

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 МАШИН»**

Направление подготовки:

**13.03.02 Электроэнергетика и электротехника**

Профиль подготовки:

**13.03.02.1 Электромеханика**

Квалификация (степень):

**бакалавр**

Форма обучения:

**заочная**

Санкт-Петербург, 2018

Рабочая программа дисциплины «Надежность электрических машин» 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: 13.03.02.1 Электромеханика

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

**Разработчик:** Брандин Н.Ю., ст.преподаватель

**Рецензент:** Н.Н. Дзекцер к.т.н., научный руководитель, ООО "Системы энергоэкологической безопасности»

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 .....	5
4. СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ .....	6
5. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ .....	10
5.1. Темы контрольной работы .....	10
5.2. Темы курсовых работ.....	10
5.3. Перечень методических рекомендаций .....	10
5.4. Перечень вопросов для подготовки к экзамену .....	10
6. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ.....	16
7. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....	16
8. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО – ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ "ИНТЕРНЕТ", НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....	17
9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ .....	17
10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ.....	18
11. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ .....	18
12. БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СИСТЕМА ОЦЕНКИ ЗНАНИЙ .....	18
Приложение .....	20

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

- 1.1. Целями освоения дисциплины «Надежность электрических машин»
- изучение основ и методов расчета надежности электрических машин, методик выбора оптимальной степени их надежности.
- 1.2. Изучение дисциплины «Надежность электрических машин» способствует решению следующих задач профессиональной деятельности:
- производить определения оптимальной структуры электрических машин на основе анализа и расчета надежности;
  - производить оценку влияния различных факторов на надежную работу электрических машин;
  - 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-2</b>	Способностью обрабатывать результаты экспериментов
<b>ПК-5</b>	Готовностью определять параметры оборудования объектов профессиональной деятельности
<b>ПК-6</b>	Способностью рассчитывать режимы работы объектов профессиональной деятельности
<b>ПК-8</b>	Способностью использовать технические средства для измерения и контроля основных параметров технологического процесса
<b>ПК-13</b>	Способностью участвовать в пуско-наладочных работах
<b>ПК-16</b>	Готовностью к участию и выполнению ремонтов оборудования по заданной методике
<b>ПК-17</b>	Готовностью к составлению заявок на оборудование и запасные части и подготовке технической документации на ремонт

1.4. В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

**Знать:**

- общую характеристику надёжности работы электрических машин;
- назначение показателей надёжности ;

**Уметь:**

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

**Владеть:**

- методами расчета показателей надежности электрических машин;

## 2.МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина «Надежность электрических машин» 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.

Дисциплина является предшествующей для изучения специальных дисциплин.

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

## 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	Практические занятия	лабораторные занятия	Самостоятельная работа	Контрольная работа	Курсовая работа (проект)	Экзамен
1.	<b>Модуль 1. Основные понятия надёжности электрических машин</b>	<b>108/3</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	–	<b>97</b>	–	–	–

1.1.	Тема 1.1. Показатели надёжности электрических машин	18/0,5	1	1	–	16	–	–	–
1.2.	Тема 1.2. Математические зависимости для оценки надёжности	18/0,5	1	1	–	16	–	–	–
1.3.	Тема 1.3. Физика отказов электрических машин	18/0,5	1	1	–	16	–	–	–
1.4.	Тема 1.4. Основные характеристики надёжности электрических машин и её элементов	18/0,5	1	1	–	16	–	–	–
1.5.	Тема 1.5. Расчёт показателей надёжности технических систем	18/0,5	0,5	1	–	16	–	–	–
1.6.	Тема 1.6. Методы обеспечения надёжности электрических машин	18/0,5	0,5	1	–	16	–	–	–
2.	Модуль 2. Экспериментальные исследования надёжности электрических машин	108/3	5	6	–	97	–	–	–
2.1.	Тема 2.1. Планирование эксперимента	36/1	1,5	2	–	32,5	–	–	–
2.2.	Тема 2.2. Методы математической статистики	36/1	1,5	2	–	32,5	–	–	–
2.3.	Тема 2.3. Регрессивный анализ для однофакторного эксперимента и линейной модели	36/1	2	2		32	–	–	–
<b>Всего</b>		<b>216/6</b>	<b>10</b>	<b>12</b>	<b>–</b>	<b>194</b>	<b>1</b>	<b>–</b>	<b>1</b>

#### 4. СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ (216 часов)

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

##### Тема 1.1. Показатели надёжности электрических машин (18 часов)

Термины и определения основных понятий, используемых в теории надёжности электрических машин. Основные свойства и состояния электрических машин с позиций надёжности. Типичные критерии отказов электрических машин. Показатели работоспособности, ремонтпригодности, долговечности, сохраняемости, безопасности и живучести электрических машин. Номенклатура и классификация показателей надёжности электрических машин.

###### *Виды учебных занятий:*

Лекция: Показатели надёжности электрических машин 1 час.

