

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
СТАВРОПОЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

УТВЕРЖДАЮ

Директор/Декан
института механики и энергетики
Мастепаненко Максим Алексеевич

«__» _____ 20__ г.

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ (ОЦЕНОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ)

Б1.В.02 Диагностика электроэнергетического оборудования

35.03.06 Агроинженерия

Электрооборудование и электротехнологии

бакалавр

очная

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций ОП ВО и овладение следующими результатами обучения по дисциплине:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
ПК-2 Способен к выполнению комплекта конструкторской документации эскизного, технического и рабочего проектов автоматизированных систем управления технологическими процессами	ПК-2.1 Осуществляет анализ материалов для эскизного, технического и рабочего проектов	знает Правила и требования для выполнения технического проекта
		умеет Читать конструкторскую документацию автоматизированных систем управления технологическими процессами
		владеет навыками Подготовкой комплекта конструкторской документации
ПК-2 Способен к выполнению комплекта конструкторской документации эскизного, технического и рабочего проектов автоматизированных систем управления технологическими процессами	ПК-2.2 Выполнение работ по расчету проектов автоматизированной системы управления технологическими процессами.	знает Требования к расчету проектов системы управления
		умеет Ориентироваться в методиках расчёта проектов
		владеет навыками Методикой расчета проектов Автоматизированной системы управления
ПК-2 Способен к выполнению комплекта конструкторской документации эскизного, технического и рабочего проектов автоматизированных систем управления технологическими процессами	ПК-2.3 Выполнение оформления документации проектов автоматизированной системы управления технологическими процессами	знает Правила оформления документов для проектов
		умеет Применять правила оформления документации
		владеет навыками Выполнять оформление документации проектов автоматизированной системы управления процессами

2. Перечень оценочных средств по дисциплине

№	Наименование раздела/темы	Семестр	Код индикаторов достижения компетенций	Оценочное средство проверки результатов достижения индикаторов компетенций
1.	1 раздел. Общие положения и понятия диагностики электроэнергетического оборудования			
1.1.	Основные понятия и положения диагностики электроэнергетического оборудования. Глоссарий основных терминов, используемых в области диагностики электроэнергетического оборудования. Методы диагностирования электроэнергетического оборудования	8	ПК-2.1	Устный опрос
2.	2 раздел. Организация диагностики электроэнергетического оборудования			
2.1.	Организация системы диагностирования электроэнергетического оборудования. Текущий и капитальный ремонт	8	ПК-2.1	Устный опрос
3.	3 раздел. Методы диагностики различных видов электроэнергетического оборудования			
3.1.	Диагностика оборудования кабельных линий. Диагностика оборудования воздушных линий электропередачи. Диагностика оборудования силовых масляных трансформаторов. Диагностика асинхронных электродвигателей	8	ПК-2.3	Устный опрос
	Промежуточная аттестация			За

3. Оценочные средства (оценочные материалы)

Примерный перечень оценочных средств для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации

№ п/п	Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Представление оценочного средства в фонде (Оценочные материалы)
Текущий контроль			
Для оценки знаний			

1	Устный опрос	Средство контроля знаний студентов, способствующее установлению непосредственного контакта между преподавателем и студентом, в процессе которого преподаватель получает широкие возможности для изучения индивидуальных особенностей усвоения студентами учебного материала.	Перечень вопросов для устного опроса
Для оценки умений			
Для оценки навыков			
Промежуточная аттестация			
2	Зачет	Средство контроля усвоения учебного материала практических и семинарских занятий, успешного прохождения практик и выполнения в процессе этих практик всех учебных поручений в соответствии с утвержденной программой с выставлением оценки в виде «зачтено», «незачтено».	Перечень вопросов к зачету

4. Примерный фонд оценочных средств для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю) "Диагностика электроэнергетического оборудования"

Примерные оценочные материалы для текущего контроля успеваемости

Диагностика электроэнергетического оборудования

1. Дайте определение технической диагностики электроэнергетического оборудования согласно ГОСТ 20911-89. Какие основные задачи решает диагностика в системе управления техническим состоянием?

