

Автономная некоммерческая организация высшего образования  
«СЕВЕРО-ЗАПАДНЫЙ ОТКРЫТЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»



«Утверждаю»

Проректор по УМР

О.М. Вальц

13 сентября 2018 г.

**Рабочая программа дисциплины**  
**«НАДЕЖНОСТЬ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ И**  
**ЭЛЕКТРОННЫХ АППАРАТОВ»**

Направление подготовки:

**13.03.02 Электроэнергетика и электротехника**

Профили подготовки:

**13.03.02.3 Электрические и электронные аппараты**

Квалификация (степень):

**бакалавр**

Форма обучения:

**заочная**

Санкт-Петербург, 2018

Рабочая программа дисциплины «Надежность электрических и электронных аппаратов» разработана в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника».

Основным документом для разработки рабочей программы является рабочий учебный план по направлению 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника».

Профиль подготовки: 13.03.02.3 «Электрические и электронные аппараты»

*Учебные и методические материалы по учебной дисциплине размещены в электронной информационно-образовательной среде университета*

**Разработчик:** В.Л.Беляев ,д.т.н., профессор

**Рецензент:** Ю.В. Куклев к.т.н., доцент, кафедры «Электроэнергетики и электротехники», Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

Рабочая программа рассмотрена на заседании кафедры Электроэнергетики и автомобильного транспорта от «12» сентября 2018 года, протокол №1

## СОДЕРЖАНИЕ

1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ.....	4
2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ.....	5
3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ В ЗАЧЕТНЫХ ЕДИНИЦАХ .....	6
4. СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ.....	7
5. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ.....	12
5.1. Темы контрольной работы .....	12
5.2. Темы курсовых работ.....	12
5.3. Перечень методических рекомендаций.....	12
5.4. Перечень вопросов для подготовки к экзамену.....	12
6. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ.....	14
7. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ .....	14
8. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО – ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ "ИНТЕРНЕТ", НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....	15
9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ.....	15
10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ .....	16
11. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ.....	17
12. БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СИСТЕМА ОЦЕНКИ ЗНАНИЙ .....	17
Приложение .....	19

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

- 1.1. Целями освоения дисциплины «Надежность электрических и электронных аппаратов» является:
- изучение основ и методов расчета надежности электрических аппаратов, методик выбора оптимальной степени их надежности.
- 1.2. Изучение дисциплины «Надежность электрических и электронных аппаратов» способствует решению следующих задач профессиональной деятельности:
- производить определения оптимальной структуры электрических аппаратов на основе анализа и расчета надежности;
  - производить оценку влияния различных факторов на надежную работу электрических аппаратов;
  - владеть статистическими методами оценки надежности
- 1.3. Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

### *Профессиональные (ПК)*

<i>Код компетенции</i>	<i>Наименование и (или) описание компетенции</i>
<b>ПК-3</b>	Способностью принимать участие в проектировании объектов профессиональной деятельности в соответствии с техническим заданием и нормативно-технической документацией, соблюдая различные технические, энергоэффективные и экологические требования
<b>ПК-5</b>	Готовностью определять параметры оборудования объектов профессиональной деятельности
<b>ПК-6</b>	Способностью рассчитывать режимы работы объектов профессиональной деятельности
<b>ПК-7</b>	Готовностью обеспечивать требуемые режимы и заданные параметры технологического процесса по заданной методике.
<b>ПК-11</b>	Способностью к участию в монтаже элементов оборудования объектов профессиональной деятельности
<b>ПК-14</b>	Способностью применять методы и технические средства эксплуатационных испытаний и диагностики электроэнергетического и электротехнического оборудования

1.4. В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

**Знать:**

- общую характеристику надёжности работы электрических и электронных аппаратов;
- назначение показателей надёжности ;

**Уметь:**

- - выбирать состав оборудования в схемах электротехнических объектов и оценивать надёжность их работы;

**Владеть:**

- методами расчета показателей надёжности электрических и электронных аппаратов;

## **2.МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ**

Дисциплина «Надёжность электрических и электронных аппаратов» относится к вариативной части дисциплин по выбору блока Б.1.

Дисциплина взаимосвязана с дисциплинами опорных учебных дисциплин учебного плана: математика, химия, начертательная геометрия и инженерная графика, физика, информатики, теоретическая механика , физические основы электроники, электрическое и конструкционное материаловедение, теоретические основы электротехники, прикладная механика, метрология, стандартизация и сертификация, основы электромеханики, теоретические основы электротехники, электрические машины, общая энергетика, теория автоматического управления, силовая электроника, электрические и электронные аппараты, электрический привод, основы теории надёжности.

Изучение курса необходимо для освоения следующих дисциплин: испытание электрических и электронных аппаратов.

Приобретённые знания будут непосредственно использованы студентами при изучении последующих дисциплин, прохождении производственной практики , написании выпускных квалификационных работ.