Практические занятия. Показатели надёжности электрических машин 1 час

##### Тема 1.2. Математические зависимости для оценки надёжности (18 часов)

Функция распределения случайной величины. Математическое ожидание для непрерывной случайной величины. Оценка среднего значения случайной величины. Дисперсия случайной величины. Оценка дисперсии случайной

величины. Характеристика рассеяния случайной величины. Оценка рассеяния случайной величины. Вероятность суммы двух несовместных событий. Теорема сложения для произвольного числа несовместных событий. Полная группа несовместных событий. Вероятность суммы любого числа совместных событий. Теорема умножения вероятностей. Понятие независимых событий. Вероятность произведения двух независимых событий. Вероятность произведения нескольких событий

**Виды учебных занятий:**

Лекция:	Математические зависимости для оценки надёжности	1 час
Практические занятия.	Математические зависимости для оценки надёжности	1 час

**Тема 1.3. Физика отказов электрических машин(18часов)**

Виды энергии, влияющие на работоспособность электрической машины. Процессы, снижающие работоспособность электрических машин. Изменение начальных свойств и состояния материалов, из которых выполнена электрическая машина. Закономерности, описывающие процессы изменения свойств и состояния материалов. Закономерности изменения выходных параметров электрической машины и ее элементов во времени. Закономерности, описывающие взаимосвязи обратимых процессов, когда после прекращения действия внешних факторов материал возвращается в исходное состояние. Закономерности, которые описывают необратимые процессы и позволяют оценить те изменения начальных свойств материалов, которые происходят в процессе эксплуатации электрической машины. Законы состояния, описывающие связь между входными и выходными параметрами электрической машины в процессе эксплуатации. Законы состояния и старения электрической машины в процессе эксплуатации

**Виды учебных занятий:**

Лекция:	Физика отказов электрических машин	1 час.
Практические занятия.	Физика отказов	1 час

**Тема 1.4. Основные характеристики надежности электрической машины и её элементов(18часов)**

Функция распределения отказов невосстанавливаемого элемента. Вероятность безотказной работы невосстанавливаемого элемента. Мгновенное значение плотности распределения времени безотказной работы и интенсивности отказов невосстанавливаемого элемента. Среднее время безотказной работы и средняя наработка до отказа невосстанавливаемого элемента. Зависимость интенсивности отказов во времени в процессе эксплуатации электрической машины. Нарботка восстанавливаемого элемента. Среднее время

восстановления одного отказа в рассматриваемом интервале суммарной наработки. Коэффициент технического использования. Коэффициент готовности электрической машины

**. Виды учебных занятий:**

Лекция:	Основные характеристики надёжности электрических машин и её элементов	1 час.
Практические занятия.	Основные характеристики надёжности электрических машин и её элементов	1 час

**Тема 1.5. Расчет показателей надежности технических систем(18часов)**

Электрическая машина, как сложная техническая система. Факторы, отрицательно влияющие на надежность сложных систем. Факторы, положительно влияющие на надежность сложных систем. Анализ работоспособности сложной системы, её структуры и тех взаимосвязей, которые определяют её надежное функционирование. Структурная схема надежности системы с последовательным соединением элементов. Структурная схема надежности системы с параллельным соединением элементов. Структурная схема надежности с поканальным резервированием. Структурная схема надежности с поэлементным резервированием. Структурная схема надежности технической системы

**. Виды учебных занятий:**

Лекция:	Расчёт показателей надёжности технических систем	0,5 час.
Практические занятия.	Расчёт показателей надёжности технических систем	1 часа

**Тема 1.6. Методы обеспечения надежности электрических машин(18часов)**

Конструктивные методы повышения надежности электрической машины. Вероятностные методы оценки надежности электрической машины на этапах эскизного и рабочего проектирования. Расчет проектной надежности электрической машины. Анализ точности и стабильности технологического процесса изготовления электрической машины. Надежность электрических машин в условиях эксплуатации. Внезапные и постепенные отказы в процессе эксплуатации электрической машины. Повышение надежности электрических машин в условиях эксплуатации: разработка научных методов эксплуатации; сбор, анализ и обобщение опыта эксплуатации; связь проектирования с производством изделий электромашиностроения; повышение квалификации обслуживающего персонала

**. Виды учебных занятий:**

Лекция:	Методы обеспечения надёжности электрических машин	0,5 час.
Практические занятия.	Методы обеспечения надёжности электрических машин	1 час



## МОДУЛЬ 2. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН(108ЧАСОВ)

### Тема 2.1. Планирование эксперимента(36часов)

Инженерный эксперимент как предмет исследования. Планирование эксперимента: выбор числа и условий проведения опытов, необходимых и достаточных для решения поставленной задачи с требуемой точностью. Поиск оптимальных условий проведения эксперимента. Экстремальный эксперимент. Схема «черного ящика». Понятие математической модели электрической машины. Упрощенная схема эксперимента, изображенная как система связи. Экспериментальные ошибки и неопределённости. Типы ошибок измерения и свойства случайных ошибок. Наиболее вероятное значение измеряемой величины и оценка точности измерений. Понятие доверительного интервала и доверительной вероятности. Обнаружение промахов и ошибка косвенных измерений

#### *Виды учебных занятий:*

Лекция:	Планирование эксперимента	1,5часа.
Практические занятия.	Планирование эксперимента	2часа

