



ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
УПРАВЛЕНИЕ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ И ПОВЫШЕНИЯ  
КВАЛИФИКАЦИИ

Кафедра «Робототехника и мехатроника»

**Учебно-методическое пособие**  
по изучению дисциплины  
**«Электронные устройства**  
**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 .....	6
3. Рекомендации по работе с литературой .....	6
4. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины .....	7
5. Подготовка к экзамену.....	9
6. Формы текущего, промежуточного, рубежного и итогового контроля.....	9
Приложение А Учебно-методическое и программно-информационное обеспечение.....	12
9 Программно–информационные обучающие материалы .....	16
Приложение Б Вопросы к итоговому контролю.....	17

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

Изучение дисциплины «Электронные устройства мехатронных и робототехнических систем» (форма и срок освоения ООП: очная, нормативный) включает:

лекционный курс	- 18 час.;
лабораторные занятия	- 18 час.;
практические занятия	- 18 час.;
самостоятельную работу	- 54 час.

Формы контроля:

Экзамен в 5 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.

Лабораторные занятия по дисциплине «Электронные устройства мехатронных и робототехнических систем» посвящены изучению принципа работы операционного усилителя, возможных построений схем устройств автоматики, усиления сигналов, регуляторов, оптоэлектроники (с помощью лабораторного стенда); понижающего регулятора постоянного напряжения при работе на активно-ёмкостную нагрузку (с помощью моделирования процессов на виртуальной лабораторной установке); биполярного транзистора с изолированным затвором (IGBT) (с помощью моделирования процессов на виртуальной лабораторной установке); трехфазного двухполупериодного управляемого выпрямителя (с помощью моделирования процессов на виртуальной лабораторной установке).

Практические занятия по дисциплине «Электронные устройства мехатронных и робототехнических систем» посвящены проектированию маломощного источника питания с заданными выходными характеристиками для мехатронных и робототехнических систем.

Самостоятельная работа в рамках дисциплины «Электронные устройства мехатронных и робототехнических систем» предусматривает рассмотрение студентами следующих тем.

1. Силовые полупроводниковые приборы (СПП): биполярные транзисторы, тиристоры.

Запланированное время для самостоятельного ознакомления: 6 час.

2. Влияние температуры на параметры СПП и их тепловые характеристики.

Запланированное время для самостоятельного ознакомления: 6 час.

3. Исполнительные устройства М и РТС на базе машины постоянного тока (МПТ): статические характеристики и параметры регулирования. Моделирование в системе Matlab + Simulink.

Запланированное время для самостоятельного ознакомления: 6 час.

4. Формирование электромагнитных процессов и механических характеристик в трехфазном асинхронном двигателе (АД).

Запланированное время для самостоятельного ознакомления: 6 час.

5. Асинхронный двигатель как звено системы автоматического управления, определение параметров структурной схемы «АИН-АД), особенности моделирования структуры в системе Matlab + Simulink.

Запланированное время для самостоятельного ознакомления: 8 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: 8 час.

Самостоятельная подготовка студентов к практическим занятиям заключается в ознакомлении с методическими указаниями к выполнению практических работ на тему: Проектирование малоомощного источника питания с заданными выходными характеристиками для мехатронных и робототехнических систем.

Запланированное время для самостоятельной подготовки: 8 час.

При подготовке к рейтинговому контролю запланированное время для самостоятельной подготовки: 6 час.

Для итогового контроля запланировано 36 часов.

В учебном семестре предусмотрено 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 «Электронные устройства 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**

У студентов, завершивших изучение дисциплины «Электронные устройства мехатронных и робототехнических систем», должны быть сформированы следующие общекультурные, общепрофессиональные и профессиональные компетенции.

Компетенции по ФГОС

	Код направления	Перечень компетенций направления
ОК	15.03.06	Способность к самоорганизации и самообразованию (ОК-7)
ОПК	15.03.06	Владение физико-математическим аппаратом, необходимым для описания мехатронных и робототехнических систем (ОПК-2). 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).
ПК	15.03.06	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). Способностью разрабатывать экспериментальные макеты управляющих, информационных и исполнительных модулей мехатронных и робототехнических

		<p>систем и проводить их экспериментальное исследование с применением современных информационных технологий (ПК-3).</p> <p>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).</p> <p>Способностью проводить вычислительные эксперименты с использованием стандартных программных пакетов с целью исследования математических моделей мехатронных и робототехнических систем (ПК-6).</p> <p>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).</p> <p>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, при выполнении лабораторных 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 и практических 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 соответствие 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 экзамена в конце 4-го семестра. Экзамен по курсу «Электронные устройства мехатронных и робототехнических систем» проводится при условии выполнения студентом всех лабораторных и практических работ и предусматривает ответ на три теоретических вопроса, и собеседование, в ходе которого устанавливается степень освоения дисциплины.

