

# МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Брянский государственный аграрный университет»

  
УТВЕРЖАЮ  
Проректор по учебной работе  
и цифровизации  
А.В. Кубышкина  
11.05. 2022 г.

## Техническая диагностика и надежность в электроэнергетике (Наименование дисциплины)

рабочая программа дисциплины

Закреплена за кафедрой Электроэнергетики и электротехнологий

Направление подготовки 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника

Направленность (профиль) Электрооборудование и электротехнологии в АПК

Квалификация Магистр

Форма обучения заочная

Общая трудоемкость 5 з.е.

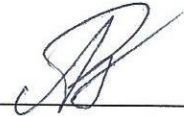
Программу составил(и):

д.т.н., профессор Кисель Юрий Евгеньевич



Рецензент(ы):

д.т.н., профессор Погоньшев Владимир Анатольевич



Рабочая программа дисциплины

Техническая диагностика и надежность в электроэнергетике

разработана в соответствии с ФГОС:

Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования – магистратура по направлению подготовки 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника. Утвержден приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 28 февраля 2018 г. №147

составлена на основании учебного плана 2022 года набора

Направление подготовки 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника

Профиль Электрооборудование и электротехнологии в АПК

утвержденного Учёным советом вуза от 11.05.2022 г. протокол № 10

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры

Электроэнергетики и электротехнологий

Протокол от 11.05.2022 г. протокол № 8.

Зав. кафедрой к.т.н., доцент Безик Д.А.



## **1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

1.1. Целью освоения дисциплины является получение знаний о современных теориях диагностики и надежности и применении их методов в системах электроснабжения объектов сельского хозяйства, промышленных предприятий, городов и транспортных систем.

## **2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП**

Блок ОПОП ВО: Б1.В.1.04

2.1 Требования к предварительной подготовке обучающегося:

Дисциплина относится к циклу дисциплин специализации. Магистр должен иметь базовую подготовку по дисциплинам естественно-научного цикла (математика, физика), цикла общепрофессиональных дисциплин (материаловедение, электротехника, ТОЭ, электрические машины) и дисциплинам специализации (электроснабжение, ВЛ и КЛ электропередачи, системы электроснабжения, эксплуатация систем электроснабжения)

2.2 Дисциплины и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее: дисциплина является базовой для формирования полноценного специалиста по профилю «Электроэнергетические системы и комплексы». Знания, полученные по освоению дисциплины, необходимы при выполнении магистерской выпускной квалификационной работы

## **3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ**

Достижения планируемых результатов обучения, соотнесенных с общими целями и задачами ОПОП, является целью освоения дисциплины.

В результате изучения дисциплины обучающийся должен усвоить трудовые функции в соответствии с профессиональным стандартом «Специалист в области проектирования систем электропривода», утвержденный приказом Минтруда России от 13.04.2017 № 354н (Зарегистрировано в Минюсте России 5.05.2017 № 46626).

Обобщенная трудовая функция – разработка отдельных разделов проекта на различных стадиях проектирования системы электропривода (код – С)

Трудовая функция – разработка концепции системы электропривода (код – С/01.7).

Трудовые действия: подготовка и утверждение заданий на выполнение работ на подготовку проектной документации системы электропривода.

Выбор оборудования для отдельных разделов проекта на различных стадиях проектирования системы электропривода.

В результате изучения дисциплины обучающийся должен усвоить трудовые функции в соответствии с профессиональным стандартом "Специалист по эксплуатации трансформаторных подстанций и распределительных пунктов", утвержденный приказом Минтруда России от 17.04.2014 N 266н (Зарегистрировано в Минюсте России 11.07.2014 N 33064).

Обобщенная трудовая функция – Руководство структурным подразделением по техническому обслуживанию и ремонту трансформаторных подстанций и распределительных пунктов (код – В/6).

Трудовая функция – Организационно-техническое, технологическое и ресурсное обеспечение работ по эксплуатации трансформаторных подстанций и распределительных пунктов (код – В/01.6).

Трудовые действия:

Прием законченных работ по реконструкции трансформаторных подстанций и распределительных пунктов, испытание вновь вводимого оборудования

В результате изучения дисциплины обучающийся должен усвоить трудовые функции в соответствии с профессиональным стандартом "Специалист по эксплуатации воздушных и кабельных муниципальных линий электропередачи", утвержденный приказом Минтруда России от 08.09.2014 N 620н (Зарегистрировано в Минюсте России 10.10.2014 N 34284).

Обобщенная трудовая функция – Руководство структурным подразделением по техническому обслуживанию и ремонту муниципальных линий электропередачи (код – В/6).

Трудовая функция – Организация технологического, технического и материального обеспечения работ по эксплуатации муниципальных линий электропередачи (код – В/02.6).

Трудовые действия:

Проведение измерений, связанных с проверкой элементов линий электропередачи при приемке их в эксплуатацию, после окончания строительства и капитального ремонта

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

Компетенция (код и наименование)	Индикаторы достижения достижения компетенций (код и наименование)	Результаты обучения
Тип задач профессиональной деятельности: организационно-управленческий		
ПКС-4 Способен разрабатывать отдельные разделы проекта системы электропривода на различных стадиях проектирования	ПКС-4.1 Осуществляет управление процессом эксплуатации муниципальных линий электропередачи, трансформаторных подстанций и распределительных пунктов	<b>Знать:</b> методы обеспечения и оценки надежности систем электроснабжения <b>Уметь:</b> выполнять оценку надежности систем электроснабжения. <b>Владеть:</b> методами расчета надежности систем электроснабжения
	ПКС-4.2 Организует технологическое, техническое и материального обеспечения работ техническому обслуживанию и ремонту муниципальных линий электропередач муниципальных линий электропередачи, трансформаторных подстанций и распределительных пунктов	<b>Знать:</b> методы проведения технического диагностирования энергетического и электротехнического оборудования систем электроснабжения <b>Уметь:</b> уметь выполнять диагностирования элементов систем электроснабжения <b>Владеть:</b> методами выбора оптимальных технических решений и оборудования при диагностировании ситем электроснабжения.
ПКС-5 Способен организовать работу по повышению эффективности энергетического и электротехнического оборудования предприятий, организаций и учреждений	ПКС-5.2 Владеет методами оценки эффективности и энергосбережения энергетического и электротехнического оборудования	<b>знать:</b> методы повышения эффективности энергетического и электротехнического оборудования предприятий, организаций и учреждений <b>Уметь:</b> применять на практике методы оценки эффективности энергетического и электротехнического оборудования <b>Владеть:</b> методами расчета надежности систем электроснабжения энергетического и электротехнического оборудования

**Этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы:** в соответствии с учебным планом и планируемыми результатами освоения ОПОП.

#### 4 Распределение часов дисциплины по курсам

Вид занятий	1		2		3		Итого	
	УП	РПД	УП	РПД	УП	РПД	УП	РПД
Лекции	8	8					8	8
Практические	10	10					10	10
Консультация перед экзаменом	1	1					1	1
Прием экзамена	0,25	0,25					0,25	0,25
Прием зачета	0,15	0,15					0,15	0,15
Контактная работа обучающихся с преподавателем (аудиторная)	19,4	19,4					19,4	19,4
Сам. работа	152	152					152	152
Контроль	8,6	8,6					8,6	8,6
Итого	180	180					180	180

#### СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Курс	Часов	Индикаторы достижения компетенций
	Раздел 1. Общие сведения о теории надежности технических систем и систем электроснабжения			
1.1	Надежность в технике и энергетике. Развитие науки о надежности. Задачи надежности при проектировании и эксплуатации систем электроснабжения. Основные особенности СЭС с точки зрения теории надежности. Причины и физические основы возникновения аварий в СЭС. Классификация аварий. /Лек/	1	4	ПКС-4.1; ПКС-4.2; ПКС-5.2
1.2	Практические методы и средства обеспечения надежности в технических и энергетических системах /Пр/	1	4	ПКС-4.1; ПКС-4.2; ПКС-5.2
1.3	Основные понятия, термины и определения теории надежности в технике и энергетике. Относительность понятий «элемент» и «система» при анализе сложных систем. /Ср/	1	4	ПКС-4.1; ПКС-4.2; ПКС-5.2
	Раздел 2. Физическая природа отказов электрооборудования, математические модели отказов.	1		
2.1	Понятие отказа. Причины отказов основных элементов СЭС: воздушных линий электропередачи, кабельных линий электропередачи, трансформаторов, коммутационных аппаратов, устройств релейной защиты и автоматики. /Ср/	1	4	ПКС-4.1; ПКС-4.2; ПКС-5.2
2.2	Классификация отказов. Поток отказов элементов и их свойства /Пр/	1	6	ПКС-4.1; ПКС-4.2; ПКС-5.2
	Раздел 3. Элементы теории вероятностей и математической статистики и их применение в теории надежности	1		
3.1	Основные понятия теории вероятностей. Событие. Вероятность события. Классификация случайных событий. Основы теории множеств. Алгебра событий. Аксиомы теории вероятностей. Основные правила и законы теории вероятностей. Формула полной вероятности и формула Байеса /Ср/	1	4	ПКС-4.1; ПКС-4.2; ПКС-5.2