### 3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ В ЗАЧЕТНЫХ ЕДИНИЦАХ

### 3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ В ЗАЧЕТНЫХ ЕДИНИЦАХ

№ п/п	Наименование модуля и темы учебной дисциплины	Трудоёмкость по учебному плану (час/з.е.)	Виды занятий				Виды контроля		
			Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия	Самостоятельная работа	Контрольная работа	Курсовая работа (проект)	Зачёт (экзамен)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	<b>Модуль 1. Основные понятия и показатели надежности</b>	<b>108/3</b>	<b>5</b>		<b>6</b>	<b>97</b>			
	Тема 1.1. Задачи надежности электрических аппаратов	9,0/0,2	0,5			8,5			
	Тема 1.2. Определение основных понятий	10/0,3	0,4			9,6			
	Тема 1.3. Показатели, критерии и меры надежности	10/0,3	0,4		1	8,6			
	Тема 1.4. Модель надежности	9,8/0,25	0,7			9,1			
	Тема 1.5. Анализ показателей надежности	9,8/0,25	0,7			9,1			
	Тема 1.6. События и вероятность	10/0,3	0,4			9,6			
	Тема 1.7. Случайные величины	10/0,3	0,4			9,6			
	Тема 1.8. Основные сведения о применении математической статистики	9,8/0,2	0,4		3	6,4			
	Тема 1.9. Разновидность испытаний аппарата на надежность	9,8/0,2	0,5			9,3			
	Тема 1.10. Числовые характеристики случайных величин	9,8/0,2	0,4			9,4			
	Тема 1.11. Анализ отказов элементов электрических аппаратов	10/0,3	0,4			9,6			
	<b>Модуль 2. Методы проверки статических гипотез о ненадежности электрических аппаратов</b>	<b>108/3</b>	<b>5</b>		<b>6</b>	<b>97</b>			
	Тема 2.1. Статистический контроль надёжности	13/0,4	0,5			12,5			
	Тема 2.2. Контрольные нормативы	13/0,4	0,5		2	10,5			
	Тема 2.3. Методика последовательного анализа	13/0,4	0,5		1	11,5			
	Тема 2.4. Примеры модели надежности. Классификация отказов. Модель отказов аппаратов.	15/0,4	0,8			14,2			
	Тема 2.5. Модель структурной надежности системы	15/0,5	0,9		1	13,1			
	Тема 2.6. Система с резервированием	14/0,4	0,4		2	11,6			
	Тема 2.7. Смешанная система	13/0,2	0,4			12,6			
	Тема 2.8. Резервирование контактных элементов	12/0,3	0,4		2	11,6			
	<b>Всего</b>	<b>216/6</b>	<b>10</b>		<b>12</b>	<b>194</b>	<b>1</b>		<b>ЭКЗ</b>

## 4.СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ(216часов)

### МОДУЛЬ 1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ПОКАЗАТЕЛИ НАДЕЖНОСТИ(108часов)

#### Тема 1.1. Задачи надежности электрических аппаратов(9часов)

Свойства надежности: безотказность, долговечность, ремонтпригодность, сохраняемость. Состояния объекта: исправное, работоспособное, неработоспособное, предельное. События, связанные с объектом: повреждение, отказ. Восстанавливаемый и невосстанавливаемый объекты.

##### Виды учебных занятий:

Лекция:	Задачи надежности электрических аппаратов	0,5час.
---------	---	---------

#### Тема 1.2. Определение основных понятий(10час)

Выбор закона распределения наработки до отказа, используемого при оценивании надежности электрических аппаратов. Нормальный закон распределения. Равновероятностный закон. Закон Симпсона. Трапецеидальный закон. Композиция нормального и равновероятностного законов. Распределение Вейбулла, Рэлея. Распределение Максвелла. Точечные оценки. Интервальные оценки.

##### Виды учебных занятий:

Лекция:	Определение основных понятий	0,4час
---------	------------------------------	--------

#### Тема 1.3. Показатели, критерии и меры надежности(10час.)

Основные понятия теории вероятностей. Событие и вероятность. Случайные величины. Операции с элементами в теории вероятностей. Понятие о надежности элемента технической системы как о вероятностной величине. Факторы, влияющие на надежность электрических аппаратов. Надежность элементов электрических аппаратов.

##### Виды учебных занятий:

Лекция:	Показатели, критерии и меры надежности	0,4 час.
---------	--	-------------

Практические занятия	Показатели, критерии и меры надежности	1 час
----------------------	--	-------

#### Тема 1.4. Модель надежности(9.8час)

Методы расчета. Модели надежности системы. Логические схемы надежности: с последовательным соединением элементов; с параллельным

соединением элементов; с последовательно-параллельным соединением элементов. Схемы состояний. Составление логических схем. Применение схем состояний. Виды расчетов характеристик надежности: прикидочный расчет; расчет при подборе типов элементов; уточненный расчет.

**Виды учебных занятий:**

Лекция: Модель надежности 0,7 часа

**Тема 1.5 Анализ показателей надежности(9,8часов)**

Задачи по расчету потребного количества резервных элементов по обеспечению максимально возможного значения показателя надежности объекта при удовлетворении всех заданных ограничений. Градиентный метод. Методы прямого перебора и динамического программирования.

**Виды учебных занятий:**

Лекция: Анализ показателей надежности 0,7 часа.

**Тема 1.6 События и вероятность(10часов)**

Расчеты характеристик надежности нерезервированных систем. Пассивное резервирование с неизменной нагрузкой. Нагруженное активное резервирование с абсолютно надежными переключателями. Активное ненагруженное и облегченное резервирование с учетом надежности переключателей. Скользящее резервирование.

**Виды учебных занятий:**

Лекция: События и вероятность 0,4 час.

**Тема 1.7. Случайные величины(10часов)**

Понятие Марковского случайного процесса. Параметр потока отказов. Вероятность безотказной работы в течение наработки. Вероятность безотказной работы в интервале наработки. Общая характеристика методов расчета надежности восстанавливаемых систем. Вычисление функций готовности и простоя систем. Особенности расчета резервированных систем.

**Виды учебных занятий:**

Лекция: Случайные величины 0,4 час.

**Тема 1.8. Основные сведения о применении математической статистики(9,8час.)**

Статистическая оценка показателей надежности восстанавливаемых систем при определенных испытаниях. Интервальные оценки. Разновидность



испытания аппарата на надежность. Числовые характеристики случайных величин.

**Виды учебных занятий:**

Лекция:	Основные сведения о применении математической статистики	0,4час.
Практические занятия.	Основные сведения о применении математической Статистики	3 часа

**Тема 1.9.Разновидность испытаний аппарата на надежность(9.8часов)**

Методы расчета. Оптимальное число участков резервирования с учетом экономических факторов. Задачи по расчету показателей надежности при минимальных затратах. Задачи по определению требуемого количества резервных элементов, обеспечивающих максимальные значения показателей надежности объекта при величине затрат, не превышающей заданную. Задачи по расчету потребного количества резервных элементов по обеспечению максимально возможного значения показателя надежности объекта при удовлетворении всех заданных ограничений. Градиентный метод. Методы прямого перебора и динамического программирования.

