МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ
УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ»
(ТУСУР)

УТВЕРЖДАЮ
Директор департамента образования
_____ П. Е. Троян
«___» _____ 20__ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Энергетическая электроника

Уровень образования: **высшее образование - бакалавриат**
Направление подготовки / специальность: **11.03.04 Электроника и наноэлектроника**
Направленность (профиль) / специализация: **Промышленная электроника**
Форма обучения: **очная**
Факультет: **ФЭТ, Факультет электронной техники**
Кафедра: **ПрЭ, Кафедра промышленной электроники**
Курс: **4**
Семестр: **7, 8**
Учебный план набора 2018 года

Распределение рабочего времени

№	Виды учебной деятельности	7 семестр	8 семестр	Всего	Единицы
1	Лекции	20	0	20	часов
2	Практические занятия	20	0	20	часов
3	Лабораторные работы	16	0	16	часов
4	Курсовая работа (проект)	0	36	36	часов
5	Всего аудиторных занятий	56	36	92	часов
6	Самостоятельная работа	88	72	160	часов
7	Всего (без экзамена)	144	108	252	часов
8	Подготовка и сдача экзамена	36	0	36	часов
9	Общая трудоемкость	180	108	288	часов
		5.0	3.0	8.0	З.Е.

Экзамен: 7 семестр
Курсовая работа (проект): 8 семестр

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Шелупанов А.А.
Должность: Ректор
Дата подписания: 20.12.2017
Уникальный программный ключ:
c53e145e-8b20-45aa-9347-a5e4dbb90e8d

Томск 2018

Согласована на портале № 32026

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры
протокол № 50 от « 26 » 4 2018 г.

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рабочая программа дисциплины составлена с учетом требований федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки (специальности) 11.03.04 Электроника и наноэлектроника, утвержденного 12.03.2015 года, рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ПрЭ «___» _____ 20__ года, протокол №_____.

Разработчик:

профессор Каф. ПРЭ _____ Г. Я. Михальченко

Заведующий обеспечивающей каф.
ПрЭ _____ С. Г. Михальченко

Рабочая программа дисциплины согласована с факультетом и выпускающей кафедрой:

Декан ФЭТ _____ А. И. Воронин

Заведующий выпускающей каф.
ПрЭ _____ С. Г. Михальченко

Эксперты:

доцент Каф. ФЭ _____ И. А. Чистоедова

профессор каф. ПРЭ _____ Н. С. Легостаев

Согласована на портале № 32026

1. Цели и задачи дисциплины

1.1. Цели дисциплины

– подготовить обучаемого к практической деятельности в области электроники, привить ему умение пользоваться современным программным обеспечением для быстрого получения результатов сложных вычислений;

– сформировать навыки расчета, моделирования и практической работы с силовыми полупроводниковыми и электромеханическими преобразователями;

– освоить методы сквозного проектирования электронных схем и силовых полупроводниковых устройств в современных САПР;

– оснастить студентов удобным современным инструментарием для научных, инженерных и практических расчетов;

– ознакомиться с базисом научных и технических проблем, связанных с разработкой нового поколения систем преобразования энергии, применяемых в электротехнических комплексах различного назначения.

1.2. Задачи дисциплины

– изучение способов преобразования потоков энергии и информации, приобретение навыков практической работы с силовыми полупроводниковыми и электромеханическими преобразователями;

– рассмотрение базовых топологий устройств силовой электроники (Power Electronics), создаваемых на основе MOSFET и JGBT-транзисторов с прямым цифровым управлением;

– ознакомление с наиболее популярными профессиональными пакетами автоматизированного проектирования электронных схем, выявление их специфики, назначения, их сильных и слабых сторон для обоснованного выбора того или иного имитационного пакета в процессе решения научных и профессиональных задач;

– на примере одного из пакетов (Asimec) детальное освоение предлагаемых современными САПР электронных схем возможностей, как в части численных расчетов, так и аналитических (символьных) вычислений;

– ознакомление учащихся с основными типовыми схемотехническими решениями построения драйверов и сенсорного оборудования.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Энергетическая электроника» (Б1.В.ОД.8.3) относится к блоку 1 (вариативная часть).

Предшествующими дисциплинами, формирующими начальные знания, являются: Энергетическая электроника, Аналоговая электроника, Магнитные элементы электронных устройств, Основы преобразовательной техники, Схемотехника, Теоретические основы электротехники, Теория автоматического управления, Цифровая и микропроцессорная техника, Электрические машины.

Последующими дисциплинами являются: Энергетическая электроника.

3. Требования к результатам освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

– ОПК-3 способностью решать задачи анализа и расчета характеристик электрических цепей;

– ПК-1 способностью строить простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения, а также использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования;

– ПК-6 способностью разрабатывать проектную и техническую документацию, оформлять законченные проектно-конструкторские работы;

В результате изучения дисциплины обучающийся должен:

– **знать** основные факты, базовые концепции, принципы, модели и методы в области силовых цепей и современные базовые технологии прямого цифрового управления; особенности

Согласована на портале № 32026

профессиональных средств автоматизированного проектирования электронных схем и прикладных математических пакетов.

– **уметь** делать стратегическую оценку решаемой схемотехнической задачи, основывающуюся на понимании цели разработки и представлении о путях и методах ее решения; применять возможности численных и аналитических расчетов, и средства имитационного моделирования для построения преобразователя энергии.

– **владеть** навыками работы с программными средствами с компьютерного моделирования физических и математических моделей приборов, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения.

