами современного типа научно-технической рациональности;</p>	3,5,7 недели – блиц-опрос на лекции и практическом занятии (УО)	Зачет по разделу 1. Вопросы 1-20 перечня типовых вопросов зачета. ИДЗ. (Приложение 2).
		ПК-5	<p>знает – состав автоматизированной системы диспетчерского управления; функциональные возможности средств диспетчерского и технологического управления; назначение, принципы выполнения, порядок обслуживания устройств (комплексов) релейной защиты и автоматики; основы электро-техники;</p> <p>умеет – использовать средства диспетчерского и технологического управления; создавать наиболее надежную послеава-</p>		



			<p>рийную схему электрических соединений объектов электроэнергетики;</p> <p>владеет – навыками применения автоматизированных систем управления технологическими процессами в электроэнергетических системах;</p>		
2	методы диагностики электроустановок в эксплуатации	<p>УК-6</p> <p>ПК-5</p>	<p>знает - методы организации и проведения научной работы и решения практических задач;</p> <p>умеет – самостоятельно осваивать новые методы исследований и адаптироваться к решению новых практических задач;</p> <p>владеет – навыками формулировки и решения проблемных ситуаций в соответствии с исходными принципами современного типа научно-технической рациональности;</p> <p>знает – требования к качеству электрической энергии; порядок управления электроэнергетическим режимом работы энергосистемы с использованием режимной автоматизации;</p> <p>умеет – оценивать эффективность управляющих воздействий в послеаварийной схеме электрических соединений объектов электроэнергетики;</p> <p>владеет – навыками применения автоматизированных систем управления тех-</p>	<p>9, 11, 13, 15, 17 недели - блиц-опрос на лекции и практическом занятии (УО); индивидуально обсуждение результатов контрольной работы</p> <p>- 12 неделя</p>	<p>Зачет по разделу 2. Вопросы 21-90 перечня типовых вопросов зачета. ИДЗ (Приложение 2).</p>

			нологическими процессами в электро-энергетических системах		
--	--	--	--	--	--

Типовые контрольные и методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности, а также критерии и показатели, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и характеризующие этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы представлены в Приложении 2.

## **V. СПИСОК УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **Основная литература**

1. Алексеев, Б.А. Определение состояния (диагностика) крупных гидрогенераторов [Текст]/ Б.А. Алексеев.- 2-е изд., перераб. и доп. – М.: НЦ ЭНАС, 2013.- 144 с.
2. Арбузов Р.С., Овсянников А.Г. Современные методы диагностики воздушных линий электропередачи. – Новосибирск.: Наука, 2009.- 136 с.
3. Бортник И.М., Вершинин Ю.Н., Верещагин И.П. Электрофизические основы техники высоких напряжений/ Под ред. И.П. Верещагина. – М.: Издательский дом МЭИ, 2010.- 702 с.
4. Калявин В.П., Рыбаков Л.М. Надежность и диагностика элементов электроустановок.- СПб.: Элмор, 2009.-336 с.
5. Михеев Г. В. Электростанции и электрические сети. Диагностика и контроль электрооборудования. – М.: Изд-во Додэка-XXI, 2010. – 224 с.
6. Михеев Г.М. Цифровая диагностика высоковольтного электрооборудования.- М.: ДМК, 2015.- 298 с.

7. Петрухин, В. В. Основы вибродиагностики и средства измерения вибрации: учеб. пособие / В. В. Петрухин, С. В. Петрухин. – М.: Инфра-Инженерия, 2010. – 176 с.,

### **Дополнительная литература**

1. Алексеев Б.Л. Контроль состояния крупных силовых трансформаторов.- М.: Издательство НЦ ЭНАС, 2002.- 216 с.

2. Браун, М. Диагностика и поиск неисправностей электрооборудования и цепей управления [Текст]/ М. Браун.- М.: Изд.дом Додека-XX1, 2010.- 328 с.

2. Дубов Г. М. Методы и средства измерений, испытаний и контроля: учеб. пособие / Г. М. Дубов, Д. М. Дубинкин; Кузбасс. гос. техн. ун-т. – Кемерово, 2011. – 224 с.

[http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_cid=25&pl1\\_id=6659](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=6659).

3. Кудрин Б. И. Электрооборудование промышленности: учебник для студентов вузов, обучающихся по специальности «Электрооборудование и электрохозяйство предприятий, организаций и учреждений» направление подгот. «Электротехника, электромеханика и электротехнологии» / Б. И. Кудрин, А. Р. Минеев. – М.: Академия, 2008. – 432 с.

4. Малкин, В. С. Техническая диагностика: учеб. пособие. – СПб.: Лань, 2013. – 272 с.

5. Макаров, Е.Ф. Обслуживание и ремонт электрооборудования электростанций и сетей [Текст]: учеб. / Е.Ф. Макаров. – М.: ИРПО; Изд. центр Академия, 2011. - 448 с.

6. Межотраслевые правила по охране труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок (с изменениями и дополнениями) [Текст] – М.: КНОРУС, 2015. - 168 с.

7. Объем и нормы испытаний электрооборудования / под ред. Б. А. Алексеева. – М.: Изд-во ЭНАС, 2004. – 256 с.

8. Правила устройства электроустановок [Текст] - 7-е издание. – СПб.: Издательство ДЕАН, 2015. – 701 с.

9. Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей Российской Федерации [Текст] - 15-е изд. перераб. и доп. – СПб.: Изд. Деан, 2015.- 352 с.

10. Сибикин Ю.Д. Техническое обслуживание, ремонт электрооборудования и сетей промышленных предприятий [Текст]. В 2-х кн.: учебник.-5-е изд., стер.- М.: «Академия», 2011. - 208 с.

11. Фролов Ю. М. Основы электроснабжения: учеб. пособие / Ю. М. Фролов, В. П. Шелякин. – СПб.: Лань, 2012.— 480 с.  
<http://e.lanbook.com/view/book/4544/>.

### **Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»**

1. <http://elibrary.ru>- Научная электронная библиотека
2. <http://www.iprbookshop.ru>- Электронно-библиотечная система
3. <http://window.edu.ru>- Единое окно доступа к образовательным ресурсам
4. [www.transform.ru/](http://www.transform.ru/);
5. [www.mgrus.ru/](http://www.mgrus.ru/),
6. [transformator-servis.ru/](http://transformator-servis.ru/)

### **Перечень информационных технологий и программного обеспечения**

При осуществлении образовательного процесса используется следующее программное обеспечение: Microsoft Office (Access, Excel, PowerPoint, Word и т. д); программное обеспечение для выполнения математических расчётов Mathcad; программное обеспечение электронного ресурса сайта ДВФУ, включая ЭБС ДВФУ.

При осуществлении образовательного процесса используются следующие информационно справочные системы: ЭБС ДВФУ, профессиональная поисковая система JSTOR, электронная библиотека диссертаций РГБ, Научная электронная библиотека eLIBRARY, электронно-библиотечная система издательства «Лань», электронная библиотека "Консультант студента", электронно-библиотечная система IPRbooks, информационная система "ЕДИНОЕ ОКНО доступа к образовательным ресурсам".

## **VI. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

На изучение дисциплины «Диагностика электроустановок» отводится 36 часов аудиторных занятий и 72 часа самостоятельной работы.

Современные образовательные технологии предусматривают взаимосвязанную деятельность преподавателя и учащихся. При изучении данной дисциплины используются традиционные и интерактивные образовательные технологии:

- **лекции** (рассмотрение теоретического материала) с использованием мультимедийных технологий (презентации), диалог с аудиторией, устные блиц-опросы в начале лекции ориентированы на обобщение и определение взаимосвязи лекционного материала;

- **практические занятия** проводятся на основе совмещения коллективного и индивидуального обучения. На практических занятиях преподаватель рассматривает принципы построения систем диагностики, их элементную базу. Осуществляется обсуждение масштабных преобразователей, измерительных приборов (аналоговых, электронных, цифровых, микропроцессорных). Оценивается практика осуществления типовой методики выполнения измерений; подготовка и выполнение измерений в электроустановках, оценка точности измерительной информации, правила оформления результатов измерений, погрешности измерений. Проводится расчет основных составляющих погрешностей.

Во второй части практического занятия студентам предлагается работать самостоятельно, выполняя задания по расчёту точности измерительной

информации задания по домашней задаче темы практического занятия. Преподаватель контролирует работу студентов, отвечает на возникающие вопросы, подсказывает ход и методы решения. Последующая защита задания развивает навыки работы в коллективе, умение доказательно обосновывать свою речь, развивает коммуникативные и творческие навыки;

**-самостоятельная работа** в виде подготовки к рубежному тестированию и выполнению индивидуальных заданий направлена на закрепление материала, изученного в ходе лекций и практических занятий. Самостоятельная работа студентов в виде сообщений на семинаре основана на самостоятельном выборе обучающимися вопроса, который вызывает у него наибольший интерес, и позволяет расширить знания по изучаемой дисциплине.

По данной дисциплине разработаны учебные пособия, которые доступны в фондах НБ ДВФУ в соответствующем разделе:

1. Горбенко Ю.М. Метрология: учеб. пособие/ Ю.М. Горбенко, Н.В. Силин, А.Н. Шеин, В.С. Яблокова; Дальневост. федерал. ун-т.- Владивосток: Издат. дом Дальневост. федерал. ун-та, 2012.- 132 с. - Режим доступа: <http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:671926&theme=FEFU>

## **VII. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

Лекционные и практические занятия по дисциплине «Диагностика электроустановок» проходят в аудиториях, оборудованных компьютерами типа Lenovo C360G-i34164G500UDK с лицензионными программами MicrosoftOffice 2010 и аудио-визуальными средствами проектор Panasonic DLPProjectorPT-D2110XE, плазма LG FLATRON M4716CCBAM4716CJ. Для выполнения самостоятельной работы студенты в жилых корпусах ДВФУ обеспечены Wi-Fi.



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Дальневосточный федеральный университет»  
(ДФУ)

---

---

ИНЖЕНЕРНАЯ ШКОЛА

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ  
РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ**

**по дисциплине «Диагностика электроустановок»**

**Направление подготовки – 13.04.02 Электроэнергетика и**

**электротехника**

Магистерская программа «Оптимизация развивающихся систем  
электропитания»

**Форма подготовки (очная)**

**Владивосток**

**2020**

## План-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине

№ п/п, тема работы	Дата/сроки выполнения	Вид СРС	Примерные нормы време- ни на выпол- нение	Форма кон- троля
1. Изучение нормативных документов по диагностике электрооборудования станций и подстанций	1-я – 2-я неделя	ИДЗ	2 недели	УО
2. Достоверность диагностической информации	3-я – 4-я неделя	ИДЗ	2 недели	УО
3. Достоверность диагностической информации	5-я – 6-я неделя	ИДЗ	2 недели	УО
4. Диагностика силовых трансформаторов	7-я – 8-я неделя	ИДЗ	2 недели	УО
5. Диагностика коммутационной аппаратуры	9-я – 10-я неделя	ИДЗ	2 недели	УО
6. Диагностика измерительного оборудования	11-я – 12-я неделя	контрольная работа	2 недели	индивидуальное обсуждение ре- зультатов кон- трольной работы
7. Диагностика измерительного оборудования	13-я – 14-я неделя	ИДЗ	2 недели	УО
8. Диагностика и мониторинг кабельных линий	15-я – 16-я неделя	ИДЗ	2 недели	УО
9. Диагностика и мониторинг воздушных линий электропередачи	17-я – 18-я неделя	ИДЗ	2 недели	УО



## **Характеристика заданий для самостоятельной работы студентов и методические рекомендации по их выполнению**

Варианты ИДЗ представляют собой вопросы и задачи по теме занятия, которые выдаются на бригаду из 3-х человек.

Варианты ИДЗ выдаются в виде рефератов.

Контрольная работа: Выбор измерительной аппаратуры для создания измерительного комплекса в высоковольтной трехпроводной цепи трехфазного тока.

### **Критерии оценки выполнения самостоятельной работы**

✓ 10-9 баллов выставляется студентам бригады, если они выполняют все пункты задания и все задачи. Фактических ошибок, связанных с пониманием проблемы, нет; графически работа оформлена правильно. При защите студенты отвечают на все вопросы преподавателя.

✓ 8-7 - баллов – работа выполнена полностью; допущено не более 1 ошибки при решении задач. При защите студенты отвечают на все вопросы преподавателя.

### **Требования к представлению и оформлению результатов самостоятельной работы**

Результаты реферативной работы магистрант выполняет в виде письменного отчета. Реферат является документом магистранта, в котором раскрыта тема индивидуального задания и приведены подробные сведения об изучаемом объекте.

Изложение в реферате должно быть сжатым, ясным и сопровождаться цифровыми данными, схемами, чертежами, графиками и диаграммами. Цифровой материал необходимо оформлять в виде таблиц. Сложные и громоздкие схемы, конструктивные чертежи могут быть оформлены как приложения к реферату с обязательной ссылкой на них в тексте.

Материал в реферате представляется в следующей последовательности:

- титульный лист;
- содержание;
- введение;
- материал по теме индивидуального задания;
- заключение;
- список использованных источников;
- приложения.

Материалы реферата должны быть изложены последовательно, лаконично, логически связаны. Реферат выполняется на компьютере на одной стороне листа формата А4. Таблицы и схемы могут быть выполнены на листах иного формата, но должны быть аккуратно сложены по формату А4.

Реферат может состоять из двух частей: основной и приложений. Объем основной части отчета составляет не более 15-20 страниц. Вторая часть представляет собой приложения к отчету и может включать схемы, чертежи, графики, таблицы, документацию предприятия и т.д.

Основная часть и приложения к реферату нумеруются сплошной нумерацией. Титульный лист не нумеруется. На следующем листе ставится номер «2». Номер проставляется арабскими цифрами в нижнем правом углу страницы.

Допускается использование цветных рисунков, схем и диаграмм.

Текст оформляется в соответствии с требованиями делопроизводства, печатается через 1,5 интервала. Сверху страницы делается отступ 20 мм, слева – 25 мм, справа – 15 мм, снизу – 20 мм. Абзацные отступы должны быть равны 5 знакам.

Текст должен быть разделен на разделы и подразделы (заголовки 1-го и 2-го уровней), в случае необходимости – пункты, подпункты (заголовки 3-го и 4-го уровней). Заголовки должны быть сформулированы кратко. Все заголовки иерархически нумеруются.

Основной текст, следует набирать шрифтом Times NewRoman с обычным начертанием. Заголовки 1-го и 2-го уровней следует набирать с полужирным начертанием, заголовки 3-го и 4-го уровней – обычным. Названия рисунков и таблиц рекомендуется набирать 12 шрифтом с полужирным начертанием.

Приложения идентифицируются номерами или буквами, например «Приложение 1» или «Приложение А». На следующей строке при необходимости помещается название приложения, которое оформляется как заголовок 1-го уровня без нумерации. В раздел «СОДЕРЖАНИЕ» названия приложений, как правило, не помещают.

Магистранты представляют на кафедру «Электроэнергетики и электротехники» рефераты во второй половине семестра, готовят краткое сообщение, которое докладывают на практических занятиях.

Реферат является одной из составляющих итоговой аттестации по дисциплине «Диагностика электроустановок».



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Дальневосточный федеральный университет»  
(ДФУ)

---

---

ИНЖЕНЕРНАЯ ШКОЛА

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**

по дисциплине «Диагностика электроустановок»

**Направление подготовки – 13.04.02 Электроэнергетика и  
электротехника**

Магистерская программа «Оптимизация развивающихся систем  
электропитания»

**Форма подготовки (очная)**

**Владивосток**

**2020**

## Паспорт ФОС

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции	
УК-6 - способностью определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки	Знает	методы организации и проведения научной работы и решения практических задач
	Умеет	самостоятельно осваивать новые методы исследований и адаптироваться к решению новых практических задач
	Владеет	навыками формулировки и решения проблемных ситуаций в соответствии с исходными принципами современного типа научно-технической рациональности
ПК-5 - готовностью применять методы и средства автоматизированных систем управления технологическими процессами электроэнергетической и электротехнической промышленности	Знает	требования к качеству электрической энергии; порядок управления электроэнергетическим режимом работы энергосистемы с использованием режимной автоматики; состав автоматизированной системы диспетчерского управления; функциональные возможности средств диспетчерского и технологического управления; назначение, принципы выполнения, порядок обслуживания устройств (комплексов) релейной защиты и автоматики; основы электротехники
	Умеет	использовать средства диспетчерского и технологического управления; создавать наиболее надежную послеаварийную схему электрических соединений объектов электроэнергетики; оценивать эффективность управляющих воздействий в послеаварийной схеме электрических соединений объектов электроэнергетики
	Владеет	навыками применения автоматизированных систем управления технологическими процессами в электроэнергетических системах

### Перечень используемых оценочных средств

№ п/п	Контролируемые модули/ разделы / темы дисциплины	Коды и этапы формирования компетенций		Оценочные средства - наименование	
				текущий контроль	промежуточная аттестация
1	Общие вопросы диагностики электроустановок	УК-6	знает - методы организации и проведения научной работы и решения практических задач; умеет – самостоятельно осваивать но-	3,5,7 недели – блиц-опрос на лекции и практическом занятии (УО)	Зачет по разделу 1. Вопросы 1-20 перечня типовых вопросов зачета. ИДЗ.

