

Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul
Faculdade de Engenharia

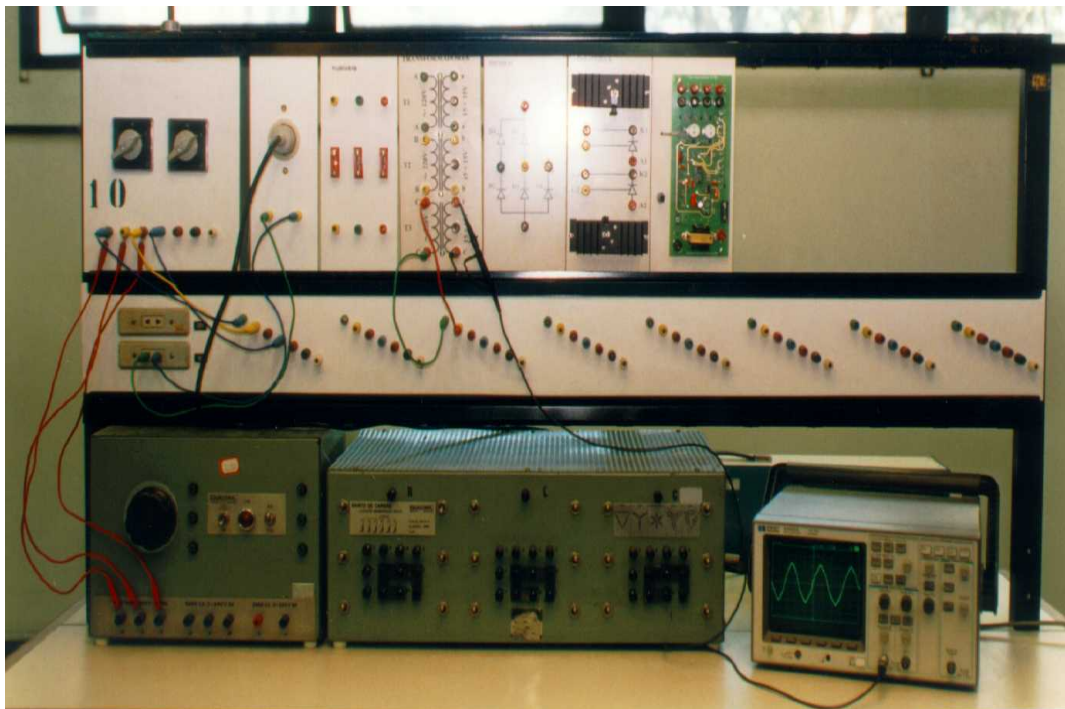


Departamento de Engenharia Elétrica

T 480

LAB. DE ELETRÔNICA DE POTÊNCIA

PROGRAMA ATUALIZADO E REVISADO EM 04/08/2008



CODICRED 44966-02

01**SÍNTESE**

DISCIPLINA: LABORATÓRIO DE ELETRÔNICA DE POTÊNCIA		CODICRED 44966-02
DOCENTE(S): Fernando Soares dos Reis		CRÉDITOS/HORAS AULA 02/30
CURSO(S) ATENDIDO(S) ENGENHARIA ELÉTRICA	HORÁRIO(S) 4NP	
TIPOLOGIA PRÁTICA	MÓDULO 2/15	
EMENTA: Experiências relativas a: Fontes chaveadas. Controle de velocidade de motores C.C. e C.A. Inversores, Controle de temperatura. Cargas C.A. Filtro de potência. Transistor de potência. Capacitores de potência. Diodos de potência.		

02**OBJETIVOS****Gerais:**

Desenvolver no estudante habilidades que o permitam trabalhar em laboratório e produzir protótipos de conversores estáticos de potência. Observar em laboratório os fenômenos estudados na disciplina de Eletrônica de Potência.

Específicos:

Capacitar o futuro Engenheiro para analisar, projetar e desenvolver aplicações na área da Eletrônica de Potência. Como por exemplo:

1. **Transporte.** Em muitos países, os trens elétricos tem sido amplamente usados. Agora existe também a possibilidade de usar veículos elétricos em grandes metrópoles para reduzir a poluição. Estes também vão requerer carregadores de baterias e drivers.
2. **Retificadores.** Para sistemas de carga de baterias em sistemas **UPS**, no sistema de telefonia comercial que é alimentado em 48 V_{CC}, na alimentação de máquinas de corrente contínua, servo atuadores, etc...
3. **Gradadores.** Utilizados no controle do fluxo de potência em cargas de corrente alternada, como: aquecedores, controle de luminosidade em lâmpadas incandescentes, controle de velocidade de máquinas de baixa potência, circuitos limitadores da corrente de partida em máquinas CA, etc...

