Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Казанский национальный исследовательский технологический университет»
(ФГБОУ ВО «КНИТУ»)

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по УР
_____ А.В. Бурмистров
«11» 09 2018 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

По дисциплине Б1.Б.13 Электрические машины

Направление подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника »
Профиль подготовки: Электропривод и автоматика
Степень выпускника бакалавр
Форма обучения очная
Институт, факультет ИУАИТ, УиА
Кафедра-разработчик рабочей программы кафедра Электропривода и электротехники
Курс, семестр III курс, Yсеместр, YI семестр

	Y семестр		YI семестр	
	Часы	Зачетные единицы	Часы	Зачетные единицы
Лекции	27	0,75	36	1,0
Практические занятия	-	-	9	0,25
Семинарские занятия	-	-	-	-
Лабораторные занятия	45	1,25	36	1,0
Самостоятельная работа	18	0,5	81	2,25
Форма аттестации: зачет (Y семестр) экзамен (YI семестр)	зачет	-	Экзамен, курс.проект	
			36	1,0
Всего	90	2,5	198	5,5

Казань, 2018 г.

Рабочая программа составлена с учетом требований Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (№ 955 от 03.09.2015 года) по направлению 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» по профилю «Электропривод и автоматика», на основании учебного плана для набора обучающихся 2018 г.

Типовая программа по дисциплине отсутствует.

Разработчик программы:

доцент Мухаметгалеев Т.Х.

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры Электропривода и электротехники
протокол от 03.09 2018 г. № 1

Зав. кафедрой, профессор В.Г. Макаров

УТВЕРЖДЕНО

Протокол заседания методической комиссии ФУА
от 10.09 2018 г. № 1

Председатель комиссии, профессор Р.Н. Зарипов

Начальник УМЦ, доцент Л.А. Китаева

Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины «Электрические машины» являются

а) формирование знаний о закономерностях, имеющих место в электрических, магнитных и электромеханических процессах протекающих в электрических машинах;

б) обучение технологии электромагнитного расчёта и анализа работы электрических машин и их отдельных элементов;

в) обучение практическим навыкам экспериментального и расчётно-теоретического исследования электрических машин

г) раскрытие сущности процессов, происходящих в электрических и магнитных полях, электромагнитных устройствах, электрических машинах.

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Электрические машины» относится к *базовой* части ООП и формирует у бакалавров по направлению подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» набор знаний, умений, навыков и компетенций, необходимых для выполнения научно-исследовательской, проектно-конструкторской, производственно-технологической, организационно-управленческой деятельности.

Для успешного освоения дисциплины «Электрические машины» бакалавр по направлению подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» должен освоить материал предшествующих дисциплин:

а) Б1.Б.6 «Физика»

б) Б1.Б.10 «Теоретические основы электротехники»

в) Б1.Б.12 «Общая энергетика»

г) Б1.В.ОД.9 «Электроника».

Дисциплина «Электрические машины» изучается на 3-ом курсе обучения в 5 и 6 семестрах, является предшествующей и необходима для успешного усвоения последующих дисциплин:

а) Б1.Б.18 «Электрический привод»

б) Б1.В.ОД.16 «Проектирование электротехнических устройств»

в) Б1.В.ОД.17 «Электропривод в современных технологиях»

г) Б1.В.ДВ.10.1 «Системы управления электропривода»

Знания, полученные при изучении дисциплины «Электрические машины» могут быть использованы при прохождении производственной практики и выполнении выпускных квалификационных работ по направлению подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника».

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

1. ПК-3 способность принимать участие в проектировании объектов профессиональной деятельности в соответствии с техническим заданием и нормативно-технической документацией, соблюдая различные технические, энергоэффективные и экологические требования.

2. ПК-4 способность проводить обоснование проектных решений**.**

3. ПК-9 способность составлять и оформлять типовую техническую документацию.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

1) *Знать*:

а) основные виды электрических машин;

б) общие закономерности физических процессов в электрических машинах;

в) основные модели электрических машин;

г) о назначении, области применения, типах и основных параметрах электрических машин.

