

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

«Саратовский государственный технический университет»

Кафедра «Электротехника и электроника»

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

по дисциплине **Б.1.3.10.1**

**«Основы теории надежности»**

для направления подготовки **13.03.02 ЭЛЭТ**

**«Электроэнергетика и электротехника»**

Профиль 3 - «Электрические и электронные аппараты»

форма обучения – очная

курс - 4

семестр – 7

зачетных единиц – 6

часов в неделю – 5

всего часов – 216

в том числе:

лекции – 36 час.

коллоквиумы – нет

практические занятия – 54 час.

лабораторные занятия - нет

самостоятельная работа – 126 час.

зачет - нет

экзамен – 7 сем.

курс. раб.- нет

## 1. Цели и задачи дисциплины

**Цель преподавания дисциплины:** «Основы теории надежности» являются освоение теоретических основ и методов расчета надежности объектов электроэнергетики.

**Задачи изучения дисциплины:**

научить студентов: - применять методы теории надежности для анализа аппаратов и систем ЭЭА, - проводить анализ надежности аппаратов и систем ЭЭА.

## 2. Место дисциплины в структуре ООП ВО

Дисциплина «Основы теории надежности» относится к вариативной части профессионального по направлению «Электроэнергетика и электротехника» профиль «Электрические и электронные аппараты». Изучение данной дисциплины должно обеспечивать приобретение студентами теоретических знаний и практических навыков расчета надежности электрических и электронных аппаратов. Изучение данной дисциплины базируется на следующих дисциплинах: -

Дисциплина по учебному плану			Перечень вопросов (дидактических единиц) знания по которым необходимы для изучения дисциплины	Дисциплина, в рамках которой изучается	
Шифр дисциплины	Наименование дисциплины	Трудоемкость (час)		Шифр дисциплины	Наименование дисциплины*
Б.1.3.10.1	Основы теории надежности	216	Дифференциальное и интегральное исчисления; обыкновенные дифференциальные уравнения, теория функций комплексного переменного; гармонический анализ; преобразование Лапласа.	Б.1.1.5	Высшая математика
			Электричество и магнетизм: электростатика и магнитостатика в вакууме и веществе, электрический ток, электромагнитное поле.	Б.1.1.7	Физика
			Методы расчета линейных электрических цепей постоянного и синусоидального тока, переходных процессов.	Б.1.1.10	ТОЭ
			Методы построения математических моделей электрических цепей. Численные методы решения уравнений электротехники и анализа устойчивости. Методы оптимизации.	Б.1.3.3.1	Мат. мод. физ. процессов в электротехнике и электроэнергетике

Дисциплины, предшествующие данной:

Основные положения дисциплины востребованы при выполнении курсовых и дипломных проектов, связанных с расчетом надежности и проектированием электрических и электронных аппаратов.

### 3. Требования к результатам освоения дисциплины

Выпускник должен обладать компетенциями в соответствии с Приказом ФГОС ВО Министерства образования и науки РФ, утвержденного от 03.09.2015г. № 955:

Профессиональная компетенция (ОПК-2):

- способностью применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач;

Профессиональная компетенция (ПК-5):

- готовностью определять параметры оборудования объектов профессиональной деятельности;

Профессиональная компетенция (ПК-7):

- готовностью обеспечивать требуемые режимы и заданные параметры технологического процесса по заданной методике;

Профессиональная компетенция (ПК-14):

- способностью применять методы и технические средства эксплуатационных испытаний и диагностики электроэнергетического и электротехнического оборудования;

Профессиональная компетенция (ПК-15):

- способностью оценивать техническое состояние и остаточный ресурс оборудования.

*Студент должен знать:* основы теории и методы расчета надежности ЭЭА.

*Студент должен уметь:* осуществлять расчет надежности ЭЭА.

*Студент должен владеть:* основами теории и методами анализа надежности ЭЭА.

