

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «МЭИ»

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по научной работе



Драгунов В.К.

« 16 » июня 2015 г.



Направление 13.06.01 Электро- и теплотехника

Направленность (специальность) 05.09.12 Силовая электроника

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины по выбору

«Высоковольтные полупроводниковые ключи и топология их построения»

Индекс дисциплины по учебному плану: Б1.В.ДВ.3.2

Всего: 72 часов

Семестр 5, в том числе

6 часов – контактная работа,
48 часов – самостоятельная работа,
18 часов – контроль

Программа составлена на основе федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (уровень подготовки кадров высшей квалификации) по направлению подготовки 13.06.01 Электро- и теплотехника, утвержденного приказом Минобрнауки России от 30.07.2014 г. № 878, и паспорта специальности, указанной в номенклатуре специальностей научных работников 05.09.12 Силовая электроника, утвержденной приказом Минобрнауки России от 25 февраля 2009 г. № 59.

ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью изучения дисциплины является освоение структур высоковольтных полупроводниковых ключей и исследование их характеристик.

Задачами дисциплины являются:

- исследование физических процессов в высоковольтных полупроводниковых ключах;
- овладение методами построения высоковольтного ключа за счет последовательного соединения полупроводниковых приборов;
- освоение схем преобразователей с применением высоковольтных ключей.

В процессе освоения дисциплины **формируются следующие компетенции:**

- способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях (УК-1);
- готовность использовать современные методы и технологии научной коммуникации на государственном и иностранном языках (УК-4);

- способность к разработке новых методов исследования и их применению в самостоятельной научно-исследовательской деятельности в области профессиональной деятельности (ОПК-3);
- способность к анализу тенденций развития современной элементной базы силовой полупроводниковой электроники (ПК-4).

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБРАЗОВАНИЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

В результате освоения дисциплины обучающийся должен демонстрировать следующие результаты образования:

знать:

- структуры высоковольтных силовых полупроводниковых ключей и их эквивалентные схемы (УК-4);
- особенности последовательного соединения высоковольтных полупроводниковых ключей (ПК-4).

уметь:

- обеспечивать управление и защиту высоковольтных полупроводниковых ключей в силовых схемах (УК-1);
- рассчитывать электромагнитные процессы в схемах с учетом параметров и характеристик высоковольтных полупроводниковых ключей (ПК-4).

владеть:

- методами экспериментального исследования параметров и характеристик высоковольтных силовых полупроводниковых ключей (ОПК-3);
- программными средствами моделирования силовых полупроводниковых ключей и процессов их работы в схеме (ПК-4).

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАЗДЕЛОВ ДИСЦИПЛИНЫ

Высоковольтные полупроводниковые ключи на основе силовых диодов и тиристоров (10 часов).

Структура высоковольтного силового диода и особенности его ВАХ. Режим двойной инжекции, жесткое и мягкое переключение диода. Определение коэффициента мягкости. Последовательное соединение диодов.

Структура высоковольтного силового тиристора и особенности его ВАХ. Принудительная и естественная коммутация силового тиристора. Вспомогательное управление. Последовательное соединение тиристорov, подбор по параметрам. Высоковольтные фототиристоры. Особенности одновременного управления фототиристорами. Цепи выравнивающих потенциалов.

Высоковольтные униполярные полупроводниковые ключи с полевым управлением (мощные МДП и индукционные транзисторы) (9 часов).

Базовая структура высоковольтного мощного МДП-транзистора, эквивалентная схема структуры с учетом паразитных составляющих.

Статические и динамические характеристики мощных МДП-транзисторов, зависимость параметров от режимов и температуры.

Методы управления, согласование выходных цепей аналоговых и цифровых микросхем со входом МДП-ключа. Работа МДП-ключа с общим истоком в схемах с резистивной и индуктивной нагрузкой, шунтированной встречно-параллельным диодом. Расчет временных параметров и мощности потерь на переключение.

МДП-ключи в мостовых схемах, работа на противофазный диод в схемах с индуктивной нагрузкой, оценка мощности потерь в отдельном плече схемы.

Работа МДП-транзисторов при последовательном включении, оценка неравномерности распределения напряжения в статическом и динамическом режимах, особенности управления.

Высоковольтные биполярные полупроводниковые ключи с полевым управлением (IGBT и тиристоры с электростатической индукцией) (10 часов).

