

**ПЕРВОЕ ВЫСШЕЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ УЧЕБНОЕ ЗАВЕДЕНИЕ РОССИИ**



**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
**федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение**  
**высшего образования**  
**САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

**СОГЛАСОВАНО**

**УТВЕРЖДАЮ**

---

**Руководитель ОПОП ВО**  
**доцент И.И. Растворова**

---

**Проректор по**  
**образовательной деятельности**  
**доцент Д.Г. Петраков**

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

### **ИМПУЛЬСНО-МОДУЛЯЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ**

<b>Уровень высшего образования:</b>	<i>Магистратура</i>
<b>Направление подготовки:</b>	<i>11.04.04 – Электроника и наноэлектроника</i>
<b>Направленность (профиль):</b>	<i>Промышленная электроника</i>
<b>Квалификация выпускника:</b>	<i>магистр</i>
<b>Форма обучения:</b>	<i>очная</i>
<b>Составитель:</b>	<i>Зав.кафедрой И.И. Растворова</i>

**Санкт-Петербург**

**Рабочая программа дисциплины «Импульсно-модуляционные системы» разработана:**

- в соответствии с требованиями ФГОС ВО – магистратура по направлению подготовки 11.04.04 «Электроника и наноэлектроника» и уровню высшего образования магистратура, утвержденный приказом Минобрнауки России от 22.09.2017 г. № 959;

- на основании учебного плана магистратуры по направлению подготовки 11.04.04 – Электроника и наноэлектроника направленность (профиль) «Промышленная электроника».

Составитель \_\_\_\_\_ Д-р техн. наук, зав.кафедрой И.И.Растворова

**Рабочая программа рассмотрена и одобрена** на заседании кафедры электронных систем от 30 января 2023 г., протокол № 7.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ д.т.н., доцент И.И. Растворова

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью дисциплины «Импульсно-модуляционные системы» является ознакомление с областью науки и техники, ориентированной на создание и эксплуатацию импульсно-модуляционных систем в силовой и информационной электронике. Целью изучения в практическом плане является применение полученных знаний при расчете, проектировании, исследовании и эксплуатации импульсных систем преобразования энергии и информации в промышленной и бытовой электронике.

Основной задачей дисциплины «Импульсно-модуляционные системы» является приобретение, расширение и углубление студентом знаний, умений, навыков и компетенций, необходимых для успешного решения профессиональных задач в следующих видах деятельности: научно-исследовательской, проектно-конструкторской, научно-педагогической, организационно-управленческой.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Дисциплина «Импульсно-модуляционные системы» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений основной профессиональной образовательной программы по направлению подготовки 11.04.04 Электроника и наноэлектроника и изучается во 2-ом семестре.

Предшествующими курсами, на которых непосредственно базируется дисциплина «Импульсно-модуляционные системы» являются «Физика», «Актуальные проблемы современной электроники и наноэлектроники».

Дисциплина «Импульсно-модуляционные системы» является основополагающей для прохождения «Преддипломной практики» и «Выполнения и защиты выпускной квалификационной работы».

## 3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Процесс изучения дисциплины «Импульсно-модуляционные системы» направлен на формирование следующих компетенций:

Формируемые компетенции		Код и наименование индикатора достижения компетенции
Содержание компетенции	Код компетенции	
Способен применять и современные методы разработки и проектирования устройств промышленной электроники	<i>ПКС-7</i>	ПКС-7.1. Знает базовые концепции, принципы, модели и методы построения устройств промышленной электроники ПКС-7.2. Умеет производить расчеты параметров полупроводниковых приборов и оборудования устройств промышленной электроники, выбрать силовые полупроводниковые ключи по требованиям технического задания и результатам расчета или моделирования ПКС-7.3. Владеет современными и инструментальными средствами для решения практических задач в области промышленной электроники

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Полупроводниковые ключи в силовых схемах» составляет 4 зачетные единицы, 144 ак. часов.

Вид учебной работы	Всего ак. часов	Ак. часы по семестрам
		2
<b>Аудиторные занятия, в том числе:</b>	<b>40</b>	<b>40</b>
Лекции	8	8
Практические занятия (ПЗ)	32	32
<b>Самостоятельная работа студентов (СРС), в том числе</b>	<b>68</b>	<b>68</b>
Подготовка к практическим занятиям	68	68
Промежуточная аттестация – экзамен Э(36)	Э(36)	Э(36)
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b>	<b>-</b>	<b>-</b>
	<b>ак. час.</b>	<b>144</b>
	<b>зач. ед.</b>	<b>4</b>

#### 4.2. Содержание дисциплины

Учебным планом предусмотрены: лекции, практические занятия и самостоятельная работа.

##### 4.2.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование разделов	Виды занятий				
		Всего ак. часов	Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Самостоятельная работа студента, в том числе курсовая работа (проект)
1	Раздел 1. Общие свойства импульсных систем	27	2	8	-	17
2	Раздел 2. Широтно-импульсная модуляция (ШИМ) и ее свойства. Амплитудно-импульсная модуляция (АИМ) и ее свойства	27	2	8	-	17
3	Раздел 3. Многозонная импульсная модуляция (МИМ). Прохождение сигналов с импульсной модуляцией через фильтрующие цепи	27	2	8	-	17
4	Раздел 4. Замкнутые импульсные системы	27	2	8	-	17
	<b>Итого:</b>	<b>108</b>	<b>8</b>	<b>32</b>		<b>68</b>

##### 4.2.2. Содержание разделов дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоемкость в ак. часах
1	Общие свойства импульсных систем	Понятие системы с импульсной модуляцией. Информационные возможности импульсных систем. Линейные и нелинейные импульсные системы. критерии оценки качества формирования и воспроизведения сигналов с импульсной модуляцией. Гра-	2

