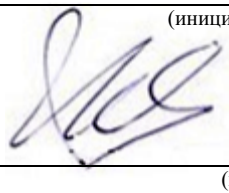
МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
"САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ АЭРОКОСМИЧЕСКОГО ПРИБОРОСТРОЕНИЯ"

Кафедра № 32

УТВЕРЖДАЮ
Руководитель направления

проф., д.т.н., проф.
(должность, уч. степень, звание)

А.Л. Ронжин
(инициалы, фамилия)



(подпись)

«24» июня 2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

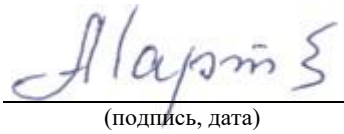
«Электромагнитные и полупроводниковые преобразователи электрической энергии»
(Наименование дисциплины)

Код направления подготовки	14.03.01
Наименование направления подготовки	Ядерная энергетика и теплофизика
Наименование направленности	Технологии управления в ядерной энергетике
Форма обучения	очная

Санкт-Петербург – 2021

Лист согласования рабочей программы дисциплины

Программу составил (а)

доцент, к.т.н., доцент		А.А. Мартынов
(должность, уч. степень, звание)	(подпись, дата)	(инициалы, фамилия)

Программа одобрена на заседании кафедры № 32

«26» мая 2021 г., протокол № 10

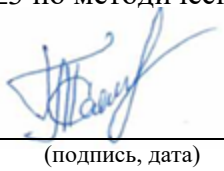
Заведующий кафедрой № 32

д.т.н., проф.		А.Л. Ронжин
(уч. степень, звание)	(подпись, дата)	(инициалы, фамилия)

Ответственный за ОП ВО 14.03.01(01)

старший преподаватель		Н.В. Решетникова
(должность, уч. степень, звание)	(подпись, дата)	(инициалы, фамилия)

Заместитель директора института №3 по методической работе

доц., к.э.н., доц.		Г.С. Армашова-Тельник
(должность, уч. степень, звание)	(подпись, дата)	(инициалы, фамилия)

Аннотация

Дисциплина «Электромагнитные и полупроводниковые преобразователи электрической энергии» входит в образовательную программу высшего образования – программу бакалавриата по направлению подготовки специальности 14.03.01 «Ядерная энергетика и теплофизика» направленности «Технологии управления в ядерной энергетике». Дисциплина реализуется кафедрой «№32».

Дисциплина нацелена на формирование у выпускника следующих компетенций:

УК-2 «Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений»

ПК-1 «Способность к участию в разработке методов прогнозирования количественных характеристик процессов, протекающих в конкретных технических системах на основе существующих методик»

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с изучением:

– устройства, принципа работы и характеристик электромагнитных преобразователей электрической энергии;

– устройства, принципа работы и характеристик полупроводниковых преобразователей электрической энергии;

– энергетических показателей электромагнитных и полупроводниковых преобразователей электрической энергии.

В области воспитания личности целью подготовки по данной дисциплине является формирование основ общекультурных и профессиональных компетенций для приобретения качеств, необходимых специалисту по технологии управления в ядерной энергетике, таких как целеустремленность, организованность, трудолюбие, ответственность, гражданственность, коммуникативность и способность к саморазвитию и самообразованию и др.

Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля: текущий контроль успеваемости, промежуточная аттестация в форме экзамена.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 4 зачетных единицы, 144 часа.

Язык обучения по дисциплине «русский».

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине

1.1. Цели преподавания дисциплины

Целью дисциплины является формирование у студентов необходимых знаний и умений по современным электромагнитным и полупроводниковым преобразователям электрической энергии, что позволит им успешно решать теоретические и практические задачи в их профессиональной деятельности. Обучающиеся должны освоить дисциплину на уровне, позволяющем им ориентироваться в схемных решениях, математических моделях, свойствах и характеристиках электромагнитных и полупроводниковых преобразователей электрической энергии. Уровень освоения дисциплины должен позволять студентам проводить типовые расчеты основных параметров и характеристик электромагнитных и полупроводниковых преобразователей электрической энергии, проводить элементарные лабораторные испытания этих преобразователей.

1.2. Дисциплина входит в состав части, формируемой участниками образовательных отношений, образовательной программы высшего образования (далее – ОП ВО).

1.3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОП ВО.

В результате изучения дисциплины обучающийся должен обладать следующими компетенциями или их частями. Компетенции и индикаторы их достижения приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Перечень компетенций и индикаторов их достижения

Категория (группа) компетенции	Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
Универсальные компетенции	УК-2 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.З.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
Профессиональные компетенции	ПК-1 Способность к участию в разработке методов прогнозирования количественных характеристик процессов, протекающих в конкретных технических системах на основе существующих методик	ПК-1.З.1 знает методы прогнозирования количественных характеристик процессов, протекающих в конкретных технических системах на основе существующих методик ПК-1.У.1 умеет разрабатывать методы прогнозирования количественных характеристик процессов, протекающих в конкретных технических системах на основе существующих методик

2. Место дисциплины в структуре ОП

Дисциплина может базироваться на знаниях, ранее приобретенных обучающимися при изучении следующих дисциплин:

- Электротехника,
- Электроника,

Знания, полученные при изучении материала данной дисциплины, имеют как самостоятельное значение, так и используются при изучении других дисциплин:

- Возобновляемые источники энергии;
- Электротехника оборудования АЭС,

3. Объем и трудоемкость дисциплины

Данные об общем объеме дисциплины, трудоемкости отдельных видов учебной работы по дисциплине (и распределение этой трудоемкости по семестрам) представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Объем и трудоемкость дисциплины

Вид учебной работы	Всего	Трудоемкость по семестрам
		№5
1	2	3
Общая трудоемкость дисциплины, ЗЕ/ (час)	4/ 144	4/ 144
Из них часов практической подготовки	8	8
Аудиторные занятия, всего час.	51	51
в том числе:		
лекции (Л), (час)	34	34
практические/семинарские занятия (ПЗ), (час)		
лабораторные работы (ЛР), (час)	17	17
курсовой проект (работа) (КП, КР), (час)		
экзамен, (час)	36	36
Самостоятельная работа, всего (час)	57	57
***Вид промежуточной аттестации*:** зачет, дифф. зачет, экзамен (Зачет, Дифф. зач, Экз.**)	Экз.	Экз.

