МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

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

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

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Проектирование ключевых устройств

Уровень образования: **высшее образование - бакалавриат**
Направление подготовки / специальность: **11.03.04 Электроника и наноэлектроника**
Направленность (профиль) / специализация: **Промышленная электроника**
Форма обучения: **заочная (в том числе с применением дистанционных образовательных технологий)**
Факультет: **ФДО, Факультет дистанционного обучения**
Кафедра: **ПрЭ, Кафедра промышленной электроники**
Курс: **5**
Семестр: **9**
Учебный план набора 2015 года

Распределение рабочего времени

№	Виды учебной деятельности	9 семестр	Всего	Единицы
1	Самостоятельная работа под руководством преподавателя	16	16	часов
2	Контроль самостоятельной работы	2	2	часов
3	Всего контактной работы	18	18	часов
4	Самостоятельная работа	194	194	часов
5	Всего (без экзамена)	212	212	часов
6	Подготовка и сдача зачета	4	4	часов
7	Общая трудоемкость	216	216	часов
			6.0	З.Е.

Контрольные работы: 9 семестр - 1
Зачет: 9 семестр

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Шелупанов А.А.
Должность: Ректор
Дата подписания: 28.02.2018
Уникальный программный ключ:
c53e145e-8b20-45aa-9347-a5e4dbb90e8d

Томск 2018

Согласована на портале № 41846

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры
протокол № 1 от « 2 » 7 2018 г.

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

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

Разработчик:

профессор каф. ПрЭ	_____	С. Г. Михальченко

Заведующий обеспечивающей каф. ПрЭ _____ С. Г. Михальченко

Рабочая программа дисциплины согласована с факультетом и выпускающей кафедрой:

Декан ФДО _____ И. П. Черкашина

Заведующий выпускающей каф. ПрЭ _____ С. Г. Михальченко

Эксперты:

Доцент кафедры технологий электронного обучения (ТЭО)	_____	Ю. В. Морозова
профессор каф. ПрЭ	_____	Н. С. Легостаев

Согласована на портале № 41846

1. Цели и задачи дисциплины

1.1. Цели дисциплины

ознакомление с основными направлениями современной схемотехники ключевых устройств; приобретение навыков схемотехнического моделирования и проектирования микросхем различной степени интеграции; знаний по расчету, моделированию и разработке импульсно-модуляционных преобразователей и систем управления коммутационными элементами.

1.2. Задачи дисциплины

– формирование знаний о предмете, принципах, современных и перспективных направлениях, математическом аппарате схемотехники ключевых устройств;

– приобретение знаний о назначении, характеристиках и параметрах цифровых и аналоговых интегральных микросхем различной степени интеграции;

– формирование навыков синтеза, расчета, анализа и моделирования систем управления коммутационными элементами и импульсно-модуляционными преобразователями с использованием средств автоматизированного проектирования и экспериментальных исследований.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Проектирование ключевых устройств» (Б1.В.ДВ.7.1) относится к блоку 1 (вариативная часть).

Предшествующими дисциплинами, формирующими начальные знания, являются: Аналоговая электроника, Методы анализа и расчета электронных схем, Микропроцессорные устройства и системы, Микросхемотехника, Микроэлектроника, Основы преобразовательной техники, Схемотехника, Теория автоматического управления.

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

3. Требования к результатам освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

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

– ПК-5 готовностью выполнять расчет и проектирование электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизации проектирования;

– ПК-7 готовностью осуществлять контроль соответствия разрабатываемых проектов и технической документации стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам;

В результате изучения дисциплины обучающийся должен:

– **знать** предмет и принципы схемотехники ключевых устройств как раздела микроэлектроники; функциональное назначение, характеристики, параметры и конструктивно-технологическое исполнение аналоговых и цифровых интегральных микросхем, коммутационных полупроводниковых приборов; особенности применения интегральных микросхем в качестве систем управления полупроводниковыми приборами различного функционального назначения

– **уметь** решать задачи анализа, синтеза, расчета и оптимизации характеристик электрических цепей импульсно-модуляционного типа; определять характеристики и параметры интегральных микросхем, используемых в цепях управления ключевыми устройствами; выполнять расчет и проектирование электронных приборов, схем и устройств импульсно-модуляционного типа в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизации проектирования

– **владеть** методами схемотехнического проектирования микроэлектронных устройств с использованием средств автоматизированного проектирования; методиками экспериментальных исследований микроэлектронных устройств; методами контроля соответствия разрабатываемых проектов и технической документации стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам в области силовой и информационной электроники

4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6.0 зачетных единицы и представлена в табли-

Согласована на портале № 41846

це 4.1.

