МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

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

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе
_____ П. Е. Троян
«___» _____ 20__ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Энергетическая электроника

Уровень образования: **высшее образование - бакалавриат**
Направление подготовки (специальность): **11.03.04 Электроника и наноэлектроника**
Направленность (профиль): **Промышленная электроника**
Форма обучения: **очная**
Факультет: **ФЭТ, Факультет электронной техники**
Кафедра: **ПрЭ, Кафедра промышленной электроники**
Курс: **4**
Семестр: **8**
Учебный план набора 2015 года

Распределение рабочего времени

№	Виды учебной деятельности	8 семестр	Всего	Единицы
1	Лекции	24	24	часов
2	Практические занятия	20	20	часов
3	Лабораторные занятия	20	20	часов
4	Всего аудиторных занятий	64	64	часов
5	Из них в интерактивной форме	16	16	часов
6	Самостоятельная работа	80	80	часов
7	Всего (без экзамена)	144	144	часов
8	Подготовка и сдача экзамена	36	36	часов
9	Общая трудоемкость	180	180	часов
		5.0	5.0	З.Е

Экзамен: 8 семестр

Томск 2017

Согласована на портале № 13883

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры
протокол № 43 от « 1 » 2 2017 г.

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЙ

Рабочая программа составлена с учетом требований Федерального Государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки (специальности) 11.03.04 Электроника и наноэлектроника, утвержденного 2015-03-12 года, рассмотрена и утверждена на заседании кафедры «___» _____ 20__ года, протокол №_____.

Разработчики:

профессор каф. ПрЭ _____ Михальченко Г. Я.

профессор каф. ПрЭ _____ Михальченко С. Г.

Заведующий обеспечивающей каф.
ПрЭ _____ Михальченко С. Г.

Рабочая программа согласована с факультетом, профилирующей и выпускающей кафедрами направления подготовки (специальности).

Декан ФЭТ _____ Воронин А. И.

Заведующий выпускающей каф.
ПрЭ _____ Михальченко С. Г.

Эксперты:

профессор каф. ПрЭ _____ Легостаев Н. С.

Согласована на портале № 13883

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 (MatLab Simulink, LTSpice, Asimec), 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 (LTSpice) 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 силовых установок преобразования энергии и их систем управления.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Энергетическая электроника» (Б1.В.ОД.6.3) относится к блоку 1 (вариативная часть).

Предшествующими дисциплинами, формирующими начальные знания, являются следующие дисциплины: Аналоговая электроника, Методы анализа и расчета электронных схем, Основы преобразовательной техники, Проектирование ключевых устройств, Теоретические основы электротехники, Электрические машины.

Последующими дисциплинами являются: Защита выпускной квалификационной работы, включая подготовку к процедуре защиты и процедуру защиты.

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 студент должен:

– **знать** основные факты, базовые концепции, принципы, модели и методы в области силовых цепей и современные базовые технологии прямого цифрового управления; особенности профессиональных средств автоматизированного проектирования электронных схем. основные

Согласована на портале № 13883

научные и технические задачи, связанные с разработкой нового поколения систем преобразования энергии, применяемых в электротехнических комплексах различного назначения.

– **уметь** давать стратегическую оценку решаемой схемотехнической задачи, основывающуюся на понимании цели разработки и представлении о путях и методах ее решения; рассчитать, смоделировать, отладить и запустить силовой полупроводниковый электромеханический преобразователь; применять возможности численных и аналитических расчетов, и средства имитационного моделирования для построения преобразователя энергии.

– **владеть** навыками работы с программными средствами 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 5.0 зачетных единицы и представлена в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Трудоемкость дисциплины

Виды учебной деятельности	Всего часов	Семестры
		8 семестр
Аудиторные занятия (всего)	64	64
Лекции	24	24
Практические занятия	20	20
Лабораторные занятия	20	20
Из них в интерактивной форме	*16*	*16*
Самостоятельная работа (всего)	80	80
Оформление отчетов по лабораторным работам	*32*	*32*
Проработка лекционного материала	*20*	*20*
Подготовка к практическим занятиям, семинарам	*28*	*28*
Всего (без экзамена)	144	144
Подготовка и сдача экзамена	36	36
Общая трудоемкость ч	180	180
Зачетные Единицы Трудоемкости	5.0	5.0

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	Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Самостоятельная работа	Всего часов (без экз.)	Формируемые компетенции
8 семестр						
1 Транзисторные преобразователи непосредственного типа	6	8	4	16	34	ОПК-3, ПК-1, ПК-6
2 Системы управления непосредственными преобразователями.	6	4	4	24	38	ОПК-3, ПК-1, ПК-6
3 Однофазные инверторы	6	4	4	20	34	ОПК-3, ПК-1,