		ПК-5	<p>вые методы исследований и адаптироваться к решению новых практических задач;</p> <p>владеет – навыками формулировки и решения проблемных ситуаций в соответствии с исходными принципами современного типа научно-технической рациональности;</p> <p>знает – состав автоматизированной системы диспетчерского управления; функциональные возможности средств диспетчерского и технологического управления; назначение, принципы выполнения, порядок обслуживания устройств (комплексов) релейной защиты и автоматики; основы электротехники;</p> <p>умеет – использовать средства диспетчерского и технологического управления; создавать наиболее надежную послеаварийную схему электрических соединений объектов электроэнергетики;</p> <p>владеет – навыками применения автоматизированных систем управления технологическими процессами в электроэнергетических системах;</p>		(Приложение 2).
2	методы диагностики электроустановок в эксплуатации	УК-6	<p>знает - методы организации и проведения научной работы и решения практических задач;</p> <p>умеет – самостоя-</p>	9, 11, 13, 15, 17 недели - блиц-опрос на лекции и практическом	Зачет по разделу 2. Вопросы 21-90 перечня типовых вопросов

		<p>ПК-5</p> <p>тельно осваивать новые методы исследований и адаптироваться к решению новых практических задач;</p> <p>владеет – навыками формулировки и решения проблемных ситуаций в соответствии с исходными принципами современного типа научно-технической рациональности;</p> <p>знает – требования к качеству электрической энергии; порядок управления электро-энергетическим режимом работы энергосистемы с использованием режимной автоматики;</p> <p>умеет – оценивать эффективность управляющих воздействий в послеаварийной схеме электрических соединений объектов электроэнергетики;</p> <p>владеет – навыками применения автоматизированных систем управления технологическими процессами в электроэнергетических системах</p>	<p>занятия (УО); индивидуально обсуждение результатов контрольной работы</p> <p>- 12 неделя</p>	<p>зачета. ИДЗ (Приложение 2).</p>
--	--	---	---	------------------------------------

## Шкала оценивания уровня сформированности компетенций

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции		Критерии	Показатели
УК-6 - способностью определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки	<b>знает</b> (пороговый уровень)	методы организации и проведения научной работы и решения практических задач	Знать методы организации и проведения научной работы и решения практических задач	способность перечислить и охарактеризовать методы организации и проведения научной работы
	<b>умеет</b> (продвинутый)	самостоятельно осваивать новые методы исследований и адаптироваться к решению новых практических задач	Уметь самостоятельно осваивать новые методы исследований и адаптироваться к решению новых практических задач	способность проанализировать новые методы исследований; способность определить направления решения новых практических задач
	<b>владеет</b> (высокий)	навыками формулировки и решения проблемных ситуаций в соответствии с исходными принципами современного типа научно-технической рациональности	Владеть навыками формулировки и решения проблемных ситуаций в соответствии с исходными принципами современного типа научно-технической рациональности	способность использовать навыки формулировки и решения проблемных ситуаций; способность предложить рациональные подходы, обеспечивающие решение проблемных ситуаций
ПК-5 - готовностью применять методы и средства автоматизированных систем управления технологическим и процессами электроэнергетической и электротехнической промышленности	<b>знает</b> (пороговый уровень)	требования к качеству электрической энергии; порядок управления электроэнергетическим режимом работы энергосистемы с использованием режимной автоматизации; состав автоматизированной системы диспетчерского управления; функциональные возможности	Знать требования к качеству электрической энергии; порядок управления электроэнергетическим режимом работы энергосистемы с использованием режимной автоматизации; состав автоматизированной системы диспетчерского	способность перечислить требования к качеству электрической энергии; способность охарактеризовать порядок управления электроэнергетическим режимом работы энергосистемы с использованием средств режимной автоматизации и системы диспетчерского



		<p>средств диспетчерского и технологического управления; назначение, принципы выполнения, порядок обслуживания устройств (комплексов) релейной защиты и автоматики; основы электротехники</p>	<p>нной системы диспетчерского управления; функциональные возможности средств диспетчерского и технологического управления; назначение, принципы выполнения, порядок обслуживания устройств (комплексов) релейной защиты и автоматики; основы электротехники</p>	<p>управления</p>
	<p><b>умеет (продвинутый)</b></p>	<p>использовать средства диспетчерского и технологического управления; создавать наиболее надежную послеаварийную схему электрических соединений объектов электроэнергетики; оценивать эффективность управляющих воздействий в послеаварийной схеме электрических соединений объектов электроэнергетики</p>	<p>Уметь использовать средства диспетчерского и технологического управления; создавать наиболее надежную послеаварийную схему электрических соединений объектов электроэнергетики; оценивать эффективность управляющих воздействий в послеаварийной схеме электрических соединений объектов электроэнергетики</p>	<p>способность использовать средства диспетчерского и технологического управления; создавать наиболее надежную послеаварийную схему электрических соединений объектов электроэнергетики; оценивать эффективность управляющих воздействий в послеаварийной схеме электрических соединений объектов электроэнергетики</p>
	<p><b>владеет (высокий)</b></p>	<p>навыками применения автома-</p>	<p>Владеть навыками</p>	<p>способность использовать навыки</p>

		тизированных систем управления технологическими процессами в электроэнергетических системах	применения автоматизированных систем управления технологическими процессами в электроэнергетических системах	применения автоматизированных систем управления технологическими процессами в электроэнергетических системах для обеспечения требуемого режима работы
--	--	---	--	---

## **Методические рекомендации, определяющие процедуры оценивания результатов освоения дисциплины**

**Текущая аттестация студентов.** Текущая аттестация студентов по дисциплине «Диагностика электроустановок» проводится в соответствии с локальными нормативными актами ДВФУ и является обязательной.

Текущая аттестация по дисциплине «Диагностика электроустановок» проводится в форме контрольных мероприятий (устного опроса, защиты индивидуального домашнего задания, тестирования) по оцениванию фактических результатов обучения студентов и осуществляется ведущим преподавателем.

Объектами оценивания выступают:

- учебная дисциплина (активность на занятиях, своевременность выполнения различных видов заданий, посещаемость всех видов занятий по аттестуемой дисциплине);
- степень усвоения теоретических знаний;
- уровень овладения практическими умениями и навыками по всем видам учебной работы;
- результаты самостоятельной работы.

Каждому объекту оценивания присваивается конкретный балл. Составляется календарный план контрольных мероприятий по дисциплине и внесения данных в АРС. По окончании семестра студент набирает определенное количество баллов.

**Промежуточная аттестация студентов.** Промежуточная аттестация студентов по дисциплине «Диагностика электроустановок» проводится в соответствии с локальными нормативными актами ДВФУ и является обязательной.

## **ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ**

### **Критерии оценки промежуточного тестирования**

Цель тестов – определение уровня усвоения студентами знаний по вопросам диагностики электроустановок в электроэнергетике в соответствии с учебной программой при проведении промежуточной аттестации.

Содержание тестов. В соответствии с учебной рабочей программой тесты соответствуют разделам дисциплины «Диагностика электроустановок»:

1. К параметрам синхронного генератора не относится
  - A) Коэффициент полезного действия
  - B) Номинальный ток
  - C) Номинальная мощность
  - D) Коэффициент мощности
  - E) Коэффициент трансформации
2. Ротор выполняется неявнополюсным
  - A) только у синхронных компенсаторов
  - только у гидрогенераторов
  - C) у гидрогенераторов и синхронных компенсаторов
  - D) у всех электрических машин
  - E) у турбогенераторов
3. Марка турбогенераторов имеющих косвенное охлаждение обмотки статора и непосредственное (форсированное) охлаждение обмотки ротора водородом
  - A) СВК

СВФ

ТВФ

ТВВ

ТВМ

4. Тип гидрогенератора синхронного вертикального с непосредственным охлаждением обмотки статора водой и форсированным охлаждением обмотки ротора воздухом

ТВМ

ТВФ

СВФ

СВ

ВГС

5. К элементам конструкции синхронного генератора не относится:

Обмотки

Статор

Сердечник

Расширитель

Ротор

6. Частота вращения турбогенератора, при числе пар полюсов  $p=2$

750 об/мин

300 об/мин

1500 об/мин

3000 об/мин

1000 об/мин

7. Номинальная полная мощность генератора может быть определена по следующей формуле

$S_{ном} = U_{ном} \cdot I_{ном} / \sqrt{3}$

$S_{ном} = 3 \cdot U_{ном} \cdot I_{ном}$

$S_{ном} = U_{ном} \cdot I_{ном} / 3$

D)  $S_{ном} = U_{ном} \cdot I_{ном}$

E)  $S_{ном} = \sqrt{3} \cdot U_{ном} \cdot I_{ном}$

8. Номинальная активная мощность генератора может быть определена по следующей формуле

A)  $P_{ном} = U_m \cdot I_m \cdot \cos\varphi_m$

B)  $P_{ном} = [\sqrt{3} U]_m \cdot I_m \cdot [\cos\varphi]_m$

C)  $P_{ном} = [\sqrt{3} U]_m \cdot I_m$

D)  $P_{ном} = 3U_m \cdot I_m \cdot \cos\varphi_m$

E)  $P_{ном} = U_m \cdot I_m \cdot [\cos\varphi]_m / \sqrt{3}$

9. Укажите достоинство, которое нельзя применить к водородной системе охлаждения

A) Пожаробезопасность

B) Отсутствие окисления изоляции в среде водорода

C) Более сложная, чем у воздуха, теплопроводность

D) Меньшая плотность у водорода, чем у воздуха

E) Взрывобезопасность

10. Силовые трансформаторы и автотрансформаторы предназначены

A) Для понижения напряжения и тока

B) Для повышения напряжения и тока

C) Для преобразования напряжения

D) Для преобразования тока

E) Для преобразования энергии с одного напряжения на другое

11. Тип трансформатора трехфазного с расщепленной обмоткой НН с системой охлаждения «Д» с регулятором напряжения РПН

A) ТРДЦНС

B) ТРДЦН

C) ТДТН

D) ТНЦ

Е) ТРДН

12. Конструктивной и механической основой трансформатора является

А) Бак трансформатора

☹️ Охлаждающее устройство

С) Защитные и измерительные устройства

Д) Обмотки

Е) Магнитопровод

13. Не изготавливаются силовые трансформаторы

А) Трехобмоточные

☹️ Автотрансформаторы

С) С расщепленными обмотками

Д) Двухобмоточные

Е) Однообмоточные

14. Обычно на ТЭЦ устанавливается следующее число трансформаторов

связи

А) 2

☹️ 4

С) 5

Д) 1

Е) 3

15. Автотрансформаторы на ГРЭС предназначены

А) Для подключения генератора

☹️ Для подключения резервного трансформатора собственных нужд

С) Для связи РУ высшего и среднего напряжений

Д) Для связи РУ высшего и низшего напряжений

Е) Для подключения рабочего трансформатора собственных нужд

16. Автотрансформатор по конструкции отличается от обыкновенного трансформатора

А) Наличием электрической связи между обмотками СН и НН

☹️ Наличием электрической связи между обмотками ВН, СН и НН

- C) Наличием электрической связи между обмотками ВН и СН
- D) Наличием электрической связи между обмотками ВН и НН
- E) Наличием встроенного автоматического регулятора напряжения

17. Регулировать напряжение трансформатора без отключения его от сети позволяет устройство

A) АБР

 АРВ

C) РПН

D) ПБВ

E) УБФ

18. Наиболее часто в электроустановках встречается

A) Двухфазное короткое замыкание

 Двухфазное короткое замыкание, на землю через дугу

C) Трехфазное короткое замыкание

D) Двухфазное короткое замыкание, на землю

E) Однофазное короткое замыкание

19. К симметричным видам к.з. относится

A) Однофазное к.з в сетях с заземленной нейтралью

 Однофазное к.з в сетях с изолированной нейтралью

C) Двухфазное к.з в сетях с заземленной нейтралью

D) Двухфазное к.з в сетях с изолированной нейтралью

E) Трехфазное к.з в сетях с изолированной нейтралью

20. Вид симметричного короткого замыкания

A) Все виды короткого замыкания

 Двухфазное короткое замыкание

C) Трехфазное короткое замыкание

D) Двухфазное короткое замыкание, на землю

E) Однофазное короткое замыкание

21. Короткое замыкание в электроустановках сопровождается

A) Увеличением тока и сопротивления

☹️ Понижением тока и увеличением сопротивления

С) Понижением напряжением и увеличением сопротивления

Д) Понижением напряжением и уменьшением тока

Е) Понижением напряжением и увеличением тока

22. Короткое замыкание сопровождается

А) Изменением напряжения в допустимых пределах и увеличением тока у

потребителя

☹️ Увеличением тока, при этом напряжение остается неизменным

С) Резким повышением тока и напряжения на выходе генератора

Д) Увеличением тока и сопротивления, что вызывает повышенный

нагрев

Е) Резким снижением напряжения вблизи места повреждения и

увеличением тока

23. К специальным техническим средствам для ограничения тока К.З,

относятся

А) АПВ на линиях

☹️ Трансформаторы с расщепленной обмоткой низкого напряжения

С) Дугогасящие реакторы

Д) Секционирование сети

Е) Токоограничивающие реакторы

24. Расчет токов к.з. для времени  $t > 0$  необходим

А) Для выбора силовых трансформаторов

☹️ Для выбора изоляторов

С) Для выбора гибких шин

Д) Для выбора коммутационных аппаратов

Е) Для выбора жестких шин

25. Расчеты токов короткого замыкания выполняются

А) для выбора схемы релейной защиты

☹️ для оценки электродинамического действия тока

С) для выбора схемы и уставок релейной защиты



D) для выбора и проверки параметров электрооборудования, а также уставок релейной защиты

E) для оценки термического и электродинамического действия тока

26. Наибольший ток при трехфазном коротком замыкании в электрической сети

A)  $I_p$

B)  $i_a$

C)  $I_{oo}$

D)  $I_{po}$

E)  $i_y$

27. При оценке электродинамического действия тока КЗ, учитывается ток

A)  $i_y$

B)  $i_a$

C)  $I$

D)  $I_{po}$

E)  $I_p$

28. Токи КЗ не ограничивает

A) Секционирование

B) Применение БТУ

C) Применение трансформатора с расщепленной обмоткой

D) Установка реакторов

E) Применение автотрансформатора

29. В отключающих аппаратах выше 1кВ не применяется способ гашение дуги

A) Гашение дуга в воздухе высокого давления

☹️ Гашение дуга в элегазе высокого давления

C) Гашение дуги в вакууме

D) Гашение дуги в масле

E) Удлинение дуги

30. На напряжение до 1000 В не применяются

A) Рубильники

B) Предохранители

C) Контактторы

D) Силовые выключатели

E) Переключатели

31. На напряжение до 1000В применяются следующие аппараты

A) Разъединители

B) Автоматические выключатели

C) Короткозамыкатели

D) Отделители

E) Разрядники

32. Рубильник - это коммутационный аппарат предназначенный

A) Для управления и защиты от перегрузок электрической цепи постоянного и переменного тока

B) Для автоматического отключения и включения цепи постоянного и переменного тока

C) Для автоматического отключения цепи постоянного и переменного тока в ненормальных режимах

D) Для переключения электрической цепи постоянного и переменного тока

E) Для ручного отключения и включения цепи постоянного и переменного тока с токами до номинального

33. Расцепители являются основными элементами конструкции

A) Рубильников

B) Переключателей

C) Контактторов

D) Магнитных пускателей

E) Автоматических воздушных выключателей

34. Контакттор - это коммутационный аппарат предназначенный...

- А) Для управления и защиты от перегрузок электрической цепи постоянного и переменного тока
- В) Для автоматического отключения и включения цепи постоянного и переменного тока в нормальных режимах
- С) Для автоматического отключения цепи постоянного тока в ненормальных режимах
- Д) Для частых (до 600-1500раз/час) коммутаций электрической цепи постоянного и переменного тока в нормальных режимах
- Е) Для ручного отключения и включения цепи постоянного и переменного тока с токами до номинального

35. Магнитные пускатели предназначены

- А) Для ручного отключения и включения цепи постоянного и переменного тока с токами до номинального
- Б) Для управления электродвигателями в нормальном режиме
- С) Для автоматического отключения и включения цепи постоянного и переменного тока в нормальных режимах
- Д) Для управления электродвигателями в нормальном режиме и защиты их от токов короткого замыкания
- Е) Для управления электродвигателями в нормальном режиме и защиты их от перегрузки

36. Для управления электродвигателями в нормальном режиме и защиты их от перегрузки в установках до 1000В применяются

- А) переключатели
- Б) магнитные пускатели
- С) рубильники
- Д) предохранители
- Е) автоматические воздушные выключатели

37. Автоматические воздушные выключатели до 1000 В предназначены

- А) Для автоматического отключения и включения цепи переменного тока в нормальном режиме

В) Для частых (до 600-1500) коммутаций электрической цепи постоянного и переменного тока в нормальных режимах


С) Для коммутаций электрической цепи постоянного и переменного тока в аварийных режимах, а также нечастых (от 6 до 30 раз в сутки) оперативных включений и отключений

Д) Для переключения электрической цепи постоянного и переменного тока

Е) Для управления и защиты от перегрузок электрической цепи постоянного и переменного тока

38. Разъединитель - это ...

