



КГЭУ

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования

«КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГБОУ ВО «КГЭУ»)

«УТВЕРЖДАЮ»

Директор института Электроэнергетики и  
электроники

\_\_\_\_\_ Ившин И.В.

« 28 » октября \_\_\_\_\_ 2020 г.

**АКТУАЛИЗИРОВАНО**  
решением ученого совета ИЭЭ  
протокол №7 от 16.04.2024

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Анализ и расчет компонентов и функциональных узлов силовой электроники

Направление подготовки 11.03.04 Электроника и наноэлектроника

Направленность (профиль) 11.03.04 Промышленная электроника

Квалификация бакалавр

г. Казань, 2020

Рабочая программа дисциплины разработана в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 11.03.04 Электроника и наноэлектроника (уровень бакалавриата) (приказ Минобрнауки России от 19.09.2017 г. № 927)

Программу разработал(и):

профессор, д.ф.-м.н. \_\_\_\_\_ Калимуллин Р.И.

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры Промышленная электроника и светотехника, протокол №5 от 27.10.2020

Зав. кафедрой Голенищев-Кутузов А.В.

Программа рассмотрена и одобрена на заседании выпускающей кафедры Промышленная электроника и светотехника, протокол №5 от 27.10.2020

Зав. кафедрой Голенищев-Кутузов А.В.

Программа одобрена на заседании методического совета института Электроэнергетики и электроники, протокол № 3 от 28.10.2020

Зам. директора института Электроэнергетики и электроники  
/ Ахметова Р.В. /

Программа принята решением Ученого совета института Электроэнергетики и электроники, протокол № 4 от 28.10.2020

## 1. Цель, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине

Целью освоения дисциплины является изучение методик анализа и расчета компонентов и функциональных узлов силовой электроники

Задачами дисциплины являются:

- изучение номенклатуры полупроводниковых компонентов силовой электроники, их основных характеристик и параметров;

- изучение особенностей работы компонентов и функциональных узлов силовой электроники;

- освоение методик анализа и расчета переходных процессов, тепловых потерь мощности, максимально достигаемых электрических параметров компонентов силовой электроники, в том числе с применением современных программ схемотехнического моделирования;

- изучение принципов выбора компонентов для использования в конкретных устройствах силовой электроники.

Компетенции, формируемые у обучающихся, запланированные результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с индикаторами достижения компетенций:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)
Профессиональные компетенции (ПК)		
ПК-5 Способен решать задачи анализа и расчета характеристик электрических цепей и электронных схем	ПК-5.2 Использует методы анализа и расчета электрических цепей и электронных схем в области промышленной электроники	<i>Знать:</i> методики анализа и расчета компонентов и функциональных узлов силовой электроники. <i>Уметь:</i> рассчитывать параметры переходных процессов, максимально достигаемые электрические и энергетические параметры компонентов при их работе в конкретных схемах силовой электроники. <i>Владеть:</i> навыками анализа и расчета параметров и характеристик компонентов и функциональных узлов силовой электроники, в том числе с использованием специального программного обеспечения.

ПК-5 Способен решать задачи анализа и расчета характеристик электрических цепей и электронных схем	ПК-5.3 Составляет основные математические уравнения для решения задач анализа и расчета электрических цепей и электронных схем	<p><i>Знать:</i> номенклатуру полупроводниковых компонентов силовой электроники, их характеристики, параметры и взаимосвязь между ними; особенности работы силовых полупроводниковых компонентов и функциональных узлов на их основе.</p> <p><i>Уметь:</i> составлять математические уравнения для расчета и анализа работы функциональных узлов силовой электроники с использованием параметров электронных компонентов; выбирать компоненты по их параметрам для конкретных схем.</p> <p><i>Владеть:</i> навыками составления схем замещения, математических уравнений для задач анализа и расчета функциональных узлов силовой электроники.</p>
--	--	--

## 2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Анализ и расчет компонентов и функциональных узлов силовой электроники относится к части, формируемой участниками образовательных отношений учебного плана по направлению подготовки 11.03.04 Электроника и наноэлектроника.

Код компетенции	Предшествующие дисциплины (модули), практики, НИР, др.	Последующие дисциплины (модули), практики, НИР, др.
ОПК-1	Физико-математические модели электронных узлов Основы теории электрических цепей Моделирование электрических цепей Схемотехника Анализ, синтез и моделирование электронных узлов	
ПК-1	Энергетическая электроника	
ПК-5	Электронные цепи и методы расчета	

Для освоения дисциплины обучающийся должен:

знать: принципы работы, параметры и характеристики полупроводниковых приборов и схем силовой электроники, принципы решения систем линейных и нелинейных уравнений, в том числе с использованием компьютерных средств;

уметь: строить простейшие физические и математические модели полупроводниковых приборов, составлять схемы замещения электрических цепей и электронных схем и описывающие их математические уравнения, рассчитывать параметры и характеристики полупроводниковых приборов и схем силовой электроники;

владеть: навыками решения задач анализа и расчета характеристик электрических цепей и электронных схем, навыками компьютерного моделирования электрических цепей и электронных схем.

### 3. Структура и содержание дисциплины

#### 3.1. Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных(ые) единиц(ы) (ЗЕ), всего 108 часов, из которых 43 часов составляет контактная работа обучающегося с преподавателем (занятия лекционного типа 16 час., занятия семинарского типа (практические, семинарские занятия, лабораторные работы и т.п.) 24 час., групповые и индивидуальные консультации 0 час., прием экзамена (КПА), зачета с оценкой - 1 час., самостоятельная работа обучающегося 48 час, контроль самостоятельной работы (КСР) - 2 час. Практическая подготовка по виду профессиональной деятельности составляет 4,3 часов.

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр
		8
<b>ОБЩАЯ ТРУДОЕМКОСТЬ ДИСЦИПЛИНЫ</b>	108	108
КОНТАКТНАЯ РАБОТА ОБУЧАЮЩЕГОСЯ С ПРЕПОДАВАТЕЛЕМ, в том числе:	43	43
Лекционные занятия (Лек)	16	16
Практические занятия (Пр)	24	24
Контроль самостоятельной работы и иная контактная работа (КСР)*	2	2
Контактные часы во время аттестации (КПА)	1	1
САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА ОБУЧАЮЩЕГОСЯ (СРС):	48	48
Подготовка к промежуточной аттестации в форме: (зачет с оценкой)	17	17
<b>ФОРМА ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ</b>	ЗчО	ЗчО

### 3.2. Содержание дисциплины, структурированное по разделам и видам занятий

Разделы дисциплины	Семестр	Распределение трудоемкости (в часах) по видам учебной работы, включая СРС							Формируемые результаты обучения (знания, умения, навыки)	Литература	Формы текущего контроля успеваемости	Формы промежуточной аттестации	Максимальное количество баллов по балльно - рейтинговой системе	
		Занятия лекционного типа	Занятия практического / семинарского типа	Лабораторные работы	Групповые консультации	Самостоятельная работа студента, в т.ч.	Контроль самостоятельной работы (КСР)	подготовка к промежуточной аттестации						Сдача зачета / экзамена
Раздел 1. Общие правила выбора полупроводниковых приборов по их параметрам для схем силовой электроники														
1. Максимальные электрические и энергетические параметры полупроводникового прибора, их взаимосвязь. Область безопасных режимов в непрерывном и импульсном режимах. Правила выбора полупроводникового прибора по его максимальным параметрам	8	2	2			2				6	ПК-5.3 -31, ПК-5.3 -У2	Л1.1, Л2.1, Л2.2, Л2.3	ПЗ	2

2. Особенности работы полупроводниковых приборов на реальную нагрузку в схемах силовой электроники. Способы защиты от аварийных режимов.	8	2	2			2				6	ПК-5.3 -32, ПК-5.3 -У2, ПК-5.3 -У1, ПК-5.2 -В1, ПК-5.2 -31, ПК-5.2 -У1, ПК-5.3 -В1	Л1.1, Л2.1, Л2.2, Л2.3	ПЗ		2
--	---	---	---	--	--	---	--	--	--	---	---	---------------------------------	----	--	---

Раздел 2. Анализ и расчет параметров мощных диодов и диодных функциональных узлов

3. Параметры и характеристики мощных диодов и их взаимосвязь. Анализ и расчет диодного ключа с активной нагрузкой.	8	2	2			6	0,5			10,5	ПК-5.2 -В1, ПК-5.3 -31, ПК-5.3 -32, ПК-5.3 -У1, ПК-5.3 -У2, ПК-5.2 -31, ПК-5.2 -У1, ПК-5.3 -В1	Л1.1, Л1.2, Л2.1, Л2.2, Л2.3	ПЗ ДЗ		7
--	---	---	---	--	--	---	-----	--	--	------	---	--	----------	--	---

4. Анализ и расчет диодного ключа с RL- нагрузкой и в схемах с медленно изменяющимся напряжением.	8	2	2			2				6	ПК-5.3 -У2, ПК-5.3 -32, ПК-5.2 -В1, ПК-5.2 -31, ПК-5.2 -У1, ПК-5.3 -У1, ПК-5.3 -В1	Л1.1, Л2.1, Л2.2, Л2.3	ПЗ		2
Раздел 3. Анализ и расчет параметров мощных транзисторов и транзисторных функциональных узлов															
5. Параметры и характеристики мощного биполярного транзистора.	8					2				2	ПК-5.3 -31, ПК-5.3 -У2	Л1.1, Л1.2, Л2.1, Л2.2, Л2.3	Тест		4
6. Анализ и расчет ключа на биполярном транзисторе.	8	2	4			8	0,5			14,5	ПК-5.2 -В1, ПК-5.3 -32, ПК-5.3 -У2, ПК-5.2 -31, ПК-5.2 -У1, ПК-5.3 -У1, ПК-5.3 -В1	Л1.1, Л1.2, Л2.1, Л2.2, Л2.3	ПЗ ДЗ		9



7. Параметры и характеристики мощного МДП-транзистора. Эффект du/dt в МДП-транзисторе.	8		2			7	0,5			9,5	ПК-5.3 -31, ПК-5.3 -У2, ПК-5.2 -31, ПК-5.2 -У1, ПК-5.2 -В1, ПК-5.3 -32, ПК-5.3 -У1, ПК-5.3 -В1	Л1.1, Л1.2, Л2.1, Л2.2, Л2.3	ПЗ ДЗ Тест		10
8. Анализ и расчет ключа на мощном МДП-транзисторе.	8	2	4			8	0,5			14,5	ПК-5.2 -В1, ПК-5.3 -32, ПК-5.2 -31, ПК-5.2 -У1, ПК-5.3 -У1, ПК-5.3 -В1	Л1.1, Л1.2, Л2.1, Л2.2, Л2.3	ПЗ ДЗ		9
9. Параметры и характеристики биполярного транзистора с изолированным затвором (IGBT).	8					2				2	ПК-5.3 -31, ПК-5.3 -У2	Л1.1, Л1.2, Л2.1, Л2.2, Л2.3	Тест		4
10. Анализ и расчет ключа на биполярном транзисторе с изолированным затвором (IGBT).	8	2	2			2				6	ПК-5.2 -В1, ПК-5.3 -32, ПК-5.2 -31, ПК-5.2 -У1, ПК-5.3 -У1, ПК-5.3 -В1	Л1.1, Л2.1, Л2.2, Л2.3	ПЗ		2

11. Анализ работы и расчет параметров транзисторного инвертора.	8		2			2				4	ПК-5.2 -31, ПК-5.2 -У1, ПК-5.2 -В1, ПК-5.3 -32, ПК-5.3 -У1, ПК-5.3 -В1	Л1.1, Л2.2, Л2.3	ПЗ		2
Раздел 4. Анализ и расчет параметров тиристоров и тиристорных функциональных узлов															
12. Основные разновидности тиристоров, их параметры и характеристики.	8					3				2	ПК-5.3 -31, ПК-5.3 -У2	Л1.1, Л1.2, Л2.1, Л2.2, Л2.3	Тест		5
13. Анализ и расчет параметров тиристорных ключей.	8	2	2			2				6	ПК-5.2 -В1, ПК-5.3 -32, ПК-5.2 -31, ПК-5.2 -У1, ПК-5.3 -У1, ПК-5.3 -В1	Л1.1, Л2.1, Л2.2, Л2.3	ПЗ		2
Раздел 5. Промежуточная аттестация															

