

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«БРАТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**Кафедра электроэнергетики и электротехники**

УТВЕРЖДАЮ:

Проректор по учебной работе

\_\_\_\_\_ Е.И.Луковникова

« \_\_\_\_\_ » декабря 2018 г.

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

Надежность электроснабжения

Б1.В.12

### **НАПРАВЛЕНИЕ ПОДГОТОВКИ**

**13.03.02** Электроэнергетика и электротехника

### **ПРОФИЛЬ ПОДГОТОВКИ**

**Электроснабжение**

Программа академического бакалавриата

Квалификация (степень) выпускника: бакалавр

<b>1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ .....</b>	<b>3</b>
<b>2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ .....</b>	<b>4</b>
<b>3. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМА ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>4</b>
3.1 Распределение объёма дисциплины по формам обучения.....	4
3.2 Распределение объёма дисциплины по видам учебных занятий и трудоемкости .....	4
<b>4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>5</b>
4.1 Распределение разделов дисциплины по видам учебных занятий .....	5
4.2 Содержание дисциплины, структурированное по разделам и темам .....	6
4.3 Лабораторные работы.....	7
4.4 Семинары / практические занятия.....	7
4.5. Контрольные мероприятия: курсовой проект (курсовая работа), контрольная работа, РГР, реферат.....	7
<b>5. МАТРИЦА СООТНЕСЕНИЯ РАЗДЕЛОВ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ К ФОРМИРУЕМЫМ В НИХ КОМПЕТЕНЦИЯМ И ОЦЕНКЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>8</b>
<b>6. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ</b>	<b>9</b>
<b>7. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....</b>	<b>9</b>
<b>8. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО – ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ» НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>9</b>
<b>9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ.....</b>	<b>10</b>
9.1. Методические указания для обучающихся по выполнению лабораторных работ/ семинаров / практических работ .....	10
<b>10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ .....</b>	<b>18</b>
<b>11. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ .....</b>	<b>19</b>
<b>Приложение 1. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине.....</b>	<b>20</b>
<b>Приложение 2. Аннотация рабочей программы дисциплины .....</b>	<b>24</b>
<b>Приложение 3. Протокол о дополнениях и изменениях в рабочей программе .....</b>	<b>25</b>

**1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ**

## ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

### Вид деятельности выпускника

Дисциплина охватывает круг вопросов, относящихся к производственно-технологическому виду профессиональной деятельности выпускника в соответствии с компетенциями и видами деятельности, указанными в учебном плане.

### Цель дисциплины

Формирование у студентов понятия надежности как комплекса свойств электротехнических объектов и систем в целом.

### Задачи дисциплины

Освоение студентами методов расчета надежности восстанавливаемых и невозстанавливаемых элементов, групп элементов, соединенных различным способом. Усвоение основных методик расчета схем электроснабжения, распределительных устройств, оптимального назначения резервов мощности в энергосистеме на основе технико-экономических расчетов.

Код компетенции 1	Содержание компетенций 2	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине 3
ОПК-2	способность применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении экспериментальных задач	<b>знать:</b> - особенности моделей расчета надежности элементов, групп элементов, имеющих различное соединение; - методику расчета надежности схем распределительных устройств; <b>уметь:</b> - использовать математические модели для расчета показателей надежности элементов и различно соединенных групп элементов; <b>владеть:</b> – навыками разработки алгоритмов и программ расчета надежности показателей систем электроснабжения; .
ПК-9	способность составлять и оформлять типовую техническую документацию	<b>знать:</b> -способы оценки последствий отказов энергетических установок; -основные принципы выбора оптимальной величины резервов мощности в энергосистеме; <b>уметь:</b> -анализировать принятые инженерные решения по обеспечению надежности на основе технико-экономических расчетов; <b>владеть:</b> -принятия обоснованного инженерного решения при выборе оптимального уровня надежности при проектировании и эксплуатации электроэнергетического объекта.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина Б1.В. 12 Надежность электроснабжения относится к вариативной части.

Дисциплина Надежность электроснабжения базируется на знаниях, полученных при изучении таких учебных дисциплин, как: «Математика» и «Применение теории вероятностей и математической статистики», курсах «Передача и распределение электрической энергии», «Электроснабжение», «Экономика энергетики»

Основываясь на изучении перечисленных дисциплин, Надежность электроснабжения представляет основу для изучения дисциплин: «Электроснабжение», «Системы электроснабжения городов и промышленных предприятий» и др.

Такое системное междисциплинарное изучение направлено на достижение требуемого ФГОС уровня подготовки по квалификации бакалавр.

## 3. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМА ДИСЦИПЛИНЫ

### 3.1. Распределение объема дисциплины по формам обучения

Форма обучения	Курс	Семестр	Трудоемкость дисциплины в часах						Курсовая работа (проект), контрольная работа, реферат, РГР	Вид промежуточной аттестации
			Всего часов (с экз.)	Аудиторных часов	Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия	Самостоятельная работа		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<b>Очная</b>	3	6	144	54	18	-	36	36	-	экзамен
<b>Заочная</b>	4	-	144	16	6	-	10	119	-	экзамен
<b>Заочная</b> (ускоренное обучение)	2	-	144	14	6	-	8	121	-	экзамен

### 3.2. Распределение объема дисциплины по видам учебных занятий и трудоемкости

Вид учебных занятий	Трудоемкость (час.)	в т.ч. в интерактивной, активной, инновационной формах, (час.)	Распределение по семестрам, час
			6
1	2	3	4
<b>I. Контактная работа обучающихся с преподавателем (всего)</b>	54	20	54
Лекции (Лк)	18	10	18
Практические занятия (ПЗ)	18	10	18
Групповые (индивидуальные) консультации*	+	-	+
<b>II. Самостоятельная работа обучающихся (СР)</b>	36	-	36
Подготовка к лабораторным работам	13	-	13
Подготовка к практическим занятиям	13	-	13
Подготовка к экзамену в течение семестра	10	-	10
<b>III. Промежуточная аттестация экзамен</b>	54	-	54
Общая трудоемкость дисциплины ..... час.	144	-	144

зач. ед.	4	-	4
----------	---	---	---

#### 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

##### 4.1. Распределение разделов дисциплины по видам учебных занятий

- для очной формы обучения:

№ раз- дела	Наименование раздела дисциплины	Трудоем- кость, (час.)	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоёмкость, (час.)		
			учебные занятия		самостояте льная работа обучаю- щихся*
			лекции	практические занятия	
1.	Основные понятия и свойства надежности	21	2	12	7
2.	Надежность элементов и групп элементов.	16	8	-	8
3.	Последствия отказов электроэнергетических установок	14	5	2	7
4.	Назначение оптимальной величины резерва мощности в энергосистеме	21	2	12	7
5.	Расчет надежности схем распределительных устройств.	18	1	10	7
	<b>ИТОГО</b>	<b>90</b>	<b>18</b>	<b>36</b>	<b>36</b>

- для заочной формы обучения:

№ раз- дела	Наименование раздела дисциплины	Трудоем- кость, (час.)	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоёмкость, (час.)		
			учебные занятия		самостояте льная работа обучаю- щихся*
			лекции	практические занятия	
1.	Основные понятия и свойства надежности	26	1	2	23
2.	Надежность элементов и групп элементов.	23	1	-	22
3.	Последствия отказов электроэнергетических установок	26	1	2	23
4.	Назначение резерва оптимальной величины мощности в энергосистеме	30	1	3	26
5.	Расчет надежности схем распределительных устройств.	30	2	3	25
	<b>ИТОГО</b>	<b>135</b>	<b>6</b>	<b>10</b>	<b>119</b>

- для заочной формы обучения (ускоренное обучение):

№ раздела	Наименование раздела дисциплины	Трудоемкость, (час.)	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоемкость, (час.)		
			учебные занятия		самостоятельная работа обучающихся*
			лекции	практические занятия	
1.	Основные понятия и свойства надежности	26	1	2	23
2.	Надежность элементов и групп элементов.	25,5	0,5	-	25
3.	Последствия отказов электроэнергетических установок	28	2	2	24
4.	Назначение оптимальной величины резерва мощности в энергосистеме	27	2	2	23
5.	Расчет надежности схем распределительных устройств.	28,5	1	2	26
<b>ИТОГО</b>		<b>135</b>	<b>6</b>	<b>8</b>	<b>121</b>

#### 4.2. Содержание дисциплины, структурированное по разделам и темам

##### Раздел 1. Основные понятия и свойства надежности

Введение. Проблема надёжности и её значение для современной техники и электроэнергетики. Основные задачи, возникающие при изучении проблем надёжности электроснабжения. Причины и характер повреждения основных элементов системы электроснабжения.

##### Раздел 2. Надежность элементов и групп элементов

Модели отказов в системах электроснабжения. Виды отказов, классификация отказов, типы отказов. Количественные характеристики основных показателей надёжности. Изучение интенсивности отказов во времени. Вероятность безотказной работы, вероятность возникновения отказов, интенсивность отказов, частота отказов. Расчётные формулы для экспоненциального закона надёжности. Показатели надёжности восстанавливаемых объектов. Вероятность восстановления элемента, вероятность не восстановления, частота восстановления, интенсивность, коэффициент готовности. Определение надёжности систем по показателям надёжности входящих в них элементов. Теорема сложения вероятностей. Теорема умножения вероятностей. Надежность систем с последовательным соединением элементов. Надежность систем с параллельным соединением элементов. Надежность систем при постоянном общем резервировании. Надежность систем при постоянном раздельном резервировании. Надежность систем со смешанным соединением элементов. Приблизительный метод преобразования треугольника в звезду и обратно. Приблизительный метод исключения элементов.

##### Раздел 3. Последствия отказов электроэнергетических установок

Особенности расчёта надёжности схем электроснабжения. Учёт преднамеренных отключений. Преднамеренные отключения при последовательном соединении элементов, при параллельном соединении. Расчёт показателей надёжности схем электроснабжения. Расчёт показателей надёжности электроустановок. Надежность не резервируемых сетей электроснабжения. Показатели надёжности систем электроснабжения. Линии без коммутационных аппаратов. Линии с коммутационными аппаратами. Определение времени поиска повреждённого участка. Надежность не резервируемых сетей электроснабжения. Показатели надёжности систем электроснабжения. Линии без коммутационных аппаратов. Линии с коммутационными аппаратами. Определение времени поиска повреждённого участка.

##### Раздел 4. Назначение оптимальной величины резерва мощности в энергосистеме.

Потребители электрической энергии и последствия нарушений их электроснабжения. Влияние режима напряжения на надёжность электроснабжения потребителей. Функция реакции электрической сети. Функция реакции потребителей. Расчёт и оценка надёжности систем электроснабжения. Требования к надёжности электроснабжения потребителей. Технологические

ущербы и их влияние на требования к надёжности. Нормативная документация по надёжности в электроэнергетике. Выбор показателей надёжности электроснабжения.

#### **Раздел 5. Расчет надёжности схем распределительных устройств.**

Учёт надёжности при решении задач в системах электроснабжения. Нормирование показателей надёжности. Экологические формы управления надёжности электроснабжения. Выбор схем электроснабжения потребителей с учётом величины ущерба.

#### **4.3. Лабораторные работы**

Учебным планом не предусмотрено.

#### **4.4. Практические занятия**

<i>№ п/п</i>	<i>Номер раздела дисциплины</i>	<i>Наименование тем практических занятий</i>	<i>Объем (час.)</i>	<i>Вид занятия в интерактивной, активной, инновационной формах, (час.)</i>
1.	<b>1.</b>	Элементы теории вероятностей, случайные величины в энергетике и их законы распределения	4	-
2.		Определение показателей схемной (структурной) надёжности электрических сетей	4	Тренинг (4час.)
3.		Расчет надёжности схем электроснабжения с учетом плановых простоев	4	-
4.	<b>3.</b>	Расчет математического ожидания ущерба методом статистических испытаний	6	Тренинг(2час.)
5.	<b>4.</b>	Выбор аварийного резерва мощности в ЭЭС	8	Тренинг(4час.)
6.	<b>5.</b>	Расчет показателей надёжности распределительных устройств	4	-
7.		Расчет надёжности распределительных устройств на основе упрощенной модели отказов выключателей	6	-
<b>ИТОГО</b>			<b>36</b>	<b>14</b>

#### **4.5. Контрольные мероприятия: курсовой проект (курсовая работа), контрольная работа, РГР, реферат**

Учебным планом не предусмотрено.

**5. МАТРИЦА СООТНЕСЕНИЯ РАЗДЕЛОВ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ К ФОРМИРУЕМЫМ В НИХ КОМПЕТЕНЦИЯМ И ОЦЕНКЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

<i>№, наименование разделов дисциплины</i>	<i>Кол-во часов</i>	<i>Компетенции</i>		<i>Σ комп.</i>	<i>t<sub>ср</sub>, час</i>	<i>Вид учебных занятий</i>	<i>Оценка результатов</i>
		<i>ОПК</i>	<i>ПК</i>				
		<i>2</i>	<i>9</i>				
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>
<b>1.</b> Основные понятия и свойства надежности	21	+	+	2	21	Лк, ПЗ,СР	экзамен
<b>2.</b> Надежность элементов и групп элементов.	16	+	+	2	16	Лк, СР	экзамен
<b>3.</b> Последствия отказов электроэнергетических установок	14	+	+	2	14	Лк, ПЗ,СР	экзамен
<b>4.</b> Назначение оптимальной величины резерва мощности в энергосистеме	21	+	+	2	21	Лк, ПЗ,СР	экзамен
<b>5.</b> Расчет надежности схем распределительных устройств.	18	+	+	2	18	Лк, ПЗ,СР	экзамен
<b>всего часов</b>	<b>90</b>	<b>45</b>	<b>45</b>	<b>2</b>	<b>90</b>		



## 6. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

1. Расчет надежности электроснабжения:

Методические указания /Составитель Н.А.Карпова – Братск: ФГБОУ ВПО «БрГУ», 2012, 30 с.