Согласована на портале № 13883

						ПК-6
4 Трехфазные преобразователи энергии	6	4	8	20	38	ОПК-3, ПК-1, ПК-6
Итого за семестр	24	20	20	80	144	
Итого	24	20	20	80	144	

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
8 семестр			
1 Транзисторные преобразователи непосредственного типа	Проблемы микроминиатюризации устройств энергетической электроники. Современная элементная база. Принципы управления силовыми IGBT и MOSFET транзисторами. Драйверы силовых полупроводниковых ключей.	2	ОПК-3, ПК-1, ПК-6
	Принципы импульсной модуляции, классификация, математические модели. Непосредственный преобразователь понижающего типа: математическая модель, имитационная модель в САПР. Энергетические характеристики, частотные характеристики: выбор элементной базы.	2	
	Преобразователи повышающего и инвертирующего типов. Принцип действия, режимы работы и основные соотношения.	2	
	Итого	6	
2 Системы управления непосредственными преобразователями.	Преобразователи с неполной глубиной модуляции. Многофазные преобразователи.	2	ОПК-3, ПК-1, ПК-6
	Системы электропитания необитаемых космических аппаратов. Преобразователи альтернативной энергетики.	2	
	Управление двигателями постоянного тока. Активные корректоры коэффициента мощности. Принцип действия и основные соотношения.	2	
	Итого	6	
3 Однофазные инверторы	Классификация автономных	2	ОПК-3,

Согласована на портале № 13883

	инверторов. Однофазный мостовой инвертор напряжения.		ПК-1, ПК-6
	Фазосдвигаемые инверторы. Мягкая коммутация транзисторов. Имитационная модель в САПР	2	
	Однофазный инвертор тока. Принцип действия, режимы работы и основные соотношения. Инвертор ведомый сетью.	2	
	Итого	6	
4 Трехфазные преобразователи энергии	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.	2	
	Итого	6	
Итого за семестр		24	

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 представ-лены 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
Предшествующие дисциплины				
1 Аналоговая электроника	+	+	+	+
2 Защита выпускной квалификационной работы, включая подготовку к процедуре защиты и процедуру защиты	+	+	+	+
3 Методы анализа и расчета электронных схем	+	+	+	+
4 Основы преобразовательной техники	+	+	+	+
5 Проектирование ключевых устройств	+	+	+	+
6 Теоретические основы электротехники	+	+	+	+
7 Электрические машины			+	+

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 № 13883

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

Компетенции	Виды занятий				Формы контроля
	Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа	
ОПК-3	+	+	+	+	Отчет по индивидуальному заданию, Отчет по лабораторной работе, Опрос на занятиях, Расчетная работа
ПК-1	+	+	+	+	Отчет по индивидуальному заданию, Отчет по лабораторной работе, Опрос на занятиях, Расчетная работа
ПК-6	+	+	+	+	Отчет по индивидуальному заданию, Отчет по лабораторной работе, Опрос на занятиях, Расчетная работа

6. Интерактивные методы и формы организации обучения

Технологии интерактивного обучения при разных формах занятий в часах приведены в таблице 6.1

Таблица 6.1 – Технологии интерактивного обучения при разных формах занятий в часах

Методы	Интерактивные практические занятия	Интерактивные лабораторные занятия	Интерактивные лекции	Всего
8 семестр				
Исследовательский метод	4	4	4	12
Поисковый метод	2	--	2	4
Итого за семестр:	6	4	6	16
Итого	6	4	6	16

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
8 семестр			
1 Транзисторные преобразователи непосредственного типа	Исследование характеристик преобразователя понижающего типа.	2	ОПК-3, ПК-1, ПК-6
	Исследование характеристик преобразователя повышающего типа.	2	
	Итого	4	
2 Системы управления непосредственными	Исследование характеристик преобразователя инвертирующего типа.	4	ОПК-3, ПК-1,

Согласована на портале № 13883

преобразователями.	Итого	4	ПК-6
3 Однофазные инверторы	Исследование характеристик однофазного автономного инвертора напряжения с различными нагрузками.	4	ОПК-3, ПК-1, ПК-6
	Итого	4	
4 Трехфазные преобразователи энергии	Исследование характеристик трехфазного автономного инвертора напряжения с двигательной нагрузкой.	4	ОПК-3, ПК-1, ПК-6
	Имитационное моделирование системы: преобразователь частоты - электрическая машина.	4	
	Итого	8	
Итого за семестр		20	

8. Практические занятия (семинары)

Тематика практических занятий (семинаров) приведено в таблице 8.1.

