

Министерство образования и науки Российской Федерации

Российский университет дружбы народов

Инженерный факультет

Кафедра Кибернетики и мехатроники

Программа дисциплины

Общая электротехника и электроника

(Часть 3. Электрические машины)

**Рекомендуется для направления подготовки
220200 – «АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ»**

Квалификация выпускника «бакалавр»

Программу разработал

доктор техн. наук, профессор Евгений Иванович Забудский

web-site <http://zei.narod.ru/> , e-mail zei@inbox.ru

Москва

1. Цели и задачи дисциплины:

Цель - формирование системы знаний по электрическим машинам, применяемым в системах автоматического управления.

Задачи - изучение основ теории, устройства, рабочих свойств электрических машин и областей их применения.

2. Место дисциплины в структуре ООП:

освоение дисциплины «Общая электротехника и электроника, часть 3» (входит в цикл ОПД) предполагает знания, умения и компетенции студентов по дисциплинам: «Математика», «Физика» и «Программирование и основы алгоритмизации». Дисциплина «Общая электротехника и электроника, часть 3» является предшествующей для дисциплины «Технические средства систем автоматизации и управления».

3. Требования к результатам освоения дисциплины:

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

- способность владеть методами решения задач анализа и расчета характеристик электрических цепей;
- способность выполнять эксперименты на действующих объектах по заданным методикам и обрабатывать результаты с применением информационных технологий и технических средств;
- способность владеть основными приемами обработки и представления экспериментальных данных;
- способность производить расчеты и проектирование отдельных блоков и устройств систем автоматизации и управления и выбирать стандартные средства автоматики, измерительной и вычислительной техники для проектирования систем автоматизации и управления в соответствии с техническим заданием;
- готовность к участию в работах по изготовлению, отладке и сдаче в эксплуатацию систем и средств автоматизации и управления.

В результате изучения дисциплины студент должен:

Знать:

- значение электрических машин для систем автоматического управления;
- устройство, параметры и режимы работы электрических машин, основные характеристики электрических двигателей, генераторов и преобразователей, эксплуатационные требования к ним;

Уметь:

- подключать и испытывать электрические машины и трансформаторы;
- рассчитывать, измерять и анализировать параметры и основные характеристики электрических машин и трансформаторов применительно к системам автоматического управления..

Владеть:

- должен обладать навыками расчета и выбора электрических машин и трансформаторов для систем автоматического управления.

4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетные единицы.

Вид учебной работы	Всего часов	Семестры			
		5	-	-	-
Аудиторные занятия (всего)	72	72	-	-	-
В том числе:	-	-	-	-	-
Лекции	36	36	-	-	-
Практические занятия (ПЗ)	18	18	-	-	-
Семинары (С)	-	-	-	-	-
Лабораторные работы (ЛР)	18	18			
Самостоятельная работа (всего)	48	48	-	-	-
В том числе:	-	-	-	-	-
Курсовой проект (работа)	-	-	-	-	-
Расчетно-графические работы	-	-	-	-	-
Реферат	-	-	-	-	-
<i>Другие виды самостоятельной работы</i>	48	48	-	-	-
Вид промежуточной аттестации	экзамен	экзамен	-	-	-
Общая трудоемкость	час	72	72	-	-
	зач. ед.	2	2	-	-

