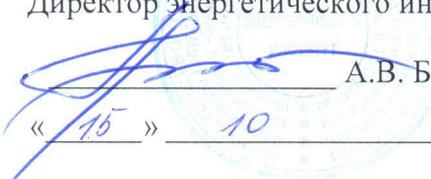


**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
**«БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ им. В.Г.ШУХОВА»**  
(БГТУ им. В.Г. Шухова)

**СОГЛАСОВАНО**  
Директор института заочного обучения  
  
М.Н. Нестеров  
« 10 » \_\_\_\_\_ 2015 г.

**УТВЕРЖДАЮ**  
Директор энергетического института  
  
А.В. Белоусов  
« 15 » \_\_\_\_\_ 10 \_\_\_\_\_ 2015 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

**дисциплины**

**ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ МАШИНЫ**

направление подготовки

13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

профиль подготовки

Электроснабжение

Квалификация

бакалавр

Форма обучения

Очно-заочная

**Энергетический институт**

**Кафедра электроэнергетики и автоматики**

Белгород – 2015

Рабочая программа составлена на основании требований:

- Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» (уровень бакалавриата), утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации № 955 от 3 сентября 2015 г;
- плана учебного процесса БГТУ им. В.Г. Шухова, введенного в действие в 2015 году.

Составители: \_\_\_\_\_  С.А. Духанин

канд. техн. наук, доцент \_\_\_\_\_  Ю.В. Скурятин

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры электроэнергетики и автоматики

« 13 » \_\_\_\_\_ 10 \_\_\_\_\_ 2015 г., протокол № 2

Заведующий кафедрой: канд. техн. наук, доцент \_\_\_\_\_  А.В. Белоусов

Рабочая программа одобрена методической комиссией энергетического института

« 15 » \_\_\_\_\_ 10 \_\_\_\_\_ 2015 г., протокол № 2

Председатель: канд. техн. наук, доцент \_\_\_\_\_  А.Н. Семернин

## 1. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Формируемые компетенции		Требования к результатам обучения	
№	Код компетенции	Компетенция	
<b>Общепрофессиональные</b>			
1	ОПК-2	Способность применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач	<p>В результате освоения дисциплины обучающийся должен:</p> <p><b>знать:</b> назначение, устройство трансформаторов и электрических машин; иметь представление о протекающих в них физических процессах; основы теории и рабочие свойства электрических машин и трансформаторов; основные источники научно-технической информации по электрическим машинам;</p> <p><b>уметь:</b> составлять уравнения электрического и магнитного равновесия на основе физических закономерностей; разрабатывать электрические схемы подключения электрических машин и трансформаторов; проводить испытания в соответствии с заданной программой; анализировать результаты исследования рабочих режимов трансформаторов и электрических машин;</p> <p><b>владеть:</b> методами математического моделирования электрических машин и трансформаторов; навыками интерпретации результатов моделирования, проведения экспериментальных исследований и обработки данных, работы со справочной литературой, стандартами и другими нормативными материалами.</p>
2	ОПК-3	Способность использовать методы анализа и моделирования электрических цепей	<p>В результате освоения дисциплины обучающийся должен:</p> <p><b>знать:</b> схемы соединения обмоток и структуру цепей электрических машин и трансформаторов; схемы их замещения;</p> <p><b>уметь:</b> составлять электрические схемы для расчета параметров рабочих режимов трансформаторов и электрических машин; рассчитывать электрические схемы и проводить анализ его результатов.</p> <p><b>владеть:</b> методами моделирования рабочих режимов электрических машин с помощью схем замещения; интерпретировать результаты моделирования.</p>

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Содержание дисциплины основывается и является логическим продолжением следующих дисциплин:

№	Наименование дисциплины (модуля)
1.	Высшая математика
2.	Физика
3.	Начертательная геометрия и инженерная графика
4.	Общая энергетика
5.	Теоретические основы электротехники
6.	Электрические аппараты
7.	Особенности профессиональной деятельности
8.	Электрические измерения
9.	Электротехническое материаловедение
10.	Учебная практика

Содержание дисциплины служит основой для изучения следующих дисциплин:

№	Наименование дисциплины (модуля)
1.	Автоматизированные системы контроля и учета энергии
2.	Электромагнитные и электромеханические переходные процессы
3.	Электроснабжение
4.	Электрические станции и подстанции
5.	Электроэнергетические системы и сети
6.	Проектирование систем электроснабжения
7.	Основы электропривода
8.	Управление электромеханическими системами
9.	Энергосбережение в системах электроснабжения
10.	Снижение потерь электроэнергии
11.	Эксплуатация систем электроснабжения
12.	Эксплуатация электрооборудования станций и подстанций
13.	Релейная защита и автоматика
14.	Коммутационные и защитные аппараты в системах электроснабжения
15.	Компьютерная практика
16.	Профессиональная практика
17.	Преддипломная практика
18.	Государственная итоговая аттестация