### 4. Распределение трудоемкости (час.) дисциплины по темам и видам занятий

№ Модуля	№ Неделли	№ Темы	Наименование темы	Часы					
				Всего	Лекции	Коллоквиумы	Лабораторные	Практические	СРС
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1-6	1	Методы оценки надежности.	40	6	-	-	10	24
	7-9	2	Отказы электрооборудования, как случайные события и их основные характеристики.	48	8	-	-	14	26
	10-16	3	Основные допущения, принимаемые при расчетах системной надежности.	40	6	-	-	10	24
2	16-18	4	Методы расчета системной надежности.	44	8	-	-	10	26
		5	Статистические оценки параметров математических моделей	44	8	-	-	10	26
<b>Всего</b>				<b>216</b>	<b>36</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>54</b>	<b>126</b>

## 5. Содержание лекционного курса

№ темы	Всего часов	№ лекции	Тема лекции. Вопросы, отрабатываемые на лекции	Учебно-методическое обеспечение
1	2	3	4	5
1	2	1	Введение. Основные задачи курса и его связь со смежными дисциплинами. Объект, предмет и цель изучения дисциплины. Общее представление о режимах энергосистем и их вероятностной природе. Основы системного анализа.	1-7
	2	2	Основные понятия и определения теории надежности: система, элемент, объект, процессы, происходящие в объекте с позиций надежности, надежность, как комплексное свойство. Отказ, поток отказов, наработка, предельное состояние, мера надежности	1-7
	2	3	Единичные показатели. Комплексные показатели. Особенности показателей надежности устройств защиты и автоматики. Показатели, характеризующие живучесть энергосистем. Статистические оценки показателей надежности	1-7
2	4	4,5	Причины отказов и показатели надежности генераторов, трансформаторов, линий, коммутационной аппаратуры, устройств релейной защиты и пр. Математические модели отказов. Способы повышения надежности оборудования при производстве, в эксплуатации, на стадии проектирования. Способы оценки надежности оборудования: статистические, расчетные, испытания на надежность	1-7
3	6	6,7,8	Модели надежности и средства обеспечения надежности системообразующей и распределительной сети, последовательное и параллельное соединение элементов, смешанное соединение элементов, надежность групп элементов сложной структуры, учет плановых отключений при расчетах надежности групп элементов, анализ надежности групп элементов с помощью блок-схем.	1-7
4	8	9,10,11,12	Факторы, определяющие надежность схем главных соединений. Табличный и таблично-логический методы расчета надежности схем распределительных устройств электростанций и подстанций. Выбор схем распределительных устройств электростанций с учетом фактора надежности. Факторы, определяющие надежность схем главных соединений подстанций. Надежность различных схем распределительных устройств. Надежность подстанций, выполненных по упрощенным схемам. Особенности моделей надежности системы с учетом релейной защиты и управления	1-7
5	8	15-18	Понятия о режимной надежности и требования к ней: общая характеристика средств повышения устойчивости и противоаварийного управления. Противоаварийное управление в схеме станция-система. Противоаварийное управление в объединении из двух энергосистем соизмеримой мощности, живучесть энергосистем.	

## 6. Содержание коллоквиумов - нет

## 7. Перечень практических занятий

№ Модуля	Всего часов	№ занятия	Тема практического занятия. Задания, вопросы, отработываемые на практическом занятии	Учебно-методическое обеспечение
1	2	3	4	5
1	8	1-4	Предмет дисциплины, синтаксический анализ понятийного аппарата. Элементы теории вероятностей, случайные величины в энергетике и их законы распределения.	1-7
	10	5-9	Построение компьютерной вероятностной модели нарушения связи источников питания с узлом нагрузки в сложной сети	1-7
2	8	10-13	Логический анализ аварийных режимов. Разработка вероятностной модели неоднородной концентрированной энергосистемы с целью определения и оценки среднего значения недоотпуска электроэнергии	1-7
	10	14-18	Статистическое моделирование вероятностных процессов. Статистический эксперимент, обработка первичных данных на примере исследования дискретной и непрерывной случайных величин	1-7
	10	19-23	Определение показателей схемной (структурной) надежности электрических сетей	1-7
	8	24-27	Виды режимов и влияние на надежность электро-снабжения	1-7