Примечание: ** кандидатский экзамен

4. Содержание дисциплины

4.1. Распределение трудоемкости дисциплины по разделам и видам занятий.

Разделы, темы дисциплины и их трудоемкость приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Разделы, темы дисциплины, их трудоемкость

Разделы, темы дисциплины	Лекции (час)	ПЗ (СЗ) (час)	ЛР (час)	КП (час)	СРС (час)
Семестр 5					
Раздел 1. Назначение и классификация преобразователей электрической энергии (ПЭЭ)	4				8
Раздел 2. Электромагнитные преобразователи электрической энергии (ЭМПЭЭ)	8				20

Тема 2.1. Характеристики магнитных материалов Тема 2.2. Дроссели для цепей постоянного тока Тема 2.3. Дроссели для цепей переменного тока Тема 2.4 Трансформаторы Тема 2.5. Индукционные муфты					
Раздел 3. Полупроводниковые преобразователи электрической энергии (ПППЭЭ) Тема 3.1. Элементная база полупроводниковых преобразователей Тема 3.2. Полупроводниковые преобразователи переменного тока в постоянный ток Тема 3.3. Полупроводниковые преобразователи постоянного тока в переменный ток Тема 3.4. Тиристорные преобразователи переменного напряжения	16		17		12
Раздел 4. Защита электромагнитных и полупроводниковых преобразователей электрической энергии.	4				7
Раздел 5. Энергетические показатели работы ПЭЭ.	2				10
Итого в семестре:	34		17		57
Итого:	34	0	17	0	57

Практическая подготовка заключается в непосредственном выполнении обучающимися определенных трудовых функций, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

4.2. Содержание разделов и тем лекционных занятий.

Содержание разделов и тем лекционных занятий приведено в таблице 4.

Таблица 4 – Содержание разделов и тем лекционного цикла

Номер раздела	Название и содержание разделов и тем лекционных занятий
Раздел 1	Назначение и классификация преобразователей электрической энергии

	(ПЭЭ).
Раздел 2	Электромагнитные преобразователи электрической энергии (ЭМПЭЭ). Тема 2.1 Характеристики магнитных материалов. Общие свойства магнитных материалов: гистерезис, магнитная проницаемость, сопротивление магнитному потоку, магнитодвижущая сила и напряженность магнитного потока. Характеристики магнитных материалов: электротехнической стали, аморфного железа, кобальтовых сплавов, ферритов, порошковых материалов. Влияние воздушного зазора в сердечнике на магнитную проницаемость сердечника магнитопровода. Тема 2.2 Дроссели для цепей постоянного тока. Основные расчетные соотношения при расчете дросселя с подмагничиванием. Тема 2.3 Дроссели для цепей переменного тока. Основные расчетные соотношения при расчете дросселя без подмагничивания. Тема 2.4 Трансформаторы: однофазные и многофазные. Автотрансформаторы, трансформаторные умножители частоты. Тема 2.5. Индукционные муфты: принцип действия, статические характеристики муфты, мощность и коэффициент полезного действия, уравнения движения привода с муфтой, передаточные функции привода с муфтой.
Раздел 3	Полупроводниковые преобразователи электрической энергии (ППППЭЭ). Тема 3.1. Элементная база полупроводниковых преобразователей Тема 3.2 Полупроводниковые преобразователи переменного тока в постоянный ток -управляемые выпрямители: электрические схемы, основные расчетные соотношения, характеристики. Тема 3.3. Полупроводниковые преобразователи постоянного тока в переменный ток: электрические схемы, основные расчетные соотношения, характеристики. Тема 3.4. Тиристорные преобразователи переменного напряжения
Раздел 4	Схемы защиты электромагнитных и полупроводниковых преобразователей электрической энергии
Раздел 5	Энергетические показатели работы ПЭЭ: потери мощности, коэффициент полезного действия, коэффициент мощности.

4.3. Практические (семинарские) занятия

Темы практических занятий и их трудоемкость приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Практические занятия и их трудоемкость

№ п/п	Темы практических занятий	Формы практических занятий	Трудоемкость, (час)	Из них практической подготовки, (час)	№ раздела дисциплины

Учебным планом не предусмотрено			
Всего			

4.4. Лабораторные занятия

Темы лабораторных занятий и их трудоемкость приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Лабораторные занятия и их трудоемкость

№ п/п	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость, (час)	Из них практической подготовки, (час)	№ раздела дисциплины
Семестр 5				
1	Вольт-амперные характеристики диодов, тиристоров, запираемых тиристоров	4	2	3
2	Трехфазный однотактный управляемый выпрямитель	4	2	3
3	Однофазный инвертор тока параллельного типа	4	2	3
4	Однофазный инвертор напряжения с широтным регулированием	4	2	3
	Заключительное занятие	1		
	Всего	17	8	

4.5. Курсовое проектирование/ выполнение курсовой работы

Учебным планом не предусмотрено

4.6. Самостоятельная работа обучающихся

Виды самостоятельной работы и ее трудоемкость приведены в таблице 7.

Таблица 7 – Виды самостоятельной работы и ее трудоемкость

Вид самостоятельной работы	Всего, час	Семестр 5, час
1	2	3
Изучение теоретического материала дисциплины (ТО)	40	40
Курсовое проектирование (КП, КР)		
Расчетно-графические задания (РГЗ)		
Выполнение реферата (Р)		
Подготовка к текущему контролю успеваемости (ТКУ)	8	8
Домашнее задание (ДЗ)		
Контрольные работы заочников (КРЗ)		
Подготовка к промежуточной аттестации (ПА)	9	9
Всего:	57	57

5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся указаны в п.п. 7-11.

