

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
« 15 » 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

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	
Общепрофессиональные			
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>знать: 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>уметь: 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>владеть: 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>знать: схемы соединения обмоток и структуру цепей электрических машин и трансформаторов; схемы их замещения;</p> <p>уметь: составлять электрические схемы для расчета параметров рабочих режимов трансформаторов и электрических машин; рассчитывать электрические схемы и проводить анализ его результатов;</p> <p>владеть: 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	Общая энергетика
2	Высшая математика
3	Физика
4	Начертательная геометрия и инженерная графика
5	Теоретические основы электротехники
6	Электрические аппараты
7	Электрические измерения
8	Электротехническое материаловедение
9	Особенности профессиональной деятельности

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	Электроснабжение цеховых электроприемников
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	Учебная практика
16	Компьютерная практика
17	Профессиональная практика
18	Преддипломная практика
19	Государственная итоговая аттестация

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

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

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр №3	Семестр № 4	Семестр № 5
Общая трудоемкость дисциплины, час	288	2	160	126
Контактная работа (аудитор.занятия), в т.ч.:	42	2	16	24
лекции	14	2	4	8
лабораторные	14	–	6	8
практические	14	–	6	8
Самостоятельная работа студентов, в т.ч.:	246	–	144	102
курсовой проект	–	–	–	–
курсовая работа	36	–	36	–
расчетно-графическое задание	18	–	–	18
индивидуальное домашнее задание	–	–	–	–
другие виды самостоятельной работы	156	–	108	48
Форма промежуточной аттестации (зачет, экзамен)	36	–	Зачет	Экз (36)

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Наименование тем, их содержание и объем

Курс 2 Семестр № 3

№ 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	Введение:структура курса «Электрические машины» и основные задачи его изучения;роль электрических машин и трансформаторов в производстве и преобразовании электрической энергии.Устройство трансформатора. Конструкции баков, способы охлаждения, арматура. Электротехнические материалы, используемые при изготовлении трансформаторов. Схемы и группы соединения обмоток трехфазного трансформатора	2	–	–	–

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
1.2	<p>Уравнения электрического равновесия по контурам первичной и вторичной обмоток. Уравнение равновесия магнитодвижущей силы первичной и вторичной обмоток реального трансформатора. Зависимость намагничивающего тока от качества магнитопровода.</p> <p>Приведение значений вторичных величин к числу витков первичной обмотки трансформатора. Уравнения трансформатора в приведенных величинах.</p> <p>Т-образная схема замещения приведенного трансформатора и физический смысл ее параметров. «Сквозное» уравнение трансформатора. Упрощенная схема замещения. Г-образная схема замещения и физический смысл ее параметров.</p> <p>Изменение вторичного напряжения трансформатора при нагрузке и его регулирование. Внешняя характеристика трансформатора. Регулирование напряжения в силовых трансформаторах. Устройства регулирования напряжения трансформаторов без возбуждения (ПБВ) и под нагрузкой (РПН).</p> <p>Параллельная работа трансформаторов. Схема замещения трансформатора относительно вторичных зажимов в виде активного двухполюсника. Условие отсутствия уравнивающих токов при параллельной работе трансформаторов. Параллельная работа трансформаторов при неодинаковых напряжениях короткого замыкания. Оптимальные условия включения трансформаторов на параллельную работу.</p> <p>Трехобмоточные трансформаторы. Основные уравнения и схема замещения.</p>	2	3	4	36
2. Общие вопросы теории машин переменного тока.					
2.1	<p>Электрические машины переменного тока и их роль в производстве и преобразовании электрической энергии. Классификация. Конструктивная схема. Особенности магнитного поля. Полусное деление. Назначение обмоток возбуждения и якорных обмоток. Основные типы, конструктивные элементы и параметры якорных обмоток.</p> <p>Понятие о магнитодвижущей силе (МДС) распределенной обмотки. Графическое построение кривой МДС. Особенности взаимной индукции обмоток. Влияние на МДС распределения катушечной группы по пазам, укорочения шага, скоса пазов. Обмоточный коэффициент. Образова-</p>	1	–	–	36

№ п/п	Наименование раздела (краткое содержание)	Объем на тематический раздел по видам учебной нагрузки, час			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятель- ная работа
	ние вращающейся волны МДС с помощью трехфазной обмотки				
3. Асинхронные машины.					
3.1	<p>Область применения. Конструкция основных частей. Принцип действия асинхронных двигателей (АД). Скольжение. Режимы работы асинхронной машины. Коэффициент трансформации. ЭДС рассеяния и индуктивные сопротивления обмоток.</p> <p>Система уравнений АД в приведенных величинах и их аналогия с уравнениями трансформатора. Схема замещения (Т- и Г-образная) и физический смысл ее параметров. Механическая характеристика. Максимальный и пусковой моменты. Критическое скольжение.</p> <p>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.</p> <p>Способы регулирования частоты вращения. Частотное регулирование. Изменение числа пар полюсов. Изменение крутизны механической характеристики.</p>	1	3	2	36
Всего за семестр № 4		4	6	6	108