## 8. Перечень лабораторных работ - нет

## 9. Задания для самостоятельной работы студентов

№ темы	Всего часов	Задания, вопросы, для самостоятельного изучения (задания)	Учебно-методическое обеспечение
1	2	3	4
I	24	Вклад устройств релейной защиты и автоматики в обеспечение надежности функционирования энергосистем;	15.1-7
I	26	Учет человеческого фактора при обеспечении надежности функционирования энергосистем;	15.1-7
I	24	Способы повышения точности вероятностного моделирования;	15.1-7
2	26	Вероятностный подход к моделированию режимов энергосистем как универсальный метод повышения качества управления энергосистемами	15.1-7
2	26	Практические методы получения вероятностных характеристик случайных величин в энергетике. Мероприятия по повышению надежности сетевой части энергосистем	15.1-7

*Контроль самостоятельной работы студентов и качество освоения отдельных модулей дисциплины осуществляется посредством: защиты лабораторных работ в соответствии графиком выполнения; представления выполнения курсового проекта; опроса студентов на занятиях. Оценка текущей успеваемости студентов определяется в баллах в соответствии рейтинг – планом, предусматривающим все виды учебной деятельности.*

## 10. Расчетно-графическая работа

Действующим учебным планом расчетно-графическая работа не предусмотрена.

## 11. Курсовая работа

Действующим учебным планом расчетно-графическая работа не предусмотрена.

## 12. Курсовой проект

Действующим учебным планом курсовая работа не предусмотрен.

## 13. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)

В процессе освоения образовательной программы у обучающегося в ходе изучения дисциплины должны сформироваться компетенции ОПК-2, ПК-5,7,14,15 для формирования которых необходимы базовые знания фундаментальных разделов дисциплин Б.1.1.5 «Высшая математика», Б.1.1.7 «Физика», Б.1.1.10 «ТОЭ», Б.1.2.10 «Математические модели физических процессов в электротехнике и электроэнергетике».

Название и шифр компетенции	Шифр состав-ных частей	Составные части	Критерии оценивания		
			Проме-жуточ-ная аттеста-ция	Типовые задания	Шкала оценива-ния
- способностью применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач; (ОПК-2)	А	Знает: соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования основ теории надежности	Зачет	В соответствии с пунктами 7, 13.2, 15.2, 15.3. Вопросы и тестовые задания. Собеседование.	зачтено / не зачтено
	Б	Умеет: применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования основ теории надежности при решении профессиональных задач			
	В	Владеет: навыками использования математического аппарата, анализа и моделирования основ теории надежности при решении профессиональных задач ЭЭА			
- готовностью определять параметры оборудования объектов профессиональной деятельности; (ПК-5)	А	Знает: методы определения статистических параметров ЭЭА	Зачет	В соответствии с пунктами 7, 13.2, 15.2, 15.3. Вопросы и тестовые задания. Собеседование.	зачтено / не зачтено
	Б	Умеет: применять методы анализа и моделирования основ теории надежности при решении профессиональных задач для расчета режимов ЭЭА			

