

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Вишневский Дмитрий Александрович
Должность: Ректор
Дата подписания: 04.10.2023 11:35:00
Уникальный программный ключ:
03474917c4d012283e5ad996a48a5e70bf8da057

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
(МИНОБРНАУКИ РОССИИ)

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ДОНБАССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «ДонГТУ»)

Факультет информационных технологий и автоматизации производственных процессов
Кафедра электроники и радиофизики



УТВЕРЖДАЮ

И.о. проректора по учебной работе

Д.В. Мулов

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Электронные силовые преобразовательные устройства

(наименование дисциплины)

11.03.03 Конструирование и технология электронных средств

(код, наименование направления)

Информационные технологии проектирования электронных устройств

(профиль подготовки)

Квалификация бакалавр

(бакалавр/специалист/магистр)

Форма обучения очная, очно-заочная, заочная

(очная, очно-заочная, заочная)

1 Цели и задачи изучения дисциплины

Цели дисциплины: Целью дисциплины является теоретическая подготовка в области методов анализа и синтеза преобразовательной техники.

Задачи изучения дисциплины: Задачи дисциплины: овладение навыками разработки моделирования и обслуживания силовых полупроводниковых преобразователей и систем управления.

Дисциплина направлена на формирование:

- универсальной компетенции (УК-2);
- профессиональных компетенций (ПК-4, ПК-5) выпускника.

2 Место дисциплины в структуре ОПОП ВО

Логико-структурный анализ дисциплины – дисциплина входит в часть БЛОКА 1 «Дисциплины (модули)», формируемую участниками образовательного процесса основной профессиональной образовательной программы подготовки бакалавров по направлению 11.03.03 «Конструирование и технология электронных средств» (профиль подготовки «Информационные технологии проектирования электронных устройств»).

Дисциплина реализуется кафедрой электроники и радиофизики.

Основывается на базе дисциплин: «Высшая математика», «Физика», «Физические основы электроники», «Твердотельная электроника», «Теоретические основы электротехники», «Схемотехника аналоговых устройств», «Методы анализа и расчета электронных схем», «Метрология, стандартизация и сертификация», «Основы силовой преобразовательной техники».

Является основой для изучения дисциплин: «Системы электропитания», «Электромагнитная совместимость электронных устройств и систем», приобретенные знания используются при прохождении производственных практик, для подготовки к процедуре защиты и защиты ВКР.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 10 зачетных единиц, 360 ак.ч. Программой дисциплины для очной формы обучения предусмотрены лекционные (72 ак.ч.), практические (36 ак.ч.) и лабораторные (72 ак.ч.) занятия и самостоятельная работа студента (114 ак.ч.).

Для очно-заочной формы обучения программой предусмотрены: лекционные (28 ак.ч.), практические (8 ак.ч.) и лабораторные (16 ак.ч.) занятия и самостоятельная работа студента (318 ак.ч.).

Для заочной формы обучения программой предусмотрены: лекционные (14 ак.ч.), практические (4 ак.ч.) и лабораторные (8 ак.ч.) занятия и самостоятельная работа студента (334 ак.ч.).

Дисциплина изучается на 3 и 4 курсе в 6 и 7 семестрах при очной форме обучения и в 7 и 8 семестрах при очно-заочной и заочной формах обучения. Форма промежуточной аттестации – экзамен и дифференцированный зачет в 6 семестре, экзамен и дифференцированный зачет в 7 семестре.

3 Перечень результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП ВО

Процесс изучения дисциплины «Электронные силовые преобразовательные устройства» направлен на формирование компетенций, представленных в таблице 1.

Таблица 1 – Компетенции, обязательные к освоению

Содержание компетенции	Код компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений	УК-2	УК-2.1. Знает: виды ресурсов и ограничений для решения профессиональных задач; основные методы оценки разных способов решения задач; действующее законодательство и правовые нормы, регулирующие профессиональную деятельность УК-2.2. Умеет: проводить анализ поставленной цели и формулировать задачи, которые необходимо решить для ее достижения; анализировать альтернативные варианты для достижения намеченных результатов; использовать нормативно-правовую документацию в сфере профессиональной деятельности УК-2.3. Владеет: методиками разработки цели и задач проекта; методами оценки потребности в ресурсах, продолжительности и стоимости проекта; навыками работы с нормативно-правовой документацией.
Способен выполнять расчет и проектирование электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизированного проектирования	ПК-4	ПК-4.1. Формулирует цели и задачи проектирования электронных средств ПК-4.2. Знает принципы конструирования отдельных узлов и блоков электронных приборов ПК-4.3. Проводит оценочные расчеты характеристик электронных приборов ПК-4.4. Осуществляет расчет основных показателей надежности электронных устройств ПК-4.5. Выбирает тип элементов электронных схем с учетом технических требований к разрабатываемому устройству ПК-4.6. Демонстрирует навыки подготовки принципиальных и монтажных электрических схем
Способен осуществлять контроль соответствия разрабатываемых проектов и технической документации стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам	ПК-5	ПК-5.1. Обладает знаниями принципов построения технического задания при разработке электронных блоков ПК-5.2. Использует нормативные и справочные данные при разработке проектно-конструкторской документации ПК-5.3. Демонстрирует навыки оформления проектно-конструкторской документации в соответствии со стандартами

4 Объём и виды занятий по дисциплине

Общая трудоёмкость учебной дисциплины составляет 10 зачётных единиц, 360 ак.ч.

Самостоятельная работа студента (СРС) включает подготовку к практическим, лабораторным занятиям, текущему контролю, выполнение индивидуального задания, выполнение курсового проекта самостоятельное изучение материала и подготовку к зачету, экзамену и дифференцированному зачету.

При организации внеаудиторной самостоятельной работы по данной дисциплине используются формы и распределение бюджета времени на СРС для очной формы обучения в соответствии с таблицей 2.

Таблица 2 – Распределение бюджета времени на СРС

Вид учебной работы	Всего ак.ч.	Ак.ч. по семестрам	
		7	8
Аудиторная работа, в том числе:	180	90	90
Лекции (Л)	72	36	36
Практические занятия (ПЗ)	36	18	18
Лабораторные работы (ЛР)	72	36	36
Курсовая работа/курсовой проект	-	-	-
Самостоятельная работа студентов (СРС), в том числе:	180	90	90
Подготовка к лекциям	8	4	4
Подготовка к лабораторным работам	16	8	8
Подготовка к практическим занятиям / семинарам	8	4	4
Выполнение курсовой работы / проекта	72	36	36
Расчетно-графическая работа (РГР)	-	-	-
Реферат (индивидуальное задание)	12	6	6
Домашнее задание (индивидуальное задание)	-	-	-
Подготовка к контрольной работе	-	-	-
Подготовка к коллоквиуму	-	-	-
Аналитический информационный поиск	16	8	8
Работа в библиотеке	8	4	4
Подготовка к зачету, экзамену, дифференцированному зачету	32	16	16
Промежуточная аттестация –зачет (З), дифференцированный зачет (ДЗ), экзамен (Э)	Э (4) ДЗ (4)	Э (2) ДЗ (2)	Э (2) ДЗ (2)
Общая трудоемкость дисциплины			
ак.ч.	360	180	180
з.е.	10	5	5

5 Содержание дисциплины

С целью освоения компетенций, приведенных в п.3 дисциплина разбита на 6 тем:

6 семестр:

- тема 1 (Роль и значение силовых полупроводниковых преобразователей в современной технике и промышленном производстве);
- тема 2 (Силовые полупроводниковые приборы);
- тема 3 (Преобразователи электрической энергии переменного тока на входе в энергию постоянного тока на выходе (преобразователи AC/DC));
- тема 4 (Преобразователи электрической энергии переменного тока на входе в энергию переменного тока на выходе (преобразователи AC/AC));

7 семестр:

- тема 1 (Преобразователи электрической энергии постоянного тока на входе в энергию переменного тока на выходе (преобразователи DC/AC));
- тема 1 (Преобразователи электрической энергии постоянного тока на входе в энергию постоянного тока на выходе (DC/DC)).

Виды занятий по дисциплине и распределение аудиторных часов для очной, очно-заочной и заочной формы приведены в таблицах 3-8, соответственно.

Таблица 3 – Виды занятий по дисциплине и распределение аудиторных часов (очная форма обучения, 6 семестр)

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Содержание лекционных занятий	ак.ч.	Содержание практических (семинарских) занятий	ак.ч.	Тема лабораторных занятий	ак.ч.
1	Роль и значение силовых полупроводниковых преобразователей в современной технике и промышленном производстве.	Введение. Параметры и характеристики источников электрической энергии. Системный подход к анализу преобразователей параметров электрической энергии. Энергетические показатели качества преобразования энергии. Классификация электронных преобразовательных устройств (ЭПУ). Классификация электроприводов, их функциональные схемы.	4	Расчет параметров и выбор силового трансформатора	2	Исследование однофазных управляемых выпрямителей	8
2	Силовые полупроводниковые приборы.	Характеристики и параметры силовых полупроводниковых приборов (СПП): диодов, тиристоров SCR, запираемых тиристоров GTO, IGBT и MOSFET транзисторов. Основы теплового расчета СПП. Групповое соединение полупроводниковых приборов. Способы формирования управляющих сигналов для тиристоров	4	Расчет параметров и выбор элементов вентильной части преобразователя	2		

3	Преобразователи электрической энергии переменного тока на входе в энергию постоянного тока на выходе (преобразователи AC/DC)	3.1 Системы управления и регулирования преобразователями ведомыми сетью. Основные требования, предъявляемые к системам управления и регулирования. Вентильный преобразователь как элемент системы автоматического регулирования. Системы управления и регулирования преобразователями, ведомыми сетью. Способы фазового регулирования тиристорных устройств. Естественная и искусственная коммутация тириستоров. Синхронные и асинхронные системы импульсно-фазового управления..	4	Расчет параметров и выбор сглаживающего реактора	2	Исследование трехфазных управляемых выпрямителей	8
		3.2 Неуправляемые выпрямители однофазного тока. Понятие об идеализированных вентильх и трансформаторах. Классификация выпрямителей, их принцип действия. Основные схемы выпрямления однофазного тока: однополупериодная, нулевая, двухполупериодная, мостовая, сравнение их характеристик. Принципы построения сглаживающих фильтров.	4	Расчет ограничительных и защитных устройств.	2		

		3.3 Неуправляемые выпрямители трехфазного тока. Основные схемы выпрямления трехфазного тока: трехфазная нулевая, мостовая, сравнение их характеристик. Составные схемы выпрямления трехфазного тока. ПВходной ток неуправляемого выпрямителя. Его гармонический состав. Коэффициент искажения. Схемы выпрямителей с уменьшенными пульсациями выпрямленного напряжения и улучшенным коэффициентом мощности. Преобразователи переменного тока в постоянный с коррекцией коэффициента мощности. Процесс коммутации токов. Коммутация в выпрямителях однофазного тока и в многофазных схемах выпрямления.	4	Расчет характеристик и построение временных диаграмм.	2	Исследование однокомплексного рекуперирующего преобразователя в режимах выпрямления и инвертирования	10
		3.4. Управляемые выпрямители и ведомые сетью инверторы. Управляемые выпрямители однофазного и трехфазного тока. Особенности рабочих режимов при различных видах нагрузки: R, RL, против-ЭДС. Режимы непрерывного и прерывистого тока нагрузки. Регулировочные характеристики управляемых выпрямителей. Высшие гармонические в кривой выходного напряжения. Инверторный режим управляемого выпрямителя, внешние характеристики. Способы повышения коэффициента мощности вентильных преобразователей.	4	Расчет и построение регулировочных характеристик	2		