## 3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 8 зач. единиц, 288 часов.

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр № 4	Семестр № 5
Общая трудоемкость дисциплины, час	288	162	126
<b>Контактная работа (аудитор. занятия), в т.ч.:</b>	102	51	51
лекции	34	17	17
лабораторные	34	17	17

практические	34	17	17
<b>Самостоятельная работа студентов, в т.ч.:</b>	186	93	57
курсовой проект			
курсовая работа	36	36	
расчетно-графическое задание	18		18
индивидуальное домашнее задание			
другие виды самостоятельной работы	96	57	39
Форма промежуточной аттестации (зачет, экзамен)	36	Зачет	Экзамен (36)

## 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 4.1. Наименование тем, их содержание и объем

#### Курс 2 Семестр № 4

№ п/п	Наименование раздела (краткое содержание)	Объем на тематический раздел по видам учебной нагрузки, час			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа
1. Трансформаторы					
1.1	Предмет, структура курса «Электромеханика» и основные задачи его изучения. Роль электрических машин и трансформаторов в производстве и преобразовании электрической энергии. Классификация электромеханических преобразователей энергии. Устройство трансформатора. Конструкции магнитопроводов и обмоток. Электротехнические материалы. Конструкции баков, способы охлаждения, арматура. Схемы и группы соединения обмоток трехфазного трансформатора. Принцип действия. ЭДС обмоток. Уравнения электрического равновесия обмоток. Соотношения между ЭДС и напряжениями. Коэффициент трансформации. Уравнение равновесия МДС первичной и вторичной обмоток и соотношения между их токами.	3	2	6	12
1.2	Описание электромагнитных процессов в реальном трансформаторе. Магнитное поле под нагрузкой и его разложение на составляющие. Индуктивные сопротивления рассеяния обмоток. Уравнения электрического равновесия обмоток. Уравнение равновесия МДС первичной и вторичной обмоток. Зависимость намагничивающего тока от качества магнитопровода. Понятие о приведенном трансформаторе. Приведение значений вторичных величин к числу витков первичной обмотки. Уравнения приведенного трансформатора. Т-образная схема замещения и физический смысл ее параметров. Г-образная и упрощенная схемы замещения. «Сквозное» уравнение и упрощенная векторная диаграмма.	2	1	–	3

1.3	<p>Испытание трансформатора и определение его параметров и характеристик. Опыты холостого хода (ХХ) и короткого замыкания (КЗ). Номинальное напряжение короткого замыкания. Определение параметров схемы замещения. Виды потерь электрической энергии в трансформаторах. КПД трансформатора и его зависимость от нагрузки.</p> <p>Изменение вторичного напряжения трансформатора при нагрузке и его регулирование. Внешняя характеристика.</p> <p>Регулирование напряжения в силовых трансформаторах. Устройства регулирования без возбуждения (ПБВ) и под нагрузкой (РПН)</p>	2	3	4	11
1.4	<p>Параллельная работа трансформаторов. Схема замещения трансформатора относительно вторичных зажимов в виде активного двухполюсника. Условие отсутствия уравнивающих токов при параллельной работе. Параллельная работа при неодинаковых напряжениях КЗ. Оптимальные условия включения на параллельную работу.</p> <p>Трехобмоточные трансформаторы. Область применения. Основные уравнения и схема замещения. Работа трехобмоточного трансформатора под нагрузкой. Трансформаторы с расщепленной обмоткой: конструктивные особенности и их влияние на работу.</p>	2	2		4
2. Общие вопросы теории машин переменного тока.					
2.1	<p>Электрические машины переменного тока и их роль в производстве и преобразовании электрической энергии. Классификация. Основные элементы. Особенности магнитного поля. Число периодов. Полусное деление.</p> <p>Назначение обмоток возбуждения и якорных обмоток. Основные типы, конструктивные элементы и параметры якорных обмоток.</p> <p>Понятие о МДС распределенной обмотки. Графическое построение кривой МДС. Определение МДС фазы.</p> <p>Влияние на МДС распределения катушечной группы по пазам, укорочения шага, скоса пазов. Обмоточный коэффициент.</p> <p>Образование вращающейся волны МДС с помощью трехфазной обмотки. Частота вращения волны МДС основной гармоники. Круговое и эллиптическое вращение. МДС высших пространственных гармоник.</p>	2	2	1	5
3. Асинхронные машины.					
3.1	<p>Область применения. Конструкция основных частей. Принцип действия асинхронного двигателя (АД). Скольжение магнитного поля относительно ротора. Режимы работы асинхронной машины.</p> <p>Описание электромагнитных процессов. Разложение на составляющие магнитного поля. Основные ЭДС, индуцируемые в обмотках статора и ротора. Коэффициент трансформации. ЭДС рассеяния и индуктивные сопротивления обмоток. Уравнение электрического равновесия обмоток статора и ротора. Интерпретация энергетических соотношений в схеме замещения цепи ротора. Уравнения равновесия МДС обмоток статора и ротора. Коэффициент приведения (трансформации) токов.</p>	2	2	2	6
3.2	<p>Приведение параметров обмотки ротора к числу витков и числу фаз обмотки статора. Система уравнений АД в приведенных величинах и их аналогия с уравнениями трансформатора. Схема замещения (Т- и Г-образная) и физический смысл ее параметров.</p> <p>Аналитическое определение вращающего момента АД. Механическая характеристика. Максимальный и пусковой моменты. Критическое скольжение.</p> <p>АД с улучшенными пусковыми свойствами (с повышенным скольжением, с</p>	2	2	–	4

