

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Саратовский государственный технический университет
имени Гагарина Ю.А.»
Кафедра «Системотехника»

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

по дисциплине

Б1.В.ОД6 «Современная элементная база силовой электроники»

научной специальности

13.06.01 «Электро- и теплотехника»

(Силовая электроника)

Форма обучения - очная
курс – 2
зачетных единиц – 3
всего часов – 108
в том числе:
лекции – 18
самостоятельная работа – 72
практические занятия -18
экзамен – 4 сем.

Саратов, 2015

1. Цели и задачи дисциплины

Цель преподавания дисциплины:

Дать аспирантам углубленные знания по современной элементарной базе силовой преобразовательной техники, анализу процессов в нелинейных электрических и электронных цепях с полупроводниковыми элементами.

Задачи изучения дисциплины:

- расширение и углубление знаний, касающихся физики процессов в полупроводниках, свойств, параметров и характеристик силовых приборов: диодов, однооперационных и запираемых тиристоров, JGBT –транзисторов, MOSFIT - транзисторов, IGCT – транзисторов, ограничителей уровней напряжения, усилителей и коммутаторов, методов анализа установившихся и переходных процессов в линейных и нелинейных цепях.

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы послевузовского профессионального образования (ОПОП)

Дисциплина «Современная элементарная база силовой электроники» является обязательной составной частью ОП ППО для обучающихся в аспирантуре по специальности 05.09.12. Для её успешного освоения аспирант должен иметь базовые знания в области электроники и электротехники, программирования, теории информации в объёме вузовской подготовки.

3. Требования к результатам освоения дисциплины

Аспирант должен:

знать:

- свойства чистых и примесных полупроводников; вольтамперные характеристики полупроводниковых переходов (ВАХ);
- типы диодов тиристоров, транзисторов, их ВАХи классификационные параметры;
- типы, свойства и характеристики пассивных силовых элементов;
- методы расчёта электрических цепей;
- методы разложения периодических и непериодических сигналов на спектральные составляющие;
- виды фильтрующих устройств, их частотные характеристики;
- типы и характеристики интегральных микросхем; стабилизаторов тока и напряжения.

уметь:

- осуществлять выбор типов силовых элементов для конкретных условий применения;
- производить расчёт и анализ электрических схем с полупроводниковыми элементами;
- рассчитывать установившиеся и переходные процессы в линейных и нелинейных цепях с вентилями;
- самостоятельно изучать техническую литературу, усваивать и применять в своей научной работе новые схемные решения в области силовой электроники, идеи и методы анализа и исследования электромагнитных процессов;

владеть:

- методами анализа электрических цепей, в том числе с полупроводниковыми элементами;
- методами анализа электронных систем с периодически изменяющейся структурой.

4. Распределение трудоемкости (час.) дисциплины по темам и видам занятий

№ модуля	№ недели	№ темы	Наименование темы	Часы				
				Всего	Лекции	Лабораторные	Практические	СРА
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1		1	Полупроводниковые приборы	42	6	-	6	30
2		2	Электромагнитные элементы и коммутационно-защитная аппаратура	20	4	-	4	12
3		3	Анализ электрических и электронных цепей с полупроводниковыми элементами	46	8	-	8	30
Всего часов				108	18	-	18	72

