



Программу составил(и):

*к.п.н., зав.каф., Мажирина Р.Е.*

Рабочая программа

### **Электрические машины**

Разработана в соответствии с ОС ВО:

Самостоятельно устанавливаемый образовательный стандарт высшего образования Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС» по направлению подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника (уровень бакалавриата) (приказ от 05.03.2020 г. № № 95 о.в.)

Составлена на основании учебного плана:

Направление подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника Профиль. Электропривод и автоматика, 13.03.02\_19\_Электроэнергетика и электротехника\_ПрЭПиА\_заоч\_2020.plx , утвержденного Ученым советом ФГАОУ ВО НИТУ "МИСиС" в составе соответствующей ОПОП ВО 21.05.2020, протокол № 10/зг

Утверждена в составе ОПОП ВО:

Направление подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника Профиль. Электропривод и автоматика, , утвержденной Ученым советом ФГАОУ ВО НИТУ "МИСиС" 21.05.2020, протокол № 10/зг

Рабочая программа одобрена на заседании

### **Кафедра электроэнергетики и электротехники (Новотроицкий филиал)**

Протокол от 09.06.2022 г., №6

Руководитель подразделения к.п.н., доцент Мажирина Р.Е.

**1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ**

1.1	Цели освоения дисциплины: сформировать у обучающегося умение создания и исследования любой электрической машины - электромеханического преобразования энергии.
1.2	Задачи: изучить законы электромеханического преобразования энергии, уравнения обобщенной машины, которые подчеркивают общность различных электрических машин, теорию и конструкции отдельных видов электрических машин.

**2. МЕСТО В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ**

Блок ОП:		Б1.В
<b>2.1</b>	<b>Требования к предварительной подготовке обучающегося:</b>	
2.1.1	Математика	
2.1.2	Начертательная геометрия и инженерная графика	
2.1.3	Прикладная механика	
2.1.4	Теоретические основы электротехники	
2.1.5	Теория вероятностей и математическая статистика	
2.1.6	Физические основы электроники	
2.1.7	Электротехническое и конструкционное материаловедение	
2.1.8	Информатика	
2.1.9	Физика	
2.1.10	Химия	
<b>2.2</b>	<b>Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:</b>	
2.2.1	Моделирование в электроприводе	
2.2.2	Общая энергетика	
2.2.3	Основы математического моделирования	
2.2.4	Проектирование электротехнических устройств	
2.2.5	Решение прикладных задач с использованием MATLAB	
2.2.6	САПР устройств электроники	
2.2.7	Силовая электроника	
2.2.8	Системы управления электроприводов	
2.2.9	Электроснабжение промышленных предприятий	
2.2.10	Элементы систем автоматики	
2.2.11	Автоматизация типовых технологических процессов	
2.2.12	Автоматизированный электропривод типовых технологических процессов	
2.2.13	Аппаратные средства и программное обеспечение контроллеров	
2.2.14	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы	
2.2.15	Преддипломная практика	
2.2.16	Программируемые промышленные контроллеры	

**3. РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ФОРМИРУЕМЫМИ КОМПЕТЕНЦИЯМИ**

<b>ПК-2: проектирование объектов профессиональной деятельности</b>
<b>Знать:</b>
ПК-2-31 особенности конструкции, уравнения, схемы замещения и характеристики различных электрических двигателей
<b>УК-3: проектирование и разработка</b>
<b>Знать:</b>
УК-3-31 методы разработки конструкций электрических машин
<b>УК-1: фундаментальные знания</b>
<b>Знать:</b>
УК-1-31 суть электромеханического и электростатического преобразований энергии в электрических машинах
<b>ОПК-3: теоретическая и практическая профессиональная подготовка (способен использовать методы анализа и моделирования электрических цепей и электрических машин)</b>

<b>Знать:</b>
ОПК-3-31 принцип действия современных типов электрических машин
<b>УК-1: фундаментальные знания</b>
<b>Уметь:</b>
УК-1-У1 анализировать характеристики и экспериментальные зависимости различных электрических машин
<b>ПК-2: проектирование объектов профессиональной деятельности</b>
<b>Уметь:</b>
ПК-2-У1 обрабатывать результаты экспериментальных исследований с целью построения основных характеристик электрических машин и трансформаторов
<b>УК-3: проектирование и разработка</b>
<b>Уметь:</b>
УК-3-У1 разрабатывать конструкции различных электрических машин
<b>ОПК-3: теоретическая и практическая профессиональная подготовка (способен использовать методы анализа и моделирования электрических цепей и электрических машин)</b>
<b>Уметь:</b>
ОПК-3-У1 составлять простейшие конструктивные и электрические схемы замещения электрических машин и трансформаторов
<b>УК-3: проектирование и разработка</b>
<b>Владеть:</b>
УК-3-В1 опытом работы с нормативной литературой по проектированию электрических машин
<b>ОПК-3: теоретическая и практическая профессиональная подготовка (способен использовать методы анализа и моделирования электрических цепей и электрических машин)</b>
<b>Владеть:</b>
ОПК-3-В1 навыками элементарных расчетов и исследования электрических машин
<b>ПК-2: проектирование объектов профессиональной деятельности</b>
<b>Владеть:</b>
ПК-2-В1 методиками оптимизации при проектировании электрических машин
<b>УК-1: фундаментальные знания</b>
<b>Владеть:</b>
УК-1-В1 опытом решения практических задач по проектированию и эксплуатации электрических машин

