

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
**«БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ им. В.Г.ШУХОВА»**
(БГТУ им. В. Г. Шухова)

СОГЛАСОВАНО

Директор института
магистратуры

к.э.н., доцент  Космачева И. В.

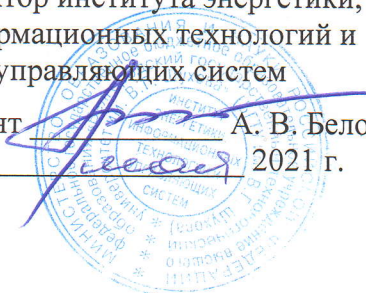
« 20 »  2021 г.



УТВЕРЖДАЮ

Директор института энергетике,
информационных технологий и
управляющих систем

к.т.н, доцент  А. В. Белоусов
« 20 »  2021 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины

ТЕОРИЯ НАДЕЖНОСТИ

направление подготовки

13.04.02 Электроэнергетика и электротехника

профиль подготовки

Электроэнергетические системы и сети

Квалификация

магистр

Форма обучения

очная

Институт энергетике, информационных технологий и управляющих систем

Кафедра электроэнергетики и автоматики

Белгород – 2021

Рабочая программа составлена на основании требований:

- Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – Магистратура по направлению подготовки 13.04.02, утвержденного приказом Минобрнауки России от 28 февраля 2018г. №147;
- плана учебного процесса БГТУ им. В. Г. Шухова, введенного в действие в 2021 году.

Составитель: канд. техн. наук, доцент  О. Ю. Приходько

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры электроэнергетики и автоматике

« 15 » мая 2021 г., протокол № 11

Заведующий кафедрой: канд. техн. наук, доцент  А. В. Белоусов

Рабочая программа согласована с выпускающей кафедрой электроэнергетики и автоматике

Заведующий кафедрой: канд. техн. наук, доцент  А. В. Белоусов

« 15 » мая 2021 г.

Рабочая программа одобрена методической комиссией института энергетики, информационных технологий и управляющих систем

« 20 » мая 2021 г., протокол № 9

Председатель: канд. техн. наук, доцент  А. Н. Семернин

1. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Категория (группа) компетенций	Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания результата обучения по дисциплине
профессиональная	ПКВ-1. Способен разрабатывать концепции систем электроснабжения и электроэнергетических сетей	ПКВ-1.3. Способность применять методы создания и анализа моделей, позволяющих прогнозировать свойства и поведение объектов профессиональной деятельности	<p>Знания основных понятий и определений теории надежности систем электроснабжения, характеристик надежности элементов, методов создания и анализа моделей надежности, позволяющих прогнозировать свойства и поведение объектов электроэнергетики.</p> <p>Умения рассчитывать показатели надежности систем электроснабжения с использованием методов структурного и вероятностного анализа.</p> <p>Навыки выбора требуемого электрооборудования с учетом требований надежности и эффективности, использования специализированных пакетов прикладных компьютерных программ для моделирования.</p>

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

1. Компетенция ПКВ-1. Способен разрабатывать концепции систем электроснабжения и электроэнергетических сетей

Данная компетенция формируется следующими дисциплинами.

Стадия	Наименования дисциплины
1	Схемотехника
2	Системы автоматизированного проектирования объектов электроэнергетики
3	Электромагнитная совместимость в электроэнергетических системах
4	Провалы и перенапряжения в электрических сетях
5	Расчет режимов электроэнергетических систем
6	Теория оптимизации
7	Оперативно-диспетчерское управление в энергетических системах
8	Производственная научно-исследовательская работа
9	Теория надежности
10	Энергосберегающие технологии в электроэнергетических системах
11	Основы оперативного обслуживания электроустановок электроэнергетических систем
12	Производственная проектная практика
13	Производственная преддипломная практика
14	Учебная практика по получению первичных навыков работы с программным обеспечением применительно к области (сфере) профессиональной деятельности

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зач. единиц, 180 часов.

Форма промежуточной аттестации экзамен (1 семестр)

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр № 6
Общая трудоемкость дисциплины, час	180	180
Контактная работа (аудиторные занятия), в т.ч.:	73	73
лекции	34	34
лабораторные	-	-
практические	34	34
групповые консультации в период теоретического обучения и промежуточной аттестации	5	5
Самостоятельная работа студентов, включая индивидуальные и групповые консультации, в том числе:	71	71
Курсовой проект	-	-
Курсовая работа	-	-
Расчетно-графическое задание	18	18
Индивидуальное домашнее задание		
Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям (лекции, практические занятия, лабораторные занятия)	53	53
Экзамен	36	36

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1 Наименование тем, их содержание и объем

Курс 1 Семестр 1

№ п/п	Наименование раздела (краткое содержание)	Объем на тематический раздел по видам учебной нагрузки, час			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа
1. Надежность элементов электрических сетей					
1.1	Основные понятия. Событие. Вероятность события. Вспомогательные понятия. Частота, или статистическая вероятность, события. Случайная величина. Практически невозможные и практически достоверные события	2	2		4
1.2	Основные теоремы. Назначение основных теорем. Теорема сложения вероятностей. Теорема умножения вероятностей. Формула полной вероятности. Теорема гипотез (формула Байеса).	2	2		4