4	Преобразователи электрической энергии переменного тока на входе в энергию переменного тока на выходе (преобразователи АС/АС)	4.1 Тиристорные регуляторы и коммутаторы переменного напряжения. Основные схемы тиристорных коммутаторов. Характеристики быстродействия и области применения коммутаторов. Способы построения тиристорных регуляторов переменного напряжения (ТРПН), схемы, особенности работы, расчетные соотношения. Влияние фазорегулируемого тиристорного преобразователя на питающую сеть.	6	Расчет энергетических характеристик	2	Исследование двухкомплексного реверсивного преобразователя	10
		4.2. Непосредственные преобразователи частоты Преобразователи частоты с непосредственной связью и естественной коммутацией. Основные характеристики. Особенности преобразователей частоты с непосредственной связью и искусственной коммутацией вентилей. Выпрямительно-инверторные преобразователи частоты.	6	Построение временных диаграмм	4		
Всего аудиторных часов			36		18		36

Таблица 4 – Виды занятий по дисциплине и распределение аудиторных часов (очная форма обучения, 7 семестр)

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Содержание лекционных занятий	ак.ч.	Содержание практических (семинарских) занятий	ак.ч.	Тема лабораторных занятий	ак.ч.
5	Преобразователи электрической энергии постоянного тока на входе в энергию переменного тока на выходе (преобразователи DC/AC).	5.1 Практическое использование DC/AC преобразователей. Преобразователь DC/AC, как составная часть преобразовательной системы. Системы электропитания необитаемых космических аппаратов. Преобразователи альтернативной энергетики. Активные корректоры коэффициента мощности.	6	Разработка структурной и принципиальной схемы силовой части ПЧ для регулирования скорости вращения асинхронного двигателя переменного тока по исходным данным	2	Исследование характеристик однофазного автономного инвертора напряжения с различными нагрузками.	6
		5.2 Автономные однофазные инверторы. Классификация автономных инверторов, области практического применения. Однофазный мостовой инвертор напряжения принцип действия и основные соотношения. Широтно-импульсный и фазовый способы управления инвертором напряжения. Обеспечение мягкой коммутация транзисторов. Однофазный инвертор тока, принцип действия, режимы работы и основные соотношения. Однофазный резонансные инверторы, принцип действия, режимы работы и основные соотношения.	6	Расчет мощности на выходе инвертора с учетом коэффициента перегрузки (Кп). Расчет параметров и выбор силовых ключей инвертора, выпрямителя и тормозного транзистора (при выборе ключей использовать интегрированные силовые сборки).	2	Исследование характеристик трехфазного автономного инвертора напряжения с двигательной нагрузкой.	6
		5.3 Трехфазные автономные инверторы. Режимы работы трехфазных инверторов. Способы управления и регулирования выходных параметров. Широтно-импульсная модуляция. Регулирование частоты вращения электроприводов переменного тока.	6	Расчет параметров и выбор диодов выпрямителя. Расчет параметров и выбор элементов сглаживающего фильтра.	2	Исследование системы: преобразователь частоты - электрическая машина	6

		5.4 Преобразователь частоты для асинхронных двигателей. Классификация способов регулирования скорости асинхронных двигателей. Регулирование скорости вращения с помощью транзисторного преобразователя напряжения. Транзисторный преобразователь, как составная часть электронной преобразовательной системы. Частотные преобразователи выпускаемые промышленностью, схемные подключения, основные характеристики. Режимы работы асинхронных электродвигателей, расчет мощности.	6	Расчет параметров и выбор IGBT инвертора. Расчет параметров и выбор тормозного транзистора. Расчет параметров и выбор защитных элементов преобразователя.	2	Исследование характеристик преобразователя понижающего типа.	6
6	Преобразователи электрической энергии постоянного тока на входе в энергию постоянного тока на выходе(DC/DC).	6.1 Преобразователи DC/DC непосредственного типа. Проблемы микроминиатюризации устройств энергетической электроники. Современная элементная база. Классификация DC/DC преобразователей, области практического применения. Импульсные регуляторы постоянного напряжения первого типа (понижающий), второго типа (повышающий), третьего типа (инвертирующий), конвертеры Кука и SEPIC, принцип действия, режимы работы и основные соотношения и характеристики (внешняя, регулировочная и др.). Комбинированные и многофазные DC/DC преобразователи, схемы и алгоритм работы, расчетные соотношения.	6	В среде MATLAB выполнить моделирование разработанного преобразователя, получить временные диаграммы	4	Исследование характеристик преобразователя повышающего типа.	6

		6.2. Системы управления импульсных регуляторов напряжения. Принципы построения систем управления преобразователями DC/DC. Основные способы регулирования в импульсных преобразователях ШИМ, ЧИМ, принцип реализации и режимы работы. Передаточные характеристики импульсного преобразователя как объекта управления. Система управления с обратной связью по выходному напряжению. Двухконтурные системы управления.	6	Расчет мощности на выходе инвертора с учетом коэффициента перегрузки (Кп). Расчет параметров и выбор силовых ключей инвертора, выпрямителя и тормозного транзистора	4	Исследование характеристик преобразователя инвертирующего типа.	6
Всего аудиторных часов			36		18		36

Таблица 5 – Виды занятий по дисциплине и распределение аудиторных часов (очно-заочная форма обучения, 6 семестр)

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Содержание лекционных занятий	ак.ч.	Содержание практических (семинарских) занятий	ак.ч.	Тема лабораторных занятий	ак.ч.
1	Роль и значение силовых полупроводниковых преобразователей в современной технике и промышленном производстве.	Введение. Параметры и характеристики источников электрической энергии. Системный подход к анализу преобразователей параметров электрической энергии. Энергетические показатели качества преобразования энергии. Классификация электронных преобразовательных устройств (ЭПУ). Классификация электроприводов, их функциональные схемы.	2	Расчет параметров и выбор силового трансформатора	0,5	Исследование однофазных управляемых выпрямителей	2
2	Силовые полупроводниковые приборы.	Характеристики и параметры силовых полупроводниковых приборов (СПП): диодов, тиристоров SCR, запираемых тиристоров GTO, IGBT и MOSFET транзисторов. Основы теплового расчета СПП. Групповое соединение полупроводниковых приборов. Способы формирования управляющих сигналов для тиристоров	2	Расчет параметров и выбор элементов вентильной части преобразователя	0,5		

3	Преобразователи электрической энергии переменного тока на входе в энергию постоянного тока на выходе (преобразователи AC/DC)	3.1 Системы управления и регулирования преобразователями ведомыми сетью. Основные требования, предъявляемые к системам управления и регулирования. Вентильный преобразователь как элемент системы автоматического регулирования. Системы управления и регулирования преобразователями, ведомыми сетью. Способы фазового регулирования тиристорных устройств. Естественная и искусственная коммутация тиристоров. Синхронные и асинхронные системы импульсно-фазового управления..	2	Расчет параметров и выбор сглаживающего реактора	0,5	Исследование трехфазных управляемых выпрямителей	2
		3.2 Неуправляемые выпрямители однофазного тока. Понятие об идеализированных вентильх и трансформаторах. Классификация выпрямителей, их принцип действия. Основные схемы выпрямления однофазного тока: однополупериодная, нулевая, двухполупериодная, мостовая, сравнение их характеристик. Принципы построения сглаживающих фильтров.	2	Расчет ограничительных и защитных устройств.	0,5		

	3.3 Неуправляемые выпрямители трехфазного тока. Основные схемы выпрямления трехфазного тока: трехфазная нулевая, мостовая, сравнение их характеристик. Составные схемы выпрямления трехфазного тока. ПВходной ток неуправляемого выпрямителя. Его гармонический состав. Коэффициент искажения. Схемы выпрямителей с уменьшенными пульсациями выпрямленного напряжения и улучшенным коэффициентом мощности. Преобразователи переменного тока в постоянный с коррекцией коэффициента мощности. Процесс коммутации токов. Коммутация в выпрямителях однофазного тока и в многофазных схемах выпрямления.	2	Расчет характеристик и построение временных диаграмм.	0,5		
	3.4. Управляемые выпрямители и ведомые сетью инверторы. Управляемые выпрямители однофазного и трехфазного тока. Особенности рабочих режимов при различных видах нагрузки: R, RL, противо-ЭДС. Режимы непрерывного и прерывистого тока нагрузки. Регулировочные характеристики управляемых выпрямителей. Высшие гармонические в кривой выходного напряжения. Инверторный режим управляемого выпрямителя, внешние характеристики. Способы повышения коэффициента мощности вентильных преобразователей.	2	Расчет и построение регулировочных характеристик	0,5	Исследование однокompлексного рекуперирующего преобразователя в режимах выпрямления и инвертирования	2

4	Преобразователи электрической энергии переменного тока на входе в энергию переменного тока на выходе (преобразователи АС/АС)	4.1 Тиристорные регуляторы и коммутаторы переменного напряжения. Основные схемы тиристорных коммутаторов. Характеристики быстродействия и области применения коммутаторов. Способы построения тиристорных регуляторов переменного напряжения (ТРПН), схемы, особенности работы, расчетные соотношения. Влияние фазорегулируемого тиристорного преобразователя на питающую сеть.	2	Расчет энергетических характеристик	0,5	Исследование двухкомплексного реверсивного преобразователя	2
		4.2. Непосредственные преобразователи частоты Преобразователи частоты с непосредственной связью и естественной коммутацией. Основные характеристики. Особенности преобразователей частоты с непосредственной связью и искусственной коммутацией вентилей. Выпрямительно-инверторные преобразователи частоты.	2	Построение временных диаграмм	0,5		
Всего аудиторных часов			16		4		8

Таблица 6 – Виды занятий по дисциплине и распределение аудиторных часов (очно-заочная форма обучения, 7 семестр)

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Содержание лекционных занятий	ак.ч.	Содержание практических (семинарских) занятий	ак.ч.	Тема лабораторных занятий	ак.ч.
5	Преобразователи электрической энергии постоянного тока на входе в энергию переменного тока на выходе (преобразователи DC/AC).	5.1 Практическое использование DC/AC преобразователей. Преобразователь DC/AC, как составная часть преобразовательной системы. Системы электропитания необитаемых космических аппаратов. Преобразователи альтернативной энергетики. Активные корректоры коэффициента мощности.	2	Разработка структурной и принципиальной схемы силовой части ПЧ для регулирования скорости вращения асинхронного двигателя переменного тока по исходным данным	0,5	Исследование характеристик однофазного автономного инвертора напряжения с различными нагрузками.	1
		5.2 Автономные однофазные инверторы. Классификация автономных инверторов, области практического применения. Однофазный мостовой инвертор напряжения принцип действия и основные соотношения. Широтно-импульсный и фазовый способы управления инвертором напряжения. Обеспечение мягкой коммутация транзисторов. Однофазный инвертор тока, принцип действия, режимы работы и основные соотношения. Однофазные резонансные инверторы, принцип действия, режимы работы и основные соотношения.	2	Расчет мощности на выходе инвертора с учетом коэффициента перегрузки (K_p). Расчет параметров и выбор силовых ключей инвертора, выпрямителя и тормозного транзистора (при выборе ключей использовать интегрированные силовые сборки).	0,5	Исследование характеристик трехфазного автономного инвертора напряжения с двигательной нагрузкой.	1
		5.3 Трехфазные автономные инверторы. Режимы работы трехфазных инверторов. Способы управления и регулирования выходных параметров. Широтно-импульсная модуляция. Регулирование частоты вращения электроприводов переменного тока.	2	Расчет параметров и выбор диодов выпрямителя. Расчет параметров и выбор элементов сглаживающего	0,5	Исследование системы: преобразователь частоты - электрическая машина	1

		5.4 Преобразователь частоты для асинхронных двигателей. Классификация способов регулирования скорости асинхронных двигателей. Регулирование скорости вращения с помощью транзисторного преобразователя напряжения. Транзисторный преобразователь, как составная часть электронной преобразовательной системы. Частотные преобразователи выпускаемые промышленностью, схемные подключения, основные характеристики. Режимы работы асинхронных электродвигателей, расчет мощности.	2	фильтра. Расчет параметров и выбор IGBT инвертора. Расчет параметров и выбор тормозного транзистора Расчет параметров и выбор защитных элементов преобразователя.	0,5	Исследование характеристик преобразователя понижающего типа.	1
6	Преобразователи электрической энергии постоянного тока на входе в энергию постоянного тока на выходе(DC/DC).	6.1 Преобразователи DC/DC непосредственного типа. Проблемы микроминиатюризации устройств энергетической электроники. Современная элементная база. Классификация DC/DC преобразователей, области практического применения. Импульсные регуляторы постоянного напряжения первого типа (понижающий), второго типа (повышающий), третьего типа (инвертирующий), конвертеры Кука и SEPIC, принцип действия, режимы работы и основные соотношения и характеристики (внешняя, регулировочная и др.). Комбинированные и многофазные DC/DC преобразователи, схемы и алгоритм работы, расчетные соотношения.	2	В среде MATLAB выполнить моделирование разработанного преобразователя, получить временные диаграммы	1	Исследование характеристик преобразователя повышающего типа.	2