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ

Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр / Курс	Часов	Формируемые индикаторы компетенций	Литература и эл. ресурсы	Примечание	КМ	Выполняемые работы
	<b>Раздел 1. Введение, основные понятия</b>							
1.1	Роль электрических машин. Общие вопросы преобразования электромеханического преобразования энергии. /Лек/	3	2	ОПК-3-31 ОПК-3-У1 ОПК-3-В1 ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1 УК-1-31 УК-1-У1 УК-1-В1 УК-3-31 УК-3-У1 УК-3-В1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.5Л3.1		КМ1	
1.2	Законы: электромагнитной индукции, Кирхгофа, полного тока, Ома для магнитной цепи, Ампера, законы электромеханики. Электромагнитные силы и моменты в электрических машинах. Потери и КПД. /Ср/	3	20	ОПК-3-31 ОПК-3-У1 ОПК-3-В1 ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1 УК-1-31 УК-1-У1 УК-1-В1 УК-3-31 УК-3-У1 УК-3-В1	Л1.2Л2.3 Л2.5Л3.1		КМ1	

	<b>Раздел 2. Трансформаторы</b>							
2.1	Устройство, принцип действия и рабочие процессы однофазного трансформатора. Схема замещения двухобмоточного трансформатора. Намагничивающий ток и ток холостого хода. Уравнения напряжения трансформатора и векторная диаграмма. Трехфазный трансформатор. /Лек/	3	4	ОПК-3-31 ОПК-3-У1 ОПК-3-В1 ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1 УК-1-31 УК-1-У1 УК-1-В1 УК-3-31 УК-3-У1 УК-3-В1	Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.5Л3.1		КМ1	
2.2	Расчет основных электрических величин трансформатора. /Пр/	3	4	ОПК-3-31 ОПК-3-У1 ОПК-3-В1 ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1 УК-1-31 УК-1-У1 УК-1-В1 УК-3-31 УК-3-У1 УК-3-В1	Л1.1Л2.1 Л2.3 Л2.4 Л2.5Л3.1		КМ1	
2.3	Исследование двухобмоточного трехфазного трансформатора при симметричной нагрузке. Исследование параллельной работы однофазных трансформаторов. /Лаб/	3	2	ОПК-3-31 ОПК-3-У1 ОПК-3-В1 ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1 УК-1-31 УК-1-У1 УК-1-В1 УК-3-31 УК-3-У1 УК-3-В1	Л2.5Л3.1		КМ1	
2.4	Выполнение курсового проекта. Группы соединения обмоток трансформатора. Изменение вторичного напряжения и внешние характеристики. Коэффициент полезного действия трансформатора. /Ср/	3	60	ОПК-3-31 ОПК-3-У1 ОПК-3-В1 ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1 УК-1-31 УК-1-У1 УК-1-В1 УК-3-31 УК-3-У1 УК-3-В1	Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.5		КМ1	Р1
	<b>Раздел 3. Электрические машины переменного тока</b>							

3.1	<p>Основные виды машин переменного тока. Конструктивное исполнение обмоток переменного тока. Магнитодвижущие силы обмоток переменного тока. Вращающееся магнитное поле. Электродвижущие силы в обмотках переменного тока. Схемы обмоток ЭМ переменного тока. Назначение и области применения асинхронных машин (АМ). Устройство и принцип действия АМ. Работа АМ при заторможенном роторе. Схема замещения и векторная диаграмма АМ. Механические характеристики асинхронного двигателя (АД). Рабочие характеристики АД. Пуск АД. Регулирование частоты вращения АД и изменение направления вращения. Назначение и области применения синхронных машин (СМ). Устройство и принцип действия СМ. Работа синхронного генератора (СГ) в режиме холостого хода и в режиме нагрузки. Векторная диаграмма синхронного генератора. Внешние и регулировочные характеристики СГ. Параллельная работа СГ с сетью. Активная мощность и электромагнитный момент. Статическая устойчивость СГ. Синхронный двигатель (СД). Рабочие характеристики СД. Пуск СД. Регулирование частоты вращения СД. /Лек/</p>	3	6	<p>ОПК-3-31 ОПК-3-У1 ОПК-3-В1 ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1 УК-1-31 УК-1-У1 УК-1-В1 УК-3-31 УК-3-У1 УК-3-В1</p>	Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.5Л3.1		КМ1	Р1
3.2	<p>Расчет машин переменного тока. /Пр/</p>	3	6	<p>ОПК-3-31 ОПК-3-У1 ОПК-3-В1 ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1 УК-1-31 УК-1-У1 УК-1-В1 УК-3-31 УК-3-У1 УК-3-В1</p>	Л2.3 Л2.4 Л2.5Л3.1		КМ1	Р1

3.3	Исследование асинхронного двигателя с фазным и короткозамкнутым ротором. Исследование синхронной машины. /Лаб/	3	2	ОПК-3-31 ОПК-3-У1 ОПК-3-В1 ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1 УК-1-31 УК-1-У1 УК-1-В1 УК-3-31 УК-3-У1 УК-3-В1	Л2.5Л3.1		КМ1	Р1
3.4	Выполнение курсового проекта. Короткозамкнутые АД с повышенным пусковым моментом: двигателя с двойной беличьей клеткой, широкопазные двигатели. Синхронный компенсатор. /Ср/	3	66	ОПК-3-31 ОПК-3-У1 ОПК-3-В1 ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1 УК-1-31 УК-1-У1 УК-1-В1 УК-3-31 УК-3-У1 УК-3-В1	Л1.1Л2.1 Л2.5		КМ1	Р1
<b>Раздел 4. Электрические машины постоянного тока</b>								
4.1	Устройство и принцип действия машины постоянного тока (МПТ). Режим генератора. Режим двигателя. Коммутация в МПТ. Классификация ГПТ по способу возбуждения. Генератор с независимым, параллельным, последовательным и смешанным возбуждением: схемы включения, рабочие характеристики. Классификация ДПТ по способу возбуждения. Регулирование частоты вращения и изменение направления вращения вала ДПТ. /Лек/	3	4	ОПК-3-31 ОПК-3-У1 ОПК-3-В1 ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1 УК-1-31 УК-1-У1 УК-1-В1 УК-3-31 УК-3-У1 УК-3-В1	Л1.1Л2.1 Л2.5Л3.1 Л3.2		КМ1	
4.2	Построение характеристик генераторов и машин постоянного тока. Расчет пусковой диаграммы двигателя постоянного тока. /Пр/	3	2	ОПК-3-31 ОПК-3-У1 ОПК-3-В1 ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1 УК-1-31 УК-1-У1 УК-1-В1 УК-3-31 УК-3-У1 УК-3-В1	Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.4 Л2.5Л3.1 Л3.2		КМ1	
4.3	Исследование двигателя постоянного тока независимого возбуждения. /Лаб/	3	4	ОПК-3-31 ОПК-3-У1 ОПК-3-В1 ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1 УК-1-31 УК-1-У1 УК-1-В1 УК-3-31 УК-3-У1 УК-3-В1	Л2.5Л3.1 Л3.2		КМ1	

