

**РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ОТКРЫТЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ
МИНИСТЕРСТВА ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

17/8/3

**Одобрено кафедрой
«Электротехника»**

**Утверждено
деканом факультета
«Транспортные средства»**

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ МАШИНЫ И ЭЛЕКТРОПРИВОД

**Рабочая программа
и общие методические указания
для студентов IV курса**

специальностей

150700 ЛОКОМОТИВЫ (Т)

150800 ВАГОНЫ (В)

**181400 ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТРАНСПОРТ ЖЕЛЕЗНЫХ
ДОРОГ (ЭПС)**



Москва – 2004

Рабочая программа составлена на основании примерной учебной программы дисциплины «Электрические машины и электропривод» и соответствует с государственным требованиям к минимуму содержания и уровню подготовки инженера путей сообщения по специальности 657600 «Подвижной состав железных дорог».

Составители: канд. тех. наук, доц. В.В. ШУМЕЙКО,
канд. тех. наук, доц. В.В. ОРЛОВ,
канд. тех. наук, доц. А.А. ДЕРЯБИН

© Российский государственный открытый технический университет путей сообщения Министерства путей сообщения Российской Федерации, 2004

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ МАШИНЫ И ЭЛЕКТРОПРИВОД

Рабочая программа
и общие методические указания

Редактор Г.В. Тимченко
Компьютерная верстка Е.Ю. Русалева

Тип. зак.	Изд. зак. 212	Тираж 1 500 экз.
Подписано в печать 02.03.04	Гарнитура Times.	Офсет
Усл. печ. л. 0,75		Формат 60×90 ¹ / ₁₆

Издательский центр РГОТУПС,
125993, Москва, Часовая ул., 22/2

Типография РГОТУПС, 125993, Москва, Часовая ул., 22/2

1. ЦЕЛЬ ИЗУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель изучения дисциплины состоит в формировании знаний теории, характеристик и конструктивного исполнения электромеханических (электрические машины) и электромагнитных (трансформаторы) преобразователей энергии, их применения на железнодорожном транспорте и в промышленности.

Электрические машины — основа электроэнергетики промышленности и железнодорожного транспорта, один из важнейших компонентов в устройствах подвижного состава железных дорог, в электроприводах оборудования предприятий железнодорожного транспорта и промышленности.

Дисциплина «Электрические машины и электропривод» является базовой дисциплиной для изучения специальных дисциплин специальностей: 150700 Локомотивы; 150800 Вагоны; 181400 Электрический транспорт железных дорог.

2. ТРЕБОВАНИЯ К УРОВНЮ ОСВОЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучив дисциплину, студент должен:

2.1. *Знать* устройство, теорию работы и характеристики электрических машин и трансформаторов, конструкцию, параметры и типы электрических машин различного назначения.

Уметь с учетом характеристик, параметров и условий работы электрических машин и трансформаторов, применять и эксплуатировать их на подвижном составе железных дорог, в электроприводах оборудования предприятий железнодорожного транспорта и промышленности.

2.2. *Иметь опыт* экспериментального определения характеристик электрических машин и трансформаторов, расчета двигателей и трансформаторов, выбора типа и мощности трансформаторов и двигателей для устройств подвижного состава железных дорог и оборудования предприятий железнодорожного транспорта (депо, ремонтных заводов и других).

2.3. *Иметь представление* о направлениях совершенствования конструкции, технологии производства, а также эксплуатации и ремонта электрических машин.

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Вид учебной работы	Всего часов
Общая трудоемкость дисциплины	180
Аудиторные занятия:	24
Лекции	8
Лабораторные работы	16
Самостоятельная работа:	126
Курсовая работа	30
Вид итогового контроля	Зачет и экзамен

4. СОДЕЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Раздел дисциплины	Лекции, ч	Лабораторные работы, ч
1	Общие вопросы теории электрических машин	1	
2	Электрические машины постоянного тока	2	8
3	Трансформаторы	2	4
4	Вопросы теории электрических машин переменного тока	1	
5	Асинхронные машины	1	4
6	Синхронные машины	0,5	
7	Основы электропривода	0,5	

4.2. Содержание разделов дисциплины

Раздел 1. Общие вопросы теории электрических машин

1.1. Классификация электрических машин, основные конструктивные исполнения. Принцип действия электрических машин. Электромеханическое преобразование энергии [1, с. 3–32].