Таблица 4.1 – Трудоемкость дисциплины

Виды учебной деятельности	Всего часов	Семестры
		9 семестр
Контактная работа (всего)	18	18
Самостоятельная работа под руководством преподавателя (СРП)	16	16
Контроль самостоятельной работы (КСР)	2	2
Самостоятельная работа (всего)	194	194
Подготовка к контрольным работам	28	28
Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части курса	166	166
Всего (без экзамена)	212	212
Подготовка и сдача зачета	4	4
Общая трудоемкость, ч	216	216
Зачетные Единицы	6.0	

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	СРП, ч	КСР, ч	Сам. раб., ч	Всего часов (без экзамена)	Формируемые компетенции
9 семестр					
1 Эволюция развития силовых полупроводниковых ключей	2	2	32	34	ОПК-3, ПК-5, ПК-7
2 Базовые структуры силовых полупроводниковых ключей	2		33	35	ОПК-3, ПК-5, ПК-7
3 Характеристики и параметры силовых ключей	4		33	37	ОПК-3, ПК-5, ПК-7
4 Управление полупроводниковыми ключами	2		33	35	ОПК-3, ПК-5, ПК-7
5 Методы и схемы защиты полупроводниковых ключей	4		33	37	ОПК-3, ПК-5, ПК-7
6 Применение мощных полупроводниковых ключей в силовых схемах	2		30	32	ОПК-3, ПК-5, ПК-7
Итого за семестр	16	2	194	212	
Итого	16	2	194	212	

Согласована на портале № 41846

5.2. Содержание разделов дисциплины (самостоятельная работа под руководством преподавателя)

Содержание разделов дисциплин (самостоятельная работа под руководством преподавателя) приведено в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Содержание разделов дисциплин (самостоятельная работа под руководством преподавателя)

Названия разделов	Содержание разделов дисциплины (самостоятельная работа под руководством преподавателя)	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
9 семестр			
1 Эволюция развития силовых полупроводниковых ключей	В круге первом. Воплощение идей в жизнь. Первое «обустройство» транзистора	2	ОПК-3, ПК-5, ПК-7
	Итого	2	
2 Базовые структуры силовых полупроводниковых ключей	Транзисторы. Тиристоры	2	ОПК-3, ПК-5, ПК-7
	Итого	2	
3 Характеристики и параметры силовых ключей	Выбор ключевого элемента схемы. Основные группы справочных данных по силовым ключам. Предельные характеристики полупроводниковых ключей. Тепловые характеристики полупроводниковых ключей	4	ОПК-3, ПК-5, ПК-7
	Итого	4	
4 Управление полупроводниковыми ключами	Формирователи управляющих импульсов в структуре систем управления преобразователями. Основные типы формирователей импульсов управления. Формирователи импульсов управления с совместной передачей энергии и формы управляющего сигнала. Формирователи импульсов управления с раздельной передачей энергии и информационного сигнала. Источники питания драйверов.	2	ОПК-3, ПК-5, ПК-7
	Итого	2	
5 Методы и схемы защиты полупроводниковых ключей	Основные виды перегрузок по напряжению и току. Методы защиты от помех. Защитные цепи силовых ключей. Защита силовых ключей от режимов короткого замыкания. Силовые ключи с интегрированной системой защиты	4	ОПК-3, ПК-5, ПК-7
	Итого	4	
6 Применение мощных полупроводниковых ключей в силовых схемах	Основные области применения ключевых приборов. Типовые схемы транзисторных ключей. Тиристорные ключи. Применение ключевых транзисторов в схемах электронных балластов. Применение мощных МДП-транзисторов в импульсных источниках питания. Примене-	2	ОПК-3, ПК-5, ПК-7

Согласована на портале № 41846

	ние мощных ключей в схемах управления электродвигателями переменного тока		
	Итого	2	
Итого за семестр		16	