4.4	Основные электромагнитные соотношения в МПТ: ЭДС якоря, электромагнитный момент и электромагнитная мощность. Параллельная работа ГПТ с сетью. Обмотки МПТ. Особенности пуска ДПТ параллельного, последовательного и смешанного возбуждения. Специальные машины постоянного тока. Обратимость МПТ. ДПТ независимым, параллельным, последовательным и смешанным возбуждением: схемы включения, рабочие характеристики. Потери и коэффициент полезного действия. Пуск ДПТ. /Ср/	3	61	ОПК-3-31 ОПК-3-У1 ОПК-3-В1 ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1 УК-1-31 УК-1-У1 УК-1-В1 УК-3-31 УК-3-У1 УК-3-В1	Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.5Л3.1 Л3.2		КМ1	
4.5	Подготовка и сдача экзамена /Экзамен/	3	9	ОПК-3-31 ОПК-3-У1 ОПК-3-В1 ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1 УК-1-31 УК-1-У1 УК-1-В1 УК-3-31 УК-3-У1 УК-3-В1			КМ1	

### 5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

#### 5.1. Контрольные мероприятия (контрольная работа, тест, коллоквиум, экзамен и т.п), вопросы для самостоятельной подготовки

Код КМ	Контрольное мероприятие	Проверяемые индикаторы компетенций	Вопросы для подготовки
КМ1	Экзамен	ОПК-3-31;ОПК-3-У1;ОПК-3-В1;ПК-2-31;ПК-2-У1;ПК-2-В1;УК-1-31;УК-1-У1;УК-1-В1;УК-3-31;УК-3-У1;УК-3-В1	Вопросы к экзамену 1. Принцип действия электрических машин. Требования, предъявляемые к электрическим машинам. 2. Назначение, устройство, принцип действия трансформаторов. 3. Векторная диаграмма трансформатора с активно-индуктивной нагрузкой. 4. Схема замещения реального трансформатора. Параметры схемы замещения. 5. Опыт холостого хода трансформатора. 6. Опыт короткого замыкания трансформатора. 7. Внешние характеристики трансформатора. 8. Энергетическая диаграмма трансформатора. КПД трансформатора. 9. Группы соединения обмоток трехфазных трансформаторов. 10. Параллельная работа трехфазных трансформаторов. 11. Автотрансформатор. 12. Конструктивная схема и устройство машин переменного тока. 13. Принцип выполнения многофазных обмоток машин переменного тока. 14. Расчет магнитной цепи машины переменного тока. 15. МДС обмоток переменного тока. 16. Магнитное поле электрической машины переменного тока.



			<p>17. Электродвижущие силы, индуцируемые в обмотках переменного тока.</p> <p>18. Назначение и принцип действия асинхронных машин.</p> <p>19. Устройство и области применения асинхронных машин.</p> <p>20. Схема замещения асинхронной машины. Параметры схемы замещения.</p> <p>21. Работа асинхронной машины при вращающемся роторе.</p> <p>22. Энергетическая диаграмма асинхронной машины. КПД асинхронной машины.</p> <p>23. Электромагнитный момент асинхронной машины.</p> <p>24. Векторная диаграмма асинхронной машины.</p> <p>25. Механические характеристики асинхронного двигателя. Максимальный и пусковой момент.</p> <p>26. Рабочие характеристики асинхронного двигателя.</p> <p>27. Пуск асинхронного двигателя.</p> <p>28. Регулирование частоты вращения асинхронных двигателей.</p> <p>29. Генераторный режим асинхронной машины.</p> <p>30. Конструктивное исполнение синхронных машин. Принцип действия синхронной машины.</p> <p>31. Магнитное поле синхронных машин при холостом ходе. Характеристика холостого хода.</p> <p>32. Магнитное поле синхронных машин при нагрузке. Реакции якоря.</p> <p>33. Реакция якоря в неявнополусной машине</p> <p>34. Реакция якоря в явнополусной машине.</p> <p>35. Внешние и регулировочные характеристики синхронных генераторов.</p> <p>36. Векторные диаграммы неявнополусных синхронных генераторов.</p> <p>37. Векторные диаграммы явнополусных синхронных генераторов.</p> <p>38. Условия включения синхронных генераторов на параллельную работу с сетью. Способы синхронизации.</p> <p>39. Регулирование реактивной мощности синхронного генератора, работающего параллельно сетью. U -образные характеристики.</p> <p>40. Мощность и электромагнитный момент синхронной машины. Угловая характеристика.</p> <p>41. Принцип действия синхронных двигателей. Векторные диаграммы синхронного двигателя.</p> <p>42. Угловая характеристика синхронных двигателей.</p> <p>43. Рабочие характеристики синхронных двигателей.</p> <p>44. Регулирование частоты вращения синхронных двигателей. Пуск синхронного двигателя.</p> <p>45. Устройство коллекторных машин постоянного тока.</p> <p>46. Обмотки якоря машин постоянного тока.</p> <p>47. Причины искрения на коллекторе. Способы улучшения коммутации.</p> <p>48. Принцип действия машин постоянного тока. Режим - генератор.</p> <p>49. Принцип действия машин постоянного тока. Режим - двигатель.</p> <p>50. Работа машин постоянного тока при холостом ходе.</p> <p>51. Поле машин постоянного тока при нагрузке. Реакция якоря.</p> <p>52. Способы возбуждения машин постоянного тока.</p> <p>53. Характеристики генератора постоянного тока.</p> <p>54. Характеристики двигателя постоянного тока.</p> <p>55. Способы регулирования скорости двигателей постоянного тока.</p> <p>56. Способы пуска двигателя постоянного тока.</p>
--	--	--	--

