

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова»

СОГЛАСОВАНО

Декан ЭФ
Полищук

В.И.

Рабочая программа дисциплины

Код и наименование дисциплины: Б1.В.4 «Диагностика изоляции электрооборудования»

**Код и наименование направления подготовки (специальности): 13.04.02
Электроэнергетика и электротехника**

Направленность (профиль, специализация): Электротехнологии и надежность электрооборудования

Статус дисциплины: часть, формируемая участниками образовательных отношений

Форма обучения: очная

Статус	Должность	И.О. Фамилия
Разработал	доцент	В.И. Сташко
Согласовал	Зав. кафедрой «ЭПП»	С.О. Хомутов
	руководитель направленности (профиля) программы	И.В. Белицын

г. Барнаул

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Компетенция	Содержание компетенции	Индикатор	Содержание индикатора
ПК-1	Способен осуществлять анализ состояния и динамики показателей качества объектов деятельности с использованием необходимых методов и средств исследований	ПК-1.1	Применяет методы анализа состояния и динамики показателей качества объектов профессиональной деятельности
		ПК-1.2	Применяет методы и средства исследования заданных показателей объектов профессиональной деятельности
ПК-8	Способен управлять деятельностью по эксплуатации технических средств автоматизированных систем управления технологическим процессом передачи электрической энергии	ПК-8.1	Описывает систему ППР для линий электропередачи
		ПК-8.2	Способен анализировать работу электротехнического оборудования при его эксплуатации и принимать управленческие решения

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплины (практики), предшествующие изучению дисциплины, результаты освоения которых необходимы для освоения данной дисциплины.	Компьютерные технологии в электроэнергетике, Современные электротехнологические установки и оборудование
Дисциплины (практики), для которых результаты освоения данной дисциплины будут необходимы, как входные знания, умения и владения для их изучения.	Моделирование и прогнозирование состояния электрооборудования, Надежность электрооборудования в системах электроснабжения и технологических системах, Технический сервис и эксплуатация электроустановок

3. Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающегося с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающегося

Общий объем дисциплины в з.е. /час: 4 / 144

Форма промежуточной аттестации: Экзамен

Форма обучения	Виды занятий, их трудоемкость (час.)				Объем контактной работы обучающегося с преподавателем (час)
	Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия	Самостоятельная работа	
очная	16	0	16	112	43

4. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

Форма обучения: очная

Семестр: 1

Лекционные занятия (16ч.)

- 1. Общие вопросы надежности технических систем. Теория надежности. {лекция с разбором конкретных ситуаций} (2ч.)[1,4,7] Основные понятия и определения. Проблемы надежности. Закономерности распределения отказов. Причины и модели возникновения отказов электрооборудования. Методы обеспечения надежности электрооборудования в процессе проектирования, производства, эксплуатации и хранения. Количественные показатели надежности. Связь между показателями надежности и эффективности.**
- 2. Техническая диагностика в электроэнергетике. {лекция с разбором конкретных ситуаций} (2ч.)[1,5,8,9] Общее представление о технической диагностике. Диагностика технического состояния электрооборудования. Основные принципы технического диагностирования и определения остаточного ресурса электрооборудования. Показатели состояния и диагностические параметры изоляции электрических машин.**
- 3. Оценка технического состояния электрооборудования. Показатели и критерии надежности электрооборудования. {лекция с разбором конкретных ситуаций} (2ч.)[1,4,6,7,8,9,11] Критерии и количественные характеристики надежности. Единичные и комплексные показатели надежности. Обеспечение эксплуатационной надежности. Обеспечение надежности изоляции электрических машин в процесс проектирования и производства. Поддержание заданного уровня надежности в процессе эксплуатации. Техническое обслуживание (ТО) и диагностика электрооборудования.**
- 4. Причины отказов и виды повреждений изоляции обмоток электрических машин {лекция с разбором конкретных ситуаций} (2ч.)[1,4,5,6,7] Основные причины отказов электрических машин. Виды повреждения изоляции обмоток электрических машин. Основные причины нарушений свойств изоляции обмоток электрических машин. Конструктивные и производственные воздействующие факторы. Факторы, влияющие на состояние изоляции в процессе эксплуатации. Классификация воздействующих факторов и их особенности в различных условиях эксплуатации.**
- 5. Электрическая изоляция. Классификация методов диагностики электрической изоляции электрических машин. {лекция с разбором конкретных ситуаций} (2ч.)[1,6,8,9,10,11,13] Классификация электрической изоляции. Изоляция обмоток электрических машин. Конструкция изоляции обмотки статора асинхронного двигателя. Испытания изоляции. Визуальный**