**Виды учебных занятий:**

Лекция:	Разновидность испытаний аппарата на надежность	0,5 час.
---------	--	----------

**Тема 1.10.Числовые характеристики случайных величин(9.8час.)**

Общие принципы повышения надежности при проектировании, при изготовлении электрических аппаратов и в период эксплуатации. Оптимизация надежности элементов электрических аппаратов и аппаратов в целом.

Обеспечение надежности электрических аппаратов по стадиям жизненного цикла. Модель изменения надежности по стадиям жизненного цикла. Сетевое планирование и управление. Метод ориентированных графов с поглощением ресурсов в вершинах. Модель экспериментальных работ и испытаний. Оценка экономической эффективности технических мероприятий по обеспечению надежности изделий. Надежность электрических аппаратов при учете надежности человека как звена сложной системы.

**Виды учебных занятий:**

Лекция:	Числовые характеристики случайных величин	0,4часа.
---------	---	----------

**Тема 1.11.. Анализ отказов элементов электрических аппаратов(10час)**

Задачи анализа надежности работы электрических аппаратов с учетом надежности работы оператора. Воздействие помехонесущих токов (сетевых помех) и внешних электромагнитных полей (полевых помех) на характеристики надежности электрических аппаратов.

**Виды учебных занятий:**

Лекция: Анализ отказов элементов электрических аппаратов 0,4час.

**МОДУЛЬ 2. МЕТОДЫ ПРОВЕРКИ СТАТИЧЕСКИХ ГИПОТЕЗ О НЕНАДЕЖНОСТИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ АППАРАТОВ(108часов)****Тема 2.1. Статистический контроль надёжности(13час.)**

Основные понятия метода статистических гипотез. Проверка гипотезы о равенстве двух вероятностей отказа. Проверка гипотезы об однородности двух выборок. Проверка согласованности теоретического распределения с экспериментальными данными. Проверка гипотезы о законе распределения. Статистический приемочный контроль надежности.

**Виды учебных занятий:**

Лекция: Статистический контроль надёжности 0,5час.

**Тема 2.2. Контрольные нормативы(13часов)**

Методы расчета. Модели надежности системы. Логические схемы надежности: с последовательным соединением элементов; с параллельным соединением элементов; с последовательно-параллельным соединением элементов. Схемы состояний.

**Виды учебных занятий:**

Лекция: Контрольные нормативы 0,5час.

Практические занятия. .Контрольные нормативы 2часа

**Тема 2.3. Методика последовательного анализа(13часов)**

Нормальный закон распределения. Равновероятностный закон. Закон Симпсона. Трапецеидальный закон. Композиция нормального и равновероятностного законов. Распределение Вейбулла, Рэлея. Распределение Максвелла. Точечные оценки. Интервальные оценки.

Вычисление и построение экспериментальных графиков параметров потока полных отказов для восстанавливаемых изделий.

**Виды учебных занятий:**

Лекция: Методика последовательного анализа 0,5час.

Практические занятия. Методика последовательного анализа 1 час.

## **Тема 2.4. Примеры модели надежности. Классификация отказов. Модель отказов аппаратов.(15час.)**

При исследовании надежности аппаратов и системы энергетических устройств необходимо иметь описание структуры и состав элементов, а также описание системы. Связь между элементами в системе может быть различна. Поэтому нужно иметь сведения о причинах отказа и в первую очередь результаты аналитического исследования отказа.

Отказ элементов аппарата – явление случайное. Он может быть вызвано разнообразными причинами: режим работы, технология изготовления, климатические условия, окружающая среда и т. д.

Отказ является случайной величиной. Оценка случайных величин производится с помощью: вероятности отказов, частоты отказов, интенсивности отказов, которые представляют собой функции.

### **Виды учебных занятий:**

Лекция:	Примеры модели надежности. Классификация отказов. Модель отказов аппаратов	0,8час.
---------	--	---------

## **Тема 2.5. Модель структурной надежности системы(15часов)**

Композиция нормального и равновероятностного законов. Распределение Вейбулла, Рэля. Распределение Максвелла. Точечные оценки. Интервальные оценки.

### **Виды учебных занятий:**

Лекция:	Модель структурной надежности системы	0,9час.
---------	---------------------------------------	---------

Практические занятия.	Модель структурной надежности системы	1 час.
-----------------------	---------------------------------------	--------

## **Тема 2.6. Система с резервированием(14часов)**

Составление логических схем. Применение схем состояний. Виды расчетов характеристик надежности: прикидочный расчет; расчет при подборе типов элементов; уточненный расчет. Расчеты характеристик надежности нерезервированных систем.

### **Виды учебных занятий:**

Лекция:	Система с резервированием	0,4час.
---------	---------------------------	---------

Практические занятия.	Система с резервированием	2часа
-----------------------	---------------------------	-------

## **Тема 2.7. Смешанная система(10часов)**

Задачи по расчету потребного количества резервных элементов по обеспечению максимально возможного значения показателя надежности объекта

при удовлетворении всех заданных ограничений. Градиентный метод. Методы прямого перебора и динамического программирования.

**Виды учебных занятий:**

Лекция: Смешанная система 0,4 часа.

**Тема 2.8. Резервирование контактных элементов(**

Общие принципы повышения надежности при проектировании, при изготовлении электрических аппаратов и в период эксплуатации. Оптимизация надежности элементов электрических аппаратов и аппаратов в целом.

**Виды учебных занятий:**

Лекция: Резервирование контактных элементов 0,4 часа.