4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 8.0 зачетных единицы и представлена в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Трудоемкость дисциплины

Виды учебной деятельности	Всего часов	Семестры	
		7 семестр	8 семестр
Аудиторные занятия (всего)	92	56	36
Лекции	20	20	
Практические занятия	20	20	
Лабораторные работы	16	16	
Курсовая работа (проект)	36		36
Самостоятельная работа (всего)	160	88	72
Выполнение курсового проекта (работы)	72		72
Оформление отчетов по лабораторным работам	32	32	
Проработка лекционного материала	24	24	
Подготовка к практическим занятиям, семинарам	32	32	
Всего (без экзамена)	252	144	108
Подготовка и сдача экзамена	36	36	
Общая трудоемкость, ч	288	180	108
Зачетные Единицы	8.0	5.0	3.0

5. Содержание дисциплины

5.1. Разделы дисциплины и виды занятий

Разделы дисциплины и виды занятий приведены в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Разделы дисциплины и виды занятий

Названия разделов дисциплины	Лек., ч	Прак. зан., ч	Лаб. раб., ч	Сам. раб., ч	Курс. раб., ч	Всего часов (без экзамена)	Формируемые компетенции
7 семестр							
1 Транзисторные преобразователи непосредственного типа	5	4	2	24	0	35	ОПК-3, ПК-1, ПК-6
2 Практическое использование	5	6	4	24	0	39	ОПК-3,

Согласована на портале № 32026

непосредственных преобразователей							ПК-1, ПК-6
3 Автономные однофазные инверторы	5	4	2	20	0	31	ОПК-3, ПК-1, ПК-6
4 Трехфазные автономные инверторы	5	6	8	20	0	39	ОПК-3, ПК-1, ПК-6
Итого за семестр	20	20	16	88	0	144	
8 семестр							
5 Проектирование устройств силовой электроники	0	0	0	72	36	72	ОПК-3, ПК-1, ПК-6
Итого за семестр	0	0	0	72	36	108	
Итого	20	20	16	160	36	252	

5.2. Содержание разделов дисциплины (по лекциям)

Содержание разделов дисциплин (по лекциям) приведено в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Содержание разделов дисциплин (по лекциям)

Названия разделов	Содержание разделов дисциплины по лекциям	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
7 семестр			
1 Транзисторные преобразователи непосредственного типа	Проблемы микроминиатюризации устройств энергетической электроники. Современная элементная база. Преобразователи понижающего типа.	1	ОПК-3, ПК-6, ПК-1
	Преобразователи с неполной глубиной модуляции. Многофазные преобразователи.	2	
	Преобразователи повышающего и инвертирующего типов. Принцип действия, режимы работы и основные соотношения.	2	
	Итого	5	
2 Практическое использование непосредственных преобразователей	Управление двигателями постоянного тока.	2	ОПК-3, ПК-6, ПК-1
	Системы электропитания необитаемых космических аппаратов. Преобразователи альтернативной энергетики.	2	
	Активные корректоры коэффициента мощности Принцип действия и основные соотношения.	1	
	Итого	5	
3 Автономные однофазные инверторы	Классификация автономных инверторов. Однофазный мостовой инвертор напряжения.	2	ОПК-3, ПК-6, ПК-1
	Фазосдвигаемые инверторы. Мягкая коммутация транзисторов.	2	

Согласована на портале № 32026

	Однофазный инвертор тока. Принцип действия, режимы работы и основные соотношения.	1	
	Итого	5	
4 Трехфазные автономные инверторы	Режимы работы трехфазных инверторов. Широтно-импульсная модуляция.	2	ОПК-3, ПК-1, ПК-6
	Регулирование частоты вращения электроприводов переменного тока. Преобразователи частоты в электроприводах.	2	
	Двойная модуляция энергетического потока.	1	
	Итого	5	
Итого за семестр		20	
Итого		20	

5.3. Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечивающими (предыдущими) и обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами

Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечивающими (предыдущими) и обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами представлены в таблице 5.3.

Таблица 5.3 – Разделы дисциплины и междисциплинарные связи

Наименование дисциплин	№ разделов данной дисциплины, для которых необходимо изучение обеспечивающих и обеспечиваемых дисциплин				
	1	2	3	4	5
Предшествующие дисциплины					
1 Энергетическая электроника	+	+	+	+	+
2 Аналоговая электроника	+	+	+	+	
3 Магнитные элементы электронных устройств	+	+	+	+	
4 Основы преобразовательной техники	+	+	+	+	
5 Схемотехника	+	+	+	+	
6 Теоретические основы электротехники	+	+	+	+	
7 Теория автоматического управления	+		+	+	
8 Цифровая и микропроцессорная техника	+	+	+	+	
9 Электрические машины		+	+	+	
Последующие дисциплины					
1 Энергетическая электроника	+	+	+	+	+

5.4. Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий

Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий представлено в таблице 5.4.

Согласована на портале № 32026

Таблица 5.4 – Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий

Компетенции	Виды занятий					Формы контроля
	Лек.	Прак. зан.	Лаб. раб.	Курс. раб. (пр.)	Сам. раб.	
ОПК-3	+	+	+	+	+	Отчет по индивидуальному заданию, Отчет по лабораторной работе, Опрос на занятиях, Защита курсовых проектов (работ), Тест, Отчет по курсовой работе, Отчет по практическому занятию
ПК-1	+	+	+	+	+	Отчет по индивидуальному заданию, Отчет по лабораторной работе, Опрос на занятиях, Защита курсовых проектов (работ), Тест, Отчет по курсовой работе, Отчет по практическому занятию
ПК-6	+	+	+	+	+	Отчет по индивидуальному заданию, Отчет по лабораторной работе, Опрос на занятиях, Защита курсовых проектов (работ), Тест, Отчет по курсовой работе, Отчет по практическому занятию

6. Интерактивные методы и формы организации обучения

Не предусмотрено РУП.