		фическое представление электрических сигналов. Амплитудно-частотный и фазово-частотный спектры периодической последовательности прямоугольных импульсов. Краткие сведения о разрывных функциях.	
2	Широтно-импульсная модуляция (ШИМ) и ее свойства. Амплитудно-импульсная модуляция (АИМ) и ее свойства	Разновидности ШИМ. Задание сигнала с ШИМ и его свойства. Спектр сигнала с ШИМ при большой кратности квантования. Спектр сигнала с ШИМ при дробной кратности квантования. Особенности спектра сигнала с ШИМ-2 при малой кратности квантования. Амплитудно-импульсная модуляция и ее свойства. Разновидности АИМ. Спектральные характеристики. Интегральные характеристики напряжения с АИМ. Улучшение спектрального состава напряжения с АИМ. Применение функций Уолша для реализации сложных законов модуляции.	2
3	Многозонная импульсная модуляция (МИМ). Прохождение сигналов с импульсной модуляцией через фильтрующие цепи	Свойства многозонной импульсной модуляции. Основной признак и разновидности МИМ. Влияние скорости изменения сигнала на закон модуляции в системах с МШИМ. Особенности спектрального состава сигналов с МИМ. Характеристики воспроизведения сигналов в системах с МИМ. Прохождение сигналов с импульсной модуляцией через фильтрующие цепи. Роль фильтрующих цепей в системах с импульсной модуляцией. Идеальная фильтрующая цепь. Реакция идеальной фильтрующей цепи на единичную ступень и. при импульсном воздействии. Критерий физически реализуемой фильтрующей цепи. Теорема Пейли-Винера. Особенности фильтрации в силовых цепях сигналов с импульсной модуляцией.	2
4	Замкнутые импульсные системы	Замкнутые импульсные системы. Формирование сигналов с импульсной модуляцией путём использования микропроцессорной техники	2
<b>Итого:</b>			<b>8</b>

#### 4.2.3. Практические (семинарские) занятия

№ п/п	Раздел	Тематика практических занятий	Трудоемкость в ак. часах
1	Раздел 1.	Общие свойства импульсных систем	8
2	Раздел 2.	Широтно-импульсная модуляция (ШИМ) и ее свойства. Амплитудно-импульсная модуляция (АИМ) и ее свойства	8
3	Раздел 3.	Многозонная импульсная модуляция (МИМ). Прохождение сигналов с импульсной модуляцией через фильтрующие цепи	8
4	Раздел 4.	Замкнутые импульсные системы	8
<b>Итого:</b>			<b>32</b>

## 5.

## ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В ходе обучения применяются:

**Лекции**, которые являются одним из важнейших видов учебных занятий и составляют основу теоретической подготовки обучающихся.

Цели лекционных занятий:

- дать систематизированные научные знания по дисциплине, акцентировать внимание на наиболее сложных вопросах дисциплины;
- стимулировать активную познавательную деятельность обучающихся, способствовать формированию их творческого мышления.

**Практические занятия.** Цели практических занятий:

- совершенствовать умения и навыки решения практических задач.

Главным содержанием этого вида учебных занятий является работа каждого обучающегося по овладению практическими умениями и навыками профессиональной деятельности.

**Консультации** (текущая консультация, накануне экзамена) является одной из форм руководства учебной работой обучающихся и оказания им помощи в самостоятельном изучении материала дисциплины, в ликвидации имеющихся пробелов в знаниях, задолженностей по текущим занятиям, в подготовке письменных работ (проектов).

Текущие консультации проводятся преподавателем, ведущим занятия в учебной группе и носят как индивидуальный, так и групповой характер.

**Самостоятельная работа обучающихся** направлена на углубление и закрепление знаний, полученных на лекциях и других занятиях, выработку навыков самостоятельного активного приобретения новых, дополнительных знаний, подготовку к предстоящим учебным занятиям и промежуточному контролю.

## 6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

### 6.1. *Оценочные средства для самостоятельной работы и текущего контроля успеваемости*

#### Раздел 1. Общие свойства импульсных систем

1. Импульсная модуляция.
2. Идеальные и реальные параметры импульсов.
3. Основные отличительные характеристики полупроводниковых источников питания.
4. основные критерии оценки качества сигналов с импульсной модуляцией.

#### Раздел 2. Широтно-импульсная модуляция (ШИМ) и ее свойства. Амплитудно-импульсная модуляция (АИМ) и ее свойства.

1. Спектральные характеристики ШИМ.
2. Интегральные характеристики ШИМ.
3. Частоты автономного (колебательного) контура электротехнологической нагрузки.

#### Раздел 3. Многозонная импульсная модуляция (МИМ). Прохождение сигналов с импульсной модуляцией через фильтрующие цепи.

1. Методы МИМ.
2. основные характеристики воспроизведения сигналов в системах с МИМ.
3. Схема фильтрующих цепей.
4. Прохождение сигналов импульсной модуляции

#### Раздел 4. Замкнутые импульсные системы

1. Замкнутый цикл импульсных систем
2. Высоковольтные стабилизированные импульсные источники.
3. Особенности замкнутых циклов импульсных систем

## 6.2. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации (экзамена)

### 6.2.1. Примерный перечень вопросов/заданий к экзамену:

1. Что лежит в основе построения прерывателей переменного тока?
2. Как образуются энергетические зоны в кристаллическом теле?
3. Чем определяется выбор ключевого элемента схемы?
4. Какие бывают основные группы справочных данных по силовым ключам?
5. Что понимается под структурой материалов электронной техники?
6. Что понимается под составом материалов электронной техники?
7. Назовите способы повышения коэффициента мощности вентильных преобразователей.
8. Какие существуют требования к блокам питания электронной аппаратуры?
9. Назовите особенности работы выпрямителя, оснащенного фильтром.
10. от чего зависят характеристики ключей и режим работы схемы?
11. Приведите тепловые характеристики полупроводниковых ключей.
12. Назовите области применения преобразователей средней и большой мощности.
13. Какие виды сглаживающих фильтров используют в преобразователях?
14. Назовите внешние характеристики прерывателей?
15. Основные виды перегрузок по напряжению и току?
16. Как подразделяются защитные цепи силовых ключей?
17. Как осуществляется защита силовых ключей от режимов короткого замыкания?
18. Какие вы знаете виды силовых ключей с интегрированной системой защиты?
20. Как влияют высшие гармоники входного тока выпрямителя на питающую сеть?