	двойной клеткой, с глубокими пазами на роторе).				
3.3	Влияние нагрузки на валу АД на параметры установившегося режима (скольжение и частота вращения, вращающий момент на валу, потребляемые из сети ток и активная мощность, коэффициент мощности и КПД). Способы пуска. Прямой пуск, пусковой ток и способы его снижения. Пуск при пониженном напряжении. Пуск асинхронного двигателя с фазным ротором. Способы регулирования частоты вращения. Частотное регулирование. Изменение числа пар полюсов. Изменение крутизны механической характеристики.	2	4	4	12
Всего за семестр № 4		17	17	17	57

### Курс 3 Семестр № 5

№ п/п	Наименование раздела (краткое содержание)	Объем на тематический раздел по видам учебной нагрузки, час			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа
4. Синхронные машины.					
4.1	Классификация. Область применения. Устройство активных частей. Системы охлаждения. Системы возбуждения. Магнитное поле возбуждения и улучшение формы кривой его распределения в зазоре. Принцип действия синхронного генератора (СГ) при работе на автономную нагрузку. Описание электромагнитных процессов при симметричной нагрузке. Магнитное поле и его разложение на составляющие. Реакция якоря синхронного генератора при работе на автономную нагрузку и ее зависимость от характера нагрузки. Моделирование процессов в явнополюсном СГ методом двух реакций. Уравнения электрического равновесия обмотки статора явнополюсного и неявнополюсного СГ. Векторные диаграммы.	3	2	2	5
4.2	Рабочие характеристики СГ при работе на автономную нагрузку: холостого хода, внешняя, регулировочная. Характеристика трехфазного КЗ. Отношение короткого замыкания.	1	1	3	4
4.3	Параллельная работа синхронного генератора на сеть большой мощности. Условия включения. Методы синхронизации. Перевод синхронной машины при параллельной работе с сетью в режим генератора и двигателя. Регулирование активной мощности.	1	1	2	3
4.4	Зависимость электромагнитной мощности и электромагнитного момента синхронной машины (явно- и неявнополюсной) от угла нагрузки. Угловая характеристика. Статическая устойчивость. Регулирование реактивной мощности синхронной машины при параллельной работе с сетью в режиме постоянной активной мощности. U-образные характеристики.	1	1	–	1

4.5	Синхронные двигатели. Область применения. Устройство. Системы возбуждения. Уравнение электрического равновесия обмотки якоря синхронного двигателя. Векторная диаграмма. Способы пуска синхронных двигателей. Синхронные компенсаторы. Область применения. Работа в режимах компенсации реактивной мощности и стабилизации напряжения.	2	2	2	5
4.6	Переходные процессы в синхронных машинах. Внезапное короткое замыкание (ВКЗ) на выводах СГ. Физические процессы. Периодические и аperiodические составляющие токов в обмотках генератора. Схема замещения трехфазного СГ при ВКЗ. Физический смысл параметров схемы замещения. Ударный ток. Возможные последствия ВКЗ.	1	1	–	1
<b>5. Машины постоянного тока.</b>					
5.1	Область применения. Устройство. Способы возбуждения. Якорные обмотки. Основные конструктивные параметры. Простая петлевая обмотка. Уравнительные соединения. Простая волновая обмотка.	2	2	2	5
5.2	Описание электромагнитных процессов. Принцип действия генератора и двигателя постоянного тока. Уравнение равновесия напряжений и ЭДС цепи якоря. Магнитное поле в воздушном зазоре. Режим ХХ. Режим нагрузки: поперечная и продольная реакция якоря и ее воздействие на магнитное поле. ЭДС и электромагнитный момент якоря.	2	2	–	3
5.3	Генераторы постоянного тока (ГПТ). Принцип самовозбуждения. Характеристики ГПТ независимого, параллельного и смешанного возбуждения.	2	2	3	5
5.4	Двигатели постоянного тока (ДПТ). Уравнение механической характеристики при независимом (параллельном) возбуждении. Механические характеристики ДПТ. Способы пуска и регулирования частоты вращения.	2	3	3	6
5.5	Коммутация в машинах постоянного тока. Природа проводимости в щеточном контакте. Причины искрения на коллекторе. Степени искрения. Основное уравнение коммутации. Прямолинейная, ускоренная и замедленная коммутация. Способы улучшения коммутации.	2	–	–	1
Всего за семестр № 5		17	17	17	39