2. Чем отличается диагностика по техническому состоянию (ресурсный подход) от регламентной диагностики? Приведите преимущества и недостатки каждого подхода.

3. Какие виды диагностики выделяют по времени проведения? Дайте характеристику оперативной, плановой и внеочередной диагностики.

4. Что такое диагностический параметр? Приведите примеры прямых и косвенных диагностических параметров для силового трансформатора.

5. Объясните понятия «предельное состояние» и «критерий отказа» оборудования. Как они используются при планировании ремонтных работ?

Методы и средства диагностики

6. Перечислите основные методы неразрушающего контроля изоляции электрооборудования. Укажите физические принципы, лежащие в основе каждого метода.

7. В чем заключается суть хроматографического анализа газов, растворенных в трансформаторном масле (ГДМ)? Какие дефекты оборудования позволяет выявить этот метод?

8. Какие параметры измеряются при диагностике изоляции методом измерения тангенса угла диэлектрических потерь ($\tan \delta$)? Почему этот метод считается более информативным, чем измерение сопротивления изоляции мегаомметром?

9. Опишите принцип работы тепловизионной диагностики электрооборудования. Какие дефекты коммутационного оборудования и контактных соединений можно выявить тепловизионным обследованием?

10. Какие методы используются для диагностики механической части масляных и вакуумных выключателей? Какие параметры характеризуют исправность привода и контактной системы?

Диагностика силовых трансформаторов

11. Перечислите основные диагностические испытания силовых трансформаторов, проводимые при плановом техническом обслуживании согласно ПТЭ ЭСС. Укажите периодичность каждого вида испытаний.

12. Какие газы в составе ГДМ указывают на термические повреждения изоляции, а какие — на частичные разряды? Приведите характерные соотношения газов для разных видов дефектов.

13. Что такое коэффициент абсорбции и индекс поляризации при измерении сопротивления изоляции трансформатора? Как их значения используются для оценки увлажнения изоляции?

14. Какие параметры проверяются при диагностике устройства РПН (регулирования напряжения под нагрузкой)? Какие дефекты можно выявить по анализу переходных процессов при переключении?

15. Как определяется остаточный ресурс изоляции трансформатора на основе комплексной оценки результатов диагностики (ГДМ, механические свойства масла, электрические характеристики изоляции)?

Диагностика коммутационного оборудования

16. Какие параметры измеряются при диагностике вакуумных выключателей для оценки состояния вакуумной дугогасительной камеры? Каковы критерии браковки камеры?

17. Опишите методику измерения временных характеристик масляных и элегазовых выключателей. Какие отклонения временных параметров свидетельствуют о неисправности привода или контактной системы?

18. Какие методы применяются для диагностики состояния контактов разъединителей и отделителей? Как оценивается качество контактных соединений?

19. Что такое «время собственного срабатывания» выключателя и как оно влияет на селективность действия релейной защиты? Какие допустимые отклонения установлены нормативными документами?

20. Какие дефекты элегазового оборудования (выключателей, КРУЭ) выявляются методом контроля чистоты и влажности элегаза?

Диагностика изоляции и кабельных линий

21. В чем отличие метода испытания кабельных линий переменным напряжением промышленной частоты от метода испытания напряжением прямого тока? Почему для кабелей с XLPE-изоляцией предпочтителен метод переменного напряжения?

22. Какие методы используются для поиска места повреждения изоляции кабельных линий? Опишите принцип работы рефлектометрического метода.

23. Что такое частичные разряды (ЧР) в изоляции электрооборудования? Какие методы применяются для их регистрации и измерения? Почему контроль ЧР важен для прогнозирования отказов?

24. Как оценивается состояние фарфоровых и полимерных изоляторов при визуальном осмотре и инструментальных методах диагностики? Какие дефекты являются критическими для дальнейшей эксплуатации?

