

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: **заочная**

<b>Статус</b>	<b>Должность</b>	<b>И.О. Фамилия</b>
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	
заочная	8	0	8	128	21

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

**Форма обучения: заочная**

**Семестр: 10**

**Лекционные занятия (8ч.)**

- 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. Вероятность события. Случайные величины и законы их распределения. Числовые характеристики случайных величин.
- 2. Структурно - логический анализ технической системы. Расчеты структурной надежности системы электроснабжения(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. Системы с последовательным, параллельным и смешанным соединением элементов. Система элементов типа "m" из "n". Расчет вероятности отказа и безотказной работы системы. Мостиковые схемы.
- 3. Оценка надежности элементов системы электроснабжения(2ч.)**[1,3,4] 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
- 4. Оценка надежности системы электроснабжения при проектировании. Способы и средства повышения надежности системы электроснабжения {дискуссия} (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. Общие положения повышения надежности системы электроснабжения. Обоснование выбора решения подключения приемников и потребителей электрической энергии с учетом повышения надежности электроснабжения. Методы повышения надежности технических систем. Виды резервирования. Нагруженное, ненагруженное, облегченное и скользящее резервирование.

**Практические занятия (8ч.)**

- 1. Расчет вероятности отказа и безотказной работы системы электроснабжения с последовательным, параллельным и смешанным соединением элементов. Расчет мостиковых схем {работа в малых группах} (2ч.)**[1,3,4,5,6]

- 2. Обработка и анализ полученных данных о повреждаемости оборудования и отказах(2ч.)[1,3,4]**
- 3. Обработка и анализ данных для оценки надежности системы электроснабжения объектов капитального строительства(2ч.)[1,3,4,5]**
- 4. Расчет количественных характеристик надежности систем с резервированием. Выбор решения подключения приемников и потребителей электрической энергии с учетом повышения надежности {работа в малых группах} (2ч.)[1,3,4,5]**

### **Самостоятельная работа (128ч.)**

- 1. Изучение основной и дополнительной литературы(65ч.)[1,2,3,4,5,6]** 1. Законы распределения случайных величин, основные теоремы и формулы расчета вероятностей надежности систем электроснабжения. Нормальный закон распределения, его параметры. Распределение Вейбулла. Биномиальное распределение. Распределение Пуассона. Теорема сложения вероятностей. Теорема умножения вероятностей. Формула полной вероятности. Формула Байеса (теорема гипотез)
2. Основные показатели потоков отказа и восстановления. Математические модели отказов элементов и системы электроснабжения. 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.
3. Мостиковые схемы. Состояния мостиковой схемы. Метод минимальных путей. Метод минимальных сечений. Метод разложений относительно особого элемента. Комбинированные схемы. Их декомпозиция.
4. Способы и средства повышения надежности системы электроснабжения. Общие положения повышения надежности системы электроснабжения. Повышение надежности за счет резервирования. Повышение надежности элементов системы электроснабжения: воздушных, кабельных линий и оборудования подстанций
- 2. Подготовка к письменным контрольным работам(16ч.)[1,3,4,5,6]**
- 3. Выполнение расчетно-графической работы(38ч.)[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(9ч.)[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, 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'\\_yelektrosnabzheniya\\_\(samost.rab.\)\\_2021.pdf](https://edu.rubinst.ru/resources/books/Balashov_O.P._Nadezhnost'_yelektrosnabzheniya_(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. Секретарев, Ю. А. Надёжность электроснабжения : учебное пособие / Ю. А. Секретарев. — Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2010. — 105 с. — ISBN 978-5-7782-1517-7. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/45118.html> (дата обращения: 27.02.2022). — Режим доступа: для авторизир. пользователей

### **6.2. Дополнительная литература**

5. Надёжность электроснабжения: учебное пособие / И. Н. Воротников, М. А. Мастепаненко, И. К. Шарипов, С. В. Аникуев. — Ставрополь : АГРУС, 2018. — 64 с. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/92990.html> (дата обращения: 27.02.2022). — Режим доступа: для авторизир. пользователей

## **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-analicheskyy-metod-rascheta-nadegnosty.html>

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

Содержание промежуточной аттестации раскрывается в комплекте контролируемых 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	Acrobat Reader
2	LibreOffice
3	Windows
4	Антивирус Kaspersky
5	Яндекс.Браузер

<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> )
3	Электронная база ГОСТов ( <a href="http://1000gost.ru/list/1-0.htm">http://1000gost.ru/list/1-0.htm</a> )
4	Электронный фонд правовой и научно-технической документации - ( <a href="http://docs.cntd.ru/document">http://docs.cntd.ru/document</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».

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

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

<b>Код контролируемой компетенции</b>	<b>Способ оценивания</b>	<b>Оценочное средство</b>
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.

<b>Критерий</b>	<b>Оценка по 100-балльной шкале</b>	<b>Оценка по традиционной шкале</b>
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-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).

#### 2. 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).

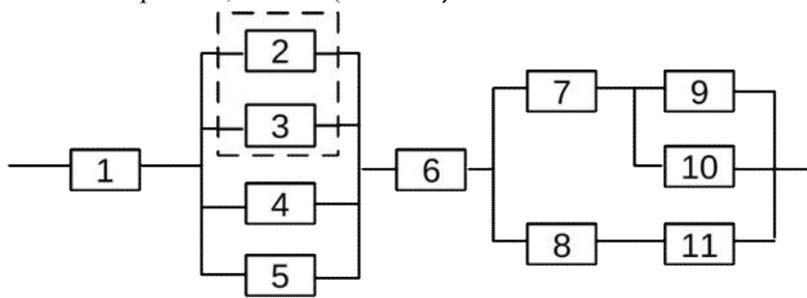
### Задание 2.

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).



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