14. Промежуточная аттестация	8							1	2	ПК-5.2 -31, ПК-5.2 -У1, ПК-5.2 -В1, ПК-5.3 -31, ПК-5.3 -32, ПК-5.3 -У1, ПК-5.3 -У2, ПК-5.3 -В1	Л1.1, Л1.2, Л2.1, Л2.2, Л2.3	Вопросы	ЗчО	40
<b>ИТОГО</b>		16	24			48	2	17	1	108				100

### 3.3. Тематический план лекционных занятий

Номер раздела дисциплины	Темы лекционных занятий	Трудоемкость, час.
1	Максимальные электрические и энергетические параметры полупроводникового прибора, их взаимосвязь. Область безопасных режимов в непрерывном и импульсном режимах. Правила выбора полупроводникового прибора по его максимальным параметрам.	2
2	Особенности работы полупроводниковых приборов на реальную нагрузку в схемах силовой электроники. Способы защиты от аварийных режимов.	2
3	Разновидности мощных диодов, их параметры и характеристики. Взаимосвязь параметров. Анализ работы диодного ключа с активной нагрузкой.	2
4	Анализ работы диодного ключа с RL-нагрузкой и в схемах с медленно изменяющимся напряжением.	2
5	Анализ работы ключа на биполярном транзисторе с активной и RL-нагрузкой.	2
6	Анализ работы ключа на мощном МДП-транзисторе с активной и RL-нагрузкой.	2
7	Анализ работы ключа на биполярном транзисторе с изолированным затвором (IGBT)	2
8	Анализ переходных процессов в тиристорных ключах.	2
	Всего	16

### 3.4. Тематический план практических занятий

Номер раздела дисциплины	Темы практических занятий	Трудоемкость, час.
--------------------------	---------------------------	--------------------

1	Максимальные электрические и энергетические параметры полупроводникового прибора, их взаимосвязь. Область безопасных режимов в непрерывном и импульсном режимах. Правила выбора полупроводникового прибора по его максимальным параметрам.	2
2	Особенности работы полупроводниковых приборов на реальную нагрузку в схемах силовой электроники.	2
3	Расчет параметров диодного ключа с активной нагрузкой.	2
4	Расчет диодного ключа с RL-нагрузкой.	2
5	Расчет параметров ключа на биполярном транзисторе с активной нагрузкой.	2
6	Расчет параметров ключа на биполярном транзисторе с RL-нагрузкой.	2
7	Параметры мощного МДП-транзистора. Эффект du/dt в МДП-транзисторе.	2
8	Расчет параметров ключа на мощном МДП-транзисторе с активной нагрузкой.	2
9	Расчет параметров ключа на мощном МДП-транзисторе с RL-нагрузкой.	2
10	Расчет параметров ключа на биполярном транзисторе с изолированным затвором (IGBT)	2
11	Анализ работы и расчет параметров транзисторного инвертора.	2
12	Расчет параметров тиристорных ключей.	2
Всего		24

### 3.5. Тематический план лабораторных работ

Данный вид работы не предусмотрен учебным планом

### 3.6. Самостоятельная работа студента

Номер раздела дисциплины	Вид СРС	Содержание СРС	Трудоемкость, час.
1	Повторение материала лекции, подготовка к практическому занятию №1	Подготовка к практическому занятию №1 "Максимальные электрические и энергетические параметры полупроводникового прибора, их взаимосвязь. Область безопасных режимов в непрерывном и импульсном режимах. Правила выбора полупроводникового прибора по его максимальным параметрам"	2
2	Повторение материала лекции, подготовка к практическому занятию №2	Подготовка к практическому занятию №2 "Особенности работы полупроводниковых приборов на реальную нагрузку в схемах силовой электроники"	2
3	Письменное домашнее задание.	Расчет потерь мощности в диоде при его работе в ключевом режиме.	4

4	Подготовка материала лекции, подготовка к практическому занятию №3	Подготовка к практическому занятию №3 "Расчет параметров диодного ключа с активной нагрузкой"	2
5	Подготовка материала лекции, подготовка к практическому занятию №4	Подготовка к практическому занятию №4 "Расчет диодного ключа с RL-нагрузкой"	2
6	Изучение теоретического материала для самоизучения.	Параметры и характеристики мощного биполярного транзистора.	2
7	Письменное домашнее задание.	Расчет потерь мощности в ключе на биполярном транзисторе.	4
8	Повторение материала лекции, подготовка к практическому занятию №5	Подготовка к практическому занятию №5 "Расчет параметров ключа на биполярном транзисторе с активной нагрузкой"	2
9	Повторение материала лекции, подготовка к практическому занятию №6	Подготовка к практическому занятию №6 "Расчет параметров ключа на биполярном транзисторе с RL-нагрузкой"	2
10	Изучение теоретического материала для самоизучения.	Параметры и характеристики мощного МДП-транзистора. Эффект du/dt в МДП-транзисторе.	3
11	Письменное домашнее задание.	Эффект du/dt в МДП-транзисторе.	2
12	Изучение теоретического материала для самоизучения, подготовка к практическому занятию №7	Подготовка к практическому занятию №7 "Параметры мощного МДП-транзистора. Эффект du/dt в МДП-транзисторе"	2
13	Письменное домашнее задание.	Расчет потерь мощности в ключе на МДП-транзисторе.	4
14	Повторение материала лекции, подготовка к практическому занятию №8	Подготовка к практическому занятию №8 "Расчет параметров ключа на мощном МДП-транзисторе с активной нагрузкой"	2
15	Повторение материала лекции, подготовка к практическому занятию №9	Повторение материала лекции, подготовка к практическому занятию №9 "Расчет параметров ключа на мощном МДП-транзисторе с RL-нагрузкой"	2

16	Изучение теоретического материала для самоизучения.	Параметры и характеристики биполярного транзистора с изолированным затвором (IGBT).	2
17	Повторение материала лекции, подготовка к практическому занятию №10	Подготовка к практическому занятию №10 "Расчет параметров ключа на биполярном транзисторе с изолированным затвором (IGBT)"	2
18	Подготовка материала лекции, подготовка к практическому занятию №11	Подготовка к практическому занятию №11 "Анализ работы и расчет параметров транзисторного инвертора"	2
19	Изучение теоретического материала для самоизучения.	Основные разновидности тиристоров, их параметры и характеристики.	3
20	Повторение материала лекции, подготовка к практическому занятию №12	Подготовка к практическому занятию №12 "Расчет параметров тиристоров и тиристорных ключей"	2
Всего			48

#### 4. Образовательные технологии

При реализации дисциплины «Анализ и расчет компонентов и функциональных узлов силовой электроники» по образовательным программам направления подготовки бакалавров 11.03.04 «Электроника и наноэлектроника» используются традиционные образовательные технологии (лекции в сочетании с практическими занятиями, самостоятельное изучение определённых разделов) и электронное обучение.

В процессе обучения используются:

- дистанционные курсы (ДК), размещенные на площадке LMS Moodle, URL: <http://lms.kgeu.ru/>;

- электронные образовательные ресурсы (ЭОР), размещенные в личных кабинетах студентов Электронного университета КГЭУ, URL: <http://e.kgeu.ru/>

#### 5. Оценивание результатов обучения

Оценивание результатов обучения по дисциплине осуществляется в рамках текущего контроля успеваемости, проводимого по балльно-рейтинговой системе (БРС), и промежуточной аттестации.

Обобщенные критерии и шкала оценивания уровня сформированности компетенции (индикатора достижения компетенции) по итогам освоения дисциплины:

Планируемые результаты обучения	Обобщенные критерии и шкала оценивания результатов обучения			
	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	отлично
	не зачтено	зачтено		
Полнота знаний	Уровень знаний ниже минимальных требований, имеют место грубые ошибки	Минимально допустимый уровень знаний, имеет место много негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе, имеет место несколько негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок
Наличие умений	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения, имеют место грубые ошибки	Продемонстрированы основные умения, решены типовые задачи с негрубыми ошибками, выполнены все задания, но не в полном объеме	Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи с негрубыми ошибками, выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме
Наличие навыков (владение)	При решении стандартных задач не продемонстрированы	Имеется минимальный набор навыков для решения	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с	Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач

опытом)	базовые навыки, имеют место грубые ошибки	стандартных задач с некоторыми недочетами	некоторыми недочетами	без ошибок и недочетов
Характеристика сформированности компетенции (индикатора достижения компетенции)	Компетенция в полной мере сформирована. Имеющихся знаний, умений, навыков недостаточно для решения практических (профессиональных) задач	Сформированность компетенции соответствует минимальным требованиям. Имеющихся знаний, умений, навыков в целом достаточно для решения практических (профессиональных) задач, но требуется дополнительная практика по большинству практических задач	Сформированность компетенции в целом соответствует требованиям. Имеющихся знаний, умений, навыков и мотивации в целом достаточно для решения стандартных практических (профессиональных) задач	Сформированность компетенции полностью соответствует требованиям. Имеющихся знаний, умений, навыков и мотивации в полной мере достаточно для решения сложных практических (профессиональных) задач
Уровень сформированности компетенции (индикатора достижения компетенции)	Низкий	Ниже среднего	Средний	Высокий

Шкала оценки результатов обучения по дисциплине:

Код компетенции	Код индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения по дисциплине	Уровень сформированности компетенции (индикатора достижения компетенции)			
			Высокий	Средний	Ниже среднего	Низкий
			Шкала оценивания			
			отлично	хорошо	удовлетворительно	неудовлетворительно
			зачтено		не зачтено	
ПК-5	ПК-	Знать				



		методики анализа и расчета компонентов и функциональных узлов силовой электроники.	В полном объеме знает методики анализа и расчета компонентов и функциональных узлов силовой электроники, в том числе с использованием специального программного обеспечения	Знает основные методики анализа и расчета компонентов и функциональных узлов силовой электроники	Знает простейшие методики анализа и расчета компонентов и функциональных узлов силовой электроники	Не знает простейших методик анализа и расчета компонентов и функциональных узлов силовой электроники
		Уметь				
	5.2	рассчитывать параметры переходных процессов, максимально достигаемые электрические и энергетические параметры компонентов при их работе в конкретных схемах силовой электроники.	Умеет рассчитывать параметры переходных процессов, максимально достигаемые электрические и энергетические параметры компонентов при их работе во всех основных схемах силовой электроники	Умеет рассчитывать параметры переходных процессов, максимально достигаемые электрические и энергетические параметры компонентов при их работе в базовых схемах силовой электроники	Умеет рассчитывать параметры переходных процессов, максимально достигаемые электрические и энергетические параметры компонентов при их работе в идеальных условиях (на чисто активную нагрузку)	Не умеет рассчитывать параметры переходных процессов, максимально достигаемые электрические и энергетические параметры компонентов или совершает при расчетах грубые ошибки
		Владеть				

		<p>навыками анализа и расчета параметров и характеристик компонентов и функциональных узлов силовой электроники, в том числе использованием специального программного обеспечения.</p>	<p>В полной мере владеет навыками анализа и расчета параметров и характеристик компонентов и функциональных узлов силовой электроники, в том числе с использованием специального программного обеспечения</p>	<p>Владеет базовыми навыками проведения анализа и расчета компонентов и функциональных узлов силовой электроники и использования специального программного обеспечения</p>	<p>Может использовать специализированное программное обеспечение для решения простых задач анализа и расчета компонентов и функциональных узлов силовой электроники, проводить расчеты по заданному алгоритму</p>	<p>Не владеет навыками использования специализированного программного обеспечения и проведения простых расчетов компонентов и функциональных узлов силовой электроники или совершает грубые ошибки при анализе и расчете</p>
ПК-5.3	Знать					
	<p>номенклатуру полупроводниковых компонентов силовой электроники, их характеристики, параметры и их взаимосвязь между ними;</p>	<p>В полной мере знает номенклатуру полупроводниковых компонентов силовой электроники, их характеристики и параметры и их взаимосвязь между ними</p>	<p>Знает номенклатуру полупроводниковых компонентов силовой электроники, их характеристик и параметры, слабо ориентируется во взаимосвязи между ними</p>	<p>Знает основные полупроводниковые компоненты силовой электроники, их характеристик и параметры, не ориентируется во взаимосвязи между ними</p>	<p>Не знает основные полупроводниковые компоненты силовой электроники, их характеристик и параметры</p>	
	<p>особенности работы силовых полупроводниковых компонентов и функциональных узлов на их основе.</p>	<p>В полной мере знает особенности работы силовых полупроводниковых компонентов и функциональных узлов на их основе</p>	<p>Знает особенности работы силовых полупроводниковых компонентов и основных функциональных узлов на их основе</p>	<p>Знает особенности работы силовых полупроводниковых компонентов с учетом реальной нагрузки в схемах, не знает или плохо знает работу функциональных узлов силовой электроники</p>	<p>Не знает особенностей работы силовых полупроводниковых компонентов с учетом реальной нагрузки, не знает особенностей работы функциональных узлов на их основе</p>	