5. Содержание дисциплины

5.1. Содержание разделов дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела
1	Введение в электромеханику	Значение электрических машин и трансформаторов для систем автоматического управления. Краткая история развития электрических машин и трансформаторов. Материалы, применяемые в электромашиностроении. Электромеханическое преобразование энергии в электрической машине. Преобразование электрической энергии в трансформаторе. Основные законы электротехники, в соответствии с которыми осуществляется электромеханическое преобразование энергии.
2	Трансформаторы	Тема 2.1. <i>Области применения и устройство трансформаторов</i> Назначение, области применения, принцип действия. Устройство магнитных систем, обмоток, баков и других элементов конструкции. Особенности устройства трансформаторов малой и большой мощности. Тема 2.2. <i>Процессы в трансформаторе при холостом ходе</i> Основное магнитное поле и поле рассеяния. Формулы для ЭДС. Характеристика намагничивания. Магнитные потери. Сопротивление взаимной индукции. Тема 2.3. <i>Процессы в трансформаторе при нагрузке</i> Магнитное поле при нагрузке. Индуктивности рассеяния обмоток. Намагничивающий ток и уравнение равновесия МДС. Уравнения равновесия напряжений обмоток. Электрическая схема замещения трансформатора и векторная диаграмма. Определение параметров и потерь из опытов холостого хода и короткого замыкания. Тема 2.4. <i>Эксплуатационные характеристики трансформаторов.</i> Внешняя характеристика и коэффициент полезного действия
3	Асинхронные машины	Тема 3.1. <i>Режимы работы, области применения и устройство асинхронных машин</i> Назначение, области применения и принцип действия. Устройство активной части и конструктивных элементов. Особенности двигателей единых серий. Асинхронная машина - обобщенный трансформатор. Преобразование вида энергии, величины напряжения, частоты напряжения, фазы напряжения и числа фаз. Тема 3.2. <i>Векторная диаграмма и схемы замещения асинхронной машины. Параметры асинхронной машины.</i> Тема 3.3. <i>Опыты холостого хода и короткого замыкания асинхронной машины</i> Характеристики холостого хода и короткого замыкания. Опытное определение параметров схемы замещения. Разделение потерь холостого хода. Энергетическая диаграмма двигателя. Тема 3.4. <i>Электромагнитный момент асинхронной машины.</i> Механическая характеристика. Зависимость момента от скольжения. Тема 3.5. <i>Пуск и регулирование частоты вращения асинхронного двигателя</i> Пуск двигателей с фазным ротором и с обмоткой ротора типа "беличья клетка". Способы регулирования частоты вращения. Тема 3.6. <i>Однофазные двигатели</i> Способы создания пускового момента. Однофазный конденсаторный двигатель. Трехфазный двигатель в схеме однофазного включения с конденсатором. Тема 3.7. <i>Асинхронные машины автоматических устройств</i> Исполнительные двигатели переменного тока. Тахогенератор. Сельсины.
4	Синхронные машины	Тема 4.1. <i>Режимы работы, области применения и устройство синхронных машин</i> Назначение, области применения и принцип действия. Устройство активной части и конструктивных элементов. Системы возбуждения. Особенности устройства явнополюсных и неявнополюсных синхронных машин. Тема 4.2. <i>Магнитное поле синхронной машины при холостом ходе и на нагрузке. Реакция якоря</i> Магнитное поле обмотки возбуждения. Результирующее магнитное поле при различном характере нагрузки. Тема 4.3 <i>Параметры синхронных машин в установившемся режиме и характеристики синхронного генератора, работающего на автономную нагрузку</i> Индуктивные сопротивления явнополюсной и неявнополюсной машины. Характеристика холостого хода, индукционная нагрузочная, внешняя, регулировочная и характеристика короткого замыкания. Тема 4.4. <i>Векторные диаграммы синхронных генераторов</i>

		<p>Векторные диаграммы явнополюсных и неявнополюсных генераторов.</p> <p>Тема 4.5. Параллельная работа синхронных машин Включение на параллельную работу синхронных генераторов с сетью бесконечно большой мощности. Особенности работы генератора с сетью. Параллельная работа генераторов соизмеримой мощности.</p> <p>Тема 4.6. Характеристики синхронного генератора, работающего параллельно с сетью бесконечно большой мощности Угловая характеристика. V-образные характеристики. Регулирование активной и реактивной мощности.</p> <p>Тема 4.7. Синхронные машины автоматических устройств Шаговый и реактивный двигатели. Тахогенератор.</p>
5	<u>Машины постоянного тока</u>	<p>Тема 5.1. Режимы работы, области применения и устройство машин постоянного тока. Назначение, области применения и принцип действия. Устройство активной части и конструктивных элементов. Схемы возбуждения Коллектор - механический преобразователь частоты.</p> <p>Тема 5.2. Понятие о реакции якоря, коммутации и способах ее улучшения</p> <p>Тема 5.3. Характеристики двигателей постоянного тока. Механическая характеристика при различных способах возбуждения. Рабочие характеристики.</p> <p>Тема 5.4. Пуск и регулирование частоты вращения двигателей постоянного тока Прямой пуск, пуск с помощью пускового реостата и при пониженном напряжении. Регулирование частоты вращения изменением напряжения, введением сопротивления в цепь обмотки якоря и изменением потока возбуждения. Сопоставление двигателей постоянного тока и асинхронных двигателей.</p> <p>Тема 5.5. Специальные машины постоянного тока Электромашинный усилитель; вентильные двигатели: устройство, принцип действия, назначение</p> <p>Тема 5.6. Машины постоянного тока автоматических устройств Исполнительные двигатели постоянного тока. Тахогенератор</p>