7. Лабораторные работы

Наименование лабораторных работ приведено в таблице 7.1.

Таблица 7.1 – Наименование лабораторных работ

Названия разделов	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
7 семестр			
1 Транзисторные преобразователи непосредственного типа	Исследование характеристик преобразователя понижающего типа.	2	ОПК-3, ПК-1
	Итого	2	
2 Практическое использование непосредственных преобразователей	Исследование характеристик преобразователя повышающего типа.	2	ОПК-3, ПК-1, ПК-6
	Исследование характеристик преобразователя инвертирующего типа.	2	
	Итого	4	
3 Автономные однофазные инверторы	Исследование характеристик однофазного автономного инвертора напряжения с различными нагрузками.	2	ОПК-3, ПК-6

Согласована на портале № 32026

	Итого	2	
4 Трехфазные автономные инверторы	Исследование характеристик трехфазного автономного инвертора напряжения с двигательной нагрузкой.	4	ПК-1, ПК-6, ОПК-3
	Имитационное моделирование системы: преобразователь частоты - электрическая машина.	4	
	Итого	8	
Итого за семестр		16	
Итого		16	

8. Практические занятия (семинары)

Наименование практических занятий (семинаров) приведено в таблице 8.1.

Таблица 8.1 – Наименование практических занятий (семинаров)

Названия разделов	Наименование практических занятий (семинаров)	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
7 семестр			
1 Транзисторные преобразователи непосредственного типа	Расчет потерь в силовых транзисторных ключах при прямоугольной форме тока.	4	ОПК-3, ПК-6
	Итого	4	
2 Практическое использование непосредственных преобразователей	Расчет потерь в полупроводниковых приборах при трапецеидальной форме тока.	6	ПК-1, ПК-6
	Итого	6	
3 Автономные однофазные инверторы	Расчет потерь в транзисторных преобразователях при квазисинусоидальной форме тока силовых приборов.	4	ОПК-3, ПК-1, ПК-6
	Итого	4	
4 Трехфазные автономные инверторы	Тепловой расчет полупроводниковых приборов.	6	ОПК-3, ПК-1
	Итого	6	
Итого за семестр		20	
Итого		20	

9. Самостоятельная работа

Виды самостоятельной работы, трудоемкость и компетенции представлены в таблице 9.1.

Таблица 9.1 – Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции

Названия разделов	Виды самостоятельной работы	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции	Формы контроля
7 семестр				
1 Транзисторные преобразователи	Подготовка к практическим занятиям,	8	ОПК-3, ПК-6,	Отчет по индивидуальному заданию, Тест

Согласована на портале № 32026

непосредственного типа	семинарам		ПК-1	
	Проработка лекционного материала	8		
	Оформление отчетов по лабораторным работам	8		
	Итого	24		
2 Практическое использование непосредственных преобразователей	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	8	ОПК-3, ПК-1, ПК-6	Отчет по индивидуальному заданию, Тест
	Проработка лекционного материала	8		
	Оформление отчетов по лабораторным работам	8		
	Итого	24		
3 Автономные однофазные инверторы	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	8	ПК-1, ПК-6, ОПК-3	Отчет по индивидуальному заданию, Тест
	Проработка лекционного материала	4		
	Оформление отчетов по лабораторным работам	8		
	Итого	20		
4 Трехфазные автономные инверторы	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	8	ОПК-3, ПК-6, ПК-1	Отчет по индивидуальному заданию, Тест
	Проработка лекционного материала	4		
	Оформление отчетов по лабораторным работам	8		
	Итого	20		
Итого за семестр		88		
	Подготовка и сдача экзамена	36		Экзамен
8 семестр				
5 Проектирование устройств силовой электроники	Выполнение курсового проекта (работы)	72	ОПК-3, ПК-1, ПК-6	Защита курсовых проектов (работ), Отчет по курсовой работе, Тест
	Итого	72		
Итого за семестр		72		
Итого		196		

10. Курсовая работа (проект)

Трудоемкость аудиторных занятий и формируемые компетенции в рамках выполнения курсовой работы (проекта) представлены таблице 10.1.

Согласована на портале № 32026

Таблица 10.1 – Трудоемкость аудиторных занятий и формируемые компетенции в рамках выполнения курсовой работы (проекта)

Наименование аудиторных занятий	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
8 семестр		
Проработка технического задания в соответствии с индивидуальным заданием.	4	ОПК-3, ПК-1, ПК-6
Разработка структурной схемы. Расчет параметров преобразователя. Выбор оборудования, силовых коммутационных приборов, реактивных элементов, моточных изделий.	8	
Разработка системы управления, алгоритмов управления ключами. Выбор контроллера микропроцессорной системы управления (МПСУ), разработка АЦП, ШИМ, тактирования, прерываний, таймеров, ИПСН. Программирование микроконторллера МПСУ.	8	
Имитационное моделирование преобразователя в САПР ASIMEC. Разработка схемы электрической принципиальной. Проектирование печатной платы	10	
Разработка печатной платы. Составление перечня элементов. Подготовка эскизной конструкторской документации.	4	
Оформление отчета. Создание презентации. Защита курсовой работы.	2	
Итого за семестр	36	

10.1. Темы курсовых работ (проектов)

Примерная тематика курсовых работ (проектов):