### Тема 2.2. Методы математической статистики(36часов)

Выборочный метод для определения свойств генеральной совокупности электрической машины. Оценивание параметров и проверка статистических гипотез. Статистическое распределение параметров. Нормальное распределение параметров в математической статистике. Плотность вероятности нормированной, нормально распределенной случайной величины.  $\chi^2$ -распределение. Плотность хи-квадрат распределения для различных степеней свободы. Распределение Стьюдента. Распределение Стьюдента для степеней свободы и нормированное нормальное распределение.  $F$ -распределение

#### *Виды учебных занятий:*

Лекция:	Методы математической статистики	1,5час.
Практические занятия.	Методы математической статистики	2часа

### Тема 2.3. Регрессионный анализ для однофакторного эксперимента и линейной модели(36часов)

Построение регрессионной модели. Процедура построения уравнения регрессии. Метод наименьших квадратов. Максимальное правдоподобное определение параметров методом наименьших квадратов. Однофакторный

эксперимент – уравнение регрессии и линейная модель. Построение линейного уравнения регрессии. Матричное представление параметров в регрессионном анализе при ортогональном плане. Регрессионный анализ для случая ортогонального плана линейных моделей

**Виды учебных занятий:**

Лекция:	Регрессивный анализ для однофакторного эксперимента и линейной модели	2 часа.
Практические занятия.	Регрессивный анализ для однофакторного эксперимента и линейной модели	2 часа

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

### **5.1. Темы контрольной работы**

Расчёт вероятности безотказной работы электрической машины.

Расчёт характеристик надежности электрической машины

### **5.2. Темы курсовых работ**

Учебным планом не предусмотрены

### **5.3. Перечень методических рекомендаций**

№ п/п	Наименование
1	Методические рекомендации по выполнению контрольной работы

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

#### **Модуль 1. Основные понятия надёжности электрических машин**

#### **Тема 1.1. Показатели надёжности электрических машин**

1. Как называется свойство объекта сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания, хранения и транспортирования?

2. Как называется состояние объекта, при котором он соответствует всем требованиям нормативно-технической и (или) конструкторской (проектной) документации?

3. Как называется событие, заключающееся в нарушении исправного состояния объекта при сохранении работоспособного состояния?

4. Как называется состояние объекта, при котором значения всех параметров, характеризующих способность выполнять заданные функции, соответствует требованиям нормативно-технической и (или) конструкторской (проектной) документации?

5. Как называется состояние объекта, при котором значение хотя бы одного параметра, характеризующего способность выполнять заданные функции, не соответствует требованиям нормативно-технической и (или) конструкторской (проектной) документации?

6. Как называется событие, заключающееся в нарушении работоспособного состояния объекта?

7. Как называется признак или совокупность признаков неработоспособного состояния объекта, установленных в нормативно-технической и (или) конструкторской (проектной) документации?

8. Назовите типичные критерии отказов.

9. Назовите типичные критерии предельных состояний.

10. Назовите основное отличие понятий «безотказность» и «долговечность».

11. Как называется свойство объекта непрерывно сохранять работоспособное состояние в течение некоторого времени или наработки?

12. Как называется продолжительность или объем работы объекта?

13. Как называется состояние объекта, при котором его дальнейшая эксплуатация недопустима или нецелесообразна, либо восстановление его работоспособного состояния невозможно или нецелесообразно?

14. Как называется признак или совокупность признаков предельного состояния объекта, установленные нормативно-технической и (или) конструкторской (проектной) документацией?

15. Как называется отказ, в результате которого объект достигает предельного состояния?

16. Как называется свойство объекта сохранять работоспособное состояние до наступления предельного состояния при установленной системе технического обслуживания и ремонта?

17. Как называется календарная продолжительность эксплуатации объекта от начала его применения (возобновления эксплуатации после ремонта) до наступления предельного состояния?

18. Как называется свойство объекта, заключающееся в его приспособленности к поддержанию и восстановлению работоспособного состояния путем технического обслуживания и ремонта?

19. Как называется свойство объекта сохранять в заданных пределах значения параметров, характеризующих способность объекта выполнять требуемые функции, в течение и после хранения и (или) транспортирования?

20. Как называется свойство объекта при изготовлении и эксплуатации и в случае нарушения работоспособного состояния не создавать угрозу для жизни и здоровья людей, а также для окружающей среды?

21. Как называется свойство объекта, состоящее в его способности противостоять развитию критических отказов из дефектов и повреждений при установленной системе технического обслуживания и ремонта?

22. Как называется количественная характеристика одного или нескольких свойств, составляющих надежность объекта?

23. Приведите классификацию показателей надёжности электрических машин.

### **Тема 1.2. Математические зависимости для оценки надежности**

24. Дайте определение функции распределения отказов электрической машины.

25. Как называют производную от функции распределения отказов по текущей переменной?

26. Как выражается математическое ожидание для непрерывной случайной величины?

27. Как называют математическое ожидание квадрата отклонения случайной величины от ее математического ожидания?

28. Как называют наиболее вероятное значение случайной величины или то ее значение, при котором плотность вероятности максимальна?

