



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

ИНЖЕНЕРНАЯ ШКОЛА

«СОГЛАСОВАНО»

Руководитель ОП

(подпись)

Чупина К.В.

(Ф.И.О.)

« 28 » ноября 2019 г.

«УТВЕРЖДАЮ»

Директор отделения ММТиТ

(подпись)

Грибиниченко М.В.

(Ф.И.О.)

« 28 » ноября 2019 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Судовая силовая электроника

Специальность: 26.05.07 Эксплуатация судового электрооборудования и средств автоматики

Специализация: «Эксплуатация судового электрооборудования и средств автоматики»

Форма подготовки очная

курс 3 семестр 6

лекции 36 час.

практические занятия 36 час.

лабораторные работы 00 час.

в том числе с использованием МАО лек. 6 / пр. 16 /лаб. 00 час.

всего часов аудиторной нагрузки 72 час.

в том числе с использованием МАО 22 час.

самостоятельная работа 72 час.

в том числе на подготовку к экзамену 27 час.

контрольные работы 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 специальности 26.05.07
Эксплуатация судового оборудования и средств автоматики утвержденного приказом
Министерства образования и науки РФ от 15.03.2018 №193

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

I. Рабочая программа пересмотрена и утверждена на заседании *Отделения машиностроения, морской техники и транспорта* Протокол от « 14 » мая 2021 г. № 9

Рабочая программа, в составе ОПОП, пересмотрена и утверждена на заседании УС Политехнического института (Школы):

Протокол от « 24 » июня 2021 г. № 13

Рабочая программа, в составе ОПОП, пересмотрена и утверждена на заседании УС ДВФУ:

Протокол от « 15 » июля 2021 г. № 08-21

II. Рабочая программа пересмотрена и утверждена на заседании *Отделения машиностроения, морской техники и транспорта* Протокол от « _____ » _____ 20__ г. № _____

Рабочая программа, в составе ОПОП, пересмотрена и утверждена на заседании УС Политехнического института (Школы):

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

Рабочая программа, в составе ОПОП, пересмотрена и утверждена на заседании УС ДВФУ:

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

III. Рабочая программа пересмотрена и утверждена на заседании *Отделения машиностроения, морской техники и транспорта* Протокол от « _____ » _____ 20__ г. № _____

Рабочая программа, в составе ОПОП, пересмотрена и утверждена на заседании УС Политехнического института (Школы):

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

Рабочая программа, в составе ОПОП, пересмотрена и утверждена на заседании УС ДВФУ:

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

IV. Рабочая программа пересмотрена и утверждена на заседании *Отделения машиностроения, морской техники и транспорта* Протокол от « _____ » _____ 20__ г. № _____

Рабочая программа, в составе ОПОП, пересмотрена и утверждена на заседании УС Политехнического института (Школы):

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

Рабочая программа, в составе ОПОП, пересмотрена и утверждена на заседании УС ДВФУ:

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

V. Рабочая программа пересмотрена и утверждена на заседании *Отделения машиностроения, морской техники и транспорта* Протокол от « _____ » _____ 20__ г. № _____

Рабочая программа, в составе ОПОП, пересмотрена и утверждена на заседании УС Политехнического института (Школы):

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

Рабочая программа, в составе ОПОП, пересмотрена и утверждена на заседании УС ДВФУ:

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

Аннотация к рабочей программе дисциплины

«Судовая силовая электроника»

Рабочая программа дисциплины разработана для студентов, обучающихся по специальности 26.05.07 Эксплуатация судового электрооборудования и средств автоматики, специализация «Эксплуатация судового электрооборудования и средств автоматики» и включена в обязательную часть Блока 1. Дисциплины (модули) учебного плана (Б1.О.22).

Общая трудоёмкость освоения дисциплины составляет 144 часа (4 зачётных единиц). Учебным планом предусмотрены лекционные занятия (36 часов, в том числе 6 часов в интерактивной форме), практические занятия (36 часов, в том числе 16 часов в интерактивной форме), самостоятельная работа студентов (72 часа, в том числе 27 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 «Судовая силовая электроника» 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, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы, характеризуют этапы формирования следующих компетенций:

Наименование категории (группы) общепрофессиональных компетенций	Код и наименование универсальной компетенции выпускника	Код и наименование индикатора достижения универсальной компетенции
Естественнонаучная и общинженерная области	ОПК-3. Способен проводить измерения и наблюдения, обрабатывать и представлять экспериментальные данные	ОПК-3.1 Составляет отчеты по учебно-исследовательской деятельности, включая анализ экспериментальных результатов, сопоставления их с известными аналогами
		ОПК-3.2 Формирует демонстрационный материал и представляет результаты своей исследовательской деятельности на научных конференциях, во время промежуточных и итоговых аттестаций

Задача профессиональной деятельности	Объекты или область знания	Код и наименование профессиональной компетенции	Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции
Тип задач профессиональной деятельности: проектный			
Формирование цели проекта (программы), решения задач, критериев и показателей степени достижения целей, построение структуры их взаимосвязей, выявление приоритетов решения задач с учетом системы национальных и международных требований, - разработка обобщенных вариантов решения проблемы, выполнение анализа этих вариантов, прогнозирование последствий, нахождение компромиссных решений.	Проектной деятельности и экспертиз, в том числе аварийных случаях в области судовых электроэнергетических установок и их элементов (главных и вспомогательных)	ПК-4 Способен разрабатывать техническую документацию для испытаний судового оборудования и систем	ПК-4.1. Знание регулировки судового оборудования и систем, а также производство подготовительных работ при швартовных и ходовых испытаниях
			ПК-4.2. Умеет оформлять техническую

Задача профессиональной деятельности	Объекты или область знания	Код и наименование профессиональной компетенции	Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции
Разработка проектов объектов профессиональной деятельности с учетом физико-технических, механико-технологических, эстетических, экологических и экономических требований. Использование информационных технологий при проектировании, разработке и эксплуатации новых видов транспортного оборудования, а также транспортных предприятий. Участие в разработке проектов технических условий и требований, стандартов и технических описаний, нормативной документации для новых объектов профессиональной деятельности.			документацию для проведения испытаний судового оборудования и систем

2. Трудоёмкость дисциплины и видов учебных занятий по дисциплине

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 4 зачётных единицы (144 академических часа).

(1 зачетная единица соответствует 36 академическим часам)

Видами учебных занятий и работы обучающегося по дисциплине являются:

Обозначение	Виды учебных занятий и работы обучающегося
Лек	Лекции
Пр	Практические занятия
СР	Самостоятельная работа обучающегося в период теоретического обучения
Контроль	Самостоятельная работа обучающегося и контактная работа обучающегося с преподавателем в период промежуточной аттестации

Структура дисциплины:

Форма обучения – очная.