1 Источник питания на основе НПН
2 Преобразователь постоянного напряжения
3 Источник питания на основе однотактной прямоходовой ячейки
4 Преобразователь постоянного напряжения на основе однотактной прямоходовой ячейки
5 Источник питания на основе однотактной обратноходовой ячейки
6 Преобразователь постоянного напряжения на основе инвертора
7 Источник питания на основе полумостового инвертора
8 Преобразователь напряжения на основе мостового инвертора
9 Источник питания на основе нулевого инвертора
10 Преобразователь постоянного напряжения в переменное
11 Зарядное устройство на основе прямоходовой ячейки
12 Зарядное устройство для кислотных АБ
13 Зарядное устройство на основе обратноходовой ячейки
14 Зарядное устройство на основе мостового инвертора
15 Зарядное устройство для щелочных АБ
16 Зарядное устройство на основе нулевого инвертора
17 Зарядное устройство на основе НПН
18 Сетевой источник питания на основе НПН
19 Система гарантированного питания «Off-line»
20 Система гарантированного питания на основе нулевого инвертора
21 Агрегат бесперебойного питания «On-line»
22 Агрегат бесперебойного питания на основе мостового инвертора
23 Квазидвухтактный источник питания
24 Квазидвухтактный преобразователь постоянного напряжения

Согласована на портале № 32026

25 Квазидвухтактный преобразователь переменного напряжения
26 Квазидвухтактный источник питания

11. Рейтинговая система для оценки успеваемости обучающихся

11.1. Балльные оценки для элементов контроля

Таблица 11.1 – Балльные оценки для элементов контроля

Элементы учебной деятельности	Максимальный балл на 1-ую КТ с начала семестра	Максимальный балл за период между 1КТ и 2КТ	Максимальный балл за период между 2КТ и на конец семестра	Всего за семестр
7 семестр				
Опрос на занятиях	5	5	5	15
Отчет по индивидуальному заданию	4	3	3	10
Отчет по лабораторной работе	5	5	5	15
Отчет по практическому занятию	5	5	5	15
Тест	5	5	5	15
Итого максимум за период	24	23	23	70
Экзамен				30
Нарастающим итогом	24	47	70	100
8 семестр				
Защита курсовых проектов (работ)	5	5	30	40
Отчет по курсовой работе	10	10	10	30
Тест	10	10	10	30
Итого максимум за период	25	25	50	100
Нарастающим итогом	25	50	100	100

11.2. Пересчет баллов в оценки за контрольные точки

Пересчет баллов в оценки за контрольные точки представлен в таблице 11.2.

Таблица 11.2 – Пересчет баллов в оценки за контрольные точки

Баллы на дату контрольной точки	Оценка
≥ 90% от максимальной суммы баллов на дату КТ	5
От 70% до 89% от максимальной суммы баллов на дату КТ	4
От 60% до 69% от максимальной суммы баллов на дату КТ	3
< 60% от максимальной суммы баллов на дату КТ	2

11.3. Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку представлен в таблице 11.3.

Согласована на портале № 32026

Таблица 11.3 – Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

Оценка (ГОС)	Итоговая сумма баллов, учитывает успешно сданный экзамен	Оценка (ECTS)
5 (отлично) (зачтено)	90 - 100	A (отлично)
4 (хорошо) (зачтено)	85 - 89	B (очень хорошо)
	75 - 84	C (хорошо)
	70 - 74	D (удовлетворительно)
3 (удовлетворительно) (зачтено)	65 - 69	
	60 - 64	E (посредственно)
2 (неудовлетворительно) (не зачтено)	Ниже 60 баллов	F (неудовлетворительно)

12. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

12.1. Основная литература

1. Кобзев А.В., Коновалов Б.И., Семенов В.Д. Энергетическая электроника: Учебное пособие. – Томск: Томский межвузовский центр дистанционного образования, 2010. – 164 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://ie.tusur.ru/docs/kbi/ee_up.pdf (дата обращения: 20.06.2018).

2. Иванчура, В. И. Быстродействующие импульсные стабилизаторы напряжения [Электронный ресурс] : монография / В. И. Иванчура, Д. В. Капулин, Ю. В. Краснобаев. - Красноярск : Сиб. федер. ун-т, 2011. - 172 с. - ISBN 978-5-7638-2317-2. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://znanium.com/bookread2.php?book=441448 (дата обращения: 20.06.2018).

12.2. Дополнительная литература

1. Коновалов Б. И., Мишуров В. С. Основы преобразовательной техники: учебное пособие. — Томск: Факультет дистанционного обучения, ТУСУР, 2015. — 197 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://ie.tusur.ru/docs/kbi/optup.pdf (дата обращения: 20.06.2018).

2. Электронная техника: Учебник / М.В. Гальперин. - 2-е изд., испр. и доп. - М.: ИД ФОРУМ: НИЦ Инфра-М, 2013. - 352 с.: ил.; 60x90 1/16. ISBN 978-5-8199-0176-2. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://znanium.com/bookread2.php?book=375623 (дата обращения: 20.06.2018).

3. Подлесный, С. А. Устройства приема и обработки сигналов [Электронный ресурс] : Учеб. пособие / С. А. Подлесный, Ф. В. Зандер. - Красноярск : Сиб. федер. ун-т, 2011. - 352 с. - ISBN 978-5-7638-2263-2. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://znanium.com/bookread2.php?book=441113 (дата обращения: 20.06.2018).

4. Техника высоких напряжений: Учебник / Важов В.Ф., Лавринович В.А. - М.:НИЦ ИНФРА-М, 2017. - 256 с.: 60x90 1/16. ISBN 978-5-16-010565-9. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://znanium.com/bookread2.php?book=561018 (дата обращения: 20.06.2018).

