



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Дальневосточный федеральный университет»
(ДВФУ)

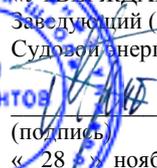
ИНЖЕНЕРНАЯ ШКОЛА

«СОГЛАСОВАНО»
Руководитель ОП


(подпись) М.В. Грибиниченко
(Ф.И.О. рук.ОП)



«УТВЕРЖДАЮ»
Заведующий (ая) кафедрой
Судовой энергетики и автоматики


(подпись) М.В. Грибиниченко
(Ф.И.О. зав. каф.)
« 28 » ноября 2019 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Силовая электроника

**Направление подготовки 26.03.02 Кораблестроение, океанотехника, системотехника
объектов морской инфраструктуры**

(Кораблестроение, океанотехника, системотехника объектов морской инфраструктуры)

Форма подготовки очная

курс 3 семестр 6

лекции 36 час.

практические занятия 36 час.

лабораторные работы 18 час.

в том числе с использованием МАО лек. 12 / пр. 6 / лаб. 12 час.

всего часов аудиторной нагрузки 90 час.

в том числе с использованием МАО 30 час.

самостоятельная работа 126 час.

в том числе на подготовку к экзамену 45 час.

контрольные работы (количество) не предусмотрены

курсовая работа / курсовой проект 6 семестр

зачет не предусмотрен

экзамен 6 семестр

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта по направлению 26.03.02 Кораблестроение, океанотехника и системотехника объектов морской инфраструктуры, утвержденного приказом ректора от 19.04.2016г. № 12-13-718

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры Судовой энергетики и автоматики протокол № 3 от «28» ноября 2019 г.

Заведующий кафедрой: Грибиниченко М.В.

Составитель: Усольцев В.К.

**Владивосток
2019**

Оборотная сторона титульного листа РПД

I. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры:

Протокол от « ____ » _____ 20__ г. № ____

Заведующий кафедрой _____
(подпись) (И.О. Фамилия)

II. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры:

Протокол от « ____ » _____ 20__ г. № ____

Заведующий кафедрой _____
(подпись) (И.О. Фамилия)

III. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры:

Протокол от « ____ » _____ 20__ г. № ____

Заведующий кафедрой _____
(подпись) (И.О. Фамилия)

IV. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры:

Протокол от « ____ » _____ 20__ г. № ____

Заведующий кафедрой _____
(подпись) (И.О. Фамилия)

Аннотация к рабочей программе дисциплины «Силовая электроника»

Рабочая программа дисциплины разработана для студентов, обучающихся по направлению подготовки 26.03.02 Кораблестроение, океанотехника и системотехника объектов морской инфраструктуры и входит в состав модуля Электрооборудование и автоматика судов в вариативной части Блока 1 Дисциплины (модули) учебного плана (Б1.В.ДВ.01.03.14).

Общая трудоёмкость освоения дисциплины составляет 216 часов (6 зачётных единиц). Учебным планом предусмотрены лекционные занятия (36 часов, в том числе 12 часов в интерактивной форме), практические занятия (18 часов, в том числе 6 часов в интерактивной форме), лабораторные работы (36 часов, в том числе 12 часов в интерактивной форме), самостоятельная работа студентов (126 часов, в том числе 45 часов на экзамен). Дисциплина реализуется на 3 курсе в 6 семестре. Форма контроля – экзамен.

Цель: изучить виды силовых преобразователей электрической энергии, методику их расчета настройки и испытания.

Задачи:

- Изучить схемные решения и алгоритмы функционирования силовой части преобразователей переменного тока в постоянный ток, постоянного ток в переменный, переменного тока в переменный;
- Освоить методику расчета силовой части всех видов силовых преобразователей электрической энергии;
- Изучить схемные решения систем управления силовыми преобразователями и методику их расчета;
- Освоить методику испытания и настройки силовых преобразователей.

При изучении дисциплины необходимо знание материала, излагаемого в учебных дисциплинах:

- «Математический анализ»
- «Линейная алгебра и аналитическая геометрия»

- «Физика»
- «Теоретические основы электротехники»
- «Физические основы электроники»

Для успешного изучения дисциплины «Силовая преобразовательная техника» у обучающихся должны быть сформированы следующие предварительные компетенции:

- способность применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач;
- способность использовать методы анализа и моделирования электрических цепей.

Планируемые результаты обучения по данной дисциплине (знания, умения, владения), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы, характеризуют этапы формирования следующих компетенций:

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции	
ПК - 8 - готовностью обосновывать принятие конкретных технических решений при разработке технологических процессов, выбирать технические средства и технологии с учетом экологических последствий их применения	знает	прогрессивные технологические процессы и виды оборудования и технологической оснастки, средства автоматизации и механизации, оптимальные режимы производства на выпускаемую предприятием продукцию и все виды различных по сложности работ, обеспечивая производство конкурентоспособной продукции и сокращение материальных и трудовых затрат на ее изготовление
	умеет	Разрабатывать технологические нормативы, инструкции, схемы сборки, маршрутные карты, карты технического уровня и качества продукции и другую технологическую документацию, вносит изменения в техническую документацию в связи с корректировкой технологических процессов и режимов производства
	владеет	методами проектирования технологических процессов и режимов производства; применяемым технологическим оборудованием, техническими, экономическими характеристиками и принципами его работы; типовыми технологическими процессами и режимами производства, техническими характеристиками и экономическими показателями лучших отечественных и зарубежных технологий, аналогичных проектируемым; техническими требованиями, предъявляемыми к

		сырью, материалам, готовой продукции;
ПК-14 готовностью участвовать в научных исследованиях основных объектов, явлений и процессов, связанных с конкретной областью специальной подготовки	знает	Номенклатуру и параметры судовых энергоустановок; методику анализа результатов исследований энергоустановок
	умеет	Выбрать метод исследования, методику анализа результатов исследований энергоустановок
	владеет	методикой анализа результатов исследований энергоустановок

I. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА (36 часов, в том числе 12 часов в интерактивной форме)

Раздел I. Общие сведения о силовых преобразователях (4 часа, в том числе 4 часа в интерактивной форме – Проблемная лекция)

Тема 1. Введение (1 час, в том числе 1 час в интерактивной форме – Проблемная лекция)

1. Преобразовательные устройства как исполнительные или усилительные элементы систем управления.

