

Министерство науки и высшего образования РФ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

Б1.О.12 Электрические машины

наименование дисциплины (модуля) в соответствии с учебным планом

Направление подготовки / специальность

13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Направленность (профиль)

13.03.02.31 Электроэнергетика

Форма обучения

очная

Год набора

2020

Красноярск 2022

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

Программу составили \_\_\_\_\_

**К.т.н., доцент, Встовский С.А.**

\_\_\_\_\_  
должность, инициалы, фамилия

## 1 Цели и задачи изучения дисциплины

### 1.1 Цель преподавания дисциплины

Дисциплина «Электрические машины» имеет целью получение студентами знаний основ теории электромеханического преобразования энергии и физических основ работы электрических машин; видов электрических машин и их основных характеристик; эксплуатационных требований к различным видам электрических машин; умений применять, эксплуатировать и производить выбор электрических аппаратов, машин, владений методами расчета переходных и установившихся процессов в линейных и нелинейных электрических цепях.

### 1.2 Задачи изучения дисциплины

В результате изучения дисциплины студенты должны:

знать виды, назначение, принцип действия электрических машин; основные стандарты, терминологию электрических машин, методы их расчета, проектирования, конструктивной разработки; пусковые, рабочие, регулировочные и энергетические характеристики и методы их определения; иметь представление о переходных процессах в электрических машинах при включении в сеть, внезапных коротких замыканиях; выполнять проектно-конструкторские работы по созданию и внедрению электрических машин в устройствах производства; выполнять монтаж, наладку, техническое обслуживание и эффективную эксплуатацию электрических машин в конкретных технологических условиях; владеть навыками проведения испытаний электрических машин для определения их параметров и характеристик.

### 1.3 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения по дисциплине
<b>ОПК-4: Способен использовать методы анализа и моделирования электрических цепей и электрических машин</b>	
ОПК-4.1: Использует методы анализа и моделирования линейных и нелинейных цепей постоянного и переменного тока	основные научно-технические проблемы и перспективы развития электрических машин основные методы расчета и анализа статических механических и электромеханических характеристик электрических машин постоянного тока современные методы проектирования электрических машин постоянного и переменного тока объяснить различие между электрическими машинами с различными типами возбуждения использовать ЭВМ для расчетов установившихся и переходных процессов в трансформаторах проектировать электрические машины постоянного и переменного тока навыками общения с аудиторией при обсуждении

	<p>профессиональных аспектов современных электрических машин</p> <p>навыками правильного выбора электрических двигателей</p> <p>владеть основами лабораторных исследований в электрических машинах</p>
<p>ОПК-4.5: Анализирует установившиеся режимы работы трансформаторов и электрических машин, использует знание их режимов работы и характеристик</p>	<p>историю развития электрических машин переменного тока</p> <p>алгоритм расчета основных энергетических характеристик электрических машин</p> <p>основные методы расчета методы расчета и анализа статических механических и электромеханических характеристик</p> <p>разрабатывать перспективные системы электрических машин переменного тока</p> <p>реализовать теоретические знания при проведении экспериментальных исследований в электрических машинах</p> <p>рассчитывать энергетические показатели работы электрических машин</p> <p>навыками самообразования в вопросах профессиональной деятельности</p> <p>современными средствами вычислительной техники и сетевыми технологиями при изучении электрических машин</p> <p>владеть методами экспериментального исследования характеристик электрических машин</p>
<p>ОПК-4.6: Применяет знания функций и основных характеристик электрических и электронных аппаратов</p>	<p>номинальные данные электрических машин</p> <p>основные методы расчета и анализа динамических характеристик электрических машин</p> <p>применение электрических машин в современных электроприводах</p> <p>определять необходимые параметры и характеристики электрических машин</p> <p>различать особенности работы электрических машин в установившихся и неуставившихся режимах</p> <p>определять необходимые параметры и режимы работы электромеханических систем при различных конфигурациях</p> <p>методами экспериментального исследования основных режимов пуска и торможения электрических машин</p> <p>навыками расчета электромеханических процессов происходящих в электрических машинах в различных режимах работы</p> <p>навыками правильного выбора электрических двигателей и других компонентов для применения в электрических приводах постоянного и переменного тока</p>

#### 1.4 Особенности реализации дисциплины

Язык реализации дисциплины: Русский.