Таблица 8.1 – Тематика практических занятий (семинаров)

Названия разделов	Тематика практических занятий (семинаров)	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
8 семестр			
1 Транзисторные преобразователи непосредственного типа	Расчет потерь в силовых транзисторных ключах при прямоугольной форме тока.	4	ОПК-3, ПК-1, ПК-6
	Расчет потерь в полупроводниковых приборах при трапецеидальной форме тока.	4	
	Итого	8	
2 Системы управления непосредственными преобразователями.	Имитационное моделирование импульсных видов модуляции. Сравнительный анализ. Энергетические характеристики. Динамические свойства.	4	ОПК-3, ПК-1, ПК-6
	Итого	4	
3 Однофазные инверторы	Расчет потерь в транзисторных преобразователях при квазисинусоидальной форме тока силовых приборов.	4	ОПК-3, ПК-1, ПК-6
	Итого	4	
4 Трехфазные преобразователи энергии	Тепловой расчет полупроводниковых приборов.	4	ОПК-3, ПК-1, ПК-6
	Итого	4	
Итого за семестр		20	

9. Самостоятельная работа

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

Таблица 9.1 - Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции

Названия разделов	Виды самостоятельной работы	Трудоемкость	Формируемые компетенции	Формы контроля
8 семестр				

Согласована на портале № 13883

1 Транзисторные преобразователи непосредственного типа	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	4	ОПК-3, ПК-1, ПК-6	Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной работе, Расчетная работа
	Проработка лекционного материала	4		
	Оформление отчетов по лабораторным работам	8		
	Итого	16		
2 Системы управления непосредственными преобразователями.	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	8	ОПК-3, ПК-1, ПК-6	Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной работе, Расчетная работа
	Проработка лекционного материала	8		
	Оформление отчетов по лабораторным работам	8		
	Итого	24		
3 Однофазные инверторы	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	8	ОПК-3, ПК-1, ПК-6	Опрос на занятиях, Отчет по индивидуальному заданию, Отчет по лабораторной работе
	Проработка лекционного материала	4		
	Оформление отчетов по лабораторным работам	8		
	Итого	20		
4 Трехфазные преобразователи энергии	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	8	ОПК-3, ПК-1, ПК-6	Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной работе, Расчетная работа
	Проработка лекционного материала	4		
	Оформление отчетов по лабораторным работам	8		
	Итого	20		
Итого за семестр		80		
	Подготовка и сдача экзамена	36		Экзамен
Итого		116		

10. Курсовая работа (проект)

Не предусмотрено РУП

11. Рейтинговая система для оценки успеваемости студентов

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
8 семестр				
Опрос на занятиях	4	4	4	12
Отчет по индивидуальному	5	5	6	16

Согласована на портале № 13883

заданию				
Отчет по лабораторной работе	8	8	8	24
Расчетная работа	6	6	6	18
Итого максимум за период	23	23	24	70
Экзамен				30
Нарастающим итогом	23	46	70	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.

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]. - http://ie.tusur.ru/docs/kbi/ee.rar

2. Кобзев А.В., Михальченко Г.Я., Дякин А.С., Семенов В.Д. Импульсно-модуляционные системы: Учебное пособие. Изд. 2-е, испр. и доп. — Томск: Томский государственный университет си-стем управления и радиоэлектроники, 2015. — 193 с. [Электронный ресурс]. - http://ie.tusur.ru/docs/svd/ims.rar

12.2. Дополнительная литература

1. Энергетическая электроника: Учебно-методическое пособие / Семенов В. Д., Мишуров В. С. - 2007. 174 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/812, дата обращения: 07.02.2017.

2. Энергетическая электроника: Методические указания и примеры выполнения курсового проекта / Мишуров В. С. - 2010. 148 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа:

Согласована на портале № 13883

https://edu.tusur.ru/publications/811, дата обращения: 07.02.2017.

3. Коновалов Б.И. Основы преобразовательной техники: Учебное пособие. – Томск: Томский межвузовский центр дистанционного образования, 2007. – 157 с. [Электронный ресурс]. - http://ie.tusur.ru/docs/kbi/opt.rar

12.3 Учебно-методические пособия

12.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

1. 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]. - http://ie.tusur.ru/docs/l_ee.zip

2. Тановицкий, 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. Рулевский В.М., Шиняков Ю.А., Юдинцев А.Г. Основы создания систем электропитания глубоководных телеуправляемых необитаемых подводных аппаратов: Учебно-методическое пособие – Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники. НИИ автоматики и электромеханики, НИИ космических технологий, 2013. – 87 с. [Электронный ресурс]. - http://ie.tusur.ru/docs/kbi/ee.rar

12.3.2 Учебно-методические пособия для лиц с ограниченными возможностями здоровья

Учебно-методические материалы для самостоятельной и аудиторной работы обучающихся из числа 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. Базы данных, информационно-справочные, поисковые системы и требуемое программное обеспечение

1. Linear Technology. Система проектирования и расчета электронных схем LTSpice / Свободно распространяемый программный продукт (Freeware). [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://ltspice.linear-tech.com/software/LTspiceIV.exe, свободный

13. Материально-техническое обеспечение дисциплины

13.1. Общие требования к материально-техническому обеспечению дисциплины

13.1.1. Материально-техническое 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 60, оборудованная доской, демонстрационным проектором и стандартной учебной мебелью. Имеются наглядные пособия в виде презентаций по лекционным разделам дисциплины.