		Уметь			
<p>составлять математические уравнения для расчета и анализа работы функциональных узлов силовой электроники с использованием параметров электронных компонентов;</p>	<p>В полной мере умеет составлять математические уравнения для расчета и анализа работы функциональных узлов силовой электроники с использованием параметров электронных компонентов</p>	<p>Умеет составлять математические уравнения для расчета основных функциональных узлов силовой электроники с использованием параметров и характеристик электронных компонентов</p>	<p>Умеет составлять математические уравнения для расчета простейших функциональных узлов силовой электроники с использованием параметров и характеристик электронных компонентов</p>	<p>Не умеет составлять математические уравнения для анализа и расчета функциональных узлов силовой электроники с использованием параметров и характеристик электронных компонентов или совершает при составлении грубые ошибки</p>	
<p>выбирать компоненты по их параметрам для конкретных схем.</p>	<p>Формирует предварительные требования к компонентам для конкретной схемы, с учетом оптимального запаса по максимальным току, напряжению и мощности и взаимосвязи между этими параметрами, по итогам расчета схемы проверяет соответствие параметров ранее выбранного компонента реальным условиям эксплуатации</p>	<p>Формирует предварительные требования к компонентам для конкретной схемы, по итогам расчета проверяет соответствие параметров ранее выбранного компонента реальным условиям эксплуатации</p>	<p>Проверяет соответствие параметров конкретного компонента его реальным условиям эксплуатации в схеме</p>	<p>Не умеет выбирать компоненты по их параметрам для конкретных схем или совершает при выборе грубые ошибки</p>	
Владеть					

		навыками составления схем замещения, математических уравнений для задач анализа и расчета функциональных узлов силовой электроники	В полной мере владеет навыками составления схем замещения, математических уравнений для задач анализа и расчета функциональных узлов силовой электроники	Владеет навыками составления схем замещения, математических уравнений для задач анализа и расчета основных функциональных узлов силовой электроники	Владеет навыками составления схем замещения, математических уравнений для задач анализа и расчета простейших функциональных узлов силовой электроники	Не владеет навыками составления схем замещения, математических уравнений для задач анализа и расчета функциональных узлов силовой электроники или совершает при составлении грубые ошибки
--	--	--	--	---	---	---

Оценочные материалы для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации приведены в Приложении к рабочей программе дисциплины. Полный комплект заданий и материалов, необходимых для оценивания результатов обучения по дисциплине, хранится на кафедре-разработчике в бумажном и электронном виде.

## 6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 6.1. Учебно-методическое обеспечение

#### Основная литература

№ п/п	Автор(ы)	Наименование	Вид издания (учебник, учебное пособие, др.)	Место издания, издательство	Год издания	Адрес электронного ресурса	Кол-во экземпляров в библиотеке КГЭУ
1	Розанов Ю. К., Рябчицкий М. В., Кваснюк А. А.	Силовая электроника	учебник	М.: Издательский дом МЭИ	2016	<a href="https://e.lanbook.com/book/72283">https://e.lanbook.com/book/72283</a>	
2	Гусев В. Г., Гусев Ю. М.	Электроника и микропроцессорная техника	учебник	М.: Кнорус	2016	<a href="https://www.book.ru/book/919270/">https://www.book.ru/book/919270/</a>	

#### Дополнительная литература

№ п/п	Автор(ы)	Наименование	Вид издания (учебник, учебное пособие, др.)	Место издания, издательство	Год издания	Адрес электронного ресурса	Кол-во экземпляров в библиотеке КГЭУ
-------	----------	--------------	---	-----------------------------	-------------	----------------------------	--------------------------------------

1	Калимуллин Р. И.	Силовые полупроводниковые ключи	учебное пособие	Казань: КГЭУ	2005		166
2	Воронин П. А.	Силовые полупроводниковые ключи: семейства, характеристики, применение	производственно-практическое издание	М.: Додэка - XXI	2005		63
3	Розанов Ю. К., Воронин П. А., Рывкин С. Е., Чаплыгин Е. Е.	Справочник по силовой электронике	справочное издание	М.: Издательский дом МЭИ	2014	<a href="https://e.lanbook.com/book/72289">https://e.lanbook.com/book/72289</a>	

## 6.2. Информационное обеспечение

### 6.2.1. Электронные и интернет-ресурсы

№ п/п	Наименование электронных и интернет-ресурсов	Ссылка
1	Электронный архив: «Новые полупроводниковые материалы: Характеристики и свойства» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <a href="http://www.ioffe.ru/SVA/NSM/rintroduction.html">http://www.ioffe.ru/SVA/NSM/rintroduction.html</a> – Загл. с экрана. – (Дата обращения: 15.10.2020).	<a href="http://www.ioffe.ru/SVA/NSM/rintroduction.html">http://www.ioffe.ru/SVA/NSM/rintroduction.html</a>

### 6.2.2. Профессиональные базы данных

№ п/п	Наименование профессиональных баз данных	Адрес	Режим доступа
1	Российская национальная библиотека	<a href="http://nlr.ru/">http://nlr.ru/</a>	<a href="http://nlr.ru/">http://nlr.ru/</a>
2	Единое окно доступа к образовательным ресурсам	<a href="http://window.edu.ru/">http://window.edu.ru/</a>	<a href="http://window.edu.ru/">http://window.edu.ru/</a>
3	Web of Science	<a href="https://webofknowledge.com/">https://webofknowledge.com/</a>	<a href="https://webofknowledge.com/">https://webofknowledge.com/</a>
4	Scopus	<a href="https://www.scopus.com">https://www.scopus.com</a>	<a href="https://www.scopus.com">https://www.scopus.com</a>
5	КиберЛенинка	В <a href="https://cyberleninka.ru/">https://cyberleninka.ru/</a>	В <a href="https://cyberleninka.ru/">https://cyberleninka.ru/</a>
6	Платформа SpringerLink	<a href="http://www.link.springer.com">www.link.springer.com</a>	<a href="http://www.link.springer.com">www.link.springer.com</a>
7	Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU	<a href="http://elibrary.ru">http://elibrary.ru</a>	<a href="http://elibrary.ru">http://elibrary.ru</a>
8	Электронная библиотека диссертаций (РГБ)	<a href="http://diss.rsl.ru">diss.rsl.ru</a>	<a href="http://diss.rsl.ru">diss.rsl.ru</a>
9	Национальная электронная библиотека (НЭБ)	<a href="https://rusneb.ru/">https://rusneb.ru/</a>	<a href="https://rusneb.ru/">https://rusneb.ru/</a>
10	Техническая библиотека	<a href="http://techlibrary.ru">http://techlibrary.ru</a>	<a href="http://techlibrary.ru">http://techlibrary.ru</a>

11	Архив журналов РАН	<a href="https://www.elibrary.ru/titlerefgroup.asp?titlerefgroupid=3">https://www.elibrary.ru/titlerefgroup.asp?titlerefgroupid=3</a>	<a href="https://www.elibrary.ru/titlerefgroup.asp?titlerefgroupid=3">https://www.elibrary.ru/titlerefgroup.asp?titlerefgroupid=3</a>
12	Университетская информационная система Россия	<a href="http://uisrussia.msu.ru">uisrussia.msu.ru</a>	<a href="http://uisrussia.msu.ru">uisrussia.msu.ru</a>

### 6.2.3. Информационно-справочные системы

№ п/п		Адрес	Режим доступа
1	ИСС «Кодекс» / «Техэксперт»	<a href="http://app.kgeu.local/Home/Ar">http://app.kgeu.local/Home/Ar</a>	<a href="http://app.kgeu.lo">http://app.kgeu.lo</a>
2	«Гарант»	<a href="http://www.garant.ru/">http://www.garant.ru/</a>	<a href="http://www.garan">http://www.garan</a>
3	«Консультант плюс»	<a href="http://www.consultant.ru/">http://www.consultant.ru/</a>	<a href="http://www.consu">http://www.consu</a>

### 6.2.4. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение дисциплины

№ п/п	Наименование программного обеспечения	Описание	Реквизиты подтверждающих документов
1	Windows 7 Профессиональная (Pro)	Пользовательская операционная система	ЗАО "СофтЛайнТрейд" №2011.25486 от 28.11.2011 Неискл. право. Бессрочно
2	LabVIEW Professional Development System for Windows	Среда графического программирования и разработки приложений	ЗАО "СофтЛайнТрейд" №2013.39442 Неискл. право. Бессрочно
3	NI Academic Site License – Multisim Teaching Only (Smaii)	Пакет программного обеспечения для графического программирования и проектирования	ЗАО "СофтЛайнТрейд" №2013.39442 Неискл. право. Бессрочно
4	NI Academic Site License – LabVIEW Teaching and Research (Smaii)	Пакет программного обеспечения для графического программирования и проектирования	ЗАО "СофтЛайнТрейд" №2013.39442 Неискл. право. Бессрочно
5	Office Standard 2007 Russian OLP NL AcademicEdition+	Пакет программных продуктов содержащий в себе необходимые офисные программы	ЗАО "СофтЛайнТрейд" №21/2010 от 04.05.2010 Неискл. право. Бессрочно
6	Браузер Chrome	Система поиска информации в сети интернет	Свободная лицензия Неискл. право. Бессрочно
7	LMS Moodle	ПО для эффективного онлайн-взаимодействия преподавателя и студента	Свободная лицензия Неискл. право. Бессрочно

### 7. Материально-техническое обеспечение дисциплины

№ п/п	Вид учебной работы	Наименование специальных помещений и помещений для СРС	Оснащенность специальных помещений и помещений для СРС

		<p>Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации</p>	<p>доска аудиторная, телевизор, стенды: "Изучение характеристик и параметров полевого транзистора с управляющим р-п переходом", "Изучение характеристик и модулей полупроводниковых диодов", "МДП транзистор", "Исследование термоэлектронной эмиссии", "Изучение статических характеристик и параметров биполярного транзистора", "Исследование параметров МОП структур методом ВФХ", "Исследование тиристорov", "Схемотехника" (Звенья обратной связи; Операционные усилители; Модуль измерений; Функциональный генератор; Схемотехника элементов ТТЛ; Фильтры; Компаратор; Стабилизаторы напряжения; Транзисторный усилитель; Мультивибраторы и таймеры), компьютер в комплекте с монитором, камера</p>
1	Зачет	<p>Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации</p>	<p>проектор, экран, компьютер в комплекте с монитором, стенды: ЭС-23 "Исследование схем решающих усилителей (2 шт.), "Однокаскадный усилитель, ЦЦАП и АЦП, "Узкополосный резонансный усилитель", "Транзисторный ключ", "Генератор пилообразного напряжения", "Мощные усилительные каскады", "Одновибраторы", "Амплитудная модуляция гармонических сигналов и детектирования амплитудно-модулируемого сигнала", "Схемы типовых генераторов", "Усилительные каскады на биполярном транзисторе", "Исследование работы активных и пассивных фильтров", "Измерение амплитудно-частотных характеристик фильтра на поверхностных акустических волнах", фотоколориметр КФК-3- 01 (2 шт.), лабораторный стенд КС- 11 (3 шт.), генератор, осциллограф</p>

1	Зачет	Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации	доска аудиторная, учебные стенды: "ЭС-24 Исследование однофазного инвертора ведомого сетью", "ЭС 1А/1 Маломощный блок питания", "ЭС-16 Однофазный регулируемый выпрямитель на тиристорах", "Управляемый выпрямитель", "Управляемый преобразователь-двигатель", "Реверсивный преобразователь постоянного тока", "Цифровой тиристорный регулятор", "ЭС-18 Исследование однофазного автономного инвертора тока", "ЭС 5А Стенд регулируемых трехфазных выпрямителей", стенды учебная техника (2 шт.)
2	Лекционные занятия	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа	доска аудиторная, учебные стенды: "ЭС-24 Исследование однофазного инвертора ведомого сетью", "ЭС 1А/1 Маломощный блок питания", "ЭС-16 Однофазный регулируемый выпрямитель на тиристорах", "Управляемый выпрямитель", "Управляемый преобразователь-двигатель", "Реверсивный преобразователь постоянного тока", "Цифровой тиристорный регулятор", "ЭС-18 Исследование однофазного автономного инвертора тока", "ЭС 5А Стенд регулируемых трехфазных выпрямителей", стенды учебная техника (2 шт.)



