

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«Воронежский государственный технический университет»

УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета Электротехники и Бурковский А.В.

«31» августа 2021 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины

«Преобразовательная техника в современных технологиях»

Направление подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Профиль Электропривод и автоматика

Квалификация выпускника бакалавр

Нормативный период обучения 4 года / 4 года и 11 м.

Форма обучения очная / заочная

Год начала подготовки 2021

Автор программы

[Signature] / к.т.н. доцент Кожин А.С./

Заведующий кафедрой
Электропривода,
автоматики и управления в
технических системах

[Signature] /д.т.н. проф. Бурковский В.Л./

Руководитель ОПОП

[Signature] /д.т.н. проф. Питолин В.М./

Воронеж 2021

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1. Цели дисциплины

формирование у студентов знаний, умений и навыков, необходимых для инженерной деятельности по анализу и разработке устройств преобразования электрической энергии, применяемых в системах автоматизированного электропривода, электроснабжения и электропитания.

1.2. Задачи освоения дисциплины

-изучение принципа действия, параметров и режимов работы элементов

силовых схем преобразователей электроэнергии;

-изучение методов анализа, математического и компьютерного моделирования преобразователей электроэнергии;

-изучение топологии схемы силовой части, принципа работы, электромагнитных процессов во всех основных преобразователях электроэнергии;

-изучение принципов построения и особенностей физической реализации систем управления преобразователями электроэнергии.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Преобразовательная техника в современных технологиях» относится к дисциплинам вариативной части (дисциплина по выбору) блока Б1.

3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Процесс изучения дисциплины «Преобразовательная техника в современных технологиях» направлен на формирование следующих компетенций:

ПК-3 - Способен разрабатывать проектные решения отдельных частей системы электропривода и всей системы электропривода

ПК-4 - Способен разрабатывать проектные решения отдельных частей автоматизированной системы управления технологическими процессами

ПК-7 - Способен осуществлять эксплуатацию систем электроприводов и автоматизированных систем управления

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции
ПК-3	знать принцип действия, параметры и режимы работы элементов силовых схем отдельных частей системы электропривода;
	уметь планировать и проводить технические испытания систем электропривода;
	владеть методами аналитического исследования,

	математического и компьютерного моделирования систем электропривода;
ПК-4	знать принципы работы элементов автоматизированной системы управления технологическими процессами;
	уметь проектировать состав, определять функции и анализировать работу автоматизированных систем управления технологическими процессами;
	владеть методикой синтеза автоматизированных систем управления технологическими процессами
ПК-7	знать методики проведения испытаний систем электроприводов и автоматизированных систем управления;
	уметь определять особенности построения и физической реализации систем электроприводов и автоматизированных систем управления.
	владеть методами настройки и запуска в эксплуатацию систем электроприводов и автоматизированных систем управления;

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Преобразовательная техника в современных технологиях» составляет 5 з.е.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам занятий
очная форма обучения

Виды учебной работы	Всего часов	Семестры
		7
Аудиторные занятия (всего)	54	54
В том числе:		
Лекции	18	18
Практические занятия (ПЗ)	18	18
Лабораторные работы (ЛР)	18	18
Самостоятельная работа	99	99
Курсовой проект	+	+
Часы на контроль	27	27

Виды промежуточной аттестации - экзамен	+	+
Общая трудоемкость академические часы	180	180
з.е.	5	5

заочная форма обучения

Виды учебной работы	Всего часов	Семестры
		9
Аудиторные занятия (всего)	12	12
В том числе:		
Лекции	4	4
Практические занятия (ПЗ)	4	4
Лабораторные работы (ЛР)	4	4
Самостоятельная работа	159	159
Курсовой проект	+	+
Часы на контроль	9	9
Виды промежуточной аттестации - экзамен	+	+
Общая трудоемкость академические часы	180	180
з.е.	5	5

5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

5.1 Содержание разделов дисциплины и распределение трудоемкости по видам занятий

очная форма обучения

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	Прак зан.	Лаб. зан.	СРС	Всего, час
1	Неуправляемые выпрямители тока	Однофазные неуправляемые выпрямители. Выпрямители трехфазного тока. Работа выпрямителя на активное сопротивление и индуктивность. Работа выпрямителя на активное сопротивление и емкость.	3	3	3	15	24

