

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Тольяттинский государственный университет»

Б1.В.03.02  
(шифр дисциплины)

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

Системы управления полупроводниковыми преобразователями 2  
(наименование дисциплины)

11.04.04 «Электроника и наноэлектроника»  
по направлению подготовки (специальности)

Электронные приборы и устройства  
направленность (профиль)/специализация

Форма обучения: очная

Год набора: 2022

Общая трудоемкость: 5 ЗЕ

**Распределение часов дисциплины по семестрам**

Семестр	3	Итого
Форма контроля	Экзамен	
Вид занятий		
Лекции	8	8
Лабораторные	16	16
Практические	16	16
Руководство: курсовые работы (проекты) / РГР		
Промежуточная аттестация	0,35	0,35
Контактная работа	40,35	40,35
Самостоятельная работа	104	104
Контроль	35,65	35,65
Итого	180	180

Рабочую программу составил:

доцент, к.т.н., доцент Позднов М.В.

*(должность, ученое звание, степень, Фамилия И.О.)*

---

Рецензирование рабочей программы дисциплины:

☒

Отсутствует

☐

Рецензент

---

*(должность, ученое звание, степень, Фамилия И.О.)*

Рабочая программа дисциплины составлена на основании ФГОС ВО и учебного плана направления подготовки (специальности)

11.04.04 «Электроника и наноэлектроника»

**Срок действия рабочей программы дисциплины до «31» августа 2024 г.**

УТВЕРЖДЕНО

На заседании кафедры

Промышленная электроника

---

(протокол заседания № 1 от «01» сентября 2021 г.).

## 1. Цель освоения дисциплины

**Цель курса** – сформировать цельный взгляд на существующие системы управления полупроводниковых преобразователей, освоения системного подхода к выбору структурного и схемотехнического построения систем управления, позволяющих обеспечить нормальную работу полупроводникового преобразователя.

## 2. Место дисциплины (учебного курса) в структуре ОПОП ВО

Дисциплины и практики, на освоении которых базируется данная дисциплина: базируется на знаниях и навыках полученных при изучении дисциплин «Теоретические основы электротехники», «Электромагнитная совместимость электронных приборов и устройств».

Дисциплины, учебные курсы для которых необходимы знания, умения, навыки, приобретаемые в результате изучения данной дисциплины (учебного курса):

- Подготовка выпускной квалификационной работы.

## 3. Планируемые результаты обучения

Формируемые и контролируемые компетенции	Индикаторы достижения компетенций	Планируемые результаты обучения
- Способен к организации и проведению экспериментальных исследований с применением современных средств и методов (ПК-4)	ПК-1.1. Знает схемы замещения основных компонентов электронных устройств, способы формализованного описания электронных схем; ПК-1.2. Умеет составлять схемы замещения и математические модели реальных электронных устройств; ПК-1.3. Владеет способами формализованного описания электронных схем, приёмами программирования на языках высокого уровня, а также использования коммерческих математических	Знать: источники информации, необходимой для технико-экономического обоснования нового проекта
		Уметь: проводить предварительное технико-экономическое обоснование проектов
		Владеть: навыками технико-экономических расчетов

	пакетов программ общинженерного направления (Mathcad®, MATLAB® и др.).	
- Способен делать научно-обоснованные выводы по результатам теоретических и экспериментальных исследований, давать рекомендации по совершенствованию устройств и систем, готовить научные публикации и заявки на изобретения (ПК-5)	ИД-1ПК-2 Знает методики проведения исследований параметров и характеристик узлов, блоков ИД-2ПК-2 Умеет проводить исследования характеристик электронных приборов.	Знать: способы расчета электронных приборов и схем
		Уметь: выполнять расчет и проектирование электронных приборов
		Владеть: компьютерными программами автоматизации проектирования
- Способен анализировать состояние научно- технической проблемы путем подбора, изучения и анализа литературных и патентных источников (ПК-6)	ИД-1ПК-3 Знает принципы конструирования отдельных аналоговых блоков электронных приборов ИД-2ПК-3 Умеет проводить оценочные расчеты характеристик электронных приборов ИД-3ПК-3 Владеет навыками подготовки принципиальных и монтажных электрических схем	Знать: структуры систем управления типовых полупроводниковых преобразователей
		Уметь: анализировать процессы происходящие при работе систем управления
		Владеть: навыками моделирования системы управления в комплексе с полупроводниковым преобразователем
Готов определять цели, осуществлять постановку задач проектирования электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения, подготавливать технические задания на выполнение проектных работ (ПК-7)	ИД-1ПК-7 Знает правила и нормы монтажа и испытаний сложного электронного оборудования ИД-2ПК-7 Умеет подготавливать локальную нормативную документацию для обслуживания приборов электроники и нанoeлектроники ИД-3ПК-7 Владеет навыками сдачи в эксплуатацию приборов и систем электроники и	Знать: принципы работы систем для управления полупроводниковыми преобразователями и необходимые для этого законы регулирования
		Уметь: анализировать процессы в известных системах управления полупроводниковыми преобразователями
		Владеть: навыками проектирования систем под заданные типы полупроводниковых преобразователей с заданными выходными параметрами