3.2	Случайные величины и их характеристики. Законы распределения случайных величин в теории надежности /Ср/	1	4	ПКС-4.1; ПКС-4.2; ПКС-5.2
3.3	Случайные процессы. Марковские процессы как модели функционирования СЭС. Пуассоновские процесс и его применение для описания вероятностных характеристик отказов и восстановлений элементов СЭС /Ср/	1	4	ПКС-4.1; ПКС-4.2; ПКС-5.2
3.4	Теория массового обслуживания. Модель «гибели и размножения». Формулы Литтла /Ср/	1	4	ПКС-4.1; ПКС-4.2; ПКС-5.2
3.5	Элементы теории вероятностей и математической статистики и их применение в теории надежности /Ср/	1	4	ПКС-4.1; ПКС-4.2; ПКС-5.2
	Раздел 4. Математические модели отказов и восстановлений элементов и систем. Комплексные показатели надежности восстанавливаемых элементов электрических систем	1		
4.1	Показатели надежности невозстанавливаемых и восстанавливаемых элементов и систем. Процессы отказов и восстановления в простейших и сложных системах /Ср/	1	4	ПКС-4.1; ПКС-4.2; ПКС-5.2
4.2	Принципы составления систем дифференциальных уравнений для описания процессов отказов и восстановления элементов и систем. Приемы формализации при формировании систем дифференциальных уравнений. Асимптотические методы при анализе надежности сложных систем /Ср/	1	4	ПКС-4.1; ПКС-4.2; ПКС-5.2
4.3	Модели процессов преднамеренных отключений, ремонтных состояний в реальных системах электроснабжения. Асимптотические методы при анализе надежности простейших и сложных систем /Ср/	1	4	ПКС-4.1; ПКС-4.2; ПКС-5.2
4.4	Математические модели отказов и восстановлений элементов и систем. Комплексные показатели надежности восстанавливаемых элементов электрических систем /Ср/	1	4	ПКС-4.1; ПКС-4.2; ПКС-5.2
	Раздел 5. Методы расчета систем электроснабжения	1		ПКС-4.1; ПКС-4.2; ПКС-5.2
5.1	Практические методы расчета надежности схем электрических соединений при последовательном, параллельном и смешанном соединении элементов в системе. /Ср/	1	4	ПКС-4.1; ПКС-4.2; ПКС-5.2
5.2	Основные приемы и методы структурного анализа при расчетах надежности СЭС. Метод минимальных путей и сечений. /Ср/	1	4	ПКС-4.1; ПКС-4.2; ПКС-5.2
5.3	Методы определения минимальных путей и сечений относительно расчетных объектов в СЭС. /Ср/	1	4	ПКС-4.1; ПКС-4.2; ПКС-5.2
5.4	Понятие об основных и дополнительных сечениях /Ср/	1	4	ПКС-4.1; ПКС-4.2; ПКС-5.2
5.5	Составление расчетных схем по надежности СЭС с учетом оперативных отключений. /Ср/	1	4	ПКС-4.1; ПКС-4.2; ПКС-5.2
5.6	Понятие о структурной и функциональной надежности. Методы учета ограничений пропускной способности элементов и их групп при анализе структурной и функциональной надежности. Использование интегральных характеристик режимов в расчетах показателей надежности. /Ср/	1	4	ПКС-4.1; ПКС-4.2; ПКС-5.2
	Контроль /К/	1	1,85	ПКС-4.1; ПКС-4.2;

				ПКС-5.2
	Контактная работа при приеме зачета	1	0,15	ПКС-4.1; ПКС-4.2; ПКС-5.2
	Раздел 6. Экономические аспекты надежности	1		ПКС-4.1; ПКС-4.2; ПКС-5.2
6.1	Методы расчета недоотпуска энергии на различных интервалах времени и при переменных коммутационных состояниях систем /Лек/	1	4	ПКС-4.1; ПКС-4.2; ПКС-5.2
6.2	Методы экономической оценки уровня надежности систем электроснабжения. /Ср/	1	4	ПКС-4.1; ПКС-4.2; ПКС-5.2
	Раздел 7. Синтез СЭС по уровню надежности	1		ПКС-4.1; ПКС-4.2; ПКС-5.2
7.1	Основные приемы синтеза схем электрических соединений с заданным уровнем надежности /Ср/	1	4	ПКС-4.1; ПКС-4.2; ПКС-5.2
7.2	Требования материалов к уровню надежности электроснабжения /Ср/	1	4	ПКС-4.1; ПКС-4.2; ПКС-5.2
7.3	Сведения о современных методах расчета надежности /Ср/	1	4	ПКС-4.1; ПКС-4.2; ПКС-5.2
7.4	Влияние принципов построения и особенностей управления СЭС на уровне надежности электроснабжения различных электроснабжения различных электроприемников и потребителей /Ср/	1	4	ПКС-4.1; ПКС-4.2; ПКС-5.2
	Раздел 8. Лабораторно-практические занятия	1		
8.1	Определения вероятностей отказов элементов и любых конфигураций системы в целом /Ср/	1	4	ПКС-4.1; ПКС-4.2; ПКС-5.2
8.2	Применение формулы полной вероятности при определении вероятности нормальной работы схемы /Ср/	1	4	ПКС-4.1; ПКС-4.2; ПКС-5.2
8.3	Применение методов структурного анализа к вопросам определения вероятностей отказа и безотказной работы СЭС /Ср//	1	4	ПКС-4.1; ПКС-4.2; ПКС-5.2
8.4	Определение показателей надежности схем сетей различной конфигурации с различным соединением по надежности образования электрических связей /Ср/	1	4	ПКС-4.1; ПКС-4.2; ПКС-5.2
8.5	Определение показателей структурной и функциональной надежности /Ср/	1	4	ПКС-4.1; ПКС-4.2; ПКС-5.2
8.6	Расчет недоотпуска электроэнергии /Ср/	1	4	ПКС-4.1; ПКС-4.2; ПКС-5.2
8.7	Расчет показателей надежности узлов нагрузки СЭС и недоотпуска электроэнергии с учетом и без учета ограничений пропускной способности элементов СЭС /Ср/	1	4	ПКС-4.1; ПКС-4.2; ПКС-5.2
	РАЗДЕЛ 9. Методы технического диагностирования электрооборудования.			
9.1	Методы технического диагностирования электрооборудования. Общие понятия и определения. Задачи технического	1	4	ПКС-4.1; ПКС-4.2;

	диагностирования. Система технического диагностирования, методы технической диагностики: визуально-оптический; виброакустический; тепловизионный; тангенс угла диэлектрических потерь; хроматографический; частичных разрядов; ультразвуковой; акустической эмиссии; радиографический; капиллярный; вихретоковый; магнитный; рентгенографический; металлографический. /Ср/			ПКС-5.2
9.2	Расшифровка обозначения подшипников качения. Порядок замены подшипников качения. /Ср/	1	4	ПКС-4.1; ПКС-4.2; ПКС-5.2
	РАЗДЕЛ 10. Техническое диагностирование и ремонт электрических машин			
10.1	Теория и практика комплексного диагностирования электрических двигателей и генераторов ЭС. Типовые дефекты подшипников качения. Вычисление частот вибрации подшипников качения. Обозначения подшипников качения. Выбор предельного уровня вибрации оборудования. /Ср/	1	14	ПКС-4.1; ПКС-4.2; ПКС-5.2
10.2	Изучение дефектов подшипников качения заводских и эксплуатационных. Вычисление информативных частот вибрации подшипников качения. /Ср/	1	14	ПКС-4.1; ПКС-4.2; ПКС-5.2
10.2	Контроль /К/	1	6,75	ПКС-4.1; ПКС-4.2; ПКС-5.2
10.2	Консультация перед экзаменом /К/	1	1	ПКС-4.1; ПКС-4.2; ПКС-5.2
10.2	Прием экзамена /К/	1	0,25	ПКС-4.1; ПКС-4.2; ПКС-5.2

Реализация программы предполагает использование традиционной, активной и интерактивной форм обучения на лекционных и практических занятиях.

