****

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ**

**РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение**

**высшего профессионального образования**

**«КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ**

**ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**ДИАГНОСТИКА ЭЛЕКТРОБОРУДОВАНИЯ**

**ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ**

**И ПОДСТАНЦИЙ**

**ПРОГРАММА, МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

**ПО ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

**для студентов заочной формы обучения**

**направления подготовки 140400**

**«Электроэнергетика и электротехника»,**

**профиль «Электрические станции»,**

**квалификации – бакалавр**

**2 издание, переработанное и дополненное**

**Казань 2012**

УДК 621.316.027

ББК 31.29-5

Д44

|  |  |
| --- | --- |
| Д44 | **Диагностика электрооборудования электрических станций и подстанций:** Программа, методические указания по изучению дисциплины / Сост.: Д.К Зарипов., Т.В. Лопухова. − Казань: Казан. гос. энерг. ун-т, 2012. − 32 с. |
|  | Пособие предназначено для студентов заочной формы обучения направления подготовки 140400 «Электроэнергетика и электротехника» профиля «Электрические станции», изучающих курс «Диагностика электрооборудования электрических станций и подстанций». Оно содержит программу дисциплины, общие рекомендации по работе над курсом, методические указания и контрольные задания.Методические указания, изложенные в данном пособии, могут быть использованы студентами дневной и вечерней форм обучения при изучении дисциплин «Диагностика высоковольтного электрооборудования» и «Диагностика электрооборудования электрических станций и подстанций». |

УДК 621.316.027

ББК 31.29-5

© Казанский государственный энергетический университет, 2012 г.

**ПРЕДИСЛОВИЕ**

Учебная дисциплина «Диагностика электрооборудования электрических станций и подстанций» является одной из профессиональных дисциплин при подготовке специалистов электроэнергетического направления и играет существенную роль в формировании у них инженерного мышления. Студент-заочник Казанского государственного энергетического университета изучает данную дисциплину в объеме одного семестра в основном самостоятельно, изучая теоретический материал, отвечая на вопросы, решая задачи, выполняет контрольные работы, сдает экзамен. Университет организует проведение консультаций письменных или устных. Перед экзаменами студентам-заочникам читаются лекции, с ними проводятся практические и лабораторные занятия по дисциплине и выполнение контрольных работ.

В настоящем пособии содержатся общие рекомендации студенту заочной формы обучения по работе над курсом «Диагностика электрооборудования электрических станций и подстанций», программа курса, методические указания по самостоятельному изучению дисциплины и решению задач, вопросы и задачи для самостоятельного решения.

# ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Целями освоения учебной дисциплины «Диагностика электрооборудования электрических станций и подстанций» являются:

– формирование и развитие научных представлений о диагностике как отрасли знаний, охватывающей теорию, методы и средства определения технического состояния объектов;

– формирование и развитие научных представлений о методах диагностики высоковольтного оборудования;

– формирование общего представления о функционировании энергетических и электроэнергетических систем;

– воспитание научного мировоззрения, формирование научного мышления.

В задачу данного курса входит теоретическое и практическое ознаком-ление студентов с современными методами и средствами диагностики высоковольтного оборудования.

Дисциплина «Диагностика электрооборудования электрических станций и подстанций» относится к профессиональной.

Научные положения дисциплины «Диагностика электрооборудования электрических станций и подстанций» сформулированы на основе электро-динамики, электроники, физики диэлектриков. При изучении дисциплины необходимо знание основ приборостроения, основ материаловедения, теоретических основ электротехники, принципов работы высоковольтного оборудования электрических станций и подстанций и электрических машин.

Изучение дисциплины «Диагностика электрооборудования электри-ческих станций и подстанций» необходимо для успешного усвоения предмета «Основы эксплуатации электроэнергетического оборудования», а также для квалифицированной профессиональной деятельности в сфере электроэнергетики.

# ТРЕБОВАНИЯ К УРОВНЮ ОСВОЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих **компетенций**:

– способность демонстрировать базовые знания в области естествен-нонаучных дисциплин и готовностью использовать основные законы в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования (ПК-2);

– готовность выявить естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, и способностью привлечь для их решения соответствующий физико-математический аппарат (ПК-3);

– способность использовать технические средства для измерения основных параметров электроэнергетических и электротехнических объектов и систем и происходящих в них процессов (ПК-18);

– способность использовать современные информационные технологии, управлять информацией с применением прикладных программ; использовать сетевые компьютерные технологии, базы данных и пакеты прикладных программ в своей предметной области (ПК-19);

– способность контролировать режимы работы оборудования объектов электроэнергетики (ПК-24);

– способность применять методы испытаний электрооборудования и объектов электроэнергетики и электротехники (ПК-43);

В результате освоения дисциплины студент должен:

***1)  Знать***: современные теорию и практику в области технической диагностики, техники высоких напряжений, эксплуатации электрического оборудования высокого напряжения, методы и средства для выявления дефектов высоковольтного электрооборудования (ПК-2, ПК-3, ПК-18).

***Понимать:***физическую сущность различных методов диагностики оборудования, принципы функционирования приборов диагностики, способы выявления дефектов, требования руководящего документа «Объем и нормы испытаний электрооборудования» (ПК-2, ПК-3).

***2) Уметь:*** пользоваться приборами диагностики, составлять отчеты,

писать рефераты, доклады по результатам исследования (ПК-18, ПК-24, ПК-43).

***3)  Владеть*** современными компьютерными и информационными

технологиями (ПК-19).

***4)*** Получить ***навыки*** находить творческие решения профессиональных задач, готовность принимать нестандартные решения.

# ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ Б3.Д2

# «ДИАГНОСТИКА ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ И ПОДСТАНЦИЙ»

Общая трудоемкость освоения дисциплины 4 зачетные единицы.

**Учебный план по дисциплине**

**для студентов с полным сроком обучения**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Всего | Лекции | Лабораторные работы | Практические занятия | КСР | Самостоятельная работа |
| 144 | 6 | 8 | 8 | 1 | 121 |
| **Учебный план по дисциплине****для студентов с сокращенным сроком обучения** |
| Всего | Лекции | Лабораторные работы | Практические занятия | КСР | Самостоятельная работа |
| 144 | 6 | 8 | 6 | 1 | 123 |

**Содержание разделов дисциплины**

**«Диагностика электрооборудования электрических станций**

**и подстанций»**

**Раздел 1. Общие понятия технической диагностики**

**Тема 1. Основные понятия и определения технической диагностики**

Мониторинг и техническая диагностика. Задачи технического диагности-рования. Техническое состояние. Контроль технического состояния. Техническое диагностирование. Система технического диагностирования. Метод диагностирования, алгоритм диагностирования, средства диагности-рования. Работоспособность и неработоспособность. Исправность и неисправ-ность. Диагностические признаки: параметры, характеристики. Диагноз. Дефект. Отказ. Диагностирование в жизненном цикле элементов электро-установок. Особенности диагностирования элементов электроустановок. Характеристика методов диагностирования. Рабочее и тестовое диагностирование.