**5.2. Перечень работ, выполняемых по дисциплине (Курсовая работа, Курсовой проект, РГР, Реферат, ЛР, ПР и т.п.)**

Код работы	Название работы	Проверяемые индикаторы компетенций	Содержание работы
------------	-----------------	------------------------------------	-------------------

P1	Курсовой проект	ОПК-3-31;ОПК-3-У1;ОПК-3-В1;ПК-2-31;ПК-2-У1;ПК-2-В1;УК-1-31;УК-1-У1;УК-1-В1;УК-3-31;УК-3-У1;УК-3-В1	<p>Курсовой проект имеет целью ознакомить обучающихся с современной практикой и методикой проектирования электрических машин.</p> <p>Задачами проектирования являются: обучение применять полученные знания при решении реальной задачи; развить навыки самостоятельной работы и самостоятельного принятия решений.</p> <p>Тема курсового проекта: "Расчет асинхронного двигателя"</p> <p>Исходные данные на проектирование включают следующие исходные данные: тип двигателя, номинальная мощность, номинальное напряжение и частота питающей сети, число пар полюсов, КПД, коэффициент мощности.</p> <p>Расчетно-пояснительная записка курсового проекта должна содержать:</p> <p>Титульный лист</p> <p>Задание на курсовой проект</p> <p>Содержание</p> <p>Введение</p> <p>Расчетная часть, в которую входит:</p> <p>Выбор главных размеров</p> <p>Расчет зубцовой зоны и обмотки статора</p> <p>Выбор воздушного зазора</p> <p>Расчет ротора</p> <p>Расчет магнитной системы</p> <p>Расчет параметров двигателя для номинального режима</p> <p>Расчет потерь в двигателе</p> <p>Параметры и данные холостого хода</p> <p>Расчет рабочих характеристик</p> <p>Расчет пусковых и характеристик</p> <p>Заключение</p> <p>Список использованных источников</p> <p>Приложения</p>
----	-----------------	--	--

### 5.3. Оценочные материалы, используемые для экзамена (описание билетов, тестов и т.п.)

Экзаменационный билет по дисциплине включает в себя два теоретических вопроса и задачу по темам, изложенным в 4 разделе данной РПД. Билеты хранятся на кафедре и утверждены ее заведующим.

Примеры задач на экзамен:

Задача 1. Трехфазный силовой понижающий трансформатор  $S_{ном}=1000$  кВА, номинальное напряжение первичной обмотки  $U_{1ном}=10$  кВ, номинальное напряжение вторичной обмотки  $U_{2ном}=0,4$  кВ, напряжения короткого замыкания  $U_{кз}=8$  %, ток холостого хода  $I_{хх}=2$  %, потери холостого хода  $P_{хх}=3$  кВт, потери короткого замыкания  $P_{кз}=10$  кВт,  $\cos\Phi_2=0,8$ . Первичная и вторичная обмотки соединены в «звезду». Определить коэффициент трансформации и параметры схемы замещения.

Задача 2. Для асинхронного двигателя с фазным ротором со следующими номинальными данными:  $R_{ном}=30$  кВт;  $U_{ном}=380$  В;  $n_{ном}=725$  об/мин;  $I_{1ном}=71,6$  А;  $r_1=0,136$  Ом;  $x_1=0,225$  Ом;  $I_{2ном}=74,3$  А;  $E_{2ном}=257$  В;  $r_2=0,0593$  Ом;  $x_2=0,174$  Ом; коэффициент трансформации напряжения  $k_e=1,41$  рассчитать и построить механические и электромеханические характеристики

Задача 3. Для асинхронного двигателя с фазным ротором со следующими номинальными данными:  $R_{ном}=22$  кВт;  $U_{ном}=380$  В;  $n_{ном}=965$  об/мин;  $I_{1ном}=55$  А;  $r_1=0,19$  Ом;  $x_1=0,31$  Ом;  $I_{2ном}=61$  А;  $E_{2ном}=225$  В;  $r_2=0,066$  Ом;  $x_2=0,23$  Ом; коэффициент трансформации напряжения  $k_e=1,6$  определить величину пускового сопротивления для обеспечения нормальных условий пуска без нагрузки.

Задача 4. Асинхронный двигатель с фазным ротором типа МТФ412-8 имеет следующие номинальные данные:  $R_{ном}=26$  кВт;  $U_{ном}=380/220$  В;  $n_{ном}=715$  об/мин;  $r_1=0,182$  Ом;  $x_1=0,313$  Ом;  $I_{2ном}=68$  А;  $E_{2ном}=266$  В;  $r_2=0,095$  Ом;  $x_2=0,231$  Ом; коэффициент трансформации напряжений  $k_e=2,03$ . Определить величины пусковых сопротивлений и построить пусковую диаграмму для пуска в 4 ступени.

Задача 5. Асинхронный двигатель типа МТКН211-6 имеет следующие параметры:  $R_{ном}=11$  кВт;  $U_{1ном}=380$  В;  $n_{ном}=920$  об/мин;  $\cos\varphi_{ном}=0,82$ ;  $\cos\varphi_{ном}=0,78$ ;  $r_1=0,415$  Ом;  $x_1=0,467$  Ом;  $r_2=0,824$  Ом;  $x_2=0,708$  Ом. Определите потери в номинальном режиме.