		Работа выпрямителя на встречную ЭДС. Коммутация тока, внешние характеристики выпрямителей средней и большой мощности.					
2	Управляемые выпрямители тока	Однофазные управляемые выпрямители. Трехфазные управляемые выпрямители. Высшие гармонические в кривой выпрямленного напряжения и первичного тока выпрямителей. Сглаживающие фильтры.	3	3	3	15	24
3	Импульсные преобразователи постоянного тока	Импульсные преобразователи постоянного тока на базе полностью управляемых силовых транзисторов (IGBT) и тиристоров (GTO, IGCT) с широтно-импульсной модуляцией	3	3	3	15	24
4	Автономные инверторы	Инверторы, ведомые сетью. Преобразователи частоты с непосредственной связью. Автономные инверторы. Анализ влияния методов управления на качество преобразованной энергии.	3	3	3	15	24
5	Принципы построения систем управления вентильными преобразователями	Системы импульсно-фазового управления. Примеры схемной реализации систем импульсно-фазового управления выпрямителями	3	3	3	24	33
6	Вентильные компенсаторы неактивных составляющих полной мощности	Общие положения и определения. Устройства компенсации реактивной мощности со скалярным управлением. Устройства компенсации реактивной мощности с векторным управлением	3	3	3	15	24
Итого			18	18	18	99	153

заочная форма обучения

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	Прак зан.	Лаб. зан.	СРС	Всего, час
1	Неуправляемые выпрямители тока	Однофазные неуправляемые выпрямители. Выпрямители трехфазного тока. Работа выпрямителя на активное сопротивление и индуктивность. Работа выпрямителя на активное сопротивление и емкость. Работа выпрямителя на встречную ЭДС. Коммутация тока, внешние характеристики выпрямителей средней и большой мощности.	1	1	1	40	43
2	Управляемые выпрямители тока	Однофазные управляемые выпрямители. Трехфазные управляемые выпрямители. Высшие гармонические в кривой выпрямленного напряжения и первичного тока выпрямителей. Сглаживающие фильтры.	1	1	1	40	43
3	Импульсные преобразователи постоянного тока	Импульсные преобразователи постоянного тока на базе полностью управляемых силовых транзисторов (IGBT) и тиристоров (GTO, IGCT) с широтно- импульсной модуляцией	1	1	1	40	43
4	Автономные инверторы	Инверторы, ведомые сетью. Преобразователи частоты с непосредственной связью. Автономные инверторы. Анализ влияния методов управления на качество преобразованной энергии.	1	1	1	39	42
Итого			4	4	4	159	171

5.2 Перечень лабораторных работ

Лабораторная работа №1 “Исследование неуправляемых выпрямителей”.

Лабораторная работа №2 “Исследование управляемых выпрямителей”

Лабораторная работа №3 “Исследование импульсного понижающего преобразователя постоянного напряжения”

Лабораторная работа №4 “Исследование автономного инвертора тока”

Лабораторная работа №5 “Исследование системы управления тиристорным выпрямителем”

Лабораторная работа №6 “Исследование активного фильтра гармоник”

6. ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ (РАБОТ) И КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

В соответствии с учебным планом освоение дисциплины предусматривает выполнение курсового проекта в 7 семестре для очной формы обучения, в 9 семестре для заочной формы обучения.

Примерная тематика курсового проекта: «Расчет силового управляемого выпрямителя»

Задачи, решаемые при выполнении курсового проекта:

- закрепление на практике навыков проектирования и расчета основных характеристик тиристорного управляемого выпрямителя, предназначенного для электропривода постоянного тока

- рассчитать силовой трансформатор.
- рассчитать предельные режимы и выбрать тиристоры.
- рассчитать сглаживающий реактор, обеспечивающий заданную зону непрерывного тока δI .

- рассчитать и построить внешние характеристики выпрямителя для углов управления $\alpha = 30^\circ, 60^\circ, 90^\circ, 120^\circ$.

- разработать принципиальную схему управляемого выпрямителя.

- рассчитать номиналы элементов принципиальной схемы.

- определить температуру перехода тиристора при номинальном токе якоря двигателя и естественном охлаждении силового блока (температуру охлаждающей среды T_c принять равной 40°C).

Курсовой проект включают в себя графическую часть и расчетно-пояснительную записку.

7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

7.1. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

7.1.1 Этап текущего контроля

Результаты текущего контроля знаний и межсессионной аттестации оцениваются по следующей системе:

«аттестован»;
«не аттестован».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Аттестован	Не аттестован
ПК-3	знать принцип действия, параметры и режимы работы элементов силовых схем отдельных частей системы электропривода;	Тест	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	уметь планировать и проводить технические испытания систем электропривода;	Решение аналитических задач	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	владеть методами аналитического исследования, математического и компьютерного моделирования систем электропривода;	Решение прикладных задач	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
ПК-4	знать принципы работы элементов автоматизированной системы управления технологическими процессами;	Тест	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	уметь проектировать состав, определять функции и анализировать работу автоматизированных систем управления технологическими процессами;	Решение аналитических задач	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	владеть методикой синтеза автоматизированных систем управления технологическими процессами	Решение прикладных задач	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
ПК-7	знать методики проведения испытаний систем электроприводов и автоматизированных	Тест	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

	систем управления;			
	уметь определять особенности построения и физической реализации систем электроприводов и автоматизированных систем управления.	Решение аналитических задач	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	владеть методами настройки и запуска в эксплуатацию систем электроприводов и автоматизированных систем управления;	Решение прикладных задач	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