А) контактный коммутационный аппарат, предназначенный для включения и отключения токов в любых режимах

 коммутационный аппарат, предназначенный для включения и отключения цепи в аварийных режимах

С) коммутационный аппарат, предназначенный для переключения электрических цепей

Д) контактный аппарат, предназначенный для реверсивного пуска двигателей

Е) контактный коммутационный аппарат, предназначенный для включения и отключения цепи без тока или с незначительным током

39. Конструктивно отсутствуют разъединители...

А) Рубящего типа

 Подвешенного типа

С) Горизонтально - поворотного типа


Д) Катящего типа

Е) Вакуумного типа

40. Гибкие шины не проверяются на схлестывание при значении тока

к.з. И.о.,

А) И.о. < 60кА

 И.о. < 40кА

С) Ип.о. < 50кА

Д) Ип.о. < 30кА

Е) Ип.о.< 20кА

41. Для сборных шин и ошинок ГРУ применяются

А) Жесткие стальные шины

☹️ Гибкие медные провода

С) Жесткие алюминиевые шины

Д) Гибкие алюминиевые провода

Е) Гибкие стальные провода

42. При токах более 3000 А при следующих сечениях применяют шины

А) Коробчатые

☹️ Прямоугольные трех полосные

С) Прямоугольные двух полосные

Д) Круглые

Е) Прямоугольные однополосные

43. Трансформаторы тока не выбирают по следующему условию

А) по классу точности

☹️ по току

С) по вторичной нагрузке

Д) по напряжению

Е) по отключающей способности

44. Экономическая целесообразность схемы при технико-экономическом сравнении структурных схем вариантов определяется

А) Капиталовложениями и годовыми эксплуатационными издержками

☹️ Стоимостью потерь электрической энергии


С) Годовыми эксплуатационными издержками

Д) Капиталовложениями на сооружение электроустановок

Е) Минимальными приведенными затратам

45. Дуговой разряд при размыкании электрической цепи начинается за счет

A) Термоионизации промежутка в створе дуги

 Ударной ионизации


C) Термоэлектронной эмиссии

D) Переходного процесса, который связан с синусоидальным характером напряжения

E) Автоэлектронной эмиссии

46. Горение электрической дуги между контактами поддерживается

A) переходным процессом, который связан с синусоидальным характером напряжения

 ударной ионизацией


C) термоэлектронной эмиссией

D) автоэлектронной эмиссией

E) термоионизацией промежутка в створе дуги

47. В отключающих аппаратах до 1 кВ не применяется способ гашения дуги

A) Движение дуги в магнитном поле

 Многократный разрыв цепи тока


C) Гашение дуги в узких цепях

D) Удлинение дуги

E) Деление длинной дуги на ряд коротких

48. Способы гашения электрической дуги используемые в аппаратах до 1000 В

A) Гашение дуги в газах высокого давления, движение дуги в магнитном поле, удлинение дуги

 Удлинение дуги, движение дуги в магнитном поле, гашение дуги в вакууме

C) Гашение дуги в вакууме, удлинение дуги, движение дуги в магнитном поле

D) Деление длинной дуги на ряд коротких, гашение дуги в масле, удлинение дуга

Е) Удлинение дуги, движение дуги в магнитном поле, деление длинной дуги на ряд коротких, гашение дуги в узких щелях

49. Для гашения электрической дуги в аппаратах до и выше 1000 В используется

А) Гашение в элегазе

☹️ Гашение дуги в масле

С) Гашение дуги в вакууме

Д) Гашение дуги за счет синхронизации момента отключения с бестоковой паузой

Е) Гашение дуга в узких щелях, удлинение дуги

50. Для гашения электрической дуги в выключателях нагрузки типа ВН-16, УСП-35У используется:

А) Затягивание электрической дуги в узкие щели

☹️ Газ под давлением, постоянно находящийся в дугогасительной камере

С) Деление дуги на ряд коротких дуг

Д) Вращение дуги в ноле постоянных магнитов, встроенных в подвижные и неподвижные контакты

Е) Газ, выделяющийся в дугогасительной камере в момент горения электрической дуги

51. При оценке термического действия тока КЗ, учитывается ток

А)  $i_y$

☹️  $i_a$

С)  $I$

Д)  $I_{по}$

Е)  $I_{п}$

52. Определить тепловой импульс тока КЗ (импульс квадратичного тока КЗ) Дано  $I_{по}=10$  кА;  $t=0.1$ с;  $T_a=0,02$  с

А) 8 кА<sup>2</sup> с

В) 83,3 кА<sup>2</sup> с

С) 100 кА<sup>2</sup> с

D) 1,2 кА<sup>2</sup> с

E) 12 кА<sup>2</sup> с

53. В предохранителях с разборными патронами типа ПР плавкие вставки могут быть выполнены из

A) меди и цинка

B) меди и алюминия


C) Серебра и алюминия

D) Меди и серебра

E) Цинка и свинца

54. Разъединителями не допускается выполнять следующие операции

A) Отключение и включение нейтралей трансформаторов в любых режимах

 Создание видимого разрыва в отключенной электрической цепи


C) Отключение и включение зарядного тока шин

D) Отключение тока нагрузки до 15 А при напряжении до 10 кВ

E) Отключение тока короткого замыкания

55. Короткозамыкатель - это коммутационный аппарат...

A) Предназначенный для отключения электрической цепи в ненормальных режимах работы трансформатора

 Предназначенный для отключения электрической цепи при коротком замыкании

C) Предназначенный для создания искусственного короткого замыкания в цепи трансформатора при витковом замыкании внутри трансформатора с целью его дальнейшего отключения

D) С самовозвратом предназначенный для создания искусственного короткого замыкания при витковом коротком замыкании

E) Предназначенный для управления электрической цепью при коротких замыканиях

56. Отделители предназначены

A) для ручного отключения обесточенных цепей



☺ для ручного отключения цепей под нагрузкой

С) для автоматического отключения обесточенных цепей

Д) для дистанционного отключения цепей с нагрузкой

Е) для автоматического отключения цепей под нагрузкой

57. Отделитель от разъединителя отличается

А) Габаритами

☺ Способом гашения дуги

С) Плоскостью движения ножей

Д) Контактной системой

Е) Приводом

58. Токоограничивающим свойством обладают электрические аппараты

А) Разъединители

☺ Магнитные пускатели

С) Предохранители

Д) Контактторы

Е) Силовые выключатели

59. В предохранителях ПК ребристый керамический сердечник предусматривается...

А) Для обеспечения механической прочности корпуса предохранителя

☺ Для обеспечения электродинамической прочности при коротком замыкании

С) При токах до 7,5А для обеспечения механической прочности вставки

Д) При токах до 50А для обеспечения механической прочности вставки

Е) Для ограничения коммутационных перенапряжений

60. В предохранителях типа ПВТ для гашения электрической дуги, образовавшейся после расплавления вставок, используются

А) Деление дуги на ряд коротких с одновременным удлинением дуги

В) Давление инертного газа в трубке предохранителя

С) Деление дуги на ряд коротких дуг

D) Удлинение дуги, которому способствует особая конструкция плавкой вставки

E) Давление и интенсивное продольное дутье газа, интенсивно выделяющегося газогенерирующей трубкой

61. Для снижения температуры плавления вставки в предохранителях с наполнителем используется

A) Metallургический эффект - на полоски меди напаяны шарики олова

Прорези, уменьшающие сечение

C) Устанавливаются параллельные плавкие вставки из разных материалов

D) Пластины переменного сечения

E) Наполнитель, который при гашении дуги окисляется (реакция протекает с поглощением энергии)

62. В качестве материала плавкой вставки предохранителей типа ПКТ используют

A) Серебро, алюминий

Алюминий, сталь

C) Медь, алюминий

D) Медь, сталь

E) Медь, серебро

63. Выкатная тележка КРУ может занимать положения

A) Рабочее, испытательное и отключенное

Рабочее и испытательное

C) Ремонтное и испытательное

D) Рабочее и ремонтное

E) Рабочее, испытательное и ремонтное

64. Причиной взрыва масляных выключателей является:

A) Перенапряжение на выводах выключателя

Высокий уровень масла в баке

C) Сложная температура окружающей среды

D) Коммутационные перенапряжения

E) Низкий уровень масла в баке

65. Баки (горшки) малообъемных масляных выключателей типа МГТ окрашиваются в красный цвет для предупреждения, что ...

A) Выключатель взрывоопасен

 B) Выключатель пожароопасен

C) Поверхность имеет высокую температуру нагрева

D) Внутри горшка повышенное давление

E) Горшок находится под напряжением

66. Подогрев в баках многообъемных масляных выключателях предусмотрен

A) Для сохранения скорости движения контактов при низких температурах, когда вязкость масла увеличивается

 B) Для исключения сильного охлаждения бака выключателя


C) Для обеспечения нормальной работы встроенных трансформаторов тока

D) Для подогрева контактов выключателя с целью исключения появления масляной пленки

E) Для обеспечения работы привода выключателя

67. Непрерывная продувка у воздушных выключателей выполнена

A) Для охлаждения дуги и удаления продуктов горения

 B) Для вентиляции воздухопроводов с целью поддержания необходимой чистоты

C) Для исключения увлажнения внутренней полости изоляторов, гасительной камеры и отделителя, которое может образоваться из-за выпадения росы при охлаждении окружающего воздуха

D) Для обеспечения быстродействия выключателей

E) Для более точной регулировки давления воздуха (сброс лишнего воздуха), обеспечивающей надежную работу выключателя

68. Недостатком баковых выключателей является:

А) Взрывоопасность, большая масса, необходимость контроля уровня и состояния масла, сложность конструкции

☹️ Пожароопасность, большой объем масла, сложность конструкции, трудность транспортировки

С) Пожаро - и взрывоопасность, большой объем масла, сложность конструкции

Д) Пожаро - и взрывоопасность, большой объем масла, необходимость контроля за уровнем и состоянием масла, неудобство транспортировки, монтажа и наладки

Е) Пожаро- и взрывоопасность, большой объем масла, низкая отключающая способность

69. Недостатком вакуумных выключателей является:

А) отсутствие шума при операциях

В) низкая надежность

С) сложность конструкции

Д) загрязнение окружающей среды

Е) возможность коммутационных перенапряжений

70. Недостатками электромагнитных выключателей являются:

А) Пожаро - и взрывоопасность

☹️ Большой износ дугогасительных контактов

С) Относительно несложная отключающая способность

Д) непригодность для работы в условиях частых включений и отключений

Е) Сложность конструкции дугогасителя с системой магнитного дутья

71. Трансформаторы тока предназначены

А) для преобразования первичного тока до значений наиболее удобных для измерительных приборов

В) для отделения первичных цепей от вторичных

С) для преобразования тока в первичных цепях

D) для преобразования первичного тока до стандартных величин и для отделения первичных цепей от вторичных

E) для выравнивания переменного тока

72. Коэффициент трансформации трансформатора тока определяется

A)  $K=I_1/I_2$

B)  $K=I_2/I_1$

C)  $K=U_2/U_1$

D)  $K=U_1/U_2$

E)  $K=I_1/U_2$

73. Трансформаторы тока предназначенные для наружной установки

A) ТПЛ, ТЗЛ

B) ТПЛ, ТВТ

C) ТЗЛ, ТФЗМ

D) ТФУМ, ТВТ

E) ТФУМ, ТФЗМ

74. Напряжение на зажимах обмотки НН, соединенной по схеме разомкнутого треугольника, трансформатора напряжения НТМИ в нормальном режиме составляет

A) 0

B)  $U_0/\sqrt{3}$

C)  $U_0$

D)  $\sqrt{3} U_0$

E)  $3 U_0$

75. Трансформаторы напряжения с масляной изоляцией применяются на напряжение

A) от 6 кВ до 35 кВ

☹ от 6 кВ до 110 кВ

C) от 35 кВ до 500 кВ

D) от 1 кВ до 10 кВ

E) от 6 кВ до 1150 кВ

76. Согласно ПУЭ, на термическую стойкость при К.З. не проверяются

А) трансформаторы напряжения

жесткие шины

С) высоковольтные выключатели

Д) трансформаторы тока

Е) разъединители

77. Коэффициент трансформации трансформатора напряжения определяется

А)  $K_u = U_{2ном} / U_{1ном} K_T$

В)  $K_u = U_{2ном} / U_{1ном} * K_T$

С)  $K_u = U_{1ном} / U_{2ном}$

Д)  $K_u = U_{2ном} / U_{1ном} * K_T$

Е)  $K_u = U_{2ном} / U_{1ном}$

78. Сопротивление «ХТВ%» для автотрансформатора определяется по формуле

А)  $X_{ТВ} \% = 0,125 U_{КВ.Н} \%$

$X_{ТВ} \% = U_{КВ.Н} \%$

С)  $X_{ТВ} \% = 2 U_{КВ.Н} \%$

Д)  $X_{ТВ} \% = 1,5 U_{КВ.Н} \%$

Е)  $X_{ТВ} \% = 0,5 (U_{КВ.Н} \% + U_{КВ-С} \% - U_{КС.Н} \%)$

79. Система охлаждения трансформатора ТДТН

А) Масляное водяное охлаждение с направленным потоком масла

Естественное масляное охлаждение

С) Масляное охлаждение с дутьем и принудительной циркуляцией масла

Д) Естественное воздушное охлаждение

Е) Масляное охлаждение с дутьем и естественной циркуляцией масла

80. На трансформаторах с системой охлаждения ДЦ и Ц, устройства циркуляции масла включаются автоматически

А) если при минусовых температурах воздуха температура масла +45 градусов

☺ при температуре масла выше  $+50$ градусов

С) при нагрузке 50% от номинальной

Д) при температуре окружающей среды выше  $+25$ градусов

Е) одновременно с включением трансформатора

81. Устройство РПН применяется на трансформаторах с целью

А) Регулирования напряжения в режимах холостого хода

☺ Восстановления в работе трансформатора при исчезновении напряжения со стороны питающей линии

С) Сезонного регулирования напряжения

Д) Регулирования напряжения в аварийных ситуациях

Е) Суточного регулирования напряжения

82. Устройство ПБВ применяется на трансформаторах с целью

А) Восстановления в работе трансформатора при отключении питающей

линии

В) Регулирования напряжения в режимах холостого хода

С) Регулирования напряжения в аварийных ситуациях

Д) Суточного регулирования напряжения

Е) Сезонного регулирования напряжения

83. Нейтралью электроустановок называется:

А) общая точка обмоток- генераторов и трансформаторов, соединенных в треугольник

В) общая точка обмоток основного электрооборудования, соединенных в звезду

С) общая точка обмоток трансформаторов, соединенных в звезду

Д) общая точка обмоток генератора, соединенных в звезду

Е) общая точка обмоток основного электрооборудования, соединенных в треугольник

84. К теп

☺ ТЭЦ

С) ЛГУ

D) ГАЭС

E) ГЭС

85. Основной тип электростанций располагаемый в центре электрических и тепловых нагрузок

A) ГТУ

ГРЭС

C) АЭС

D) ГЭС и ГАЭС

E) ТЭЦ

86. Меньшие эксплуатационные расходы и себестоимость производства электрической энергии характерно для станции типа

A) АЭС

B) ГТУ

C) КЭС

D) ГЭС

E) ТЭЦ

87. На территории Казахстана большая часть электрической энергии вырабатывается...

A) на тепловых электростанциях

на дизельных электростанциях

C) на гидроэлектростанциях

D) на атомных электростанциях

E) газотурбинных электростанциях

88. Электрические сети называются «сетями с малыми токами замыкания на землю», если при замыкание одной фазы на землю токи

A) менее 300 А

менее 500 А

C) менее 30 А

D) менее 10 А

E) менее 20 А



89. Электрические сети называются «сетями с большими токами замыкания на землю», если при замыкание одной фазы на землю токи

A) более 20 А

B) более 200 А

C) более 100 А

D) более 10 А

E) более 500 А

90. Электроэнергетическая система- это...