Задача 6. Двигатель постоянного тока с независимым возбуждением приводит во вращение подъемную лебедку.  $R_{ном}=25$  кВт;  $U_{ном}=220$  В;  $I_{ном}=132$  А;  $n_{ном}=1500$  об/мин;  $R_{\Sigma}=0,0828$  Ом. Построить механическую и электромеханическую характеристики.

Задача 7. Для двигателя постоянного тока с независимым возбуждением с номинальными данными:  $R_{ном}=9$  кВт;

Уном=220 В; Ином=48 А; пном=900 об/мин; Rя сум=0,348 Ом. Рассчитать пусковые сопротивления для нормальных условий пуска. Число ступеней выбрать самостоятельно

Примеры вопросов и заданий компьютерного тестирования

Вращающаяся часть электродвигателя называется:

статор  
индуктор  
якорь  
ротор

Поясните, на каком физическом явлении основан принцип работы электродвигателя, как преобразователя электрической энергии в механическую

явление взаимодействия проводников с током и магнитного поля (правило «левой руки»)  
явление возникновения вокруг проводника с током магнитного поля (правило «буравчика»)  
явление электромагнитной индукции (правило «правой руки»)

Поясните, на каком физическом явлении основан принцип работы электрического генератора, как преобразователя механической энергии в электрическую

явление взаимодействия проводников с током и магнитного поля (правило «левой руки»)  
явление возникновения вокруг проводника с током магнитного поля (правило «буравчика»)  
явление электромагнитной индукции (правило «правой руки»)

Поясните, на каком физическом явлении основан принцип работы обмоток возбуждения электрических машин, предназначенных для создания магнитных полей

явление взаимодействия проводников с током и магнитного поля (правило «левой руки»)  
явление возникновения вокруг проводника с током магнитного поля (правило «буравчика»)  
явление электромагнитной индукции (правило «правой руки»)

Условия параллельной работы трансформаторов

равенство вторичных напряжений и частот  
находится в одном помещении и быть различной мощности  
вторичные напряжения равны, принадлежат к одной группе, одинаковые  $U_{хх}$   
одинаковые  $U_{хх}$ , равные по мощности

Перечислите способы регулировки тока в сварочных трансформаторах

изменением первичного напряжения  
изменением числа витков вторичной обмотки  
изменением активного сопротивления  
изменением индуктивного сопротивления  
изменением ёмкостного сопротивления

Область применения трансформатора

для измерения мощности  
для изменения мощности  
для изменения напряжения  
для изменения напряжения с сохранением частот  
для изменения частот

Чем отличается трансформатор от автотрансформатора?

количеством обмоток  
отсутствием электрической связи между обмотками  
толщиной листов магнитопровод  
магнитным потоком  
частотой

Сколько стержней имеет трехфазный трансформатор?

один  
два  
три  
шесть

Какую зависимость устанавливает внешняя характеристика трансформатора?

$U_2=f(I_2)$   
 $U_1=f(I_1)$

$$I_2=f(I_1)$$

$$U_1=f(U_2)$$

$$U_2=f(U_1)$$

В режиме холостого хода чему равен ток в первичной обмотке трансформатора?

номинальному

50% от номинального

2-3% от номинального

ток отсутствует

току во вторичной обмотке

Что составляет активную часть трансформатора?

магнитопровод и обмотки

вводное устройство

первичная обмотка

нагрузка

корпус

Если  $W_1$  – число витков первичной обмотки, а  $W_2$  – число витков вторичной обмотки, то трансформатор является понижающим, когда:

$$W_1 > W_2$$

$$W_1 < W_2$$

$$W_1 + W_2 = 0$$

$$W_1 = W_2$$

Если  $W_1$  – число витков первичной обмотки, а  $W_2$  – число витков вторичной обмотки, то трансформатор является повышающим, когда:

$$W_1 > W_2$$

$$W_1 < W_2$$

$$W_1 + W_2 = 0$$

$$W_1 = W_2$$

На каком законе основан принцип действия трансформатора:

закон Ома

закон Джоуля-Ленца

закон электромагнитной индукции

закон Кулона

Магнитопровод трансформатора изготавливается из:

алюминия

электротехнической стали

меди

чугуна

Какие потери мощности в силовом трансформаторе зависят от его нагрузки

потери в сердечнике

потери в обмотках

оба вида зависят

оба вида не зависят

Какие потери мощности в силовом трансформаторе не зависят от его нагрузки:

потери в сердечнике

потери в обмотках

оба вида зависят

оба вида не зависят

Укажите величину, которая определяет индуктивное сопротивление трансформатора:

ток холостого хода

потери холостого хода

напряжение короткого замыкания

потери короткого замыкания

Укажите величину, которая определяет активное сопротивление трансформатора:

ток холостого хода

потери холостого хода

напряжение короткого замыкания

потери короткого замыкания

Укажите величину, которая определяет индуктивную проводимость трансформатора:

- ток холостого хода
- потери холостого хода
- напряжение короткого замыкания
- потери короткого замыкания

Способ соединения обмоток трехфазного трансформатора и фазовый сдвиг между векторами высокого и низкого напряжений влияет на:

- группу соединения обмоток трансформатора
- потери в трансформаторе
- магнитный поток в сердечнике
- способ регулирования напряжения

Укажите возможное число групп соединения обмоток трансформатора:

- 3
- 5
- 10
- 12

Единицей измерения магнитного потока в сердечнике трансформатора является:

- Ампер
- Вебер
- Ампер/метр
- Тесла

Единицей измерения намагничивающей силы обмоток трансформатора является:

- Ампер
- Вебер
- Ампер/метр
- Тесла

Изменение коэффициента трансформации регулируемого трансформатора осуществляется:

- изменением числа витков обмотки высокого напряжения
- изменением числа витков обмотки низкого напряжения
- изменением намагниченности сердечника
- изменением способа соединения обмоток

Автотрансформатор отличается от трансформатора тем, что:

- регулирование трансформатора осуществляется автоматически
- отличается способ соединения обмоток
- имеет меньшие потери мощности
- имеется электрическая связь между обмотками

Укажите правильное значение потерь мощности в двухобмоточном трансформаторе 10/0,4 кВ  $S_n=160$  кВА  $dP_x=0,31$  кВт  $dP_k=2,27$  кВт при его работе с коэффициентом загрузки  $k_3=0,7$ :

- 1,42 кВт
- 2,58 кВт
- 2,42 кВт
- 1,9 кВт

Какую зависимость устанавливает скоростная характеристика асинхронного двигателя?