5. Содержание лекционного курса

№ Те-мы	Все-го ча-сов	№ лек-ции	Тема лекции. Вопросы, отрабатываемы на лекции	Учебно-методическое обеспечение
1	2	3	4	5
1	2	1	Физические принципы работы полупроводниковых приборов, р-п переходы, вольтамперная характеристика перехода. Силовые диоды, вольтамперная характеристика. Типы и параметры диодов.	1, 2, 3, 7, 10, 11, 14,23, 24.
1	2	2	Биполярные и полевые транзисторы. Вольтамперные характеристики. IGBT- транзисторы, параметры и характеристики.	1, 2, 3, 7, 10, 11, 14, 24,25
1	4	3, 4	Однооперационные тиристоры, вольтамперная характеристика. Диаграммы включения и выключения. Ассиметричные тиристоры (Л.Т), свойства. Запираемые тиристоры, характеристики, управление включением – выключением.	1, 2, 3, 7, 10, 11, 14, 24, 25
2	2	5	Электромагнитные элементы: трансформаторы, реакторы, конструкции, зависимость массогабаритных показателей от частоты. Потери в меди и стали	4, 5, 6, 8, 10, 11, 18, 23, 26, 27
2	2	6	Конденсаторы, потери при синусоидальном и несинусоидальном токе. Зависимость параметров конденсаторов от частоты. Таблеточные резисторы. Современные светодиодные индикаторы. Коммутаторы, разъединители, реле. Типы и характеристики	4, 5, 6, 8, 10, 11, 18, 19, 20, 23, 24
3	2	7	Линейные и нелинейные электрические и магнитные цепи. Закон электрических цепей. Коммутационные процессы	4, 5, 6, 17, 18, 23, 27
3	2	8	Электрические фильтры, виды, свойства. Уставившиеся процессы в нелинейных цепях с управляемыми ключами.	4, 5, 6, 7, 8, 13, 14
3	2	9	Аналитические методы расчёта. Тензорная методология анализа электрических схем. Машинное моделирование	7, 8, 9, 12, 15, 16, 26

6. Содержание коллоквиумов

Коллоквиумы учебным планом не представлены

7. Перечень практических занятий

№ те-мы	Всего часов	Наименование практической работы. Вопросы, отрабатываемые на практическом занятии	Учебно-методическое обеспечение
1	2	3	4
1	2	Исследование вольтамперных характеристик силовых диодов с использованием среды Multisim	3, 7, 8, 12,
1	2	Исследование вольтамперных характеристик биполярных и полевых транзисторов. Исследование IGBT – транзисторов	3, 7, 8, 12
1	2	Исследование тиристоров с использованием среды Multisim	3, 7, 8, 12
2	2	Расчёт высокочастотного трансформатора	4, 5, 6, 7, 8, 10, 11
2	2	Моделирование трансформаторов в среде Multisim, MATLAB	
3	4	Анализ гармонического состава выходного напряжения трёхфазного автономного инвертора напряжения	9, 12, 27
3	4	Моделирование инвертора тока	7, 8, 9, 12, 16

8.Перечень лабораторных работ.
Учебным планом не предусмотрены

9. Задания для самостоятельной работы аспирантов

№ темы	Всего часов	Вопросы для самостоятельного изучения (задания)	Учебно-методическое обеспечение
1	2	3	4
	4	1.Основные свойства чистых и примесных полупроводников. Электронно-дырочный переход.	1, 2, 3, 7, 8, 14
	6	2.Биполярный транзистор, характеристики транзистора при включении с общей базой и общим эмиттером. Ключевой режим биполярного транзистора. Режим отсечки и насыщения.	1, 2, 3, 7, 8, 14, 24, 25, 26
	4	3.Полевые транзисторы. Устройство, принцип действия и ВАХ. Транзисторы МДМ – типа с встроенным и индуцированным каналом. Схемы замещения, параметры и характеристики полевых транзисторов.	1, 2, 3, 7, 8, 14, 24, 25, 26
	4	4.Оптоэлектронные приборы. Схемы включения оптоэлектронных приборов.	1, 2, 3, 7, 8, 14, 24,25, 26
	8	5.Интегральные и гибридные микросхемы. Типовые логические микросхемы, регистры и дешифраторы. Микросхемы на биполярных и полевых транзисторах.	3, 11, 14, 23, 26, 27
2	6	1.Трансформаторы, контакторы, реакторы. Конструктивные особенности и принципы использования высокочастотных ферритовых элементов	4, 5, 6, 7, 8, 10, 11, 21, 22, 26, 27
2	4	2.Электрорадио изделия силовой электроники- конденсаторы, резисторы, светодиодные индикаторы	4, 5, 6, 7, 8, 10, 11, 23
2	2	3.Быстродействующие предохранители, бесконтактные реле и коммутаторы, разъёмы, провода и кабели	10, 11, 18
3	10	Электрические цепи и сигналы. Элементы электрических цепей: источники, потребители и накопители энергии, и их параметры, и характеристики. Электрическая схема, матрицы сечений и контуров. Коммутационные процессы в электрических цепях. Постоянные и гармонические токи и напряжения. Комплексная форма представления гармонического процесса. Периодически изменяющиеся токи и напряжения, разложение сигнала на гармонические составляющие. Параметры и характеристики периодического несинусоидального тока. Интеграл Фурье и непрерывные спектры электрических сигналов.	4, 5, 6,
	12	2.Установившиеся и переходные процессы в линейных цепях. Законы Кирхгофа, баланс мощностей. Расчётные схемы с комплексными параметрами элементов. Активная, реактивная и полная мощность электрической цепи. Законы коммутации и начальные условия. Алгебраические и дифференциальные уравнения. Операторный метод анализа процессов в электрической цепи. Реакция электрической цепи на возмущение в виде ступенчатой, импульсной функции времени. Математическое моделирование электрических цепей.	4, 5, 6,
	6	3.Фильтры. Установившиеся и переходные процессы в нелинейных цепях с полупроводниковыми элементами. Аналитические и численные методы анализа переходных процессов в цепях с нелинейными элементами.	4, 5, 6, 7, 8, 13
	6	4.Электронные цепи: операционные усилители, диодные и транзисторные ключи, импульсные схемы и стабилизаторы напряжения, компараторы, одно вибраторы, мультивибраторы, генераторы линейно изменяющихся и гармонических колебаний.	2, 3, 7, 11, 13, 14, 24, 25

