МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ им. В.Г.ШУХОВА»
(БГТУ им. В.Г. Шухова)

СОГЛАСОВАНО
Директор института заочного образования

канд. пед. наук, доцент _____ С.Е.Спесивцева
«_____» _____ 2021 г.

УТВЕРЖДАЮ
Директор института энергетики, информационных технологий и управляющих систем

канд. техн. наук, доцент _____ А.В. Белоусов
«20» _____ 2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
дисциплины

СИЛОВАЯ ЭЛЕКТРОНИКА

направление подготовки:

13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

профиль подготовки:

Электроснабжение

Квалификация

бакалавр

Форма обучения

заочная

Институт энергетики, информационных технологий и управляющих систем

Кафедра электроэнергетики и автоматики

Белгород 2021

Программа дисциплины составлена на основании требований:

- Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника, утвержденным приказом № 144 Министерства образования и науки Российской Федерации 28 февраля 2018 г.
- учебного плана, утвержденного ученым советом БГТУ им. В. Г. Шухова в 2021 году.

Составитель: канд. техн. наук, доцент_____ (Ю. В. Скурятин)

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры электроэнергетики и автоматики

«15» мая 2021 г., протокол № 11

Заведующий кафедрой: канд. техн. наук, доцент_____(А. В. Белоусов)

Рабочая программа согласована с выпускающей кафедрой электроэнергетики и автоматики

Заведующий кафедрой: канд. техн. наук, доцент_____ (А. В. Белоусов)

«15» мая 2021 г.

Рабочая программа одобрена методической комиссией института энергетики, информационных технологий и управляющих систем

«_____» _____2021 г., протокол № _____

Председатель: канд. техн. наук, доцент_____(А. Н. Семернин)

1. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Категория (группа) компетенций	Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания результата обучения по дисциплине
	ПК-3. Способен анализировать режимы работы систем электроснабжения объектов	**ПК-3.4.** Понимает принцип действия и применяет методы расчета силовых полупроводниковых преобразователей, функционирующих в составе систем электроснабжения объектов	**Знания:** назначений, классификаций, основных схемотехнических решений устройств силовой электроники и принципов их построения; основных характеристик, параметров, области применения современных полупроводниковых приборов, применяемых в силовой электронике, особенностей их конструкции; принципов действия и особенностей функционирования основных типов преобразователей электроэнергии; устройства и принципов действия систем управления преобразователями; основных соотношений, параметров и энергетических характеристик преобразователей; методов анализа, моделирования, экспериментального исследования устройств силовой электроники. **Умения:** выполнять расчет параметров и выбор полупроводниковых приборов устройств силовой электроники производить, в соответствии с заданием, анализ и расчет полупроводниковых преобразователей для систем электроснабжения объектов; использовать на практике методы и критерии выбора силовых преобразователей для систем электроснабжения объектов; **Навыки** анализа и расчета базовых полупроводниковых

			преобразователей для систем электроснабжения объектов.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

1. Компетенция ПК-3. Способен анализировать режимы работы систем электроснабжения объектов

Данная компетенция формируется следующими дисциплинами.

Стадия	Наименования дисциплины
1	Электроснабжение
2	Основы электропривода
3	Переходные процессы в электроэнергетических системах
4	Силовая электроника
5	Электробезопасность
6	Электрические станции и подстанции
7	Электроэнергетические системы и сети

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зач. единиц, 180 часов.

Дисциплина реализуется в рамках практической подготовки.

Форма промежуточной аттестации экзамен (8 семестр)

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр № 8
Общая трудоемкость дисциплины, час	180	180
Контактная работа (аудиторные занятия), в т.ч.:	**10**	**10**
лекции	4	4
лабораторные	2	2
практические	2	2
групповые консультации в период теоретического обучения и промежуточной аттестации	2	2
Самостоятельная работа студентов, включая индивидуальные и групповые консультации, в том числе:	**170**	**170**
Курсовой проект	-	-
Курсовая работа	-	-
Расчетно-графическое задание	18	18
Индивидуальное домашнее задание	-	-
Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям (лекции, практические занятия, лабораторные занятия)	116	116
Экзамен	36	36

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ
4.1 Наименование тем, их содержание и объем
Курс 4 Семестр 8

№ п/п	Наименование раздела (краткое содержание)	Объем на тематический раздел по видам учебной нагрузки, час			
		Лекции	Практические	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа
1. Введение в силовую электронику					
1.1	Классификация устройств силовой электроники. Энергетические показатели устройств силовой электроники. Энергетические показатели качества электромагнитных процессов. Энергетические показатели качества использования элементов устройства и устройства в целом.	1			4
1.2	Элементная база устройств силовой электроники. Трансформаторы и реакторы, конденсаторы. Силовые полупроводниковые приборы. Силовые диоды, тиристоры, транзисторы.				7
1.3	Режимы работы и схемы включения силовых полупроводниковых приборов. Потери энергии в силовых полупроводниковых приборах (СПП). Тепловые процессы в СПП. Охлаждение СПП. Расчет допустимого тока и допустимой перегрузки по току СПП. Групповое соединение СПП: последовательное, параллельное, смешанное. Коммутация СПП. Формирование траектории переключения СПП, снабберные цепи. Драйверы СПП. Защита СПП от перегрузок по току и перенапряжений.	1	2		8
2. Управляемые выпрямители					
2.1	Классификация выпрямителей. Параметры выпрямителей. Однофазные управляемые выпрямители.	1			8
2.2	Трехфазный управляемый выпрямитель с общей нулевой точкой и мостовые управляемые выпрямители с различной нагрузкой. Принцип действия, временные диаграммы, характеристики, параметры.	1		2	10
2.3	Учет коммутационных процессов, внешние характеристики выпрямителей. Высшие гармонические составляющие в кривой выпрямленного напряжения и первичного тока выпрямителей. Энергетические показатели выпрямителей.				4
3. Ведомые сетью инверторы					
3.1	Переход от режима выпрямления к режиму инвертирования. Работа однофазных ведомых инверторов. Регулировочные характеристики				5

