МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования

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

УТВЕРЖДАЮ
Директор департамента образования
_____ **Л. А. Боков**
«__» _____ 2015 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Полупроводниковые ключи в силовых схемах (ППКСС)

Уровень основной образовательной программы- магистратура

Направление подготовки 11.04.04 - Электроника и наноэлектроника

Магистерская программа - «Промышленная электроника и микропроцессорная техника»

Форма обучения очная

Факультет Электронной техники (ФЭТ)

Кафедра Промышленной электроники (ПрЭ)

Курс 1 **Семестр 1**

Учебный план набора 2015 года и последующих лет.

Распределение рабочего времени:

№	Вид учебной работы	Семестр 1	Семестр 2	Семестр 3	Семестр 4	Всего	Единицы
1	Лекции	18				18	часов
2	Лабораторные работы	16				16	часов
3	Практические занятия	10				10	часов
4	Курсовая работа (ауд.)	-				-	часов
5	Всего аудиторных занятий	44				44	часов
6	Из них в интерактивной форме	18				18	часов
7	Самостоятельная работа студентов	64				64	часов
8	Всего	108				108	часов
9	Самост. работа на подгот., сдачу экз.	-				-	часов
10	Общая трудоемкость	108				108	часов
	(в зачетных единицах)	3				3	ЗЕТ

Зачет 1 семестр

Томск 2015

Согласована на портале № 6781

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры
протокол № 33от «30» 6 20 15 г.

Рабочая программа составлена с учетом требований федерального государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования (ФГОС ВО) по направлению 11.04.04 -Электроника и наноэлектроника, утвержденного 30.10.2014г., приказ №1407. Программа рассмотрена и утверждена на заседании кафедры «30» июня 2015 г., протокол № 33 .

Разработчик
профессор каф. ПрЭ _____ В.Д. Семенов

Зав. кафедрой ПрЭ,
профессор _____ С.Г. Михальченко

Рабочая программа согласована с факультетом, профилирующей и выпускающей кафедрами специальности

Декан ФЭТ, доцент _____ А.И. Воронин

Зав. профилирующей
кафедрой ПрЭ, профессор _____ С.Г. Михальченко

Зав. выпускающей
кафедрой ПрЭ, профессор _____ С.Г. Михальченко

Эксперты:

Председатель методической
комиссии ФЭТ, доцент _____ И.А. Чистоедова

Зам. зав. кафедрой ПрЭ
по методической работе, профессор _____ Н.С. Легостаев

Согласована на портале № 6781

1. Цели и задачи дисциплины.

1.1. **Целью** изучения дисциплины «Полупроводниковые ключи в силовых схемах» является ознакомление с областью науки и техники, ориентированной на создание и разработку систем силовой электроники. Целью изучения в практическом плане является применение полученных знаний при расчете, проектировании, исследовании и эксплуатации устройств силовой электроники с использованием новой элементной базы - силовых полупроводниковых ключей (СПК) и драйверов для управления ими.

Задача изучения дисциплины состоит в приобретении, расширении и углублении студентом знаний, умений, навыков и компетенций, необходимых для успешного решения профессиональных задач в следующих видах деятельности: научно-исследовательской, проектно-конструкторской, научно-педагогической.

При осуществлении научно-исследовательской деятельности студент должен уметь анализировать научно-техническую литературу и конкретные силовые схемы преобразователей, производить их математическое описание, строить их адекватные модели; разрабатывать новые силовые цепи преобразователей; производить экспериментальные исследования СПК на их моделях и физических образцах.

При осуществлении проектно-конструкторской деятельности студент должен уметь производить расчеты силовых цепей преобразователей, формулировать требования к их конструктивному исполнению, осуществлять их монтаж и запуск в экспериментальных и производственных условиях.

При осуществлении научно-педагогической деятельности студент должен уметь проводить лекционные, практические и лабораторные занятия по ППКСС; уметь донести до аудитории теорию СПК, практические схемы, их расчеты, оценки, характеристики; уметь практически работать с современными СПК; уметь осуществлять контроль качества усвоения учебного материала.

2.Место дисциплины в структуре ООП.

Дисциплина «Полупроводниковые ключи в силовых схемах» относится к вариативной части блока Б.1 программы магистратуры направления 11.04.04 «Электроника и наноэлектроника» и входит в модуль «Интеллектуальная силовая электроника».

Для изучения дисциплины «Полупроводниковые ключи в силовых схемах» необходимы следующие компетенции магистранта, в том числе приобретенные по программе бакалавриата или специалитета:

- способность совершенствовать и развивать свой интеллектуальный уровень;
- способность анализировать состояние научно-технической проблемы путем подбора, изучения и анализа литературных и патентных источников информации;
- способность владеть методами решения задач анализа и расчета характеристик электрических цепей;
- умение использовать компьютерные технологии для решения математических и физических задач, а также при поиске информации;
- способность владеть иностранным языком в объеме, необходимом для получения информации из зарубежных источников информации;
- способность понимать основные проблемы в области силовой электроники.

Дисциплины, которые являются предшествующими (в том числе из программ бакалавриата и специалитета) для данной дисциплины:

- физика (тепловые процессы, электромагнетизм, элементы физики твердого тела);
- высшая математика (математический анализ, дифференциальные уравнения);
- иностранный язык;
- интеллектуальная собственность;
- теоретические основы электротехники (ТОЭ);
- цифровая и микропроцессорная техника;
- твердотельная электроника (ТТЭ);

Согласована на портале № 6781

- основы преобразовательной техники (ОПТ);
- энергетическая электроника (ЭЭ);
- магнитные элементы электронных устройств (МЭ);

Дисциплины, для которых изучение данной дисциплины является предшествующим:

- силовые цепи устройств энергетической электроники (СЦУЭЭ);
- импульсно-модуляционные системы (ИМС);
- электромагнитная совместимость электронных устройств;
- научно-исследовательская работа.

3. Требования к результатам освоения дисциплины.

После освоения дисциплины «Полупроводниковые ключи в силовых схемах» выпускник должен обладать следующими компетенциями:

Общекультурными:

- **ОК-4** (Способностью адаптироваться к изменяющимся условиям, переоценивать накопленный опыт, анализировать свои возможности).

Общепрофессиональными:

- **ОПК-1** (Способность понимать основные проблемы в своей предметной области, выбирать методы и средства их решения).

Профессиональными:

- **ПК-6** (Способностью анализировать состояние научно-технической проблемы путем подбора, изучения и анализа литературных и патентных источников);
- **ПК-7** (Готовностью определять цели, осуществлять постановку задач проектирования электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения, подготавливать технические задания на выполнение проектных работ);
- **ПК-8** (Способностью проектировать устройства, приборы и системы электронной техники с учетом заданных требований).

В результате изучения дисциплины студент должен:

З**нать**: функции, схемы и характеристики СПК, историю их создания и направление развития.

Уметь: выбрать СПК по требованиям ТЗ и результатам расчета или моделирования.

Владеть: методами расчета преобразователей для выбора СПК в современных ключевых схемах, принципами и технологиями применения СПК.

4. Объем дисциплины и виды учебной работы.

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетные единицы.

Вид учебной работы	Всего часов	Семестры			
		1	2	3	4
Аудиторные занятия (всего), в том числе:	44	44			
Лекции	18	18			
Лабораторные работы	16	16			
Практические занятия (ПЗ)	10	10			
Самостоятельная работа (всего), в том числе:	64	64			
Подготовка к практическим занятиям	5	5			
Подготовка к контрольной работе №1	4	4			
Подготовка к контрольной работе №2	4	4			
Подготовка к лабораторным работам	12	12			
Освоение программы расчетов моделей и компонентов преобразователей в среде Matlab, Switcher CAD и др. для выполнения индивидуальных заданий	9	9			
Выполнение индивидуального задания №1	10	10			
Выполнение индивидуального задания №2	10	10			

Согласована на портале № 6781

Работа над рефератом	10	10				
Общая трудоемкость Час.	108	108				
Зачетные Единицы Трудоемкости	3	3				

5. Содержание дисциплины.

5.1. Разделы дисциплины и виды занятий.

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Лекц.	Практ. зан.	Лаб. раб.	СРС	Всего час.	Формируемые компетенции
1	Введение в теорию коммутации силовых цепей	4	4	4	10	22	ОК-4, ОПК-1, ПК-6, ПК-7, ПК-8
2	Силовые полупроводниковые ключи, их базовые структуры и история развития	4	1	-	10	15	ОК-4, ОПК-1, ПК-6, ПК-7, ПК-8
3	Основные характеристики и параметры силовых полупроводниковых ключей	2	1	-	10	13	ОК-4, ОПК-1, ПК-6, ПК-7, ПК-8
4	Схемы управления силовыми полупроводниковыми ключами	4	2	4	10	20	ОК-4, ОПК-1, ПК-6, ПК-7, ПК-8
5	Методы и схемы защиты силовых полупроводниковых ключей	2	1	-	10	13	ОК-4, ОПК-1, ПК-6, ПК-7, ПК-8
6	Применение силовых полупроводниковых ключей в устройствах силовой электроники	2	1	8	14	25	ОК-4, ОПК-1, ПК-6, ПК-7, ПК-8
	Всего	18	10	16	64	108	

5.2. Содержание разделов дисциплины (по лекциям).