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

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

Таблица 5.3 – Разделы дисциплины и междисциплинарные связи

Наименование дисциплин	№ разделов данной дисциплины, для которых необходимо изучение обеспечивающих и обеспечиваемых дисциплин					
	1	2	3	4	5	6
Предшествующие дисциплины						
1 Аналоговая электроника	+	+	+	+	+	+
2 Методы анализа и расчета электронных схем	+	+	+	+	+	
3 Микропроцессорные устройства и системы			+	+		
4 Микросхемотехника		+	+			+
5 Микроэлектроника	+		+	+		+
6 Основы преобразовательной техники	+	+	+	+	+	+
7 Схемотехника	+	+	+	+	+	+
8 Теория автоматического управления	+	+				+
Последующие дисциплины						
1 Защита выпускной квалификационной работы, включая подготовку к процедуре защиты и процедуру защиты	+	+	+	+	+	+
2 Энергетическая электроника	+	+	+	+	+	+

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

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

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

Компетенции	Виды занятий			Формы контроля
	СРП	КСР	Сам. раб.	
ОПК-3	+	+	+	Контрольная работа, Проверка контрольных работ, Зачет, Тест
ПК-5	+	+	+	Контрольная работа, Проверка контрольных работ, Зачет, Тест
ПК-7	+	+	+	Контрольная работа, Проверка контрольных работ, Зачет, Тест

Согласована на портале № 41846

6. Интерактивные методы и формы организации обучения

Не предусмотрено РУП.

7. Лабораторные работы

Не предусмотрено РУП.

8. Контроль самостоятельной работы

Виды контроля самостоятельной работы приведены в таблице 8.1.

Таблица 8.1 – Виды контроля самостоятельной работы

№	Вид контроля самостоятельной работы	Трудоемкость (час.)	Формируемые компетенции
9 семестр			
1	Контрольная работа с автоматизированной проверкой	2	ОПК-3, ПК-5, ПК-7
Итого		2	

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, ч	Формируемые компетенции	Формы контроля
9 семестр				
1 Эволюция развития силовых полупроводниковых ключей	Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части курса	28	ОПК-3, ПК-5, ПК-7	Зачет, Контрольная работа, Тест
	Подготовка к контрольным работам	4		
	Итого	32		
2 Базовые структуры силовых полупроводниковых ключей	Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части курса	28	ОПК-3, ПК-5, ПК-7	Зачет, Контрольная работа, Тест
	Подготовка к контрольным работам	5		
	Итого	33		
3 Характеристики и параметры силовых ключей	Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части курса	28	ОПК-3, ПК-5, ПК-7	Зачет, Контрольная работа, Тест
	Подготовка к контрольным работам	5		
	Итого	33		
4 Управление полупроводниковыми ключами	Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части курса	28	ОПК-3, ПК-5, ПК-7	Зачет, Контрольная работа, Тест
	Подготовка к контрольным работам	5		
	Итого	33		
5 Методы и схемы	Самостоятельное изуче-	28	ОПК-3, ПК-5,	Зачет, Контрольная

Согласована на портале № 41846

защиты полупроводниковых ключей	ние тем (вопросов) теоретической части курса		ПК-7	работа, Тест
	Подготовка к контрольным работам	5		
	Итого	33		
6 Применение мощных полупроводниковых ключей в силовых схемах	Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части курса	26	ОПК-3, ПК-5, ПК-7	Зачет, Контрольная работа, Тест
	Подготовка к контрольным работам	4		
	Итого	30		
	Выполнение контрольной работы	2	ОПК-3, ПК-5, ПК-7	Контрольная работа
Итого за семестр		194		
	Подготовка и сдача зачета	4		Зачет
Итого		198		

10. Контроль самостоятельной работы (курсовой проект / курсовая работа)

Не предусмотрено РУП.

11. Рейтинговая система для оценки успеваемости обучающихся

Рейтинговая система не используется.

12. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

12.1. Основная литература

1. Воронин, П. А. Силовые полупроводниковые ключи [Электронный ресурс]: семейства, характеристики, применение / П. А. Воронин. — Москва : ДМК Пресс, 2010. — 381 с. Доступ из личного кабинета студента — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/60967 (дата обращения: 24.11.2018).