№	Наименование раздела дисциплины	Семестр	Количество часов по видам учебных занятий и работы обучающегося					Формы промежуточной аттестации	
			Лек	Лаб	Пр	ОК	СР		Контроль
1	Раздел I. Общие сведения о силовых преобразователях	6	4		4		45	27	УО-1

2	Раздел II. Выпрямители	6	14		14			
3	Раздел III. Преобразователи постоянного напряжения	6	4		4			
4	Раздел IV. Автономные инверторы напряжения и преобразователи частоты	6	8		8			
5	Раздел V. Управление силовыми преобразователями	6	6		6			
	Итого:		36		36		45	27

I. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА

(36 часов, в том числе 6 часов в интерактивной форме)

Раздел I. Общие сведения о силовых преобразователях (4 час.)

Тема 1. Введение (1 час)

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

Тема 2. Методы анализа работы преобразовательных устройств (3 часа)

1. Метод припасовывания.
2. Метод эквивалентного источника.
3. Гармонический анализ.

Раздел II. Выпрямители (14 часов, в том числе 6 часов в интерактивной форме – Проблемная лекция)

Тема 1. Неуправляемые и управляемые двухфазные схемы выпрямления (4 часа, в том числе 2 часа в интерактивной форме – Проблемная лекция)

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, в том числе 2 часа в интерактивной форме – Проблемная лекция)

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, в том числе 2 часа в интерактивной форме – Проблемная лекция)

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)

Тема 1. Понижающие широтно-импульсные модуляторы (ШИМ) (2 часа)

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)

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

Раздел IV. Автономные инверторы напряжения и преобразователи частоты (8 часов)

Тема 1. Инверторы на полностью управляемых элементах (4 часа)

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 (36 часов, в том числе 16 часов в интерактивной форме)

Практические занятия (36 часов, в том числе 16 часов в интерактивной форме)

Занятие 1. Применение метода припасовывания (4 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 (4 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 (4 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 (4 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 (4 часа). Занятие с использованием интерактивного метода обучения – «групповая консультация».

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 (8 часов)

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 (8 часов)

Перечень рассматриваемых вопросов:

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

III. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся по дисциплине «Судовая 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

№	Дата/сроки выполнения	Вид самостоятельной работы	Примерные нормы времени на выполнение	Форма контроля
1.	2 неделя	опрос	3	УО-1 Собеседование
2.	4 неделя	Выполнение практического задания	6	ПР-11 кейс-задача
3.	6 неделя	опрос	3	УО-1 Собеседование
4.	8 неделя	Выполнение практического задания	6	ПР-11 кейс-задача
5.	10 неделя	опрос	3	УО-1 Собеседование
6.	12 неделя	Выполнение практического задания	6	ПР-11 кейс-задача
7.	14 неделя	опрос	3	УО-1 Собеседование
8.	18 неделя	Защита КП	15	ПР-9 курсовой проект
		Экзамен	27	УО-1 Собеседование

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	ОПК-3.1 Составляет отчеты по учебно-исследовательской деятельности, включая анализ эксперимента	знает правила оформления отчетов по учебно-исследовательской деятельности по результатам выполненной работы в соответствии с требованиями нормативно-технической документации	УО-1 собеседование	Вопросы 1,2
			Умеет самостоятельно		УО-1

		льных результатов, сопоставлены их с известными аналогами	выполнять научно-практическое задание для решения конкретных задач исследовательского характера в профессиональной области	собеседование	
			Обладает навыками осознанно совершать действия по поиску, отбору, переработке, анализу, проектированию и подготовке результатов учебно-исследовательской деятельности	УО-1 собеседование	Вопросы 1-3
2	Раздел II. Выпрямители	ОПК-3.2 Формирует демонстрационный материал и представляет результаты своей исследовательской деятельности на научных конференциях, во время промежуточных и итоговых аттестаций	Знает основные способы проведения измерений	УО-1 собеседование	Вопросы 4-7, 10-13
			Умеет обрабатывать экспериментальные данные с использованием программных продуктов	УО-1 собеседование	Вопросы 8, 9, 18,19
			Владеет навыками проводить измерения и обрабатывать экспериментальные данные	ПР-9 курсовой проект	Вопросы 8, 9, 14-17, 20
3	Раздел III. Преобразователи постоянного напряжения	ПК-4.1. Знание регулировки судового оборудования и систем, а также производство подготовительных работ при швартовых и ходовых испытаниях	Знает методы монтажа, регулировки и наладки судового оборудования и устройств	УО-1 собеседование	Вопросы 21-31
			Умеет выбирать методы испытаний судового оборудования в соответствии с техническими условиями, заданием и конструкторской документацией	ПР-11 кейс-задача	Вопросы 21-31
			Владеет навыками обработки и представления результатов испытаний технологического и вспомогательного оборудования, а также выявлять причины неисправности отдельных деталей узлов, механизмов, систем по результатам проведенного анализа и выполненных расчетов	ПР-11 кейс-задача	Вопросы 21-31
4	Раздел IV. Автономные инверторы напряжения и	ПК-4.2. Умеет оформлять техническую	Знает порядок ведения, оформления, подготовки технической, конструкторской	УО-1 собеседование	Вопросы 32-37

	преобразователи частоты (ПЧ)	документацию для проведения испытаний судового оборудования и систем	документации и журналов, требования руководящих документов		
			Умеет читать проектную, конструкторскую и технологическую документацию, в том числе с использованием цифровых устройств	ПР-11 кейс-задача	Вопросы 32-39
			Владеет навыками ведения технической документации в ходе проведения монтажа, наладки и испытаний судового оборудования и систем корабля (судна, плавучего сооружения)	ПР-11 кейс-задача	Вопросы 32-37, 47-56
5	Раздел V. Управление силовыми преобразователями	ОПК-3.1 Составляет отчеты по учебно-исследовательской деятельности, включая анализ экспериментальных результатов, сопоставления их с известными аналогами	знает правила оформления отчетов по учебно-исследовательской деятельности по результатам выполненной работы в соответствии с требованиями нормативно-технической документации	УО-1 собеседование	Вопросы 40-46
			Умеет самостоятельно выполнять научно-практическое задание для решения конкретных задач исследовательского характера в профессиональной области	ПР-9 курсовой проект	Вопросы 40-46
			Обладает навыками осознанно совершать действия по поиску, отбору, переработке, анализу, проектированию и подготовке результатов учебно-исследовательской деятельности	ПР-11 кейс-задача	Вопросы 40-46

Типовые контрольные задания, методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности, а также критерии и показатели, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и характеризующие этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы, представлены в VIII разделе.