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела	Трудоемкость (час.)	Результат обучения, формируемые компетенции
1.	Введение в теорию коммутации силовых цепей	Определение понятия коммутация. Идеальный ключ. Коммутация цепи с индуктивностью (коммутация тока). Коммутация цепи с емкостью (коммутация напряжения). Активное и пассивное включение (выключение). Жесткое (HS - Hard Switching) переключение, мягкое (Soft Switching) переключение при нулевом токе (ZCS - Zero Current Switching) и при нулевом напряжения (ZVS - Zero Voltage Switching) резонансное (RS - Resonant Switching) и нейтральное (NS - Neutral Switching) переключение. Силовые электронные ключи, их возможные комбинации и основные типы. Способы и схемы коммутации силовых электронных ключей.	4	ОК-4, ОПК-1, ПК-6

Согласована на портале № 6781

2.	Силовые полупроводниковые ключи их базовые структуры и история развития	Краткая историческая справка о СПК и перспективах их развития. Основы классификации структур СПК. Транзисторы: силовые биполярные транзисторы; мощные МДП-транзисторы; биполярные транзисторы с изолированным затвором (БТИЗ-транзисторы, IGBT-транзисторы); статические индукционные транзисторы (СИТ-транзисторы). Тиристоры: однооперационные тиристоры; запираемые тиристоры; индукционные тиристоры; полевые тиристоры	4	ОК-4, ОПК-1, ПК-6
3.	Основные характеристики и параметры силовых полупроводниковых ключей	Выбор СПК как элемента схемы. Основные группы справочных данных по СПК: характеристики СПК и их связь с режимами работы схемы; влияние температуры на параметры и характеристики СПК. Предельные характеристики СПК и области безопасной работы (ОБР). Тепловые характеристики СПК: потери в СПК; тепловые сопротивления СПК; допустимые режимы работы СПК.	2	ОК-4, ОПК-1, ПК-6
4.	Схемы управления силовыми полупроводниковым и ключами	Формирователи управляющих импульсов в структуре управления преобразователями параметров электрической энергии. Основные типы формирователей импульсов (ФИУ). ФИУ с совместной передачей энергии и информации управляющего сигнала (трансформаторные ФИУ для биполярных транзисторов, для МДП транзисторов и тиристоров). ФИУ с раздельной передачей энергии и информации управляющего сигнала (потенциальная развязка информационного сигнала, драйверы силовых транзисторов, подключение драйверов к входным цепям силовых транзисторов, драйверы тиристоров). Источники питания драйверов.	4	ОК-4, ОПК-1, ПК-6
5.	Методы и схемы защиты силовых полупроводниковых ключей	Основные виды перегрузок по напряжению и току. Собственные помехи ключевых преобразователей и методы защиты от них. Защитные цепи СПК (цепи формирования траектории рабочей точки (ЦФТРТ) транзисторов, защитные цепи тиристорных ключей, защитные цепи силовых модулей). Защита СПК от режимов КЗ. СПК с интегрированной системой защиты.	2	ОК-4, ОПК-1, ПК-6
6.	Применение силовых полупроводниковых ключей в устройствах силовой электроники	Основные области применения СПК. Типовые схемы СПК (СПК на биполярных транзисторах, СПК на мощных МДП – транзисторах, СПК на JGBT – транзисторах, СПК на СИТ – транзисторах и тиристорах). Применение СПК в схемах электронных	2	ОК-4, ОПК-1, ПК-6

Согласована на портале № 6781

		балластов, в схемах импульсных источников питания, в схемах резонансных инверторов для индукционного нагрева и в преобразователях для управления электродвигателями.		
		Всего	18	

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

№ п/п	Наименование обеспечивающих (предыдущих) и обеспечиваемых (последующих) дисциплин	№ № разделов данной дисциплины, для которых необходимо изучение обеспечивающих (предыдущих) и обеспечиваемых (последующих) дисциплин.					
		1	2	3	4	5	6
Предшествующие дисциплины из программы бакалавриата							
1	Физика (тепловые процессы, электромагнетизм, физика твердого тела);		+	+			
2	Высшая математика (математический анализ, дифференциальные уравнения);	+				+	+
3	Иностранный язык (технический текст, перевод)	+	+	+	+		+
4	Интеллектуальная собственность (ИС)		+		+	+	+
5	Теоретические основы электротехники (ТОЭ)	+			+	+	+
6	Цифровая и микропроцессорная техника				+	+	+
7	Твердотельная электроника (ТТЭ)		+	+	+		
8	Основы преобразовательной техники (ОПТ)	+				+	+
9	Энергетическая электроника (ЭЭ)	+		+		+	+
10	Магнитные элементы электронных устройств (МЭ)				+		
Последующие дисциплины программы магистра							
1	Силовые цепи устройств энергетической электроники (СЦУЭЭ)	+		+	+	+	+
2	Импульсно-модуляционные системы (ИМС)	+			+		+
3	Электромагнитная совместимость электронных устройств	+	+			+	
4	Научно-исследовательская работа	+	+	+	+	+	+

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

Компетенции	Лек.	Пр. зан.	Лаб. раб.	СРС	Формы контроля
ОК-4	+	+	+	+	Тесты на лекциях, контрольные работы на практических занятиях, практическая демонстрация умения работать с приборами и отчеты по лабораторным

Согласована на портале № 6781

					работам, а также их защита, отчеты по индивидуальным заданиям и практическая демонстрация умения работать с моделью, реферат и презентация по его выполнению. (Оценка способности студента адаптироваться к изменяющимся условиям, переоценивать накопленный им опыт, умения анализировать свои возможности.)
ОПК-1	+	+	+	+	Тесты на лекциях, демонстрация умения работать с приборами и отчеты по лабораторным работам, а также их защита. (Оценка способности студента понимать основные проблемы в своей предметной области, например, в силовых полупроводниковых ключах, выбирать методы и средства их решения при выполнении задания теста или лабораторной работы.)
ПК-6	+	+	+	+	Тесты на лекциях, контрольные работы на практических занятиях, практическая демонстрация умения работать с приборами и отчеты по лабораторным работам, а также их защита, отчеты по индивидуальным заданиям и практическая демонстрация умения работать с моделью, реферат и презентация по его выполнению. (Оценка способности студента анализировать состояние научно-технической проблемы, сформулированной на лекции или в задании путем подбора, изучения и анализа литературных и патентных источников, например, при составлении списка литературы в отчете по индивидуальному заданию, в реферате.)
ПК-7		+		+	Контрольные работы на практических занятиях, практическая демонстрация умения работать с приборами и отчеты по лабораторным работам, а также их защита, отчеты по индивидуальным заданиям с техническими заданиями на них и практическая демонстрация умения работать с моделью, реферат и презентация по его выполнению. (Оценка готовности студента определять цели, осуществлять постановку задач на проектирование схем и устройств различного функционального назначения, подготавливать технические задания на выполнение проектных работ.)
ПК-8		+		+	Контрольные работы на практических занятиях, отчеты по индивидуальным заданиям с техническими заданиями на них и практическая демонстрация умения работать с моделью, реферат и презентация по его выполнению. (Оценка способности студента проектировать устройства, приборы и системы электронной техники с учетом заданных требований) Оценка способности анализировать состояние научно-технической проблемы путем подбора, изучения и анализа литературных и патентных источников по оценке ИЗ и реферата, выполняемых самостоятельно.

Лек. – лекция, Пр.зан. – практическое занятие, Лаб.раб. – лабораторная работа, СРС – самостоятельная работа студента.

Согласована на портале № 6781

6. Методы и формы организации обучения.

Для успешного освоения дисциплины применяются различные образовательные технологии, которые обеспечивают достижение планируемых результатов обучения.

Формы *Методы*	*Лекции (час.)*	*Практическое занятия (час.)*	*Лабораторная работа (час.)*	*СРС (час.)*	*Всего*
IT-методы (установка бесплатного программного обеспечения Switcher CAD III/LTSpise IV для построения моделей преобразователей по ИЗ №1 и №2; импортирование моделей реальных силовых диодов и транзисторов с использованием библиотеки Spice моделей компонентов в модель преобразователя; знакомство с сайтами отечественных и зарубежных фирм – изготовителей электронных компонентов.).	3	2		3	8
Работа в команде (выполнение и защита лабораторных работ с распределением игровых ролей руководителя проекта и исполнителей)			6		6
Взаимное тестирование (тестирование по заданной теме одного студента другим под контролем преподавателя)	3				3
Разработка контрольных вопросов к заданной теме для взаимного тестирования		4			4
Дискуссия по теме рефератов (в виде научно-технической конференции, с присуждением призовых мест «За лучший доклад»)				3	3
Итого интерактивных занятий	6	6	6	6	24

7. Лабораторный практикум.

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость (час.)	Компетенции ОК, ОПК, ПК
1.	2, 4	Исследование драйверов управления силовыми IGBT и MOSFET транзисторами	4	ОК-4, ОПК-1, ПК-6
2.	1, 2, 6	Исследование электромагнитных процессов в инверторной стойке на основе IGBT транзисторов	4	ОК-4, ОПК-1, ПК-6
3.	1, 2, 6	Исследование электромагнитных процессов в инверторной стойке на основе MOSFET транзисторов	4	ОК-4, ОПК-1, ПК-6
4.	6	Исследование автономных транзисторных инверторов с жесткой коммутацией	4	ОК-4, ОПК-1, ПК-6
		Всего	16	

Согласована на портале № 6781

8. Практические занятия (семинары).