	<b>В</b>	Владеет: методами анализа и моделирования основ теории надежности при решении профессиональных задач ЭЭА для расчета режимов ЭЭА			
- готовностью обеспечивать требуемые режимы и заданные параметры технологического процесса по заданной методике; (ПК-7)	<b>А</b>	Знает: методы обеспечения требуемой надежности ЭЭА по заданной методике.	<b>Зачет</b>	В соответствии с пунктами 7, 13.2. 15.2. 15.3. Вопросы и тестовые задания. Собеседование.	<b>зачтено / не зачтено</b>
	<b>Б</b>	Умеет: применять методы обеспечения требуемой надежности ЭЭА по заданной методике.			
	<b>В</b>	Владеет: методами обеспечения требуемой надежности ЭЭА по заданной методике.			
- способностью применять методы и технические средства эксплуатационных испытаний и диагностики электроэнергетического и электротехнического оборудования; (ПК-14)	<b>А</b>	Знает: как применять методы и технические средства для повышения надежности эксплуатационных испытаний и диагностики электроэнергетического и электротехнического оборудования;	<b>Зачет</b>	В соответствии с пунктами 7, 13.2. 15.2. 15.3. Вопросы и тестовые задания. Собеседование.	<b>зачтено / не зачтено</b>
	<b>Б</b>	Умеет: применять методы и технические средства для повышения надежности эксплуатационных испытаний и диагностики электроэнергетического и электротехнического оборудования;			
	<b>В</b>	Владеет: методами и техническими средствами для повышения надежности эксплуатационных испытаний и диагностики электроэнергетического и электротехнического оборудования;			
- способностью оценивать техническое состояние и остаточный ресурс оборудования. (ПК-15)	<b>А</b>	Знает: как оценивать техническое состояние и остаточный ресурс оборудования ЭЭА	<b>Зачет</b>	В соответствии с пунктами 7, 13.2. 15.2. 15.3. Вопросы и тестовые задания. Собеседование.	<b>зачтено / не зачтено</b>
	<b>Б</b>	Умеет: применять методы оценивания технического состояния и остаточный ресурс оборудования			
	<b>В</b>	Владеет: методами оценивания технического состояния и остаточного ресурса оборудования ЭЭА			

### 13.1 Вопросы для зачета

Действующим учебным планом зачет не предусмотрен.

### 13.2 Вопросы для экзамена

1. Случайные события в энергетике (определения, связи, законы вероятности сложных событий).
2. Понятие структурной надежности и методы ее расчета.
3. Устройство обработки состоит из трех одинаковых блоков.
4. Случайные величины в энергетике (определения, понятия: закон, функция, плотность распределения).
5. Применение понятия «случайное событие» для расчета средних вероятностей отказа и безотказной работы схемы, состоящей из последовательно соединенных элементов.
6. Числовые характеристики случайной величины и их свойства.
7. Построение минимальных сечений методом логического суммирования.
8. Основные понятия и определения теории надежности (надежность, работоспособность, долговечность, ремонтпригодность, живучесть, отказ, восстановление).
9. Расчет показателей надежности стационарного состояния системы, состоящей из двух параллельно соединенных восстанавливаемых элементов с учетом начального состояния.
10. Показатели надежности (вероятности безотказной работы и отказа, понятие интенсивности отказов, м.о. времени безотказной работы).
11. Применение понятия «случайное событие» для расчета средних вероятностей отказа и безотказной работы схемы, состоящей из параллельно соединенных элементов.
12. Показатели восстановления (вероятность восстановления и невозможности восстановления, понятие интенсивности восстановления, м.о. времени восстановления).
13. Применение теории Марковских случайных процессов для оценки состояния системы в произвольный момент времени с учетом начального состояния.
14. Понятие простейшего потока случайных однородных событий, обладающего стационарностью, ординарностью и отсутствием последствия.
15. Учет преднамеренных отключений при анализе надежности.
16. Анализ зависимости интенсивности отказов от времени по периодам.
17. Расчет показателей надежности стационарного состояния системы, состоящей из  $n$  последовательно соединенных элементов с учетом начального состояния схемы.
18. Математическая модель простейшего потока отказов и ее характеристики (вероятность  $0,1$ ,  $k$  отказов за интервал  $\tau$ ).