4. **Aplicações na Eletrotécnica.** Podem-se incluir equipamentos para aquecimento elétrico, galvanoplastia e aquecimento indutivo.
5. **Aplicações em Alta Potência.** Aplicando a linhas de transmissão (HVDC). Conversores AC-DC e DC-AC (exemplo: ITAIPU).
6. **Controle de processos e automatização industrial.** Existe uma demanda crescente, no sentido de aumentar a performance oferecida pelas bombas e compressores que utilizam um drive com velocidade variável, em processos de controle. Os robôs em fábricas automatizadas são “alimentados” por servos elétricos. (Inversores e Cicloconversores)
7. **Fontes comutadas e Sistemas de Alimentação Ininterruptas (SAI).** Os avanços na microeletrônica, que propiciaram a criação dos computadores pessoais; dos equipamentos de comunicações e de consumo em geral, aumentaram muito a demanda dos sistemas SAI.
8. **Conservação de energia.** Com o aumento do custo da energia e a conscientização das populações com os temas ambientais. Uma das aplicações é a utilização de conversores de potência que operam a frequências elevadas (acima de 20 kHz). (Fontes Chaveadas)

03

CONTEXTO

Em termos gerais se pode dizer que a eletrônica de potência é a ciência que se dedica a processar e controlar o fluxo de energia elétrica fornecendo tensões e correntes nas formas exigidas pelas cargas.

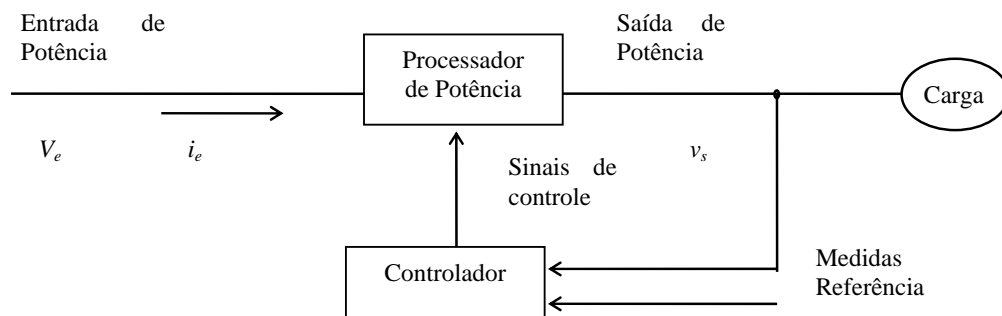


Figura 1. Diagrama de blocos de um sistema genérico de Eletrônica de Potência.

A entrada do sistema geralmente é a rede elétrica comercial com frequências de 60 ou 50 Hz, monofásico ou trifásico. O ângulo de fase entre a tensão e a corrente depende da topologia e do controle do conversor de potência. As características de saída tais como (tensão, corrente, frequência e o número de fases) geralmente são definidas pela carga. Se o conversor de potência opera como uma fonte de tensão o ângulo entre a tensão e a corrente normalmente vai depender do tipo de carga. Normalmente, uma re-alimentação é utilizada para comparar a saída real do conversor de potência e a desejada (referência), o erro resultante é minimizado pelo controlador. O fluxo de potência em tais sistemas pode ser reversível, trocando assim os papéis da entrada e saída.

Nos últimos anos, o campo da eletrônica de potência tem experimentado uma ampla difusão devido à confluência de vários fatores. O controlador da figura 1 consiste de circuitos integrados lineares e/ou processadores digitais de sinal.

Revolucionários avanços em microeletrônica permitiram o desenvolvimento destes controladores. Adicionalmente, esses avanços na tecnologia de fabricação dos semicondutores fizeram possível um importante aumento da capacidade de manipulação de tensão, corrente e velocidade por parte dos semicondutores, todos estes avanços possibilitaram o crescimento dos processadores de potência. Ao mesmo tempo, o mercado da eletrônica de potência tem se expandido de forma significativa. Nos Estados Unidos se espera para o ano 2000 um crescimento superior a 50% das cargas elétricas, alimentadas através de conversores de potência. Este crescimento no mercado deve ser observado também em outras partes do mundo onde o custo da energia seja significativamente maior que nos Estados Unidos.