### 6.2.2. Примерные тестовые задания к экзамену

#### Вариант №1

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1.	Импульсный модулятор представляет собой источник..	1. электрической энергии для генераторов, характеризующий процессами накопления энергии в течение паузы между импульсами и формированием на нагрузке относительно короткого импульса большой мощности 2. электрической энергии для двигателей, характеризующий процессами накопления энергии между импульсами и формированием на нагрузке 3. тепловой энергии для двигателей, характеризующий процессами накопления энергии между импульсами и формированием на нагрузке короткого импульса 4. нет верного варианта ответа
2.	Какие генераторы могут выступать в качестве нагрузки импульсных модуляторов	1. клистронные, 2. ламповые и гиротронные 3. магнетронные 4. все вышеперечисленное
3.	Где могут применяться мощные импульсные модуляторы	1. в ускорителях заряженных частиц, термоядерных установках, радиолокациях 2. для стерилизации и томографии 3. в установках физики высоких энергий 4. все вышеперечисленное

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
4.	Укажите импульсную мощность сверхмощного импульсного модулятора	1. $10^4 \dots 10^8$ Вт 2. более $10^8$ Вт 3. $10^3 \dots 10^6$ Вт 4. более $10^6$ Вт
5.	По каким параметрам классифицируют импульсные модуляторы?	1. по длительности импульса 2. по импульсной мощности и напряжению 3. по нестабильности импульсного напряжения и неравномерности вершины импульса 4. все вышеперечисленное
6.	По длительности импульса разделяют следующие типы ИП:	1. мощный, сверхмощный 2. наносекундный, микросекундный, миллисекундный 3. низковольтный, высоковольтный, сверхвысоковольтный 4. микросекундный, наносекундный, пикосекундный
7.	Что относится к основным параметрам ИМ:	1. импульсное напряжение на нагрузке, импульсный ток нагрузки, длительность импульса 2. полярность выходного напряжения, частота повторения импульсов 3. коэффициент полезного действия, габариты, масса 4. все вышеперечисленное
8.	По способам формирования импульсов модуляторы делятся на группы:	1. ИМ с полным и частичным разрядом накопителя энергии 2. ИМ с полным и неполным разрядом накопителя энергии 3. ИМ с полным и частичным зарядом накопителя энергии 4. ИМ с полным и неполным зарядом накопителя энергии
9.	КПД формирования $\eta_\phi$ определяется как отношение..., где $W_P$ – энергия, отдаваемая нагрузке в течение рабочей части импульса, $W_{И}$ – полная энергия в импульсе	1. $\eta_\phi = \frac{W_P}{W_{И}} = \frac{\tau_P}{\tau_{И}}$ 2. $\eta_\phi = \frac{W_P}{W_{И}} = \frac{\tau_{И}}{\tau_{И}}$ 3. $\eta_\phi = \left(\frac{W_P}{W_{И}}\right)^2 = \left(\frac{\tau_P}{\tau_{И}}\right)^2$ 4. $\eta_\phi = \frac{W_P}{\sqrt{W_{И}}} = \frac{\tau_P}{\sqrt{\tau_{И}}}$
10.	Процесс накопления энергии в модуляторах происходит	1. перед паузой между импульсами и формированием на нагрузке относительно короткого импульса большой мощности 2. после паузой между импульсами и формированием на нагрузке относительно короткого импульса большой мощности 3. в течение паузы между импульсами и формированием на нагрузке относительно короткого импульса большой мощности 4. непосредственно во время формирования импульса



№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
11.	Нагрузкой импульсных модуляторов могут быть	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. клистроны</li> <li>2. магнетроны</li> <li>3. ламповые генераторы</li> <li>4. все вышеперечисленное</li> </ol>
12.	Области применения мощных импульсных модуляторов	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. ускорители заряженных частиц</li> <li>2. термоядерные установки</li> <li>3. радиолокация</li> <li>4. все вышеперечисленное</li> </ol>
13.	Какой из приведенных параметров не относится к импульсному модулятору	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. длительность импульса - <math>\tau_{\phi}</math></li> <li>2. входной ток - <math>I_{в}</math></li> <li>3. неравномерность вершины импульса - <math>\delta U_{в}</math></li> <li>4. нестабильность импульсного напряжения - <math>\delta U_{н}</math></li> </ol>
14.	Классификация импульсных модуляторов по длительности импульса	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. наносекундный</li> <li>2. микросекундный</li> <li>3. миллисекундный</li> <li>4. все вышеперечисленное</li> </ol>
15.	Основные блоки в структурной схеме ИМ	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. источник питания, зарядное устройство, накопитель энергии, коммутатор, нагрузка</li> <li>2. источник питания, накопитель энергии, коммутатор, нагрузка</li> <li>3. источник питания, зарядное устройство, коммутатор, нагрузка</li> <li>4. источник питания, нагрузка</li> </ol>
16.	Мощный импульсный модулятор представляет собой источник ...	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Электрической энергии</li> <li>2. Магнитной энергии</li> <li>3. Электромагнитной энергии</li> <li>4. Солнечной энергии</li> </ol>
17.	<p>На рисунке представлена упрощенная структурная схема ИМ. Укажите отсутствующее звено.</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. преобразователь энергии</li> <li>2. коммутатор</li> <li>3. компилятор</li> <li>4. трансформатор</li> </ol>
18.	В импульсных модуляторах с полным разрядом накопителя энергии наиболее часто используются	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. тиристоры</li> <li>2. транзисторы</li> <li>3. диоды</li> <li>4. резисторы</li> </ol>
19.	Корректирующие цепи используются для	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. увеличения скоса и пульсация на вершине импульса</li> <li>2. уменьшения скоса и пульсация на вершине импульса</li> <li>3. уменьшения входного напряжения импульса</li> <li>4. увеличения входного сопротивления</li> </ol>
20.	Как включается корректирующая линия первого порядка	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. последовательно с накопительным конденсатором</li> <li>2. параллельно с накопительным конденсатором</li> </ol>