**Тема 2. Контроль работоспособности оборудования**

Условия работоспособности. Область работоспособности. Условия работоспособности на параметры. Условия работоспособности на харак-теристики. Запас работоспособности. Методы контроля работоспособности. Метод диагностирования основанный на контроле совокупности диагностических параметров. Метод диагностирования основанный на контроле обобщенного диагностического параметра. Метод диагности-рования основанный на оценивании частотных характеристик. Метод диагностирования основанный на сравнения реакции электроустановки и ее эквивалентной модели. Дефект. Признаки и методы обнаружения дефектов. Осмотр, индикация и поиск. Моделирование дефектов. Алгоритмы поиска дефектов. Проверка. Последовательная и разветвленная цепи.

**Тема 3. Системы эксплуатационного контроля**

Эксплуатационный контроль. Техническое обслуживание и ремонт. Контроль по прогнозирующему параметру. Регламентированное обслу-живание и обслуживание по техническому состоянию. Контроль оборудования без отключения. Способы организации контроля оборудования под напряжением. Достоверность контроля. Ошибки контроля. Ошибки первого и второго рода. Достоверностью метода диагностики. Ошибки испытаний (измерений). Ошибки диагностирования. Погрешность измерения. Чувствительность метода измерения. Пороговые значения диагностического параметра.

**Раздел 2. Физические основы технической диагностики**

**Тема 4. Современные методы диагностики электрооборудования**

Дефекты оборудования ВН. Причины дефектов. Дефекты изоляции. Причины ухудшения изоляции. Отказы функционирования коммутационных аппаратов. Недопустимые нагревы токоведущих частей. Объект и методы диагностики РУ и ВЛ. Тепловизионная диагностика высоковольтного оборудования. Основные параметры и характеристики тепловизоров и пирометров. Погрешности при тепловизионном контроле оборудования. Общие методические рекомендации при выявлении дефектов высоко-вольтного оборудования при тепловизионной диагностике. Объекты и элементы электроэнергетики диагностируемые тепловизионным методом. Акустический метод диагностики. Параметры и характеристики ультразвуковых приборов. Оптический метод диагностики. Комплексный метод диагностики.

**Тема 5. Традиционные методы испытаний высоковольтного электро-**

**оборудования**

Измерение сопротивления изоляции. Схема мегомметра. Испытание изоляции повышенным напряжением промышленной частоты. Схема испытания изоляции повышенным напряжением промышленной частоты. Испытание изоляции повышенным выпрямленным напряжением. Схема испытания изоляции повышенным выпрямленным напряжением. Испытание изоляции импульсным напряжением. Контроль состояния внутренней изоляции. Схема замещения изоляции. Профилактические испытания. Неразрушающие испытания и испытания изоляции повышенным напряжением. Контроль влажности изоляции. Коэффициент абсорбции. Метод контроля изоляции «емкость–частота». Коэффициент Кf. Метод контроля изоляции «емкость–температура». Коэффициент Кт. Метод контроля изоляции «емкость–время». Коэффициент Кt. Приборы контроля влажности ПКВ. Контроль тангенса угла диэлектрических потерь. Схема измерения тангенса угла диэлектрических потерь. Метод измерения частичных разрядов. Хроматография. Газовый хроматограф. Трансформаторное масло. Свойства и способы анализа трансформаторного масла.

**Раздел 3. Диагностика высоковольтного электрооборудования**

**Тема 6. Диагностирование высоковольтного электрооборудования**

**станций и подстанций**

Диагностика силовых трансформаторов. Схема измерения сопротив-ления изоляции силовых трансформаторов. Схема измерения тангенса угла диэлектрических потерь изоляции обмоток трансформаторов. Схема измерения сопротивления обмоток трансформаторов. Диагностика вводов трансформаторов и проходных изоляторов. Диагностика вакуумных выключателей. Диагностика масляных выключателей. Диагностика элега-зовых выключателей. Схема измерения сопротивления изоляции выключа-телей. Схема испытания изоляции выключателей повышенным напряжением. Диагностика электрических машин. Виды неисправностей ЭМ и причины их появления. Диагностика крупных турбогенераторов. Методы контроля состояния турбогенератора. Средства и методы контроля состояния отдельных узлов турбогенераторов. Встроенные диагностические системы турбогенераторов. Диагностика кабелей. Схема измерения сопротивления изоляции кабелей. Схема испытаний изоляции кабелей повышенным напряжением. Диагностика измерительных трансформаторов тока и напряжения. Диагностика конденсаторов. Средства измерений применяемые для диагностики высоковольтного оборудования. Прогнозирование изменения состояния электрооборудования. Прогноз, интерполяция и экстраполяция.

**Содержание лекций**

***Лекция 1.***Обзорная лекция по разделу «Общие понятия технической диагностики» (2 часа).

***Лекция 2.***Обзорная лекция по теме «Современные методы диагностики электрооборудования» (2 часа).

***Лекция 3.***Обзорная лекция по темам «Традиционные методы испытаний высоковольтного электрооборудования» и «Диагностирование высоко-вольтного электрооборудования станций и подстанций» (2 часа).

**Содержание лабораторных занятий**

***Лабораторная работа 1.*** Измерение сопротивления и коэффициента абсорбции изоляционных конструкций (4 часа).

***Лабораторная работа 2.*** Обнаружение дефектов электрооборудования дистанционными приборами контроля (тепловизор, пирометр, ультразву-ковой и ультрафиолетовый дефектоскоп) (4 часа).

**Содержание практических занятий**

***Практическое занятие 1.*** Определение диагностических параметров и характеристик конкретных электроустановок. Выполнение тестовых заданий по теме «Основные понятия и определения технической диагностики».

***Практическое занятие 2.*** Оценка состояния ЭУ по величине степени работоспособности и построение алгоритмов для поиска дефектов. Выполнение тестовых заданий по теме «Контроль работоспособности оборудования».

***Практическое занятие 3.*** Выполнение расчетов для оценки состояния ЭУ по тепловому излучению и регистрации частичных разрядов. Выполнение тестовых заданий по теме «Современные методы диагностики электро-оборудования».

***Практическое занятие 4.***Использование на практике нормативных документов по диагностике ЭУ. Выполнение тестовых заданий по теме «Диагностирование высоковольтного электрооборудования станций и подстанций».

# ОБЩИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ«ДИАГНОСТИКА ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ И ПОДСТАНЦИЙ»

Работа студента над курсом «Диагностика электрооборудования электрических станций и подстанций» складывается из самостоятельного изучения разделов и тем курса по учебникам и учебным пособиям с последующей самопроверкой, ответами на вопросы и решением типовых задач, индивидуальных консультаций (очных и письменных), выполнения лабораторных работ, посещения лекций и практических занятий, сдачи экзамена по всему курсу.