29. Как называется значение случайной величины, соответствующее заданной вероятности?

30. Как определяется вероятность суммы двух несовместных событий?

31. Как определяется вероятность суммы двух совместных событий?

32. Как называется вероятность события  $A$ , вычисленная при условии, что имело место другое событие  $B$ ?

33. Как называется вероятность произведения двух событий равных произведению вероятности одного из них на условную вероятность другого, вычисленную при условии, что первое имело место?

### **Тема 1.3. Физика отказов электрических машин**

34. Как называется энергия, которая не только передается по всем элементам электрической машины в процессе работы, но и воздействует на нее в виде статических или динамических нагрузок от взаимодействия с внешней средой?

35. Чем определяются силы, возникающие в узлах электрической машине?

36. Как называется энергия, которая в электрической машине может возникнуть и как следствие тех затрат энергии, которые имели место при изготовлении отдельных частей системы и сохранились в них в потенциальной форме?

37. Как называется энергия, которая действует на электрическую машину и ее части при колебаниях температуры окружающей среды, при осуществлении рабочего процесса (особенно сильные тепловые воздействия имеют место при работе двигателей и ряда технологических машин), при работе приводных механизмов, электротехнических и гидравлических устройств?

38. Как называется энергия, которая в виде радиоволн (электромагнитных колебаний) пронизывает все пространство вокруг электрической машины и может оказать влияние на её работу?

39. Как называется состояния изделия, при котором оно не соответствует хотя бы одному из требований технической документации, однако остается работоспособным?

40. Как называются закономерности, описывающие взаимосвязи обратимых процессов, когда после прекращения действия внешних факторов материал (и соответственно деталь) возвращается в исходное состояние?

41. Как называются закономерности, которые описывают необратимые процессы и, следовательно, позволяют оценить те изменения начальных свойств материалов, которые происходят или могут происходить в процессе эксплуатации электрической машины?

42. Как называется событие, при котором несколько элементов выходят из строя по одной и той же причине?

#### **Тема 1.4. Основные характеристики надежности электрической машины и её элементов**

43. Как называют такой элемент, который после работы до первого отказа заменяют на такой же элемент, так как его восстановление в условиях эксплуатации невозможно?

44. Чем определяется вероятность безотказной работы испытываемых элементов?

45. Приведите и поясните зависимость вероятности безотказной работы от времени.

46. Как определяется мгновенное значение плотности распределения времени безотказной работы?

47. Как определяется мгновенное значение интенсивности отказов?

48. Как определяется среднее время безотказной работы невозстанавливаемого элемента?

49. Как определяются среднее время безотказной работы и средняя наработка до отказа по результатам испытаний?

50. Как определяется среднее квадратическое отклонение в качестве оценки надежности электрической машины?

51. Приведите и поясните зависимость интенсивности отказов от времени.

52. Как называется наработка восстанавливаемого элемента, приходящаяся, в среднем, на один отказ в рассматриваемом интервале суммарной наработки или определенной продолжительности эксплуатации?

53. Как называется вероятность того, что изделие будет работоспособно в произвольный момент времени, кроме периодов выполнения планового технического обслуживания, когда применение изделия по назначению исключено?

54. Как называется отношение наработки изделия в единицах времени за некоторый период эксплуатации к сумме этой наработки и времени всех простоев, обусловленных устранением отказов, техническим обслуживанием и ремонтами за этот период?

### **Тема 1.5. Расчет показателей надежности технических систем**

55. Приведите факторы, отрицательно влияющие на надежность сложных систем.

56. Приведите свойства сложных систем, которые положительно влияют на их надежность.

57. Приведите и поясните структурную схему надежности системы с последовательным соединением элементов.

58. Приведите и поясните структурную схему надежности системы с параллельным соединением элементов.

59. Приведите и поясните структурную схему надежности с поканальным резервированием.

60. Приведите и поясните структурную схему надежности с поэлементным резервированием.

61. Приведите и поясните структурную схему надежности технической системы.

### **Тема 1.6. Методы обеспечения надежности электрических машин**

62. Приведите и поясните конструктивные способы обеспечения надёжности.

63. Приведите и поясните технологические способы обеспечения надёжности электрических машин в процессе изготовления.

64. Приведите и поясните обеспечение надёжности электрических машин в условиях эксплуатации.

65. Приведите и поясните пути повышения надёжности электрических машин при эксплуатации.

66. Приведите и поясните Организационно-технические методы по надёжности электрических машин при эксплуатации.

67. Как называют отказы, связанные с наличием в изделии скрытых производственных дефектов, причинами конструктивного характера, ошибками обслуживающего персонала?

68. Как называют отказы, электрической машины обусловленные постепенными изменениями параметров?

69. Чему равна надежность электрической машины при предположении независимости отказов?

70. Чему равна вероятность безотказной работы электрической машины, обусловленная качеством обслуживания?

71. Назовите мероприятия повышения надежности электрических машин в условиях эксплуатации.

72. Назовите организационно-технические методы по восстановлению и поддержанию надежности электрических машин при эксплуатации.