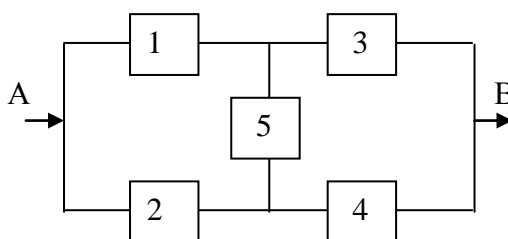
19. Расчет вероятности безотказной работы схемы относительно узла по схеме минимальных путей.
20. Общая надежность восстанавливаемого элемента на интервале времени (вероятность безотказной работы за интервал  $\tau$  с учетом возможного числа отказов и восстановлений).
21. Причины повреждений основных элементов электрических сетей.
22. Расчет показателей надежности восстанавливаемого элемента в произвольный момент времени с учетом начального состояния.
23. Понятие функциональной надежности и причины недоотпуска электроэнергии.
24. Расчет параметров потоков и средних времен отказов и восстановлений при последовательном и параллельном соединении  $n$  элементов.
25. Метод перебора возможных состояний для расчета показателей надежности сложных схем.

### 13.3 Тестовые задания по дисциплине

Тестовые задания выдаются на кафедре ЭТЭ, а также находятся у преподавателя. Пример задания теста.

Оценить надежность схемы мостика, элементы которой имеют следующие показатели надежности (частота отказов, 1/год и время вынужденного простоя, час.):

$w_1 = 0.20$  и  $t_1 = 4$ ;  $w_2 = 2.0$  и  $t_2 = 12.5$ ;  $w_3 = 3.50$  и  $t_3 = 20$ ;  $w_4 = 0.50$  и  $t_4 = 10$ ;  $w_5 = 5.50$  и  $t_5 = 15$ .



### 14. Образовательные технологии

По курсу «Основы теории надежности» при выполнении практических работ используется программное обеспечение: Tina Ti, САПР ЦВК, Multisim, MathCad, Matlab.

При проведении лекционных занятий по дисциплине преподаватель использует компьютерные и мультимедийные средства обучения (30%).

Тема занятия	Вид занятия	Интерактивная форма
Ознакомление с составом и содержанием основных частей курса «Основы теории надежности».	лекция	мозговой штурм, демонстрация слайдов
Изучение состава и содержания курса «Основы теор-	практическое	Case-study, мозговой штурм

рии надежности».		
Математическое обеспечение курса «Основы теории надежности».	лекция	мозговой штурм, демонстрация слайдов
Математические модели теории надежности основных элементов ЭЭА.	практическое	Case-study, мозговой штурм,
Применение теории надежности при анализе ЭЭА.	лекция	Case-study, демонстрация слайдов

## **15. Перечень учебно-методического обеспечения для обучающихся по дисциплине**

### *Обязательные издания:*

1. Вентцель Е.С., Теория вероятностей и ее инженерные приложения./Е.С. Венцель - 4-е изд. стер.-М.: высшая школа., 2007.- 491 с.  
Экземпляры всего: 30.
2. Бочкарев, С. В. / Диагностика и надежность автоматизированных технологических систем : учеб. пособие / С. В. Бочкарев, А. И. Цаплин, А. Г. Схиртладзе. - Старый Оскол: ТНТ, 2015. - 616 с. - Гриф: допущено УМО вузов по образованию в обл. автоматизированного машиностроения (УМО АМ) в качестве учеб. пособия для студентов вузов, обучающихся по направлению «Автоматизация технологических процессов и производств». - ISBN 978-5-94178-371. Экземпляры всего: 5.
3. Васильев И.Е. Надежность электроснабжения : учебное пособие для вузов / И.Е. Васильев. - М.: Издательский дом МЭИ, 2014. - 174 с. Точка доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/MPEI218.html>.

### *Дополнительные издания:*

4. Дреус, Г. В. / Энергетические установки [Текст] : учебник / Г. В. Дреус, Б. С. Зотов, Д. М. Шифрин. - М. : Колос, 1975. - 335 с. Гриф: допущено М-вом заготовок РСФСР в качестве учебника для технических Вузов.  
Экземпляры всего: 5.
5. Надежность и оптимизация систем электроснабжения промышленных предприятий [Текст] : межвуз. сб. / Чувашский гос. ун-т ; отв. ред. В. А. Щедрин. - Чебоксары : ЧГУ, 2005. - 115 с. М.: Высш. школа, 2005. -151с.  
Экземпляры всего: 3.
6. Зотов В.И. Надежность электроснабжения: учебное пособие./ Надежность электроснабжения : база необходимых знаний для подготовки бакалавров, дипломированных специалистов / В. И. Зотов ; М-во образования и науки Рос. Федерации, Федеральное агентство по образованию, Московский гос. открытый ун-т. - М. : МГОУ, 2006. - 119 с. ISBN 5-7045-0672-0.  
Экземпляры всего: 1
7. Озерский, В. М. / Расчеты электроснабжения промышленных объектов напряжением до 1000 В : учеб. пособие / В. М. Озерский, И. М. Хусаинов, И. И.

