

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

"БРАТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ"

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе

\_\_\_\_\_ Е.И.Луковникова

\_\_\_\_\_ 07 июня \_\_\_\_\_ 2023 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Б1.О.14 Электрические машины**

Закреплена за кафедрой **Энергетики**

Учебный план b130302\_23\_ЭЭ.plx

Направление: 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Квалификация **Бакалавр**

Форма обучения **очная**

Общая трудоемкость **11 ЗЕТ**

Виды контроля в семестрах:

Курсовой проект 4, Экзамен 4,5

**Распределение часов дисциплины по семестрам**

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	4 (2.2)		5 (3.1)		Итого	
	Неделя		Неделя			
Вид занятий	уп	рп	уп	рп	уп	рп
Лекции	36	36	34	34	70	70
Лабораторные	36	36	34	34	70	70
Практические	54	54	17	17	71	71
В том числе инт.	18	18	18	18	36	36
Итого ауд.	126	126	85	85	211	211
Контактная работа	126	126	85	85	211	211
Сам. работа	54	54	59	59	113	113
Часы на контроль	36	36	36	36	72	72
Итого	216	216	180	180	396	396

Программу составил(и):

к.т.н., доц., Плотников М.П. \_\_\_\_\_

Рабочая программа дисциплины

### **Электрические машины**

разработана в соответствии с ФГОС:

Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования - бакалавриат по направлению подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника (приказ Минобрнауки России от 28.02.2018 г. № 144)

составлена на основании учебного плана:

Направление: 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника  
утвержденного приказом ректора от 17.02.2023 № 72.

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры

### **Энергетики**

Протокол от 21.04 2023 г. № 10

Срок действия программы: 2023-2027 уч.г.

Зав. кафедрой Булатов Ю. Н.

Председатель МКФ

старший преподаватель Латушкина С.В.      24. 04 2023 г. №9

Ответственный за реализацию ОПОП \_\_\_\_\_ Булатов Ю.Н.  
(подпись)

Директор библиотеки \_\_\_\_\_ Сотник Т.Ф.  
(подпись)

№ регистрации \_\_\_\_\_ 29  
(методический отдел)

---

---

**Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году**

Председатель МКФ

\_\_\_\_\_ 2024 г.

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для  
исполнения в 2024-2025 учебном году на заседании кафедры  
**Энергетики**

Внесены изменения/дополнения (Приложение \_\_\_\_\_)

Протокол от \_\_\_\_\_ 2024 г. № \_\_\_\_

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_

---

---

**Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году**

Председатель МКФ

\_\_\_\_\_ 2025 г.

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для  
исполнения в 2025-2026 учебном году на заседании кафедры  
**Энергетики**

Внесены изменения/дополнения (Приложение \_\_\_\_\_)

Протокол от \_\_\_\_\_ 2025 г. № \_\_\_\_

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_

---

---

**Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году**

Председатель МКФ

\_\_\_\_\_ 2026 г.

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для  
исполнения в 2026-2027 учебном году на заседании кафедры  
**Энергетики**

Внесены изменения/дополнения (Приложение \_\_\_\_\_)

Протокол от \_\_\_\_\_ 2026 г. № \_\_\_\_

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_

---

---

**Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году**

Председатель МКФ

\_\_\_\_\_ 2027 г.

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для  
исполнения в 2027-2028 учебном году на заседании кафедры  
**Энергетики**

Внесены изменения/дополнения (Приложение \_\_\_\_\_)

Протокол от \_\_\_\_\_ 2027 г. № \_\_\_\_

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_

**1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

1.1	ознакомление обучающихся с основами теории и эксплуатационными характеристиками электрических машин и трансформаторов, а также формирования прочной теоретической и практической базой знаний в области электромеханического и статического преобразования энергии, принципа действия основных видов электрических машин, трансформаторов и особенностей их применения.
-----	---

**2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП**

Цикл (раздел) ООП:		Б1.О.14
<b>2.1</b>	<b>Требования к предварительной подготовке обучающегося:</b>	
2.1.1	Теоретические основы электротехники	
2.1.2	Физика	
2.1.3	Математика	
<b>2.2</b>	<b>Дисциплины и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:</b>	
2.2.1	Электрические станции и подстанции	
2.2.2	Переходные процессы в электроэнергетических системах	
2.2.3	Математическое и компьютерное моделирование в электроэнергетике	
2.2.4	Электроэнергетические системы и сети	
2.2.5	Электроснабжение	
2.2.6	Электрический привод	

**3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)****ОПК-4: Способен использовать методы анализа и моделирования электрических цепей и электрических машин**

Индикатор 1	ОПК-4.5. Анализирует установившиеся режимы работы трансформаторов и вращающихся электрических машин различных типов, использует знание их режимов работы и характеристик
-------------	--

**В результате освоения дисциплины обучающийся должен**

<b>3.1</b>	<b>Знать:</b>
3.1.1	устройство и режимы работы трансформаторов и вращающихся электрических машин
<b>3.2</b>	<b>Уметь:</b>
3.2.1	анализировать режимы работы трансформаторов и вращающихся электрических машин
<b>3.3</b>	<b>Владеть:</b>
3.3.1	навыками работы с реальным оборудованием.