12.2. Дополнительная литература

1. Учебное пособие «Микросхемотехника Аналоговая микросхемотехника» [Электронный ресурс]: Для направления подготовки 210100.62 «Электроника и наноэлектроника». Профиль: «Промышленная электроника» / Легостаев Н. С., Четвергов К. В. - 2014. 238 с. Доступ из личного кабинета студента — Режим доступа: https://study.tusur.ru/study/library/ (дата обращения: 24.11.2018).

12.3. Учебно-методические пособия

12.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

1. Михальченко, С. Г. Проектирование ключевых устройств [Электронный ресурс] [Электронный ресурс]: методические указания по организации самостоятельной работы для студентов заочной формы обучения направления подготовки 11.03.04 Электроника и наноэлектроника, обучающихся с применением дистанционных образовательных технологий / С. Г. Михальченко. – Томск : ФДО, ТУСУР, 2018. Доступ из личного кабинета студента — Режим доступа: https://study.tusur.ru/study/library/ (дата обращения: 24.11.2018).

2. Михальченко С.Г. Проектирование ключевых устройств : электронный курс / С. Г. Михальченко. – Томск ТУСУР, ФДО, 2018. Доступ из личного кабинета студента.

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

Учебно-методические материалы для самостоятельной и аудиторной работы обучающихся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предоставляются в формах,

Согласована на портале № 41846

адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации.

Для лиц с нарушениями зрения:

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

Для лиц с нарушениями слуха:

– в форме электронного документа;
– в печатной форме.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

– в форме электронного документа;
– в печатной форме.

12.4. Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1. Рекомендуется использовать информационные, справочные и нормативные базы данных https://lib.tusur.ru/ru/resursy/bazy-dannyh (со свободным доступом).

13. Материально-техническое обеспечение дисциплины и требуемое программное обеспечение

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

13.1.1. Материально-техническое и программное обеспечение дисциплины

Кабинет для самостоятельной работы студентов

учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа, помещение для проведения групповых и индивидуальных консультаций, помещение для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации, помещение для самостоятельной работы

634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 207 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- Коммутатор MicroTeak;
- Компьютер PENTIUM D 945 (3 шт.);
- Компьютер GELERON D 331 (2 шт.);
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение:

– 7-zip
– ASIMEC (с возможностью удаленного доступа)
– Google Chrome (с возможностью удаленного доступа)
– Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows
– LibreOffice (с возможностью удаленного доступа)
– Maxima (с возможностью удаленного доступа)
– Microsoft Windows
– Notepad++ (с возможностью удаленного доступа)

13.1.2. Материально-техническое и программное обеспечение для самостоятельной работы

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

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

Состав оборудования:

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

Согласована на портале № 41846

формационно-образовательную среду университета.

Перечень программного обеспечения:
- Microsoft Windows;
- OpenOffice;
- Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows;
- 7-Zip;
- Google Chrome.

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

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

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

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

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

14. Оценочные материалы и методические рекомендации по организации изучения дисциплины

14.1. Содержание оценочных материалов и методические рекомендации

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

14.1.1. Тестовые задания

Вопрос 1

Переключение полупроводникового ключа при нуле тока в англоязычной литературе сокращенно называется

1 ZVS
2 ZCS
3 HS
4 NS

Вопрос 2

Переключение полупроводникового ключа при нуле напряжения в англоязычной литературе сокращенно называется …

1. ZVS
2. ZCS
3. HS
4. NS

Вопрос 3

Переключение полупроводникового ключа при нуле тока и нуле напряжения в англоязычной литературе сокращенно называется …

1. ZVS
2. ZCS
3. HS

Согласована на портале № 41846

4. NS

Вопрос 4

Переключение полупроводникового ключа при токе и напряжении, сравнимыми с его рабочими значениями, в англоязычной литературе сокращенно называется …

1. ZVS
2. ZCS
3. HS
4. NS

Вопрос 5

Расставить следующие полупроводниковые ключи в порядке возрастания их рабочей частоты:

1. Тиристоры.
2. Силовые биполярные транзисторы с изолированным затвором.
3. Силовые полевые транзисторы.

Варианты ответов:

1. 3-2-1
2. 1-2-3
3. 2-3-1
4. 1-3-2

Вопрос 6

Расставить следующие полупроводниковые ключи в порядке возрастания их рабочего напряжения:

1. Тиристоры.
2. Силовые биполярные транзисторы с изолированным затвором.
3. Силовые полевые транзисторы.