Системы мониторинга и обработка данных

25. Какие параметры входят в состав систем непрерывного мониторинга состояния силовых трансформаторов (онлайн-диагностики)? Какие датчики устанавливаются на трансформаторе для реализации такой системы?

26. Что такое «цифровой паспорт оборудования» и как он используется при организации диагностики и прогнозирования остаточного ресурса?

27. Какие методы статистической обработки применяются для анализа диагностических данных при оценке надежности оборудования? Приведите пример использования метода Парето для анализа отказов.

28. Какие программные средства используются для автоматизации обработки результатов диагностики и формирования отчетной документации на предприятиях электроэнергетики?

Нормативная база и организация работ

29. Какие основные нормативные документы регламентируют проведение диагностики электрооборудования в России? Укажите не менее 4 документов (ГОСТ, ПТЭ ЭСС, отраслевые стандарты).

30. Опишите организационную структуру проведения диагностических работ на подстанции: какие службы и специалисты участвуют в диагностике, кто отвечает за интерпретацию результатов и принятие решений о ремонте?

Группа 3: Диагностика коммутационного оборудования

11. Диагностика вакуумных выключателей: методы оценки состояния вакуумной дугогасительной камеры

Анализ методов (измерение контактного сопротивления, проверка на пробой повышенным напряжением, анализ спектра излучения дуги), критерии замены камеры, проблемы импортозамещения ВДК.

12. Измерение временных характеристик высоковольтных выключателей: методики, приборы, интерпретация результатов

Стандартные временные параметры (время включения/отключения, одновременность замыкания/размыкания фаз), влияние состояния привода на временные характеристики, диагностика неисправностей по отклонениям от нормы.

13. Диагностика элегазового оборудования (КРУЭ): контроль чистоты, влажности и разложения элегаза при дуговых процессах

Методы газового анализа (хроматография, ИК-спектроскопия), нормативные значения содержания продуктов разложения (SO_2 , HF), корреляция с состоянием контактной системы и изоляции.

14. Диагностика разъединителей и заземлителей: оценка состояния контактных соединений и механической части

Методы измерения переходного сопротивления, термовизионный контроль, диагностика износа шарнирных соединений и приводных механизмов, особенности диагностики в условиях Крайнего Севера.

15. Сравнительный анализ надежности и диагностической информативности масляных, вакуумных и элегазовых выключателей напряжением 6–35 кВ

Статистика отказов по видам выключателей (данные Россети, ФСК ЕЭС), сравнение стоимости жизненного цикла, перспективы замены масляных выключателей в распределительных сетях РФ.

Группа 4: Диагностика кабельных линий и изоляции

16. Диагностика кабельных линий с изоляцией из сшитого полиэтилена (XLPE): методы испытаний и поиска повреждений

Проблемы испытаний кабелей постоянным напряжением, преимущества метода резонансных испытаний переменным напряжением (0,1 Гц), современные рефлектометры и трассоискатели.

17. Оценка состояния бумажно-масляной изоляции силовых кабелей по результатам измерения $\tan \delta$ и емкости изоляции

Методики измерения, влияние влаги и старения на диэлектрические параметры, критерии вывода кабеля в ремонт или замену, опыт продления срока службы кабелей после сушки.

18. Диагностика изоляторов воздушных линий электропередачи: от визуального осмотра до ультразвукового контроля

Методы выявления трещин в фарфоре, контроль состояния полимерных изоляторов (старение гидрофобности), использование дронов для инспекции ВЛ, нормативные требования к замене изоляторов.

19. Системы мониторинга распределительных кабельных сетей 6–20 кВ: контроль температуры жил, частичных разрядов и параметров заземления

Обзор распределенных систем мониторинга (оптоволоконные датчики температуры), интеграция с системами учета потерь электроэнергии, экономическая целесообразность внедрения в городских сетях.

