



ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
УПРАВЛЕНИЕ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ И ПОВЫШЕНИЯ  
КВАЛИФИКАЦИИ

Кафедра «Робототехника и мехатроника»

**Учебно-методическое пособие**  
по изучению дисциплины  
**«Электрические и  
гидравлические приводы  
мехатронных и  
робототехнических систем»**

Авторы  
Карнаухов Н.Ф.,  
Мироненко Р.С.

Ростов-на-Дону, 2015



## Аннотация

Методические указания предназначены для студентов очной формы обучения бакалавров 15.03.06 «Мехатроника и робототехника».

## Авторы

к.т.н., профессор Карнаухов Н.Ф.,  
к.т.н., доцент Мироненко Р.С.





## Оглавление

1. Планирование и организация времени необходимого для изучения данной дисциплины.....	4
2. Рекомендации по использованию материалов учебно-методического комплекса .....	7
3. Рекомендации по работе с литературой .....	7
4. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины .....	8
5. Подготовка к экзамену.....	10
6. Формы текущего, промежуточного, рубежного и итогового контроля.....	10
Приложение А Учебно-методическое и программно-информационное обеспечение.....	13
Приложение Б .....	17
Приложение В .....	18



## 1. Планирование и организация времени необходимого для изучения данной дисциплины

Изучение дисциплины «Электрические и гидравлические приводы мехатронных и робототехнических систем» (форма и срок освоения ООП: очная, нормативный) включает:

лекционный курс	- 52 час.;
лабораторные занятия	- 34 час.;
практические занятия	- 34 час.;
самостоятельную работу	- 132 час.

Формы контроля:

Зачет в 5 семестре, экзамен в 6 семестре.

Залогом успешного освоения данной дисциплины является обязательное посещение лекционных, лабораторных и практических занятий, так как пропуск занятий может стать причиной проблем при освоении последующих разделов курса и при прохождении итогового контроля.

Часть лабораторных занятий по дисциплине «Электрические и гидравлические приводы мехатронных и робототехнических систем» выполняются с помощью моделирования процессов на виртуальной лабораторной установке. В таком формате проводятся лабораторные занятия при исследованиях машины постоянного тока при работе в двигательном и генераторном режимах, трехфазной асинхронной машины с короткозамкнутым ротором, трехфазной магнитоэлектрической синхронной машины в двигательном режиме и исследовании однофазного трансформатора, нагруженного активным сопротивлением.

Вторая часть лабораторных работ проводится на лабораторных стендах, на которых исследуются система импульсно-фазового управления тиристорного преобразователя, тиристорный преобразователь с двигателем постоянного тока, широтно-импульсный преобразователь по схеме ШИП-ДПТ и определяются коэффициенты энергетической эффективности неуправляемого преобразователя для схемы «ШИП-ДПТ».

Практические занятия по дисциплине «Электрические и гидравлические приводы мехатронных и робототехнических систем» посвящены ознакомлению с методикой расчета частотно-регулируемого электропривода мехатронных систем.

Самостоятельная работа в рамках дисциплины «Электрические и гидравлические приводы мехатронных и робототехниче-

ских систем» предусматривает рассмотрение студентами следующих тем.

1. Машины постоянного тока мехатронных и робототехнических систем.

Запланированное время для самостоятельного ознакомления: 12 час.

2. Трехфазные асинхронные машины переменного тока мехатронных и робототехнических систем.

Запланированное время для самостоятельного ознакомления: 10 час.

3. Исполнительные двигатели мехатронных и робототехнических систем: реактивно-индукторные, пьезоэлектрические и др.

Запланированное время для самостоятельного ознакомления: 8 час.

4. Преобразователи переменного напряжения в постоянное: нерегулируемые (диодные) и управляемые (тиристорные) преобразователи.

Запланированное время для самостоятельного ознакомления: 8 час.

5. Системы импульсно-фазового управления (СИФУ): аналоговые и цифровые.

Запланированное время для самостоятельного ознакомления: 8 час.

6. Преобразователи постоянного напряжения в переменное: инверторы напряжения (тока) в структурной схеме «АИН-АД».