## 7. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	Наименование издания	Вид занятия (Лк, ПЗ, СР)	Количество экземпляров в библиотеке, шт.	Обеспеченность, (экз./ чел.)
1	2	3	4	5
<b>Основная литература</b>				
1.	Гук, Ю. Б. Теория надежности. Введение [Электронный ресурс] : учебное пособие / Ю. Б. Гук, В. В. Карпов, А. А. Лапидус. - Санкт-Петербург : Изд-во политехнического университета, 2009. - 171 с. - Б. ц. <a href="http://ecat.brstu.ru/catalog/Ресурсы%20свободного%20доступа/Гук%20Ю.Б.%20Теория%20надежности.%20Введение.Учеб.%20пособие.2009.pdf">http://ecat.brstu.ru/catalog/Ресурсы%20свободного%20доступа/Гук%20Ю.Б.%20Теория%20надежности.%20Введение.Учеб.%20пособие.2009.pdf</a>	Лк, ПЗ, СР	ЭР	1
2.	Анищенко В.А. Основы надежности систем электроснабжения: учебное пособие/ В.А. Анищенко.- Мн.: БНТУ, 2007.-151с. <a href="http://ecat.brstu.ru/catalog/Ресурсы%20свободного%20доступа/Анищенко%20В.А.Основы%20надежности%20систем%20электроснабжения.Учеб.пособие.2007.pdf">http://ecat.brstu.ru/catalog/Ресурсы%20свободного%20доступа/Анищенко%20В.А.Основы%20надежности%20систем%20электроснабжения.Учеб.пособие.2007.pdf</a>	Лк, ПЗ, СР	ЭР	1
<b>Дополнительная литература</b>				
3.	Надёжность систем энергетики и их оборудования. В 4 т. Т2. Надёжность электроэнергетических систем: справочник /Под ред. Ю.Н.Руденко. - Москва: Энергоатомиздат, 2000.	Лк, ПЗ, СР	5	0,3
4.	Конюхова Е. А. Электроснабжение объектов: учеб. пособие /Е.А.Конюхова - М.: Академия, 2004.-320 с: ил.	Лк, , ПЗ, СР	10	0,6

## 8. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ» НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Электронный каталог библиотеки БрГУ

[http://irbis.brstu.ru/CGI/irbis64r\\_15/cgiirbis\\_64.exe?LNG=&C21COM=F&I21DBN=BOOK&P21DBN=BOOK&S21CNR=&Z21ID=](http://irbis.brstu.ru/CGI/irbis64r_15/cgiirbis_64.exe?LNG=&C21COM=F&I21DBN=BOOK&P21DBN=BOOK&S21CNR=&Z21ID=).

2. Электронная библиотека БрГУ

<http://ecat.brstu.ru/catalog> .

3. Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека online»

<http://biblioclub.ru> .

4. Электронно-библиотечная система «Издательство «Лань»

<http://e.lanbook.com> .

5. Информационная система "Единое окно доступа к образовательным ресурсам"

<http://window.edu.ru> .

6. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU <http://elibrary.ru> .

7. Университетская информационная система РОССИЯ (УИС РОССИЯ)

<https://uisrussia.msu.ru/> .

8. Национальная электронная библиотека НЭБ

<http://xn--90ax2c.xn--p1ai/how-to-search/> .

## 9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

### 9.1. Методические указания для обучающихся по выполнению практических работ

#### Практическое занятие №1.

Элементы теории вероятностей, случайные величины в энергетике и их законы распределения

Цель работы: Изучить на практике количественные показатели надежности и формулы их определения.

#### Задание:

1. Определить интенсивность отказов за первый и последний зафиксированный час работы.
2. Сделать вывод о надежности устройства в начале и конце испытаний.

#### Порядок выполнения:

Представим условие задачи в виде временной оси, представленной на рис. 1 с обозначением числа элементов отказывающих в разные моменты времени.

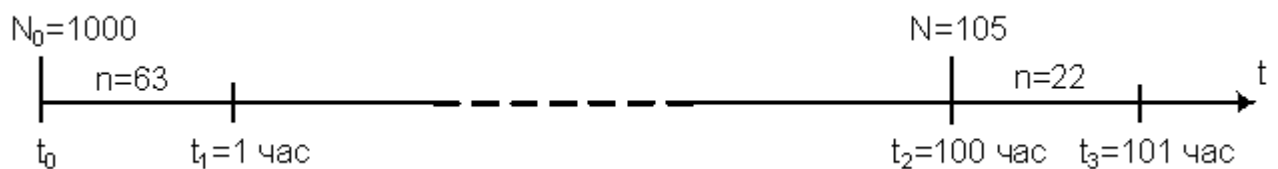


Рис. 1. Графическое представление условий задачи

На первый взгляд может показаться, что поскольку в последний час наблюдений отказов устройств меньше, и надежность устройств выше, но это не так. Истинный вывод можно сделать только после определения интенсивностей отказа за первый и последний часы и их сравнения.

Интенсивность отказов за период времени  $\Delta t$  определяется по формуле:

$$\lambda(t) = \frac{n(\Delta t)}{N_{\text{ср}} \cdot \Delta t}, \frac{1}{\text{час}} \quad (1.1)$$

где  $n(\Delta t)$  – число отказов за время;  $N_{\text{ср}}$  – число элементов оставшихся в работоспособном состоянии к середине интервала  $\Delta t$ .

#### Форма отчетности:

Результат решения в тетради по практическим занятиям.

#### Задания для самостоятельной работы:

1. Задача. На испытание поставлено 100 однотипных изделий. За 4000 час. отказало 50 изделий. За интервал времени 4000 - 4100 час. отказало ещё 20 изделий. Требуется определить  $f^*(t), \lambda^*(t)$  при  $t=4000$  час.

2. Задача. На испытание поставлено 100 однотипных изделий.

За 4000 час. отказало 50 изделий. Требуется определить  $p^*(t)$  и  $q^*(t)$  при  $t=4000$  час.

Задача 1.9. В течение 1000 час из 10 гироскопов отказало 2. За интервал времени 1000 - 1100 час. отказал еще один гироскоп. Требуется определить  $f^*(t), \lambda^*(t)$  при  $t=1000$  час.

3. Задача. На испытание поставлено 1000 однотипных электронных ламп. За пер-

вые 3000 час. отказало 80 ламп. За интервал времени 3000 - 4000 час. отказало еще 50 ламп. Требуется определить  $p^*(t)$  и  $q^*(t)$  при  $t=4000$  час.

4. Задача. На испытание поставлено 1000 изделий. За время  $t=1300$  час. вышло из строя 288 штук изделий. За последующий интервал времени 1300-1400 час. вышло из строя еще 13 изделий. Необходимо вычислить  $p^*(t)$  при  $t=1300$  час. и  $t=1400$  час.;  $f^*(t)$ ,  $\lambda^*(t)$  при  $t=1300$  час.

Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к практическому занятию  
Изучение лекционного материала, списка рекомендованной литературы.

#### Рекомендуемые источники

1. Федеральный закон от 26 марта 2003 г. N 35-ФЗ Об электроэнергетике (с изменениями от 22 августа, 30 декабря 2004 г., 18 декабря 2006 г., 11 ноября 2007 г., 14 июля, 25 декабря 2008 г., 23 ноября 2009 г., 9 марта, 26, 27 июля, 28 декабря 2010 г., 7 февраля 2011 г.)
2. ГОСТ 32144-2013 Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения

#### Основная литература

1. Анищенко В.А. Основы надежности систем электроснабжения: учебное пособие / В.А. Анищенко. - Мн.: БНТУ, 2007. - 151 с.