2	Лекционные занятия	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа	<p>проектор, экран, компьютер в комплекте с монитором, стенды: ЭС-23 "Исследование схем решающих усилителей (2 шт.), "Однокаскадный усилитель, ЦЦАП и АЦП, "Узкополосный резонансный усилитель", "Транзисторный ключ", "Генератор пилообразного напряжения", "Мощные усилительные каскады", "Одновибраторы", "Амплитудная модуляция гармонических сигналов и детектирование амплитудно-модулируемого сигнала", "Схемы типовых генераторов", "Усилительные каскады на биполярном транзисторе", "Исследование работы активных и пассивных фильтров", "Измерение амплитудно-частотных характеристик фильтра на поверхностных акустических волнах", фотоколориметр КФК-3- 01 (2 шт.), лабораторный стенд КС- 11 (3 шт.), генератор, осциллограф</p>
		Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа	<p>доска аудиторная, телевизор, стенды: "Изучение характеристик и параметров полевого транзистора с управляющим р-п переходом", "Изучение характеристик и модулей полупроводниковых диодов", "МДП транзистор", "Исследование термоэлектронной эмиссии", "Изучение статических характеристик и параметров биполярного транзистора", "Исследование параметров МОП структур методом ВФХ", "Исследование тиристоров", "Схемотехника" (Звенья обратной связи; Операционные усилители; Модуль измерений; Функциональный генератор; Схемотехника элементов ТТЛ; Фильтры; Компаратор; Стабилизаторы напряжения; Транзисторный усилитель; Мультивибраторы и таймеры), компьютер в комплекте с монитором, камера</p>

4	Практические занятия	<p>Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации</p>	<p>проектор, экран, компьютер в комплекте с монитором, стенды: ЭС-23 "Исследование схем решающих усилителей (2 шт.), "Однокаскадный усилитель, ЦЦАП и АЦП, "Узкополосный резонансный усилитель", "Транзисторный ключ", "Генератор пилообразного напряжения", "Мощные усилительные каскады", "Одновибраторы", "Амплитудная модуляция гармонических сигналов и детектирования амплитудно-модулируемого сигнала", "Схемы типовых генераторов", "Усилительные каскады на биполярном транзисторе", "Исследование работы активных и пассивных фильтров", "Измерение амплитудно-частотных характеристик фильтра на поверхностных акустических волнах", фотоколориметр КФК-3- 01 (2 шт.), лабораторный стенд КС- 11 (3 шт.), генератор, осциллограф</p>
		<p>Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации</p>	<p>доска аудиторная, учебные стенды: "ЭС-24 Исследование однофазного инвертора ведомого сетью", "ЭС 1А/1 Маломощный блок питания", "ЭС-16 Однофазный регулируемый выпрямитель на тиристорах", "Управляемый выпрямитель", "Управляемый преобразователь-двигатель", "Реверсивный преобразователь постоянного тока", "Цифровой тиристорный регулятор", "ЭС-18 Исследование однофазного автономного инвертора тока", "ЭС 5А Стенд регулируемых трехфазных выпрямителей", стенды учебная техника (2 шт.)</p>

4	Практические занятия	Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации	доска аудиторная, телевизор, стенды: "Изучение характеристик и параметров полевого транзистора с управляющим р-п переходом", "Изучение характеристик и модулей полупроводниковых диодов", "МДП транзистор", "Исследование термоэлектронной эмиссии", "Изучение статических характеристик и параметров биполярного транзистора", "Исследование параметров МОП структур методом ВФХ", "Исследование тиристорov", "Схемотехника" (Звенья обратной связи; Операционные усилители; Модуль измерений; Функциональный генератор; Схемотехника элементов ТТЛ; Фильтры; Компаратор; Стабилизаторы напряжения; Транзисторный усилитель; Мультивибраторы и таймеры), компьютер в комплекте с монитором, камера
5	Контроль самостоятельной работы и иная контактная работа	Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации	проектор, экран, компьютер в комплекте с монитором, стенды: ЭС-23 "Исследование схем решающих усилителей (2 шт.)", "Однокаскадный усилитель, ЦЦАП и АЦП, "Узкополосный резонансный усилитель", "Транзисторный ключ", "Генератор пилообразного напряжения", "Мощные усилительные каскады", "Одновибраторы", "Амплитудная модуляция гармонических сигналов и детектирования амплитудно-модулируемого сигнала", "Схемы типовых генераторов", "Усилительные каскады на биполярном транзисторе", "Исследование работы активных и пассивных фильтров", "Измерение амплитудно-частотных характеристик фильтра на поверхностных акустических волнах", фотоколориметр КФК-3- 01 (2 шт.), лабораторный стенд КС- 11 (3 шт.), генератор, осциллограф

5	Контроль самостоятельной работы и иная контактная работа	Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации	доска аудиторная, учебные стенды: "ЭС-24 Исследование однофазного инвертора ведомого сетью", "ЭС 1А/1 Маломощный блок питания", "ЭС-16 Однофазный регулируемый выпрямитель на тиристорах", "Управляемый выпрямитель", "Управляемый преобразователь-двигатель", "Реверсивный преобразователь постоянного тока", "Цифровой тиристорный регулятор", "ЭС-18 Исследование однофазного автономного инвертора тока", "ЭС 5А Стенд регулируемых трехфазных выпрямителей", стенды учебная техника (2 шт.)
		Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации	доска аудиторная, телевизор, стенды: "Изучение характеристик и параметров полевого транзистора с управляющим р-п переходом", "Изучение характеристик и модулей полупроводниковых диодов", "МДП транзистор", "Исследование термоэлектронной эмиссии", "Изучение статических характеристик и параметров биполярного транзистора", "Исследование параметров МОП структур методом ВФХ", "Исследование тиристоров", "Схемотехника" (Звенья обратной связи; Операционные усилители; Модуль измерений; Функциональный генератор; Схемотехника элементов ТТЛ; Фильтры; Компаратор; Стабилизаторы напряжения; Транзисторный усилитель; Мультивибраторы и таймеры), компьютер в комплекте с монитором, камера
6	Самостоятельная работа	Кабинет СРС	моноблок (30 шт.), система видеонаблюдения (6 видеокамер), проектор, экран
		Кабинет СРС	моноблок (30 шт.), система видеонаблюдения (6 видеокамер), проектор, экран, доска магнитно-маркерная
		Кабинет СРС	проектор, переносной экран, тонкие клиенты (13 шт.), компьютеры (5 шт.)

## **8. Особенности организации образовательной деятельности для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов**

Лица с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ) и инвалиды имеют возможность беспрепятственно перемещаться из одного учебно-лабораторного корпуса в другой, подняться на все этажи учебно-лабораторных корпусов, заниматься в учебных и иных помещениях с учетом особенностей психофизического развития и состояния здоровья.

Для обучения лиц с ОВЗ и инвалидов, имеющих нарушения опорно-двигательного аппарата, обеспечены условия беспрепятственного доступа во все учебные помещения. Информация о специальных условиях, созданных для обучающихся с ОВЗ и инвалидов, размещена на сайте университета [www/kgeu.ru](http://www/kgeu.ru). Имеется возможность оказания технической помощи ассистентом, а также услуг сурдопереводчиков и тифлосурдопереводчиков.

Для адаптации к восприятию лицами с ОВЗ и инвалидами с нарушенным слухом справочного, учебного материала по дисциплине обеспечиваются следующие условия:

- для лучшей ориентации в аудитории, применяются сигналы оповещения о начале и конце занятия (слово «звонок» пишется на доске);
- внимание слабослышащего обучающегося привлекается педагогом жестом (на плечо кладется рука, осуществляется нерезкое похлопывание);
- разговаривая с обучающимся, педагогический работник смотрит на него, говорит ясно, короткими предложениями, обеспечивая возможность чтения по губам.

Компенсация затруднений речевого и интеллектуального развития слабослышащих обучающихся проводится путем:

- использования схем, диаграмм, рисунков, компьютерных презентаций с гиперссылками, комментирующими отдельные компоненты изображения;
- регулярного применения упражнений на графическое выделение существенных признаков предметов и явлений;
- обеспечения возможности для обучающегося получить адресную консультацию по электронной почте по мере необходимости.

Для адаптации к восприятию лицами с ОВЗ и инвалидами с нарушениями зрения справочного, учебного, просветительского материала, предусмотренного образовательной программой по выбранному направлению подготовки, обеспечиваются следующие условия:

- ведется адаптация официального сайта в сети Интернет с учетом особых потребностей инвалидов по зрению, обеспечивается наличие крупношрифтовой справочной информации о расписании учебных занятий;
- педагогический работник, его собеседник (при необходимости), присутствующие на занятии, представляются обучающимся, при этом каждый раз называется тот, к кому педагогический работник обращается;
- действия, жесты, перемещения педагогического работника коротко и ясно комментируются;
- печатная информация предоставляется крупным шрифтом (от 18 пунктов), тотально озвучивается;

- обеспечивается необходимый уровень освещенности помещений;
- предоставляется возможность использовать компьютеры во время занятий и право записи объяснений на диктофон (по желанию обучающихся).

Форма проведения текущей и промежуточной аттестации для обучающихся с ОВЗ и инвалидов определяется педагогическим работником в соответствии с учебным планом. При необходимости обучающемуся с ОВЗ, инвалиду с учетом их индивидуальных психофизических особенностей дается возможность пройти промежуточную аттестацию устно, письменно на бумаге, письменно на компьютере, в форме тестирования и т.п., либо предоставляется дополнительное время для подготовки ответа.

## 9. Методические рекомендации для преподавателей по организации воспитательной работы с обучающимися

При реализации дисциплины преподаватель может использовать следующие методы воспитательной работы:

- методы формирования сознания личности (беседа, диспут, внушение, инструктаж, контроль, объяснение, пример, самоконтроль, рассказ, совет, убеждение и др.);
- методы организации деятельности и формирования опыта поведения (задание, общественное мнение, педагогическое требование, поручение, приучение, создание воспитывающих ситуаций, тренинг, упражнение, и др.);
- методы мотивации деятельности и поведения (одобрение, поощрение социальной активности, порицание, создание ситуаций успеха, создание ситуаций для эмоционально-нравственных переживаний, соревнование и др.)

При реализации дисциплины преподаватель должен учитывать следующие направления воспитательной деятельности:

*Гражданское и патриотическое воспитание:*

- формирование у обучающихся целостного мировоззрения, российской идентичности, уважения к своей семье, обществу, государству, принятым в семье и обществе духовно-нравственным и социокультурным ценностям, к национальному, культурному и историческому наследию, формирование стремления к его сохранению и развитию;

- формирование у обучающихся активной гражданской позиции, основанной на традиционных культурных, духовных и нравственных ценностях российского общества, для повышения способности ответственно реализовывать свои конституционные права и обязанности;

- развитие правовой и политической культуры обучающихся, расширение конструктивного участия в принятии решений, затрагивающих их права и интересы, в том числе в различных формах самоорганизации, самоуправления, общественно-значимой деятельности;

- формирование мотивов, нравственных и смысловых установок личности, позволяющих противостоять экстремизму, ксенофобии, дискриминации по социальным, религиозным, расовым, национальным признакам, межэтнической и межконфессиональной нетерпимости, другим негативным социальным явлениям.

*Духовно-нравственное воспитание:*

- воспитание чувства достоинства, чести и честности, совестливости, уважения к родителям, учителям, людям старшего поколения;

- формирование принципов коллективизма и солидарности, духа милосердия и сострадания, привычки заботиться о людях, находящихся в трудной жизненной ситуации;

- формирование солидарности и чувства социальной ответственности по отношению к людям с ограниченными возможностями здоровья, преодоление психологических барьеров по отношению к людям с ограниченными возможностями;

- формирование эмоционально насыщенного и духовно возвышенного отношения к миру, способности и умения передавать другим свой эстетический опыт.

*Культурно-просветительское воспитание:*

- формирование уважения к культурным ценностям родного города, края, страны;

- формирование эстетической картины мира;

- повышение познавательной активности обучающихся.

*Научно-образовательное воспитание:*

- формирование у обучающихся научного мировоззрения;

- формирование умения получать знания;

- формирование навыков анализа и синтеза информации, в том числе в профессиональной области.