**4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

Код занятия	Вид занятия	Наименование разделов и тем	Семестр / Курс	Часов	Компетенции	Литература	Инте ракт.	Примечание
	Раздел	<b>Раздел 1. Введение</b>						
1.1	Лек	Основные физические законы электромеханического преобразования энергии. Назначение электрических машин и трансформаторов. Классификация.	4	4	ОПК-4	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2 Л2.3Л3.1 Л3.2 Л3.3 Л3.4 Л3.5	3	ОПК-4.5, лекция - беседа
1.2	Ср		4	14	ОПК-4	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2 Л3.3 Л3.4 Л3.5	0	ОПК-4.5
1.3	Экзамен		4	7	ОПК-4	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2 Л3.3 Л3.4 Л3.5	0	ОПК-4.5
	Раздел	<b>Раздел 2. Трансформаторы</b>						

2.1	Лек	Назначения и области применения трансформаторов. Принцип действия и устройство трансформаторов	4	4	ОПК-4	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2 Л3.3 Л3.4 Л3.5	3	ОПК-4.5, лекция - беседа
2.2	Лаб	Исследование трехфазного двухобмоточного трансформатора	4	9	ОПК-4	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2 Л3.3 Л3.4 Л3.5	3	ОПК-4.5, занятия с применение м затрудняющ их условий
2.3	Лаб	Определение групп соединений и параллельная работа трехфазных трансформаторов	4	9	ОПК-4	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2 Л3.3 Л3.4 Л3.5	0	ОПК-4.5
2.4	Лек	Основные зависимости и соотношения трансформаторов. Схема замещения трансформатора. Приведенный трансформатор	4	4	ОПК-4	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2 Л3.3 Л3.4 Л3.5	0	ОПК-4.5
2.5	Лек	Трехфазные трансформаторы. Обозначения трансформаторов. Группы соединения обмоток.	4	4	ОПК-4	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2 Л3.3 Л3.4 Л3.5	0	ОПК-4.5
2.6	Лек	Параллельная работа трансформаторов. Регулирование напряжения трансформаторов	4	4	ОПК-4	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2 Л3.3 Л3.4 Л3.5	0	ОПК-4.5
2.7	Пр	Задачи по разделу «Трансформаторы»	4	27	ОПК-4	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2 Л3.3 Л3.4 Л3.5	2	ОПК-4.5, занятия с применение м затрудняющ их условий
2.8	Ср		4	20	ОПК-4	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2 Л3.3 Л3.4 Л3.5	0	ОПК-4.5
2.9	КП	Проектирование силового трансформатораПроектирован ие силового трансформатора	4	9	ОПК-4	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2 Л3.3 Л3.4 Л3.5	0	ОПК-4.5
2.10	Экзамен		4	10	ОПК-4	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2 Л3.3 Л3.4 Л3.5	0	ОПК-4.5
	Раздел	<b>Раздел 3. Асинхронные машины</b>						

3.1	Лек	Основы теории асинхронных машин	4	4	ОПК-4	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2 Л3.3 Л3.4 Л3.5	0	ОПК-4.5
3.2	Лек	Принцип действия и устройство трехфазного асинхронного двигателя	4	4	ОПК-4	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2 Л3.3 Л3.4 Л3.5	0	ОПК-4.5
3.3	Лек	Электромагнитный момент и механические характеристики асинхронного двигателя.	4	4	ОПК-4	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2 Л3.3 Л3.4 Л3.5	0	ОПК-4.5
3.4	Лек	Пуск и регулирование частоты вращения трехфазных асинхронных двигателей	4	4	ОПК-4	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2 Л3.3 Л3.4 Л3.5	0	ОПК-4.5
3.5	Лаб	Исследование асинхронного двигателя с фазным ротором	4	9	ОПК-4	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2 Л3.3 Л3.4 Л3.5	3	ОПК-4.5, занятия с применение м затрудняющ их условий
3.6	Лаб	Исследование асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором	4	9	ОПК-4	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2 Л3.3 Л3.4 Л3.5	0	ОПК-4.5
3.7	Ср		4	20	ОПК-4	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2 Л3.3 Л3.4 Л3.5	0	ОПК-4.5
3.8	Экзамен		4	10	ОПК-4	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2 Л3.3 Л3.4 Л3.5	0	ОПК-4.5
3.9	Пр	Задачи по разделу «Асинхронные двигатели»	4	27	ОПК-4	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2 Л3.3 Л3.4 Л3.5	4	ОПК-4.5, занятия с применение м затрудняющ их условий
	Раздел	<b>Раздел 4. Синхронные машины</b>						
4.1	Лек	Общие сведения о синхронных машинах. Принцип действия синхронного генератора. Возбуждение синхронных машин	5	4	ОПК-4	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2 Л3.3 Л3.4 Л3.5	2	ОПК-4.5, лекция - беседа