Дисциплина (модуль) реализуется без применения ЭО и ДОТ.

## 2. Объем дисциплины (модуля)

Вид учебной работы	Всего, зачетных единиц (акад.час)	Сем естр	
		1	2
<b>Контактная работа с преподавателем:</b>	<b>4 (144)</b>		
занятия лекционного типа	2 (72)		
практические занятия	1 (36)		
лабораторные работы	1 (36)		
<b>Самостоятельная работа обучающихся:</b>	<b>4 (144)</b>		
курсовое проектирование (КП)	Да		
курсовая работа (КР)	Нет		
<b>Промежуточная аттестация (Зачёт) (Экзамен)</b>	<b>1 (36)</b>		

### 3 Содержание дисциплины (модуля)

#### 3.1 Разделы дисциплины и виды занятий (тематический план занятий)

№ п/п	Модули, темы (разделы) дисциплины	Контактная работа, ак. час.							
		Занятия лекционного типа		Занятия семинарского типа				Самостоятельная работа, ак. час.	
				Семинары и/или Практические занятия		Лабораторные работы и/или Практикумы			
Всего	В том числе в ЭИОС	Всего	В том числе в ЭИОС	Всего	В том числе в ЭИОС	Всего	В том числе в ЭИОС		
<b>1. Введение. Общие вопросы и физические законы электромеханического преобразования энергии</b>									
	1. Введение. Общие вопросы и физические законы электромеханического преобразования энергии	2							
<b>2. Раздел 1. Машины постоянного то-ка. Общие вопросы</b>									
	1. Устройство и принцип действия МПТ. Принцип действия генератора и двигателя постоянного тока. Назначение коллектора. Устройство машины постоянного тока (МПТ). Магнитная цепь МПТ. Принцип расчета магнитной цепи. Характеристика (кривая) намагничивания МПТ.	4							
	2. Устройство и принцип действия машин постоянного тока (МПТ).			2					
	3. Серии МПТ общего назначения: П2, 4П. Исполнения по способу защиты от воздействия окружающей среды, охлаждения.			2					

4. Знакомство с правилами безопасной работы в лабораториях электрических машин. Устройство трансформатора					3			
<b>3. Раздел 2. Обмотки якорей машин постоянного тока</b>								
1. Обмотки якорей машин постоянного тока. Связь числа пазов, коллекторных пластин, секций обмотки якоря. Расчет шагов простых петлевых и волновых обмоток якоря, число параллельных ветвей простых обмоток. Понятие о сложных петлевых и волновых обмотках, число ходов и параллельных ветвей сложных обмоток. Рекомендации по выбору типа обмотки якоря. Обмотки возбуждения.	2							
2. Обмотки якорей МПТ: число пазов, коллекторных пластин, секций обмотки якоря. Расчет шагов и вычерчивание схем простых петлевых и волновых обмоток якоря, число параллельных ветвей простых обмоток. Понятие о сложных петлевых и волновых обмотках, число ходов и параллельных ветвей сложных обмоток.			2					
<b>4. Раздел 3. Магнитное поле МПТ при нагрузке (реакция якоря). Схемы возбуждения МПТ</b>								



<p>1. Магнитное поле в зазоре МПТ в режиме холостого хода. ЭДС обмотки якоря и электромагнитный момент МПТ. Магнитное поле в зазоре МПТ при нагрузке. Реакция якоря в МПТ: поперечная и продольная. Схемы независимого, параллельного, последовательного, смешанного возбуждения МПТ. Их достоинства и недостатки, область применения. Маркировка выводов обмоток МПТ. Магнитное поле в зазоре МПТ в режиме холостого хода. ЭДС обмотки якоря и электромагнитный момент МПТ. Магнитное поле в зазоре МПТ при нагрузке. Реакция якоря в МПТ: поперечная и продольная. Схемы независимого, параллельного, последовательного, смешанного возбуждения МПТ. Их достоинства и недостатки, область применения. Маркировка выводов обмоток МПТ.</p>								
<p>Магнитное поле в зазоре МПТ в режиме холостого хода. ЭДС обмотки якоря и электромагнитный момент МПТ. Магнитное поле в зазоре МПТ при нагрузке. Реакция якоря в МПТ: поперечная и продольная. Схемы независимого, параллельного, последовательного, смешанного возбуждения МПТ. Их достоинства и недостатки, область применения. Маркировка выводов обмоток МПТ.</p>	2							
<p>Магнитное поле в зазоре МПТ в режиме холостого хода. ЭДС обмотки якоря и электромагнитный момент МПТ. Магнитное поле в зазоре МПТ при нагрузке. Реакция якоря в МПТ: поперечная и продольная. Схемы независимого, параллельного, последовательного, смешанного возбуждения МПТ. Их достоинства и недостатки, область применения. Маркировка выводов обмоток МПТ.</p>	9							