Тема 2. Методы анализа работы преобразовательных устройств (3 часа, в том числе 3 часа в интерактивной форме – Проблемная лекция)

1. Метод припасовывания.

2. Метод эквивалентного источника.

3. Гармонический анализ.

Раздел II. Выпрямители (14 часов)

Тема 1. Неуправляемые и управляемые двухфазные схемы выпрямления (4 часа)

1. Работа нулевой и мостовой схем на различную нагрузку.

2. Расчетная мощность трансформатора.

3. Режимы непрерывного и прерывистого тока.

4. Режимы выпрямителя и ведомого сетью инвертора.

Тема 2. Многофазные схемы выпрямления (4 часа)

1. Трехфазная и шестифазная схемы выпрямления.

2. Схемные способы реализации реверсивных тиристорных преобразователей (ТП).

3. Совместное и раздельное управление реверсивными преобразователями.

Тема 3. Энергетические характеристики тиристорных преобразователей (4 часа)

1. Регулировочные характеристики.

2. Гармонический состав напряжений и токов.
3. Процесс коммутации.
4. Внешние характеристики и коэффициент мощности ТП.

Тема 4. Искусственная коммутация тиристоров (2 часа)

1. Подключение коммутирующего конденсатора, подключение колебательного контура.
2. Одно и многоступенчатая коммутация.
3. Электромагнитные процессы при коммутации.

Раздел III. Преобразователи постоянного напряжения (4 часа, в том числе 4 часа в интерактивной форме – Проблемная лекция)

Тема 1. Понижающие широтно-импульсные модуляторы (ШИМ) (2 часа, в том числе 2 часа в интерактивной форме – Проблемная лекция)

1. Нереверсивный понижающий ШИМ.
2. Нереверсивный понижающий ШИМ, работающий на электродвигатель.
3. Реверсивный понижающий ШИМ
4. Регулировочные и внешние характеристики.

Тема 2. Повышающий ШИМ (2 часа, в том числе 2 часа в интерактивной форме – Проблемная лекция)

1. Схема повышающего ШИМ.
2. Регулировочные и внешние характеристики.

Раздел IV. Автономные инверторы напряжения и преобразователи частоты (8 часов, в том числе 4 часа в интерактивной форме – Проблемная лекция)

Тема 1. Инверторы на полностью управляемых элементах (4 часа, в том числе 4 часа в интерактивной форме – Проблемная лекция)

1. Однофазные и трехфазные инверторы напряжения.

2. Действующие значения и гармонический состав выходных токов и напряжений.

3. Схемы с индивидуальной и групповой коммутацией.

Тема 2. Инверторы с синусоидальным выходным напряжением (2 часа)

1. Принципы формирования синусоидального выходного напряжения автономного инвертора.

2. Инвертор на базе реверсивного тиристорного преобразователя.

3. Инверторы на полностью управляемых приборах.

Тема 3. Преобразователи частоты (ПЧ) (2 часа)

1. ПЧ со звеном постоянного тока.

2. Непосредственные ПЧ.

3. Схемные способы улучшения выходного напряжения.

Раздел V. Управление силовыми преобразователями (6 часа)

Тема 1. Системы импульсно-фазового управления (СИФУ) (4 часа)

1. СИФУ на базе магнитных усилителей, фазовращателей.

2. СИФУ вертикального управления.

3. Компенсация нелинейности регулировочной характеристики ТП с помощью СИФУ.

4. Синхронизация однофазного и трехфазного СИФУ.

Тема 2. Системы управления автономными инверторами и ПЧ (2 часа)

1. Распределители импульсов, дешифраторы, согласующие схемы.

2. Применение цифровых устройств для управления преобразователями.

3. Примеры схем управления ШИМ, АИ, ПЧ, НПЧ.

II. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА И САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ (54 часа, в том числе 18 часов в интерактивной форме)

Практические занятия (18 часов, в том числе 18 часов в интерактивной форме)

Занятие 1. Применение метода припасовывания (2 часа). Занятие с использованием интерактивного метода обучения – «групповое обсуждение».

Перечень рассматриваемых вопросов:

1. Анализ однофазной схемы выпрямления методом припасовывания.
2. Составление и решение дифференциальных уравнений для отдельных участков.
3. Сшивание участков, используя законы коммутации.

Занятие 2. Расчет характеристик двухфазных схем выпрямления (2 часа)

Перечень рассматриваемых вопросов:

1. Получение аналитических зависимостей между параметрами переменного и постоянного тока.
2. Расчет гармонического состава выходного напряжения выпрямителя.
3. Расчет мощности питающего выпрямитель трансформатора.

Занятие 3. Расчет характеристик многофазных схем выпрямления (2 часа). Занятие с использованием интерактивного метода обучения – «групповая консультация».

Перечень рассматриваемых вопросов:

1. Получение аналитических зависимостей между параметрами переменного и постоянного тока.
2. Расчет гармонического состава выходного напряжения выпрямителя.

3. Расчет мощности питающего выпрямитель трансформатора.

Занятие 4. Расчет широтно-импульсных модуляторов (2 часа).

Занятие с использованием интерактивного метода обучения – «групповая консультация».

Перечень рассматриваемых вопросов:

1. Токи и напряжения в ШИМ.
2. Энергетические потери в полупроводниковых приборах.
3. Методика выбора полупроводниковых приборов и их защита от перенапряжений.