		6.2. Системы управления импульсных регуляторов напряжения. Принципы построения систем управления преобразователями DC/DC. Основные способы регулирования в импульсных преобразователях ШИМ, ЧИМ, принцип реализации и режимы работы. Передаточные характеристики импульсного преобразователя как объекта управления. Система управления с обратной связью по выходному напряжению. Двухконтурные системы управления.	2	Расчет мощности на выходе инвертора с учетом коэффициента перегрузки (Кп). Расчет параметров и выбор силовых ключей инвертора, выпрямителя и тормозного транзистора	1	Исследование характеристик преобразователя инвертирующего типа.	2
Всего аудиторных часов			12		4		8

Таблица 7 – Виды занятий по дисциплине и распределение аудиторных часов (заочная форма обучения, 6 семестр)

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Содержание лекционных занятий	ак.ч.	Содержание практических (семинарских) занятий	ак.ч.	Тема лабораторных занятий	ак.ч.
1	Роль и значение силовых полупроводниковых преобразователей в современной технике и промышленном производстве.	Введение. Параметры и характеристики источников электрической энергии. Системный подход к анализу преобразователей параметров электрической энергии. Энергетические показатели качества преобразования энергии. Классификация электронных преобразовательных устройств (ЭПУ). Классификация электроприводов, их функциональные схемы.	1	Расчет параметров и выбор силового трансформатора	0,5	Исследование однофазных управляемых выпрямителей	1
2	Силовые полупроводниковые приборы.	Характеристики и параметры силовых полупроводниковых приборов (СПП): диодов, тиристоров SCR, запираемых тиристоров GTO, IGBT и MOSFET транзисторов. Основы теплового расчета СПП. Групповое соединение полупроводниковых приборов. Способы формирования управляющих сигналов для тиристоров	1	Расчет параметров и выбор элементов вентильной части преобразователя			

3	Преобразователи электрической энергии переменного тока на входе в энергию постоянного тока на выходе (преобразователи AC/DC)	3.1 Системы управления и регулирования преобразователями ведомыми сетью. Основные требования, предъявляемые к системам управления и регулирования. Вентильный преобразователь как элемент системы автоматического регулирования. Системы управления и регулирования преобразователями, ведомыми сетью. Способы фазового регулирования тиристорных устройств. Естественная и искусственная коммутация тириستоров. Синхронные и асинхронные системы импульсно-фазового управления..	1	Расчет параметров и выбор сглаживающего реактора	0,5	Исследование трехфазных управляемых выпрямителей	1
		3.2 Неуправляемые выпрямители однофазного тока. Понятие об идеализированных вентильх и трансформаторах. Классификация выпрямителей, их принцип действия. Основные схемы выпрямления однофазного тока: однополупериодная, нулевая, двухполупериодная, мостовая, сравнение их характеристик. Принципы построения сглаживающих фильтров.	1	Расчет ограничительных и защитных устройств.			

		3.3 Неуправляемые выпрямители трехфазного тока. Основные схемы выпрямления трехфазного тока: трехфазная нулевая, мостовая, сравнение их характеристик. Составные схемы выпрямления трехфазного тока. ПВходной ток неуправляемого выпрямителя. Его гармонический состав. Коэффициент искажения. Схемы выпрямителей с уменьшенными пульсациями выпрямленного напряжения и улучшенным коэффициентом мощности. Преобразователи переменного тока в постоянный с коррекцией коэффициента мощности. Процесс коммутации токов. Коммутация в выпрямителях однофазного тока и в многофазных схемах выпрямления.	1	Расчет характеристик и построение временных диаграмм.	0,5		
		3.4. Управляемые выпрямители и ведомые сетью инверторы. Управляемые выпрямители однофазного и трехфазного тока. Особенности рабочих режимов при различных видах нагрузки: R, RL, противо-ЭДС. Режимы непрерывного и прерывистого тока нагрузки. Регулировочные характеристики управляемых выпрямителей. Высшие гармонические в кривой выходного напряжения. Инверторный режим управляемого выпрямителя, внешние характеристики. Способы повышения коэффициента мощности вентильных преобразователей.	1	Расчет и построение регулировочных характеристик		Исследование однокompлексного рекуперирующего преобразователя в режимах выпрямления и инвертирования	1

4	Преобразователи электрической энергии переменного тока на входе в энергию переменного тока на выходе (преобразователи АС/АС)	4.1 Тиристорные регуляторы и коммутаторы переменного напряжения. Основные схемы тиристорных коммутаторов. Характеристики быстродействия и области применения коммутаторов. Способы построения тиристорных регуляторов переменного напряжения (ТРПН), схемы, особенности работы, расчетные соотношения. Влияние фазорегулируемого тиристорного преобразователя на питающую сеть.	1	Расчет энергетических характеристик	0,5	Исследование двухкомплексного реверсивного преобразователя	1
		4.2. Непосредственные преобразователи частоты Преобразователи частоты с непосредственной связью и естественной коммутацией. Основные характеристики. Особенности преобразователей частоты с непосредственной связью и искусственной коммутацией вентилей. Выпрямительно-инверторные преобразователи частоты.	1	Построение временных диаграмм			
Всего аудиторных часов			8		2		4

Таблица 8 – Виды занятий по дисциплине и распределение аудиторных часов (заочная форма обучения, 7 семестр)

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Содержание лекционных занятий	ак.ч.	Содержание практических (семинарских) занятий	ак.ч.	Тема лабораторных занятий	ак.ч.
5	Преобразователи электрической энергии постоянного тока на входе в энергию переменного тока на выходе (преобразователи DC/AC).	5.1 Практическое использование DC/AC преобразователей. Преобразователь DC/AC, как составная часть преобразовательной системы. Системы электропитания необитаемых космических аппаратов. Преобразователи альтернативной энергетики. Активные корректоры коэффициента мощности.	1	Разработка структурной и принципиальной схемы силовой части ПЧ для регулирования скорости вращения асинхронного двигателя переменного тока по исходным данным	0,25	Исследование характеристик однофазного автономного инвертора напряжения с различными нагрузками.	0,5
		5.2 Автономные однофазные инверторы. Классификация автономных инверторов, области практического применения. Однофазный мостовой инвертор напряжения принцип действия и основные соотношения. Широтно-импульсный и фазовый способы управления инвертором напряжения. Обеспечение мягкой коммутация транзисторов. Однофазный инвертор тока, принцип действия, режимы работы и основные соотношения. Однофазные резонансные инверторы, принцип действия, режимы работы и основные соотношения.	1	Расчет мощности на выходе инвертора с учетом коэффициента перегрузки (K_p). Расчет параметров и выбор силовых ключей инвертора, выпрямителя и тормозного транзистора (при выборе ключей использовать интегрированные силовые сборки).	0,25	Исследование характеристик трехфазного автономного инвертора напряжения с двигательной нагрузкой.	0,5
		5.3 Трехфазные автономные инверторы. Режимы работы трехфазных инверторов. Способы управления и регулирования выходных параметров. Широтно-импульсная модуляция. Регулирование частоты вращения электроприводов переменного тока.	1	Расчет параметров и выбор диодов выпрямителя. Расчет параметров и выбор элементов сглаживающего	0,25	Исследование системы: преобразователь частоты - электрическая машина	0,5

		5.4 Преобразователь частоты для асинхронных двигателей. Классификация способов регулирования скорости асинхронных двигателей. Регулирование скорости вращения с помощью транзисторного преобразователя напряжения. Транзисторный преобразователь, как составная часть электронной преобразовательной системы. Частотные преобразователи выпускаемые промышленностью, схемные подключения, основные характеристики. Режимы работы асинхронных электродвигателей, расчет мощности.	1	фильтра. Расчет параметров и выбор IGBT инвертора. Расчет параметров и выбор тормозного транзистора Расчет параметров и выбор защитных элементов преобразователя.	0,25	Исследование характеристик преобразователя понижающего типа.	0,5
6	Преобразователи электрической энергии постоянного тока на входе в энергию постоянного тока на выходе(DC/DC).	6.1 Преобразователи DC/DC непосредственного типа. Проблемы микроминиатюризации устройств энергетической электроники. Современная элементная база. Классификация DC/DC преобразователей, области практического применения. Импульсные регуляторы постоянного напряжения первого типа (понижающий), второго типа (повышающий), третьего типа (инвертирующий), конвертеры Кука и SEPIC, принцип действия, режимы работы и основные соотношения и характеристики (внешняя, регулировочная и др.). Комбинированные и многофазные DC/DC преобразователи, схемы и алгоритм работы, расчетные соотношения.	1	В среде MATLAB выполнить моделирование разработанного преобразователя, получить временные диаграммы	0,5	Исследование характеристик преобразователя повышающего типа.	1

		6.2. Системы управления импульсных регуляторов напряжения. Принципы построения систем управления преобразователями DC/DC. Основные способы регулирования в импульсных преобразователях ШИМ, ЧИМ, принцип реализации и режимы работы. Передаточные характеристики импульсного преобразователя как объекта управления. Система управления с обратной связью по выходному напряжению. Двухконтурные системы управления.	1	Расчет мощности на выходе инвертора с учетом коэффициента перегрузки (Кп). Расчет параметров и выбор силовых ключей инвертора, выпрямителя и тормозного транзистора	0,5	Исследование характеристик преобразователя инвертирующего типа.	1
Всего аудиторных часов			6		2		4

6 Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

6.1 Критерии оценивания

В соответствии с Положением о кредитно-модульной системе организации образовательного процесса ФГБОУ ВО «ДонГТУ» (https://www.dstu.education/images/structure/license_certificate/polog_kred_modul.pdf) при оценивании сформированности компетенций по дисциплине используется 100-балльная шкала.

Перечень компетенций по дисциплине и способы оценивания знаний приведены в таблице 9.

Таблица 9 – Перечень компетенций по дисциплине и способы оценивания знаний

Код и наименование компетенции	Способ оценивания	Оценочное средство
УК-2, ПК-4, ПК-5	Экзамен, дифференцированный зачет	Комплект контролирующих материалов для экзамена, дифференцированного зачета

Всего по текущей работе в семестре студент может набрать 100 баллов, в том числе:

- тестовый контроль или устный опрос на коллоквиумах (2 работы) – всего 40 баллов;
- практические работы – всего 20 баллов;
- лабораторные работы – всего 20 баллов;
- за выполнение индивидуального и домашнего задания – всего 20 баллов.

Экзамен проставляется автоматически, если студент набрал в течении семестра не менее 60 баллов и отчитался за каждую контрольную точку. Минимальное количество баллов по каждому из видов текущей работы составляет 60% от максимального.

Экзамен по дисциплине проводится по результатам работы в семестре. В случае, если полученная в семестре сумма баллов не устраивает студента, во время зачетной недели студент имеет право повысить итоговую оценку либо в форме устного собеседования по приведенным ниже вопросам (п.п. 6.5), либо в результате тестирования.

В структуру ФОС в форме курсового проекта входят: методические указания, содержащие требования по выполнению курсовой работы, критерии оценивания, перечень необходимых литературных источников и электронных

ресурсов.

При оценке уровня выполнения курсового проекта, в соответствии с поставленными целями, проверяются следующие знания, умения и навыки:

- знание компонентов дисциплины, использованных при выполнении курсового проекта;
- умение: работать с научной и энциклопедической литературой, справочниками и электронными ресурсами; накапливать и группировать материал; последовательно и грамотно излагать мысли и оформлять выводы; придерживаться формы научного исследования;
- владение современными средствами компьютерных технологий;
- способность самостоятельно создать содержательную презентацию по теме подготовленной курсовой работы.