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
		3. последовательно с индуктивностью 4. параллельно с индуктивностью

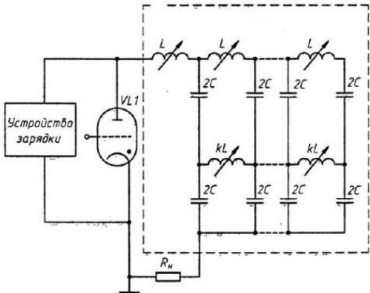
**Вариант №2**

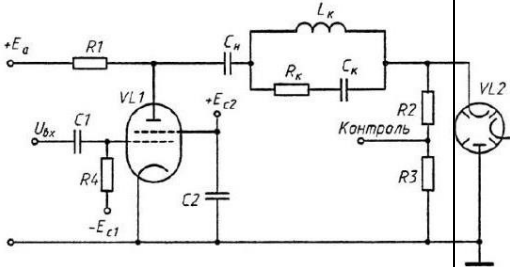
№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1.	Какого типа ИМ не существует?	1. Низковольтный 2. Высоковольтный 3. Сверхнизковольтный 4. Сверхвысоковольтный
2.	Что такое КЦ?	1. Кластерные цоколи 2. Короткий цикл 3. Корректирующие цепи 4. Единица измерения
3.	Импульсное напряжение – это...	1. Минимальное напряжение на нагрузке в течение рабочей части импульса, где обеспечивается заданная неравномерность. 2. Среднее напряжение на нагрузке в течение рабочей части импульса, где обеспечивается заданная неравномерность. 3. Максимальное напряжение на нагрузке в течение рабочей части импульса, где обеспечивается заданная неравномерность. 4. Напряжение, которое идёт импульсами
4.	На какие две большие группы делятся ИМ по способам формирования импульсов?	1. Правые и левые 2. Синхронные и асинхронные 3. С активной и реактивной нагрузкой 4. С полным и частичным разрядом накопителя энергии
5.	Как обозначается импульсное напряжение?	1. $\delta U_B$ 2. $U_H$ 3. $\Delta U_B$ 4. $\Delta U_H$
6.	В зависимости от назначения модулятора и средней мощности основным показателем устройств зарядки емкостных накопителей энергии может быть...	1. КПД 2. Потребляемая из сети пиковая мощность 3. Масса и габариты 4. Все вышеперечисленные варианты
7.	КПД – это...	1. Отношение энергии, отдаваемой нагрузке модулятора, ко всей энергии, потребляемой от источника питания. 2. Произведение энергии, отдаваемой нагрузке модулятора, и всей энергии потребляемой от источника питания. 3. Отношение всей энергии, потребляемой от источника питания, к энергии, отдаваемой нагрузке модулятора. 4. Разность между всей энергией, потребляемой от источника питания, и энергией, отдаваемой нагрузке модулятора.

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
8.	Чем определяется стабильность выходного напряжения импульсного модулятора?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Стабильностью тока емкостного накопителя</li> <li>2. Стабильностью схематического решения</li> <li>3. Стабильностью напряжения заряда емкостного накопителя</li> <li>4. Стабильностью напряжения на входе</li> </ol>
9.	Включение корректирующей ИЛ предпочтительнее при длительности импульса, составляющей...	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Единицы микросекунд и менее</li> <li>2. Единицы микросекунд и более</li> <li>3. Единицы наносекунд и менее</li> <li>4. Единицы наносекунд и более</li> </ol>
10.	<p>На рисунке ниже представлена...</p> 	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Схема ИМ с коммутатором для снятия избыточного заряда</li> <li>2. Схема ИМ с коммутатором, шунтирующим зарядный дроссель</li> <li>3. Схема стабилизации с дозированной зарядкой</li> <li>4. Система стабилизации ИМ с диодно-тиристорным ключом в устройстве зарядки</li> </ol>
11.	Какая из перечисленных схем не может быть реализована из-за малости волнового сопротивления при оптимальном напряжении заряда ИЛ?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Схема каскадного ИМ с импульсным трансформатором</li> <li>2. Схема каскадного ИМ без импульсного трансформатора</li> <li>3. Схема магнетронного ИМ</li> <li>4. Все вышеперечисленные схемы</li> </ol>
12.	Перенапряженный режим выгоден в отношении	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. уменьшения потерь на аноде</li> <li>2. уменьшения влияния сеточного напряжения</li> <li>3. уменьшения длительности фронта импульса</li> <li>4. все вышеперечисленное</li> </ol>
13.	В схеме четырехкаскадного транзисторного модулятора целесообразно использовать...	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Полевые транзисторы</li> <li>2. Биполярные транзисторы</li> <li>3. Использование транзисторов нецелесообразно</li> <li>4. Тиристоры</li> </ol>
14.	Какие приборы в групповом соединении могут быть использованы для увеличения требуемой мощности или импульсного напряжения в импульсных модуляторах?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Только резисторы</li> <li>2. Резисторы, конденсаторы, лампы</li> <li>3. Только резисторы и конденсаторы</li> <li>4. Только резисторы и лампы</li> </ol>
15.	Каскадные импульсные модуляторы характеризуются увеличением выходного напряжения...	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Обратно пропорционально числу каскадов</li> <li>2. Прямо пропорционально числу каскадов</li> <li>3. Не зависит от числа каскадов</li> <li>4. С увеличением напряжения заряда конденсаторов</li> </ol>
16.	Параметры классификации импульсных модуляторов	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. по длительности импульса</li> <li>2. по импульсной мощности и напряжению</li> <li>3. по нестабильности импульсного напряжения и неравномерности вершины импульса</li> <li>4. все вышеперечисленное</li> </ol>
17.	В импульсных модуляторах с полным	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. тиристоры</li> </ol>