#### Дополнительная литература

1. Надёжность систем энергетики и их оборудования. В 4 т. Т2. Надёжность электроэнергетических систем: справочник / Под ред. Ю.Н. Руденко. - Москва: Энергоатомиздат, 2000.

#### Контрольные вопросы для самопроверки

1. Что такое вероятность безотказной работы, интенсивность отказов, частота отказов?
2. Графическое изображение количественных показателей надежности.

#### Практическое занятие №2

Определение показателей схемной (структурной) надежности электрических сетей

Цель работы: Изучить показатели схемной (структурной) надежности электрических сетей.

#### Задание:

1. Время работы изделия до отказа подчиняется закону распределения Релея. Требуется вычислить количественные характеристики надежности изделия  $p(t)$ ,  $f(t)$ ,  $\lambda(t)$ ,  $m(t)$  для  $t=1000$  час, если параметр распределения  $\sigma t=1000$  час.

#### Порядок выполнения:

1. Вычислим вероятность безотказной работы  $p(t)$
2. Определим частоту отказа  $f(t)$
3. Рассчитаем интенсивность отказов
4. Определим среднее время безотказной работы изделия

#### Форма отчетности:

Результат решения в тетради по практическим занятиям.

#### Задания для самостоятельной работы:

- 1 Задача. Вероятность безотказной работы автоматической линии изготовления цилиндров автомобильного двигателя в течении 120 час равна 0.9. Предполагается, что справедлив экспоненциальный закон надежности. Требуется рассчитать интенсивность отказов и частоту отказов линии для момента времени  $t=120$  час., а также среднее время безотказной рабо-

ты.

2. Задача. Среднее время безотказной работы автоматической системы управления равно 640 час. Предполагается, что справедлив экспоненциальный закон надежности. Необходимо определить вероятность безотказной работы в течение 120 час., частоту отказов для момента времени  $t=120$  час и интенсивность отказов.

3. Задача. Время работы изделия подчинено нормальному закону с параметрами  $mt = 8000$  час.,  $\sigma t = 1000$  час. Требуется вычислить количественные характеристики надежности  $p(t)$ ,  $f(t)$ ,  $\lambda(t)$ ,  $mt$  для  $t=8000$  час.

4. Задача. Время безотказной работы прибора подчинено закону Релея с параметром  $\sigma t = 1860$  час. Требуется вычислить  $P(t)$ ,  $f(t)$ ,  $\lambda(t)$  для  $t = 1000$  час и среднее время безотказной работы.

#### Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к практическому занятию

Изучение лекционного материала, списка рекомендованной литературы.

#### Рекомендуемые источники

1. Федеральный закон от 26 марта 2003 г. N 35-ФЗ Об электроэнергетике (с изменениями от 22 августа, 30 декабря 2004 г., 18 декабря 2006 г., 11 ноября 2007 г., 14 июля, 25 декабря 2008 г., 23 ноября 2009 г., 9 марта, 26, 27 июля, 28 декабря 2010 г., 7 февраля 2011 г.)

2. ГОСТ 32144-2013 Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения

#### Основная литература

1. Анищенко В.А. Основы надежности систем электроснабжения: учебное пособие/ В.А. Анищенко.-Мн.:БНТУ, 2007.-151с.

#### Дополнительная литература

1 Надёжность систем энергетики и их оборудования. В 4 т. Т2. Надёжность электроэнергетических систем: справочник /Под ред. Ю.Н.Руденко. - Москва: Энергоатомиздат, 2000.

#### Контрольные вопросы для самопроверки

1. Перечислите показатели структурной надежности.

#### **Практическое занятие №3.**

Расчет надежности схем электроснабжения с учетом плановых простоев

Цель работы: Освоение расчетов надежности схем электроснабжения с учетом плановых простоев.

#### Задание:

1. Система состоит из 12600 элементов, средняя интенсивность отказов которых  $\lambda_{cp} = 0,32 \cdot 10^{-6}$  1/час. Требуется определить  $P_c(t)$ ,  $q_c(t)$ ,  $f_c(t)$ ,  $mt_c$ , для  $t=50$  час. Здесь  $P_c(t)$  - вероятность безотказной работы системы в течение времени  $t$ ;  $q_c(t)$  – вероятность отказа системы в течение времени  $t$ ;  $f_c(t)$  – частота отказов или плотность вероятности времени  $T$  безотказной работы системы.

#### Порядок выполнения:

Интенсивность отказов системы по формуле (3.11) будет

$$\lambda_c = \lambda_{cp} \cdot n = 0,32 \cdot 10^{-6} \cdot 12600 = 4,032 \cdot 10^{-3} \text{ 1/час.}$$

Из (3.13) имеем

$$P_c(t) = e^{-\lambda_c t}; P_c(50) = e^{-4,032 \cdot 10^{-3} \cdot 50} \approx 0,82.$$

Из (3.15) получим

$$q_c(t) = \lambda_c e^{-\lambda_c t} = \lambda_c P_c(t); q_c(50) = 1 - P_c(50) \approx 0,18.$$

Из (3.14) имеем

$$f_c(t) = \lambda_c e^{-\lambda_c t}$$

$$= \lambda_c P_c(t); f_c(50) = 4,032 \cdot 10^{-3} \cdot 0,82 = 3,28 \cdot 10^{-3} \text{ 1/час.}$$

Из (3.16) получим

$m_{тс} = 1/\lambda_{с} = 1/4,032 \cdot 10^{-3} \approx 250$  час.

Форма отчетности: Результат решения в тетради по практическим занятиям.

#### Задания для самостоятельной работы:

1. Задача. Аппаратура связи состоит из 2000 элементов, средняя интенсивность отказов которых  $\lambda_{ср} = 0,33 \cdot 10^{-5}$  1/час.

Необходимо определить вероятность безотказной работы аппаратуры в течении  $t = 200$  час и среднее время безотказной работы аппаратуры.

2. Задача. Невосстанавливаемая в процессе работы электронная машина состоит из 200000 элементов, средняя интенсивность отказов которых  $\lambda = 0,2 \cdot 10^{-6}$  1/час. Требуется определить вероятность безотказной работы электронной машины в течении  $t = 24$  часа и среднее время безотказной работы электронной машины.

3. Задача. Система управления состоит из 6000 элементов, средняя интенсивность отказов которых  $\lambda_{ср} = 0,16 \cdot 10^{-6}$  1/час. Необходимо определить вероятность безотказной работы в течении  $t = 50$  час и среднее время безотказной работы.

4. Задача. Прибор состоит из  $n = 5$  узлов. Надежность узлов характеризуется вероятностью безотказной работы в течение времени  $t$ , которая равна:  $P_1(t) = 0,98$ ;  $P_2(t) = 0,99$ ;  $P_3(t) = 0,998$ ;  $P_4(t) = 0,975$ ;  $P_5(t) = 0,985$ . Необходимо определить вероятность безотказной работы прибора.

5. Задача. Система состоит из пяти приборов, среднее время безотказной работы которых равно:  $m_{т1} = 83$  час;  $m_{т2} = 220$  час;  $m_{т3} = 280$  час;  $m_{т4} = 400$  час;  $m_{т5} = 700$  час. Для приборов справедлив экспоненциальный закон надежности. Требуется найти среднее время безотказной работы системы.