Следовательно, курсовые проекты, как компонент фонда оценочных средств по дисциплине «Электронные силовые преобразовательные устройства», позволяют оценить формирование у студентов составляющую знаний, определенные экспериментальные умения и ведение информационного поиска, навыки исследовательской деятельности, самостоятельной работы и опыта публичных выступлений.

Шкала оценивания знаний при проведении промежуточной аттестации приведена в таблице 10.

Таблица 10 – Шкала оценивания знаний

Сумма баллов за все виды учебной деятельности	Оценка по национальной шкале зачёт/экзамен
0-59	Не зачтено/неудовлетворительно
60-73	Зачтено/удовлетворительно
74-89	Зачтено/хорошо
90-100	Зачтено/отлично

6.2 Домашнее задание

В качестве домашнего задания обучающиеся выполняют проработку лекционного материала.

6.3 Темы для рефератов (презентаций) – индивидуальное задание

6 семестр

Основы диагностирования ЭПУ - сигнализация, назначение, примеры схем.

- 1) Электромагнитная совместимость ЭПУ с сетью и нагрузкой.
- 2) Конструкция и принцип работы BLDC-двигателя.
- 3) Основная схема, передаточная функция и характеристики И-регулятора.

- 4) Основная схема, передаточная функция и характеристики П-регулятора.
- 5) Основная схема, передаточная функция и характеристики ПИ-регулятора.
- 6) Основная схема, передаточная функция и характеристики ПИД-регулятора.
- 7) Алгоритм работы BLDC-двигателя.

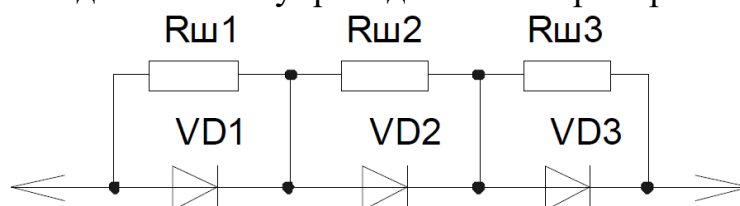
7 семестр

- 1) Параметры и характеристики источников электрической энергии: промышленной и бытовой сети питания, аккумуляторных батарей, разнообразных генераторов и так далее.
- 2) Возможности современных СПП. Использование СПП в активном режиме. Интегральные силовые модули.
- 3) Преобразователь AC/DC, как составная часть преобразовательной системы.
- 4) Преобразователь DC/AC, как составная часть преобразовательной системы.
- 5) Особенности работы преобразователя DC/DC на разные типы нагрузки, сглаживание пульсаций выходного напряжения.
- 6) Основы построения систем управления преобразователями AC/AC.
- 7) Технологические нагрузки, которые потребляют импульсный ток.
- 8) Использование диаграмм бode (лчх и лфчх) для оптимизации электронных преобразовательных систем.
- 9) Основы диагностирования ЭПУ - сигнализация, назначение, примеры схем.
- 10) Электромагнитная совместимость ЭПУ с сетью и нагрузкой.

6.4 Оценочные средства для самостоятельной работы и текущего контроля успеваемости

Варианты тестовых заданий. 6 семестр

1. К неуправляемым силовым полупроводниковым приборам относят
 - а) только тиристоры;
 - б) только транзисторы;
 - в) только транзисторы и запираемые тиристоры;
 - г) только диоды.
2. Групповое соединение полупроводниковых приборов типа



используется при необходимости

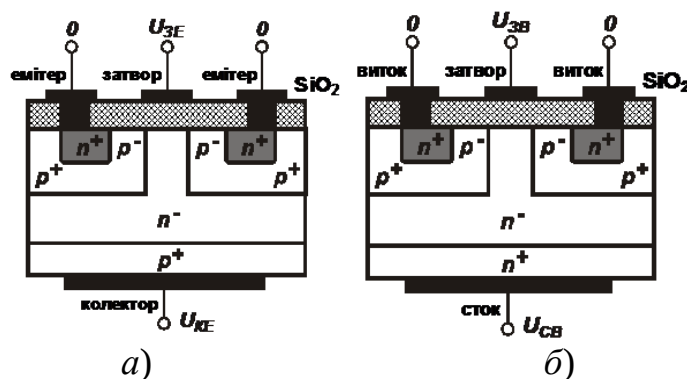
- а) получения прямого напряжения, меньшего, чем прямое напряжение одиночного прибора;
- б) получения обратного напряжения, большего, чем обратное напряжение одиночного прибора;
- в) получения прямого тока, большего, чем прямой ток одиночного прибора;
- г) снижения статических и динамических потерь в преобразователе.

3. Основным преимуществом резонансных инверторов перед другими типами инверторов является

- а) очень малые габариты;
- б) простота системы управления;
- в) КПД на частоте резонанса выше 100%;
- г) малые коммутационные потери мощности.

4. Структура IGBT транзистора изображена

- а)... изображение IGBT транзистора на данных рисунках отсутствует;
- б) на рис. а и б;
- в) на рис. б;
- г) на рис. а.



5. К полупроводниковым силовым приборам относятся

- а) только диоды;
- б) только тиристоры;
- в) только транзисторы;
- г) только транзисторы и запираемые тиристоры.

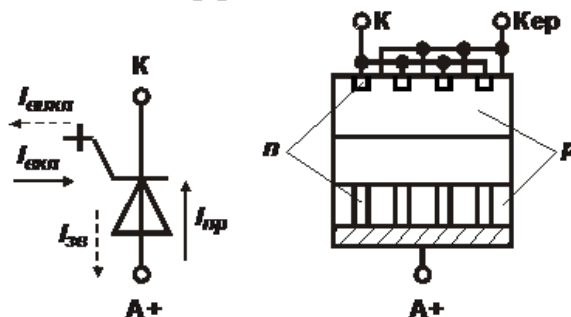
6. Напряжение трехфазной сети частотой 60 Гц используется

- а) в Японии и США;
- б) только в Японии;
- в) в Странах ЕС;
- г) в странах СНГ;
- д) только в США.

7. Добротность конденсатора определяется:
- а) отношением полных потерь в конденсаторе к реактивной мощности;
 - 2) отношением реактивной мощности конденсатора к мощности потерь;
 - б) суммой сопротивлений, эквивалентных потерям в металлических частях и диэлектрике.

8. В конструкции тиристора области управляющего электрода и катода выполняют в виде ячеек для того, чтобы

- а) минимизировать влияние эффекта du/dt ;
- б) облегчить его изготовление;
- в) уменьшить падение напряжения при протекании прямого тока до 0;
- г) минимизировать влияние эффекта di/dt .



9. Элемент преобразовательной техники – Трансформатор, предназначен для:

- а) согласования напряжения сети с напряжением нагрузки,
- б) ограничения скорости нарастания тока
- в) ограничения скорости нарастания напряжения

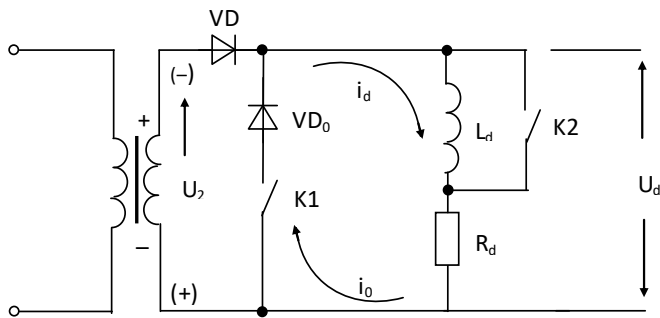
67. Элемент преобразовательной техники – Дроссель, предназначен для:

- а) согласования напряжения сети с напряжением нагрузки,
- б) ограничения скорости нарастания тока
- в) ограничения скорости нарастания напряжения

10. Элемент преобразовательной техники – Конденсатор, предназначен для:

- а) согласования напряжения сети с напряжением нагрузки,
- б) ограничения скорости нарастания тока
- в) ограничения скорости нарастания напряжения

11. Какая схема изображена на рисунке?

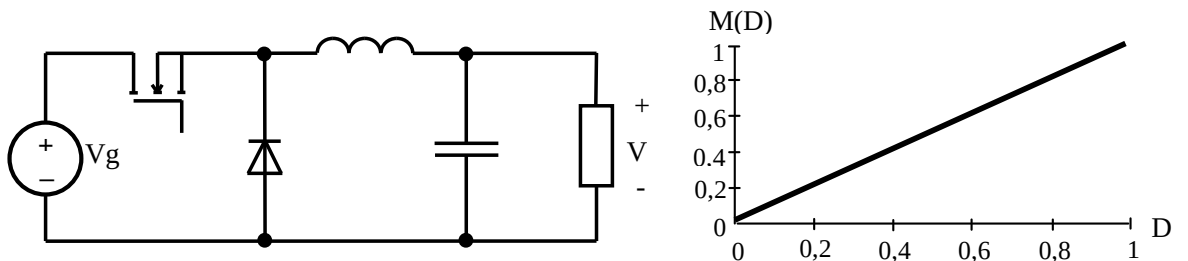


- а) Однофазная однопульсная;
- б) Нулевая;
- в) Мостовая.

12. При частотно-импульсном регулировании (ЧИР)

- а) не изменяется длительность (ширина) импульсов ($t_i = \text{var}$) и период повторения ($T = \text{const}$);
- б) изменяется длительность (ширина) импульсов ($t_i = \text{var}$) и период повторения импульсов;
- в) период повторения импульсов ($T = \text{const}$) остается неизменным;
- г) изменяется период повторения импульсов ($T = \text{const}$), и, соответственно, частота их следования.

13. Импульсный преобразователь какого типа изображен на рисунке?



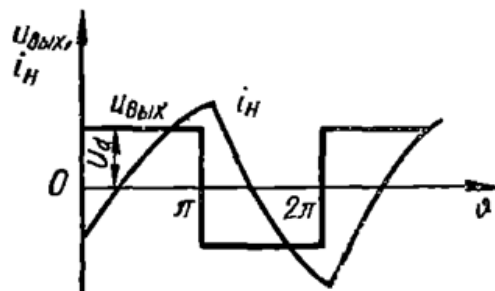
- а) Схема преобразователя SEPIC (Single - Ended Primary Inductance Converter);
- б) Схема повышающего преобразователя ИППН-2 (Step-up - Boost)
- в) Схема инвертирующего преобразователя ИППН-3 (Inverting - Buck-Boost);
- г) Схема понижающего преобразователя ИППН-1 (Step-down - Buck)
- д) Схема преобразователя Кука (Cuk-Converter)

14. Для какого типа инвертора приведены временные диаграммы на рисунке

- в) Схема инвертирующего преобразователя ИППН-3 (Inverting - Buck-Boost);
- г) Схема понижающего преобразователя ИППН-1 (Step-down - Buck);
- д) Схема преобразователя Кука (Cuk-Converter).

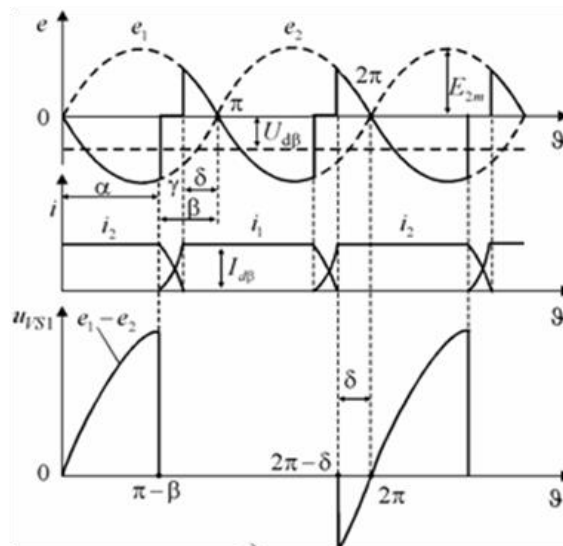
18. Для какого типа инвертора приведены временные диаграммы на рисунке

- а) комбинированного;
- 2) напряжения;
- б) резонансного;
- в) тока;
- г) ... эти диаграммы не имеют к инверторам никакого отношения.