20. Диагностика соединительных и концевых муфт кабельных линий: термовизионный контроль и методы выявления дефектов изоляции

Типичные дефекты муфт (неправильная заделка, увлажнение), методы неразрушающего контроля, статистика отказов по муфтам в распределительных сетях РФ.

**Примерные оценочные материалы
для проведения промежуточной аттестации (зачет, экзамен)
по итогам освоения дисциплины (модуля)**

Диагностика электроэнергетического оборудования

1. Дайте определение технической диагностики электроэнергетического оборудования согласно ГОСТ 20911-89. Какие основные задачи решает диагностика в системе управления техническим состоянием?

2. Чем отличается диагностика по техническому состоянию (ресурсный подход) от регламентной диагностики? Приведите преимущества и недостатки каждого подхода.

3. Какие виды диагностики выделяют по времени проведения? Дайте характеристику оперативной, плановой и внеочередной диагностики.

4. Что такое диагностический параметр? Приведите примеры прямых и косвенных диагностических параметров для силового трансформатора.

5. Объясните понятия «предельное состояние» и «критерий отказа» оборудования. Как они используются при планировании ремонтных работ?

Методы и средства диагностики

6. Перечислите основные методы неразрушающего контроля изоляции электрооборудования. Укажите физические принципы, лежащие в основе каждого метода.

7. В чем заключается суть хроматографического анализа газов, растворенных в трансформаторном масле (ГДМ)? Какие дефекты оборудования позволяет выявить этот метод?

8. Какие параметры измеряются при диагностике изоляции методом измерения тангенса угла диэлектрических потерь ($\tan \delta$)? Почему этот метод считается более информативным, чем измерение сопротивления изоляции мегаомметром?

9. Опишите принцип работы тепловизионной диагностики электрооборудования. Какие дефекты коммутационного оборудования и контактных соединений можно выявить тепловизионным обследованием?

10. Какие методы используются для диагностики механической части масляных и вакуумных выключателей? Какие параметры характеризуют исправность привода и контактной системы?

Диагностика силовых трансформаторов

11. Перечислите основные диагностические испытания силовых трансформаторов, проводимые при плановом техническом обслуживании согласно ПТЭ ЭСС. Укажите периодичность каждого вида испытаний.

12. Какие газы в составе ГДМ указывают на термические повреждения изоляции, а какие — на частичные разряды? Приведите характерные соотношения газов для разных видов дефектов.

13. Что такое коэффициент абсорбции и индекс поляризации при измерении сопротивления изоляции трансформатора? Как их значения используются для оценки увлажнения изоляции?

14. Какие параметры проверяются при диагностике устройства РПН (регулирования напряжения под нагрузкой)? Какие дефекты можно выявить по анализу переходных процессов при переключении?

15. Как определяется остаточный ресурс изоляции трансформатора на основе комплексной оценки результатов диагностики (ГДМ, механические свойства масла, электрические характеристики изоляции)?

Диагностика коммутационного оборудования

16. Какие параметры измеряются при диагностике вакуумных выключателей для оценки состояния вакуумной дугогасительной камеры? Каковы критерии браковки камеры?

17. Опишите методику измерения временных характеристик масляных и элегазовых выключателей. Какие отклонения временных параметров свидетельствуют о неисправности привода или контактной системы?

18. Какие методы применяются для диагностики состояния контактов разъединителей и отделителей? Как оценивается качество контактных соединений?

19. Что такое «время собственного срабатывания» выключателя и как оно влияет на селективность действия релейной защиты? Какие допустимые отклонения установлены нормативными документами?

20. Какие дефекты элегазового оборудования (выключателей, КРУЭ) выявляются методом контроля чистоты и влажности элегаза?

Диагностика изоляции и кабельных линий

21. В чем отличие метода испытания кабельных линий переменным напряжением промышленной частоты от метода испытания напряжением прямого тока? Почему для кабелей с XLPE-изоляцией предпочтителен метод переменного напряжения?