Варианты ответов:

1. 3-2-1
2. 1-2-3
3. 1-3-2
4. 2-3-1

Вопрос 7

Интервал времени между моментом подачи управляющего сигнала на полупроводниковый управляемый ключ, выполненный на основе МДП транзистора, и моментом достижения напряжения на затворе транзистора величины порогового напряжения называется …

1. Временем задержки включения
2. Временем задержки выключения
3. Временем нарастания тока
4. Временем нарастания напряжения

Вопрос 8

Интервал времени между моментом начала нарастания тока стока полупроводникового управляемого ключа, выполненного на основе МДП транзистора, и моментом достижения током стока транзистора величины рабочего тока ключа называется …

1. Временем задержки включения
2. Временем задержки выключения
3. Временем нарастания тока
4. Временем нарастания напряжения

Вопрос 9

Интервал времени между моментом снятия управляющего сигнала с полупроводникового управляемого ключа, выполненного на основе МДП транзистора, и моментом начала роста напряжения на стоке транзистора называется …

1. Временем задержки включения
2. Временем задержки выключения
3. Временем нарастания тока

Согласована на портале № 41846

4. Временем нарастания напряжения

Вопрос 10

Интервал времени между моментом начала роста напряжения на стоке транзистора полупроводникового управляемого ключа, выполненного на основе МДП транзистора при его выключении, и моментом достижения напряжением стока транзистора величины напряжения питания ключа называется …

1. Временем задержки включения
2. Временем задержки выключения
3. Временем нарастания тока
4. Временем нарастания напряжения

Вопрос 11

При активной нагрузке транзисторного ключа его время включения равно ...

1. Времени задержки включения
2. Времени нарастания тока
3. Разности времени нарастания тока и времени задержки включения
4. Сумме времени нарастания тока и времени задержки включения

Вопрос 12

При активной нагрузке транзисторного ключа его время выключения равно ...

1. Времени задержки выключения
2. Времени нарастания напряжения
3. Сумме времени задержки выключения и времени нарастания напряжения
4. Разности времени нарастания напряжения и времени задержки включения

Вопрос 13

При активно-индуктивной нагрузке транзисторного ключа его время включения ...

1. Равно сумме времени нарастания тока и времени задержки включения
2. Равно разности времени нарастания тока и времени задержки включения
3. Меньше суммы времени нарастания тока и времени задержки включения
4. Больше суммы времени нарастания тока и времени задержки включения

Вопрос 14

При активно-индуктивной нагрузке транзисторного ключа его время выключения ...

1. Равно сумме времени задержки выключения и времени нарастания напряжения
2. Равно разности времени нарастания напряжения и времени задержки включения
3. Больше разности времени нарастания напряжения и времени задержки включения
4. Больше суммы времени задержки выключения и времени нарастания напряжения

Вопрос 15

Мощность статических потерь в транзисторном ключе на MOSFET можно оценить по формуле:

где ΔP- потери мощности в транзисторе; ΔUo- падение напряжения на включенном транзисторе; Ikcp – среднее значение тока транзистора на периоде переключения; Ik – эффективное значение тока транзистора на периоде переключения; Rост. – остаточное активное сопротивление транзистора; Uп – напряжение питания транзисторного ключа; Ikm – мгновенное значение тока переключения транзистора; (ton+toff) – время включения и выключения транзистора; fk – частота переключения транзистора...

1. ΔP=ΔUo*Ikcp
2. ΔP=(Ik)2 *Rост.
3. ΔP=Uп* Ikm*(ton+toff)*fk/2
4. ΔP=Uп* Ikm*(ton+toff)*fk/6

Вопрос 16

Мощность динамических потерь в транзисторном ключе на MOSFET (при активной нагрузке и линейной аппроксимации фронтов переключения) можно оценить по формуле:

где ΔP- потери мощности в транзисторе; ΔUo- падение напряжения на включенном транзисторе; Ikcp – среднее значение тока транзистора на периоде переключения; Ik – эффективное значение тока транзистора на периоде переключения; Rост. – остаточное активное сопротивление транзистора; Uп – напряжение питания транзисторного ключа; Ikm – мгновенное значение тока

Согласована на портале № 41846

переключения транзистора; (ton+toff) – время включения и выключения транзистора; fk – частота переключения транзистора...