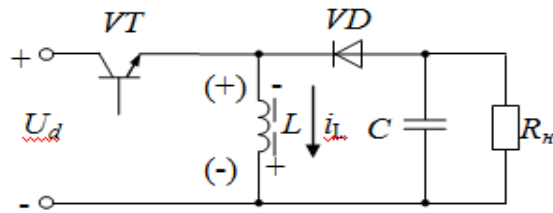
19. Согласно приведенному рисунку, угол коммутации это

- а) δ ; б) γ ; в) α ; г) β .

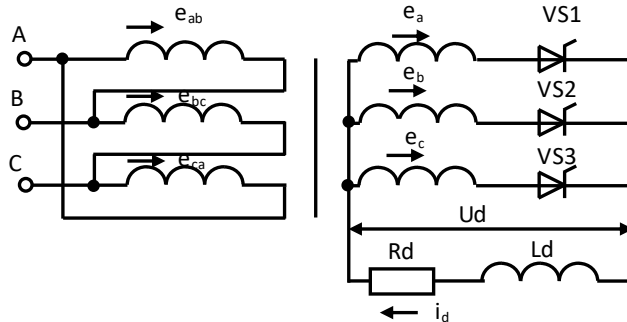


20. ИППН какого типа изображен на рисунке?

- а) трехтактный;
- б) повышающе-понижающий;
- в) повышающий;
- г) понижающий.

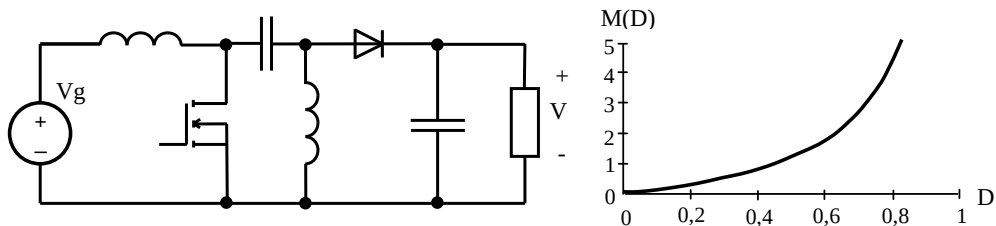


21. Как называется схема изображенная на рисунке?



- а) Трехфазная двенадцатипульсовая схема выпрямления
- б) Схема выпрямителя Ларионова
- в) Трехфазная трансформаторная схема выпрямления
- г) Трехфазная нулевая схема выпрямления

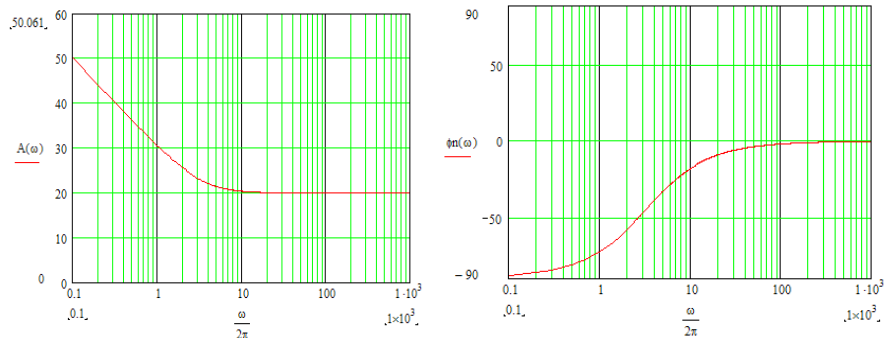
22. Импульсный преобразователь какого типа изображен на рисунке?



- а) Схематпреобразователя SEPIC (Single - Ended Primary Inductance Converter);
- б) Схема повышающего преобразователя ИППН-2 (Step-up - Boost)
- в) Схема инвертирующего преобразователя ИППН-3 (Inverting - Buck-Boost);
- г) Схема понижающего преобразователя ИППН-1 (Step-down - Buck)
- д) Схема преобразователя Кука (Cuk-Converter)

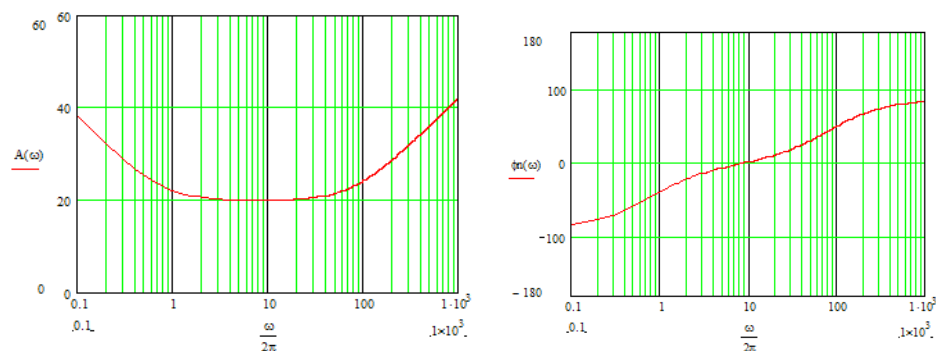
Варианты тестовых заданий. 7 семестр

1. Для какого типа регулятора приведена АЧХ и ФЧХ



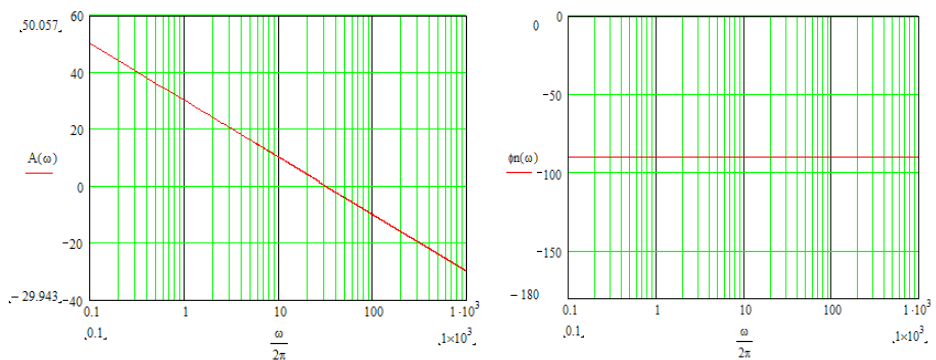
а) П; б) ПИ; в) ПИД; г) ПД; д) И

2. Для какого типа регулятора приведена АЧХ и ФЧХ



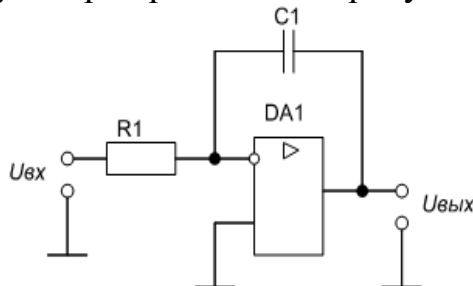
а) П; б) ПИ; в) ПИД; г) ПД; д) И

3. Для какого типа регулятора приведена АЧХ и ФЧХ



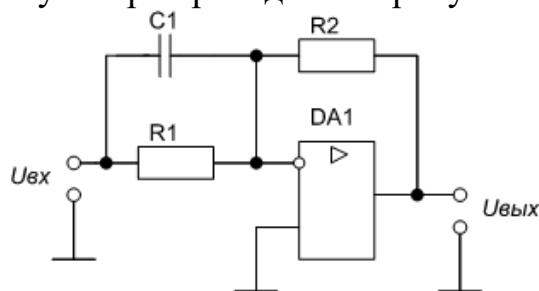
а) П; б) ПИ; в) ПИД; г) ПД; д) И

4. Схема какого регулятора приведена на рисунке?



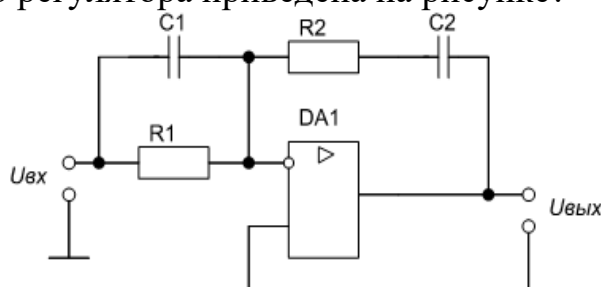
а) П; б) ПИ; в) ПИД; г) ПД; д) И

5. Схема какого регулятора приведена на рисунке?



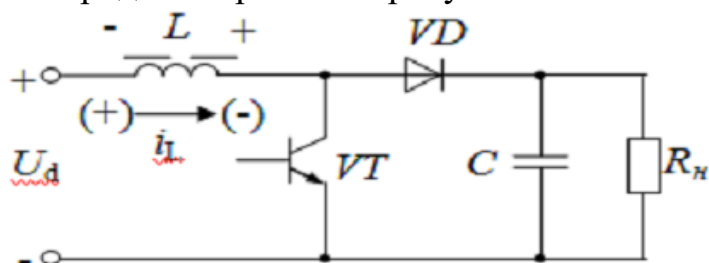
а) П; б) ПИ; в) ПИД; г) ПД; д) И

6. Схема какого регулятора приведена на рисунке?



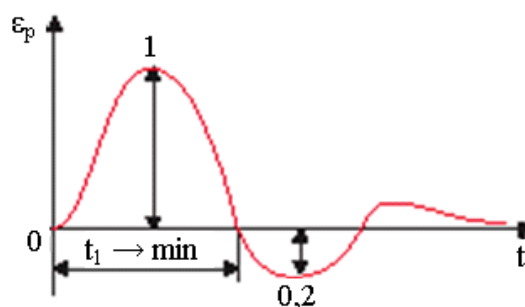
а) П; б) ПИ; в) ПИД; г) ПД; д) И

7. ИППН какого рода изображен на рисунке?



а) I; б) II; в) III; г) IV

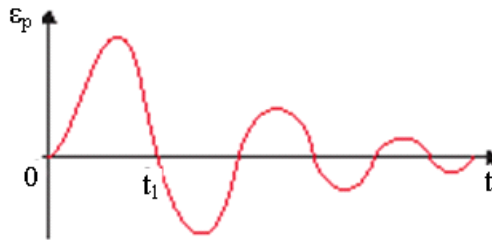
8. Какой из типовых процессов в системе после настройки регулятора приведен ниже



- а) процесс с 20-процентным перерегулированием и минимальным временем первого полупериода;
- б) апериодический процесс;
- в) процесс, обеспечивающий минимум интегрального критерия каче-

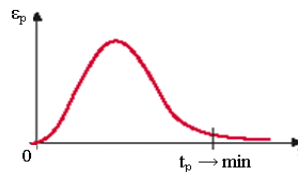
ства.

9. Какой из типовых процессов в системе после настройки регулятора приведен ниже



- а) процесс с 20-процентным перерегулированием и минимальным временем первого полупериода;
- б) апериодический процесс;
- в) процесс, обеспечивающий минимум интегрального критерия качества.

10. Какой из типовых процессов в системе после настройки регулятора приведен ниже?



- а) процесс, обеспечивающий минимум интегрального критерия качества;
- б) апериодический процесс;
- в) процесс с 20-процентным перерегулированием и минимальным временем первого полупериода.

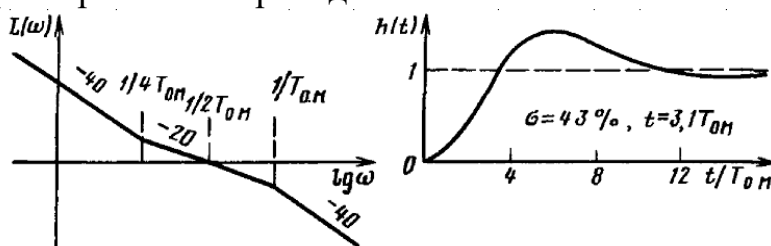
11. При широтно-импульсном регулировании (ШИР)

- а) не изменяется длительность (ширина) импульсов ($t_i = \text{var}$) остается постоянной
- б) изменяется длительность (ширина) импульсов ($t_i = \text{var}$), а период повторения остается постоянным ($T = \text{const}$);
- в) изменяется длительность (ширина) импульсов ($t_i = \text{var}$), а период повторения остается постоянным ($T = \text{const}$);
- г) изменяется длительность (ширина) импульсов ($t_i = \text{var}$), и период повторения импульсов.