№ п/п	№ раздела дисциплины	Тематика практических занятий	Трудоемкость (час.)	Компетенции ОК, ОПК, ПК
1.	1	Примеры построения и расчета преобразователей с квазирезонансным переключением в нуль тока (ZCR) и в нуль напряжения (ZVR). Выдача индивидуального задания ИЗ №1 «Построение в среде MATLAB, LT-spice математической модели преобразователя и исследование жесткой и мягкой коммутации». (Основное требование к выполнению ИЗ №1- работающая модель преобразователя, на которой можно проводить исследование заданных характеристик преобразователя.)	2	ОК-4, ОПК-1, ПК-6, ПК-7, ПК-8
2.	1,2,3, 4,5	Контрольная работа №1 по теме: «Коммутация силовых цепей полупроводниковыми ключами». Выдача заданий на выполнение реферата по разделам 2,3,4,5 с примерной тематикой: «Принцип действия, конструкция, схема управления и характеристики реального силового полупроводникового ключа». СПК варьируются по следующим типам: транзисторы: BJT (биполярный), MOSFET (полевой), IGBT (биполярный с изолированным затвором), SIT (со статической индукцией); тиристоры: SCR (однооперационный), GTO (запираемый), GCT (с коммутацией по цепи управления), FCT (управляемый полем), IGCT (с интегрированной управляющей структурой), SITh (индукционный)». Формулировка требований к оформлению реферата, содержанию и защите в виде презентации. Изучение основных групп для справочных данных по СПК. Поиск справочных данных через интернет. Коэффициенты использования СПК по току и напряжению. Выбор и расчет параметров СПК с учетом температурных зависимостей. Выбор и расчет параметров СПК с учетом области безопасной работы (ОБР). Прямая и обратная ОБР, ОБР короткого замыкания. Расчет потерь мощности в СПК, расчет и выбор охладителей для СПК.	2	ОК-4, ОПК-1, ПК-6, ПК-7, ПК-8
3.	4, 6	Примеры построения и расчета формирователей импульсов управления (ФИУ) для различных СПК. Основные проблемы построения ФИУ (драйверов). Трансформаторные и интегральные ФИУ (драйверы). Выдача индивидуального задания ИЗ №2 «Разработка схемы электрической принципиальной СПК и преобразователя на его основе». Варьируются типы СПК и типы преобразователей. (Основное требование к выполнению ИЗ №2-ТЗ	2	ОК-4, ОПК-1, ПК-6, ПК-7, ПК-8

Согласована на портале № 6781

		на преобразователь, схема электрическая принципиальная преобразователя и источника питания драйверов с перечнем элементов и работающая модель преобразователя, на которой можно проводить исследование заданных характеристик преобразователя.)		
4	2, 3, 4, 5, 6	Контрольная работа №2 по теме: «Основные группы справочных данных СПК и их применение при расчете и выборе силовых ключей». Заслушивание рефератов (в виде презентаций) их обсуждение и взаимная оценка.	2	ОК-4, ОПК-1, ПК-6, ПК-7, ПК-8
5	2, 3, 4, 5, 6	Защита индивидуальных заданий их обсуждение и взаимная оценка.	2	ОК-4, ОПК-1, ПК-6, ПК-7, ПК-8
		Всего	10	

9. Самостоятельная работа.

№ п/п	№ раздела дисциплины	Тематика самостоятельной работы	Трудоемкость (час.)	Компетенции ОК, ПК	Контроль выполнения работы
1.	1-6	Подготовка к практическим занятиям.	5	ОК-4, ОПК-1, ПК-6, ПК-7, ПК-8	Экспресс опрос
2.	1	Подготовка к контрольной работе №1. Решение задач по теме: «Коммутация силовых цепей полупроводниковыми ключами».	4	ОК-4, ОПК-1, ПК-6, ПК-7, ПК-8	Проверка КР. Оценка качества КР по заданным компетенциям.
3.	3	Подготовка к контрольной работе №2. Решение задач по теме: «Основные группы справочных данных СПК и их применение при расчете и выборе силовых ключей».	4	ОК-4, ОПК-1, ПК-6, ПК-7, ПК-8	Проверка КР. Оценка качества КР по заданным компетенциям.
4.	1,2,4,6	Подготовка к лабораторным работам (ЛР) и оформление отчетов	12	ОК-4, ОПК-1, ПК-6	Допуск к ЛР. Защита отчетов и их оценка по заданным компетенциям.
3.	1-6	Освоение программы расчетов моделей и компонентов преобразователей в среде Matlab, Switcher CAD и др. для выполнения индивидуальных заданий и лабораторных работ.	9	ОК-4, ОПК-1, ПК-6, ПК-7, ПК-8	Оценка умения работать с программой при защите ИЗ по действующей модели.
4.	1	Выполнение индивидуального задания №1 «Построение в среде MATLAB, Switcher CAD математической модели преобразователя и исследование жесткой и мягкой коммутации» и	10	ОК-4, ОПК-1, ПК-6, ПК-7, ПК-8	Оценка защиты и отчета ИЗ №1 по заданным компетенциям.

Согласована на портале № 6781

		подготовка презентации.			
5.	2-3	Выполнение ИЗ № 2 «Разработка схемы электрической принципиальной СПК и преобразователя на его основе» и подготовка презентации.	10	ОК-4, ОПК-1, ПК-6, ПК-7, ПК-8	Оценка защиты и отчета ИЗ №2 по заданным компетенциям.
6.	3-5	Работа над рефератом и подготовка презентации	10	ОК-4, ОПК-1, ПК-6, ПК-7, ПК-8	Оценка реферата по теме и презентации по заданным компетенциям.
		Всего	64		

10. Примерная тематика курсовых проектов (работ).

Не предусмотрено.

11. Рейтинговая система для оценки успеваемости студентов.

Таблица 11.1 Балльные оценки для элементов контроля.

Элементы учебной деятельности	Максимальный балл рейтинга за время от начала семестра до 1 К	Максимальный балл рейтинга за время от 1КТ до 2 КТ	Максимальный балл рейтинга за время от 2 КТ до конца семестра	Всего за семестр
1. Посещение занятий при активности на экспресс опросах	3	3	4	10
2. Выполнение индивидуальных заданий	5	10	5	20
3. Выполнение контрольных работ на практических занятиях	5	7	8	20
4. Выполнение и защита лабораторных работ	5	7	8	20
5. Подготовка реферата и выступление по теме реферата	5	7	8	20
4. Компонент своевременности	3	3	4	10
ИТОГО максимум за период	26	37	37	100
Нарастающим итогом	26	63	100	100

За несвоевременное выполнение индивидуального задания снимается 2 балла; за несвоевременное выполнение самостоятельных работ снимается по 4 балла.

Таблица 11.2 Пересчет баллов в оценки за контрольные точки и семестр в целом

Баллы на дату контрольной точки	1КТ	2КТ	2КТ-конец семестра	Оценка
≥ 90 % от максимальной суммы баллов на дату КТ	≥ 23	≥ 57	≥ 90	5
От 70% до 89% от максимальной суммы баллов на дату КТ	18-22	44-56	70-89	4
От 60% до 69% от максимальной суммы баллов на дату КТ	15-17	37-43	60-69	3
< 60 % от максимальной суммы баллов на дату КТ	< 15	<37	<60	2

Согласована на портале № 6781

Таблица 11.3 – Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

Традиционная оценка (ГОС)	Итоговая сумма баллов, включая успешно сданный экзамен	Международная оценка (ECTS)
зачтено	90 - 100	A (отлично)
зачтено	85 - 89	B (очень хорошо)
	75 - 84	C (хорошо)
	70 - 74	D (удовлетворительно)
зачтено	65 - 69	
	60 - 64	E (посредственно)
не зачтено	Ниже 60 баллов	F (неудовлетворительно)

12. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины:

12.1. Основная литература.

12.1.1. Семенов Б.Ю. Силовая электроника: от простого к сложному. – 2-е изд., испр. –М.: СОЛОН-Пресс, 2015. -416 с.: ил. ISBN 978-5-91359-148-7 (В библиотеке 10)

12.2. Дополнительная литература.

12.2.1. **Силовые полупроводниковые ключи: семейства, характеристики, применение** / П. А. Воронин. - 2-е изд. - М. : ДОДЭКА-XXI, 2005. - 380[4] с. : ил. - Библиогр.: с. 374-379. - **ISBN** 5-94120-087-0 (В библиотеке 16)
12.2.2. Мелешин В.И. Транзисторная преобразовательная техника / Мелешин В.И. Москва: Техносфера, 2006. – 632с. ISBN 5-94836-051-2 (В библиотеке 50)
12.2.3. **Физика силовых биполярных** и **полевых транзисторов** : Пер. с англ. / А. Блихер ; пер. В. М. Волле, пер. Л. С. Костина, ред. пер. И. В. Грехов. - Производственное изд. - Л. : Энергоатомиздат, 1986. - 247 с. (В библиотеке 6)
12.2.4. **Силовая электроника** : Лабораторные работы на ПК / Сергей Германович Герман-Галкин. - СПб. : Учитель и ученик, 2002 ; СПб. : КОРОНА принт, 2002. - 304 с. : ил, табл. - (Компьютерная лаборатория). - Библиогр.: с. 301-302. - **ISBN** 5-7931-0087-3 (В библиотеке 1)

12.3. Учебно-методические пособия для практических и самостоятельных работ и программное обеспечение
12.3.1. Бородин Д.Б., Калинина О.В., Калинин Р.Г., Семенов В.Д. Разработка компьютерной модели резонансного преобразователя в среде LTSpice для исследования коммутационных процессов. Методическое пособие по курсу «Полупроводниковые ключи в силовых схемах», 2015, 45 с. Электронная версия на http://www.ie.tusur.ru/content.php?id=444/ Полупроводниковые ключи в силовых схемах
Для практических работ гл. 3, для самостоятельных работ гл. 1-2.
12.3.2. Лабораторный практикум по полупроводниковым ключам в силовых схемах на электронном ресурсе: http://ie.tusur.ru/docs/svd/l_ppk.rar , 2015 г.
12.3.3. Бесплатное программное обеспечение SwitcherCAD III/LTSpise IV на электронном ресурсе фирмы Linear Technology:
http://ltspice.linear.com/software/LTspiceIV.exe
12.3.4. Студенческая версия программы MATLAB/Simulink на электронном ресурсе фирмы Mathwors: http://www.mathworks.com/academia/student_version/
12.3.5. Бесплатная версия программы MATLAB на 30 дней на электронном ресурсе фирмы Mathwors: http://www.mathworks.com/products/matlab/trial.html

Согласована на портале № 6781

12.4. Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

12.4.1. Библиотеки Spice моделей силовых компонентов фирмы International Rectifier на электронном ресурсе: http://www.irf.com/product-info/models/spice/spice.zip
12.4.2. Библиотеки Spice моделей компонентов управления фирмы Texas Instruments на электронном ресурсе: http://focus.ti.com/packaged_lits/pspice_files/ti_pspice_models.zip
12.4.3. Библиотеки Spice моделей различных производителей на электронном ресурсе фирмы Cadence Design Systems: http://www.cadence.com/products/orcad/pages/downloads.aspx#models

12.5. Интернет-ресурсы по электронным компонентам
12.5.1. http://www.promelec.ru – сайт группы компаний промэлекроники;
12.5.2. http://www.compel.ru - сайт компании Компэл - электронные компоненты;
12.5.3. http://www.datasheetcatalog.net – общедоступный бесплатный интернет-ресурс документации на электронные компоненты многих фирм.
12.5.4. http://www.semikron.com/dl/service-support/downloads/download/semikron-application-manual-power-semiconductors-english-en-2015 - Руководство по применению силовых полупроводниковых приборов.

13. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

Практические занятия и лабораторные работы проводятся в специализированной лаборатории силовой электроники ауд. 320, классе, оснащенной компьютерами и лабораторными макетами.

14. Методические рекомендации по организации изучения дисциплины (по усмотрению разработчика программы)

Согласована на портале № 6781

Приложение к рабочей программе

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

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

УТВЕРЖДАЮ
Директор департамента образования
_____ **П. Е. Троян**
«25» 08 2016 г.

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ

Полупроводниковые ключи в силовых схемах
(наименование учебной дисциплины)

Уровень основной образовательной программы магистратура
(бакалавриат, магистратура, специалитет)

Направление (я) подготовки (специальность) 11.04.04 - Электроника и наноэлектроника
(полное наименование направления подготовки (специальности))

Профиль (и) Промышленная электроника и микропроцессорная техника
(полное наименование профиля направления подготовки (специальности))

Форма обучения очная
(очная, очно-заочная (вечерняя), заочная)

Факультет ФЭТ (факультет электронной техники)
(сокращенное и полное наименование факультета)

Кафедра ПрЭ (кафедра промышленной электроники)
(сокращенное и полное наименование кафедры)

Курс 1 **Семестр** 1

Учебный план набора 2015 **года и последующих лет**

Зачет 1 **семестр** **Диф. зачет** - **семестр**

Экзамен - **семестр**

Томск 2016

Согласована на портале № 6781

1. Введение

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

ФОС по дисциплине «Полупроводниковые ключи в силовых схемах» используется при проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации студентов.

Перечень закрепленных за дисциплиной компетенций приведен в таблице 1.

Таблица 1 – Перечень закрепленных за дисциплиной компетенций

Код	Формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции
ОК-4	Способность адаптироваться к изменяющимся условиям, переоценивать накопленный опыт, анализировать свои возможности	Должен знать: функции, схемы и характеристики полупроводниковых ключей в силовых схемах, далее силовых полупроводниковых ключей (СПК), историю их создания и направление развития. Должен уметь: выбрать СПК по требованиям ТЗ и результатам расчета или моделирования. Должен владеть: методами расчета преобразователей для выбора СПК в современных ключевых схемах, принципами и технологиями применения СПК.
ОПК-1	Способность понимать основные проблемы в своей предметной области, выбирать методы и средства их решения	
ПК-6	Способность анализировать состояние научно-технической проблемы путем подбора, изучения и анализа литературных и патентных источников	
ПК-7	Готовность определять цели, осуществлять постановку задач проектирования электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения, подготавливать технические задания на выполнение проектных работ	
ПК-8	Способность проектировать устройства, приборы и системы электронной техники с учетом заданных требований	

2. Реализация компетенций

2.1. Компетенция ОК-4

ОК-4: Способность адаптироваться к изменяющимся условиям, переоценивать накопленный опыт, анализировать свои возможности.

Для формирования компетенции ОК-4 необходимо осуществить ряд этапов. Этапы формирования компетенции, применяемые для этого виды занятий, и используемые средства оценивания представлены в таблице 2.

Согласована на портале № 6781

Таблица 2 – Этапы формирования компетенции ОК-4, виды занятий и используемые средства оценивания

1. Состав	Знать	Уметь	Владеть
Содержание этапов	Знает основные понятия и приемы адаптации известных технических решений по СПК к изменяющимся условиям эксплуатации. Знает опыт практического применения СПК. Знает методы расчета и оценки основных технических показателей СПК.	Умеет адаптировать известное из практического опыта техническое решение к изменяющимся требованиям технического задания. Умеет провести анализ и оценить технические преимущества и недостатки конкретных решений по СПК.	Владеет методами адаптации технических решений в области СПК. Владеет методами анализа и оценки качества технических решений СПК.
Виды занятий	• Лекции; • Практические занятия; • Лабораторные работы; • Самостоятельная работа студента;	• Лабораторные работы; • Самостоятельная работа студента;	• Лабораторные работы; • Самостоятельная работа студента;
Используемые средства оценивания	• Тесты; • Контрольная работа №1; • Контрольная работа №2; • Индивидуальное задание №1; • Индивидуальное задание №2; • Реферат; • Зачет.	• Оформление и защита лабораторных работ; • Оформление и защита индивидуальных заданий; • Оформление и содержание реферата.	• Защита лабораторных работ; • Демонстрация компьютерной модели по ИЗ №1. • Защита индивидуальных заданий, • Презентация реферата.

Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенции ОК-4 на всех этапах приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенции ОК-4 по этапам

Показатели и критерии	Знать	Уметь	Владеть
Отлично (высокий	Обладает	Обладает	Контролирует

Согласована на портале № 6781

уровень)	фактическим и теоретическим знанием приемов адаптации СПК к изменяющимся условиям, оценки качества СПК с пониманием границ применимости этих приемов и оценок.	диапазоном практических умений, необходимых для адаптации, развития и модернизации технических решений по СПК.	работу по адаптации СПК к изменяющимся условиям, проводит оценку качества СПК, совершенствует действия по улучшению работы СПК.
Хорошо (базовый уровень)	Знает факты использования СПК, принципы построения СПК, процессы в них, общие понятия в пределах изучаемой области	Обладает диапазоном практических умений, необходимых для решения задач в области построения СПК и их исследования	Берет ответственность за завершение задач по построению СПК и их исследованию, приспосабливает свое поведение к обстоятельствам в решении проблем
Удовлетворительно (пороговый уровень)	Обладает базовыми общими знаниями в области СПК	Обладает основными умениями, необходимыми для выполнения простых задач по СПК	Работает при прямом наблюдении и непосредственном руководстве

Формулировка показателей и критериев оценивания компетенции ОК-4 приведена в таблице 4.

Таблица 4 – Показатели и критерии оценивания компетенции ОК-4 на этапах

Показатели и критерии	**Знать**	**Уметь**	**Владеть**
Отлично (высокий уровень)	1. Знает основные схемы включения СПК, анализирует их достоинства и недостатки. 2. Знает, как адаптировать схему включения СПК при изменении величины тока, напряжения, частоты, температуры и др. 3.Знает, как построить	1. Умеет быстро найти и доработать схему включения СПК под конкретные требования. 2. Умеет рассчитать основные параметры СПК для выбора элементов по технической документации. 3.Умеет применить новый элемент в схеме	1. Свободно владеет постановкой задачи и методами ее решения при разработке схемы включения СПК. Может научить другого. 2. Способен руководить междисциплинарной командой;

Согласована на портале № 6781

	упрощенную модель СПК для расчета потерь мощности. 4. Понимает, как выбрать СПК по технической документации.	СПК после самостоятельного изучения технической документации.	3.Свободно владеет разными инструментами для расчета параметров СПК.
Хорошо (базовый уровень)	1.Понимает связи между различными элементами СПК; 2.Имеет представление о физических процессах в СПК; 3.Аргументирует выбор схемы включения СПК; 4.Составляет план расчета основных параметров СПК и выбора основных элементов по технической документации.	1.Самостоятельно рассчитывает и выбирает элементы в схеме включения СПК; 2.Применяет освоенные методы решения задач в незнакомых ситуациях; 3.Умеет корректно выражать и аргументированно обосновывать технические решения в области схемотехники СПК.	1.Критически осмысливает полученные знания; 2. Компетентен в различных ситуациях (работа в междисциплинарной команде); 3.Владеет разными способами и инструментами расчета параметров СПК.
Удовлетво-рительно (пороговый уровень)	1.Дает определения основных понятий и назначения элементов в схеме СПК; 2.Воспроизводит основные задачи расчета основных параметров СПК; 4.Знает основные методы решения типовых задач.	1. Умеет работать со справочной литературой; 2.Использует приемы и методы адаптации схем включения СПК, рассмотренных в методических пособиях и в описаниях к лабораторным работам; 3.Умеет представлять результаты своей работы	1.Владеет терминологией предметной области знания в области СПК; 2.Способен представить типовую схему СПК.

2.2. Компетенция ОПК-1

ОПК-1: Способность понимать основные проблемы в своей предметной области, выбирать методы и средства их решения.

Для формирования компетенции необходимо осуществить ряд этапов. Этапы формирования компетенции ОПК-1, применяемые для этого виды занятий, и используемые средства оценивания представлены в таблице 5.

