

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



«Утверждаю»

Проректор по УМР

О.М. Вальц

«13» сентября 2018 г.

**Рабочая программа учебной дисциплины**  
**«ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ АППАРАТЫ УСТРОЙСТВ**  
**УПРАВЛЕНИЯ И АВТОМАТИКИ»**

Направление подготовки:

**13.03.02 Электроэнергетика и электротехника**

Профили подготовки:

**13.03.02.2 Электроэнергетические системы и сети**

**13.03.02.4 Электроснабжение**

Квалификация (степень):

**бакалавр**

Форма обучения:

**заочная**

Санкт-Петербург, 2018

Рабочая программа дисциплины «Электрические аппараты устройств управления и автоматики» 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:

13.03.02.2 Электроэнергетические системы и сети

13.03.02.4 Электроснабжение

*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 «12» сентября 2018года, 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(144часа).....	6
5. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ.....	10
5.1. Темы контрольной работы .....	10
5.2. Темы курсовых работ (проектов).....	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.....	13
7. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ .....	13
8. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО – ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ "ИНТЕРНЕТ", НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....	14
9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ.....	14
10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ .....	15
11. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ.....	16
12. БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СИСТЕМА ОЦЕНКИ ЗНАНИЙ .....	16
Приложение .....	18

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

1.1. Целями освоения дисциплины «Электрические аппараты устройств управления и автоматики» является:

- формирование знаний об электрических аппаратах управления и автоматики, как средства управления режимами работы, защиты и регулирования параметров электротехнических и электроэнергетических систем;

1.2. Изучение дисциплины «Электрические аппараты устройств управления и автоматики» способствует решению следующих задач профессиональной деятельности:

- овладению методами расчета и выбора электрических аппаратов управления и автоматики для их использования в системах электрических приводов и в силовых цепях нагрузки.

1.3. Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

## ***Профессиональные (ПК)***

<b><i>Код компетенции</i></b>	<b><i>Наименование и (или) описание компетенции</i></b>
<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-12</b>	Готовностью к участию в испытаниях вводимого в эксплуатацию электроэнергетического и электротехнического оборудования
<b>ПК-15</b>	Способностью оценивать техническое состояние и остаточный ресурс оборудования.

1.4. В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

- **Знать:** электрические аппараты, как средства управления режимами работы, защиты и регулирования параметров электротехнических и электроэнергетических систем; физические явления в электрических аппаратах и основы теории электрических аппаратов; понимать существо задач анализа и синтеза узлов типовых ЭЭА.

**Уметь:** выбирать состав оборудования в схемах электротехнических объектов и применять аппараты управления и автоматики в них.

**Владеть:** методами расчета и выбора аппаратов управления и автоматики в схемах электротехнических объектов.

## 2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина «Электрические аппараты устройств управления и автоматики» относится к факультативным дисциплинам.

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.

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	Семинары	работы практические занятия	Самостоятель ная работа	Контрольная работа	Курсовая Р(проект)	Зачёт (экзамен)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	<b>Модуль 1. Понятие об электрических аппаратах управления и автоматике</b>	<b>72/2</b>	<b>4</b>		<b>3</b>	<b>65</b>			
2	Тема 1.1. Классификация, основные характеристики и требования к аппаратам управления и автоматики.	20/0,6	1,5			18,5			
3	Тема 1.2. Основные материалы, применяемые в аппаратостроении	16/0,4	0,5			15,5			
4	Тема 1.3. Основы расчета электродинамических сил, контактных соединений и тепловых процессов	18/0,5	1		3	14			

5	Тема 1.4. Электрические контактные соединения. Особенности работы подвижных контактных соединений. Материалы для контактных соединений.	18/0.5	1			17			
6	<b>Модуль 2. Электромагнитные механизмы в аппаратах управления и автоматики</b>	<b>72/2</b>	<b>4</b>		<b>3</b>	<b>65</b>			
7	Тема 2.1 Дуговые процессы и дугогасительные устройства	36/1	2		1,5	32,5			
8	Тема 2.2 Магнитные цепи электрических аппаратов и электромагнитные механизмы	36/1	2		1,5	32,5			
	<b>Всего</b>	<b>144/4</b>	<b>8</b>		<b>6</b>	<b>130</b>	<b>1</b>		<b>Экз</b>

#### **4. СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ(144часа)**

##### **Модуль 1. Понятие об электрических аппаратах и автоматике(72час.)**

##### **Тема 1.1. . Основные характеристики и требования к аппаратам управления и автоматики(20часов)**

Понятие об электрическом аппарате. Функции, выполняемые электрическими аппаратами. Классификация электрических аппаратов. Требования, предъявляемые к ним. Принципы действия и устройство основных видов. Основные термины и определения.