A) совокупность элементов, предназначенных для распределения и потребления энергии

B) совокупность элементов, предназначенных для производства и потребленияэлектроэнергии

C) совокупность элементов, предназначенных для передачи и распределения электроэнергии

D) совокупность элементов, предназначенных для преобразования и распределения электрической энергии

E) Совокупность электрических станций, подстанций, тепловых и электрических сетей( далее- элементов), расположенных на одной территории и объединенных общим процессом производства, преобразования, передачи, распределения и потребления тепловой и электрической энергии

91. К элементам электроэнергетической системы относится:

A) Линии, генераторы, трансформаторы

B) Генераторы, трансформаторы, линии, вспомогательное оборудование, устройства управления и регулирования

C) Устройства управления и регулирования, линии, трансформаторы

D) Трансформаторы, генераторы, устройства управления

E) Вспомогательное оборудование, генераторы, трансформаторы

92. Объединенные энергосистемы имеют преимущества. Какое из перечисленных не является преимуществом?

A) Повышение гибкости работы электроустановок

 B) Увеличение надежности

C) Повышение качества электроэнергии

D) Экономичность

E) Увеличение суммарного резерва мощности

93. Для потребителей первой категории допускается перерыв на время электроснабжения

A) На время включения резервного питания действиями дежурного персонала

 B) На время автоматического восстановления питания

C) 3 минуты

D) 1 сутки

E) 1 час

94. Электроприемники, перерыв в электроснабжении которых приводит к массовому недоотпуску продукции относится к следующей категории

A) V

 B) I


C) III

D) IV

E) II

95. Для электроснабжения потребителей 1 категории не применяется схема

A) одна система сборных шин

 B) одна секционированная система сборных шин замкнутая в кольцо

C) одна секционированная система сборных шин с секционным реактором

D) одна секционированная система сборных шин

E) две системы сборных шин

96. Качество электрической энергии характеризуется

A) Напряжением, частотой сети, мощностью

☺ Частотой, симметрией и синусоидальностью

С) Напряжением, симметрией и синусоидальностью

Д) Напряжением, частотой сети, электрическим током

Е) Напряжением, частотой сети, симметрией и синусоидальностью

97. Электрические подстанции предназначены:

А) Для передачи и распределения электроэнергии

☺ Для трансформации электроэнергии

С) Для выработки и распределения электроэнергии

Д) Для передачи электроэнергии

Е) Для преобразования и распределения электроэнергии

98. К тупиковым относятся подстанции

А) Присоединенные глухой отпайкой к одной или двум проходящим линиям

☺ Расположенные в начале линии электропередач

С) Включенные в рассечку одной или двух линий с двусторонним питанием

Д) К которым присоединено более двух линий питающей сети, приходящих от двух или более электроустановок

Е) Получающие электроэнергию от одной электроустановки по одной или нескольким параллельным линиям

99. номинальным напряжением электроустановок называется

А) Напряжение электрической цепи, к которой подключена электроустановка

В) Напряжение на 5-10 % выше напряжения электрической сети

С) линейное напряжение электроустановок

Д) напряжение, при котором электроустановки предназначены для длительной работы

Е) напряжение, которое выдерживают электроустановки

100. С точки зрения надежности электроснабжения потребители разделяются на следующее число категорий

- A) IV
- B) II
- C) V
- D) I
- E) III

101. Какая автоматика резервирует отказы выключателей в электроустановках 110 кВ и выше?

- A) АПВ
- B) АВР
- C) АРВ
- D) УРОВ

102. На каких ВЛ устанавливаются фиксирующие приборы для определения мест повреждений?

- A) На ВЛ 220 кВ и выше
- B) На ВЛ 220 кВ и выше длиной более 20 км
- C) На ВЛ 110 кВ и выше длиной более 20 км
- D) На ВЛ 110 кВ и выше

104. Какие надписи должен иметь аппарат защиты на напряжение до 1 кВ?

- A) Значения номинального напряжения, максимального тока КЗ, уставки расцепителя
- B) Значения номинального тока и напряжения аппарата
- C) Значения номинального тока аппарата, уставки расцепителя и номинального тока плавкой вставки
- D) Значения номинального напряжения и максимального пускового тока

105. Для какого электрооборудования должны быть выполнены маслоприемники, маслоотводы и маслосборники для предотвращения растекания масла и распространения пожара при его повреждении?

А) Для маслонаполненных силовых трансформаторов (реакторов) и баковых выключателей 110 кВ и выше

В) Для баковых выключателей 220 кВ

С) Для маслонаполненных силовых трансформаторов (реакторов) с количеством масла более 1 тонны в единице

Д) Для маслонаполненных силовых трансформаторов (реакторов) с массой масла более 5 тонн в единице (одном баке)

106. Какие меры применяются для защиты при косвенном прикосновении от поражения электрическим током в случае повреждении изоляции?

А) По отдельности или в сочетании зануление, защитное отключение, уравнивание потенциалов, выравнивание потенциалов, двойная или усиленная изоляция, сверхнизкое (малое) напряжение, защитное электрическое разделение цепей, изолирующие (непроводящие) помещения, зоны, площадки

В) По отдельности или в сочетании заземление, зануление, защитное отключение, разделительный трансформатор, малое напряжение, двойная изоляция, выравнивание потенциалов

С) По отдельности или в сочетании защитное заземление, автоматическое отключение питания, уравнивание потенциалов, выравнивание потенциалов, двойная или усиленная изоляция, сверхнизкое (малое) напряжение, защитное электрическое разделение цепей, изолирующие (непроводящие) помещения, зоны, площадки

Д) Заземление, защитные отключения

107. Каков уровень частоты, снижение ниже которого должно быть полностью исключено автоматическим ограничением снижения частоты?

А) 46 Гц

В) 45 Гц

С) 45 Гц в течение 30 сек

D) 47 Гц

108. Распределительные устройства какого напряжения должны быть оборудованы оперативной блокировкой?

A) РУ напряжением выше 1 кВ

B) РУ напряжением 6 кВ и выше

C) РУ напряжением 35 кВ и выше

D) Все РУ

109. В какой цвет должны окрашиваться проводники защитного заземления и нулевые защитные проводники в электроустановке?

A) В зеленый цвет по всей длине с черными продольными полосами

B) В голубой цвет

C) В черный цвет

D) В голубой цвет по всей длине и желто-зеленые полосы на концах

Продольные полосы желтого и зеленого цветов

110. Допускается ли в электропомещениях с установками до 1 кВ применение изолированных и неизолированных токоведущих частей без защиты от прикосновения?

A) Допускается во всех случаях

B) Не допускается, это запрещено Правилами устройства электроустановок

C) Допускается, если при нормальном обслуживании нет опасности прикосновения к ним

D) Допускается, если в помещениях может находиться только оперативный персонал

111. Для какого диапазона напряжений электроустановок действуют ПУЭ в части релейной защиты?

A) Для всех напряжений 0,4 кВ и выше

B) Для всех напряжений 1 кВ и выше

C) Для напряжений от 1 кВ до 500 кВ

D) Для напряжений от 1 кВ до 750 кВ

112. Допускается ли действие релейной защиты при повреждении электрооборудования только на сигнал?

А) Не допускается, это запрещено Правилами устройства электроустановок

В) Допускается во всех случаях

С) Допускается, если повреждение этого элемента непосредственно не нарушает работу электрической системы

Д) Допускается при наличии постоянного оперативного персонала

113. Допускается ли неселективное действие релейной защиты?

А) Не допускается

В) Допускается, при использовании упрощенных главных электрических схем с отделителями в цепях линий или трансформаторов, отключающими поврежденный элемент в бестоковую паузу, а также если это необходимо, для обеспечения ускорения отключения КЗ

С) Допускается при наличии быстродействующих защит

Д) Допускается для обеспечения дальнего резервирования

114. Вопрос 14. От каких повреждений в трансформаторе не предусмотрены устройства релейной защиты?

А) Многофазных замыканий в обмотках и на выводах

В) Однофазных замыканий на землю в обмотке и на выводах, присоединенных к сети с глухозаземленной нейтралью

С) Витковых замыканий в обмотках

Д) Однофазных замыканий на землю в сетях 3-10 кВ с изолированной нейтралью

115. Для каких целей предназначено освещение безопасности?

А) Для продолжения работы, при аварийном отключении рабочего освещения

В) Для временного продолжения работы до останова оборудования, при аварийном отключении рабочего освещения

С) Для эвакуации

D) Как временное при пуско-наладочных работах и испытаниях оборудования

116. Каков режим работы нейтрали сетей 220 кВ и выше?

A) С изолированной нейтралью

B) С эффективно заземлённой нейтралью

C) С глухозаземлённой нейтралью

D) С нейтралью, заземленной через дугогасящий реактор или резистор

117. Каков режим работы нейтрали сетей 2-35 кВ?

A) С эффективно заземлённой нейтралью

B) С глухозаземлённой нейтралью

C) С изолированной нейтралью или с нейтралью, заземленной через дугогасящий реактор или резистор

D) С нейтралью заземляемой через конденсатор

118. Сколько категорий надежности электроприемников существует?

A) Одна категория

B) Две категории

C) Три категории

D) Четыре категории

119. Сколько стационарных заземлителей, как правило, должна иметь секция (система) шин РУ 35 кВ и выше?

A) Один стационарный заземлитель

B) Два стационарных заземлителя

C) Три стационарных заземлителя

D) Зависит от типа схемы РУ

120. Допускается ли применение тросовых молниеотводов на ОРУ 35 кВ и выше?

A) Не допускается

B) Допускается на всей территории ОРУ

C) Допускается только над ошиновкой, если зоны защиты стержневых молниеотводов не закрывают всю территорию ОРУ



D) Допускается только над секциями и шинами

121. Допускается ли на открытом воздухе совмещенная прокладка на общих опорах гибких токопроводов напряжением выше 1 кВ и технологических трубопроводов?

A) Не допускается

B) Допускается во всех случаях

C) Допускается, если токопроводы располагаются выше трубопроводов

D) Допускается, если обеспечивается безопасность ремонта трубопроводов

122. При каком количестве силовых кабелей до 35 кВ, идущих в одном направлении, рекомендуется производить их прокладку в туннелях, по эстакадам и в галереях?

A) При количестве силовых кабелей более 10

B) При количестве силовых кабелей более 15

C) При количестве силовых кабелей более 20

D) При количестве силовых кабелей более 6

123. При каких условиях для ограничения несимметрии тока и напряжений выполняется один полный цикл транспозиции?

A) При напряжении ВЛ 35 кВ и выше и длине ВЛ более 30 км

B) При напряжении ВЛ 220 кВ и выше

C) При длине ВЛ более 100 км и напряжении ВЛ 110 кВ и выше

D) При длине ВЛ более 150 км и напряжении ВЛ 35 кВ и выше

124. При каких условиях изолированное крепление грозозащитного троса на ВЛ 150 кВ и ниже требуется выполнять только на металлических и железобетонных анкерных опорах?

A) При отсутствии организации каналов высокочастотной связи на тресе, а также если не предусмотрена плавка гололеда

B) При прохождении линии по населённой местности

C) При пересечении с автомобильными дорогами

D) При пересечении с железными дорогами

125. Каким должен быть угол пересечения ВЛ с электрифицированной железной дорогой?

- А) Не нормируется
- В) Угол пересечения должен быть не менее  $65^{\circ}$
- С) Угол пересечения должен быть не менее  $55^{\circ}$
- Д) Угол пересечения должен быть  $90^{\circ}$

126. Какие требования по включению трансформаторов на номинальную нагрузку в зависимости от температуры окружающего воздуха в соответствии с "ПТЭ электростанций и сетей РФ" указаны неверно?

А) Включение трансформаторов с системами охлаждения М и Д на номинальную нагрузку допускается при любой отрицательной температуре наружного воздуха

В) Включение трансформаторов с системами охлаждения ДЦ и Ц на номинальную нагрузку допускается при значениях температуры окружающего воздуха не ниже  $25^{\circ}\text{C}$

С) При включении трансформаторов с системами охлаждения ДЦ и Ц при температурах ниже  $25^{\circ}\text{C}$  трансформатор должен быть прогрет включением на нагрузку около 0,3 номинальной без запуска системы циркуляции масла до достижения температуры верхних слоев масла плюс 15 град., после чего должна быть включена система циркуляции масла

Д) В аварийных условиях допускается включение трансформаторов с системами охлаждения ДЦ и Ц на полную нагрузку независимо от температуры окружающего воздуха

127. Какая периодичность осмотров оборудования РУ без отключения от сети указана неверно?

А) На объектах с постоянным дежурством персонала - не реже 1 раза в смену

В) На объектах с постоянным дежурством персонала - не реже 1 раза в сутки

С) На объектах без постоянного дежурного персонала – не реже 1 раза в месяц

Д) В трансформаторных и распределительных пунктах – не реже 1 раза в 6 месяцев

Е) В темное время суток для выявления разрядов, коронирования - не реже 1 раза в месяц

128. Какое из перечисленных требований при эксплуатации резервуаров воздушных выключателей и других аппаратов высокого напряжения указано неверно?

А) Резервуары воздушных выключателей и других аппаратов должны удовлетворять положениям правил устройства и безопасности эксплуатации сосудов, работающих под давлением

В) Гидравлические испытания резервуаров воздушных выключателей должны проводиться в тех случаях, когда при осмотре обнаруживаются дефекты, вызывающие сомнение в достаточной прочности резервуаров

С) Внутренний осмотр резервуаров воздушных выключателей и других аппаратов должен производиться не реже 1 раза в 2 года

Д) Внутренние поверхности резервуаров должны иметь антикоррозийное покрытие

129. Какое из перечисленных требований при эксплуатации конденсаторной установки указано неверно

А) Работа конденсаторной установки запрещается, если токи в фазах различаются более чем на 10%

В) Осмотр конденсаторной установки без отключения должен производиться не реже 1 раза в 3 месяца

С) Повторное включение конденсаторной установки допускается не ранее чем через 1 мин. после отключения

Д) Включение конденсаторной установки, отключившейся действием защит, разрешается после выяснения и устранения причины ее отключения

130. Какое количество соединителей допускается на каждом проводе или тросе пересекающей ВЛ в пролете пересечения ее с другими ВЛ и линиями связи?

- A) Не более 1 соединителя
- B) Не более 2 соединителей
- C) Не более 3 соединителей
- D) Не регламентируется

131. С какой периодичностью на ВЛ напряжением 35 кВ и выше или их участках, имеющих срок службы 20 лет и более, должны проводиться верхние осмотры с выборочной проверкой проводов и тросов в зажимах и в дистанционных распорках?

- A) Не реже одного раза в год
- B) Не реже одного раза в 12 лет
- C) Не реже одного раза в 6 лет
- D) Не реже одного раза в четыре года

132. С какой периодичностью должна проводиться проверка состояния антикоррозийного покрытия металлических опор и траверс ВЛ, металлических подножников и анкеров оттяжек с выборочным вскрытием грунта?

- A) Не реже 1 раза в 3 года
- B) Не реже 1 раза в 5 лет
- C) Не реже 1 раза в 6 лет
- D) Не реже 1 раза в 10 лет

133. С какой периодичностью должна проводиться проверка состояния железобетонных опор и приставок ВЛ?

- A) Не реже 1 раза в год
- B) Не реже 1 раза в 3 года
- C) Не реже 1 раза в 6 лет
- D) Перед подъемом на опору или сменой деталей

134. На период послеаварийного режима для кабелей, находящихся в эксплуатации более 15 лет, перегрузка по току не должна превышать:

- A) 0.1
- B) 0.15
- C) 0.18
- D) 0.3

135. О каких неполадках устройств РЗА должна быть проинформирована вышестоящая организация, в управлении или ведении которой они находятся?

- A) О каждом случае неправильного срабатывания или отказа срабатывания устройств РЗА
- B) О выявленных дефектах схем и аппаратуры
- C) Обо всех вышеперечисленных случаях

136. Каковы действия при обнаружении угрозы неправильного срабатывания устройства РЗА?

A) Вывод из работы устройства РЗА после оформления заявки на отключение в диспетчерскую службу или соответствующий орган оперативно-диспетчерского управления

B) Вывод из работы устройства РЗА с последующим оформлением заявки на отключение в диспетчерскую службу или соответствующий орган оперативно-диспетчерского управления либо вывод из работы устройства РЗА без разрешения вышестоящего оперативно-диспетчерского персонала, но с последующим сообщением ему

C) Вывод из работы устройства РЗА с разрешения вышестоящего оперативно-диспетчерского персонала

D) Вывод из работы устройства РЗА с разрешения технического руководителя, с последующим сообщением оперативно-диспетчерскому персоналу

137. Какие методы устранения повреждений контрольных кабелей или их наращивания не предусмотрены "ПТЭ электростанций и сетей РФ

A) Соединение жил кабеля с металлической оболочкой должно осуществляться с установкой герметичных муфт или с помощью предназначен-

ных для этого коробок. Указанные муфты и коробки должны быть зарегистрированы

В) Кабели с поливинилхлоридной и резиновой оболочкой должны соединяться, как правило, с помощью эпоксидных соединительных муфт или на переходных рядах зажимов

С) На каждые 50 м одного кабеля в среднем должно быть не более одного соединения

Д) На каждые 50 м одного кабеля в среднем должно быть не более 2-х соединений

138. Как должно быть выполнено присоединение заземляющих проводников к корпусам аппаратов, машин и опорам воздушных линий электропередачи?