№ п/п	Наименование раздела (краткое содержание)	Объем на тематический раздел по видам учебной нагрузки, час			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа
1.3	Случайные величины и законы их распределения. Ряд распределения. Многоугольник распределения. Функция распределения. Вероятность попадания случайной величины на заданный участок. Плотность распределения. Числовые характеристики случайных величин. Характеристики положения. Моменты. Дисперсия. Среднее квадратическое отклонение.	4	4		5
1.4	Основные понятия и характеристики надежности. Единичные показатели. Комплексные показатели.	2	2		4
2. Законы распределения случайных величин в задачах надежности электроснабжения					
2.1	Биномиальное распределение. Распределение Пуассона	2	2		4
2.2	Показательное распределение. Определение показательного распределения. Вероятность попадания в заданный интервал показательно распределенной случайной величины. Числовые характеристики показательного распределения. Функция надежности. Показательный закон надежности.	4	4		5
2.3	Закон равномерного распределения вероятностей. Нормальный закон распределения. Нормальный закон и его параметры. Вероятность попадания случайной величины на заданный участок. Вероятность отклонения случайной величины относительно центра рассеивания. Правило трех сигм.	2	2		4
2.4	Гамма-распределение. Внезапные и постепенные отказы элементов систем электроснабжения. Формирование модели внезапных отказов. Формирование модели постепенных отказов. ..Распределение Вейбулла	4	4		5
3. Расчет надежности систем электроснабжения					
3.1	Метод расчета показателей надежности с использованием моделей случайных процессов. Процессы отказов и восстановлений одноэлементной схемы. Система, состоящая из последовательных восстанавливаемых элементов. Система, состоящая из параллельно соединенных восстанавливаемых элементов. Расчет показателей надежности с учетом ремонтных состояний и преднамеренных отключений элементов	4	4		5
3.2	Методы расчета показателей надежности схем электроснабжения по средним значениям вероятностей состояния элементов. Средние вероятности состояния элемента. Вероятности отказового и безотказового со-	4	4		5

№ п/п	Наименование раздела (краткое содержание)	Объем на тематический раздел по видам учебной нагрузки, час			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа
	стояния схем с последовательным соединением элементов. Вероятности отказового и безотказового состояния схем с параллельным соединением элементов. Метод анализа вероятностей состояний системы. Метод с использованием формулы полной вероятности. Методы структурного анализа сложных схем и использование их для оценки надежности. Составление расчетных схем и особенности расчетов надежности сложных схем электрических соединений.				
3.3	Надежность функционирования операторных эргатических систем в электрических сетях	2	2		4
3.4	Ущерб от перерывов электроснабжения потребителей	2	2		4
ВСЕГО		34	34		53

4.2. Содержание практических (семинарских) занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема практического (семинарского) занятия	К-во часов	Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям
1	Надежность элементов электрических сетей	Определение количественных характеристик надежности по статистическим данным об отказах изделия;	2	2
		Определение количественных характеристик надежности изделия при известной математической модели надежности.	2	2
		Определение вероятности сложных событий с помощью основных теорем теории вероятности.	4	4
		Решение задач с использованием теоремы гипотез (формулы Байеса).	2	2
2	Законы распределения случайных величин в задачах надежности электроснабжения	Определение показателей надежности для биномиального распределения.	2	2
		Определение показателей надежности для распределения Пуассона.	4	4
		Определение показателей надежности для показательного распределения.	2	2
		Определение показателей надежности для нормального распределения.	4	4
3	Расчет надежности систем электроснабжения	Расчет показателей надежности с использованием моделей случайных процессов.	4	4
		Расчет показателей надежности невосстанавливаемых резервированных систем	4	4

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема практического (семинарского) занятия	К-во часов	Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям
		Расчет показателей надежности восстанавливаемых систем	2	2
		Расчет ущерба от перерывов электроснабжения потребителей	2	2
ВСЕГО:			34	34

4.3. Содержание лабораторных занятий

Лабораторные работы учебным планом не предусмотрены

4.4. Содержание курсового проекта/работы

Курсовая работа учебным планом не предусмотрена.

4.5. Содержание расчетно-графического задания.

Целью расчетно-графического задания (РГЗ) является закрепление и систематизация знаний по дисциплине «Теория надежности», и получение навыков самостоятельной работы с использованием учебной и справочно-технической литературы.

Расчетно-графическое задание выполняется по темам «Единичные и комплексные показатели надежности», «Метод технической диагностики, основанный на формуле Байеса» и «Аналитический метод расчета надежности систем электроснабжения» с индивидуальными заданиями для каждого студента.

Содержание и данные для выполнения расчетно-графического задания.

1. Определение показателей надежности на основе экспериментальных данных.
2. Применение метода Байеса для оценки технического состояния подшипника
3. Расчет показателей надежности системы внешнего электроснабжения предприятия с учетом преднамеренных отключений элементов

Оформление пояснительной записки и чертежей должно соответствовать требованиям стандарта ГОСТ 2.710-81 «Обозначения буквенно-цифровые в электрических схемах», ГОСТ 2.755-87 «Обозначения условные графические в электрических схемах. Устройства коммутационные и контактные соединения», ГОСТ 2.722-68 «Обозначения условные графические в схемах. Машины электрические», ГОСТ 2.728-74 «Обозначения условные графические в схемах. Резисторы и конденсаторы».

РГЗ оформляется на листах формата А4 объемом до 10 страниц и включать в себя:

- титульный лист;
- задание;
- основные теоретические положения, расчётные формулы, расчёты, необходимые рисунки и характеристики;
- список используемой литературы.

Пример расчетно – графического задания

Задание 2 Применение метода Байеса для оценки технического состояния

Рассчитать вероятность исправного состояния подшипника, если у него наблюдаются: вибрация 0,25...0,5 g, температура 50...70 °С, загрязнение смазки в пределах нормы. Уточнить расчет, если в результате обследования очередного 1001 подшипника установлено, что у него было исправное состояние и наблюдались: вибрация 0,25...0,5g, температура 70...90 °С, загрязнение смазки в пределах нормы.