Занятие 5. Инверторы тока на тиристорах (2 часа)

Перечень рассматриваемых вопросов:

1. Искусственная коммутация в автономном инверторе тока.
2. Расчет коммутирующего конденсатора.
3. Временные диаграммы токов и напряжений инвертора тока.

Занятие 6. Расчет системы импульсно-фазового управления (СИФУ) тиристорным преобразователем (4 часа)

Перечень рассматриваемых вопросов:

1. Схемные решения блоков формирования импульсов (БФИ).
2. Синхронизация БФИ в двухфазной, трехфазной и шестифазной схеме выпрямления.

Занятие 7. Синтез системы управления трехфазным автономным инвертором (4 часа)

Перечень рассматриваемых вопросов:

1. Распределение управляющих импульсов на микросхемах среднего уровня интеграции.
2. Реализация потенциальной развязки сигналов, управляющих силовыми полупроводниковыми приборами.

Лабораторные работы (36 часов, в том числе 12 часов в интерактивной форме)

Лабораторная работа № 1. Неуправляемые и управляемые полупроводниковые выпрямители (8 часов). Занятие с использованием интерактивного метода обучения – «групповая консультация».

1. Структура и принцип работы трехфазной нулевой схемы неуправляемого выпрямителя.

2. Структура и принцип работы трехфазной нулевой схемы управляемого выпрямителя.

3. Структура и принцип работы мостовой схемы неуправляемого выпрямителя.

4. Структура и принцип работы мостовой схемы управляемого выпрямителя.

Лабораторная работа № 2. Нереверсивный тиристорный широтно-импульсный модулятор (4 часа). Занятие с использованием интерактивного метода обучения – «групповая консультация».

1. Структура и принцип работы нереверсивного тиристорного широтно-импульсного модулятора.

2. Получение и анализ экспериментальных характеристик при разной скважности импульсов.

Лабораторная работа № 3. Нереверсивные транзисторные широтно-импульсные модуляторы (4 часа)

1. Структура и принцип работы нереверсивного транзисторного широтно-импульсного модулятора.

2. Получение и анализ экспериментальных характеристик при разной скважности импульсов.

Лабораторная работа № 4. Реверсивные транзисторные широтно-импульсные модуляторы (4 часа)

1. Структура и принцип работы реверсивного транзисторного широтно-импульсного модулятора.

2.Симметричный и несимметричный способы управления транзисторами.

3.Получение и анализ экспериментальных характеристик при разной скважности импульсов.

Лабораторная работа № 5. Однофазный параллельный инвертор тока со средней точкой (4 часа)

1.Структура и принцип работы однофазного параллельного инвертора тока со средней точкой.

2.Анализ способов формирования и регулирования выходных напряжения и тока однофазного параллельного инвертора тока со средней точкой с помощью экспериментальных кривых.

Лабораторная работа № 6. Автономный трехфазный инвертор напряжения (4 часа)

1.Структура и принцип работы автономного трехфазного инвертора напряжения.

2.Анализ способов формирования и регулирования выходного напряжения автономного трехфазного инвертора напряжения с помощью экспериментальных кривых.

Лабораторная работа № 7. Трехфазный инвертор с синусоидальным выходным напряжением (4 часа)

1.Структура и принцип работы трехфазного инвертора с синусоидальным выходным напряжением.

2.Анализ способов формирования и регулирования выходного напряжения трехфазного инвертора с синусоидальным выходным напряжением с помощью экспериментальных кривых.

Лабораторная работа № 8. Корректор коэффициента мощности (4 часа)

1.Структура и принцип работы корректора коэффициента мощности.

2.Анализ способов повышения коэффициента мощности с помощью экспериментальных кривых.

III. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся по дисциплине «Силовая электроника» включает в себя:

план-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине, в том числе примерные нормы времени на выполнение по каждому заданию;

характеристика заданий для самостоятельной работы обучающихся и методические рекомендации по их выполнению;

требования к представлению и оформлению результатов самостоятельной работы;

критерии оценки выполнения самостоятельной работы.

План-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине

№ п/п, тема работы	Дата/сроки выполнения	Вид СРС	Примерные нормы времени на выполнение	Форма контроля
1. Тиристорные преобразователи (выпрямители и ШИМ)	6-7 неделя 5 семестра	Оформление лаб.работ №1 и №2	12	ПР-6 УО-1
1. Транзисторные преобразователи постоянного напряжения	8-9 неделя 5 семестра	Оформление лаб.работ №3 и №4	12	ПР-6 УО-1
2. Расчет силовой части управляемого выпрямителя	8-9 неделя 5 семестра	Курсовая работа	11	ПР-5
3. Инверторы напряжения	10-11 неделя 5 семестра	Оформление лаб.работ №5 и №6	12	ПР-6 УО-1
4. Разработка и расчет схемы управления выпрямителем	10-11 неделя 5 семестра	Курсовая работа	11	ПР-5
5. Инвертор напряжения, корректор коэффициента мощности	12-14 неделя 5 семестра	Оформление лаб.работ №7 и №8	12	ПР-6 УО-1
6. Оформление и защита курсовой работы	12-14 неделя 5 семестра	Курсовая работа	11	ПР-5
		Экзамен	45	УО-1