#### **4.2. Содержание практических (семинарских) занятий**

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема практического (семинарского) занятия	К-во часов	К-во часов СРС
семестр № 4				
1	Трансформаторы	Определение группы трехфазного трансформатора. Расчет электрических величин.	2	2
2		Расчет параметров схемы замещения, потерь и КПД трансформатора.	2	2
3		Расчет изменения вторичного напряжения при нагрузке и внешняя характеристика трансформатора	2	2

4		Расчет распределения нагрузки между параллельно работающими трансформаторами.	2	2
5	Общие вопросы теории машин переменного тока.	Схемы обмоток машин переменного тока. Графическое построение кривой МДС.	2	2
6	Асинхронные машины	Расчет параметров рабочего режима АД.	3	3
7		Расчет параметров пускового режима АД.	2	2
8		Расчет механической характеристики АД.	2	2
ИТОГО:			17	17
семестр № 5				
1	Синхронные машины	Определение величины и частоты генерируемого напряжения синхронного генератора, скорости вращения и числа полюсов.	3	3
2		Параллельная работа синхронной машины с сетью. $U$ -образные характеристики.	2	2
3		Расчет параметров рабочего режима синхронной машины. Построение векторных диаграмм.	2	2
4		ВКЗ синхронного генератора	2	2
5	Машины постоянного тока	Расчет параметров рабочего режима машин постоянного тока.	2	2
6		Определение параметров обмоток машин постоянного тока	2	2
7		Расчет параметров пускового режима ДПТ.	2	2
8		Расчет механических характеристик ДПТ	2	2
ИТОГО:			17	17
ВСЕГО:			34	34

### 4.3. Содержание лабораторных занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема лабораторного занятия	К-во часов	К-во часов СРС
семестр № 4				
1	Предмет и задачи курса. Общие понятия и определения	Вводное занятие. Техника безопасности, Правила безопасной работы в лаборатории и на полигоне, с измерительными приборами и оборудованием.	2	2
2	Трансформаторы	Исследование однофазного трансформатора	8	8
3	Асинхронные машины	Исследование трехфазного асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором	7	7
ИТОГО:			17	17
семестр № 5				
1	Синхронные машины	Исследование работы синхронного генератора при работе на автономную нагрузку.	6	6
2	Машины постоянного тока	Исследование генератора постоянного тока	5	5
		Исследование двигателя постоянного тока	6	6
ИТОГО:			17	17
ВСЕГО:			34	34

## 5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

### 5.1. Перечень контрольных вопросов (типовых заданий)

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание вопросов (типовых заданий)
1	Трансформаторы	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Устройство трансформатора. Конструкции магнитопроводов и обмоток. Электротехнические материалы. Конструкции баков, способы охлаждения, арматура.</li> <li>2. Схемы и группы соединения обмоток трехфазного трансформатора.</li> <li>3. Принцип трансформации напряжений на примере трансформатора с идеальными обмотками и магнитопроводом.</li> <li>4. Принцип трансформации токов в режиме нагрузки на примере трансформатора с идеальными обмотками и магнитопроводом.</li> <li>5. Магнитное поле реального трансформатора под нагрузкой и его разложение на составляющие. Индуктивные сопротивления рассеяния. Уравнения электрического равновесия по контурам первичной и вторичной обмоток.</li> <li>6. Уравнение равновесия МДС первичной и вторичной обмоток реального трансформатора. Зависимость намагничивающего тока от качества магнитопровода.</li> <li>7. Понятие о приведенном трансформаторе. Приведение значений вторичных величин к числу витков первичной обмотки при сохранении всех составляющих мощности. Уравнения приведенного трансформатора.</li> <li>8. Т-образная схема замещения приведенного трансформатора и физический смысл ее параметров. Г-образная и упрощенная схемы замещения. «Сквозное» уравнение и упрощенная векторная диаграмма трансформатора.</li> <li>9. Опыты холостого хода и короткого замыкания. Номинальное напряжение короткого замыкания. Определение параметров схемы замещения.</li> <li>10. Виды потерь электрической энергии в трансформаторах. КПД трансформатора и его зависимость от нагрузки.</li> <li>11. Изменение вторичного напряжения трансформатора при нагрузке. Вывод расчетного выражения для изменения напряжения. Внешняя характеристика трансформатора.</li> <li>12. Регулирование напряжения в силовых трансформаторах. Устройства регулирования без возбуждения и под нагрузкой.</li> <li>13. Параллельная работа трансформаторов и ее технико-экономические преимущества. Оптимальные условия включения на параллельную работу.</li> <li>13. Условие отсутствия уравнивающего тока при параллельной работе трансформаторов без нагрузки.</li> <li>14. Распределение нагрузки между трансформаторами при параллельной работе при неодинаковых и равных напряжениях КЗ.</li> <li>15. Трехобмоточные трансформаторы. Область применения. Основные уравнения и схема замещения. Работа трехобмоточного транс-</li> </ol>