1. ΔP=ΔUo*Ikcp
2. ΔP=(Ik)2 *Rост.
3. ΔP=Uп* Ikm*(ton+toff)*fk/2
4. ΔP=Uп* Ikm*(ton+toff)*fk/6

Вопрос 17

Мощность статических потерь в транзисторном ключе на IGBT можно оценить по формуле:

где ΔP- потери мощности в транзисторе; ΔUo- падение напряжения на включенном транзисторе; Ikcp – среднее значение тока транзистора на периоде переключения; Ik – эффективное значение тока транзистора на периоде переключения; Rост. – остаточное активное сопротивление транзистора; Uп – напряжение питания транзисторного ключа; Ikm – мгновенное значение тока переключения транзистора; (ton+toff) – время включения и выключения транзистора; fk – частота переключения транзистора....

1. ΔP=ΔUo*Ikcp
2. ΔP=(Ik)2 *Rост.
3. ΔP=Uп* Ikm*(ton+toff)*fk/2
4. ΔP=Uп* Ikm*(ton+toff)*fk/6

Вопрос 18

Мощность динамических потерь в транзисторном ключе на IGBT (при активно-индуктивной нагрузке и линейной аппроксимации фронтов переключения) можно оценить по формуле:

где ΔP- потери мощности в транзисторе; ΔUo- падение напряжения на включенном транзисторе; Ikcp – среднее значение тока транзистора на периоде переключения; Ik – эффективное значение тока транзистора на периоде переключения; Rост. – остаточное активное сопротивление транзистора; Uп – напряжение питания транзисторного ключа; Ikm – мгновенное значение тока переключения транзистора; (ton+toff) – время включения и выключения транзистора; fk – частота переключения транзистора...

1. ΔP=ΔUo*Ikcp
2. ΔP=(Ik)2 *Rост.
3. ΔP=Uп* Ikm*(ton+toff)*fk/2
4. ΔP=Uп* Ikm*(ton+toff)*fk/6

Вопрос 19

Специализированная микросхема для силовой электроники, на которой реализуется система управления импульсным преобразователем электрической энергии, называется …

1. Драйвером
2. Микроконтроллером
3. ШИМ-контроллером
4. БИС

Вопрос 20

Специализированная микросхема для силовой электроники, на которой реализуется усиление управляющего сигнала системы управления импульсным преобразователем электрической энергии по мощности, гальваническая развязка управляющего сигнала от потенциала системы управления и управление силовым транзистором называется …

1. Драйвером
2. Микроконтроллером
3. ШИМ-контроллером
4. БИС

14.1.2. Зачёт

Вопрос 1

Переключение полупроводникового ключа при нуле тока в англоязычной литературе сокращенно называется

1 ZVS
2 ZCS

Согласована на портале № 41846

3 HS
4 NS

Вопрос 2

Переключение полупроводникового ключа при нуле напряжения в англоязычной литературе сокращенно называется …

1. ZVS
2. ZCS
3. HS
4. NS

Вопрос 3

Переключение полупроводникового ключа при нуле тока и нуле напряжения в англоязычной литературе сокращенно называется …

1. ZVS
2. ZCS
3. HS
4. NS

Вопрос 4

Переключение полупроводникового ключа при токе и напряжении, сравнимыми с его рабочими значениями, в англоязычной литературе сокращенно называется …

1. ZVS
2. ZCS
3. HS
4. NS

Вопрос 5

Расставить следующие полупроводниковые ключи в порядке возрастания их рабочей частоты:

1. Тиристоры.
2. Силовые биполярные транзисторы с изолированным затвором.
3. Силовые полевые транзисторы.

Варианты ответов:

1. 3-2-1
2. 1-2-3
3. 2-3-1
4. 1-3-2

Вопрос 6

Расставить следующие полупроводниковые ключи в порядке возрастания их рабочего напряжения:

1. Тиристоры.
2. Силовые биполярные транзисторы с изолированным затвором.
3. Силовые полевые транзисторы.