	инвертора. Работа трехфазных ведомых инверторов. Принцип действия, временные диаграммы. Опрокидывание инвертора ведомого сетью. Энергетические характеристики инверторов.				
4. Регуляторы переменного напряжения.					
4.1	Общие положения. Схемы однофазных и трехфазных регуляторов. Способы управления. Работа регулятора на активную и активно-индуктивную нагрузку. Основные параметра и характеристики.				5
5. Импульсные преобразователи постоянного напряжения					
5.1	Общие положения. Устройство и принцип действия понижающего, повышающего, инвертирующего импульсных преобразователей постоянного напряжения. Способы управления. Основные параметра и характеристики.				5
6. Автономные инверторы					
6.1	Классификация автономных инверторов. Автономный инвертор напряжения, автономный инвертор тока, автономный резонансный инвертор. Назначение и область применения автономных инверторов. Принцип действия. Способы формирования и регулирования выходного напряжения однофазных автономных инверторов напряжения.				11
6.2	Способы формирования и регулирования выходного напряжения трехфазных автономных инверторов напряжения. Учет коммутационных процессов в автономных инверторах напряжения. Гармонический состав выходного напряжения трехфазного инвертора. Выпрямительный режим работы автономных инверторов напряжения.				13
6.3	Многоуровневые инверторы. Классификация. Разновидности схем многоуровневых инверторов. Область применения. Принцип действия. Временные диаграммы. Матричные преобразователи.				4
7. Системы управления преобразователей					
	Принципы построения и основные узлы систем управления тиристорными преобразователями. Системы импульсно-фазового управления. Принципы построения и основные узлы систем управления транзисторными преобразователями. Реализация широтно-импульсной модуляции. Системы управления преобразователей на основе микропроцессорной техники. Знакомство с архитектурой микроконтроллера К1986ВЕ92QI. Периферийные модули микроконтроллера К1986ВЕ92QI.				7
8. Полупроводниковые преобразователи систем электроснабжения					
8.1	Составляющие трехфазной мощности при несимметричной, нелинейной нагрузке: активная мощность, мощность сдвига, мощность несимметрии, мощность искажения. Тиристорные компенсаторы реактивной мощности. Назначение и область применения. Устройство и принцип действия, параметры и характеристики				4
8.2	Статические компенсаторы реактивной мощности				7

	(СТАТКОМ). Назначение и область применения. Устройство и принцип действия, параметры и характеристики СТАТКОМ.				
8.3	Силовые активные фильтры. Классификация. Назначение и область применения. Устройство и принцип действия. Параметры и характеристики.				9
8.4	Твердотельные трансформаторы. Классификация. Назначение и область применения. Устройство и принцип действия. Параметры и характеристики.				5
	ВСЕГО	4	2	2	116

4.2. Содержание практических (семинарских) занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема практического (семинарского) занятия	К-во часов	К-во часов СРС
семестр № 8				
1	Введение в силовую электронику	Расчет параметров и выбор силовых полупроводниковых приборов. Тепловой расчет силовых полупроводниковых приборов.	2	2
2	Введение в силовую электронику	Выбор и расчет защитных цепей силовых полупроводниковых приборов.		4
3	Управляемые выпрямители	Расчет трехфазного управляемого выпрямителя (выпрямительный и инверторный режим).		4
4	Регуляторы переменного напряжения.	Расчет регулятора переменного напряжения.		2
5	Импульсные преобразователи постоянного напряжения	Расчет понижающего и повышающего ИППН.		2
6	Автономные инверторы	Расчет трехфазного автономного инвертора напряжения.		4
7	Системы управления преобразователей	Организация управления трехфазным автономным инвертором напряжения в режиме векторной широтно-импульсной модуляции.		4
8	Полупроводниковые преобразователи систем электроснабжения	Расчет СТАТКОМ. Организация управления СТАТКОМ		4
9	Полупроводниковые преобразователи систем электроснабжения	Расчет силового активного фильтра. Организация управления силовым активным фильтром.		6
		ИТОГО:	2	32

4.3. Содержание лабораторных занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема лабораторного занятия	К-во часов	К-во часов СРС
семестр № 8				
1	Введение в силовую электронику	Исследование ключевого режима работы силовых полупроводниковых приборов.		6
2	Управляемые выпрямители	Исследование однофазного мостового управляемого выпрямителя		6
3	Управляемые выпрямители	Исследование трехфазного мостового управляемого выпрямителя	2	6
4	Автономные инверторы	Исследование однофазного мостового автономного инвертора напряжения		6
5	Автономные инверторы	Исследование трехфазного мостового автономного инвертора напряжения		8
		ИТОГО:	2	32

4.4. Содержание курсового проекта/работы

«Не предусмотрено учебным планом»

4.5. Содержание расчетно-графического задания

Выполнение расчетно-графического задания преследует следующие цели: формирование умений выполнения расчетов параметров и выбора полупроводниковых приборов устройств силовой электроники; формирование умений выполнения анализа и расчета полупроводниковых преобразователей для систем электроснабжения объектов; формирование навыков анализа и расчета базовых полупроводниковых преобразователей для систем электроснабжения объектов.