10.Расчётно-графическая работа
РГР учебным планом не предусмотрена.

11.Курсовая работа
КР учебным планом не предусмотрена

12.Курсовой проект
КП учебным планом не предусмотрена

13. Фонд оценочных средств.

В процессе освоения общеобразовательной программы у обучающихся в аспирантуре входе изучения дисциплины «Современная элементная база силовой электроники» должны быть сформированы компетенции, ОПК-3 и ПК-2

В результате формирования компетенции ОПК-3 аспирант должен:

Шифр компетенции	Планируемые результаты обучения
ОПК-3	Знать: принципы разработки новых методов исследования в области силовой электроники.
	Уметь: применять принципы разработки новых методов исследования в самостоятельной научной деятельности в области силовой электроники.
	Владеть: принципами разработки новых методов исследования в самостоятельной научной деятельности в области силовой электроники.

Показатели оценивания результатов

	Шкала оценивания			
	2 (незачтено)	3 (зачтено)	4 (зачтено)	5 (зачтено)
ОПК-3	не владеет знанием принципов разработки новых методов исследования в области силовой электроники. Не владеет умением применять принципы разработки новых методов исследования в самостоятельной научной деятельности в области силовой электроники. Не владеет принципами разработки новых методов исследования в самостоятельной научной деятельности в области электроники.	Слабо владеет знанием принципов принципы разработки новых методов исследования в области силовой электроники. Слабо владеет умением применять принципы разработки новых методов исследования в самостоятельной научной деятельности в области силовой электроники. Слабо владеет принципами разработки новых методов исследования в самостоятельной научной деятельности в области силовой электроники.	На хорошем уровне знанием принципов разработки новых методов исследования в области силовой электроники. На хорошем уровне владеет умением применять принципы разработки новых методов исследования в самостоятельной научной деятельности в области силовой электроники. На хорошем уровне владеет принципами разработки новых методов исследования в самостоятельной научной деятельности в области силовой электроники.	На высоком уровне владеет знанием принципов разработки новых методов исследования в области силовой электроники. На высоком уровне владеет умением применять принципы разработки новых методов исследования в самостоятельной научной деятельности в области силовой электроники. На высоком уровне владеет принципами разработки новых методов исследования в самостоятельной научной деятельности в области силовой электроники.