6. Перечень печатных и электронных учебных изданий

Перечень печатных и электронных учебных изданий приведен в таблице 8.

Таблица 8– Перечень печатных и электронных учебных изданий

Шифр/ URL адрес	Библиографическая ссылка	Количество экземпляров в библиотеке (кроме электронных экземпляров)
621.311 М29	1.Мартынов А.А. Силовая электроника. Часть I. Учебное пособие. Выпрямители и регуляторы переменного напряжения. ГУАП. СПб. 2011. 186с.	70
621.31 М29	2.Мартынов А.А. Силовая электроника. Часть II. Учебное пособие. Инверторы напряжения и преобразователи частоты. ГУАП. СПб.2012. 146с.	70
621.311 М29	3. Мартынов А.А.. Проектирование импульсных полупроводниковых преобразователей постоянного напряжения в постоянное напряжение: учеб. пособие/А.А. Мартынов. СПб.: СПбГУАП, 2011. 216 с.:	70
	4.Трансформаторы для вторичных источников питания. Учеб. пособие/ СПбГУАП. СПб.,2001. 50с.	35
621.314 М29	5.Мартынов А.А. Основы преобразовательной техники.: Учебно-методическое пособие. Часть I / А.А. Мартынов. СПб.: ГУАП, 2016. 187 с.:	35
621.314 М29	6.Мартынов А.А. Основы преобразовательной техники.: Учебно-методическое пособие. Часть II / А.А. Мартынов. СПб.: ГУАП, 2015. 157 с	35

7. Перечень электронных образовательных ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

Перечень электронных образовательных ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины приведен в таблице 9.

Таблица 9 – Перечень электронных образовательных ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

URL адрес	Наименование
URL:http://194.226.30/32/book.htm	Библиотека Администрации Президента РФ [Электронный ресурс]
URL:http://imin.urc.ac.ru	Виртуальные библиотеки [Электронный ресурс].
URL:http://www.rsl.ru	Российская национальная библиотека [Электронный ресурс].
URL:http://web.ido.ru	Электронная библиотека [Электронный ресурс].

URL:http://gpntb.ru	Государственная публичная научно-техническая библиотека России [Электронный ресурс].
http://window.edu.ru/	Информационный портал «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» [Электронный ресурс]

8. Перечень информационных технологий

8.1. Перечень программного обеспечения, используемого при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Перечень используемого программного обеспечения представлен в таблице 10.

Таблица 10– Перечень программного обеспечения

№ п/п	Наименование
	Не предусмотрено

8.2. Перечень информационно-справочных систем,используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Перечень используемых информационно-справочных систем представлен в таблице 11.

Таблица 11– Перечень информационно-справочных систем

№ п/п	Наименование
	Не предусмотрено

9. Материально-техническая база

Состав материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине, представлен в таблице12.

Таблица 12 – Состав материально-технической базы

№ п/п	Наименование составной части материально-технической базы	Номер аудитории (при необходимости)
1	Лекционная аудитория	21-21
2	Специализированная лаборатория	51-06-01

10. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

10.1. Состав оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине приведен в таблице 13.

Таблица 13 – Состав оценочных средств для проведения промежуточной аттестации

Вид промежуточной аттестации	Перечень оценочных средств
Экзамен	Список вопросов к экзамену; Экзаменационные билеты; Задачи; Тесты.

10.2. В качестве критериев оценки уровня сформированности (освоения) компетенций обучающимися применяется 5-балльная шкала оценки сформированности компетенций, которая приведена в таблице 14. В течение семестра может использоваться 100-балльная шкала модульно-рейтинговой системы Университета, правила использования которой, установлены соответствующим локальным нормативным актом ГУАП.

Таблица 14 –Критерии оценки уровня сформированности компетенций

Оценка компетенции 5-балльная шкала	Характеристика сформированных компетенций
«отлично» «зачтено»	– обучающийся глубоко и всесторонне усвоил программный материал; – уверенно, логично, последовательно и грамотно его излагает; – опираясь на знания основной и дополнительной литературы, тесно привязывает усвоенные научные положения с практической деятельностью направления; – умело обосновывает и аргументирует выдвигаемые им идеи; – делает выводы и обобщения; – свободно владеет системой специализированных понятий.
«хорошо» «зачтено»	– обучающийся твердо усвоил программный материал, грамотно и по существу излагает его, опираясь на знания основной литературы; – не допускает существенных неточностей; – увязывает усвоенные знания с практической деятельностью направления; – аргументирует научные положения; – делает выводы и обобщения; – владеет системой специализированных понятий.
«удовлетворительно» «зачтено»	– обучающийся усвоил только основной программный материал, по существу излагает его, опираясь на знания только основной литературы; – допускает несущественные ошибки и неточности; – испытывает затруднения в практическом применении знаний направления; – слабо аргументирует научные положения; – затрудняется в формулировании выводов и обобщений; – частично владеет системой специализированных понятий.
«неудовлетворительно» «не зачтено»	– обучающийся не усвоил значительной части программного материала; – допускает существенные ошибки и неточности при рассмотрении проблем в конкретном направлении; – испытывает трудности в практическом применении знаний; – не может аргументировать научные положения; – не формулирует выводов и обобщений.

10.3. Типовые контрольные задания или иные материалы.

Вопросы (задачи) для экзамена представлены в таблице 15.