Варианты ответов:

1. 3-2-1
2. 1-2-3
3. 1-3-2
4. 2-3-1

Вопрос 7

Интервал времени между моментом подачи управляющего сигнала на полупроводниковый управляемый ключ, выполненный на основе МДП транзистора, и моментом достижения напряжения на затворе транзистора величины порогового напряжения называется …

1. Временем задержки включения
2. Временем задержки выключения
3. Временем нарастания тока

Согласована на портале № 41846

4. Временем нарастания напряжения

Вопрос 8

Интервал времени между моментом начала нарастания тока стока полупроводникового управляемого ключа, выполненного на основе МДП транзистора, и моментом достижения током стока транзистора величины рабочего тока ключа называется …

1. Временем задержки включения
2. Временем задержки выключения
3. Временем нарастания тока
4. Временем нарастания напряжения

Вопрос 9

Интервал времени между моментом снятия управляющего сигнала с полупроводникового управляемого ключа, выполненного на основе МДП транзистора, и моментом начала роста напряжения на стоке транзистора называется …

1. Временем задержки включения
2. Временем задержки выключения
3. Временем нарастания тока
4. Временем нарастания напряжения

Вопрос 10

Интервал времени между моментом начала роста напряжения на стоке транзистора полупроводникового управляемого ключа, выполненного на основе МДП транзистора при его выключении, и моментом достижения напряжением стока транзистора величины напряжения питания ключа называется …

1. Временем задержки включения
2. Временем задержки выключения
3. Временем нарастания тока
4. Временем нарастания напряжения

14.1.3. Темы контрольных работ

Проектирование ключевых устройств

Вопрос 1

При активной нагрузке транзисторного ключа его время включения равно ...

1. Времени задержки включения
2. Времени нарастания тока
3. Разности времени нарастания тока и времени задержки включения
4. Сумме времени нарастания тока и времени задержки включения

Вопрос 2

При активной нагрузке транзисторного ключа его время выключения равно ...

1. Времени задержки выключения
2. Времени нарастания напряжения
3. Сумме времени задержки выключения и времени нарастания напряжения
4. Разности времени нарастания напряжения и времени задержки включения

Вопрос 3

При активно-индуктивной нагрузке транзисторного ключа его время включения ...

1. Равно сумме времени нарастания тока и времени задержки включения
2. Равно разности времени нарастания тока и времени задержки включения
3. Меньше суммы времени нарастания тока и времени задержки включения
4. Больше суммы времени нарастания тока и времени задержки включения

Вопрос 4

При активно-индуктивной нагрузке транзисторного ключа его время выключения ...

1. Равно сумме времени задержки выключения и времени нарастания напряжения
2. Равно разности времени нарастания напряжения и времени задержки включения

Согласована на портале № 41846

3. Больше разности времени нарастания напряжения и времени задержки включения
4. Больше суммы времени задержки выключения и времени нарастания напряжения

Вопрос 5

Мощность статических потерь в транзисторном ключе на MOSFET можно оценить по формуле:

где ΔP- потери мощности в транзисторе; ΔUo- падение напряжения на включенном транзисторе; Ikcp – среднее значение тока транзистора на периоде переключения; Ik – эффективное значение тока транзистора на периоде переключения; Rост. – остаточное активное сопротивление транзистора; Uп – напряжение питания транзисторного ключа; Ikm – мгновенное значение тока переключения транзистора; (ton+toff) – время включения и выключения транзистора; fk – частота переключения транзистора...

1. ΔP=ΔUo*Ikcp
2. ΔP=(Ik)2 *Rост.
3. ΔP=Uп* Ikm*(ton+toff)*fk/2
4. ΔP=Uп* Ikm*(ton+toff)*fk/6

Вопрос 6

Мощность динамических потерь в транзисторном ключе на MOSFET (при активной нагрузке и линейной аппроксимации фронтов переключения) можно оценить по формуле:

где ΔP- потери мощности в транзисторе; ΔUo- падение напряжения на включенном транзисторе; Ikcp – среднее значение тока транзистора на периоде переключения; Ik – эффективное значение тока транзистора на периоде переключения; Rост. – остаточное активное сопротивление транзистора; Uп – напряжение питания транзисторного ключа; Ikm – мгновенное значение тока переключения транзистора; (ton+toff) – время включения и выключения транзистора; fk – частота переключения транзистора...