		форматора под нагрузкой.
2	Общие вопросы теории машин переменного тока	<p>16. Классификация электрических машин. Основные элементы. Особенности магнитного поля. Число периодов. Полное деление.</p> <p>17. Назначение обмоток возбуждения и якорных обмоток. Основные типы, конструктивные элементы и параметры якорных обмоток.</p> <p>18. Понятие о МДС распределенной обмотки. Графическое построение кривой МДС. Определение МДС фазы.</p> <p>19. Влияние на МДС распределения катушечной группы по пазам, укорочения шага. Вывод расчетных формул для коэффициентов распределения и укорочения.</p> <p>20. Скос пазов и его влияние на индукционное взаимодействие обмоток. Вывод расчетной формулы для коэффициента скоса. Обмоточный коэффициент.</p> <p>21. Образование вращающейся волны МДС с помощью трехфазной обмотки. Понятие о пространственно-временном векторе МДС. Частота вращения волны МДС основной гармоники. Круговое и эллиптическое вращение.</p>
3	Асинхронные машины	<p>22. Конструкция основных частей асинхронного двигателя. Принцип действия. Скольжение магнитного поля относительно ротора. Режимы работы асинхронной машины.</p> <p>23. Разложение на составляющие магнитного поля асинхронного двигателя. Основные ЭДС, индуктируемые в обмотках статора и ротора. Коэффициент трансформации. ЭДС рассеяния и индуктивные сопротивления обмоток.</p> <p>24. Уравнение электрического равновесия обмоток статора и ротора. Интерпретация энергетических соотношений в схеме замещения цепи ротора.</p> <p>25. Уравнения равновесия МДС обмоток статора и ротора. Коэффициент приведения (трансформации) токов.</p> <p>26. Приведение параметров обмотки ротора асинхронного двигателя к числу витков и числу фаз обмотки статора. Система уравнений в приведенных величинах и их аналогия с уравнениями трансформатора. Схема замещения и физический смысл ее параметров.</p> <p>27. Аналитическое определение вращающего момента асинхронного двигателя. Механическая характеристика. Максимальный и пусковой моменты. Критическое скольжение.</p> <p>28. Асинхронные двигатели с улучшенными пусковыми свойствами (с повышенным скольжением, с двойной клеткой, с глубокими пазами на роторе).</p> <p>29. Влияние нагрузки на валу асинхронного двигателя на параметры установившегося режима (скольжение и частота вращения, момент на валу, потребляемые из сети ток и активная мощность, коэффициент мощности и КПД).</p> <p>30. Способы пуска и регулирования частоты вращения асинхронных двигателей.</p>
4	Синхронные машины	<p>31. Классификация. Область применения. Устройство активных частей. Системы охлаждения.</p> <p>32. Системы возбуждения. Магнитное поле возбуждения и улучшение формы кривой его распределения в зазоре.</p> <p>33. Назначение и принцип действия синхронного генератора (при ра-</p>