Расчет. Априорные вероятности появления исправного и неисправного состояний (вероятности диагнозов) по результатам испытаний 1000 подшипников:

$$P(D_1) = \frac{N_1}{N} = \frac{900}{1000} = 0,9; \quad P(D_2) = \frac{N_2}{N} = \frac{100}{1000} = 0,1;$$

где обозначено: D_1 – исправное состояние; D_2 – неисправное состояние.

По статистическим данным составляем диагностическую матрицу (табл.).

Диаг- ноз D_i	Признак k_j								$P(D_i)$
	k_1 (вибрация), g			k_2 (температура), °С			k_3 (смазка)		
	$P(k_{11}/D_i)$	$P(k_{12}/D_i)$	$P(k_{13}/D_i)$	$P(k_{21}/D_i)$	$P(k_{22}/D_i)$	$P(k_{23}/D_i)$	$P(k_{31}/D_i)$	$P(k_{32}/D_i)$	
	0,25-0,5	0,5-0,75	>0,75	50-70	70-90	>90	норма	не норма	
D_1	0,7	0,2	0,1	0,8	0,1	0,1	0,9	0,1	0,9
D_2	0,05	0,15	0,8	0,07	0,08	0,85	0,3	0,7	0,1

У обследуемого подшипника наблюдаются следующие реализации признаков: k_{11} (вибрация 0,25...0,5 g); k_{21} (температура 50...70 °С); k_{31} (смазка в норме). Вероятности появления этих реализаций признаков для исправного подшипника (см. табл. 6.4): $P(k_{11}/D_1) = 0,7$; $P(k_{21}/D_1) = 0,8$; $P(k_{31}/D_1) = 0,9$.

Используем обобщенную формулу Байеса (2.13). В нашем случае:

$$\sum_{i=1}^2 P(D_i)P(K^*/D_i) = [P(D_1) \cdot P(k_{11}/D_1) \cdot P(k_{21}/D_1) \cdot P(k_{31}/D_1)] + [P(D_2) \cdot P(k_{11}/D_2) \cdot P(k_{21}/D_2) \cdot P(k_{31}/D_2)];$$

$$P(K^*/D_i) = P(k_{11}/D_i) \cdot P(k_{21}/D_i) \cdot P(k_{31}/D_i).$$

Вероятность исправного состояния обследуемого подшипника:

$$P(D_1/k_{11}k_{21}k_{31}) = \frac{P(D_1)P(k_{11}/D_1)P(k_{21}/D_1)P(k_{31}/D_1)}{B} = \frac{0,9 \cdot 0,7 \cdot 0,8 \cdot 0,9}{(0,9 \cdot 0,7 \cdot 0,8 \cdot 0,9) + (0,1 \cdot 0,05 \cdot 0,07 \cdot 0,3)} = 0,99976.$$

Где

$$B = [P(D_1) \cdot P(k_{11}/D_1) \cdot P(k_{21}/D_1) \cdot P(k_{31}/D_1)] + [P(D_2) \cdot P(k_{11}/D_2) \cdot P(k_{21}/D_2) \cdot P(k_{31}/D_2)].$$

Для расчета вероятности $P(D_2/k_{11}k_{21}k_{31})$ неисправного состояния обследуемого подшипника подставляют: $P(D_2) = 0,1$; $P(k_{11}/D_2) = 0,05$; $P(k_{21}/D_2) = 0,07$; $P(k_{31}/D_2) = 0,3$. Знаменатель формулы будет тем же, что и в предыдущем случае.

Уточним диагноз по результатам испытаний 1001 подшипника.

Уточненные априорные вероятности появления исправного и неисправного состояний с учетом испытаний 1001 подшипника:

$$P(D_1)_y = \frac{N_1+1}{N+1} = \frac{901}{1001} = 0,9001;$$

$$P(D_2)_y = \frac{N_2}{N+1} = \frac{100}{1001} = 0,999.$$

Уточненные условные вероятности признаков с учетом испытаний очередного 1001

подшипника:

$$P(k_{11}/D_1)_y = \frac{N_{k11}/D_1 + 1}{N + 1} = \frac{700 + 1}{1000 + 1} = 0,7003;$$

$$P(k_{11}/D_2)_y = \frac{N_{k11}/D_2}{N + 1} = \frac{50}{1000 + 1} = 0,0499;$$

$$P(k_{21}/D_2)_y = \frac{N_{k21}/D_1}{N + 1} = \frac{800}{1000 + 1} = 0,7992;$$

$$P(k_{21}/D_2)_y = \frac{N_{k21}/D_2}{N + 1} = \frac{70}{1000 + 1} = 0,0699;$$

$$P(k_{31}/D_1)_y = \frac{N_{k31}/D_1 + 1}{N + 1} = \frac{900 + 1}{1000 + 1} = 0,9001;$$

$$P(k_{31}/D_2)_y = \frac{N_{k31}/D_2}{N + 1} = \frac{300}{1000 + 1} = 0,02997.$$

Уточненная вероятность исправного состояния обследуемого подшипника:

$$P(D_1/k_{11}k_{21}k_{31})_y = \frac{0,9001 - 0,7003 - 0,7992 - 0,9001}{(0,9001 - 0,7003 - 0,7992 - 0,9001) + (0,0999 - 0,0499 - 0,0699 - 0,2997)} = 0,99978.$$

Задание 3 Пример расчета показателей надежности системы внешнего электроснабжения предприятия с учетом преднамеренных отключений элементов

Завод получает электроэнергию от двух источников питания – ГРЭС и районной подстанции системы (рис. 3.1). Каждая цепь может пропустить всю необходимую заводу мощность.