	<p>           наноэлектроники            ИД-4ПК-7 Знает            характеристики и            возможности            автоматизированных            информационно-            управляющих систем;            ИД-5ПК-7. Умеет            применять            автоматизированные            информационно-            управляющие системы            для эксплуатации            устройств автоматики            и мехатроники;            ИД-6ПК-7. Владеет            приемами            эксплуатации            автоматизированных            информационно-            управляющих систем.         </p>	
--	---	--

#### 4. Структура и содержание дисциплины

Модуль (раздел)	Вид учебной работы	Наименование тем занятий (учебной работы)	Семестр	Объем, ч.	Баллы	Интерактив, ч.	Формы текущего контроля (наименование оценочного)
<b>Введение</b>  <b>Модуль 1. Формирователи импульсов управления</b>	Лек, Ср	Системы управления преобразовательными устройствами. ФУНКЦИИ И СТРУКТУРА СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ. ФАЗОСМЕЩАЮЩИЕ УСТРОЙСТВА (ФСУ).	3	5		-	Присутствие
	Пр			3			Защита отчета
	Лаб			5			Защита отчета
	Лек, Ср	Формирователи импульсов управления (Выходные формирователи). Основные типы формирователей импульсов управления.		5		-	Присутствие
	Пр			3			Защита отчета
	Лаб			5			Защита отчета
	Лек, Ср	Формирователи импульсов управления с совместной передачей энергии и формы управляющего сигнала. Трансформаторные ФИУ биполярных транзисторов.		5		-	Присутствие, тест
	Пр			3			Защита отчета
	Лаб			5			Защита отчета
	Лек, Ср	Трансформаторные ФИУ для ключей с изолированным затвором.		5			Присутствие

Модуль (раздел)	Вид учебной работы	Наименование тем занятий (учебной работы)	Семестр	Объем, ч.	Баллы	Интерактив, ч.	Формы текущего контроля (наименование оценочного)
Модуль 2. Датчики обратной связи		Трансформаторные ФИУ тиристоров.					
	Пр			3			Защита отчета
	Лаб			15			Защита отчета
	Лек, Ср	Формирователи импульсов управления с отдельной передачей питания и информационного сигнала. Потенциальная развязка информационного сигнала.		3			Присутствие
	Лек, Ср	Драйверы силовых транзисторов. Драйвер биполярного транзистора.		9			Присутствие
	Пр			3			Защита отчета
	Лаб			15			Защита отчета
	Лек, Ср	Особенности подключения драйверов к входным цепям силовых транзисторов. Источники питания драйверов.		6			Присутствие
	Пр			3			Защита отчета
	Лаб			5			Защита отчета
	Лек, Ср	Датчики тока и напряжения. Датчики тока. Датчики напряжения. Контактный датчик напряжения. Трансформатор		9			Присутствие

Модуль (раздел)	Вид учебной работы	Наименование тем занятий (учебной работы)	Семестр	Объем, ч.	Баллы	Интерактив, ч.	Формы текущего контроля (наименование оценочного)
Модуль 3. Системы управления преобразователей		напряжения.					
	Лек, Ср	Датчик напряжения на эффекте Холла. Распределители импульсов управления.		15		-	Присутствие
	Пр			3			Защита отчета
	Лаб			3			Защита отчета
	Лек, Ср	Система управления для трехфазного мостового выпрямителя.		9		-	Присутствие
	Пр			3			Защита отчета
	Лаб			4			Защита отчета
	Лек, Ср	Реализация однополярной ШИМ с модуляцией длительности импульсов по синусоидальному закону в однофазной мостовой схеме инвертора напряжения.		9			
	Пр			3			Защита отчета
	Лаб			5			Защита отчета
	Лек, Ср	Реализация схемы управления трехфазным мостовым инвертором напряжения без ШИМ		5			
	Пр			3			Защита отчета
	Лаб			3			Защита отчета