Практические занятия. Резервирование контактных элементов 2 часа

**5. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

**5.1. Темы контрольной работы**

Расчёт вероятности безотказной работы электрического аппарата

Расчёт характеристик надежности электрического аппарата

**5.2. Темы курсовых работ**

Учебным планом не предусмотрены

**5.3. Перечень методических рекомендаций**

№ п/п	Наименование
2	Методические рекомендации по подготовке к практической работе
3	Методические рекомендации по выполнению контрольной работы

**5.4. Перечень вопросов для подготовки к экзамену**

1. Основные понятия и определения надежности электрических аппаратов.
2. Что относится к показателям надежности?
3. Какие существуют виды резервирования?
4. Основные показатели невосстанавливаемых элементов.
5. Основные показатели восстанавливаемых элементов.
6. Основные понятия теории вероятностей.

7. Какие факторы влияют на надежность электрических аппаратов?
8. Параметрическая надежность невосстанавливаемых элементов.
9. Особенности параметрической надежности восстанавливаемых элементов?
10. Статистическая оценка показателей надежности невосстанавливаемых изделий?
11. Законы распределения наработки до отказа при оценивании надежности электрических аппаратов?
12. Как производится статистическая оценка показателей надежности восстанавливаемых систем?
13. Проверка гипотезы о равенстве двух вероятностей отказа.
14. В чем заключается проверка гипотезы об однородности двух выборок?
15. Проверка гипотезы о законе распределения.
16. Модели надежности электрических аппаратов.
17. Составление логической схемы функционирования электрического аппарата?
18. Расчет характеристик надежности электрического аппарата.
19. Активное и пассивное резервирование элементов электрического аппарата?
20. Общая характеристика методов расчета надежности восстанавливаемых систем.
21. Вероятность безотказной работы в течение наработки.
22. Оптимальное число участков резервирования.
23. Показатели надежности при минимальных затратах.
24. Оценка требуемого количества резервных элементов для обеспечения заданной надежности электрического аппарата.
25. ЗИП для электрических аппаратов и методы его формирования.
26. Метод прямого перебора при оптимальном резервировании.
27. Метод динамического программирования при оптимальном резервировании.
28. Логическая модель безотказной работы электрического аппарата.
29. Отличие в вычислении показателей надежности восстанавливаемых систем от невосстанавливаемых.
30. Математические методы, используемые при расчете надежности электрических аппаратов.
31. Характеристики параметрической надежности электрических аппаратов.
32. Статистические методы оценки надежности электрических аппаратов.
33. Методы проверки статистических гипотез о надежности электрических аппаратов.
34. Логические модели функционирования электрических аппаратов.
35. Доверительные оценки надежности структур электрических аппаратов.
36. Обеспечение надежности по стадиям жизненного цикла.
37. Повышение надежности электрических аппаратов.

38. Оптимизационные задачи надежности электрических аппаратов.
39. Логико-вероятностная модель функционирования схемы для заданной электрической структуры.
40. Интенсивность отказа электрического аппарата.
41. Средняя наработка до первого отказа.
42. Интенсивность отказов электрического аппарата в момент времени  $t$ , ч.
43. Средняя наработка до полного отказа электрического аппарата.
44. Характеристики надежности электрического аппарата по данным эксплуатации.
45. Характеристики надежности восстанавливаемых элементов электрических аппаратов по информации о потоке их отказов.

## **6. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине по решению кафедры оформлен отдельным приложением к рабочей программе.

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

### **Основная литература**

1. Гуревич В. И. Электрические реле. Устройство, принцип действия и применения [Электронный учебник] : настольная книга электротехника / Гуревич В. И. - СОЛОН-ПРЕСС, 2011. - 688 с. —  
Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/20929>
2. Александровская Л.Н. Безопасность и надежность технических систем [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Александровская Л.Н., Аронов И.З., Круглов В.И.— Электрон. текстовые данные.— М.: Логос, 2008.— 376 с.—  
Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/9055>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю
3. Кузнецов Н.Л. Сборник задач по надежности электрических машин [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Кузнецов Н.Л.— Электрон. текстовые данные.— М.: Издательский дом МЭИ, 2008.— 408 с.—  
Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/33098>
4. Афонин В.А. Основы теории надежности [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Афонин В.А.— Электрон. текстовые данные.— М.: Издательский дом МЭИ, 2016.— 208 с.  
Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/55950>

### **Дополнительный:**

1. Плащанский Л.А. Основы электроснабжения горных предприятий [Электронный ресурс]: учебник/ Плащанский Л.А.— Электрон. текстовые данные.— М.: Издательство Московского государственного горного

университета, 2006.— 500 с.— Режим

доступа: <http://www.iprbookshop.ru/6698>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю

2. Аполлонский, С.М.. Надежность электрических машин: учеб. пособие / С.М. Аполлонский, Ю.В. Куклев. – СПб.:Изд-во СЗТУ, 2009

3. Электрические и электронные аппараты : учеб.-метод.комплекс / сост.: В. Л. Беляев, Ю. В. Куклев . - Изд-во СЗТУ, 2009. - 139 с.

#### **Программное обеспечение**

1. ППП MS Office 2016

2. Текстовый редактор Блокнот

3. Браузеры IE, Google Chrome, Mozilla Firefox

### **8. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО – ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ "ИНТЕРНЕТ", НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

1. Электронная информационно-образовательная среда АНО ВО "СЗТУ" (ЭИОС СЗТУ) [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://edu.nwotu.ru/>
2. Электронная библиотека АНО ВО "СЗТУ" [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://lib.nwotu.ru:8087/jirbis2/>
3. Электронно-библиотечная система IPR books [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/>
4. Информационная система "Единое окно доступа к образовательным ресурсам" [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://window.edu.ru/>
5. Информационная системы доступа к электронным каталогам библиотек сферы образования и науки (ИС ЭКБСОН)[Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.vlibrary.ru/>

### **9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

При изучении учебной дисциплины студенту необходимо руководствоваться следующими методическими указаниями.

9.1. При изучении тем из модулей повторить лекционный учебный материал, изучить рекомендованную литературу, а также учебный материал, находящийся в указанных информационных ресурсах.