IV. КОНТРОЛЬ ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛЕЙ КУРСА

№ п/п	Контролируемые разделы / темы дисциплины	Коды и этапы формирования компетенций	Оценочные средства		
			текущий контроль	промежуточная аттестация	
1	Раздел I. Общие сведения о силовых преобразователях	ПК-8	Знает	УО-1 собеседование	Вопросы 1,2
			Умеет	УО-1 собеседование	Вопросы 2,3
			Владеет	УО-1 собеседование	Вопросы 1-3
2	Раздел II. Выпрямители	ПК-8, ПК-14	Знает	УО-1 собеседование	Вопросы 4-7, 10-13
			Умеет	ПР-5 курсов. работа	Вопросы 8, 9, 18,19
			Владеет	ПР-6 лаб. работа	Вопросы 8, 9, 14-17, 20
3	Раздел III. Преобразователи постоянного напряжения	ПК-8, ПК-14	Знает	УО-1 собеседование	Вопросы 21-31
			Умеет	Пр-11 кейс-задача	Вопросы 21-31
			Владеет	Пр-11 кейс-задача	Вопросы 21-31
4	Раздел IV. Автономные инверторы напряжения и преобразователи частоты (ПЧ)	ПК-8, ПК-14	Знает	УО-1 собеседование	Вопросы 32-37
			Умеет	ПР-11 кейс-задача	Вопросы 32-39
			Владеет	ПР-11 кейс-задача	Вопросы 32-37, 47-56
5	Раздел V. Управление силовыми преобразователями	ПК-8, ПК-14	Знает	УО-1 собеседование	Вопросы 40-46
			Умеет	ПР-5 курсов. работа	Вопросы 40-46
			Владеет	ПР-11 кейс-задача	Вопросы 40-46

V. СПИСОК УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ И ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Основная литература

(электронные и печатные издания)

1. Семенов Б.Ю. Силовая электроника. Профессиональные решения [Электронный ресурс]/ Семенов Б.Ю.— Электрон. текстовые данные.— Саратов: Профобразование, 2017.— 415 с.— Режим доступа: <http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=IPRbooks:IPRbooks-63586&theme=FEFU>

2. Герасимов, А. С. Судовая электроника и силовая преобразовательная техника : конспект лекций / А. С. Герасимов, М. С. Сандлер. — Москва : Московская государственная академия водного транспорта, 2014. — 108 с. — ISBN 2227-8397. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/46845.html>

3. Силовая электроника: Силовые полупроводниковые преобразователи для электропривода и электроснабжения: Уч.пос. / Онищенко Г.Б., Соснин О.М. - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2016. - 122 с.: 60x90 1/16. - (Высшее образование: Бакалавриат) (o) ISBN 978-5-16-011120-9 - Режим доступа: <http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=Znanium:Znanium-550765&theme=FEFU>

Дополнительная литература

(печатные и электронные издания)

1. Семенов Б.Ю. Силовая электроника. От простого к сложному [Электронный ресурс]/ Семенов Б.Ю.— Электрон. текстовые данные.— М.: СОЛОН-ПРЕСС, 2009.— 416 с.— Режим доступа: <http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=IPRbooks:IPRbooks-8674&theme=FEFU>

2. Семенов, Б. Ю. Силовая электроника. Профессиональные решения [Электронный ресурс] / Б. Ю. Семенов. — Электрон. текстовые данные. — Саратов : Профобразование, 2017. — 415 с. — 978-5-4488-0057-3. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/63586.html>

3. Герасимов, А. С. Судовая электроника и силовая преобразовательная техника [Электронный ресурс] : конспект лекций / А. С. Герасимов, М. С. Сандлер. — Электрон. текстовые данные. — М. : Московская государственная академия водного транспорта, 2014. — 108 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/46845.html>

4. Аблязов, В. И. Электротехника и электроника [Электронный ресурс] : учебное пособие / В. И. Аблязов. — Электрон. текстовые данные. — СПб. : Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, 2018. — 130 с. — 978-5-7422-6134-6. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/83317.html>

Перечень информационных технологий и программного обеспечения

При осуществлении образовательного процесса студентами и профессорско-преподавательским составом используется следующее программное обеспечение:

1. Microsoft Office (Access, Excel, PowerPoint, Word и т. д).
2. MathCAD.
3. Программное обеспечение электронного ресурса сайта ДВФУ, включая ЭБС ДВФУ.

При осуществлении образовательного процесса студентами и профессорско-преподавательским составом используются следующие информационно-справочные системы:

1. Научная электронная библиотека eLIBRARY.
2. Электронно-библиотечная система издательства «Лань».
3. Электронно-библиотечная система «IPRbooks».
4. Электронно-библиотечная система «Znanium»

VI. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

На изучение дисциплины «Силовая электроника» отводится 90 часов аудиторных занятий и 126 часов самостоятельной работы.

Современные образовательные технологии предусматривают взаимосвязанную деятельность преподавателя и учащихся. При изучении данной дисциплины используются традиционные и интерактивные образовательные технологии:

- **лекции** (рассмотрение теоретического материала) с использованием мультимедийных технологий (презентации), экспресс-тесты, устные блиц-опросы в начале лекции ориентированы на обобщение и определение взаимосвязи лекционного материала;

-**практические занятия** проводятся на базе компьютерного класса, где выполняются практические задачи по расчету характеристик временных

диаграмм и характеристик силовых преобразователей электрической энергии.

-**лабораторные работы** проводятся на базе компьютерного класса с использованием моделирующих электронных устройств программ, а также с использованием специализированных лабораторных стендов. Оценка результата выполнения лабораторных работ проходит в форме собеседования или компьютерного тестирования.

- **курсовая работа** выполняется с использованием, разработанной автором, программы, реализованной в программном обеспечении MathCAD. Защита курсовой работы проводится в форме собеседования или компьютерного тестирования.

Рекомендации по подготовке к экзамену (зачёту):

Каждый учебный семестр заканчивается зачетно-экзаменационной сессией. Подготовка к зачетно-экзаменационной сессии, сдача зачетов и экзаменов является также самостоятельной работой студента. Основное в подготовке к сессии – повторение всего учебного материала дисциплины, по которому необходимо сдавать зачет или экзамен. Только тот студент успевает, кто хорошо усвоил учебный материал. Если студент плохо работал в семестре, пропускал лекции, слушал их невнимательно, не конспектировал, не изучал рекомендованную литературу, то в процессе подготовки к сессии ему придется не повторять уже знакомое, а заново в короткий срок изучать весь учебный материал. Все это зачастую невозможно сделать из-за нехватки времени. Для такого студента подготовка к зачету или экзамену будет трудным, а иногда и непосильным делом, а конечный результат - возможное отчисление из учебного заведения

VII. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Специализированные многофункциональные стенды СЭА.001 РБЭ (911.1) «Силовая электроника» - 3 комплекта с измерительными приборами.