6. Задача. Прибор состоит из пяти блоков. Вероятность безотказной работы каждого блока в течение времени  $t = 50$  час равна:  $P_1(50) = 0,98$ ;  $P_2(50) = 0,99$ ;  $P_3(50) = 0,998$ ;  $P_4(50) = 0,975$ ;  $P_5(50) = 0,985$ . Справедлив экспоненциальный закон надежности. Требуется найти среднее время безотказной работы прибора.

#### Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к практическому занятию

Изучение лекционного материала, списка рекомендованной литературы.

#### Рекомендуемые источники

1. Федеральный закон от 26 марта 2003 г. N 35-ФЗ Об электроэнергетике (с изменениями от 22 августа, 30 декабря 2004 г., 18 декабря 2006 г., 11 ноября 2007 г., 14 июля, 25 декабря 2008 г., 23 ноября 2009 г., 9 марта, 26, 27 июля, 28 декабря 2010 г., 7 февраля 2011 г.)

2. ГОСТ 32144-2013 Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения

#### Основная литература

1. Анищенко В.А. Основы надежности систем электроснабжения: учебное пособие / В.А. Анищенко. - Мн.: БНТУ, 2007. - 151 с.

#### Дополнительная литература

1. Надёжность систем энергетики и их оборудования. В 4 т. Т2. Надёжность электроэнергетических систем: справочник / Под ред. Ю.Н. Руденко. - Москва: Энергоатомиздат, 2000.

#### Контрольные вопросы для самопроверки

1. Какие схемы электроснабжения вы знаете? Где надежность выше?

2. Как оценить надежность схем промышленного предприятия, города, села?

### **Практическое занятие №4**

Расчет математического ожидания ущерба методом статистических испытаний

Цель работы: Освоить методы расчета математического ожидания ущерба методом

статических испытаний.

Задание:

1. Определить математическое ожидание ущерба потребителей методом статистических испытаний для двух потребителей электроэнергии.

**Исходные данные**

1. Функция распределения отказов ( $F(t_n)$ ) по часам суток.

$t_n, ч$	0	4	8	12	16	20	24
$F(t_n)$	0	0,17	0,36	0,58	0,7	0,86	1,0

2. Зависимость величины удельных ущербов от недоотпуска мощности.

$y_{0A,0B},$ руб. кВт	0	4	4
$T\phi, ч$	0	17	24

3. Суточный график нагрузки потребителей (одинаковый для всего года).

$T, ч$	0...4	5...6	7...8	9...1	13...	16...	21...
$P_n,$ МВт	100	120	170	190	90	150	70

4. Время восстановления ( $T_B$ ).

5. Мощность потребителя Б ( $P_B$ ).

6. Параметр потока отказов ЛЭП ( $\omega$ ).

7. Удельный ущерб от недоотпуска электроэнергии потребителя А и Б ( $y_{0A}, y_{0B}$ ).

8. Ряд псевдослучайных чисел для определения времени начала перерыва электроснабжения –  $R$ .

Порядок выполнения:

1. Имея ряд псевдослучайных чисел  $R$ , моделирующих функции распределения отказов по часам суток, можно определить, пользуясь зависимостью  $F(t_n) = f(t_n)$ , момент наступления аварии  $t_n$ , имея в виду, что  $n \in ( ) FR$

2. Затем, используя суточный график потребителей А и Б и зная время восстановления схемы электроснабжения после аварии, определим дефициты мощности и энергии потребителей А и Б,  $\Delta P_A, \Delta P_B$

3. Далее рассчитывается величина суммарного ущерба в первом опыте  $Y = \Delta P_A y_{0A}(T\phi) + \Delta P_B y_{0B}(T\phi) + \Delta \mathcal{E}_A y_{0A} + \Delta \mathcal{E}_B y_{0B}$ .

4. Расчеты повторяются  $N$  раз, после чего рассчитывается математическое ожидание суммарного ущерба потребителей, где  $\omega$  – параметр потока отказов элементов электроснабжения потребителей.

Форма отчетности:

Результат решения в тетради по практическим занятиям.

Задания для самостоятельной работы:

1. Машина состоит из 1024 стандартных ячеек и множества других элементов. В ЗИПе имеется еще две однотипные ячейки, которые могут заменить любую из отказавших. Все элементы, кроме указанных ячеек, идеальные в смысле надежности. Известно, что интенсивность отказов ячеек есть величина постоянная, а среднее время безотказной работы машины с учетом двух запасных ячеек  $mtc = 60$  час. Предполагается, что машина допускает короткий перерыв в работе на время отказавших ячеек. Требуется определить среднее время безотказной работы одной ячейки  $mt = mti, i = 1, 2, 3, 4$ . Определить вероятность безотказной работы резервированной системы  $Pc(t)$ , частоту отказов  $fc(t)$ , интенсивность отказов  $\lambda c(t)$  резервированной системы.

Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к практическому занятию

Изучение лекционного материала, списка рекомендованной литературы.

Рекомендуемые источники

1. Федеральный закон от 26 марта 2003 г. N 35-ФЗ Об электроэнергетике (с изменениями от 22 августа, 30 декабря 2004 г., 18 декабря 2006 г., 11 ноября 2007 г., 14 июля, 25 декабря 2008 г., 23 ноября 2009 г., 9 марта, 26, 27 июля, 28 декабря 2010 г., 7 февраля 2011 г.)

2. ГОСТ 32144-2013 Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения

#### Основная литература

1. Анищенко В.А. Основы надежности систем электроснабжения: учебное пособие / В.А. Анищенко. - Мн.: БНТУ, 2007. - 151 с.

#### Дополнительная литература

1. Надёжность систем энергетики и их оборудования. В 4 т. Т2. Надёжность электроэнергетических систем: справочник / Под ред. Ю.Н. Руденко. - Москва: Энергоатомиздат, 2000.

#### Контрольные вопросы для самопроверки

1. Какие резервы мощности можно рассчитывать с помощью метода статистических испытаний?

2. Что такое ущерб?

### **Практическое занятие №5.**

Выбор аварийного резерва мощности в ЭЭС

Цель работы: Умение выбрать аварийный резерв мощности в ЭЭС.

#### Задание:

1. Определить оптимальную величину аварийного резерва мощности в энергосистеме.

#### **Исходные данные**

1. Единичная мощность агрегата в ЭЭС  $N_{\text{агр}}$  равна 100 МВт.

2. Количество агрегатов в системе  $n$ , тип суточного графика нагрузки и коэффициент вынужденного простоя агрегата  $K_{\text{в}}$ .

3. Суточные графики нагрузки

4. Величина удельного ущерба от недоотпуска электрической энергии в целом по системе составляет 6 руб / кВт·ч.

5. Стоимость одного резервного агрегата в ЭЭС равна 150 млн руб.

6. Заданный срок окупаемости – 8 лет.

#### Порядок выполнения:

1. Определим вероятность простоя  $m$  агрегатов из  $n$  по формуле, где  $a$  – математическое ожидание числа агрегатов, находящихся в аварийном простое.