Atualmente ainda existe um grande número de conversores clássicos em operação tais como retificadores, gradadores, conversores duais, cicloconversores, compensadores estáticos, razão pela qual grande parte ou a quase totalidade da disciplina se ocupará destes conteúdos básicos os quais quando bem sedimentados constituem uma sólida base sob a qual os demais conhecimentos podem ser construídos.

04

PROGRAMA

Introdução à disciplina e combinações iniciais; Orientações relativas a segurança elétrica em laboratório e apresentação dos kits de eletrônica de potência;

Estudo dos Circuitos Retificadores (controlados e não controlados): Monofásico Meia Onda a Diodo; Monofásico de Onda Completa, A Diodo, com Ponto Médio; de Onda Completa, com Ponte de Diodos; Trifásico com Ponto Médio (3 Pulsos) e Ponte Retificadora Trifásica a Diodos - Ponte de Graetz;

Estudo de CIs dedicados ao controle de conversores (TCA 785, CI 3524 e 555);

Estudo dos Circuitos Gradadores;

Estudos dos Conversores de potência básicos: Redutor; Redutor-Elevador e Elevador;

05

MÉTODO DIDÁTICO

O método didático, está centrado na preocupação com a formação integral da pessoa humana, baseada nos princípios cristãos que norteiam esta Instituição de Ensino Superior. Assim, as aulas sempre iniciaram com uma pequena reflexão. Os estudantes são encorajados a trazerem colaborações.

As relações em sala de aula serão construídas tendo em mente o seguinte princípio Marista: *A simplicidade é a virtude Marista que exerce uma função vital nas relações humanas. Embora a noção de simplicidade possa ser aplicada ao modo de vida e a outros aspectos, é,*

a priori, uma faceta para um bom relacionamento. Ela implica tranqüilidade nas relações, que flui de uma total falta de duplicidade: a mesma face, tanto dentro quanto fora da comunidade, e a mesma voz, tanto para oração quanto para as atitudes. É a perfeita conciliação da palavra com a ação. (Ir. Gregory Ryan)

Em nosso trabalho utilizaremos basicamente:

- KITS didáticos desenvolvidos especificamente para as aulas de laboratório. A execução dos experimentos se dará com os alunos distribuídos em grupos.
- Aulas expositivas utilizando quadro negro, transparências, power point.
- Como suporte as nossas aulas colocaremos a disposição uma página na internet que servirá como mural eletrônico onde vocês poderão encontrar avisos, notas, as experiências das aulas, arquivos para simulação no PSPICE, catálogos de fabricantes de dispositivos eletrônicos, acesso à seção Reflexões. Assim, todos os estudantes deverão possuir e-mail. O endereço da página é: <http://www.ee.pucrs.br/~fdosreis>.
- Utilizaremos um conjunto de dez apostilas elaboradas a partir do livro Eletrônica de Potência do professor Ivo Barbi. As quais também estão disponíveis no Xerox.

A utilização de uma calculadora científica se faz necessária durante as aulas, o uso do simulador PSPICE será de grande utilidade para elaboração dos relatórios. Trata-se de uma poderosa ferramenta de auxílio aos projetos.

06

SISTEMA DE AVALIAÇÃO

Os estudantes serão avaliados da seguinte forma:

- a) Diariamente mediante a entrega de relatórios técnicos, seguindo o padrão ABNT, referentes às experiências realizadas na aula anterior;
- b) Através do estudo e desenvolvimento de um projeto completo de um conversor de potência, incluindo relatório padrão ABNT, apresentação e defesa do trabalho.
- c) Por uma prova prática individual no final do semestre.

07

BIBLIOGRAFIA BÁSICA

Texto Básico:

Notas de aula disponíveis no site da disciplina.

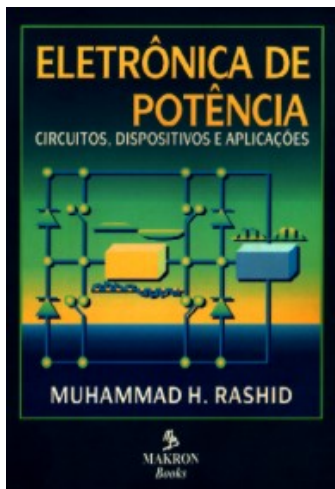
Complementar:

Dr. Muhammad H. Rashid, **ELETRÔNICA DE POTÊNCIA** Circuitos, Dispositivos e Aplicações um livro editado pela Makron Books. São Paulo - 1999.