12. При частотно-импульсном регулировании (ЧИР)

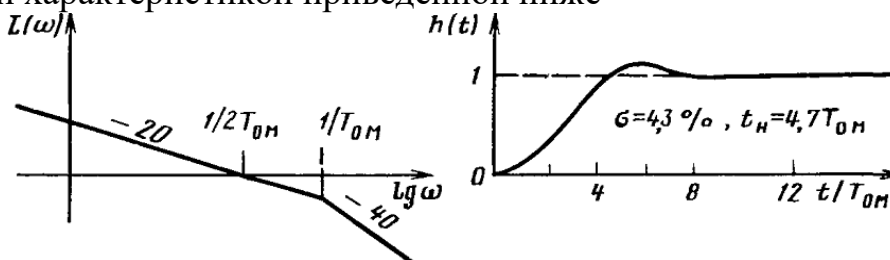
- а) период повторения импульсов остается неизменным ($T = \text{const}$);
- б) изменяется длительность (ширина) импульсов ($t_i = \text{var}$), и период повторения импульсов;
- в) изменяется период повторения импульсов ($T = \text{const}$) и, соответственно, частота их следования;
- г) не изменяется длительность (ширина) импульсов ($t_i = \text{var}$), и период повторения импульсов ($T = \text{const}$).

13. На какой критерий настроена система с АЧХ разомкнутой системы и переходной характеристикой приведенной ниже



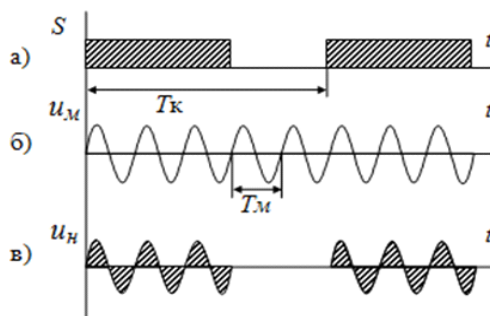
а) СО; б) МО; в) минимум среднеквадратичной ошибки.

14. На какой критерий настроена система с АЧХ разомкнутой системы и переходной характеристикой приведенной ниже



а) СО; б) МО; в) минимум среднеквадратичной ошибки.

15. К какому типу регулирования переменного напряжения относят график на рис. в)



- а) на низкой частоте;
- б) на основной частоте;
- в) на высокой частоте.

16. По формуле $\gamma = \frac{T - t_n}{T} = \frac{t_i}{T}$ определяется

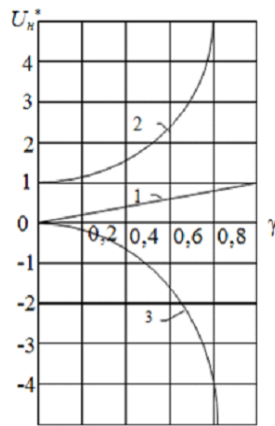
- а) коэффициент сглаживания;
- б) коэффициент заполнения импульсов;
- в) частота следования импульсов;
- г) скважность импульсов.

17. На рисунке приведена формула для определения

$$\chi = \frac{U_M I_{(1)} \cos \varphi_{(1)}}{U_M I} = \nu \cos \varphi_{(1)}$$

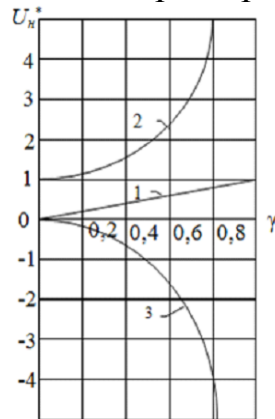
- а) коэффициент мощности;
- б) коэффициент регулирования;
- в) коэффициент использования вентиля по току.

18. К какому типу ИППН относится характеристика под номером 1



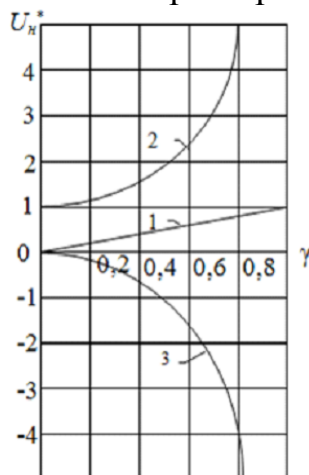
- а) полярно-инвертирующий;
- б) понижающий;
- в) инвертирующий;
- г) повышающий.

19. К какому типу ИППН относится характеристика под номером 2



- а) полярно-инвертирующий;
- б) понижающий;
- в) инвертирующий;
- г) повышающий.

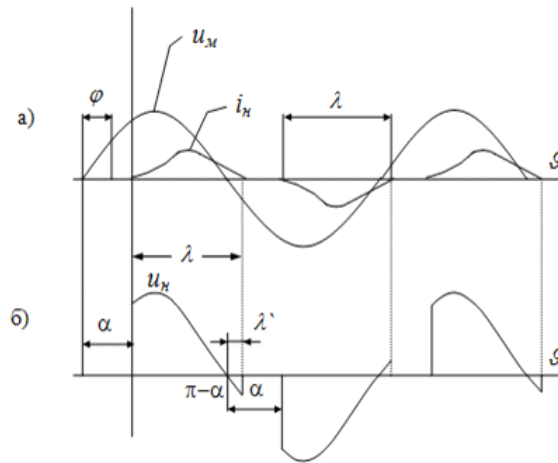
20. К какому типу ИППН относится характеристика под номером 3



- а) полярно-инвертирующий;
- б) понижающий;

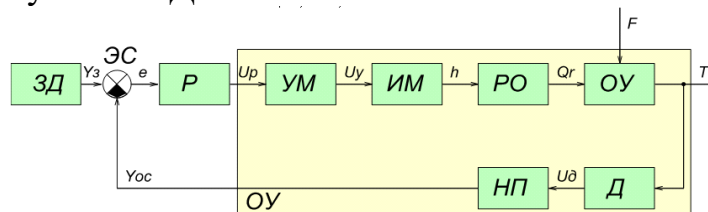
- в) инвертирующий;
- г) повышающий.

21. Как называется интервал, обозначенный на рисунке λ'



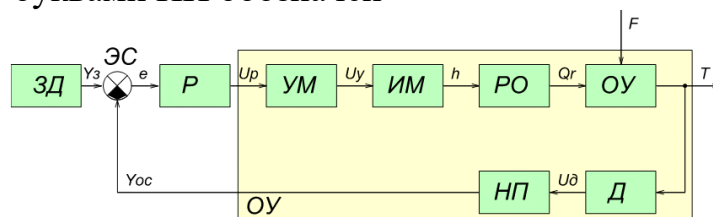
- а) угол управления;
- б) критический угол;
- в) угол зажигания.

22. На рисунке буквами ЗД обозначен



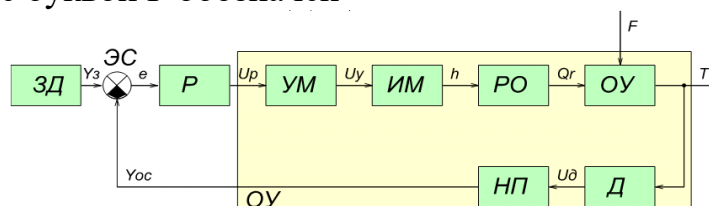
- а) задающий двигатель;
- б) блок формирования сигнала задания;
- в) задающий генератор помех.

23. На рисунке буквами НП обозначен



- а) нормирующий преобразователь;
- б) непрерывная часть преобразователя;
- в) низковольтный преобразователь.

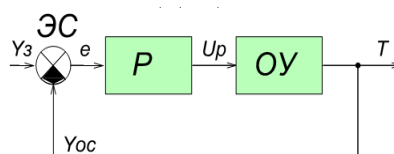
24. На рисунке буквой Р обозначен



- а) резистор;

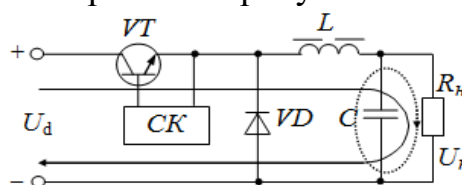
- б) усилитель разностного сигнала;
- в) регулятор;
- г) реостат.

25. На рисунке приведена



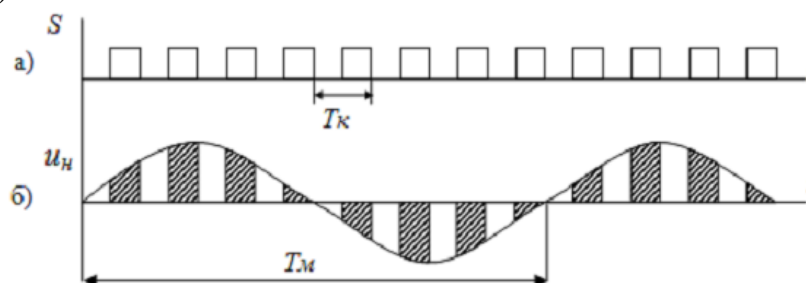
- а) типовая одноконтурная система регулирования;
- б) операционный усилитель с резистивной обратной связью;
- в) регулятор и операционный усилитель

26. ИППН какого вида изображен на рисунке?



- а) понижающий;
- б) инвертирующий;
- в) полярно-инвертирующий;
- г) повышающий.

27. К какому типу регулирования переменного напряжения относят график на рис. б)



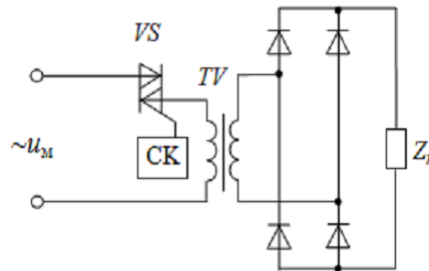
- а) на основной частоте;
- б) на высокой частоте;
- в) на низкой частоте.

28. К основным показателям качества регулирования относят (отметьте наиболее полный список):

- а) 1. Ошибка регулирования (статическая и среднеквадратическая составляющие)
- б) 1. Ошибка регулирования (статическая или среднеквадратическая составляющие).
- 2. Время регулирования.
- 3. Перерегулирование.
- 4. Показатель колебательности.

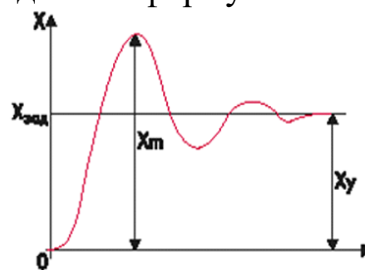
- в) 1. Время регулирования.
- 2. Перерегулирование.
- 3. Показатель колебательности.
- г) 1. Ошибка регулирования (статистическая или среднеквадратическая составляющие).
- 2. Время регулирования.
- 3. Перерегулирование.
- д) 1. Ошибка регулирования (статическая или среднеквадратическая составляющие).
- 2. Время регулирования.
- 3. Перерегулирование.
- 4. Показатель колебательности.
- 5. Время нарастания.

29. Подобным схемам регулирования постоянного напряжения следует отдавать предпочтение в случае



- а) больших токов нагрузки и малых напряжений;
- б) больших токов нагрузки и больших напряжений;
- в) больших напряжений нагрузки и малых токах;
- г) малых токов нагрузки и малых напряжений.