7.1.2 Этап промежуточного контроля знаний

Результаты промежуточного контроля знаний оцениваются в 7 семестре для очной формы обучения, 9 семестре для заочной формы обучения по четырехбалльной системе:

«отлично»;

«хорошо»;

«удовлетворительно»;

«неудовлетворительно».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Отлично	Хорошо	Удовл.	Неудовл.
ПК-3	знать принцип действия, параметры и режимы работы элементов силовых схем отдельных частей системы электропривода;	Тест	Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов
	уметь планировать и проводить технические испытания систем электропривода;	Решение стандартных практических задач	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	владеть методами аналитического исследования, математического и компьютерного моделирования систем	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены

	электропривода;					
ПК-4	знать принципы работы элементов автоматизированной системы управления технологическими процессами;	Тест	Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов
	уметь проектировать состав, определять функции и анализировать работу автоматизированных систем управления технологическими процессами;	Решение стандартных практических задач	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	владеть методикой синтеза автоматизированных систем управления технологическими процессами	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
ПК-7	знать методики проведения испытаний систем электроприводов и автоматизированных систем управления;	Тест	Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов
	уметь определять особенности построения и физической реализации систем электроприводов и автоматизированных систем управления.	Решение стандартных практических задач	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	владеть методами настройки и запуска в эксплуатацию систем электроприводов и автоматизированных систем управления;	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены

7.2 Примерный перечень оценочных средств (типовые

контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности)

7.2.1 Примерный перечень заданий для подготовки к тестированию

1. Действие полупроводниковых приборов основано на
 - А собственной электропроводности полупроводников
 - Б примесной электропроводности полупроводников
 - В зависимости собственной электропроводности от температуры
 - Г зависимости примесной электропроводности от температуры
2. Инерционность диода при скачке прямого тока определяется
 - А барьерной емкостью перехода
 - Б концентрацией примесей в эмиттере
 - В нарастанием температуры кристалла
 - Г накоплением заряда неосновных носителей в базе
3. Собственная электропроводность полупроводника обусловлена
 - А структурой кристаллической решетки полупроводника
 - Б наличием запрещенной зоны в энергетической диаграмме
 - В генерацией пар подвижных носителей заряда
 - Г шириной запрещенной зоны полупроводника
4. Инерционность диода при переключении на обратное напряжение определяется
 - А наличием заряда неосновных носителей в базе
 - Б генерацией пар носителей заряда электрон-дырка
 - В током поверхностной утечки
 - Г величиной напряжения пробоя
5. Примесная электропроводность полупроводника больше собственной потому, что
 - А количество атомов примеси больше количества атомов полупроводника
 - Б температура атомов примеси выше температуры атомов полупроводника
 - В примесь является металлом
 - Г атомы примеси ионизируются легче, чем атомы полупроводника
6. Пробой диода обусловлен
 - А нелинейной зависимостью тока от напряжения
 - Б расширением электронно-дырочного перехода в область базы при увеличении обратного напряжения
 - В расширением электронно-дырочного перехода в область эмиттера при увеличении обратного напряжения

- Г чрезмерно большой скоростью нарастания прямого тока
7. Предельная рабочая температура полупроводникового прибора обусловлена
- А увеличением доли собственной электропроводности с ростом температуры
 - Б плавлением полупроводника
 - В возрастанием излучения полупроводника
 - Г уменьшением электропроводности с ростом температуры
8. Вторичный пробой в биполярных приборах обусловлен
- А диффузионной емкостью электронно-дырочного перехода
 - Б увеличением обратного напряжения сверх допустимого
 - В зависимостью сопротивления от напряжения
 - Г отрицательным температурным коэффициентом сопротивления полупроводника
9. Напряжение, приложенное к р-п переходу, называют прямым, если
- А оно увеличивает концентрацию основных носителей заряда
 - Б оно уменьшает концентрацию неосновных носителей заряда
 - В внешнее электрическое поле ослабляет внутреннее
 - Г внешнее электрическое поле усиливает внутреннее
10. Некоторые виды транзисторов называют биполярными, потому что
- А их действие основано на поведении двух видов носителей заряда
 - Б к их выводам прикладывается напряжение двух полярностей
 - В через внешние выводы протекают токи разных направлений
 - Г внутренние р-п переходы включены встречно

7.2.2 Примерный перечень заданий для решения стандартных задач

1. Униполярный транзистор обеспечивает большой коэффициент усиления мощности благодаря
- А малому сопротивлению проводящего канала
 - Б изменению сопротивления проводящего канала
 - В очень малому падению напряжения на затворе
 - Г очень малому току в цепи затвора
2. Выпрямляющее действие р-п перехода обусловлено
- А внутренним электрическим полем в области р-п перехода
 - Б наличием основных и неосновных носителей заряда
 - В генерацией основных носителей заряда
 - Г движением неосновных носителей заряда