4.2	Лек	Магнитное поле и характеристики синхронных генераторов	5	4	ОПК-4	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2 Л3.3 Л3.4 Л3.5	0	ОПК-4.5
4.3	Лек	Параллельная работа синхронного генератора с сетью. Включение синхронного генератора на параллельную работу по способу точной синхронизации. Регулирование активной и реактивной мощности синхронной машины включенной в сеть.	5	4	ОПК-4	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2 Л3.3 Л3.4 Л3.5	2	ОПК-4.5, лекция - беседа
4.4	Лек	Угловые и U-образные характеристики синхронного генератора	5	3	ОПК-4	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2 Л3.3 Л3.4 Л3.5	0	ОПК-4.5
4.5	Лаб	Исследование трехфазного синхронного генератора методом непосредственной симметричной нагрузки	5	9	ОПК-4	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2 Л3.3 Л3.4 Л3.5	4	ОПК-4.5, занятия с применением затрудняющих условий
4.6	Лаб	Параллельная работа трехфазного синхронного генератора с сетью	5	9	ОПК-4	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2 Л3.3 Л3.4 Л3.5	0	ОПК-4.5
4.7	Пр	Задачи по разделу «Синхронные машины»	5	10	ОПК-4	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2 Л3.3 Л3.4 Л3.5	2	ОПК-4.5, занятия с применением затрудняющих условий
4.8	Ср		5	30	ОПК-4	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2 Л3.3 Л3.4 Л3.5	0	ОПК-4.5
4.9	Экзамен		5	16	ОПК-4	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2 Л3.3 Л3.4 Л3.5	0	ОПК-4.5
	Раздел	<b>Раздел 5. Машины постоянного тока</b>						
5.1	Лек	Принцип действия и устройство коллекторных машин постоянного тока.	5	4	ОПК-4	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2 Л3.3 Л3.4 Л3.5	1	ОПК-4.5, лекция - беседа

5.2	Лек	Генераторы постоянного тока. Генератор независимого возбуждения. Генератор параллельного возбуждения	5	4	ОПК-4	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2 Л3.3 Л3.4 Л3.5	0	ОПК-4.5
5.3	Лек	Двигатели постоянного тока. Двигатели параллельного и последовательного возбуждения	5	7	ОПК-4	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2 Л3.3 Л3.4 Л3.5	0	ОПК-4.5
5.4	Лек	Реакция якоря машины постоянного тока	5	4	ОПК-4	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2 Л3.3 Л3.4 Л3.5	1	ОПК-4.5, лекция - беседа
5.5	Лаб	Исследование генератора постоянного тока при различных схемах возбуждения	5	8	ОПК-4	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2 Л3.3 Л3.4 Л3.5	2	ОПК-4.5, занятия с применение м затрудняющ их условий
5.6	Лаб	Исследование двигателя постоянного тока параллельного возбуждения	5	8	ОПК-4	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2 Л3.3 Л3.4 Л3.5	0	ОПК-4.5
5.7	Пр	Задачи по разделу «Машины постоянного тока»	5	7	ОПК-4	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2 Л3.3 Л3.4 Л3.5	4	ОПК-4.5, занятия с применение м затрудняющ их условий
5.8	Ср		5	29	ОПК-4	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2 Л3.3 Л3.4 Л3.5	0	ОПК-4.5
5.9	Экзамен		5	20	ОПК-4	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2 Л3.3 Л3.4 Л3.5	0	ОПК-4.5

### 5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Образовательные технологии с использованием активных методов обучения (лекция – беседа)

Образовательные технологии с использованием активных методов обучения (занятия с применением затрудняющих условий)