Краткие сведения об истории развития электроаппаратостроения в России и за рубежом. Роль русских ученых в развитии электроаппаратостроения

##### ***Виды учебных занятий:***

Лекция: Основные характеристики и требования к аппаратам управления и автоматики 1,5часа

##### **Тема 1.2. Основные материалы, применяемые в аппаратостроении(16час.)**

Материалы, применяемые в аппаратостроении, могут быть разбиты на следующие группы:

- 1) проводниковые – главным образом медь, сталь, алюминий, латунь;
- 2) магнитные – различного рода стали и сплавы для магнитопроводов;

3) изоляционные материалы – для электрической изоляции токово-душих частей друг от друга и от заземленных частей (пластмассы, текстолит, резина, картон и др.);

4) дугостойкие изоляционные материалы – асбест, керамика, пластмассы – для дугогасительных камер;

5) контактные материалы – серебро, золото, платина, медь, жидкометаллические контакты (ЖМК), металлокерамика (медь-графит) для обеспечения высокой износостойкости контактов и малого переходного сопротивления в контакте;

6) биметаллы – применяются в автоматических аппаратах, использующих линейное удлинение различных материалов при нагревании током;

7) конструкционные материалы – металлы, пластмассы, изоляционные материалы применяются для придания аппаратам и их деталям тех или иных форм и для изготовления деталей, назначением которых являются передача и восприятие механических усилий.

#### ***Виды учебных занятий:***

Лекция:	Основные характеристики и требования к аппаратам управления и автоматики	0,5 часа
---------	--------------------------------------------------------------------------	----------

### **Тема 1.3. Основы расчета электродинамических сил, контактных соединений и тепловых процессов(18часов)**

Понятие об электродинамических силах. Причины возникновения электродинамических сил в элементах электрических аппаратов. Использование закона Био-Саввара-Лапласа и принципа изменения магнитной энергии для определения электродинамических сил. Сопоставление этих методов расчета.

Усилия электродинамического взаимодействия между параллельными проводами круглого и прямоугольного сечений, конечной длины и бесконечно длинными. Силы взаимодействия между перпендикулярными проводниками и проводниками, расположенными под произвольным углом друг к другу. Силы, действующие на перемычку П-образного и Z-образного контуров. Электродинамические усилия, действующие внутри проводника круглого сечения с током.

Электродинамические усилия, действующие в круговом витке, между витками и в катушке. Силы, возникающие в местах изменения сечения проводника. Усилия взаимодействия между проводником с током и ферромагнитными массами.

Электродинамические силы при переменном токе в однофазной и трехфазной системах. Влияние поверхностного эффекта и эффекта близости на электродинамические усилия между проводниками сложной формы сечения. Механический резонанс.

Графоаналитические методы расчета электродинамических сил в электрических аппаратах.

Электродинамическая стойкость электрических аппаратов при сквозных токах короткого замыкания.

Назначение и классификация электрических контактов. Физические явления в электрическом контакте. Переходное сопротивление контакта и его составляющие. Микроструктура электрического контакта. Фриттинг. Термо-электрические эффекты Томпсона, Пельтье и Колера.

Расчет переходного сопротивления контакта. Сферическая и эллиптическая модели контакта.

Зависимости переходного сопротивления от контактного нажатия, материала контактов, их состояния и температуры.

Электродинамические силы, вызывающие отброс контактов, и способы их компенсации. Основные конструкции контактов, их параметры. Материалы для электрических контактов.

Жидкометаллические контакты, особенности их работы, преимущества и недостатки.

Основные источники тепла в электрических аппаратах. Ограничение температуры нагрева элементов электрических аппаратов. Виды теплообмена.