V. СПИСОК УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ И ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Основная литература

1. Семенов Б.Ю. Судовая 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. Судовая 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) (о) ISBN 978-5-16-011120-9 - Режим доступа: <http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=Znanium:Znanium-550765&theme=FEFU>

3. Семенов, Б. Ю. Судовая 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>

Дополнительная литература

1. Семенов Б.Ю. Судовая 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. 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>

3. 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

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) «Судовая 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 «Судовая 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

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания (результата обучения по дисциплине)
ОПК-3.1 Составляет отчеты по учебно-исследовательской деятельности, включая анализ экспериментальных результатов, сопоставления их с известными аналогами	знает правила оформления отчетов по учебно- исследовательской деятельности по результатам выполненной работы в соответствии с требованиями нормативно- технической документации
	Умеет самостоятельно выполнять научно-практическое задание для решения конкретных задач исследовательского характера в профессиональной области
	Обладает навыками осознанно совершать действия по поиску, отбору, переработке, анализу, проектированию и подготовке результатов учебно-исследовательской деятельности
ОПК-3.2 Формирует демонстрационный материал и представляет результаты своей исследовательской деятельности на научных конференциях, во время промежуточных и итоговых	Знает основные способы проведения измерений
	Умеет обрабатывать экспериментальные данные с использованием программных продуктов
	Владеет навыками проводить измерения и обрабатывать экспериментальные данные

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания (результата обучения по дисциплине)
аттестаций	

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания (результата обучения по дисциплине)
ПК-4.1. Знание регулировки судового оборудования и систем, а также производство подготовительных работ при швартовных и ходовых испытаниях	Знает методы монтажа, регулировки и наладки судового оборудования и устройств
	Умеет выбирать методы испытаний судового оборудования в соответствии с техническими условиями, заданием и конструкторской документацией
	Владеет навыками обработки и представления результатов испытаний технологического и вспомогательного оборудования, а также выявлять причины неисправности отдельных деталей узлов, механизмов, систем по результатам проведенного анализа и выполненных расчетов
ПК-4.2. Умеет оформлять техническую документацию для проведения испытаний судового оборудования и систем	Знает порядок ведения, оформления, подготовки технической, конструкторской документации и журналов, требования руководящих документов
	Умеет читать проектную, конструкторскую и технологическую документацию, в том числе с использованием цифровых устройств
	Владеет навыками ведения технической документации в ходе проведения монтажа, наладки и испытаний судового оборудования и систем корабля (судна, плавучего сооружения)

Методические рекомендации, определяющие 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 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 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.

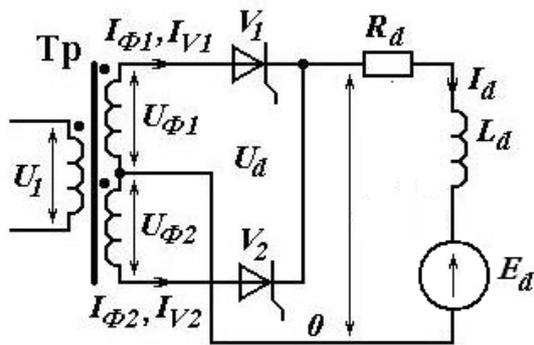
85-76 баллов – ответ, обнаруживающий прочные знания основных процессов изучаемой предметной области, отличается глубиной и полнотой раскрытия темы; владение терминологическим аппаратом; умение объяснять сущность, явлений, процессов, событий, делать выводы и обобщения, давать аргументированные ответы, 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.

Кейс-задачи

Задача 1-1



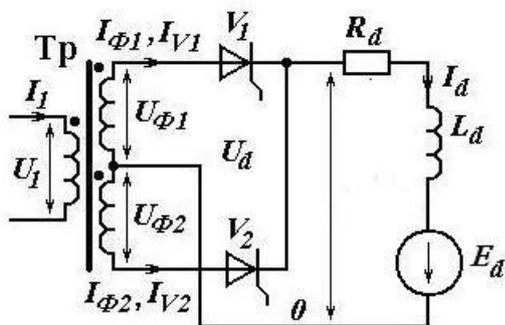
Преобразователь со схемой соединения рис. 1-1, питает нагрузку, состоящую из резистора с сопротивлением R_d , реактора с индуктивностью L_d и противо-ЭДС E_d . Каково должно быть значение индуктивности L_d для обеспечения режима непрерывного тока?

Рис. 1-1 Двухфазная нулевая схема выпрямления

Дано: $U_{\phi} - U_{\phi 1} = U_{\phi 2} = 220$ В, $E_d = 62.5$ В, $R_d = 1$ Ом, $\alpha = 60^\circ$, $f = 50$ Гц.

Определить среднее значение тока нагрузки. Трансформатор и вентили идеальные.

Задача 1-2

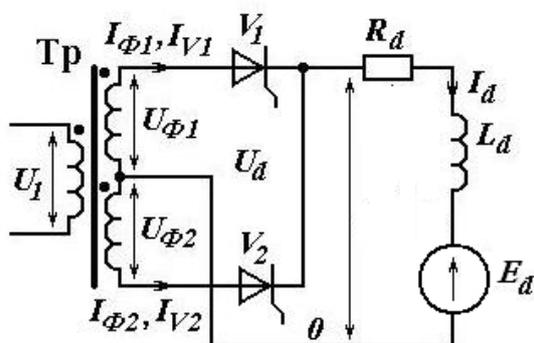


Построить кривые и определить значения выпрямленного напряжения U_d , выпрямленного тока I_d и действующих значений токов сетевой и вентильной обмоток преобразовательного трансформатора в схеме, показанной на рис. 1-2. Трансформатор и вентили идеальные,

Рис. 1-2 Двухфазная нулевая схема выпрямления

Дано: $U_{\phi} = U_{\phi 1} = U_{\phi 2} = 220$ В, $E_d = 200$ В, $R_d = 1$ Ом, $\alpha = 150^\circ$, $f = 50$ Гц, $L_d = \infty$.