Artigo publicado no Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia. [Ferramentas Didáticas para o Ensino da Eletrônica de Potência](#)

Dr. Ivo Barbi, **Eletrônica de Potência** - Edição do Autor. Obs. Existem diversos livros na Biblioteca central.

Mohan / Undeland / Robbins, **Power Electronics** Converters, Applications, and Design - John Wiley & Sons, Inc.



08

CRONOGRAMA DE ATIVIDADES

Aula	Dia	Assunto
1	06/08	Introdução à disciplina e combinações iniciais; Orientações relativas a segurança elétrica em laboratório e apresentação dos kits de eletrônica de potência;
2	13/08	Experiência nº 1: Retificador Monofásico Meia Onda a Diodo;
3	20/08	Experiência nº 2: Retificador Monofásico de Onda Completa, A Diodo, com Ponto Médio;
4	27/08	Experiência nº 3: Retificador Monofásico de Onda Completa, com Ponte de Diodos;
5	03/09	SEMANA DA ENGENHARIA
6	10/09	Experiência nº 4: Retificador Trifásico com Ponto Médio (3 Pulsos);
7	17/09	Experiência nº 5: Ponte Retificadora Trifásica a Diodos - Ponte de Graetz;
8	24/09	Placa de Controle e CIs dedicados TCA 785, CI 3524 e 555;
9	01/10	Experiência nº 6 – Retificador de Meia Onda a Tiristor;
10	08/10	Experiência nº 7: Ponte Retificadora Monofásica de Graetz mista semicontrolada;
11	15/10	Experiência nº 8: Ponte Retificadora Monofásica a Tiristor (Totalmente Controlada);
12	22/10	Experiência nº 9 – Retificador Trifásico de Três pulsos a Tiristor;
13	29/10	Experiência nº 10 - Retificador Trifásico controlado de Onda Completa a Tiristor;
		TRABALHO 01
14	05/11	Experiência nº 11 - GRADADORES MONOFÁSICOS;
		TRABALHO 02
15	12/11	Experiência nº 13 - GRADADORES TRIFÁSICOS
		TRABALHO 03
16	19/11	P1
17	26/11	PS
18	03/12	G2
19	09/07	

$$G1 = 0,4 \times \text{Trabalho} + 0,6 \times \text{P1 (ou PS)}$$

Prof. Fernando Soares dos Reis

O professor Fernando se graduou em **engenharia elétrica pela Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul em 1987**. Neste mesmo ano ingressou no setor industrial na área de Eletrônica de Potência. Em **1990** obteve o título de **mestre em engenharia pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)** tendo realizado estudos na área de eletrônica de potência e acionamento elétrico. No ano de 1990 assumiu o departamento técnico de uma empresa do setor tendo coordenado vários projetos. A partir de 1991 começou a trabalhar como professor assistente junto a PUCRS. Tendo concluído o **Doutoramento em Eletrônica Industrial na Universidad Politécnica de Madrid (UPM)** com a Distinção de Apto Cum Laude regressou a PUCRS em **1995** onde exerce atividade profissional junto ao Departamento de Engenharia Elétrica. **Pós-Doutorado na Curtin University of Technology em Energias Renováveis em 2004**. Participa de vários projetos acadêmicos e de interação com o setor industrial e órgãos governamentais de fomento a pesquisa como o CNPq e a FAPERGS, na União Européia participou do projeto TOPIC como colaborador da UPM no qual participava a renomada empresa, Alcatel-Espanha. Durante os anos de 1998 e 1999 foi coordenador do departamento de Engenharia elétrica atuando sempre em prol dos interesses dos estudantes, tendo idealizado e implantado a versão noturna do curso de engenharia elétrica. Hoje é coordenador do Laboratório de Eletrônica de Potência da PUCRS (LEPUC).

Disciplinas já lecionadas na Graduação:

Eletrônica Básica,
Eletrônica de Potência,
Eletrônica de Potência (ECA),
Laboratório de Eletrônica de Potência,
Eletrônica Industrial,
Amplificadores Operacionais e
Circuitos Elétricos.

Disciplinas lecionadas no Programa de Pós-Graduação em Eng. Elétrica (MESTRADO):

Eletrônica de Potência I,
Eletrônica de Potência II,
Máquinas Elétricas e
Conversores Ressonantes.
Compatibilidade Eletromagnética.