		<p>боте на автономную нагрузку).</p> <p>34. Магнитное поле синхронной машины и его разложение на составляющие. Реакция якоря синхронного генератора при работе на автономную нагрузку и ее зависимость от характера нагрузки. Моделирование процессов в явнополюсном синхронном генераторе методом двух реакций.</p> <p>35. Уравнения электрического равновесия обмотки статора явнополюсного и неявнополюсного синхронных генераторов. Векторные диаграммы.</p> <p>36. Характеристики синхронного генератора при работе на автономную нагрузку: холостого хода, внешняя, регулировочная. Характеристика трехфазного КЗ. Отношение короткого замыкания.</p> <p>37. Параллельная работа синхронного генератора на сеть большой мощности. Условия включения. Методы синхронизации.</p> <p>38. Перевод синхронной машины при параллельной работе с сетью в режим генератора и двигателя. Регулирование активной мощности.</p> <p>39. Зависимость электромагнитной мощности и электромагнитного момента синхронной машины (явно- и неявнополюсной) от угла нагрузки. Угловая характеристика. Статическая устойчивость.</p> <p>40. Регулирование реактивной мощности синхронной машины при параллельной работе с сетью в режиме постоянной активной мощности. <math>U</math>-образные характеристики.</p> <p>41. Синхронные двигатели. Область применения. Устройство. Системы возбуждения.</p> <p>42. Уравнение электрического равновесия обмотки якоря синхронного двигателя. Векторная диаграмма.</p> <p>43. Способы пуска синхронных двигателей.</p> <p>44. Синхронные компенсаторы. Область применения. Работа в режимах компенсации реактивной мощности и стабилизации напряжения.</p> <p>45. Внезапное симметричное короткое замыкание на выводах синхронного генератора. Физические процессы при ВКЗ. Возникновение периодических и аperiodических составляющих токов в обмотках.</p> <p>46. Схема замещения синхронного генератора при ВКЗ и физический смысл ее параметров. Ударный ток короткого замыкания и его расчет. Возможные последствия ВКЗ.</p>
5	Машины постоянного тока	<p>47. Машины постоянного тока. Область применения. Устройство.</p> <p>48. Способы возбуждения машин постоянного тока.</p> <p>49. Якорные обмотки. Основные конструктивные параметры.</p> <p>50. Простая петлевая обмотка. Шаги обмотки. Число параллельных ветвей. Уравнительные соединения.</p> <p>51. Простая волновая обмотка. Шаги обмотки. Число параллельных ветвей.</p> <p>52. Генераторы постоянного тока. Назначение. Область применения. Принцип действия. Уравнение равновесия напряжений и ЭДС цепи якоря.</p> <p>53. Генераторы постоянного тока с самовозбуждением. Принцип самовозбуждения.</p>

	<p>54. Двигатели постоянного тока. Назначение. Область применения. Принцип действия. Уравнение равновесия напряжений и ЭДС цепи якоря.</p> <p>55. Магнитное поле в воздушном зазоре. Режим ХХ. Режим нагрузки: поперечная и продольная реакция якоря и ее воздействие на магнитное поле.</p> <p>56. ЭДС и электромагнитный момент якоря машины постоянного тока.</p> <p>57. Характеристики генераторов постоянного тока независимого, параллельного и смешанного возбуждения.</p> <p>58. Двигатели постоянного тока. Уравнение механической характеристики при независимом (параллельном) возбуждении.</p> <p>59. Механические характеристики двигателей постоянного тока.</p> <p>60. Способы пуска и регулирования частоты вращения двигателей постоянного тока.</p> <p>61. Коммутация в машинах постоянного тока. Причины искрения на коллекторе. Степени искрения.</p> <p>62. Основное уравнение коммутации. Прямолинейная, ускоренная и замедленная коммутация.</p> <p>63. Способы улучшения коммутации в машинах постоянного тока.</p>
--	---

## **5.2. Перечень тем курсовых проектов, курсовых работ, их краткое содержание и объем**

Курсовая работа выполняется в 4-м семестре. Она является отдельным видом самостоятельной работы и служит для закрепления теоретических знаний, полученных при изучении раздела «трансформаторы» дисциплины, приобретения навыков использования научно-технической и справочной литературы, применения информационных технологий, практических навыков по проектированию.

На выполнение курсовой работы учебным планом отводится 36 часов.

Тема курсовой работы: «Расчет силового трехфазного двухобмоточного трансформатора»

Содержание расчетной части задания:

Расчетная часть курсовой работы состоит из следующих разделов:

- 1). Расчет основных электрических величин.
- 2). Выбор главной изоляции.
- 3). Предварительный выбор основных размеров трансформатора и их обоснование.
- 4). Проектирование обмоток НН и ВН.
- 5). Проверочный расчет характеристик короткого замыкания.
- 6). Проверочный расчет магнитной системы, потерь и тока холостого хода.
- 7). Тепловой расчет. Выбор бака и охлаждающей системы.

Объем расчетно-пояснительной записки – 25 листов машинописного текста

Содержание графической части задания:

Графическая часть проекта состоит из чертежа общего вида трансформатора. Выполняется на одном листе формата А2 или А3.

### Пример задания

№ вар	$S_H$ , кВА	$U_{ВН}$ , кВ	$U_{НН}$ , кВ	$u_k$ , %	$P_k$ , Вт	$P_o$ , Вт	$I_o$ , %	Схема, группа
1.	160	10	0,4	4,7	3100	540	2,4	D/Y <sub>H</sub> -11

### 5.3. Перечень индивидуальных домашних заданий, расчетно-графических заданий

Расчетно-графическое задание выполняется в 5-м семестре. Она является отдельным видом самостоятельной работы и служит для закрепления теоретических знаний, полученных при изучении раздела «Асинхронные машины» дисциплины, приобретения навыков использования научно-технической и справочной литературы, программных средств.

На выполнение задания учебным планом отводится 18 часов.