Курс 3 Семестр № 5

№ п/п	Наименование раздела (краткое содержание)	Объем на тематический раздел по видам учебной нагрузки, час			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятель- ная работа
4. Синхронные машины					
4.1	<p>Классификация. Область применения. Устройство активных частей. Системы охлаждения. Системы возбуждения.</p> <p>Принцип действия синхронного генератора (СГ) при работе</p>	2	2	–	12

	<p>на автономную нагрузку. Описание электромагнитных процессов при симметричной нагрузке. Реакция якоря синхронного генератора при работе на автономную нагрузку и ее зависимость от характера нагрузки. Моделирование процессов в явнополюсном СГ методом двух реакций.</p> <p>Рабочие характеристики СГ при работе на автономную нагрузку: холостого хода, внешняя, регулировочная. Характеристика трехфазного короткого замыкания. Отношение короткого замыкания.</p>				
4.2	<p>Параллельная работа синхронного генератора на сеть большой мощности. Условия включения. Методы синхронизации.</p> <p>Перевод синхронной машины при параллельной работе с сетью в режим генератора и двигателя. Регулирование активной мощности.</p> <p>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.</p> <p>Внезапное короткое замыкание (ВКЗ) на выводах СГ. Физические процессы. Схема замещения трехфазного СГ при ВКЗ. Ударный ток. Возможные последствия ВКЗ.</p>	2	2	4	12
4.3	<p>Синхронные двигатели. Область применения. Устройство. Системы возбуждения.</p> <p>Способы пуска синхронных двигателей. Синхронные компенсаторы. Область применения. Работа в режимах компенсации реактивной мощности и стабилизации напряжения.</p>	1	2	–	8
5. Машины постоянного тока.					
5.1	<p>Область применения. Устройство. Способы возбуждения. Якорные обмотки. Основные конструктивные параметры. Простая петлевая обмотка. Простая волновая обмотка.</p> <p>Принцип действия генератора и двигателя постоянного тока. Режим ХХ. Режим нагрузки: поперечная и продольная реакция якоря.</p>	1	–	2	10
5.2	<p>Генераторы постоянного тока (ГПТ). Принцип самовозбуждения. Характеристики ГПТ независимого, параллельного и смешанного возбуждения.</p> <p>Двигатели постоянного тока (ДПТ). Уравнение механической характеристики при независимом (параллельном) возбуждении. Механические характеристики ДПТ. Способы пуска и регулирования частоты вращения.</p> <p>Коммутация в машинах постоянного тока.</p>	2	2	2	6
Всего за семестр № 5		8	8	8	48

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	Построение Т-образной и Г-образной схем замещения приведенного трансформатора и анализ физического смысла их параметров	1	1
2		Анализ устройств регулирования напряжения трансформаторов без возбуждения (ПВВ) и под нагрузкой (РПН). Расчет регулировочных отпаек РПН двух- и трехобмоточных трансформаторов	2	2
3	Асинхронные машины	Построение Т-образной и Г-образной схем замещения асинхронного электродвигателя и анализ физического смысла их параметров. Анализ системы уравнений асинхронного электродвигателя в приведенных величинах и их аналогия с уравнениями трансформатора	1	1
4		Расчет параметров номинального и пускового режимов асинхронного электродвигателя. Анализ графиков механической характеристики, понятий «максимальный и пусковой моменты» и «критического скольжения».	2	2
ИТОГО:			6	6
семестр № 5				
5	Синхронные машины	Анализ характеристик синхронного генератора при работе на автономную нагрузку: холостого хода, внешней и регулировочной	2	2
6		Анализ угловой характеристики синхронного генератора, понятия «статическая устойчивость». Анализ U-образных характеристик синхронного генератора и возможности регулирования реактивной мощности при параллельной работе с сетью в режиме постоянной активной мощности	2	2
7		Анализ целесообразности использования синхронного двигателя как источника реактивной мощности при различных нагрузках	2	2
8	Машины постоянного тока	Анализ механических характеристик двигателей постоянного тока различного возбуждения	2	2
ИТОГО:			8	8
ВСЕГО за год:			14	14