2. Лаборатория со специализированными стендами и персональными компьютерами. (3 стенда и 9 компьютеров)

3. Мультимедийная аудитория для интерактивных занятий.

4. Пакет программ в ПО MathCAD, моделирующий силовые преобразователи.

5. Комплект плакатов по дисциплине «Силовая электроника» - 25 шт.

В целях обеспечения специальных условий обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в ДВФУ все здания оборудованы пандусами, лифтами, подъемниками, специализированными местами, оснащенными туалетными комнатами, табличками информационно-навигационной поддержки.

VIII. ФОНДЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Паспорт ФОС

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции	
ПК - 8 - готовностью обосновывать принятие конкретных технических решений при разработке технологических процессов, выбирать технические средства и технологии с учетом экологических последствий их применения	знает (пороговый уровень)	прогрессивные технологические процессы и виды оборудования и технологической оснастки, средства автоматизации и механизации, оптимальные режимы производства на выпускаемую предприятием продукцию и все виды различных по сложности работ, обеспечивая производство конкурентоспособной продукции и сокращение материальных и трудовых затрат на ее изготовление
	умеет (продвинутый уровень)	Разрабатывать технологические нормативы, инструкции, схемы сборки, маршрутные карты, карты технического уровня и качества продукции и другую технологическую документацию, вносит изменения в техническую документацию в связи с корректировкой технологических процессов и режимов производства
	владеет (высокий уровень)	методами проектирования технологических процессов и режимов производства; применяемым технологическим оборудованием, техническими, экономическими характеристиками и принципами его работы; типовыми технологическими процессами и режимами производства, техническими характеристиками и экономическими показателями лучших отечественных и зарубежных технологий, аналогичных проектируемым; техническими требованиями, предъявляемыми к сырью, материалам, готовой продукции;
ПК-14 готовностью участвовать в научных исследованиях основных объектов, явлений и процессов, связанных с конкретной областью	знает (пороговый уровень)	Номенклатуру и параметры судовых энергоустановок; методику анализа результатов исследований энергоустановок

специальной подготовки	умеет (продвинутый уровень)	Выбрать метод исследования, методику анализа результатов исследований энергоустановок
	владеет (высокий уровень)	методикой анализа результатов исследований энергоустановок

Шкала оценивания уровня сформированности компетенций

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции		критерии	показатели
ПК - 8 - готовностью обосновывать принятие конкретных технических решений при разработке технологических процессов, выбирать технические средства и технологии с учетом экологических последствий их применения	знает (пороговый уровень)	прогрессивные технологические процессы и виды оборудования и технологической оснастки, средства автоматизации и механизации, оптимальные режимы производства на выпускаемую предприятием продукцию и все виды различных по сложности работ, обеспечивая производство конкурентоспособной продукции и сокращение материальных и трудовых затрат на ее изготовление	Знание основных терминов и определений в области охраны окружающей среды, оценки воздействия на окружающую среду и экологической экспертизы	Способность объяснить значения терминов и определений в области охраны окружающей среды
	умеет	Разрабатывать технологические	Умение правильно	Способность правильно

	(продвинутый уровень)	нормативы, инструкции, схемы сборки, маршрутные карты, карты технического уровня и качества продукции и другую технологическую документацию, вносит изменения в техническую документацию в связи с корректировкой технологических процессов и режимов производства	применять основные термины и понятия ОВОС; использовать нормативные правовые документы в анализе, оценке и контроле за соблюдением установленных требований, действующих норм, правил и стандартов	применять основные термины и понятия ОВОС
	владеет (высокий уровень)	методами проектирования технологических процессов и режимов производства; применяемым технологическим оборудованием, техническими, экономическими характеристиками и принципами его работы; типовыми технологическими процессами и режимами производства, техническими характеристиками и экономическими показателями лучших отечественных и зарубежных технологий, аналогичных проектируемым; техническими требованиями, предъявляемыми к сырью, материалам, готовой продукции;	Владение навыками работы с нормативными правовыми документами для решения поставленных задач	Способность работать с нормативными правовыми документами для решения поставленных задач
ПК-14 готовностью участвовать в научных исследованиях основных объектов, явлений и процессов, связанных с конкретной областью	знает (пороговый уровень)	Номенклатуру и параметры судовых энергоустановок; методику анализа результатов	Знание методов критического анализа и оценки современных научных достижений, а	Способность перечислить методы критического анализа

специальной подготовки		исследований энергоустановок	также методы генерирования новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях	
	умеет (продвинутый уровень)	Выбрать метод исследования, методику анализа результатов исследований энергоустановок	Умение анализировать альтернативные варианты решения исследовательских и практических задач и оценивать потенциальные выигрыши/проигрыши реализации этих вариантов	Способность анализировать альтернативные варианты решения исследовательских и практических задач и оценивать потенциальные выигрыши/проигрыши реализации этих вариантов
	владеет (высокий уровень)	методикой анализа результатов исследований энергоустановок	Владение навыками анализа методологических проблем, возникающих при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях	Способность анализировать методологические проблемы, возникающих при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях

Процедуры оценивания результатов освоения дисциплины

Текущая аттестация студентов. Текущая аттестация студентов по дисциплине проводится в соответствии с локальными нормативными актами ДВФУ и является обязательной.

Текущая аттестация по дисциплине проводится в форме устных опросов, отчетов к лабораторным работам по оцениванию фактических результатов обучения студентов и осуществляется ведущим преподавателем.