контроль и неэлектрические методы диагностики изоляции. Электрические методы диагностики изоляции. Цифровые системы диагностики изоляции электрооборудования.

6. Оценка состояния изоляции обмоток. Прогнозирование остаточного ресурса электродвигателя. {лекция с разбором конкретных ситуаций} (2ч.)[2,3,8] Оценка состояния межвитковой изоляции методом ВЗК (волновых затухающих колебаний). Математическая модель обмотки статора асинхронного двигателя. Техническая реализация метода ВЗК. Прогнозирование остаточного ресурса электродвигателя на основе метода температурно-временных параметров. Влияние переходных процессов и температуры на свойства изоляции электрооборудования. Расчет диагностических параметров для оценки остаточного ресурса.

7. Цифровые системы диагностики изоляции электрооборудования {лекция с разбором конкретных ситуаций} (2ч.)[2,3,6,11,13] Принципы построения цифровых устройств диагностики и контроля технического состояния электрооборудования с использованием систем удаленного мониторинга. Использование глобальных и локальных баз данных для поддержания надежности электрооборудования

8. Построение систем непрерывного удаленного мониторинга и контроля технического состояния электрооборудования {лекция с разбором конкретных ситуаций} (2ч.)[2,3,6,13] Принципы построения систем контроля в реальном режиме времени. Реализация методов ВЗК и прогнозирования срока службы электрооборудования на основе теплового старения изоляции с использованием микропроцессорной техники и современных средств обработки информации

Практические занятия (16ч.)

1. Определение показателей надежности. {с элементами электронного обучения и дистанционных образовательных технологий} (2ч.)[1,4,5,6] Расчет вероятности безотказной работы и интенсивности отказов. Расчет среднего, гамма-процентного и назначенного ресурса. Расчет назначенного и установленного срока сохраняемости. Расчет среднего времени восстановления и вероятности восстановления работоспособного состояния.

2. Расчет диагностических параметров и комплексных показателей надежности. {с элементами электронного обучения и дистанционных образовательных технологий} (2ч.)[1,6,8,9,11,12] Моделирование процессов прогнозирования технического состояния электрооборудования. Определение и расчет диагностических параметров. Расчет коэффициентов готовности, технического использования и оперативной готовности. Решение задач по определению состояния электрической изоляции обмоток электрических машин.

3. Математическое моделирование. Построение схемы замещения обмотки статора электродвигателя. {с элементами электронного обучения и

дистанционных образовательных технологий} (2ч.)[2,6,8,9] Построение схемы замещения обмотки статора с учетом входных и выходных параметров. Расчет параметров корпусной и межвитковой изоляции, выбор параметров индуктивной цепи схемы замещения.

Расчет переходного процесса в обмотке электродвигателя при подаче на неё единичного импульса напряжения.

4. Оценка состояния межвитковой изоляции обмоток методом ВЗК {с элементами электронного обучения и дистанционных образовательных технологий} (2ч.)[2,6,8,13] Расчет параметров ВЗК по заданным параметрам схемы замещения. Графический анализ результатов расчета.

5. Прогнозирование остаточного ресурса электродвигателя {с элементами электронного обучения и дистанционных образовательных технологий} (2ч.)[3,6,11] Оценка остаточного ресурса электродвигателя на основе метода измерения температурно-временных параметров.