Для освоения материала курса необходимо иметь соответствующую математическую подготовку, так как, например, в разделе, посвященном общим понятиям технической диагностики, широко используются теория вероятности и методы математической статистики. Для глубокого освоения курса нужно знать математический анализ, элементы аналитической геометрий и высшей алгебры, операционное исчисление.

Большое значение для успешного усвоения курса имеет хорошая подготовка по общей физике в рамках программы технического универ-ситета. При изучении физических основ технической диагностики электро-установок необходимо знание: законов теплового излучения, теории электри-ческого разряда в различных средах, электрофизических характеристик изоляционных материалов.

Подготовка по теоретическим основам электротехники, знание принципов работы высоковольтного оборудования электрических станций, подстанций и электрических машин, необходимая для изучения методов диагностики высоковольтного оборудования, предполагает знания основ функционирования всех видов электрооборудования, а также умения составлять и анализировать электрические схемы.

**Самостоятельная работа с книгой**

Начинать изучение курса необходимо со знакомства с учебным планом и программой учебной дисциплины, рассмотрения ее структуры и содержания.

Материал курса рекомендуется изучать по темам приводимой ниже программы. При этом сначала следует познакомиться с содержащимися в данной теме вопросами, их последовательностью, затем прочитать весь материал темы в соответствующем разделе учебника или учебного пособия. При первом прочтении можно особенно не задерживаться на том, что показалось не совсем понятным (часто это становится попятным из последующего текста), а затем вернуться к тем местам, которые вызывали затруднения, и внимательно разобраться в том, что было неясно. После первого чтения темы у студента должно сформироваться общее представ-ление по изучаемым вопросам.

При повторном чтении необходимо обратить особое внимание на формулировки соответствующих определений, закономерностей, так как в точных формулировках существенно каждое слово, и очень полезно понять, почему данное положение сформулировано именно так. Однако при этом не следует стараться заучивать формулировки. Важно понять их смысл и уметь изложить его своими словами. Необходимо параллельно вести конспект, в который следует заносить все основные понятия и закономерности рассматриваемой темы, математические зависимости и выводы по ним, названия изучаемых объектов и впервые встретившиеся термины с краткими пояснениями их сущности. Следует стараться систематизировать материал, представляя его в виде схем, диаграмм, таблиц, красочных графиков. На этом этапе формируется способность воспроизводить полученные знания в устной, графической и письменной форме. Закончив изучение материала темы, полезно составить краткий опорный конспект, по возможности не заглядывая в учебник и в подробный конспект темы.

Переходить к изучению новой темы следует только после полного изучения теоретических вопросов, выполнения самопроверки, ответов на вопросы и решения задач по предыдущей теме.

При изучении материала курса по учебнику, прежде всего, необходимо уяснить существо каждого излагаемого в нем вопроса. Главное – это понять физическую сущность изложенного в учебнике, а не «заучить» представ-ленный в нем материал.

Начав изучение материала очередной темы курса, сначала следует последовательно выписать все перечисленные в программе вопросы этой темы, оставив справа широкую колонку. Затем по мере изучения материала темы (чтения учебника) следует в правой колонке указывать страницу учебника, на которой излагается соответствующий вопрос, а также номер формулы или уравнения (уравнений), которые выражают ответ на вопрос математически. В результате в данной тетради будет полный перечень вопросов для самопроверки, который можно использовать при подготовке к экзамену.

Следует иметь в виду, что в различных учебниках материал может излагаться в разной последовательности. Поэтому ответ на какой-нибудь вопрос данной темы может оказаться в другой главе учебника. Таким образом, изучая материал по одному из рекомендованных учебников, Вы можете сначала получить ответы только на часть вопросов какой-нибудь темы, а ответы на остальные вопросы этой темы получить позже из других литературных источников.

**Самопроверка**

После изучения материала темы необходимо проверить, можете ли Вы ответить на все вопросы программы курса по этой теме или нет, т.е. осуществить самопроверку. При этом старайтесь не пользоваться конспектом или учебником. Частое обращение к конспекту показывает недостаточное усвоение основных вопросов темы. Необходимость частого обращения к учебнику может быть следствием неправильного конспектирования основных понятий и закономерностей темы. В этом случае необходимо внести в конспект дополнения, уточнения, для чего при составлении конспекта оставляют широкие поля.

Пользуясь тетрадью с вопросами для самопроверки, ответив на вопрос или написав соответствующую формулу (уравнение), Вы можете по учебнику быстро проверить, правильно ли это сделано, если в правильности своего ответа сомневаетесь. Наконец, по тетради с такими вопросами Вы можете установить, весь ли материал, предусмотренный программой, Вами изучен (если изучен весь материал, то против каждого вопроса в правой колонке будет указана соответствующая страница учебника).

**Ответы на вопросы и решение задач**

Для более прочного усвоения теоретического материала после самопроверки необходимо ответить на вопросы и решить задачи по пройденной теме. Для этого по всем основным темам изучаемого курса приводится литература, указываются страницы учебника.

**Контрольное задание**

В процессе изучения курса «Диагностика электрооборудования электрических станций и подстанций» студент должен выполнить контрольное задание, которое включает в себя 15 вопросов и задач.

Задачи контрольного задания необходимо выполнять по мере изучения соответствующих тем курса. Неверно решенные задачи контрольного задания показывают, что тема не достаточно глубоко проработана. Нужно еще раз вернуться к рассмотрению основных положений этой темы, изучить методики решения задач и завершить работу над контрольным заданием.

Контрольная работа должна выполняться самостоятельно, поскольку она является одной из важнейших форм методической помощи студентам при изучении курса. Преподаватель-рецензент указывает студенту на недостатки в усвоении им материала курса, что позволяет в дальнейшем устранить их.

Таблица вариантов контрольного задания приведена в конце настоя-щего пособия.

**Консультации**

При возникновении затруднений при изучении теоретической части курса, ответов на вопросы для самопроверки или решении задач следует обращаться за письменной или устной консультацией к преподавателю в университет. При этом необходимо точно указать вопрос, вызывающий затруднение, и место в учебнике, где он разбирается.

**Лабораторные занятия**

Для более глубокого изучения дисциплины, включающей в себя большой эмпирический материал, необходимо на соответствующих занятиях выполнить лабораторные работы. Лабораторные занятия включают в себя:

– инструктаж по работе в лаборатории техники высоких напряжений, в том числе по технике безопасности;

– проверку знаний основных положений темы, по которой проводится лабораторная работа, оценку подготовленности студентов к проведению лабораторных работ;

– проведение экспериментов на лабораторных установках.

Обработку результатов эксперимента, их анализ и оформление отчетов по лабораторным работам студенты выполняют самостоятельно.

Перед началом каждой лабораторной работы в лаборатории техники высоких напряжений студент проходит инструктаж по технике безопасности и расписывается об этом в специальном журнале.