*Профессионально-трудовое воспитание:*

- формирование добросовестного, ответственного и творческого отношения к разным видам трудовой деятельности;

- формирование навыков высокой работоспособности и самоорганизации, умение действовать самостоятельно, мобилизовать необходимые ресурсы, правильно оценивая смысл и последствия своих действий;

*Экологическое воспитание:*

- формирование экологической культуры, бережного отношения к родной земле, экологической картины мира, развитие стремления беречь и охранять природу;



## Структура дисциплины для заочной формы обучения

Вид учебной работы	Всего часов	Курс
		5
<b>ОБЩАЯ ТРУДОЕМКОСТЬ ДИСЦИПЛИНЫ</b>	108	108
<b>КОНТАКТНАЯ РАБОТА ОБУЧАЮЩЕГОСЯ С ПРЕПОДАВАТЕЛЕМ, в том числе:</b>	20,5	20,5
Лекционные занятия (Лек)	6	6
Практические занятия (Пр)	10	10
Контроль самостоятельной работы и иная контактная работа (КСР)*	4	4
Контактные часы во время аттестации (КПА)	0,5	0,5
<b>САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА ОБУЧАЮЩЕГОСЯ (СРС):</b>	83,5	83,5
Подготовка к промежуточной аттестации в форме: (зачет с оценкой)	4	4
<b>ФОРМА ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ</b>	ЗчО	ЗчО

## Лист регистрации изменений

Дополнения и изменения в рабочей программе дисциплины с 2021/2022 учебного года

В программу вносятся следующие изменения:

1. РПД дополнена разделом 9 «Методические рекомендации для преподавателей по организации воспитательной работы с обучающимися» (стр. 32 - 33).

Программа одобрена на заседании кафедры–разработчика «15» июня 2021 г., протокол № 15  
Зав. кафедрой А.В. Голенищев-Кутузов

Программа одобрена методическим советом института ИЭЭ «22» июня 2021 г., протокол № 11.

Зам. директора по УМР \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ /

*Подпись, дата*

Согласовано:

Руководитель ОПОП \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ /

*Подпись, дата*

*Приложение к рабочей программе  
дисциплины*



КГЭУ

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования

**«КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГБОУ ВО «КГЭУ»)**

«

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ  
по дисциплине**

Анализ и расчет компонентов и функциональных узлов силовой электроники

Направление подготовки 11.03.04 Электроника и наноэлектроника

Направленность (профиль) Промышленная электроника

Квалификация

бакалавр

г. Казань, 2020

Оценочные материалы по дисциплине «Анализ и расчет компонентов и функциональных узлов силовой электроники» - комплект контрольно-измерительных материалов, предназначенных для оценивания результатов обучения на соответствие индикаторам достижения компетенции(й):

ПК-5 Способен решать задачи анализа и расчета характеристик электрических цепей и электронных схем

Оценивание результатов обучения по дисциплине осуществляется в рамках текущего контроля успеваемости, проводимого по балльно-рейтинговой системе (БРС), и промежуточной аттестации.

Текущий контроль успеваемости обеспечивает оценивание процесса обучения по дисциплине. При текущем контроле успеваемости используются следующие оценочные средства: практическое

задание, домашнее задание, зачет с оценкой, тест.

Промежуточная аттестация имеет целью определить уровень достижения запланированных результатов обучения по дисциплине за 8 семестр. Форма промежуточной аттестации зачётсоц.

Оценочные материалы включают задания для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся, разработанные в соответствии с рабочей программой дисциплины.

## 1. Технологическая карта

Семестр 8

Номер раздела/ темы дисциплины	Вид СРС	Наименование оценочного средства	Код индикатора достижения компетенций	Уровень освоения дисциплины, баллы				
				неудов-но	удов-но	хорошо	отлично	
				не зачтено	зачтено			
				низкий	ниже среднего	средний	высокий	
Текущий контроль успеваемости								
1	Повторение материала лекции, подготовка к практическому занятию №1	ПЗ	ПК-5.3	менее 1	1 - 1	1 - 2	2 - 2	
2	Повторение материала лекции, подготовка к практическому занятию №2	ПЗ	ПК-5.2, ПК-5.3	менее 1	1 - 1	1 - 2	2 - 2	
3	Письменное домашнее задание.	ДЗ	ПК-5.2, ПК-5.3	менее 3	3 - 3	4 - 4	5 - 5	

3	Подготовка материала лекции, подготовка практическому занятию №3	к	ПЗ	ПК-5.2, ПК-5.3	менее 1	1 - 1	1 - 2	2 - 2
4	Подготовка материала лекции, подготовка практическому занятию №4	к	ПЗ	ПК-5.2, ПК-5.3	менее 1	1 - 1	1 - 2	2 - 2
5	Изучение теоретического материала для самоизучения.		Тест	ПК-5.3	менее 3	3 - 3	3 - 4	4 - 4
6	Письменное домашнее задание.		ДЗ	ПК-5.2, ПК-5.3	менее 3	3 - 3	4 - 4	5 - 5
6	Повторение материала лекции, подготовка практическому занятию №5	к	ПЗ	ПК-5.2, ПК-5.3	менее 1	1 - 1	1 - 2	2 - 2
6	Повторение материала лекции, подготовка практическому занятию №6	к	ПЗ	ПК-5.2, ПК-5.3	менее 1	1 - 1	1 - 2	2 - 2
7	Изучение теоретического материала для самоизучения.		Тест	ПК-5.3	менее 3	3 - 3	3 - 4	4 - 4
7	Письменное домашнее задание.		ДЗ	ПК-5.2, ПК-5.3	менее 2	2 - 2	3 - 3	4 - 4
7	Изучение теоретического материала для самоизучения, подготовка практическому занятию №7	к	ПЗ	ПК-5.2, ПК-5.3	менее 1	1 - 1	1 - 2	2 - 2
8	Письменное домашнее задание.		ДЗ	ПК-5.2, ПК-5.3	менее 3	3 - 3	4 - 4	5 - 5
8	Повторение материала лекции, подготовка практическому занятию №8	к	ПЗ	ПК-5.2, ПК-5.3	менее 1	1 - 1	1 - 2	2 - 2

8	Повторение материала лекции, подготовка к практическому занятию №9	ПЗ	ПК-5.2, ПК-5.3	менее 1	1 - 1	1 - 2	2 - 2
9	Изучение теоретического материала для самоизучения.	Тест	ПК-5.3	менее 3	3 - 3	3 - 4	4 - 4
10	Повторение материала лекции, подготовка к практическому занятию №10	ПЗ	ПК-5.2, ПК-5.3	менее 1	1 - 1	1 - 2	2 - 2
11	Подготовка материала лекции, подготовка к практическому занятию №11	ПЗ	ПК-5.2, ПК-5.3	менее 1	1 - 1	1 - 2	2 - 2
12	Изучение теоретического материала для самоизучения.	Тест	ПК-5.3	менее 3	3 - 3	4 - 4	5 - 5
13	Повторение материала лекции, подготовка к практическому занятию №12	ПЗ	ПК-5.2, ПК-5.3	менее 1	1 - 1	1 - 2	2 - 2
Промежуточный контроль успеваемости							
14	Зачет с оценкой	ЗчО	ПК-5.2, ПК-5.3	менее 20	20 - 29	30 - 35	36 - 40
Всего баллов				0 - 54	55-69	70-84	85-100

## 2. Перечень оценочных средств

Краткая характеристика оценочных средств, используемых при текущем контроле успеваемости и промежуточной аттестации обучающегося по дисциплине:

Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Оценочные материалы
----------------------------------	--	---------------------

Практическое задание (ПЗ)	Средство оценки умения применять полученные теоретические знания в практической ситуации. Задание направлено на оценивание компетенций по дисциплине, содержит четкую инструкцию по выполнению или алгоритм действий	Комплект задач и заданий
Домашнее задание (ДЗ)	Средство проверки умений применять полученные знания по заранее определенной методике для решения задач или выполнения заданий по разделу	Комплект заданий по вариантам
Тест (Тест)	Система стандартизированных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося	Комплект тестовых заданий
Зачет с оценкой (ЗЧО)	Комплект билетов, состоящих из одного вопроса теоретического характера для проверки теоретических знаний и одного задания практического характера для проверки практических умений.	Вопросы для подготовки к зачету. Задачи для решения. Комплект билетов на зачет с оценкой, состоящих из одного вопроса теоретического характера и одного задания практического характера

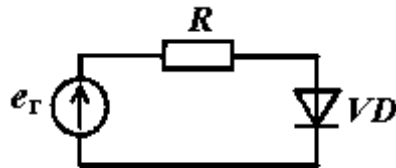
### 3. Оценочные материалы текущего контроля успеваемости обучающихся

Наименование оценочного средства	Практическое задание (ПЗ)
Представление и содержание оценочных материалов	<p>После рассмотрения на лекционных занятиях основных тем и изучения теоретического материала для самоизучения, необходимых для выполнения практического задания, студенту предлагается выполнить практическое задание, представленное в виде нескольких задач по тематике лекционного занятия с подробным развернутым решением.</p> <p><i>Примеры задач для выполнения практического задания</i></p> <p><b><u>Задача 1.</u></b> Рассчитать максимально допустимую амплитуду тока, которую может пропускать диод в прямом направлении, работающий в импульсном режиме со скважностью импульсов <math>Q = 2</math>. Предельно допустимая температура перехода корпуса <math>T_{к, макс} = 125^{\circ}\text{C}</math>, тепловое сопротивление «корпус-радиатор» <math>Z_{т,к-р} = 1^{\circ}\text{C/Вт}</math>, тепловое сопротивление «радиатор-окружающая среда <math>Z_{т,р-с} = 12^{\circ}\text{C/Вт}</math>. Температура окружающей среды <math>T_c = 40^{\circ}\text{C}</math>, падение напряжения на диоде в прямом направлении <math>U_{d0} = 0,8 \text{ В}</math>. Потерями мощности на переключение пренебречь. Как изменится значение максимально допустимой амплитуды тока, если температура окружающей среды уменьшится до <math>10^{\circ}\text{C}</math>?</p> <p><b><u>Задача 2.</u></b> Записать законы изменения напряжения при выключении, а также тока и напряжения при включении полупроводникового ключа, работающего на RC-нагрузку. Примечание: ключ считать безынерционным, с внутренним сопротивлением <math>r</math>.</p> <p><b><u>Задача 3.</u></b> Записать законы изменения тока и напряжения при включении и выключении полупроводникового ключа, работающего на RL-нагрузку. Собственная постоянная времени ключа <math>\tau</math>. Проанализировать, какова будет амплитуда напряжения на ключе в начальный момент его выключения для случаев, когда постоянные времени ключа и</p>

нагрузки соотносятся как  $\tau = L/R$ ,  $\tau = 10 L/R$ ,  $\tau = 0,1 L/R$ .

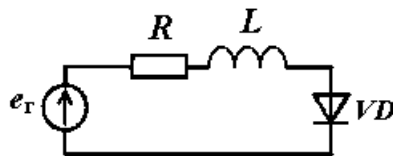
**Задача 4.**

Определить время включения и время выключения диода, если отпирающее напряжение  $E_{r1} = 100$  В, запирающее  $E_{r2} = -100$  В, сопротивление внешней цепи  $R = 10$  Ом, время жизни носителей в базе диода  $\tau_{эфф} = 2$  нс, усредненное по диапазону обратных напряжений  $0 \dots 100$  В значение барьерной емкости составляет  $400$  пФ.



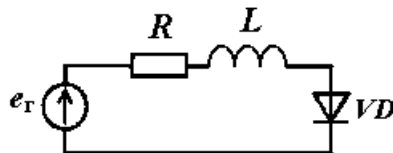
**Задача 5.**

Определить максимальную амплитуду прямого падения напряжения, возникающего на диоде при его включении в схеме с  $RL$ -нагрузкой ( $R = 10$  Ом,  $L = 2$  мГн), если известно, диод переключается перепадом напряжения  $e_r$  с  $0$  до  $100$  В. Паразитная индуктивность выводов диода  $L_b = 10$  нГн.



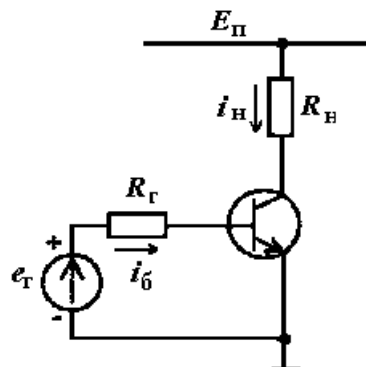
**Задача 6.**

Определить частоту колебаний и максимальную амплитуду обратного напряжения, возникающего на диоде при его переключении в схеме с  $RL$ -нагрузкой ( $R = 10$  Ом,  $L = 2$  мГн), если известно, что диод переключается перепадом напряжения  $e_r$  с  $50$  В до  $-50$  В. Известно, что при обратном напряжении  $-20$  В значение барьерной емкости  $C_b = 0,6$  нФ. Контактная разность потенциалов  $p$ - $n$ -перехода равна  $0,7$  В,  $p$ - $n$ -переход считать плавным.