3. Возможность усиления тока базы в биполярном транзисторе обусловлена
- А высокой концентрацией примесей в области коллектора
 - Б высокой концентрацией примесей в области эмиттера
 - В прямым смещением коллекторного перехода
 - Г малым расстоянием между эмиттерным и коллекторным переходами
4. Инерционность униполярного транзистора определяется
- А средним временем жизни основных носителей заряда
 - Б собственными емкостями
 - В скоростью движения неосновных носителей заряда
 - Г размерами проводящего канала
5. Напряжение, приложенное к р-п переходу, называют обратным, если
- А оно вызывает движение неосновных носителей заряда
 - Б оно вызывает движение основных носителей заряда
 - В внешнее электрическое поле направлено согласно с внутренним
 - Г оно вызывает уменьшение концентрации подвижных носителей заряда
6. Биполярный транзистор можно представить как линейный четырехполюсник
- А в режиме насыщения при большом сигнале
 - Б в активном режиме при малом сигнале
 - В в инверсном режиме при большом сигнале
 - Г в режиме отсечки
7. Принцип действия униполярного транзистора основан на
- А движении основных и неосновных носителей заряда
 - Б взаимодействии переходов стока и истока
 - В переходе носителей заряда от затвора к каналу
 - Г взаимодействии подвижных носителей заряда с электрическим полем затвора
8. Электрическим пробоем р-п перехода называют
- А резкое возрастание тока при увеличении обратного напряжения
 - Б короткое замыкание р-п перехода
 - В резкое возрастание тока при увеличении прямого напряжения
 - Г протекание обратного тока через переход
9. Режим транзистора называют активным (усилительным), если
- А эмиттерный и коллекторный переходы смещены в прямом направлении
 - Б эмиттерный и коллекторный переходы смещены в обратном направлении
 - В эмиттерный переход смещен в обратном, а коллекторный – в прямом направлении
 - Г эмиттерный переход смещен в прямом, а коллекторный – в обратном направлении

10. Индуцированным каналом униполярного транзистора называют
- А часть структуры, сопротивление которой уменьшается при увеличении напряжения на затворе
- Б часть структуры, сопротивление которой уменьшается при уменьшении напряжения на затворе
- В часть структуры, сопротивление которой увеличивается при увеличении напряжения на затворе
- Г часть структуры, сопротивление которой не зависит от напряжения на затворе

7.2.3 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач

1. Какие схемы выпрямления однофазного переменного тока применяются на отечественных ЭПС?
 - а) двухполупериодная с нулевым выводом;
 - б) двухполупериодная мостовая;
 - в) с нулевым выводом и мостовая.
2. При какой двухполупериодной схеме выпрямления типовая мощность трансформатора больше?
 - а) мостовой;
 - б) схеме с нулевым выводом.
3. Закорачивается ли накоротко вторичная обмотка трансформатора в двухполупериодной мостовой схеме выпрямителя при коммутации вентиля?
 - а) да;
 - б) нет.
4. Ограничивается ли ток коммутации вентиля индуктивным сопротивлением трансформатора?
 - а) нет;
 - б) да.
5. Зависит ли период коммутации, измеряемый углом α от:
 - а) тока нагрузки выпрямителя I_d ;
 - б) индуктивности анодной цепи вентиля x_a ;
 - в) I_d и x_a .
6. По цепи коллекторных ТЭД постоянного тока отечественных электровозов переменного тока проходит пульсирующий ток. Чем, в основном, обуславливается величина пульсаций тока, обеспечивающая надежную работу двигателя?
 - а) индуктивным сопротивлением трансформатора L_t ;
 - б) индуктивным сопротивлением сглаживающего реактора и ТЭД - L_d ;
 - в) L_t и L_d .
7. Коэффициент пульсации - это отношение к среднему значению тока i или напряжения U :
 - а) первой гармоники i или U ;

- б) второй гармоники i или U ;
- в) первой и второй гармоники i или U .

8. Внешняя характеристика выпрямителя это зависимость среднего выпрямленного напряжения от:

- а) угла регулирования α ;
- б) тока нагрузки I_d ;
- в) I_d и α .

9. Выпрямленное напряжение снижается при увеличении тока нагрузки из-за:

- а) падения напряжения в вентильях ΔU_{dv} ;
- б) падения напряжения от коммутации ΔU_d ;
- в) падения напряжения в активных сопротивлениях трансформатора и цепи выпрямленного тока ΔU_{dR} ;
- г) ΔU_{dv} , ΔU_d и ΔU_{dR} .
- д) ΔU_d и ΔU_{dR} .

10. Регулировочная характеристика - это зависимость среднего выпрямленного напряжения от:

- а) тока нагрузки I_d ;
- б) угла регулирования α ;
- в) α и I_d .

11. Коэффициент мощности - это отношение:

- а) активной мощности первичной обмотки трансформатора P_{a1} к ее полной мощности;
- б) P_{a1} к типовой мощности трансформатора.