На завершающем этапе изучения тем необходимо, воспользовавшись предложенными вопросами для самоконтроля, размещенных в электронной информационной образовательной среде (ЭИОС), проверить качество усвоения учебного материала.

В случае затруднения в ответах на поставленные вопросы рекомендуется повторить учебный материал.

9.2. После изучения модуля дисциплины необходимо пройти контрольный тест по данному модулю с целью оценивания знаний и получения баллов.

9.3. После изучения модулей приступить к выполнению контрольной работы, руководствуясь методическими рекомендациями

9.4. В завершении изучения учебной дисциплины в семестре студент обязан пройти промежуточную аттестацию. Вид промежуточной аттестации определяется рабочим учебным планом. Форма проведения промежуточной аттестации – компьютерное тестирование с использованием автоматизированной системы тестирования знаний студентов в ЭИОС.

9.5. К промежуточной аттестации допускаются студенты, выполнившие требования рабочего учебного плана и набравшие достаточное количество баллов за учебную работу в соответствии с балльно-рейтинговой системой.

#### **9.6. Особенности освоения дисциплины для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья**

Обучение обучающихся с ограниченными возможностями здоровья при необходимости, по личному заявлению, осуществляется на основе адаптированной рабочей программы с использованием специальных методов обучения и дидактических материалов, составленных с учетом особенностей психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья таких обучающихся (обучающегося).

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

При осуществлении образовательного процесса по дисциплине используются следующие информационные технологии:

1. Internet – технологии:

WWW (англ. World Wide Web – Всемирная Паутина) – технология работы в сети с гипертекстами;

FTP (англ. File Transfer Protocol – протокол передачи файлов) – технология передачи по сети файлов произвольного формата;

IRC (англ. Internet Relay Chat – поочередный разговор в сети, чат) – технология ведения переговоров в реальном масштабе времени, дающая возможность разговаривать с другими людьми по сети в режиме прямого диалога;

ICQ (англ. I seek you – я ищу тебя, можно записать тремя указанными буквами) – технология ведения переговоров один на один в синхронном режиме.

2. Дистанционное обучение с использованием ЭИОС на платформе Moodle.

3. Технология мультимедиа в режиме диалога.

4. Технология неконтактного информационного взаимодействия (виртуальные кабинеты, лаборатории).

5. Гипертекстовая технология (электронные учебники, справочники, словари, энциклопедии) и т.д.



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

1. Библиотека.
2. Справочно-правовая система Консультант Плюс.
3. Электронная информационно-образовательная среда университета.
4. Локальная сеть с выходом в Интернет.

## 12. БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СИСТЕМА ОЦЕНКИ ЗНАНИЙ

Формирование оценки текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины осуществляется с использованием балльно-рейтинговой оценки работы студента.

Вид учебной работы, за которую ставятся баллы	баллы
Участие в online занятиях, прослушивание видео лекций	0 – 5
Практическая работа	0 – 15
Тест по модулю 1	0 – 10
Тест по модулю 2	0 – 10
<b>Контрольная работа</b>	<b>0 – 30</b>
<b>Итого за учебную работу</b>	<b>0 – 70</b>
<b>Промежуточная аттестация</b>	<b>0 – 30</b>
<b>Всего</b>	<b>0 - 100</b>

Оценка (экзамен)	Баллы
отлично	86 – 100
хорошо	69 – 85
удовлетворительно	51 – 68
неудовлетворительно	менее 51

### Оценка по контрольной работе

Оценка	Количество баллов
отлично	27-30
хорошо	23-26
удовлетворительно	18-22
неудовлетворительно	менее 18

<b>БОНУСЫ</b> (баллы, которые могут быть добавлены до 100)	<b>Баллы</b>
--	--------------

- за активность	0 -10
- за участие в олимпиаде	0 - 50
- за участие в НИРС	0-50
- за оформление заявок на полезные методы (рац. предложения)	0-50

**ФОНД  
ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**  
**1. Перечень формируемых компетенций**

*Профессиональные (ПК)*

<i>Код компетенции</i>	<i>Наименование и (или) описание компетенции</i>
<b>ПК-3</b>	Способностью принимать участие в проектировании объектов профессиональной деятельности в соответствии с техническим заданием и нормативно-технической документацией, соблюдая различные технические, энергоэффективные и экологические требования
<b>ПК-5</b>	Готовностью определять параметры оборудования объектов профессиональной деятельности
<b>ПК-6</b>	Способностью рассчитывать режимы работы объектов профессиональной деятельности
<b>ПК-7</b>	Готовностью обеспечивать требуемые режимы и заданные параметры технологического процесса по заданной методике.
<b>ПК-11</b>	Способностью к участию в монтаже элементов оборудования объектов профессиональной деятельности
<b>ПК-14</b>	Способностью применять методы и технические средства эксплуатационных испытаний и диагностики электроэнергетического и электротехнического оборудования

**2. Паспорт фонда оценочных средств**

<b>№ п/п</b>	<b>Контролируемые модули (темы) дисциплины</b>	<b>Код контролируемой компетенции (или ее части)</b>	<b>Наименование оценочного средства</b>
<b>1</b>	<b>Модуль 1</b> Основные понятия и показатели надежности	ПК-3,5,6,7,11,14.	Контрольный тест 1 Практические занятия Контрольная работа
<b>2</b>	<b>Модуль 2.</b> Расчеты характеристик надежности	ПК-3,5,6,7,11,14.	Контрольный тест 2 Практические занятия
<b>3</b>	<b>Модуль 1-2</b>	ПК-3,5,6,7,11,14.	Контрольная работа Практическая работа Итоговый контрольный тест