## **Модуль 2. Экспериментальные исследования надёжности электрических машин**

### **Тема 2.1. Планирование эксперимента**

73. Что представляют собой сложные испытания в действительности?

74. Что имеется в виду при проведении любых экспериментов?

75. Что является важнейшим принципом организации сложных экспериментов в современных условиях?

76. Что становится неотъемлемым элементом испытаний, без построения которого невозможно осуществить планирование эксперимента, его проведение и обработку результатов?

77. Приведите и поясните схему «черного ящика».

78. Приведите и поясните упрощенную схему эксперимента, как систему связи.

79. Как называют метод изучения объекта, когда исследователь активно и целенаправленно воздействует на него путем создания искусственных условий или использует естественные условия, необходимые для выявления соответствующих свойств.

80. Что является достоинствами эксперимента по сравнению с наблюдением реального явления или объекта?

81. Приведите и поясните график плотности нормального распределения показаний измерительного прибора.

82. Приведите и поясните зависимость плотности нормированного (нормального) распределения.

### **Тема 2.2. Методы математической статистики**

83. Что лежит в основе теории эксперимента?

84. Что позволяет вычислять математическая статистика?

85. Как принято называть множество элементов, подлежащих изучению методами математической статистики?

86. Как называется приближенное определение неизвестных параметров распределения по данным выборки?

87. Как называется оценка, если при неограниченном увеличении объема выборки ее значение сходится по вероятности к оцениваемому параметру?

88. Приведите и поясните график плотности вероятности нормированной, нормально распределенной случайной величины.

89. Чем определяется хиквадрат распределение?

90. Приведите и поясните график плотности хиквадрат распределения для различных степеней свободы.

91. Для чего используется  $t$ -распределение или статистика Стьюдента?

92. Приведите и поясните график распределения Стьюдента для различных степеней свободы и нормированного нормального распределения.

93. Для чего используется  $F$ -статистика (критерий Фишера)?

### **Тема 2.3. Регрессионный анализ для однофакторного эксперимента и линейной модели**

94. Как называют функциональную зависимость математического ожидания случайной величины  $Y$  от одной  $X_1$  или нескольких  $X_1, X_2, \dots, X_k$  неслучайных величин?

95. Что является задачей процедуры построения уравнения регрессии или регрессионной модели?

96. Поясните построение уравнения регрессии и его анализ в случае, когда зависимая переменная в идеальных условиях является линейной функцией одной переменной для эксперимента.

97. Для чего применяется метод максимального правдоподобия в математической статистике и теории эксперимента?

98. Как называют разность между экспериментальным и вычисленным по уравнению регрессии значениями  $y$  в  $i$ -й экспериментальной точке?

99. Приведите и поясните график линейного уравнения регрессии.

100. Приведите и поясните постулаты на которых основан регрессионный

### **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>., по паролю

#### **Дополнительная литература**

1. Кузнецов Н.Л. Надежность электрических машин: учеб. пособие для вузов. – М.: Издательский дом МЭИ, 2006. – 432с.

2. Сборник задач по надежности электрических машин: учебное пособие / Н.Л.Кузнецов. –М.: Издательский дом МЭИ, 2008. – 408с.

#### **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
Тест по модулю 1	0 –17
Тест по модулю 2	0 – 18
<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>

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

#### Оценка по контрольной работе

<b>Оценка</b>	<b>Количество баллов</b>
отлично	27-30
хорошо	23-26
удовлетворительно	18-22
неудовлетворительно	менее 18

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

## Приложение

к рабочей программе дисциплины  
«Надежность электрических  
машин» для направления подготовки  
13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»

### ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ 1. Перечень формируемых компетенций

#### Профессиональные (ПК)

<i>Код компетенции</i>	<i>Наименование и (или) описание компетенции</i>
<b>ПК-2</b>	Способностью обрабатывать результаты экспериментов
<b>ПК-5</b>	Готовностью определять параметры оборудования объектов профессиональной деятельности
<b>ПК-6</b>	Способностью рассчитывать режимы работы объектов профессиональной деятельности
<b>ПК-8</b>	Способностью использовать технические средства для измерения и контроля основных параметров технологического процесса
<b>ПК-13</b>	Способностью участвовать в пуско-наладочных работах
<b>ПК-16</b>	Готовностью к участию и выполнению ремонтов оборудования по заданной методике
<b>ПК-17</b>	Готовностью к составлению заявок на оборудование и запасные части и подготовке технической документации на ремонт

#### 2. Паспорт фонда оценочных средств

№ п/п	Контролируемые модули (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции (или ее части)	Наименование оценочного средства
1	Модуль 1. Основные понятия надёжности электрических машин	ПК-2,5,6,8,13,16,17.	Контрольный тест 1 Практические занятия Контрольная работа
2	Модуль 2. Экспериментальные исследования надёжности электрических машин	ПК-2,5,6,8,13,16,17..	Контрольный тест 2 Практические занятия
	Модуль 1-2	ПК-2,5,6,8,13,16,17.	Контрольная 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-2,5,6,8,13,16,17. 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-2,5,6,8,13,16,17.. рассчитывать показатели надежности и оценивать надежность работы электрических машин	Не умеет	Умеет оценивать основные показатели надежности, но не умеет оценивать надежность работы электрических машин	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-2,5,6,8,13,16,17.. статистическими методами оценки 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.