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
	разрядом накопителя энергии наиболее часто используются	2. транзисторы 3. диоды 4. резисторы
18.	Нагрузкой импульсных модуляторов могут быть	4. клистроны 5. магнетроны 6. ламповые генераторы 4. все вышеперечисленное
19.	Области применения мощных импульсных модуляторов	1. ускорители заряженных частиц 2. термоядерные установки 3. радиолокация 4. все вышеперечисленное
20.	Какой из приведенных параметров не относится к импульсному модулятору	1. длительность импульса - $\tau_{\phi}$ 2. входной ток - $I_{в}$ 3. неравномерность вершины импульса - $\delta U_{в}$ 4. нестабильность импульсного напряжения - $\delta U_{н}$

### Вариант №3

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1.	Как ведёт себя мощность, рассеиваемая анодом лампы, при работе тетрода в недонапряжённом режиме?	1. Уменьшается 2. Увеличивается 3. Не изменяется 4. Становится равна нулю
2.	Почему потери в катушках индуктивности в ИМ (импульсный модулятор) практически не влияют на КПД модулятора?	1. Так как ток в катушках точной настройки, примерно, в 10 раз меньше, чем ток в основных катушках индуктивности 2. Так как добротность в катушках индуктивности достаточно высока 3. Так как потери в них составляют доли процента от мощности, отдаваемой в нагрузку ИМ 4. все вышеперечисленное
3.	Что обведено пунктирной линией на рисунке ниже? 	1. делитель напряжения 2. формирующий двухполюсник 3. блок управления системы стабилизации 4. формирующий четырехполюсник
4.	На схеме подзарядка накопительного конденсатора $C_{н}$ происходит через ...	1. зарядный резистор $R_1$ 2. зарядные резисторы $R_1$ , $R_2$ и $R_3$ 3. зарядный резистор $R_1$ , корректирующую цепь и резисторы $R_2$ и $R_3$ 4. зарядный резистор $R_1$ и корректирующую цепь

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
		
5.	В каких случаях выгодно использовать перенапряженный режим работы модуляторной лампы?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Для уменьшения потерь на аноде</li> <li>2. Для уменьшения влияния сеточного напряжения</li> <li>3. Для уменьшения длительности фронта импульса</li> </ol> <p>все вышеперечисленное</p>
6.	Каскадные импульсные модуляторы характеризуются увеличением выходного напряжения...	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Обратно пропорционально числу каскадов</li> <li>2. Прямо пропорционально числу каскадов</li> <li>3. Не зависит от числа каскадов</li> <li>4. С увеличением напряжения заряда конденсаторов</li> </ol>
7.	Какая из перечисленных схем не может быть реализована из-за малости волнового сопротивления при оптимальном напряжении заряда ИЛ?	<ol style="list-style-type: none"> <li>5. Схема каскадного ИМ с импульсным трансформатором</li> <li>6. Схема каскадного ИМ без импульсного трансформатора</li> <li>7. Схема магнетронного ИМ</li> <li>8. Все вышеперечисленные схемы</li> </ol>
8.	Перенапряженный режим выгоден в отношении	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. уменьшения потерь на аноде</li> <li>2. уменьшения влияния сеточного напряжения</li> <li>3. уменьшения длительности фронта импульса</li> <li>4. все вышеперечисленное</li> </ol>
9.	В схеме четырехкаскадного транзисторного модулятора целесообразно использовать...	<ol style="list-style-type: none"> <li>5. Полевые транзисторы</li> <li>6. Биполярные транзисторы</li> <li>7. Использование транзисторов нецелесообразно</li> <li>8. Тиристоры</li> </ol>
10.	Какие приборы в групповом соединении могут быть использованы для увеличения требуемой мощности или импульсного напряжения в импульсных модуляторах?	<ol style="list-style-type: none"> <li>5. Только резисторы</li> <li>6. Резисторы, конденсаторы, лампы</li> <li>7. Только резисторы и конденсаторы</li> <li>8. Только резисторы и лампы</li> </ol>
11.	Каскадные импульсные модуляторы характеризуются увеличением выходного напряжения...	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Обратно пропорционально числу каскадов</li> <li>2. Прямо пропорционально числу каскадов</li> <li>3. Не зависит от числа каскадов</li> <li>4. С увеличением напряжения заряда конденсаторов</li> </ol>
12.	В импульсных модуляторах с полным разрядом накопителя энергии наиболее часто используются	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. тиристоры</li> <li>2. транзисторы</li> <li>3. диоды</li> <li>4. резисторы</li> </ol>
13.	Корректирующие цепи используются для	1. увеличения скоса и пульсация на вершине импульса