5. Электротехника и электроника: Учебник. В 2 томах. Том 1: Электротехника / А.Л. Марченко, Ю.Ф. Опадчий - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2015. - 574 с.: 60x90 1/16. ISBN 978-5-16-009061-0. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://znanium.com/bookread2.php?book=420583 (дата обращения: 20.06.2018).

12.3. Учебно-методические пособия

12.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

1. Учебно-методическое обеспечение лабораторных работ. Коновалов Б.И., Мишуров В.С., Миллер А.В. Энергетическая электроника: Руководство к организации лабораторных и практических работ / Томск. гос. ун-т сист. упр. и радиоэлектроники, Кафедра промышленной электроники – Томск: ТУСУР, 2012. – 388 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://ie.tusur.ru/docs/new/lab/ee/1.doc (дата обращения: 20.06.2018).

2. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов. Тановицкий,

Согласована на портале № 32026

Юрий Николаевич. Системы автоматизированного проектирования электронных схем : Руководство к организации самостоятельной работы / Ю. Н. Тановицкий ; Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, Кафедра промышленной электроники. - Томск : ТУСУР, 2007. - 49 с. : ил. (наличие в библиотеке ТУСУР - 95 экз.)

3. Учебно-методическое обеспечение практических занятий. Энергетическая электроника: Учебно-методическое пособие / Семенов В. Д., Мишуров В. С. - 2007. 174 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://edu.tusur.ru/publications/812 (дата обращения: 20.06.2018).

4. Учебно-методическое обеспечение курсового проекта (работы). Энергетическая электроника: Методические указания и примеры выполнения курсового проекта / Мишуров В. С. - 2010. 148 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://edu.tusur.ru/publications/811 (дата обращения: 20.06.2018).

12.3.2. Учебно-методические пособия для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Учебно-методические материалы для самостоятельной и аудиторной работы обучающихся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации.

Для лиц с нарушениями зрения:

– в форме электронного документа;
– в печатной форме увеличенным шрифтом.

Для лиц с нарушениями слуха:

– в форме электронного документа;
– в печатной форме.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

– в форме электронного документа;
– в печатной форме.

12.4. Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1. http://protect.gost.ru/
2. https://elibrary.ru/defaultx.asp
3. http://www.tehnorma.ru/
4. Патентная база РФ по топологиям интегральных схем: http://www1.fips.ru/wps/wcm/connect/content_ru/ru/inform_resources/inform_retrieval_system/
5. Информационные, справочные и нормативные базы данных ТУСУР: https://lib.tusur.ru/ru/resursy/bazy-dannyh

13. Материально-техническое обеспечение дисциплины и требуемое программное обеспечение

13.1. Общие требования к материально-техническому и программному обеспечению дисциплины

13.1.1. Материально-техническое и программное обеспечение для лекционных занятий

Для проведения занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используется учебная аудитория с количеством посадочных мест не менее 22-24, оборудованная доской и стандартной учебной мебелью. Имеются демонстрационное оборудование и учебно-наглядные пособия, обеспечивающие тематические иллюстрации по лекционным разделам дисциплины.

13.1.2. Материально-техническое и программное обеспечение для практических занятий

Лаборатория импульсных систем и преобразовательной техники / Лаборатория ГПО

учебная аудитория для проведения занятий практического типа, учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа, учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, помещение для курсового проектирования (выполнения курсовых работ)

634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 320 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- Персональные компьютеры (15 шт.);

Согласована на портале № 32026

- Цифровой осциллограф DSO 3062A (10 шт.);
- Осциллограф АСК 1021 (6 шт.);
- Интерактивная доска – «Smart-board» DViT;
- Учебный лабораторный комплекс «Силовая электроника»;
- Лабораторные стенды: "Для исследования однофазных выпрямителей и фильтров" (3 шт.), "Для исследования звена повышенной частоты" (3 шт.), "Для исследования инвертора напряжения" (13 шт.), "Для исследования инвертора тока" (3 шт.), "Для исследования НПН" (13 шт.), "Для исследования источников питания" (13 шт.), "Для исследования трехфазных выпрямителей" (3 шт.), "Для исследования УЭЭ с импульсной модуляцией" (13 шт.);
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение:

– ASIMEC
– AVR Code Vision 3.31Evaluation
– Far Manager
– Google Chrome
– LTspice 4
– LibreOffice
– Mathworks Matlab
– Microsoft Visio 2010
– Mozilla Firefox
– PTC Mathcad13, 14
– STDU viewer 1.6.375
– Windows XP

13.1.3. Материально-техническое и программное обеспечение для лабораторных работ

Лаборатория импульсных систем и преобразовательной техники / Лаборатория ГПО

учебная аудитория для проведения занятий практического типа, учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа, учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, помещение для курсового проектирования (выполнения курсовых работ)

634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 320 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- Персональные компьютеры (15 шт.);
- Цифровой осциллограф DSO 3062A (10 шт.);
- Осциллограф АСК 1021 (6 шт.);
- Интерактивная доска – «Smart-board» DViT;
- Учебный лабораторный комплекс «Силовая электроника»;
- Лабораторные стенды: "Для исследования однофазных выпрямителей и фильтров" (3 шт.), "Для исследования звена повышенной частоты" (3 шт.), "Для исследования инвертора напряжения" (13 шт.), "Для исследования инвертора тока" (3 шт.), "Для исследования НПН" (13 шт.), "Для исследования источников питания" (13 шт.), "Для исследования трехфазных выпрямителей" (3 шт.), "Для исследования УЭЭ с импульсной модуляцией" (13 шт.);
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение:

– 7-Zip
– ASIMEC
– AVR Code Vision 3.31Evaluation
– Far Manager
– Google Chrome
– LTspice 4
– LibreOffice
– Mathworks Matlab
– Microsoft Visio 2010

Согласована на портале № 32026

– Mozilla Firefox
– PTC Mathcad13, 14
– STDU viewer 1.6.375
– Windows XP

13.1.4. Материально-техническое и программное обеспечение для самостоятельной работы

Для самостоятельной работы используются учебные аудитории (компьютерные классы), расположенные по адресам:

- 634050, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, д. 40, 233 ауд.;
- 634045, Томская область, г. Томск, ул. Красноармейская, д. 146, 201 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 126 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 207 ауд.