Модуль (раздел)	Вид учебной работы	Наименование тем занятий (учебной работы)	Семестр	Объем, ч.	Баллы	Интерактив, ч.	Формы текущего контроля (наименование оценочного
Итого:				180			



## **5. Образовательные технологии**

1. Технологии традиционного обучения
  - 1.1. Лекционные занятия
  - 1.2. Практические задания
  - 1.3. Самостоятельная работа
  - 1.4. Лабораторные занятия
  - 1.5. Индивидуальные домашние задания (в качестве вопроса к защите лабораторной работы)
2. Технология модульного обучения
  - 2.1. Разбитие преподаваемого материала на отдельные модули
3. Технология проблемного обучения
  - 3.1. Эвристическая беседа
  - 3.2. Дискуссия
  - 3.3. Учебное исследование
4. Технология обучения в сотрудничестве
  - 4.1. Разбиение студентов на команды для решения конкретных задач
5. Интерактивные технологии
  - 5.1. Демонстрационный метод обучения
  - 5.2. Работа в группах
  - 5.3. Эвристическая беседа

## **6. Методические указания по освоению дисциплины**

Рекомендуется посещение лекционных занятий; самостоятельное изучение материала; выполнение, оформление и защита практических и лабораторных работ.

## **7. Оценочные средства**

### **7.1. Паспорт оценочных средств**

<b>Семестр</b>	<b>Код контролируемой компетенции (или ее части)</b>	<b>Наименование оценочного средства</b>
3	ПК-4,5,6,7	Отчеты по практическим работам

### **7.2. Типовые задания или иные материалы, необходимые для текущего контроля**

#### **7.2.1. Выполнение и защита практических работ**

##### **Типовой пример задания:**

Выполнить, оформить и защитить лабораторную, практическую работу.

##### **Краткое описание и регламент выполнения**

Практические и лабораторные работы выполняются в бригадах. Они должны быть выполнены должна быть выполнена. Результаты оформлены в виде отчета. Далее студент должен защитить работу, ответив на теоретический или практический вопрос.

### Критерии оценки:

Работа не выполнена: студент получает отрицательные штрафные баллы.

Работа оформлена: студент получает баллы за оформление.

Работа защищена: студент получает баллы за защиту.

### 7.3. Оценочные средства для промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

#### 7.3.1. Вопросы к промежуточной аттестации

Семестр 3

Вопросы
<ol style="list-style-type: none"><li>1. Из каких основных частей состоят вентильные преобразователи?</li><li>2. Что понимают под системой управления ?</li><li>3. Основные функции систем управления.</li><li>4. <i>Обобщенная структурная схема вентильного преобразователя</i> как объекта управления, название ее блоков.</li><li>5. Структурная схема системы управления непосредственного преобразователя частоты. Для чего в ней устройство раздельного управления?</li><li>6. Что такое выходные формирователи в системе управления и для чего они служат?</li><li>7. Что такое фазосмещающее устройство, для чего оно предназначено?</li><li>8. Структура фазосмещающего устройства .</li><li>9. Какие формы опорного напряжения используются в фазосмещающем устройстве (показать графически)?</li><li>10. Что называют фазовой характеристикой фазосмещающего устройства?</li><li>11. Показать вид фазовой характеристики для косинусоидального закона опорного напряжения фазосмещающего устройства (графически и аналитически).</li><li>12. Показать вид фазовой характеристики для линейного закона опорного напряжения фазосмещающего устройства (графически и аналитически)</li><li>13. Из каких частей состоит формирователь импульсов управления (ФИУ)?</li><li>14. Показать влияние силовой части на систему управления при непосредственной связи системы управления с силовой шиной.</li><li>15. Для каких целей осуществляют потенциальную развязку системы управления и силовой части преобразователя?</li><li>16. Какие два типа формирователей импульсов управления вы знаете?</li><li>17. Какими элементами осуществляется потенциальная развязка в информационном канале в формирователе импульсов управления с раздельной передачей <i>энергии и информационного сигнала</i>?</li><li>18. Какими элементами осуществляется потенциальная развязка в информационном канале в формирователе импульсов управления с совмещенной передачей <i>энергии и информационного сигнала</i>?</li><li>19. В каких режимах управляются биполярные транзисторы в трансформаторных формирователях импульсов управления?</li><li>20. Привести пример схемы управления постоянным током биполярного транзистора.</li><li>21. Привести пример схемы управления биполярным транзистором с пропорциональным токовым управлением.</li><li>22. Управление биполярным транзистором по схеме с эмиттерной коммутацией</li><li>23. Основные проблемы применения трансформаторных формирователей импульсов управления для ключей с изолированным затвором</li><li>24. Схема формирователя импульсов управления с разделительной емкостью для</li></ol>