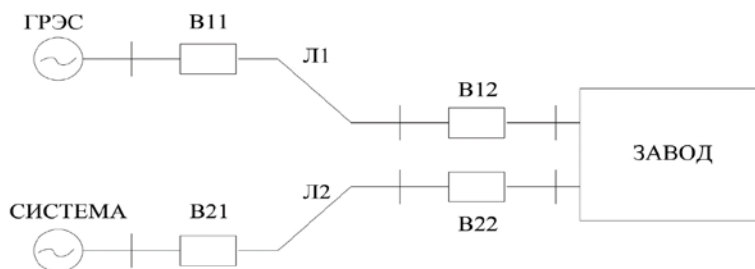


Рис.3.1. Схема электроснабжения завода

Параметры потоков отказов и преднамеренных отключений элементов системы электроснабжения, среднее время восстановления и длительность преднамеренных отключений приведены в табл. 3.2.

Таблица 3.2

Элемент	В11	Л1	В12	В21	Л2	В22
$\lambda_0, 1/\text{км}$ год, 1/год	0,099	0,023	0,048	0,137	0,019	0,137
$l, \text{км}$	–	80	–	–	30	–
$\bar{t}_B, \text{ч}$	10	30	10	15	30	15
$\lambda_{П}, 1/\text{год}$	0,4	0,3	0,4	0,4	0,3	0,4
$\bar{t}_{Пр}, \text{ч}$	60	50	60	80	20	80

Определить параметр потока отказов системы электроснабжения, среднее время безотказной работы, среднюю вероятность отказа, среднее время восстановления, а также недоотпуск электроэнергии за год, считая, что средняя годовая мощность завода \bar{P} равна 30 МВт.

При расчете принять, что преднамеренные отключения последовательно включенных элементов цепей совмещаются по времени. Надежность источников питания не учитывать.

Параметры потоков отказов первой и второй цепей, каждая из которых состоит из трех последовательно соединенных элементов:

$$\begin{aligned}\lambda_I &= \lambda_{0,Л1}l_1 + \lambda_{B11} + \lambda_{B12} + \lambda_{п,В11} = \\ &= 0,023 \cdot 80 + 0,099 + 0,048 + 0,4 = 2,387 \text{ 1/год};\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\lambda_{II} &= \lambda_{0,Л2}l_2 + \lambda_{B21} + \lambda_{B22} + \lambda_{п,В22} = \\ &= 0,019 \cdot 30 + 0,137 \cdot 2 + 0,4 = 1,244 \text{ 1/год}.\end{aligned}$$

Параметр потока отказов системы определяется как для системы, состоящей из двух параллельно соединенных элементов:

$$\begin{aligned}\lambda_c &= \lambda_{IqII} + \lambda_{IIqI} + \lambda_{IqII,II} + \lambda_{IIqI,I}, \\ q_I &= q_{B11} + q_{Л1} + q_{B12} = \lambda_{B11}\bar{t}_{в,В11} + \lambda_{Л1}\bar{t}_{в,Л1} + \lambda_{B12}\bar{t}_{в,В12} = \\ &= (0,099 \cdot 10 + 1,84 \cdot 30 + 0,048 \cdot 10) \frac{1}{8760} = 6,47 \cdot 10^{-3}; \\ q_{II} &= q_{B12} + q_{Л2} + q_{B22} = (0,137 \cdot 15 + 0,57 \cdot 30 + 0,137 \cdot 15) \frac{1}{8760} = 2,43 \cdot 10^{-3};\end{aligned}$$

$$\bar{t}_{в,I} = \frac{q_I}{\lambda_I + \lambda_{п,В12}} = \frac{6,47 \cdot 10^{-3}}{1,987} \cdot 8760 = 28,524 \text{ ч};$$

$$\bar{t}_{в,II} = \frac{q_{II}}{\lambda_{II} + \lambda_{п,В22}} = \frac{2,43 \cdot 10^{-3}}{0,844} \cdot 8760 = 25,2 \text{ ч};$$

$$k_{пр,I} = 0,9386; \quad k_{пр,II} = 0,9075;$$

$$\lambda_c = 2,387 \cdot 2,43 \cdot 10^{-3} + 1,244 \cdot 6,47 \cdot 10^{-3} + 0,4 \cdot 60 \cdot 0,844 +$$

$$\text{где:} \quad + 0,4 \cdot 80 \cdot 1,987 \cdot 8760^{-1} = 23,41 \cdot 10^{-3} \text{ 1/год}.$$

Среднее время безотказной работы

$$\bar{T}_c = \frac{1}{\lambda_c} = \frac{1}{23,41 \cdot 10^{-3}} = 42,7 \text{ лет}.$$

Расчетное время с $\alpha = 0,1$, $\bar{T}_{ср} = 4,48$ лет.

Средняя вероятность состояния отказа

$$\begin{aligned}q_c &= q_I q_{II} = k_{пр,I} \lambda_{п,II} \bar{t}_{пр,I} q_{II} + k_{пр,II} \lambda_{п,I} \bar{t}_{пр,II} q_I = \\ &= 6,47 \cdot 10^{-3} \cdot 2,43 \cdot 10^{-3} + (0,9386 \cdot 0,4 \cdot 80 \cdot 6,47 \cdot 10^{-3} + 0,9075 \cdot \\ &\quad \cdot 0,4 \cdot 60 \cdot 2,43 \cdot 10^{-3}) \frac{1}{8760} = 15,7 \cdot 10^{-6} + 28,2 \cdot 10^{-6} = 43,92 \cdot 10^{-6}\end{aligned}$$

Среднее время восстановления системы

$$\bar{t}_{в,с} = \frac{q_c}{\lambda_c} = \frac{43,92 \cdot 10^{-6}}{23,41 \cdot 10^{-3}} \cdot 8760 = 16,43 \text{ ч}.$$

Математическое ожидание недоотпущенной энергии заводу

$$\begin{aligned}\Delta \bar{E} &= \Delta \bar{E} q_c = \bar{P} T q_c = 30 \cdot 10^3 \cdot 8760 \cdot 43,92 \cdot 10^{-6} \\ &= 11542 \text{ кВт}\cdot\text{ч},\end{aligned}$$

где T – число часов в году.

5. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

5.1. Реализация компетенций

1. Компетенция ПКВ-1. Способен разрабатывать концепции систем электроснабжения и электроэнергетических сетей

Наименование индикатора достижения компетенции	Используемые средства оценивания
ПКВ-1.3. Способность применять методы создания и анализа моделей, позволяющих прогнозировать свойства и поведение объектов профессиональной деятельности	Экзамен, защита РГЗ, собеседование

5.2. Типовые контрольные задания для промежуточной аттестации

Промежуточная аттестация осуществляется после завершения изучения дисциплины в конце первого семестра в форме экзамена.

Вопросы для подготовки к экзамену

Экзамен включает две части: теоретическую (2 вопроса) и практическую (решение задачи). Для подготовки письменного ответа на вопросы билета и решение задачи, которые студент выбирает случайным образом, отводится 50 минут. После проверки ответов преподаватель проводит со студентом собеседование с целью определения уровня освоения студентом изученного материала и может задать дополнительные вопросы.

Распределение вопросов и заданий по билетам находится в закрытом для студентов доступе. Ежегодно по дисциплине на заседании кафедры утверждается комплект билетов для проведения экзамена. Экзамен является наиболее значимым оценочным средством и решающим в итоговой отметке учебных достижений студента.

Перечень тем и вопросов для подготовки к теоретической части экзамена

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание вопросов (типовых заданий)
1	Надежность элементов электрических сетей	1. Основные понятия. 2. Событие. 3. Вероятность события 4. Частота, или статистическая вероятность, события. 5. Случайная величина. 6. Практически невозможные и практически достоверные события 7. Основные теоремы. Назначение основных теорем. 8. Теорема сложения вероятностей.

		<p>9. Теорема умножения вероятностей. 10. Формула полной вероятности. 11. Теорема гипотез (формула Байеса). 12. Случайные величины и законы их распределения. 13. Ряд распределения. 14. Многоугольник распределения. 15. Функция распределения. 16. Вероятность попадания случайной величины на заданный участок. 17. Плотность распределения. 18. Числовые характеристики случайных величин. 19. Характеристики положения. 20. Математическое ожидание. 21. Дисперсия 22. Среднеквадратичное отклонение 23. Основные понятия и характеристики надежности. 24. Единичные показатели 25. Комплексные показатели</p>
2	Законы распределения случайных величин в задачах надежности электроснабжения	<p>1. Биномиальное распределение. 2. Распределение Пуассона 3. Показательное распределение. 4. Вероятность попадания в заданный интервал показательного распределенной случайной величины. 5. Числовые характеристики показательного распределения. 6. Функция надежности. Показательный закон надежности. 7. Закон равномерного распределения вероятностей. 8. Нормальный закон распределения. 9. Вероятность попадания случайной величины на заданный участок при нормальном законе распределения. 10. Вероятность отклонения случайной величины относительно центра рассеивания. Правило трех сигм. 11. Гамма-распределение. 12. Внезапные и постепенные отказы элементов систем электроснабжения. 13. Формирование модели внезапных отказов. 14. Формирование модели постепенных отказов. 15. Распределение Вейбулла.</p>
3	Расчет надежности систем электроснабжения	<p>1. Метод расчета показателей надежности с использованием моделей случайных процессов. 2. Процессы отказов и восстановлений одноэлементной схемы. 3. Система, состоящая из последовательных восстанавливаемых элементов. 4. Система, состоящая из параллельно соединенных восстанавливаемых элементов. 5. Расчет показателей надежности с учетом ремонтных состояний и преднамеренных отключений элементов. 6. Методы расчета показателей надежности схем электроснабжения по средним значениям вероятностей состояния элементов. 7. Средние вероятности состояния элемента. 8. Вероятности отказового и безотказового состояния схем с последовательным соединением элементов. 9. Вероятности отказового и безотказового состояния схем с</p>

		параллельным соединением элементов. 10.Метод анализа вероятностей состояний системы. 11.Метод с использованием формулы полной вероятности. 12.Методы структурного анализа сложных схем и использование их для оценки надежности. 12.Составление расчетных схем и особенности расчетов надежности сложных схем электрических соединений. 13.Надежность функционирования операторных энергетических систем в электрических сетях 14.Ущерб от перерывов электроснабжения потребителей.
--	--	---

Перечень типовых задач для практической части экзамена

Задача

На испытание поставлено 1000 однотипных электронных ламп. За 3000 ч отказало 80 ламп. Требуется определить вероятность безотказной работы и вероятность отказа электронных ламп в течение 3000 ч.

