

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

«Энергоэффективные методы управления силовыми ключами»

Индекс дисциплины по учебному плану: Б1.В.ДВ.3.1

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 методов управления силовыми ключами с минимальными потерями на коммутацию и методов защиты полупроводниковых приборов.

**Задачами** дисциплины являются:

- освоение различных видов структур формирователей импульсов управления силовыми полупроводниковыми приборами;
- овладение методами расчета схем защиты полупроводниковых приборов при перенапряжениях и токовой перегрузке;
- освоение схем мягкой коммутации и принципов их работы.

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);
- способность проектировать и осуществлять комплексные исследования, в том числе междисциплинарные, на основе целостного системного научного мировоззрения с использованием знаний в области истории и философии науки (УК-2);

- владение методологией теоретических и экспериментальных исследований в области профессиональной деятельности (ОПК-1);
- владение методикой построения физических и математических моделей объектов научных исследований (ПК-1);
- способность определять область научно-технических задач в смежных направлениях исследований (ПК-3).

### **ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБРАЗОВАНИЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

В результате освоения дисциплины обучающийся должен демонстрировать следующие результаты образования:

**знать:**

- способы управления силовыми полупроводниковыми приборами (УК-1);
- методы и схемы защиты силовых полупроводниковых приборов (УК-2).

**уметь:**

- определять область безопасной работы силовых полупроводниковых приборов и разрабатывать защитные цепи (ПК-3);
- разрабатывать энергоэффективные методы управления силовыми полупроводниковыми ключами (ОПК-1).

**владеть:**

- методами расчета энергии потерь при различных видах коммутации силовых ключей (ПК-1);
- навыками работы с информационными базами данных и поиском информации о современных интеллектуальных интегральных модулях (УК-1).

### **КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАЗДЕЛОВ ДИСЦИПЛИНЫ**

**Функции и структуры систем управления преобразователями (8 часов).**

Задачи управляющей системы. Необходимые характеристики системы управления. Суть метода управления.

Функциональные блоки системы управления. Требования к системе управления автономными преобразователями. Требование к системе управления импульсными преобразователями постоянного напряжения. Блок синхронизации генератора тактовых импульсов.

Основные типы формирователей импульсов управления (ФИУ). Структура формирователей импульсов управления. Функции информационной логической части ФИУ. Функции усилителя управляющих импульсов.

### **Формирователи импульсов управления с совместной передачей питания и формы управляющего сигнала (8 часов).**

Трансформаторные ФИУ биполярных транзисторов. Требования к импульсному трансформатору. Пропорциональное токовое управление. Выбор величины резисторов в цепи базы при пропорциональном токовом управлении. Эмиттерная коммутация биполярного транзистора.

Трансформаторные ФИУ для ключей с изолированным затвором. Основные проблемы применения трансформаторных ФИУ для ключей с изолированным затвором. Схемотехнические способы снижения тока намагничивания.

Трансформаторные ФИУ тиристоров. Основные требования к формируемому токовому импульсу управления. Критерии выбора импульсного трансформатора.

### **Формирователи импульсов управления с отдельной передачей питания и информационного сигнала (8 часов).**

Потенциальная развязка информационного сигнала: оптроны диодного и транзисторного типа. Усилитель импульсов управления – драйвер. Структура драйвера. Дополнительные функции драйвера. Драйверы биполярного транзистора, МДП- транзистора, биполярного транзистора с изолированным затвором. Основные требования к выходному узлу драйвера. Подключение драйверов к входным цепям силовых транзисторов. Ограничения скорости переключения транзистора при включении и выключении. Драйверы тиристоров. Источники питания драйверов.

### **Методы и схемы защиты полупроводниковых ключей (8 часов).**

Основные виды перегрузок по напряжению и по току. Границы области безопасной работы. Перегрузочные характеристики ключа. Защитный показатель. Методы защиты от помех. Паразитная индуктивность силовых шин. Силовой монтаж с применением многослойных проводящих шин. Защитные цепи силовых ключей. Цепи формирования траектории рабочей точки транзисторов. Защитные цепи тиристорных ключей. Защитные цепи силовых модулей. Защита силовых ключей от режимов короткого замыкания.

### **Мягкая коммутация (8 часов).**

Схемы мягкой коммутации в автономном инверторе напряжения. Переключение при нулевом токе и при нулевом напряжении. Схемы мягкой коммутации в многоуровневых автономных инверторах напряжения. Метод мульти-резонансной коммутации для трехфазного автономного инвертора напряжения. Определение критериев мягкой коммутации. Мягкая коммутация в граничных режимах работы инвертора напряжения.

### **Интеллектуальные интегральные силовые модули (8 часов).**

Интегрированные силовые модули. Особенности схемотехники интегральных силовых модулей. Виды полупроводниковых структур в интегрированных модулях. Интегрированные драйверы. Технология прижимного контакта. Конструктивные особенности модулей. Примеры применения интеллектуальных силовых модулей.

## **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. Структурная схема преобразователя для регулируемого электропривода.

2. Функциональные блоки системы управления в ведомых сетью преобразователей.
3. Функциональные блоки управления автономного инвертора напряжения.
4. Функциональные блоки управления преобразователями постоянного напряжения.
5. Влияние «мертвого времени» на выходное напряжение.
6. Влияние силовой части преобразователя на работу системы управления.
7. Варианты ФИУ по типу потенциальной развязки.
8. Способы питания ФИУ.
9. Варианты применения импульсного трансформатора в цепях управления.
10. Ключ с эмиттерной коммутацией на основе импульсного трансформатора.
11. Варианты трансформаторного ФИУ для мощного МДП-транзистора.
12. Трансформаторный ФИУ с широким диапазоном скважности.
13. Оптронная развязка сигналов управления.
14. Схемотехника узлов согласования драйверов транзисторов.
15. Выходной узел драйвера с изолированным затвором.
16. Структурная схема драйвера запираемого тиристора.
17. Защиты от перегрузок по напряжению.
18. Защиты от короткого замыкания.
19. Защитная цепь для формирования траектории включения транзистора.
20. Защитные RCD-цепи.
21. Переключение при нулевом токе.
22. Переключение при нулевом напряжении.
23. Структуры со встраиваемыми силовых управляющих драйверов.

## **РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА**

### **Основная литература:**

1. 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
2. Мелешин В.И., Овчинников Д.А. Управление транзисторными преобразователями электроэнергии – М.: Техносфера. 2011. – 576 с. - ISBN 978-5-94836-260-1
3. Забродин Ю.С. Промышленная электроника. Учебник для ВУЗов. – М.: Альянс, 2008. – 496 с. - ISBN 978-5-903034-34-5

**Дополнительная литература:**

4. Электрические и электронные аппараты : учебник для вузов по направлению "Электротехника, электромеханика и электротехнологии". Т.2 : Силовые электронные аппараты / А. П. Бурман, [и др.] ; Ред. А.Г. Годжелло, Ю.К. Розанов . – 2010 . – 320 с. - ISBN 978-5-7695-6255-6