**.Шкалы оценивания**  
(балльно-рейтинговая система)

Вид учебной работы, за которую ставятся баллы	баллы
Участие в online занятиях, прослушивание видео лекций	0 – 5
Тест по модулю 1	0 – 17
Тест по модулю 2	0 – 18
<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.** Рассчитать вероятности безотказной работы для отдельной щётки  $P(t)$  и щёточного аппарата  $P_{\text{ша}}(t)$ , если задано  $\bar{T} = 10000$  ч,  $\sigma_t = 3000$  ч,  $N = 4$ ,  $n_1 = 2$ . Построить зависимость вероятности безотказной работы от времени щёточного аппарата.

**Методические рекомендации по выполнению контрольной работы**

Выбор варианта темы осуществляется по последней цифре зачетной книжки студента.

Объем контрольной работы: 10 – 12 листов формата А4. Описание конструкции устройств должны сопровождаться схемами и рисунками.

Общие требования: контрольная работа выполняется на листах А4 со стандартной рамкой и основной надписью для 2-го и последующих листов текстовых технических документов по ЕСКД. После титульного листа располагают лист, на котором указываются задание варианта темы и оглавление разделов контрольной работы. В конце контрольной работы указывается список использованной литературы.

**1. Расчёт надёжности коллекторно-щёточного узла**

Электрическая щётка является невосстанавливаемым элементом, и её надёжность оценивается вероятностью безотказной работы. Время безотказной работы электрических щёток составляет:

$$t = \frac{h - h_{\text{пр}}}{v_{\text{щ}}},$$

где  $h$  и  $h_{\text{пр}}$  – первоначальная и предельно допустимая высота электрической щётки, мм;  $v_{\text{щ}}$  – скорость износа щётки, мм/ч.

Скорость износа щётки  $v_{\text{щ}}$  зависит от давления на щётку, окружной скорости, плотности тока, конструкции и материала коллектора и т. п. и является случайной величиной. Многолетние статистические наблюдения за работой электрических щёток показали, что распределение значений скорости износа электрических щёток подчиняется нормальному закону. В результате испытаний электрических щёток (ускоренных или в нормальных условиях) были определены среднестатистические показатели выборочных характеристик:

$$\bar{v}_{\text{щ}} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n v_{\text{щ}_i}; \quad \sigma_{\text{щ}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (v_{\text{щ}_i} - \bar{v}_{\text{щ}})^2}{n-1}},$$

где  $\bar{v}_{\text{щ}}$  – оценка математического ожидания скорости износа электрической щётки;  $\sigma_{\text{щ}}$  – оценка среднеквадратического отклонения;  $n$  – число электрических щёток.

Вероятность безотказной работы за время  $t$  имеет вид:

$$P(t) = 1 - Q(t).$$

Вероятность отказа за время  $t$  можно определить:

$$Q(t) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_0^t \exp\left[-\frac{(t-\bar{T})^2}{2\sigma^2}\right] dt.$$

Определяем среднестатистическое значение времени отказов и среднеквадратическое отклонение:

$$\bar{T} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n t_i; \quad \sigma = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (t_i - \bar{T})^2},$$

где  $t_i$  – частное значение времени отказов, и полагая  $m_x = \bar{T}$ , находят вероятность безотказной работы щётки:

$$P(t) = 1 - Q(t) = \Phi\left(\frac{t_i - \bar{T}}{\sigma}\right).$$

Если рассматриваемая машина постоянного тока относится к классу машин, у которых надёжность коллекторно-щёточного узла определяется надёжностью щёточного аппарата, то

$$P_{\text{к}}(t) = P_{\text{ша}}(t),$$

где  $P_{\text{к}}(t)$  и  $P_{\text{ша}}(t)$  – вероятность безотказной работы коллекторно-щёточного узла и щёточного аппарата.

На электрической машине установлено  $N$  щёток одной марки. Если выход из строя даже одной щётки приведёт к отказу всего щёточного аппарата, то надёжность аппарата определяется как

$$P_{\text{ща}}(t) = [P(t)]^N.$$

В большинстве случаев щёточный аппарат рассматривают как некую резервированную систему с дробным коэффициентом резервирования  $k_p$ :

$$k_p = \frac{N}{N - n_1},$$

где  $n_1$  – минимально допустимое число отказов электрических щёток, не приводящее к отказу всего щёточного аппарата.

Итак, если допустимое число отказов электрических щёток в комплекте равно  $n_1$ , то вероятность события, а значит, и вероятность безотказной работы щёточного аппарата, что при  $N$  испытаниях встретится не более  $n_1$  отказов, определяется в соответствии с формулой Бернулли:

$$P_{\text{ща}}(t) = P_{n, N} = \sum_{k=1}^{n_1} C_N^k P(t)^{N-k} [1 - P(t)]^k,$$

где

$$C_N^k = \frac{N!}{k!(N - k)!}.$$

Таким образом, рассматривая комплект электрических щёток в машине как выборку объёмом  $N$  из генеральной совокупности, которая характеризуется надёжностью  $P(t)$ , можно рассчитать вероятность безотказной работы щёточного аппарата.