Таблица 15 – Вопросы (задачи) для экзамена

№ п/п	Перечень вопросов (задач) для экзамена	Код индикатора
	1.Устройство, принцип работы однофазного трансформатора.	ПК-1.З.1
	2.Векторные диаграммы трансформатора при активной и активно-индуктивной нагрузки.	ПК-1.У.1
	3.Основы методики электромагнитного расчета трансформатора.	УК-2.З.1
	4. Основы методики теплового расчета трансформатора.	УК-2.З.1
	5.Основы методики расчета дросселя для цепей постоянного тока.	УК-2.З.1
	6. Основы методики расчета дросселя для цепей переменного тока.	УК-2.З.1

	7. Основы методики расчета индукционной муфты.	УК-2.З.1
	8. Вольт-амперные характеристики диода, однооперационного тоиристора, биполярного транзистора.	ПК-1.З.1
	9. Устройство, принцип работы, основные расчетные соотношения однотактного однофазного выпрямителя.	ПК-1.З.1
	10. Устройство, принцип работы, основные расчетные соотношения однофазного мостового выпрямителя.	ПК-1.З.1
	11. Устройство, принцип работы, основные расчетные соотношения трехфазного выпрямителя.	ПК-1.З.1
	12. Устройство, принцип работы, основные расчетные соотношения трехфазного мостового выпрямителя.	ПК-1.З.1
	13.Коммутация тока в выпрямителях.	ПК-1.З.1
	14. Коэффициент мощности управляемого выпрямителя, коэффициент полезного действия выпрямителя.	ПК-1.З.1
	15. Регулировочные характеристики управляемого выпрямителя.	ПК-1.З.1
	16. Внешние характеристики выпрямителя.	ПК-1.З.1
	17. Устройство, принцип работы зависимого инвертора.	ПК-1.З.1
	18. Коэффициент полезного действия зависимого инвертора.	ПК-1.З.1
	19. Активный выпрямитель: устройство, принцип работы.	ПК-1.З.1
	20. Методика расчета активного выпрямителя.	ПК-1.У.1
	21. Методика расчета сглаживающего фильтра.	ПК-1.У.1
	22. Система импульсно-фазового управления выпрямителя и зависимого инвертора: устройство, принцип работы.	ПК-1.З.1
	23. Регулировочная характеристика управляемого выпрямителя при пилообразной форме опорного сигнала.	ПК-1.З.1
	24. Регулировочная характеристика управляемого выпрямителя при косинусоидальной форме опорного сигнала.	ПК-1.З.1
	25. Передаточная функция управляемого выпрямителя.	ПК-1.З.1
	26. Инверторы тока параллельного типа: устройство, принцип работы, вывод основных расчетных соотношений.	ПК-1.З.1
	27. Инверторы тока последовательного типа: устройство, принцип работы, вывод основных расчетных соотношений.	ПК-1.З.1
	28. Резонансный режим инвертора последовательного типа: граничный режим, режим принудительной коммутации, режим естественного выключения.	ПК-1.З.1
	29.Методика расчета резонансного инвертора.	ПК-1.У.1
	30. Тиристорный регулятор напряжения переменного тока: устройство, принцип работы, вывод основных расчетных соотношений.	ПК-1.З.1
	31. Однофазный инвертор напряжения: устройство, принцип работы, способы регулирования выходного напряжения.	ПК-1.З.1
	32. Гармонический состав выходного напряжения инвертора напряжения при широтном способе	ПК-1.З.1

	управления.	
	33. Методика расчета выходного фильтра инвертора напряжения.	ПК-1.У.1
	34. Схемы защиты электромагнитных и полупроводниковых преобразователей электрической энергии от сверхтоков.	ПК-1.З.1

Вопросы (задачи) для зачета / дифф. зачета представлены в таблице 16.

Таблица 16 – Вопросы (задачи) для зачета / дифф. зачета

№ п/п	Перечень вопросов (задач) для зачета / дифф. зачета	Код индикатора
	Учебным планом не предусмотрено	

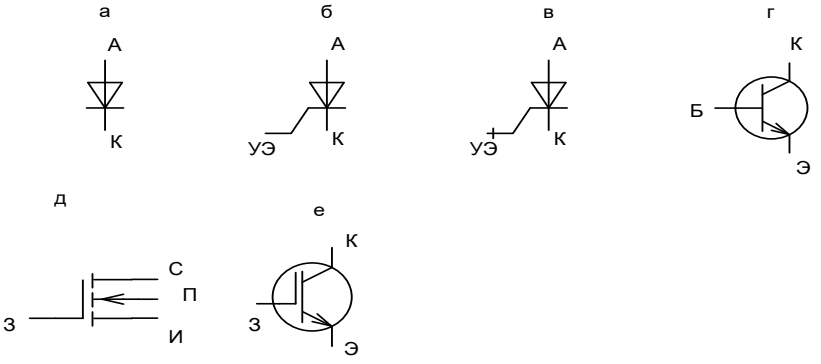
Перечень тем для курсового проектирования/выполнения курсовой работы представлены в таблице 17.

Таблица 17 – Перечень тем для курсового проектирования/выполнения курсовой работы

№ п/п	Примерный перечень тем для курсового проектирования/выполнения курсовой работы
	Учебным планом не предусмотрено

Вопросы для проведения промежуточной аттестации в виде тестирования представлены в таблице 18.

Таблица 18 – Примерный перечень вопросов для тестов

№ п/п	Примерный перечень вопросов для тестов	Код индикатора
1	Вопрос №1  Укажите какой из рисунков (*а, б. в, г. д, е*) соответствует условному изображению: – биполярного транзистора (*n-p-n*–типа); – диода; – запираемого тиристора (двухоперационный управляемый вентиль) с управлением по катоду; – тиристора (однооперационный управляемый вентиль) триодного	