Запланированное время для самостоятельного ознакомления: 10 час.

7. Импульсные преобразователи на СПП: IGBT- транзисторах, GTO- тиристорах.

Запланированное время для самостоятельного ознакомления: 4 час.

8. Построение структурных схем электропривода, моделирование управляемого электропривода в системе Matlab + Simulink.

Запланированное время для самостоятельного ознакомления: 9 час.

9. Электромагнитная совместимость, особенности проектирования преобразователей (устройств) на СПП и систем управления электроприводами от микроЭВМ.

Запланированное время для самостоятельного ознакомления: 5 час.

10. Объемный гидропривод, классификация и характеристики.

Запланированное время для самостоятельного ознакомления: 4 час.

11. Объемные насосы и их характеристики, особенности применения.

Запланированное время для самостоятельного ознакомления: 4 час.

12. Насосы подачи смазочно-охлаждающей жидкости.

Запланированное время для самостоятельного ознакомления: 4 час.

13. Качество управления электро- и гидроприводом.

Запланированное время для самостоятельного ознакомления: 4 час.

Самостоятельная подготовка студентов к каждому лабораторному занятию заключается в ознакомлении с методическими указаниями к выполнению лабораторных работ по данной дисциплине, а также в подготовке протокола работы.

Запланированное время для самостоятельной подготовки: 17 час.

Самостоятельная подготовка студентов к практическим занятиям заключается в ознакомлении с методическими указаниями к выполнению практических работ на тему: Расчет частотно-регулируемого электропривода мехатронных систем.

Запланированное время для самостоятельной подготовки: 17 час.

Курсовое проектирование в рамках данной дисциплины не предусмотрено.

При подготовке к рейтинговому контролю запланированное время для самостоятельной подготовки: 8 час.

Для итогового контроля запланировано 36 часов.

В учебных семестрах предусмотрены по два рубежных контроля знаний, позволяющие по разработанной в ДГТУ технологии, объективно оценить усвоение соответствующих разделов курса на основе оценки в баллах. По результатам рубежных контролей и ответов студента при итоговом контроле формируются итоговые оценки.



## 2. Рекомендации по использованию материалов учебно-методического комплекса

По каждому виду занятий разработано соответствующее методическое обеспечение, включающее: методические указания к выполнению лабораторных работ, методические указания к выполнению практических работ, а также методические указания к самостоятельной работе студента.

Методические указания к выполнению лабораторных работ содержат исходные данные, задания, порядок выполнения работы, требования к содержанию отчета и контрольные вопросы к защите лабораторной работы.

Практические работы по дисциплине "Электрические и гидравлические приводы мехатронных и робототехнических систем" проходят в форме семинарских занятий в соответствии с методическими указаниями.

Пользуясь методическими указаниями, следует избегать формализованного подхода к выполнению лабораторных и практических работ, основанного лишь на повторении последовательности действий, приводящих к конечному результату, без понимания самой сущности поставленных задач.

## 3. Рекомендации по работе с литературой

Работу с литературой следует начинать со знакомства с картой методического обеспечения дисциплины (см. приложение А данных рекомендаций или раздел 6 рабочей программы дисциплины), в которой перечислены основная, дополнительная литература и издания, необходимые для работы на лабораторных и практических занятиях, самостоятельной работы.

Каждый из разделов тематического плана дисциплины (см. раздел 3 рабочей программы) снабжен ссылками на источники, что значительно упрощает поиск необходимой информации.

Выбрав нужный источник, следует найти интересующий раздел по оглавлению или алфавитному указателю, а также одноименный раздел собственного конспекта лекций.

Особое внимание следует уделить приводимым методическим рекомендациям по выполнению практических работ и соответствующим комментариям.

В случае возникших затруднений следует обратиться к другим источникам, где изложение может оказаться более доступным.

Необходимо отметить, что работа с литературой не только полезна как средство более глубокого изучения любой дисциплины, но и является неотъемлемой частью профессиональной деятельности будущего специалиста.