1.2. Магнитное поле электрических машин. Расчет магнитной цепи явнополюсных и неявнополюсных электрических машин [1, с. 52–63; 2, с. 191–201].

1.3. Потери энергии в электрических машинах. Коэффициент полезного действия электрических машин и зависимость его от нагрузки [1, с. 106–110].

1.4. Нагревание и охлаждение электрических машин. Стандартные номинальные режимы работы. Номинальные технические данные электрических машин [1, с. 110–119; 2, с. 12–15].

Раздел 2. Электрические машины постоянного тока

2.1. Принцип действия и устройство машин постоянного тока. Достоинства и недостатки и области их применения. Назначение и свойства коллектора машины постоянного тока, как универсального механического преобразователя тока [3, с. 195–208].

2.2. Реакция якоря машины постоянного тока: искажение кривой распределения магнитной индукции при нагрузке, уменьшение магнитного потока и ЭДС из-за насыщения отдельных участков магнитной цепи [3, с. 216–220].

2.3. Основные электромагнитные соотношения в машинах постоянного тока: электродвижущая сила обмотки якоря, электромагнитный момент [3, с. 203–208].

2.4. Якорные обмотки машин постоянного тока: устройство, принцип образования, основные расчетные соотношения [1, с. 495–500].

2.5. Коммутация в машинах постоянного тока: сущность процесса коммутации, природа щеточного контакта. Общая характеристика причин искрения под щетками. Оценка степени искрения и настройка дополнительных полюсов [1, с. 511–523].

2.6. Характеристики генераторов с независимым, параллельным, последовательным и смешанным возбуждением. Процесс и условия самовозбуждения генераторов постоянного тока. [3, с. 251–270].

2.7. Электромеханические (токовые и механические) характеристики электродвигателей постоянного тока с параллельным возбуждением и их расчет. Электромеханические (токовые и механические) характеристики электродвигателей по-

стоянного тока с последовательным возбуждением и их расчет [3, с. 270–281].

2.8. Управление двигателями постоянного тока: пуск в ход и изменение направления вращения (реверсирование) двигателей. Торможение электродвигателей постоянного тока. Виды электрического торможения и их характерные особенности. Способы регулирования угловой скорости двигателей постоянного тока, их сравнительная оценка [3, с. 277–299].

Раздел 3. Трансформаторы

3.1. Назначение, принцип действия и устройство трансформаторов. Классификация трансформаторов по назначению, числу фаз, способу охлаждения. Номинальные величины [2, с. 35–55].

3.2. Теория рабочего процесса трансформатора, уравнение магнитодвижущих сил, уравнение электрического состояния обмоток [2, с. 62–75].

3.3. Приведение параметров вторичной обмотки трансформатора к числу витков первичной. Векторная диаграмма и Т-образная схема замещения трансформатора [2, с. 71–77].

3.4. Упрощенная схема замещения и соответствующая ей векторная диаграмма. Напряжение короткого замыкания. Внешняя характеристика трансформатора [2, с. 74–84].

3.5. Активные сопротивления и индуктивные сопротивления рассеяния трансформаторов, и их расчет. Активная и реактивная составляющие напряжения короткого замыкания трансформатора [2, с. 74–79].

3.6. Определение параметров схемы замещения трансформатора из опытов холостого хода и короткого замыкания [2, с. 76–79].

3.7. Потери мощности в трансформаторе, коэффициент полезного действия и его зависимость от тока нагрузки [2, с. 86–89].

3.8. Магнитные системы трехфазных трансформаторов, их особенности и области применения. Схемы и группы соединения трехфазных трансформаторов. Параллельная работа

трансформаторов: условия включения, распределение нагрузки [2, с. 90–102].

3.9. Регулирование напряжения трансформаторов: способы регулирования, способы переключения ответвлений [2, с. 110–117].