12. Коэффициент искажения тока - это отношение действующего значения первой гармоники тока $I_1(1)$ к:

- а) полусумме действующих значений токов первичной и вторичной обмоток трансформатора;
- б) действующему значению тока первичной обмотки (включая все высшие гармоники).

13. Коэффициент мощности зависит от:

- а) коэффициента искажения тока;
- б) косинуса угла сдвига фаз между действующими значениями первой гармонической составляющей тока первичной обмотки $I_1(1)$ и напряжения питания выпрямителя;
- в) коэффициента искажения тока и $\cos \alpha$.

14. В лавинных вентилях при воздействии обратного напряжения, превышающего пробивное, резко увеличивается обратный ток, который:

- а) распределяется равномерно по поверхности р-п перехода, не вызывая местного теплового пробоя;
- б) сосредотачивается в отдельных точках, что приводит к пробоя р-п перехода.

15. При какой скорости обдува воздухом охладителя вентиль может длительно пропускать номинальный (предельный) ток?

- а) 1-2 м/с;

- б) 5-6 м/с;
- в) 12 м/с.

16. Какое значение падения напряжения при номинальном токе имеет диод, включенный в прямом направлении?

- а) 0,10 – 0,25 В;
- б) 0,30 – 2,2 В;
- в) 2,3 – 5,5 В.

17. Какие диоды имеют наименьшее падение напряжения в прямом направлении?

- а) селеновые;
- б) германиевые;
- в) кремниевые.

18. Диоды, изготовленные из какого материала, имеют наибольшее напряжение пробоя $U_{проб}$?

- а) германиевые;;
- б) кремниевые;
- в) селеновые.

19. Какую величину повторяющегося обратного напряжения принимают для нелавинных диодов?

- а) 0,4 $U_{проб}$;
- б) 0,5 $U_{проб}$;
- в) 0,7 $U_{проб}$.

20. Укажите величину повторяющегося обратного напряжения лавинных диодов:

- а) 0,6 $U_{проб}$;
- б) 0,8 $U_{проб}$;
- в) 0,9 $U_{проб}$.

21. С каким значением среднего падения напряжения $\square U$ диоды маркируются черной перфорированной лентой?

- а) 0,49 – 0,51 В;
- б) 0,52 – 0,54 В;
- в) 0,55 – 0,58 В.

22. Укажите величину верхнего температурного предела кремниевых диодов:

- а) 70 – 90 $^{\circ}$ С;
- б) 85 - 115 $^{\circ}$ С;
- в) 120 - 150 $^{\circ}$ С.

23. Укажите величину времени выключения силовых отечественных тиристор.

- а) 2 – 5 мкс;
- б) 6 – 10 мкс;
- в) 12-250 мкс.

24. На отечественных ЭПС применяются тиристоры с критической скоростью нарастания прямого напряжения:

- а) 50 – 100 В/мкс;

б) 110 – 190 В/мкс;

в) 200 В/мкс.

7.2.4 Примерный перечень вопросов для подготовки к зачету

Не предусмотрено учебным планом

7.2.5 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач (вопросы для подготовки к экзамену)

1. Вентильный преобразователь: определение, классификация, область применения.
2. Силовые диоды: устройство, принцип работы, основные параметры, ВАХ, классификация, условия безопасной работы, область применения.
3. Силовые тиристоры: устройство, принцип работы, основные параметры, ВАХ, классификация, условия безопасной работы, область применения.
4. Транзисторы: устройство, принцип и режимы работы, основные параметры, ВАХ (входные и выходные), классификация, область применения.
5. Ключевой режим работы транзистора: условия возникновения, ВАХ, применение.
6. Защищенный транзисторный ключ: схема, назначение элементов, применение.
7. Современные тенденции интеграции силовых полупроводниковых приборов. Гибридный силовой модуль.
8. Требования к системам защиты ПП ЭЭ.
9. Принцип работы самовосстанавливающегося предохранителя. Его основные достоинства и недостатки по сравнению с быстродействующими плавкими предохранителями.
10. Разновидности элементов для ограничения перенапряжений.
11. Основные преимущества, недостатки и области применения основных элементов защиты от перенапряжений.
12. Методика анализа и расчета электромагнитных процессов в ВП.
13. Математическая и компьютерная модели ВП.
14. Деление ПП в ВП по длительности во времени. Примеры процессов в схемах ВП.
15. Основные программные средства расчета и моделирования электромагнитных процессов в ВП. Преимущества и недостатки пакета Matlab Simulink и SPICE-систем (MicroCAP).
16. Неуправляемые выпрямители тока: назначение, классификация, структурная схема и ее вариации.
17. Разновидности нагрузки выпрямителя. Примеры промышленных установок для каждого вида.
18. Однофазные неуправляемые выпрямители тока: основные разновидности силовых схем, принцип работы, входные и выходные параметры, основные соотношения между ними.
19. Учет неидеальности вентилей и трансформатора в однофазных неуправляемых выпрямителях тока. Внешняя характеристика.
20. Сравнительный анализ однофазных схем выпрямления по основным

показателям. Области применения различных схем однофазных выпрямителей.