Расчетно-графическое задание оформляется на листах формата А4 объемом 20-25 страниц и включает:

- титульный лист;
- техническое задание;
- содержание;
- введение;
- основная часть, состоящая из разделов, подразделов и пунктов;
- список используемой литературы.

Пример расчетно-графического задания (семестр №8)

Тема: "Разработка трехфазного автономного инвертора напряжения".

По заданным исходным данным, приведенным в таблице 1, необходимо:

- разработать силовую часть трехфазного автономного инвертора напряжения;

- выполнить синтез управления (математическую модель) с широтно-импульсной модуляцией.

Таблица 1

Выходное линейное напряжение нагрузки	Активное сопротивление нагрузки	Индуктивность нагрузки	Выходная частота	Напряжение источника питания
Uнл = 280 В	Rн = 5 Ом	Lн = 0,1 Гн	f = 35 Гц	Ud = 540 В

5. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

5.1. Реализация компетенций

1 Компетенция ПК-3. Способен анализировать режимы работы систем электроснабжения объектов.

Наименование индикатора достижения компетенции	Используемые средства оценивания
ПК-3.4. Понимает принцип действия и применяет методы расчета силовых полупроводниковых преобразователей, функционирующих в составе систем электроснабжения объектов	Экзамен, защита РГЗ, защита лабораторных работ.

5.2. Типовые контрольные задания для промежуточной аттестации

Промежуточная аттестация осуществляется после завершения изучения дисциплины в конце **восьмого семестра** в форме **экзамена**.

Экзамен включает две части: теоретическую (2 вопроса) и практическую (1 задача). Для подготовки к ответу на вопросы билета и решение задачи, которые студент выбирает случайным образом, отводится время 30 – 45 минут. После проверки задачи и ответа на теоретические вопросы билета, преподаватель может задать дополнительные вопросы.

Распределение вопросов и заданий по билетам не известно студенту заранее, но известен полный перечень вопросов и примеры типовых задач. Ежегодно на заседании кафедры утверждается комплект билетов для проведения экзамена по дисциплине. Экзамен является наиболее значимым оценочным средством и решающим в итоговой отметке учебных достижений студента.

5.2.1. Перечень контрольных вопросов (типовых заданий) для экзамена

Курс 4 семестр №8

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание вопросов (типовых заданий)
1	Введение в силовую электронику	1. Классификация устройств силовой электроники. 2. Энергетические показатели устройств силовой электроники. 3. Элементная база устройств силовой электроники. Классификация. Назначение. Основные характеристики, особенности. 4. Режимы работы и схемы включения силовых полупроводниковых приборов. 5. Потери энергии в силовых полупроводниковых приборах (СПП). Тепловые процессы в СПП. Охлаждение СПП. 6. Расчет допустимого тока и допустимой перегрузки по току силовых полупроводниковых приборов. 7. Групповое соединение силовых полупроводниковых приборов: последовательное, параллельное, смешанное. 8. Коммутация силовых полупроводниковых приборов (СПП). Формирование траектории переключения СПП. 9. Снабберные цепи. Назначение, схемы, принцип действия, расчет. 10. Драйверы силовых полупроводниковых приборов. Назначение. Схемы. Принцип действия. Расчет. 11. Защита силовых полупроводниковых приборов от перегрузок по току и перенапряжений.
2	Управляемые выпрямители	12. Классификация выпрямителей. Принцип действия. Параметры выпрямителей. 13. Однофазный двухполупериодный выпрямитель с нулевой точкой с различной нагрузкой. Принцип действия. Временные диаграммы. Параметры и характеристики. Достоинства и недостатки. 14. Однофазный двухполупериодный мостовой выпрямитель с различной нагрузкой. Принцип действия. Временные диаграммы. Параметры и характеристики. Достоинства и недостатки. 15. Трехфазный управляемый выпрямитель с общей нулевой точкой с различной нагрузкой. Принцип действия. Временные диаграммы. Параметры и характеристики. Достоинства и недостатки. 16. Трехфазный мостовой управляемый выпрямитель с различной нагрузкой. Принцип действия. Временные диаграммы. Параметры и характеристики. Достоинства и недостатки. 17. Учет коммутационных процессов в выпрямителях, внешние характеристики выпрямителей. 18. Высшие гармонические составляющие в кривой выпрямленного напряжения и первичного тока выпрямителей.

		19. Энергетические показатели выпрямителей.
3	Ведомые сетью инверторы	20. Однофазный инвертор ведомый сетью. Переход от режима выпрямления в режим инвертирования. Принцип действия. Временные диаграммы. Регулировочные характеристики инвертора. 21. Работа трехфазных ведомых инверторов. Принцип действия. Временные диаграммы. Регулировочные характеристики инвертора. Энергетические характеристики инверторов.
4	Регуляторы переменного напряжения.	22. Схемы однофазных и трехфазных регуляторов переменного напряжения. Принцип действия. Способы управления. 23. Работа регулятора на активную и активно-индуктивную нагрузку. Основные параметра и характеристики регуляторов.
5	Импульсные преобразователи постоянного напряжения	24. Классификация ИППН. 25. Устройство и принцип действия понижающего импульсного преобразователя постоянного напряжения. 26. Способы управления понижающим ИППН. 27. Основные параметра и характеристики понижающего ИППН. 28. Устройство и принцип действия повышающего импульсного преобразователя постоянного напряжения. 29. Способы управления повышающим ИППН. 30. Основные параметра и характеристики повышающего ИППН. 31. Устройство и принцип действия инвертирующего импульсного преобразователя постоянного напряжения. 32. Способы управления инвертирующим ИППН. 33. Основные параметра и характеристики инвертирующего ИППН.
6	Автономные инверторы	34. Классификация автономных инверторов. Автономный инвертор напряжения, автономный инвертор тока, автономный резонансный инвертор. Назначение и область применения автономных инверторов. Принцип действия. 35. Способы формирования и регулирования выходного напряжения однофазных автономных инверторов напряжения. 36. Способы формирования и регулирования выходного напряжения трехфазных автономных инверторов напряжения. 37. Учет коммутационных процессов в автономных инверторах напряжения. 38. Гармонический состав выходного напряжения трехфазного инвертора. 39. Выпрямительный режим работы автономных инверторов напряжения. 40. Многоуровневые инверторы. Классификация. Разновидности схем многоуровневых инверторов. Область применения. Принцип действия. Временные диаграммы. 41. Матричные преобразователи. Принцип действия. Временные диаграммы. Характеристики и параметры. Достоинства и недостатки.
7	Системы управления	42. Принципы построения и основные узлы систем