2) *Уметь*:

а) использовать уравнения для определения основных параметров электрических машин;

б) применять методы расчета и выбора, рационального применения, построения и анализа моделей электрических машин различного типа;

в) пользоваться справочным аппаратом по выбору электрических машин.

3) *Владеть*:

а) методами наладки, контроля и защиты электрических машин;

б) методами проведения экспериментальных исследований электрических машин.

4. Структура и содержание дисциплины «Электрические машины»

Общая трудоемкость дисциплины составляет 8 зачетных единиц, 288 часов, из них IY семестр – 2,5 зачетных единицы, 90 часов, YI семестр – 5,5 зачетных единицы, 198 часов.

Y семестр

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Виды учебной работы (в часах)				Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации по разделам
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	СРС	
1	Введение.	5	2	-	-	2	Тестирование.
2	Трансформаторы	5	12	-	20	8	Защита лабораторных работ, тестирование, реферат
3	Асинхронные машины.	5	13	-	25	8	Защита лабораторных работ, тестирование, реферат.
	Итого		27	-	45	18	
Форма аттестации							Зачет

YI семестр

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Виды учебной работы (в часах)				Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации по разделам
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	СРС	
4	Синхронные машины.	6	18	5	-	51	Тестирование, выполнение практических занятий.
5	Коллекторные машины постоянного тока (КМПТ).	6	18	4	36	30	Защита лабораторных работ, выполнение практических занятий, тестирование.
	Итого		36	9	36	81	Тестирование проводится по всем темам
Форма аттестации							Экзамен (36 ч), защита курсового проекта

5. Содержание лекционных занятий по темам с указанием формируемых компетенций.

№ п/п	Раздел дисциплины	Часы	Тема лекционного занятия	Краткое содержание	Формируемые компетенции
1	Введение	2	Роль электрических машин. Виды электрических машин	Основные понятия и определения. Упрощенный принцип действия основных типов электрических машин	ПК-3
2	Трансформаторы	12	Однофазные и трехфазные	Устройство и принцип действия однофазного	ПК-3,ПК-4, ПК-9

			трансформаторы. Назначение, устройство, принцип действия. Уравнения состояния.	трансформатора. Работа трансформатора под нагрузкой. Схема замещения и уравнения состояния. Экспериментальное определение параметров схемы замещения. Опыты холостого хода и короткого замыкания. Внешняя характеристика трансформатора. Особенности трехфазных трансформаторов и автотрансформаторов. Группы соединения обмоток трехфазного трансформатора. Условия включения трехфазных трансформаторов на параллельную работу. Согласующий трансформатор. Измерительные трансформаторы.	
3	Асинхронные машины	13	Устройство и принцип действия асинхронного двигателя. Скольжение и частота вращения ротора. Режимы работы, механическая характеристика асинхронного двигателя.	Классификация асинхронных машин. Устройство трехфазного асинхронного двигателя. Статорные обмотки . Обмоточный коэффициент статорной обмотки . МДС статорной обмотки . Принцип действия асинхронного двигателя. Роторная частота, ЭДС, сопротивления, ток. Т-образная схема замещения АД, диаграмма мощностей. Механическая характеристика и режимы работы АД. Пуск, реверс, рабочие характеристики АД . Регулирование частоты вращения трехфазного. Однофазные АД. Двухфазные АД.	ПК-3,ПК-4, ПК-9
4	Синхронные машины.	18	Устройство и принцип действия синхронного генератора. Устройство и принцип действия синхронного двигателя Пуск синхронного двигателя, его угловая	Классификация синхронных машин. Устройство синхронных машин. Синхронные генераторы (СГ). Принцип действия. Продольно-поперечная реакция якоря. Уравнение равновесия	ПК-3,ПК-4, ПК-9