**Задача 7.**

Определите время включения биполярного транзистора в приведенной схеме, если  $E_{п} = 50$  В,  $R_{н} = 10$  Ом,  $\beta = 10$ , отпирающее напряжение  $E_{r1} = 5$  В, запирающее напряжение  $E_{r2} = -3$  В,  $R_{г} = 5$  Ом, постоянная времени транзистора  $\tau_{в} = 20$  нс, барьерная емкость коллекторного перехода  $C_{к} = 2$  нФ при нулевом напряжении, контактная разность потенциалов обоих  $p$ - $n$ -переходов транзистора составляет  $0,6$  В, оба перехода плавные,  $U_{бэ.нас} = 0,8$  В.

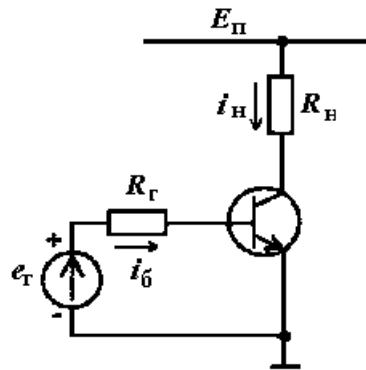


**Задача 8.**

Определите время выключения биполярного транзистора в приведенной схеме, если



$E_{\Pi} = 50 \text{ В}$ ,  $R_{\text{H}} = 10 \text{ Ом}$ ,  $\beta = 10$ , отпирающее напряжение  $E_{\Gamma 1} = 5 \text{ В}$ , запирающее напряжение  $E_{\Gamma 2} = -3 \text{ В}$ ,  $R_{\Gamma} = 5 \text{ Ом}$ , постоянные времени транзистора  $\tau_{\beta} = 20 \text{ нс}$ ,  $U_{\text{бэ,нас}} = 0,8 \text{ В}$ , барьерная емкость коллекторного перехода при нулевом напряжении  $C_{\text{к}} = 2 \text{ нФ}$ , контактная разность потенциалов коллекторного перехода составляет  $0,6 \text{ В}$ , переход плавный.

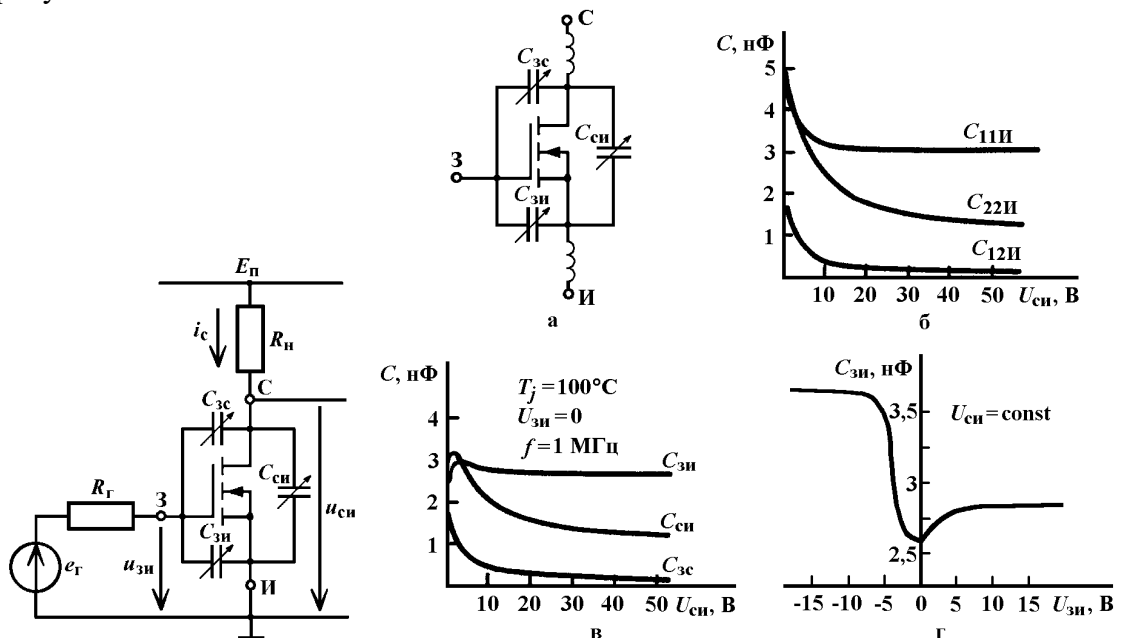


### Задача 9.

Определить, откроется ли транзистор вследствие эффекта  $du/dt$ , если время нарастания напряжения  $u_{\text{си}}$  при выключении составляет  $20 \text{ нс}$ .  $E_{\Pi} = 100 \text{ В}$ ,  $R_{\Gamma} = 100 \text{ Ом}$ , падение напряжения на открытом транзисторе  $U_{\text{си,нас}} = 2 \text{ В}$ , пороговое напряжение отпираания транзистора  $U_{\text{зи,пор}} = 4 \text{ В}$ ,  $C_{11\text{И}} = 10 \text{ нФ}$ ,  $C_{12\text{И}} = 2 \text{ нФ}$ .

### Задача 10.

Определить полное время включения МДП-транзистора в приведенной схеме, если известно, что  $R_{\Gamma} = 10 \text{ Ом}$ ,  $E_{\Gamma} = 12 \text{ В}$ ,  $R_{\text{H}} = 25 \text{ Ом}$ ,  $S = 0,1 \text{ А/В}$ ,  $E_{\Pi} = 40 \text{ В}$ , внутреннее сопротивление транзистора в открытом состоянии  $r_{\text{си,отк}} = 1 \text{ Ом}$ ,  $U_{\text{зи,пор}} = 2 \text{ В}$ ,  $U_{\text{зи,нас}} = 10 \text{ В}$ . Зависимости паразитных емкостей транзистора от напряжения приведены на рисунке.



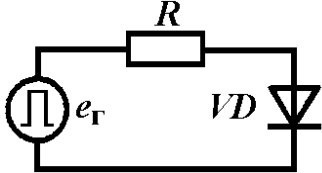
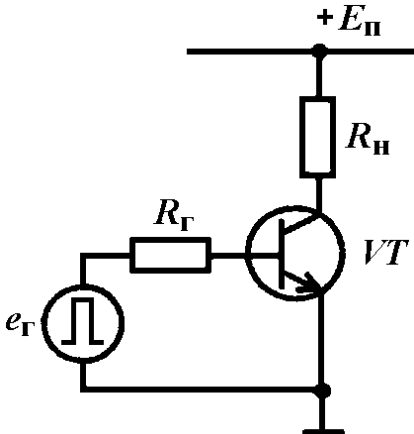
### Задача 11.

Определить необходимую величину шунтирующего тиристор конденсатора в составе RCD-цепи, если величина  $(du_a/dt)_{\text{max}} = 2 \text{ В/мкс}$ , амплитуда напряжения питания  $300 \text{ В}$ , сопротивление в цепи нагрузки  $10 \text{ Ом}$ , максимально допустимый импульсный ток тиристора  $10 \text{ А}$ .

Критерии оценки и шкала оценивания в баллах

При выставлении баллов за решение практических заданий учитывается правильность хода решения и правильность полученного ответа.

**Максимальное количество баллов за каждое практическое задание – 2**

<b>Наименование оценочного средства</b>	Домашнее задание (ДЗ)
Представление и содержание оценочных материалов	<p>После изучения соответствующего раздела дисциплины студенту предлагается выполнить домашнее задание с целью закрепления навыков практических расчетов и проектирования узлов силовой электроники, представленное в виде объемной задачи с исходными данными в соответствии с вариантом, с подробным развернутым решением.</p> <p><i>Примеры домашних заданий</i></p> <p>1. Определите мощность потерь в диоде, работающем в схеме на рис. 1, если он переключается из проводящего состояния в непроводящее (и наоборот) перепадом напряжений с <math>E_{r1} = 50</math> В до <math>E_{r2} = -50</math> В (и наоборот). Частота переключения диода <math>f = 20</math> кГц, скважность импульсов напряжения <math>e_r Q = 2</math>, сопротивление внешней цепи <math>R = 10</math> Ом, падение напряжения на диоде в прямом направлении в импульсном режиме <math>U_{пр.и} = 1</math> В, сопротивление утечки диода <math>100</math> кОм, время жизни носителей в базе диода <math>\tau_{эфф} = 10</math> нс, значение барьерной емкости <math>p-n</math>-перехода диода при обратном напряжении <math>20</math> В <math>C_b = 10</math> пФ. Контактная разность потенциалов <math>p-n</math>-перехода равна <math>0,6</math> В, <math>p-n</math>-переход считать плавным.</p>  <p>Рис. 1. Диодный ключ</p> <p>2. Рассчитать мощность потерь в транзисторе, работающем в ключевом режиме в схеме на рис. 2. <math>E_{п} = 50</math> В, <math>R_{п} = 20</math> Ом, <math>\beta = 20</math>, запирающее напряжение <math>E_{r1} = 4</math> В, запирающее напряжение <math>E_{r2} = -2</math> В, <math>R_r = 10</math> Ом, модуль коэффициента передачи тока на частоте <math>f_1 = 1</math> МГц <math> \beta(f_1)  = 5</math>, барьерная емкость коллекторного перехода при нулевом напряжении <math>C_k = 2</math> нФ, контактная разность потенциалов перехода <math>0,6</math> В, переход резкий. Падение напряжения на насыщенном транзисторе <math>U_{кэ.нас} = 0,2</math> В, входное напряжение в состоянии насыщения <math>U_{бэ.нас} = 0,9</math> В. Временем задержки включения пренебречь. Транзистор переключается с частотой <math>f = 10</math> кГц, скважность управляющих импульсов <math>e_r Q = 2</math>.</p>  <p>Рис. 2. Ключ на биполярном транзисторе</p> <p>3. Определить, откроется ли транзистор (рис. 3) вследствие эффекта <math>du/dt</math>, если время нарастания напряжения <math>u_{си}</math> при выключении составляет <math>20</math> нс. <math>E_{п} = 80</math> В, <math>R_r = 5</math> Ом, падение напряжения на открытом транзисторе <math>U_{си.нас} = 2</math> В, пороговое напряжение</p>

отпирающего транзистора  $U_{\text{зи.пор}} = 2 \text{ В}$ , зависимости емкостей транзистора от напряжения приведены на рис. 4.