Согласована на портале № 6781

Таблица 5 – Этапы формирования компетенции ОПК-1, виды занятий и используемые средства оценивания

1. Состав	Знать	Уметь	Владеть
Содержание этапов	Знает основные проблемы в области силовых полупроводниковых ключей (СПК): 1. Возрастание коммутационных потерь в СПК с повышением рабочей частоты; 2. Возрастание уровня электромагнитных помех (ЭМП) при увеличении, как скорости переключения, так и величины коммутируемых токов и напряжений; 3. Возрастание мощности потребления по цепи управления при возрастании частоты переключения. 4. Отвод тепла от СПК. 5. Защита СПК от сверхтоков и перенапряжений.	1. Умеет строить упрощенные модели, для оценки и расчета коммутационных потерь в СПК, как при активной, так и индуктивной нагрузках; 2. Умеет строить уточненные компьютерные модели СПК на основе SPICE-моделей реальных СПК, представленных на сайтах производителей; 3. Умеет произвести оценку адекватности компьютерной модели СПК. 4. Умеет произвести оценку тепловых потерь в СПК и выбрать способ отвода этого тепла. 5. Умеет выбрать рассчитать элементы схемы защиты СПК от сверхтоков и перенапряжений.	1. Владеет методами и средствами уменьшения коммутационных потерь в СПК. 2. Владеет схемотехникой построения систем управления СПК, обеспечивающих малое потребление мощности по цепям управления, высокую скорость переключения и низкий уровень помех. 3. Владеет навыками компьютерного моделирования и анализа СПК при разной сложности моделей компонентов.
Виды занятий	• Лекции; • Практические занятия; • Лабораторные работы; • Самостоятельная работа студента;	• Лабораторные работы; • Самостоятельная работа студента;	• Лабораторные работы; • Самостоятельная работа студента;

Согласована на портале № 6781

Используемые средства оценивания	• Тесты; • Контрольная работа №1; • Контрольная работа №2; • Индивидуальное задание №1; • Индивидуальное задание №2; • Реферат; • Зачет.	• Оформление и защита лабораторных работ; • Оформление и защита индивидуальных заданий; • Оформление и содержание реферата.	• Защита лабораторных работ; • Демонстрация компьютерной модели по ИЗ №1. • Защита индивидуальных заданий, • Презентация реферата.

Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенции ОПК-1 на всех этапах приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенции ОПК-1 по этапам

Показатели и критерии	Знать	Уметь	Владеть
Отлично (высокий уровень)	Обладает фактическим и теоретическим знанием необходимым для понимания основных проблем при разработке СПК и их изучении, а также выборе методов и средств их решения с пониманием границ применимости.	Обладает диапазоном практических умений, необходимых для разработки и исследования технических решений по СПК, расчета их параметров в соответствии с выбранными методами и средствами решения основных проблем в СПК.	Контролирует работу по разработке СПК с учетом их основных проблем, проводит анализ и оценку этой работы, совершенствует принципы работы СПК и его параметры.
Хорошо (базовый уровень)	Знает основные проблемы построения СПК, принципы их решения, демонстрирует общие понятия о физических процессах в СПК, в пределах изучаемой области.	Обладает диапазоном практических умений, необходимых для решения определенных задач в области построения и исследования СПК.	Берет ответственность за завершение задач при построении и исследовании СПК с учетом их основных проблем, приспосабливает свое поведение к обстоятельствам в процессе решения задачи.
Удовлетворительно	Обладает	Обладает	Работает при

Согласована на портале № 6781

(пороговый уровень)	базовыми общими знаниями, как построения, так и исследования СПК, в том числе и с точки зрения их основных проблем и выборов методов их решения.	основными умениями, требуемыми для решения типовых и простых задач по СПК.	прямом наблюдении.

Формулировка показателей и критериев оценивания компетенции ОПК-1 приведена в таблице 7.

Таблица 7 – Показатели и критерии оценивания компетенции ОПК-1 на этапах

Показатели и критерии	**Знать**	**Уметь**	**Владеть**
Отлично (высокий уровень)	1. Знает цели и задачи разработки и изучения СПК. 2. Знает основные проблемы при построении СПК, методы и средства их решения. 3. Знает и объясняет причины возрастания потерь в СПК различного типа при возрастании частоты коммутации. 4. Знает формулы или выводит их из простейших расчетных моделей для нахождения коммутационных потерь в СПК при различном характере нагрузки. 5. Знает методы и приемы уменьшения коммутационных потерь в СПК. 6. Знает и объясняет причины возрастания уровня ЭМП при увеличении скорости переключения СПК и величины коммутируемых токов и напряжений. 7. Знает и объясняет причины возрастания мощности, потребляемой по цепи управления СПК, при	1. Умеет найти необходимые параметры СПК и рассчитать в них коммутационные потери при различном характере нагрузки. 2. Умеет управлять скоростью переключения СПК с помощью изменения параметров цепи управления для уменьшения ЭМП. 3. Умеет построить компьютерную модель СПК, оценить ее адекватность и рассчитать коммутационные потери в СПК при изменении типа СПК, частоты коммутации, величины и характера нагрузки. 4. Умеет	1. Владеет методами расчета и выбора элементов демпфирующих цепей СПК для уменьшения коммутационных токов и напряжений. 2. Владеет компьютерными методами поиска технической документации и выбором, на ее основе, СПК. 3. Владеет методами представления коммутационных процессов на плоскости области безопасной работы (ОБР) при выборе СПК. 4. Владеет схемотехникой специализированных микросхем управления (драйверов, ШИМ-контроллеров и др.) и методами их сопряжения с СПК, может самостоятельно изучить вопросы

Согласована на портале № 6781

	увеличении частоты коммутации. 8. Знает формулы или выводит их из простейших расчетных моделей для нахождения мощности, потребляемой по цепи управления СПК. 9. Знает несколько типовых конструктивных решений по отводу тепла от СПК. 10. Знает несколько типовых схемотехнических решений по защите СПК от сверхтоков и перенапряжений. 11. Знает некоторый материал из дополнительной литературы.	представить эскиз конструктивного технического решения по отводу тепла от СПК и оценить его эффективность. 5. Умеет выбрать схемное техническое решение по защите СПК от сверхтоков и перенапряжений, рассчитать его параметры и оценить эффективность.	применение новых специализированных микросхем и научить этому другого. 5. Владеет методами компьютерного моделирования СПК, в том числе и в составе устройства силовой электроники, может самостоятельно научиться работать в новой среде моделирования и научить этому другого.
Хорошо (базовый уровень)	Из списка знаний уровня «отлично» знает восемь пунктов.	Умеет реализовать четыре пункта из списка уровня «отлично». .	Может самостоятельно разработать СПК, спланировать его исследование. Может самостоятельно обнаружить и исправить ошибки в схеме СПК при его расчетах и моделировании.
Удовлетво-рительно (пороговый уровень)	Из списка знаний уровня «отлично» знает только пять пунктов.	Из списка умений уровня «отлично» умение показывает только в трех пунктах.	Работая в команде, может освоить процесс разработки и моделирования СПК.

2.3 Компетенция ПК-6

ПК-6: Способность анализировать состояние научно-технической проблемы путем подбора, изучения и анализа литературных и патентных источников.

Для формирования компетенции необходимо осуществить ряд этапов. Этапы формирования компетенции ПК-6, применяемые для этого виды занятий, и используемые средства оценивания представлены в таблице 8.

Согласована на портале № 6781

Таблица 8 – Этапы формирования компетенции ПК-6, виды занятий и используемые средства оценивания

2. Состав	Знать	Уметь	Владеть
Содержание этапов	Знает основные подходы к изучению и анализу научно-технических проблем в СПК, путем подбора, изучения и анализа литературных и патентных источников. Знает основные показатели и характеристики СПК, которые лежат в основе этого анализа, при сравнении их по литературным и патентным источникам. Знает возможности интернета по поиску литературных и патентных источников.	Умеет выбрать ключевые слова для поиска литературных и патентных источников по анализируемой научно-технической проблеме. Умеет найти или рассчитать основные показатели и характеристики найденных и сравниваемых СПК. Умеет сравнить и проанализировать СПК по заданным показателям. Умеет сделать выводы по результатам анализа.	Владеет методами поиска аналогов по выбранной научно-технической проблеме, включая методы поиска по интернету. Владеет навыками и методами расчета энергетических, динамических и удельных показателей и характеристик СПК. Владеет методами аналогий, подобия и моделирования для анализа и сравнения СПК различной мощности.
Виды занятий	• Лекции; • Практические занятия; • Лабораторные работы; • Самостоятельная работа студента;	• Лабораторные работы; • Самостоятельная работа студента;	• Лабораторные работы; • Самостоятельная работа студента;
Используемые средства оценивания	• Тесты; • Контрольная работа №1; • Контрольная работа №2; • Индивидуальное задание №1; • Индивидуальное задание №2;	• Оформление и защита лабораторных работ; • Оформление и защита индивидуальных заданий; • Оформление	• Защита лабораторных работ; • Демонстрация компьютерной модели по ИЗ №1. • Защита индивидуальных заданий,

Согласована на портале № 6781

	• Реферат; • Зачет.	и содержание реферата.	• Презентация реферата.

Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенции ПК-6 на всех этапах приведены в таблице 9.