Процессы нагрева и охлаждения частей аппаратов во времени при продолжительном, кратковременном режимах работы. Методы тепловых расчетов электрических аппаратов. Применение формулы Ньютона для простейших расчетов превышения температуры элементов электрических аппаратов в устанавливаемом процессе нагрева. Нагрев аппаратов при коротком замыкании. Термическая стойкость аппарата.

#### ***Виды учебных занятий:***

Лекция:	Основы расчета электродинамических сил, контактных соединений и тепловых процессов	1 час.
Практические занятия.	Исследование электродинамических сил между шинами	3 час.

### **Тема 1.4. Особенности работы подвижных контактных соединений.**

#### **Материалы для контактных соединений.(18час.)**

Электрическим контактным соединением называется конструктивный узел, при помощи которого производится соединение 2-х или нескольких проводников для перехода тока из одного в другой.

Контактные соединения являются важными конструктивными частями каждого электрического аппарата. Неправильная их конструкция, небрежное выполнение, неудовлетворительное состояние контакта могут быть причинами разрушения аппаратов и аварий.

Контактные соединения по условиям работы делятся на 4 вида.



По форме контактирования различают 3 типа контакта. Сопротивление контактов. Влияние процесса окисления на сопротивление контактов Влияние физических факторов на сопротивление контактов

В работе подвижных контактов аппаратов различают три режима: замкнутое состояние, размыкание контактов, замыкание контактов.

Процессы, происходящие в замкнутом состоянии контактных соединений, аналогичны процессам, происходящим в неподвижных контактах.

Это наиболее благоприятный момент работы для подвижных контактов

Электрический износ контактов. Механический износ контактов. Вибрация и сваривание контактов.

Материалы для контактных соединений

***Виды учебных занятий:***

Лекция:	Электрические контактные соединения.	1 час.
---------	--------------------------------------	--------

**Модуль 2. Электромагнитные механизмы в аппаратах управления и автоматике(72час.)**

**Тема 2.1 Дуговые процессы и дугогасительные устройства(36часов)**

Электрическая дуга как вид электрического разряда в газе. Основные физические свойства и характеристики дуги. Электромагнитные, тепловые и газодинамические процессы в приэлектронных областях и в стволе дуги.

Процессы ионизации и деионизации дугового промежутка. Особенности электрической дуги переменного тока. Условия горения и гашения электрической дуги переменного и постоянного токов. Энергия, выделяющаяся в дуге постоянного и переменного токов. Энергетический баланс дуги.

Способы гашения электрической дуги в электрических аппаратах. Физические процессы, происходящие в дуге при гашении ее различными способами.

Потоки плазмы в электрической дуге и их влияние на процессы гашения дуги

***Виды учебных занятий:***

Лекция:	Дуговые процессы и дугогасительные устройства	2 час.
---------	-----------------------------------------------	--------

Практические занятия.	Исследование характеристик электрической дуги переменного тока	1,5 час.
-----------------------	----------------------------------------------------------------	----------

**Тема 2.2. Магнитные цепи электрических аппаратов и электромагнитные механизмы (45часов)**

Классификация, конструктивные схемы исполнения и принцип действия электромагнитных механизмов. Характеристики ферромагнитных материалов.

Уравнения электромагнитного поля и магнитных цепей. Методы расчета магнитных проводимостей воздушных зазоров. Расчет магнитных цепей электромагнитных механизмов постоянного и переменного токов.

Преобразование энергии в электромагнитах. Расчет электромагнитных сил. Тяговые характеристики электромагнитных механизмов постоянного и переменного токов. Теория и расчет электромагнита переменного тока с экранирующим короткозамкнутым витком. Расчет трехфазных электромагнитов.

Динамические характеристики электромагнитных механизмов. Определение времени трогания и времени движения якоря. Способы, позволяющие ускорить или замедлить процесс срабатывания электромагнита.

Поляризованные электромагнитные механизмы, их особенности, расчет характеристик, область применения.

Электромагниты, работающие на выпрямленном токе, их преимущества и недостатки по сравнению с электромагнитами переменного тока. Схемы питания. Особенности процессов включения и отключения.