Задача

На испытание поставлено 1000 однотипных ламп. За первые 3000 ч работы отказало 80 ламп, а за интервал 3000–4000 ч отказало еще 50 ламп. Определить частоту и интенсивность отказов электронных ламп в промежутке 3000–4000 ч работы

Задача

В течение некоторого периода времени производилось наблюдение за работой одного экземпляра радиолокационной станции. За весь период наблюдения было зафиксировано 15 отказов. До начала наблюдения станция проработала 258 часов, а к концу наблюдения наработка станции составила 1233 часа. Требуется определить среднюю наработку на отказ T

Задача

Производилось наблюдение за работой трех экземпляров однотипной аппаратуры. За период наблюдения было зафиксировано по первому экземпляру 6 отказов, по второму и третьему — 11 и 8 отказов соответственно. Нарботка первого экземпляра составила 181 ч, второго — 329 ч и третьего 245 ч. Требуется определить наработку аппаратуры на отказ T

Задача

Система состоит из 5 приборов, причем отказ любого одного из них ведет к отказу системы. Известно, что первый прибор отказал 34 раза в течение 952 ч работы, второй — 24 раза в течение 960 ч работы, а остальные приборы в течение 210 часов работы отказали 4, 6 и 5 раз соответственно. Требуется определить наработку до отказа системы в целом, если справедлив экспоненциальный закон надежности для каждого из пяти приборов

Задача

За наблюдаемый период эксплуатации в аппаратуре было зафиксировано 8 отказов. Время восстановления составило $t_1 = 12$ мин, $t_2 = 23$ мин, $t_3 = 15$ мин, $t_4 = 9$ мин, $t_5 = 17$ мин, $t_6 = 28$ мин, $t_7 = 25$ мин, $t_8 = 31$ мин. Определить среднее время восстановления аппаратуры T_B .

Задача

Аппаратура имела среднюю наработку на отказ 65 ч и среднее время восстановления 1,25 ч. Требуется определить коэффициент готовности.

Задача

Пусть время работы элемента до отказа подчинено экспоненциальному закону распределения с параметром $\lambda = 2,5 \cdot 10^{-5}$ 1/ч. Требуется вычислить количественные характеристики надежности элемента $P(t)$, $\alpha(t)$, T_0 если $t = 500, 1000, 2000$ ч.

Задача

Система состоит из 12600 элементов. Интенсивность отказа элемента $\lambda = 0,32 \cdot 10^{-6}$ 1/ч. Необходимо определить вероятность безотказной работы систем в течение времени $t = 50$ ч.

Задача

Система состоит из трех блоков, средняя наработка до первого отказа которых равна $T_1 = 160$ ч, $T_2 = 320$ ч, $T_3 = 600$ ч. Для блоков справедлив экспоненциальный закон надежности. Требуется

определить среднюю наработку до первого отказа системы

Задача

Вероятность безотказной работы одного элемента в течение времени t равна $p(t) = 0,9997$. Требуется определить вероятность безотказной работы системы, состоящей из $N = 100$ таких элементов

Задача

Вероятность безотказной работы системы в течение времени t равна $P_C(t) = 0,95$. Система состоит из $N = 120$ равнонадежных элементов. Необходимо найти вероятность безотказной работы элемента.

Задача

Изделие состоит из $N = 3$ групп приборов. Отказы первой группы подчинены экспоненциальному закону надежности с интенсивностью отказов $\lambda = 0,2 \cdot 10^{-3}$ 1/ч. Отказы приборов второй группы — закону Рэлея с параметром $\sigma = 1000$ ч и отказы приборов третьей группы — закону Вейбулла с параметрами $\lambda_0 = 0,1 \cdot 10^{-4}$ 1/ч и $k = 1,5$. Требуется определить вероятность безотказной работы изделия в течение времени $t = 500$ часов.

Задача

Вероятность безотказной работы преобразователя постоянного тока в переменный в течение $t = 1000$ ч равна $0,95$. Для повышения надежности системы электроснабжения на объекте имеется такой же преобразователь, который включается в работу при отказе первого. Требуется рассчитать вероятность безотказной работы и среднюю наработку до первого отказа системы, состоящей из двух преобразователей.

Задача

Система состоит из 10 равнонадежных элементов, средняя наработка до первого отказа элемента $T_0 = 1000$ ч. Предполагается, что справедлив экспоненциальный закон надежности для элементов системы и основная и резервная системы равнонадежны. Необходимо найти среднюю наработку до первого отказа $T_{0,c}$ системы, а также частоту отказов $\alpha_C(t)$ и интенсивность отказов $\lambda_C(t)$ в момент времени $t = 50$ ч в следующих случаях: 1) нерезервированной системы; 2) дублированной системы при постоянно включенном резерве; 3) дублированной системы при включении резерва по способу замещения

Задача

Система имеет кратность общего резервирования $m = 5$. Основная нерезервированная система содержит четыре равнонадежных элемента с логически последовательным соединением. Интенсивность отказа одного элемента $\lambda = 0,2 \cdot 10^{-3}$ (1/ч). Определить характеристики надежности системы за 1000 ч работы.

Задача

Вычислительная система построена из 500 однотипных блоков с интенсивностью отказа $\lambda = 0,3 \cdot 10^{-6}$ 1/ч. В скользящем холодном резерве находятся пять таких же блоков, которые могут заменить любой из отказавших блоков. Определить показатели надежности системы за 10000 часов работы.

Задача

Для повышения точности измерения некоторой величины применена схема группирования приборов из пяти по три, т.е. результат измерения считается верным по показанию среднего (третьего) прибора. Требуется найти вероятность и среднее время наработки до первого отказа такой системы, если интенсивность отказов каждого прибора $\lambda = 0,4 \cdot 10^{-3}$ 1/ч, последствие отказов отсутствует, а время, в течение которого система измерения должна быть исправна, $t = 500$ ч.

Перечень контрольных материалов для защиты курсового проекта/ курсовой работы “Не предусмотрено учебным планом”

5.3. Типовые контрольные задания (материалы) для текущего контроля в семестре

Текущий контроль осуществляется в течение 1 семестра - в форме выполнения и защиты расчетно-графического задания .

Примеры типовых вопросов для защиты РГЗ

Вопросы к заданию №1

1. Перечислите основные единичные показатели безотказности.
2. Что такое вероятность безотказной работы?
3. Начертите кривую зависимости $P(t)$ и поясните ее физический смысл.
4. Что такое интенсивность отказов?
5. Начертите кривую $\lambda(t)$ и укажите участки этапов жизненного цикла изделия.
6. Что называется средней наработкой до отказа?
7. Что называется средней наработкой на отказ?
8. Какие единичные показатели ремонтпригодности вы знаете?
9. Какие комплексные показатели надежности вы знаете?