- ключей с изолированным затвором . Ее преимущества.
25. Трансформаторный формирователь импульсов управления с широким диапазоном скважности для ключей с изолированным затвором.
  26. Схема трансформаторного формирователя импульсов управления с широтно-импульсным управлением для ключей с изолированным затвором.
  27. Требования предъявляемые к трансформаторным формирователям импульсов управления управляемым тиристорами.
  28. Типовая схема формирователей импульсов управления для тиристоров.
  29. Трансформаторный формирователь импульсов управления с широким импульсом управления для тиристоров.
  30. Меры по защите тиристорного трансформаторного формирователя управления от помех.
  31. Почему параллельное включение мощных тиристоров осуществляют не одним трансформатором с несколькими обмотками , а параллельным соединением нескольких трансформаторов?
  32. Почему последовательное включение тиристоров на высокие напряжения осуществляют не одним трансформатором формирователя импульсов с несколькими обмотками, а соединением нескольких трансформаторов?
  33. Какие соединения трансформаторов формирователей импульсов управления используются при последовательном включению тиристоров на высокие напряжения?
  34. Структура драйвера.
  35. Что такое драйвер?
  36. Для чего необходим входной узел драйвера?
  37. Для чего необходим узел согласования драйвера?
  38. Для чего необходим выходной узел драйвера?
  39. Требования к выходному узлу драйвера управляющего биполярным транзистором.
  40. Простые схемы управления биполярным транзистором.
  41. Схема управления биполярным транзистором с нелинейной обратной связью.
  42. Требования к выходному узлу драйвера полевого транзистора.
  43. Как определить заряд  $Q_g$  и резистор  $R_g$  в цепи затвора полевого транзистора, необходимые для открытия транзистора за заданное время  $t_i$ ?
  44. Схемы управления полевым транзистором от микросхем?
  45. В чем особенность управления полевым транзистором от схем транзисторно-транзисторной логики?
  46. Для какой цели в затвор полевого транзистора устанавливают резистор?
  47. В чем особенность подключения к драйверу полевого транзистора нескольких параллельно включенных транзисторов?
  48. Деление драйверов по числу источников.
  49. Какими способами обеспечивается энергией запирающего канала запирающих ключей?
  50. Методы обеспечения энергоснабжения источника питания драйвера.
  51. Схема организации питания драйвера с одним источником и промежуточным накопителем.
  52. Мостовая схема организации выходного импульса драйвера.
  53. Недостаток низкочастотных схем питания драйвера.
  54. Схема обеспечения питания драйвера от силового ключа.
  55. Какие недостатки присущи интегральным драйверам фирмы Toshiba, из рассмотренных в курсе дисциплины?
  56. Какие защиты обеспечивает драйвер МД 180ПБ фирмы ООО «Электрум АВ»?
  57. Какие типы датчиков тока и напряжения по принципу действия вы знаете?
  58. Принцип действия контактного датчика тока.
  59. Недостатки шунтовых датчиков тока.

60. ШИМ преобразователь измеряемого тока IR2175. (назначение, передаточная характеристика.).
61. ШИМ преобразователь измеряемого тока IR2175. (принципиальная схема).
62. Преобразователь сигнала HCPL-7800 для датчика тока (назначение, преимущества, недостатки.).
63. Использование интегральной оптопары HCNR201 для построения датчиков тока. (Принцип, недостатки).
64. Использование интегральной оптопары HCNR201 для построения датчиков тока. (схема включения, недостатки).
65. Неконтактные датчики (типы).
66. Трансформатор тока. (соотношения токов, преимущества, недостатки ).
67. Датчики тока прямого усиления на основе эффекта Холла. ( конструкция, принцип действия).
68. Датчики тока компенсационного типа на основе эффекта Холла. ( конструкция, принцип действия)
69. Датчики напряжения. (Типы, особенность включения).
70. Трансформатор напряжения. (конструкция, соотношение напряжений, преимущества, недостатки)
71. Датчик напряжения на эффекте Холла (датчик с потенциальным, токовым выходом, их различия).
72. Соотношение для связи выходного и входного напряжений датчика напряжения на эффекте Холла.
73. Пороговый датчик напряжения. (Применение, схема).
74. Распределители импульсов. (назначение).
75. Формирователи импульсов (укоротители импульсов управления). Назначение, принципиальная схема, недостатки.
76. Резистивная схема управления однополупериодным выпрямителем. (Схема, диапазон управления, диаграммы).
77. Резистивно-емкостная схема управления однополупериодным выпрямителем. (Схема, диапазон управления, диаграммы).
78. Схема управления двухполупериодным выпрямителем с однопереходным транзистором.