В результате формирования компетенции ПК-2 аспирант должен:

Контролируемые компетенции (шифр компетенции)	Планируемые результаты обучения (знает, умеет, владеет, имеет навык)
ПК-2	Знать: методы управления коллективом, формирование целей команды, воздействия на её социально-психологический климат в нужном для достижения целей направлении.
	Уметь: организовывать научно-исследовательские и научно-производственные работы в коллективе

	Владеть: методами, приёмами и навыками организации научно-исследовательских и научно-производственных работ, в управлении коллективом, влиять на формирование целей команды, воздействовать на её социально-психологический климат в нужном для достижения целей направлении, оценивать качество результатов деятельности
--	--

Показатели оценивания результатов

Шкала оценивания				
	2 (незачтено)	3 (зачтено)	4 (зачтено)	5 (зачтено)
ПК-2	Фрагментное знание; Фрагментное использование; Частичное владение способностью к самостоятельному обучению новым методам исследования, к изменению научного профиля своей профессиональной деятельности, к изменению социокультурных и социальных условий деятельности	В целом успешное, но не систематическое знание; В целом обладает способностью к самостоятельному обучению новым методам исследования, к изменению научного профиля своей профессиональной деятельности к изменению социокультурных и социальных условий деятельности	Успешное, но содержащее отдельные пробелы знание; Успешное, но содержащее отдельные пробелы владение навыками самостоятельного обучения новым методам исследования, изменения научного профиля своей профессиональной деятельности, изменению социокультурных и социальных условий деятельности	Успешное и систематическое знание;; Успешное и систематическое владение навыками самостоятельного обучения новым методам исследования, изменения научного профиля своей профессиональной деятельности, изменения социокультурных и социальных условий деятельности

Для оценки знаний, умений и навыков, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы проводится промежуточный контрольный отчёт аспирантов о проделанной работе.

Вопросы к экзамену

1. Чем отличаются чистые и примесные полупроводники.
2. За счёт чего создаётся р-ппереход?
3. Какова роль неосновных и основных носителей в создании тока через р-ппереход?
4. Поясните вольтамперную характеристику р-п перехода.
5. Что такое биполярный транзистор? Чем отличаются схемы с общим эмиттером и общей базой?
6. Вольтамперные характеристики биполярного транзистора.
7. Как уменьшить мощность, выделяемую при переключениях биполярного транзистора?
8. Полевые транзисторы. Входные и выходные характеристики. В чём отличие полевого транзистора от биполярного?
9. Биполярные транзисторы с изолированным затвором (IGBT). Параметры и характеристики.
10. Однооперационные тиристоры. Вольтамперная характеристика. Диаграммы включения и выключения тиристора. Обозначения тиристоров по стандарту.
11. Ассиметричные тиристоры (АТ). Свойства, отличия от одно операционных тиристоров.
12. Запираемые тиристоры. Свойства и характеристики. Схема управления запираемыми тиристорами.
13. Силовые диоды. Вольтамперная характеристика. Типы и параметры силовых диодов.
14. Оптоэлектронные приборы, отличие от биполярных транзисторов, схемы включения.
15. Типовые логические интегральные схемы. Реализация булевых функций.
16. Регистры, дешифраторы, программируемые логические интегральные схемы (ПЛИС).
17. Однофазные и трёхфазные трансформаторы. Графические обозначения, конструкции, схема замещения. Потери в трансформаторах при синусоидальных и несинусоидальных напряжениях. Зависимость объёма и массы трансформатора от частоты. Потери в меди и стали.
18. Двуполярные и электролитические конденсаторы. Потери при синусоидальном и несинусоидальном токе. Зависимости амплитуды допустимого напряжения и удельной реактивной мощности от частоты.
19. Таблеточные безиндукционные резисторы. Современные светодиодные индикаторы.
20. Быстродействующие предохранители, коммутаторы, бесконтактные реле. Типы и характеристики.
21. Элементы электрических цепей, их параметры и характеристики. Линейные и нелинейные электрические и магнитные цепи.
22. Элементы электрических цепей. Законы электрических цепей. Матрицы контуров и сечений.
23. Коммутационные процессы в электрических цепях.

24. Методы расчёта электрических цепей при установившихся синусоидальном и постоянном токах.

15. Перечень учебно-методического обеспечения для обучающихся по дисциплине.