Состав оборудования:

- учебная мебель;
- компьютеры класса не ниже ПЭВМ INTEL Celeron D336 2.8ГГц. - 5 шт.;
- компьютеры подключены к сети «Интернет» и обеспечивают доступ в электронную информационно-образовательную среду университета.

Перечень программного обеспечения:

- Microsoft Windows;
- OpenOffice;
- Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows;
- 7-Zip;
- Google Chrome.

13.2. Материально-техническое обеспечение дисциплины для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Освоение дисциплины лицами с ограниченными возможностями здоровья и инвалидами осуществляется с использованием средств обучения общего и специального назначения.

При занятиях с обучающимися **с нарушениями слуха** предусмотрено использование звукоусиливающей аппаратуры, мультимедийных средств и других технических средств приема/передачи учебной информации в доступных формах, мобильной системы преподавания для обучающихся с инвалидностью, портативной индукционной системы. Учебная аудитория, в которой занимаются обучающиеся с нарушением слуха, оборудована компьютерной техникой, аудиотехникой, видеотехникой, электронной доской, мультимедийной системой.

При занятиях с обучающимися **с нарушениями зрениями** предусмотрено использование в лекционных и учебных аудиториях возможности просмотра удаленных объектов (например, текста на доске или слайда на экране) при помощи видеоувеличителей для комфортного просмотра.

При занятиях с обучающимися **с нарушениями опорно-двигательного аппарата** используются альтернативные устройства ввода информации и другие технические средства приема/передачи учебной информации в доступных формах, мобильной системы обучения для людей с инвалидностью.

14. Оценочные материалы и методические рекомендации по организации изучения дисциплины

14.1. Содержание оценочных материалов и методические рекомендации

Для оценки степени сформированности и уровня освоения закрепленных за дисциплиной компетенций используются оценочные материалы в составе:

14.1.1. Тестовые задания

1. Если отказ любого из элементов системы приводит к отказу всей системы, то элементы соединены:

1) последовательно;
2) параллельно;
3) последовательно и параллельно;
4) не соединены.

Согласована на портале № 32026

2. Широтно-импульсная модуляция, это…

1) изменение фазы сигнала с помощью модулируемого сигнала;
2) изменение амплитуды сигнала с помощью модулируемого сигнала;
3) изменение ширины импульса с помощью обратной связи;
4) изменение частоты с помощью амплитуды сигнала.

3. Крутизна вольт-амперной характеристики является основным параметром:

1) биполярного транзистора;
2) диода;
3) полевого транзистора;
4) катушки индуктивности.

4. Ослабление сигнала на не резонансных частотах резонансного усилителя зависит от:

1) коэффициента усиления;
2) добротности резонансного контура;
3) выходного сопротивления;
4) входного сопротивления.

5. Мостовой выпрямитель является:

1) двухполупериодным;
2) однополупериодным;
3) выпрямителем с удвоением напряжения;
4) цифровым устройством.

6. Среднеквадратическое значение выпрямленного напряжения двухполупириодным выпрямителем равно:

1) среднеквадратическому значению входного переменного напряжения;
2) половине среднеквадратического значения входного переменного напряжения;
3) удвоенному среднеквадратическому значению входного переменного напряжения;
4) половине среднеквадратического значения выходного напряжения.

7. Силовые преобразовательные инверторы это устройства:

1) преобразования переменного напряжения в постоянное;
2) преобразования импульсного напряжения в постоянное;
3) преобразования постоянного напряжения в переменное;
4) преобразования импульсного напряжения в переменное.

8. Цифровые и аналоговые инверторы это устройства изменяющие фазу напряжения на:

1) 90 градусов;
2) 180 градусов;
3) 270 градусов;
4) 45 градусов.

9. Скважностью называют:

1) отношение периода импульса к длительности импульса;
2) отношение длительности импульса к периоду;
3) отношение периода импульса к длительности паузы;
4) отношение длительности импульса к длительности паузы.

10. Включение пускового конденсатора последовательно с пусковой обмоткой в электрической машине приводит:

1) к уменьшению сдвига фаз и увеличению пускового крутящего момента;
2) к увеличению сдвига фаз и увеличению пускового крутящего момента;
3) к увеличению сдвига фаз и уменьшению пускового крутящего момента;
4) к уменьшению сдвига фаз и уменьшению пускового крутящего момента.

11. В каком режиме работают измерительные трансформаторы тока (ТТ) и трансформаторы напряжения (ТН)? Указать неправильный ответ.

1) ТТ в режиме короткого замыкания;

Согласована на портале № 32026

2) ТН в режиме холостого хода;
3) ТТ в режиме холостого хода.

12. Электрические машины постоянного и переменного тока:
1) являются обратимыми, то есть могут работать в качестве генератора и в качестве двигателя;
2) могут, в зависимости от конструкции быть или обратимыми или не обратимыми;
3) являются двигателями.
4) являются генераторами.