13.1.2. Материально-техническое обеспечение для практических занятий

Для проведения практических (семинарских) занятий используется учебная аудитория, расположенная по адресу 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 3 этаж, ауд. 320. Состав оборудования: Учебная мебель; Доска магнитно-маркерная; Демонстрационный видеопроектор; Коммутатор; Компьютеры - 12 шт, с доступом в интернет и предустановленным

Согласована на портале № 13883

лицензионным программным обеспечением. Имеется помещения для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования.

13.1.3. Материально-техническое обеспечение для лабораторных работ

Для проведения лабораторных занятий используется учебно-исследовательская вычислительная лаборатория, расположенная по адресу 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 4 этаж, ауд. 320. Состав оборудования: Учебная мебель; Доска магнитно-маркерная; Демонстрационный видеопроектор; Коммутатор; Компьютеры - 12 шт, с доступом в интернет и предустановленным лицензионным программным обеспечением. Имеется помещения для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования. Для непосредственного выполнения лабораторных работ используется набор стендового оборудования, в составе: регулируемый источник напряжения (тока), двухканальный осциллограф, мультиметр, переменный нагрузочный блок, унифицированный стенд "Преобразовательная техника" - "Энергетическая электроника".

13.1.4. Материально-техническое обеспечение для самостоятельной работы

Для самостоятельной работы используется учебная аудитория, расположенная по адресу 634034, г. Томск, ул. Вершинина, 74, 1 этаж, ауд. 222, 224. Состав оборудования: учебная мебель; доска маркерная.

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

Освоение дисциплины лицами с ОВЗ осуществляется с использованием средств обучения общего и специального назначения.

При обучении студентов **с нарушениями слуха** предусмотрено использование звукоусиливающей аппаратуры, мультимедийных средств и других технических средств приема/передачи учебной информации в доступных формах для студентов с нарушениями слуха, мобильной системы обучения для студентов с инвалидностью, портативной индукционной системы. Учебная аудитория, в которой обучаются студенты с нарушением слуха, оборудована компьютерной техникой, аудиотехникой, видеотехникой, электронной доской, мультимедийной системой.

При обучении студентов **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 удаленного просмотра.

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

14. Фонд оценочных средств

14.1. Основные требования к фонду оценочных средств и методические рекомендации

Фонд оценочных средств и типовые контрольные задания, используемые для оценки сформированности и освоения закрепленных за дисциплиной компетенций при проведении текущей, промежуточной аттестации по дисциплине приведен в приложении к рабочей программе.

14.2 Требования к фонду оценочных средств для лиц с ограниченными возможностями здоровья

Для студентов с инвалидностью предусмотрены дополнительные оценочные средства, перечень которых указан в таблице.

Таблица 14 – Дополнительные средства оценивания для студентов с инвалидностью

Категории студентов	Виды дополнительных оценочных средств	Формы контроля и оценки результатов обучения
С нарушениями слуха	Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы	Преимущественно письменная проверка
С нарушениями	Собеседование по вопросам к зачету,	Преимущественно устная проверка

Согласована на портале № 13883

зрения	опрос по терминам	(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 средствам для лиц с ограниченными возможностями здоровья

Для студентов с ОВЗ 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.

Студентам с инвалидностью увеличивается время на подготовку ответов на контрольные вопросы. Для таких студентов 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 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 обучающихся с инвалидностью процедура оценивания результатов обучения может проводиться в несколько этапов.

Согласована на портале № 13883

Приложение 1

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

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

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе
_____ П. Е. Троян
«___» _____ 20__ г.

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ

Энергетическая электроника

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

Учебный план набора 2015 года

Разработчики:
- профессор каф. ПрЭ Михальченко Г. Я.
- профессор каф. ПрЭ Михальченко С. Г.

Экзамен: 8 семестр

Томск 2017

Согласована на портале № 13883

1. Введение

Фонд оценочных средств (ФОС) является приложением к рабочей программе дисциплины (практики) и представляет собой совокупность контрольно-измерительных материалов (типовые задачи (задания), контрольные работы, тесты и др.) и методов их использования, предназначенных для измерения уровня достижения студентом установленных результатов обучения.

ФОС по дисциплине (практике) используется при проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации студентов.