- тока статора от полезной мощности
- скорости вращения от скольжения
- тока ротора от полезной мощности
- напряжения от мощности
- нет правильного ответа

Какими параметрами определяются пусковые свойства двигателя

- значением пускового тока и момента
- значением номинального тока и момента
- скольжением и скоростью вращения
- кпд и  $\cos\Phi$
- значением номинального тока и мощности

Как можно изменить скорость вращения асинхронного двигателя с фазным ротором?

- изменением напряжения
- изменением частоты тока ротора
- изменением давления на контактные кольца

изменением сопротивления в цепи ротора  
изменением направления тока

Может ли ротор асинхронного двигателя вращаться синхронно с магнитным полем статора?

- может
- не может
- может, без нагрузки
- может при низких оборотах
- может при низких частотах

Асинхронный двигатель называется асинхронным из-за несовпадения скоростей вращения:  
магнитного поля статора и магнитного поля ротора  
ротора и его магнитного поля  
ротора и магнитного поля статора  
статора и ротора

Если номинальная частота вращения асинхронного двигателя  $n_{ном}=1420$  об/мин, то частота вращения магнитного поля составляет:

- 3000 об/мин
- 600 об/мин
- 1500 об/мин
- 750 об/мин

Двигатель с фазным ротором отличается от двигателя с короткозамкнутым ротором  
наличием контактных колец и щеток  
наличием пазов для охлаждения  
числом катушек статора  
схемой подключения обмотки статора

Направление вращения магнитного поля асинхронного двигателя зависит от:

- порядка чередования фаз напряжения статора
- величины подводимого тока
- величины подводимого напряжения
- частоты питающей сети

Максимальная частота вращения магнитного поля асинхронного двигателя при промышленной частоте 50 Гц составляет

- 1000 об/мин
- 6000 об/мин
- 1500 об/мин
- 3000 об/мин

Для создания вращающегося магнитного поля асинхронного двигателя необходимы следующие условия:

- наличие одной обмотки и включения ее в сеть переменного тока
- пространственный сдвиг трех обмоток и фазовый сдвиг переменных токов в них
- пространственный сдвиг трех обмоток и включение их в цепь постоянного тока
- включение обмотки статора в сеть трехфазного тока, а ротора в цепь постоянного тока

При пуске асинхронного двигателя переключением статорной обмотки со звезды на треугольник пусковой момент по сравнению с моментом при прямом пуске при одинаковом напряжении сети:

- уменьшится в 3 раза
- увеличится в 3 раза
- уменьшится в 2 раза
- увеличится в 2 раза

Нагрузку асинхронного генератора, работающего параллельно с сетью можно увеличить:

- увеличением частоты вращения приводного двигателя
- уменьшением частоты вращения приводного двигателя
- отключением приводного двигателя
- уменьшением напряжения сети

Обмотка возбуждения, расположенная на роторе синхронной машины, подключается к источнику:

- постоянного тока
- прямоугольных импульсов
- трехфазного напряжения
- однофазного синусоидального тока

Обмотка статора синхронного двигателя подключается к источнику:

- постоянного тока

прямоугольных импульсов  
трехфазного напряжения  
однофазного синусоидального тока

Укажите неверное утверждение о характеристике синхронной машины:  
у синхронной машины частота вращения не зависит от частоты тока с сети  
обмотка возбуждения питается постоянным током и расположена на роторе  
ротор бывает неявнополюсным (турбогенератор) и явнополюсным (гидрогенератор)  
скорость вращения ротора совпадает со скоростью вращения поля

Чем отличается генератор постоянного тока от двигателя постоянного тока?  
внешним видом  
отсутствием коллектор  
обмотками якоря  
двигатель потребляет энергию а генератор вырабатывает  
двигатель не имеет дополнительных полюсов

В чем особенность пуска двигателя постоянного тока  
в роторную цепь необходимо включить добавочное сопротивление  
напряжение его постоянно повышается  
двигатель предварительно необходимо привести в движение  
на время пуска отключить щёточный механизм  
на время пуска отключить обмотку возбуждения

Назначение тахогенератора постоянного тока  
для генерирования ЭДС малой величины  
для измерения электрических сигналов  
для измерения частоты вращения по величине выходного напряжения  
для измерения параметров двигателей  
для генерирования переменного тока

Какое влияние оказывает реакция якоря на работу синхронной машины?  
ухудшает свойства машины  
не оказывает влияние  
улучшает качества машины  
ведет к перегреву  
увеличивает обороты

Назначение синхронного компенсатора  
для потреблений реактивной мощности  
для компенсации активной мощности  
для генерирования реактивной мощности  
для повышения напряжения в сети  
для генерирования активной мощности

Реакция якоря синхронного генератора, работающего на чисто активную нагрузку, является:  
продольно-намагничивающей  
поперечной  
продольно-размагничивающей  
поперечно-намагничивающей

Для обеспечения постоянства напряжения ток возбуждения синхронного генератора при увеличении активно-индуктивной нагрузки следует:  
уменьшать  
увеличивать  
оставлять постоянным  
увеличивать настолько же, как и при чисто активной нагрузке