2. Составим ряд вероятностей вида  $p_0, p_1, \dots$ . Если резерв в ЭЭС отсутствует, то можем рассчитать дефицит мощности как  $D_0 = a N_{\text{агр}} = n K_{\text{в}} N_{\text{агр}}$ . При наличии в ЭЭС одного резервного агрегата средняя величина дефицита мощности будет составлять  $D_1 = N_{\text{агр}}$ , а при  $r$  резервных агрегатах  $D_r = N_{\text{агр}}$ .

3. Для расчета величины недоотпуска электроэнергии за год необходимо перестроить суточные графики нагрузки в график нагрузки по продолжительности и по нему определить изменение величины недоотпуска энергии при переходе от варианта с  $r$  резервными агрегатами к варианту с  $(r + 1)$  резервными агрегатами.

4. Далее рассчитывается изменение ущербов при переходе в общем случае от варианта с  $r$  резервными агрегатами к варианту с  $(r + 1)$  резервными агрегатами.

5. Рассчитав ряд сроков окупаемости и сравнив его с нормативным, можно выбрать вариант с оптимальным количеством резервных агрегатов в ЭЭС  $T_{r, r+1} = (K_{\text{уд}} N_{\text{агр}}) / M(Y_{r, r+1})$ , где  $K_{\text{уд}}$  – удельные капиталовложения в 1 МВт резервной мощности;  $N_{\text{агр}}$  – мощность резервного агрегата;  $M(Y_{r, r+1})$  – изменение математического ожидания ущерба от недоотпуска энергии, определяемого, как это показано на рисунке. Оптимальным следует считать тот вариант установки резервных агрегатов, который удовлетворяет следующему условию. Если  $T_{r, r+1} < T_{\text{н}}$ , а  $T_{r+1, r+2} > T_{\text{н}}$ , то оптимальным надо признать вариант с установкой числа резервных агрегатов, равных  $(r + 1)$ .

#### Форма отчетности:

Результат решения в тетради по практическим занятиям.

Задания для самостоятельной работы:

1 Определить оптимальную величину аварийного резерва мощности в энергосистеме по предлагаемым вариантам.

Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к практическому занятию  
Изучение лекционного материала, списка рекомендованной литературы.

#### Рекомендуемые источники

1. Федеральный закон от 26 марта 2003 г. N 35-ФЗ Об электроэнергетике (с изменениями от 22 августа, 30 декабря 2004 г., 18 декабря 2006 г., 11 ноября 2007 г., 14 июля, 25 декабря 2008 г., 23 ноября 2009 г., 9 марта, 26, 27 июля, 28 декабря 2010 г., 7 февраля 2011 г.)
2. ГОСТ 32144-2013 Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения

#### Основная литература

1. Анищенко В.А. Основы надежности систем электроснабжения: учебное пособие/ В.А. Анищенко. -Мн.:БНТУ, 2007.-151с.

#### Дополнительная литература

- 1 Надёжность систем энергетики и их оборудования. В 4 т.Т2. Надёжность электроэнергетических систем: справочник /Под ред. Ю.Н.Руденко. - Москва: Энергоатомиздат,2000.

#### Контрольные вопросы для самопроверки

1. Что такое аварийный резерв мощности ЭЭС?
2. Как рассчитать аварийный резерв

### **Практическое занятие №6**

Расчет показателей надежности распределительных устройств

Цель работы: научиться оценивать надежность распределительных устройств.

#### Задание:

1. Рассчитать надежность схемы распределительного устройства типовой подстанции 110/10 кВ два блока с отделителями и неавтоматической перемычкой со стороны линии.

#### Порядок выполнения:

1. Составим матрицу расчетных связей событий, аварий и режимов.
2. Неавтоматическую перемычку при этом не учитываем, так как она резервирует ЛЭП.
3. Пронумеруем элементы РУ.
4. Выберем расчетные аварии, приводящие к нарушению электроснабжения потребителей. Ими могут быть: А<sub>1</sub> – полное отключение потребителей в случае, если любой из элементов одного из блоков в плановом режиме, а на другом блоке любой элемент в аварийном состоянии; А<sub>2</sub> – отключение половины потребителей, если элемент 9 в ремонте и отказывает любой элемент схемы. Случай, когда нет элементов РУ в ремонте, не рассматривается, так как при 100 % резервирования выход из строя одного из элементов не приводит к ограничению потребителей.

#### Форма отчетности:

Результат решения в тетради по практическим занятиям.

#### Задания для самостоятельной работы:

1. Составить таблицу расчетных связей событий, режимов и аварий для заданной схемы РУ без учета отказов устройств РЗА.
2. Рассчитать показатели надежности схемы РУ для наиболее тяжелых видов аварий.

Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к практическому занятию  
Изучение лекционного материала, списка рекомендованной литературы.

#### Рекомендуемые источники



1. Федеральный закон от 26 марта 2003 г. N 35-ФЗ Об электроэнергетике (с изменениями от 22 августа, 30 декабря 2004 г., 18 декабря 2006 г., 11 ноября 2007 г., 14 июля, 25 декабря 2008 г., 23 ноября 2009 г., 9 марта, 26, 27 июля, 28 декабря 2010 г., 7 февраля 2011 г.)
2. ГОСТ 32144-2013 Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения

#### Основная литература

1. Анищенко В.А. Основы надежности систем электроснабжения: учебное пособие/ В.А. Анищенко.-Мн.:БНТУ, 2007.-151с.

#### Дополнительная литература

- 1 Надёжность систем энергетики и их оборудования. В 4 т.Т2. Надёжность электроэнергетических систем: справочник /Под ред. Ю.Н.Руденко. - Москва: Энергоатомиздат,2000.

#### Контрольные вопросы для самопроверки

- 1.Приведите электрические схемы распределительных устройств подстанций.
- 2.Назовите имеющиеся методы расчета.

#### **Практическое занятие №7**

Расчет надежности распределительных устройств на основе упрощенной модели отказов выключателей

Цель работы: Изучить методы расчета надежности распределительных устройств на основе упрощенной модели отказов выключателей.

#### Задание:

1. Рассчитать надежность схемы распределительного устройства, применив формализованный метод расчета.

#### Порядок выполнения:

1. Отказы выключателей частично являются следствием коротких замыканий на ЛЭП и на блоке. Отдельный учет отказа ЛЭП и линейного выключателя, блока и блочного выключателя приводит к несущественному завышению числа простоев линии и блока.

2. В расчетах не учитывается плановый ремонт сборных шин, так как вероятность этого режима весьма мала ( $\approx 0,001$ ). В расчете используются следующие исходные данные:  $\omega_i$ ,  $T_{Vi}$  – параметр потока отказов рассматриваемого элемента и время его восстановления;  $\mu_i$ ,  $T_{Pi}$  – периодичность проведения ремонта  $i$ -го элемента и длительность его планового простоя;  $T_{Oi}$ ,  $T_{Pi}$  – время, необходимое для выявления отказавшего выключателя, и время переключения разъединителей.

3.Расчет ведется в табличной форме, где в левом столбце выписаны элементы  $i$ , последствия отказов которых рассматриваются при расчете, а в верхней строке – ремонтируемые элементы. Нормальному режиму приписывается индекс 0. Эту таблицу называют матрицей расчетных связей событий, аварий и режимов (рис. 3.2). В данную матрицу вписываются расчетные аварии  $A_i$ , принятые к рассмотрению в расчетах.