			и механическая характеристика	ЭДС СГ. Векторная диаграмма синхронного явнополюсного генератора. Электромагнитные и синхронизирующие мощности (моменты) синхронного генератора. Угловая характеристика синхронного генератора . Внешняя характеристика синхронного генератора . Условия включения СГ на параллельную работу с сетью . Синхронные двигатели. Пуск синхронных двигателей . Нагружение синхронных двигателей. Рабочие характеристики, достоинства и недостатки СД. Уравнение равновесия напряжения, векторная диаграмма, электромагнитный вращающий момент СД с неявнополюсным ротором . Синхронный компенсатор. Специальные синхронные двигатели	
5	Коллекторные машины постоянного тока (КМПТ)	18	Устройство и принцип работы машин постоянного тока. Коллектор и его назначение. Коммутация. Генераторы постоянного тока. Двигатели постоянного тока независимого, параллельного, последовательного и смешанного возбуждения.	Классификация КМПТ. Устройство КМПТ. Якорные обмотки. Электрическая схема простой петлевой якорной обмотки . Электрическая схема простой волновой якорной обмотки. Уравнительные соединения. Генераторы постоянного тока. Принцип действия, основные уравнения. Реакция якоря ГПТ. Виды коммутации. Коммутационная реакция якоря. Реакции якоря при сдвиге щеток . ЭДС, индуктируемая в коммутируемой секции при ее положении на геометрической нейтрали. Способы уменьшения искрения щеток. Характеристики ГПТ с независимым возбуждением. ГПТ с	ПК-3,ПК-4, ПК-9

				параллельным возбуждением Генератор смешанного возбуждения. Двигатель постоянного тока. Принцип действия, основные уравнения. Механические характеристики ДПТ. Диаграмма мощностей ДПТ с параллельным возбуждением. Регулирование частоты вращения. Пуск и реверс ДПТ. Исполнительные ДПТ.	

6. Содержание практических занятий

Целью практического занятия является формирование у студента практических умений и навыков — профессиональных (умений выполнять определенные действия, операции, необходимые в профессиональной деятельности) или учебных (умений решать учебные задачи, необходимые в последующей учебной деятельности).

№ п/п	Раздел дисциплины	Часы	Тема практического занятия	Краткое содержание	Формируемые компетенции
1	Раздел 4: Синхронные машины.	5	Построение векторных диаграмм напряжений и токов синхронной машины. Определение коэффициента мощности предприятия при работе СД.	Построение векторных диаграмм синхронного генератора (явнополюсного и неявнополюсного) при различных токах возбуждения. Построение векторных диаграмм неявнополюсного синхронного двигателя при различных токах возбуждения. Определение коэффициента мощности предприятия при замене асинхронного двигателя на синхронный двигатель.	ПК-3,ПК-4, ПК-9
2	Раздел 5: Коллекторные машины постоянного тока (КМПТ)	4	Построение внешних характеристик ГПТ и механических характеристик ДПТ различного возбуждения.	Расчет и построение внешних характеристик ГПТ различного возбуждения. Расчет и построение естественных и регулировочных механических	ПК-3,ПК-4, ПК-9

				характеристик ДПТ различного возбуждения.	

7. Содержание лабораторных занятий

Целями выполнения лабораторных работ являются следующие:

– экспериментальное подтверждение и проверка существующих научно-теоретических положений при практическом освоении студентами изучаемых дисциплин;

– приобретение навыков исследования процессов, явлений и объектов, изучаемых в рамках данной дисциплины;

– овладение техникой экспериментирования в соответствующей отрасли науки и техники, приобретение навыков самостоятельной работы с лабораторным, технологическим, измерительным оборудованием и приборами;

– усиление практической направленности образовательного процесса, практическая реализация полученных знаний для решения учебно-исследовательских, а затем реальных экспериментальных и практических задач.