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
		2. уменьшения скоса и пульсация на вершине импульса 3. уменьшения входного напряжения импульса 4. увеличения входного сопротивления
14.	По длительности импульса разделяют следующие типы ИП:	1. мощный, сверхмощный 2. наносекундный, микросекундный, миллисекундный 3. низковольтный, высоковольтный, сверхвысоковольтный 4. микросекундный, наносекундный, пикосекундный
15.	Что относится к основным параметрам ИМ:	1. импульсное напряжение на нагрузке, импульсный ток нагрузки, длительность импульса 2. полярность выходного напряжения, частота повторения импульсов 3. коэффициент полезного действия, габариты, масса 4. все вышеперечисленное
16.	Мощный импульсный модулятор представляет собой источник ...	5. Электрической энергии 6. Магнитной энергии 7. Электромагнитной энергии 8. Солнечной энергии
17.	Для ИМ с частичным разрядом накопителя энергии необходимы полностью управляемые коммутаторы, такие как	1. лампы и транзисторы 2. тиратроны и тиристоры 3. реле 4. все вышеперечисленное
18.	Для ИМ с частичным разрядом накопителя энергии необходимы полностью управляемые коммутаторы, такие как	1. лампы и транзисторы 2. тиратроны и тиристоры 3. реле 4. все вышеперечисленное
19.	Чем определяется стабильность выходного напряжения импульсного модулятора?	5. Стабильностью тока емкостного накопителя 6. Стабильностью схематического решения 7. Стабильностью напряжения заряда емкостного накопителя 8. Стабильностью напряжения на входе
20.	Включение корректирующей ИЛ предпочтительнее при длительности импульса, составляющей...	5. Единицы микросекунд и менее 6. Единицы микросекунд и более 7. Единицы наносекунд и менее 8. Единицы наносекунд и более

### 6.3. 1. Критерии оценок промежуточной аттестации (экзамена)

*Примерная шкала оценивания знаний по вопросам/выполнению заданий экзамена:*

Оценка			
«2» (неудовлетворительно)	Пороговый уровень освоения	Углубленный уровень освоения	Продвинутый уровень освоения
	«3» (удовлетворительно)	«4» (хорошо)	«5» (отлично)
Посещение менее 50 % лекционных и практических занятий	Посещение не менее 60 % лекционных и практических занятий	Посещение не менее 70 % лекционных и практических занятий	Посещение не менее 85 % лекционных и практических занятий

<b>Оценка</b>			
<b>«2» (неудовлетворительно)</b>	<b>Пороговый уровень освоения</b>	<b>Углубленный уровень освоения</b>	<b>Продвинутый уровень освоения</b>
	<b>«3» (удовлетворительно)</b>	<b>«4» (хорошо)</b>	<b>«5» (отлично)</b>
Посещение менее 50 % лекционных и практических занятий	Посещение не менее 60 % лекционных и практических занятий	Посещение не менее 70 % лекционных и практических занятий	Посещение не менее 85 % лекционных и практических занятий
Студент не знает значительной части материала, допускает существенные ошибки в ответах на вопросы	Студент поверхностно знает материал основных разделов и тем учебной дисциплины, допускает неточности в ответе на вопрос	Студент хорошо знает материал, грамотно и по существу излагает его, допуская некоторые неточности в ответе на вопрос.	Студент в полном объёме знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос
Не умеет находить решения большинства предусмотренных программой обучения заданий	Иногда находит решения предусмотренных программой обучения заданий	Уверенно находит решения предусмотренных программой обучения заданий	Безошибочно находит решения предусмотренных программой обучения заданий
Большинство предусмотренных программой обучения заданий не выполнено	Предусмотренные программой обучения задания выполнены удовлетворительно	Предусмотренные программой обучения задания успешно выполнены	Предусмотренные программой обучения задания успешно выполнены

***Примерная шкала оценивания знаний в тестовой форме:***

<b>Количество правильных ответов, %</b>	<b>Оценка</b>
0-50	Неудовлетворительно
51-65	Удовлетворительно
66-85	Хорошо
86-100	Отлично

## **7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

Изучение дисциплины производится в тематической последовательности. Самостоятельному изучению материала, как правило, предшествует лекция. На лекции даются указания по организации самостоятельной работы, порядке проведения промежуточной аттестации.

Для организации и контроля учебной работы студентов используется метод ежемесячной аттестации обучающегося по итогам выполнения текущих аудиторных и самостоятельных (внеаудиторных) работ. Форма промежуточной аттестации: экзамен.

### **7.1. Основная литература**

1. Мелешин, В.И. Транзисторная преобразовательная техника : монография / В.И. Мелешин. - Москва : Техносфера, 2005. - 628 с. : ил. - (Мир электроники). - ISBN 5-94836-051-2 ; То же [Электронный ресурс]. - URL:

<http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=273791> (06.09.2018).

2. Денисенко, Д.Ю. Основы силовой преобразовательной техники : учебное пособие / Д.Ю. Денисенко, Ю.И. Иванов, В.И. Финаев ; Министерство образования и науки РФ, Южный федеральный университет, Инженерно-технологическая академия. - Таганрог : Издательство Южно-

го федерального университета, 2016. - Ч. 2. - 150 с. : схем., табл., ил. - Библиогр. в кн. - ISBN 978-5-9275-1975-0 ; То же [Электронный ресурс]. - URL:

<http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=493025> (06.09.2018).