Вопросы к заданию №2

1. Какая характеристика диагностируемого объекта рассчитывается в данной работе?
2. Что такое априорная вероятность диагноза?
3. Как рассчитывается априорная вероятность диагноза?
4. Сколько возможных состояний (диагнозов) имеет подшипник?
5. Поясните смысл выражения, стоящего в знаменателе формулы Байеса?
6. Как происходит уточнение диагноза с использованием новых результатов наблюдений?

Вопросы к заданию №3

1. В чем заключается аналитический метод расчета надежности.
2. Какими переменными задаются преднамеренные отключения элементов
3. Как определить вероятность отказа эквивалентного элемента во время преднамеренного отключения i -го элемента системы
4. Как определить коэффициент вынужденного простоя системы с последовательным соединением элементов
5. Как определить параметр потока отключений системы с последовательным соединением элементов
6. Как определить коэффициент вынужденного простоя системы с резервированием элементов
7. Как определить параметр потока отключений системы с резервированием элементов

5.4. Описание критериев оценивания компетенций и шкалы оценивания

При промежуточной аттестации в форме экзамена (1 семестр) используется следующая шкала оценивания: 2 – неудовлетворительно, 3 – удовлетворительно, 4 – хорошо, 5 – отлично.

Оценка преподавателем выставляется интегрально с учётом всех показателей и критериев оценивания.

При промежуточной аттестации в форме **экзамена:**

Оценка сформированности компетенций по показателю Знания.

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Знание терминов,	Не знает терми-	Знает термины и	Знает технические	Знает термины и

определений, понятий	нов и определений, понятий, используемых при изучении теории надежности	определения теории надежности, но допускает неточности формулировок	термины и определения теории надежности	определения теории надежности, может корректно сформулировать их самостоятельно
Знание основных закономерностей, соотношений, принципов	Не знает методы создания и анализа моделей надежности, позволяющих прогнозировать свойства и поведение объектов электроэнергетики	Знает методы создания и анализа моделей надежности, позволяющих прогнозировать свойства и поведение объектов электроэнергетики	Знает методы создания и анализа моделей надежности, позволяющих прогнозировать свойства и поведение объектов электроэнергетики; их интерпретирует	Знает методы создания и анализа моделей надежности, позволяющих прогнозировать свойства и поведение объектов электроэнергетики; может самостоятельно объяснить их выбор
Объем освоенного материала	Не знает значительной части материала дисциплины	Имеет поверхностные знания основного материала дисциплины, не усвоив его детали	Знает материал дисциплины в полном объеме	Обладает твердыми и полными знаниями материала дисциплины, владеет дополнительными знаниями
Полнота ответов на вопросы	Не дает ответы на большинство задаваемых вопросов	Дает неполные ответы на большинство вопросов	Дает полные ответы на большую часть заданных вопросов	Дает полные, развернутые ответы на все поставленные вопросы
Четкость изложения и интерпретации знаний	Излагает знания без логической последовательности	Излагает знания с нарушениями в логической последовательности	Излагает знания без нарушений в логической последовательности	Излагает знания в логической последовательности, самостоятельно их интерпретируя и анализируя
	Не иллюстрирует изложение поясняющими формулами, графиками, рисунками и примерами	Выполняет поясняющие формулы, графики и рисунки небрежно и с ошибками	Выполняет поясняющие формулы, рисунки и схемы корректно и правильно	Выполняет поясняющие рисунки и схемы точно и аккуратно, раскрывая полноту усвоенных знаний
	Не излагает или неверно излагает и интерпретирует знания	Допускает неточности в изложении и интерпретации знаний	Грамотно и по существу излагает знания	Грамотно и точно излагает знания, делает самостоятельные выводы

Оценка сформированности компетенций по показателю *Умения*.

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Полнота ответа на вопросы экзаменационного билета	Ответы на вопросы экз. билета даны не верно	Ответы даны не в полном объеме	Ответы на вопросы билета раскрыты полностью	Ответы выполнены полностью, рациональным способом
Качество ответа на вопросы экзаменационного билета	Имеются существенные ошибки при ответе на вопросы билета	Ответы выполнены с существенными неточностями, не носящими прин-	Ответы выполнены с небольшими неточностями	Ответы выполнены без ошибок

		ципиальный ха- рактер		
Самостоятельность подготовки ответа на вопросы экзаменационного билета	Не может подготовить ответы, в том числе и с дополнительной помощью	Может выполнить задание только с дополнительной помощью	Выполняет задание в основном самостоятельно	Самостоятельно выполняет задание
Умение сравнивать, сопоставлять и обобщать и делать выводы	Не умеет сравнивать, сопоставлять и обобщать, а также делать выводы при ответе на вопросы билета	Допускает ошибки при сопоставлении, обобщении и при формулировании выводов на заданные вопросы	Умеет сравнивать, сопоставлять и обобщать, но допускает небольшие неточности при формулировании выводов	Умеет сравнивать, сопоставлять и обобщать, а также делает верные выводы на задаваемые вопросы
Качество оформления ответа на вопросы экзаменационного билета	Ответы оформлены настолько неряшливо, что не поддаются проверке	Ответы оформлены неаккуратно, отсутствуют необходимые пояснения в виде графиков, схем и формул	Ответы оформлены аккуратно, с необходимыми пояснениями	Ответы оформлены аккуратно, с необходимыми пояснениями и ссылками на используемые источники
Правильность применения теоретического материала	При объяснении теоретического материала допускаются грубые ошибки в технических терминах	Объясняя теоретический материал, допускает ошибки, не носящие принципиальный характер	Теоретический материал применен и интерпретирован в целом правильно, но с несущественными неточностями	Теоретический материал применен и интерпретирован правильно

Оценка сформированности компетенций по показателю *Навыки*.