1. Основная литература

1. **Лебедев А.И.** Физика полупроводниковых приборов. [Электронный ресурс] / Лебедев А.И. – Москва: Физматлит, 2008. – 488с. Лебедев А.И. Физика полупроводниковых приборов. Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785922109956.html>
2. **Ямпурин Н.П.** Электроника: учебное пособие/Н.П. Ямпурин, А.В. Баранова, В.И. Обухов. – М.: ИЦ «Академия», 2011. – 240с. : ил. ; 22 см. – (Высшее профессиональное образование) Экземпляров всего: 15
3. **Пасынков В.В.** Полупроводниковые приборы [Электронный курс] : учеб. пособие / В.В. Пасынков, Л.К. Чиркин. – 9-е изд., стер. – Электрон. текстовые дан. – СПб.; М.; Краснодар : Лань, 2009. – 1 эл. опт. диск (CD-ROM) : цв. – Систем. требования: Pentium III 900 МГц; Adobe Acrobat Reader. – Загл. с этикетки диска. – Электрон. аналог печ. изд. – Режим доступа: http://lib.sstu.ru/books/Ld_29/pdf
4. **Атабеков Г.И.** Теоретические основы электротехники. Линейные электрические цепи: учеб. пособие/ Г.И. Атабеков. – 6-е изд., стереотип. – СПб. ; М.; Краснодар: Лань, 2008. – 592с. – Экземпляров всего: 50
5. **Демирчян К.С.** Теоретические основы электротехники. Линейные цепи : учеб. пособие/ Г.И. Атабеков. – 6-е изд. стереотип. – СПб.; М.; Краснодар: Лань, 2008. – 592с. – Экземпляров всего: 110
6. **Башарин С.А.** Теоретические основы электротехники. Теория электрических цепей и магнитного поля : учеб. пособие/ С.А. Башарин, В.В. Федоров. – 4-изд., перераб. И доп. – М.: ИЦ «Академия», 2010. – 368с. : ил.; Экземпляров всего: 10
7. **Белоус А.И.** Полупроводниковая силовая электроника [Электронный курс]/ Белоус А.И. – Москва: Техносфера, 2013. – 228с. Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/31876>
8. **Розанов Ю.К.** Силовая электроника : учебник/ Ю.К. Розанов, М.В. Рябчинский, А.А. Квасюк. – 2 изд., стер. – М.: ИД МЭИ, 2009. – 632с. – Экземпляров всего : 10
9. **Дьяконов В.П.** MATLAB 6.5 SP1/7 + Simulink 5/6 в математике и моделировании [Электронный курс]: монография/ Дьяконов В.П. – Москва: СОЛОН-ПРЕСС, 2009. – 582с. Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/7932>