Таблица 9 – Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенции ПК-6 по этапам

Показатели и критерии	Знать	Уметь	Владеть
Отлично (высокий уровень)	Обладает фактическими и теоретическими знаниями для изучения и анализа научно-технических проблем в СПК, путем подбора, изучения и анализа литературных и патентных источников. в области силовой электроники, в частности по СПК, с пониманием границ применимости конкретных решений.	Обладает диапазоном практических умений, для изучения и анализа научно-технических проблем в области силовой электроники, в частности по СПК, путем подбора, изучения и анализа литературных и патентных источников, необходимых для творческого применения найденных решений СПК в конкретной области применения и для определения тенденций развития СПК.	Контролирует работу по подбору, изучению и анализу литературных и патентных источников в области силовой электроники, в частности по СПК, проводит оценку, творчески совершенствует как действия, так и результаты работы.
Хорошо (базовый уровень)	Знает примеры, принципы, процессы, общие понятия для подбора, изучения и анализа литературных и патентных источников в области силовой электроники, в частности по СПК, в пределах изучаемой	Обладает диапазоном практических умений, необходимых для решения определенных проблем в области подбора, изучения и анализа литературных и патентных источников в области силовой	Берет ответственность за завершение задач при подборе, изучении и анализе литературных и патентных источников в области силовой электроники, в частности по СПК, приспосабливает свое поведение к обстоятельствам в

Согласована на портале № 6781

	области.	электроники, в частности по СПК.	решении конкретных вопросов.
Удовлетворительно (пороговый уровень)	Обладает базовыми общими знаниями	Обладает основными умениями, требуемыми для выполнения простых задач	Работает при прямом наблюдении

Формулировка показателей и критериев оценивания компетенции ПК-6 приведена в таблице 10.

Таблица 10 – Показатели и критерии оценивания компетенции ПК-6 на этапах

Показатели и критерии	**Знать**	**Уметь**	**Владеть**
Отлично (высокий уровень)	Анализирует достоинства и недостатки основных подходов к подбору, изучению и анализу научно-технических проблем в СПК. Обосновывает выбор основных показателей и характеристик СПК, по которым нужно сравнивать и анализировать СПК и устройства на их основе, по литературным и патентным источникам. Представляет себе широкие возможности интернета по поиску литературных и патентных источников. Знаком с основными периодическими изданиями и конференциями, в которых рассматриваются вопросы разработки и исследования СПК.	Уверенно предлагает и выбирает ключевые слова для поиска литературных и патентных источников по заданной научно-технической проблеме. Свободно находит или рассчитывает основные показатели и характеристики заданных СПК и устройств силовой электроники на их основе. Свободно сравнивает и анализирует СПК по заданным показателям и характеристикам. Уверенно делает выводы по результатам анализа.	Способен руководить работой команды по изучению и анализу научно-технических проблем в СПК, путем подбора, изучения и анализа литературных и патентных источников. Владеет несколькими методами поиска аналогов по выбранной научно-технической проблеме, включая методы поиска по интернету. Владеет навыками и методами расчета энергетических, динамических и удельных показателей и характеристик СПК. Владеет методами аналогий, подобия и моделирования

Согласована на портале № 6781

			для анализа и сравнения СПК различной мощности.
Хорошо (базовый уровень)	Имеет представление о достоинствах и недостатках основных подходов к подбору, изучению и анализу научно-технических проблем в СПК. Понимает связи между основными показателями и характеристиками СПК, и показателями и характеристиками устройств на их основе, найденных по литературным и патентным источникам. Составляет план поиска литературных и патентных источников по интернету.	Самостоятельно выбирает ключевые слова для поиска литературных и патентных источников по заданной научно-технической проблеме. Находит или рассчитывает основные показатели и характеристики заданных СПК и устройств силовой электроники на их основе, применяя методы решения задач в незнакомых ситуациях. Аргументированно сравнивает и анализирует СПК по заданным показателям и характеристикам. Обоснованно делает корректные выводы по результатам анализа.	Критически осмысливает полученные знания при работе в команде по изучению и анализу научно-технических проблем в СПК, путем подбора, изучения и анализа литературных и патентных источников. Владеет хотя бы одним методам поиска аналогов по выбранной научно-технической проблеме. Владеет навыками и методами расчета энергетических, динамических и удельных показателей и характеристик СПК.
Удовлетво-рительно (пороговый уровень)	Дает определения основных понятий по подбору, изучению и анализу научно-технических проблем в СПК. Воспроизводит типовые расчеты основных показателей и характеристик СПК.	Умеет работать со справочной литературой и документацией. Умеет представлять результаты своей работы.	Владеет терминологией предметной области знания. Способен корректно представить результаты подбора, изучения и анализа научно-технических проблем в СПК.

Согласована на портале № 6781

2.4. Компетенция ПК-7

ПК-7: Готовность определять цели, осуществлять постановку задач проектирования электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения, подготавливать технические задания на выполнение проектных работ.

Для формирования компетенции необходимо осуществить ряд этапов. Этапы формирования компетенции ПК-7, применяемые для этого виды занятий, и используемые средства оценивания представлены в таблице 11.

Таблица 11 – Этапы формирования компетенции ПК-7, виды занятий и используемые средства оценивания

3. Состав	Знать	Уметь	Владеть
Содержание этапов	Знает основные подходы по определению целей и постановке задач проектирования схем и устройств силовой электроники с применением СПК. Знает основные параметры и характеристики схем и устройств силовой электроники с применением СПК, которые необходимо заложить в ТЗ.	Умеет подготовить основные технические требования к разработке технического задания (ТЗ) на проектирование схемы или устройства силовой электроники на основе СПК, с заданными техническими параметрами и характеристиками и конкретным функциональным назначением.	Владеет методами и навыками определения целей и постановки задач по проектированию схем и устройств силовой электроники с применением СПК. Владеет методами расчета и моделирования схем и устройств силовой электроники с применением СПК, необходимыми для достижения заданных в ТЗ проектных параметров и характеристик.
Виды занятий	• Лекции; • Практические занятия; • Лабораторные работы; • Самостоятельная работа студента;	• Лабораторные работы; • Самостоятельная работа студента;	• Лабораторные работы; • Самостоятельная работа студента;
Используемые средства оценивания	• Тесты; • Контрольная работа №1; • Контрольная работа №2; • Индивидуальное задание №1; • Индивидуальное задание №2; • Реферат; • Зачет.	• Оформление и защита лабораторных работ; • Оформление и защита индивидуальных заданий; • Оформление и содержание реферата.	• Защита лабораторных работ; • Демонстрация компьютерной модели по ИЗ №1. • Защита индивидуальных заданий, • Презентация реферата.

Согласована на портале № 6781

Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенции ПК-7 на всех этапах приведены в таблице 12.

Таблица 12 – Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенции ПК-7 по этапам

Показатели и критерии	Знать	Уметь	Владеть
Отлично (высокий уровень)	Обладает фактическими и теоретическими знаниями по определению целей, постановке задач проектирования схем и устройств силовой электроники на основе СПК, подготовке исходных требований к ТЗ на выполнение проектных работ в пределах изучаемой области, с пониманием границ применимости.	Обладает диапазоном практических умений, необходимых для определения целей, постановки задач проектирования схем и устройств силовой электроники на основе СПК, подготовки исходных требований к ТЗ на выполнение проектных работ и развития творческих решений по применению СПК в смежных областях.	Контролирует работу по определению целей, постановке задач проектирования схем и устройств силовой электроники на основе СПК, подготовке исходных требований к ТЗ на выполнение проектных работ в пределах изучаемой области, проводит оценку этих работ, совершенствует действия и результаты работы.
Хорошо (базовый уровень)	Знает факты, принципы, процессы, общие понятия по определению целей, постановке задач проектирования схем и устройств силовой электроники на основе СПК, подготовке исходных требований к ТЗ на выполнение проектных работ в пределах изучаемой области.	Обладает диапазоном практических умений, требуемых для решения определенных задач в области определения целей, постановки задач проектирования схем и устройств силовой электроники на основе СПК, подготовки исходных требований к ТЗ на выполнение проектных работ	Берет ответственность за завершение задач по определению целей, постановке задач проектирования схем и устройств силовой электроники на основе СПК, подготовке исходных требований к ТЗ на выполнение проектных работ, приспосабливает свое поведение к обстоятельствам в процессе решении

Согласована на портале № 6781

			задачи.
Удовлетворительно (пороговый уровень)	Обладает базовыми общими знаниями по проблемам проектирования СПК.	Обладает основными умениями, требуемыми для выполнения простых типовых задач по проектированию СПК.	Работает при прямом наблюдении.

Формулировка показателей и критериев оценивания компетенции ПК-7 приведена в таблице 13.

Таблица 13 – Показатели и критерии оценивания компетенции ПК-7 на этапах

Показатели и критерии	Знать	Уметь	Владеть
Отлично (высокий уровень)	Знает основные цели и задачи проектирования схем и устройств силовой электроники с применением СПК, повышающие их технико-экономический уровень. Знает основные понятия по схемам и устройствам силовой электроники с применением СПК. Анализирует основные параметры и характеристики схем и устройств силовой электроники с применением СПК по быстродействию, взаимодействию с нагрузкой и питающей сетью. Анализирует и раскрывает силовые и информационные связи в устройствах силовой электроники с применением СПК и их влияние на параметры и характеристики этих устройств, которые	Умеет подготовить основные технические требования к разработке ТЗ на проектирование схемы или устройства силовой электроники на основе СПК, обладающего следующими характеристиками: заданным быстродействием; необходимым диапазоном регулирования выходного напряжения или тока; заданным качеством напряжения или тока в нагрузке; заданным качеством потребляемого от питающей сети тока; заданными техническими параметрами электромагнитных помех (ЭМП). Уверенно выбирает количественные характеристики требований ТЗ, по быстродействию,	Свободно владеет методами и навыками определения целей и постановки задач по проектированию схем и устройств силовой электроники с применением СПК, способен руководить междисциплинарной командой. Владеет методами расчета и моделирования схем и устройств силовой электроники с применением СПК, необходимыми для достижения заданных в ТЗ проектных параметров и характеристик, способен научить этому другого.