Структуры высоковольтных биполярно-полевых ключей с модулируемой проводимостью, эквивалентные схемы, основные параметры и характеристики.

Работа IGBT в схеме с индуктивной нагрузкой, влияние режимов и температуры, критические факторы переключения. Работа IGBT в режимах токовой перегрузки, методы повышения устойчивости ключа, особенности управления и алгоритмы защиты.

Структуры высоковольтных ключей с электростатическим управлением. Полевой и биполярно-полевой режимы переключения, основные характеристики. Индукционный транзистор с модулируемой проводимостью (индукционный тиристор), особенности выключения.

Высоковольтные силовые ключи новых технологий (9 часов).

Основные тенденции развития высоковольтных силовых полупроводниковых ключей. Пути повышения эффективности ключевых приборов (на примерах транзисторных ключей с усиленной инжекцией и накоплением заряда и тиристорных ключей с коммутацией тока в цепь управления). Силовые полупроводниковые структуры на основе SiC.

Преобразователи на высоковольтных силовых ключах (10 часов).

Преобразователи для частотно-регулируемого электропривода переменного тока. Статический тиристорный компенсатор. Статический компенсатор реактивной мощности. Фазоповоротное устройство. Многоуровневый инвертор напряжения. Тиристорно-управляемый продольный компенсатор. Объединенный регулятор потоков мощности. Преобразователь для вставки постоянного тока.

ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБРАЗОВАНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины:

5 семестр – дифференцированный зачет .

Вопросы для самоконтроля и проведения зачета

1. Составляющие прямого напряжения высоковольтного силового диода.
2. Последовательное соединение силовых диодов.

3. Динамика переключения диодного вентиля.
4. Высоковольтный тиристорный ключ.
5. Последовательное соединение тириستоров.
6. Цепи выравнивающее напряжение при последовательном соединении тиристоров в статическом и динамическом режимах работы.
7. Подбор тиристоров по параметрам для составления высоковольтного тиристорного вентиля.
8. Базовые структуры высоковольтных мощных МДП транзисторов.
9. Схема замещения высоковольтного МДП транзистора.
10. Полевой и биполярный режим переключения транзисторов со статической индукцией.
11. Интервалы установления стационарных состояний в IGBT, оценка остаточного тока и напряжения динамического насыщения
12. Пути повышения эффективности параметров биполярных транзисторов, составные схемы ключей на биполярных транзисторах
13. Базовые структуры ключей с электростатическим управлением.
14. Структуры ключей с модулируемой проводимостью (IGBT и индукционный тиристор), схемы замещения.
15. Режимы токовой перегрузки IGBT, методы повышения устойчивости к перегрузкам.
16. Индукционный тиристор (СИТ с модулируемой проводимостью), особенности переходного процесса выключения.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Основная литература:

1. Силовые электронные приборы : учебное пособие по курсам "Электрические и электронные аппараты", "Силовая электроника", "Силовые электронные аппараты" по направлению "Электротехника, электромеханика и электротехнологии" / Ю. К. Розанов, М. В. Рябчицкий, А. А. Кваснюк, и

др., Моск. энерг. ин-т (МЭИ ТУ) . – М. : Изд. дом МЭИ, 2007 . – 100 с. - ISBN 978-5-383-00105-9

2. Поисковое проектирование устройств силовой электроники (трансформаторно-полупроводниковые устройства) : учебное пособие по курсам "Электронные энергетические системы", "Физические основы электроники", "Силовая электроника" по направлению "Электротехника, электромеханика и электротехнологии" / Г.С. Мыцык, А.В. Берилов, В.В. Михеев, Моск. энерг. ин-т (МЭИ ТУ) . – М. : Изд. дом МЭИ, 2010 . – 284 с. - ISBN 978-5-383-00417-3

3. Справочник по силовой электронике / Розанов Ю.К., Воронин П.А., Рывкин С.Е., Чаплыгин Е.Е. – М. Издательский дом МЭИ, 2014. – 472 с. - ISBN 978-5-383-00872-0

Дополнительная литература:

4. Управление потоками электроэнергии и повышение эффективности электроэнергетических систем : учебное пособие для вузов по направлениям "Электроэнергетика", "Электротехника, электромеханика и электротехнологии" / А. П. Бурман, Ю. К. Розанов, Ю. Г. Шакарян . – М. : Изд-во МЭИ, 2012 . – 336 с. - ISBN 978-5-383-00738-9