	преобразователей	управления тиристорными и транзисторными преобразователями. 43. Системы управления преобразователей на основе микропроцессорной техники. Функциональные и структурные схемы. 44. Архитектура и периферийные модули микроконтроллера К1986ВЕ92QI.
8	Полупроводниковые преобразователи систем электроснабжения	45. Тиристорные компенсаторы реактивной мощности. Принцип действия. Временные диаграммы. Характеристики и параметры. Достоинства и недостатки. 46. СТАТКОМ. Принцип действия. Временные диаграммы. Характеристики и параметры. Достоинства и недостатки. 47. Силовые активные фильтры. Классификация. Назначение и область применения. Устройство и принцип действия. Временные диаграммы. Параметры и характеристики. 48. Твердотельные трансформаторы. Классификация. Назначение и область применения. Устройство и принцип действия. Параметры и характеристики.

Перечень примеров типовых задач для экзамена

Курс 4 семестр №8

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание вопросов (типовых заданий)
1	Введение в силовую электронику	1. Для заданных параметров импульсов тока и рабочего напряжения выполнить: предварительный выбор транзистора, тепловой расчет транзистора, определить температуру перегрева.
		2. Для заданных параметров импульсов тока и рабочего напряжения выполнить: предварительный выбор тиристора, тепловой расчет транзистора, определить температуру перегрева.
		3. Для заданного режима работы тиристора рассчитать параметры защитной RC-цепи.
		4. Для заданного режима работы транзистора рассчитать параметры защитной RDC-цепи.
2	Управляемые выпрямители	Для заданных параметров источника и нагрузки выполнить расчет трехфазного управляемого выпрямителя.
3	Ведомые сетью инверторы	Для заданных параметров источника и нагрузки рассчитать режим работы инвертора ведомого сетью.
4	Регуляторы переменного напряжения.	Для заданных параметров источника и нагрузки выполнить расчет регулятора переменного напряжения
5	Импульсные преобразователи постоянного напряжения	Для заданных параметров источника и нагрузки выполнить расчет понижающего ИППН.
		Для заданных параметров источника и нагрузки выполнить расчет повышающего ИППН.

6	Автономные инверторы	Для заданных параметров источника и нагрузки выполнить расчет силовой части трехфазного автономного инвертора напряжения.
7	Системы управления преобразователей	Привести функциональную схему системы векторного управления трехфазным автономным инвертором напряжения. Привести математическое описание алгоритма управления трехфазным автономным инвертором напряжения в режиме векторной широтно-импульсной модуляции.
8	Полупроводниковые преобразователи систем электроснабжения	Для заданных параметров источника и нагрузки выполнить расчет тиристорного компенсатора реактивной мощности.
		Для заданных параметров источника и нагрузки выполнить расчет силовой части СТАТКОМ.
		Для заданных параметров источника и нагрузки выполнить расчет силовой части параллельного САФ.

5.2.2. Перечень контрольных материалов для защиты курсового проекта/ курсовой работы

«Не предусмотрено учебным планом»

5.3. Типовые контрольные задания (материалы) для текущего контроля в семестре

Текущий контроль осуществляется: в течение 8 семестра в форме собеседования во время проведения практических занятий, защиты лабораторных работ, защиты РГЗ.

5.3.1. Примеры типовых задач для практических занятий

Курс 4 семестр №8

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание вопросов (типовых заданий)
1	Введение в силовую электронику	1. Для заданных параметров импульсов тока и рабочего напряжения выполнить: предварительный выбор транзистора, тепловой расчет транзистора, определить температуру перегрева.
		2. Для заданных параметров импульсов тока и рабочего напряжения выполнить: предварительный выбор тиристора, тепловой расчет транзистора, определить температуру перегрева.
		3. Для заданного режима работы тиристора рассчитать параметры защитной RC-цепи.
		4. Для заданного режима работы транзистора рассчитать параметры защитной RDC-цепи.
2	Управляемые выпрямители	Для заданных параметров источника и нагрузки выполнить расчет трехфазного управляемого выпрямителя.
3	Ведомые сетью инверторы	Для заданных параметров источника и нагрузки рассчитать режим работы инвертора ведомого сетью.