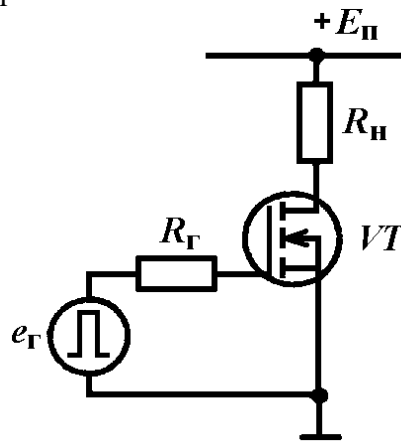


Рис. 3. Ключ на МДП-транзисторе

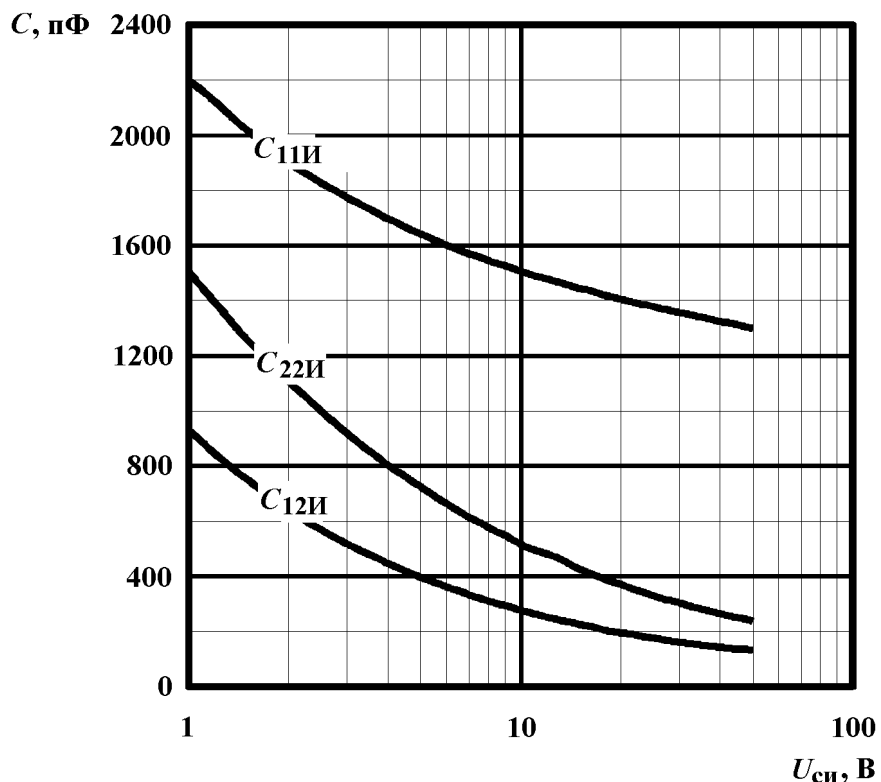


Рис. 4. Зависимости входной  $C_{11\text{И}}$ , проходной  $C_{12\text{И}}$  и выходной  $C_{22\text{И}}$  емкостей МДП-транзистора от выходного напряжения

4. Рассчитать мощность потерь в МДП-транзисторе, работающем в ключевом режиме в схеме на рис. 3.  $R_{\text{Г}} = 5 \text{ Ом}$ , амплитуда отпирающего напряжения  $E_{\text{Г}1} = 15 \text{ В}$ , амплитуда запирающего напряжения  $E_{\text{Г}2} = -15 \text{ В}$ ,  $E_{\text{п}} = 50 \text{ В}$ ,  $R_{\text{н}} = 10 \text{ Ом}$ , крутизна проходной вольт-амперной характеристики транзистора  $S = 10 \text{ А/В}$ , внутреннее сопротивление транзистора в открытом состоянии  $r_{\text{си.отк}} = 0,1 \text{ Ом}$ , пороговое напряжение отпирающего транзистора  $U_{\text{зи.пор}} = 2 \text{ В}$ . Транзистор переключается с частотой  $f = 20 \text{ кГц}$ , скважность следования управляющих импульсов  $e_{\text{Г}}$   $Q = 2$ . Зависимости внутренних емкостей транзистора от напряжения приведены на рис. 4.

Критерии оценки и шкала оценивания в баллах

При выставлении баллов за решение домашних заданий учитывается правильность хода решения и правильность полученного ответа.

**Максимальное количество баллов за каждое домашнее задание – 5**

<b>Наименование оценочного средства</b>	Тест (Тест)
Представление и содержание оценочных материалов	<p>Тестирование проводится в среде LMS Moodle после самостоятельного изучения студентом раздела дисциплины, не вынесенного на лекционные занятия. Комплект вопросов формируется из банка вопросов в случайном порядке и содержит 10 вопросов.</p> <p><i>Примеры вопросов для теста:</i></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Высоковольтные биполярные транзисторы обычно имеют структуру с дополнительным высокоомным коллекторным слоем, примыкающим к базовой области <ol style="list-style-type: none"> <li>Для увеличения максимально допустимого тока</li> <li>Для увеличения максимально допустимого напряжения</li> <li>Для увеличения максимально допустимой мощности</li> </ol> </li> <li>Коэффициент усиления тока биполярного транзистора с ростом коллекторного тока <ol style="list-style-type: none"> <li>остаётся неизменным</li> <li>непрерывно растёт</li> <li>непрерывно уменьшается</li> <li>растёт в области малых токов и уменьшается в области больших токов</li> <li>уменьшается в области малых токов и растёт в области больших токов</li> </ol> </li> <li>Определить коэффициент (степень) насыщения биполярного транзистора, если ток базы составляет 120 мА, коэффициент <math>\beta = 25</math>, напряжение питания <math>E_p = 40</math> В, сопротивление нагрузки <math>R_n = 20</math> Ом.</li> <li>Расположите в порядке возрастания величины предельно допустимые напряжения биполярного транзистора <ol style="list-style-type: none"> <li><math>U_{кб0max}</math></li> <li><math>U_{кэ0max}</math></li> <li><math>U_{кэRmax}</math></li> <li><math>U_{кэ х max}</math></li> <li><math>U_{кэ к max}</math></li> </ol> </li> <li>При обратном смещении в цепи базы напряжение пробоя <math>U_{кэ,пр} ...</math> Выберите один ответ: <ol style="list-style-type: none"> <li>не изменяется</li> <li>увеличивается</li> <li>уменьшается</li> </ol> </li> <li>Расположите по порядку области, в которых будет находиться рабочая точка биполярного транзистора, во время его включения <ol style="list-style-type: none"> <li>насыщения</li> <li>отсечки</li> <li>преднасыщения</li> <li>усиления</li> </ol> </li> <li>У высоковольтного биполярного транзистора уменьшение коэффициента <math>\beta</math> в области квазинасыщения обусловлено... Выберите один ответ: <ol style="list-style-type: none"> <li>уменьшением подвижности носителей из-за роста температуры</li> <li>увеличения сопротивления базы из-за нагрева большим током</li> </ol> </li> </ol>

- в) ответвлением части тока на начинающийся электрический пробой
- г) увеличением ширины базы

8. Коэффициент усиления тока биполярного транзистора  $\beta$  больше в области...

Выберите один ответ:

- а) усилительной
- б) отсечки
- в) насыщения
- г) квазинасыщения

9. МДП-транзистор отличается от биполярного

- а) более высоким быстродействием
- б) более низким быстродействием
- в) большими потерями в цепи управления
- г) меньшими потерями в цепи управления

10. Внутреннее сопротивление открытого МДП-транзистора

- а) не зависит от максимально допустимого напряжения сток-исток
- б) увеличивается с ростом максимально допустимого напряжения сток-исток
- в) уменьшается с ростом максимально допустимого напряжения сток-исток

11. ОБР МДП-транзистора, в сравнении с ОБР биполярного транзистора,

- а) отличается отсутствием у ОБР МДП-транзистора границы по мощности
- б) отличается отсутствием у ОБР МДП-транзистора участка вторичного пробоя
- в) отличается отсутствием у ОБР МДП-транзистора ярко выраженной границы по току
- г) принципиально ничем не отличается

12. Величина максимально допустимого напряжения затвор-исток МДП-транзистора определяется

- а) пробоем истокового р-п-перехода
- б) пробоем диэлектрика затвора
- в) максимально допустимой мощностью в цепи затвора

13. ОБР МДП-транзистора в импульсном режиме с увеличением скважности импульсов

- а) смещается в сторону больших значений тока и мощности
- б) смещается в сторону меньших значений тока и мощности
- в) не изменяется

14. Сопротивление индуцированного канала мощного МДП-транзистора практически перестает уменьшаться с достижением напряжения  $U_{зи}$  величины

- а) 2,5-5 В
- б) 5-9 В
- в) 10-15 В
- г) 30-40 В

15. Крутизна МДП-транзистора определяется

- а) по наклону ветви выходной ВАХ
- б) по наклону проходной ВАХ
- в) из зависимости сопротивления канала транзистора от напряжения  $U_{зи}$

16. Емкости МДП-транзистора  $C_{11}$ ,  $C_{12}$ ,  $C_{22}$  называются соответственно

- а) проходная емкость, выходная емкость, входная емкость
- б) входная емкость, проходная емкость, выходная емкость,
- в) входная емкость, выходная емкость, проходная емкость

17. Для подавления эффекта  $du/dt$  в МДП-транзисторе применяют

- а) пассивное запираение
- б) уменьшение сопротивления в цепи затвора
- в) отрицательное смещение в цепи затвора при запираии
- г) защитный диод

18. С точки зрения внутренней архитектуры IGBT произошел от

- а) биполярного транзистора
- б) МДП-транзистора
- в) тиристора

19. Принцип действия IGBT можно описать выражением

- а)  $I_K = U_{зи} S + \beta I_6$
- б)  $I_K = U_{зэ} S(\beta + 1)$
- в)  $I_K = U_{зэ} S(\beta_1 + 1)\beta_2$

20. Выходные ВАХ IGBT в сравнении с выходными ВАХ аналогичного по размерам МДП-транзистора

- а) проходят более круто в начальной области
- б) проходят более полого в начальной области
- в) практически аналогичны

21. IGBT в сравнении с аналогичным по размерам МДП-транзистором

- а) имеет такой же выходной ток при неизменном напряжении на затворе
- б) имеет больший выходной ток при том же напряжении на затворе
- в) имеет меньший выходной ток при том же напряжении на затворе

22. Принцип действия тиристора без учета влияния управляющего электрода описывается выражением

а)  $i_a = \frac{i_{к0}}{1 - \alpha_1 - \alpha_2},$

б)  $i_a = \frac{i_{к0}}{1 - \beta_1 - \beta_2},$

в)  $i_a = \frac{i_{к0}}{1 - \alpha_1 + \alpha_2},$

г)  $i_a = \frac{i_{к0}}{1 + \alpha_1 + \alpha_2},$

д)  $i_a = \frac{i_{к0}}{1 + \beta_1 + \beta_2}.$

23. Эквивалентная схема тиристора состоит из

- а) одного биполярного и одного МДП-транзистора
- б) двух биполярных транзисторов
- в) двух МДП-транзисторов

24. Между транзисторами в структуре тиристора действует

- а) положительная обратная связь по напряжению
- б) положительная обратная связь по току
- в) отрицательная обратная связь по напряжению
- г) отрицательная обратная связь по току

	<p>25. У открытого тиристора  а) внешние р-п-переходы смещены в прямом направлении, а внутренний – в обратном  б) внешние р-п-переходы смещены в обратном направлении, а внутренний – в прямом  в) все р-п-переходы смещены в прямом направлении  г) все р-п-переходы смещены в обратном направлении</p> <p>26. Падение напряжения на открытом тиристоре равно прямому напряжению на  а) одном р-п-переходе  б) двух р-п-переходах  в) трех р-п-переходах</p> <p>27. Шунтирование одного из эмиттерных переходов тиристора применяется для  а) уменьшения времени включения  б) увеличения напряжения включения  в) уменьшения значения тока удержания  г) подавления эффекта <math>du/dt</math></p> <p>28. При увеличении тока управления тиристора напряжение включения  а) увеличивается  б) уменьшается  в) не изменяется, так как определяется напряжением электрического пробоя центрального (коллекторного) перехода</p> <p>29. Для отпирания тиристора, управляемого по катоду, ток управления  а) должен втекать в управляющий электрод  б) должен вытекать из управляющего электрода  в) втекает в управляющий электрод при прямом напряжении и вытекает из управляющего электрода при обратном напряжении</p> <p>30. Для отпирания тиристора, управляемого по аноду, ток управления  а) должен втекать в управляющий электрод  б) должен вытекать из управляющего электрода  в) втекает в управляющий электрод при обратном напряжении и вытекает из управляющего электрода при прямом напряжении</p> <p>31. С ростом скорости нарастания анодного напряжения напряжение включения тиристора  а) увеличивается  б) уменьшается  в) не изменяется</p> <p>32. Для подавления эффекта <math>du/dt</math> в тиристоре применяют  а) RC-цепь  б) защитный диод  в) защитный стабилитрон</p>
<p>Критерии оценки и шкала оценивания в баллах</p>	<p>При выставлении баллов за тест учитываются следующие критерии:  Каждый верный ответ на задание дает возможность обучающемуся получить 0,3 балла.  <b>Максимальное количество баллов за тест – 4 балла.</b></p>

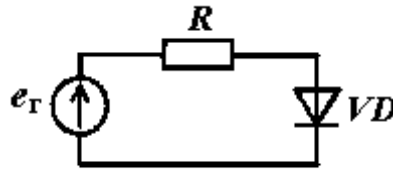
#### 4. Оценочные материалы промежуточной аттестации