13. Каким требованиям должен отвечать источник собственных нужд системы управления электронного устройства?
1) Высокая стабильность питающего напряжения;
2) Синусоидальная форма напряжения;
3) Высокая стабильность частоты переменного питающего напряжения;
4) Минимально возможный уровень пульсации выпрямленного напряжения;
5) Все перечисленные.

14. Коэффициент гармоник это:
1) отношение действующего значения высших гармоник к действующему значению основной гармоники;
2) отношение максимального к действующему значению;
3) отношение действующего значения основной гармоники к действующему значению всей кривой;
4) отношение действующего к среднему по модулю значению.

15. В зависимости от характера коммутируемого сигнала электронные ключи разделяют на …
1) цифровые;
2) импульсные;
3) аналоговые;
4) усилительные.

16. Тиристор используется в цепях переменного тока для …
1) усиления тока;
2) усиления напряжения;
3) регулирования выпрямленного напряжения;
4) изменения фазы напряжения.

17. Отрицательная обратная связь в усилителях используется с целью…
1) повышения стабильности усилителя;
2) повышения коэффициента усилителя;
3) повышения размеров усилителя;
4) снижения напряжения питания.

18. Какую функцию выполняет диодный мост в источниках питания?
1) Сглаживание;
2) Стабилизация;
3) Выпрямление;
4) Понижение.

19. Какой элемент необходимо использовать в источниках питания для сглаживания пульсации выходного напряжения?
1) Стабилитрон;
2) Диод;
3) Трансформатор;
4) Конденсатор.

20. Амплитудная модуляция это ...
1) изменение фазы сигнала с помощью модулируемого сигнала;

Согласована на портале № 32026

2) изменение амплитуды сигнала с помощью модулируемого сигнала;
3) изменение амплитуды с помощью частоты сигнала;
4) изменение частоты с помощью амплитуды сигнала.

14.1.2. Экзаменационные вопросы

- В каких случаях, и с какой целью используют НПН понижающего типа?
- В каких случаях, и с какой целью используют НПН повышающего типа?
- В каких случаях, и с какой целью используют НПН с неполной глубиной модуляции?
- В каких случаях необходимо применение НПН полярно-инвертирующего типа?
- В чем заключается особенность процессов, протекающих в НПН, при учете инерционности полупроводниковых приборов?
- Для чего нужен LC-фильтр на входе НПН?
- В чем заключаются отличительные особенности работы многофазного НПН?
- Как влияет на регулировочные характеристики сопротивление активных внутренних потерь?
- В каких случаях, и с какой целью используют НПН, выполненный по схеме Кука?
- Какие схемы ключей переменного тока Вы знаете?
- Покажите цепь протекания тока нагрузки в регуляторе переменного напряжения в режиме вольтодобавки (вольтоотбавки)?
- Чем отличается ОРМ от ДРМ?
- Каково назначение инвертора в функциональной схеме регулирующего органа?
- Каково назначение демодулятора в функциональной схеме регулирующего органа?
- Какие схемы инверторов вы знаете?
- Чем определяется амплитуда и длительность сквозного тока в схеме инвертора с нагрузкой переменного тока и с выпрямительной нагрузкой?
- В каких случаях возникает процесс энергообмена нагрузки с питающей сетью, и при каких условиях он возможен?
- Когда нужны в схеме инвертора обратные диоды. На какое напряжение и на какой средний ток они выбираются?
- В любой автогенераторной схеме нужна положительная обратная связь. За счет чего она осуществляется в мультивибраторе Ройера?
- По какой схеме выполнен формирователь импульсов? Какая, с какой целью и за счет чего введена здесь обратная связь?
- Поясните принцип работы автономного инвертора тока.
- Поясните ход внешней характеристики автономного инвертора тока.
- Назначение обратного выпрямителя в схеме автономного инвертора тока.
- Почему параллельный инвертор тока нормально работает только в определенном диапазоне коэффициента нагрузки?
- Приведите пример транзисторного варианта инвертора тока.
- Назовите обязательные условия формирования управляющих сигналов для транзисторного инвертора тока.
- Приведите пример реализации трехфазного тиристорного инвертора тока. Поясните алгоритм работы тиристоров.
- Какие особенности вносит в работу автономного инвертора тока обратный управляемый выпрямитель по сравнению с неуправляемы выпрямителем?
- В чем заключается преимущество АИТ с индуктивно-тиристорным компенсатором перед АИТ с обратным выпрямителем?

Согласована на портале № 32026

- В чем заключается особенность регулируемого однотактного инвертора, при работе на трансформаторную нагрузку.
- Как выглядит нагрузочная характеристика источника питания на базе регулируемого инвертора.
- Чем обусловлены потери в силовой цепи источника.
- Перечислить виды переходных процессов в замкнутых структурах.
- Назвать показатели качества переходного процесса.
- Как можно изменить точность поддержания выходного напряжения при воздействии дестабилизирующих факторов.
- Записать выражение передаточной функции источника питания как замкнутой системы.
- Приведите алгоритм работы ключей 3–фазного автономного инвертора со 180-градусным управлением.
- Нарисуйте временные диаграммы фазных напряжений инвертора со 120-градусным управлением.
- Нарисуйте временные диаграммы линейных напряжений инвертора со 150-градусным управлением.
- В чем заключается особенность работы 3–фазного автономного инвертора, при работе его на активно-индуктивную нагрузку?
- У какого из 3–фазных автономных инверторов при отсутствии выходных фильтров наименьшие искажения выходного напряжения?
- Чем обусловлена установка параллельно ключам обратных диодов в 3-фазных инверторах?

14.1.3. Темы опросов на занятиях

- Проблемы микроминиатюризации устройств энергетической электроники. Современная элементная база. Преобразователи понижающего типа.
- Преобразователи с неполной глубиной модуляции. Многофазные преобразователи.
- Преобразователи повышающего и инвертирующего типов. Принцип действия, режимы работы и основные соотношения.
- Управление двигателями постоянного тока.
- Системы электропитания необитаемых космических аппаратов. Преобразователи альтернативной энергетики.
- Активные корректоры коэффициента мощности Принцип действия и основные соотношения.
- Классификация автономных инверторов. Однофазный мостовой инвертор напряжения.
- Фазосдвигаемые инверторы. Мягкая коммутация транзисторов.
- Однофазный инвертор тока. Принцип действия, режимы работы и основные соотношения.
- Режимы работы трехфазных инверторов. Широтно-импульсная модуляция.
- Регулирование частоты вращения электроприводов переменного тока. Преобразователи частоты в электроприводах.
- Двойная модуляция энергетического потока.

14.1.4. Темы индивидуальных заданий

- Тепловой расчет системы охлаждения преобразователя частоты.
- Параметры драйверов силовых приборов.
- Самостоятельное изучение САПР электронных схем.
- Трехфазный автономный инвертор и инвертор ведомый сетью
- Характеристики электропривода с асинхронным двигателем.

Согласована на портале № 32026

- Моделирование преобразователя частоты в САПР.
- Электропривод с вентильным двигателем.
- Силовые устройства с бестрансформаторным входом.
- Трехфазный инвертор
- Имитационное моделирование.
- Прямое цифровое управление устройствами силовой электроники.
- Техническое описание полупроводниковых приборов (IGBT, MOSFET).

14.1.5. Вопросы для подготовки к практическим занятиям, семинарам

- Расчет потерь в силовых транзисторных ключах при прямоугольной форме тока.
- Расчет потерь в полупроводниковых приборах при трапецеидальной форме тока.
- Расчет потерь в транзисторных преобразователях при квазисинусоидальной форме тока силовых приборов.
- Тепловой расчет полупроводниковых приборов.

14.1.6. Темы лабораторных работ

- Исследование характеристик преобразователя понижающего типа.
- Исследование характеристик преобразователя повышающего типа.
- Исследование характеристик преобразователя инвертирующего типа.
- Исследование характеристик однофазного автономного инвертора напряжения с различными нагрузками.
- Исследование характеристик трехфазного автономного инвертора напряжения с двигательной нагрузкой.
- Имитационное моделирование системы: преобразователь частоты - электрическая машина.

14.1.7. Темы курсовых проектов (работ)

1 Источник питания на основе НПН
2 Преобразователь постоянного напряжения
3 Источник питания на основе однотактной прямоходовой ячейки
4 Преобразователь постоянного напряжения на основе однотактной прямоходовой ячейки
5 Источник питания на основе однотактной обратноходовой ячейки
6 Преобразователь постоянного напряжения на основе инвертора
7 Источник питания на основе полумостового инвертора
8 Преобразователь напряжения на основе мостового инвертора
9 Источник питания на основе нулевого инвертора
10 Преобразователь постоянного напряжения в переменное
11 Зарядное устройство на основе прямоходовой ячейки
12 Зарядное устройство для кислотных АБ
13 Зарядное устройство на основе обратноходовой ячейки
14 Зарядное устройство на основе мостового инвертора
15 Зарядное устройство для щелочных АБ
16 Зарядное устройство на основе нулевого инвертора
17 Зарядное устройство на основе НПН
18 Сетевой источник питания на основе НПН
19 Система гарантированного питания «Off-line»
20 Система гарантированного питания на основе нулевого инвертора
21 Агрегат бесперебойного питания «On-line»
22 Агрегат бесперебойного питания на основе мостового инвертора
23 Квазидвухтактный источник питания
24 Квазидвухтактный преобразователь постоянного напряжения
25 Квазидвухтактный преобразователь переменного напряжения
26 Квазидвухтактный источник питания

Согласована на портале № 32026

14.2. Требования к оценочным материалам для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предусмотрены дополнительные оценочные материалы, перечень которых указан в таблице 14.

Таблица 14 – Дополнительные материалы оценивания для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Категории обучающихся	Виды дополнительных оценочных материалов	Формы контроля и оценки результатов обучения
С нарушениями слуха	Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы	Преимущественно письменная проверка
С нарушениями зрения	Собеседование по вопросам к зачету, опрос по терминам	Преимущественно устная проверка (индивидуально)
С нарушениями опорно-двигательного аппарата	Решение дистанционных тестов, контрольные работы, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету	Преимущественно дистанционными методами
С ограничениями по общемедицинским показаниям	Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы, устные ответы	Преимущественно проверка методами исходя из состояния обучающегося на момент проверки

14.3. Методические рекомендации по оценочным материалам для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предусматривается доступная форма предоставления заданий оценочных средств, а именно:

- в печатной форме;
- в печатной форме с увеличенным шрифтом;
- в форме электронного документа;
- методом чтения ассистентом задания вслух;
- предоставление задания с использованием сурдоперевода.

Лицам с ограниченными возможностями здоровья и инвалидам увеличивается время на подготовку ответов на контрольные вопросы. Для таких обучающихся предусматривается доступная форма предоставления ответов на задания, а именно:

- письменно на бумаге;
- набор ответов на компьютере;
- набор ответов с использованием услуг ассистента;
- представление ответов устно.

Процедура оценивания результатов обучения лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов по дисциплине предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

- в форме электронного документа;
- в печатной форме увеличенным шрифтом.

Для лиц с нарушениями слуха:

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

При необходимости для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов процедура оценивания результатов обучения может проводиться в несколько этапов.

Согласована на портале № 32026