***Виды учебных занятий:***

Лекция:	Магнитные цепи электрических аппаратов и электромагнитные механизмы	2 час.
Практическое занятие:	Исследование электромагнита постоянного тока	1,5 час

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

### **5.1. Темы контрольной работы**

Расчет контактных систем электрических аппаратов  
Расчет характеристик электромагнитных механизмов

### **5.2. Темы курсовых работ (проектов)**

Выполнение курсовой работы (проекта) учебным планом не предусмотрено.

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

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

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

1. Электрический контакт. Зависимость его сопротивления от ряда факторов. Типы контактных соединений.
2. Основные уравнения нагрева однородность проводника при стационарном режиме. Кривые нагрева.

3. Способы повышения надежности работы контактных соединений. Эрозия контактов и способы борьбы с ней.
4. Основные уравнения охлаждения однородного проводника при стационарном режиме после снятия токовой нагрузки. Кривые охлаждения.
5. Закон Био-Савара-Лапласа.
6. Контактные материалы и требования предъявляемые к ним.
7. Расчет электродинамических сил по изменению запаса магнитной энергии системы.
8. Источники тепловых потерь в токоведущих частях аппаратов. Тепловые потери при постоянном и переменном токе.
9. Расчет допустимого тока для проводника. Термическая стойкость.
10. Электродинамические силы в проводнике переменного сечения и при стягивающем эффекте.
11. Расчет электродинамических сил между параллельными проводниками круглого и прямоугольного сечения.
12. Нагревание проводника с изоляцией.
13. Расчет электродинамических сил между круглыми взаимно-перпендикулярными проводниками.
14. Нагревание проводников в повторно-кратковременном режиме работы. Тепловая перегрузка. Перегрузка по току.
15. Электрические силы в контактах и способы их компенсации.
16. Нагревание проводников при кратковременном режиме работы. Перегрузка по току.
17. Электродинамические силы в витке с током.
18. Требования, предъявляемые к электрическим контактам. Разновидности контактных соединений по форме контактирования.
19. Расчет переходного сопротивления электрического контакта.
20. Электродинамические силы между витками с током. Силы в цилиндрических катушках.
21. Расчет температуры контактных соединений. Зависимость сопротивления контакта от температуры.
22. Сила взаимодействия между проводниками с током и ферромагнитной массой.
23. Уравнение теплового баланса для проводника с электрическим контактом.
24. Электродинамические конденсаторы. Их устройство и принцип действия.
25. Электродинамические силы при переменном токе в однофазной цепи.
26. Жидкометаллические контакты. Зависимость их сопротивления от ряда факторов.
27. Расчет электродинамической стойкости электрических аппаратов.
28. Влияние процесса окисления на сопротивление контактов. Способы борьбы с окислением контактов.
29. Порядок теплового расчета электрических аппаратов. Формула Ньютона.
30. Электродинамические силы при переменном токе в трехфазной цепи.

31. Электродинамические силы при коротком замыкании в однофазной и трехфазной цепи.
32. Электрический и механический износ контактов. Явления вибрации и сваривания контактов.
33. Электрический резонанс и способы его устранения.
34. Особенности работы неподвижных контактных соединений.
35. Влияние сопротивления контакта на нагрев проводника с током.
36. Поверхностный эффект и эффект близости в проводниках с переменным током.
37. Нагревание катушки.
38. Особенности работы подвижных контактных соединений.
39. Виды и способы охлаждения электрических аппаратов.
40. Композиционные жидкометаллические контакты (КЖМК).
41. Конструкции контактов ЖМК и КЖМК.
42. Порядок расчета магнитных цепей электрических аппаратов.
43. Характеристики и виды дугогасительных устройств. Требования, предъявляемые к ним.
44. Уравнения электромагнитного поля и магнитных цепей.
45. Физические характеристики электрической дуги.
46. Магнитные цепи электрических аппаратов. Общие характеристики.
47. Аналогии между параметрами магнитной и электрической цепями.
48. Вольт-амперные характеристики дуги.
49. Законы магнитных цепей электрических аппаратов.
50. Процессы ионизации в дуговом промежутке.
51. Условия гашения электрической дуги постоянного тока.
52. Характеристики электромагнитных механизмов. Кривые намагничивания.
53. Условия гашения электрической дуги переменного тока.
54. Постоянные магниты. Их характерные параметры.
55. Расчет магнитных цепей электромагнитов постоянного тока.
56. Процессы деионизации в дуговом промежутке.
57. Расчет магнитных цепей электромагнитов переменного тока.
58. Электрический износ контактов при отключении.
59. Расчет силы тяги электромагнита.
60. Электрический износ контактов при включении.
61. Перенапряжения, возникающие при гашении дуги и способы их уменьшения.
62. Материал электромагнитов постоянного и переменного тока.
63. Потоки плазмы в электрической дуге. Формы движения дуги в магнитных полях.
64. Графический метод расчета магнитных проводимостей.
65. Энергия, выделяющаяся в дуге при отключении цепей постоянного и переменного тока.
66. Разновидности приводных механизмов электромагнитов.