5.2 Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами

№ п/п	Наименование обеспечиваемых (последующих) дисциплин	№ № разделов данной дисциплины, необходимых для изучения обеспечиваемых (последующих) дисциплин				
		1	2	3	4	5
1	Технические средства систем автоматизации и управления		+	+	+	+

5.3. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Лекц.	Практ. зан.	Лаб. зан.	Семина	СРС	Всего часов
1	<u>Введение в электромеханику</u>	4	–	–	–	4	8
2	<u>Трансформаторы</u>	8	5	4	–	9	26
3	<u>Асинхронные машины</u>	8	4	5	–	9	26
4	<u>Синхронные машины</u>	8	4	5	–	9	26
5	<u>Машины постоянного тока</u>	8	5	4	–	9	26

6. Лабораторный практикум

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость (час.)
1	2	Работа 2.1. Экспериментальное исследование трехфазного двухобмоточного трансформатора: опыты холостого хода, короткого замыкания и нагрузки	4
2	3	Работа 3.1. Экспериментальное исследование трехфазного асинхронного двигателя с фазным ротором и с обмоткой ротора типа "беличья клетка": пуск, снятие механических и рабочих характеристик	5
3	4	Работа 4.1. Экспериментальное исследование трехфазного синхронного генератора: при автономной работе; при параллельной работе с сетью бесконечно большой мощности	5
4	5	Работа 5.1. Экспериментальное исследование двигателя постоянного тока при различном возбуждении: пуск, снятие механических и рабочих характеристик	4

7. Практические занятия

№ п/п	№ раздела дисциплины	Тематика практических занятий	Трудоемкость (час.)
1	2	Тема 2.1. Расчет параметров трансформатора, внешней характеристики и зависимости КПД по данным опытов холостого хода и короткого замыкания. Построение и анализ характеристик трансформатора при холостом ходе, коротком замыкании и нагрузке	5
2	3	Тема 3.1. Расчет рабочих и пусковых характеристик асинхронного двигателя и их графическая интерпретация. Построение развернутой схемы трехфазной обмотки	4
3	4	Тема 4.1. Графическое определение параметров обмотки якоря синхронной машины при насыщенном / ненасыщенном магнитопроводе на основе характеристик холостого хода, короткого замыкания и индукционной нагрузочной	4
4	5	Тема 5.1. Построение внешней, регулировочной и нагрузочной характеристик генератора постоянного тока при различном возбуждении. Построение радиальной и развернутой схем обмотки якоря	5

8. Примерная тематика курсовых проектов (работ) –

[курсовой проект](#) (работа) Рабочим учебным планом на 2010-2011 учебный год **не предусмотрен**

9. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины:

а) основная литература

1. [Вольдек А. И. Электрические машины.](#) Учебник для студентов вузов.- Л.: Энергия, 1974. - 840 с..
2. [Забудский Е.И. Электрические машины. Ч. 1. Трансформаторы:](#) Учебное пособие – М.: МГАУ, 2002. - 168 с.
3. [Забудский Е.И. Электрические машины. Ч. 3. Синхронные машины:](#) Учебное пособие – М.: МГАУ, 2008. - 196 с.
4. [Забудский Е.И. Электрические машины. Ч. 4. Машины постоянного тока:](#) Учебное пособие – М.: МГАУ, 2010. - 217 с.
5. [Забудский Е. И. Электрические машины \(УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС\).](#) - Москва: МГАУ. Кафедра Электрические машины и электроснабжение, 1999 - н/в.
6. [Хрущев В. В. Электрические машины систем автоматики.](#) Учебник для студентов вузов.- Л.: Энергоатомиздат, 1985. – 368 с.

б) дополнительная литература

1. Забудский Е.И. [Математическое моделирование управляемых электроэнергетических устройств:](#) Учебное пособие для вузов. - Ульяновск: УлГТУ, 1998. - 120 с.
2. Забудский Е.И. [Анализ управляемых электроэнергетических устройств методом конечных элементов:](#) Учебное пособие для вузов. - Москва: МГАУ, 1999. - 141 с.
3. Забудский Е.И. [Совмещенные регулируемые электромагнитные реакторы:](#) Монография. - Москва: Энергоатомиздат, МГАУ, 2003. - 436 с.