А) Сваркой или болтовым соединением

В) Только сваркой

С) Только болтовым соединением

139. Какая периодичность измерения сопротивления заземляющих устройств указана неверно?

А) После монтажа, переустройства и капитального ремонта этих устройств на электростанциях, подстанциях и линиях электропередач

В) При обнаружении на тросовых опорах ВЛ напряжением 110 кВ и выше следов перекрытий или разрушений изоляторов электрической дугой

С) На подстанциях воздушных распределительных сетей напряжением 35 кВ и ниже – не реже 1 раза в 12 лет

Д) В сетях напряжением 35 кВ и ниже у опор с разъединителями, защитными промежутками, трубчатыми и вентильными разрядниками и у опор с повторными заземлителями нулевых проводов – не реже 1 раза в 12 лет

140. С какой периодичностью должна проводиться проверка трубчатых разрядников со снятием их с опор?

А) 1 раз в год

В) 1 раз в 5 лет

С) 1 раз в три года

Д) 1 раз в два года

141. Какое из перечисленных условий при установке дугогасящих реакторов для компенсации емкостных токов замыкания на землю в электрических сетях указано неверно?

А) Установка дугогасящих реакторов на тупиковых подстанциях не допускается

В) Дугогасящие реакторы должны быть подключены к нейтралю трансформаторов, генераторов или синхронных компенсаторов через разъединители

С) Для подключения дугогасящих реакторов, как правило, должны использоваться трансформаторы со схемой соединения обмоток звезда-треугольник

Д) Ввод дугогасящего реактора, предназначенный для заземления, должен быть соединен непосредственно с общим заземляющим устройством

142. Какие требования из перечисленных к рабочему и аварийному освещению помещений и рабочих мест энергообъектов указаны неверно?

А) Рабочее и аварийное освещение в нормальном режиме должно питаться от разных независимых источников питания

В) При отключении источников питания на электростанциях и подстанциях, и на диспетчерских пунктах аварийное освещение должно автоматически переключаться на аккумуляторную батарею или другой независимый источник питания

С) Присоединение к сети аварийного освещения других видов нагрузок, не относящихся к этому освещению, не допускается

Д) В помещениях главного, центрального и блочного щитов управления электростанций и подстанций, а также на диспетчерских пунктах все лампы аварийного освещения должны быть присоединены к шинам постоянного тока через предохранители или автоматы и включены круглосуточно

143. Какие сроки осмотров и проверки осветительной сети на электростанциях, подстанциях и диспетчерских пунктах указаны неверно?

А) Проверка действия автомата аварийного освещения – не реже 1 раза в месяц в дневное время

В) Проверка исправности аварийного освещения при отключении рабочего освещения – 2 раза в год

С) Измерение освещенности рабочих мест – при вводе в эксплуатацию и в дальнейшем 1 раз в год

Д) Испытание изоляции стационарных трансформаторов 12-42 В – 1 раз в год

144. Какое оборудование, ЛЭП, устройства релейной защиты и противоаварийной и режимной автоматики, средства диспетчерского и технологического управления должны находиться в оперативном ведении диспетчера?

А) Оборудование, устройства защиты и автоматики и средства управления, состояние и режим которых влияют на располагаемую мощность и резерв электростанций и энергосистемы в целом

В) Оборудование, устройства защиты и автоматики и средства управления, состояние и режим которых влияют на режим и надежность сетей

С) Оборудование, устройства защиты и автоматики, состояние и режим которых влияют на настройку противоаварийной автоматики

Д) Все перечисленное

145. Какое оборудование, ЛЭП, устройства релейной защиты и противоаварийной и режимной автоматики, средства диспетчерского и технологического управления должны находиться в оперативном управлении диспетчера?

А) Оборудование, устройства защиты и автоматики и средства управления, состояние и режим которых влияют на располагаемую мощность и резерв электростанций и энергосистемы в целом

В) Оборудование, устройства защиты и автоматики и средства управления, операции с которыми оперативно-диспетчерский персонал данного



уровня выполняет непосредственно или если эти операции требуют координации действий подчиненного оперативно-диспетчерского персонала и согласованных изменений на нескольких объектах

С) Оборудование, устройства защиты и автоматики и средства управления, состояние и режим которых влияют на режим и надежность сетей

Д) Оборудование, устройства защиты и автоматики, состояние и режим которых влияют на настройку противоаварийной автоматики

146. Какие условия должны быть обеспечены при планировании режимов работы электростанций и сетей?

А) Сбалансированность потребления и нагрузки электростанций с учетом внешних перетоков энергосистем, объединенных и единой энергосистем

В) Минимизация суммарных затрат покупателей электроэнергии при обеспечении требуемой надежности с учетом режимных условий, условий заключенных договоров на поставку электроэнергии и мощности и действующих правил купли-продажи электроэнергии и мощности

С) Поддержание требуемых резервов активной и реактивной мощности

Д) Все перечисленные условия

147. Какие из перечисленных данных не используются при планировании режимов работы электростанций и сетей?

А) Прогноз потребления энергосистемами, объединенными энергосистемами и единой энергосистемой России электрической энергии и мощности на год, квартал, месяц, неделю, сутки и каждые полчаса (час)

В) План капитальных, средних и текущих ремонтов оборудования на период планирования режимов работы

С) Характеристики электрических станций с точки зрения готовности их оборудования к несению нагрузки и обеспеченности энергоресурсами, а также технико-экономические характеристики оборудования

Д) Характеристики электрических сетей, используемых для передачи и распределения электроэнергии, с точки зрения пропускной способности, потерь и других характеристик

148. Что должны определять органы оперативно-диспетчерского управления в части работы АЧР и ЧАПВ энергосистем?

- А) Объем АЧР с учетом местных балансов мощности и объем ЧАПВ
- В) Уставки устройств АЧР и ЧАПВ
- С) Размещение устройств АЧР
- Д) Все перечисленное

149. Какие показатели должны обеспечиваться при регулировании напряжения в электрических сетях?

А) Соответствие показателей напряжения требованиям государственного стандарта

В) Соответствие уровня напряжения значениям, допустимым для оборудования электрических станций и сетей с учетом допустимых эксплуатационных повышений напряжения промышленной частоты на электрооборудовании

С) Необходимый запас устойчивости энергосистем

Д) Все перечисленные показатели

150. Какие положение по выводу оборудования и ВЛ в ремонт по оперативным заявкам на энергообъекте указано неверно?

А) Срочные заявки разрешается подавать в любое время суток непосредственно диспетчеру, в управлении или ведении которого находится отключаемое оборудование

В) Заявки должны быть утверждены техническим руководителем энергообъекта

С) Время операций, связанных с выводом в ремонт и вводом в работу оборудования и линий электропередач, а также растопкой котла, пуском турбины и набором на них требуемой нагрузки, должно быть включено в срок ремонта, разрешенного по заявке

Д) Если по какой-либо причине оборудование не было отключено в намеченный срок, длительность ремонта должна остаться прежней, а дата

включения перенесена на время, соответствующее времени задержки в выводе в ремонт

151. Что из перечисленного не входит в задачи оперативно-диспетчерского управления при ликвидации технологических нарушений?

А) Предотвращение развития нарушений, исключение травмирования персонала и повреждения оборудования, не затронутого технологическим нарушением

В) Выяснение причины отключения или остановки оборудования

С) Быстрое восстановление энергоснабжения потребителей и нормальных параметров отпускаемой потребителям электроэнергии

Д) Создание наиболее надежной послеаварийной схемы

152. Каким путем должны выбираться схемы собственных нужд (СН) переменного и постоянного тока электростанций и подстанций с учетом обеспечения их надежности в нормальных, ремонтных и аварийных режимах?

А) Секционирования шин

В) Распределения механизмов СН по секциям шин из условия минимального нарушения работы электростанции или подстанции в случае выхода из строя любой секции

С) Автоматического ввода резервного питания любой секции шин СН всех напряжений

Д) С помощью всего перечисленного

153. Какие требования к выполнению сложных переключений в электроустановках указаны неверно?

А) Сложные переключения должны выполнять, как правило, два лица, из которых одно является контролирующим

В) При выполнении переключений двумя лицами контролирующим, как правило, должен быть старший по должности, который, находясь на данном энергообъекте, помимо функций пооперационного контроля должен осу-

ществлять контроль за переключениями в целом. За правильностью переключений должны следить оба лица, производящих переключения

С) При наличии в смене одного лица из числа оперативно-диспетчерского персонала контролирующим лицом может быть работник из административно-технического персонала, знающий схему данной установки

Д) Список лиц административно-технического персонала, имеющего право контролировать переключения, должен быть утвержден техническим руководителем энергообъекта и передан в соответствующий орган оперативно-диспетчерского управления

154. Что из перечисленного не разрешается отключать и включать отделителями, разъединителями, разъёмными контактами соединений КРУ (КРУН)?

А) Неутрали силовых трансформаторов 110-220 кВ, заземляющих дугогасящих реакторов 6-35 кВ при отсутствии в сети замыкания на землю

В) Намагничивающий ток силовых трансформаторов 220-500 кВ

С) Зарядный ток систем шин, а также зарядный ток присоединений с соблюдением требований нормативных документов

Д) Зарядный ток и ток замыкания на землю воздушных и кабельных линий электропередачи

155. Какие требования к проведению переключений в электрических установках указаны неверно?

А) Сложные переключения, а также все переключения (кроме одиночных) на электроустановках, не оборудованных блокировочными устройствами или имеющих неисправные блокировочные устройства, должны выполняться по программам, бланкам переключений

В) Переключения на электрооборудовании и в устройствах РЗА, находящихся в оперативном управлении или ведении вышестоящего оперативно-диспетчерского персонала, должны производиться с его разрешения

С) Переключения без распоряжения и разрешения вышестоящего оперативно-диспетчерского персонала, но с последующим его уведомлением раз-

решается выполнять в случаях, не терпящих отлагательства (несчастный случай, стихийное бедствие, пожар, авария)

D) Все переключения на электростанциях и подстанциях должны выполняться в соответствии с инструкциями по производству переключений

156. Когда распоряжение диспетчера о переключениях считается выполненным?

A) После изменения состояния коммутационных аппаратов и сигнальных устройств на щите управления диспетчера

B) Если об этом сообщено диспетчеру лицом, получившим распоряжение

C) После срабатывания телесигнализации и телеизмерений на щите диспетчера

D) После записи в оперативном журнале о выполнении распоряжения

157. Каким образом вышестоящий оперативно-диспетчерский персонал дает разрешение на переключения?

A) В общем виде (без перечисления отдельных операций) после проверки возможности их выполнения по схеме, проверки режима работы оборудования и проведения необходимых режимных мероприятий

B) С указанием задачи переключений, после проверки возможности их выполнения по схеме

C) С указанием задачи переключений, после проверки режима работы оборудования и проведения необходимых режимных мероприятий

D) После проверки возможности выполнения переключений по схеме, проверки режима работы оборудования и проведения необходимых режимных мероприятий, с перечислением всех операций

158. Какие из перечисленных переключений должны выполняться по программам, бланкам переключений?

A) Все переключения (кроме одиночных) на электроустановках, не оборудованных блокировочными устройствами

B) Сложные переключения

С) Все переключения (кроме одиночных) на электроустановках, имеющих неисправные блокировочные устройства

Д) Все перечисленные переключения

159. Кто из перечисленных руководителей утверждает перечни сложных переключений на энергообъекте?

А) Руководитель энергообъекта

В) Технический руководитель энергообъекта

С) Руководитель органа оперативно-диспетчерского управления

Д) Руководитель вышестоящего органа оперативно-диспетчерского управления

160. Допускается ли применять типовой бланк переключений в случае несоответствия схемы электроустановки или состояния устройств РЗА той схеме, для которой был составлен типовой бланк?

А) Допускается по согласованию с техническим руководителем энергообъекта

В) Допускается по согласованию с контролирующим оперативным руководителем

С) Не допускается

Д) Допускается, если выдающий наряд внесет изменения и дополнения в типовой бланк переключений, чтобы он соответствовал схеме и заданию

161. Допускается ли при сложных переключениях привлекать к выполнению отдельных операций в схемах релейной защиты и автоматики лиц из числа работников служб релейной защиты и автоматики?

А) Допускается

В) Не допускается

С) Допускается из числа работников местной службы релейной защиты и автоматики, закрепленных за этими устройствами

Д) Допускается из числа работников центральной службы релейной защиты и автоматики, курирующих данный энергообъект

162. В какое время допускается производство плановых переключений?

- A) В ночное время, в выходные и праздничные дни
- B) В часы максимума нагрузок
- C) Во время грозы или урагана
- D) Начинать переключения за полчаса до окончания смены оперативно-диспетчерского персонала

163. В каком случае из перечисленных не допускается работа с шинными разъединителями и воздушными выключателями, находящимися под напряжением?

- A) После проверки исправности дифференциальной защиты шин
- B) При отключённой дифференциальной защите шин и введённом ускорении резервных защит
- C) При отключённой дифференциальной защите шин и включенных временных защитах
- D) При включённых устройствах АВР секционных и шиносоединительных выключателей

164. Какие распоряжения диспетчера энергосистемы (объединенной, единой энергосистем) выполняются немедленно при ликвидации аварий?

- A) Все распоряжения
- B) Все распоряжения по вопросам, входящим в его компетенцию
- C) Все распоряжения по вопросам, входящим в его компетенцию, за исключением распоряжений, выполнение которых может представлять угрозу для безопасности людей и сохранности оборудования
- D) Все распоряжения по вопросам, входящим в его компетенцию, за исключением тех, которые представляются подчиненному оперативному персоналу ошибочными (даже после подтверждения диспетчером своего распоряжения)

165. Какие предъявляются требования к действиям оперативного персонала электростанций и подстанций при опробовании напряжением оборудования, отключившегося в результате аварии?

А) Не допускается вручную отключать выключатели при включении их на КЗ и отказе защиты

В) Не допускается вручную отключать выключатели при неполнофазном включении во избежание их повреждения

С) Не допускается вручную повторно включать выключатели при неполнофазном включении во избежание их повреждения

Д) Немедленно вручную отключает выключатели при включении их на КЗ и отказе защиты или при неполнофазном включении

166. Когда включается отключившееся во время аварии оборудование?

А) Включается сразу

В) Включается после осмотра оборудования и получения разрешения от вышестоящего оперативного диспетчера

С) Включается после осмотра оборудования

Д) Включается после анализа действия отключивших его защит

167. При каком уровне частоты необходимо ее повышать путем отключения потребителей, если проведение других мероприятий не обеспечило ее повышения до требуемого значения и это не оговорено особо другими документами или распоряжениями вышестоящих организаций?

А) Ниже 49,80 Гц

В) Ниже 49,70 Гц

С) Ниже 49,60 Гц

Д) Ниже 49,50 Гц

168. При каком уровне частоты в единой или изолированной объединенной энергосистемах (энергосистеме) в электрических сетях и на электростанциях не производятся плановые переключения в РУ, в устройствах релейной защиты и противоаварийной автоматики и устройствах технологической автоматики энергоблоков, кроме переключений при аварийных ситуациях?

А) Ниже 49,80 Гц

В) Ниже 49,70 Гц

С) Ниже 49,60 Гц



D) Ниже 49,90 Гц

169. Какие действия при аварийном отключении линии, трансформаторов связи, шунтирующего реактора и другого оборудования указаны неверно?

A) Отрегулировать допустимый режим работы контролируемых связей (допустимые перетоки мощности для создавшейся схемы, уровни напряжения) и производятся операции по перестройке релейной защиты и противоаварийной автоматики в соответствии с инструкцией энергопредприятия или программой переключений

B) Включить потребителей, отключенных действием устройств САОН, а при невозможности - включить после отключения других потребителей по графикам аварийных отключений (или ограничений) и снижения перетока мощности по контролируемым связям

C) Определить причины отключений на основе показаний устройств телесигнализации и телеизмерений, анализа работы устройств релейной защиты и противоаварийной автоматики, опроса персонала и сообщения с мест, и устранить причины отключения

D) Включить потребителей отключенных по графикам аварийных отключений (или ограничений)

170. Допускается ли отключение оборудования без подготовки режима?

A) Допускается, при нарушении надежности схемы электроснабжения

B) Допускается, при угрозе повреждения оборудования или угрозе жизни людей

C) Допускается, при угрозе развития аварии с возможным отключением потребителей

D) Допускается, при нарушении устойчивости в работе энергосистемы

171. Где осуществляется контроль и регулирование напряжения в соответствии с утвержденными графиками напряжений?