	типа с управлением по катоду; – комбинированного транзистора (IGBT) с каналом *n*–типа – полевого транзистора МДП–типа (с изолированным затвором) с индукционным каналом *n*–типа;	
2	Вопрос №2.Укажите какие условия необходимо выполнить для того, чтобы через диод начал протекать ток?	
3	Вопрос №3.Укажите какие условия необходимо выполнить для того, чтобы через тиристор начал протекать ток?	
4	Вопрос №4.Укажите в чем заключается отличие между однооперационным и двухоперационным тиристором?	
5	Вопрос №5 Укажите в чем заключается отличие в форме импульсов управления транзистора и двухоперационного тиристора?	
6	Вопрос №6. Укажите какое из трех нижеприведенных определений выпрямителя (1, 2 или 3) - правильное: 1. Выпрямитель преобразует электрическую энергию переменного тока в электрическую энергию постоянного тока; 2. Выпрямитель преобразует электрическую энергию постоянного тока в электрическую энергию переменного тока; 3. Выпрямитель преобразует электрическую энергию постоянного тока с напряжением U_1 в электрическую энергию постоянного тока с напряжением U_2.	
7	Вопрос №7. Укажите на каких полупроводниковых приборах (транзисторах, тиристорах или диодах) выполняются неуправляемые выпрямители.	
8	Вопрос №8. Нарисуйте схему однофазного неуправляемого выпрямителя.	
9	Вопрос №9. Нарисуйте схему трехфазного однотактного управляемого выпрямителя.	
10	Вопрос №10. Нарисуйте схему трехфазного мостового неуправляемого выпрямителя.	
11	Вопрос №11. Укажите для каких целей в выпрямителях применяют трансформаторы.	
12	Вопрос №12. Укажите для каких целей в выпрямителях применяют сглаживающие фильтры.	
13	Вопрос №13.Определите чему будет равно среднее значение выпрямленного напряжения однофазного мостового неуправляемого выпрямителя, если на его вход подано напряжение переменного тока, равное 100 В?	

14	Вопрос №14. Определите чему будет равно среднее значение выпрямленного напряжения трехфазного мостового неуправляемого выпрямителя, если на его вход подано напряжение переменного тока, равное 100 В?	
15	Вопрос №15. Определите чему будет равно среднее значение выпрямленного напряжения трехфазного однотактного неуправляемого выпрямителя, если на его вход подано напряжение переменного тока, равное 100 В?	
16	Вопрос №16. Определите чему равно среднее значение тока диода однофазного мостового неуправляемого выпрямителя, если ток нагрузки равен 100 А.	
17	Вопрос №17. Определите чему равно среднее значение тока диода трехфазного однотактного неуправляемого выпрямителя, если ток нагрузки равен 150 А.	
18	Вопрос №18. Определите чему равно среднее значение тока диода трехфазного мостового неуправляемого выпрямителя, если ток нагрузки равен 150 А	
19	Вопрос №19. Определите чему равно максимальное амплитудное значение обратного напряжения диода однофазного мостового неуправляемого выпрямителя, если на его вход подано напряжение переменного тока, действующее значение которого равно 100 В?	
20	Вопрос №20. Определите чему равно максимальное амплитудное значение обратного напряжения диода трехфазного мостового неуправляемого выпрямителя, если на его вход подано напряжение переменного тока, действующее значение которого равно 100 В?	
21	Вопрос №21. Определите чему равно максимальное амплитудное значение обратного напряжения диода трехфазного однотактного неуправляемого выпрямителя, если на его вход подано напряжение переменного тока, действующее значение которого равно 100 В?	
22	Вопрос №22. Укажите величину коэффициента пульсаций выпрямленного напряжения однофазного мостового неуправляемого выпрямителя.	
23	Вопрос №23. Укажите величину коэффициента пульсаций выпрямленного напряжения трехфазного мостового неуправляемого выпрямителя.	
24	Вопрос №24.Укажите величину коэффициента пульсаций выпрямленного напряжения трехфазного однотактного неуправляемого выпрямителя.	
24	Вопрос №25.Укажите величину коэффициента пульсаций выпрямленного напряжения трехфазного однотактного неуправляемого выпрямителя.	
25	Вопрос №26. Укажите в каком из выпрямителей - однофазном	

	мостовом, трехфазном однотактном или трехфазном мостовом, имеет место вынужденное подмагничивание сердечника магнитопровода трансформатора постоянным потоком.	
27	Вопрос №27. Дайте определение понятию «Угол регулирования α».	
28	Вопрос №28. Дайте определение понятию «Угол коммутации γ».	
29	Вопрос №29. Дайте определение понятию «граничное значение угла регулирования $\alpha_{гр}$».	
30	Вопрос №30. Укажите значение угла $\alpha_{гр}$ для однофазного мостового управляемого выпрямителя, работающего на чисто активную нагрузку.	
31	Вопрос №31. Укажите значение угла $\alpha_{гр}$ для трехфазного мостового управляемого выпрямителя, работающего на чисто активную нагрузку.	
32	Вопрос №32. Укажите значение угла $\alpha_{гр}$ для трехфазного однотактного управляемого выпрямителя, работающего на чисто активную нагрузку.	
33	Вопрос №33. Дайте определение понятию «угол запирания $\alpha_{зап}$».	
34	Вопрос №34. Укажите значение угла $\alpha_{зап}$ для однофазного мостового управляемого выпрямителя, работающего на чисто активную нагрузку.	
35	Вопрос №35. Укажите значение угла $\alpha_{зап}$ для трехфазного мостового управляемого выпрямителя, работающего на чисто активную нагрузку.	
36	Вопрос №36. Укажите значение угла $\alpha_{зап}$ для трехфазного однотактного управляемого выпрямителя, работающего на чисто активную нагрузку.	
37	Вопрос №37. Укажите как влияет ток нагрузки на величину угла коммутации γ (увеличивает его или уменьшает).	
38	Вопрос №38. Укажите как влияет напряжение переменного тока на величину угла коммутации γ (увеличивает его или уменьшает).	
39	Вопрос №39. Укажите как влияет индуктивное сопротивление рассеяния обмотки сетевого трансформатора на величину угла коммутации γ (увеличивает его или уменьшает).	
40	Вопрос №40. Укажите как влияет увеличение угла коммутации γ управляемого выпрямителя на величину его коэффициента мощности χ (увеличивает его или уменьшает).	
41	Вопрос №41. Укажите как влияет увеличение угла регулирования α управляемого выпрямителя на величину его коэффициента мощности χ (увеличивает его или уменьшает).	