2. Решение задач по определению ЭДС обмотки якоря, электромагнитного момента.			1					
<b>5. Раздел 4. Генераторы постоянного тока</b>								
1. Энергетическая диаграмма генератора постоянного тока (ПТ). Уравнения напряжения ПТ. Потери мощности в ПТ. Зависимость КПД от загрузки ПТ. Условие максимума КПД. Характеристики ПТ с независимым возбуждением: холостого хода, короткого замыкания, нагрузочная, внешняя, регулировочная. Самовозбуждение ПТ, условия самовозбуждения. Характеристики ПТ с параллельным, последовательным и смешанным возбуждением. Условия включения на параллельную работу. Распределение нагрузок между параллельно работающими генераторами. Особенности параллельной работы ПТ смешанного возбуждения.	4							
2. Решение задач по определению мощностей, потерь мощности, КПД.			2					
3. Испытания генератора постоянного тока с независимым возбуждением					4			
<b>6. Раздел 5. Двигатели постоянного тока</b>								

1. Принцип обратимости МПТ. Энергетическая диаграмма двигателя постоянного тока. Уравнения напряжения; скоростной и механической характеристик; моментов, действующих на якорь ДПТ. Устойчивость работы ДПТ. Скоростные, моментные и механические характеристики ДПТ с независимым, параллельным, последовательным и смешанным возбуждением. Области применения ДПТ различных схем возбуждения. Рабочие характеристики ДПТ с параллельным возбуждением.	6							
2. Испытания двигателя постоянного тока со смешанным возбуждением					4			
<b>7. Раздел 6. Коммутация в машинах постоянного тока. Специальные машины постоянного тока</b>								
1. Коммутация в МПТ. Причины искрения на коллекторе МПТ. Физическая сущность явления коммутации. ЭДС в коммутируемой секции. Уравнение коммутации. Виды коммутации. Способы улучшения коммутации: смещение щеток с геометрической нейтрали, установка добавочных полюсов. Потенциальное искрение. Компенсационная обмотка. Специальные МПТ. Бесконтактные двигатели постоянного тока. Исполнительные двигатели. Тахогенераторы. Основные типы МПТ, выпускаемые в России.	3							
2. Устройство трехфазных трансформаторов. Номинальные данные трансформаторов.			2					
<b>8. Раздел 7. Устройство, принцип действия, основные соотношения в трансформаторе</b>								

1. Устройство, назначение, принцип действия. ЭДС обмоток трансформатора. Коэффициент трансформации. Взаимодействие магнитодвижущих сил (МДС) обмоток трансформатора. Уравнение МДС. Намагничивающий ток. Магнитная цепь трансформатора. Принцип расчета магнитной цепи трансформатора. Определение активной и реактивной составляющих намагничивающего тока.	2							
2. Определение групп соединения обмоток трех-фазных трансформаторов.			1					
<b>9. Раздел 8. Уравнения, векторная диаграмма и схема замещения трансформатора</b>								
1. Магнитное поле, ЭДС и индуктивные сопротивления обмоток. Уравнения напряжения обмоток. Приведение вторичной обмотки к условиям первичной. Уравнения приведенного трансформатора. Т-образная схема замещения и векторная диаграмма трансформатора. Трехфазные трансформаторы. Магнитопроводы. Схемы и группы соединения обмоток. Холостой ход, ток холостого хода. Короткое замыкание, напряжение короткого замыкания. Определение параметров схемы замещения по результатам опытов холостого хода и короткого замыкания.	2							
2. Определение параметров обмоток трансформатора по паспортным данным трансформатора.			2					
3. Испытание трехфазного двухобмоточного трансформатора					4			
<b>10. Раздел 9. Режимы работы и параллельная работа трансформатора</b>								