Перечень закрепленных за дисциплиной (практикой) компетенций приведен в таблице 1.

Таблица 1 – Перечень закрепленных за дисциплиной компетенций

Код	Формулировка компетенции	Этапы формирования компетенций
ОПК-3	способностью решать задачи анализа и расчета характеристик электрических цепей	Должен знать основные факты, базовые концепции, принципы, модели и методы в области силовых цепей и современные базовые технологии прямого цифрового управления; особенности профессиональных средств автоматизированного проектирования электронных схем. основные научные и технические задачи, связанные с разработкой нового поколения систем преобразования энергии, применяемых в электротехнических комплексах различного назначения.; Должен уметь давать стратегическую оценку решаемой схемотехнической задачи, основывающуюся на понимании цели разработки и представлении о путях и методах ее решения; рассчитать, смоделировать, отладить и запустить силовой полупроводниковый электромеханический преобразователь; применять возможности численных и аналитических расчетов, и средства имитационного моделирования для построения преобразователя энергии.; Должен владеть навыками работы с программными средствами компьютерного моделирования физических и математических моделей приборов, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения.;
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	

Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенций на всех этапах приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенций по этапам

Показатели и критерии	Знать	Уметь	Владеть
Отлично (высокий уровень)	Обладает фактическими и теоретическими знаниями в пределах изучаемой области с	Обладает диапазоном практических умений, требуемых для развития творческих решений,	Контролирует работу, проводит оценку, совершенствует действия работы

Согласована на портале № 13883

	пониманием границ применимости	абстрагирования проблем	
Хорошо (базовый уровень)	Знает факты, принципы, процессы, общие понятия в пределах изучаемой области	Обладает диапазоном практических умений, требуемых для решения определенных проблем в области исследования	Берет ответственность за завершение задач в исследовании, приспосабливает свое поведение к обстоятельствам в решении проблем
Удовлетворительно (пороговый уровень)	Обладает базовыми общими знаниями	Обладает основными умениями, требуемыми для выполнения простых задач	Работает при прямом наблюдении

2 Реализация компетенций

2.1 Компетенция ОПК-3

ОПК-3: способностью решать задачи анализа и расчета характеристик электрических цепей.

Для формирования компетенции необходимо осуществить ряд этапов. Этапы формирования компетенции, применяемые для этого виды занятий и используемые средства оценивания представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Этапы формирования компетенции и используемые средства оценивания

Состав	Знать	Уметь	Владеть
Содержание этапов	Обладает фактическими и теоретическими знаниями в области решения задач анализа и расчета характеристик силовых электрических цепей	Обладает диапазоном практических умений, требуемых для решения задач анализа и расчета характеристик силовых электрических цепей	Решает задачи анализа и расчета характеристик силовых электрических цепей
Виды занятий	• Интерактивные практические занятия; • Интерактивные лабораторные занятия; • Интерактивные лекции; • Практические занятия; • Лабораторные занятия; • Лекции; • Самостоятельная работа; • Подготовка и сдача экзамена / зачета;	• Интерактивные практические занятия; • Интерактивные лабораторные занятия; • Интерактивные лекции; • Практические занятия; • Лабораторные занятия; • Лекции; • Самостоятельная работа; • Подготовка и сдача экзамена / зачета;	• Интерактивные практические занятия; • Интерактивные лабораторные занятия; • Лабораторные занятия; • Самостоятельная работа;
Используемые средства оценивания	• Отчет по лабораторной работе; • Отчет по индивидуальному заданию; • Опрос на занятиях; • Расчетная работа;	• Отчет по лабораторной работе; • Отчет по индивидуальному заданию; • Опрос на занятиях; • Расчетная работа;	• Отчет по лабораторной работе; • Отчет по индивидуальному заданию; • Расчетная работа; • Экзамен;

Согласована на портале № 13883

	• Экзамен;	• Экзамен;	

Формулировка показателей и критериев оценивания данной компетенции приведена в таблице 4.

Таблица 4 – Показатели и критерии оценивания компетенции на этапах

Состав	Знать	Уметь	Владеть
Отлично (высокий уровень)	• Обладает глубокими фактическими и теоретическими знаниями в области решения задач анализа и расчета характеристик силовых электрических цепей;	• Обладает широким диапазоном практических умений, требуемых для решения задач анализа и расчета характеристик силовых электрических цепей, способен абстрагироваться до проблемного уровня;	• Решает любые задачи анализа и расчета характеристик электрических цепей, эффективно использует САПР для моделирования характеристик и анализа результатов;
Хорошо (базовый уровень)	• Обладает теоретическими знаниями в области решения задач анализа и расчета характеристик силовых электрических цепей;	• Умеет решать задачи анализа и расчета характеристик силовых электрических цепей;	• Решает задачи анализа и расчета характеристик силовых электрических цепей, в том числе с применением САПР;
Удовлетворительно (пороговый уровень)	• Теоретически знает, как решать задачи анализа и расчета характеристик силовых электрических цепей;	• Способен решать типовые задачи анализа и расчета характеристик силовых электрических цепей;	• Решает типовые задачи анализа и расчета характеристик силовых электрических цепей по образцу;

2.2 Компетенция ПК-1

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.