Задача 1-3



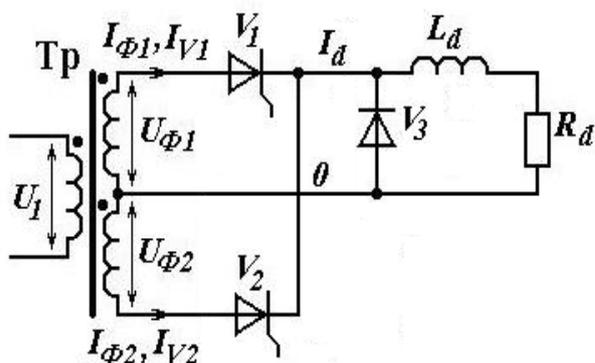
Резистор с сопротивлением $R_d = 0.2$ Ом и сглаживающий реактор с индуктивностью $L_d = \infty$, присоединены к цепи постоянного тока преобразователя

со схемой соединения рис. 1-3, работающего в инверторном режиме.

Рис. 1-2 Двухфазная нулевая схема выпрямления

Какой угол управления должен быть установлен, чтобы противо-ЭДС источника постоянного тока равнялась $E_d=80$ В, а среднее значение выпрямленного тока было 200 А? Напряжение вентильной полуобмотки трансформатора $U_{\phi 1}=U_{\phi 2}=200$ В, индуктивность коммутации $L_d=1$ мГн. Вентили и электрическая монтажная схема идеальные. Определить угол коммутации α . Построить кривые тока в одном тиристоре и напряжения на его выводах для вычисленного угла управления и коммутации.

Задача 1-4

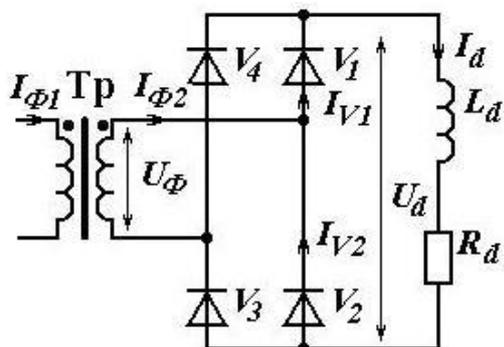


Управляемый выпрямитель со схемой соединений рис. 1-4 и шунтирующим диодом работает на нагрузку, состоящую из последовательно соединенных реактора с индуктивностью $L_d=\infty$ и резистора с сопротивлением $R_d=20$ Ом. Действующее значение напряжения вентильной обмотки идеального трансформатора $U_{\phi 1}=U_{\phi 2}=110$ В, угол управления $\alpha=30^\circ$.

Рис. 1-4 Двухфазная нулевая схема выпрямления с шунтирующим диодом

Построить: кривые выпрямленного напряжения, токов двух тиристоров и тока шунтирующего диода. Вентили идеальные. Определить средние токи тиристора и шунтирующего диода

Задача 1-5



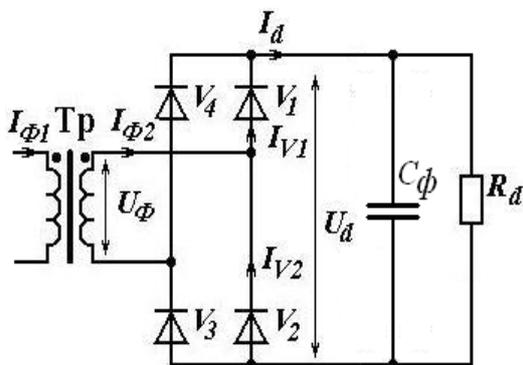
Построить кривые выпрямленного напряжения U_d и тока нагрузки I_d для однофазной мостовой схемы, показанной на рис. 1-5, а также кривую тока $I_{\phi 2}$ вентильной

обмотки трансформатора. Определить среднее значения тока нагрузки I_d и тока диода $I_{V,CP}$, действующее значения тока диода $I_{V,\Delta\Phi}$ и тока $I_{\Phi 1}$, а также угол коммутации \square при условии, что $U = 110$ В, $R_d = 5$ Ом, $f = 50$ Гц, вентили идеальные,

Рис. 1-5 Двухфазная мостовая неуправляемая схема выпрямления

а) $L_d = 0$, $L_\Phi = 0$ мГн, б) $L_d = \infty$, $L_\Phi = 0$ мГн, в) $L_d = \infty$, $L_\Phi = 2$ мГн.

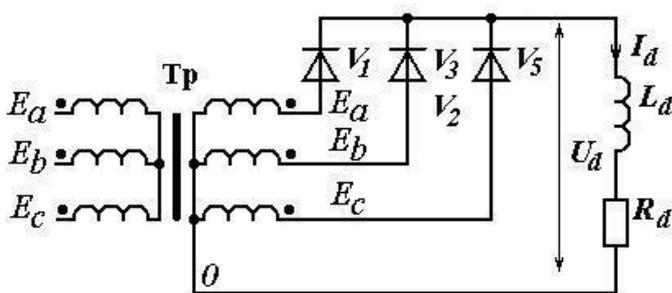
Задача 1-6



Построить кривые выпрямленного напряжения U_d и тока нагрузки I_d для однофазной мостовой схемы, показанной на рис. 1-6, а также кривую тока $I_{\Phi 2}$ вентильной обмотки трансформатора. Определить угол отсечки ε , среднее значения тока нагрузки I_d и тока диода

$I_{V,CP}$, действующее значения тока диода $I_{V,\Delta\Phi}$ и тока $I_{\Phi 1}$, при условии: $U_\Phi = U_{\Phi 1} = U_{\Phi 2} = 220$ В, $R_d = 20$ Ом, $f = 50$ Гц, $C_\Phi = 0.01$ Ф, $R_\Phi = 0.2$ Ом.

Задание 1-7



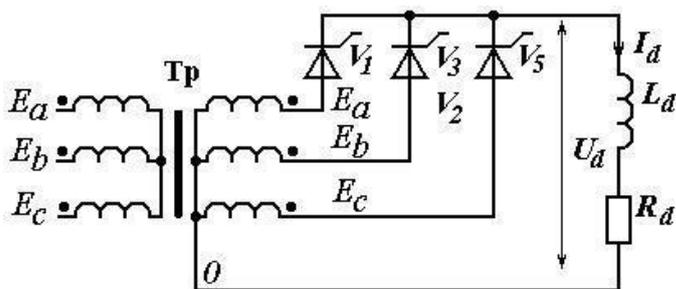
Определить коэффициент пульсаций напряжения U_d . Рассчитать величину индуктивности L_d , обеспечивающую коэффициент пульсаций q_H напряжения на

нагрузке R_d .

Дано: $U_\Phi = 220$ В, $R_d = 10$ Ом, $q_H = 0.02$, $f = 50$ Гц.

Построить диаграммы напряжения u_d и напряжения на нагрузке R_d .