4.3. Содержание лабораторных занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема лабораторного занятия	К-во часов	К-во часов СРС
семестр № 4				
1	Трансформаторы	Правила безопасной работы в лаборатории, с измерительными приборами и оборудованием. Исследование однофазного трансформатора	4	4
2	Асинхронные машины	Исследование трехфазного асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором	2	2
ИТОГО:			6	6
семестр № 5				
1	Синхронные машины	Исследование работы синхронного генератора при работе на автономную нагрузку	4	4
2	Машины постоянного тока	Исследование генератора постоянного тока	4	4
ИТОГО:			8	8
ВСЕГО:			14	14

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"> 1. Устройство трансформатора. Конструкции магнитопроводов и обмоток, баков. Способы охлаждения. 2. Схемы и группы соединения обмоток трехфазного трансформатора. 3. Понятие о приведенном трансформаторе. Приведение значений вторичных величин к числу витков первичной обмотки при сохранении всех составляющих мощности. 4. Т-образная схема замещения приведенного трансформатора и физический смысл ее параметров. 5. Г-образная и упрощенная схема замещения приведенного трансформатора, физический смысл ее параметров. 6. Опыты холостого хода и короткого замыкания. Номинальное напряжение короткого замыкания. Определение параметров схемы замещения. 7. Виды потерь электрической энергии в трансформаторах. КПД трансформатора и его зависимость от нагрузки. 8. Регулирование напряжения в силовых трансформаторах. Устройства регулирования без возбуждения и под нагрузкой. 9. Условие отсутствия уравнивающего тока при параллельной работе трансформаторов без нагрузки. 10. Распределение нагрузки между трансформаторами при параллельной работе при неодинаковых и равных напряжениях короткого замыкания.

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание вопросов (типовых заданий)
		11. Трехобмоточные трансформаторы. Область применения. Работа трехобмоточного трансформатора под нагрузкой.
2	Общие вопросы теории машин переменного тока	12. Назначение обмоток возбуждения и якорных обмоток. Основные типы, конструктивные элементы и параметры якорных обмоток. 13. Образование вращающейся волны магнитодвижущей силы с помощью трехфазной обмотки. Частота вращения волны МДС основной гармоники.
3	Асинхронные машины	14. Конструкция основных частей асинхронного двигателя. Принцип действия. Скольжение магнитного поля относительно ротора. 15. Режимы работы асинхронной машины. 16. Схема замещения и физический смысл ее параметров. 17. Аналитическое определение вращающего момента асинхронного двигателя. Механическая характеристика. Максимальный и пусковой моменты. Критическое скольжение. 18. Влияние нагрузки на валу асинхронного двигателя на параметры установившегося режима (скольжение и частоту вращения). 19. Влияние нагрузки на валу асинхронного двигателя на параметры установившегося режима (момент на валу, потребляемые из сети ток и активную мощность, коэффициент мощности и КПД). 20. Способы пуска и регулирования частоты вращения асинхронных двигателей.
4	Синхронные машины	21. Классификация. Область применения. Устройство активных частей. Системы охлаждения. 22. Системы возбуждения. 23. Назначение и принцип действия синхронного генератора (при работе на автономную нагрузку). 24. Магнитное поле синхронной машины. Реакция якоря синхронного генератора при работе на автономную нагрузку и ее зависимость от характера нагрузки. 25. Характеристики синхронного генератора при работе на автономную нагрузку: холостого хода, внешняя, регулировочная. 26. Характеристика трехфазного короткого замыкания синхронного генератора при работе на автономную нагрузку. Отношение короткого замыкания. 27. Параллельная работа синхронного генератора на сеть большой мощности. Условия включения. Методы синхронизации. 28. Перевод синхронной машины при параллельной работе с сетью в режим генератора и двигателя. Регулирование активной мощности. 29. Регулирование реактивной мощности синхронной машины при параллельной работе с сетью в режиме постоянной активной мощности. U -образные характеристики. 30. Синхронные двигатели. Область применения. Устройство. Системы возбуждения. 31. Способы пуска синхронных двигателей. 32. Синхронные компенсаторы. Область применения. Работа в режимах компенсации реактивной мощности и стабилизации напряжения.
5	Машины постоянного тока	33. Машины постоянного тока. Область применения. Устройство. 34. Способы возбуждения машин постоянного тока. 35. Якорные обмотки. Основные конструктивные параметры.