№ п/п	Раздел дисциплины	Часы	Наименование лабораторной работы	Краткое содержание	Формируемые компетенции
1	Раздел 2: Трансформаторы	10	Исследование однофазного трансформатора	Исследование работы однофазного трансформатора в рабочем режиме, а также в режиме холостого хода и короткого замыкания	ПК-3,ПК-4, ПК-9
		10	Исследование трехфазного трансформатора	Определение группы соединения обмоток трехфазного трансформатора. Исследование параллельной работы трехфазных трансформаторов	ПК-3,ПК-4, ПК-9
2	Раздел 3: Асинхронные машины	25	Исследование трехфазного асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором.	Изучение принципа действия асинхронного двигателя. Экспериментальное снятие механической и рабочих характеристик.	ПК-3,ПК-4, ПК-9
3	Раздел 5: Коллекторные машины постоянного тока (КМПТ)	18	Исследование генератора постоянного тока с независимым возбуждением.	Экспериментальное снятие характеристик холостого хода и короткого замыкания. Экспериментальное снятие внешней, регулировочной и	ПК-3,ПК-4, ПК-9

		18	Исследование двигателя постоянного тока с независимым возбуждением.	нагрузочной характеристик генератора постоянного тока с независимым возбуждением Пуск двигателя постоянного тока с независимым возбуждением. Экспериментальное снятие механической и рабочих характеристик двигателя постоянного тока с независимым возбуждением	ПК-3,ПК-4, ПК-9

8. Самостоятельная работа бакалавра

№ п/п	Темы, выносимые на самостоятельную работу	Часы	Форма СРС	Формируемые компетенции
1	Введение	2	Проработка лекционного и другого теоретического материала.	ПК-3.
2	Трансформато-ры	8	Проработка лекционного и другого теоретического материала, подготовка к тестированию. Выполнение домашнего задания.	ПК-3,ПК-4, ПК-9
3	Асинхронные машины	8	Проработка лекционного и другого теоретического материала, подготовка к тестированию. Выполнение домашнего задания. Выполнение курсового проекта.	ПК-3,ПК-4, ПК-9
4	Синхронные машины	51	Проработка лекционного и другого теоретического материала, подготовка к тестированию. Выполнение домашнего задания.	ПК-3,ПК-4, ПК-9
5	Коллекторные машины постоянного тока (КМПТ)	30	Проработка лекционного и другого теоретического материала, подготовка к тестированию. Выполнение домашнего задания.	ПК-3,ПК-4, ПК-9

9. Использование рейтинговой системы оценки знаний.

При оценке результатов деятельности студентов в рамках дисциплины «Электрические машины» используется рейтинговая система. Рейтинговая оценка формируется на основании текущего и промежуточного контроля в соответствии с Положением о рейтинговой системе «КНИТУ».

Обучаемый должен быть аттестован в каждой контрольной точке оценивания. Согласно учебному плану по дисциплине предусмотрен зачет (Y семестр), экзамен и защита курсового проекта(YI семестр).

Значения текущего рейтинга по дисциплине «Электрические машины» выставляются преподавателем при выполнении всех контрольных точек и заданий (исходя из максимальной оценки 100 баллов).

Система рейтинга по дисциплине «Электрические машины»

Y семестр

Оценочные средства	Количество	Min, баллов	Max, баллов
Лабораторная работа	3	10x3=30	15x3=45
Реферат	1	15	25
Тестирование	3	5x3=15	10x3=30
Итого		60	100

YI семестр

Оценочные средства	Количество	Min, баллов	Max, баллов
Лабораторная работа	2	5x2=10	10x2=20
Практические занятия	9	16	20
Тестирование	2	5x2=10	10x2=20
Экзамен	2	24	40
Итого	1	60	100
Курсовой проект	1	60	100

Отчет по лабораторной работе представляется в печатном виде в формате, предусмотренном шаблоном отчета по лабораторной работе. Защита отчета проходит в форме доклада студента по выполненной работе и ответов на вопросы преподавателя.