#### 4. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

##### Компетенции по ФГОС

	Код направления	Перечень компетенций направления
ОК	15.03.06	Способность к самоорганизации и самообразованию (ОК-7)
ОПК	15.03.06	<p>Владение физико-математическим аппаратом, необходимым для описания мехатронных и робототехнических систем (ОПК-2).</p> <p>Владение современными информационными технологиями, готовностью применять современные средства автоматизированного проектирования и машинной графики при проектировании систем и их отдельных модулей, а также для подготовки конструкторско-технологической документации, соблюдать основные требования информационной безопасности (ОПК-3).</p>
ПК	15.03.06	<p>Способностью составлять математические модели мехатронных и робототехнических систем, их подсистем и отдельных элементов и модулей, включая информационные, электромеханические, гидравлические, электрогидравлические, электронные устройства и средства вычислительной техники (ПК-1).</p> <p>Способностью разрабатывать экспериментальные макеты управляющих, информационных и исполнительных модулей мехатронных и робототехнических систем и проводить их экспериментальное исследование с применением современных информационных технологий</p>



		<p>(ПК-3). Способностью проводить эксперименты на действующих макетах, образцах мехатронных и робототехнических систем по заданным методикам и обрабатывать результаты с применением современных информационных технологий и технических средств (ПК-5). Способностью проводить вычислительные эксперименты с использованием стандартных программных пакетов с целью исследования математических моделей мехатронных и робототехнических систем (ПК-6). Способность производить расчеты и проектирование отдельных устройств и подсистем мехатронных и робототехнических систем с использованием стандартных исполнительных и управляющих устройств, средств автоматики, измерительной и вычислительной техники в соответствии с техническим заданием (ПК-11). Способность разрабатывать конструкторскую и проектную документацию механических, электрических и электронных узлов мехатронных и робототехнических систем в соответствии с имеющимися стандартами и техническими условиями (ПК-12).</p>
--	--	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Указанные выше компетенции реализуются в частности:

ОК-7 – во всех видах самостоятельной работы студента;

ОПК-2 – в лекционном материале, в методических указаниях к практическим занятиям, при выполнении практических работ, при выполнении лабораторных работ;

ОПК-3 – при выполнении практических работ;

ПК-1 – в лекционном материале, в методических указаниях к практическим занятиям, при выполнении лабораторных и практических работ;

ПК-3 – в лекционном материале, в методических указаниях к лабораторным работам, при выполнении лабораторных работ;

ПК-5 – в методических указаниях к лабораторным работам, при выполнении лабораторных работ;

ПК-6 – в методических указаниях к лабораторным работам и к практическим занятиям, при выполнении лабораторных работ, при выполнении практических работ;

ПК-11 – в методических указаниях к практическим занятиям, при выполнении практических работ;

ПК-12 – при выполнении практических работ.

## 5. Подготовка к экзамену

Подготовка к экзамену является завершающим этапом в изучении дисциплины, однако подготовку следует начинать с первой лекции и с первого лабораторного и практического занятия, поскольку знания, умения и навыки формируются в течение всего периода, предшествующего экзаменационной сессии.

Тем не менее, обязательным при подготовке к контрольным мероприятиям является повторение теоретического материала по конспекту лекций и выбранному учебнику, выполнение всех лабораторных работ с последующей их защитой.

Для самопроверки разработаны контрольные вопросы, которые находятся в приложении Б данных рекомендаций.

## 6. Формы текущего, промежуточного, рубежного и итогового контроля

### 6.1 Текущий контроль

Текущий контроль охватывает все организационные составляющие работы студентов на лекциях, лабораторных занятиях, практических занятиях, и самостоятельную работу.

В течение каждой лекции преподаватель задает слушателям вопросы на тему изложенного материала, что позволяет оценить уровень усвоения каждым студентом и потоком в целом. Также контролируется посещаемость лекционных занятий.

На лабораторных занятиях контролируется степень выполнения задания лабораторных работ. На практических занятиях контролируется посещение и участие студента при рассмотрении изучаемого материала. Эффективность самостоятельной работы оценивается при собеседовании во время проведения итогового контроля, а также при защите отчетов по лабораторным и практическим работам.