Уровни и критерии итоговой оценки результатов освоения дисциплины

Уровни	Критерии выполнения заданий ОС	Итоговый семестровый балл	Итоговая оценка
Недостаточный	Имеет представление о содержании дисциплины, но не знает: -буквенно-цифровые обозначения в электрических схемах, правила выполнения электрических схем, принципа работы электронного устройства М и РТС.	Менее 41	Неудовлетворительно (не зачет)
Базовый	Знает и воспроизводит основные положения, приводит некоторые математические зависимости (соотношения) по материалу дисциплины	41 -60	Удовлетворительно



		плины и в соответствии с заданием, применяет их для выполнения типового задания.		(зачет)
Повышенный	ПУ 1	Знает, понимает основные положения дисциплины, хорошо обосновывает физические процессы работы полупроводниковых приборов и устройств, показывает необходимость использования вычислительной техники для проектирования функциональных схем, исследования электронных устройств.	61 -80	Хорошо
	ПУ 2 (продвинутый)	Знает задачи дисциплины, умеет применять математические зависимости для пояснения процессов в исследуемом электронном устройстве (модуле) М и РТС, показывает умение применять их для выполнения расчета по тексту задания, предлагает свои решения и способы исследования на компьютере электронного устройства с применением типового программного пакета. Способен анализировать результаты исследования и аргументировать их.	81 - 100	Отлично



## Приложение А

### Учебно-методическое и программно-информационное обеспечение

№	Автор	Название	Издательство	Гриф издания	Год издания	Кол-во в библиотеке	Доступность
1	2	3	4	5	6	7	8
<b>1 Основная литература</b>							
1.1	Карнаухов Н.Ф.	Частотно-управляемый асинхронный электропривод мехатронных систем	Издательский центр ДГТУ	УМО	2009	30	На сайте кафедры
1.2	Карнаухов Н.Ф.	Электромеханические и мехатронные системы	«Феникс» Ростов-на-Дону	УМО	2006	35	На сайте кафедры
1.3	Карнаухов Н.Ф.	Оптоэлектроника систем передачи информации	Издательский центр ДГТУ	-	2012	35	На сайте кафедры
1.4	Розанов Ю.К., Соколова Е.М.	Электронные устройства электромеханических систем	«Academa» М.	УМО	2004	10	-
1.5	Воронин П.А.	Силовые полупроводниковые ключи: семейства, характеристики, применения	Изд. дом «Додэка-XXI». М.	-	2005	3	-
<b>2 Дополнительная литература</b>							
2.1	Костилов	Источники электропита-	«Горячая линия- Те-	УМО	2001	3	-

## Робототехника и мехатроника

	В.Г., Парфенов Е.М., Шахнов В.А.	ния электронных средств. Схемотехника и конструирование	леком». М.				
2.2	Герман-Галкин С.Г.	Компьютерное моделирование полупроводниковых систем в Matlab 6.0	СП.б.- Корона принт	-	2001	3	-
2.3	Карнаухов Н.Ф.	Электромеханические модули мехатронных систем. Основы расчета и проектирования	Изд. Центр ДГТУ. Ростов-на-Дону		2001	25	На сайте кафедры
2.4	Тугенгольд А.К, Богуславский И.В. и др.	Введение в мехатронику, кн.1	Изд. Центр ДГТУ. Ростов-на-Дону	УМО	1999	10	-
2.5	Тугенгольд А.К, Богуславский И.В. и др.	Введение в мехатронику, кн.2.	Изд. Центр ДГТУ. Ростов-на-Дону	-	2000	5	-
<b>3 Периодические издания</b>							
3.1	Журналы:	«Мехатроника, автоматизация, управление»;		-	2012	3	-

		«Интеллектуальные системы в производстве».					
4 Лабораторные занятия							
4.1	Карнаухов Н.Ф., Мартынов В.В.	Операционные усилители в оптоэлектронных устройствах мехатронных и робототехнических систем, системах передачи информации	ДГТУ. ЦДО	-	2015	-	
4.2	Карнаухов Н.Ф.	Исследование понижающего регулятора постоянного напряжения	ДГТУ. ЦДО	-	2015		
4.3	Карнаухов Н.Ф.	Исследование биполярного транзистора с изолированным затвором (IGBT) импульсных преобразователей напряжения	ДГТУ. ЦДО	-	2015		
4.4	Карнаухов Н.Ф.	Исследование трехфазного двухполупериодного управляемого выпрямителя	ДГТУ. ЦДО	-	2015		
5 Практические занятия							
5.1	Карнаухов Н.Ф.	Проектирование маломощного источника питания с заданными	ДГТУ. ЦДО	-	2015		