В случае если оформление отчета и поведение студента во время защиты соответствуют указанным требованиям, студент получает максимальное количество баллов.

Основаниями для снижения количества баллов в диапазоне являются:

- неполное раскрытие темы,

- небрежное выполнение,
- низкое качество графического материала.

При изучении дисциплины «Электрические машины» предусмотрено выполнение **курсового проекта «Проектирование асинхронного электродвигателя с короткозамкнутым ротором»**. За курсовой проект студент может получить максимум 100 баллов. Для получения положительной оценки за курсовой проект необходимо получить не менее 60 баллов. Курсовой проект оценивается по следующим критериям.

1.Определение главных размеров асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором. Проверка произведенных выбора и расчёта определением коэффициента заполнения паза статора. ***12 – 20 баллов***

2.Расчёт магнитной цепи статора. ***12 – 20 баллов***

3. Расчёт магнитной цепи ротора. ***12– 20 баллов***

4.Построение рабочих характеристик. Построение пусковых характеристик. Тепловой расчёт спроектированного двигателя. ***18 – 30 баллов***

5. Оформление курсового проекта. Соответствие содержания заявленной теме, логичность и последовательность в изложении материала, обоснованность выводов, правильность оформления (соответствие стандарту, структурная упорядоченность, ссылки, цитаты, таблицы, соблюдение объема, шрифтов, интервалов и т.д.). ***6 – 10 баллов***

Пояснительная записка курсового проекта представляется в печатном виде в формате, предусмотренном методическими указаниями по оформлению. Защита курсового проекта проходит в форме доклада студента по выполненному проекту и ответов на вопросы преподавателя.

В случае если оформление курсового проекта и ответы студента во время защиты соответствуют изученному теоретическому материалу, а практическое задание соответствует требованиям к проектированию электрических машин, студент получает максимальное количество баллов.

Основаниями для снижения количества баллов в диапазоне являются:

- неполное раскрытие темы;
- отсутствие ответов или неполные ответы на дополнительные вопросы преподавателя;
- небрежное выполнение;
- низкое качество графического материала.

Оценка курсового проекта

Цифровое и словесное выражение оценки	**Выражение в баллах**	**Описание оценки в требованиях к уровню и объему компетенций**
5 (отлично)	От 88 до 100 баллов	Освоен **превосходный** уровень компетенций ПК-3, ПК-4, ПК-9
4 (хорошо)	От 74 до 87 баллов	Освоен **продвинутый** уровень компетенций ПК-3, ПК-4, ПК-9
3 (удовлетворительно)	От 60 до 73 баллов	Освоен **пороговый** уровень компетенций ПК-3, ПК-4, ПК-9

10. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

Оценочные средства для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации обучающихся и итоговой аттестации разрабатываются согласно положению о Фондах оценочных средств, рассматриваются как составная часть рабочей программы и оформляются отдельным документом.

11. Информационно-методическое обеспечение дисциплины

11.1 Основная литература

При изучении дисциплины «Электрические машины» в качестве основных источников информации рекомендуется использовать следующую литературу.

Основные источники информации	Кол-во экз.
1. Копылов, Игорь Петрович. Электрические машины [Учебники] .— 2-е изд., перераб. — М. : Логос, 2000 .— 608 с. : ил., табл. — Библиогр.: с.596 (17 назв.)	66 экз. в УНИЦ КНИТУ.
2. Копылов, Игорь Петрович. Электрические машины в 2 т. Том 1 : Учебник / Копылов И.П. — 2-е изд., испр. и доп .— М. : Издательство Юрайт, 2017 .— 267 .— (Бакалавр. Академический курс)	ЭБС «Юрайт»: http://www.biblio-online.ru/book/794F6583-3AA5-4A70-ACFF-C588ED65E1B8 доступ после регистрации с IP-адресов КНИТУ
3. Копылов, Игорь Петрович. Электрические машины в 2 т. Том 2 : Учебник / Копылов И.П. — 2-е изд., испр. и доп .— М. : Издательство Юрайт, 2017 .— 267 .— (Бакалавр. Академический курс)	ЭБС «Юрайт» http://www.biblio-online.ru/book/0E104E98-A099-4380-92C0-03E0279FE844 доступ после регистрации с IP-адресов КНИТУ