21. Многофазные неуправляемые выпрямители тока: основные разновидности силовых схем, принцип работы, входные и выходные параметры, основные соотношения между ними.

22. Сравнительный анализ многофазных схем выпрямления по основным показателям. Области применения различных схем многофазных выпрямителей.

23. Режимы работы управляемого выпрямителя тока. Угол проводимости вентилей.

24. Угол управления α управляемым выпрямителем тока. Зависимость диапазона изменения угла управления, необходимого для полного регулирования выпрямленного напряжения.

25. Регулировочная характеристика: порядок получения, зависимость формы от параметров схемы и режима работы выпрямителя.

26. Коммутация вентилей в ВП. Угол коммутации. Влияние индуктивного сопротивления рассеивания трансформатора и активного сопротивления обмоток на коммутацию при изменении мощности трансформатора?

27. Граничный ток $I_{да0}$ и граничный угол α_{a0} , их зависимость от параметров схемы выпрямления.

28. КПД выпрямителя, его зависимость от тока нагрузки и глубины регулирования.

29. Коэффициент пульсаций, параметры от которых зависит его величина. Гармонический состав входного тока выпрямителя.

30. Коэффициент мощности и $\cos \varphi$ выпрямителя, параметры от которых зависят их величины. Последствия их уменьшения.

31. Преимущества и недостатки полупроводниковых выпрямителей по сравнению с электромашинными преобразователями (в отношении энергетических характеристик).

32. Пути улучшения $\cos \varphi$ выпрямителя. Принципы действия схем, повышающих коэффициент мощности.

33. Почему нельзя обеспечить опережающий угол сдвига при естественной коммутации?

34. Пути улучшения коэффициента пульсаций. Преимущества и недостатки условно двенадцатифазной схемы.

35. Принцип работы и характерные особенности компенсационных выпрямителей.

36. Метод анализа и расчета электромагнитных процессов в компенсационных выпрямителях.

37. Особенности коммутации силовых вентилей в компенсационных выпрямителях.

38. Статические характеристики и энергетические показатели компенсационных выпрямителей.

39. Инверторы: определение, классификация, область применения каждого из типов.

40. Изменение направления потока мощности и условие перехода от выпрямительного к инверторному режиму. Угол опережения.
41. Внешние и регулировочные характеристики ведомого инвертора в режиме непрерывного тока.
42. Внешние и регулировочные характеристики ведомого инвертора в режиме прерывистого тока.
43. Ограничительная характеристика и опрокидывание ведомого инвертора.
44. Каковы критерии выбора углов $\delta_{\min}$ и $\alpha_{\max}$?
45. Регулировочные и внешние характеристики реверсивного преобразователя в непрерывном режиме. Определение углов $\alpha_{\max}$ и $\alpha_{\min}$.
46. Отличия совместного и отдельного управления вентилями комплектами реверсивного преобразователя. Различия силовых схем при отдельном и совместном управлении.
47. Система импульсно-фазового управления (СИФУ): назначение, принцип работы, классификация, принципы управления, достоинства и недостатки различных типов СИФУ.
48. Основные элементы многоканальной синхронной СИФУ и их функциональное назначение.
49. Требования, предъявляемые к СИФУ преобразователя. Формы управляющих импульсов, применяющихся в СИФУ.
50. Сдвоенные импульсы управления в СИФУ трехфазным мостовым выпрямителем: основные достоинства и недостатки, способы получения.
51. Преимущества и недостатки имеют СИФУ с «пакетными» импульсами управления, условия применения.
52. Зависимость вида регулировочных характеристик СУ и преобразователя вместе с СУ. Преимущества и недостатки СИФУ с пилообразным и косинусоидальным формами опорного напряжения.
53. Микропроцессорные СИФУ (СУЭП): особенности работы и построения, преимущества и недостатки. Последствия перехода на микропроцессорные СУЭП.
54. Управляемые выпрямители напряжения (УВН): отличие от выпрямителей тока, особенности силовой схемы и принцип работы, способы регулирования напряжения. Преимущества и недостатки УВН относительно выпрямителей тока.
55. Обратимые преобразователи напряжения АИН-УВН: назначение, силовая схема, энергетические преимущества, условия применения.
56. Схемы управления УВН при ШИМ. Достоинства и недостатки СУ с ШИМ.
57. Схемы управления УВН при релейно-токовым регулированием. Достоинства и недостатки СУ с релейно-токовым регулированием.
58. Стабилизаторы напряжения: назначение, основные параметры, классификация, структурные схемы, области применения.
59. Непрерывные и импульсные стабилизаторы постоянного напряжения: принцип действия, особенности построения, сравнительные преимущества и недостатки.

60. Показатели качества ЭЭ и энергетические показатели. Классификация устройств, повышающих энергетические показатели и качество ЭЭ.