Регулирование активной мощности синхронного генератора, работающего параллельно с мощной сетью, проводится:  
изменением тока возбуждения генератора  
изменением момента приводного двигателя  
изменением напряжения  
изменением коэффициента мощности

Регулирование реактивной мощности синхронного генератора, работающего параллельно с мощной сетью, проводится:  
изменением тока возбуждения генератора  
изменением момента проводного двигателя  
изменением напряжения

изменением частоты вращения приводного двигателя

При асинхронном пуске синхронного двигателя обмотку возбуждения:  
оставляют разомкнутой;  
замыкают на сопротивление в 10 раз больше сопротивления обмотки возбуждения  
замыкают накоротко  
замыкают на сопротивление в 50 раз больше сопротивления обмотки возбуждения

Электромагнитный момент синхронного двигателя создается:  
индуктивной составляющей тока, якоря  
полным током  
активной составляющей ток  
емкостной составляющей тока

Что понимается под реакцией якоря синхронной машины?  
воздействие магнитного поля ротора на ток статора  
воздействие МДС ротора на магнитное поле статора  
воздействие магнитного поля статора на ток возбуждения  
воздействие МДС статора на магнитное поле ротора

Какая часть синхронной машины называется якорем?  
ротор  
магнитопровод  
этот термин используют только в машинах постоянного тока  
статор

Какова частота питающей сети, если ротор синхронной машины с двумя парами полюсов вращается со скоростью 6000 об/мин?  
100  
50  
250  
200  
150

От чего зависит КПД электрической машины?  
от первичного напряжения  
от величины потерь в стали и меди  
от величины скольжения  
от скорости вращения  
от направления вращения

Для чего служит коллектор в машинах постоянного тока? Для крепления обмоток ротор  
для выпрямления переменного ток  
для контакта со щеточным механизмом.  
для соединения роторной и статорной обмотки.  
для центровки якоря

Якорем называется:  
вращающаяся часть электрической машины  
часть электрической машины, в обмотке которой наводится ЭДС  
часть электрической машины, обмотка которой создает основной магнитный поток  
неподвижная часть электрической машины

Индуктором называется:  
вращающаяся часть электрической машины  
часть электрической машины, в обмотке которой наводится ЭДС  
часть электрической машины, обмотка которой создает основной магнитный поток  
неподвижная часть электрической машины

Основной магнитный поток машины постоянного тока создается:  
обмоткой возбуждения обмоткой якоря  
обмоткой добавочных полюсов компенсационной обмоткой  
Основной магнитный поток машины постоянного тока регулируется изменением:  
тока якоря сопротивления цепи якоря  
тока возбуждения полярности напряжения

Щеточно-коллекторный узел генератора постоянного тока служит для:  
выпрямления ЭДС



повышения КПД машины  
поддержания направления и выравнивания величины момента  
поддержания полярности и выравнивания величины напряжения

Что такое обратимость машин постоянного тока?

может вращаться в любую сторону  
может работать на любом токе  
может работать как генераторном, так и в двигательном режиме  
может работать на любом напряжении  
может работать на любой мощности

В генераторе постоянного тока независимого возбуждения при щетках, установленных по линии геометрической нейтрали, при постоянных токе возбуждения и скорости вращения приводного двигателя напряжение при росте тока якоря:

уменьшается;  
увеличивается;  
остаётся постоянным;  
несколько увеличивается.

Добавочные полюса в генераторе постоянного тока ставят для:

увеличения тормозного момента;  
улучшения коммутации;  
уменьшения металлоемкости;  
для помощи главным полюсам.

Частота вращения двигателя постоянного тока параллельного возбуждения при уменьшении магнитного потока:

увеличивается;  
остаётся постоянной;  
уменьшается;  
остаётся почти постоянной.

Частота вращения двигателя постоянного тока параллельного возбуждения при увеличении сопротивления, включенного в якорную цепь:

увеличивается;  
остаётся постоянной;  
уменьшается;  
добавочное сопротивление не влияет на частоту вращения

Укажите способы улучшения коммутации в машинах постоянного тока

включение добавочного резистора в цепь якоря  
применение специальных схем обмотки якоря  
применение щеток с повышенным переходным сопротивлением  
применение добавочных полюсов  
установка щеток на физическую нейтраль

#### 5.4. Методика оценки освоения дисциплины (модуля, практики. НИР)

Оценка курсового проекта является комплексной. При этом учитываются следующие факторы: актуальность выбранной темы; логичность методики расчета; свободное владение методикой расчета; культура оформления пояснительной записки; самостоятельность выводов. Все это суммируется в итоговую оценку.

Оценка результатов защиты курсового проекта осуществляется по бальной системе («отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно»).

Оценка «отлично» выставляется, когда работа содержит грамотно изложенную расчетную базу, характеризуется отсутствием ошибок в расчетах, логичным и последовательным изложением материала в пояснительной части. При защите работы обучающийся показывает глубокие знания вопросов темы; свободно оперирует расчетными данными; легко отвечает на поставленные вопросы.

Оценка «хорошо» выставляется, когда работа содержит грамотно изложенную расчетную базу, характеризуется отсутствием ошибок в расчетах, логичным и последовательным изложением материала в пояснительной части. □ При защите работы обучающийся показывает знания вопросов темы; без особых затруднений отвечает на поставленные вопросы.

Оценка «удовлетворительно» выставляется, когда работа содержит расчетную базу, характеризуется наличием отдельных ошибок в расчетах. При защите обучающийся проявляет неуверенность, показывает слабое знание вопросов темы, не дает полного, аргументированного ответа на заданные вопросы.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется, когда работа не содержит расчетную базу, не отвечает требованиям, изложенным в методических указаниях, имеет значительные ошибки в расчетах. При защите обучающийся затрудняется отвечать на поставленные вопросы по теме, не знает теории вопроса, при ответе допускает существенные ошибки.