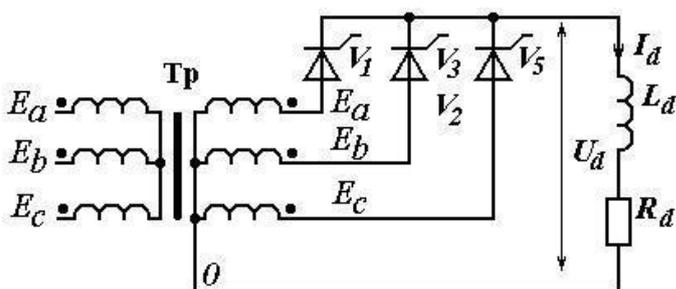
Задание 1-8



Построить диаграммы напряжения U_d , тока I_d , тока тиристора, тока первичной обмотки трансформатора. Рассчитать среднее значение напряжения U_d , среднее значение

тока I_d , среднее и действующее значение тока тиристора I_{V1} . Тиристоры и трансформатор идеальны. Трансформатор обладает единичным коэффициентом трансформации. Дано: $U_\phi=220$ В, $\alpha = 45^\circ$, $R_d=50$ Ом, $L_d = \infty$.

Задание 1-9

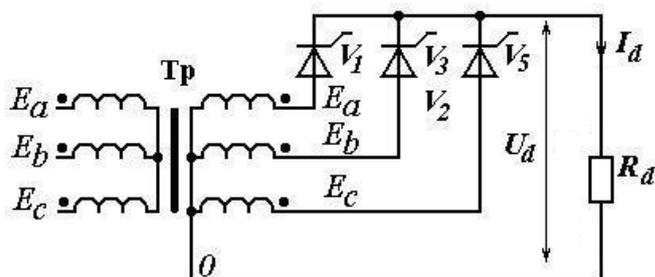


Построить диаграммы напряжения U_d , тока I_d , тока тиристора, тока первичной обмотки трансформатора. Рассчитать угол коммутации γ , среднее значение напряжения U_d ,

среднее значение тока I_d , среднее значение тока тиристора I_{V1} . Тиристоры и трансформатор идеальны. Трансформатор обладает единичным коэффициентом трансформации.

Дано: $U_\phi=110$ В, $\alpha = 45^\circ$, $R_d=30$ Ом, $L_d = \infty$, индуктивность фазы трансформатора $L_a = 10$ мГн.

Задание 1-10

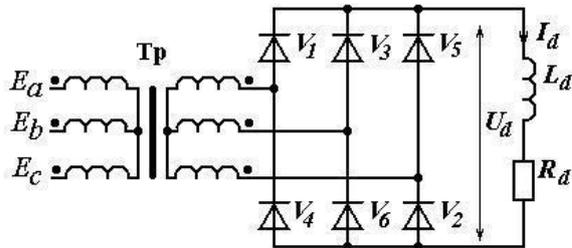


Построить диаграммы напряжения U_d , тока I_d , тока тиристора, тока первичной обмотки трансформатора. Рассчитать среднее значение напряжения U_d , среднее значение тока I_d , среднее

значение тока тиристора I_{V1} действующее значение тока первичной обмотки трансформатора. Тиристоры и трансформатор идеальны. Трансформатор обладает единичным коэффициентом трансформации.

Дано: $U_\phi=220$ В, $\alpha = 80^\circ$, $R_d=20$ Ом.

Задание 1-11

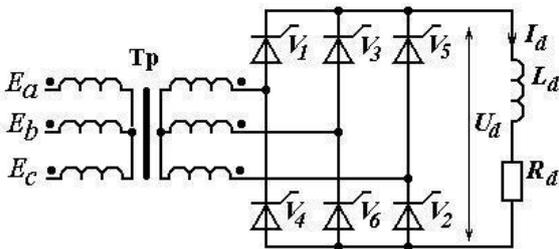


Определить коэффициент пульсаций напряжения U_d . Рассчитать величину индуктивности L_d , обеспечивающую коэффициент пульсаций q_H напряжения на нагрузке R_d .

Дано: $U_\phi=220$ В, $R_d=10$ Ом, $q_H=0.01$.

Построить диаграммы напряжения u_d и напряжения на нагрузке R_d .

Задание 1-12



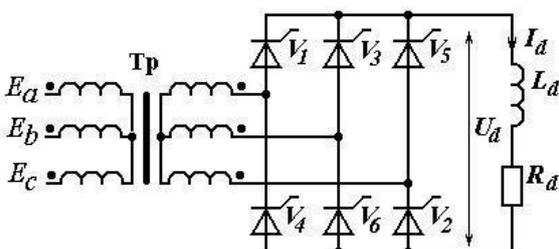
Построить диаграммы напряжения U_d , тока I_d , тока тиристора, тока первичной обмотки трансформатора. Рассчитать среднее значение напряжения U_d , среднее значение тока I_d , среднее и действующее значение тока тиристора

I_{V1} и действующее значение тока первичной обмотки трансформатора.

Тиристоры и трансформатор идеальны. Трансформатор обладает единичным коэффициентом трансформации.

Дано: $U_\phi=110$ В, $\alpha = 60^\circ$, $R_d=15$ Ом, $L_d = 0$.

Задание 1-13

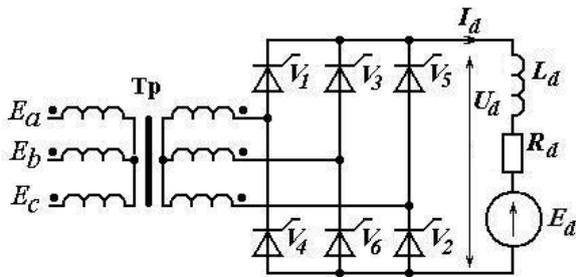


Построить диаграммы напряжения U_d , тока I_d , тока тиристора, тока первичной обмотки трансформатора. Рассчитать среднее значение напряжения U_d , среднее значение тока I_d , среднее и действующее значение тока тиристора

I_{VI} и действующее значение тока первичной обмотки трансформатора. Тиристоры и трансформатор идеальны. Трансформатор обладает единичным коэффициентом трансформации.

Дано: $U_{\phi}=220$ В, $\alpha = 70^\circ$, $R_d=10$ Ом, $L_d = \infty$.