### 6. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

#### 6.1. Контрольные вопросы и задания

Коллоквиум

Раздел 1. Введение

1. На каких законах основано работа электрических машин

Раздел 2. Трансформаторы



1. Каково назначение силовых трансформаторов в системе передачи и распределения электрической энергии?
2. Объясните устройство и принцип действия трансформатора.
3. Из каких частей состоит активная часть трансформатора? Каково их назначение и конструкция?
4. Почему при увеличении нагрузки вторичной обмотки увеличивается ток, потребляемый трансформатором из сети? Какова здесь роль противо-ЭДС в первичной обмотке?
5. Какие потери имеют место в трансформаторе в режимах нагрузки и холостого хода?
6. Почему коэффициент полезного действия трансформатора при увеличении нагрузки сначала возрастает быстро, а затем рост его замедляется?
7. Как работает трансформатор под нагрузкой?
8. Объясните режим короткого замыкания трансформатора.
9. На что расходуется активная мощность, потребляемая трансформатором при опыте холостого хода и короткого замыкания?
10. Что такое группа соединения трансформатора и как она обозначается?
11. Обозначение типа трансформатора. В паспорте трансформатора указано ТДНС-10000/35. Что это за трансформатор?
12. Какие условия необходимо соблюдать при включении трансформаторов на параллельную работу?
13. Как произвести маркировку обмоток трансформатора и определить группы соединения?
14. Что такое фазировка трансформаторов и как она выполняется?
15. Объясните регулирование вторичного напряжения трансформатора. Регулирование с ПБВ и РПН.
16. В каких случаях применение автотрансформатора более выгодно по сравнению с обычным трансформатором?
17. Для каких целей применяются автотрансформаторы?

### Раздел 3. Асинхронные машины

1. Объясните устройство и принцип действия асинхронного двигателя с фазным ротором.
2. Чему равно скольжение двигателя при пуске в процессе нормальной работы?
3. Каким образом в асинхронном двигателе получается вращающееся магнитное поле?
4. Определите число оборотов вращающегося магнитного поля шестиполусного двигателя, если частота тока 50 Гц.
5. Почему при подаче переменного трехфазного тока в обмотке статора ротор приходит вращение?
6. Как изменить направление вращения магнитного поля статора?
7. Определите скольжение восьмиполусного двигателя, если ротор вращается со скоростью 735 об/мин, частота тока 50 Гц.
8. От каких величин зависит вращающий момент асинхронного двигателя?
9. Начертите зависимость вращающего момента асинхронного двигателя от скольжения. Показать основные точки на характеристике.
10. Почему при увеличении нагрузки двигателя растут токи ротора статора?
11. Объясните причину значительного увеличения потребляемого двигателем тока в момент пуска.
12. Кратность пускового тока двигателя – 5,0. Номинальный ток – 20 А. Определите пусковой ток.
13. Какие схемы пуска асинхронного двигателя с короткозамкнутым и фазным ротором вам известны? Покажите эти схемы.
14. Какими способами можно регулировать скорость асинхронного двигателя?
15. Номинальная мощность двигателя 15 кВт, потери в стали – 0,8 кВт, потери в меди – 1,2 кВт, потери на трение – 0,4 кВт. Определите КПД двигателя.

### Раздел 4. Синхронные машины

1. Объясните устройство и принцип действия явнополюсного синхронного генератора.
2. Назовите основные элементы конструкции и объясните принцип действия неявно полюсного синхронного генератора.
3. Каковы конструктивные особенности явнополюсных и неявнополюсных синхронных машин (СМ)? Какова область их применения?
3. Какие системы охлаждения применяются в турбогенераторах и гидрогенераторах?
3. Что такое возбудитель и подвозбудитель?
3. Какие возможны системы возбуждения синхронных машин?
3. Как изменяется магнитное поле возбуждения явнополюсной и неявнополюсной СМ при холостом ходе?
8. Покажите магнитную цепь СМ при холостом ходе.
9. Какой характер имеет реакция «якоря» при чисто активной нагрузке синхронного генератора?
10. Какой характер имеет реакция «якоря» при чисто индуктивной нагрузке синхронного генератора?
11. Как определить изменение напряжения при сбросе нагрузки с помощью практической диаграммы ЭДС?
12. Соблюдение каких условий требуется при включении синхронного генератора (СГ) на параллельную работу по способу точной синхронизации?
13. Как проверяется соблюдение этих условий при помощи лампового синхроскопа, по каким схемам включается?
13. В чем состоит сущность метода самосинхронизации?
13. Каковы особенности параллельной работы СГ при переменном моменте, развиваемом первичным двигателем и постоянном токе возбуждения. Каким образом изменяется при этом электромагнитная мощность? Как изменяется ток «якоря»?
13. Что представляют собой U-образные кривые СГ, как объяснить их характер? 13. Системы возбуждения синхронных генераторов.
18. Форсировка возбуждения. Гашение магнитного поля в СГ.
19. Объясните устройство и принцип действия СД. Каковы преимущества и недостатки СД?
20. Что представляют собой рабочие и U-образные характеристики СД, как объяснить их характер?
21. Что такое синхронный компенсатор? В каких случаях он применяется? Каковы особенности его работы?