Для формирования компетенции необходимо осуществить ряд этапов. Этапы формирования компетенции, применяемые для этого виды занятий и используемые средства оценивания представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Этапы формирования компетенции и используемые средства оценивания

Состав	Знать	Уметь	Владеть
Содержание этапов	Воспроизводит и объясняет учебный материал в части построения физических и математических моделей приборов, схем, устройств и установок силовой электроники. Описывает стандартные программные средства компьютерного моделирования.	Умеет математически описывать модели приборов, схем, устройств и установок силовой электроники. Использует стандартные программные средства компьютерного моделирования для решения прикладных задач.	Строит математические модели приборов, схем, устройств и установок силовой электроники. Оперирует возможностями стандартных прикладных программных средствах компьютерного моделирования. Проводит численные эксперименты в профессиональных пакетах компьютерного моделирования и

Согласована на портале № 13883

			представляет результаты исследований.
Виды занятий	• Интерактивные практические занятия; • Интерактивные лабораторные занятия; • Интерактивные лекции; • Практические занятия; • Лабораторные занятия; • Лекции; • Самостоятельная работа; • Подготовка и сдача экзамена / зачета;	• Интерактивные практические занятия; • Интерактивные лабораторные занятия; • Интерактивные лекции; • Практические занятия; • Лабораторные занятия; • Лекции; • Самостоятельная работа; • Подготовка и сдача экзамена / зачета;	• Интерактивные практические занятия; • Интерактивные лабораторные занятия; • Лабораторные занятия; • Самостоятельная работа;
Используемые средства оценивания	• Отчет по лабораторной работе; • Отчет по индивидуальному заданию; • Опрос на занятиях; • Расчетная работа; • Экзамен;	• Отчет по лабораторной работе; • Отчет по индивидуальному заданию; • Опрос на занятиях; • Расчетная работа; • Экзамен;	• Отчет по лабораторной работе; • Отчет по индивидуальному заданию; • Расчетная работа; • Экзамен;

Формулировка показателей и критериев оценивания данной компетенции приведена в таблице 6.

Таблица 6 – Показатели и критерии оценивания компетенции на этапах

Состав	Знать	Уметь	Владеть
Отлично (высокий уровень)	• Формулирует основополагающие физические законы, лежащие в основе моделей устройств силовой электроники. Воспроизводит и объясняет учебный материал в части построения физических и математических моделей приборов, схем и установок энергетической электроники; • Знает особенности применения стандартных программных средств компьютерного моделирования, выбирает наиболее удобный;	• Умеет математически описывать модели приборов, схем, устройств и установок силовой электроники. Уверенно излагает материал, анализирует, сравнивает; • Свободно использует стандартные программные средства компьютерного моделирования для решения прикладных задач, выбирает оптимальный САПР;	• Строит математические модели приборов, схем, устройств и установок силовой электроники. Оперирует возможностями стандартных прикладных программных средствах компьютерного моделирования. Анализирует результаты, предлагает решения по улучшению технических характеристик устройств энергетической электроники; • Проводит численные эксперименты в профессиональных

Согласована на портале № 13883

			пакетах компьютерного моделирования и представляет результаты исследований в наглядной форме. Анализирует результаты, предлагает наилучший САПР для конкретных задач;
Хорошо (базовый уровень)	• Воспроизводит и объясняет учебный материал в части построения физических и математических моделей приборов, схем, устройств и установок силовой электроники; • Описывает стандартные программные средства компьютерного моделирования. Способен указать сильные и слабые стороны различных САПР;	• Умеет математически описывать модели приборов, схем, устройств и установок силовой электроники. ; • Использует стандартные программные средства компьютерного моделирования для решения прикладных задач.;	• Строит математические модели приборов, схем, устройств и установок силовой электроники. Оперирует возможностями стандартных прикладных программных средствах компьютерного моделирования; • Проводит численные эксперименты в профессиональных пакетах компьютерного моделирования и представляет результаты исследований;
Удовлетворительно (пороговый уровень)	• Излагает идею, типовой алгоритм построения стандартных физических и математических моделей приборов, схем, устройств и установок силовой электроники; • Описывает стандартные программные средства компьютерного моделирования;	• Понимает математические параметры типовых моделей приборов, схем, устройств и установок силовой электроники.; • При прямом наблюдении использует стандартные программные средства компьютерного моделирования для решения типовых задач.;	• Использует типовые математические модели приборов, схем, устройств и установок силовой электроники. Оперирует возможностями стандартных прикладных программных средствах компьютерного моделирования; • При прямом наблюдении проводит численные эксперименты в профессиональных пакетах компьютерного моделирования и представляет результаты исследований;

Согласована на портале № 13883

2.3 Компетенция ПК-6

ПК-6: способностью разрабатывать проектную и техническую документацию, оформлять законченные проектно-конструкторские работы.