№ п/п	Наименование раздела дис- циплины	Содержание вопросов (типовых заданий)
		<p>36. Простая петлевая обмотка. Шаги обмотки. Число параллельных ветвей. Уравнительные соединения.</p> <p>37. Простая волновая обмотка. Шаги обмотки. Число параллельных ветвей.</p> <p>38. Генераторы постоянного тока. Назначение. Область применения. Принцип действия.</p> <p>39. Генераторы постоянного тока с самовозбуждением. Принцип самовозбуждения.</p> <p>40. Двигатели постоянного тока. Назначение. Область применения. Принцип действия. Уравнение равновесия напряжений и ЭДС цепи якоря.</p> <p>41. Магнитное поле в воздушном зазоре. Режим ХХ. Режим нагрузки: поперечная и продольная реакция якоря и ее воздействие на магнитное поле.</p> <p>42. Характеристики генераторов постоянного тока независимого возбуждения.</p> <p>43. Характеристики генераторов постоянного тока параллельного возбуждения.</p> <p>44. Характеристики генераторов постоянного тока смешанного возбуждения.</p> <p>45. Механические характеристики двигателей постоянного тока.</p> <p>46. Способы пуска и регулирования частоты вращения двигателей постоянного тока.</p> <p>47. Коммутация в машинах постоянного тока. Причины искрения на коллекторе. Степени искрения.</p> <p>48. 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 низшего и высшего напряжений.
5. Проверочный расчет характеристик короткого замыкания.
6. Проверочный расчет магнитной системы, потерь и тока холостого хода.
7. Тепловой расчет. Выбор бака и охлаждающей системы.

8. 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_{BH} , кВ	U_{HH} , 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 _H -11

5.3. Перечень индивидуальных домашних заданий, расчетно-графических заданий

Расчетно-графическое задание выполняется в 5-м семестре. Оно 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. Составление схемы прямого подключения к сети асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором с использованием электрических аппаратов и краткое описание ее работы.

3. Изображение схемы замещения асинхронного двигателя для рабочего и пускового режимов с указанием их параметров. Краткое пояснение о том, что учитывается элементами схемы замещения.

4. Определение величины номинального, максимального и пускового момента.

5. Определение тока и коэффициента мощности двигателя при пуске в ход.

6. Построение рабочих характеристик асинхронного двигателя $\eta=f(P_2)$ и $\cos\varphi=f(P_2)$. Пояснения к характеристикам.

7. Расчет механической характеристики двигателя при номинальном напряжении ($M=f(s)$ или $n_2=f(M)$).

8. Построение реальной механической характеристики двигателя при номинальном и пониженном напряжении приблизительно по пяти точкам (0, M_H , M_K , $M_{мин}$, M_P). Объяснение их различий и обоснование вывода о возможности (невозможности) пуска двигателя при пониженном напряжении.

9. Построение векторной диаграммы АД для номинального режима. Объяснение построения.

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					$i_{п}$	$X_{ц}$	В номинальном режиме				При КЗ		
		$m_{п}$	$m_{м}$	$m_{к}$	$s_{н},\%$	$s_{к},\%$			R_1	X_1	R_2	X_2	$R_{2п}$	$R_{кп}$	$X_{кп}$
4А71В2	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– 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.НСоколова [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 автоматизации; 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=?. – Заглавие с экрана.
2. Википедия. Свободная энциклопедия. Электрические машины:[Электронный ресурс]. – Режим доступа: 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. Электрические машины: виды, классификация, принципы работы: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://jelektrik.ru/obshhaja_info/– Заглавие с экрана.
5. Синхронные и асинхронные двигатели, генераторы. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://leg.co.ua/info/elektricheskie-mashiny/241.html>. – 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)

8. УТВЕРЖДЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

Рабочая программа с изменениями, дополнениями утверждена на 2016/2017 учебный год.

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

Заведующий кафедрой ЭиА  А.В. Белоусов

Директор института ЭИТУС  А.В. Белоусов

Список изменений и дополнений в рабочей программе.

В пункт 6.3 добавлены следующие литературные источники:

1. Муравьев, В. М. **Электрические машины** [Электронный ресурс] : сборник тестовых задач / В. М. Муравьев, М. С. Сандлер. - М. : МГАВТ, 2010. - 40 с. - Режим доступа: <http://znanium.com/> - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/404479>– Заглавие с экрана.

2. Встовский, А. Л. **Электрические машины** [Электронный ресурс] : учеб. пособие / А. Л. Встовский. - Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2013. - 464 с. - ISBN 978-5-7638-2518-3. - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/492153>– Заглавие с экрана.

Рабочая программа с изменениями, дополнениями утверждена на 2017/2018 учебный год.

Протокол № 15 заседания кафедры от «10» 06 2017 г.

Заведующий кафедрой ЭиА  А.В. Белоусов

Директор института ЭИТУС  А.В. Белоусов

Список изменений и дополнений в рабочей программе.

В пункт 6.3 добавлены следующие литературные источники:

1. Электрические машины и трансформаторы: Учебное пособие / Игнатович В.М., Ройз Ш.С. - Томск:Изд-во Томского политех. университета, 2013. - 182 с. - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/673035>– Заглавие с экрана.

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 ЭИТУС  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