7.2.6. Методика выставления оценки при проведении промежуточной аттестации

Экзамен проводится по тест-билетам, каждый из которых содержит 5 вопросов и задачу. Каждый правильный ответ на вопрос в тесте оценивается 2 баллами, задача оценивается в 10 баллов (5 баллов верное решение и 5 баллов за верный ответ). Максимальное количество набранных баллов – 20.

1. Оценка «Неудовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал менее 6 баллов.

2. Оценка «Удовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал от 6 до 10 баллов

3. Оценка «Хорошо» ставится в случае, если студент набрал от 11 до 15 баллов.

4. Оценка «Отлично» ставится, если студент набрал от 16 до 20 баллов.)

7.2.7 Паспорт оценочных материалов

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции	Наименование оценочного средства
1	Неуправляемые выпрямители тока	ПК-3, ПК-4, ПК-7	Тест, защита лабораторных работ
2	Управляемые выпрямители тока	ПК-3, ПК-4, ПК-7	Тест, защита лабораторных работ, требования к курсовому проекту
3	Импульсные преобразователи постоянного тока	ПК-3, ПК-4, ПК-7	Тест, защита лабораторных работ
4	Автономные инверторы	ПК-3, ПК-4, ПК-7	Тест, защита лабораторных работ
5	Принципы построения систем управления вентильными преобразователями	ПК-3, ПК-4, ПК-7	Тест, защита лабораторных работ
6	Вентильные компенсаторы неактивных составляющих полной мощности	ПК-3, ПК-4, ПК-7	Тест, защита лабораторных работ

7.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

Тестирование осуществляется с использованием выданных тест-заданий на бумажном носителе. Время тестирования 30 мин. Затем осуществляется проверка теста экзаменатором и выставляется оценка согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение стандартных задач осуществляется с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем

осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение прикладных задач осуществляется с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Защита курсового проекта осуществляется согласно требованиям, описанным в методических материалах. Примерное время защиты на одного студента составляет 20 мин.

8 УЧЕБНО МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ)

8.1. Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

1. Зайцев, А. И., Плехов А.С., Кожин А.С. Силовая промышленная электроника : Учеб. пособие. - Нижний Новгород : ФГБОУ ВПО "Нижегородский государственный технический университет", 2014. - 281 с. - ISBN 978-5-502-00389-6 : 300-00.

2. Герасимов М.И., Болдырев И.А., Кожин А.С. Исследование узлов систем управления [Электронный ресурс]: лабораторный практикум : учебное пособие / ФГБОУ ВО "Воронеж. гос. техн. ун-т", каф. электропривода, автоматики и управления в технических системах. - Воронеж : Воронежский государственный технический университет, 2017. - 84 с. : ил. - Библиогр.: 16 назв.

3. Силовая промышленная электроника: Учеб. пособие / А. И. Зайцев, А. С. Плехов. - Воронеж: Научная книга, 2008. - 252с.

4. Попков, О. З. Основы преобразовательной техники [Текст] : учебное пособие / О. З. Попков. - 3-е изд., стер. - М. : ИД МЭИ (М.), 2010. - 200 с. : ил.

5. Мелешин, В. И. Транзисторная преобразовательная техника / В. И. Мелешин. — Москва : Техносфера, 2005. — 623 с. — ISBN 5-94836-051-2. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/31873.html> — Режим доступа: для авторизир. пользователей

6. Ладенко, Н. В. Выпрямительные устройства в силовой электронике : учебное пособие / Н. В. Ладенко. — Москва, Вологда : Инфра-Инженерия, 2019. — 168 с. — ISBN 978-5-9729-0382-5. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/98407.html> — Режим доступа: для авторизир. пользователей

7. Основы силовой электроники / А. И. Белоус, В. А. Солодуха, С. А. Ефименко, В. А. Пилипенко. — Москва : Техносфера, 2019. — 424 с. — ISBN

978-5-94836-565-7. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/99108.html> — Режим доступа: для авторизир. пользователей

8. Джеймс, Рег Промышленная электроника / Рег Джеймс. — 2-е изд. — Саратов : Профобразование, 2019. — 1136 с. — ISBN 978-5-4488-0058-0. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/88007.html>. — Режим доступа: для авторизир. пользователей

8.2 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень лицензионного программного обеспечения, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

Лицензионное программное обеспечение

1. LibreOffice;
2. Apache OpenOffice 4.1.11;
3. Windows Professional 8.1 (7 и 8) Single Upgrade MVL A Each Academic;
4. ABBYY FineReader 9.0;
5. FEMM 4.2;
6. SciLab;
7. MATLAB Classroom;
8. Simulink Classroom.