Прохождение контрольного мероприятия по защите курсового проекта считается выполненным успешно, если при его оценивании получена оценка не ниже «удовлетворительно».

Критерии оценивания ответа на экзамене

Оценка «отлично» выставляется, когда обучающийся демонстрирует системные теоретические знания, владеет терминологией, делает аргументированные выводы и обобщения, приводит примеры, показывает свободное владение монологической речью и способность быстро реагировать на уточняющие вопросы.

Оценка «хорошо» выставляется, когда обучающийся демонстрирует прочные теоретические знания, владеет терминологией, делает аргументированные выводы и обобщения, приводит примеры, но при этом делает несущественные ошибки, которые быстро исправляет самостоятельно или при незначительной коррекции преподавателем.

Оценка «удовлетворительно» выставляется, когда обучающийся неглубоко теоретические знания, проявляет слабо сформированные навыки анализа явлений и процессов, недостаточное умение делать аргументированные выводы и приводить примеры, показывает не достаточно свободное владение терминологией, логичностью и последовательностью изложения, делает ошибки, которые может исправить только при коррекции преподавателем.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется, когда обучающийся демонстрирует незнание теоретических основ предмета, не умеет делать аргументированные выводы и приводить примеры, не владеет терминологией, проявляет отсутствие логичности и последовательностью изложения, делает ошибки, которые не может исправить даже при коррекции преподавателем.

Прохождение контрольного мероприятия по сдаче экзамена считается выполненным успешно, если при его оценивании получена оценка не ниже «удовлетворительно».

### 6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

#### 6.1. Рекомендуемая литература

##### 6.1.1. Основная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год, эл. адрес
Л1.1	Копылов И.П.	Электрические машины : учебник для бакалавров		Москва: Юрайт, 2012,
Л1.2	Жуловян В.В.	Основы электромеханического преобразования энергии : учебник		Новосибирск: НГТУ, 2014, <a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=435979">http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=435979</a>

##### 6.1.2. Дополнительная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год, эл. адрес
Л2.1	Копылов И.П.	Электрические машины: учебник		Москва: Высшая школа, 2006,
Л2.2	Кацман М.М.	Электрические машины: учебник		Москва: Высш. школа, 1983,
Л2.3	В.М. Игнатович, Ш.С. Ройз	Электрические машины и трансформаторы: учебное пособие		Томск : Издательство Томского политехнического университета, 2013, <a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=442095">http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=442095</a>

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год, эл. адрес
Л2.4	Парамонова В.	Электрические машины : сборник задач		Москва : Альтаир МГАВТ, 2014, <a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=430516">http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=430516</a>
Л2.5	В.Я.Беспалов, Н.Ф.Котеленец	Электрические машины: учебное пособие		Москва: Академия, 2010,

### 6.1.3. Методические разработки

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год, эл. адрес
Л3.1	М.Н. Давыдкин, С.Н.Басков	Электротехника и электроника: Лабораторный практикум		НФ НИТУ «МИСиС», 2013, <a href="http://elibrary.misis.ru">http://elibrary.misis.ru</a> ; <a href="http://www.nf.misis.ru">www.nf.misis.ru</a>
Л3.2	Сост. Р.Е.Мажирина	Исследование статических характеристик двигателя постоянного тока независимого возбуждения: методические указания к выполнению лабораторной работы		Орск: ОГТИ, 2002,

### 6.3 Перечень программного обеспечения

П.1	ПО Антивирус Kaspersky Endpoint Security для бизнеса-Раширенный Rus Edition 150 -249 Node 1y EDU RNW Lic.			
П.2	ПО MATLAB & Simulink			
П.3	ПО DjVu Solo 3.1			
П.4	ПО Microsoft Visual Studio 2010 Ultimate			
П.5	ПО WinDjView 2.0.2			
П.6	ПО Microsoft Teams			
П.7	Браузер Google Chrome			
П.8	ПО Microsoft Office 2010 Russian Academic OPEN 1 License No Level			

### 6.4. Перечень информационных справочных систем и профессиональных баз данных

И.1	<a href="http://elmech.mpei.ac.ru/em/index.html">http://elmech.mpei.ac.ru/em/index.html</a> - электронный учебник «Электрические машины»			
И.2	<a href="http://www.center.eneral.ru/products.html">http://www.center.eneral.ru/products.html</a> – продукция заводов России, производящих электрические машины и трансформаторы			
И.3	<a href="https://www.electromechanics.ru">https://www.electromechanics.ru</a> - сайт "Электромеханика"			

## 8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

В процессе изучения дисциплины выделяют два вида самостоятельной работы: аудиторная и внеаудиторная. Аудиторная самостоятельная работа по дисциплине выполняется на учебных занятиях под руководством преподавателя. Внеаудиторная самостоятельная работа - планируемая учебная работа обучающимся, выполняемая во внеаудиторное время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия. Самостоятельная работа, не предусмотренная программой учебной дисциплины, раскрывающей и конкретизирующей ее содержание, осуществляется обучающимся инициативно, с целью реализации собственных учебных и научных интересов. Для более эффективного выполнения самостоятельной работы по дисциплине преподаватель рекомендует источники для работы, характеризует наиболее рациональную методику самостоятельной работы, демонстрирует ранее выполненные обучающимися работы и т. п. Виды заданий для внеаудиторной самостоятельной работы, их содержание и характер могут иметь вариативный и дифференцированный характер, учитывать индивидуальные особенности обучающегося. Самостоятельная работа может осуществляться индивидуально или группами студентов online и на занятиях в зависимости от цели, объема, конкретной тематики самостоятельной работы, уровня сложности. Контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы осуществляется в пределах времени, отведенного на обязательные учебные занятия по дисциплине на практических, лабораторных занятиях.