11.2 Дополнительная литература

В качестве дополнительных источников информации рекомендуется использовать следующую литературу:

Дополнительные источники информации	Кол-во экз.
1. Копылов, Игорь Петрович. Проектирование электрических машин : Учебник для бакалавров / Копылов И.П. - отв. ред. — 4-е изд., пер. и доп .— М. : Издательство Юрайт, 2017 .— 767 .— (Бакалавр. Академический курс).	ЭБС «Юрайт»: http://www.biblio-online.ru/book/F89AE53B-1EF0-4A63-A2B0-B51EB0724096 доступ после регистрации с IP-адресов КНИТУ
2.Электрические машины и трансформаторы : Учебное пособие / Игнатович В.М., Ройз Ш.С. — 6-е изд., испр. и доп .— М. : Издательство Юрайт, 2017 .— 181	ЭБС «Юрайт»: http://www.biblio-online.ru/book/EE5F64A6-A77B-4C73-9C6F-4EBBDD709D02 доступ после регистрации с IP адресов КНИТУ
3.Электротехника и электроника. Электрические цепи, трансформаторы, электрические машины: методические указания к СРС / Т.В. Варнакова [и др.] – КГТУ. Казань: 2010. – 76 с.	50 экз. на кафедре ЭЭ КНИТУ, 15 экз. в УНИЦ КНИТУ, ЭБ КНИТУ: http://ft.kstu.ru/ft/978-5-7882-XXX-Varnakova-EIE.pdf

11.3 Электронные источники информации

При изучении дисциплины «Электрические машины» использовались электронные источники информации:

Электронные адреса:

1. Научная электронная библиотека – Режим доступа: http://elibrary.ru
2. ЭБС «Znanium.com» - Режим доступа: www.znanium.com
3. Пробное интернет тестирование – Режим доступа: www.fepo.ru
4. ЭБС «Юрайт» – Режим доступа: http://www.biblio-online.ru
5. ЭБС «IPRbooks» – Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru
6. ЭБС «Лань» – Режим доступа: http://e.lanbook.com

Согласовано:
Зав. сектором ОКУФ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «КАЗАНСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Учебно-научный информационный центр

12. Материально-техническое обеспечение дисциплины.

1. В качестве материально-технического обеспечения дисциплины «Электрические машины» на лекциях и лабораторных занятиях используются персональные компьютеры с выходом в Интернет, проектор, экран, пакеты ПО общего назначения Word, Excel, прикладные пакеты схемотехнического моделирования PSpice, Workbench, лаборатория электрических цепей и электрических машин, оснащенная современными компьютеризированными стендами ЭОЭ2-С-К, ПЧАД1-С-К (лаб. № 123, 127), специализированное ПО (пакет программ для лабораторных стендов), программный пакет по лабораторным работам по электротехнике и электронике «*Work bench*» (интернет ресурс - бесплатная версия).

13. Образовательные технологии

Количество часов в интерактивной форме составляет 90 часов от общего количества аудиторных часов, из них практические занятия – 18 часов, лабораторных занятий – 72 часов.

Форма проведения практических и лабораторных занятий – работа в малых группах.

В рамках изучения дисциплины «Электрические машины» применяются следующие современные образовательные технологии:

1. технология дифференцированного и проблемного обучения;
2. технология визуализации учебной информации (макеты натурных образцов электротехнических устройств, раздаточные материалы);
3. информационные технологии (работа в среде программы “Workbench”, “Excel”, “Microsoft Power Point” при выполнении практических работ, подготовки докладов, презентаций).