4	Регуляторы переменного напряжения.	Для заданных параметров источника и нагрузки выполнить расчет регулятора переменного напряжения
5	Импульсные преобразователи постоянного напряжения	Для заданных параметров источника и нагрузки выполнить расчет понижающего ИППН.
		Для заданных параметров источника и нагрузки выполнить расчет повышающего ИППН.
6	Автономные инверторы	Для заданных параметров источника и нагрузки выполнить расчет силовой части трехфазного автономного инвертора напряжения.
7	Системы управления преобразователей	Привести функциональную схему системы векторного управления трехфазным автономным инвертором напряжения. Привести математическое описание алгоритма управления трехфазным автономным инвертором напряжения в режиме векторной широтно-импульсной модуляции.
8	Полупроводниковые преобразователи систем электроснабжения	Для заданных параметров источника и нагрузки выполнить расчет силовой части СТАТКОМ.
		Для заданных параметров источника и нагрузки выполнить расчет силовой части параллельного САФ.

5.3.3. Примеры типовых вопросов для защиты РГЗ

1. Назовите режимы работы и схемы включения силовых полупроводниковых приборов.
2. Какие составляющие потерь энергии в силовых полупроводниковых приборах (СПП)?
3. Как выполнить тепловой расчет СПП?
4. Как проверить температуру перегрева СПП?
5. Принципы организации охлаждения СПП?
6. Как выполняется предварительный выбор транзисторов инвертора?
7. Особенности коммутации силовых полупроводниковых приборов (СПП).
8. Что такое снабберная цепь. Назначение, схемы, принцип действия.
9. Как выполнен расчет снабберной цепи?
10. Назначение драйверов силовых полупроводниковых приборов.
11. Принцип действия трехфазного АИН.
12. Что такое широтно-импульсная модуляция?
13. Принципы векторной ШИМ.
14. Опишите структуру системы управления инвертором.

5.3.5. Перечень контрольных вопросов для защита лабораторных работ

В лабораторном практикуме по дисциплине представлен перечень лабораторных работ, обозначены цель и задачи, необходимые теоретические и методические указания к работе, перечень контрольных вопросов.

Защита лабораторных работ возможна после проверки правильности выполнения задания, оформления отчета. Защита проводится в форме собеседования преподавателя со студентом по теме лабораторной работы.

Примерный перечень контрольных вопросов для защиты лабораторных работ представлен в таблице.

№	Тема лабораторной работы	Контрольные вопросы
1	Лабораторная работа №1. Исследование ключевого режима работы силовых полупроводниковых приборов.	1. Поясните суть ключевого режима работы транзистора. 2. Характеристики включения и выключения тиристоров. 3. Характеристики включения и выключения транзисторов. 4. Формирование траекторий переключения. 5. Драйверы биполярных транзисторов с изолированным затвором. 6. Снабберные цепи.
2	Лабораторная работа №2. Исследование однофазного мостового управляемого выпрямителя.	1. Что представляет собой фазовый метод управления? 2. Что понимают под углом отпирания тиристора? 3. Принцип действия мостового управляемого выпрямителя. 4. Понятие регулировочной характеристики. 5. Принцип действия системы импульсно-фазового управления. 6. Преимущества и недостатки однофазного мостового управляемого выпрямителя.
3	Лабораторная работа №3. Исследование трехфазного мостового управляемого выпрямителя.	1. Приведите схему трехфазного мостового управляемого выпрямителя. 2. Принцип действия мостового управляемого выпрямителя. 3. Понятие регулировочной характеристики. Регулировочная характеристика трехфазного мостового управляемого выпрямителя. 4. Влияние тиристорного преобразователя на питающую сеть. 5. Назовите достоинства и недостатки тиристорного мостового управляемого выпрямителя.
4	Лабораторная работа №4. Исследование однофазного мостового автономного инвертора напряжения.	1. Что такое автономный инвертор? 2. Назовите типы автономных инверторов. 3. В чем отличия автономного инвертора тока от автономного инвертора напряжения? 4. Электромагнитные процессы, протекающие в автономном инверторе при работе на активно-индуктивную нагрузку. 5. Перечислите существующие способы управления автономными инверторами. 6. Управление автономным инвертором напряжения в режиме синусоидальной широтно-импульсной модуляции. 7. Область применения автономных инверторов.
5	Лабораторная работа №5. Исследование трехфазного мостового автономного инвертора напряжения.	1. Устройство и принцип действия трехфазного мостового автономного инвертора напряжения (АИН). 2. Электромагнитные процессы, протекающие в автономном инверторе при работе на активно-индуктивную нагрузку. 3. Энергетические показатели АИН. 4. Способы управления АИН. 5. Управление АИН в режиме широтно-импульсной модуляции.

№	Тема лабораторной работы	Контрольные вопросы
		6. Влияние характера нагрузки на коммутацию транзисторов.

5.4. Описание критериев оценивания компетенций и шкалы оценивания

При промежуточной аттестации в форме экзамена (восьмой семестр) используется следующая шкала оценивания: 2 – неудовлетворительно, 3 – удовлетворительно, 4 – хорошо, 5 – отлично.

Критериями оценивания достижений показателей являются:

Наименование показателя оценивания результата обучения по дисциплине	Критерий оценивания
Знания	Правильность изложения и интерпретации знаний
	Объем освоенного материала
	Полнота ответов на вопросы
	Четкость изложения и интерпретации знаний
Умения	Полнота ответа на вопросы экзаменационного билета
	Качество ответа на вопросы экзаменационного билета
	Самостоятельность подготовки ответа на вопросы экзаменационного билета
	Умение сравнивать, сопоставлять, обобщать и делать выводы
	Качество оформления ответа на вопросы экзаменационного билета
	Правильность применения теоретического материала
Навыки	Выбор метода решения задач
	Анализ результатов решения задач
	Обоснование полученных результатов

Оценка преподавателем выставляется интегрально с учётом всех показателей и критериев оценивания.

При промежуточной аттестации в форме **экзамена** в восьмом семестре**:**

Оценка сформированности компетенций по показателю *Знания*.