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Выбор методики формирования ответов на вопросы билета	Неверно выбрана методика подготовки ответов	Методика формирования ответов выбрана в целом верно, но имеются незначительные неточности при описании расчетных зависимостей и графического материала	Методика выполнения ответов выбрана верно, но имеются недочеты, не относящиеся к основным расчетным зависимостям и графическому материалу	Выбрана верная или наиболее рациональная методика формирования ответов с применением графического и аналитического методов
Анализ результатов решения задачи	Не произведен анализ результатов решения задачи	Анализ результатов, полученных при решении задачи, выполняется только при помощи преподавателя	Допускаются незначительные неточности в ходе анализа результатов решения задачи	Произведен анализ результатов решения задачи и сделаны исчерпывающие выводы
Обоснование полученных результатов	Представляемые результаты не обоснованы	Имеются замечания к полученным результатам, отсутствует в достаточной степени их обоснование	Представляемые результаты обоснованы и в целом аргументированы, имеются ссылки на учебно-методическую литературу	Представляемые результаты обоснованы, четко аргументированы с указанием ссылок на нормативные, справочные и учебно-

				методические источники
--	--	--	--	------------------------

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

6.1. Материально-техническое обеспечение

№	Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы
1	Учебная аудитория для проведения лекционных занятий	Специализированная мебель; мультимедийный проектор, переносной экран, ноутбук
2	Учебная аудитория для проведения практических занятий, лабораторных работ, консультаций, текущего контроля, промежуточной аттестации	Специализированная мебель. Переносные лабораторные стенды: изучение магнито-стрикционного эффекта; исследование влияния температуры на сопротивление проводников и полупроводников; исследование влияния материала сердечника катушки индуктивности на характеристики колебательного контура; исследование свойств магнитных материалов. Специализированное оборудование: осциллографы Instek GOS - 620, цифровые мультиметры DT-890+, M-890D, генераторы ГЗ-112/1,
3	Мастерская для проведения лабораторной работы по изучению пайки электротехнических материалов	Специализированная мебель. Специализированное оборудование: паяльной станцией Lukey 852D ⁺ . Расходные материалы: проволока (медная, алюминиевая); флюсы (канифоль, активный флюс); припой (ПОС-61, сплав Вуда).
4	Читальный зал библиотеки для самостоятельной работы	Специализированная мебель; компьютерная техника, подключенная к сети «Интернет», имеющая доступ в электронную информационно-образовательную среду

6.2. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение

№	Перечень лицензионного программного обеспечения.	Реквизиты подтверждающего документа
1	Microsoft Windows 10 Корпоративная	Соглашение Microsoft Open Value Subscription V6328633. Соглашение действительно с 02.10.2017 по 31.10.2023). Договор поставки ПО 0326100004117000038-0003147-01 от 06.10.2017
2	Microsoft Office Professional Plus 2016	Соглашение Microsoft Open Value Subscription V6328633. Соглашение действительно с 02.10.2017 по 31.10.2023
3	Kaspersky Endpoint Security «Стандарт-	Сублицензионный договор № 102 от

	ный Russian Edition»	24.05.2018. Срок действия лицензии до 19.08.2020 Гражданско-правовой Договор (Контракт) № 27782 «Поставка продления права пользования (лицензии) Kaspersky Endpoint Security от 03.06.2020. Срок действия лицензии 19.08.2022г.
4	Google Chrome	Свободно распространяемое ПО согласно условиям лицензионного соглашения
5	Mozilla Firefox	Свободно распространяемое ПО согласно условиям лицензионного соглашения

6.2. Перечень учебных изданий и учебно-методических материалов

1. Савина Н.В. Надежность систем электроэнергетики [электронный ресурс]: учеб. пособие / Н.В. Савина – Благовещенск: Изд-во Амур. гос. ун-та, 2011. – 268 с., 1898 Кб. Режим доступа: <http://rucont.ru>

2. Секретарев Ю.А. Надежность электроснабжения [Электронный ресурс]: учебное пособие / Ю.А. Секретарев. - Электрон. текстовые данные. - Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2010. - 105 с. - 978-5-7782-1517-7. - Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/45118.html> – Загл. с экрана.

3. Калинин В.Ф. Надёжность систем электроснабжения [Электронный ресурс]: учебное пособие / В.Ф. Калинин, А.В. Кобелев, С.В. Кочергин. — Электрон. текстовые данные. - Тамбов: Тамбовский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2011. - 81 с. - 978-5-8265-1042-1. - Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/64126.html> – Загл. с экрана

4. Хорольский, В. Я. Надежность электроснабжения : учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по направлению 140200 "Электроэнергетика" и специальности 140211 "Электроснабжение" / В. Я. Хорольский, М. А. Таранов. - Москва: Форум, 2014. - 126 с.

5. Васильев, И. Е. Надежность электроснабжения : учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по направлению подгот. 140400 "Электроэнергетика и электротехника" / И. Е. Васильев. - Москва : МЭИ, 2014. - 174 с.

6. Правила устройства электроустановок / Минэнерго РФ. – М.: Энергоатомиздат, 2009. – 320 с.

6.4. Перечень интернет ресурсов, профессиональных баз данных, информационно-справочных систем

1. Научная электронная библиотека [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://elibrary.ru/defaultx.asp> . - Загл. с экрана.
2. Электронно-библиотечная система IQlib [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.iqlib.ru> . - Загл. с экрана.