Задание 1-14

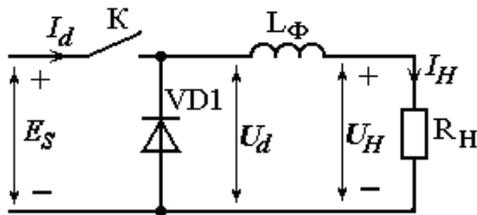


Построить диаграммы напряжения U_d , тока I_d , тока тиристора, тока первичной обмотки трансформатора. Рассчитать среднее значение напряжения U_d , среднее значение тока I_d , среднее и действующее значение тока тиристора I_{VI} и действующее значение тока первичной

обмотки трансформатора. Тиристоры и трансформатор идеальны. Трансформатор обладает единичным коэффициентом трансформации.

Дано: $U_{\phi}=220$ В, $\alpha = 70^\circ$, $R_d=10$ Ом, $E_d=90$, $L_d = \infty$

Задание 2-1а

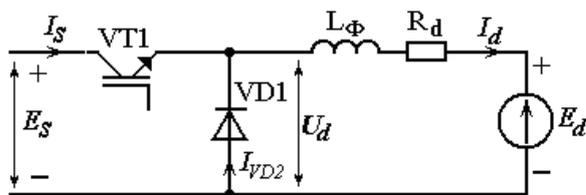


Определить напряжение U_d , амплитуду первой гармоники и коэффициент пульсаций q_d напряжения U_d , индуктивность L_{ϕ} , обеспечивающую коэффициент пульсаций q_H на сопротивлении R_H ,

значения токов I_{d0} , I_{dK} .

Дано: $E_S=100$ В, $R_H=25$ Ом, $\gamma = 0.3$, $q_H=0.1$, $f=2000$ Гц.

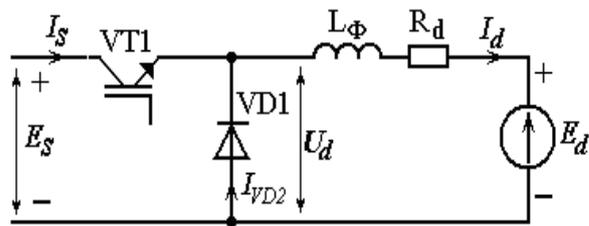
Задание 2-2а



Найти: напряжение U_d , Э.Д.С. E_d , токи I_{d2p} , I_{d0} , I_{dK} .

Дано: $E_S=150$ В, $R_d=0,5$ Ом, $\gamma = 0.6$, $L_{\phi}=0.01$ Гн, $f=2000$ Гц.

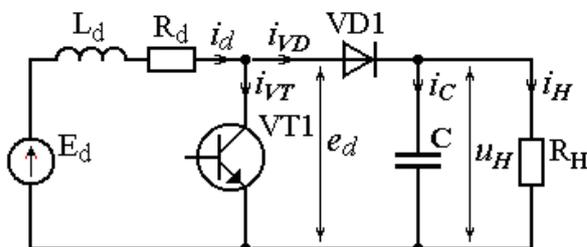
Задание 2-3а Дано: $E_S=100$ В, $R_d=1$ Ом, $\gamma = 0.8$, $E_d=70$ В $f=2000$ Гц.



Индуктивность L_ϕ обеспечивает граничный ток. Найти: напряжение U_d , токи $I_{dзр}$, I_{d0} , I_{dK} , индуктивность L_ϕ обеспечивающую

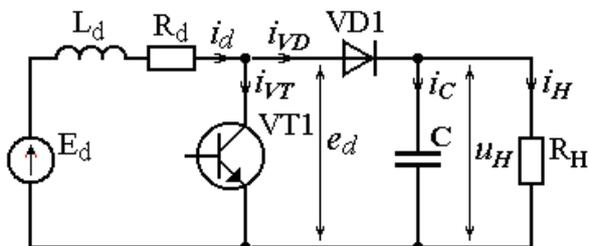
граничный ток.

Задание 2-4а Дано: $E_d=250$ В, $R_d=0.4$ Ом, $\gamma = 0.6$, $R_H=20$, $C=0.001$, $f=1000$ Гц.



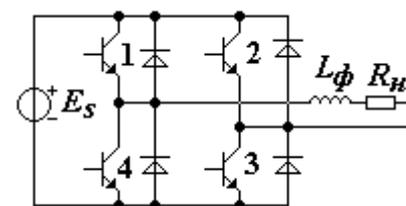
Найти: средний ток и среднее напряжение на нагрузке, средний ток I_d и его первую гармонику, коэффициент пульсаций напряжения нагрузки.

Задание 2-5а Дано: $E_d=150$ В, $R_d=0.5$ Ом, $I_d=25$, $U_H=250$.



Найти: относительную длительность включения транзистора \square , ток нагрузки I_H , сопротивление нагрузки R_H .

Задание 3-1а Дано: $E_s=200$ В; $R_H=10$ Ом; $L_\phi=0,01$ Гн; $f=50$ Гц. Для схемы рис.1, при включении транзисторов согласно рис.2:



1. Построить временные диаграммы напряжения и тока при активно-индуктивной нагрузке.
2. Показать примерные интервалы работы диодов.
3. Вычислить первые гармоники напряжения и тока нагрузки.

Рис.1

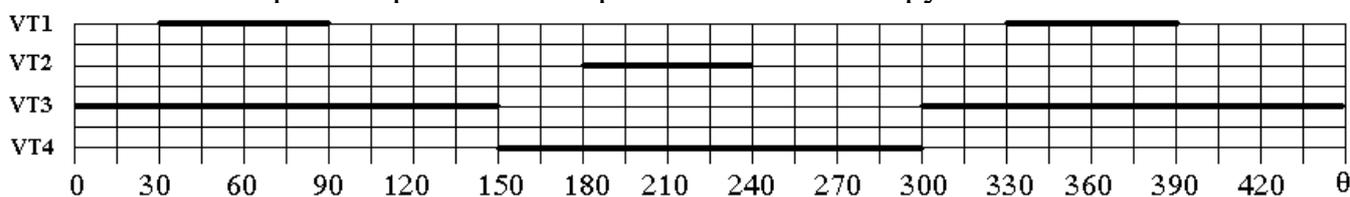


Рис.2

Задание 3-2а Дано: $E_S=300$ В; $R_H=5$ Ом; $L_\phi=0,01$ Гн; $f=100$ Гц. Для схемы рис.1, при включении транзисторов согласно рис.2:

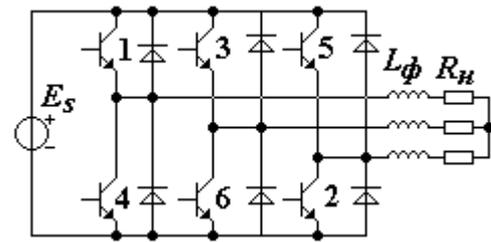


Рис.1

1. Построить временные диаграммы фазного напряжения и фазного тока при активно-индуктивной нагрузке.
2. Показать примерные интервалы работы диодов.
3. Вычислить первые гармоники фазного напряжения и тока нагрузки.