Для формирования компетенции необходимо осуществить ряд этапов. Этапы формирования компетенции, применяемые для этого виды занятий и используемые средства оценивания представлены в таблице 7.

Таблица 7 – Этапы формирования компетенции и используемые средства оценивания

Состав	Знать	Уметь	Владеть
Содержание этапов	Обладает фактическими и теоретическими знаниями в части разработки проектной и технической документации устройств силовой электроники на каждом этапе НИОКР, оформления законченных проектно-конструкторских работ в соответствии с ГОСТ	Обладает диапазоном практических умений, требуемых для разработки проектной и технической документации устройств силовой электроники на каждом этапе НИОКР, оформления законченных проектно-конструкторских работ в соответствии с ГОСТ	Разрабатывает проектную и техническую документацию устройств силовой электроники на каждом этапе НИОКР, оформляет результаты законченных проектно-конструкторских работ в соответствии с ГОСТ
Виды занятий	• Интерактивные практические занятия; • Интерактивные лабораторные занятия; • Интерактивные лекции; • Практические занятия; • Лабораторные занятия; • Лекции; • Самостоятельная работа; • Подготовка и сдача экзамена / зачета;	• Интерактивные практические занятия; • Интерактивные лабораторные занятия; • Интерактивные лекции; • Практические занятия; • Лабораторные занятия; • Лекции; • Самостоятельная работа; • Подготовка и сдача экзамена / зачета;	• Интерактивные практические занятия; • Интерактивные лабораторные занятия; • Лабораторные занятия; • Самостоятельная работа;
Используемые средства оценивания	• Отчет по лабораторной работе; • Отчет по индивидуальному заданию; • Опрос на занятиях; • Расчетная работа; • Экзамен;	• Отчет по лабораторной работе; • Отчет по индивидуальному заданию; • Опрос на занятиях; • Расчетная работа; • Экзамен;	• Отчет по лабораторной работе; • Отчет по индивидуальному заданию; • Расчетная работа; • Экзамен;

Формулировка показателей и критериев оценивания данной компетенции приведена в таблице 8.

Таблица 8 – Показатели и критерии оценивания компетенции на этапах

Состав	Знать	Уметь	Владеть
Отлично (высокий уровень)	• Обладает фактическими и теоретическими знаниями в части разработки проектной и	• Обладает диапазоном практических умений, требуемых для разработки проектной и технической	• Разрабатывает полную проектную и техническую документацию устройств силовой

Согласована на портале № 13883

	технической документации устройств силовой электроники на каждом этапе НИОКР, оформления законченных проектно-конструкторских работ в соответствии с ГОСТ;	документации устройств силовой электроники на каждом этапе НИОКР, оформления законченных проектно-конструкторских работ в соответствии с ГОСТ;	электроники на каждом этапе НИОКР, оформляет результаты законченных проектно-конструкторских работ в соответствии с ГОСТ;
Хорошо (базовый уровень)	• Знает факты, принципы, процессы, общие понятия в области разработки проектной и технической документации устройств силовой электроники на каждом этапе НИОКР, оформления законченных проектно-конструкторских работ в соответствии с ГОСТ;	• Умеет разрабатывать проектную и техническую документацию на устройства силовой электроники в соответствии с ГОСТ;	• Разрабатывает проектную и техническую документацию устройств силовой электроники на каждом этапе НИОКР, оформляет результаты проектно-конструкторских работ в соответствии с ГОСТ;
Удовлетворительно (пороговый уровень)	• Обладает базовыми общими знаниями по разработке проектной и технической документации устройств силовой электроники на каждом этапе НИОКР, оформления законченных проектно-конструкторских работ в соответствии с ГОСТ;	• Умеет разрабатывать типовые документы проектной и технической документации на устройства силовой электроники в соответствии с ГОСТ;	• Разрабатывает отдельные документы проектной и технической документации устройств силовой электроники, оформляет материалы в соответствии с ГОСТ;

3 Типовые контрольные задания

Для реализации вышеперечисленных задач обучения используются типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы, в следующем составе.