1. Изменение вторичного напряжения при на-грузке. Внешняя характеристика. Регулирование напряжения трансформаторов. Потери мощности и КПД трансформатора. Зависимость КПД от за-грузки. Условие максимума КПД. Влияние ко-эффициента мощности нагрузки на КПД. Преимущества параллельной работы транс-форматоров. Условия включения на параллель-ную работу, последствия нарушения этих усло-вий.	4							
2. Расчет эксплуатационных характеристик (внешней зависимости КПД от загрузки) трансформатора.			2					
<b>11. Раздел 10. Несимметричные режимы. Процессы намагничивания трансформаторов</b>								
1. Причины возникновения несимметричных режимов. Метод симметричных составляющих. Действие токов прямой, обратной, нулевой по-следовательности. Влияние конструкции магни-топровода и схемы соединения обмоток на не-симметрию напряжений. Физические явления при намагничивании однофазных и трехфазных трансформаторов с разными типами магнитных систем и схемами соединения обмоток. Высшие гармонические в намагничивающем токе, магнитном потоке, ЭДС обмоток и их влияние на работу трансформато-ров.	2							
2. Испытания трехфазной группы однофазных трансфор-маторов при несимметричных нагрузках					3			
<b>12. Раздел 11. Переходные процессы в трансформаторах. Разновидности трансформаторов</b>								

<p>1. Переходные процессы при включении ненагруженного трансформатора в сеть. Появление больших значений токов первичной обмотки в момент включения. Ток включения, его влияние на работу трансформатора.</p> <p>Внезапное короткое замыкание вторичной обмотки трансформатора, работавшего в режиме холостого хода. Ударный ток. Действие токов короткого замыкания. Причины перенапряжений в трансформаторах. Начальное распределение напряжения вдоль обмотки. Защита от перенапряжений. Ав-тотрансформаторы. Трехобмоточные трансформаторы. Специальные трансформаторы. Типы трансформаторов, выпускаемых в России.</p>	3							
<b>13. Раздел 12. Общие вопросы теории электрических машин переменного тока</b>								
<p>1. Общие вопросы теории электрических машин переменного тока.</p> <p>Условия образования вращающегося магнитного поля. Скорость вращения магнитного поля. ЭДС катушки, группы катушек, фазы обмотки. Коэффициенты укорочения, распределения, обмоточный. Гармонический состав ЭДС обмоток машин переменного тока. Влияние гармонических ЭДС на работу электрических машин переменного тока. Понятие об обмотках статоров машин переменного тока. Классификация по способу укладки в пазы, виду катушек.</p> <p>МДС катушки, группы катушек, фазы, трехфазной обмотки. Гармонический состав МДС обмоток машин переменного тока. Влияние гармонических МДС на работу электрических машин переменного тока.</p>	3							

<p>2. Устройство магнитопровода статора машины переменного тока. Пазы электрических машин: закрытые, полужакрытые, полуоткрытые, от-крытые, области применения этих разновидно-стей пазов. Обмотки статоров машин перемен-ного тока: всыпные, из жестких формованных катушек, однослойные, двухслойные, петлевые, волновые, области применения разных типов обмоток.</p>			2					
<p>3. Расчет шагов и составление схемы развертки двухслойной петлевой обмотки статора, обра-зование параллельных ветвей обмоток машин переменного тока.</p>			2					
<p><b>14. Раздел 13. Устройство и принцип действия асинхронной машины. Т- и Г-образные схемы замещения.</b></p>								
<p>1. Устройство и принцип действия асин-хронной машины (АМ). Режимы работы: двига-тельный, генераторный и тормозной. Скольже-ние. Устройство АМ с фазным (ФР) и коротко-замкнутым (КЗР) ротором. ЭДС обмоток АМ. Асинхронная машина при неподвижном роторе. Принцип приведения обмоток. Фазорегуляторы и индукционные регу-ляторы напряжений. Уравнения напряжений обмоток АМ. Приведение процессов вращающейся АМ к АМ с неподвижным ротором. Приведение обмоток АМ. Уравнения приведенной АМ. Т- и Г-образные схемы замещения АМ. Векторная диа-грамма асинхронного двигателя.</p>	5							
<p>2. Устройство асинхронных машин (АМ) с фазным (ФР) и короткозамкнутым (КЗР) ротором. Номинальные данные асинхронных двигателей (АД)</p>			2					