## 2. Расчёт надёжности обмотки статора асинхронного двигателя

Надёжность асинхронных двигателей общепромышленного назначения в диапазоне мощностей от 0,5 до 100 кВт определяется в основном надёжностью обмотки статора.

На основании теоремы умножения вероятность безотказно работы обмотки равна:

$$P_{\text{обм}} = P_{\text{мв}} \cdot P_{\text{п}} \cdot P_{\text{мф}},$$

где  $P_{\text{мв}}$ ,  $P_{\text{п}}$ ,  $P_{\text{мф}}$  – соответственно вероятности безотказной работы межвитковой, корпусной и межфазной изоляции.

Многочисленные расчётные и экспериментальные данные показывают, что вероятность безотказной работы корпусной и межфазной изоляции значительно выше, чем межвитковой: для  $\tau = 10000$  ч имеет  $P_{\text{п}} \cdot P_{\text{мф}} \approx 0,999$ , а для  $\tau = 20000$  ч  $P_{\text{п}} \cdot P_{\text{мф}} \approx 0,995$ . Поэтому при выполнении расчётов надёжности всыпных обмоток можно ограничиться расчётом надёжности межвитковой изоляции, выполнив затем корректировку результата. В соответствии с изложенным рассмотрим предлагаемую методику. Укажем названия параметров, обозначения и выберем их значения.

1. Нарботка, для которой определяется вероятность безотказной работы  $P_{\text{об}} =$  задаётся в ТУ. В данном случае принимается  $\tau = 10000$  ч.

2. Вероятность наличия хотя бы одного дефекта изоляции провода длиной 100 мм после укладки обмотки  $q_1$ . При отсутствии экспериментальных данных  $q_1 = 0,1 \div 0,35$ .

3. Периметр свободной площади слоя обмотки  $\Pi$ . Для двухслойной обмотки  $\Pi = b_1 + b_2 + h_{1\text{п}}$ ; для однослойной обмотки  $\Pi = b_1 + b_2 + 2h_{1\text{п}}$ , где  $b_1$  и  $b_2$  – ширина паза;  $h_{1\text{п}}$  – высота паза.

4. Коэффициент, характеризующий качество пропитки, при отсутствии экспериментальных данных принимают  $k_{\text{пр}} = 0,3 \div 0,7$ .



5. Длину образца провода  $l_{\text{обр}}$ , можно принять равной 100 мм.
6. Среднее значение  $\bar{U}_1$ , кВ, и среднеквадратическое отклонение фазных коммутационных перенапряжений  $\sigma_{\bar{U}_1}$ . При отсутствии экспериментальных данных  $\bar{U}_1 = 1,3 \div 1,6$  кВ;  $\sigma_{\bar{U}_1} = 0,3 \div 0,4$  кВ.
7. Длину элементарного участка  $l_{\text{эл}}$ , мм, принимают равной 0,11 – 0,12 мм.
8. Средняя допустимая температура обмотки  $\bar{t}$ , °С, и её среднеквадратическое отклонение  $\sigma_{\bar{t}}$ , °С. Для изоляции класса В:  $\bar{t} = 120$  °С; для изоляции класса F:  $\bar{t} = 140$  °С; для изоляции класса H:  $\bar{t} = 165$  °С;  $\sigma_{\bar{t}} = 5$  °С.
9. Максимально допустимая температура нагревостойкости изоляции  $t_0$ , °С. Для изоляции класса В:  $\bar{t}_0 = 130$  °С; для изоляции класса F:  $\bar{t}_0 = 155$  °С; для изоляции класса H:  $\bar{t}_0 = 180$  °С.
10. Среднее значение напряжения перекрытия по поверхности промежутка толщиной равной двусторонней толщине изоляции  $\bar{U}_z$ , кВ, и среднеквадратическое напряжение  $\sigma_{\bar{U}_z}$ , кВ. Принимают  $\bar{U}_z = 0,8 \div 1$  кВ,  $\sigma_{\bar{U}_z} = 0,2 \div 0,3$  кВ.
11. Частота включений электродвигателя  $f_{\text{вкл}}$  в зависимости от условий эксплуатации. При нормальной эксплуатации  $f_{\text{вкл}} = 2 \div 10$  ч<sup>-1</sup>.
12. Коэффициенты уравнения, определяющие скорость увеличения дефектности витковой изоляции. При отсутствии экспериментальных данных принимают  $c_{\text{в}} = (0,1 \div 0,2) \cdot 10^{-6}$ , (мм·ч)<sup>-1</sup>,  $a_{\text{в}} = 0,04 \div 0,08$  °С<sup>-1</sup>.
13. Из электромагнитного расчёта асинхронного двигателя, берутся также данные:  $k_{\text{сл}}$  – количество слоёв обмотки;  $N_{\text{с}} = \frac{N_{1\text{п}} \cdot c}{k_{\text{сл}}}$  – число элементарных витков в секции ( $N_{1\text{п}}$  – количество эффективных проводников в пазу;  $c$  – количество элементарных проводников в эффективно);  $\Delta_{\text{пр}} = d' - d$  – двусторонняя толщина изоляции проводника ( $d'$  – диаметр изолированного провода,  $d$  – диаметр неизолированного провода);  $k_3$  – коэффициент заполнения паза;  $z_1$  – число пазов статора;  $a_1$  – количество параллельных ветвей;  $l_{\text{ср}}$  – средняя длина витка обмотки.