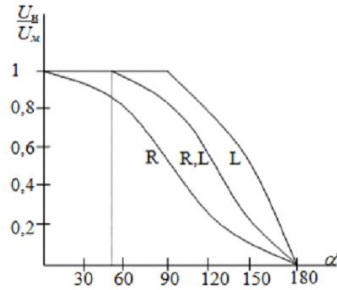
30. По рисунку и приведенной формуле можно определить



$$\sigma = \frac{X_m - X_y}{X_y} \times 100\%$$

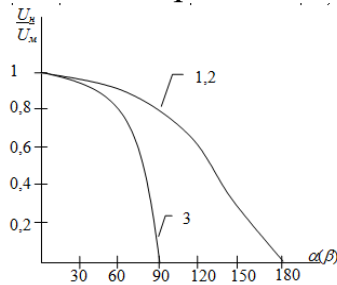
- а) колебательность;
- б) время нарастания;
- в) время спада;
- г) перерегулирования.

31. Какие характеристики ТРПН приведены на рисунке



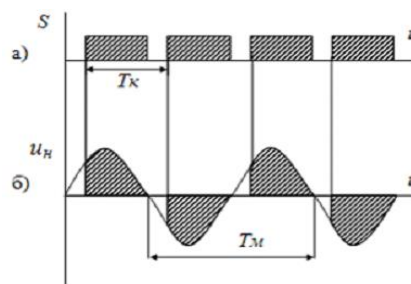
- а) нагрузочные;
- б) регулировочные;
- в) вентильные;
- г) внешние.

32. Какие характеристики ТРПН приведены на рисунке



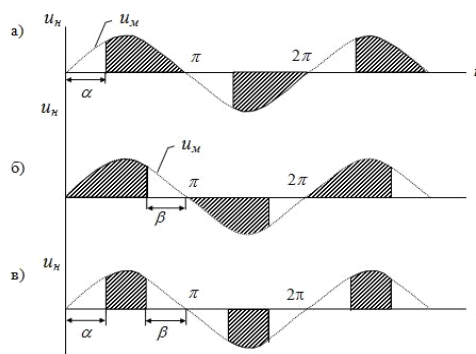
- а) нагрузочные;
- б) регулировочные;
- в) вентильные;
- г) внешние.

33. К какому типу регулирования переменного напряжения относят графике на рис.б)



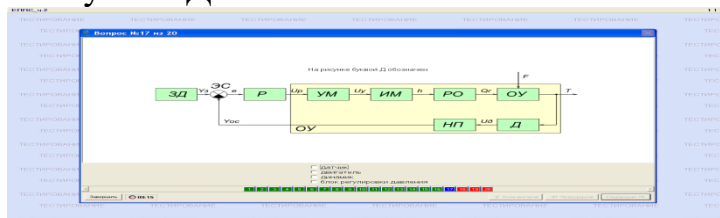
- а) на основной частоте;
- б) на низкой частоте;
- в) на высокой частоте.

34. Для реализации фазового регулирования на основной частоте в соответствии с рис. б, наибольшее распространение находят (отметьте наиболее подходящий на ваш взгляд ответ)



- а) запираемые тиристоры и транзисторы;
- б) тиристоры с управляющим электродом, симисторы и запираемые тиристоры;
- в) тиристоры с управляющим электродом, симисторы.

35. На рисунке буквой Д обозначен



- а) датчик;
- б) двигатель;
- в) динамик;
- г) блок регулировки давления.

6.5 Вопросы для подготовки к экзамену (6 семестр)

- 1) Поясните принцип действия трехфазной мостовой управляемой схемы выпрямления. Диаграммы токов и напряжений во времени. Приведите основные математические зависимости.
- 2) Поясните принцип работы несимметричного способа управления реверсивным ШИМ постоянного напряжения. Предложите схему системы управления таким преобразователем.
- 3) Приведите временные диаграммы и поясните электромагнитные процессы в схеме трехфазного АИН с алгоритмом коммутации вентилей 120 эл.град.
- 4) Назовите особенности поочередного способа управления реверсивным ШИМ постоянного напряжения. Предложите схему системы управления таким преобразователем.
- 5) Приведите внешнюю характеристику выпрямителя. Приведите вывод уравнений внешней характеристики для различных углов коммутации.

- 6) Приведите функциональную схему канала трехканальной СИФУ. Поясните принцип действия.
- 7) Приведите временные диаграммы и поясните электромагнитные процессы в схеме трехфазного АИН алгоритму коммутации вентилей 180 эл.град.
- 8) Каково назначение выходных каскадов СИФУ? Основные схемотехнические решения?
- 9) Приведите временные диаграммы и поясните электромагнитные процессы в схеме трехфазного АИН с широтно-импульсной модуляцией выходного напряжения.
- 10) Каково назначение и схемная реализация генераторов опорного напряжения? Приведите фазовую характеристику СИФУ.
- 11) Поясните явление коммутации в преобразователях большой мощности. Каково его влияние на форму напряжения на тиристорах и на выходе преобразователя? Перечислите способы защиты тиристорov от перенапряжения.
- 12) Назовите особенности схемотехнической реализации узлов формирования синхроимпульсов СИФУ.
- 13) Какова область применения и принцип действия многополюсных схем выпрямления?
- 14) Каково назначение формирователя длительности импульсов управления (ФДИ)? Приведите схему реализации ФДИ.
- 15) Поясните принцип действия и особенности работы встречно-параллельных схем реверсивных выпрямителей?
- 16) Приведите функциональную схему СК трехфазного АИН на полностью управляемых вентилях с алгоритмом их коммутации 180 эл.град., объяснит принцип действия.
- 17) Поясните принцип действия однофазного ТРЗН с естественной коммутацией тиристорov. Диаграммы токов и напряжений во времени, основные математические зависимости.
- 18) Приведите функциональную схему СК трехфазного АИН на полностью управляемых вентилях с алгоритмом их коммутации 120 эл.град., объяснит принцип действия.
- 19) Объясните принцип действия параллельного трехфазного АИТ с использованием диаграмм токов и напряжений во времени.
- 20) Каково назначение, принцип действия нуль-органа и распределителя импульсов в схемах СИФУ?

- 21) Проведите сравнительный анализ основных способов импульсного регулирования напряжения.
- 22) Какие существуют способы повышения коэффициента мощности преобразователей, ведомых сетью?
- 23) Объясните принцип действия трехфазного АИТ с диодами, отсекающие с использованием диаграмм токов и напряжений во времени.
- 24) Каково влияние преобразователей на питающую сеть? Какие существуют способы уменьшения этого влияния?
- 25) Объясните принцип действия однотактного прямоходового преобразователя постоянного напряжения. Приведите примеры применения.
- 26) Назовите основные требования к системам управления тиристорными преобразователями.
- 27) Объясните принцип действия однотактного обратно-ходового преобразователя постоянного напряжения.
- 28) Какая существует классификация узлов принудительной коммутации тиристоров?
- 29) Каковы преимущества и недостатки резонансных инверторов?
- 30) СИФУ. Назначение, классификация, структурные схемы.
- 31) Поясните принцип действия параллельного резонансного инвертора. Применение.
- 32) Приведите примеры схем узлов принудительной коммутации тиристоров. Объясните их принцип действия.
- 33) Поясните принцип действия последовательного резонансного инвертора с обратными диодами.
- 34) Предложите схему системы управления ШИМ постоянного напряжения 1-го рода. Объясните принцип действия с помощью диаграмм токов и напряжений во времени.
- 35) Поясните принцип действия резонансного инвертора с удвоением частоты.
- 36) Приведите сравнительный анализ синхронных и асинхронных систем управления.
- 37) Каковы особенности импульсных преобразователей постоянного напряжения 1-го рода? Назначение, принцип действия.
- 38) Опишите алгоритм формирования импульсов управления с использованием структурной схемы системы управления.
- 39) Каковы особенности импульсных преобразователей постоянного напряжения 2-го и 3-го рода? Назначение, принцип действия.

40) Поясните принцип действия асинхронной СИФУ. Назначение, принцип действия.

Вопросы для подготовки к экзамену (7 семестр)

- 1) Приведите схему, передаточную функцию и характеристики П-регулятора.
- 2) Назовите критерии оптимизации ЭПУС.
- 3) Приведите схему, передаточную функцию и характеристики И-регулятора.
- 4) Назовите основные показатели качества регулирования.
- 5) Приведите схему, передаточную функцию и характеристики ПИ-регулятора.
- 6) Приведите конструкцию BLDC-двигателя.
- 7) Приведите схему, передаточную функцию и характеристики ПИД-регулятора.
- 8) Поясните принцип работы BLDC-двигателя.
- 9) Приведите схему, передаточную функцию и характеристики ПИД-регулятора.
- 10) Поясните алгоритм управления BLDC-двигателем.
- 11) Приведите схему, передаточную функцию и характеристики ПИД-регулятора.
- 12) Приведите схему, объясните принцип работы и назначение задатчика интенсивности.
- 13) Как осуществляется настройка систем подчиненного управления?
- 14) Назовите принципы управления в ЭПУС. Электронный преобразователь, как регулирующий орган.
- 15) Назовите типичные процессы в системе, после настройки регулятора.
- 16) Каков алгоритм выбора типа регулятора в ЭПУС?

6.6 Примерная тематика курсовых работ (6 семестр)

Проектирования реверсивного преобразователя частоты для электропривода переменного тока.

Разработать силовую часть ПЧ предназначенного для регулирования скорости вращения асинхронного двигателя переменного тока по исходным данным (табл. 11), рассчитать параметры для выбора элементов схемы, выполнить имитационное моделирование.

Таблица 11 — Исходные данные

№ вар.	Питающая сеть			Параметры нагрузки			Дополнительные требования	
	Напряжение UC, В	Частота fC, Гц	Отклонение напряжения ΔU_C , %	Номинальная мощность Рном, кВт	Частота враще- ния ω , об/мин	Тип нагрузки	Режим двигателя	Перегрузочная способность %
1	1 x 220 В	50	+5, -10	1	2700	Н	S1	120
2	3 x 220 В	60	± 10	5,5	1400	К	S2	150
3	1 x 220 В	50	+10, -15	24	900	В	S3	175
4	3 x 380 В	60	± 15	0,75	700	Н	S4	200
5	3 x 220 В	50	+5, -10	7,5	2700	К	S5	250
6	3 x 380 В	60	± 10	45	1400	В	S6	120
7	1 x 220 В	50	+10, -15	1,5	900	Н	S7	150
8	3 x 220 В	60	± 15	11	700	К	S1	175
9	3 x 380 В	50	+5, -10	55	2700	В	S2	200
10	1 x 220 В	60	± 10	3	1400	Н	S3	250
11	3 x 220 В	50	+10, -15	15	900	К	S4	120
12	3 x 380 В	60	± 15	75	700	В	S5	150
13	1 x 220 В	50	+5, -10	4	2700	Н	S6	175
14	3 x 220 В	60	± 10	18,5	1400	К	S7	200
15	3 x 380 В	50	+10, -15	37	900	В	S1	250
16	1 x 220 В	60	± 15	4,2	700	Н	S2	120
17	3 x 220 В	50	+5, -10	22	2700	К	S3	150
18	3 x 380 В	60	± 10	45	1400	В	S4	175
19	1 x 220 В	50	+10, -15	1,5	900	Н	S5	200
20	3 x 220 В	60	± 15	30	700	К	S6	250

Примечания:

1 Применяются двигатели основного исполнения, степень защиты IP54, класс нагревостойкости изоляции «F»;

2 Тип нагрузки: *H* — насос, *K* — компрессор, *B* — вентилятор.

Основные теоретические положения;

3 В соответствии с заданным режимом работы предусмотреть установку (выбор) датчиков для контуров регулирования тока и скорости.

6.6. 1 Требования к содержанию и оформлению пояснительной записки:

1. Титульный лист;
 2. Задание
 3. Реферат;
 4. Техническое задание (разделы по ГОСТ)
 5. Аналитический обзор
 6. Основная часть:
 - Выбор двигателя
 - Выбор и описание структурной схемы преобразователя.
 - разработка и описание принципиальной схемы (схема электрическая принципиальная по ГОСТ);
 - Расчет инвертора
 - Расчет выпрямителя
 - Расчет фильтра
 - Расчет дросселя
 - Расчет снабберных цепей
 - Имитационное моделирование
 7. Литература.
- Приложения

Примерная тематика курсовых работ (7 семестр)

Курсовой проект выполняется на тему: «Проектирования реверсивного преобразователя частоты для электропривода переменного тока».