## Раздел 5. Машины постоянного тока

1. Объясните устройство и принцип действия машины постоянного тока в генераторном режиме.
2. Каковы способы возбуждения машин постоянного тока?
3. Какой вид имеют внешние характеристики ГПТ при различных способах возбуждения?
4. Объясните устройство и принцип действия машины постоянного тока в двигательном режиме.
5. От каких величин зависит вращающий момент машины постоянного тока?
6. Каковы способы пуска в ход двигателей постоянного тока?
7. Каковы способы регулирования частоты вращения двигателей постоянного тока параллельного возбуждения?
8. Каковы достоинства и недостатки двигателей с параллельным возбуждением?
9. Каковы способы регулирования частоты вращения двигателей постоянного тока последовательного возбуждения?

### 6.2. Темы письменных работ

Тема курсового проекта: "Проектирование силового трансформатора"

### 6.3. Фонд оценочных средств

#### 1. Экзаменационные вопросы

#### Раздел 1. Введение

1. Поясните классификацию электрических машин.
2. На каких законах основана работа электрических машин?

#### Раздел 2. Трансформаторы

1. Каково назначение силовых трансформаторов в системе передачи и распределения электрической энергии? Объясните устройство и принцип действия трансформатора
2. В каких случаях применение автотрансформатора более выгодно по сравнению с обычным трансформатором? Для каких целей применяются автотрансформаторы? Устройство, основные уравнения напряжения и мощности
3. Фазировка. Параллельная работа трансформаторов. Распределение нагрузки между параллельно работающими трансформаторами.
4. Энергетическая диаграмма трансформатора. Опыт ХХ и КЗ. Определение параметров схемы замещения тр-ра из опытов х.х. и к.з.
5. Схемы и группы соединения обмоток трансформаторов. Маркировка обмоток трёхфазного трансформатора. Проверка основных групп соединения
6. Регулирование вторичного напряжения трансформаторов. Регулирование с ПБВ и с РПН. Схемы регулирования напряжения. Потери мощности и КПД трансформатора.
7. Холостой ход трансформатора: физические процессы, уравнения электрического состояния обмоток, составляющие тока холостого хода, действующее значение ЭДС обмоток, коэффициент трансформации
8. Режим короткого замыкания трансформатора: опыт к.з., физические процессы; уравнения и векторная диаграмма трансформатора в режиме к.з., треугольник  $z_k$  трансформатора, физический смысл  $u_k$  трансформатора?
9. Уравнения напряжений, МДС и токов трансформатора.
10. Температурный режим трансформатора. Способы охлаждения. Правило 6 градусов. Виды перегрузок. Тепловая диаграмма

#### Раздел 3. Асинхронные машины

1. Асинхронный двигатель с фазным и короткозамкнутым ротором. Устройство, принцип действия, понятие скольжения. Получение кругового вращающего поля в трехфазной обмотке.
2. Обмотки машин переменного тока, ЭДС в обмотке, обмоточный коэффициент. Конструкция обмоток маши переменного тока
3. Схема замещения асинхронного двигателя. Механические характеристики.
4. Пуск асинхронного двигателя, способы регулирования частоты вращения ротора. Пуск в однофазную электрическую сеть трехфазного двигателя
5. Уравнения напряжений и токов. Схема замещения асинхронного двигателя.
6. Круговая векторная диаграмма асинхронного двигателя: обоснование, построение, возможные режимы работы, характерные точки и определение рабочих характеристик асинхронного двигателя.
7. Опыты х.х. и к.з. асинхронного двигателя, определение параметров схемы замещения асинхронного двигателя.
8. Энергетическая диаграмма асинхронного двигателя, физический смысл потерь мощности.
9. Высшие гармоники МДС и поля. Составляющая магнитного поля и индуктивные сопротивления обмоток.
10. Однофазный двигатель. Способы пуска. Эллиптическое магнитное поле
11. Специальные типы асинхронных двигателей. Сельсины, асинхронная муфта, индукционный регулятор. Уравнения напряжений. Применение

#### Раздел 4. Синхронные машины

1. Конструкция и принцип действия явнополюсного синхронного генератора. Особенность работы и реакция якоря при различных характерах нагрузки. Как определить частоту ЭДС (тока) синхронного генератора, если известна скорость вращения ротора и число полюсов машины?
2. Физический смысл сторон характеристического треугольника синхронного генератора и его построение по характеристикам холостого хода и короткого замыкания.
3. Объясните устройство и назначение обмотки возбуждения, обмотки якоря и успокоительной (демпферной) обмотки в синхронном генераторе. Как осуществляется возбуждение синхронных машин?