22. Какие методы используются для поиска места повреждения изоляции кабельных линий? Опишите принцип работы рефлектометрического метода.

23. Что такое частичные разряды (ЧР) в изоляции электрооборудования? Какие методы применяются для их регистрации и измерения? Почему контроль ЧР важен для прогнозирования отказов?

24. Как оценивается состояние фарфоровых и полимерных изоляторов при визуальном осмотре и инструментальных методах диагностики? Какие дефекты являются критическими для дальнейшей эксплуатации?

Системы мониторинга и обработка данных

25. Какие параметры входят в состав систем непрерывного мониторинга состояния силовых трансформаторов (онлайн-диагностики)? Какие датчики устанавливаются на трансформаторе для реализации такой системы?

26. Что такое «цифровой паспорт оборудования» и как он используется при организации диагностики и прогнозировании остаточного ресурса?

27. Какие методы статистической обработки применяются для анализа диагностических данных при оценке надежности оборудования? Приведите пример использования метода Парето для анализа отказов.

28. Какие программные средства используются для автоматизации обработки результатов диагностики и формирования отчетной документации на предприятиях электроэнергетики?

Нормативная база и организация работ

29. Какие основные нормативные документы регламентируют проведение диагностики электрооборудования в России? Укажите не менее 4 документов (ГОСТ, ПТЭ ЭСС, отраслевые стандарты).

30. Опишите организационную структуру проведения диагностических работ на подстанции: какие службы и специалисты участвуют в диагностике, кто отвечает за интерпретацию результатов и принятие решений о ремонте?

Темы письменных работ (эссе, рефераты, курсовые работы и др.)

Группа 1: Современные методы и технологии диагностики

1. Хроматографический анализ газов, растворенных в масле (ГДМ): от классической лабораторной диагностики к онлайн-мониторингу

Анализ эволюции метода ГДМ, сравнение лабораторных и онлайн-систем (например, HYDRAN, Kelman), интерпретация газовых ключей Роджерса и Дорненбурга, опыт применения на подстанциях Россети.

2. Термовизионная диагностика электрооборудования: возможности и ограничения инфракрасного контроля

Исследование физических основ ИК-диагностики, классификация дефектов по термограммам, влияние внешних факторов (погода, солнечная радиация), требования к квалификации оператора и сертификации оборудования.

3. Диагностика частичных разрядов (ЧР) в изоляции: методы регистрации, нормирование и прогнозирование отказов

Сравнительный анализ электрических и акустических методов регистрации ЧР, использование фазово-амплитудных распределений (ФАР) для идентификации типа дефекта, международные стандарты (МЭК 60270) и отечественный опыт.

4. Применение ультразвуковой диагностики для выявления коронных разрядов и утечек элегаза в КРУЭ

Физические принципы метода, сравнение с акустической и оптической диагностикой, портативные приборы (например, УД-2М), критерии оценки уровня ультразвука для принятия решений о ремонте.

5. Использование методов искусственного интеллекта и машинного обучения для анализа диагностических данных электрооборудования

Обзор алгоритмов классификации дефектов (нейросети, деревья решений), кейсы применения ИИ для прогнозирования отказов трансформаторов, проблемы качества входных данных и валидации моделей.

Группа 2: Диагностика силовых трансформаторов

6. Комплексная диагностика изоляции силовых трансформаторов: от измерения R60/R15 до спектроскопии диэлектрического отклика (FDS)

Сравнение традиционных и современных методов оценки увлажнения изоляции, преимущества метода FDS для определения содержания влаги в целлюлозной изоляции без вывода трансформатора в ремонт.

7. Диагностика устройств РПН: анализ переходных процессов, измерение переходного сопротивления контактов, выявление износа контакторов

Методики измерения с использованием приборов типа ТМ10, интерпретация осциллограмм переключения, критерии замены контактов и привода РПН на основании диагностических данных.