3.10. Автотрансформаторы и области их применения [2, с. 102–106].

3.11. Измерительные трансформаторы: назначение, схемы включения, особенности эксплуатации. Специальные типы трансформаторов: сварочные трансформаторы, преобразовательные трансформаторы. [2, с. 137–157].

Раздел 4. Вопросы теории электрических машин переменного тока

4.1. Основные типы электрических машин переменного тока, конструктивные схемы, устройство и принцип действия. Вращающееся магнитное поле многофазной обмотки переменного тока: принцип образования, основные свойства [2, с. 158–162].

4.2. Основные принципы выполнения многофазных обмоток переменного тока. Схемы обмоток. Магнитодвижущие силы обмоток переменного тока. [2, с. 164–184].

Раздел 5. Асинхронные машины

5.1. Устройство, принцип действия, классификация асинхронных машин, области применения. Теория рабочего процесса асинхронной машины: уравнение магнитодвижущих сил, уравнения электрического состояния обмоток статора и ротора, составленные на основе второго закона Кирхгофа [2, с. 209–225].

5.2. Приведение рабочего процесса асинхронной машины к рабочему процессу трансформатора, Т-образная схема замещения, векторная диаграмма. Расчет токов статора и ротора асинхронного двигателя по Т-образной схеме замещения. Зависимость токов от скольжения [2, с. 218–230].

5.3. Расчет механической мощности, полезной и подводенной мощности асинхронного двигателя. Коэффициент полез-

ного действия асинхронного двигателя. Зависимость электромагнитного момента от скольжения, напряжения питающей сети, сопротивления цепи обмотки ротора [4, с. 347–356].

5.4. Механическая характеристика асинхронного двигателя. Влияние вытеснения тока в обмотке ротора и насыщения магнитной цепи на величину пускового момента [4, с. 365–369; 7, с. 214–223].

5.5. Рабочие характеристики асинхронного двигателя и расчет их по Т-образной схеме замещения [10, с. 20–23].

5.6. Пуск асинхронных двигателей: общая характеристика процесса пуска, способы пуска короткозамкнутых двигателей, пуск двигателей с фазным ротором, асинхронные короткозамкнутые двигатели с улучшенными пусковыми свойствами [4, с. 363–369].

5.7. Регулирование угловой скорости асинхронных двигателей, общая характеристика и сравнение способов регулирования. Частотное управление асинхронными двигателями: особенности частотного управления, законы одновременного регулирования частоты и напряжения питания, способы реализации. Электрическое торможение асинхронного двигателя [4, с. 369–397].

5.8. Однофазный асинхронный двигатель: принцип действия, характеристики, способы пуска [4, с. 400–416].

Раздел 6. Синхронные машины

6.1. Принцип действия и устройство синхронных машин. Конструкция явнополюсных и неявнополюсных синхронных машин [3, с. 69–87].

6.2. Работа синхронного генератора при холостом ходе и при нагрузке. Реакция якоря в неявнополюсной машине. Векторная диаграмма неявнополюсного синхронного генератора при симметричной смешанной нагрузке [3, с. 87–97].

6.3. Теория рабочего процесса явнополюсной синхронной машины: метод двух реакций, разложение МДС якоря на про-

дольную и поперечную составляющие, приведение МДС и токов к условиям возбуждения [3, с. 95–101].

6.4. Характеристики синхронных генераторов при автономной работе, а именно, характеристика холостого хода, установившегося короткого замыкания, внешняя, регулировочная [3, с. 102–106].

6.5. Параллельная работа синхронных генераторов: способы включения на параллельную работу с сетью, регулирование активной и реактивной нагрузки при параллельной работе [3, с. 108–116].

6.6. Электромагнитный момент синхронной машины. Угловая характеристика синхронной машины при параллельной работе с сетью большой мощности. Статическая устойчивость синхронных машин [3, с. 116–120].

6.7. Синхронный двигатель: векторные диаграммы, рабочие характеристики, способы пуска [3, с. 126–141].

Раздел 7. Основы электропривода

7.1. Основные понятия электропривода. Структурная схема электропривода. Механические характеристики производственных механизмов [6].