Объектами оценивания выступают:

- учебная дисциплина (активность на занятиях, своевременность выполнения различных видов заданий, посещаемость всех видов занятий по аттестуемой дисциплине);
- степень усвоения теоретических знаний;
- уровень овладения практическими умениями и навыками по всем видам учебной работы;
- результаты самостоятельной работы.

Вопросы для собеседования

1. Анализ цепей с диодами и тиристорами методом припасовывания. Его достоинства и недостатки.
2. Гармонический анализ цепей с диодами и тиристорами. Метод основной гармоники. Ограничения в применении метода.
3. Тиристор. Принцип работы и характеристики цепи управления.
4. Работа неуправляемой двухфазной схемы выпрямления на активную и активно-емкостную нагрузку.
5. Работа неуправляемой двухфазной схемы выпрямления на активную и активно-индуктивную нагрузку.
6. Работа управляемой двухфазной схемы выпрямления на активную и активно-индуктивную нагрузку.

7. Работа управляемой двухфазной схемы выпрямления в инверторном режиме.
8. Средний ток и среднее напряжение двухфазной схемы выпрямления. Расчетная мощность трансформатора.
9. Работа неуправляемой трехфазной схемы выпрямления на активную и активно-емкостную нагрузку.
10. Работа управляемой трехфазной схемы выпрямления на активную и активно-индуктивную нагрузку.
11. Работа управляемой трехфазной схемы выпрямления на источник тока.
12. Работа неуправляемой шестифазной схемы выпрямления на активную и активно-емкостную нагрузку.
13. Работа управляемой шестифазной схемы выпрямления на активную и активно-индуктивную нагрузку.
14. Выходное напряжение m -фазного управляемого тиристорного преобразователя. Регулировочные характеристики.
15. Высшие гармоники выходного напряжения и входного тока преобразователя.
16. Процесс коммутации и его влияние на выходное напряжение в преобразователе.
17. Коэффициент мощности неуправляемого выпрямителя и тиристорного преобразователя
18. Емкостной фильтр. Угол проводимости диодов. Определение среднего напряжения.
19. Емкостной фильтр. Определение коэффициента пульсаций. Выбор емкости фильтра.
20. Методика анализа сложных фильтров с использованием понятия коэффициента передачи.
21. ШИМ с искусственной коммутацией напряжения с использованием дополнительного тиристора

22. ШИМ с искусственной коммутацией тока и с использованием дополнительного тиристора

23. Функциональная схема и принцип работы нереверсивного ШИМ на активную нагрузку.

24. Схемные решения выходных каскадов ШИМ на транзисторах.

25. Схема потенциальной развязки выходных каскадов ШИМ от схемы управления.

26. Работа нереверсивного ШИМ на двигательную нагрузку, режимы непрерывного и прерывистого тока.

27. Функциональная схема и принцип работы реверсивного ШИМ с совместным управлением на активную нагрузку.

28. Реверсивный ШИМ с совместным управлением. Работа силовых элементов при активно-индуктивной нагрузке.

29. Функциональная схема и принцип работы реверсивного ШИМ с отдельным управлением на активную нагрузку.

30. Работа реверсивного ШИМ с отдельным управлением на активно-индуктивную нагрузку.

31. Схема и работа повышающего ШИМ.

32. Однофазный мостовой инвертор напряжения на полностью управляемых приборах и активно-индуктивной нагрузке.

33. Однофазный параллельный инвертор тока со средней точкой.

34. Однофазный параллельный инвертор тока со средней точкой и обратными диодами.

35. Формирование выходного напряжения в 3-х фазном автономном мостовом инверторе при угле проводимости 180 градусов.

36. Формирование выходного напряжения в 3-х фазном автономном мостовом инверторе при угле проводимости 120 градусов.

37. Формирование выходного напряжения в 3-х фазном автономном мостовом инверторе при угле проводимости 150 градусов.

38. Процесс запираания тиристорov в 3-х фазном автономном мостовом инверторе при общей коммутирующей цепи.

39. Принцип управления автономным инвертором с синусоидальной широтно-импульсной модуляцией.

40. Принцип работы СИФУ на базе магнитного усилителя. Принцип работы СИФУ на базе фазовращателя.

41. Работа формирователя пилы из напряжения сети в БФИ. Работа компаратора БФИ на транзисторах.

42. Формирователь длительности импульсов на базе блокинг-генератора в транзисторном БФИ.

43. Формирование синусоидального опорного напряжения и напряжения ограничения угла в БФИ.

44. Формирование длительности импульса и работа усилительных каскадов в БФИ на операционных усилителях.

45. Формирование пилы и работа компаратора в БФИ на операционных усилителях.

46. Синхронизация трехфазного мостового тиристорного преобразователя.

47. Уменьшение высших гармоник в инверторе путем суммирования напряжения от нескольких инверторов.

48. Схема с высокочастотным инвертором и переключением отводов трансформатора для снижения высших гармоник.

49. Улучшение качества выходного напряжения с использования фильтра основной гармоники.

50. Улучшение качества выходного напряжения с использования резонансных фильтров.

51. Регулирование переменного напряжения путем коммутации обмоток трансформатора

52. Регулятор переменного напряжения с модуляцией-демодуляцией напряжения

53. Несимметричная двухфазная схема выпрямления (полууправляемый однофазный мост).

54. Несимметричная 6-ти фазная схема выпрямления (полууправляемый трехфазный мост).

55. Импульсный источник питания. Работа блокинг-генератора.

56. Импульсный источник питания. Стабилизация выходного напряжения.

Критерии оценки устного опроса

100-85 баллов – если ответ 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; умение приводить примеры современных проблем изучаемой области.

85-76 баллов – 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.

75-61 балл – 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; неумение привести пример развития ситуации, провести связь с другими аспектами изучаемой области.