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Правильность изложения и интерпретации знаний	При определении назначения и классификации устройств силовой электроники, основных характеристик, параметров, области применения современных	В целом определяет: назначение и классификацию устройств силовой электроники, основные характеристики, параметры, область применения современных	Определяет: назначение и классификацию устройств силовой электроники, основные характеристики, параметры, область применения современных полупроводниковы	Точно определяет: назначение и классификацию устройств силовой электроники, основные характеристики, параметры, область применения современных полупроводниковы

	полупроводниковых приборов, применяемых в силовой электронике, изложении и интерпретации особенностей их конструкции допускает существенные ошибки, которые не способен исправить, в том числе и с помощью преподавателя	полупроводниковых приборов, применяемых в силовой электронике, излагает и интерпретирует особенностей их конструкции. При этом допускает неточности, которые способен исправить с помощью преподавателя	х приборов, применяемых в силовой электронике, излагает и интерпретирует особенностей их конструкции. При этом допускает незначительные неточности, которые способен самостоятельно исправить	х приборов, применяемых в силовой электронике, излагает и интерпретирует особенностей их конструкции.
	При распознавании и воспроизводстве основных схемотехнических решений устройств силовой электроники и интерпретации принципов их построения допускает грубые ошибки, которые не способен исправить с помощью преподавателя.	В целом распознает и воспроизводит основные схемотехнические решения устройств силовой электроники и интерпретирует принципы их построения. При этом допускает неточности, которые способен исправить с помощью преподавателя.	Распознает и воспроизводит основные схемотехнические решения устройств силовой электроники и интерпретирует принципы их построения. При этом допускает несущественные неточности, которые способен самостоятельно исправить.	Безошибочно распознает и воспроизводит основные схемотехнические решения устройств силовой электроники и интерпретирует принципы их построения;
	При интерпретации принципов действия и особенностей функционирования основных типов преобразователей электроэнергии допускает грубые ошибки, которые не способен исправить с помощью преподавателя.	В целом интерпретирует принципы действия и особенности функционирования основных типов преобразователей электроэнергии. При этом допускает неточности, которые способен исправить с помощью преподавателя.	Интерпретирует принципы действия и особенности функционирования основных типов преобразователей электроэнергии. При этом допускает несущественные неточности, которые способен самостоятельно исправить.	Безошибочно интерпретирует принципы действия и особенности функционирования основных типов преобразователей электроэнергии;
	При описании устройства и интерпретации принципов действия систем управления преобразователями допускает грубые ошибки, которые не способен исправить с помощью преподавателя.	В целом описывает устройство и интерпретирует принципы действия систем управления преобразователями. При этом допускает неточности, которые способен исправить с помощью преподавателя.	Описывает устройство и интерпретирует принципы действия систем управления преобразователями. При этом допускает несущественные неточности, которые способен самостоятельно исправить.	Безошибочно описывает устройство и интерпретирует принципы действия систем управления преобразователями;

	При воспроизводстве и интерпретации основных соотношений, параметров и энергетических характеристик преобразователей допускает неточности, которые не способен исправить с помощью преподавателя.	В целом воспроизводит и интерпретирует основные соотношения, параметры и энергетические характеристики преобразователей. При этом допускает неточности, которые способен исправить с помощью преподавателя.	Воспроизводит и интерпретирует основные соотношения, параметры и энергетические характеристики преобразователей. При этом допускает несущественные неточности, которые способен самостоятельно исправить.	Безошибочно воспроизводит и интерпретирует основные соотношения, параметры и энергетические характеристики преобразователей;
	При воспроизводстве и интерпретации основных соотношений, параметров и энергетических характеристик преобразователей допускает грубые ошибки, которые не способен исправить с помощью преподавателя.	В целом воспроизводит и интерпретирует основные соотношения, параметры и энергетические характеристики преобразователей. При этом допускает неточности, которые способен исправить с помощью преподавателя.	Воспроизводит и интерпретирует основные соотношения, параметры и энергетические характеристики преобразователей. При этом допускает несущественные неточности, которые способен самостоятельно исправить.	Безошибочно излагает содержание и сущность методов анализа и расчета, моделирования, экспериментального исследования устройств силовой электроники.
Объем освоенного материала	Не знает значительной части материала дисциплины	Имеет поверхностные знания основного материала дисциплины, не усвоив его детали	В полном объеме освоен основной теоретический материал дисциплины в соответствии с рабочей программой.	Теоретический материал в соответствии с рабочей программой дисциплины освоен в полном объеме, без пробелов. В ответах может опираться на знания, которые выходят за пределы рабочей программы.
Полнота ответов на вопросы	Не дает ответы на большинство задаваемых вопросов	Дает неполные ответы на большинство вопросов	Дает полные ответы на большую часть, заданных вопросов	Дает полные, развернутые ответы на все поставленные вопросы
Четкость и логика изложения и интерпретации знаний	Излагает знания без логической последовательности	Излагает знания с нарушениями в логической последовательности	Излагает знания без нарушений в логической последовательности	Имеющиеся знания излагает и интерпретирует четко, последовательно, логически стройно.

Оценка сформированности компетенций по показателю *Умения*.