4. ГОСТ 27471 - 87. Машины электрические вращающиеся. Термины и определения. - М.: Изд-во стандартов, 2006.
5. ГОСТ 16110 - 82. Трансформаторы силовые. Термины и определения. — М.: Изд-во стандартов, 2008.
6. ГОСТ 183 - 74. Машины электрические вращающиеся. Общие технические условия. - М.: Изд-во стандартов, 2004.
7. ГОСТ 11677 - 85. Трансформаторы силовые. Общие технические условия. - М.: Изд-во стандартов, 2007.

в) программное обеспечение

1. [Забудский Е.И. Паскаль-программа "Расчет рабочих характеристик асинхронного двигателя"](#). - М.: МГАУ им. В.П. Горячкина, 2000.
2. [Забудский Е.И. Компьютерный фильм "Геометрическая интерпретация результатов расчета магнитного поля в устройствах электромеханики"](#): Пакет компьютерных программ / Зарегистрирован в Отраслевом фонде алгоритмов и программ НИИВО Минобразования РФ. Регистр. № 94696, 16.02.94. [Сертификат № 3/93 от 10.09.93 г.](#)
3. [Забудский Е.И. Паскаль-программа "Расчет характеристик холостого хода трансформатора"](#). - М.: МГАУ им. В.П. Горячкина, 2000.
4. Забудский Е.И. Паскаль-программа "Расчет характеристик холостого хода асинхронного двигателя и разделение потерь". - М.: МГАУ им. В.П. Горячкина, 2000.
5. [Забудский Е.И. Паскаль-программа "Расчет в системе относительных единиц экспериментальной функциональной зависимости вида \$Y = f\(X\)\$ "](#). - М.: МГАУ им. В.П. Горячкина, 2000.
6. [Забудский Е.И. Паскаль-программа "Расчет рабочих характеристик двигателя постоянного тока параллельного возбуждения"](#). - М.: МГАУ им. В.П. Горячкина, 2001. (см. С205-208)
7. Среда программирования ТурбоПаскаль.
8. Microsoft Office.
9. Программный пакет Grapher – графическая интерпретация экспериментальных и расчетных зависимостей.

г) базы данных, информационно-справочные и поисковые системы (интернет-ресурсы).

1. [Каталоги Электрических машин и Трансформаторов](#), изготавливаемых заводами России, etc.
2. ФГУП Институт промышленного развития ([Информэлектро](#)) – [Информационный центр России](#)
3. Всероссийский институт научной и технической информации РАН ([ВИНИТИ РАН](#))
4. Всероссийский научно-технический информационный центр ([ВНТИЦентр](#))
5. Защита интеллектуальной собственности ([РУПАТЕНТ](#))
6. Российский научно-технический центр по стандартизации,... ([СТАНДАРТИНФОРМ](#))
7. Видео по Электрическим машинам и трансформаторам на [YOUTUBE.COM](#) : <http://www.youtube.com/watch?v=7tEsJ-xAoEQ&feature=related> и другие гиперссылки

10. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

Лаборатория Электрических машин кафедры Кибернетика и мехатроника

11. Методические рекомендации по организации изучения дисциплины:

11.1. Вопросы для оценки качества освоения дисциплины

Текущий контроль успеваемости осуществляется после изучения материала каждого раздела дисциплины; студенту предлагается ответить на один вопрос из раздела.

На *промежуточной аттестации* студенту предлагается ответить на три вопроса из различных разделов дисциплины.

Вопросы по разделу 2. Трансформаторы	
2.1	Материалы, применяемые в электромашиностроении. Роль трансформатора в процессе передачи и распределения электроэнергии.
2.2	Устройство трансформатора: магнитопровод, обмотки, бак масляного трансформатора, арматура бака.
2.3	Принцип действия трансформатора. Взаимосвязь между электрическими и магнитными величинами в трансформаторе. Роль потоков рассеяния в трансформаторе.
2.4	Уравнения равновесия ЭДС (напряжений) и МДС трансформатора.
2.5	Приведенный трансформатор. Уравнения равновесия ЭДС (напряжений) и МДС приведенного трансформатора.
2.6	Векторная диаграмма приведенного трансформатора при R-L-нагрузке и R-C-нагрузке.
2.7	Опыт холостого хода трансформатора.
2.8	Опыт короткого замыкания трансформатора.
2.9	Эксплуатационные характеристики трансформатора: внешняя характеристика; коэффициент полезного действия.
Вопросы по разделу 3. Асинхронные машины	
3.1	Устройство асинхронной машины: активная часть, конструктивные элементы.
3.2	Условия создания кругового вращающегося поля. Формула для синхронной скорости.
3.3	Особенности работы асинхронной машины в режиме двигателя
3.4	Понятие об образовании трехфазных пространственно-распределенных обмоток электрической машины переменного тока. Построение схемы развернутой петлевой обмотки.