67. Расчет магнитных проводимостей магнитопроводов электрических аппаратов.
68. Применение магнитного поля гашения электрической дуги. Системы магнитного дутья.
69. Порядок расчета электромагнитов постоянного тока.
70. Дугогасительные устройства с воздушным и масляным дутьем.
71. Порядок и задачи расчета дугогасительных устройств электрических аппаратов.
72. Применение короткозамкнутого витка в магнитных системах переменного тока.
73. Преобразование энергии в электромагнитах. Электромагнитная сила.
74. Дугогасительные устройства с воздушным и масляным дутьем.
75. Время трогания и движения якоря электромагнита.
76. Дугогасительная решетка. Ее использование для гашения дуги постоянного и переменного тока.
77. Механическая и тяговая характеристики электромагнитного механизма.
78. Гашение электрической дуги в вакууме. Вакуумные дугогасительные устройства.
79. Дугогасительные устройства с шунтированием электрической дуги омическим сопротивлением.
80. Конструктивные схемы исполнения. Принцип действия электромагнитных механизмов.

## **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., 2011, СОЛОН-ПРЕСС. - 688 с. Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/20929>
2. Алиев И.И. Электротехника и электрооборудование [Электронный ресурс]: справочник. Учебное пособие для вузов/ Алиев И.И.— Электрон. текстовые данные.— Саратов: Вузовское образование, 2014.— 1199 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/9654>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю  
Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/20929>

### **Дополнительная литература**

1. Электрические аппараты высокого напряжения : учебно-метод.комплекс / сост.: В. Л. Беляев, А. Л. Виноградов, К. Б. Демьяненко. - Изд-воСЗТУ, 2010. - 140 с.
2. Электрические аппараты управления : учеб.-метод. комплекс,информ. о дисциплине, рабочие учеб. материалы, информ. ресурсы дисциплины, блокконтроля освоения дисциплины / Федер. агентство по образованию, СЗТУ, Каф.ЭТиЭМ. - Изд-во СЗТУ, 2008. - 72 с.
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. Учебно-информационный центр АНО ВО "СЗТУ" [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://lib.nwotu.ru:8087/jirbis2/>
3. Электронно-библиотечная система IPRbooks [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 (итоговый контрольный тест)</b>	<b>0-30</b>
<b>Всего</b>	<b>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 <b>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

## **ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**

### **1. Перечень формируемых компетенций**

#### **Профессиональные (ПК)**

<i><b>Код компетенции</b></i>	<i><b>Наименование и (или) описание компетенции</b></i>
<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-12</b>	Готовностью к участию в испытаниях вводимого в эксплуатацию электроэнергетического и электротехнического оборудования
<b>ПК-15</b>	Способностью оценивать техническое состояние и остаточный ресурс 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> Понятие об электрических аппаратах и автоматике	ПК-6,8,12,15	Контрольный тест 1 Практические занятия
<b>2</b>	<b>Модуль 2.</b> Электромагнитные механизмы в аппаратах управления и автоматики	ПК-6,8,12,15	Контрольный тест 2 Практические занятия
<b>3</b>	<b>Модуль 1-2</b>	ПК-6,8,12,15	Контрольная работа Итоговый контрольный тест