#### Форма отчетности:

Результат решения в тетради по практическим занятиям

#### Задания для самостоятельной работы:

Определить показатели надежности на шинах 10 кВ понизительной подстанции 110/10 кВ. Подстанция с закрытым РУ 10 кВ обслуживается без дежурного персонала и имеет четыре отходящие линии 10 кВ, общая длина которых  $l = 50$  км. Длина питающей ВЛ 110 кВ  $l_{110} = 25$  км. Показатели надежности элементов приведены в табл.

#### Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к практическому занятию

Изучение лекционного материала, списка рекомендованной литературы.

#### Рекомендуемые источники

1. Федеральный закон от 26 марта 2003 г. N 35-ФЗ Об электроэнергетике (с изменениями от 22 августа, 30 декабря 2004 г., 18 декабря 2006 г., 11 ноября 2007 г., 14 июля, 25 декабря 2008 г., 23 ноября 2009 г., 9 марта, 26, 27 июля, 28 декабря 2010 г., 7 февраля 2011 г.)

2. ГОСТ 32144-2013 Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения

Основная литература

1. Анищенко В.А. Основы надежности систем электроснабжения: учебное пособие/ В.А. Анищенко.-Мн.: БНТУ, 2007.-151с.

Дополнительная литература

1 Надёжность систем энергетики и их оборудования. В 4 т.Т2. Надёжность электроэнергетических систем: справочник /Под ред. Ю.Н.Руденко. - Москва: Энергоатомиздат,2000.

Дополнительная литература

Контрольные вопросы для самопроверки

- 1.Какое влияние оказывает надежность выключателей на надежность схем распределительных устройств?
- 2.Как это учитывается в расчетах?

**10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

Информационно-коммуникационные технологии (ИКТ) – преподаватель использует для:

- получения информации при подготовке к занятиям,
- создания презентационного сопровождения лекций;
- создания тематических веб-сайтов;
- интерактивного общения.
  
- ОС Windows 7 Professional
- Microsoft Office 2007 Russian Academic OPEN No Level
- Антивирусное программное обеспечение Kaspersky Security.
- OpenOffice
- LibreOffice
- Adobe Reader
- doPDF
- 7-Zip
- Ай-Логос Система дистанционного обучения
- Программное обеспечение "Визуальная студия тестирования"

**11. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

<i>Вид занятия (Лк, ПЗ, СР)</i>	<i>Наименование аудитории</i>	<i>Перечень основного оборудования</i>	<i>№ Лк или ПЗ</i>
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
Лк	Аудиторный фонд	-	№1-9
ПЗ	Лаборатория электроснабжения	Учебные стенды	№1-7
СР	ЧЗЗ	Оборудование 15 ПК- CPU 5000/RAM 2Gb/HDD (Монитор TFT 19 LG 1953S-SF);принтер HP LaserJet P3005	

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ  
ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

**1. Описание фонда оценочных средств (паспорт)**

№ компетенции	Элемент компетенции	Раздел	ФОС
ОПК-2	способность применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении экспериментальных задач;	1. Основные понятия и свойства надежности	Экзаменационные вопросы 1.1-1.2
		2. Надежность элементов и групп элементов.	Экзаменационные вопросы 2.1-2.162
		3. Последствия отказов электроэнергетических установок	Экзаменационные вопросы 3.1-3.10
		4. Назначение оптимальной величины резерва мощности в энергосистеме	Экзаменационные вопросы 4.1-4.8
		5. Расчет надежности схем распределительных устройств.	Экзаменационные вопросы 5.1-5.4
ПК-9	способность составлять и оформлять типовую техническую документацию		

**2. Экзаменационные вопросы**

№ п/п	Компетенции		ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЕ ВОПРОСЫ	№ и наименование раздела
	Код	Определение		
1	2	3	4	5
1.	ОПК-2	способность применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении экспериментальных задач	<p>1. Проблема надёжности и её значение для современной техники и электроэнергетики: основные задачи, возникающие при изучении проблем надёжности электроснабжения.</p> <p>2. Причины и характер повреждения основных элементов системы электроснабжения.</p> <p>1. Модели отказов в системах электроснабжения.</p> <p>2. Виды отказов, классификация отказов.</p> <p>3. Типы отказов.</p> <p>4. Количественные характеристики основных показателей надёжности.</p> <p>5. Расчётные формулы для экспоненциального закона надёжности</p> <p>6. Показатели надёжности восстанавливаемых объектов.</p> <p>7. Коэффициент готовности, коэффициент простоя.</p> <p>8. Теорема сложения вероятностей.</p> <p>9. Теорема умножения вероятностей.</p> <p>10. Надёжность систем с последовательным соединением элементов.</p>	<p>1. Основные понятия и свойства надежности</p> <p>2. Надежность элементов и групп элементов.</p>

		<p>способность составлять и оформлять типовую техническую документацию</p>	<p>11.Надёжность систем с параллельным соединением элементов.  12.Надёжность систем при постоянном общем резервировании.  13.Надёжность систем при постоянном раздельном резервировании.  14.Надёжность систем со смешанным соединением элементов.  15.Приблизительный метод преобразования треугольника в звезду и обратно.  16.Приблизительный метод исключения элементов</p>	
ПК-9			<p>1.Преднамеренные отключения при последовательном соединении элементов.  2.Преднамеренные отключения при параллельном соединении.  3.Расчёт показателей надёжности схем электроснабжения.  4.Расчёт показателей надёжности электроустановок.  5.Линии без коммутационных аппаратов.  6.Линии с коммутационными аппаратами.  7.Определение времени поиска повреждённого участка  8.Воздушные линии с глухим присоединением потребителей.  9.Линии с присоединением потребителей по петлевой схеме.  10.Многokrатно резервируемые линии.</p>	<p><b>3.</b> Последствия отказов электроэнергетических установок</p>
			<p>1.Влияние режима напряжения на надёжность электроснабжения потребителей.  2.Функция реакции электрической сети.  3.Функция реакции потребителей.  4.Расчёт и оценка надёжности систем электроснабжения  5.Требования к надёжности электроснабжения потребителей.  6.Технологические ущербы и их влияние на требования к надёжности.  7.Нормативная документация по надёжности в электроэнергетике.  8.Выбор показателей надёжности электроснабжения</p>	<p><b>4.</b> Назначение оптимальной величины резерва мощности в энергосистеме</p>
			<p>1.Учёт надёжности при решении задач в системах электроснабжения.  2.Нормирование показателей надёжности.  3.Экологические формы управления надёжности электроснабжения.  4.Выбор схем электроснабжения потребителей с учётом величины ущерба.</p>	<p><b>5.</b>Расчет надёжности схем распределительных устройств.</p>