**Лекции**

В период установочной или лабораторно-экзаменационной сессии студентам читаются лекции обзорного характера, на которых дается обзор наиболее важных тем и разделов курса, рассматриваются современные научно-технические проблемы, относящиеся к дисциплине «Диагностика электрооборудования электрических станций и подстанций», а также вопросы, недостаточно полно или точно освещенные в учебной литературе или вызывающие затруднения у большого числа студентов.

**Практические занятия**

На практических занятиях студенты изучают методы расчетов, проводимых в процессе диагностических процедур, и анализируют производ-ственные ситуации.

**Экзамен**

К сдаче экзамена допускаются студенты, имеющие зачтенную контрольную работу и зачет по лабораторным занятиям. Экзамен проводится в письменной форме. Каждый студент получает персональный экзамена-ционный билет, содержащий несколько вопросов по всему курсу «Диагностика электрооборудования электрических станций и подстанций». Каждый вопрос относится к определенной теме курса и подразумевает конкретный лаконичный ответ в виде нескольких фраз, схемы с кратким описанием, зависимости с кратким объяснением и т.п.

После проверки ответа преподаватель сообщает ее результаты студенту, при необходимости уточнения оценки может задать дополнительные вопросы.

# УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

***Основная литература:***

1. Сви. П.М. Методы и средства диагностики электрооборудования высокого напряжения. – М.: Энергоатомиздат, 1992. – 240 с.

2. Калявин В.П., Рыбаков Л.М. Надежность и диагностика элементов электроустановок. Йошкар-Ола, Марийский госуниверситет, 2000. – 369 с.

3. Вавилов В.П. Инфракрасная термография и тепловой контроль. – М.: ИД Спектр, 2009. – 544 с.

4. Объем и нормы испытания электрооборудования / Под общей редакцией Б.А. Алексеева, Ф.Л. Когана, Л.Г. Мамиконянца. – 6-е изд. – М.: НЦ ЭНАС, 2006. – 256 с.

***Дополнительная литература:***

5. Электрооборудование электрических станций и подстанций / Л.Д.Рожкова, Л.К. Карнеева, Т.В Чиркова. – 2-е изд., стер. – М.: Издательский центр «Академия», 2005. – 448 с.

6. Технические средства диагностирования: Справочник / Под ред. В.В. Клюева. – М.: Машиностроение, 1989, 672 с.

7. Техника высоких напряжений: Учебник для вузов / И.М. Богатенков, Ю.Н. Бочаров, Н.И. Гумерова, Г.М. Иманов и др.; Под ред Г.С. Кучинского. – СПб: Энергоатомиздат, Санкт-Петербургское отделение, 2003.

# МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

# К САМОСТОЯТЕЛЬНОМУ ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ «ДИАГНОСТИКА ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ И ПОДСТАНЦИЙ»

Программа курса состоит трех разделов, которые разбиты на 6 тем. Ниже по каждому разделу приводятся ссылки на литературу с указанием глав, параграфов и страниц учебника, в которых излагается данная тема. Номер учебника, указанный в квадратных скобках, соответствует его номеру и списке литературы.

Приводятся вопросы для самопроверки, на которые следует отвечать после изучения каждой темы. Если при ответе на вопросы возникают затруднения, необходимо вернуться к изучению данного вопроса по литературным источникам и еще раз рассмотреть вопросы и задачи по теме, их решение, полученные в результате решения выводы.

Для самоконтроля усвоения материала темы приводится перечень знаний и умений, которыми должен владеть студент после теоретического изучения материала, проработки вопросов и решения задач по указанной теме.

**Тема 1. Основные понятия и определения технической диагностики**

***Литература***: [2],разд. 2, гл. 5, с. 105–121.

***Вопросы для самопроверки:***

1. Как соотносятся понятия «диагностика», «диагностирование», «диагноз»?
2. Чем отличаются понятия «мониторинг» и «диагностирование»?
3. Что представляют собой «диагностический параметр» и «диагности-ческая характеристика»?
4. Что представляет собой система технического диагностирования?
5. Дайте определение понятия «работоспособность».
6. Дайте определение понятия «исправность».
7. Какие основные задачи решаются при диагностировании?
8. Что необходимо учитывать при создании систем диагностирования элементов электроустановок (ЭУ)?
9. Какие этапы определяют жизненный цикл элементов ЭУ?

***Должен знать:*** роль и место технической диагностики в электроэнер-гетической системе; общность и отличие понятий «диагностика», «мониторинг», «контроль технического состояния»; особенности системы диагностирования электроустановок; составные части системы технического диагностирования.

***Должен уметь:*** определять диагностические параметры и характерис-тики конкретных электроустановок; уметь планировать применение различных методов диагностирования на этапе эксплуатации электроустановок в соответствии с установленными нормами.

**Тема 2. Контроль работоспособности оборудования**

***Литература.*** [2], разд. 2, гл. 6 и 7, с. 122–152.

***Вопросы для самопроверки***

1. Что представляет собой область работоспособности объекта (ЭУ)?
2. Чем ограничивается область работоспособность объекта (ЭУ)?
3. Исходя из каких условий задается область работоспособности?
4. Чем отличается метод контроля работоспособности по совокупности параметров от метода контроля работоспособности по обобщенному параметру?
5. Каким безразмерным параметром количественно оценивается изменение работоспособного состояния объекта (ЭУ)?
6. В каких пределах изменяется величина степени работоспособности?
7. Каким образом осуществляется контроль состояния ЭУ методом, основанным на измерении частотных характеристик?
8. На чем основан метод сравнения реакции ЭУ и эквивалентной модели?
9. Какие существуют методы обнаружения дефектов?

10. В чем отличие последовательного, параллельного и комбиниро-ванного алгоритмов поиска дефектов?

***Должен знать:*** условия задания области работоспособности ЭУ; методы контроля работоспособности; алгоритмы поиска дефектов.

***Должен уметь:*** оценивать состояние ЭУ по величине степени работо-способности; строить алгоритмы для поиска дефектов ЭУ.

**Тема 3. Системы эксплуатационного контроля**

***Литература:*** [1], гл. 1, с. 6–18.

***Вопросы для самопроверки:***

1. Почему необходим контроль оборудования в процессе эксплуа-тации?
2. Какие задачи решаются при техническом обслуживании и ремонте оборудования?
3. В чем разница между регламентным обслуживанием оборудования и обслуживанием по техническому состоянию?
4. Какие приемущества и недостатки контроля оборудования без отключения?
5. Какие возможны ошибки при проведении контроля состояния оборудования?
6. С чем связаны ошибки контроля?
7. Как можно повысить достоверность диагноза?
8. На что влияют помехи в процессе контроля оборудования?

***Должен знать:***порядок обслуживания оборудования в процессе эксплуатации; разницу между регламентным обслуживанием и обслужива-нием оборудования по техническому состоянию; возможные ошибки при контроле оборудовния; пути повышения достоверности диагноза.