## 6.2 Рубежный контроль

В соответствии с принятой в ДГТУ формой организации учебного процесса, рубежный контроль осуществляется дважды в учебном семестре и призван оценить посещаемость и работу студентов на лекционных занятиях, а также текущие успехи при выполнении лабораторных и практических работ. Второй рейтинговый контроль проводится в форме автоматизированного тестового контроля в вычислительной лаборатории кафедры с использованием программного средства, разработанного на кафедре. Вопросы тестовых заданий охватывают все дидактические единицы тематического плана лекционных, практических и лабораторных занятий. Высокая вариативность тестовых заданий позволяет объективно оценивать знания студентов.

## 6.3 Итоговый контроль

Итоговый контроль проводится в виде зачета в конце 5-го семестра и экзамена в конце 6-го семестра. Зачет по курсу «Электрические и гидравлические приводы мехатронных и робототехнических систем» проводится при условии выполнения студентом всех лабораторных работ, проводимых с помощью моделирования процессов на виртуальной лабораторной установке, с последующей их успешной защитой. Также зачет предусматривает выполнение первой части практических работ, ответ на два теоретических вопроса из перечня контрольных вопросов за первый семестр (см. приложение Б данных рекомендаций), и собеседование, в ходе которого устанавливается степень освоения дисциплины.

Экзамен по курсу «Электрические и гидравлические приводы мехатронных и робототехнических систем» проводится при условии выполнения студентом всех лабораторных и практических работ и предусматривает ответ на три теоретических вопроса из перечня контрольных вопросов за второй семестр (см. приложение В данных рекомендаций), и собеседование, в ходе которого устанавливается степень освоения дисциплины.

Уровни и критерии итоговой оценки результатов освоения дисциплины

Уровни	Критерии выполнения заданий ОС	Итоговый балл	Итоговая оценка
Недостаточный	Имеет представление о содержании дисциплины, но не знает: -буквенно-цифровые обозначения в электрических, гидравлических схемах, правила выполнения электрических, гидрав-	Менее 41	Неудовлетворительно (не зачет)

## Робототехника и мехатроника

		лических схем, принципа работы исполнительного устройства (МПТ, АД и гидромотора, гидрораспределителя и т.п.) приводов М и РТС.		
Базовый		Знает законы формирования момента на валу ДПТ, АД и др. преобразователей электроэнергии, физические свойства рабочих сред гидропривода; воспроизводит основные положения и соотношения в приводах, приводит некоторые математические зависимости (соотношения) по материалу дисциплины и в соответствии с заданием, применяет их для выполнения типового задания.	41 -60	Удовлетворительно (зачет)
Повышенный	ПУ 1	Знает, понимает основные положения дисциплины, хорошо обосновывает физические процессы работы основных исполнительных устройств (электродвигателей и гидродвигателей), регулирующей и управляющей аппаратуры; показывает необходимость использования СВТ для проектирования функциональных схем, исследования электрических и гидравлических приводов М и РТС.	61 -80	Хорошо
	ПУ 2 (продвинутый)	Знает задачи дисциплины, умеет применять математические зависимости для пояснения процессов в исследуемом электро- гидроприводе (модуле, устройстве) М и РТС; показывает умение применять их для выполнения расчетов по тексту задания, предлагает свои решения и способы исследования (электро- гидропривода) на компьютере с применением программного пакета. Способен анализировать результаты исследования и аргументировать их.	81 - 100	Отлично



## Приложение А

### Учебно-методическое и программно-информационное обеспечение

№	Автор	Название	Издатель-ство	Гриф издания	Год из-дания	Кол-во в библио-теке	Доступ-ность
1	2	3	4	5	6	7	8
<b>6.1 Основная литература</b>							
1.1	Алексеев К.Б., Палагута К.А.	Микроконтроллерное управление электроприводом	МГИУ. Москва	-	2008	1	-
1.2	Карнаухов Н.Ф.	Частотно-управляемый асинхронный электропривод мехатронных систем	Издательский центр ДГТУ	УМО	2009	30	На сервере кафедры
1.3	Карнаухов Н.Ф.	Электромеханические и мехатронные системы	«Феникс» Ростов-на-Дону	УМО	2006	35	На сервере кафедры
<b>6.2 Дополнительная литература</b>							
2.1	Розанов Ю.К., Соколова Е.М.	Электронные устройства электромеханических систем	«Academa» М.	УМО	2004	10	-
2.2	Воронин	Силовые полупроводниковые ключи:	Изд. дом	-	2005	3	-