2. Дополнительная литература

10. **Электрические и электронные аппараты** [Электронный курс]: в 2 т.: учебник. – Электрон. Текстовые дан. – М.: ИЦ «Академия», 2010. – (Высшее профессиональное образование) Систем. Требования: Pentium II, 128 Мб ОЗУ, Windows 98/2000/ME/XP/Vista/7, CD/DVDROM, Adobe Acrobat Reader. – Режим доступа: http://lib.sstu.ru/books/Ld_196.pdf (Полный текст). – Загл. сконтейнера. Т. 2: Силовые электронные аппараты/ А.П. Бурман [и др.]; под редакцией Ю.К. Розанова. – 2010. – 1 эл. Опт. диск (CD-ROM). Гриф: допущено УМО по образованию в обл. энергетики и электротехники в качестве учеб. для студентов вузов, обучающихся по направлению подгот. «Электротехника, электромеханика, и электротехнологии». – Электронный аналог печатного издания. – Диск помещён в контейнер 14x19 см. – Режим доступа: http://lib.sstu.ru/books/Ld_196.pdf. – 11115.60.p
11. **Водолазов А.М.** Элементы систем автоматики: учеб. пособие/ А.М. Водолазов. / 2-е издание., стер. – М.: ИЦ «Академия», 2008. – 224с. : ил.; 22см. – Экземпляров всего: 30
12. **Герман-Галкин С.Г.** Виртуальные лаборатории полупроводниковых систем в среде Matlab-Simulink [+CD]: учебник / С.Г. Герман-Галкин. – СПб.; М.; Краснодар: Лань, 2013. – 438-440 (69 назв.). Приложение: Сопроводительный материал : (эл. опт. диск (CD-ROM) – 4/30) (эл. опт. диск (CD-ROM) – а) Виртуальные лаборатории полупроводниковых систем в среде Matlab-Simulink [+CD]: учебник / С.Г. Герман-Галкин. – СПб.; М.; Краснодар: Лань, 2013. – 1 эл. опт. диск (CD-ROM). – Экземпляров всего: 30
13. **Белоус А.И.** Полупроводниковая силовая электроника [Электронный курс]/ Белоус А.И. – Москва: Техносфера, 2013. – 228с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/31876>
14. **Лачин В.И.** Электроника: учеб. пособие/ В.И. Лачин, Н.С. Савелов. – 7-е изд. – Ростов н/Д : Феникс, 2009. – 703с. : ил.; 21см. – (Высшее образование). – Экземпляров всего: 5
15. **Карасёв Д.Д.** Системы тензорных уравнений сетей и электромагнитных полей/ Д.Д. Карасёв. – М. : Энергоатомиздат, 2010. – 332 с. – Всего экземпляров: 2
16. **Голембиовский Ю.М.** Тензорная методология в теории синтеза схема инверторов [Текст]/ Ю.М. Голембиовский // Вестник Саратовского Государственного университета. – 2011. – №61. – С. 69-80

3. ПЕРИОДИЧЕСКИЕ ИЗДАНИЯ

17. Журнал « Практическая силовая электроника Силовая электроника». – Периодичность: 12. Поступления 2010-2012гг. 18. Журнал «Электронные компоненты и системы». Периодичность: 12. Поступления: 2008-2014. 3. 19. Журнал «Электричество». Периодичность: 12. Поступления: 2000-2012. Журнал «Известия ВУЗов» Серия: « Электромеханика». Периодичность: 6. Поступления: 2000-2014

21. Мехатроника. Периодичность: 12. Поступления: 2004-2014. 22. Вестник Саратовского государственного технического университета. Периодичность: 4. Поступления 2004-2015.
23. Электро. Электротехника, Электроэнергетика, Электротехническая промышленность. Периодичность: 2. Поступления: 2008.

4. ИНТЕРНЕТ РЕСУРСЫ

24. <http://www.eupec.com> – сайт фирмы Semikron
25. <http://www.irf.com> – сайт фирмы International Rectifier
26. <http://www.bolero.ru/catalog/books> – каталог литературы по электронике
27. <http://www.obuk.ru/science> – научные издания

16. Материально-техническое обеспечение дисциплины.

При чтении лекций используются мультимедийные средства в аудиториях 303 и 308, оснащенные ПЭВМ, проектором и экраном. Практические занятия проводятся в 2-х дисплейных классах с использованием лицензионных программных продуктов MATLAB-Simulink и Multisim.

17. Особенности организации процесса сдачи кандидатского экзамена для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья

Для аспирантов с ограниченными возможностями здоровья предусмотрены следующие формы организации педагогического процесса и контроля знаний:

– для слабовидящих:

обеспечивается индивидуальное равномерное освещение не менее 300 люкс;

для выполнения контрольных заданий при необходимости предоставляется увеличивающее устройство;

задания для выполнения, а также инструкция о порядке выполнения контрольных заданий оформляются увеличенным шрифтом (размер 16-20);

– для глухих и слабослышащих:

обеспечивается наличие звукоусиливающей аппаратуры коллективного пользования, при необходимости аспирантам предоставляется звукоусиливающая аппаратура индивидуального пользования;

– для лиц с тяжелыми нарушениями речи, глухих, слабослышащих

все контрольные задания по желанию аспирантов могут проводиться в письменной форме.

Основной формой организации педагогического процесса является интегрированное обучение инвалидов, т.е. все аспиранты обучаются в смешанных группах, имеют возможность постоянно общаться со сверстниками, легче адаптируются в социуме.

Составители рабочей программы :