## 5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ Приложение 1

## 6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

<b>6.1. Рекомендуемая литература</b>				
<b>6.1.1. Основная литература</b>				
	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год	Колич-во
1	Сапожников В.В.	Сапожников В.В. Основы теории надежности и технической диагностики: учебник / В.В. Сапожников, В.В. Сапожников, Д.В. Ефанов. Санкт-Петербург: Лань, 2019. 588 с. <a href="https://e.lanbook.com/book/115495">https://e.lanbook.com/book/115495</a>	Лань, 2019.	ЭБС
2	Калинин В. Ф.	Калинин В. Ф. Надёжность систем электроснабжения: учебное пособие / В. Ф. Калинин, А. В. Кобелев, С. В. Кочергин. Тамбов: Тамбовский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2011. 81 с. <a href="http://www.iprbookshop.ru/64126.html">http://www.iprbookshop.ru/64126.html</a>	Тамбовский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2011.	ЭБС
3	Солодов В.С.	Солодов В.С. Надёжность	Лань, 2018.	ЭБС



		радиоэлектронного оборудования и средств автоматики : учебное пособие / В.С. Солодов, Н.В. Калитёнков. 2-е изд., испр. и доп. Санкт-Петербург : Лань, 2018.220 с <a href="https://e.lanbook.com/book/108471">https://e.lanbook.com/book/108471</a>		
<b>6.1.2. Дополнительная литература</b>				
1	Малафеев С.И.	Малафеев С.И. Надежность электроснабжения: учебное пособие / С.И. Малафеев. Санкт-Петербург: Лань, 2018. 368 с. <a href="https://e.lanbook.com/book/101833">https://e.lanbook.com/book/101833</a>	Санкт-Петербург: Лань, 2018.	ЭБС
2	Зубарев Ю.М	Зубарев Ю.М. Основы надежности машин и сложных систем : учебник / Ю.М. Зубарев. Санкт-Петербург : Лань, 2017. 180 с. <a href="https://e.lanbook.com/book/91074">https://e.lanbook.com/book/91074</a>	Санкт-Петербург : Лань, 2017.	ЭБС
3	Солодов, В.С.	Солодов, В.С. Техническая диагностика радиооборудования и средств автоматики : учебное пособие / В.С. Солодов, Н.В. Калитёнков. — Санкт-Петербург : Лань, 2019. — 156 с. <a href="https://e.lanbook.com/book/123673">https://e.lanbook.com/book/123673</a>	Санкт-Петербург : Лань, 2019.	ЭБС
<b>6.1.3. Методические разработки</b>				
	Гурьянов Г.В.	Гурьянов Г.В. Техническая диагностика и надежность систем электроснабжения. Методические рекомендации по организации самостоятельной работы студентов по дисциплине «Техническая диагностика и надежность систем электроснабжения». Брянск: Изд-во Брянский ГАУ, 2018. 21 с.	Брянский ГАУ, 2018.	20

## 6.2. Перечень современных профессиональных баз данных, информационных справочных систем и ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет"

Портал открытых данных Российской Федерации. URL: <https://data.gov.ru>

База данных по электрическим сетям и электрооборудованию // Сервис «Онлайн Электрик».

URL: <https://online-electric.ru/dbase.php>

Базы данных, программы и онлайн — калькуляторы компании iEK // Группа компаний IEK.

URL: [https://www.iek.ru/products/standard\\_solutions/](https://www.iek.ru/products/standard_solutions/)

Единая база электротехнических товаров // Российская ассоциация электротехнических компаний. URL: <https://raec.su/activities/etim/edinaya-baza-elektrotekhnicheskikh-tovarov/>

Электроэнергетика // Техэксперт. URL: <https://cntd.ru/products/elektroenergetika#home>

Справочник «Электронная компонентная база отечественного производства» (ЭКБ ОП) URL: <http://isstest.electronstandart.ru/>

ГОСТы, нормативы. (Информационно-справочная система). URL:

<http://gostrf.com/>

ЭСИС Электрические системы и сети. Информационно-справочный электротехнический сайт.

URL: <http://esystems.ru>

ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЙ-ПОРТАЛ.РФ. Электротехнический портал для студентов ВУЗов и инженеров. URL: <http://электротехнический-портал.рф/index.php>

Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов // Федеральный портал «Российское образование». URL: <http://school-collection.edu.ru/>

Единое окно доступа к информационным ресурсам // Федеральный портал «Российское образование». URL: <http://window.edu.ru/catalog/>

elecab.ru Справочник электрика и энергетика. URL: <http://www.elecab.ru/dvig.shtml>

### 6.3. Перечень программного обеспечения

ОС Windows 7 (подписка Microsoft Imagine Premium от 12.12.2016). Срок действия лицензии – бессрочно.

ОС Windows 10 (подписка Microsoft Imagine Premium от 12.12.2016). Срок действия лицензии – бессрочно.

MS Office std 2013 (контракт 172 от 28.12.2014 с ООО АльТА плюс) Срок действия лицензии – бессрочно.

Офисный пакет MS Office std 2016 (Договор Tr000128244 от 12.12.2016 с АО СофтЛайн Трейд) Срок действия лицензии – бессрочно.

PDF24 Creator (Работа с pdf файлами, geek Software GmbH). Свободно распространяемое ПО.

Foxit Reader (Просмотр документов, бесплатная версия, Foxit Software Inc). Свободно распространяемое ПО.

Консультант Плюс (справочно-правовая система) (Гос. контракт №41 от 30.03.2018 с ООО Альянс) Срок действия лицензии – бессрочно.

Техэксперт (справочная система нормативно-технической и нормативно-правовой информации) (Контракт 120 от 30.07.2015 с ООО Техэксперт) Срок действия лицензии – бессрочно.

КОМПАС-3D Viewer V13 SP1 (ЗАО АСКОН). Свободно распространяемое ПО.

### 7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Учебные аудитории для проведения учебных занятий лекционного типа –214; 234; 213 и 001

Специализированная мебель на 110, 54, 100, 36 посадочных мест, доска настенная, кафедра, рабочее место преподавателя.

видеопроекционное оборудование для презентаций; средства звуковоспроизведения; выход в локальную сеть и Интернет.

ОС Windows 10 (подписка Microsoft Imagine Premium от 12.12.2016). Срок действия лицензии – бессрочно.

Офисный пакет MS Office std 2016 (Договор Tr000128244 от 12.12.2016 с АО СофтЛайн Трейд) Срок действия лицензии – бессрочно.

Foxit Reader (Просмотр документов, бесплатная версия, Foxit Software Inc). Свободно распространяемое ПО.

Учебная аудитория для проведения учебных занятий семинарского типа - 228 Лаборатория Эксплуатации электрооборудования.

Специализированная мебель на 16 посадочных мест, доска настенная, кафедра, рабочее место преподавателя.

Лаб.стенд. «Электрические аппараты»-1шт.

Лаб.стенд «Электрические измерения»-2шт.

Лабораторные стенды: «Асинхронный двигатель с фазным ротором»; «Асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором»; «Однофазный трансформатор», «Трехфазный трансформатор».

Лабораторный стенд «основы электропривода и преобразовательной техники (с микропроцессор-ным управлением)» (НТЦ-17) – 1 шт; лаборатор-ный стенд «Электрические аппараты» (НТЦ-06).

ОС Windows 7 (подписка Microsoft Imagine Premium от 12.12.2016). Срок действия лицензии – бессрочно.

MS Office std 2013 (контракт 172 от 28.12.2014 с ООО АльТА плюс) Срок действия лицензии – бессрочно.

Техэксперт (справочная система нормативно-технической и нормативно-правовой информации) (Контракт 120 от 30.07.2015 с ООО Техэксперт) Срок действия лицензии – бессрочно.

