

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Владимирский государственный университет  
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»  
(ВлГУ)

Институт архитектуры, строительства и энергетики

УТВЕРЖДАЮ:  
Директор института  
С.Н.Авдеев  
«10» 03 2022 г.



## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

### «Надежность электроснабжения»

направление подготовки / специальность  
13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»

направленность (профиль) подготовки  
«Электроснабжение»

г. Владимир  
2022

## 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целями освоения дисциплины являются: ознакомление студентов с основными понятиями и определениями из теории надежности, показателями надежности систем электроснабжения (СЭС) и их элементов, понятием оптимальной надежности и принципами нормирования надежности, понятием об ущербе от перерывов электроснабжения, а также с математическими моделями надежности СЭС и методами их исследования.

Достижение названных целей предполагает **решение следующих задач:**

- изучение основных понятий и методов определения надежности СЭС;
- изучение принципов построения математических моделей надежности элементов систем электроэнергетики;
- овладение навыками проектирования, анализа и синтеза надежных СЭС с использованием современных информационных технологий;
- приобретение умений правильно выбирать и оценивать, с точки зрения надежности, различные схемы электроснабжения промышленных предприятий и установок.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

### 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Дисциплина «Надежность электроснабжения» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений ОПОП ВО. Дисциплина логически и содержательно тесно связана с рядом теоретических дисциплин и практик предшествующего периода обучения.

К числу дисциплин, наиболее тесно связанных с дисциплиной «Надежность электроснабжения», относятся «Теоретические основы электротехники», «Информационно-измерительная техника и электроника», «Электропитающие системы и электрические сети». В результате освоения этих дисциплин студенты приобретают необходимые **знания** для изучения вопросов надежности электроснабжения; методов и средств электрических измерений, элементной базы современной энергетической электроники, оборудования электрических станций и подстанций, которые используются для исследования принципов обеспечения надежности электроснабжения. Приобретают **умения** применять современные методы расчёта надежности электрических и магнитных цепей. **Овладевают** программными средствами для решения задач надежности в области теоретической электротехники и электроэнергетики.

### 3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения ОПОП (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине, в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства
	Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине	
ПК-1 Способен участвовать в проектировании систем электроснабжения	<p>ПК-1.1 Знает, как выполнять сбор и анализ данных для проектирования, составлять конкурентноспособные варианты технических решений.</p> <p>ПК-1.2 Умеет обосновывать выбор целесообразного решения</p> <p>ПК-1.4 Владеет пониманием взаимосвязей задач проектирования и эксплуатации.</p>	<p><b>Знать</b>, как выполнять сбор и анализ данных для проектирования и расчета надежности системы электроснабжения</p> <p><b>Уметь</b> обосновывать выбор целесообразного варианта расчета надежности</p> <p><b>Владеет</b> пониманием взаимосвязей задач расчета надежности и проектирования систем электроснабжения</p>	Тестовые вопросы, практико-ориентированное задание (РГР)

#### 4. ОБЪЕМ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетные единицы, 108 часов.

##### Тематический план форма обучения – очная

№ п/п	Раздел (тема) дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)					СРС	Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра), форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	в форме практической подготовки	СРС		
	Введение	7	1-2	2						

1	Основные положения теории надежности	7	3-4	2				9	
2	Математический аппарат теории надежности	7	5-8	4	2			9	1 рейтинг-контроль
3	Методы расчета надежности систем электроснабжения	7	9-14	6	8			9	2 рейтинг-контроль
4	Технико-экономические расчеты в задачах надежности	7	15-16	2	4			9	
5	Математические модели оптимизационных задач надежного электроснабжения	7	17-18	2	4			9	3 рейтинг-контроль
	Наличие в дисциплине КП/КР								
Всего: 108 часов				18	18			45	Экз.(27 час.)

**Тематический план  
форма обучения –заочная**

№ п/п	Раздел (тема) дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)				СРС	Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра), форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	в форме практической работы		
	Введение	8	1-2	0,5				5	
1	Основные положения теории надежности	8	3-4	0,5				12	

2	Математический аппарат теории надежности	8	5-8	0,5	1			12	1 рейтинг-контроль
3	Методы расчета надежности систем электроснабжения	8	9-14	1	2			16	2 рейтинг-контроль
4	Технико-экономические расчеты в задачах надежности	8	15-16	0,5	1			10	
5	Математические модели оптимизационных задач надежного электроснабжения	8	17-18	1	2			16	3 рейтинг-контроль
	Наличие в дисциплине КП/КР								
Всего: 108 часов				4	6			71	Экз.(27 час.)