A) В заданных контрольных сечениях сети

B) В заданных контрольных районах сети

- С) В заданных контрольных пунктах сети
- Д) В заданных контрольных участках сети

172. В каком случае оперативный персонал самостоятельно производит изменение коэффициентов трансформации трансформаторов, оснащенных устройствами РПН?

- А) При снижении частоты из-за недостатка активной мощности
- В) При сообщении потребителей о понижении напряжения на их присоединениях
- С) При понижении напряжения ниже минимально установленных уровней на одном или нескольких объектах
- Д) Для предотвращения аварии при возникновении перегрузки межсистемных транзитных связей по активной мощности

173. Какие из перечисленных мер по восстановлению напряжения в случае его понижения ниже минимально установленных уровней на одном или нескольких объектах указаны неверно?

- А) Включение батарей статических конденсаторов
- В) Включение шунтирующих реакторов
- С) Отключение шунтирующих реакторов
- Д) Увеличению загрузки СК и генераторов по реактивной мощности вплоть до взятия аварийных перегрузок

174. Что должен сделать оперативный персонал при понижении напряжения, вызванном неотключившимся КЗ в электросети?

- А) Определить и отключить место КЗ
- В) Не вмешиваться в работу релейной защиты и самостоятельно не отключать место КЗ
- С) Доложить выше стоящему оперативному персоналу о КЗ и отключить место КЗ
- Д) Изменить уставки релейной защиты для отключения КЗ

175. До какого уровня кратковременно повышается частота для включения потребителей с помощью ЧАПВ после ликвидации аварии?

- A) На 0,1-0,2 Гц выше верхней уставки ЧАПВ
- B) На 0,2-0,3 Гц выше верхней уставки ЧАПВ
- C) До 49,8 Гц
- D) До 49,6 Гц

176. Каким образом устраняются перегрузки сверх максимально (аварийно) допустимых значений перетоков мощности (токов) по связям, линиям и оборудованию при отсутствии резерва?

A) Немедленной загрузкой электростанций в приемной части энергосистемы и разгрузкой их в передающей части для разгрузки транзитных связей, в других случаях – использованием одного из указанных приемов

B) За счет использования аварийных перегрузок генерирующего оборудования и ограничений и отключений в приемной части энергосистемы, а также разгрузкой генерирующей мощности в периферийных избыточных частях энергосистем, объединенной или единой энергосистем

C) Снижением напряжения в узлах энергосистемы с помощью изменения коэффициентов трансформации трансформаторов и регулирования возбуждения генераторов

D) Включением батарей конденсаторов и загрузкой синхронных компенсаторов

F) Отключением шунтирующих реакторов

177. При какой длительности аварийный выход из строя средств связи диспетчерских центров, центров управления сетями в сетевых организациях и объектов электроэнергетики считается угрозой нарушения электроснабжения (режим с высоким риском нарушения электроснабжения)?

- A) При длительности более 6 часов
- B) При длительности более 12 часов
- C) При длительности более 24 часов
- D) При длительности более 36 часов

178. В течение какого времени с момента получения запроса от системного оператора необходимо предоставить сведения?

А) В течение 2 часов с момента получения запроса или в иные предусмотренные запросом сроки

В) В течение 1 часа с момента получения запроса

С) В течение 1 часа с момента получения запроса или в иные предусмотренные запросом сроки

Д) В течение 2 часов с момента получения запроса

179. В каком случае аварийный выход из строя электросетевого или генерирующего оборудования, считается угрозой нарушения электроснабжения (режим с высоким риском нарушения электроснабжения)?

А) Если это приводит к электроэнергетическому режиму энергосистемы с превышением максимально допустимых перетоков длительностью более 1 часа

В) Если это приводит к электроэнергетическому режиму энергосистемы с превышением максимально допустимых перетоков длительностью более 2 часов

С) Если это приводит к электроэнергетическому режиму энергосистемы с превышением максимально допустимых перетоков длительностью более 3 часов

Д) Если это приводит к электроэнергетическому режиму энергосистемы с превышением максимально допустимых перетоков длительностью более 5 часов

180. Необходимо сравнить показания двух электроприборов, один из которых работает при постоянном токе, а другой – при переменном. В качестве поверки следует выбрать:

а) непосредственное сличение с эталоном;

б) прямые измерения величины;

в) слияние через компаратор.

181. Проведена поверка вольтметра класса точности 1,0. Номинальное значение вольтметра 300 в. Результаты поверки представлены в таблице.

Определить, соответствует ли вольтметр установленному классу точности.

Номер измерения	-	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Показание образцового вольтметра	В	29,1	58,2	90,6	119,3	152,6	178,9	207,5	238,5	272,4	299,2
Показание поверяемого вольтметра	В	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300

а) да;

б) нет.

182. Проведена поверка амперметра, имеющего аддитивную погрешность. Номинальное значение амперметра 10 А. Результаты поверки представлены в таблице.

Какому классу точности соответствует амперметр.

Номер измерения	-	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Показание образцового амперметра	А	0,9	2,2	2,8	3,7	5,3	6,1	7,2	7,8	8,9	9,1
Показание поверяемого амперметра	А	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

а) 1,5;

б) 2,5;

в) 4,0.

183. При измерении напряжения 50 в были использованы три вольтметра:

$V_1$  - номинальное значение 100 в; класс точности 1,5;

2,0

$V_2$  - номинальное значение 150 в; класс точности ;

$V_3$  - номинальное значение 300 В; класс точности 1,5/1,0

С помощью какого вольтметра результат измерения получен с наибольшей точностью.

а) -  $V_1$

б) -  $V_2$

в) -  $V_3$

184. Проведена поверка вольтметра класса точности . Номинальное значение вольтметра 300 в. Результаты поверки представлены в таблице.

Определить, соответствует ли вольтметр установленному классу точности.

Номер измерения	-	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Показание образцового вольтметра	В	29,1	58,2	90,6	119,3	152,6	178,9	207,5	238,5	272,4	299,2
Показание поверяемого вольтметра	В	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300

а) да;

б) нет.

185. Проведена поверка амперметра, имеющего мультипликативную погрешность. Номинальное значение амперметра 10 А. Результаты поверки представлены в таблице.

Какому классу точности соответствует амперметр.

Номер измерения	-	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Показание образцового	А	0,98	2,03	2,92	3,96	5.16	6,05	7,10	7,80	8,90	9,8



поверяемого вольтметра	В	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300
---------------------------	---	----	----	----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

а) да;

б) нет.

188. Проведена поверка амперметра, имеющего аддитивную и мультипликативную погрешность. Номинальное значение амперметра 10 А. Результаты поверки представлены в таблице.

Какому классу точности соответствует амперметр.

Номер измерения	-	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Показание образцового амперметра	А	0, 98	2,02	2,98	3,97	5.03	6,10	7,03	7,98	8,95	9,95
Показание поверяемого амперметра	А	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

а) 0,5/ 0,1;

б) 2,5/ 1.0;

в) 4,0/ 2,5.

189. При измерении напряжения 50 в были использованы три вольтметра:

$V_1$  - номинальное значение 75 в; класс точности 1,5;

$V_2$  - номинальное значение 150 в; класс точности 2,0 ;

$V_3$  - номинальное значение 100 В; класс точности 1,5/1,0

С помощью какого вольтметра результат измерения получен с наибольшей точностью.

а) -  $V_1$

б) -  $V_2$

в) -  $V_3$



# ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

## Темы рефератов

1. Диагностика трансформаторного оборудования под рабочим напряжением.
2. Диагностика состояния посредством измерения характеристик масла.
3. Испытание изоляции повышенным напряжением частоты 50 Гц.
4. Измерение сопротивления короткого замыкания ( $Z_K$ ) обмоток в силовых трансформаторах, автотрансформаторах и масляных реакторах.
5. Измерение сопротивления обмоток постоянному току в трансформаторах тока.
6. Измерение сопротивления обмоток постоянному току в трансформаторах напряжения.
7. Применение тонкослойной хроматографии при определении микроколичеств фурановых производных в изоляционном масле.
8. Импульсное дефектографирование.
9. Определение влагосодержания изоляции.
10. Диагностика магнитопроводов трансформаторного оборудования.
11. Методы контроля дефектов изоляции: визуальный контроль; измерение сопротивления изоляции; замер токов утечки на повышенном напряжении постоянного тока; замер коэффициента абсорбции: замер тангенса угла диэлектрических потерь; измерение частичных разрядов на остановленной машине с приложением повышенного напряжения; замер токов утечки с обмотки возбуждения на землю, а также частиц пиролиза в охлажденном газе; замер вибрации машины (витковые замыкания в роторе).
12. Основные дефекты сердечника статора: нарушение целостности межлистовой изоляции из-за некачественного изготовления, попадания посторонних предметов в расточку статора; повреждение при сборке в процессе ввода ротора в статор; истирание межлистовой изоляции при ослаблении прессовки пакетов стали сердечника статора: повреждения подшипников, приводящие к биению ротора и задеванию его за статор.

13. Основные дефекты сердечника ротора: нарушение целостности бочки и вала ротора, бандажных колец, клиньев обмотки вследствие недостатка паковки и обработки ротора; неудачная конструкция клиньев: редкие циклы изменения температуры при частых пусках; большие тепловые нагрузки от токов обратной последовательности.

14. Методы контроля дефектов в обмотке статора и сердечника ротора: метод теплового контроля с помощью термосопротивлений, заложенных в наиболее опасных для перегрева местах; индикация наличия продуктов пиролиза, выделяющихся из перегретой изоляции в охлаждающий газ; кольцевое намагничивание сердечника; применение тепловизора: наклейки в критических точках термочувствительных этикеток; метод замера вибрации

15. Контроль состояния машин во время работы: вибрация отдельных узлов; параметры охлаждающих сред (вход и выход), расходы охлаждающих сред; комплексные методы, выявляющие большинство развивающихся дефектов: определение температуры статора по всем пазам и торцам; анализ вибрации статора, вала, направляющих подшипников; измерение частичных разрядов в обмотке статора; контроль нагрева подшипника; контроль величины воздушного зазора относительно ротора и статора; измерение акустических шумов; анализ смазочного масла; контроль изоляции.

16. Основные дефекты асинхронных двигателей: повреждение изоляции, витковые замыкания, обрыв роторных стержней, повреждение подшипников.

17. Описать контроль состояния асинхронных двигателей во время работы: визуальный контроль, замер токов нулевой последовательности, вибрационный контроль, контроль допустимой нагрузки, температурный контроль.

18. Основные дефекты силовых трансформаторов, автотрансформаторов: повреждение высоковольтных вводов, изоляции трансформатора и другого маслonaполненного оборудования и обмоток; снижение качества масла; местные перегревы; электроизнос контактов переключателя ответвлений.

19. Вибрационное обследование и диагностическое состояние силовых трансформаторов: оценка состояния фундаментов; измерение общего уровня

вибрации на поверхности бака трансформаторов; анализ вибрационного состояния системы масляного охлаждения; вибрационное состояние системы вентиляции и системы обдува; выявление наличия опасных деформаций, распрессовки обмоток, оценка механической прочности витковой изоляции.

20. Основные дефекты высоковольтных коммутационных аппаратов: повреждение изоляции, снижение давления сжатого воздуха, утечка газа, нагрев контактных соединений, ослабление натяжений пружин.

21. Методы диагностики и контроля оборудования: физико - химический контроль трансформаторного масла, определение электрической прочности, механических примесей и углерода; контроль осажденной воды; измерение сопротивления изоляции, измерение тангенса угла диэлектрических потерь, испытание изоляции повышенным напряжением, тепловизионный контроль, измерение сопротивления постоянному току, измерение скоростных и временных характеристик, измерение вытягивающих усилий подвижных контактов из неподвижных, испытание колонок изоляторов на излом.

22. Контроль состояния высоковольтных коммутационных аппаратов вовремя работы: визуальный контроль, наблюдение частичных разрядов, контроль с помощью манометров, замер утечки газа из элегазового оборудования методом регистрации отрицательных ионов, тепловизионный контроль, контроль с помощью термоиндикаторов.

23. Основные дефекты измерительных трансформаторов, конденсаторов, разрядников и ограничителей перенапряжений: повреждение (ухудшение состояния) изоляции, изменение характеристик разрядников и ограничителей перенапряжений (ОПН), витковые замыкания в измерительных трансформаторах, нагрев контактных соединений, физико - химический и хроматографический анализ трансформаторного масла у измерительных трансформаторов тока, контроль токов проводимости на постоянном напряжении и измерение tg на отключение от сети ОПН.

24. Методы диагностики измерительных трансформаторов, конденсаторов, разрядников и ограничителей перенапряжений: измерение сопротивле-

ния изоляции, испытание повышенным напряжением, замер тангенса угла диэлектрических потерь, измерение сопротивления обмоток постоянному току, снятие характеристик намагничивания, измерение тока утечки, измерение емкости, измерение пробивных напряжений.

25. Контроль состояния измерительных трансформаторов, конденсаторов, разрядников и ограничителей перенапряжений вовремя работы: визуальный контроль, фиксация срабатывания разрядников и ОПН, тепловизионный контроль, контроль с помощью термоиндикаторов.

26. Основные дефекты воздушных линий (ВЛ): повреждение изоляции подвесных, опорных и полимерных изоляторов; нарушение соединения проводов; нарушение состояния заземления опор, их оттяжек и тросов; загнивание деталей деревянных опор; коррозия металлических опор и траверс.

27. Методы диагностики и контроля ВЛ: измерение сопротивления изоляции, измерение величины падения напряжения или сопротивления на участке соединения, плавка гололеда.

28. Контроль состояния ВЛ во время работы: визуальный контроль; измерение сопротивления заземления опор и тросов; замер вибрации проводов линий электропередачи; замер натяжения оттяжек опор, наклон опор; проверка загнивания опор.

29. Основные дефекты кабельных линий (КЛ): повреждение изоляции, обрыв жил кабеля, коррозия брони кабеля, утечка масла.

30. Методы диагностики и контроля КЛ: измерение сопротивления изоляции, испытание повышенным напряжением, замер тока утечки, проверка целостности жил, определение сопротивления жил, тепловые испытания.

### **Типовые вопросы к зачету по дисциплине**

#### **«Диагностика электроустановок»**

2. Каковы основные задачи технической диагностики?
3. Классификация методов измерений
4. Погрешности измерений. Класс точности

5. Способы исключения систематических погрешностей
6. Способы исключения случайных погрешностей
7. Обработка результатов прямых измерений
8. Обработка результатов косвенных измерений
9. Государственная система стандартизации
10. Основные цели и объекты сертификации
11. Аккредитация испытательных (измерительных) лабораторий
11. Метрологические характеристики средств измерений
12. Классификация измерительных приборов по обобщенным признакам
13. Класс точности и нормирование погрешностей
14. Случайные погрешности и способы их описания
15. Оценки истинного значения на основании ограниченного ряда наблюдений
16. Интервальные значения истинного значения
17. Прямые равноточные измерения с многократными наблюдениями
18. Прямые неравноточные измерения
19. Правила проверки согласия опытного распределения случайной величины с теоретическим
20. Количественные показатели точности измерений и способы их выражения
21. Каковы основные виды технического состояния электрооборудования?
22. Что является предметом технической диагностики?
23. Почему важно учитывать скорость развития дефектов?
24. В чем заключается новая стратегия технического обслуживания?
25. На какие группы можно разбить повреждения оборудования?
26. Чем определяется достоверность метода диагностики?
27. Какие существуют направления обеспечения необходимой точности измерений в условиях помех?

28. Какова структура и содержание двухступенчатых профилактических испытаний?

29. Как осуществляется оценка состояния трансформатора при функциональной диагностике?

30. Каковы приемы диагностики?

31. Как различаются трансформаторы по назначению?

32. Каковы основные элементы конструкции силовых трансформаторов?

33. С какой целью у трансформаторов мощностью 1000 кВА и более устанавливают газовое реле?

34. Какими способами выполняют крепление вводов на крышке или стенке бака трансформаторов?

35. Для чего на мощные трансформаторы устанавливают выхлопную трубу?

36. Как происходит увлажнение изоляции трансформатора в процессе эксплуатации?

37. Какие механические дефекты возникают в процессе эксплуатации трансформатора?

38. Почему в процессе эксплуатации может измениться коэффициент трансформации силового трансформатора?

39. Какие дефекты выявляет измерение сопротивления обмоток постоянному току?

40. Какие дефекты можно выявить по значению  $\operatorname{tg}\delta$  изоляции трансформатора?

41. Какие характеристики изоляции называются абсорбционными?

42. Какие параметры являются характеристиками частичных разрядов (ЧР) в изоляции трансформаторов?

43. Какие методы используются для обнаружения ЧР?

44. Какие дефекты трансформатора позволяют выявить метод низковольтных импульсов?

45. В чем суть метода частотного анализа?