<p>Консультант Плюс (справочно-правовая система) (Гос. контракт №41 от 30.03.2018 с ООО Альянс) Срок действия лицензии – бессрочно.</p>
<p>Учебные аудитории для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации – 230, 223, 233.          Специализированная мебель на 15, 18, 24 посадочных мест, доска настенная, кафедра, рабочее место преподавателя.          компьютерные классы по 12 рабочих мест с выходом в локальную сеть и Интернет, а также с доступом к электронной информационно-образовательной среде.          ОС Windows 7 (подписка Microsoft Imagine Premium от 12.12.2016). Срок действия лицензии – бессрочно.          MS Office std 2013 (контракт 172 от 28.12.2014 с ООО АЛЬТА плюс) Срок действия лицензии – бессрочно.          PDF24 Creator (Работа с pdf файлами, geek Software GmbH). Свободно распространяемое ПО.</p>
<p>Помещения для самостоятельной работы (читальные залы научной библиотеки): Специализированная мебель на 100 посадочных мест, доска настенная, кафедра, рабочее место преподавателя.          15 компьютеров с выходом в локальную сеть и Интернет, доступом к справочно-правовой системе Консультант, электронным учебно-методическим материалам, библиотечному электронному каталогу, ЭБС, к электронной информационно-образовательной среде.          ОС Windows 10 (подписка Microsoft Imagine Premium от 12.12.2016). Срок действия лицензии – бессрочно.          Офисный пакет MS Office std 2016 (Договор Tr000128244 от 12.12.2016 с АО СофтЛайн Трейд) Срок действия лицензии – бессрочно.          Foxit Reader (Просмотр документов, бесплатная версия, Foxit Software Inc). Свободно распространяемое ПО.</p>
<p>Помещения для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования –001а, 223а.          Специализированная мебель и технические средства, тиски, заточной станок, паяльные станции АТР-4204, наборы слесарного инструмента, контрольно-измерительные приборы. Вольтметр В7-37, генератор ГЗ-56, осциллограф С-12-22, потенциометр К-48, прибор Морион.</p>

## **8. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ И ИНВАЛИДОВ**

- для слепых и слабовидящих:
  - лекции оформляются в виде электронного документа, доступного с помощью компьютера со специализированным программным обеспечением;
  - письменные задания выполняются на компьютере со специализированным программным обеспечением, или могут быть заменены устным ответом;
  - обеспечивается индивидуальное равномерное освещение не менее 300 люкс;
  - для выполнения задания при необходимости предоставляется увеличивающее устройство; возможно также использование собственных увеличивающих устройств;
  - письменные задания оформляются увеличенным шрифтом;
  - экзамен и зачёт проводятся в устной форме или выполняются в письменной форме на компьютере.
- для глухих и слабослышащих:
  - лекции оформляются в виде электронного документа, либо предоставляется звукоусиливающая аппаратура индивидуального пользования;
  - письменные задания выполняются на компьютере в письменной форме;
  - экзамен и зачёт проводятся в письменной форме на компьютере; возможно проведение в форме тестирования.
- для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:
  - лекции оформляются в виде электронного документа, доступного с помощью компьютера со специализированным программным обеспечением;

- письменные задания выполняются на компьютере со специализированным программным обеспечением;
- экзамен и зачёт проводятся в устной форме или выполняются в письменной форме на компьютере.

При необходимости предусматривается увеличение времени для подготовки ответа.

Процедура проведения промежуточной аттестации для обучающихся устанавливается с учётом их индивидуальных психофизических особенностей. Промежуточная аттестация может проводиться в несколько этапов.

При проведении процедуры оценивания результатов обучения предусматривается использование технических средств, необходимых в связи с индивидуальными особенностями обучающихся. Эти средства могут быть предоставлены университетом, или могут использоваться собственные технические средства.

Проведение процедуры оценивания результатов обучения допускается с использованием дистанционных образовательных технологий.

Обеспечивается доступ к информационным и библиографическим ресурсам в сети Интернет для каждого обучающегося в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

- для слепых и слабовидящих:
  - в печатной форме увеличенным шрифтом;
  - в форме электронного документа;
  - в форме аудиофайла.
- для глухих и слабослышащих:
  - в печатной форме;
  - в форме электронного документа.
- для обучающихся с нарушениями опорно-двигательного аппарата:
  - в печатной форме;
  - в форме электронного документа;
  - в форме аудиофайла.

Учебные аудитории для всех видов контактной и самостоятельной работы, научная библиотека и иные помещения для обучения оснащены специальным оборудованием и учебными местами с техническими средствами обучения:

- для слепых и слабовидящих:
  - электронно-оптическое устройство доступа к информации для лиц с ОВЗ предназначено для чтения и просмотра изображений людьми с ослабленным зрением.
  - специализированный программно-технический комплекс для слабовидящих. (аудитория 1-203)
- для глухих и слабослышащих:
  - автоматизированным рабочим местом для людей с нарушением слуха и слабослышащих;
  - акустический усилитель и колонки;
- индивидуальные системы усиления звука
  - «ELEGANT-R» приемник 1-сторонней связи в диапазоне 863-865 МГц
  - «ELEGANT-T» передатчик
  - «Easy speak» - индукционная петля в пластиковой оплетке для беспроводного подключения устройства к слуховому аппарату слабослышащего
  - Микрофон петличный (863-865 МГц), Hengda
  - Микрофон с оголовьем (863-865 МГц)
- групповые системы усиления звука
- Портативная установка беспроводной передачи информации .
  - для обучающихся с нарушениями опорно-двигательного аппарата:
    - передвижными, регулируемые эргономическими партами СИ-1;
    - компьютерной техникой со специальным программным обеспечением.

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**

по дисциплине

**Техническая диагностика и надежность в электроэнергетике**

## 1. ПАСПОРТ ФОНДА ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Направление подготовки: 13.04.02-Электроэнергетика и электротехника

Профиль: Электрооборудование и электротехнологии в АПК

Форма промежуточной аттестации: экзамен

## 2. ПЕРЕЧЕНЬ ФОРМИРУЕМЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ И ЭТАПЫ ИХ ФОРМИРОВАНИЯ

### 2.1. Компетенции, закреплённые за дисциплиной ОПОП ВО.

Изучение дисциплины «Техническая диагностика и надёжность в электроэнергетике» направлено на формирование следующих компетенций:

Компетенция (код и наименование)	Индикаторы достижения достижения компетенций (код и наименование)	Результаты обучения
Тип задач профессиональной деятельности: организационно-управленческий		
ПКС-4 Способен разрабатывать отдельные разделы проекта системы электропривода на различных стадиях проектирования	ПКС-4.1 Осуществляет управление процессом эксплуатации муниципальных линий электропередачи, трансформаторных подстанций и распределительных пунктов	Знать: эксплуатацию муниципальных линий электропередачи, трансформаторных подстанций и распределительных пунктов Уметь: управлять процессом эксплуатации муниципальных линий электропередачи, трансформаторных подстанций и распределительных пунктов Владеть: знаниями управления процессом эксплуатации муниципальных линий электропередачи, трансформаторных подстанций и распределительных пунктов
	ПКС-4.2 Организует технологическое, техническое и материальное обеспечение работ техническому обслуживанию и ремонту муниципальных линий электропередач муниципальных линий электропередачи, трансформаторных подстанций и распределительных пунктов	Знать: технологическую эксплуатацию трансформаторных подстанций и распределительных пунктов Уметь: У4 контролировать деятельность по эксплуатации трансформаторных подстанций и распределительных пунктов Владеть: Н4 знаниями осуществлять планирование трансформаторных подстанций и распределительных пунктов
ПКС-5 Способен организовать работу по повышению эффективности энергетического и электротехнического оборудования предприятий, организаций и учреждений	ПКС-5.2 Владеет методами оценки эффективности и энергосбережения энергетического и электротехнического оборудования	<b>Знать:</b> методы оценки эффективности и энергосбережения энергетического и электротехнического оборудования <b>Уметь:</b> применять методы оценки эффективности и энергосбережения энергетического и электротехнического оборудования. <b>Владеть:</b> методами выбора оптимальных технических решений и оборудования при разработке отдельных разделов проекта энергетического и электротехнического оборудования.