Артюхов ; Саратовский гос. техн. ун-т. - Саратов : СГТУ, 2010. ISBN 978-5-7433-2242-8. Экземпляры всего: 39.

***Периодические издания:***

7. Вопросы электротехнологии: науч.-техн.журн. – Саратов: Саратовский гос. техн. ун-т им. Ю.А. Гагарина (архив 2013-2015), №1-4. ISSN2309-6020.

8. Электричество: теорет. и науч.-практ. журн. – М.: МЭИ (архив 2010-2013) – ISSN 0013-5380.

9. Электротехника: науч.-техн. журн. – М.: ЗАО «Знак» (архив 2010-2013) –ISSN 0013-5860

***Интернет-ресурсы:***

10. Библиотека СГТУ имени Гагарина Ю.А. - Режим доступа: <http://lib.sstu.ru>

11. Информационно-образовательная среда. - Режим доступа: <https://portal3.sstu.ru>.

12. Электронный каталог Научно-технической библиотеки СГТУ. - Режим доступа: <http://irbis.sstu.ru>.

13. Электронный читальный зал Научно-технической библиотеки СГТУ. - Режим доступа: <http://lib.sstu.ru/index.php/elmrazdel/melellib>

14. Министерство образования и науки Российской Федерации. - Режим доступа: <http://минобрнауки.рф>

15. Федеральный портал «Российское образование». - Режим доступа: <http://www.edu.ru/>

16. Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам». - Режим доступа: <http://window.edu.ru/>

17. Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов. - Режим доступа: <http://school-collection.edu.ru/>

18. Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов. - Режим доступа: <http://fcior.edu.ru/>

***Источники ИОС:***

<https://portal3.sstu.ru/Facult/EF/ETE/13.03.02-3/B.1.3.9.1-7/default.aspx>

**16. Материально-техническое обеспечение**

Лекционные занятия проводятся в аудиториях со стандартным оснащением площадью не менее 40 кв.м.

Для проведения практических занятий используются лаборатории кафедры ЭТЭ: 1 – площадь 100 кв.м, 2 - площадь 80 кв.м, 3 – площадь 60 кв.м., 4 – площадь 60 кв.м., каждая оборудована мультимедийными средствами: мультимедийный проектор, экран для демонстрации презентаций, интерактивная

доска, компьютер с выходом в Интернет; программные средства для мультимедийных презентаций.

Для самостоятельной работы студентов используются лаборатории кафедры ЭТЭ, оснащенная шестью компьютерами и аудитория с тремя компьютерами.

При проведении занятий преподаватель использует:

- раздаточный материал для практических занятий;
- учебный материал в электронном виде (методические указания по выполнению СРС практических заданий);
- презентации лекционного курса;
- наглядные пособия.

При выполнении СРС студенты могут пользоваться разработанными преподавателями кафедры методическими указаниями, размещенными в ИОС.

На лекционных занятиях применяются мультимедийные средства.

При изучении дисциплины используется оборудование:

1. Технические средства: компьютер с базовым программным обеспечением (Windows 7, Microsoft Office Профессиональный плюс 2007). электронная лаборатория Тина Ти, системы автоматизированного проектирования цепей вторичной коммутации электроустановок САПР ЦВК, проектор.

2. Лабораторные стенды (комплекты типового лабораторного оборудования).

Аппаратная часть комплекта выполнена по блочному (модульному) принципу и содержит: источники питания; электрические аппараты; измерительные приборы.