Membro de diversas associações: Sociedade Brasileira de Eletrônica de Potência, SOBRAEP. Sociedade Brasileira de Automática, SBA. The Institute of Electrical and Electronics Engineers, IEEE. Power Electronics Society, PELS. Industrial Electronics Society e Electromagnetic Compatibility Society.

Áreas de atuação: Eletrônica de Potência e Compatibilidade Eletromagnética (CEM). Especialmente interessado no estudo dos prerreguladores de fator de potência, reatores eletrônicos (electronic balast), Inversores, Sistemas UPS (Uninterrupted Power Systems), Sistemas eletrônicos para sistemas de energia renováveis como carregadores de baterias a partir de Paineis Solares Fotovoltaicos (PVs), circuitos inversores para geração tensão alternada a partir de baterias, sistemas de conexão direta em PVs e a rede de energia etc... O estudo dos temas relacionados a compatibilidade eletromagnética CEM nestes equipamentos.

Pesquisas em desenvolvimento: Sistema de Iluminação Pública Inteligente, Reator Eletrônico de Alta

Freqüência para Lâmpada de Alta Pressão de Vapor de Sódio. Sistemas de Alimentação Ininterrupta (SAIs) para cargas não lineares. Balastros eletrônicos para lâmpadas de descarga elétrica. Correção ativa do fator de potência. Método para avaliação da densidade de potência nos PFPs. Inversores para sistemas alternativos de energia. Desenvolvimento de um Conversor Softstart para partida do Motor de Indução Trifásico. Desenvolvimento de Ferramentas Didáticas para o Ensino da Eletrônica de Potência.

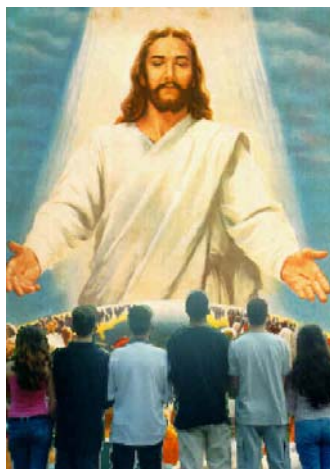
Endereço: Av. Ipiranga, 6681 - PUCRS - Prédio 30 - **Sala 315**

Telefone: **3320 36 86** Ramais **224** (Sala do Professor)

e-mail: f.dosreis@ieee.org

Home page: <http://www.ee.pucrs.br/~fdosreis>

10 *Mensagem*



Lk:8:4: E, ajuntando-se uma grande multidão, e vindo de todas as cidades ter com ele, disse por parábola:

Lk:8:5: Um semeador saiu a semear a sua semente e, quando semeava, caiu alguma junto do caminho, e foi pisada, e as aves do céu a comeram;

Lk:8:6: E outra caiu sobre pedra e, nascida, secou-se, pois que não tinha umidade;

Lk:8:7: E outra caiu entre espinhos e crescendo com ela os espinhos, a sufocaram;

Lk:8:8: E outra caiu em boa terra, e, nascida, produziu fruto, a cento por um. Dizendo ele estas coisas, clamava: Quem tem ouvidos para ouvir, ouça.

Lk:8:9: E os seus discípulos o interrogaram, dizendo: Que parábola é esta?

Lk:8:10: E ele disse: A vós vos é dado conhecer os mistérios do reino de Deus, mas aos outros por parábolas, para que vendo, não vejam, e ouvindo, não entendam.

Lk:8:11: Esta é, pois, a parábola: A semente é a palavra de Deus;

Lk:8:12: E os que estão junto do caminho, estes são os que ouvem; depois vem o diabo, e tira-lhes do coração a palavra, para que não se salvem, crendo;

Lk:8:13: E os que estão sobre pedra, estes são os que, ouvindo a palavra, a recebem com alegria, mas, como não têm raiz, apenas crêem por algum tempo, e no tempo da tentação se desviam;

Lk:8:14: E a que caiu entre espinhos, esses são os que ouviram e, indo por diante, são sufocados com os cuidados e riquezas e deleites da vida, e não dão fruto com perfeição;

Lk:8:15: E a que caiu em boa terra, esses são os que, ouvindo a palavra, a conservam num coração honesto e bom, e dão fruto com **perseverança**.

Na Universidade assim como na vida a **perseverança** é fundamental. Não se deixe levar... Seja **perseverante**.