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

Этапы освоения компетен-ции	Показатели достижения заданного уровня освоения компетенций	Критерии оценивания результатов обучения				
		1	2	3	4	5
Первый этап	<b>Знать</b> ПК-6,8,12,15 физические явления в электрических аппаратах и основы теории электрических аппаратов; методики расчета деталей и узлов электрических аппаратов	Не знает	Имеет понятие о физических явлениях в электрических аппаратах, но не знает основные методики расчета.	Знает основные понятия физических явлений в электрических аппаратах, но не знает основы проектирования.	Знает основные понятия физических явлений в электрических аппаратах, и основы теории, но не может применить знания в области проектирования	Знает основные понятия физических явлений в электрических аппаратах, и основы теории. Умеет применять методики проектирования
Второй этап	<b>Уметь</b> ПК-6,8,12,15 применять методики расчета элементов электрических аппаратов, разрабатывать их конструкции.	Не умеет	Ошибается в выборе методов расчета и проектирования электрических аппаратов	Правильно определяет задачи по проектированию электрических аппаратов, но не умеет применять основные методики расчета	Умеет разрабатывать конструкции электрических аппаратов, применять основные методики расчета, но не умеет выбирать оптимальный вариант.	Умеет разрабатывать конструкции электрических аппаратов, рассчитывать их элементы и определять оптимальный вариант конструкции.
Третий этап	<b>Владеть</b> ПК-6,8,12,15 владеет методами расчета параметров электрических аппаратов и выбором оптимальной конструкции.	Не владеет	Имеет понятие о расчетах параметров, но не владеет способностью разработки элементов конструкции.	Владеет методами расчета параметров электрических аппаратов, но не владеет способностью выбора оптимальной конструкции	Владеет методами расчета параметров электрических аппаратов и навыками составления конструкторской документации.	Владеет методами расчета параметров электрических аппаратов и грамотно составляет конструкторскую документацию

### 4. 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 (итоговый контрольный тест)</b>	<b>0-30</b>
<b>Всего</b>	<b>100</b>

<b>Оценка (экзамен)</b>	<b>Баллы</b>
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.** Цепь постоянного тока содержит активное сопротивление  $R$  и индуктивность  $L$ , напряжение источника  $U_{\text{и}}$ .

Определить:

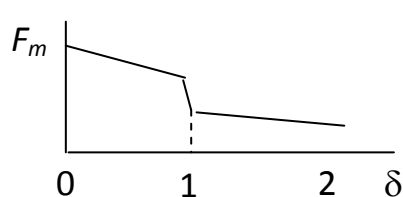
а) время гашения дуги при условии, что  $\Delta U = -L \frac{di}{dt}$  остается величиной постоянной;

б) энергию, поглощенную дугой при ее гашении, если спад тока имеет прямолинейный характер;

в) величину возможного перенапряжения, если размыкание цепи происходит без дуги при условии, что к зажимам индуктивности подключена емкость  $C = 0,1$  мкФ.

#### **5.2.Типовой тест промежуточной аттестации(экзамен)**

1. Укажите на механической характеристике электромагнитного аппарата участок, соответствующий провалу контактов? Дать определение провала контактов



- 1) 0 – 1;  
2) 1 – 2;  
3) 0 – 2 .

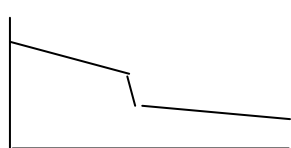
2. Определить магнитную проводимость воздушного зазора электромагнита, если сечение магнитопровода  $S = 1 \text{ см}^2$ , воздушный зазор  $\delta = 1 \text{ см}$ .

- 1)  $G_\delta = 10^{-9} \cdot 4\pi$ , Гн;    2)  $G_\delta = 10^{-6} \cdot 4\pi$ , Гн;    3)  $G_\delta = 10^{-3} \cdot 2\pi$ , Гн;  
4)  $G_\delta = 10^{-3} \cdot 4\pi$  Гн.

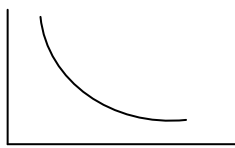
3. Определить силу тяги электромагнита, если ток в обмотке управления  $I = 0,5 \text{ А}$ , число витков обмотки  $W = 100$ , сечение якоря  $S = 1 \text{ см}^2$ , зазор  $\delta = 1 \text{ см}$ .

- 1)  $F_T = 10^{-3} \cdot 2\pi$ , Н;    2)  $F_T = 10^{-5} \cdot 2\pi$ , Н;    3)  $F_T = 10^{-3} \cdot 0,5\pi$ , Н;  
4)  $F_T = 10^{-3} \cdot 4\pi$  Н.