Рис.2

Задание 3-3а Дано: $E_S=200$ В; $R_H=40$ Ом; $L_\phi=0,01$ Гн; $f=20$ Гц. Для схемы рис.1, при включении транзисторов согласно рис.2:

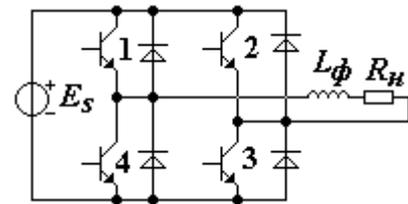


Рис.1

1. Построить временные диаграммы напряжения и тока нагрузки при активно-индуктивной нагрузке.
2. Показать примерные интервалы работы диодов.
3. Вычислить первые гармоники фазных напряжения и тока нагрузки

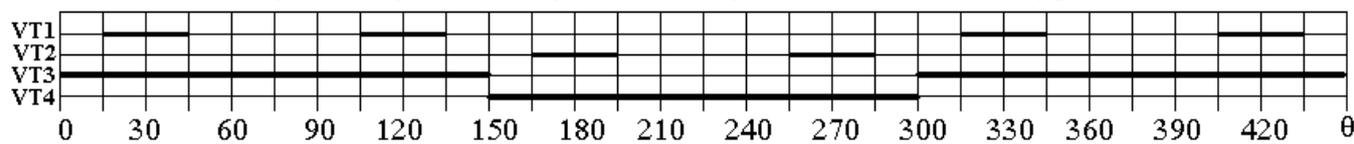


Рис. 2

Задание 3-4а Дано: $E_S=200$ В; $R_H=10$ Ом; $L_\phi=0,01$ Гн; $f=75$ Гц. Для схемы рис.1, при включении транзисторов согласно рис.2:

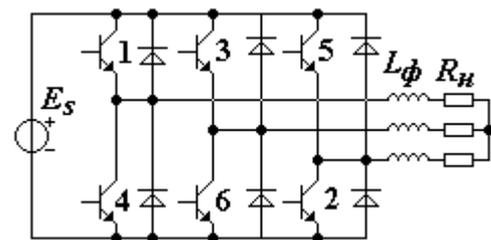


Рис.1

1. Построить временные диаграммы напряжения и тока нагрузки при активно-индуктивной нагрузке.
2. Показать примерные интервалы работы диодов.
3. Вычислить первые гармоники фазных напряжения и тока нагрузки

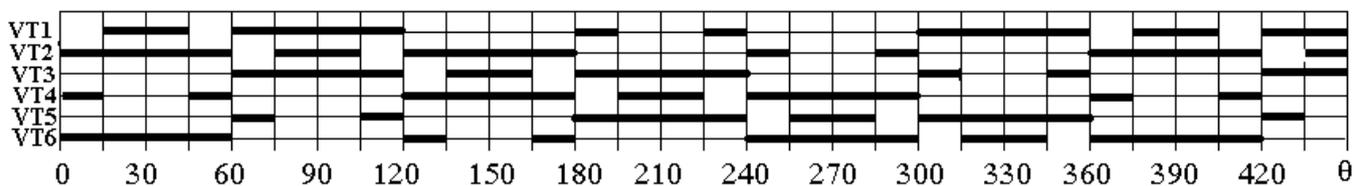
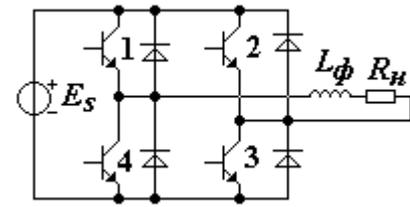


Рис. 2

Задание 3-5а Дано: $E_S=300$ В; $R_H=20$ Ом; $L_\phi=0,01$ Гн; $f=40$ Гц. Для схемы рис.1, при включении транзисторов согласно рис.2:



4. Построить временные диаграммы напряжения и тока при активно-индуктивной нагрузке.
5. Показать примерные интервалы работы диодов.
6. Вычислить первые гармоники напряжения и тока нагрузки.

Рис.1

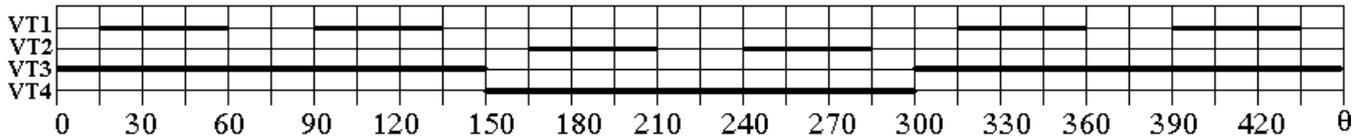
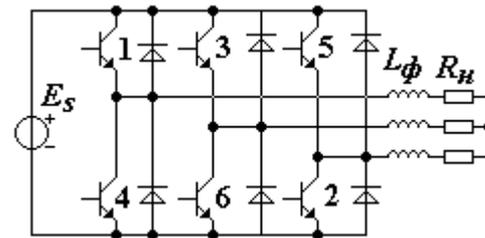


Рис. 2

3-6а Дано: $E_S=300$ В; $R_H=20$ Ом; $L_\phi=0,01$ Гн; $f=100$ Гц. Для схемы рис.1, при включении транзисторов согласно рис.2:



4. Построить временные диаграммы фазного напряжения и фазного тока при активно-индуктивной нагрузке.
5. Показать примерные интервалы работы диодов.
6. Вычислить первые гармоники фазных напряжения и тока нагрузки.