### 3. Описание показателей и критериев оценивания компетенций

Показатели	Оценка	Критерии
<p><b>Знать</b> (ОПК-2):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- особенности моделей расчета надежности элементов, групп элементов, имеющих различное соединение;</li> <li>- методику расчета надежности схем распределительных устройств;</li> </ul> <p>(ПК-9):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– способы оценки последствий отказов энергетических установок;</li> <li>- основные принципы выбора оптимальной величины резервов мощности в энергосистеме.</li> </ul> <p><b>Уметь</b> (ОПК-2):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- использовать математические модели для расчета показателей надежности элементов и различно соединенных групп элементов;</li> </ul> <p>(ПК-9)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- анализировать принятые инженерные решения по обеспечению надежности на основе технико-экономических расчетов.</li> </ul> <p><b>Владеть</b> (ОПК-2):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– навыками разработки алгоритмов и программ расчета надежности систем электроснабжения;</li> </ul> <p>(ПК-9):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– принятия обоснованного инженерного решения при выборе оптимального уровня надежности при проектировании и эксплуатации электроэнергетического объекта.</li> </ul>	<b>отлично</b>	<p>Знать методику расчета надежности схем :уметь анализировать принятые инженерные решения по обеспечению надежности на основе технико-экономических расчетов; владеть навыками разработки алгоритмов и программ расчета надежности показателей систем электроснабжения;</p>
	<b>хорошо</b>	<p>Знать способы оценки последствий отказов энергетических установок; уметь использовать математические модели для расчета показателей надежности; владеть навыками разработки алгоритмов</p>
	<b>удовлетворительно</b>	<p>Знать основные показатели надежности схем, уметь принимать инженерные решения по обеспечению надежности.</p>
	<b>неудовлетворительно</b>	<p>Не знать основные количественные показатели надежности элементов и объектов.</p>

#### **4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и опыта деятельности**

Дисциплина надежность электроснабжения направлена на ознакомление с показателями, критериями и характеристиками систем электроснабжения ; на получение теоретических знаний и практических навыков современных методов расчетов вышеназванных показателей для их дальнейшего использования в практической деятельности.

Изучение дисциплины надежность электроснабжения предусматривает:

- лекции,
- практические занятия;
- экзамен

В ходе освоения раздела 1 «Основные понятия и свойства надежности» студенты должны уяснить основные понятия и характеристики надежности элементов и систем. В ходе освоения раздела 2 «Надежность элементов и групп элементов» студенты должны уяснить математические модели для анализа надежности элементов, схем и систем. В ходе освоения раздела 3 студенты должны уяснить расчетные методы анализа надежности элементов и систем электроснабжения. В ходе освоения раздела 4 студенты должны научиться оценивать ущербы от ограничений мощности и перерывов в электроснабжении.

Необходимо овладеть навыками и умениями применения изученных методов для оценки элементов и объектов электроснабжения , применения и реализации тех или иных проектов в конкретных ситуациях.

В процессе изучения дисциплины рекомендуется на первом этапе обратить внимание на основные сведения из теории вероятностей и математической статистики.

Овладение ключевыми понятиями является обязательным условием для изучения дисциплины.

При подготовке к экзамену рекомендуется особое внимание уделить следующим вопросам, указанном в перечне, а именно: №6-10;№25-29,№32-36.

В процессе проведения практических занятий происходит закрепление знаний, формирование умений и навыков реализации представления о том, как правильно оценить надежность систем с целью избежания перерывов электроснабжения.

Самостоятельную работу необходимо начинать с изучения лекционного материала.

В процессе консультации с преподавателем выяснять непонятые на лекции материалы.

Работа с литературой является важнейшим элементом в получении знаний по дисциплине. Прежде всего, необходимо воспользоваться списком рекомендуемой по данной дисциплине литературой. Дополнительные сведения по изучаемым темам можно найти в периодической печати и Интернете.

**АННОТАЦИЯ**  
**рабочей программы дисциплины**  
**Надежность электроснабжения**

**1. Цель и задачи дисциплины**

Целью изучения дисциплины является: формирование у студентов понятия надежности как комплекса свойств электротехнических объектов и систем в целом.

Задачей изучения дисциплины является: освоение студентами методов расчета надежности восстанавливаемых и невосстанавливаемых элементов, групп элементов, соединенных различным способом. Усвоение основных методик расчета схем электроснабжения, распределительных устройств, оптимального назначения резервов мощности в энергосистеме на основе технико-экономических расчетов

**2. Структура дисциплины**

2.1 Распределение трудоемкости по отдельным видам учебных занятий, включая самостоятельную работу: Лк 18 ч; ПЗ 36 ч; СР 36 ч.

Общая трудоемкость дисциплины составляет 144 часов, 4 зачетных единицы

2.2 .Основные разделы дисциплины:

- 1.- Основные понятия и свойства надежности
2. - Надежность элементов и групп элементов.
- 3.- Последствия отказов электроэнергетических установок
4. - Назначение оптимальной величины резерва мощности в энергосистеме
5. - Расчет надежности схем распределительных устройств.

**3. Планируемые результаты обучения (перечень компетенций)**

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

ОПК-2 - способность применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении экспериментальных задач.

ПК-9- способность составлять и оформлять типовую техническую документацию

**4. Вид промежуточной аттестации:** экзамен

*Протокол о дополнениях и изменениях в рабочей программе  
на 20\_\_-20\_\_ учебный год*

1. В рабочую программу по дисциплине вносятся следующие дополнения:

---

---

2. В рабочую программу по дисциплине вносятся следующие изменения:

---

---

---

Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.,  
(разработчик)

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  
(подпись)

\_\_\_\_\_  
(Ф.И.О.)



Программа составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника (уровень бакалавриата) от «3» сентября 2015 г. №955

**для набора 2015 года:** и учебным планом ФГБОУ ВО «БрГУ» для очной формы обучения от «12» ноября 2015г. №701, заочной формы обучения от «12» ноября 2015г. №701

**для набора 2016 года:** и учебным планом ФГБОУ ВО «БрГУ» для очной формы обучения от «6» июня 2016г. №429, заочной формы обучения от «6» июня 2016г. №429 для очно-заочной формы обучения от «6» июня 2016г. №429

**для набора 2017 года:** и учебным планом ФГБОУ ВО «БрГУ» для очной формы обучения от «6» марта 2017г. №125 , заочной формы обучения от «6» марта 2017г. №125 для очно-заочной формы обучения от «4» апреля 2017г. №203

**для набора 2018 года** и учебным планом ФГБОУ ВО «БрГУ» для очной формы обучения от «12» марта 2018г. №130, заочной формы обучения от «12» марта 2018г. №130

**Программу составил:**

Карпова Надежда Алексеевна \_\_\_\_\_

Рабочая программа рассмотрена и утверждена на заседании кафедры ЭиЭ

от «\_\_» \_\_декабря\_\_ 2018 г., протокол №\_\_\_\_\_

Заведующий кафедрой ЭиЭ \_\_\_\_\_

Ю.Н. Булатов

СОГЛАСОВАНО:

Заведующий выпускающей кафедрой \_\_\_\_\_

Ю.Н. Булатов

Директор библиотеки \_\_\_\_\_

Т.Ф. Сотник

Рабочая программа одобрена методической комиссией ФЭиА

от «\_\_» \_\_декабря\_\_ 2018 г., протокол №\_\_\_\_\_

Председатель методической комиссии факультета \_\_\_\_\_

А.Д. Ульянов

СОГЛАСОВАНО:

Начальник

учебно-методического управления \_\_\_\_\_

Г.П. Нежевец

Регистрационный №\_\_\_\_\_