Цель курсового проекта — закрепление и систематизация знаний в области преобразовательной техники путем самостоятельного (при помощи консультанта) решения комплексной задачи проектирования по заданным техническим условиям реверсивного регулируемого преобразователя частоты для питания электропривода переменного тока. В курсовом проекте проводится расчет параметров для выбора элементов выпрямителя, сглаживающего фильтра, автономного инвертора напряжения. По полученным данным из каталогов должны быть выбраны соответствующие элементы преобразователя частоты.

Задание для курсового проекта.

Разработать силовую часть ПЧ предназначенного для регулирования

скорости вращения асинхронного двигателя переменного тока по исходным данным (табл. 12), рассчитать параметры для выбора элементов схемы, выполнить имитационное моделирование.

Таблица 12 — Исходные данные

№ вар.	Питающая сеть			Параметры нагрузки			Дополнительные требования	
	Напряжение УС, В	Частота fC, Гц	Отклонение напряжения ΔUC, %	Номинальная мощность Рном, кВт	Частота вращения ω, об/мин	Тип нагрузки	Режим двигателя	Перегрузочная способность %
1	1 x 220 В	50	+5, -10	1	2700	Н	S1	120
2	3 x 220 В	60	±10	5,5	1400	К	S2	150
3	1 x 220 В	50	+10, -15	24	900	В	S3	175
4	3 x 380 В	60	±15	0,75	700	Н	S4	200
5	3 x 220 В	50	+5, -10	7,5	2700	К	S5	250
6	3 x 380 В	60	±10	45	1400	В	S6	120
7	1 x 220 В	50	+10, -15	1,5	900	Н	S7	150
8	3 x 220 В	60	±15	11	700	К	S1	175
9	3 x 380 В	50	+5, -10	55	2700	В	S2	200
10	1 x 220 В	60	±10	3	1400	Н	S3	250
11	3 x 220 В	50	+10, -15	15	900	К	S4	120
12	3 x 380 В	60	±15	75	700	В	S5	150
13	1 x 220 В	50	+5, -10	4	2700	Н	S6	175
14	3 x 220 В	60	±10	18,5	1400	К	S7	200
15	3 x 380 В	50	+10, -15	37	900	В	S1	250
16	1 x 220 В	60	±15	4,2	700	Н	S2	120
17	3 x 220 В	50	+5, -10	22	2700	К	S3	150
18	3 x 380 В	60	±10	45	1400	В	S4	175
19	1 x 220 В	50	+10, -15	1,5	900	Н	S5	200
20	3 x 220 В	60	±15	30	700	К	S6	250

Примечания:

1 Применяются двигатели основного исполнения, степень защиты IP54, класс нагревостойкости изоляции «F»;

2 Тип нагрузки: Н — насос, К — компрессор, В — вентилятор.

Основные теоретические положения;

В соответствии с заданным режимом работы предусмотреть установку (выбор) датчиков для контуров регулирования тока и скорости.

Содержание курсового проекта

1 Разработка структурной и принципиальной схемы.

2 Расчет мощности на выходе инвертора с учетом коэффициента перегрузки (K_n).

3 Расчет параметров и выбор силовых ключей инвертора, выпрямителя

и тормозного транзистора (при выборе ключей использовать интегрированные силовые сборки, с этой целью желательно выбор осуществлять с учетом расчета выпрямителя и тормозного транзистора, которые могут входить в состав интегрированной сборки).

3.1 Расчет параметров и выбор диодов выпрямителя.

3.2 Расчет параметров и выбор элементов сглаживающего фильтра.

3.3 Расчет параметров и выбор IGBT инвертора.

3.4 Расчет параметров и выбор тормозного транзистора.

3.5 Расчет параметров и выбор защитных элементов преобразователя.

3.6 Расчет параметров и выбор датчиков тока и скорости.

4 Выполненное в среде MATLAB моделирование разработанного преобразователя, полученные временные диаграммы.

Требования по оформлению курсового проекта

1. Курсовой проект представляется в виде расчетно-пояснительной записки объемом 20-30 страниц. В записке должны быть обоснованы все принятые решения, указаны методы расчета, приведены все расчетные формулы и соотношения, а также список использованной литературы, на которую в тексте должны быть сделаны ссылки.

2. Пункты и подпункты выполняемого задания должны быть пронумерованы, приведены графики и диаграммы, выполненные на координатной бумаге.

3. Оформление расчетно-пояснительной записки должно соответствовать требованиям ЕСКД.

4. Принципиальная схема силовой части спроектированного преобразователя с перечнем элементов к ней приводится на 1-м листе формата А1 (594 x 841 мм).

5. Внешние, регулировочная и энергетические характеристики располагаются на половине 2-го листа формата А1. На другой половине размещают временные диаграммы, выполненные в масштабе.

7 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

7.1 Рекомендуемая литература

1. Родин, М. В. Электропреобразовательные устройства радиоэлектронных средств : учебно-методическое пособие / М. В. Родин. — Москва : Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, 2021. — 60 с. — ISBN 978-5-7038-5615-4. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/123684.html> (дата обращения: 25.03.2025) (дата обращения: 30.08.2024).

2. Негадаев, В. А. Силовая электроника : учеб. пособие / В. А. Негадаев ; Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева. — Кемерово, 2020. — 125 с. — URL: <https://obuchalka.org/20211019137602/silovaya-elektronika-negadaev-v-a-2020.html> (дата обращения: 30.08.2024).

3. Фролов, В. Я. Устройства силовой электроники и преобразовательной техники с разомкнутыми и замкнутыми системами управления в среде Matlab — Simulink : учебное пособие / В. Я. Фролов, В. В. Смородинов. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 332 с. — ISBN 978-5-8114-2583-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/212921> (дата обращения: 30.08.2024).

Дополнительная литература

1. Харасов, Х.К. Энергосберегающая энергетическая электроника: учебное пособие / Х.К. Харасов, В.П. Мартынов — Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2018. — 49 с. URL: https://lib.susu.ru/ftd?base=SUSU_METHOD&key=000564839&dtype=F&etype=.pdf (дата обращения: 30.08.2024).

2. Забродин, Ю.С. Промышленная электроника : учебник для студ. энерг. и электротехн. спец. вузов / Ю.С. Забродин. М. : Высшая шк., 1982. — 496 с.

3. Попков, О.З. Основы преобразовательной техники : учеб. пособие для студ. вузов, обуч. по направлению "Электротехника, электромеханика и электротехнология" / О.З. Попков. 3-е изд., стер. М. : МЭИ, 2010. — 200 с.

4. Розанов, Ю.К. Основы силовой преобразовательной техники : учебник для техникумов / Ю.К. Розанов. М. : Энергия, 1979. — 392 с.

5. Руденко, В.С. Основы преобразовательной техники : учеб. для студ. вузов, обуч. по спец. "Промышленная электроника" / В.С. Руденко, В.И. Сенько, И.М. Чиженко. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Высшая шк., 1980. — 424 с.

Учебно-методическое обеспечение

1. Методические указания к выполнению курсового проекта на тему «Проектирование по заданным техническим условиям реверсивного регулируемого преобразователя для питания электропривода постоянного тока» по дисциплине «Электронные силовые преобразовательные устройства» : (для

студентов направлений подготовки 11.03.03 «Конструирование и технология электронных средств» и 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» 3-го курса всех форм обучения) / сост. А.М. Афанасьев, В.И. Ушаков ; Каф. Радиофизики . — Алчевск : ГОУ ВО ЛНР ДонГТИ, 2021 . — 64 с. URL: <https://library.dontu.ru/download.php?rec=127514> (дата обращения 30.08.2024)

2. Методические указания к курсовому проекту работы на тему «Проектирование по заданным техническим условиям реверсивного преобразователя частоты для электропривода переменного тока» по дисциплине «Электронные силовые преобразовательные устройства» : (для студ. направлений подготовки 11.03.03 «Конструирование и технология электронных средств» и 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» 4 курса всех форм обучения) / сост. А.М. Афанасьев, В.И. Ушаков ; Каф. Радиофизики . — Алчевск : ГОУ ВО ЛНР ДонГТИ, 2022 . — 47 с.: URL: <https://library.dontu.ru/download.php?rec=131416> (дата обращения 30.08.2024 г.).

7.2 Базы данных, электронно-библиотечные системы, информационно-справочные и поисковые системы

1. Научная библиотека ДонГТУ : официальный сайт. — Алчевск. — URL: library.dstu.education. — Текст : электронный.

2. Научно-техническая библиотека БГТУ им. Шухова : официальный сайт. — Белгород. — URL: <http://ntb.bstu.ru/jirbis2/>. — Текст : электронный.

3. Консультант студента : электронно-библиотечная система. — Москва. — URL: <http://www.studentlibrary.ru/cgi-bin/mb4x>. — Текст : электронный.

4. Университетская библиотека онлайн : электронно-библиотечная система. — URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red. — Текст : электронный.

5. IPR BOOKS : электронно-библиотечная система. — Красногорск. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/>. — Текст : электронный.

8 Материально-техническое обеспечение дисциплины

Материально-техническая база обеспечивает проведение всех видов деятельности в процессе обучения, соответствует требованиям ФГОС ВО.

Материально-техническое обеспечение представлено в таблице 7.

Таблица 7 – Материально-техническое обеспечение

Наименование оборудованных учебных кабинетов	Адрес (местоположение) учебных кабинетов
Специальные помещения: <i>Мультимедийная лекционная аудитория (48 посадочных мест)</i> Проектор EPSON EMP-X5 (1 шт.); Домашний кинотеатр HT-475 (1 шт.); персональный компьютер, локальная сеть с выходом в Internet	ауд. <u>206</u> корп. <u>3</u>
Аудитории для проведения практических занятий, для самостоятельной работы: <i>Лаборатория преобразовательной и микропроцессорной техники (25 посадочных мест)</i> для проведения практических занятий, для групповых и индивидуальных консультаций, для организации самостоятельной работы, в том числе, научно-исследовательской, оборудованная учебной мебелью, компьютерами с неограниченным доступом к сети Интернет, включая доступ к ЭБС	ауд. <u>203</u> корп. <u>3</u>
<i>Лаборатория силовой электроники и автоматизированных систем управления (25 посадочных мест)</i> для проведения лабораторных и практических занятий, для групповых и индивидуальных консультаций, для проведения курсового проектирования (выполнения курсовых работ), организации самостоятельной работы, в том числе, научно-исследовательской, <u>оборудованная учебной мебелью, специализированными лабораторными стендами, осциллографами, источниками питания, генераторами сигналов и др. специализированным оборудованием</u>	ауд. <u>211</u> корп. <u>3</u>

Лист согласования РПД

Разработал:

Доцент кафедры
электроники и радиофизики
(должность)


(подпись)

А.М. Афанасьев
Ф.И.О.)

И.о. заведующего кафедрой
электроники и радиофизики

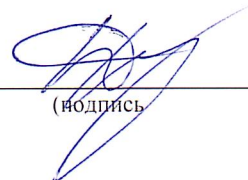

(подпись)

А.М. Афанасьев
Ф.И.О.)

Протокол № 1 заседания кафедры
электроники и радиофизики

от 30.08.2024 г.

И.о. декана факультета
информационных технологий и
автоматизации производственных
процессов


(подпись)

В.В. Дьячкова
Ф.И.О.)

Согласовано

Председатель методической комиссии
по направлению подготовки
11.03.03 Конструирование и технология
электронных средств
(профиль «Информационные технологии
проектирования электронных устройств»)


(подпись)

А.М. Афанасьев
Ф.И.О.)

Начальник учебно-методического центра


(подпись)

О.А. Коваленко
Ф.И.О.)

Лист изменений и дополнений

Номер изменения, дата внесения изменения, номер страницы для внесения изменений	
ДО ВНЕСЕНИЯ ИЗМЕНЕНИЙ:	ПОСЛЕ ВНЕСЕНИЯ ИЗМЕНЕНИЙ:
Основание:	
Подпись лица, ответственного за внесение изменений	