3. Серии АД общего назначения: 4А; АИ; РА. Исполнения по способу защиты от воздействия окружающей среды, охлаждения			1					
<b>15. Раздел 14. Мощности и моменты асинхронной машины. Способы пуска АД.</b>								
1. Энергетическая диаграмма АД. Электромагнитный момент АД. Зависимость момента от скольжения. Формула Клосса. Моменты от вихревых токов и гистерезиса. Механическая характеристика АД. Пуск АД: прямой; от пониженного напряжения: реакторный, автотрансформаторный, переключением со звезды на треугольник; реостатный. Глубокопазные, двухклеточные АД с КЗР.	4							
2. Решение задач по устройству и принципу действия АД: определение скольжения, частоты вращения, моментов, мощностей, потерь мощности, КПД, коэффициента мощности.			2					
3. Испытание асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором					6			
<b>16. Раздел 15. Рабочие характеристики АД. Регулирование скорости вращения АД.</b>								
1. Устойчивость работы АД. Рабочие характеристики. Регулирование скорости вращения АД: изменением питающего напряжения, частоты, числа полюсов машины, введением добавочных сопротивлений или ЭДС в обмотку фазного ротора. Механические характеристики АД при разных способах регулирования скорости. Достоинства и недостатки разных способов регулирования скорости. Торможение АД: свободный выбег, рекуперативное, динамическое, противовключением.	3							



2. Решение задач по определению параметров схем замещения и рабочих характеристик АД. Формула Клосса и ее практическое использование. Решение задач на пуск АД.			2					
3. Формула Клосса и ее практическое использование. Решение задач на пуск АД			2					
4. Испытание асинхронного двигателя с фазным ротором					4			
<b>17. Раздел 16. Разновидности и особые режимы АМ. Специальные АМ</b>								
1. Работа АД при ненормальных напряжениях, частоте сети, при недогрузке и перегрузке двигателя. Работа АД при несимметрии напряжения сети. Работа АД при несимметрии обмотки ротора. Основные типы АМ, выпускаемые в России. Фазорегуляторы. Индукционные регуляторы. Сельсины. Однофазные АД (ОАД). Зависимость момента от скольжения. Пуск ОАД. ОАД с пусковой обмоткой, конденсаторные, с экранированными полюсами. Управляемые (исполнительные) АД. АД с полым, массивным ротором.		2						
<b>18. Раздел 17. Синхронные машины. Общие сведения</b>								

<p>1. Устройство явно- и неявнополюсных син-хронных машин (СМ). Назначение синхронных машин. Принцип действия синхронного генератора. Принцип действия синхронного двигателя. Спо-собы возбуждения синхронных машин. Холостой ход синхронного генератора (СГ). Характеристика холостого хода (х.х.х.). Магнит-ное поле СМ при нагрузке. Реакция якоря. Метод двух реакций. Приведение МДС обмотки якоря (статора) к обмотке возбуждения. Параметры (сопротивления) обмотки якоря в установившемся режиме. Система относительных единиц. Уравнения и векторные диаграммы неявнополюсного СГ без учета и с учетом насыщения магнитной цепи (диаграмма Потье). Уравнения и векторные диаграммы явнополюсного СГ (диаграмма Blondеля).</p>	4							
<p>2. Устройство явно- и неявнополюсных СМ. Сис-темы возбуждения СМ.</p>			2					
<b>19. Раздел 18. Характеристики синхронных генераторов (СГ)</b>								
<p>1. Характеристики синхронного генератора (СГ): XXX., короткого замыкания (ХКЗ) внеш-ние, регулировочные, нагрузочные. Реактивный треугольник СМ. Использование характеристик для определения реактивного треугольника и со-противлений обмотки якоря. Энергетическая диаграмма СГ. Зависимость КПД СГ от загрузки. Условие максимума КПД.</p>	3							