42	Вопрос №42. Укажите по какой формуле (№1 или №2) следует рассчитывать коэффициент полезного действия выпрямителя $\eta_в$: $\eta = P_d/P_2$ (1); $\eta = P_2/P_d$ (2), где $P_d=U_dI_d$ -мощность цепи постоянного тока преобразователя; $P_2=m_2U_2I_2\cos\varphi$ –активная мощность цепи переменного тока преобразователя.	
43	Вопрос №43. Укажите какое из трех нижеприведенных определений инвертора (1, 2 или 3) - правильное: 1. Инвертор преобразует электрическую энергию переменного тока в электрическую энергию постоянного тока; 2. Инвертор преобразует электрическую энергию постоянного тока в электрическую энергию переменного тока; 3. Инвертор преобразует электрическую энергию постоянного тока с напряжением U_1 в электрическую энергию постоянного тока с напряжением U_2.	
44	Вопрос №44.Укажите в каких пределах $0<\alpha<90^o$ или $90^o<\alpha<180^o$ должен находиться угол регулирования α в режиме инвертирования.	
45	Вопрос №45. Укажите следует ли изменять полярность напряжения цепи постоянного тока выпрямителя на противоположное при переводе выпрямителя в режим инвертирования.	
46	Вопрос №46. Укажите параметры зависимого инвертора, воздействуя на которые можно регулировать величину мощности, отдаваемой зависимым инвертором в сеть переменного тока.	
47	Вопрос №47.Укажите по какой формуле (№1 или №2) следует рассчитывать коэффициент полезного действия зависимого инвертора $\eta_{з.и}$: $\eta = P_d/P_2$ (1); $\eta = P_2/P_d$ (2), где $P_d=U_dI_d$ -мощность цепи постоянного тока преобразователя; $P_2=m_2U_2I_2\cos\varphi$ –активная мощность цепи переменного тока преобразователя	

Перечень тем контрольных работ по дисциплине обучающихся заочной формы обучения, представлены в таблице 19.

Таблица 19 – Перечень контрольных работ

№ п/п	Перечень контрольных работ

	Не предусмотрено

10.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания индикаторов, характеризующих этапы формирования компетенций, содержатся в локальных нормативных актах ГУАП, регламентирующих порядок и процедуру проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся ГУАП.

11. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

11.1. Методические указания для обучающихся по освоению лекционного материала

Целью дисциплины является формирование у студентов необходимых знаний и умений по современным электромагнитным и полупроводниковым преобразователям электрической энергии, что позволит им успешно решать теоретические и практические задачи в их профессиональной деятельности. Обучающиеся должны освоить дисциплину на уровне, позволяющем им ориентироваться в схемных решениях, математических моделях, свойствах и характеристиках электромагнитных и полупроводниковых преобразователей электрической энергии. Уровень освоения дисциплины должен позволять студентам проводить типовые расчеты основных параметров и характеристик электромагнитных и полупроводниковых преобразователей электрической энергии, проводить элементарные лабораторные испытания этих преобразователей.

Методические указания для обучающихся по освоению лекционного материала приведены в [1-4].

Основное назначение лекционного материала – логически стройное, системное, глубокое и ясное изложение учебного материала. Назначение современной лекции в рамках дисциплины не в том, чтобы получить всю информацию по теме, а в освоении фундаментальных проблем дисциплины, методов научного познания, новейших достижений научной мысли. В учебном процессе лекция выполняет методологическую, организационную и информационную функции. Лекция раскрывает понятийный аппарат конкретной области знания, её проблемы, дает цельное представление о дисциплине, показывает взаимосвязь с другими дисциплинами.

Планируемые результаты при освоении обучающимся лекционного материала:

- получение современных, целостных, взаимосвязанных знаний, уровень которых определяется целевой установкой к каждой конкретной теме;
- получение опыта творческой работы совместно с преподавателем;
- развитие профессионально–деловых качеств, любви к предмету и самостоятельного творческого мышления.
- появление необходимого интереса, необходимого для самостоятельной работы;
- получение знаний о современном уровне развития науки и техники и о прогнозе их развития на ближайшие годы;
- научится методически обрабатывать материал (выделять главные мысли и положения, приходить к конкретным выводам, повторять их в различных формулировках);
- получение точного понимания всех необходимых терминов и понятий.

Раздел 1. Назначение и классификация преобразователей электрической энергии (ПЭЭ

Раздел 2. Электромагнитные преобразователи электрической энергии (ЭМПЭЭ).
Тема 2.1 Характеристики магнитных материалов. Общие свойства магнитных материалов: гистерезис, магнитная проницаемость, сопротивление магнитному потоку, магнитодвижущая сила и напряженность магнитного потока. Характеристики магнитных материалов: электротехнической стали, аморфного железа, кобальтовых сплавов, ферритов, порошковых материалов. Влияние воздушного зазора в сердечнике на магнитную проницаемость сердечника магнитопровода.
Тема 2.2 Дроссели для цепей постоянного тока. Основные расчетные соотношения при расчете дросселя с подмагничиванием.
Тема 2.3 Дроссели для цепей переменного тока. Основные расчетные соотношения при расчете дросселя без подмагничивания.
Тема 2.4 Трансформаторы: однофазные и многофазные. Автотрансформаторы, трансформаторные умножители частоты.
Тема 2.5. Индукционные муфты: принцип действия, статические характеристики муфты, мощность и коэффициент полезного действия, уравнения движения привода с муфтой, передаточные функции привода с муфтой.
Раздел 3. Полупроводниковые преобразователи электрической энергии (ППЭЭ)
Тема 3.1. Вольт-амперные характеристики полупроводниковых вентилей.

Вольт-амперные характеристики:
-диодов;
-тиристоров;
-транзисторов.
Параметрический стабилизатор напряжения

Тема 3.2. Выпрямители: Однофазный мостовой, трехфазный мостовой, шестифазный однотактный. .Устройство, принцип работы, вывод основных расчетных соотношений Коммутация тока в выпрямителях. Сглаживающие фильтры. Энергетические показатели работы выпрямителя.

Литература [2],

Методические указания.

При изучении этой темы следует обратить внимание на физическую сущность понятия «выпрямитель», разобраться с классификацией схем выпрямителей и перечнем основных параметров, характеризующих работу выпрямителя. Преобразование переменного напряжения в постоянное напряжение, или другими словами выпрямление, осуществляется с помощью полупроводниковых выпрямителей. Изучение этого процесса лучше всего начинать с рассмотрения работы самой простой схемы выпрямления - однофазного однотактного выпрямителя. Кроме устройства и принципа работы рассматриваемых схем выпрямления необходимо внимательно изучить методику вывода основных расчетных соотношений для рассматриваемых схем выпрямления и для закрепления знаний самостоятельно повторить эти выводы.