60-50 баллов – ответ, обнаруживающий незнание процессов изучаемой предметной области, отличающийся неглубоким раскрытием темы; незнанием основных вопросов теории, несформированными навыками анализа явлений, процессов; неумением давать аргументированные ответы, слабым владением монологической речью, отсутствием логичности и последовательности. Допускаются серьезные ошибки в содержании ответа; незнание современной проблематики изучаемой области.

Курсовая работа по дисциплине «Силовая преобразовательная техника» выполняется в 6 семестре.

Цель работы: привить практические навыки расчета силовых электронных схем.

Тема курсовой работы: «Расчет силового управляемого выпрямителя».

Содержание курсовой работы:

- из предлагаемых в методических указаниях вариантов электродвигателя, типа схемы выпрямления и варианта блока формирования импульсов (БФИ) формируется работоспособная схема силового управляемого выпрямителя;
- выполняется расчет и выбор элементов выпрямителя;
- выполняется расчет и выбор элементов системы импульсно-фазового управления и регуляторов тока и напряжения;
- рассчитываются основные параметры силового управляемого выпрямителя;
- на листе формата А3 выполняется общая принципиальная схема силового управляемого выпрямителя;
- на листе формата А4 выполняется принципиальная схема БФИ;
- на листе формата А4 выполняется принципиальные схемы регуляторов.

Варианты схем выпрямления:

1. Однофазный нулевой выпрямитель.
2. Однофазный мостовой выпрямитель.
3. Трехфазный нулевой выпрямитель.
4. Трехфазный мостовой выпрямитель.

Варианты задания к курсовой работе «Расчет управляемого выпрямителя»

№ вар.	Ф.И.О. Иванов	Тип Дв-ля	$U_{НОМ},$ В	$N_{НОМ},$ об/мин	Схема выпрямления	Тип БФИ	Зона Прерывистого тока
1		П32	220	750	Двухфазная нулевая	1	0.1
2		П42	220	750	Двухфазная мостовая	7	0.09
3		П51	220	750	Трехфазная нулевая	2	0.08
4		П61	220	750	Шестифазная мостовая	3	0.07
5		П62	220	750	Шестифазная мостовая	4	0.06
6		П32	220	1000	Двухфазная нулевая	6	0.08
7		П42	220	1000	Двухфазная мостовая	8	0.07
8		П51	220	1000	Трехфазная нулевая	5	0.06
9		П52	220	1000	Трехфазная нулевая	1	0.05
10		П61	220	1000	Шестифазная мостовая	2	0.04
11		П32	110	750	Двухфазная нулевая	6	0.1
12		П42	110	750	Двухфазная мостовая	8	0.09
13		П51	110	750	Трехфазная нулевая	6	0.08
14		П61	110	750	Трехфазная нулевая	4	0.07
15		П62	110	750	Шестифазная мостовая	3	0.06
16		П32	110	1000	Двухфазная нулевая	1	0.08
17		П42	110	1000	Двухфазная мостовая	7	0.07
18		П51	110	1000	Трехфазная нулевая	2	0.06
19		П52	110	1000	Шестифазная мостовая	4	0.05
20		П61	110	1000	Шестифазная мостовая	5	0.04
21		П32	220	750	Двухфазная нулевая	6	0.1
22		П42	220	750	Двухфазная мостовая	8	0.09
23		П51	220	750	Трехфазная нулевая	8	0.08
24		П61	220	750	Шестифазная мостовая	7	0.07
25		П32	220	1000	Шестифазная мостовая	2	0.06
26		П32	220	1000	Двухфазная нулевая	1	0.08

Критерии оценки курсовой работы по дисциплине

Оценка	50-60 баллов (неудовлетворительно)	61-75 баллов (удовлетворительно)	76-85 баллов (хорошо)	86-100 баллов (отлично)
Критерии	Содержание критериев			
Выполнение курсового проекта	Проект не выполнен	Проект выполнен не полностью. Выводы не сделаны	Проект выполнен в соответствии с заданием. Не все выводы сделаны и обоснованы	Проект выполнен в соответствии с требованиями, аккуратно, все расчёты правильные, графическая часть представлена в полном объёме с использованием графического редактора. Выводы обоснованы
Представление	Проект не представлен	Представленные расчёты и чертежи не последовательны и не систематизированы	Представленные расчёты выполнены последовательно, систематизированы. Графическая часть выполнена с помощью графических редакторов с небольшими недочётами	Проект представлен в виде отчета со всеми пояснениями и чертежами. Все расчёты выполнены с помощью компьютерных программ)
Оформление	Проект не оформлен	Оформление ручное, частичное использование информационных технологий (Word, ACAD)	Оформление с помощью компьютерных технологий, но небрежное	Широко использованы технологии (WORD, ACAD,). Отсутствуют ошибки в представляемой информации
Ответы на вопросы	Нет ответов на вопросы	Только ответы на элементарные вопросы	Ответы на вопросы полные и/или частично полные	Ответы на вопросы полные, хорошо ориентируется в теоретическом материале, приведены примеры и соответствующие пояснения. Использована дополнительная литература

Промежуточная аттестация студентов по дисциплине проводится в соответствии с локальными нормативными актами ДВФУ и является обязательной.

К промежуточной аттестации допускаются студенты, не имеющие

задолжности по дисциплине (выполнены все работы, предполагаемые учебным планом и РПД (практические, лабораторные, а также текущая аттестация – контрольные, опросы, курсовые работы, курсовые проекты и т.д.).

Вопросы к экзамену по дисциплине «Силовая электроника»

1. Анализ цепей с диодами и тиристорами методом припасовывания. Его достоинства и недостатки.

2. Гармонический анализ цепей с диодами и тиристорами. Метод основной гармоники. Ограничения в применении метода.

3. Тиристор. Принцип работы и характеристики цепи управления.

4. Работа неуправляемой двухфазной схемы выпрямления на активную и активно-емкостную нагрузку.