### Содержание лекционных занятий по дисциплине:

#### Введение

Содержание темы: Надежность технических систем. Надежность энергосистемы. Надежность электроснабжения. Задачи обеспечения надежности систем электроснабжения.

#### Тема 1 Основные положения теории надежности

Содержание темы: Категории надежности электроприемников. Понятие и классификация отказов. Элемент, система и объект в теории надежности. Состояние объекта. Основные средства обеспечения надежности систем электроснабжения. Свойства и показатели надежности.

#### Тема 2 Математический аппарат теории надежности

Содержание темы 2.1.: Основы теории вероятности применительно к системам электроснабжения. Законы распределения случайных величин в теории надежности  
Содержание темы 2.2.: Математическая статистика в системах электроснабжения.  
Проверка статистических гипотез

#### Тема 3 Методы расчета надежности систем электроснабжения

Содержание темы 3.1: Аналитический метод расчета надежности электроснабжения.  
Содержание темы 3.2: Логико-вероятностный метод расчета надежности электроснабжения с помощью дерева отказов.  
Содержание темы 3.3: Метод минимальных путей и сечений схем систем электроснабжения.

#### Тема 4 Технико-экономические расчеты в задачах надежности

Содержание темы: Определение ущерба потребителей от перерывов электроснабжения. Количественные характеристики ущерба.

## Тема 5 Математические модели оптимизационных задач надежного электроснабжения

Содержание темы : Принципы построения математических моделей. Анализ решения оптимизационных задач. Линейные оптимизационные задачи повышения коэффициента мощности.

### **Содержание практических занятий по дисциплине:**

Тема 2 Математический аппарат теории надежности

Содержание практического занятия 2.1: Числовые характеристики случайных величин. Законы распределения случайных величин.

Тема 3 Методы расчета надежности систем электроснабжения

Содержание практического занятия 3.1: Расчет показателей надежности систем, состоящих из последовательно и параллельно соединенных восстанавливаемых элементов.

Содержание практического занятия 3.2: Расчет показателей надежности методом свертки.

Содержание практического занятия 3.3: Метод расчета показателей надежности с использованием формулы полной вероятности.

Содержание практического занятия 3.4: Метод расчета показателей надежности на основе структурного анализа сложных схем.

Тема 4 Техничко-экономические расчеты в задачах надежности

Содержание практического занятия 4.1: Определение недоотпуска электроэнергии и ущерба потребителей от перерывов электроснабжения.

Содержание практического занятия 4.2: Расчет количественных характеристик ущерба.

Тема 5 Математические модели оптимизационных задач надежного электроснабжения

Содержание практического занятия 5.1: Математическая модель оптимизационной задачи. Целевая функция. Ограничения. Граничные условия.

Содержание практического занятия 5.2: Решение линейных оптимизационных задач, связанных с повышением надежности систем электроснабжения.

## **5. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО -МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ**

### **5.1. Текущий контроль успеваемости (Вопросы к рейтинг-контролям 1,2 и3)**

#### **Рейтинг-контроль № 1**

1. Чем определяется значение проблемы надёжности электроснабжения для народного хозяйства страны?
2. Какие особенности систем электроснабжения как объектов применения теории надёжности следует учитывать?
3. Что понимается под надёжностью?
4. Какие свойства объекта определяют его надёжность?
5. Как соотносятся между собой надёжность и качество?
6. Что представляет собой отказ?
7. Что представляют собой единичные показатели надёжности?
8. Что представляют собой комплексные показатели надёжности?
9. Какими показателями характеризуется свойство безотказности восстанавливаемого объекта?
10. Какие основные показатели характеризуют свойство ремонтпригодности?
11. Какие основные показатели надёжности СЭС используются в инженерной практике?
12. Какие виды расчётных отказов работоспособности используются при анализе надёжности СЭС?