***Должен уметь:*** оценивать достоверность диагноза при проведении контроля ЭУ, использовать методы контроля адекватно виду и состоянию ЭУ.

**Тема 4. Современные методы диагностики электрооборудования**

***Литература***: [1]гл. 1, с. 18–23; [2] гл. 10, с. 212–235; [3] гл. 7, 252–278, гл. 9 с. 290–314.

***Вопросы для самопроверки:***

1. Какие дефекты наиболее характерны для высоковольтного оборудо-вания?
2. Что означает термин «старение изоляции»?
3. Каковы причины нагрева токоведущих частей и контактов электро-оборудования?
4. Какова природа теплового излучение тел? Как осуществляется передача тепла от нагретого тела?
5. Чем отличается тепловизор от пирометра?
6. В каком диапазоне электромагнитного спектра работают теплови-зоры и пирометры?
7. Какие элементы ЭУ диагностируются с помощью тепловизоров и пирометров?
8. Каков диапазон значений коэффициента излучения нагретых тел?
9. При каких внешних условиях нельзя проводить тепловизионную диагностику?
10. Для регистрации каких процессов во внешней изоляции ЭУ предназначены оптические и ультразвуковые дефектоскопы?
11. В каких случаях необходимо применение комплексной диагонстики ЭУ с использованием двух и более приборов дистанционного контроля?

***Должен знать:*** наиболее характерные дефекты высоковольтного оборудования; причины старения изоляции и нагрева токоведущих частей и контактов электрооборудования; природу и законы излучения нагретых тел; элементы ЭУ диагностируемые с помощью тепловизоров и пирометров; основные технические характеристики тепловизоров и пирометров; условия проведения тепловизионной диагностики; назначение оптических и ультра-звуковых дефектоскопов.

***Должен уметь:*** оценивать возможности конкретного прибора дистан-ционного контроля для задач обследования ЭУ по его техническим характеристикам; выбирать условия для проведения диагностики ЭУ наружной установки приборами дистанционного контроля; уметь расчитывать мощности потерь на элементах ЭУ; расчитывать мощности теплового излучения и температуру элементов ЭУ в зависимости от мощности потерь на них.

**Тема 5. Традиционные методы испытаний высоковольтного электрооборудования**

***Литература:.***[1], гл. 4, с. 99–135, гл.5. с. 136–153; [2],гл. 10, с. 201–214, гл. 11. с. 236–270.

***Вопросы для самопроверки:***

1. Какие нормированные значения напряжения установлены для мегаомметров?

2. Можно ли оценить влажность изоляции с помощью магаомметра?

3. Какая диэлектрическая характеристика изоляционного материала изменяется при его увлажнении?

3. Какие методы и приборы используются при оценке влажности изоляции?

4. Какие достоинства и недостатки у методов испытания изоляции повышенным напряжением?

5. С каким свойством диэлектриков связаны диэлектрические потери?

6. При каких условиях в диэлектрике возникает частичный разряд?

7. Какие виды частичных разрядов существуют?

8. Какие применяются методы для регистрации и измерения частичных разрядов?

9. Какое физическое явление лежит в основе хроматографии?

10. В чем особенность газовой хроматографии?

***Должен знать:*** физические свойства газовых, жидких и твердых диэлектриков; методы и приборы для измерения и испытания изоляции ЭУ; критерии оценки состояния изоляции.

***Должен уметь:*** измерять сопротивление изоляции и коэффициент абсорбции с помощью магаомметра; расчитывать характеристики частичных разрядов; оценивать состояние масляной изоляции по данным хроматографи-ческого анализа газов, растворенных в масле.

**Тема 6. Диагностирование высоковольтного электрооборудования станций и подстанций**

***Литература:*** [1], гл. 7, с. 171–209; [2], гл. 12, с. 271–279, гл. 13, с. 280–292, гл. 14., с. 293–311; [4], с. 4–252.

***Вопросы для самопроверки:***

1. Какие категории контроля ЭУ установленны нормативами?

2. Какие виды контроля наиболее достоверно оценивают состояние силовых трансформаторов?

3. Какие виды контроля наиболее достоверно оценивают состояние электрических машин?

4. Какая основная причина отказов трансформаторов тока и напряжения?

5. Какие виды контроля оценивают работу силовых выключателей?

6. Основной диагонстический признак вводов.

7. В чем приемущество кабельных линий по сравнению с воздушными?

8. По каким параметрам контролируется состояние кабельных линий?

9. Какой элемент высоковольтной линии наиболее не надежен?

10. При диагностике каких элементов ЭУ тепловизионный контроль наиболее эффективен?

***Должен знать:*** категории контроля ЭУ, установленные норматив-ными документами; основные диагностические признаки элементов ЭУ; сроки и порядок проведения регламентных работ на станциях, подстанциях и электрических сетях; приборы и методы с помощью которых осуществляется диагностика электроборудования станций и подстанций.

***Должен уметь:*** оценивать состояние элементов ЭУ по данным диагностики в соответствии с установленными нормами и планировать выполнение ремонтных и профилактических работ.

# МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

# ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНОГО ЗАДАНИЯ

# И ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ

Каждый вариант контрольного задания представляет набор вопросов и задач по различным темам изучаемой дисциплины. Для ответа на вопрос или решения задачи рекомендуется использовать следующую методологию.

1. Исходя из условия вопроса или задачи, отнести ее к соответст-вующей теме.

2. Обратиться к литературным источникам, указанным для данной темы.

3. При необходимости, обратиться к справочникам по электрическим и тепловым свойствам соответствующих материалов.

При решении отдельных задач, связанных с расчетом электрических полей, необходимо обратиться к знаниям по электродинамике.

**Примеры решения задач контрольного задания**

***Задача 1.*** В гирлянде из четырех изоляторов, каждый из которых имеет емкость 50 пФ и термическое сопротивление 2 К/Вт, находящейся под действующим напряжением 35 кВ переменного тока частотой 50 Гц, имеется один дефектный изолятор с tgδ = 10 %, один полностью пробитый изолятор и один исправный. Рассчитать разности температур между дефектным, пробитым и исправными изоляторами, считая напряжение на дефектном и исправном изоляторах одинаковым.

***Решение.***Задача относится к теме «Современные методы диагностики

электрооборудования». Литература [2] гл. 10, с. 212–235. Согласно условию задачи можно пренебречь частичными емкостями изоляторов относительно провода и заземленной опоры. Тогда, схема замещения гирлянды изоляторов может быть представлена в виде, показанном на рис. 1.