## 2.2 Процесс формирования компетенций по дисциплине

№ раздела	Название	ПКС-4.1			ПКС-4.2			ПКС-5.2		
		З	У	В	З	У	В	З	У	В
1	Общие сведения о теории надежности технических систем и систем электроснабжения	+	+	+	+	+	+	+	+	+
2	Физическая природа отказов электрооборудования, математические модели отказов.	+	+	+	+	+	+	+	+	+
3	Элементы теории вероятностей и математической статистики и их применение в теории надежности	+	+	+	+	+	+	+	+	+
4	Математические модели отказов и восстановлений элементов и систем. Комплексные показатели надежности восстанавливаемых элементов электрических систем	+	+	+	+	+	+	+	+	+
5	Методы расчета систем электроснабжения	+	+	+	+	+	+	+	+	+
6	Экономические аспекты надежности	+	+	+	+	+	+	+	+	+
7	Синтез СЭС по уровню надежности	+	+	+	+	+	+	+	+	+
8	Лабораторно-практические занятия	+	+	+	+	+	+	+	+	+
9	Методы технического диагностирования электрооборудования.	+	+	+	+	+	+	+	+	+
10	Техническое диагностирование и ремонт электрических машин	+	+	+	+	+	+	+	+	+

Сокращение:

З.-знание; У.-умение; Н.-навыки

## 2.3 Структура компетенций по дисциплине

ПКС-4 Способен разрабатывать отдельные разделы проекта системы электропривода на различных стадиях проектирования					
ПКС-4.1 Осуществляет управление процессом эксплуатации муниципальных линий электропередачи, трансформаторных подстанций и распределительных пунктов					
Знать (З.1)		Уметь (У.1)		Владеть (Н.1)	
конструкторскую документацию системы электропривода	Лекции раздела №1-10	разрабатывать комплект конструкторской документации системы электропривода	Лекции раздела №1-10	знаниями разрабатывать комплект конструкторской документации системы электропривода	Лекции раздела №1-10
ПКС-4.2 Организует технологическое, техническое и материальное обеспечение работ техническому обслуживанию и ремонту муниципальных линий электропередач муниципальных линий электропередачи, трансформаторных подстанций и распределительных пунктов					
Знать (З.2)		Уметь (У.2)		Владеть (Н.2)	
эксплуатацию муниципальных линий электропередачи	Лекции раздела №1-10	контролировать эксплуатацию линий электропередачи	Лекции раздела №1-10	знаниями планирования муниципальных линий электропередач и	Лекции раздела №1-10
ПКС-5 Способен организовать работу по повышению эффективности энергетического и электротехнического оборудования предприятий, организаций и учреждений					
ПКС-5.2 Владеет методами оценки эффективности и энергосбережения энергетического и электротехнического оборудования					

Знать (З.3)		Уметь (У.3)		Владеть (Н.3)	
эксплуатацию муниципальных линий электропередачи	Лекции раздела №1-10	управлять процессом эксплуатации муниципальных линий электропередачи	Лекции раздела №1-10	знаниями управления процессом эксплуатации муниципальных линий электропередач и	Лекции раздела №1-10

### 3. ПОКАЗАТЕЛИ, КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ КОМПЕТЕНЦИЙ И ТИПОВЫЕ КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ

#### 3.1 Оценочные средства при аттестации в форме экзамена

№ п/п	Раздел дисциплины	Контролируемые дидактические единицы	Контролируемые индикаторы достижения компетенций	Оценочное средство
	Раздел 1. Общие сведения о теории надежности технических систем и систем электроснабжения	Задачи надежности при проектировании и эксплуатации систем электроснабжения. Основные особенности СЭС с точки зрения теории надежности. Причины и физические основы возникновения аварий в СЭС. Классификация аварий. Практические методы и средства обеспечения надежности в технических и энергетических системах Основные понятия, термины и определения теории надежности в технике и энергетике. Относительность понятий «элемент» и «система» при анализе сложных систем.	ПКС-4.1; ПКС-4.2; ПКС-5.2	Вопрос на экзамене №1-3



	<p>Раздел 2. Физическая природа отказов электрооборудования, математические модели отказов.</p>	<p>Понятие отказа. Причины отказов основных элементов СЭС: воздушных линий электропередачи, кабельных линий электропередачи, трансформаторов, коммутационных аппаратов, устройств релейной защиты и автоматики. Классификация отказов. Потоки отказов элементов и их свойства</p>	<p>ПКС-4.1; ПКС-4.2; ПКС-5.2</p>	<p>Вопрос на экзамене №4-6</p>
	<p>Раздел 3. Элементы теории вероятностей и математической статистики и их применение в теории надежности</p>	<p>Основные понятия теории вероятностей. Событие. Вероятность события. Классификация случайных событий. Основы теории множеств. Алгебра событий. Аксиомы теории вероятностей. Основные правила и законы теории вероятностей. Формула полной вероятности и формула Байеса Случайные величины и их характеристики. Законы распределения случайных величин в теории надежности Случайные процессы. Марковские процессы как модели функционирования СЭС. Пуассоновские процесс и его применение для описания вероятностных характеристик отказов и восстановлений элементов СЭС Теория массового обслуживания. Модель «гибели и размножения». Формулы Литтла Элементы теории вероятностей и математической статистики и их применение в теории надежности</p>	<p>ПКС-4.1; ПКС-4.2; ПКС-5.2</p>	<p>Вопрос на экзамене №7-8</p>
	<p>Раздел 4. Математические модели</p>	<p>Показатели надежности невосстанавливаемых и</p>	<p>ПКС-4.1; ПКС-4.2;</p>	<p>Вопрос на экзамене</p>

	<p>отказов и восстановлений элементов и систем. Комплексные показатели надежности восстанавливаемых элементов электрических систем</p>	<p>восстанавливаемых элементов и систем. Процессы отказов и восстановления в простейших и сложных системах Принципы составления систем дифференциальных уравнений для описания процессов отказов и восстановления элементов и систем. Приемы формализации при формировании систем дифференциальных уравнений. Асимптотические методы при анализе надежности сложных систем Модели процессов преднамеренных отключений, ремонтных состояний в реальных системах электроснабжения. Асимптотические методы при анализе надежности простейших и сложных систем Математические модели отказов и восстановлений элементов и систем. Комплексные показатели надежности восстанавливаемых элементов электрических систем</p>	ПКС-5.2	№9-10
	<p>Раздел 5. Методы расчета систем электроснабжения</p>	<p>Практические методы расчета надежности схем электрических соединений при последовательном, параллельном и смешанном соединении элементов в системе. Основные приемы и методы структурного анализа при расчетах надежности СЭС. Метод минимальных путей и сечений. Методы определения минимальных путей и сечений относительно расчетных объектов(узлов</p>	ПКС-4.1; ПКС-4.2; ПКС-5.2	Вопрос на экзамене №11-15

		<p>нагрузки, узлов генерации, передающих элементов) в СЭС.</p> <p>Понятие об основных и дополнительных сечениях</p> <p>Составление расчетных схем по надежности СЭС с учетом оперативных отключений.</p> <p>Понятие о структурной и функциональной надежности. Методы учета ограничений пропускной способности элементов и их групп при анализе структурной и функциональной надежности. Использование интегральных характеристик режимов в расчетах показателей надежности</p>		
	Раздел 6. Экономические аспекты надежности	<p>Методы расчета недоотпуска энергии на различных интервалах времени и при переменных коммутационных состояниях систем</p> <p>Методы экономической оценки уровня надежности систем электроснабжения.</p>	<p>ПКС-4.1; ПКС-4.2; ПКС-5.2</p>	<p>Вопрос на экзамене №16-20</p>
	Раздел 7. Синтез СЭС по уровню надежности	<p>Основные приемы синтеза схем электрических соединений с заданным уровнем надежности</p> <p>Требования материалов к уровню надежности электроснабжения</p> <p>Сведения о современных методах расчета надежности</p> <p>Влияние принципов построения и особенностей управления СЭС на уровне надежности электроснабжения различных электроснабжения различных электроприемников и потребителей</p>	<p>ПКС-4.1; ПКС-4.2; ПКС-5.2</p>	<p>Вопрос на экзамене №21-23</p>
	Раздел 8. Лабораторно-практические занятия	<p>Определения вероятностей отказов элементов и любых конфигураций системы в</p>	<p>ПКС-4.1; ПКС-4.2; ПКС-5.2</p>	<p>Вопрос на экзамене №24-28</p>

		<p>целом          Применение формулы полной вероятности при определении вероятности нормальной работы схемы          Применение методов структурного анализа к вопросам определения вероятностей отказа и безотказной работы СЭС          Определение показателей надежности схем сетей различной конфигурации с различным соединением по надежности образования электрических связей          Определение показателей структурной и функциональной надежности          Расчет недоотпуска электроэнергии          Расчет показателей надежности узлов нагрузки СЭС и недоотпуска электроэнергии с учетом и без учета ограничений пропускной способности элементов СЭС</p>		
	<p>РАЗДЕЛ 9. Методы технического диагностирования электрооборудования.</p>	<p>Методы технического диагностирования электрооборудования. Общие понятия и определения. Задачи технического диагностирования. Система технического диагностирования, методы технической диагностики: визуально-оптический; виброакустический; тепловизионный; тангенс угла диэлектрических потерь; хроматографический; частичных разрядов; ультразвуковой; акустической эмиссии; радиографический; капиллярный; вихретоковый; магнитный; рентгенографический; металлографический.</p>	<p>ПКС-4.1;          ПКС-4.2;          ПКС-5.2</p>	<p>Вопрос на экзамене №29-32</p>