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Полнота ответа на вопросы экзаменационного билета	Ответы на вопросы экз. билета даны не верно	Ответы даны не в полном объеме	Ответы на вопросы билета раскрыты полностью	Ответы выполнены полностью, рациональным способом
Качество ответа на вопросы экзаменационного билета	Имеются существенные ошибки при ответе на вопросы билета	Ответы выполнены с существенными неточностями, не носящими принципиальны й характер	Ответы выполнено с небольшими неточностями	Ответы выполнены без ошибок
Самостоятельность подготовки ответа на вопросы экзаменационного билета	Не может подготовить ответы, в том числе и с дополнительной помощью	Может выполнить задание только с дополнительной помощью	Выполняет задание в основном самостоятельно	Самостоятельно выполняет задание
Умение сравнивать, сопоставлять, обобщать и делать выводы	Не умеет сравнивать, сопоставлять и обобщать, а также делать выводы при ответе на вопросы билета	Допускает ошибки при сопоставлении, обобщении и при формулировани и выводов на заданные вопросы	Умеет сравнивать, сопоставлять и обобщать, но допускает небольшие неточности при формулировании выводов	Умеет сравнивать, сопоставлять и обобщать, а также делает верные выводы на задаваемые вопросы
Качество оформления ответа на вопросы экзаменационного билета	Ответы оформлено настолько неряшливо, что не поддаются проверке	Ответы оформлены неаккуратно, отсутствуют необходимые пояснения в виде графиков, схем и формул	Ответы оформлены аккуратно, с необходимыми пояснениями	Ответы оформлены аккуратно, с необходимыми пояснениями и ссылками на используемые источники
Правильность применения теоретического материала	При объяснении теоретического материала допускаются грубые ошибки в технических терминах	Объясняя теоретический материал, допускает ошибки, не носящие принципиальны й характер	Теоретический материал применен и интерпретирован в целом правильно, но с несущественным и неточностями	Теоретический материал применен и интерпретирован правильно

Оценка сформированности компетенций по показателю *Навыки*.

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Выбор метода решения задач	Неверно выбран метод решения задач и(или) имеются существенные ошибки при описании	Метод решения задач выбран в целом верно, но имеются незначительные неточности при описании	Метод решения задач выбран верно, но имеются недочеты, не относящиеся к основным	Выбран верный и наиболее рациональный метод решения задач.

	расчетных зависимостей и графического материала.	расчетных зависимостей и графического материала	расчетным зависимостям и графическому материалу	
Анализ результатов решения задач	Не произведен анализ результатов решения задачи	Анализ результатов, полученных при решении задачи, выполняется только при помощи преподавателя	Допускаются незначительные неточности в ходе анализа результатов решения задачи	Произведен анализ результатов решения задачи и сделаны исчерпывающие выводы.
Обоснование полученных результатов	Представляемые результаты не обоснованы	Имеются замечания к полученным результатам, отсутствует в достаточной степени их обоснование	Представляемые результаты обоснованы и в целом аргументированы, имеются ссылки на учебно-методическую литературу	Представляемые результаты обоснованы, четко аргументированы с указанием ссылок на нормативные, справочные и учебно-методические источники

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

6.1. Материально-техническое обеспечение

№	Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы
1	Учебная аудитория для проведения лекционных занятий	Специализированная мебель; мультимедийный проектор, переносной или стационарный экран, компьютер
2	Учебная аудитория для проведения практических занятий, консультаций, текущего контроля, промежуточной аттестации	Специализированная мебель.
	Учебная аудитория для проведения лабораторных работ	Специализированная мебель. Переносные лабораторные стенды. Компьютерная техника. Специализированное оборудование: осциллографы: GOS-620, GRS-6052A; цифровые вольтметры: В7-38 (5 шт), Э515 №53909; цифровые мультиметры: M890D; амперметры: Э525, Э514; комплекты измерительные: К540; генераторы: ГЗ-112/1, ГЗ-102; усилители: ГЗ112/1.
4	Читальный зал библиотеки для самостоятельной работы	Специализированная мебель; компьютерная техника, подключенная к сети «Интернет», имеющая доступ в

		электронную информационно-образовательную среду.

6.2. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение

№	Перечень лицензионного программного обеспечения.	Реквизиты подтверждающего документа
1	Microsoft Windows 10 Корпоративная	Соглашение Microsoft Open Value Subscription V6328633. Соглашение действительно с 02.10.2017 по 31.10.2023). Договор поставки ПО 0326100004117000038-0003147-01 от 06.10.2017
2	Microsoft Office Professional Plus 2016	Соглашение Microsoft Open Value Subscription V6328633. Соглашение действительно с 02.10.2017 по 31.10.2023
3	Kaspersky Endpoint Security «Стандартный Russian Edition»	Сублицензионный договор № 102 от 24.05.2018. Срок действия лицензии до 19.08.2020 Гражданско-правовой Договор (Контракт) № 27782 «Поставка продления права пользования (лицензии) Kaspersky Endpoint Security от 03.06.2020. Срок действия лицензии 19.08.2022г.
4	Google Chrome	Свободно распространяемое ПО согласно условиям лицензионного соглашения
5	Mozilla Firefox	Свободно распространяемое ПО согласно условиям лицензионного соглашения

6.3. Перечень учебных изданий и учебно-методических материалов

1. Родыгин, А. В. Силовая электроника [Электронный ресурс]: учебное пособие / А. В. Родыгин. — Электрон. текстовые данные. — Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2017. — 72 с. Режим доступа: https://www.iprbookshop.ru/91420.html . — ЭБС «IPRbooks».
2. Родыгин А.В. Устройства силовой электроники [Электронный ресурс]: Учебное пособие/ Родыгин А.В.— Электрон. текстовые данные.— Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2020.— 76 с.— Режим доступа: https://www.iprbookshop.ru/99231.html . — ЭБС «IPRbooks».
3. Кобзев А.В. Энергетическая электроника [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Кобзев А.В., Коновалов Б.И., Семенов В.Д.— Электрон. текстовые данные.— Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2010.— 164 с.— Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/14001 .— ЭБС «IPRbooks»
4. Рама Редди, С. Основы силовой электроники / С. Рама Редди; пер. с англ. В. В. Масалова; под ред. Д. П. Приходько. - Москва: Техносфера, 2006. - 287 с.