Рис.1. Схема замещения гирлянды из 4-х изоляторов

В соответствии со схемой на рис. 1. все изоляторы в гирлянде эквивалентны и падение напряжения на каждом из них в исправной гирлянде одинаково и равно U/4 = 8,75 кВ. Будем считать, что второй изолятор является пробитым и его сопротивление R2 = 0, а третий изолятор – дефектным (частично пробитым). В случае с одним пробитым изолятором напряжение распределяется уже между тремя оставшимися изоляторами и к каждому из них приложено напряжение Ui = 11,7 кВ. У исправных изоляторов активное сопротивление намного больше емкостного и можно считать, что R1 = R4 = ∞, а тепловые потери отсутствуют. Тепловые потери также отсутствуют на пробитом изоляторе, поскольку падение напряжения на нем Ui = 0.

Рассчитаем мощность диэлектрических потерь в гирлянде Р, которая будет равна потерям на дефектном изоляторе.

$Р=\left(U\_{i}\right)^{2}∙2∙π∙f∙C∙tgδ$, (1)

где f – частота переменного тока,Гц;

Ui – падение напряжения на изоляторе, В;

С – емкость изолятора, Ф;

tgδ – тангенс угла диэлектрических потерь.

Подставив числовые значения в формулу (1), получим

P = (11,7·103)2·2·3,14·50·50·10–12·0,1 ≈ 0,2 Вт.

Мощность Р, выделяемая на дефектном изоляторе, полностью преобразуется в тепло, что выражается в повышении его температуры над температурой окружающей среды на величину разности температур ∆Т. На исправном и пробитом изоляторах тепло не выделяется и температура на них остается равной температуре окружающей среды. Повышение температуры на дефектном изоляторе вычисляется из закона Ома для тепловой цепи по формуле

∆Т = Р·Rт, (2)

где Rт – термическое сопротивление, К/Вт.

Подставив числовые значения в формулу (2), получим

∆Т = 0,2·2 = 0,4 К

*Примечание*. Температура может выражаться в градусах Кельвина (К) или в градусах Цельсия (0С).

***Ответ.***Разность температур между дефектным, пробитым и исправными

изоляторами составит 0,4 °С.

***Задача 2.*** Устройством измерения частичных разрядов на образце изоляции емкостью 50 пФ при напряжении 10 кВ зафиксировано появление разрядов со средним скачком напряжения на образце 5 В и частотой импульсов 100 1/с. Вычислите величину кажущегося заряда, энергию и мощность частичных разрядов.

***Решение.*** Задача относится к теме «Современные методы диагностики

электрооборудования». Литература [2] гл. 10, с. 212–235.

Величина кажущегося заряда q, энергия W и мощность Р частичных разрядов вычисляются по формулам:

Q = Cx·∆Ux,

W = Uч.р.·q/√2, (3)

P = W·n,

где Cx – емкость изоляции, Ф;

∆Ux – скачек напряжения на образце изоляции, В;

Uч.р – напряжение возникновения частичных разрядов;

n – средняя частота следования импульсов, 1/с.

Подставив числовые значения в формулу (3), получим

Q = 50·10-12·5=2,5·10-10 Кл;

W = 10·103·2,5·10-10/1,41=1,8·10-6Дж;

P = 1,8·10-6·100=1,8·10-4 Вт.

***Ответ.***Величина кажущегося заряда ЧР – 25 нКл, энергия импульса

ЧР – 1,8 мкДж, мощность ЧР – 18 мВт.

***Задача 3.*** Превышение температуры контактного соединения над температурой воздуха составляет 5 °С при токе нагрузки, составляющем 30 % от номинального. Оцените состояние контакта.

***Решение.*** Задача относится к теме «Диагностирование электрообору-

дования электрических станций и подстанций». Литература [5], с. 239–250.

В соответствии с регламентирующим документом «Объем и нормы испытаний электрооборудования» для контактов и болтовых КС при токах нагрузки (0,3–0,6)*I*ном оценка их состояния проводится по избыточной температуре. В качестве норматива используется значение температуры, пересчитанное на 0,5*I*ном.

Для пересчета используется соотношение

, (4)

где ∆ *T* 0,5 – избыточная температура при токе нагрузки 0,5 *I* ном.

При оценке состояния контактов и болтовых КС по избыточной температуре и токе нагрузки 0,5*I*ном различают следующие области по степени неисправности.

*Избыточная температура 5–10 °С.*

Начальная степень неисправности, которую следует держать под контролем и принимать меры по ее устранению во время проведения ремонта, запланированного по графику.

*Избыточная температура 10–30 °С.*

Развившийся дефект. Принять меры по устранению неисправности при ближайшем выводе электрооборудования из работы.

*Избыточная температура более 30 °С.*

Аварийный дефект. Требует немедленного устранения.

Исходя из условий задачи по формуле (4) рассчитаем избыточную температуру при токе нагрузки 0,5 *I* ном.

В нашем случае, при токе нагрузки *I*раб= 0,3·*I*ном, избыточная темпера-тура составит 13,9 0С.

***Ответ.*** Имеет место развившийся дефект. Необходимо принять меры

по устранению неисправности при ближайшем выводе электрооборудования из работы.

# ПРАВИЛА ВЫПОЛНЕНИЯ И ОФОРМЛЕНИЯ

# КОНТРОЛЬНОГО ЗАДАНИЯ

При выполнении контрольного задания необходимо придерживаться указанных ниже правил.

1. Задание оформляется аккуратно в отдельной тетради в клетку синей, фиолетовой или черной пастой; страницы тетради нумеруются. Необходимо оставить поля шириной 5 см для пометок и замечаний преподавателя.

2. На обложке указываются: название дисциплины, фамилия и инициалы студента, учебный шифр, факультет, специальность, дата отсылки работы в университет и адрес. На первой странице тетради записываются номера вопросов или решаемых задач и год издания контрольных заданий. В конце работы следует проставить дату ее выполнения и расписаться.

3. В работу должны быть включены все вопросы и задачи, указанные в задании по соответствующему варианту. Контрольные работы, содержащие не все вопросы и задачи, а также вопросы и задачи не своего варианта, не зачитываются.

4. Ответы на вопросы и решения задач надо располагать в порядке номеров задания, сохраняя номера вопросов и задач.

5. Перед ответом на вопрос или решением задачи надо полностью выписать ее условие.

6. Решения задач следует приводить, подробно с обоснованием всех действии по ходу решения и необходимыми рисунками.

7. После решения задачи приводится полученный ответ с обязательным указанием размерности величин.

При выполнении заданий ход решения задач нужно комментировать пояснениями, какие применяются формулы, уравнения или теоремы. Все необходимые расчеты должны быть выполнены полностью.

Работы, не отвечающие всем перечисленным требованиям, проверяться не будут, и будут возвращаться для переделки.

Если проверяющий преподаватель предлагает внести в ответы на вопросы или решения задач те или иные исправления или дополнения и прислать их для повторной проверки, то это следует сделать в короткий срок. Рекомендуется при выполнении контрольной работы оставлять в конце тетради несколько чистых листов для всех дополнений и исправлений в соответствии с указаниями преподавателя. Вносить изменения в первоначальный текст работы после ее проверки запрещается. К работе, высылаемой на повторную проверку (если она выполнена в другой тетради), должна обязательно прилагаться не зачтенная работа.