		Расшифровка обозначения подшипников качения. Порядок замены подшипников качения.		
	РАЗДЕЛ 10. Техническое диагностирование и ремонт электрических машин	Теория и практика комплексного диагностирования электрических двигателей и генераторов ЭС. Типовые дефекты подшипников качения. Вычисление частот вибрации подшипников качения. Обозначения подшипников качения. Выбор предельного уровня вибрации оборудования.	ПКС-4.1; ПКС-4.2; ПКС-5.2	Вопрос на экзамене №33-36

### Перечень вопросов к зачету по дисциплине

1. Характеристики и задачи оценки надежности.
2. Работоспособность и отказ.
3. Показатели надежности: единичные и комплексные.
4. Факторы, нарушающие надежность системы.
5. Внезапные отказы.
6. Постепенные отказы.
7. Причины отказов элементов систем электроснабжения
8. Модель внезапного отказа.
9. Модель постепенного отказа.
10. Анализ надежности системы из последовательно соединенных элементов по модели отказов электроустановок.
11. Анализ надежности системы из резервируемых элементов по модели отказов электроустановок.
12. Резервирование замещением.
13. Постоянное резервирование.
14. Модели выключателей, применяемые при расчете надежности в электроэнергетике.
15. Учет средств релейной защиты и автоматики при расчетах надежности систем электроснабжения.
16. Модель надежности системы из последовательно соединенных элементов.
17. Модель надежности схемы из параллельно соединенных элементов.
18. Анализ надежности системы из последовательно соединенных элементов с учетом преднамеренных отключений.
19. Анализ надежности системы из параллельно соединенных элементов с учетом преднамеренных отключений.
20. Аналитический метод расчета надежности систем электроснабжения.
21. Метод путей и минимальных сечений сложных схем.
22. Топологические методы расчета надежности.
23. Логико-вероятностный метод расчета надежности систем электроснабжения.
24. Таблично-аналитический метод расчета надежности.
- 12
25. Техничко-экономическая оценка недоотпуска электроэнергии и эффективности надежного электроснабжения.
26. Виды и составляющие ущербов.

27. Определение ущербов от перерывов в электроснабжении потребителей.
28. Анализ надежности типовых схем РУ подстанций.
29. Анализ надежности систем электроснабжения в условиях эксплуатации.
30. Особенности определения надежности в ремонтных режимах.
31. Марковские случайные процессы в теории надежности.
32. Модель состояний Маркова.
33. Построение графов систем электроснабжения.
34. Резервирование в системах электроснабжения.
35. Выбор резерва в городских системах электроснабжения.
36. Выбор резерва в системах электроснабжения промышленных предприятий

### Критерии оценки компетенций

Промежуточная аттестация студентов по дисциплине «Электрический привод» проводится в соответствии с Уставом Университета, Положением о форме, периодичности и порядке текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся. Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в соответствии с учебным планом в форме экзамена. Студент допускается к экзамену по дисциплине в случае выполнения им учебного плана по дисциплине: выполнения всех заданий и мероприятий, предусмотренных рабочей программой дисциплины.

Знания, умения, навыки студента на экзамене оцениваются оценками: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

#### Оценивание студента на экзамене

Результат	Критерии
«отлично», высокий уровень	Обучающийся показал прочные знания основных положений учебной дисциплины, умение самостоятельно решать конкретные практические задачи повышенной сложности, свободно использовать справочную литературу, делать обоснованные выводы из результатов расчетов или экспериментов
«хорошо», повышенный уровень	Обучающийся показал прочные знания основных положений учебной дисциплины, умение самостоятельно решать конкретные практические задачи, предусмотренные рабочей программой, ориентироваться в рекомендованной справочной литературе, умеет правильно оценить полученные результаты расчетов или эксперимента
«удовлетворительно», пороговый уровень	Обучающийся показал знание основных положений учебной дисциплины, умение получить с помощью преподавателя правильное решение конкретной практической задачи из числа предусмотренных рабочей программой, знакомство с рекомендованной справочной литературой
«неудовлетворительно», уровень не сформирован	При ответе обучающегося выявились существенные пробелы в знаниях основных положений учебной дисциплины, неумение с помощью преподавателя получить правильное решение конкретной практической задачи из числа предусмотренных рабочей программой учебной дисциплины

### 3.2 Оценочные средства при аттестации в форме экзамена

#### Карта оценочных средств текущего контроля знаний по дисциплине

№ п/п	Раздел дисциплины	Контролируемые дидактические единицы	Контролируемые индикаторы достижения компетенций	Оценочное средство

	<p>Раздел 1. Общие сведения о теории надежности технических систем и систем электроснабжения</p>	<p>Задачи надежности при проектировании и эксплуатации систем электроснабжения. Основные особенности СЭС с точки зрения теории надежности. Причины и физические основы возникновения аварий в СЭС. Классификация аварий. Практические методы и средства обеспечения надежности в технических и энергетических системах. Основные понятия, термины и определения теории надежности в технике и энергетике. Относительность понятий «элемент» и «система» при анализе сложных систем.</p>	<p>ПКС-4.1; ПКС-4.2; ПКС-5.2</p>	<p>Вопрос на зачете №1-3</p>
	<p>Раздел 2. Физическая природа отказов электрооборудования, математические модели отказов.</p>	<p>Понятие отказа. Причины отказов основных элементов СЭС: воздушных линий электропередачи, кабельных линий электропередачи, трансформаторов, коммутационных аппаратов, устройств релейной защиты и автоматики. Классификация отказов. Поток отказов элементов и их свойства</p>	<p>ПКС-4.1; ПКС-4.2; ПКС-5.2</p>	<p>Вопрос на зачете №4-6</p>
	<p>Раздел 3. Элементы теории вероятностей и математической статистики и их применение в теории надежности</p>	<p>Основные понятия теории вероятностей. Событие. Вероятность события. Классификация случайных событий. Основы теории множеств. Алгебра событий. Аксиомы теории вероятностей. Основные правила и законы теории вероятностей. Формула полной вероятности и формула Байеса. Случайные величины и их характеристики. Законы распределения случайных</p>	<p>ПКС-4.1; ПКС-4.2; ПКС-5.2</p>	<p>Вопрос на зачете №7-8</p>

		<p>величин в теории надежности Случайные процессы. Марковские процессы как модели функционирования СЭС. Пуассоновские процесс и его применение для описания вероятностных характеристик отказов и восстановлений элементов СЭС Теория массового обслуживания. Модель «гибели и размножения». Формулы Литтла Элементы теории вероятностей и математической статистики и их применение в теории надежности</p>		
	<p>Раздел 4. Математические модели отказов и восстановлений элементов и систем. Комплексные показатели надежности восстанавливаемых элементов электрических систем</p>	<p>Показатели надежности невосстанавливаемых и восстанавливаемых элементов и систем. Процессы отказов и восстановления в простейших и сложных системах Принципы составления систем дифференциальных уравнений для описания процессов отказов и восстановления элементов и систем. Приемы формализации при формировании систем дифференциальных уравнений. Асимптотические методы при анализе надежности сложных систем Модели процессов преднамеренных отключений, ремонтных состояний в реальных системах электроснабжения. Асимптотические методы при анализе надежности простейших и сложных</p>	<p>ПКС-4.1; ПКС-4.2; ПКС-5.2</p>	<p>Вопрос на зачете №9-10</p>



		<p>систем</p> <p>Математические модели отказов и восстановлений элементов и систем.</p> <p>Комплексные показатели надежности восстанавливаемых элементов электрических систем</p>		
	<p>Раздел 5. Методы расчета систем электроснабжения</p>	<p>Практические методы расчета надежности схем электрических соединений при последовательном, параллельном и смешанном соединении элементов в системе.</p> <p>Основные приемы и методы структурного анализа при расчетах надежности СЭС. Метод минимальных путей и сечений.</p> <p>Методы определения минимальных путей и сечений относительно расчетных объектов (узлов нагрузки, узлов генерации, передающих элементов) в СЭС.</p> <p>Понятие об основных и дополнительных сечениях</p> <p>Составление расчетных схем по надежности СЭС с учетом оперативных отключений.</p> <p>Понятие о структурной и функциональной надежности. Методы учета ограничений пропускной способности элементов и их групп при анализе структурной и функциональной надежности.</p> <p>Использование интегральных характеристик режимов в расчетах показателей надежности.</p>	<p>ПКС-4.1;</p> <p>ПКС-4.2;</p> <p>ПКС-5.2</p>	<p>Вопрос на зачете №11-15</p>
	<p>Раздел 6. Экономические аспекты надежности</p>	<p>Методы расчета недоотпуска энергии на различных интервалах</p>	<p>ПКС-4.1;</p> <p>ПКС-4.2;</p> <p>ПКС-5.2</p>	<p>Вопрос на зачете №16-20</p>

		<p>времени и при переменных коммутационных состояниях систем</p> <p>Методы экономической оценки уровня надежности систем электроснабжения.</p>		
	<p>Раздел 7. Синтез СЭС по уровню надежности</p>	<p>Основные приемы синтеза схем электрических соединений с заданным уровнем надежности</p> <p>Требования материалов к уровню надежности электроснабжения</p> <p>Сведения о современных методах расчета надежности</p> <p>Влияние принципов построения и особенностей управления СЭС на уровне надежности электроснабжения различных электроснабжения различных электроприемников и потребителей</p>	<p>ПКС-4.1; ПКС-4.2; ПКС-5.2</p>	<p>Вопрос на зачете №21-23</p>
	<p>Раздел 8. Лабораторно-практические занятия</p>	<p>Определения вероятностей отказов элементов и любых конфигураций системы в целом</p> <p>Применение формулы полной вероятности при определении вероятности нормальной работы схемы</p> <p>Применение методов структурного анализа к вопросам определения вероятностей отказа и безотказной работы СЭС</p> <p>Определение показателей надежности схем сетей различной конфигурации с различным соединением по надежности образования электрических связей</p> <p>Определение показателей структурной и функциональной надежности</p> <p>Расчет недоотпуска электроэнергии</p>	<p>ПКС-4.1; ПКС-4.2; ПКС-5.2</p>	<p>Вопрос на зачете №20-24</p>

		Расчет показателей надежности узлов нагрузки СЭС и недоотпуска электроэнергии с учетом и без учета ограничений пропускной способности элементов СЭС		
	РАЗДЕЛ 9. Методы технического диагностирования электрооборудования.	Методы технического диагностирования электрооборудования. Общие понятия и определения. Задачи технического диагностирования. Система технического диагностирования, методы технической диагностики: визуально-оптический; виброакустический; тепловизионный; тангенс угла диэлектрических потерь; хроматографический; частичных разрядов; ультразвуковой; акустической эмиссии; радиографический; капиллярный; вихретоковый; магнитный; рентгенографический; металлографический. Расшифровка обозначения подшипников качения. Порядок замены подшипников качения.	ПКС-4.1; ПКС-4.2; ПКС-5.2	Вопрос на зачете №25-29
	РАЗДЕЛ 10. Техническое диагностирование и ремонт электрических машин	Теория и практика комплексного диагностирования электрических двигателей и генераторов ЭС. Типовые дефекты подшипников качения. Вычисление частот вибрации подшипников качения. Обозначения подшипников качения. Выбор предельного уровня вибрации оборудования.	ПКС-4.1; ПКС-4.2; ПКС-5.2	Вопрос на зачете №36-41

### Контрольные вопросы к зачету

1. Понятия «надежность» и «диагностика» в электроэнергетике

2. Интенсивность восстановления.
3. Диаграмма процессов отказов и восстановлений. Понятие "поток отказов".
4. Причины цепочечных аварий.
5. Внезапный и постепенный отказ.
6. Относительный износ изоляции и его определение.
7. Модель отказов электроустановок вероятность безотказной работы.  $\lambda$  (1)
8. Средние вероятности стационарного состояния двух параллельно соединенных элементов.
9. Показатели надежности системы последовательным соединениям элементов без учета преднамеренных отключений (модель надёжности)
10. Алгоритм аналитического метода расчета надежности.
11. Работоспособность и "отказ". Их виды
12. Частота восстановления.
13. Интенсивность потока отказов.
14. Отказы общей причины.
15. Модель внезапных отказов.
16. Изменение превышения температуры масла при изменении нагрузки силового трансформатора
17. Последовательное соединение элементов. Определение  $\lambda$  по модели отказов
18. Коэффициенты готовности и простоя двух параллельно соединённых элементов по графу перехода из состояния в состояние.
19. Показатели надежности системы последовательно соединённых элементов с учётом преднамеренных отключений.
20. Характеристики надежности.
21. Вероятность восстановления и не восстановления.
22. Параметры потока отказов.
23. Виды отказов функционирования группы событий, приводящих к одновременному отказу многих элементов сети.
24. Зависимость параметров модели внезапных отказов от времени.
25. Определение ущербов от перерывов в электроснабжении потребителей.
26. Анализ надежности типовых схем РУ подстанций.
27. Анализ надежности систем электроснабжения в условиях эксплуатации.
28. Особенности определения надежности в ремонтных режимах.
29. Марковские случайные процессы в теории надежности.
30. Модель состояний Маркова.
31. Построение графов систем электроснабжения.
32. Резервирование в системах электроснабжения.
33. Выбор резерва в городских системах электроснабжения.
34. Выбор резерва в системах электроснабжения промышленных предприятий
35. Построение двухступенчатого графика электрических нагрузок для анализа температурного режима силового трансформатора.
36. Постоянное резервирование, вероятность отказа и работы.
37. Система дифференциальных уравнений для двух параллельно соединённых элементов.
38. Показатели надёжности двух параллельно соединённых элементов без учета преднамеренных отключений (модель надёжности).
39. Алгоритм метода путей и минимальных сечений.
40. Техничко-экономическая оценка недоотпуска электроэнергии и эффективности надежного электроснабжения.
41. Виды и составляющие ущербов.

### **Критерии оценки компетенций.**

Промежуточная аттестация студентов по дисциплине проводится в соответствии с Уставом Университета, Положением о форме, периодичности и порядке текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся. Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в соответствии с учебным планом в 2 семестре в форме зачета. Студент допускается к зачету по дисциплине в случае выполнения им учебного плана по дисциплине: выполнения всех заданий и мероприятий, предусмотренных рабочей программой дисциплины.

Проведение зачета как основной формы проверки знаний студентов предполагает соблюдение ряда условий, обеспечивающих педагогическую эффективность оценочной процедуры. Важнейшие среди них:

- степень охвата разделов учебной программы и понимание взаимосвязей между ними;
- глубина понимания существа обсуждаемых конкретных проблем, а также актуальности и практической значимости изучаемой дисциплины;
- логически корректное, непротиворечивое, последовательное и аргументированное построение ответа на вопрос;
- уровень самостоятельного мышления с элементами творческого подхода к изложению материала.

**Оценки «зачтено» заслуживает ответ, содержащий:**

- глубокое и систематическое знание всего программного материала и структуры дисциплины, а также основного содержания лекционного курса;
- отчетливое и свободное владение концептуально-понятийным аппаратом, научным языком и терминологией соответствующей научной области;
- знание основной литературы и знакомство с дополнительно рекомендованной литературой;
- умение выполнять предусмотренные программой задания;
- логически корректное и убедительное изложение ответа.
- логически определенно и последовательно изложить ответ.

**Оценка «незачтено» ставится при:**

- незнании либо отрывочном представлении учебно-программного материала;
- неумении выполнять предусмотренные программой задания.