Вопросы для самоконтроля.

1 Сформулируйте определение понятию «выпрямитель».

2 Перечислите варианты выполнения выпрямителей:

- по возможности регулирования выходного напряжения;
- по фазности;

-по возможности поддержания высокого значения коэффициента мощности выпрямителя;

3 Сформулируйте требования, которым должна удовлетворять система импульсно – фазового управления (СИФУ) выпрямителя.

4 Сформулируйте принцип работы схемы выпрямления.

5 Укажите во сколько раз действующее значение напряжения, подаваемого на вход выпрямителя, должно быть больше среднего значения напряжения нагрузки?

6 Укажите во сколько раз расчетная мощность вторичной обмотки трансформатора больше мощности нагрузки?

7 Укажите во сколько раз расчетная мощность первичной обмотки трансформатора больше мощности нагрузки?

8 Укажите во сколько раз расчетная мощность трансформатора больше мощности нагрузки?

9 Чему равна частота пульсаций выпрямленного напряжения?

10 Чему равен коэффициент пульсаций выпрямленного напряжения?

Тема 3.3. Преобразователи переменного напряжения в переменное напряжение. Однофазные тиристорные регуляторы переменного напряжения. Устройство, принцип работы, характеристики Устройство, принцип работы, характеристики трехфазного преобразователя. Примеры применения преобразователей переменного напряжения в переменное напряжение.,

Литература [2],

Методические указания.

ТРН применяются для регулирования величины напряжения переменного тока при сохранении частоты этого напряжения. Система импульсно – фазового управления этих регуляторов точно такая же, как и у управляемых выпрямителей. Регулирование величины выходного напряжения ТРН осуществляется путем изменения фазового положения импульса управления по отношению к точке естественного зажигания вентилей. Форма кривой выходного напряжения ТРН искажена и существенно отличается от синусоидальной, а ток, потребляемый ТРН от питающей сети, имеет фазовый сдвиг. Перечисленные выше факторы оказывают прямое влияние на величину коэффициента мощности ТРН.

Необходимо изучить устройство, принцип работы ТРН, регулировочные и внешние характеристики, а также зависимость коэффициента мощности регулятора от диапазона регулирования величины выходного напряжения.

Вопросы для самоконтроля:

1 Приведите выражение регулировочной характеристики тиристорного регулятора переменного напряжения при чисто активной нагрузке.

2 Приведите выражение внешней характеристики тиристорного регулятора переменного напряжения.

3 Укажите в чем отличия в работе тиристорного регулятора переменного напряжения при чисто активной и активно-индуктивной нагрузке.

Тема 3.4. Инверторы

Однофазные инверторы тока параллельного и последовательного типа- устройство, принцип работы, вывод основных расчетных соотношений.

- Зависимые. Условия перевода управляемого выпрямителя в режим инвертирования. Внешняя характеристика зависимого инвертора.

-Инверторы тока паралельного, последовательного и параллельно-последовательного типа. Вывод выходных характеристик и зависимостей угла запирания от параметров нагрузки.

- Инверторы напряжения. Схемы однофазных и трехфазных инверторов напряжения. Алгоритмы управления инверторов с ШИМ-модуляцией.

Литература [3]

Методические указания.

Независимые (автономные) инверторы напряжения работают на сеть переменного тока, в которой имеется только нагрузка, поэтому параметры напряжения выходной сети инвертора напряжения определяются только свойствами самого инвертора. По времени инверторы тока были разработаны и исследованы значительно раньше, чем инверторы напряжения. Это объясняется в первую очередь тем, что инверторы тока выполняются на не полностью управляемых вентилях (тиристорах), а достаточно сильноточные и высоковольтные тиристоры были разработаны и освоены промышленностью значительно раньше, чем транзисторы на большие токи и напряжения. Изучение этой темы начинается с изучения однофазного инвертора тока параллельного типа. Далее следует изучить однофазный инвертор тока последовательного типа, инвертор тока последовательно-параллельного типа. Отметим, что мгновенное значение входного тока в инверторах тока постоянно. Эти и объясняется название «инвертор тока».

Однофазные и трехфазные инверторы напряжения. Устройство, принцип работы, способы регулирования величины выходного напряжения. Выходные фильтры инверторов напряжения.

Литература [3].

Методические указания.

Изучение тем, относящихся к инверторам напряжения, следует начать с наиболее простых схем – однофазного одноплечевого, однофазного с выводом нулевой точки первичной обмотки трансформатора, однофазных полумостовой и мостовой схем. Необходимо установить последовательность работы транзисторов, длительность включенного состояния транзисторов и форму напряжения на нагрузке. Также необходимо изучить способы регулирования величины выходного напряжения и его гармонический состав. Выходное напряжение инвертора кроме основной гармоники (полезной составляющей) содержит высшие гармоники, которые существенно ухудшают форму кривой напряжения. Необходимо изучить основные способы улучшения формы кривой выходного напряжения инвертора, приближения этой формы к синусоидальной. Важно также изучить характеристики инверторов и расчетные соотношения, по которым следует рассчитывать загрузку вентилей по току и напряжению.

Вопросы для самоконтроля:

1. Дайте пояснения принципу работы инвертора тока параллельного типа - как происходит включение тиристоров и их выключение?
2. Дайте пояснения принципу работы инвертора тока последовательного типа - как происходит включение тиристоров и их выключение?
3. В чем заключается отличие в схемах инверторов последовательного и параллельного типа?
4. При каком значении проводимости нагрузки (большом или малом) происходит опрокидывание инвертора параллельного типа?
5. При каком значении проводимости нагрузки (большом или малом) происходит опрокидывание инвертора последовательного типа?
6. Поясните в чем заключается различие выходных характеристик инверторов тока параллельного и последовательного типа?
7. Укажите достоинства последовательно-параллельного инвертора тока по сравнению с инверторами тока параллельного и последовательного типа.