	П.А.	семейства, характеристики, применения	«Додэка-ХХI». М.				
2.3	Костиков В.Г., Парфенов Е.М., Шахнов В.А.	Источники электропитания электронных средств. Схемотехника и конструирование	«Горячая линия- Телеком». М.	УМО	2001	3	-
2.4	Герман-Галкин С.Г.	Компьютерное моделирование полупроводниковых систем в Matlab 6.0	СП.б.- Корона принт	-	2001	3	-
2.5	Карнаухов Н.Ф.	Электромеханические модули мехатронных систем. Основы расчета и проектирования	Изд. центр ДГТУ. Ростов-на-Дону		2001	25	На сервере кафедры
<b>6.3 Периодические издания</b>							
3.1	Журналы:	«Мехатроника, автоматизация, управление»; «Интеллектуальные системы в производстве».		-	2011-2012	3	-
<b>6.4 Лабораторные занятия</b>							
4.1	Карнаухов Н.Ф.	Исследование машины постоянного тока с независимым возбуждением	ДГТУ. ЦДО	-	2015	-	На сервере кафедры
4.2	Карнаухов Н.Ф.	Исследование трехфазной асинхронной машины с короткозамкнутым ротором	ДГТУ. ЦДО	-	2015	-	На сервере кафедры



4.3	Карнаухов Н.Ф.	Исследование трехфазной магнитоэлектрической синхронной машины в двигательном режиме	ДГТУ. ЦДО	-	2015	-	На сервере кафедры
4.4	Карнаухов Н.Ф.	Исследование однофазного трансформатора	ДГТУ. ЦДО	-	2015	-	На сервере кафедры
4.5	Карнаухов Н.Ф.	Исследование системы импульсно-фазового управления тиристорного преобразователя	ДГТУ. ЦДО	-	2015	-	На сервере кафедры
4.6	Карнаухов Н.Ф.	Исследование тиристорного преобразователя с двигателем постоянного тока	ДГТУ. ЦДО	-	2015	-	На сервере кафедры
4.7	Карнаухов Н.Ф.	Исследование широтно-импульсного преобразователя по схеме ШИП-ДПТ	ДГТУ. ЦДО	-	2015	-	На сервере кафедры
4.8	Карнаухов Н.Ф.	Определение коэффициентов энергетической эффективности неуправляемого преобразователя для схемы «ШИП-ДПТ»	ДГТУ. ЦДО	-	2015	-	На сервере кафедры
<b>6.5 Практические занятия</b>							
5.1	Карнаухов Н.Ф.	Расчет частотно-регулируемого электропривода мехатронных систем	ДГТУ. ЦДО	-	2015	-	На сервере кафедры
<b>6.6 Самостоятельная работа</b>							
6.1	Карнаухов Н.Ф.	Методические указания к самостоятельной работе по дисциплине «Электрические и гидравлические приводы мехатронных и робототехнических систем»	ДГТУ. ЦДО	-	2015	-	На сервере кафедры



## 6.7 Курсовая работа (проект) – не предусмотрены

## 6.8 Программно-информационное обеспечение. Интернет-Ресурсы

8.1	Москатов Е.А.	Электронная техника	<a href="http://www.moskatov.narod.ru/index.html">http://www.moskatov.narod.ru/index.html</a>	-	2004	-	+
8.2	Полуянович Н.К.	Силовая электроника	Таганрог. ЮФУ	-	2005	1	+
8.3	Сайты mehatronik.ru, Roboklub.ru						+
8.4	Пакеты прикладных программ Matlab + Simulink, MatCad						На сервере кафедры

## 6.9. Программно-информационные обучающие материалы

6.9.1. Электронный вариант основных учебных пособий по указанной дисциплине.