## 5.2. Типовой тест промежуточной аттестации.

1. Свойство объекта сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания, хранения и транспортирования называется ...

- А. надёжность
- В. исправное состояние
- С. работоспособное состояние
- Д. повреждение

2. Состояние объекта, при котором он соответствует всем требованиям нормативно-технической и (или) конструкторской (проектной) документации называется ...

- А. исправное состояние
- В. неработоспособное состояние
- С. отказ

D. критерий отказа

3. Состояние объекта, при котором значения всех параметров, характеризующих способность выполнять заданные функции, соответствует требованиям нормативно-технической и (или) конструкторской (проектной) документации называется ...

- A. работоспособное состояние
- B. отказ функционирования
- C. параметрический отказ
- D. безотказность

4. Событие, заключающееся в нарушении исправного состояния объекта при сохранении работоспособного состояния называется ...

- A. повреждение
- B. наработка
- C. предельное состояние
- D. критерий предельного состояния

5. Состояние объекта, при котором значение хотя бы одного параметра, характеризующего способность выполнять заданные функции, не соответствует требованиям нормативно-технической и (или) конструкторской (проектной) документации, называется ...

- A. неработоспособное состояние
- B. ресурсный отказ
- C. долговечность
- D. ремонтпригодность

6. Событие, заключающееся в нарушении работоспособного состояния объекта, называется ...

- A. отказ
- B. сохраняемость
- C. безопасность
- D. живучесть

7. Признак или совокупность признаков неработоспособного состояния объекта, установленных в нормативно-технической и (или) конструкторской (проектной) документации называется ...

- A. критерий отказа
- B. надёжность
- C. исправное состояние
- D. работоспособное состояние

8. Прекращение выполнения объектом заданных функций называется ...

- A. отказ функционирования
- B. повреждение
- C. неработоспособное состояние
- D. отказ

9. Снижение качества функционирования по одному или нескольким из выходных параметров (производительность, мощность, точность и др.) за пределы допустимого уровня называется ...

- A. параметрический отказ
- B. критерий отказа

- C. отказ функционирования
- D. безотказность

10. Свойство объекта непрерывно сохранять работоспособное состояние в течение некоторого времени или наработки называется ...

- A. безотказность
- B. наработка
- C. предельное состояние
- D. критерий предельного состояния

11. Продолжительность или объем работы объекта называется ...

- A. наработка
- B. ресурсный отказ
- C. долговечность
- D. ремонтпригодность

12. Состояние объекта, при котором его дальнейшая эксплуатация недопустима или нецелесообразна, либо восстановление его работоспособного состояния невозможно или нецелесообразно, называется ...

- A. предельное состояние
- B. сохраняемость
- C. безопасность
- D. живучесть

13. Признак или совокупность признаков предельного состояния объекта, установленные нормативно-технической и (или) конструкторской (проектной) документацией, называется ...

- A. критерий предельного состояния
- B. надёжность
- C. исправное состояние
- D. работоспособное состояние

14. Отказ, в результате которого объект достигает предельного состояния, называется ...

- A. ресурсный отказ
- B. повреждение
- C. неработоспособное состояние
- D. отказ

15. Свойство объекта сохранять работоспособное состояние до наступления предельного состояния при установленной системе технического обслуживания и ремонта называется ...

- A. долговечность
- B. критерий отказа
- C. отказ функционирования
- D. параметрический отказ

16. Свойство объекта, заключающееся в его приспособленности к поддержанию и восстановлению работоспособного состояния путем технического обслуживания и ремонта, называется ...

- A. ремонтпригодность

- В. безотказность
- С. наработка
- Д. предельное состояние

17. Свойство объекта сохранять в заданных пределах значения параметров, характеризующих способность объекта выполнять требуемые функции, в течение и после хранения и (или) транспортирования называется ...

- А. сохраняемость
- В. критерий предельного состояния
- С. ресурсный отказ
- Д. долговечность

18. Свойство объекта при изготовлении и эксплуатации и в случае нарушения работоспособного состояния не создавать угрозу для жизни и здоровья людей, а также для окружающей среды называется ...

- А. безопасность
- В. ремонтпригодность
- С. сохраняемость
- Д. живучесть

19. Свойство объекта, состоящее в его способности противостоять развитию критических отказов из дефектов и повреждений при установленной системе технического обслуживания и ремонта называется ...

- А. живучесть
- В. надёжность
- С. исправное состояние
- Д. работоспособное состояние

20. Количественная характеристика одного или нескольких свойств, составляющих надёжность объекта, называется ...

- А. показатель надёжности
- В. живучесть
- С. исправное состояние
- Д. работоспособное состояние

### **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.