8. Поясните принцип работы однофазных инверторов напряжения (одноплечевого, с выводом нулевой точки первичной обмотки трансформатора, полумостового и мостового типов)
9. Перечислите способы регулирования величины выходного напряжения инвертора напряжения.
10. Как определить гармонический состав выходного напряжения инвертора при реализации широтного способа управления?
11. Как рассчитать загрузку транзисторов по току и напряжению.

11.2. **Методические указания для обучающихся по участию в семинарах**

Основной целью для обучающегося является систематизация и обобщение знаний по изучаемой теме, разделу, формирование умения работать с дополнительными источниками информации, сопоставлять и сравнивать точки зрения, конспектировать прочитанное, высказывать свою точку зрения и т.п. В соответствии с ведущей дидактической целью содержанием семинарских занятий являются узловые, наиболее трудные для понимания и усвоения темы, разделы дисциплины. Спецификой данной формы занятий является совместная работа преподавателя и обучающегося над решением поставленной проблемы, а поиск верного ответа строится на основе чередования индивидуальной и коллективной деятельности.

При подготовке к семинарскому занятию по теме прослушанной лекции необходимо ознакомиться с планом его проведения, с литературой и научными публикациями по теме семинара.

11.3. **Методические указания для обучающихся по прохождению практических занятий**

Практическое занятие является одной из основных форм организации учебного процесса, заключающаяся в выполнении обучающимися под руководством преподавателя комплекса учебных заданий с целью усвоения научно-теоретических основ учебной дисциплины, приобретения умений и навыков, опыта творческой деятельности.

Целью практического занятия для обучающегося является привитие обучающимся умений и навыков практической деятельности по изучаемой дисциплине.

Планируемые результаты при освоении обучающимся практических занятий:

– закрепление, углубление, расширение и детализация знаний при решении конкретных задач;

– развитие познавательных способностей, самостоятельности мышления, творческой активности;

– овладение новыми методами и методиками изучения конкретной учебной дисциплины;

– выработка способности логического осмысления полученных знаний для выполнения заданий;

– обеспечение рационального сочетания коллективной и индивидуальной форм обучения.

11.4.Методические указания для обучающихся по выполнению лабораторных приведены в «Методических указаниях по изучению дисциплины «Силовая электроника», размещенных на электронном ресурсе каф. №32**,** а также в учебных пособиях в учебно-методических пособиях [5], [6]

В ходе выполнения лабораторных работа обучающийся должен углубить и закрепить знания, практические навыки, овладеть современной методикой и техникой эксперимента в соответствии с квалификационной характеристикой обучающегося. Выполнение лабораторных работ состоит из экспериментально-практической, расчетно-аналитической частей и контрольных мероприятий.

Выполнение лабораторных работ обучающимся является неотъемлемой частью изучения дисциплины, определяемой учебным планом и относится к средствам, обеспечивающим решение следующих основных задач у обучающегося:

– приобретение навыков исследования процессов, явлений и объектов, изучаемых в рамках данной дисциплины;

– закрепление, развитие и детализация теоретических знаний, полученных на лекциях;

– получение новой информации по изучаемой дисциплине;

– приобретение навыков самостоятельной работы с лабораторным оборудованием и приборами.

Задание и требования к проведению лабораторных работ приведены учебно-методических пособиях [5], [6].

11.5.Методические указания для обучающихся по прохождению самостоятельной работы

В ходе выполнения самостоятельной работы, обучающийся выполняет работу по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия.

Для обучающихся по заочной форме обучения, самостоятельная работа может включать в себя контрольную работу.

В процессе выполнения самостоятельной работы, у обучающегося формируется целесообразное планирование рабочего времени, которое позволяет им развивать умения и навыки в усвоении и систематизации приобретаемых знаний, обеспечивает высокий уровень успеваемости в период обучения, помогает получить навыки повышения профессионального уровня.

Методическими материалами, направляющими самостоятельную работу обучающихсяявляются:

– учебно-методический материал по дисциплине;

– методические указания по выполнению контрольных работ (для обучающихся по заочной форме обучения).

11.6. Методические указания для обучающихся по прохождению текущей успеваемости

Текущий контроль успеваемости предусматривает контроль качества знаний обучающихся, осуществляемого в течение семестра с целью оценивания хода освоения дисциплины.

Текущий контроль успеваемости проводится в течение семестра с использованием тестовых вопросов (табл.19). В конце семестра по результатам текущего контроля выставляется оценка, которая учитывается при выставлении оценки по результатам промежуточной аттестации.

11.7. Методические указания для обучающихся по прохождению промежуточной аттестации

Промежуточная аттестация обучающихся предусматривает оценивание промежуточных и окончательных результатов обучения по дисциплине. Она включает в себя:

– экзамен – форма оценки знаний, полученных обучающимся в процессе изучения всей дисциплины или ее части, навыков самостоятельной работы, способности применять их для решения практических задач. Экзамен, как правило, проводится в период экзаменационной сессии и завершается аттестационной оценкой «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

При оценке окончательных результатов обучения по дисциплине учитывается оценка по текущему контролю, а также отсутствие или наличие задолженности по лабораторным работам и практическим занятиям. При наличии задолженностей по лабораторным работам и практическим занятиям итоговая оценка снижается на 0,5 балла за каждую не выполненную и не защищенную лабораторную работу или не решенную задачу.

Система оценок при проведении промежуточной аттестации осуществляется в соответствии с требованиями Положений «О текущем контроле успеваемости и промежуточной аттестации студентов ГУАП, обучающихся по программы высшего образования» и «О модульно-рейтинговой системе оценки качества учебной работы студентов в ГУАП».

Лист внесения изменений в рабочую программу дисциплины

Дата внесения изменений и дополнений. Подпись внесшего изменения	Содержание изменений и дополнений	Дата и № протокола заседания кафедры	Подпись зав. кафедрой