### 7.3.2. Критерии и нормы оценки

Семестр	Форма проведения промежуточной аттестации	Критерии и нормы оценки	
3	Экзамен	«отлично»	Полный ответ на оба вопроса
		«хорошо»	Полный ответ на один вопрос, на второй вопрос ответ неполный
		«удовлетворительно»	Неполные ответы на оба вопроса
		«неудовлетворительно»	Ответов на вопросы нет, или они несущественные, или не по теме вопроса

## 8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 8.1. Обязательная литература

№ п/п	Авторы, составители	Заглавие (заголовок)	Тип (учебник, учебное пособие, учебно-методическое пособие, практикум, др.)	Год издания	Количество в научной библиотеке / Наименование ЭБС
1	Рассадкин, Ю.И.	Компьютерное управление в мехатронных системах	Учебное пособие	2016	ЭБС "Лань"
2	В. Я. Фролов, В. В. Смородинов.	Устройства силовой электроники и преобразовательной техники с разомкнутыми и замкнутыми системами управления в среде Matlab-Simulink	Учебное пособие	2018	ЭБС "Лань"

### 8.2. Дополнительная литература

№ п/п	Авторы, составители	Заглавие (заголовок)	Тип (учебник, учебное пособие, учебно-методическое пособие, практикум, др.)	Год издания	Количество в научной библиотеке / Наименование ЭБС
1	В. И. Мелешин, Д. А. Овчинников.	Управление транзисторными преобразователями электроэнергии	монография	2011	ЭБС "IPR BOOKS"
2	Рама Редди С.	Основы силовой электроники	Учебник	2006	31

### 8.3. Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем

1.Силовая электроника [Электронный ресурс] : научно-практ. журнал / Электрон. Журн.- Москва .- Режим доступа к журн.: <http://www.power-e.ru/>

2.Практическая силовая электроника [Электронный ресурс] : науч.-тех. Журнал / электрон. журн. - Москва: ЗАО "ММП-Ирбис".- Режим доступа к журн.: <http://www.mmp-irbis.ru/>

### 8.4. Перечень программного обеспечения

№ п/п	Наименование ПО	Количество лицензий	Реквизиты договора (дата, номер, срок действия)
1	Matlab / Simulink 2014	5	Договор №2023/12 5 лет
2	Студенческая версия программы MicroCAP 9.0	не огр.	бессрочно

### 8.5. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

№ п/п	Наименование оборудованных учебных кабинетов, лабораторий, мастерских и др. объектов для проведения практических и лабораторных занятий, помещений для самостоятельной работы обучающихся (номер аудитории)	Перечень основного оборудования
1	Э-512 "Лаборатория ""Твердотельная электроника, электрические цепи и схемотехника"". Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа. Учебная аудитория для курсового проектирования (выполнения курсовых работ). Учебная аудитория для проведения групповых и индивидуальных консультаций Учебная аудитория для проведения занятий текущего контроля и промежуточной аттестации."	Столы ученические двухместные , стулья.,ПК, экран,проектор, модернизированный стенд «Луч 87» , стенд лабораторный МКС-51п/а 503 - 5шт, монитор Samsung740N -2 шт, монитор LG Flartron -2шт, монитор Samsung 763mb-1шт, монитор Samsung 750S-1шт, системный блок microtech-6шт, осциллограф C1-68-1шт,осциллограф C1-118,2-1шт, жалюзи.
2	Э-511 Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа. Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа. Учебная аудитория для курсового проектирования (выполнения курсовых работ). Учебная аудитория для проведения групповых и индивидуальных консультаций. Учебная аудитория для	Столы ученические двухместные (моноблок) , столы ученические трехместные (моноблок) стол преподавательский, стул преподавательский, доска аудиторная (меловая)

№ п/п	<b>Наименование оборудованных учебных кабинетов, лабораторий, мастерских и др. объектов для проведения практических и лабораторных занятий, помещений для самостоятельной работы обучающихся (номер аудитории)</b>	<b>Перечень основного оборудования</b>
	проведения занятий текущего контроля и промежуточной аттестации.	
3	Г-401 Помещение для самостоятельной работы обучающихся	Столы, стулья, компьютеры