46. Что является целью вибрационного обследования трансформаторов?
47. Каковы параметры контроля при тепловизионном обследовании трансформаторов?
48. Что относится к параметрам непрерывного контроля трансформаторов под напряжением?
49. По каким характеристикам оценивается старение трансформаторного масла?
50. На чем основан хроматографический метод анализа газовой смеси, выделенной из масла?
51. За счет чего происходит разделение компонентов газовой смеси в хроматографической колонке?
52. Какие газы используются как газы-носители в хроматографе?
53. За счет чего ухудшается состояние трансформаторного масла герметичных трансформаторных вводов?
54. На каком явлении основано применение оптических методов оценки состояния высоковольтных герметичных вводов?
55. Основные уравнения измерительного трансформатора напряжения.
56. Погрешности измерительного трансформатора напряжения.
57. Основные уравнения измерительного трансформатора тока.
58. Погрешности измерительного трансформатора тока.
59. Поверка измерительного трансформатора напряжения.
60. Поверка измерительного трансформатора тока.
61. Подготовка и выполнение измерений в электроустановках.
62. Сформулировать основные понятия технической диагностики.
63. Охарактеризовать объекты технического диагностирования
64. Дать определение технического состояния объекта, его контроль.
65. Описать прогнозирование технического состояния.
66. Перечислить средства, системы технического состояния.
67. Перечислить показатели и характеристики диагностирования.

68. Охарактеризовать процессы повреждения и износа. Понятие дефекта оборудования и его признаки.
69. Перечислить средства и методы контроля состояния оборудования.
70. Описать контроль оборудования во время работы.
71. Перечислить требования к системам контроля и диагностики.
72. Охарактеризовать основные дефекты обмоток статора и ротора.
73. Описать методы контроля дефектов изоляции.
74. Охарактеризовать основные дефекты сердечника статора: нарушение
75. Охарактеризовать основные дефекты сердечника ротора.
76. Описать методы контроля дефектов в обмотке статора и сердечника ротора.
77. Описать контроль состояния машин во время работы.
78. Охарактеризовать основные дефекты асинхронных двигателей.
79. Описать контроль состояния асинхронных двигателей во время работы.
80. Охарактеризовать основные дефекты силовых трансформаторов и автотрансформаторов.
81. Описать вибрационное обследование и диагностическое состояние силовых трансформаторов.
82. Охарактеризовать основные дефекты высоковольтных коммутационных аппаратов.
83. Описать методы диагностики и контроля оборудования.
84. Описать контроль состояния высоковольтных коммутационных аппаратов во время работы.
85. Охарактеризовать основные дефекты измерительных трансформаторов, конденсаторов, разрядников и ограничителей перенапряжений.
86. Описать контроль состояния измерительных трансформаторов, конденсаторов, разрядников и ограничителей перенапряжений во время работы.
87. Охарактеризовать основные виды неисправности устройств релейной защиты и автоматики (РЗ и А).



88. Описать основные требования к методам и средствам технического диагностирования и технического обслуживания устройств релейной защиты и автоматики (РЗ и А).

89. Охарактеризовать тестовый, функциональный и автоматизированный контроль устройств релейной защиты и автоматики (РЗ и А).

90. Описать основные требования к методам и средствам технического диагностирования и технического обслуживания устройств релейной защиты и автоматики (РЗ и А).

91.

**Приложение 3к рабочей программе учебной дисциплины**



**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ**  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«Дальневосточный федеральный университет»  
(ДФУ)**

---

**ИНЖЕНЕРНАЯ ШКОЛА**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**  
**по дисциплине «Диагностика электроустановок»**  
**Направление подготовки – 13.04.02 Электроэнергетика и**  
**электротехника**

Магистерская программа «Оптимизация развивающихся систем  
электропитания»

**Форма подготовки (очная)**

**Владивосток**  
**2020**

1. Горбенко Ю. М., Силин Н.В., Шеин А.Н., Яблокова В.С. Метрология: учебное пособие/ Дальневосточный федеральный университет,- Владивосток: Издательский дом Дальневосточного федерального университета, 2012.- 132 с.

*Примеры решения типовых задач по обработке результатов прямых измерений*

**Пример 1.** Измерение тока дало следующие значения: 10,07; 10,08; 10,10; 10,12; 10,13; 10,15; 10,16; 10,17; 10,20; 10,40 А. Результат 10,40 А резко отличается от остальных. Проверить, содержится ли грубая погрешность.

По формулам (3.15, 3.16) определим оценки среднеарифметического значения  $\bar{x}$  и среднеквадратического отклонения  $\tilde{\delta}$ :

$$\bar{x} = 10,16 \text{ А}, \quad \tilde{\delta} = 0,094 \text{ А}.$$

Рассчитаем коэффициент  $t_{10}$  по формуле (3.17)

$$t_{10} = \frac{x_{10} - \bar{x}}{\tilde{\sigma}} = \frac{10,4 - 10,16}{0,094} = 2,55.$$

Примем уровень значимости критерия ошибки  $q = 1\%$ . Из табл.3.3 находим предельное (граничное) значение коэффициента  $t_{\Gamma} = 2,62$ . Так как  $t_{10} < t_{\Gamma}$ , то наблюдения 10,4 А отбросить нельзя.

**Пример 2.** Проверить гипотезу о нормальности распределения небольшой группы наблюдений. Результаты наблюдений ( $n = 24$ ) представлены в табл.3.8.

Пользуясь составным критерием, проверим, можно ли считать полученные данные реализациями случайной величины, имеющей нормальное распределение.

Результат наблюдений и расчета примера 2

Номер наблюдения n	Показание прибора $x_i$	Случайное отклонение $U_i = (x_i - \bar{x}) \cdot 10^{-3}$	Квадрат случайного отклонения $U_i^2 \cdot 10^{-6}$	Номер наблюдения i	Показания прибора $x_i$	Случайное отклонение $U_i = (x_i - \bar{x}) \cdot 10^{-3}$	Квадрат случайного отклонения $U_i^2 \cdot 10^{-6}$
1	8,906	-13	169	13	8,914	-5	25
2	8,915	-4	16	14	8,925	6	36
3	8,913	-6	36	15	8,923	4	16
4	8,921	2	4	16	8,917	-2	4
5	8,925	6	36	17	8,918	-1	1
6	8,929	10	100	18	8,921	2	4
7	8,917	-2	4	19	8,920	1	1
8	8,915	-4	16	20	8,920	1	1
9	8,919	0	0	21	8,914	-5	25
10	8,914	-5	25	22	8,917	-2	4
11	8,921	2	4	23	8,916	-3	9
12	8,920	1	1	24	8,935	16	256

Вычислим оценки параметров распределения среднего арифметического результатов наблюдений  $\bar{x}$  по формуле (3.15) и среднего квадратического отклонения результатов наблюдений по формуле (3.16), получим:

$$\bar{x} = 8,919 \text{ В}, \tilde{\delta} = 5,87 \cdot 10^{-3} \text{ В.}$$

Смещенная оценка среднего квадратического отклонения, определяемая по формуле (3.19):

$$\tilde{\sigma}^* = 5,748 \cdot 10^{-3} \text{ В.}$$

Проверяем выполнение критериев 1 и 2.

Критерий 1. Вычисляем  $\tilde{d}$  по формуле (3.18):

$$\tilde{d} = \frac{\sum_{i=1}^n |x_i - \bar{x}|}{n\tilde{\sigma}^*} = \frac{103 \cdot 10^{-3}}{24 \cdot 5,748 \cdot 10^{-3}} = 0,746 .$$

Выбрав уровень значимости  $q_1 = 0,02$  из табл. 3.4 определяем квантили распределения:  $d_{\min} = 0,700$ ,  $d_{\max} = 0,897$ .

Так как  $0,700 < 0,746 < 0,897$ , то критерий 1 выполняется.

Критерий 2. Принимаем уровень значимости  $q_2 = 0,02$ . Из табл. 3.5 по выбранному  $q_2 = 0,02$  и числу наблюдений  $n=24$  находим значение вероятности  $P = 0,98$ . Из табл. 3.5 определяем значение теоретического коэффициента  $m=2$ .

Из табл. 3.6 по величине  $\Phi_1(Z) = \frac{P}{2} = 0,49$  находим аргумент функции  $Z = Z_{\frac{P}{2}} = 2,33$ . Определяем коэффициент  $Z_{\frac{P}{2}} \cdot \tilde{\delta} = 2,33 \cdot 5,87 \cdot 10^{-3} = 13,67 \cdot 10^{-3}$ .

Согласно критерию 2 не более двух разностей  $|x_i - \bar{x}|$  ( $m=2$ ) могут превысить число  $13,67 \cdot 10^{-3}$ . По данным расчета, приведенным в табл. 3.8 следует, что только при  $i=24$  разность превышает это число, т.е.  $m_3=1$ . Следовательно, и критерий 2 выполняется.

Таким образом, при уровне значимости  $q \leq q_1 + q_2$  гипотеза о нормальности распределения полученных данных согласуется с данными наблюдений.

**Пример 3.** Произведено 18 ( $n=18$ ) отчетов значений измеряемой величины-напряжения (табл. 3.9). Требуется произвести обработку результатов измерений (предполагая их нормальное распределение). Для этого выбрать доверительную вероятность  $P_0 = 0,95$ . Систематической погрешностью пренебречь.

*Результаты измерений примера 3*

$i$	$x_i$	$i$	$x_i$	$i$	$x_i$
1	1681	7	1705	13	1682
2	1701	8	1685	14	1690
3	1693	9	1697	15	1987
4	1678	10	1690	16	1680
5	1686	11	1690	17	1692
6	1674	12	1985	18	1688

Примечание:  $i$  - номер измерения,  $x_i$  - результат измерения.

1. Определим среднее арифметическое значение

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i = 1688,0 \text{ мВ.}$$

Значение  $\bar{x}$  считается оценкой истинного значения измеряемого напряжения  $U$ , т.е.  $U \approx \bar{x} = 1688,0 \text{ мВ}$ .

1. Вычислим отклонение результатов отдельных измерений от среднего значения  $\bar{x}$  по формуле:  $U_i = x_i - \bar{x}$ . Результаты вычисления представлены в табл. 3.10.

Значение остаточных погрешностей примера 3

$i$	$U_i$	$i$	$U_i$	$i$	$U_i$
1	-7	7	17	13	-6
2	13	8	-3	14	2
3	5	9	9	15	-1
4	-10	10	2	16	-8
5	-2	11	2	17	4
6	-14	12	-3	18	0

3. Вычислим оценку среднего квадратичного отклонения по формуле (3.16)

$$\tilde{\sigma} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n U_i^2}{n-1}} = 7,9, \text{ мВ.}$$

4. Среднеквадратическое отклонение среднеарифметического

$$\tilde{\sigma}_{\text{cp}} = \frac{\tilde{\sigma}}{\sqrt{n}} = \frac{7,9}{\sqrt{18}} = 1,9, \text{ мВ.}$$

Для вычисления доверительного интервала, соответствующего доверительной вероятности  $P_\delta = 0,95$  и числу измерений  $n = 18$ , воспользуемся таблицей 3.2. Определим коэффициент Стьюдента

$$t(P_\delta, n) = t(0,95, 18) = 2,11.$$

Поскольку  $\tilde{\sigma}_{\text{cp}} = 1,9 \text{ мВ}$ , то нижняя граница доверительного интервала

$$x_{\text{н}} = \bar{x} - t(P_\delta, n) \cdot \tilde{\sigma}_{\text{cp}} = 1688 - 2,11 \cdot 1,9 \approx 1684 \text{ мВ},$$

а верхняя граница

$$x_{\text{в}} = \bar{x} + t(P_\delta, n) \cdot \tilde{\sigma}_{\text{cp}} = 1688 + 2,11 \cdot 1,9 \approx 1692 \text{ мВ}.$$

Граница случайной погрешности результата измерений

$$\Delta_{\Gamma} = t(P_\delta, n) \cdot \tilde{\sigma}_{\text{cp}} = 2,11 \cdot 1,9 = 4,0 \text{ мВ}.$$

Результат измерений может быть записан в виде

$$U = 1688 \text{ мВ}; \Delta_{\Gamma} = \pm 4 \text{ мВ}; P_\delta = 0,95.$$

**Пример 4.** С целью аттестации катушки индуктивности по добротности проведено 20 измерений ее добротности при температуре окружающей среды

$$T = 25^{\circ}C .$$

В качестве средств измерений использовались: компаратор добротности с погрешностью сличения  $\delta_k = 0,4\%$  и образцовая катушка, аттестованная с погрешностью  $\delta_a = 0,7\%$ .

Требуется определить номинальное значение добротности аттестуемой катушки и погрешность аттестации с доверительной вероятностью  $P_o = 0,95$  для нормальных условий ( $T = 20^{\circ}C$ ).

В результате измерений получены данные, приведенные в табл. 3.11.

Таблица 3.11

**Результаты измерений примера 4**

Порядковый номер измерения	$Q_i$	Порядковый номер измерения	$Q_i$	Порядковый номер измерения	$Q_i$	Порядковый номер измерения	$Q_i$
1	76,3	6	76,0	11	75,3	16	75,9
2	74,7	7	75,3	12	75,1	17	74,9
3	75,7	8	74,9	13	75,5	18	75,7
4	75,5	9	75,5	14	75,4	19	75,3
5	75,7	10	75,4	15	75,8	20	77,1

Исключим известную систематическую погрешность из результата измерения. В данной задаче систематическая погрешность измерения будет обуславливаться отклонением температуры окружающей среды от нормальной.

Используя известную зависимость изменения добротности  $\Delta Q$ , определим эти измерения по формуле

$$\Delta Q_i = Q_i \cdot \beta \cdot \Delta T ,$$



где  $Q_i$  - результат измерения при  $T = 25^{\circ}C$ ,

$\beta = 5 \cdot 10^{-4}$  - температурный коэффициент добротности,

$\Delta T = 5^{\circ}C$  - отклонение температуры.

Результаты измерения после исключения систематической погрешности приведены в табл. 3.12

Таблица 3.12

**Результаты измерений примера 4 после исключения систематической погрешности**

Порядковый номер измерения	$Q_i$	Порядковый номер измерения	$Q_i$	Порядковый номер измерения	$Q_i$	Порядковый номер измерения	$Q_i$
1	76,11	6	75,81	11	75,11	16	75,71
2	74,51	7	75,11	12	74,91	17	74,71
3	75,51	8	74,71	13	75,31	18	75,51
4	75,31	9	75,31	14	75,21	19	75,11
5	75,51	10	75,21	15	75,61	20	76,91

Определим среднее арифметическое значение

$$\bar{Q} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Q_i = \frac{1}{20} \sum_{i=1}^{20} Q_i = 75,36.$$

Среднеквадратичное отклонение

$$\tilde{\sigma} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (Q_i - \bar{Q})^2} = \sqrt{\frac{1}{20-1} \sum_{i=1}^n (Q_i - 75,36)^2} = 0,53$$

Рассчитаем коэффициент  $t_{20}$  по формуле (3.17), т.е. проверим является ли результат 20-го наблюдения промахом

$$t_{20} = \frac{|Q_{20} - \bar{Q}|}{\tilde{\sigma}} = \frac{|76,91 - 75,36|}{0,53} = 2,92$$

Из табл. 3.3 по заданным величинам  $n = 20$  и уровню значимости  $q = 0,05$  (5%) находим предельное значение коэффициента  $t_{\Gamma} = 2,78$ .

Так как  $t_{20} > t_{\Gamma}$  ( $2,92 > 2,78$ ), то гипотеза не противоречит экспериментальным данным, т.е. 20-е наблюдение является промахом, поэтому из дальнейшей обработки его исключим.

Вычислим среднее арифметическое 19 наблюдений  $\bar{Q}_{19}$

$$\bar{Q}_{19} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Q_i = \frac{1}{19} \sum_{i=1}^{19} Q_i = 75,28.$$

Вычислим среднюю квадратическую погрешность результатов наблюдений

$$\tilde{\sigma} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (Q_i - Q_{19})^2} = \sqrt{\frac{1}{19-1} \sum_{i=1}^{19} (Q_i - 75,28)^2} = 0,40$$

Определим принадлежность результатов наблюдений к нормальному распределению. Так как число наблюдений  $n$  больше 15 и меньше 50 ( $15 < n < 50$ ), используем составной критерий.

Определим смещенную оценку среднего квадратического отклонения по формуле (3.19)

$$\tilde{\sigma}^* = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (Q_i - \bar{Q}_{19})^2} = \sqrt{\frac{1}{19} \sum_{i=1}^{19} (Q_i - 75,28)^2} = 0,39.$$

Определяем выполнение критериев 1 и 2.