4. Какая характеристика называется «характеристикой холостого хода» (х.х.х.) синхронного генератора? Как ее снять на исследуемой машине? Объясните форму кривой х.х.х. Какая характеристика синхронного генератора называется «индукционной нагрузочной»? Как ее снять на исследуемой машине? Как определить точку пересечения этой характеристики с осью абсцисс?
5. Соблюдение каких условий требуется при включении синхронного генератора на параллельную работу по способу точной синхронизации? Как проверяется соблюдение этих условий при помощи лампового синхроскопа, по каким схемам он включается? В чем состоит сущность метода самосинхронизации?
6. Что представляют собой U-образные кривые синхронного генератора, как объяснить их характер?
7. Объясните устройство и принцип действия синхронного двигателя. Каковы преимущества и недостатки синхронного двигателя?

#### Раздел 5. Машины постоянного тока

1. Принцип действия и устройство генератора постоянного тока? Характеристический треугольник.
2. Сравните между собой различные схемы возбуждения генератора постоянного тока.
3. От чего зависит величина напряжения на зажимах генератора при холостом ходе?
4. Каково назначение обмотки последовательного возбуждения в генераторе со смешанным возбуждением?
5. Что такое внешняя характеристика генераторов постоянного тока? Как она получается опытным путем?
6. Каково назначение последовательной обмотки возбуждения в генераторе смешанного возбуждения?
7. Что называется реакцией якоря машиной постоянного тока и каковы их вредные действия для генераторов постоянного тока?
8. В чем заключается принцип самовозбуждения машин постоянного тока? Какие условия необходимы для этого?
9. Почему двигатели с последовательным возбуждением находят применение в тяговых установках?
10. Как по паспортным данным двигателя рассчитать его номинальный момент?
11. Способы регулирования скорости вращения двигателей постоянного тока.

2. Банк тестовых заданий
3. Карточки с задачами
4. Вопросы к коллоквиуму

#### 6.4. Перечень видов оценочных средств

Коллоквиум  
 Экзаменационные вопросы  
 Задачи  
 Курсовой проект

### 7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

#### 7.1. Рекомендуемая литература

##### 7.1.1. Основная литература

	Авторы,	Заглавие	Издательство,	Кол-во	Эл. адрес
Л1. 1	Иванов-Смоленский А.В.	Электрические машины. В 2 т. Т.1: Учебник для вузов	Москва: МЭИ, 2004	10	
Л1. 2	Кацман М.М.	Электрические машины: Учебник	Москва: Академия, 2008	95	
Л1. 3	Епифанов А. П., Епифанов Г. А.	Электрические машины	Санкт-Петербург: Лань, 2017	1	<a href="https://e.lanbook.com/book/95139">https://e.lanbook.com/book/95139</a>
Л1. 4	Ванурин В. Н.	Электрические машины	Санкт-Петербург: Лань, 2016	1	<a href="http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=72974">http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=72974</a>

##### 7.1.2. Дополнительная литература

	Авторы,	Заглавие	Издательство,	Кол-во	Эл. адрес
Л2. 1	Сыровешкин А.М., Плотников М.П.	Электрические машины: учебное пособие	Братск: БрГУ, 2014	62	
Л2. 2	Плотников М.П.	Проектирование силового трансформатора: учебное пособие	Братск: БрГУ, 2020	1	<a href="http://ecat.brstu.ru/catalog/Учебные%20и%20учебно-методические%20пособия/Энергетика%20-%20Автоматика/Плотников%20М.П.Проектирование%20силового%20-%20трансформатора.УП.2020.pdf">http://ecat.brstu.ru/catalog/Учебные%20и%20учебно-методические%20пособия/Энергетика%20-%20Автоматика/Плотников%20М.П.Проектирование%20силового%20-%20трансформатора.УП.2020.pdf</a>

