



Departamento de Engenharia Elétrica - Centro Tecnológico

Universidade Federal de Santa Catarina

Caixa Postal 5119, CEP: 88.040-970 - Florianópolis - SC

Tel. : (048) 331.9204 - Fax: (048) 234.5422 - E.Mail: denizar@inep.ufsc.br

PLANO DE ENSINO/SEMESTRE 2012/02

1. **DISCIPLINA** EEL7200 Eletrônica de Potência II (60h = 30h teoria, 30h – atividades experimentais de laboratório). Disciplina optativa.
2. **Oferecida para o curso:** Eng^a Elétrica
3. **PROFESSORES:** Denizar Cruz Martins e Ivo Barbi
4. **OBJETIVOS:**
Os principais objetivos da disciplina são:
 - a) Introduzir os conceitos fundamentais dos conversores CC-CC e CC-CA;
 - b) Apresentar as principais chaves eletrônicas controladas: Transistor Bipolar, Mosfet, IGBT e o GTO;
 - c) Apresentar o princípio de funcionamento das principais topologias dos conversores CC-CC e CC-CA, e uma metodologia de cálculo para projeto das mesmas.

No final do curso o estudante deverá ser capaz de realizar o projeto completo de um conversor estático, incluindo seus circuitos de comando e controle.

5. CONTEÚDO PROGRAMÁTICO

Capítulo 1: Conversores CC-CC

- 1.1 Conversores CC-CC abaixador de tensão (Buck)
 - 1.1.1 Princípio de operação
 - 1.1.2 Funcionamento com carga RLE
 - 1.1.3 Condução contínua e descontínua
 - 1.1.4 Característica de carga
 - 1.1.5 Ondulação da corrente
 - 1.1.6 Filtragem (corrente de entrada e tensão de saída)
 - 1.1.7 Controle do conversor Buck empregando modulação PWM
 - 1.1.8 Conversor Buck isolado (Conversor Forward)
- 1.2 Conversor CC-CC elevador (Boost)
 - 1.2.1 Princípio de operação
 - 1.2.2 Condução Contínua e descontínua
 - 1.2.3 Característica de carga
 - 1.2.4 Ondulação da corrente
 - 1.2.5 Filtros de entrada e de saída
 - 1.2.6 Controle do conversor Boost empregando modulação PWM

1.3 Conversor CC-CC à acumulação de energia

1.3.1 Conversor CC-CC à acumulação indutiva (Buck-Boost)

- a) Princípio de funcionamento
- b) Operação em condução contínua e descontínua
- c) Característica de carga
- d) Conversor Buck-Boost isolado (Conversor Flyback)
- e) Controle do conversor Buck-Boost empregando modulação PWM

1.3.2 Conversor CC-CC à acumulação capacitiva (Conversor Cuk)

- a) Princípio de fundamento
- b) Ondulação de corrente e tensão
- c) Característica de carga

1.4 Reversibilidade dos Conversores CC-CC diretos

1.4.1 Classificação dos conversores CC-CC quanto ao quadrante de operação

1.4.2 Conversor CC-CC reversível em corrente

1.4.3 Conversor CC-CC reversível em tensão

1.4.4 Conversor CC-CC reversível em tensão e corrente

1.5 Noções Sobre os Conversores CC-CC Isolados

1.5.1 Conversor Forward

1.5.2 Conversor Flyback

1.5.3 Conversores em Ponte

- a) Conversor Push-Pull
- b) Conversor Meia-Ponte
- c) Conversor Ponte-Completa

Capítulo 2: Semicondutores de Potência

2.1 Transistor bipolar de Potência

2.1.1 Estrutura

2.1.2 Características do transistor bipolar para aplicações em Conversores Estáticos

2.1.3 Comutação com carga resistiva

2.1.4 Comutação com carga indutiva

2.1.5 Perdas no transistor bipolar de potência

2.1.6 Circuitos snubber

2.1.7 Circuitos de comando

2.2 Transistor Mosfet de Potência

2.2.1 Estrutura

2.2.2 Características estáticas e dinâmicas

2.2.3 Comutação com carga resistiva

2.2.4 Comutação com carga indutiva

2.2.5 Área de operação

2.2.6 Perdas no Mosfet

2.2.7 Circuitos de comando

2.3 Transistor IGBT de Potência

2.3.1 Estrutura

2.3.2 Características estáticas e dinâmicas

- 2.3.3 Comutação com carga resistiva
- 2.3.4 Comutação com carga indutiva
- 2.3.5 Área de operação
- 2.3.6 Perdas no IGBT
- 2.3.7 Circuitos de comando

2.4 GTO de Potência

- 2.4.1 Estrutura
- 2.4.2 Características Operacionais do GTO (disparo e bloqueio)
- 2.4.3 Proteção do GTO (circuitos snubbers)
- 2.4.4 Perdas no GTO
- 2.4.5 Circuitos de comando

Capítulo 3: Conversores CC-CA (Inversores Autônomos)

3.1 Conversor CC-CA de tensão

- 3.1.1 Conversor CC-CA monofásico em ponte
- 3.1.2 Conversor CC-CA monofásico com ponto médio
- 3.1.3 Conversor CC-CA monofásico em push-pull
- 3.1.4 Conversor CC-CA trifásico
- 3.1.5 Reversibilidade dos conversores CC-CA de tensão

3.2 Conversor CC-CA de corrente

- 3.2.1 Conversor CC-CA de corrente monofásico
- 3.2.2 Conversor CC-CA de corrente trifásico

3.3 Controle de tensão nos Conversores CC-CA

- 3.3.1 Métodos empregados
- 3.3.2 Modulação por defasagem
- 3.3.3 Modulação por largura de pulso (PWM)