6. Обработка данных цифровых систем мониторинга и диагностики изоляции электрооборудования {с элементами электронного обучения и дистанционных образовательных технологий} (2ч.)[2,3,6,8,11,13] Анализ и расчет диагностических параметров, полученных от первичных датчиков цифровых систем диагностирования состояния электрооборудования.

7. Техническая реализация метода ВЗК на основе использования микроконтроллера {с элементами электронного обучения и дистанционных образовательных технологий} (2ч.)[2,11,13] Разработка алгоритма работы и функциональной схемы цифрового прибора, реализующего метод ВЗК. Удаленный мониторинг состояния изоляции электрооборудования с использованием современных технологий беспроводной передачи данных GSM и Wi-Fi

8. Техническая реализация метода прогнозирования срока службы электрооборудования на основе теплового старения изоляции {с элементами электронного обучения и дистанционных образовательных технологий} (2ч.)[3,6,8,11,13] Разработка алгоритма работы и функциональной схемы цифрового прибора, реализующего метод прогнозирования срока службы электрооборудования на основе теплового старения изоляции. Сбор данных об остаточном ресурсе электрооборудования, и их передача средствами технологий беспроводной связи GSM и Wi-Fi

Самостоятельная работа (112ч.)

1. Изучение теоретического материала {творческое задание} (60ч.)[1,4,5,7,8,9] Изучение теоретического материала по дисциплине. Изучение актуальных (не старше 1-2 лет) научных публикаций по теме диагностики электрооборудования

2. Подготовка к практическим занятиям {с элементами электронного обучения и дистанционных образовательных технологий} (16ч.)[2,3,6,9,10,11,12] Согласно темам практических занятий (1 час на тему)

3. Подготовка к сдаче экзамена {с элементами электронного обучения и

дистанционных образовательных технологий} (16ч.)[1,2,3,4,5,6,7,8]
Повторение лекционного и теоретического материала

33. Отчет по практическим занятиям {с элементами электронного обучения и дистанционных образовательных технологий} (20ч.)[1,2,3,10] Подготовка и оформление отчета о выполнении заданий практических занятий. Сдача на проверку и защита отчета.

5. Перечень учебно-методического обеспечения самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Для каждого обучающегося обеспечен индивидуальный неограниченный доступ к электронно-библиотечным системам: Лань, Университетская библиотека он-лайн, электронной библиотеке АлтГТУ и к электронной информационно-образовательной среде:

1. Сташко В.И. Диагностика изоляции электрооборудования [Электронный ресурс]: Учебно-методическое пособие.– Электрон. дан.– Барнаул: АлтГТУ, 2020.– Режим доступа: http://elib.altstu.ru/eum/download/epp/Stashko_DIE_ump.pdf, авторизованный

2. Сташко В.И. Диагностика изоляции обмоток методом волновых затухающих колебаний [Электронный ресурс]: Учебно-методическое пособие.– Электрон. дан.– Барнаул: АлтГТУ, 2020.– Режим доступа: http://elib.altstu.ru/eum/download/epp/Stashko_DIOMVZK_ump.pdf, авторизованный

3. Сташко В.И. Прогнозирование срока службы электрооборудования на основе теплового старения изоляции [Электронный ресурс]: Учебно-методическое пособие.– Электрон. дан.– Барнаул: АлтГТУ, 2020.– Режим доступа: http://elib.altstu.ru/eum/download/epp/Stashko_PSSEN0TSI_ump.pdf, авторизованный

6. Перечень учебной литературы

6.1. Основная литература

4. Атапин, В.Г. Основы теории надежности : учебное пособие : [16+] / В.Г. Атапин ; Новосибирский государственный технический университет. – Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2017. – 94 с. : ил., табл. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=574624> (дата обращения: 05.01.2021). – Библиогр.: с. 85. – ISBN 978-5-7782-3230-3. – Текст : электронный.