3.1 Темы индивидуальных заданий

Трехфазный инвертор Имитационное моделирование. Прямое цифровое управление устройствами силовой электроники. Техническое описание полупроводниковых приборов (IGBT, MOSFET). Трехфазный автономный инвертор и инвертор ведомый сетью Тепловой расчет системы охлаждения преобразователя частоты. Самостоятельное изучение САПР электронных схем. Параметры драйверов силовых приборов.

3.2 Темы опросов на занятиях

– Проблемы микроминиатюризации устройств энергетической электроники. Современная элементная база. Принципы управления силовыми IGBT и MOSFET транзисторами. Драйверы силовых полупроводниковых ключей.

– Принципы импульсной модуляции, классификация, математические модели. Непосредственный преобразователь понижающего типа: математическая модель, имитационная

Согласована на портале № 13883

модель в САПР. Энергетические характеристики, частотные характеристики: выбор элементной базы.

– Преобразователи повышающего и инвертирующего типов. Принцип действия, режимы работы и основные соотношения.

– Преобразователи с неполной глубиной модуляции. Многофазные преобразователи.

– Системы электропитания необитаемых космических аппаратов. Преобразователи альтернативной энергетики.

– Управление двигателями постоянного тока. Активные корректоры коэффициента мощности. Принцип действия и основные соотношения.

– Классификация автономных инверторов. Однофазный мостовой инвертор напряжения.

– Фазосдвигаемые инверторы. Мягкая коммутация транзисторов. Имитационная модель в САПР

– Однофазный инвертор тока. Принцип действия, режимы работы и основные соотношения. Инвертор ведомый сетью.

– Режимы работы трехфазных инверторов. Широтно-импульсная модуляция.

– Регулирование частоты вращения электроприводов переменного тока. Преобразователи частоты в электроприводах.

– Двойная модуляция энергетического потока.

3.3 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? 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

Согласована на портале № 13883

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?

3.4 Темы расчетных работ

– Расчет потерь в силовых транзисторных ключах при прямоугольной форме тока
– Расчет потерь в полупроводниковых приборах при трапецеидальной форме тока.
– Имитационное моделирование импульсных видов модуляции. Сравнительный анализ. Энергетические характеристики. Динамические свойства.
– Расчет потерь в транзисторных преобразователях при квазисинусоидальной форме тока силовых приборов.
– Тепловой расчет полупроводниковых приборов.

3.5 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.

4 Методические материалы

Для обеспечения процесса обучения и решения задач обучения используются следующие материалы:

– методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы фор-мирования компетенций, согласно п. 12 рабочей программы.

4.1. 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]. - http://ie.tusur.ru/docs/kbi/ee.rar
2. Кобзев А.В., Михальченко Г.Я., Дякин А.С., Семенов В.Д. Импульсно-модуляционные системы: Учебное пособие. Изд. 2-е, испр. и доп. — Томск: Томский государственный университет си-стем управления и радиоэлектроники, 2015. — 193 с. [Электронный ресурс]. - http://ie.tusur.ru/docs/svd/ims.rar

4.2. Дополнительная литература

1. Энергетическая электроника: Учебно-методическое пособие / Семенов В. Д., Мишуров В. С. - 2007. 174 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/812, свободный.
2. Энергетическая электроника: Методические указания и примеры выполнения курсового проекта / Мишуров В. С. - 2010. 148 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/811, свободный.
3. Коновалов Б.И. Основы преобразовательной техники: Учебное пособие. – Томск: Томский межвузовский центр дистанционного образования, 2007. – 157 с. [Электронный ресурс]. - http://ie.tusur.ru/docs/kbi/opt.rar

4.3. Обязательные учебно-методические пособия

1. Коновалов Б.И., Мишуров В.С., Миллер А.В. Энергетическая электроника: Руководство

Согласована на портале № 13883

к организации лабораторных и практических работ / Томск. гос. ун-т сист. упр. и радиоэлектроники, Кафедра промышленной электроники – Томск: ТУСУР, 2012. – 388 с. [Электронный ресурс]. - http://ie.tusur.ru/docs/l_ee.zip

2. Тановицкий, 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. Рулевский В.М., Шиняков Ю.А., Юдинцев А.Г. Основы создания систем электропитания глубоководных телеуправляемых необитаемых подводных аппаратов: Учебно-методическое пособие – Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники. НИИ автоматики и электромеханики, НИИ космических технологий, 2013. – 87 с. [Электронный ресурс]. - http://ie.tusur.ru/docs/kbi/ee.rar

4.4. Базы данных, информационно справочные и поисковые системы

1. Linear Technology. Система проектирования и расчета электронных схем LTSpice / Свободно распространяемый программный продукт (Freeware). [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://ltspice.linear-tech.com/software/LTspiceIV.exe, свободный

Согласована на портале № 13883