1. ΔP=ΔUo*Ikcp
2. ΔP=(Ik)2 *Rост.
3. ΔP=Uп* Ikm*(ton+toff)*fk/2
4. ΔP=Uп* Ikm*(ton+toff)*fk/6

Вопрос 7

Мощность статических потерь в транзисторном ключе на IGBT можно оценить по формуле:

где ΔP- потери мощности в транзисторе; ΔUo- падение напряжения на включенном транзисторе; Ikcp – среднее значение тока транзистора на периоде переключения; Ik – эффективное значение тока транзистора на периоде переключения; Rост. – остаточное активное сопротивление транзистора; Uп – напряжение питания транзисторного ключа; Ikm – мгновенное значение тока переключения транзистора; (ton+toff) – время включения и выключения транзистора; fk – частота переключения транзистора....

1. ΔP=ΔUo*Ikcp
2. ΔP=(Ik)2 *Rост.
3. ΔP=Uп* Ikm*(ton+toff)*fk/2
4. ΔP=Uп* Ikm*(ton+toff)*fk/6

Вопрос 8

Мощность динамических потерь в транзисторном ключе на IGBT (при активно-индуктивной нагрузке и линейной аппроксимации фронтов переключения) можно оценить по формуле:

где ΔP- потери мощности в транзисторе; ΔUo- падение напряжения на включенном транзисторе; Ikcp – среднее значение тока транзистора на периоде переключения; Ik – эффективное значение тока транзистора на периоде переключения; Rост. – остаточное активное сопротивление транзистора; Uп – напряжение питания транзисторного ключа; Ikm – мгновенное значение тока переключения транзистора; (ton+toff) – время включения и выключения транзистора; fk – частота переключения транзистора...

1. ΔP=ΔUo*Ikcp

Согласована на портале № 41846

2. ΔP=(Ik)2 *Rост.
3. ΔP=Uп* Ikm*(ton+toff)*fk/2
4. ΔP=Uп* Ikm*(ton+toff)*fk/6

Вопрос 9

Специализированная микросхема для силовой электроники, на которой реализуется система управления импульсным преобразователем электрической энергии, называется …

1. Драйвером
2. Микроконтроллером
3. ШИМ-контроллером
4. БИС

Вопрос 10

Специализированная микросхема для силовой электроники, на которой реализуется усиление управляющего сигнала системы управления импульсным преобразователем электрической энергии по мощности, гальваническая развязка управляющего сигнала от потенциала системы управления и управление силовым транзистором называется …

1. Драйвером
2. Микроконтроллером
3. ШИМ-контроллером
4. БИС

14.1.4. Методические рекомендации

Учебный материал излагается в форме, предполагающей самостоятельное мышление студентов, самообразование. При этом самостоятельная работа студентов играет решающую роль в ходе всего учебного процесса.

Начать изучение дисциплины необходимо со знакомства с рабочей программой, списком учебно-методического и программного обеспечения. Самостоятельная работа студента включает работу с учебными материалами, выполнение контрольных мероприятий, предусмотренных учебным планом.

В процессе изучения дисциплины для лучшего освоения материала необходимо регулярно обращаться к рекомендуемой литературе и источникам, указанным в учебных материалах; пользоваться через кабинет студента на сайте Университета образовательными ресурсами электронно-библиотечной системы, а также общедоступными интернет-порталами, содержащими научно-популярные и специализированные материалы, посвященные различным аспектам учебной дисциплины.

При самостоятельном изучении тем следуйте рекомендациям:

- чтение или просмотр материала необходимо осуществлять медленно, выделяя основные идеи; на основании изученного составить тезисы. Освоив материал, попытаться соотнести теорию с примерами из практики;
- если в тексте встречаются термины, следует выяснить их значение для понимания дальнейшего материала;
- необходимо осмысливать прочитанное и изученное, отвечать на предложенные вопросы.

Студенты могут получать индивидуальные консультации с использованием средств телекоммуникации.

По дисциплине могут проводиться дополнительные занятия в форме вебинаров. Расписание вебинаров публикуется в кабинете студента на сайте Университета. Запись вебинара публикуется в электронном курсе по дисциплине.

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

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

Согласована на портале № 41846

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

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

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

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

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

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

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

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

Для лиц с нарушениями зрения:

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

Для лиц с нарушениями слуха:

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

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

Согласована на портале № 41846