В случае незачета работы и отсутствия прямого указания преподавателя на то, что студент может ограничиться представлением ответов и решений только неверно выполненных частей задания, вся работа должна быть выполнена и переоформлена заново.

На экзамене необходимо представить зачтенную по данному курсу работу, в которой все отмеченные преподавателем погрешности должны быть исправлены.

# ВАРИАНТЫ КОНТРОЛЬНОГО ЗАДАНИЯ

Каждый студент выполняет вариант задания, состоящий из 15 вопросов и задач по темам дисциплины, номер которого соответствует списочному номеру в журнале. Варианты заданий представлены в таблице в конце методических указаний.

**Вопросы и задачи контрольного задания**

1. Запишите аналитически тестовое воздействие на объект диагностики в виде единичной ступенчатой функции. Отобразите графически переходную функцию реакции объекта диагностики на данное воздействие.
2. Запишите аналитически тестовое воздействие на объект диагностики в виде линейной функции. Отобразите графически переходную функцию реакции объекта диагностики на данное воздействие.
3. На объект диагностирования, представляющий собой линейную систему, подается тестовое воздействие в виде функции *y*(*t*)*=Asin*(ω*t+*Ψo). Каков вид функции на выходе системы?
4. На объект диагностирования, представляющий собой нелинейную систему, подается тестовое воздействие в виде функции *y*(*t*)*=Asin*(ω*t+*Ψo). По каким характеристикам оценивается состояние системы?
5. Нарисуйте и опишите полную схему формирования диагноза о состоянии объекта.
6. Запишите аналитически и отобразите графически тестовый сигнал включения.
7. Составьте таблицу из диагностических параметров и соответст-вующих им методов контроля для генераторов переменного тока.
8. Составьте таблицу из диагностических параметров и соответст-вующих им методов контроля для трансформаторов, автотрансформаторов и реакторов.
9. Составьте таблицу из диагностических параметров соответствующих им методов контроля для высоковольтных выключателей.
10. Составьте таблицу из диагностических параметров соответствую-щих им методов контроля для воздушных линий электропередачи.
11. Составьте таблицу из диагностических параметров соответст-вующих им методов контроля для аппаратуры управления и защиты подстанций.
12. Составьте таблицу из диагностических параметров соответствую-щих им методов контроля для кабельных линий.
13. Создайте эквивалентную математическую модель (эквивалентное описание в виде схемы замещения) для возможности оценки состояния гирлянды подвесных изоляторов.
14. Составьте таблицу выявляемых неисправностей различных ЭУ с помощью тепловизора.
15. Составьте таблицу выявляемых неисправностей различных ЭУ с помощью ультразвукового и ультрафиолетового дефектоскопов.
16. Перечислите виды погрешностей, возникающих при тепловизион-ной диагностике, и способы их устранения.
17. По формуле Планка рассчитайте значение длины волны максимума спектральной плотности излучения абсолютно черного тела при температуре 20 °С. В каком диапазоне длин волн излучения находится полученное значение?
18. По формуле Планка постройте кривую зависимости спектральной плотности излучения абсолютно черного тела при температуре 20 °С. Сравните полученную зависимость с кривой прозрачности атмосферы на уровне земли и предложите оптимальный спектральный диапазон работы тепловизора при заданной температуре.
19. По формуле Планка постройте кривую зависимости спектральной плотности излучения абсолютно черного тела при температуре 500 °С. Сравните полученную зависимость с кривой прозрачности атмосферы и предложите оптимальный спектральный диапазон работы тепловизора при заданной температуре.
20. Рассчитайте интегральные плотности излучения электрических контактов из окисленных алюминия, меди и стали при температуре 20 °С.
21. Температура контактного соединения с электрическим сопротивле-нием 1 Ом и термическим сопротивлением 1 К/Вт составляет 100 °С. Температура окружающего воздуха 20 °С. Рассчитать величину постоянного тока, протекающего через контактное соединение.
22. Через контактное соединением с термическим сопротивлением 1 К/Вт протекает ток 1 А. Падение напряжения на контакте 1 В. Температура окружающего воздуха 20 0С. Рассчитайте температуру контакта.
23. Рассчитайте температуру изолятора емкостью 100 пФ с tgδ = 10 % и термическим сопротивлением 2 К/Вт, находящегося под действующим напряжением 10 кВ переменного тока частотой 50 Гц. Температура окружающего воздуха 20 °С.
24. В гирлянде из трех изоляторов, каждый из которых имеет емкость 50 пФ и термическое сопротивление 2 К/Вт, находящейся под действующим напряжением 35 кВ переменного тока частотой 50 Гц, имеется один дефектный изолятор с tgδ = 10 %. Рассчитать разность температур между дефектным и исправным изоляторами, считая что распределение напряжения в гирлянде сохраняется равномерным.
25. В гирлянде из трех изоляторов, каждый из которых имеет емкость 50 пФ и термическое сопротивление 2 К/Вт, находящейся под действующим напряжением 35 кВ переменного тока частотой 50 Гц, имеется один дефектный изолятор с tgδ = 10 %, один полностью пробитый изолятор и один исправный. Рассчитать разности температур между дефектным, пробитым и исправным изоляторами, считая напряжение на дефектном и исправном изоляторах одинаковым.
26. По показаниям тепловизора (пирометра) температура контактного соединения из окисленного алюминия составляет 50 °С. На тепловизоре установлен коэффициент излучения 0,9. Какое изменение надо внести в установки тепловизора? Какое в результате будет истинное значение температуры контактного соединения?
27. Превышение температуры контактного соединения над темпера-турой воздуха составляет 1 °С при токе нагрузки, составляющем 30 % от номинального. Каково будет превышение температуры контактного соединения при токе нагрузки 80 % от номинала. Является ли данный дефект аварийным?
28. Устройством измерения частичных разрядов на образце изоляции емкостью 100 пФ при напряжении 5 кВ зафиксировано появление разрядов со средним изменением напряжения на образце10 В и частотой импульсов 1000 1/с. Вычислите величину кажущегося заряда, энергию и мощность частичных разрядов.
29. Между пластинами плоскопараллельного конденсатора находится диэлектрик с относительной диэлектрической проницаемостью ε = 4. Расстояние между пластинами конденсатора d = 0,5 см. К конденсатору приложено напряжение 1000 В. Найти величину электрического смешения D в диэлектрике. Электрическая постоянная ε0 = 8,85∙10–12 Кл/(В∙м).
30. Оценить величину tgδ для промышленного трансформаторного масла на частоте переменного электрического поля 50 Гц при температуре 40 °С. Удельное сопротивление масла в нормальных условиях равно 1013Ом∙см; действительная относительная диэлектрическая проницаемость – 2,2; температурный коэффициент для проводимости – 0,02; электрическая постоянная ε0 = 8,85∙10–12 Кл/(В∙м).
31. Оценить мощность диэлектрических потерь переменного электрического поля частотой 50 Гц с напряженностью 100 кВ/см в 1 см3 промышленного трансформаторного масла. Для масла tgδ = 1.6∙10–3, относительная диэлектрическая проницаемость – 2,2.
32. Как изменится удельная проводимость трансформаторного масла при увеличении температуры от 20 до 50 °С?
33. Определить, во сколько раз отличается напряженность электрического поля в промышленном трансформаторном масле от напряженности поля в газовом пузыре. Относительную диэлектрическую проницаемость для промышленного трансформаторного масла принять равной 2,2, для газа – 1.
34. В твердом диэлектрике с относительной диэлектрической прони-цаемостью εд = 4, расположенном между электродами плоского конденса-тора, имеются газовые включения. Расстояние между электродами d = 0,5 см. Относительная диэлектрическая проницаемость газа включения ε = 1. Известно, что самостоятельные разряды в данных включениях возникают при достижении напряженности электрического поля величины Ер = 27 кВ/см. Определить напряжение между электродами, при котором в конденсаторе начнут возникать частичные разряды.
35. Между плоскопараллельными металлическими пластинами конденсатора помещен диэлектрик толщиной 4 мм с относительной диэлектрической проницаемостью εд = 4. Оставшаяся часть межэлектродного пространства толщиной 6 мм заполнена при нормальных условиях воздухом. Определить величину постоянного напряжения между пластинами конденсатора, при котором в его воздушном слое начнет возникать самостоятельный разряд.
36. К конденсатору, между пластинами которого находится твердый диэлектрик, приложено напряжение 5 кВ. Определить величину энергии, рассеиваемой в газовом включении твердого диэлектрика при частичном разряде с кажущимся зарядом 10–15 Кл.
37. Опишите метод диагностирования изоляции на основе инфракрас-ного излучения.
38. Определите сущность метода диагностики гирлянд изоляторов на основе оптического излучения.
39. Опишите метод диагностирования изоляторов на основе регистрации частичных разрядов.
40. Опишите метод выявления дефектов и изоляции по анализу газов, растворенных в масле.
41. Опишите дистанционные методы определения мест повреждений кабельных линий.
42. Опишите диагностирование опорной изоляции вибрационным методом.