5. Работа неуправляемой двухфазной схемы выпрямления на активную и активно-индуктивную нагрузку.

6. Работа управляемой двухфазной схемы выпрямления на активную и активно-индуктивную нагрузку.

7. Работа управляемой двухфазной схемы выпрямления в инверторном режиме.

8. Средний ток и среднее напряжение двухфазной схемы выпрямления. Расчетная мощность трансформатора.

9. Работа неуправляемой трехфазной схемы выпрямления на активную и активно-емкостную нагрузку.

10. Работа управляемой трехфазной схемы выпрямления на активную и активно-индуктивную нагрузку.

11. Работа управляемой трехфазной схемы выпрямления на источник тока.

12. Работа неуправляемой шестифазной схемы выпрямления на активную и активно-емкостную нагрузку.

13. Работа управляемой шестифазной схемы выпрямления на активную и активно-индуктивную нагрузку.

14. Выходное напряжение m -фазного управляемого тиристорного преобразователя. Регулировочные характеристики.

15. Высшие гармоники выходного напряжения и входного тока преобразователя.

16. Процесс коммутации и его влияние на выходное напряжение в преобразователе.

17. Коэффициент мощности неуправляемого выпрямителя и тиристорного преобразователя

18. Емкостной фильтр. Угол проводимости диодов. Определение среднего напряжения.

19. Емкостной фильтр. Определение коэффициента пульсаций. Выбор емкости фильтра.

20. Методика анализа сложных фильтров с использованием понятия коэффициента передачи.

21. ШИМ с искусственной коммутацией напряжения с использованием дополнительного тиристора

22. ШИМ с искусственной коммутацией тока и с использованием дополнительного тиристора

23. Функциональная схема и принцип работы нереверсивного ШИМ на активную нагрузку.

24. Схемные решения выходных каскадов ШИМ на транзисторах.

25. Схема потенциальной развязки выходных каскадов ШИМ от схемы управления.

26. Работа нереверсивного ШИМ на двигательную нагрузку, режимы непрерывного и прерывистого тока.

27. Функциональная схема и принцип работы реверсивного ШИМ с совместным управлением на активную нагрузку.

28.Реверсивный ШИМ с совместным управлением. Работа силовых элементов при активно-индуктивной нагрузке.

29.Функциональная схема и принцип работы реверсивного ШИМ с раздельным управлением на активную нагрузку.

30.Работа реверсивного ШИМ с раздельным управлением на активно-индуктивную нагрузку.

31.Схема и работа повышающего ШИМ.

32.Однофазный мостовой инвертор напряжения на полностью управляемых приборах и активно-индуктивной нагрузке.

33.Однофазный параллельный инвертор тока со средней точкой.

34.Однофазный параллельный инвертор тока со средней точкой и обратными диодами.

35.Формирование выходного напряжения в 3-х фазном автономном мостовом инверторе при угле проводимости 180 градусов.

36.Формирование выходного напряжения в 3-х фазном автономном мостовом инверторе при угле проводимости 120 градусов.

37.Формирование выходного напряжения в 3-х фазном автономном мостовом инверторе при угле проводимости 150 градусов.

38.Процесс запираания тиристоров в 3-х фазном автономном мостовом инверторе при общей коммутирующей цепи.

39.Принцип управления автономным инвертором с синусоидальной широтно-импульсной модуляцией.

40.Принцип работы СИФУ на базе магнитного усилителя. Принцип работы СИФУ на базе фазовращателя.

41.Работа формирователя пилы из напряжения сети в БФИ. Работа компаратора БФИ на транзисторах.

42.Формирователь длительности импульсов на базе блокинг-генератора в транзисторном БФИ.

43.Формирование синусоидального опорного напряжения и напряжения ограничения угла в БФИ.

44.Формирование длительности импульса и работа усилительных каскадов в БФИ на операционных усилителях.

45.Формирование пилю и работа компаратора в БФИ на операционных усилителях.

46.Синхронизация трехфазного мостового тиристорного преобразователя.

47.Уменьшение высших гармоник в инверторе путем суммирования напряжения от нескольких инверторов.

48.Схема с высокочастотным инвертором и переключением отводов трансформатора для снижения высших гармоник.

49.Улучшение качества выходного напряжения с использования фильтра основной гармоники.

50.Улучшение качества выходного напряжения с использования резонансных фильтров.

51.Регулирование переменного напряжения путем коммутации обмоток трансформатора

52.Регулятор переменного напряжения с модуляцией-демодуляцией напряжения

53.Несимметричная двухфазная схема выпрямления (полууправляемый однофазный мост).

54.Несимметричная 6-ти фазная схема выпрямления (полууправляемый трехфазный мост).

55.Импульсный источник питания. Работа блокинг-генератора.

56.Импульсный источник питания. Стабилизация выходного напряжения.

Критерии выставления оценки студенту на экзамене

Баллы (рейтинговой оценки)	Оценка экзамена (стандартная)	Требования к сформированным компетенциям
100 - 86	«отлично»	Оценка «отлично» выставляется студенту, если он твердо знает схемные решения и основные параметры силовых преобразователей, способен рассчитать их силовую часть. Умеет использовать все методы определения выходных и регулировочных характеристик силовых преобразователей. Способен планировать эксперименты по исследованию силовых преобразователей.
85 - 76	«хорошо»	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твердо знает схемные решения и основные параметры силовых преобразователей, способен рассчитать их силовую часть при наличии готовой методики. Умеет использовать один из методов анализа силовых преобразователей. Способен выполнить экспериментальное исследование силовых преобразователей при наличии готовой методики.
75 - 61	«удовлетворительно»	Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет поверхностные знания только основного материала, с трудом выполняет расчеты силовых преобразователей, допускает неточности, испытывает затруднения при выборе электронных приборов.
60 и менее	«неудовлетворительно»	Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки в определениях, не может выполнить расчеты электронных устройств. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.