3.4 Filtro de Saída dos Conversores CC-CA

- 3.4.1 Resposta em Frequência
- 3.4.2 Efeitos de L e C no Filtro LC Simples
- 3.4.3 Projeto do Filtro

Atividades Experimentais de Laboratório

1. Treinamento Sobre a Utilização de Pacotes de Simulação Numérica

- 1.1 Orcad 9.2
- 1.2 MathCad
- 1.3 Programa Tango – Placa de circuito impresso
- 1.4 Projeto e montagem de um protótipo de conversor estático
 - 1.4.1 Desenho e confecção da placa de circuito impresso
 - 1.4.2 Montagem dos circuitos de potência e comando do conversor estático
 - 1.4.3 Ensaio com o protótipo (aquisição de formas de onda)
 - 1.4.4 Elaboração de um relatório técnico
- 1.5 Apresentação pública do projeto e do protótipo

6. AVALIAÇÃO E RECUPERAÇÃO

A avaliação do curso consiste na elaboração de 2 (duas) provas, realização de projetos completos de conversores estáticos, e um relatório completo das atividades experimentais de laboratório, realizadas durante o curso. A nota

final é obtida a partir da média aritmética das 2 provas, mais os projetos com o relatório das atividades experimentais e uma apresentação oral em público.

7. BIBLIOGRAFIA

7.1. Bibliografia Básica

- ✓ I. Barbi, “Eletrônica de Potência”. Edição do Autor, 6ª Edição Florianópolis, 2006.
- ✓ D. C. Martins & I. Barbi, “Eletrônica de Potência: Conversores CC-CC Básicos Não Isolados”. Edição dos Autores, 3ª Edição Florianópolis, 2008.
- ✓ D. C. Martins & I. Barbi, “Introdução ao Estudo dos Conversores CC-CA”. Edição dos Autores, 2ª Edição, Florianópolis-SC, UFSC, Maio/2008.
- ✓ I. Barbi, “Eletrônica de Potência: Projetos de Fontes Chaveadas”. Edição do Autor, 2ª Edição, Florianópolis-SC, UFSC, 2007.
- ✓ I. Barbi & F. P. de Souza, “Conversores CC-CC Isolados de Alta Freqüência com Comutação Suave”. Edição dos Autores, Florianópolis, 1999.
- ✓ D. C. Martins, “Eletrônica de Potência – Semicondutores de Potência Controlados, Conversores CC-CC Isolados e Conversores CC-CC a Tiristor (Comutação Forçada)”. Publicação Interna – UFSC-INEP, Florianópolis, SC, Maio/2006.
- ✓ A.J. Perin, “Teoria e Aplicação de Modulação por Largura de Pulsos (PWM) com Otimização de Harmônicas para Conversores Estáticos de Frequência”. 6ª CBA – Minicursos, pp. 01-15, Belo Horizonte-MG, Novembro/1986.
- ✓ R.P.T. Bascopé & A.J. Perin, “O transistor IGBT Aplicado em Eletrônica de Potência”. Sagra Luzzato Editores, Porto Alegre, 1997.

7.2. Bibliografia Complementar

- ✓ N. Mohan, T. Underland & W. Robbins, “Power Electronics: Converters, Applications and Design”. John Wiley & Sons, New York-USA, 2ª Edição, 1995.
- ✓ B. W. Williams, “Power Electronics – Devices, Drives, Applications and Passive Components McGraw-Hill, Inc., New York-USA, 2ª Edição, 1992.
- ✓ A. I. Pressman, “Switching Power Supply Design”. McGraw-Hill, Inc., New York-USA, 1991.
- ✓ R.G. Hoft, “Semiconductor Power Electronics”. Van Nostrand Reinhold Company. Inc., New York-USA, 1986.
- ✓ C. W. Lander, “Eletrônica Industrial Teoria e Aplicações”. McGraw-Hill, Rio de Janeiro, 1988.
- ✓ M. H. Rashid, “Power Electronics – Circuits, Devices, and Applications”. Prentice-Hall International Editions, Inc., New Jersey, 1988.
- ✓ R. W. Erickson, “Fundamentals of Power Electronics”. Editora Chapman & Hall, New York, USA, 1997.
- ✓ J. G. Kassakian, M. F. Schlecht & G. C. Verghese, “Principles of Power Electronics“. Addison-Wesley Publishing Company, Inc., Massachusetts, USA.
- ✓ S. B. Dewan, G. R. Slemon & A. Straughen, “Power Semiconductor Drives”. A Wiley-Interscience Publication, John Wiley & Sons, Inc. New York, 1984.

- ✓ J. Vithayathil, "Power Electronics – Principles and Applications". McGraw-Hill, Inc., 1995.
- ✓ R. S. Ramshaw, "Power Electronics Semiconductors Switches". Chapman & Hall, 2nd Edition, 1993.
- ✓ B. D. Bedford & R. G. Hoft, "Principles of Inverter Circuits". John Wiley & Sons, Inc., New York, 1964.

8. EMENTA DA DISCIPLINA

Introdução ao estudo dos semicondutores de potência com chaveamento controlado: Transistor Bipolar de Potência, Mosfet de Potência, IGBT e GTO. Estudo dos Conversores CC-CC: Conversor CC-CC abaixador de tensão (Buck); Conversor CC-CC elevador de tensão (Boost); Conversor CC-CC à acumulação de energia, Conversor Buck-Boost e Conversor Cúk; Reversibilidade dos Conversores CC-CC. Conversores CC-CC Isolados (Forward, Flyback, Push-Pull, Meia-Ponte e Ponte Completa). Conversores CC-CA (Inversores Autônomos): Conversores CC-CA de tensão; Conversores CC-CA de corrente; Controle de tensão dos Conversores CC-CA.