7.2. Уравнение движения электропривода. Классификация режимов работы электроприводов. Выбор мощности и типа двигателей с учетом их режима работы [6].

4.3. Лабораторный практикум

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование лабораторных работ
1	Раздел 2	Исследование генератора постоянного тока
		Исследование двигателя постоянного тока с параллельным возбуждением
2	Раздел 3	Исследование трехфазного трансформатора
3	Раздел 5	Исследование трехфазного асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором

5. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

а) Контрольная работа — не предусмотрена.

б) Курсовая работа.

Студентам специальности Т, В, ЭПС требуется выполнить курсовую работу по заданию с методическими указаниями [5]. Эта курсовая работа состоит из 3-х частей:

1. Расчет магнитной цепи машины постоянного тока;
2. Расчет характеристик трехфазного трансформатора;
3. Расчет характеристик трехфазного асинхронного двигателя.

Курсовая работа должна быть оформлена в виде расчетной записки, выполненной на листах бумаги формата А4, сброшюрованной и снабженной титульным листом. Эскизы, графики и диаграммы выполняются на миллиметровой бумаге также формата А4.

в) Курсовой проект — не предусмотрен.

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Рекомендуемая литература

Основная

1. Копылов И.П. Электрические машины. — М.: Высшая школа, 2002.
2. Брускин Д.Э. и др. Электрические машины: В 2-х ч. Ч. 1. — М.: Высшая школа, 1987.
3. Брускин Д.Э. и др. Электрические машины: В 2-х ч. Ч. 2. — М.: Высшая школа, 1987.
4. Винокуров В.А., Попов Д.А. Электрические машины железнодорожного транспорта. — М.: Транспорт, 1986.
5. Шумейко В.В. Электрические машины. Задание на курсовую работу с методическими указаниями для студентов III курса специальностей: 180700 Электрический транс-

порт (железнодорожный транспорт) (ЭПС). 100400 Электро-снабжение железнодорожного транспорта (ЭНС). — М.: РГОТУПС, 2000.

6. Ильинский Н.Ф., Казаченко В.Ф. Общий курс электропривода. — М.: Энергоатомиздат, 1992.

Дополнительная

7. Проектирование электрических машин /Под ред. И.П. Копылова. — М.: Энергия, 1980.

8. Токарев Б.Ф. Электрические машины. — М.: Энергоатомиздат, 1990.

9. Тихомиров П.М. Расчет трансформаторов. — М.: Энергоатомиздат, 1986.

10. Читечян В.И. Электрические машины: Сборник задач. — М.: Высшая школа, 1988.

11. Шумейко В.В. Решение задач по ТОЭ и электрическим машинам с применением пакета МАТКАД: Уч. пос. — М.: РГОТУПС, 1999.

6.2. Средства обеспечения освоения дисциплины

Программы по расчету характеристик электрических машин для математического пакета МАТКАД [13].

7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Специализированная лаборатория «Электрические машины», позволяющая выполнять лабораторные работы в соответствии в соответствии с учебным планом.

8. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОРГАНИЗАЦИИ ИЗУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Основной формой изучения дисциплины является самостоятельная работа студентов-заочников с рекомендованной ли-

тературой. Самостоятельная работа организуется и направляется настоящей рабочей программой, а также системой лекций, лабораторных занятий и курсовой работой.

Рекомендуется следующий порядок самостоятельной работы:

1) ознакомиться с содержанием главы учебника, стараясь в первую очередь понять принцип действия и конструкцию данной машины;

2) уяснить методику математического описания процессов, освоить вывод уравнений, построение векторных диаграмм, понять характер изменения рабочих характеристик машин;

3) кратко законспектировать материал главы, осветив соответствующий вопрос (вопросы) рабочей программы.

Подготовка краткого конспекта является обязательным условием успешного усвоения предмета.

Во время лабораторно-экзаменационных сессий в помощь студентам-заочникам читаются обзорные лекции.

Необходимо помнить, что в обзорных лекциях излагается не весь материал предмета, а лишь часть его, а именно, те вопросы, которые обычно слабо усваиваются студентами при самостоятельной работе.