Отечественное ПО

1. «Программная система для обнаружения текстовых заимствований в учебных и научных работах «Антиплагиат. ВУЗ»».
2. Модуль «Программный комплекс поиска текстовых заимствований в открытых источниках сети интернет «Антиплагиатинтернет»».
3. Модуль обеспечения поиска текстовых заимствований по коллекции диссертаций и авторефератов Российской государственной библиотеки (РГБ).
4. Модуль поиска текстовых заимствований по коллекции научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU.

Ресурс информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

<http://www.edu.ru/>

Образовательный портал ВГТУ

Информационная справочная система

1. <http://window.edu.ru>
2. <https://wiki.cchgeu.ru/>

Современные профессиональные базы данных

1. Электротехника. Сайт об электротехнике

Адрес ресурса: <https://electrono.ru>

2. Электротехнический портал

<http://электротехнический-портал.рф/>

3. Силовая электроника для любителей и профессионалов

<http://www.multikonelectronics.com/>

4. Netelectro

Новости электротехники, оборудование и средства автоматизации.

Информация о компаниях и выставках, статьи, объявления

Адрес ресурса: <https://netelectro.ru/>

5. Marketelectro

Отраслевой электротехнический портал. Представлены новости отрасли и компаний, объявления, статьи, информация о мероприятиях, фотогалерея, видеоматериалы, нормативы и стандарты, библиотека, электромаркетинг.

Адрес ресурса: <https://marketelectro.ru/>

6. Электромеханика

Адрес ресурса: <https://www.electromechanics.ru/>

7. Electrical 4U

Разделы сайта: «Машины постоянного тока», «Трансформаторы», «Электротехника», «Справочник»

Адрес ресурса: <https://www.electrical4u.com/>

8. All about circuits

Одно из самых крупных онлайн-сообществ в области электротехники. На сайте размещены статьи, форум, учебные материалы (учебные пособия, видеолекции, разработки, вебинары) и другая информация

Адрес ресурса: <https://www.allaboutcircuits.com>

9. Библиотека ООО «Электропоставка»

Адрес ресурса: <https://elektropostavka.ru/library>

10. Электрик

Адрес ресурса: <http://www.electrik.org/>

11. Чертежи.ru

Адрес ресурса: <https://chertezhi.ru/>

12. Электроспец

Адрес ресурса: <http://www.elektrospets.ru/index.php>

13. Библиотека

Адрес ресурса: WWER <http://lib.wwer.ru>

9 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

1. Специализированная лекционная аудитория, оснащенная оборудованием для лекционных демонстраций и проекционной аппаратурой

2. Специализированная учебная лаборатория для исследования преобразователей электрической энергии
3. Дисплейный класс, оснащенный компьютерными программами для проведения лабораторных работ

10. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

По дисциплине «Преобразовательная техника в современных технологиях» .

Основой изучения дисциплины являются лекции, на которых излагаются наиболее существенные и трудные вопросы, а также вопросы, не нашедшие отражения в учебной литературе.

Практические занятия направлены на приобретение практических навыков расчета и выбора элементов электрических принципиальных схем преобразователей электроэнергии. Занятия проводятся путем решения конкретных задач в аудитории.

Лабораторные работы выполняются на лабораторном оборудовании в соответствии с методиками, приведенными в указаниях к выполнению работ.

Методика выполнения курсового проекта изложена в учебно-методическом пособии. Выполнять этапы курсового проекта должны своевременно и в установленные сроки.

Контроль усвоения материала дисциплины производится проверкой курсового проекта, защитой курсового проекта.

Вид учебных занятий	Деятельность студента
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; помечать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначение вопросов, терминов, материала, которые вызывают трудности, поиск ответов в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на лекции или на практическом занятии.
Практическое занятие	Конспектирование рекомендуемых источников. Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам, просмотр рекомендуемой литературы. Прослушивание аудио- и видеозаписей по заданной теме, выполнение расчетно-графических заданий, решение задач по алгоритму.
Лабораторная работа	Лабораторные работы позволяют научиться применять теоретические знания, полученные на лекции при решении конкретных задач. Чтобы наиболее рационально и полно использовать все возможности лабораторных для подготовки к ним необходимо: следует разобрать лекцию по соответствующей

	теме, ознакомится с соответствующим разделом учебника, проработать дополнительную литературу и источники, решить задачи и выполнить другие письменные задания.
Самостоятельная работа	Самостоятельная работа студентов способствует глубокому усвоению учебного материала и развитию навыков самообразования. Самостоятельная работа предполагает следующие составляющие: - работа с текстами: учебниками, справочниками, дополнительной литературой, а также проработка конспектов лекций; - выполнение домашних заданий и расчетов; - работа над темами для самостоятельного изучения; - участие в работе студенческих научных конференций, олимпиад; - подготовка к промежуточной аттестации.
Подготовка к промежуточной аттестации	Готовиться к промежуточной аттестации следует систематически, в течение всего семестра. Интенсивная подготовка должна начаться не позднее, чем за месяц-полтора до промежуточной аттестации. Данные перед экзаменом, экзаменом три дня эффективнее всего использовать для повторения и систематизации материала.