Согласована на портале № 6781

	необходимо заложить в ТЗ.	коэффициенту полезного действия, уровню ЭМП, удельной массе и габаритам.	
Хорошо (базовый уровень)	Понимает связи между основными целями и задачами проектирования схем и устройств силовой электроники с применением СПК и технико-экономическим уровнем этих устройств. Имеет ясное представление о схемах и устройствах силовой электроники с применением СПК. Характеризует силовые и информационные связи в устройствах силовой электроники с применением СПК и констатирует влияние этих связей на параметры и характеристики устройств.	Самостоятельно формулирует заданные технические требования к разработке ТЗ на проектирование схемы или устройства силовой электроники на основе СПК. Применяет методы оценки заданных количественных характеристик СПК в незнакомых ситуациях. Умеет корректно выражать и аргументированно обосновывать технические требования к схемам или устройствам силовой электроники на основе СПК	Критически осмысливает определенные цели и постановку задач по проектированию схем и устройств силовой электроники с применением СПК Компетентен в различных ситуациях при работе в междисциплинарной команде. Владеет разными способами и инструментами компьютерного моделирования СПК.
Удовлетво-рительно (пороговый уровень)	Дает определения основных целей и задач проектирования схем и устройств силовой электроники с применением СПК. Воспроизводит основные задачи проектирования схем и устройств силовой электроники с применением СПК. Знает основные методы решения типовых задач проектирования схем и устройств силовой электроники с применением СПК.	Умеет работать со справочной литературой. Умеет представлять результаты своей работы по проектированию схем и устройств силовой электроники с применением СПК.	Владеет терминологией предметной области знания; Способен корректно представить техническое требование в заданный раздел ТЗ.

Согласована на портале № 6781

2.5. Компетенция ПК-8

ПК-8: Способность проектировать устройства, приборы и системы электронной техники с учетом заданных требований.

Для формирования компетенции необходимо осуществить ряд этапов. Этапы формирования компетенции ПК-8 , применяемые для этого виды занятий, и используемые средства оценивания представлены в таблице 14.

Таблица 14 – Этапы формирования компетенции ПК-8, виды занятий и используемые средства оценивания

3. Состав	Знать	Уметь	Владеть
Содержание этапов	Знает основные методы и этапы проектирования устройств, и систем электронной техники, на примере устройств и систем силовой электроники на основе СПК, с учетом заданных требований. Знает основные способы и методы разработки функциональных и принципиальных электрических схем устройств или приборов силовой электроники с применением СПК. Знает основные способы расчета допустимых токов и напряжений СПК в устройствах силовой электроники для выбора элементной базы. Знает основные способы отвода тепла от СПК в типовых конструкциях устройств или приборов силовой электроники.	Умеет разработать и оформить схемы электрические функциональные и принципиальные для устройств или приборов силовой электроники. Умеет рассчитать токи, напряжения и потери мощности в СПК устройств или приборов силовой электроники. Умеет найти техническую документацию на электронные компоненты и выбрать их в соответствии с расчетными электрическими нагрузками. Умеет поставить задачу на конструкторскую проработку устройств или приборов силовой электроники с применением СПК.	Владеет упрощенными способами расчета электрических нагрузок СПК в устройствах силовой электроники. Владеет навыками имитационного моделирования устройств силовой электроники для уточнения расчетных электрических и тепловых нагрузок СПК. Владеет принципами расчета типовых конструкций для отвода тепла от СПК в устройствах и схемах силовой электроники.
Виды занятий	• Лекции; • Практические занятия;	• Лабораторные работы; • Самостоятельна	• Лабораторные работы; • Самостоятельна

Согласована на портале № 6781

	• Лабораторные работы; • Самостоятельная работа студента;	я работа студента;	я работа студента;
Используемые средства оценивания	• Тесты; • Контрольная работа №1; • Контрольная работа №2; • Индивидуальное задание №1; • Индивидуальное задание №2; • Реферат; • Зачет.	• Оформление и защита лабораторных работ; • Оформление и защита индивидуальных заданий; • Оформление и содержание реферата.	• Защита лабораторных работ; • Демонстрация компьютерной модели по ИЗ №1. • Защита индивидуальных заданий, • Презентация реферата.

Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенции ПК-8 на всех этапах приведены в таблице 15.

Таблица 15 – Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенции ПК-8 по этапам

Показатели и критерии	Знать	Уметь	Владеть
Отлично (высокий уровень)	Обладает фактическими и теоретическими знаниями для проектирования устройств, и систем электронной техники, на примере устройств и систем силовой электроники на основе СПК, с учетом заданных требований, в пределах изучаемой области и пониманием границ применимости.	Обладает диапазоном практических умений, требуемых для проектирования устройств, и систем электронной техники, на примере устройств и систем силовой электроники на основе СПК, с учетом заданных требований, путем развития творческих решений по СПК.	Контролирует работу по проектированию устройств, и систем электронной техники, на примере устройств и систем силовой электроники на основе СПК, с учетом заданных требований, проводит оценку, совершенствует действия и результаты этой работы.
Хорошо (базовый уровень)	Знает факты, принципы, процессы, общие понятия по проектированию устройств, и	Обладает диапазоном практических умений, требуемых для решения определенных задач	Берет ответственность за завершение задач по проектированию устройств, и систем электронной

Согласована на портале № 6781

	систем электронной техники, на примере устройств и систем силовой электроники на основе СПК, в пределах изучаемой области.	проектирования устройств, и систем электронной техники, на примере устройств и систем силовой электроники на основе СПК.	техники, на примере устройств и систем силовой электроники на основе СПК, приспосабливает свое поведение к обстоятельствам в решении конкретных задач.
Удовлетворительно (пороговый уровень)	Обладает базовыми общими знаниями по проектированию устройств, и систем электронной техники, на примере устройств и систем силовой электроники на основе СПК.	Обладает основными умениями, требуемыми для выполнения простых задач проектирования устройств, и систем электронной техники, на примере устройств и систем силовой электроники на основе СПК.	Работает при прямом наблюдении.

Формулировка показателей и критериев оценивания компетенции ПК-8 приведена в таблице 16.

Таблица 16 – Показатели и критерии оценивания компетенции ПК-8 на этапах

Показатели и критерии	Знать	Уметь	Владеть
Отлично (высокий уровень)	Знает основные методы и этапы проектирования устройств, и систем электронной техники, на примере устройств и систем силовой электроники на основе СПК, с учетом заданных требований. Понимает смысл работ проводимых на разных этапах опытно-конструкторских работы (ОКР). Знает основные	Умеет разработать и оформить схемы электрические функциональные и принципиальные для устройств или приборов силовой электроники. Свободно рассчитывает токи, напряжения и потери мощности в СПК устройств или приборов силовой электроники. Свободно находит	Владеет упрощенными способами расчета электрических нагрузок СПК в устройствах силовой электроники. Может построить модель для расчета электрических нагрузок СПК и научить этому другого. Владеет навыками

Согласована на портале № 6781

	способы и методы разработки функциональных и принципиальных электрических схем устройств или приборов силовой электроники с применением СПК. Анализирует связь схемы функциональной и принципиальной электрической с общей конструкцией прибора или устройства. Знает основные способы расчета допустимых токов и напряжений СПК в устройствах силовой электроники для выбора элементной базы. Уверенно проводит выбор элементной базы с учетом требований техдокументации. Знает основные способы отвода тепла от СПК в типовых конструкциях устройств или приборов силовой электроники.	техническую документацию на электронные компоненты и выбирает их в соответствии с расчетными электрическими нагрузками. Аргументированно и доходчиво ставит задачу на конструкторскую проработку устройств или приборов силовой электроники с применением СПК. Свободно работает в компьютерной среде 3D – моделирования, понимает преимущества автоматизированного проектирования на всех этапах проекта.	имитационного моделирования устройств силовой электроники для уточнения расчетных электрических и тепловых нагрузок СПК, при этом может самостоятельно изучить компьютерную среду для имитационного моделирования, применить ее для моделирования СПК и научить другого. Свободно владеет принципами расчета типовых конструкций для отвода тепла от СПК в устройствах и схемах силовой электроники, может определить максимальную температуру СПК в самом напряженном режиме.
Хорошо (базовый уровень)	Понимает связи между различными этапами проектирования устройств или приборов силовой электроники с применением СПК. Имеет представление о схемах электрических функциональных и принципиальных устройств или приборов силовой электроники с применением СПК, хорошо в них ориентируется. Имеет представление о физических и имитационных моделях устройств или приборов	Самостоятельно разрабатывает схемы электрические функциональные и принципиальные типовых устройств или приборов силовой электроники с применением СПК. Применяет методы решения задач проектирования устройств или приборов силовой электроники с применением СПК в незнакомых ситуациях. Умеет корректно выражать и	Критически осмысливает способы расчета электрических нагрузок СПК в устройствах силовой электроники. Компетентен в различных ситуациях при работе в междисциплинарной команде. Способен под управлением овладеть разными способами и инструментами компьютерного

Согласована на портале № 6781

	силовой электроники с применением СПК и их применении на разных этапах проекта. Аргументирует выбор СПК в соответствии со схемами электрическими функциональными и принципиальными устройств или приборов силовой электроники и нагрузкой. иллюстрирует задачу.	аргументированно обосновывать вопросы проектирования устройств или приборов силовой электроники с применением СПК.	моделирования устройств или приборов силовой электроники с применением СПК.
Удовлетво-рительно (пороговый уровень)	Дает определения основных понятий проектированию устройств или приборов силовой электроники с применением СПК. Воспроизводит основные типовые задачи проектирования устройств или приборов силовой электроники с применением СПК. Распознает формальные объекты проектирования устройств или приборов силовой электроники с применением СПК. Знает основные методы решения типовых задач при моделировании СПК и умеет применять их на практике.	Умеет работать со справочной литературой. Использует устройства силовой электроники с применением СПК, рассмотренные в описаниях лабораторных работ, при решении других задач проектирования. Умеет представлять результаты своей работы.	Владеет терминологией по проектированию устройств или приборов силовой электроники с применением СПК. Способен корректно представить элементы схем устройств или приборов силовой электроники с применением СПК, в форме компьютерной модели.