Тема РГР: «Расчет и анализ характеристик асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором в рабочем и пусковом режимах».

1). Краткое введение об использовании электроприводов с асинхронными двигателями в системах электроснабжения.

2). Составить схему прямого подключения к сети асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором с использованием электрических аппаратов и кратко описать ее работу.

3). Изобразить схему замещения асинхронного двигателя для рабочего и пускового режимов с указанием их параметров. Кратко пояснить, что учитывается элементами схемы замещения.

4). Определить величину номинального, максимального и пускового момента.

5). Определить ток и коэффициент мощности двигателя при пуске в ход.

6). Построить рабочие характеристики асинхронного двигателя  $\eta=f(P_2)$  и  $\cos\varphi=f(P_2)$ . Пояснить их вид.

7). Рассчитать механическую характеристику двигателя при номинальном напряжении ( $M=f(s)$  или  $n_2=f(M)$ ).

8). Построить реальную механическую характеристику двигателя при номинальном и пониженном напряжении приблизительно по пяти точкам (0,  $M_H$ ,  $M_K$ ,  $M_{мин}$ ,  $M_{п}$ ). Объяснить их различие. Сделать обоснованный вывод о возможности (невозможности) пуска двигателя при пониженном напряжении.

9). Построить векторную диаграмму АД для номинального режима. Объяснить построение.

Объем работы должен составлять не менее 10 листов машинописного текста.

### Пример задания

Основные технические данные электродвигателей основного исполнения

Типоразмер электродвигателя (вариант №)	$P_{2ном}$ кВт	Пусковые свойства					Параметры схемы замещения, отн, ед,								
		Механическая характеристика					$i_{п}$	$X_{\mu}$	В номинальном режиме				При КЗ		
		$m_{п}$	$m_M$	$m_K$	$s_H, \%$	$s_K, \%$			$R_1$	$X_1$	$R_2$	$X_2$	$R_{2п}$	$R_{кп}$	$X_{кп}$
4A71B2	1,1	2,0	1,5	2,2	6,3	39,0	5,5	2,8	0,13	0,054	0,069	0,084	0,07	0,2	0,11

#### **5.4. Перечень контрольных работ**

Контрольные работы учебным планом не предусмотрены

### **6. ОСНОВНАЯ И ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА**

#### **6.1. Перечень основной литературы**

1. Епифанов А.П. Электрические машины: учеб. пособие [Электронный ресурс] / А.П. Епифанов. – СПб.: Лань, 2006. – 263 с. – Режим доступа: [https://e.lanbook.com/book/591#book\\_name](https://e.lanbook.com/book/591#book_name) – Загл. с экрана.

2. Усольцев А.А. Электрические машины: учеб. пособие [Электронный ресурс] / А.А. Усольцев. – Университет ИТМО 2013, – Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/40871> – Загл. с экрана.

#### **6.2. Перечень дополнительной литературы**

1. Трансформаторы и электрические машины: лабораторный практикум / [Электронный ресурс БГТУ им. В.Г. Шухова] / В.В.Сотников, В.Г.Соловьев, В.Н.Соколова [и др.]. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2011.– 88 с.  
<https://elib.bstu.ru/Reader/Book/2017112211172895900000659069>

2. Любицкий М.В., Колдаев А.И., Болдырев Д.В. Электрические машины. Практикум. [Электронный ресурс] / М.В. Любицкий, А.И. Колдаев, Д.В. Болдырев. Северо-Кавказский федеральный университет, 2014 – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/63160.html> - Загл. с экрана.

3. Электрические машины постоянного тока [Электронный ресурс БГТУ им. В.Г. Шухова]: метод. указания к выполнению лаб. работ для студентов всех специальностей / БГТУ им. В.Г. Шухова, каф. электроэнергетики; сост.: С.А. Духанин, Ю.И. Рудаков. – 3-е изд., перераб. – Электрон. текстовые дан. – Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2012. – Режим доступа: <https://elib.bstu.ru/Reader/Book/2013040917321059953600005528> - Загл. с экрана.

4. Электрические машины: метод. указания к выполнению лаб. работ для студентов специальностей 140211, 140604, 190205, 190702, 270205, 120303, 220501, 280201, 280202 / БГТУ им. В.Г. Шухова, каф. электротехники и автоматики; сост.: А.И. Лимаров, Ф.М. Гребенчук, Н.Б. Сибирцева, Н.С. Требукова, А.С. Солдатенков. – Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2009. – 63 с.

#### **6.3. Перечень интернет ресурсов**

1. Каталог образовательных Интернет-ресурсов: Электрические машины [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://window.edu.ru/catalog?p\\_rubr=?](http://window.edu.ru/catalog?p_rubr=?). – Заглавие с экрана.