8. Оценка остаточного ресурса изоляции трансформаторов по результатам комплексной диагностики

Методы расчета ресурса (модель Монтсингера, анализ продуктов старения целлюлозы), влияние перегрузок и температурного режима, рекомендации по продлению срока службы оборудования.

9. Онлайн-мониторинг силовых трансформаторов: системы контроля температуры, влажности масла, газового состава и частичных разрядов

Обзор отечественных (например, «Энергосервис», «Элкотек») и зарубежных систем мониторинга, интеграция с АСУ ТП подстанций, экономическая эффективность внедрения.

10. Диагностика трансформаторов с сухой изоляцией: особенности методов контроля и критерии оценки состояния

Сравнение с масляными трансформаторами, методы контроля температуры обмоток (оптоволоконные датчики), выявление трещин в эпоксидной изоляции, специфика ремонта и восстановления.

Группа 3: Диагностика коммутационного оборудования

11. Диагностика вакуумных выключателей: методы оценки состояния вакуумной дугогасительной камеры

Анализ методов (измерение контактного сопротивления, проверка на пробой повышенным напряжением, анализ спектра излучения дуги), критерии замены камеры, проблемы импортозамещения ВДК.

12. Измерение временных характеристик высоковольтных выключателей: методики, приборы, интерпретация результатов

Стандартные временные параметры (время включения/отключения, одновременность замыкания/размыкания фаз), влияние состояния привода на временные характеристики, диагностика неисправностей по отклонениям от нормы.

13. Диагностика элегазового оборудования (КРУЭ): контроль чистоты, влажности и разложения элегаза при дуговых процессах

Методы газового анализа (хроматография, ИК-спектроскопия), нормативные значения содержания продуктов разложения (SO₂, HF), корреляция с состоянием контактной системы и изоляции.

14. Диагностика разъединителей и заземлителей: оценка состояния контактных соединений и механической части

Методы измерения переходного сопротивления, термовизионный контроль, диагностика износа шарнирных соединений и приводных механизмов, особенности диагностики в условиях Крайнего Севера.

15. Сравнительный анализ надежности и диагностической информативности масляных, вакуумных и элегазовых выключателей напряжением 6–35 кВ

Статистика отказов по видам выключателей (данные Россети, ФСК ЕЭС), сравнение стоимости жизненного цикла, перспективы замены масляных выключателей в распределительных сетях РФ.

Группа 4: Диагностика кабельных линий и изоляции

16. Диагностика кабельных линий с изоляцией из сшитого полиэтилена (XLPE): методы испытаний и поиска повреждений

Проблемы испытаний кабелей постоянным напряжением, преимущества метода резонансных испытаний переменным напряжением (0,1 Гц), современные рефлектометры и трассоискатели.

17. Оценка состояния бумажно-масляной изоляции силовых кабелей по результатам измерения

tg δ и емкости изоляции

Методики измерения, влияние влаги и старения на диэлектрические параметры, критерии вывода кабеля в ремонт или замену, опыт продления срока службы кабелей после сушки.

18. Диагностика изоляторов воздушных линий электропередачи: от визуального осмотра до ультразвукового контроля

Методы выявления трещин в фарфоре, контроль состояния полимерных изоляторов (старение гидрофобности), использование дронов для инспекции ВЛ, нормативные требования к замене изоляторов.

19. Системы мониторинга распределительных кабельных сетей 6–20 кВ: контроль температуры жил, частичных разрядов и параметров заземления

Обзор распределенных систем мониторинга (оптоволоконные датчики температуры), интеграция с системами учета потерь электроэнергии, экономическая целесообразность внедрения в городских сетях.

20. Диагностика соединительных и концевых муфт кабельных линий: термовизионный контроль и методы выявления дефектов изоляции

Типичные дефекты муфт (неправильная заделка, увлажнение), методы неразрушающего контроля, статистика отказов по муфтам в распределительных сетях РФ.