5. Силовая электроника: метод. указания к выполнению лаб. работ / БГТУ им. В. Г. Шухова, каф. электротехники и автоматики; сост.: М. А. Авербух, Д. И. Пожаров. - Белгород: Изд-во БГТУ им. В. Г. Шухова, 2010. - 101 с.

6. Силовая электроника [Электронный ресурс]: методические указания к выполнению лабораторных работ для студентов направления бакалавриата 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника профиль подготовки электропривод и автоматика: 2 ч. / сост.: Ю.В. Скурятин, Д.И. Прокопишин. Электрон. текстовые данные. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2018. – Ч.1. – 28 с. — Режим доступа: https://e.bstu.ru/resources/sil%20elektronika

7. Методические указания к выполнению лабораторных работ по дисциплине «Силовая электроника» для студентов направления бакалавриата 13.03.02 – электроэнергетика и электротехника, профиль "Электропривод и автоматика" / Сост. Ю.В. Скурятин, Д.И. Прокопишин. – Белгород, БГТУ им. В.Г.Шухова, 2017. – Ч.2. – 107 с. — Режим доступа: https://e.bstu.ru/resources/sil%20elektronika

8. Герман-Галкин, С. Г. Силовая электроника: лаб. работы на ПК / С. Г. Герман-Галкин. - Санкт-Петербург: КОРОНА принт, 2002. - 302 с. + 1 дискета. - (Компьютерная лаборатория).

9. Семенов, Б. Ю. Силовая электроника: профессиональные решения [Электронный ресурс] / Б. Ю. Семенов. — Электрон. текстовые данные. — 2-е изд. — Саратов : Профобразование, 2019. — 415 с. — ISBN 978-5-4488-0057-3. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: https://www.iprbookshop.ru/88008.html — Режим доступа: https://www.iprbookshop.ru/88008.html

10. Белоус А.И. Полупроводниковая силовая электроника [Электронный ресурс]/ Белоус А.И., Ефименко С.А., Турцевич А.С.— Электрон. текстовые данные.— М.: Техносфера, 2013.— 228 с.— Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/31876 .— ЭБС «IPRbooks»

11. Мелешин В.И. Транзисторная преобразовательная техника [Электронный ресурс]/ Мелешин В.И.— Электрон. текстовые данные.— М.: Техносфера, 2005.— 623 с.— Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/31873 .— ЭБС «IPRbooks»

12. Мелешин, В.И. Управление транзисторными преобразователями электроэнергии / В.И. Мелешин, д.А. Овчинников. - М.: Техносфера, 2011. - 576 с. [Электронный ресурс]. - URL: //biblioclub.ru/index.php?page=book&id=443320

13. Баховцев И.А. Микропроцессорные системы управления устройствами силовой электроники. Часть 2 [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Баховцев И.А.— Электрон. текстовые данные.— Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2009.— 109 с.— Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/45111 .— ЭБС «IPRbooks»

14. Энциклопедия устройств на полевых транзисторах [Электронный ресурс]/ В.П. Дьяконов [и др.].— Электрон. текстовые данные.— М.: СОЛОН-ПРЕСС, 2009.— 513 с.— Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/8638 .— ЭБС «IPRbooks»

6.4. Перечень интернет-ресурсов, профессиональных баз данных, информационно-справочных систем

1. Электронные ресурсы по дисциплине: перечень тем, методические

указания к выполнению лабораторных работ по дисциплине, методические указания к выполнению расчетно-графического задания. – Режим доступа: http://e.bstu.ru/resources/sil_elektronika.

2. Статьи по силовой электронике – Режим доступа: http://electrum-av.com/ru/2013-12-02-11-54-15/stati.html

3. Каталог новостей, статей и публикаций по схемам, компонентам, бытовой технике и пр. Обзор программ. Тематическая библиотека. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.rlocman.ru/ – Заглавие с экрана.

4. Каталог типовых решений – Режим доступа: https://www.terraelectronica.ru/rd

5. Форум компании «Миландр» – Режим доступа: http://forum.milandr.ru/

6. Микроконтроллер К1986ВЕ92QI – описание, характеристики, документация, отладочный комплект – Режим доступа: https://ic.milandr.ru/products/mikrokontrollery_i_protsessory/k1986ve92qi/#props_tab

7. «Каталог типовых решений» - сборник практических решений для проектирования радиоэлектронной аппаратуры, уровень проработки и документирования которых позволяет быстро получить требуемый результат. В структуру каталога включены основные направления современной электроники: автоматика, автомобилестроение, медицина, автоматизация зданий, бытовая техника и многое другое. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.terraelectronica.ru/rd – Заглавие с экрана.

8. УНИТЕРА - УНИКАЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ РАЗРАБОТЧИКАМ – это навигатор в мире уникальных технологий и удобный инструмент поиска и подбора инновационных электронных компонентов для разработок во всех отраслях электроники. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.terraelectronica.ru/unitera – Заглавие с экрана.

7. УТВЕРЖДЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

Рабочая программа утверждена на 20____ /20____ учебный год без изменений / с изменениями, дополнениями[1]

Протокол № _____ заседания кафедры от «____»_____ 20___ г.

Заведующий кафедрой_____ Белоусов А.В.
подпись, ФИО

Директор института _____Белоусов А.В.
подпись, ФИО

[1] Нужное подчеркнуть