3.5	Формулы для ЭДС, частоты ЭДС, тока и сопротивления обмотки вращающегося ротора. Эквивалентное замещение вращающегося ротора неподвижным ротором.
3.6	Векторная диаграмма и энергетическая диаграмма асинхронного двигателя.
3.7	Электромагнитный момент асинхронного двигателя при холостом ходе и нагрузке. Зависимость электромагнитного момента от скольжения
3.8	Опытное определение рабочих характеристик асинхронного двигателя.
3.9	Пуск в ход асинхронного двигателя с фазным ротором.
3.10	Пуск в ход асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором.
3.11	Регулирование скорости вращения асинхронного двигателя.
3.12	Однофазный асинхронный двигатель.
Электрические микромашины	
3.13	Назначение и устройство исполнительного двигателя переменного тока. Механическая и регулировочная характеристики при амплитудном управлении
3.14	Асинхронный тахогенератор: устройство, назначение, выходная характеристика.
3.15	Однофазный сельсин: устройство, назначение, особенности работы в индикаторном режиме.
3.16	Однофазный сельсин: устройство, назначение, особенности работы в трансформаторном режиме.
Вопросы по разделу 4. Синхронные машины	
4.1	Назначение и устройство синхронных машин
4.2	Принцип действия синхронного генератора (СГ)
4.3	Реакция якоря синхронного генератора
4.4	Уравнение равновесия напряжений и векторная диаграмма напряжений (ЭДС) неявнополюсного СГ
4.5	Характеристики синхронного генератора при работе на автономную нагрузку
4.6	Условия включения синхронного генератора на параллельную работу с сетью бесконечно большой мощности
4.7	Синхронизация и включение СГ на параллельную работу с сетью бесконечно большой мощности с помощью лампового и электромагнитного синхроскопов
4.8	Синхронизация и включение СГ на параллельную работу с сетью бесконечно большой мощности способом самосинхронизации
4.9	Режим работы неявнополюсного СГ параллельно с сетью б.б.м., соответствующий угловой характеристике активной мощности. Физическая природа пространственного угла $\theta_{пр}$ и временного угла $\theta_{вр}$
4.10	Режим работы явнополюсного СГ параллельно с сетью б.б.м., соответствующий угловой характеристике активной мощности. Физическая природа пространственного угла $\theta_{пр}$ и временного угла $\theta_{вр}$
4.11	Режим работы СГ параллельно с сетью б.б.м., соответствующий V-образной характеристике
Электрические микромашины	
4.12	Синхронный тахогенератор: устройство, назначение, выходная характеристика
4.13	Синхронный реактивный двигатель: устройство, принцип действия, области применения
4.14	Шаговый двигатель: устройство, принцип действия, области применения
Вопросы по разделу 5. Машина постоянного тока	
5.1	Устройство и области применения машин постоянного тока
5.2	Принцип действия простейшего генератора постоянного тока.
5.3	Классификация генераторов постоянного тока по способу возбуждения.
5.4	Принцип действия ГПТ. Формула для ЭДС обмотки якоря. Уравнение равновесия напряжений.
5.5	Формула для электромагнитного момента. Уравнение равновесия моментов.
5.6	Классификация двигателей постоянного тока по способу возбуждения.
5.7	Принцип действия ДПТ. Формула для ЭДС обмотки якоря, противоЭДС. Уравнение равновесия напряжений.
5.8	Формула для электромагнитного момента. Уравнение равновесия моментов.
5.9	Способы пуска двигателей постоянного тока
5.10	Способы регулирования частоты вращения двигателей постоянного тока
5.11	Рабочие характеристики двигателя постоянного тока параллельного возбуждения.
5.12	Рабочие характеристики двигателя постоянного тока последовательного и смешанного возбуждения.
5.13	Электромашиный усилитель: устройство, принцип действия, назначение
Электрические микромашины	
5.14	Назначение и устройство исполнительного двигателя постоянного тока. Механическая и регулировочная характеристики при якорном управлении
5.15	Назначение и устройство исполнительного двигателя постоянного тока. Механическая и регулировочная характеристики при полюсном управлении
5.16	Тахогенератор постоянного тока: устройство, назначение, выходная характеристика.

Программу разработал

профессор кафедры Кибернетика и мехатроника
доктор техн. наук, профессор Е.И. Забудский