6.9.2. Электронный вариант конспекта лекций.

6.9.3. Электронный вариант лабораторных работ.

6.9.4. Тестовый контроль с применением ЭВМ.



## Приложение Б

1. Обобщенная структура МС с использованием различных видов энергии.

2. ЭМС как совокупность силовых и информационных элементов, взаимодействующих по определенному алгоритму.

3. Исполнительный двигатель постоянного тока (ДПТ). Принцип работы. Основные уравнения двигательного режима.

4. Генераторный режим МПТ. Коэффициент передачи. Особенности применения в САУ.

5. Уравнение механической характеристики МПТ. Вывод, анализ.

6. Понятие коммутации МПТ. Физическое обоснование процесса коммутации.

7. Вентильный двигатель в приводах М и РТС. Принцип работы, внешний коммутатор: задачи, решаемые внешним ВК совместно с ДПР.

8. Вентильные двигатели (ВД) с изменяемой структурой.

9. Секционирование обмоток ВД, принцип регулирования момента на валу.

10. Вентильно-индукторный двигатель (ВИД), принцип работы, анализ работы электрической схемы, формирование момента на валу ВИД.

11. Импульсное регулирование скорости ДПТ. Способы управления. Основные соотношения регулируемых параметров для неререверсивного преобразователя (ШИП).

12. Ререверсивный импульсный преобразователь на транзисторах в системе «ШИП-ДПТ».

13. Электромагнитные процессы в силовом контуре системы «ШИП-ДПТ», «сброс» электромагнитной энергии в момент паузы.

14. Тормозные режимы работы ДПТ: генераторный режим, режим динамического торможения, режим противовключения.

15. Асинхронные трехфазные двигатели переменного тока, принципы работы. Схема замещения АД: анализ влияния параметров на работу АД в приводах МС. Векторная диаграмма пуска АД, анализ.

16. Линейные асинхронные двигатели (ЛАД): принцип работы, особенности управления.

17. Пьезодвигатели (ПД), принцип работы. Особенности применения ПД в МС. Механические характеристики ПДВ.



## Приложение В

1. Виды замкнутых систем управления электроприводами, гидроприводами М и РТС.
2. ЭМС как совокупность силовых и информационных элементов, взаимодействующих по определенному алгоритму.
3. Усилительно-преобразовательные устройства (УПУ), работающие на исполнительный двигатель постоянного тока (ДПТ). Принцип работы системы УПУ-ИД. Основные уравнения двигателя в системе УПУ-ИД.
4. Генераторный режим МПТ. Коэффициент передачи. Особенности применения такого режима работы в замкнутой системе САУ.
5. Уравнение механической характеристики МПТ с обратной связью. Вывод, анализ.
6. Особенности работы нереверсивного ТП с МПТ в зоне прерывистых (ЗПТ) и непрерывных токов (ЗНТ).
7. Система управления вентильным двигателем в приводах М и РТС. Принцип работы внешнего коммутатора по формированию момента на валу ВИД, внешний коммутатор: задачи, решаемые внешним ВК совместно с ДПР.
8. Системы импульсно-фазового управления (СИФУ) тиристорными преобразователями ТП, организация формирования импульсов управления тиристорами.
9. Цифровые системы импульсно-фазового управления (ЦСИФУ): особенности построения и функционирования при управлении МС.
10. Требования, предъявляемые к СИФУ по формированию импульсов управления.
11. Нереверсивный тиристорный преобразователь (ТП) приводов МС.
12. Реверсивный тиристорный преобразователь МС. Особенности построения и работы. Закон управления ТП совместного (согласованного) управления.
13. Формирование выходной характеристик «вход-выход» реверсивного ТП, особенности смещения характеристик при изменении начального угла управления.
14. Импульсное регулирование скорости ДПТ. Способы управления. Основные соотношения регулируемых параметров для нереверсивного преобразователя (ШИП).
15. Реверсивный импульсный преобразователь на транзисторах в системе «ШИП-ДПТ».



16. Тиристорный электропривод МС с отдельным управлением ТП. Особенности формирования выходной характеристики.