### **Рейтинг-контроль 2**

1. Как используются показатели надёжности для анализа и выбора вариантов СЭС?
2. Что такое оптимальная надёжность?
3. Что такое нормирование надёжности, что лежит в его основе?
4. Чем отличаются друг от друга прямые и опосредованные нормы надёжности?
5. Как нормируется надёжность в ПУЭ?
6. Что понимают под прямым и дополнительным ущербом от перерывов электроснабжения?
7. Модели отказов оборудования.
8. Модели отказов и надёжности оборудования без учёта профилактики.
9. Граф модели надёжности элемента с восстановлением.
10. Граф модели надёжности дублированной системы с постоянным резервированием и ограниченным восстановлением.
11. Граф модели надёжности дублированной системы с резервированием, замещением и ограниченным восстановлением.
12. Граф модели надёжности элемента с восстановлением и профилактикой.
13. Граф модели надёжности системы с последовательным соединением элементов, восстановлением и профилактикой.
14. Граф модели надёжности дублированной системы с восстановлением и профилактикой.

### **Рейтинг-контроль 3**

1. Логико-вероятностный расчёт надёжности с помощью дерева отказов.
2. Таблично-логический расчёт надёжности.
3. Погрешность оценки показателей надёжности и зона неопределённости критериев.
4. Общие вопросы оптимизации технических решений с учётом надёжности.
5. Экспертно-факторное прогнозирование показателей надёжности высоковольтной аппаратуры.
6. Непараметрические оценки надёжности электроэнергетических установок.
7. Комплексные критерии качества и эффективности технических решений.
8. Методы многоцелевой оптимизации.
9. Основы оптимального профилактического обслуживания.

10. Прогнозирование надёжности и стратегия профилактического обслуживания оборудования.

## 5.2. Промежуточная аттестация

### Вопросы к экзамену.

1. Основные понятия теории надёжности.
2. Классификация отказов.
3. Единичные показатели надёжности.
4. Комплексные показатели надёжности.
5. Количественные показатели надёжности.
6. Практические задачи, связанные с проблемой надёжности в электроэнергетике.
7. Выбор методов решения поставленных задач.
8. Факторы, учитываемые при оценке и расчёте надёжности.
9. Обеспечение заданного уровня надёжности (факторы).
10. Факторы, влияющие на выбор технических решений и оптимизация уровня надёжности.
11. Признаки больших систем энергетики.
12. Система сбора и обработки информации о надёжности элемента СЭС или в целом СЭС.
13. Формы документов о надёжности.
14. Стендовые и контрольные испытания.
15. План испытаний.
16. Статистическая оценка показателей надёжности.
17. Методы статистического анализа.
18. Методы статистического контроля качества и надёжность.
19. Причины отказов энергетического оборудования.
20. Модели отказов оборудования.
21. Модели отказов и надёжности оборудования без учёта профилактики.
22. Граф модели надёжности элемента с восстановлением.
23. Граф модели надёжности дублированной системы с постоянным резервированием и ограниченным восстановлением.
24. Граф модели надёжности дублированной системы с резервированием, замещением и ограниченным восстановлением.
25. Граф модели надёжности элемента с восстановлением и профилактикой.
26. Граф модели надёжности системы с последовательным соединением элементов, восстановлением и профилактикой.
27. Граф модели надёжности дублированной системы с восстановлением и профилактикой.
28. Логико-вероятностный расчёт надёжности с помощью дерева отказов.
29. Таблично-логический расчёт надёжности.
30. Погрешность оценки показателей надёжности и зона неопределённости критериев.
31. Общие вопросы оптимизации технических решений с учётом надёжности.
32. Экспертно-факторное прогнозирование показателей надёжности высоковольтной аппаратуры.
33. Непараметрические оценки надёжности электроэнергетических установок.
34. Комплексные критерии качества и эффективности технических решений.
35. Методы многоцелевой оптимизации.
36. Основы оптимального профилактического обслуживания.



37. Прогнозирование надёжности и стратегия профилактического обслуживания оборудования.
- 38 .Влияние отказов устройств РЗ на надёжность СЭС.
- 39.Роль человеческого фактора в обеспечении надёжности СЭС

### **5.3. Самостоятельная работа обучающегося**

В ходе самостоятельной работы по освоению дисциплины студенты имеют возможность использовать активные элементы электронных методических материалов, размещённых на сайте системы дистанционного обучения (СДО) университета. По дисциплине «Надёжность электроснабжения» на сайте СДО размещены следующие материалы:

- рабочая программа дисциплины;
- тексты лекций;
- методические указания по выполнению расчетно-графической работы;
- методические указания к практическим занятиям.