### 3.2 Оценочные средства для проведения текущего контроля знаний по дисциплине

#### 3.2.1 Карта оценочных средств текущего контроля знаний по дисциплине

№ п/п	Раздел дисциплины	Контролируемые дидактические единицы	Контролируемые индикаторы компетенции	Другие оценочные средства**	
				вид	количество
1	Раздел 1. Общие сведения о теории надежности технических систем и систем электроснабжения	Задачи надежности при проектировании и эксплуатации систем электроснабжения. Основные особенности СЭС с точки зрения теории надежности. Причины и физические основы возникновения аварий в СЭС. Классификация аварий. Практические методы и средства обеспечения надежности в технических и энергетических системах. Основные понятия, термины и определения теории надежности в технике и энергетике. Относительность понятий «элемент» и «система» при анализе сложных систем.	ПКС-4.1; ПКС-4.2; ПКС-5.2	Опрос	1
	Раздел 2. Физическая природа отказов электрооборудования, математические модели отказов.	Понятие отказа. Причины отказов основных элементов СЭС: воздушных линий электропередачи, кабельных линий электропередачи, трансформаторов, коммутационных	ПКС-4.1; ПКС-4.2; ПКС-5.2	Опрос	1

		аппаратов, устройств релейной защиты и автоматики. Классификация отказов. Поток отказов элементов и их свойства			
	Раздел 3. Элементы теории вероятностей и математической статистики и их применение в теории надежности	Основные понятия теории вероятностей. Событие. Вероятность события. Классификация случайных событий. Основы теории множеств. Алгебра событий. Аксиомы теории вероятностей. Основные правила и законы теории вероятностей. Формула полной вероятности и формула Байеса Случайные величины и их характеристики. Законы распределения случайных величин в теории надежности Случайные процессы. Марковские процессы как модели функционирования СЭС. Пуассоновские процесс и его применение для описания вероятностных характеристик отказов и восстановлений элементов СЭС Теория массового обслуживания. Модель «гибели и размножения». Формулы Литтла Элементы теории вероятностей и математической статистики и их применение в теории	ПКС-4.1; ПКС-4.2; ПКС-5.2	Опрос	1

		надежности			
	<p>Раздел 4.</p> <p>Математические модели отказов и восстановлений элементов и систем.</p> <p>Комплексные показатели надежности восстанавливаемых элементов электрических систем</p>	<p>Показатели надежности восстанавливаемых и восстанавливаемых элементов и систем.</p> <p>Процессы отказов и восстановления в простейших и сложных системах</p> <p>Принципы составления систем дифференциальных уравнений для описания процессов отказов и восстановления элементов и систем.</p> <p>Приемы формализации при формировании систем дифференциальных уравнений.</p> <p>Асимптотические методы при анализе надежности сложных систем</p> <p>Модели процессов преднамеренных отключений, ремонтных состояний в реальных системах электроснабжения.</p> <p>Асимптотические методы при анализе надежности простейших и сложных систем</p> <p>Математические модели отказов и восстановлений элементов и систем.</p> <p>Комплексные показатели надежности восстанавливаемых элементов электрических систем</p>	<p>ПКС-4.1;</p> <p>ПКС-4.2;</p> <p>ПКС-5.2</p>	Опрос	1
2	<p>Раздел 5. Методы расчета систем электроснабжения</p>	<p>Практические методы расчета надежности схем электрических соединений при</p>	<p>ПКС-4.1;</p> <p>ПКС-4.2;</p> <p>ПКС-5.2</p>	Опрос	1



		<p>последовательном, параллельном и смешанном соединении элементов в системе. Основные приемы и методы структурного анализа при расчетах надежности СЭС. Метод минимальных путей и сечений. Методы определения минимальных путей и сечений относительно расчетных объектов(узлов нагрузки, узлов генерации, передающих элементов) в СЭС. Понятие об основных и дополнительных сечениях Составление расчетных схем по надежности СЭС с учетом оперативных отключений. Понятие о структурной и функциональной надежности. Методы учета ограничений пропускной способности элементов и их групп при анализе структурной и функциональной надежности. Использование интегральных характеристик режимов в расчетах показателей надежности.</p>			
	Раздел 6. Экономические аспекты надежности	Методы расчета недоотпуска энергии на различных интервалах времени и при переменных коммутационных	ПКС-4.1; ПКС-4.2; ПКС-5.2	Опрос	1

		состояниях систем Методы экономической оценки уровня надежности систем электрообеспечения.			
	Раздел 7. Синтез СЭС по уровню надежности	Основные приемы синтеза схем электрических соединений с заданным уровнем надежности Требования материалов к уровню надежности электрообеспечения Сведения о современных методах расчета надежности Влияние принципов построения и особенностей управления СЭС на уровне надежности электрообеспечения различных электрообеспечения различных электроприемников и потребителей	ПКС-4.1; ПКС-4.2; ПКС-5.2	Опрос	1
2	Раздел 8. Лабораторно- практические занятия	Определения вероятностей отказов элементов и любых конфигураций системы в целом Применение формулы полной вероятности при определении вероятности нормальной работы схемы Применение методов структурного анализа к вопросам определения вероятностей отказа и безотказной работы СЭС Определение показателей надежности схем сетей различной	ПКС-4.1; ПКС-4.2; ПКС-5.2	Опрос	1

		<p>конфигурации с различным соединением по надежности образования электрических связей</p> <p>Определение показателей структурной и функциональной надежности</p> <p>Расчет недоотпуска электроэнергии</p> <p>Расчет показателей надежности узлов нагрузки СЭС и недоотпуска электроэнергии с учетом и без учета ограничений пропускной способности элементов СЭС</p>			
	<p>РАЗДЕЛ 9. Методы технического диагностирования электрооборудования.</p>	<p>Методы технического диагностирования электрооборудования. Общие понятия и определения. Задачи технического диагностирования. Система технического диагностирования, методы технической диагностики:</p> <p>визуально-оптический;</p> <p>виброакустический;</p> <p>тепловизионный;</p> <p>тангенс угла диэлектрических потерь;</p> <p>хроматографический;</p> <p>частичных разрядов;</p> <p>ультразвуковой;</p> <p>акустической эмиссии;</p> <p>радиографический;</p> <p>капиллярный;</p> <p>вихретоковый;</p> <p>магнитный;</p> <p>рентгенографический;</p>	<p>ПКС-4.1;</p> <p>ПКС-4.2;</p> <p>ПКС-5.2</p>	<p>Опрос</p>	<p>1</p>

		металлографический. Расшифровка обозначения подшипников качения. Порядок замены подшипников качения.			
	РАЗДЕЛ 10. Техническое диагностирование и ремонт электрических машин	Теория и практика комплексного диагностирования электрических двигателей и генераторов ЭС. Типовые дефекты подшипников качения. Вычисление частот вибрации подшипников качения. Обозначения подшипников качения. Выбор предельного уровня вибрации оборудования.	ПКС-4.1; ПКС-4.2; ПКС-5.2	Опрос	1

\*\*.-устный опрос (индивидуальный, фронтальный, диспут); контрольные письменные работы (контрольная работа); устное тестирование; письменное тестирование; компьютерной тестирование; выполнение расчетно-графического задания; практическая работа; олимпиада; защита работ (ситуационные задания, реферат, статья, проект, ВКР, подбор задач, защита письменной работы, доклад по результатам самостоятельной работы и др.); защита портфолио; участие в деловых, ситуационных, имитационных играх и др.

### Примерные тестовые задания

- Выбрать приемлемые ответы. К единичным показателям надежности относятся:
  - вероятность безотказной работы;
  - коэффициент готовности системы;
  - функция ненадежности;
  - интенсивность отказов.
- Дополнить: Кривая изменения интенсивности отказов во времени включает периоды \_\_\_\_\_
- Выбрать правильный ответ. Интенсивность отказа постоянна в процессе:
  - приработки;
  - нормальной эксплуатации;
  - износа.
- Выбрать правильный ответ. Вероятность восстановления - это:
  - вероятность того, что объект не будет восстановлен за заданное время;
  - вероятность того, что объект будет восстановлен за заданное время;
  - скорость изменения времени восстановления;
  - скорость протекания аварийного ремонта.
- Дополнить. Параметр потока отказов характеризует \_\_\_\_\_
- Перечислить основные свойства простейшего потока отказов.

7. выбрать правильный ответ. Если вероятность наступления отказов в течение рассматриваемого промежутка времени зависит от того, сколько было отказов до этого промежутка времени, то рассматриваемый поток относится:
- а) к простейшему;
  - б) к потокам с последствием;
  - в) к пуассоновским потокам.
8. Дополнить. К количественным показателям надежности относятся \_\_\_\_\_
9. Выбрать правильный ответ. В общем случае вероятность отказа и коэффициент вынужденного простоя системы:
- а) равны между собой;
  - б) не равны между собой.
10. дополнить. Ординарность потока отказов означает \_\_\_\_\_
11. Перечислить виды потоков отказов.
12. Выбрать правильный ответ. Для восстанавливаемых объектов учитывается наработка:
- а) на отказ;
  - б) до отказа.
13. Выбрать правильный ответ. Для невосстанавливаемых объектов учитывается наработка:
- а) на отказ;
  - б) до отказа.
14. Выбрать правильный ответ. Определить, что больше:
- а) расчетное время безотказной работы;
  - б) среднее время безотказной работы.
15. Определить вероятность безотказной работы элемента, если вероятность отказа равна 0,2:
- а) 0,6;
  - б) 0,8;
  - в) 0,5;
  - г) 5;
  - д) 0,2.
16. Найти среднее время безотказной работы при экспоненциальном законе распределения, если  $X=0,4$ :
- а) 0,3;
  - б) 0,25;
  - в) 0,2;
  - г) 0,5;
  - д) 0,6.