#

# ТАБЛИЦА ВАРИАНТОВ КОНТРОЛЬНОГО ЗАДАНИЯ

|  |  |
| --- | --- |
| Вари-ант | Номера вопросов и задач |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| 1 | 1 | 3 | 6 | 9 | 12 | 15 | 18 | 21 | 24 | 27 | 28 | 29 | 30 | 33 | 36 |
| 2 | 2 | 5 | 8 | 11 | 14 | 17 | 20 | 23 | 26 | 27 | 29 | 30 | 32 | 35 | 38 |
| 3 | 3 | 6 | 9 | 12 | 15 | 18 | 21 | 24 | 26 | 27 | 30 | 31 | 33 | 36 | 39 |
| 4 | 4 | 7 | 10 | 13 | 16 | 19 | 22 | 23 | 25 | 28 | 32 | 34 | 37 | 40 | 42 |
| 5 | 5 | 8 | 11 | 14 | 17 | 20 | 22 | 24 | 26 | 29 | 31 | 33 | 35 | 38 | 41 |
| 6 | 6 | 9 | 12 | 15 | 18 | 21 | 23 | 25 | 27 | 30 | 33 | 34 | 36 | 39 | 42 |
| 7 | 1 | 4 | 7 | 10 | 13 | 16 | 19 | 22 | 24 | 27 | 30 | 33 | 35 | 38 | 41 |
| 8 | 2 | 3 | 7 | 11 | 14 | 16 | 19 | 21 | 24 | 25 | 35 | 36 | 37 | 39 | 40 |
| 9 | 3 | 4 | 7 | 9 | 10 | 13 | 16 | 17 | 20 | 22 | 26 | 29 | 34 | 37 | 39 |
| 10 | 1 | 4 | 8 | 10 | 15 | 19 | 20 | 23 | 27 | 31 | 32 | 36 | 37 | 38 | 40 |
| 11 | 2 | 4 | 7 | 11 | 16 | 18 | 21 | 24 | 29 | 32 | 33 | 35 | 36 | 37 | 39 |
| 12 | 3 | 5 | 9 | 12 | 13 | 17 | 18 | 24 | 28 | 30 | 33 | 35 | 36 | 38 | 40 |
| 13 | 6 | 8 | 10 | 13 | 16 | 19 | 22 | 26 | 30 | 33 | 36 | 37 | 39 | 40 | 41 |
| 14 | 7 | 8 | 10 | 14 | 15 | 16 | 23 | 25 | 27 | 32 | 35 | 37 | 38 | 40 | 42 |

**СОДЕРЖАНИЕ**

|  |  |
| --- | --- |
| Предисловие …………………………………………………………………... | 3 |
| Цели и задачи дисциплины …………………………………………………... | 4 |
| Требования к уровню освоения содержания дисциплины ………………… | 4 |
| Программа дисциплины «Диагностика электрооборудования электрических станций и подстанций» ……………………………………... | 6 |
| Общие рекомендации для изучения дисциплины «Диагностика электро-оборудования электрических станций и подстанций» …………………….. | 10 |
| Учебно-методическое и информационное обеспечение учебной дисциплины …………………………………………………………………… | 14 |
| Методические указания к самостоятельному изучению дисциплины «Диагностика электрооборудования электрических станций и подстанций» .. | 15 |
| Методические указания по выполнению контрольного задания и примеры решения задач ………………………………………………………………… | 20 |
| Правила выполнения и оформления контрольного задания ………………. | 24 |
| Варианты контрольного задания …………………………………………….. | 25 |
| Таблица вариантов контрольного задания ………………………………….. | 30 |

*Учебное издание*

ДИАГНОСТИКА ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ И ПОДСТАНЦИЙ

ПРОГРАММА, МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

ПО ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

для студентов заочной формы обучения

направления подготовки 140400 «Электроэнергетика и электротехника»,

профиль «Электрические станции»,

квалификации – бакалавр

2-е издание, переработанное и дополненное

|  |  |
| --- | --- |
| Составители: | **Зарипов Дамир Камилевич,****Лопухова Татьяна Викторовна** |

Кафедра электрических станций КГЭУ

Авторская редакция

Компьютерная верстка *Т.И. Лунченкова*

Подписано в печать

Формат 60×84/16. Бумага «Business». Гарнитура «Times». Вид печати РОМ.

Усл. печ. л. 1,86. Уч.-изд. л. 2,06. Тираж экз. Заказ

Издательство КГЭУ, 420066, Казань, Красносельская, 51

Типография КГЭУ, 420066, Казань, Красносельская, 51