	Авторы,	Заглавие	Издательство,	Кол-во	Эл. адрес
Л2. 3	Плотников М.П.	Электрические машины: учебное пособие	Братск: БрГУ, 2022	1	<a href="https://ecat.brstu.ru/catalog/Учебные%20и%20учебно-методические%20пособия/Энергетика%20-%20Автоматика/Плотников%20М.П.Электрические%20машины.УП.2022.pdf">https://ecat.brstu.ru/catalog/Учебные%20и%20учебно-методические%20пособия/Энергетика%20-%20Автоматика/Плотников%20М.П.Электрические%20машины.УП.2022.pdf</a>

### 7.1.3. Методические разработки

	Авторы,	Заглавие	Издательство,	Кол-во	Эл. адрес
Л3. 1	Сыровешкин А.М., Федорова М.А.	Трансформаторы: руководство к лабораторным работам: методическое руководство	Братск: БрГТУ, 2004	48	
Л3. 2	Сыровешкин А.М., Федорова М.А.	Асинхронные машины: Учебно-методическое пособие к лабораторным работам	Братск: БрГТУ, 2003	10	
Л3. 3	Сыровешкин А.М., Федорова М.А.	Электромеханика. Синхронные машины: руководство к лабораторным работам: методическое руководство	Братск: БрГТУ, 2002	26	
Л3. 4	Сыровешкин А.М., Федорова М.А.	Машины постоянного тока: Руководство к лабораторным работам по курсу "Электромеханика": методическое руководство	Братск: БрГТУ, 1999	1	<a href="http://ecat.brstu.ru/catalog/Учебные%20и%20учебно-методические%20пособия/Энергетика%20-%20Автоматика/Сыровешкин%20А.М.%20Машины%20%20постоянного%20тока.1999.pdf">http://ecat.brstu.ru/catalog/Учебные%20и%20учебно-методические%20пособия/Энергетика%20-%20Автоматика/Сыровешкин%20А.М.%20Машины%20%20постоянного%20тока.1999.pdf</a>
Л3. 5	Сыровешкин А.М., Плотников М.П.	Электрические машины: методические указания к выполнению лабораторных работ	Братск: БрГУ, 2014	27	

### 7.3.1 Перечень программного обеспечения

7.3.1.1	Microsoft Windows Professional 7 Russian Upgrade Academic OPEN No Level
7.3.1.2	Microsoft Office 2007 Russian Academic OPEN No Level
7.3.1.3	Adobe Acrobat Reader DC
7.3.1.4	LibreOffice
7.3.1.5	MATLAB Academic new Product Concurrent Licenses
7.3.1.6	Simscape Power Systems Academic new Product Concurrent Licenses

### 7.3.2 Перечень информационных справочных систем

7.3.2.1	Издательство "Лань" электронно-библиотечная система
7.3.2.2	«Университетская библиотека online»
7.3.2.3	Электронный каталог библиотеки БрГУ
7.3.2.4	Электронная библиотека БрГУ
7.3.2.5	Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU
7.3.2.6	Университетская информационная система РОССИЯ (УИС РОССИЯ)

## 8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Аудитория	Назначение	Оснащение аудитории	Вид занятия
А1003	Лаборатория электрических машин	Основное оборудование: МФУ Canon LB MF3110; Монитор TFT 17" LG Flatron; Системный блок Celeron 2,66; Лабораторный стенд ЭМП1-Н-Р (Электрические машины) - 2 компл.; Лабораторный стенд ЭМ1-Н-Р (Электрические машины) - 2 компл.; Лабораторный стенд ИАД (Исследование асинхронного двигателя - 2 шт.; Лабораторный стенд ИДПТ-У (Исследование двигателя постоянного тока); Универсальные лабораторные стенды (УЛС) собственной разработки «Трансформаторы» - 4 шт.; Универсальные лабораторные стенды (УЛС) собственной разработки «Синхронный генератор» - 3 шт.; Универсальные лабораторные стенды (УЛС) собственной разработки «Асинхронный двигатель» - 2 шт.; Осциллограф ОСУ-20; Вольтметр В7-26; Мост МО-62.  Дополнительно:	Пр