Критерий 1. Вычисляем параметр  $\tilde{d}$  по формуле (3.18)

$$\tilde{d} = \frac{\sum_{i=1}^n |Q_i - \bar{Q}_{19}|}{n \cdot \tilde{\sigma}^*} = \frac{\sum_{i=1}^{19} |Q_i - 75,28|}{19 \cdot 0,39} = 0,79.$$

Задаваясь уровнем значимости  $q_1 = 0,1$  из табл. 3.4 определяем квантили распределения для  $n = 21$  (ближайшее к  $n = 19$ )

$$d_{\min} = 0,7304, \quad d_{\max} = 0,8768.$$

Так как расчетное значение  $\tilde{d}$  не выходит за пределы теоретических значений (т.е.  $0,73 < 0,79 < 0,87$ ), можно считать, что критерий 1 выполняется.

Критерий 2. Принимаем уровень значимости  $q_2 = 0,05$ . Из табл. 3.5 по выбранному  $q_2 = 0,05$  и числу наблюдений  $n = 19$  находим значение вероятности  $P = 0,98$ . Из табл. 3.5 определяем значение теоретического коэффициента  $m = 1$ .

Из табл. 3.6 по величине  $\phi_1(Z) = \frac{P}{2} = 0,49$  находим аргумент функции  $Z = Z_{\frac{P}{2}} = 2,33$ . Определяем коэффициент  $Z_{P/2} \cdot \tilde{\delta} = 2,33 \cdot 0,40 = 0,93$ .

Анализируя значения модулей отклонения  $|Q_i - \bar{Q}_{19}|$  результатов наблюдений (табл. 3.13), отметим, что ни одна из них не превышает значение 0,93. Следовательно, и критерий 2 выполняется.

Значения модулей отклонения  $|Q_i - \bar{Q}_{19}|$ 

Порядковый номер измерения	$ Q_i - \bar{Q}_{19} $	Порядковый номер измерения	$ Q_i - \bar{Q}_{19} $	Порядковый номер измерения	$ Q_i - \bar{Q}_{19} $	Порядковый номер измерения	$ Q_i - \bar{Q}_{19} $
1	0,83	6	0,53	11	0,17	16	0,43
2	0,77	7	0,17	12	0,37	17	0,57
3	0,23	8	0,53	13	0,03	18	0,23
4	0,03	9	0,03	14	0,07	19	0,17
5	0,23	10	0,07	15	0,33	-	-

Таким образом, при уровне значимости  $q \leq q_1 + q_2 = 0,15$  гипотеза о нормальности распределения полученных данных согласуется с данными наблюдений.

Вычислим среднеквадратическое отклонение среднеарифметического

$$\tilde{\sigma}_{cp} = \frac{\tilde{\sigma}}{\sqrt{n}} = \frac{0,4}{\sqrt{19}} = 0,09.$$

Так как распределение подчиняется нормальному закону, доверительные границы  $\Delta_r$  вычисляем по формуле (3.23). При заданной доверительной вероятности  $P = 0,95$  и числе наблюдений  $n = 19$  из табл. 3.2 определим коэффициент Стьюдента

$$t(P_\delta, n) = 2,10.$$

Граница случайной погрешности

$$\varepsilon = \Delta_r = t(P_\delta, n) \cdot \tilde{\sigma}_{cp} = 2,10 \cdot 0,09 = 0,19.$$

Определим доверительные границы неисклученной систематической погрешности измерения. В данной задаче неисклученная систематическая погрешность измерения будет обуславливаться двумя составляющими погрешностями аттестации образцовой катушки и компаратора, заданных в относительной форме.

Вычислим границы (абсолютные значения погрешностей) каждой неисключенной систематической погрешности

$$\theta_a = \pm \frac{\delta_a}{100} \cdot \bar{Q}_{19} = \pm \frac{0,7}{100} \cdot 75,28 = \pm 0,53,$$

$$\theta_k = \pm \frac{\delta_k}{100} \cdot \bar{Q}_{19} = \pm \frac{0,4}{100} \cdot 75,28 = 0,30.$$

Доверительные границы суммарной неисключенной систематической погрешности найдем по формуле (3.24)

$$\theta = k \sqrt{\sum_{i=1}^m Q_i^2} = 1,1 \cdot \sqrt{0,53^2 + 0,30^2} = 0,67,$$

где  $k=1,1$  (значение коэффициента определено из табл. 3.7).

Определим, можно ли пренебречь какой-либо составляющей погрешности измерения.

Вычислим отношение

$$\frac{\theta}{\tilde{\sigma}_{cp}} = \frac{0,67}{0,09} = 7,44.$$

Так как отношение  $\frac{\theta}{\tilde{\sigma}_{cp}}$  лежит в пределах 0,8-8,0, то ни одной из составляющих погрешности измерения пренебречь нельзя, следовательно, общая погрешность будет определяться обеими составляющими.

Найдем доверительные границы  $\Delta$  общей погрешности измерения по формуле (3.25), предварительно вычислив величины  $S_\Sigma$  и  $k$  по формулам (3.26), (3.27).

Оценка суммарного среднеквадратического отклонения результата измерения

$$S_\Sigma = \sqrt{\frac{1}{3}(\theta_a^2 + \theta_k^2) + \tilde{\sigma}_{cp}^2} = \sqrt{\frac{1}{3}(0,53^2 + 0,3^2) + 0,09^2} = 0,36.$$

Коэффициент  $k$

$$k = \frac{\varepsilon + \theta}{\tilde{\sigma}_{cp} + \sqrt{\frac{1}{3}(\theta_a^2 + \theta_k^2)}} = \frac{0,19 + 0,67}{0,09 + \sqrt{\frac{1}{3}(0,53^2 + 0,30^2)}} = 1,95.$$

Доверительные границы погрешности измерения

$$\Delta = k \cdot S_{\Sigma} = 1,95 \cdot 0,36 = \pm 0,7 .$$

Результат измерения можно представить в следующей форме

$$Q = \bar{Q}_{19} + \Delta \text{ или } Q = 75,28 \pm 0,70 ; P = 0,95 .$$

**Пример 5.** Определить средневзвешенное значение напряжения и среднеквадратическое отклонение средневзвешенного неравноточных измерений, которые были выполнены тремя коллективами экспериментаторов с помощью различных методов измерений. Экспериментальные результаты измерений и их средние квадратические отклонения следующие:

$$\tilde{U}_1 = 18,90 \text{ В}, \tilde{\sigma}_1 = 0,04 \text{ В}; \tilde{U}_2 = 18,89 \text{ В}, \tilde{\sigma}_2 = 0,16 \text{ В}; \tilde{U}_3 = 18,92 \text{ В}, \tilde{\sigma}_3 = 0,20 .$$

Определим весовые коэффициенты

$$a_1 = \frac{\frac{1}{\tilde{\sigma}_1^2}}{\frac{1}{\tilde{\sigma}_1^2} + \frac{1}{\tilde{\sigma}_2^2} + \frac{1}{\tilde{\sigma}_3^2}} = \frac{\frac{1}{0,04^2}}{\frac{1}{0,04^2} + \frac{1}{0,16^2} + \frac{1}{0,2^2}} = 0,907 ,$$

$$a_2 = \frac{\frac{1}{\tilde{\sigma}_2^2}}{\frac{1}{\tilde{\sigma}_1^2} + \frac{1}{\tilde{\sigma}_2^2} + \frac{1}{\tilde{\sigma}_3^2}} = \frac{\frac{1}{0,16^2}}{\frac{1}{0,04^2} + \frac{1}{0,16^2} + \frac{1}{0,2^2}} = 0,0567 ,$$

$$a_3 = \frac{\frac{1}{\tilde{\sigma}_3^2}}{\frac{1}{\tilde{\sigma}_1^2} + \frac{1}{\tilde{\sigma}_2^2} + \frac{1}{\tilde{\sigma}_3^2}} = \frac{\frac{1}{0,2^2}}{\frac{1}{0,04^2} + \frac{1}{0,16^2} + \frac{1}{0,2^2}} = 0,0363 .$$

Средневзвешенное

$$\tilde{U}_0 = \sum_{j=1}^m a_j \tilde{U}_j = 0,907 \cdot 18,90 + 0,0567 \cdot 18,89 + 0,0363 \cdot 18,92 = 18,9 \text{ В} .$$

Среднеквадратическое отклонение средневзвешенного

$$\sigma = S(\tilde{U}_0) = \frac{1}{\sqrt{\sum_{j=1}^m \frac{1}{S^2(\tilde{U}_j)}}} = \frac{1}{\sqrt{\frac{1}{0,04^2} + \frac{1}{0,16^2} + \frac{1}{0,2^2}}} = 0,038 \approx 0,04 \text{ В} .$$

**Пример 6.** Исследуется температурная зависимость сопротивления материала элемента схемы с целью введения температурной компенсации в средстве измерения. Экспериментальными исследованиями получены данные, сведенные в табл. 3.17. Результаты эксперимента представлены на рис. 3.10. Воспользуемся известной зависимостью сопротивления от температуры

$$R_t = R_0 \cdot (1 + \alpha \cdot t + \beta t^2), \text{ или обозначив } C_1 = R_0 \cdot \alpha \text{ и } C_2 = R_0 \cdot \beta, \text{ получим}$$

$$R_t = R_0 + C_1 \cdot t + C_2 \cdot t^2$$

Таблица 3.17

**Результаты экспериментальных исследований примера 5**

Параметры	Номер опыта									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$t_i, ^\circ C$	+1, 1	+9, 6	+20, 1	+29, 5	+40, 5	+49, 7	+58, 5	+70, 5	+79, 8	+89, 9
$R_t, \text{Om}$	1,0	1,0 6	1,09	1,11	1,17	1,25	1,34	1,41	1,48	1,53

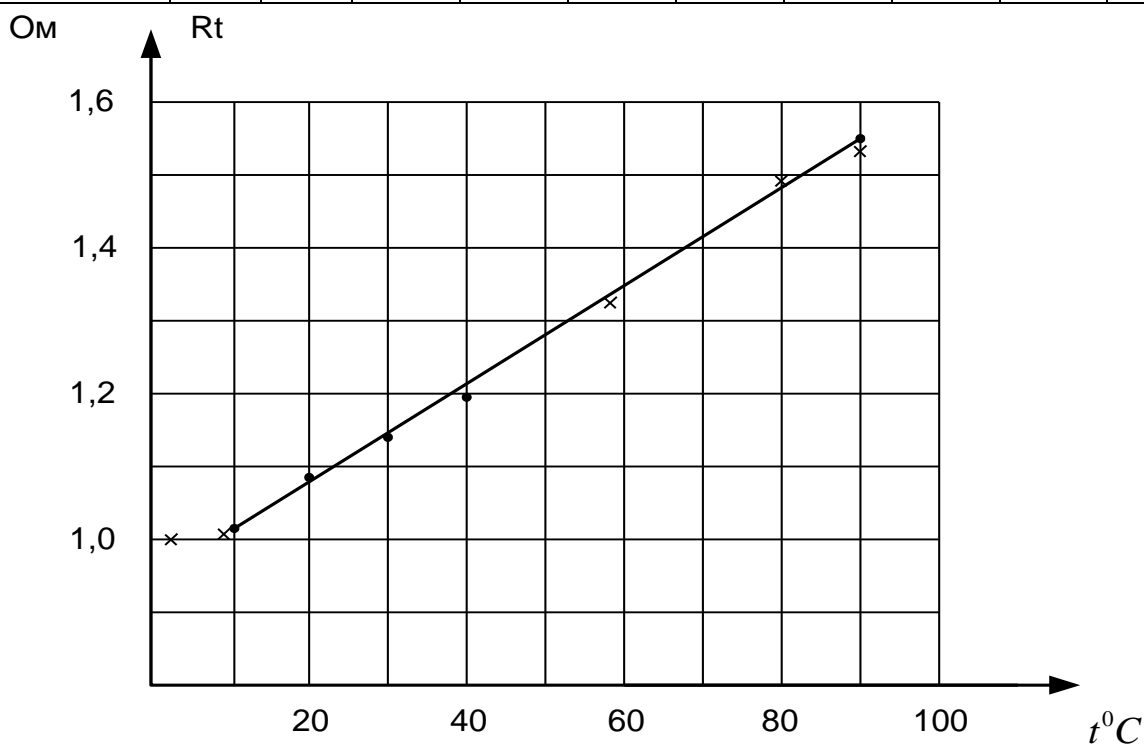


Рис. 3.10 Экспериментальная зависимость  $R_t = f(t)$

Следовательно, необходимо определить параметры  $R_0, C_1$  и  $C_2$  указанной зависимости.

В соответствии с методом наименьших квадратов

$$\sum_{i=1}^{10} [R_i - R_0 - C_1 \cdot t_i - C_2 \cdot t_i^2]^2 = \min .$$

Исходя из этого условия, дифференцируя эту функцию по  $R_0$ , а затем по  $C_1$  и  $C_2$ , получим систему из трех уравнений

$$\begin{cases} -2 \sum_{i=1}^{10} [R_i - R_0 - C_1 \cdot t_i - C_2 \cdot t_i^2] = 0, \\ -2 \sum_{i=1}^{10} [R_i - R_0 - C_1 \cdot t_i - C_2 \cdot t_i^2] \cdot t_i = 0, \\ -2 \sum_{i=1}^{10} [R_i - R_0 - C_1 \cdot t_i - C_2 \cdot t_i^2] \cdot t_i^2 = 0. \end{cases}$$

или

$$\begin{cases} 10 \cdot R_0 + C_1 \sum_{i=1}^{10} t_i + C_2 \cdot \sum_{i=1}^{10} t_i^2 = \sum_{i=1}^{10} R_i, \\ R_0 \cdot \sum_{i=1}^{10} t_i + C_1 \sum_{i=1}^{10} t_i^2 + C_2 \sum_{i=1}^{10} t_i^3 = \sum_{i=1}^{10} t_i^2 \cdot R_i, \\ R_0 \sum_{i=1}^{10} t_i^2 + C_1 \sum_{i=1}^{10} t_i^3 + C_2 \sum_{i=1}^{10} t_i^4 = \sum_{i=1}^{10} t_i^2 \cdot R_i. \end{cases}$$

Решив эту систему относительно  $R_0, C_1$  и  $C_2$  определим их числовые значения:

$$R_0 = 1.031; C_1 = 2.523 \cdot 10^{-3}; C_2 = 3.713 \cdot 10^{-5}; \alpha = \frac{C_1}{R_0} = 2.446 \cdot 10^{-3}; \beta = \frac{C_2}{R_0} = 3.6 \cdot 10^{-5}.$$

Таким образом,

$$R_i = 1.031 + 2.523 \cdot 10^{-3} \cdot t + 3.713 \cdot 10^{-5} \cdot t^2.$$

**Контроль усвоения материала** – задачи для самостоятельного решения, которые используются и для контроля знаний:

Для каждого варианта в табл. 1 указаны: измеряемая величина, число измерений и доверительная вероятность, а в табл. 2 результаты измерений.

Требуется определить:



1. Наиболее достоверное значение измеряемой величины.
2. Среднеквадратическую погрешность ряда измерений.
3. Среднеквадратическую погрешность среднеарифметического.
4. Доверительный интервал при данной доверительной вероятности.
5. Предельную и относительную погрешность найденного значения измеряемой величины.

Результат измерения представить по ГОСТу в форме:

$$X; \Delta \text{ от } \Delta_1 \text{ до } \Delta_2; P.$$

6. Ответить на вопрос: Что позволяет оценить величины, определенные в п. 2 и п. 3.

Таблица 1

№ варианта	Измеряемая величина	Единица измерения	Число измерений	Доверительная вероятность
1	R	Ом	2	0,8
2	U	В	25	0,2
3	I	А	23	0,5
4	C	пФ	24	0,3
5	L	мкГн	3	0,8
6	P	Вт	25	0,95
7	M	мкГн	5	0,99
8	f	кГц	22	0,4
9	I	мА	3	0,9
10	U	мВ	6	0,99
11	R	Ом	3	0,8
12	L	мГн	4	0,7
13	C	мкФ	2	0,9
14	M	мГн	5	0,8
15	P	Вт	21	0,6
16	f	Гц	20	0,95
17	M	мГн	4	0,8
18	P	Вт	20	0,99
19	R	Ом	21	0,9
20	I	А	3	0,5
21	C	пФ	24	0,8
22	f	кГц	25	0,4
23	L	мкГн	12	0,7
24	U	В	11	0,8

25	I	A	15	0,2
26	f	кГц	4	0,8
27	U	мВ	18	0,5
28	C	мкФ	3	0,95
29	L	мГн	3	0,99
30	P	Вт	16	0,5
31	M	мГн	9	0,95
32	R	Ом	5	0,8
33	P	Вт	25	0,7
34	f	кГц	10	0,6
35	C	пФ	13	0,3
36	U	мВ	14	0,8

Таблица 2

Номер измерения	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Результат измерения	5,04	4,97	5,03	5,01	5,07	4,98	4,96	5,01	5,06	4,95	4,94

Продолжение табл. 2

Номер измерения	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Результат измерения	5,03	4,97	4,98	5,02	4,92	4,95	5,06	5,04	5,06	5,05	5,01

Продолжение табл. 2

Номер измерения	23	24	25	26
Результат измерения	5,07	5,09	5,08	5,09