3. Электропреобразовательные устройства РЭС: Учебник / Г.Н. Арсеньев. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: ИД ФОРУМ: НИЦ ИНФРА-М, 2014. - 544 с.: ил.; 60x90 1/16. - (Высшее образование). (переплет) ISBN 978-5-8199-0577-7, 300 экз

<http://znanium.com/bookread2.php?book=430326>

## **7.2. Дополнительная литература**

1. Электроника и преобразовательная техника: Учебник для специалистов: В 2 томах Том 1: Электроника / Бурков А.Т. - М.: УМЦ ЖДТ, 2015. - 480 с.: 60x84

<http://znanium.com/bookread2.php?book=528086>

2. Электротехника и электроника в электромеханических системах горного производства [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Б. С. Заварыкин, О. А. Кручек, Т. А. Сайгина, И. А. Герасимов. – Красноярск : Сиб. федер. ун-т, 2014. – 304 с. - ISBN 978-5-7638-2971-6

<http://znanium.com/catalog/product/505897>

## **7.3. Базы данных, электронно-библиотечные системы, информационно-справочные и поисковые системы**

1. Европейская цифровая библиотека Europeana: <http://www.europeana.eu/portal>

3. Мировая цифровая библиотека: <http://wdl.org/ru>

4. Научная электронная библиотека «Scopus» <https://www.scopus.com>

5. Научная электронная библиотека ScienceDirect: <http://www.sciencedirect.com>

6. Научная электронная библиотека «eLIBRARY»: <https://elibrary.ru/>

7. Поисковые системы Yandex, Rambler, Yahoo и др.

8. Система ГАРАНТ: электронный периодический справочник [Электронный ресурс] [www.garant.ru/](http://www.garant.ru/)

10. Электронно-библиотечная система издательского центра «Лань» <https://e.lanbook.com/books>

11. Электронная библиотека Российской Государственной Библиотеки (РГБ): <http://elibrary.rsl.ru/>

12. Электронная библиотека учебников: <http://studentam.net>

13. Электронно-библиотечная система «ЭБС ЮРАЙТ» [www.biblio-online.ru](http://www.biblio-online.ru).

14. Электронная библиотечная система «Национальный цифровой ресурс «Рукопонт»». <http://rucont.ru/>

15. Электронно-библиотечная система <http://www.sciteclibrary.ru/>

## **7.4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента**

1. Сильвашко С.А. Программные средства компьютерного моделирования элементов и устройств электроники : учебное пособие / С.А. Сильвашко, С.С. Фролов ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Оренбургский государственный университет», Кафедра промышленной электроники и информационно-измерительной техники. - Оренбург : ОГУ, 2014. - 170 с. : ил., схем. - Библиогр.: с. 162-163. ; То же [Электронный ресурс]. - URL:

<http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=270293>

2. Основы преобразовательной техники. Методические указания по курсовому проектированию / Национальный минерально-сырьевой университет «Горный». Составитель И.И. Растворова. СПб, 2014. 38с.

[http://irbis.spmi.ru/jirbis2/index.php?option=com\\_irbis&view=irbis&Itemid=108&task=set\\_statistic\\_req&bns\\_string=NWPIB,ELC,ZAPIS&req\\_irb=<.>I=10%D1%82%D0%BF%D0%9E%D0%B5%D1%80%D1%81%D1%85%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D0%BE%D0%BE%D0%B8%D0%B1128%2D617524<.>](http://irbis.spmi.ru/jirbis2/index.php?option=com_irbis&view=irbis&Itemid=108&task=set_statistic_req&bns_string=NWPIB,ELC,ZAPIS&req_irb=<.>I=10%D1%82%D0%BF%D0%9E%D0%B5%D1%80%D1%81%D1%85%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D0%BE%D0%BE%D0%B8%D0%B1128%2D617524<.>)



## **8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **8.1. Материально-техническое оснащение аудиторий:**

Специализированные аудитории, используемые при проведении занятий лекционного типа, практических занятий, оснащены мультимедийными проекторами и комплектом аппаратуры, позволяющей демонстрировать текстовые и графические материалы.

Общее оборудование: стол 8 шт., компьютерное кресло 17 шт., шкаф 2 шт., мультимедийный проектор, экран, доска аудиторная; Тематические стенды 2 шт. (возможность доступа к сети «Интернет»); 13 моноблоков Lenovo 3571JAG

### **8.2. Помещения для самостоятельной работы:**

1. Оснащенность помещения для самостоятельной работы: 13 посадочных мест. Стул – 25 шт., стол – 2 шт., стол компьютерный – 13 шт., шкаф – 2 шт., доска аудиторная маркерная – 1 шт., АРМ учебное ПК (монитор + системный блок) – 14 шт. Доступ к сети «Интернет», в электронную информационно-образовательную среду Университета.

Перечень лицензионного программного обеспечения: Microsoft Windows 7 Professional:ГК № 1464-12/10 от 15.12.10 «На поставку компьютерного оборудования» ГК № 959-09/10 от 22.09.10 «На поставку компьютерной техники» (обслуживание до 2025 года) ГК № 447-06/11 от 06.06.11 «На поставку оборудования» (обслуживание до 2025 года) ГК № 984-12/11 от 14.12.11 «На поставку оборудования" (обслуживание до 2025 года) Договор № 1105-12/11 от 28.12.2011 «На поставку компьютерного оборудования» (обслуживание до 2025 года), Договор № 1106-12/11 от 28.12.2011 «На поставку компьютерного оборудования» (обслуживание до 2025 года) ГК № 671-08/12 от 20.08.2012 «На поставку продукции» (обслуживание до 2025 года), Microsoft Open License 60799400 от 20.08.2012, Microsoft Open License 48358058 от 11.04.2011, Microsoft Open License 49487710 от 20.12.2011, Microsoft Open License 49379550 от 29.11.2011 (обслуживание до 2025 года).

Microsoft Office 2010 Standard: Microsoft Open License 60799400 от 20.08.2012 (обслуживание до 2025 года), Microsoft Open License 60853086 от 31.08.2012 (обслуживание до 2025 года).

Kaspersky antivirus 6.0.4.142.

2. Оснащенность помещения для самостоятельной работы: 17 посадочных мест. Доска для письма маркером – 1 шт., рабочие места студентов, оборудованные ПК с доступом в сеть Университета – 17 шт., мультимедийный проектор – 1 шт., АРМ преподавателя для работы с мультимедиа – 1 шт. (системный блок, мониторы – 2 шт.), стол – 18 шт., стул – 18 шт. Доступ к сети «Интернет», в электронную информационно-образовательную среду Университета.