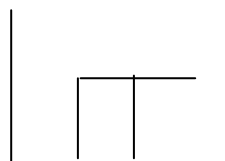
4) Какой вид имеет тяговая характеристика электромагнита?



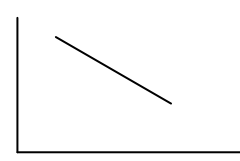
1)



2)



3)



4)

5) Написать закон Ома для магнитной цепи.

- 1)  $\sum_{k=1}^{\infty} \Phi_k = 0$ ;    2)  $\sum_{k=1}^{\infty} \Phi_k R_{mk} = \sum_{k=1}^{\infty} F_k$ ;    3)  $\Phi = F G_m$ ;    4)  $R_m = \frac{l}{\mu S}$ .

6. Каково условие гашения электрической дуги?

- 1)  $u_D > u - iR$ ;    2)  $u_D < u - iR$ ;    3)  $u_D = u - iR$ .

7. При каком условии электрическая дуга горит устойчиво?

- 1)  $L \frac{di}{dt} > 0$ ;    2)  $L \frac{di}{dt} < 0$ ;    3)  $L \frac{di}{dt} = 0$ .

8. Какой процент от электрического износа контактов составляет механический износ?

- 1) 3 %;    2) 10 %;    3) 25 %;    4) 50.

9. Какое выражение соответствует энергии электрической дуги переменного тока?

$$1) A_d = \frac{Li^2}{2} + \int_0^t (U - iR)idt ; \quad 2) A_d = \int_0^t (U - iR)idt ; \quad 3) A_d = \frac{Li^2}{2} .$$

**10.** Какова допустимая температура нагрева контактов низковольтных аппаратов из серебра?

- 1) 120°C ;    2) 150°C;    3) 200°C;    4) 80°C.

**1.Тепловое реле используют для защиты...**

- a. токов перегрузки.
- b. понижения напряжения.
- c. повышения напряжения.
- d. токов К.З.
- e. токов К.З. и токов перегрузки.

**2.В систему дугогашения контактора постоянного тока входят...**

- a. шунтирующие нелинейные сопротивления.
- b. только катушка магнитного дутья.
- c. защитный корпус аппарата.
- d. только дугогасительная камера.
- e. дугогасительная камера и катушка магнитного дутья.

**3.Эффект Холла заключается в...**

- a. изменении размеров вещества в электрическом поле
- b. смещении электрических зарядов
- c. возникновении ЭДС в световом потоке
- d. возникновении ЭДС в магнитном поле
- e. изменении размеров вещества в магнитном поле

**4.В фотодатчике происходит...**

- a. отключения контактов
- b. включения контактов
- c. возникновение ЭДС в световом потоке
- d. переключения контактов
- e. возникновение ЭДС в магнитном поле

**5.Биметаллический элемент используется в...**

- a. резисторах
- b. контроллерах

- c. главных предохранителях
- d. пускателях
- e. контакторах

**6.Муфта служит для...**

- a. включения контактов
- b. создания момента тяжения якоря электромагнита
- c. соединения и разъединения валов
- d. переключения контактов
- e. отключения контактов

**7.Для уменьшения вибраций якоря электромагнита переменного тока применяются...**

- a. катушки магнитного дутья
- b. нелинейные сопротивления
- c. немагнитные накладки на полюсе
- d. шихтованные сердечники
- e. короткозамкнутые витки

**8.Контакторы защищают электрические цепи от...**

- a. понижения напряжения.
- b. повышения напряжения.
- c. токов перегрузки.
- d. токов короткого замыкания.
- e. понижения и повышения напряжения.

**9.Под термической стойкостью понимается способность аппарата не допустить...**

- a. перегрев свыше допустимых температур при длительном режиме.
- b. разрушение аппарата и отброс контактов при токах короткого замыкания.
- c. повреждение аппарата и приваривание контактов.
- d. перегрев свыше допустимых температур при гашении электрической дуги в условиях повышенного напряжения.
- e. перегрев свыше допустимых температур при токах короткого замыкания в течение 1,5-10 с.

**10.Сколько цепей имеет контактор...**

- a. 5
- b. 4
- c. 1
- d. 2
- e. 3

**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.