2. Векторные диаграммы синхронных генераторов (СГ), их применение для определения тока возбуждения в заданном режиме работы СГ. Определение характеристик с помощью векторных диаграмм.			2					
3. Испытание синхронного генератора					4			
<b>20. Раздел 19. Параллельная работа СГ</b>								
1. Параллельная работа СГ с сетью большой мощности. Включение СГ на параллельную работу методом точной и грубой синхронизации. Регулирование активной мощности СМ при параллельной работе с сетью. Угловые характеристики. Статические устойчивость и перегружаемость СГ. Регулирование реактивной мощности. U (V)-образные характеристики СГ. Диаграмма мощностей (P, Q – диаграмма).	5							
2. Решение задач на определение моментов, мощностей, КПД, коэффициента мощности, устойчивости работы СГ и СД.			1					
3. Испытание синхронного двигателя					4			
<b>21. Раздел 20. Синхронные двигатели</b>								
1. Энергетическая диаграмма синхронного двигателя (СД). Уравнения и векторные диаграммы СД. Угловые, U (V)-образные, рабочие характеристики СД. Способы пуска СД: асинхронный, с помощью вспомогательного двигателя, частотный. Синхронные компенсаторы.	2							
2. Физическая сущность переходных процессов.			2					
<b>22. Раздел 21. Переходные процессы при внезапном коротком замыкании обмотки якоря СГ. Несимметричные режимы</b>								

<p>1. Физическая сущность переходного процесса при коротком замыкании обмотки якоря СГ.  Сверхпереходные и переходные параметры и постоянные времени обмотки якоря. Токи в обмотках СГ при коротком замыкании. Ударный ток короткого замыкания. Действие токов короткого замыкания. Несимметричная нагрузка СГ. Влияние токов прямой, обратной, нулевой последовательности на работу СГ. Сопротивления обмотки якоря токам прямой, обратной и нулевой последовательности. Токи якоря при несимметричных коротких замыканиях.</p>	3							
<b>23. Раздел 22. Колебания (качания) синхронных машин. Разновидности синхронных машин</b>								

<p>1. Физическая сущность возникновения коле-баний СМ. Моменты, действующие на ротор машины в процессе колебаний. Свободные и принужденные колебания. Частота собственных колебаний. Способы уменьшения возможности явления резонанса. Демпферная обмотка. Понятие о динамической устойчивости. Метод площадей.</p> <p>Синхронные реактивные двигатели, с постоянными магнитами. Индукторные СМ. Шаговые двигатели. Основные типы СМ, выпускаемые в России.</p> <p>Физическая сущность возникновения коле-баний СМ. Моменты, действующие на ротор машины в процессе колебаний. Свободные и принужденные колебания. Частота собственных колебаний. Способы уменьшения возможности явления резонанса. Демпферная обмотка. Понятие о динамической устойчивости. Метод площадей.</p> <p>Синхронные реактивные двигатели, с постоянными магнитами. Индукторные СМ. Шаговые двигатели. Основные типы СМ, выпускаемые в России.</p>	2							
2.							36	
3.							72	
4.								
Всего	72		36		36		108	