При использовании дистанционных образовательных технологий преподаватель контролирует и направляет самостоятельную работу студентов через индивидуальные консультации.

Самостоятельно студент должен изучить следующие вопросы:

1. Вероятностные методы в расчетах надёжности СЭС.
2. Интегральные характеристики параметров режимов электрических систем.
3. Модели надёжности невосстанавливаемых элементов.
4. Модели надёжности восстанавливаемых элементов.
5. Модели отказов для резервированных систем.
6. Аналитический метод расчета надёжности электроснабжения.
7. Логико-вероятностный метод расчета надёжности электроснабжения.
8. Экономико-математические модели надёжности электроснабжения.

#### **Расчётно-графическая работа**

Тема: «Расчёт параметров надёжности районной электрической сети». В работе производится выбор оптимальной схемы электроснабжения с учётом надёжности. Расчётно-графическая работа состоит из пояснительной записки и графической части, представляемой схемами.

Фонд оценочных средств для проведения аттестации уровня сформированности компетенций обучающихся по дисциплине оформляется отдельным документом.

## **6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **6.1.Книгообеспеченность:**

Наименование литературы: автор, название, вид издания, издательство	Год издания	<b>КНИГООБЕСПЕЧЕННОСТЬ</b>
		Наличие в электронном каталоге ЭБС
<b>Основная литература</b>		
Надежность электроснабжения [Электронный ресурс]: учебное пособие для вузов / Васильев И.Е. - М. : Издательский дом МЭИ, 2014	2014	2014 <a href="http://www.studentlibrary.ru/book/MPEI218.html">http://www.studentlibrary.ru/book/MPEI218.html</a> - ISBN 978-5-383-00809-6.
Практикум по основам теории надежности [Электронный ресурс] : учеб.пособие / Горелик А.В., Ермакова О.П. - М. : УМЦ ЖДТ, 2013.	2013	<a href="http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785890356475.html">http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785890356475.html</a>
<b>Дополнительная литература</b>		
Васильева Т.Н. Надёжность электрооборудования и систем электроснабжения .-М.: Издательство Горячая линия – Телеком, 2015. Практикум по основам теории надежности [Электронный ресурс] : учеб.пособие / Горелик А.В., Ермакова О.П. - М. : УМЦ ЖДТ, 2013.	2013	<a href="http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785890356475.html">http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785890356475.html</a>
Афонин В.А. Основы теории надёжности . - М.: Изд. дом МЭИ,2010.ISBN 978-5-383-00579-8.	2010	<a href="http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN978-5-383-00579-8">http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN978-5-383-00579-8.</a>
Надежность и безопасность структурно-сложных систем [Электронный ресурс] / И.А. Рябинин. - СПб. : Политехника, 2012. -	2012	<a href="http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN5732505490.html">http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN5732505490.html</a>

### **6.2.Периодические издания:**

1. Журнал «Электротехника»
2. Журнал «Электричество»
3. Журнал «Электрические станции и подстанции»


### **6.3. Интернет-ресурсы:**

Пакет прикладных программ в MATLAB.

## **7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

Лекции читаются в аудиториях кафедры ЭтЭн, оборудованных электронными проекторами (ауд.517-3; 520-3; 522-3) с применением:

1. Дистанционных образовательных технологий.
2. Набора слайдов для проведения лекций.

Рабочую программу составил доцент кафедры электротехники и электроэнергетики  
ВлГУ, к.т.н. Максимов Ю.П. 

Рецензент :

Начальник ПО ООО «МФ-Электро»  Ю.С.Чебрякова


Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры электротехники и  
электроэнергетики ВлГУ

Протокол №   1   от 30.08. 2021 года

Заведующий кафедрой ЭтЭн Бадалян Н.П. 

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании учебно-методической комиссии  
направления 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»

Протокол №   1   от 30.08.2021 года

Председатель комиссии Бадалян Н.П. 

## ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

в рабочую программу дисциплины  
«Надежность электроснабжения »

Направление подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»

Профиль/ программа подготовки «Электроснабжение»

Уровень высшего образования бакалавриат

Номер изменения	Внесены изменения в части/разделы рабочей программы	Исполнитель ФИО	Основание (номер и дата протокола заседания кафедры)
1			
2			

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_

*Подпись*

*ФИО*