Рис.1

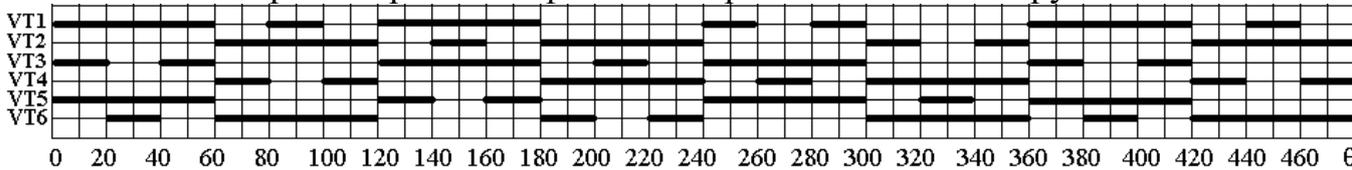
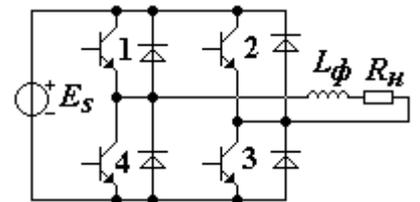


Рис. 2

Задание 3-7а Дано: $E_S=200$ В; $R_H=20$ Ом; $L_\phi=0,01$ Гн; $f=30$ Гц. Для схемы рис.1 при временной диаграмме рис.2 составить логические уравнения для управления транзисторами VT1-VT4 и замыкания нагрузки в паузе. Для управления использовать выходы дешифратора Q0-Q11. Построить диаграммы включения транзисторов. Рис.1



Рассчитать первую гармонику напряжения и тока нагрузки.

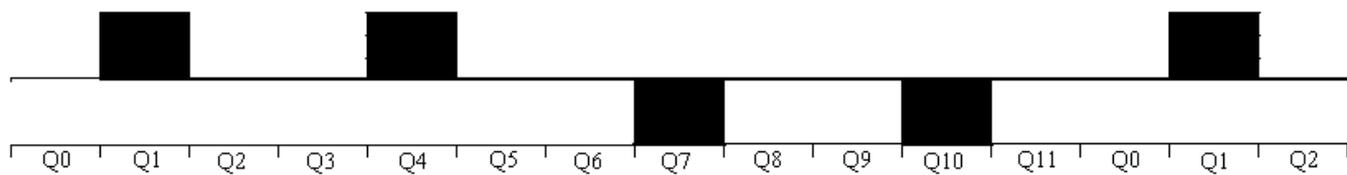
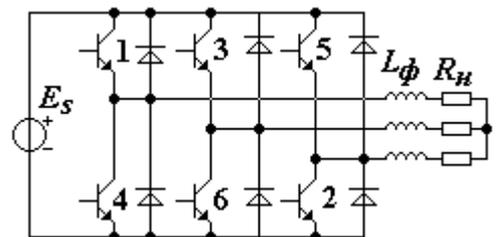


Рис.2

Задание 3-8а Дано: $E_S=300$ В; $R_H=20$ Ом; $L_\phi=0,01$ Гн; $f=40$ Гц. Для схемы рис.1 при временной диаграмме фазного напряжения рис.2:



1. Построить диаграммы включения транзисторов VT1-VT6 при замыкания нагрузки в паузе.
2. Рассчитать первую гармонику напряжения и тока нагрузки.

Рис.1

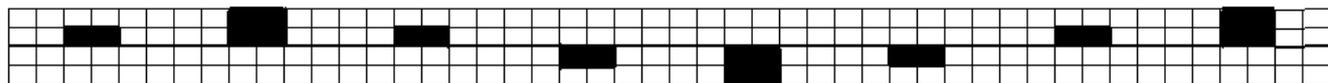
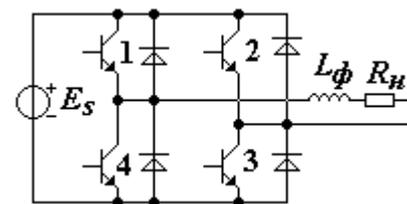


Рис.2

Задание 3-9а Дано: $E_S=100$ В; $R_H=10$ Ом; $L_\phi=0,02$ Гн; $f=50$ Гц. Уравнения включения транзисторов:

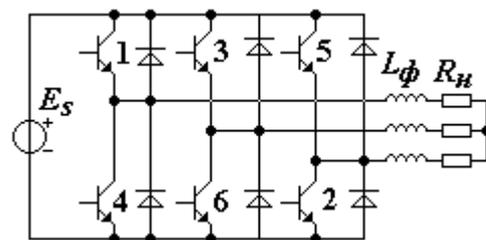


$$VT1=Q0+Q1+Q2+Q3+Q4+Q5; VT3=Q0+Q2+Q4;$$

$$VT2=Q6+Q7+Q8+Q9+Q10+Q11; VT4=Q6+Q8+Q10$$

1. Построить временные диаграммы включения транзисторов, напряжение и примерный ток нагрузки.
2. Рассчитать первую гармонику напряжения и тока нагрузки.

Задание 3-10а Дано: $E_S=300$ В; $R_H=5$ Ом; $L_\phi=0,01$ Гн; $f=75$ Гц. Для схемы рис.1, при включении транзисторов согласно рис.2:



4. Построить временные диаграммы напряжения и тока нагрузки при активно-индуктивной нагрузке.
5. Показать примерные интервалы работы диодов.
6. Вычислить первые гармоники фазных напряжения и тока нагрузки

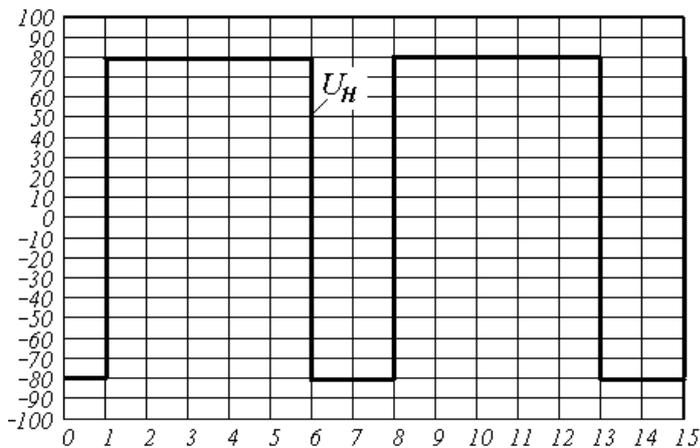
Рис.1



Рис. 2

Задание 2-6а Дано: $f=2000$ Гц, $R_H=5$ Ом

Найти среднее значение напряжения U_H и амплитуду первой гармоники $U_{H(1)}$, ток нагрузки I_H .



Курсовой проект по дисциплине «Силовая преобразовательная техника» выполняется в 6 семестре.

Цель работы: привить практические навыки расчета силовых электронных схем.

Тема курсового проекта: «Расчет силового управляемого выпрямителя».

Содержание курсового проекта:

- 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 курсовому проекту «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 курсового проекта 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. 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 «Судовая 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 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 запирающих 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 пины 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 пины 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 (рейтингов ой оценки)	Оценка экзамена (стандартная)	Требования к сформированным компетенциям <i>Дописать оценку в соответствии с компетенциями. Привязать к дисциплине</i>
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.
-------------------	------------------------------	--