5. Завистовский, В.Э. Надежность и диагностика технологического оборудования : учебное пособие / В.Э. Завистовский. – Минск : РИПО,

2019. – 261 с. : ил., табл., схем., граф. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=600075> (дата обращения: 05.01.2021). – Библиогр. в кн. – ISBN 978-985-503-852-9. – Текст : электронный.

6. Воробьев Н. П. Техническая диагностика электроустановок: учебное пособие / Н. П. Воробьев; Алт. гос. техн. ун-т им. И. И. Ползунова. – Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2015. – – Режим доступа: свободный. – URL: <http://elib.altstu.ru/eum/1695> (дата обращения: 03.02.2020). – Библиогр.: с. 297. – Текст : электронный.

6.2. Дополнительная литература

7. Анферов, В.Н. Надежность технических систем : учебное пособие / В.Н. Анферов, С.И. Васильев, С.М. Кузнецов ; отв. ред. Б.Н. Смоляницкий. – Москва ; Берлин : Директ-Медиа, 2018. – 108 с. : ил., табл. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=493640> (дата обращения: 05.01.2021). – Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-4475-9701-6. – DOI 10.23681/493640. – Текст : электронный.

8. Малкин, В. С. Техническая диагностика : учебное пособие / В. С. Малкин. – 2-е изд., испр. и доп. – Санкт-Петербург : Лань, 2015. – 272 с. – ISBN 978-5-8114-1457-4. – Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/64334> (дата обращения: 03.01.2021). – Режим доступа: для авториз. пользователей.

9. Браун, М. Электрические цепи и электротехнические устройства. Диагностика неисправностей : учебное пособие / М. Браун, Д. Раутани, Д. Пэтил. – Москва : ДМК Пресс, 2010. – 327 с. – ISBN 978-5-94120-224-9. – Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/61008> (дата обращения: 02.03.2021). – Режим доступа: для авториз. пользователей.

7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

10. ППР НА ЛЭП (ВЛ, КЛ, ВОЛС): Разработка ППР для ВЛ, ЛЭП, ВОЛС - <https://ppr1.com/ppr-na-vl-lehp-vols.html>

11. Задачи диагностических работ при эксплуатации электрооборудования - <http://electricalschool.info/main/ekspluat/1394-zadachi-diagnosticheskikh-rabot-pri.html>

12. Методические указания по разработке технологических карт и проектов производства работ по техническому обслуживанию и ремонту ВЛ - https://www.fsk-ees.ru/upload/docs/ST0_56947007-29.240.55.168-2014.pdf

13. Организация эксплуатации электроустановок на промышленных

предприятиях - <http://electricalschool.info/main/ekspluat/1068-organizacija-jekspluatacii.html>

8. Фонд оценочных материалов для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации

Содержание промежуточной аттестации раскрывается в комплекте контролирующих материалов, предназначенных для проверки соответствия уровня подготовки по дисциплине требованиям ФГОС, которые хранятся на кафедре-разработчике РПД в печатном виде и в ЭИОС.

9. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

Для успешного освоения дисциплины используются ресурсы электронной информационно-образовательной среды, образовательные интернет-порталы, глобальная компьютерная сеть Интернет. В процессе изучения дисциплины происходит интерактивное взаимодействие обучающегося с преподавателем через личный кабинет студента.

№пп	Используемое программное обеспечение
1	Foxit Reader
2	LibreOffice
3	Windows
4	Антивирус Kaspersky

№пп	Используемые профессиональные базы данных и информационные справочные системы
1	Национальная электронная библиотека (НЭБ) – свободный доступ читателей к фондам российских библиотек. Содержит коллекции оцифрованных документов (как открытого доступа, так и ограниченных авторским правом), а также каталог изданий, хранящихся в библиотеках России. (http://нэб.рф/)

10. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы
учебные аудитории для проведения учебных занятий
помещения для самостоятельной работы

Материально-техническое обеспечение и организация образовательного процесса по дисциплине для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется в соответствии с «Положением об обучении инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья».