

Рубцовский индустриальный институт (филиал)
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования
«Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова»

СОГЛАСОВАНО

Декан ТФ

А.В. Сорокин

Рабочая программа дисциплины

Код и наименование дисциплины: **Б1.В.19 «Надежность электроснабжения»**

Код и наименование направления подготовки (специальности): **13.03.02**

Электроэнергетика и электротехника

Направленность (профиль, специализация): **Системы электроснабжения**

Статус дисциплины: **часть, формируемая участниками образовательных отношений**

Форма обучения: **очная**

Статус	Должность	И.О. Фамилия
Разработал	доцент	О.П. Балашов
Согласовал	Зав. кафедрой «ЭЭ»	С.А. Гончаров
	руководитель направленности (профиля) программы	С.А. Гончаров

г. Рубцовск

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

Компетенция	Содержание компетенции	Индикатор	Содержание индикатора
ПК-12	Способен участвовать в контроле технического состояния воздушных линий электропередачи и оборудования подстанций	ПК-12.3	Анализирует полученные данные о повреждаемости оборудования и отказах
ПК-14	Способен выполнять сбор и анализ данных для проектирования системы электроснабжения объектов капитального строительства	ПК-14.2	Осуществляет сбор и анализ данных для проектирования систем электроснабжения, обоснование выбора решения подключения приемников и потребителей электрической энергии, анализ данных для оценки надежности системы электроснабжения объектов капитального строительства

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплины (практики), предшествующие изучению дисциплины, результаты освоения которых необходимы для освоения данной дисциплины.	Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем, Электроэнергетические системы и сети
Дисциплины (практики), для которых результаты освоения данной дисциплины будут необходимы, как входные знания, умения и владения для их изучения.	Выпускная квалификационная работа, Преддипломная практика

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	24	0	24	96	57

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

Форма обучения: очная

Семестр: 8

Лекционные занятия (24ч.)

- 1. Основные понятия и определения. Количественные характеристики надежности(2ч.)[1,3,4,5]** Основные положения прикладной теории надежности, термины и определения. Классификация отказов. Количественные характеристики надежности. Безотказность, долговечность, ремонтпригодность, восстанавливаемость и сохраняемость.
- 2. Основные понятия и элементы теории вероятностей в расчетах надежности системы электроснабжения(2ч.)[3,4,5]** Событие. Вероятность события. Случайные величины и законы их распределения. Числовые характеристики случайных величин. Характеристики положения случайной величины
- 3. Законы распределения случайных величин, основные теоремы и формулы расчета вероятностей надежности систем электроснабжения(2ч.)[3,4,5]** Нормальный закон распределения, его параметры. Распределение Вейбулла. Биномиальное распределение. Распределение Пуассона. Теорема сложения вероятностей. Теорема умножения вероятностей. Формула полной вероятности. Формула Бейеса (теорема гипотез)
- 4. Основные показатели потоков отказа и восстановления. Математические модели отказов элементов и системы электроснабжения(2ч.)[3,4,5]** Невосстанавливаемый объект. Восстанавливаемый объект. Потоки отказов и восстановлений. Математические модели отказов и надежности элементов и системы электроснабжения. Математическая модель надежности элементов при равномерном износе. Математические модели надежности элементов с учетом неравномерного износа
- 5. Структурно - логический анализ технической системы(2ч.)[1,3,4,5,6]** Понятие технической системы. Классификация элементов технической системы, влияющих на ее работоспособность. Структурно-логические схемы технических систем и их соединения. Операции проводимые при анализе структурной надежности.
- 6. Расчеты структурной надежности системы электроснабжения {дискуссия} (2ч.)[1,3,4,5,6]** Системы с последовательным, параллельным и смешанным соединением элементов. Система элементов типа "m" из "n". Расчет вероятности отказа и безотказной работы системы.
- 7. Расчеты структурной надежности системы электроснабжения при сложных соединениях элементов(4ч.)[1,3,4,5,6]** Мостиковые схемы. Состояния мостиковой схемы. Метод минимальных путей. Метод минимальных сечений. Метод разложений относительно особого элемента. Комбинированные схемы. Их декомпозиция
- 8. Оценка надежности элементов системы электроснабжения(2ч.)[1,3,4,5]** Анализ факторов, влияющих на надежность системы электроснабжения. Надежность воздушных линий. Надежность оборудования подстанций.

Надежность кабельных линий. Контроль технического состояния воздушных линий электропередачи и оборудования подстанции. Анализ полученных данных о повреждаемости оборудования и отказах

9. Оценка надежности системы электроснабжения при проектировании(2ч.)[1,3,4,5] Сбор и анализ данных для проектирования системы электроснабжения объектов с применением методов надежности. Анализ данных для оценки надежности системы электроснабжения объектов капитального строительства

10. Способы и средства повышения надежности системы электроснабжения {дискуссия} (2ч.)[1,3,4,5] Общие положения повышения надежности системы электроснабжения. Повышение надежности за счет резервирования. Повышение надежности элементов системы электроснабжения: воздушных, кабельных линий и оборудования подстанций. Обоснование выбора решения подключения приемников и потребителей электрической энергии с учетом повышения надежности электроснабжения

11. Повышение надежности системы электроснабжения(2ч.)[1,3,4,5] Методы повышения надежности технических систем. Виды резервирования. Нагруженное, ненагруженное, облегченное и скользящее резервирование.

Практические занятия (24ч.)

1. Закрепление знаний по классификации отказов по причине возникновения, по характеру проявления, по взаимосвязи, по группам сложности, по способу обнаружения.(2ч.)[1,3,4,5]

2. Расчет числовых характеристик случайных величин. Определение их законов распределения.(2ч.)[3,4,5]

3. Расчет распределения случайной величины по нормальному закону и закону Пуассона. Теорема Сложение и умножение вероятностей случайных величин.(2ч.)[3,4,5]

4. Составление математических моделей отказов и надежности элементов и системы электроснабжения при различных условиях {работа в малых группах} (2ч.)[3,4,5]

5. Составление структурно-логической схемы системы электроснабжения с учетом связи между элементами. Анализ структурно-логической схемы(2ч.)[1,3,4,5,6]

6. Расчет вероятности отказа и безотказной работы системы электроснабжения с последовательным, параллельным и смешанным соединением элементов(2ч.)[1,3,4,5,6]

7. Расчет структурной надежности мостиковых схем методами минимальных путей и минимальных сечений {работа в малых группах} (4ч.)[1,3,4,5,6]

8. Обработка и анализ полученных данных о повреждаемости оборудования и отказах(2ч.)[1,3,4,5]

9. Обработка и анализ данных для оценки надежности системы электроснабжения объектов капитального строительства(2ч.)[1,3,4,5]

10. Расчет повышения надежности системы электроснабжения за счет её элементов. Выбора решения подключения приемников и потребителей электрической энергии с учетом повышения надежности электроснабжения(2ч.)[1,3,4,5]

11. Расчет количественных характеристик надежности систем с резервированием. Расчет надежности систем с общим, отдельным, нагруженным, ненагруженным и скользящим резервированием. {работа в малых группах} (2ч.)[1,3,4,5]

Самостоятельная работа (96ч.)

1. Изучение основной и дополнительной литературы(22ч.)[1,2,3,4,5,6]

2. Подготовка к письменным контрольным работам(12ч.)[1,2,3,4,5,6]

3. Выполнение расчетно-графической работы(26ч.)[1,2,3,4,5,6] По структурной схеме надежности технической системы в соответствии с исходными данными требуется:

1. Построить график изменения вероятности безотказной работы системы от времени наработки в диапазоне снижения вероятности до уровня 0.1 - 0.2.

2. Определить - процентную наработку технической системы.

3. Обеспечить увеличение - процентной наработки не менее чем в 1,5 раза за счет:

а) повышения надежности элементов;

б) структурного резервирования элементов системы.

4. Подготовка к экзамену(36ч.)[1,2,3,4,5,6]

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. Задоя, Н.И. Надёжность электроснабжения [текст] : Учеб. пособ. для бакалавров направления "ЭиЭ" для всех форм обучения/ Н.И. Задоя, Надёжность электроснабжения. - Рубцовск: РИО, 2014. - 47 с. (52 экз.)

2. Балашов, О.П. Надёжность электроснабжения: методические указания к самостоятельным работам для студентов, обучающихся по направлению «Электроэнергетика и электротехника» /О.П. Балашов, С.А. Гончаров; Рубцовский индустриальный институт. – Рубцовск: РИИ, 2021.-18с. URL: [https://edu.rubinst.ru/resources/books/Balashov_O.P._Nadezhnost'_yelektrosnabzheniy_a_\(samost.rab.\)_2021.pdf](https://edu.rubinst.ru/resources/books/Balashov_O.P._Nadezhnost'_yelektrosnabzheniy_a_(samost.rab.)_2021.pdf) (дата обращения 01.12.2021)

6. Перечень учебной литературы

6.1. Основная литература

3. Калинин, В.Ф. Надёжность систем электроснабжения : учебное пособие /

В.Ф. Калинин, А.В. Кобелев, С.В. Кочергин ; Тамбовский государственный технический университет. – Тамбов : Тамбовский государственный технический университет (ТГТУ), 2011. – 81 с. : ил., табл., схем. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=277978>

4. Малафеев, С. И. Надежность электроснабжения : учебное пособие / С. И. Малафеев. — 2-е изд., испр. — Санкт-Петербург : Лань, 2018. — 368 с. — ISBN 978-5-8114-1876-3. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/101833>

6.2. Дополнительная литература

5. Малафеев, С. И. Надежность технических систем. Примеры и задачи : учебное пособие / С. И. Малафеев, А. И. Копейкин. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2016. — 316 с. — ISBN 978-5-8114-1268-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/87584>

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

6. Аналитический метод расчёта надёжности электроустановок // <http://электротехнический-портал.рф/nadegnost-electroenergetich-sistem/160-analitic-hesky-metod-rascheta-nadegnosty.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.

№пп	Используемое программное обеспечение
1	Acrobat Reader
2	LibreOffice

№пп	Используемое программное обеспечение
3	Windows
4	Антивирус Kaspersky
5	Яндекс.Браузер

№пп	Используемые профессиональные базы данных и информационные справочные системы
1	Бесплатная электронная библиотека онлайн "Единое окно к образовательным ресурсам" для студентов и преподавателей; каталог ссылок на образовательные интернет-ресурсы (http://Window.edu.ru)
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. (http://нэб.рф/)
3	Электронная база ГОСТов (http://1000gost.ru/list/1-0.htm)
4	Электронный фонд правовой и научно-технической документации - (http://docs.cntd.ru/document)

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».

ПРИЛОЖЕНИЕ А
ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ
ПО ДИСЦИПЛИНЕ «Надежность электроснабжения»

1. Перечень оценочных средств для компетенций, формируемых в результате освоения дисциплины

Код контролируемой компетенции	Способ оценивания	Оценочное средство
ПК-12: Способен участвовать в контроле технического состояния воздушных линий электропередачи и оборудования подстанций	Экзамен	Комплект контролирующих материалов для экзамена
ПК-14: Способен выполнять сбор и анализ данных для проектирования системы электроснабжения объектов капитального строительства	Экзамен	Комплект контролирующих материалов для экзамена

2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций, описание шкал оценивания

Оцениваемые компетенции представлены в разделе «Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций» рабочей программы дисциплины «Надежность электроснабжения».

При оценивании сформированности компетенций по дисциплине «Надежность электроснабжения» используется 100-балльная шкала.

Критерий	Оценка по 100-балльной шкале	Оценка по традиционной шкале
Студент освоил изучаемый материал (основной и дополнительный), системно и грамотно излагает его, осуществляет полное и правильное выполнение заданий в соответствии с индикаторами достижения компетенций, способен ответить на дополнительные вопросы.	75-100	<i>Отлично</i>
Студент освоил изучаемый материал, осуществляет выполнение заданий в соответствии с индикаторами достижения компетенций с не принципиальными ошибками.	50-74	<i>Хорошо</i>
Студент демонстрирует освоение только основного материала, при выполнении заданий в соответствии с индикаторами достижения компетенций допускает отдельные ошибки, не способен систематизировать материал и делать выводы.	25-49	<i>Удовлетворительно</i>

Студент не освоил основное содержание изучаемого материала, задания в соответствии с индикаторами достижения компетенций не выполнены или выполнены неверно.	<25	Неудовлетворительно
--	-----	---------------------

3. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки уровня достижения компетенций в соответствии с индикаторами

1. Задания для ФОМ промежуточной аттестации в форме экзамена ПК-14.2

Компетенция	Индикатор достижения компетенции
ПК-14 Способен выполнять сбор и анализ данных для проектирования системы электроснабжения объектов капитального строительства	ПК-14.2 Осуществляет сбор и анализ данных для проектирования систем электроснабжения, обоснование выбора решения подключения приемников и потребителей электрической энергии, анализ данных для оценки надежности системы электроснабжения объектов капитального строительства

Задание 1.

Обосновать выбор решения подключения приемников и потребителей электрической энергии с учетом их отказа и характера его проявления в процессе работы (ПК-14.2).

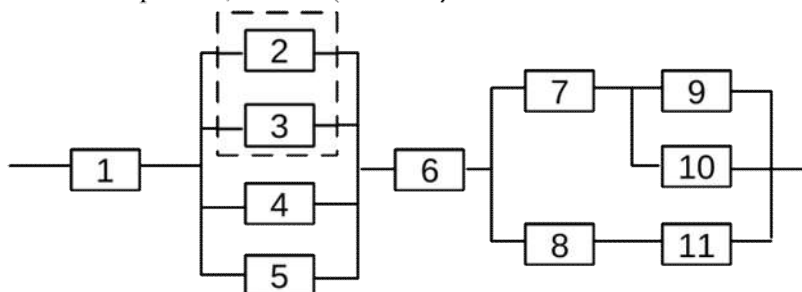
Задание 2.

Осуществить сбор и анализ данных для проектирования систем электроснабжения на основании подходов надежности из представленного перечня:

- 1) напряжение электроснабжения;
- 2) схема подключения электроприемников и потребителей;
- 3) эксплуатационный отказ электроприемников в процессе работы;
- 4) электробезопасность электроприемников и потребителей в период эксплуатации;
- 5) категория надежности электроснабжения II (ПК-14.2).

Задание 3.

Проанализировать данные для оценки надежности системы электроснабжения объектов капитального строительства согласно приведенной структурной схеме с учетом интенсивности отказов элементов: $\lambda_1=0,35 \cdot 10^{-6}$ 1/ч, $\lambda_2=\lambda_3=\lambda_4=\lambda_5=0,8 \cdot 10^{-6}$ 1/ч, $\lambda_6=0,35 \cdot 10^{-6}$ 1/ч и $\lambda_7=\lambda_8=\lambda_9=\lambda_{10}=\lambda_{11}=0,4 \cdot 10^{-6}$ 1/ч при $T=0,8 \cdot 10^6$ ч (ПК-14.2).



2.Задания для ФОМ промежуточной аттестации в форме экзамена ПК-12.3

Компетенция	Индикатор достижения компетенции
ПК-12 Способен участвовать в контроле технического состояния воздушных линий электропередачи и оборудования подстанций	ПК-12.3 Анализирует полученные данные о повреждаемости оборудования и отказах

Задание 1.

Проанализировать полученные данные о повреждаемости линии электропередачи и отказах в результате прохождения трех грозовых разрядов. Определить вероятность отказа ЛЭП с учетом следующей ситуации: вероятность попадания в ЛЭП первого разряда молнии составляет 0,4; второго – 0,5 и третьего – 0,7 (ПК-12.3).

Задание 2.

Проанализировать полученные данные о повреждаемости силового трансформатора и отказах, которые распределены по показательному закону с плотностью $f(t) = \lambda \cdot e^{-\lambda \cdot t}$ при $t \geq 0$, где $\lambda=0,03$ 1/год. Определить вероятность безотказной работы трансформатора в течение 10 лет (ПК-12.3).

Задание 3.

1. Проанализировать полученные данные о повреждаемости воздушной линии 10 кВ и отказах в нормальном и аварийном режимах, для которой вероятность её выхода из строя в течение времени t составит 0,25 и 0,6 соответственно. Определить вероятность её отказа, учитывая, что ВЛ 85% времени эксплуатации работает в первом режиме, а 15% - во втором (ПК-12.3).

4. Файл и/или БТЗ с полным комплектом оценочных материалов прилагается.