3. Типовые контрольные задания

Для реализации вышеперечисленных задач обучения используются следующие материалы: 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 составе.

3.1. Типовые тесты

Например, тест по теме «Теория коммутации силовых цепей» содержит десять вопросов:

1. Что такое коммутация?
2. При каких условиях коммутация называется жесткой?

Согласована на портале № 6781

3. При каких условиях коммутация называется мягкой?

4. Дать определение и условное графическое обозначение идеального ключа.

5. Что такое мягкая коммутация ключа в цепи с индуктивностью? Привести временные диаграммы, пояснить активное и пассивное переключение.

6. Что такое мягкая коммутация ключа в цепи с емкостью? Привести временные диаграммы, пояснить активное и пассивное переключение.

7. Что такое резонансная коммутация и как ее реализовать?

8. Что такое квазирезонансная коммутация и как ее реализовать?

9. Что такое нейтральная коммутация и как ее реализовать?

10. Расшифровать аббревиатуры: ZCS, ZVS, HS, SS, NS на английском и перевести на русский.

3.2. Темы контрольных работ

Например, тема контрольной работы №1 «Коммутация силовых цепей полупроводниковыми ключами». Один из пятнадцати вариантов КР №1 содержит следующие пять вопросов:

1. Что такое силовой полупроводниковый ключ (СПК)?

2. Нарисовать схему СПК на биполярном транзисторе, коммутирующем активную нагрузку. Привести временные диаграммы работы СПК.

3. Выбрать основные элементы цепи управления для СПК по пункту 2, если известно, что применен транзистор КТ841А; напряжение источника питания E=100 В; сопротивление нагрузки R=20 Ом; степень насыщения транзистора s=1,2; частота работы ключа f=20 кГц; относительная длительность замкнутого состояния ключа γ=0,75.

4. Рассчитать статические и динамические потери СПК и его К.П.Д.

5. Построить тепловую модель СПК и определить температуру полупроводникового кристалла, если температура корпуса транзистора $T_к$= 60°С.

Тема контрольной работы №2 «Основные группы справочных данных СПК и их применение при расчете силовых ключей ». Один из пятнадцати вариантов КР №2 содержит следующие пять вопросов:

1. По буквенно-цифровому обозначению СПК например, IRGP6690DPbF, найти техническую документацию (даташит), определить фирму-изготовителя, назвать тип прибора и привести его условное графическое обозначение (УГО), определить его номинальные параметры: напряжение, ток, частоту коммутации.

2. Рассчитать потери в ключе в режиме осечки и в режиме насыщения, при напряжении 600 В, токе 75 А и относительной длительности включенного состояния 0,4.

3. Определить среднюю и максимальную мгновенную мощность, необходимую для включения ключа при частоте коммутации 20 кГц.

4. Рассчитать динамические потери в СПК при напряжении 600 В, токе 75 А, частоте 20 кГц.

5. Рассчитать максимальную температуру на корпусе СПК и на радиаторе, приняв температуру полупроводникового перехода 150 °С.

3.3. Темы индивидуальных заданий

Например, тема индивидуального задания №1 «Построение компьютерной имитационной модели импульсного преобразователя и исследование на модели жесткой и мягкой коммутации СПК».

Варьируются тип преобразователя (понижающий, повышающий, инвертирующий и т.д.), уровни напряжения и тока, тип силового транзистора (BJT, MOSFET, IGBT и др.), конкретная марка транзистора. Представляются действующие имитационные модели и результаты их исследования.

Согласована на портале № 6781

Тема индивидуального задания №2 «Разработка схемы электрической принципиальной СПК и преобразователя на его основе».

Варьируются тип преобразователя (понижающий, повышающий, инвертирующий и т.д.), уровни напряжения и тока, схема СПК (с трансформаторным формирователем импульсов управления (ФИУ), с драйвером нижнего ключа и драйвером верхнего ключа и др.). К сдаче ИЗ №2 представляются техническое задание; пояснительная записка, схемы электрические функциональная и принципиальная с перечнем элементов и расчеты, необходимые для выбора элементов.

3.4.Темы лабораторных работ

1. Исследование драйверов управления силовыми IGBT и MOSFET транзисторами.
2. Исследование электромагнитных процессов в инверторной стойке на основе IGBT транзисторов.
3. Исследование электромагнитных процессов в инверторной стойке на основе MOSFET транзисторов.
4. Исследование автономных транзисторных инверторов с жесткой коммутацией.

3.5. Темы рефератов

Реферат выполняется по примерной тематике: «Принцип действия, конструкция, схема управления и характеристики и история создания реального силового полупроводникового ключа».

СПК варьируются по следующим типам: транзисторы: BJT (биполярный), MOSFET (полевой), IGBT (биполярный с изолированным затвором), SIT (со статической индукцией); тиристоры: SCR (однооперационный), GTO (запираемый), GCT (с коммутацией по цепи управления), FCT (управляемый полем), IGCT (с интегрированной управляющей структурой), SITh (индукционный)». Представляется реферат и его презентация.

3.6. Темы для самостоятельной работы

1. Подготовка к контрольным работам №1 и №2 путем решения типовых задач, представленных в методическом пособии.
2. Подготовка к проведению лабораторных работ путем предварительного изучения описания макетов и основных теоретических сведений по руководству к выполнению ЛР.
3. Самостоятельное изучение компьютерной среды LT-spice для выполнения индивидуальных заданий, по методическому пособию и литературе, указанной в методических материалах.

4. Методические материалы

Для обеспечения процесса обучения и решения задач обучения используются методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.

Согласно пункту 12 рабочей программы по дисциплине «Полупроводниковые ключи в силовых схемах» используются следующие методические материалы:

Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (дублирует пункт 12 рабочей программы):

1. Основная литература.

1.1. Семенов Б.Ю. Силовая электроника: от простого к сложному. – 2-е изд., испр. –М.: СОЛОН-Пресс, 2015. -416 с.: ил. ISBN 978-5-91359-148-7 (В библиотеке 10)

2. Дополнительная литература.

Согласована на портале № 6781

2.1. **Силовые полупроводниковые ключи: семейства, характеристики, применение** / П. А. Воронин. - 2-е изд. - М. : ДОДЭКА-XXI, 2005. - 380[4] с. : ил. - Библиогр.: с. 374-379. - **ISBN** 5-94120-087-0
(В библиотеке 16)
2.2. Мелешин В.И. Транзисторная преобразовательная техника / Мелешин В.И. Москва: Техносфера, 2006. – 632с. ISBN 5-94836-051-2 (В библиотеке 50)
2.3. **Физика силовых биполярных** и **полевых транзисторов** : Пер. с англ. / А. Блихер ; пер. В. М. Волле, пер. Л. С. Костина, ред. пер. И. В. Грехов. - Производственное изд. - Л. : Энергоатомиздат, 1986. - 247 с. (В библиотеке 6)
2.4. **Силовая электроника** : Лабораторные работы на ПК / Сергей Германович Герман-Галкин. - СПб. : Учитель и ученик, 2002 ; СПб. : КОРОНА принт, 2002. - 304 с. : ил, табл. - (Компьютерная лаборатория). - Библиогр.: с. 301-302. - **ISBN** 5-7931-0087-3
(В библиотеке 1)

3. Учебно-методические пособия для практических и самостоятельных работ и программное обеспечение

3.1. Бородин Д.Б., Калинина О.В., Калинин Р.Г., Семенов В.Д. Разработка компьютерной модели резонансного преобразователя в среде LTSpice для исследования коммутационных процессов. Методическое пособие по курсу «Полупроводниковые ключи в силовых схемах»,
2015, 45 с. Электронная версия на http://www.ie.tusur.ru/content.php?id=444/
Полупроводниковые ключи в силовых схемах
Для практических работ гл. 3, для самостоятельных работ гл. 1-2.
3.2. Лабораторный практикум по полупроводниковым ключам в силовых схемах на электронном ресурсе: http://ie.tusur.ru/docs/svd/l_ppk.rar , 2015 г.
3.3. Бесплатное программное обеспечение SwitcherCAD III/LTSpise IV на электронном ресурсе фирмы Linear Technology:
http://ltspice.linear.com/software/LTspiceIV.exe
3.4. Студенческая версия программы MATLAB/Simulink на электронном ресурсе фирмы Mathwors: http://www.mathworks.com/academia/student_version/
3.5. Бесплатная версия программы MATLAB на 30 дней на электронном ресурсе фирмы Mathwors: http://www.mathworks.com/products/matlab/trial.html

4. Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

4.1. Библиотеки Spice моделей силовых компонентов фирмы International Rectifier на электронном ресурсе: http://www.irf.com/product-info/models/spice/spice.zip
4.2. Библиотеки Spice моделей компонентов управления фирмы Texas Instruments на электронном ресурсе: http://focus.ti.com/packaged_lits/pspice_files/ti_pspice_models.zip
4.3. Библиотеки Spice моделей различных производителей на электронном ресурсе фирмы Cadence Design Systems:
http://www.cadence.com/products/orcad/pages/downloads.aspx#models

5. Интернет-ресурсы по электронным компонентам

5.1. http://www.promelec.ru – сайт группы компаний промэлекроники;
5.2. http://www.compel.ru - сайт компании Компэл - электронные компоненты;
5.3. http://www.datasheetcatalog.net – общедоступный бесплатный интернет-ресурс документации на электронные компоненты многих фирм.
5.4. http://www.semikron.com/dl/service-support/downloads/download/semikron-application-manual- power-semiconductors-english-en-2015 - Руководство по применению силовых полупроводниковых приборов.

Согласована на портале № 6781