2. Википедия. Свободная энциклопедия. Электрические машины: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [ru.wikipedia.org/wiki/Электрическая\\_машина](http://ru.wikipedia.org/wiki/Электрическая_машина). – Заглавие с экрана.

3. Радиоэлектроника и электротехника: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.radioingener.ru/>. – Заглавие с экрана.

4. <http://pue8.ru/elektricheskie-mashiny/>. – Заглавие с экрана.

5. Электрические сети: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://leg.co.ua/info/elektricheskie-mashiny/>. – Заглавие с экрана.

## **7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ**

Лекционные занятия – поточная аудитория, оснащенная доской и презентационной техникой (ноутбук, проектор, экран), комплектом электронных презентаций.

Практические занятия – аудитории 219 и 221 оснащенные наглядными материалами.

Лабораторные занятия – лаборатория «Электротехника и электрические машины» (аудитории 221 и 223).

Лабораторное оборудование:

– источники питания: трёхфазный источник питания (учебная техника 201.2), источник однофазного напряжения, ЛАТР (СНОТЕСК TSGC2-6), источник питания двигателя постоянного тока (учебная техника 206.1), возбудитель синхронной машины (учебная техника 209.2);

– активная нагрузка: учебная техника 306.1;

– измерительные приборы: измерительные комплекты К-540, вольтметры, амперметры, мультиметры, указатель частоты вращения (учебная техника 506.2);

– трансформаторы: однофазный трансформатор ОСМ-016 220/127, Трёхфазная трансформаторная группа 3×80ВА (учебная техника 347.4);

– машины постоянного тока: двигатель постоянного тока ПЛ-062 УХЛ 4; двигатель постоянного тока – мощность 1 кВт, напряжение 220В, n=3150 об/мин; генератор постоянного тока – мощность 0.37 кВт, напряжение 110В, n=1500 об/мин,

– асинхронные двигатели: АИР 56А4У3; АД – мощность 0.55 кВт, напряжение 3×220В, n=1470 об/мин;

– синхронные машины: синхронный генератор – мощность 0.75 кВт, напряжение 3×220В, n=3000 об/мин; синхронный двигатель – мощность 0.75 кВт, напряжение 3×220В, n=3000 об/мин; синхронная машина (учебная техника 102.1)

Для самостоятельной работы студентов предусмотрен компьютерный класс, оснащенный компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет», обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета, а так же участием в программах Microsoft Office 365 для образования (студенческий) (№ дог. E04002C51M) с возможностью бесплатной загрузки программного обеспечения Microsoft.

## 8. УТВЕРЖДЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

Рабочая программа без изменений утверждена на 2016/2017 учебный год.

Протокол № 15 заседания кафедры от « 11 » 06 \_\_\_\_\_ 2016 г.

Заведующий кафедрой ЭиА \_\_\_\_\_  А.В. Белоусов

Директор института \_\_\_\_\_  А.В. Белоусов

## 8. УТВЕРЖДЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

Рабочая программа без изменений утверждена на 2017/2018 учебный год.

Протокол № 5 заседания кафедры от « 10 » 06 \_\_\_\_\_ 2017 г.

Заведующий кафедрой ЭиА \_\_\_\_\_  А.В. Белоусов

Директор института \_\_\_\_\_  А.В. Белоусов

## 8. УТВЕРЖДЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

Рабочая программа без изменений утверждена на 2018/2019 учебный год.

Протокол № 10 заседания кафедры от « 14 » 05 2018 г.

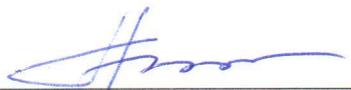
Заведующий кафедрой ЭиА \_\_\_\_\_  А.В. Белоусов

Директор института \_\_\_\_\_  А.В. Белоусов

Рабочая программа без изменений утверждена на 2019/2020 учебный год.

Протокол № 13 заседания кафедры от «07» июня 2019 г.

Заведующий кафедрой ЭиА



А.В. Белоусов

Директор института ЭИТУС



А.В. Белоусов

## 8. УТВЕРЖДЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

Рабочая программа без изменений утверждена на 20~~20~~/20~~21~~ учебный год.

Протокол № 10 заседания кафедры от «14» июня 20~~20~~г.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

подпись, ФИО



А.В. Белоусов

Директор института \_\_\_\_\_

подпись, ФИО

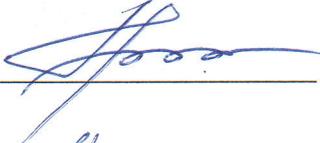


А.В. Белоусов

**Утверждение рабочей программы без изменений.**

Рабочая программа без изменений утверждена на 2021/2022 учебный год.

Протокол № 11 заседания кафедры от « 15 » мая 2021 г.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  А.В. Белоусов

Директор института \_\_\_\_\_  А.В. Белоусов