### 3. Показатели и критерии оценивания компетенций по этапам формирования, описание шкал оценивания

Этапы освоения компетенции	Показатели достижения заданного уровня освоения компетенций	Критерии оценивания результатов обучения				
		1	2	3	4	5
Первый этап	<b>Знать</b> ПК-3,5,6,7,11,14. общие характеристики надежности, ее качественные и количественные характеристики	Не знает	Имеет понятие об общих характеристиках надежности, но не знает методик их расчета	Знает основные понятия расчета характеристик надежности, но не может оценить эти показатели.	Знает основные понятия расчета характеристик надежности, может оценить эти показатели, но не знает методики испытаний.	Знает основные понятия расчета характеристик надежности, может оценить эти показатели знает методики испытаний.
Второй этап	<b>Уметь</b> ПК-3,5,6,7,11,14. рассчитывать показатели надежности и оценивать надежность работы электрических аппаратов	Не умеет	Умеет оценивать основные показатели надежности, но не умеет оценивать надежность работы электрических аппаратов	Умеет оценивать основные показатели надежности и применять статистические методы их оценки, но не имеет достаточных знаний об испытаниях.	Умеет оценивать основные показатели надежности и применять статистические методы их оценки, имеет достаточные знания об испытаниях, но не умеет оценить общую стратегию надежности.	Умеет оценивать основные показатели надежности и применять статистические методы их оценки, имеет достаточные знания об испытаниях, правильно оценивает общую стратегию надежности.
Третий этап	<b>Владеть</b> ПК-3,5,6,7,11,14. статистическими методами оценки анализа и контроля надежности, методиками испытания на надежность.	Не владеет	Владеет стратегией обеспечения надежности, но не владеет методиками расчета ее показателей.	Владеет стратегией обеспечения надежности, методиками расчета ее показателей, но не владеет способностью оценки этих показателей	Владеет стратегией обеспечения надежности, методиками расчета ее показателей, владеет способностью оценки этих показателей, но не владеет методиками испытаний.	Владеет стратегией обеспечения надежности, методиками расчета ее показателей, владеет способностью оценки этих показателей, владеет методиками испытаний.

#### 4. Шкалы оценивания (балльно-рейтинговая система)

Вид учебной работы, за которую ставятся баллы	баллы
Участие в online занятиях, прослушивание видео лекций	0 – 5
Практическая работа 1	0 – 15
Тест по модулю 1	0 – 10
Тест по модулю 2	0 – 10
<b>Контрольная работа</b>	<b>0 – 30</b>
<b>Итого за учебную работу</b>	<b>0 – 70</b>
<b>Промежуточная аттестация</b>	<b>0 – 30</b>
<b>Всего</b>	<b>0 - 100</b>

Оценка (экзамен)	Баллы
отлично	86 – 100
хорошо	69 – 85
удовлетворительно	51 – 68
неудовлетворительно	менее 51

#### 5. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций при изучении учебной дисциплины в процессе освоения образовательной программы

##### 5.1. Типовой вариант задания на контрольную работу

**ЗАДАЧА 1.** Нарботка до отказа электрического аппарата имеет некоторое распределение (см. предложенный вариант). Вероятность безотказной работы в течение наработки  $(0, t)$ , ч равна 0,95. Основные исходные данные для решения задачи сведены в табл. 2.

Требуется определить интенсивность отказов в момент времени  $t$ , ч и среднюю наработку до отказа электрического аппарата.

Последняя, пред- последняя цифра шифра студента	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Закон распределения наработки до отказа выбирается по последней цифре шифра										
Заданный закон распределения (табл. П. 2.3)	1	2	3	4	1	2	3	4	2	4
Время наработки до отказа выбирается по предпоследней цифре шифра										
Время наработки $t$ , ч (табл. П. 2.3) параметр распр. $\beta$	1000	1500	2000	2500	3000	3500	4000	4500	5000	5500
	-	1,8	-	-	2,0	-	-	-	-	-

Таблица №2

**ЗАДАЧА 2.** Требуется рассчитать характеристики надежности электрических аппаратов по данным их эксплуатации. При исследовании требуется:

1. Определить вероятности отказов по частоте  $Q^*(t)$  для интервалов  $t_1 = 1000, t_2 = 2000, \dots, t_{10} = 10000$  ч.
2. Рассчитать верхние и нижние доверительные границы для  $Q(t)$ .
3. Рассчитать нижнюю доверительную границу для  $R(t)$ .
4. Рассчитать наработку до первого отказа  $T^*$ , статистическую дисперсию  $D^*[T]$  и среднеквадратическое отклонение  $\sigma^*[T]$ .
5. Найти нижнюю доверительную границу для наработки до первого отказа  $T_l$ .
6. Вычислить статистическую плотность вероятности отказа  $q^*(t)$ .
7. Вычислить статистическую интенсивность отказа  $\lambda^*(t)$ .

В отчете по задаче необходимо представить таблицу расчетов основных количественных характеристик надежности и графики величин  $Q^*(t_i + \Delta t)$ ,  $R_n(t_i + \Delta t)$ ,  $q^*(t_i + \Delta t)$  и  $\lambda^*(t_i + \Delta t)$ .

Исходные данные для расчетов представлены в табл. 3. Таблица 3

Последняя, пред- последняя цифра шифра студента	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Значение $m(t=0)$ выбирается по последней цифре шифра										
$m(t=0)$	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000
Значение $n(t_i, \Delta t)$ выбирается по предпоследней цифре шифра										
$n(t_i, \Delta t), t=1000$ ч										
$n(0, \Delta t)$	2	4	2	4	5	3	4	3	5	9
$n(1000, \Delta t)$	3	3	1	3	5	3	3	2	4	8
$n(2000, \Delta t)$	3	3	1	5	4	2	2	2	3	7
$n(3000, \Delta t)$	4	2	1	4	4	1	2	2	2	6
$n(4000, \Delta t)$	4	2	0	3	3	1	1	2	2	4
$n(5000, \Delta t)$	4	2	0	2	3	1	1	2	2	3
$n(6000, \Delta t)$	3	2	1	1	4	2	2	3	3	3
$n(7000, \Delta t)$	3	3	1	3	4	2	2	4	4	4
$n(8000, \Delta t)$	2	3	1	4	5	3	3	5	5	4
$n(9000, \Delta t)$	2	4	2	6	5	3	4	6	8	5