		выходными характеристиками для мехатронных и робототехнических систем					
6 Самостоятельная работа							
6.1	Карнаухов Н.Ф.	Методические указания к самостоятельной работе по дисциплине «Электронные устройства мехатронных и робототехнических систем»	ДГТУ. ЦДО	-	2015		
7 Курсовая работа (проект) – не предусмотрены							
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	1	+
8.2	Полуянович Н.К.	Силовая электроника	Таганрог. ЮФУ		2005	1	-
8.3	Сайты mehatronik.ru, Robotklub.ru						+
8.4	Пакеты прикладных программ Matlab						На сервере кафедры



	+ Simulink, MatCad						
--	-----------------------	--	--	--	--	--	--

## 9 Программно–информационные обучающие материалы

9.1 Электронный вариант основных учебных пособий по данной дисциплине.

9.2 Электронный вариант конспекта лекций.

9.3 Электронный вариант методических указаний к выполнению лабораторных работ.

9.4 Электронный вариант методических указаний к выполнению практических работ.

9.5 Тестовый контроль с применением ЭВМ.



## Приложение Б

### Вопросы к итоговому контролю

1. Понятие обобщенной структуры ЭУ М и РТС. Энергетический и информационный каналы. Назначение датчиков и электронных узлов для функционирования схемы управления.

2. Операционные усилители в схемах ЭУ М и РТС. Назначение, схемы включения. Особенности применения в ЭУ. Влияние помех. Формирование Эл. узлов: П, ПИ, ПИД- регуляторов, решаемые задачи в системах управления.

3. Полупроводниковая элементная база силовых электронных устройств М и РТС. Тиристоры: принцип работы, вольтамперные характеристики, важнейшие параметры.

4. Повышение надежности работы электронных устройств на тиристорах. Задачи проектирования ЭУ.

5. Параллельное соединение СПП в в устройствах преобразования электроэнергии. Принцип построения силовых схем, особенности режимов работы СПП. Выравнивание токов в параллельных цепях контура нагрузки.

6. Последовательное соединение СПП (тиристоров, диодов): включение РС - цепочек, назначение, особенности формирования статических и динамических режимов работы СПП.

7. Электронные выключатели, переключатели переменного тока (на тиристорах, симисторах). Принцип естественной коммутации (ТКЕ) тока нагрузки в ЭУ.

8. Электронные устройства с принудительной коммутацией тока силовых цепей. Принцип работы (ТКИ), примеры построения ЭУ (прерывателей) цепей постоянного тока.

9. Электронные узлы управления СПП: тиристорами, транзисторами (примеры построения и расчета)

10. Ключевые элементы схем ЭУ: транзисторы, (П-N-P и N -P -N) - переходы . Схемы включения биполярных транзисторов: с общей базой, общим эмиттером, общим коллектором. Основные соотношения токов в цепях нагрузки и управления. Коэффициенты усиления транзисторов для указанных схем включения.

11. Режимы работы транзисторов: А, В и др. Отличие режимов при формировании сигналов управления и нагрузки. Нагрузочная характеристика транзистора. Определение коэффициента усиления транзистора  $\beta$  по входным и выходным характеристикам транзистора (пример расчета).

12. Параллельное включение транзисторов, особенности режимов работы в силовых схемах, особенности проектирования.

13. Стабилитроны в схемах ЭУ: особенности включения, режимы работы, характеристики. Параметрические стабилизаторы ЭУ М и РТС.

14. Компенсационные стабилизаторы в ЭУ: принцип построения, режимы работы при колебании входного напряжения питания нагрузки.

15. Импульсные регуляторы напряжения постоянного тока. Принцип ШИМ-управления ключами импульсного преобразователя нереверсивного типа. Особенности режимов работы импульсных преобразователей реверсивного типа. Способы защиты ключевых элементов от коммутационных перенапряжений в ИП.

16. Расчет сетевого трансформатора источника питания ЭУ: основные соотношения электрических величин: коэффициент трансформации напряжения (тока), КПД. Потери в трансформаторе и их характеристики.

17. Особенности фильтрации выпрямленного напряжения и расчета важнейших узлов схемы стабилизатора.

18. Принцип работы фильтра выходного выпрямленного напряжения на транзисторах, коэффициент пульсации и требования к уровню пульсаций в ЭУ М и РТС.

19. Полевые транзисторы, вольт-амперные характеристики, применение.

20. IGBT - транзисторы, принцип работы, характеристики.