Группа 5: Нормативная база, организация и экономика диагностики

21. Эволюция нормативной базы диагностики электрооборудования в России: от РД 34.45-51.300-97 к современным стандартам

Анализ изменений в требованиях к диагностике за последние 20 лет, гармонизация с международными стандартами (МЭК), проблемы применения зарубежных методик к отечественному оборудованию.

22. Сравнительный анализ подходов к диагностике электрооборудования в России, ЕС и Китае

Особенности регламентных сроков ТОиР, роль онлайн-мониторинга, государственная политика в области импортозамещения диагностического оборудования, опыт цифровизации диагностики.

23. Экономическая эффективность перехода от регламентной диагностики к диагностике по техническому состоянию (ресурсному подходу)

Методики расчета экономии от оптимизации ремонтных программ, кейсы снижения простоев оборудования, влияние на показатели SAIDI/SAIFI в распределительных сетях.

24. Организация службы диагностики на предприятии электроэнергетики: структура, квалификационные требования, взаимодействие со службами эксплуатации и ремонта

Анализ лучших практик Россети и ФСК ЕЭС, требования к аттестации персонала, организация лабораторий и передвижных диагностических комплексов.

25. Проблемы импортозамещения диагностического оборудования и программного обеспечения в электроэнергетике РФ

Обзор отечественных аналогов зарубежных приборов (мегаомметры, анализаторы ГДМ, термовизоры), проблемы совместимости и метрологической поверки, государственная поддержка разработок.

Группа 6: Перспективные направления и специальные темы

26. Цифровой двойник электрооборудования: концепция, технологии реализации и применение для прогнозной диагностики

Архитектура цифрового двойника трансформатора/выключателя, интеграция с IoT-датчиками, использование для симуляции аварийных режимов и оптимизации ремонтных программ.

27. Диагностика оборудования возобновляемых источников энергии: особенности контроля состояния инверторов, трансформаторов и кабельных линий солнечных и ветровых электростанций

Специфика отказов оборудования ВИЭ, влияние климатических факторов на надежность, адаптация традиционных методов диагностики к новым типам оборудования.

28. Использование беспилотных летательных аппаратов (дронов) для диагностики оборудования открытых распределительных устройств и воздушных линий

Технологии мультиспектральной съемки, автоматическая обработка термограмм, нормативные ограничения применения дронов в охранной зоне ЛЭП, экономическая эффективность.

29. Диагностика оборудования подстанций в условиях Крайнего Севера и других сложных климатических зон РФ

Влияние низких температур на характеристики изоляции и смазочных материалов, специфика

методов диагностики в зимний период, адаптация оборудования и приборов к экстремальным условиям.

30. Экологические аспекты диагностики и утилизации электрооборудования: контроль выбросов элегаза, утилизация трансформаторного масла, переработка изоляционных материалов

Международные соглашения (Кигалийская поправка к Монреальскому протоколу), технологии регенерации масла и элегаза, требования к экологической безопасности при диагностике и ремонте.

Методические рекомендации для студентов:

Структура реферата:

Титульный лист и оглавление

Введение (актуальность темы, цель и задачи исследования)

Теоретическая часть (обзор методов, нормативная база)

Практическая часть (анализ кейсов, сравнение методов, расчеты)

Заключение (выводы, перспективы развития)

Список литературы (не менее 15 источников, включая ГОСТы, ПТЭ ЭСС, научные статьи за последние 5 лет)

Приложения (схемы, таблицы, фотографии диагностических приборов)

Ключевые источники:

ПТЭ ЭСС (Приказ Минэнерго РФ № 1070 от 04.10.2022)

ГОСТ Р 57351-2016, ГОСТ 20911-89, ГОСТ 18322-78

РД 34.45-51.300-97 (действует частично, но важен для исторического контекста)

Журналы: «Электрические станции», «Новости электротехники», IEEE Transactions on Power

Delivery

Отчеты Россети и ФСК ЕЭС по надежности оборудования

Материалы конференций: «Электро», «Росэлектро», CIGRE