## 5.2. Типовой вариант задания на практическую работу

Занятие 1 по теме № 1.1. Тема «Качественные и количественные характеристики надежности»

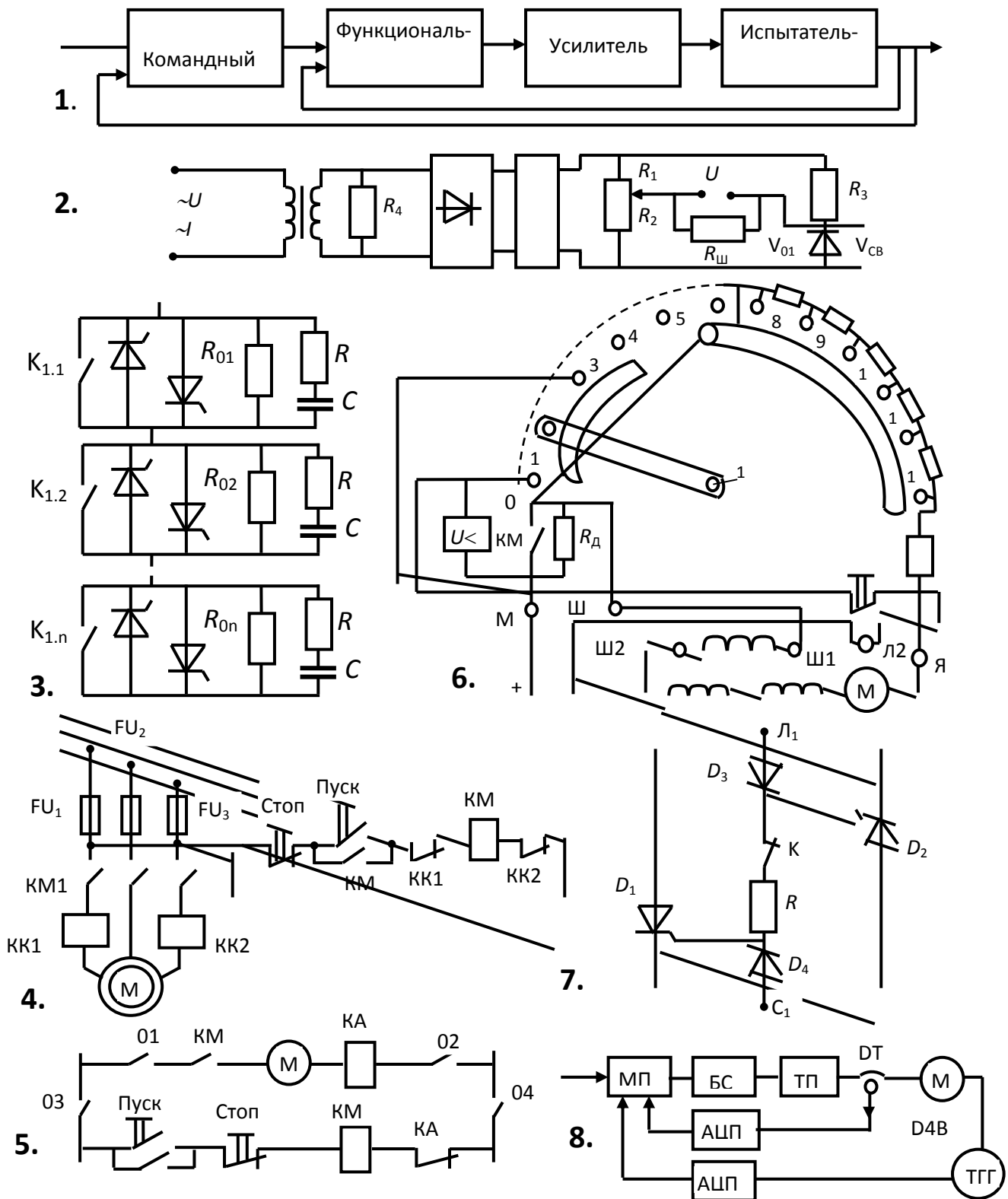


Рис. 1. Вид электрической схемы: 1 – системы автоматического управления;

2 – измерительный орган полупроводникового реле со стабилитроном; 3 – выключатели переменного тока; 4 – включение нереверсивного пускателя; 5 – включение реле максимального тока; 6 – включение пускового реостата; 7 – тиристорный ключ; 8 – управление двигателем постоянного тока с помощью микропроцессора

*Задания для выполнения работы*

Для заданной электрической схемы (электрического аппарата, электрической системы и т. д), изображенной на рис. 1, требуется:

1. Построить логико-вероятностную модель функционирования схемы.
2. Рассчитать вероятность безотказной работы заданной схемы.

Основные исходные данные для решения задачи сведены в табл. 1.

Последняя, пред- последняя цифра шифра студента	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Вид электрической схемы выбирается по последней цифре (рис. 1)										
	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2
Время работы схемы, $t$ , ч.	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Время работы схемы $t$ выбирается по предпоследней цифре шифра										

### 5.3. Типовой тест промежуточной аттестации.

#### Модуль 1.

1. Вероятность безотказной работы аппаратов с последовательным соединением элементов определяется:

- 1) как вероятность безотказной работы всей системы при отказе одного элемента и при сохранении надежности других элементов в течение времени  $t$ ;
- 2) как вероятность безотказной работы всех элементов в течение времени  $t$ ;
- 3) как вероятность безотказной работы системы при отказе элементов, не превышающих число резервных элементов.

2. Вероятность безотказной работы аппаратов с параллельным соединением элементов определяется:

- 1) вероятностью безотказной работы системы при отказе  $m$  элементов, превышающих число резервных элементов;
- 2) вероятностью безотказной работы системы при отказе  $m$  элементов не превышающих число резервных элементов;
- 3) вероятностью безотказной работы системы при отказе  $m$  элементов и при нарушении автоматического отключения отказавшихся элементов.

3. Если для расчета надежности аппаратов используются модели старения и износа, то к какому уровню надежности относится аппарат:

- 1) к высокому уровню надежности;
- 2) к среднему уровню надежности;
- 3) к низкому уровню надежности.

4. За счет чего произойдет уменьшение отказов у выключателей при включении и отключении в трехступенчатой контактной системе из параллельно включенных главных, промежуточных и дугогасительных контактов:

- 1) уменьшение механического износа главных контактов;
- 2) обеспечение перехода тока из дугогасительных в главные (при замыкании) и обратно (при размыкании);



3) уменьшение нагрева выключателя.

**5.** Испытания с полной выборкой проводятся:

- 1) в течение заданного времени;
- 2) до заданной наработки;
- 3) до отказа всех испытываемых изделий.

**6.** Контрольные испытания на надежность выявляют:

- 1) практический уровень показателей надежности;
- 2) соответствие испытываемой партии изделий заданным требованиям;
- 3) слабые места изделий.

**7.** Стендовые испытания проводятся с целью получения:

- 1) фактического уровня показателей надежности для созданного типа аппаратов;
- 2) данных о соответствии испытываемой партии изделий заданным требованиям;
- 3) информации о недостатках конструкции и технологии.

**8.** Коммутационная стойкость аппарата, предписанная в технических стандартах, проверяется:

- 1) на стендовых испытаниях;
- 2) на типовых испытаниях;
- 3) на контрольных испытаниях.

**9.** Контроль качества аппаратов серийного производства производится:

- 1) методом случайной однократной выборки для испытания;
- 2) при тщательной проверке каждого изделия;
- 3) при обработке статических данных не специальных испытаний, а прошедшей эксплуатацию аппаратов серийного производства.

**10.** Какой из трех методов приемочного контроля рекомендуется для испытаний опытных образцов:

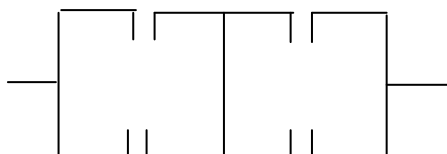
- 1) метод однократной выборки;
- 2) метод двукратной выборки;
- 3) метод последовательных испытаний.

## Модуль 2.

**1.** Что возникает в системе с однократным резервированием при отказе одного элемента:

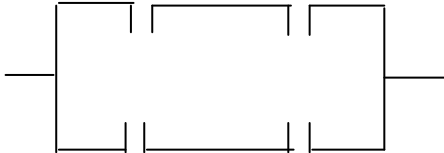
- 1) система имеет отказ типа "обрыв";
- 2) система работоспособна;
- 3) система имеет отказ "замыкание".

**2.** К какому типу состояния относится схема резервирования одного релейно-контактного элемента:



- 1) работоспособное состояние;
- 2) отказы лишь типа "обрыв";
- 3) отказы лишь типа "замыкание"

3. К какому типу относится схема резервирования одного релейно-контактного элемента:



- 1) работоспособное состояние;
- 2) отказы лишь типа "обрыв";
- 3) отказы лишь типа "замыкание".

4. Что возникает в системе с однократным резервированием при отказе одного элемента:

- 1) система имеет отказ типа "обрыв";
- 2) система работоспособна;
- 3) система имеет отказ "замыкание".

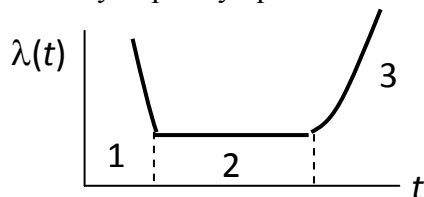
5. Ложное срабатывание это:

- 1) отказ типа "обрыв";
- 2) отказ типа "замыкание";
- 3) вибрация контактов, возникающая при замыкании.

6. Среднее время наработки на отказ является показателем надежности, которое характеризует:

- 1) количество циклов, операций;
- 2) средняя наработка до предельного состояния;
- 3) средняя календарная продолжительность эксплуатации до предельного состояния.

7. К какому периоду кривой изменения интенсивности отказов относится участок 2:



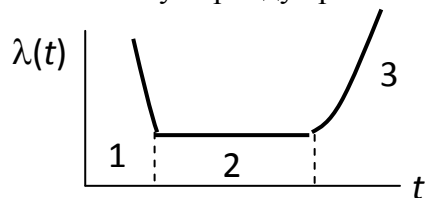
- 1) период приработка;
- 2) период нормальной работы;
- 3) период старения.

8. Основным способом обеспечения надежности герметизированных контакторов является:

- 1) содержание кислорода в составе дугогасящей среды;
- 2) наличие содержания влаги внутри оболочки;
- 3) вакуум-плотная герметизация.

9. Какие отказы у воздушного выключателя наиболее сложно прогнозировать:  
1) отказы в начале эксплуатации из-за дефектов монтажа и изготовления;  
2) отсутствие закономерности по времени  $t$  внезапных отказов;  
3) отказы из-за неравномерности износа дугогасительной камеры в результате возникновения коротких замыканий.

10. К какому периоду кривой изменения интенсивности отказов относится участок 1:



- а) период приработки;
- б) период нормальной работы;
- в) период старения.

**6. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций**

6.1. Итоговый контрольный тест доступен студенту только во время тестирования, согласно расписания занятий или в установленное деканатом время.

6.2. Студент информируется о результатах текущей успеваемости.

6.3. Студент получает информацию о текущей успеваемости, начислении бонусных баллов и допуске к процедуре итогового тестирования от преподавателя или в ЭИОС.

6.4. Производится идентификация личности студента.

6.5. Студентам, допущенным к промежуточной аттестации, открывается итоговый контрольный тест.

6.6. Тест закрывается студентом лично по завершении тестирования или автоматически по истечении времени тестирования.