		Меловая доска – 1 шт. Маркерная доска - 1 шт.  Учебная мебель: Комплект мебели (посадочных мест) - 20 шт. Комплект мебели (посадочных мест) для преподавателя – 1 шт.	
1215	Учебная аудитория	Меловая доска – 1 шт. Учебная мебель: Комплект мебели (посадочных мест) - 30 шт.	Лек
A1003	Лаборатория электрических машин	Основное оборудование: МФУ Canon LB MF3110; Монитор TFT 17" LG Flatron; Системный блок Celeron 2,66; Лабораторный стенд ЭМП1-Н-Р (Электрические машины) - 2 компл.; Лабораторный стенд ЭМ1-Н-Р (Электрические машины) - 2 компл.; Лабораторный стенд ИАД (Исследование асинхронного двигателя - 2 шт.; Лабораторный стенд ИДПТ-У (Исследование двигателя постоянного тока); Универсальные лабораторные стенды (УЛС) собственной разработки «Трансформаторы» - 4 шт.; Универсальные лабораторные стенды (УЛС) собственной разработки «Синхронный генератор» - 3 шт.; Универсальные лабораторные стенды (УЛС) собственной разработки «Асинхронный двигатель» - 2 шт.; Осциллограф ОСУ-20; Вольтметр В7-26; Мост МО-62.  Дополнительно: Меловая доска – 1 шт. Маркерная доска - 1 шт.  Учебная мебель: Комплект мебели (посадочных мест) - 20 шт. Комплект мебели (посадочных мест) для преподавателя – 1 шт.	КП
A1003	Лаборатория электрических машин	Основное оборудование: МФУ Canon LB MF3110; Монитор TFT 17" LG Flatron; Системный блок Celeron 2,66; Лабораторный стенд ЭМП1-Н-Р (Электрические машины) - 2 компл.; Лабораторный стенд ЭМ1-Н-Р (Электрические машины) - 2 компл.; Лабораторный стенд ИАД (Исследование асинхронного двигателя - 2 шт.; Лабораторный стенд ИДПТ-У (Исследование двигателя постоянного тока); Универсальные лабораторные стенды (УЛС) собственной разработки «Трансформаторы» - 4 шт.; Универсальные лабораторные стенды (УЛС) собственной разработки «Синхронный генератор» - 3 шт.; Универсальные лабораторные стенды (УЛС) собственной разработки «Асинхронный двигатель» - 2 шт.; Осциллограф ОСУ-20; Вольтметр В7-26; Мост МО-62.  Дополнительно: Меловая доска – 1 шт. Маркерная доска - 1 шт.  Учебная мебель: Комплект мебели (посадочных мест) - 20 шт. Комплект мебели (посадочных мест) для преподавателя – 1 шт.	Лаб
2201	читальный зал №1	Комплект мебели (посадочных мест) Стеллажи Комплект мебели (посадочных мест) для библиотекаря Выставочные шкафы ПК i5-2500/Н67/4Gb (монитор TFT19 Samsung) (10шт.); принтер HP Laser Jet P2055D (1шт.)	Ср

### 9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Дисциплина «Электрические машины» направлена на ознакомление обучающихся с основами теории и эксплуатационными характеристиками электрических машин и трансформаторов, а также формирования прочной теоретической и практической базой знаний в области электромеханического и статического преобразования энергии, принципа действия основных видов электрических машин, трансформаторов и особенностей их применения.

Дисциплина «Электрические машины» охватывает круг вопросов, относящихся к научно-исследовательскому, производственно-технологическому виду профессиональной деятельности выпускника в соответствии с компетенциями и видами деятельности, указанными в учебном плане.

Изучение дисциплины «Электрические машины» предусматривает:

- лекции;
- лабораторные работы;
- практические занятия;
- контрольная работа;
- самостоятельные работы;

- экзамен.

С целью определения уровня овладения компетенциями, закрепленными за дисциплиной, в заданные преподавателем сроки проводится текущий контроль знаний, умений и навыков каждого обучающегося, выполнение курсовой работы и аттестация по итогам освоения дисциплины. Текущий контроль проводится на аудиторных занятиях с целью определения качества усвоения материала по окончании изучения очередной учебной темы в следующих формах: письменный опрос, контрольная работа, тестирование, коллоквиум. Руководитель контрольной работы оценивает правильность решения, ответы на заданные вопросы.

Аттестация по итогам освоения дисциплины.

Для контроля усвоения данной дисциплины учебным планом предусмотрено 2 экзамена. На экзамене обучающимся предлагается ответить на два вопроса билета. На подготовку к ответу на билет студентам выделяется от 30 до 40 минут. На все вопросы студент готовит письменный конспективный ответ, который затем докладывает преподавателю.

В процессе проведения практических занятий происходит закрепление знаний, формирование умений и навыков реализации представления о конструкции, принципа действия электрических машин.

Самостоятельную работу необходимо начинать с проработки теоретического материала по пройденной теме.

Работа с литературой является важнейшим элементом в получении знаний по дисциплине. Прежде всего, необходимо воспользоваться списком рекомендуемой по данной дисциплине литературой. Дополнительные сведения по изучаемым темам можно найти в периодической печати и Интернете.