Перечень лицензионного программного обеспечения: Операционная система Microsoft Windows XP Professional ГК №797-09/09 от 14.09.09 «На поставку компьютерного оборудования».

Операционная система Microsoft Windows 7 Professional Microsoft Open License 49379550 от 29.11.2011 (обслуживание до 2025 года).

Microsoft Office 2007 Standard Microsoft Open License 42620959 от 20.08.2007 (обслуживание до 2025 года).

3. Оснащенность помещения для самостоятельной работы: 16 посадочных мест. Стол компьютерный для студентов (тип 4) - 3 шт., стол компьютерный для студентов (тип 6) – 2 шт., стол компьютерный для студентов (тип 7) – 1 шт., кресло преподавателя (сетка, цвет черный) – 17 шт., доска напольная мобильная белая магнитно-маркерная «Magnetoplan» 1800мм×1200мм - 1 шт., моноблок Lenovo M93Z Intel Q87 – 17 шт., плакат – 5 шт. Доступ к сети «Интернет», в электронную информационно-образовательную среду Университета.

Перечень лицензионного программного обеспечения: Microsoft Windows 7 Professional: Microsoft Open License 49379550 от 29.11.2011 (обслуживание до 2025 года).

Microsoft Office 2007 Professional Plus: Microsoft Open License 46431107 от 22.01.2010 (обслуживание до 2025 года).

CorelDRAW Graphics Suite X5 Договор №559-06/10 от 15.06.2010 «На поставку программного обеспечения» (обслуживание до 2025 года).

Autodesk product: Building Design Suite Ultimate 2016, product Key: 766H1.

Cisco Packet Tracer 7.1 (свободно распространяемое ПО), Quantum GIS (свободно распространяемое ПО), Python (свободно распространяемое ПО), R (свободно распространяемое ПО), Rstudio (свободно распространяемое ПО), SMath Studio (свободно распространяемое ПО), GNU Octave (свободно распространяемое ПО), Scilab (свободно распространяемое ПО).

### **8.3. Помещения для хранения и профилактического обслуживания оборудования:**

#### **1. Центр новых информационных технологий и средств обучения:**

Оснащенность: персональный компьютер – 2 шт. (доступ к сети «Интернет»), монитор – 4 шт., сетевой накопитель – 1 шт., источник бесперебойного питания – 2 шт., телевизор плазменный Panasonic – 1 шт., точка Wi-Fi – 1 шт., паяльная станция – 2 шт., дрель – 5 шт., перфоратор – 3 шт., набор инструмента – 4 шт., тестер компьютерной сети – 3 шт., баллон со сжатым газом – 1 шт., паста теплопроводная – 1 шт., пылесос – 1 шт., радиостанция – 2 шт., стол – 4 шт., тумба на колесиках – 1 шт., подставка на колесиках – 1 шт., шкаф – 5 шт., кресло – 2 шт., лестница Alve – 1 шт.

Перечень лицензионного программного обеспечения: Microsoft Windows 7 Professional (Лицензионное соглашение Microsoft Open License 60799400 от 20.08.2012).

Microsoft Office 2010 Professional Plus (Лицензионное соглашение Microsoft Open License 60799400 от 20.08.2012).

Антивирусное программное обеспечение Kaspersky Endpoint Security (Договор № Д810(223)-12/17 от 11.12.17).

#### **2. Центр новых информационных технологий и средств обучения:**

Оснащенность: стол – 5 шт., стул – 2 шт., кресло – 2 шт., шкаф – 2 шт., персональный компьютер – 2 шт. (доступ к сети «Интернет»), монитор – 2 шт., МФУ – 1 шт., тестер компьютерной сети – 1 шт., баллон со сжатым газом – 1 шт., шуруповерт – 1 шт.

Перечень лицензионного программного обеспечения: Microsoft Windows 7 Professional (Лицензионное соглашение Microsoft Open License 60799400 от 20.08.2012).

Microsoft Office 2007 Professional Plus (Лицензионное соглашение Microsoft Open License 46431107 от 22.01.2010).

Антивирусное программное обеспечение Kaspersky Endpoint Security (Договор № Д810(223)-12/17 от 11.12.17).

#### **3. Центр новых информационных технологий и средств обучения:**

Оснащенность: стол – 2 шт., стулья – 4 шт., кресло – 1 шт., шкаф – 2 шт., персональный компьютер – 1 шт. (доступ к сети «Интернет»), веб-камера Logitech HD C510 – 1 шт., колонки Logitech – 1 шт., тестер компьютерной сети – 1 шт., дрель – 1 шт., телефон – 1 шт., набор ручных инструментов – 1 шт.

Перечень лицензионного программного обеспечения: Microsoft Windows 7 Professional (Лицензионное соглашение Microsoft Open License 48358058 от 11.04.2011).

Microsoft Office 2007 Professional Plus (Лицензионное соглашение Microsoft Open License 46431107 от 22.01.2010).

Антивирусное программное обеспечение Kaspersky Endpoint Security (Договор № Д810(223)-12/17 от 11.12.17).

### **8.4. Лицензионное программное обеспечение:**

1. Microsoft Windows 8 Professional (договор бессрочный ГК № 875-09/13 от 30.09.2013 «На поставку компьютерной техники»).

2. Microsoft Office 2007 Standard (договор бессрочный Microsoft Open License 42620959 от 20.08.2007).

3. Microsoft Office 2010 Professional Plus (договор бессрочный Microsoft Open License 60799400 от 20.08.2012, договор бессрочный Microsoft Open License 47665577 от 10.11.2010, договор бессрочный Microsoft Open License 49379550 от 29.11.2011).