<b>Наименование оценочного средства</b>	Зачет с оценкой (ЗчО)
Представление и содержание оценочных материалов	<p>Зачет проводится в письменной форме, экзаменуемый получает билет, в котором содержится один теоретический вопрос и задача.</p> <p><i>Вопросы для подготовки к зачету</i></p> <ol style="list-style-type: none"><li>1) Максимальные эксплуатационные параметры полупроводниковых приборов.</li><li>2) Область безопасных режимов полупроводниковых приборов в непрерывном и импульсном режимах.</li><li>3) Тепловое сопротивление: понятие, составляющие, способы уменьшения.</li><li>4) Особенности работы полупроводниковых приборов на комплексную нагрузку.</li><li>5) Способы защиты полупроводниковых приборов при их работе на комплексную нагрузку.</li><li>6) Переходные процессы в диодном ключе с чисто активной нагрузкой: временные диаграммы, формулы для расчета времени.</li><li>7) Переходные процессы в диодном ключе с RL-нагрузкой: временные диаграммы, формулы для расчета времени.</li><li>8) Основные типы современных быстродействующих диодов.</li><li>9) Максимальные параметры биполярного транзистора.</li><li>10) Выходные вольт-амперные характеристики биполярного транзистора, области работы. Зависимость коэффициента передачи тока базы от тока и напряжения.</li><li>11) Работа ключа на биполярном транзисторе: временные диаграммы, формулы для расчета времен.</li><li>12) Работа ключа на биполярном транзисторе в схеме с дросселем в режиме прерывистых токов: временные диаграммы, формулы для расчета времен.</li><li>13) Работа ключа на биполярном транзисторе в схеме с дросселем в режиме непрерывных токов: временные диаграммы, формулы для расчета времен.</li><li>14) Работа ключа с трансформаторным выходом в режиме прерывистых токов: временные диаграммы, формулы для расчета времен.</li><li>15) Работа ключа с трансформаторным выходом в режиме непрерывных токов: временные диаграммы, формулы для расчета времен.</li><li>16) Структура, максимальные параметры и статические характеристики мощного МДП-транзистора.</li><li>17) Емкости МДП-транзистора.</li><li>18) Переходные процессы в МДП-транзисторе: этапы, временные диаграммы, формулы для расчета времени.</li><li>19) Эффект <math>du/dt</math> в МДП-транзисторе.</li><li>20) Структура и принцип действия IGBT.</li><li>21) Максимальные параметры и статические характеристики IGBT.</li><li>22) Емкости IGBT.</li><li>23) Переходные процессы в IGBT: этапы, временные диаграммы.</li><li>24) Структура и принцип действия тиристора.</li><li>25) Основные максимальные параметры тиристора.</li><li>26) Эффект <math>du/dt</math> в тиристоре.</li><li>27) Запираемые тиристоры: принцип действия, временные диаграммы процессов.</li></ol> <p><i>Примеры задач для решения на зачете</i></p> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Рассчитать, какую максимальную мощность может рассеивать биполярный транзистор без дополнительного радиатора, если предельно допустимая температура перехода корпуса <math>T_{к,макс} = 125^{\circ}\text{C}</math>, тепловое сопротивление «корпус-окружающая</li></ol>

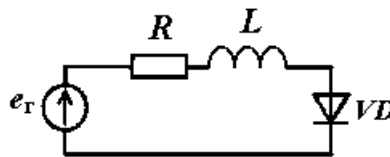


среда»  $R_{т,к-с} = 10 \text{ }^\circ\text{C/Вт}$ . Температура окружающей среды  $T_c = 30^\circ\text{C}$ .

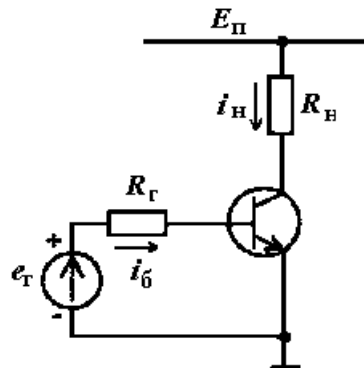
2. Определить время выключения диода, если известно, что он переключается перепадом напряжения  $e_r$  с 50 до -20 В. Сопротивление  $R = 10 \text{ Ом}$ . При обратном напряжении 10 В значение барьерной емкости  $C_b = 1 \text{ нФ}$ . Контактная разность потенциалов р-п-перехода равна 0,6 В, р-п-переход считать резким.



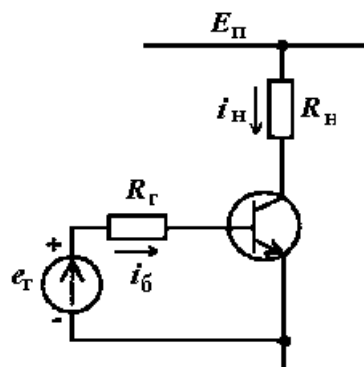
3. Определить длительность переходного процесса включения диода на  $RL$ -нагрузку при значении собственной постоянной времени диода  $\tau_{эфф} = 100 \text{ нс}$ . Значение сопротивления внешней цепи  $R = 20 \text{ Ом}$ , индуктивность внешней цепи составляет  $L = 200 \text{ нГн}$ ,  $2 \text{ мГн}$  и  $20 \text{ мГн}$ .



4. Рассчитать амплитуду отпирающего напряжения  $E_r$ , необходимого для обеспечения степени насыщения показанного на рисунке транзистора  $S = 3$ , если известно, что  $E_{п} = 25 \text{ В}$ ,  $R_{н} = 15 \text{ Ом}$ ,  $R_{г} = 20 \text{ Ом}$ ,  $U_{бэ,нас} = 0,8 \text{ В}$ ,  $\beta = 10$ .



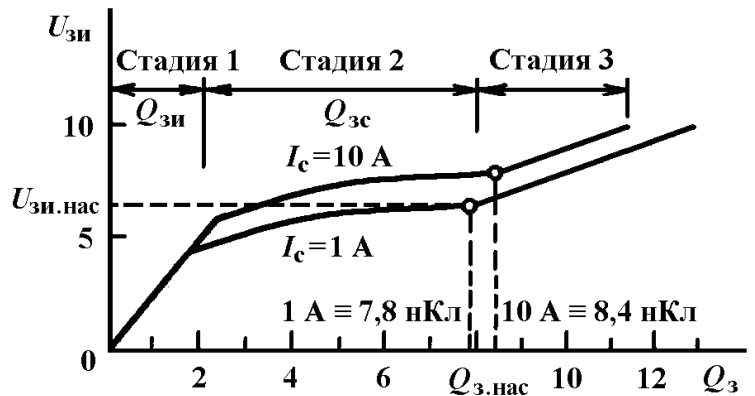
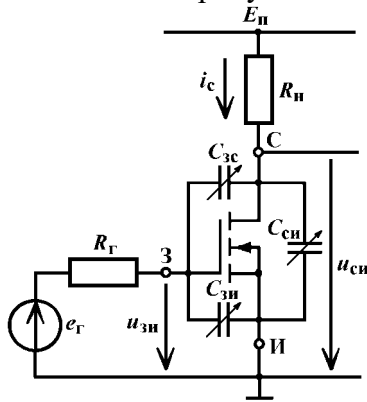
4. Определите время выключения биполярного транзистора в приведенной схеме при пассивном запираии транзистора ( $E_{r2} = 0$ ), если  $E_{п} = 50 \text{ В}$ ,  $R_{н} = 20 \text{ Ом}$ ,  $\beta = 20$ , отпирающее напряжение  $E_{r1} = 4 \text{ В}$ ,  $R_{г} = 5 \text{ Ом}$ , граничная частота транзистора  $f_{\beta} = 5 \text{ МГц}$ ,  $U_{бэ,нас} = 0,8 \text{ В}$ , барьерная емкость коллекторного перехода при нулевом напряжении  $C_{к} = 3 \text{ нФ}$ , контактная разность потенциалов коллекторного перехода составляет 0,7 В, переход плавный.



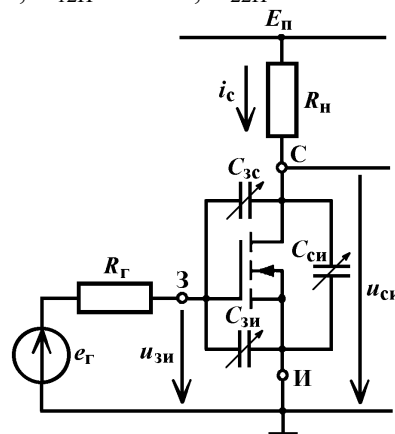
5. Определить, какое отрицательное напряжение необходимо подавать на затвор

МДП-транзистора для его выключения, чтобы он при этом самопроизвольно не включился снова. Время его выключения составляет 100 нс,  $E_{п} = 75 \text{ В}$ ,  $U_{си.нас} = 5 \text{ В}$ ,  $C_{11и} = 20 \text{ нФ}$ ,  $C_{12и} = 5 \text{ нФ}$ ,  $U_{зи.пор} = 2 \text{ В}$ .

6. Рассчитать время включения и время выключения МДП-транзистора в приведенной схеме, если он включается на ток нагрузки 1 А и 10 А. Сопротивление в цепи управления затвором  $R_{г} = 15 \text{ Ом}$ . При расчете времен переключения использовать кривую полного заряда затвора.



7. Определить время включения и выключения МДП-транзистора в приведенной схеме, если известно, что  $R_{г} = 20 \text{ Ом}$ ,  $E_{г} = 15 \text{ В}$ ,  $R_{н} = 15 \text{ Ом}$ ,  $S = 0,2 \text{ А/В}$ ,  $E_{п} = 50 \text{ В}$ , внутреннее сопротивление транзистора в открытом состоянии  $r_{си.отк} = 2 \text{ Ом}$ ,  $U_{зи.пор} = 5 \text{ В}$ ,  $U_{зи.нас} = 10 \text{ В}$ .  $C_{11и} = 20 \text{ нФ}$ ,  $C_{12и} = 5 \text{ нФ}$ ,  $C_{22и} = 12 \text{ нФ}$ .



8. Определить время включения МДП-транзистора на RL-нагрузку с  $R_{н} = 20 \text{ Ом}$ ,  $L_{н} = 0,5 \text{ мГн}$  в режиме прерывистого тока, если  $R_{г} = 10 \text{ Ом}$ ,  $E_{г} = 15 \text{ В}$ ,  $S = 0,05 \text{ А/В}$ ,  $E_{п} = 100 \text{ В}$ , внутреннее сопротивление транзистора в открытом состоянии  $r_{си.отк} = 0,5 \text{ Ом}$ ,  $U_{зи.пор} = 3 \text{ В}$ ,  $U_{зи.нас} = 12 \text{ В}$ .  $C_{11и} = 5 \text{ нФ}$ ,  $C_{12и} = 1 \text{ нФ}$ ,  $C_{22и} = 3 \text{ нФ}$ .

9. Определить, подвержен ли тиристор эффекту  $du/dt$ , если он зашунтирован защитной RCD-цепью с конденсатором емкостью 300 мкФ и резистором 100 Ом, величина  $(du_a/dt)_{max} = 2 \text{ В/мкс}$ , амплитуда напряжения питания 500 В, сопротивление в цепи нагрузки 20 Ом.

Критерии оценки и шкала оценивания в баллах

При выставлении баллов за ответы на задания в билете учитываются следующие критерии:  
 Правильность выполнения практического задания.  
 Владение методами и технологиями, запланированными в рабочей программе дисциплины.  
 Владение специальными терминами и использование их при ответе.  
 Умение объяснять, делать выводы и обобщения, давать аргументированные ответы  
 Логичность и последовательность ответа.  
 Демонстрация способности участвовать в разработке обобщенных вариантов

решения проблем.

От 36 до 40 баллов оценивается ответ, который показывает прочные знания основных процессов изучаемой предметной области, отличается глубиной и полнотой раскрытия темы; владение терминологическим аппаратом; умение объяснять сущность, явлений, процессов, событий, делать выводы и обобщения, давать аргументированные ответы, приводить примеры; свободное владение монологической речью, логичность и последовательность ответа.

От 30 до 35 баллов оценивается ответ, обнаруживающий прочные знания основных процессов изучаемой предметной области, отличается глубиной и полнотой раскрытия темы; владение терминологическим аппаратом; умение объяснять сущность, явлений, процессов, событий, делать выводы и обобщения, давать аргументированные ответы, приводить примеры; свободное владение монологической речью, логичность и последовательность ответа. Однако допускается одна – две неточности в ответе.

От 20 до 29 баллов оценивается ответ, свидетельствующий, в основном, о знании процессов изучаемой предметной области, отличающийся недостаточной глубиной и полнотой раскрытия темы; знанием основных вопросов теории; слабо сформированными навыками анализа явлений, процессов, недостаточным умением давать аргументированные ответы и приводить примеры; недостаточно свободным владением монологической речью, логичностью и последовательностью ответа. Допускается несколько ошибок в содержании ответа.

**Максимальное количество баллов за зачет – 40**