## 4 Учебно-методическое обеспечение дисциплины

### 4.1 Печатные и электронные издания:

1. Встовский А. Л. Электрические машины постоянного тока: учеб. пособие(Красноярск: ИПЦ КГТУ).
2. Копылов И.П. Электрические машины: учебник для вузов(Москва: Высшая школа).
3. Встовский А. Л., Встовский С. А. Электрические машины. Трансформаторы: учеб. пособие(Красноярск: ИПК СФУ).
4. Вольдек А.И., Попов В.В. Электрические машины. Введение в электромеханику. Машины постоянного тока и трансформаторы: учебник для вузов.; допущено МО и науки РФ(СПб.: Питер).
5. Силин Л.Ф. Электрические машины. Синхронные машины: учебное пособие для студентов спец. 140204.65, 140203.65, 140205.65, 140604.65, 140606.65(Красноярск: ИПЦ КГТУ).
6. Встовский А. Л. Электрические машины. Асинхронные машины: учеб. пособие(Красноярск: ИПЦ КГТУ).
7. Хвостов В.С., Копылов И.П. Электрические машины. Машины постоянного тока: учеб. для электромеханич. спец. вузов(Москва: Высшая школа).
8. Силин Л. Ф. Общие вопросы теории электрических машин переменного тока. Синхронные машины: задачи по электрическим машинам (Красноярск: ИПЦ КГТУ).
9. Радин В. И., Брускин Д. Э., Зорохович А. Е., Копылов И. П. Электрические машины. Асинхронные машины: Учеб. для электромех. спец. вузов(Москва: Высшая школа).
10. Сергеевков Б. Н., Киселев В. М., Акимова Н. А., Копылов И. П. Электрические машины. Трансформаторы: учеб. пособие для электромех. спец. вузов(Москва: Высшая школа).
11. Силин Л.Ф. Машины постоянного тока: сб. задач по курсу "Электр. машины": учеб. пособие(Красноярск: ИПЦ КГТУ).
12. Силин Л. Ф. Электрические машины. Трансформаторы: сб. задач (Красноярск: ИПЦ КГТУ).
13. Мураховская М. А., Силин Л. Ф., Грунов А. Н. Асинхронные и синхронные машины: метод. указ. для студентов спец. 1001, 1002, 1004, 2105(Красноярск: КрПИ).
14. Встовский А. Л., Силин Л.Ф., Встовский С.А. Испытания машин постоянного тока: метод. указ.(Красноярск: ИПЦ КГТУ).
15. Встовский А. Л., Силин Л. Ф., Встовский С. А. Испытания асинхронных двигателей: Метод. указ. для студентов ЭМФ(Красноярск: ИПЦ КГТУ).
16. Встовский А. Л. Испытания синхронных машин: метод. указ. по лаб. работам для студентов ЭМФ(Красноярск: ИПЦ КГТУ).
17. Встовский А. Л., Грунов А.Н. Машины постоянного тока и трансформаторы: метод. указ. для студ. напр. подготовки дипломир. спец. 650900- "Электроэнергетика", 654500- "Электротехн., электромех. и электротехнолог. всех форм обуч.(Красноярск: ИПЦ КГТУ).

18. Силин Л.Ф., Встовский А.Л. Испытания трансформаторов: метод. указания по выполнению лабораторных работ для студентов специальностей 100100,100200,100400,180400,180500,180700 (Красноярск: ИПЦ КГТУ).

**4.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, в том числе отечественного производства (программное обеспечение, на которое университет имеет лицензию, а также свободно распространяемое программное обеспечение):**

1. • табличный процессор Excel Microsoft Office;
2. • графические редакторы Microsoft Visio и Microsoft Paint;
3. • математические пакеты MathCAD и MatLab;
4. • Пакет моделирования электронных схем MicroCap.
- 5.

**4.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационные справочные системы:**

1. Библиотечный фонд укомплектован печатными и электронными изданиями основной учебной и научной литературы по дисциплинам общенаучного и профессионального циклов.
2. Сайт научной библиотеки СФУ <http://bik.sfu-kras.ru/> предоставляет поиск необходимой учебной, периодической и другой литературы в электронных каталогах библиотеки СФУ и библиотек-партнёров.
3. При использовании электронных изданий во время самостоятельной подготовки обучающийся обеспечен рабочим местом в компьютерном классе в соответствии с объемом изучаемых дисциплин, включая возможность выхода в Интернет и электронную библиотеку университета. Материально-техническая база соответствует действующим санитарным и противопожарным правилам и нормам.
4. Оперативный обмен информацией с отечественными и зарубежными вузами и организациями должен осуществляться с соблюдением требований законодательства Российской Федерации в области интеллектуальной собственности. Для обучающихся должен быть обеспечен доступ к современным профессиональным базам данных, информационным справочным и поисковым системам.

**5 Фонд оценочных средств**

Оценочные средства находятся в приложении к рабочим программам дисциплин.

**6 Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)**

Комплект плакатов по конструкциям трансформаторов и электрических машин постоянного и переменного тока.

Электрические машины в разобранном виде, узлы конструкций и детали электрических машин.

Презентационный материал для чтения лекций и проведения практических занятий.

18 лабораторных стендов для проведения лабораторных работ.