

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

**СОГЛАСОВАНО**

Декан ЭФ

В.И. Полищук

## **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**

<b>Статус</b>	<b>Должность</b>	<b>И.О. Фамилия</b>
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](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](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\\_PSSNOTSI\\_ump.pdf](http://elib.altstu.ru/eum/download/epp/Stashko_PSSNOTSI_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/STO\\_56947007-29.240.55.168-2014.pdf](https://www.fsk-ees.ru/upload/docs/STO_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.

Фонд оценочных материалов (ФОМ) по дисциплине представлен в приложении А.

## **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.

<b>№пп</b>	<b>Используемое программное обеспечение</b>
1	Foxit Reader
2	LibreOffice
3	Windows
4	Антивирус Kaspersky

<b>№пп</b>	<b>Используемые профессиональные базы данных и информационные справочные системы</b>
1	Бесплатная электронная библиотека онлайн "Единое окно к образовательным ресурсам" для студентов и преподавателей; каталог ссылок на образовательные интернет-ресурсы ( <a href="http://Window.edu.ru">http://Window.edu.ru</a> )
2	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. ( <a href="http://нэб.рф/">http://нэб.рф/</a> )

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

<b>Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы</b>
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».