

**CONVERSORES CC-CC ISOLADOS DE ALTA
FREQUÊNCIA COM COMUTAÇÃO SUAVE**

Ivo Barbi

Fabiana Pöttker de Souza

Endereço: INEP – Instituto de Eletrônica de Potência
UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina
Caixa Postal 5119
88040 – 970. Florianópolis – SC
Brasil
Fone: (048)-331.92.04
Fax: (048)-234.54.22
Internet: <http://www.inep.ufsc.br>
E-mail: ivo@inep.ufsc.br
fabiana@inep.ufsc.br

**IVO BARBI
FABIANA PÖTTKER DE SOUZA**

**CONVERSORES CC-CC ISOLADOS DE ALTA
FREQUÊNCIA COM COMUTAÇÃO SUAVE**

**Florianópolis
Edição dos Autores
1999**

Ilustração da Capa: Danilo Quandt (Designflo Computação Gráfica)

Diagramação: Juliano Anderson Pacheco

Catálogo na Fonte

B236c Barbi, Ivo
Conversores CC-CC isolados de alta frequência com
comutação suave / Ivo Barbi, Fabiana Pöttker de Souza.
– Florianópolis : Ed. dos autores, 1999.
376 p. : il. , grafs. , tabs.

Inclui bibliografia.

1. Eletrônica de potência. 2. Conversores estáticos.
3. Comutação Suave. I. Souza, Fabiana Pöttker de. II.
Título.

CDU:621.38

Catálogo na fonte por: Onélia Silva GuimarãesCRB-14/071

**É proibida a reprodução total ou parcial desta obra sem a prévia
autorização dos Autores.**

Os autores dedicam a presente edição deste livro aos formandos em Engenharia Elétrica 1999.1, da Universidade Federal de Santa Catarina.

Alex Sandro de Oliveira
Ana Bárbara Knolseisen
Carlos Eduardo Pagni
César Davi Ávila do Nascimento
Eduardo Schacherl de Lima
Elton Hiroshi Kakinami
Emerson Alexandre Fonseca Costa
Fabiano Bachmann
Glauco André Wolff Gisz
Gustavo Adolpho Rangel Monteiro
Hélio Alexandre Lopes Loureiro
Klystenes Beber
Leonardo Faria Costa
Maro Jimbo
Marcos Aurélio Pedros
Nelson Thomaz Michels
Phabio Junckes Setubal
Rodrigo Pires
Rodrigo Soave Pascon
Rubens Alessandro Selinke

BIOGRAFIA DOS AUTORES

Ivo Barbi nasceu em Gaspar, Santa Catarina em 1949. Formou-se em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Santa Catarina em 1973. Obteve o título de Mestre em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Santa Catarina em 1976 e o título de Doutor em Engenharia Elétrica pelo Institut National Polytechnique de Toulouse, França, em 1979. Fundou a Sociedade Brasileira de Eletrônica de Potência e o Instituto de Eletrônica de Potência da Universidade Federal de Santa Catarina. Atualmente é professor titular da Universidade Federal de Santa Catarina. Desde 1992, é Editor Associado na área de Conversores Estáticos de Potência da IEEE Transactions on Industrial Electronics.

Fabiana Pöttker de Souza nasceu em Florianópolis, Santa Catarina em 1971. Formou-se em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Santa Catarina em 1995. Obteve o título de Mestre em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Santa Catarina em 1997. Atualmente está concluindo o programa de doutorado em Engenharia Elétrica no Instituto de Eletrônica de Potência da Universidade Federal de Santa Catarina.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao *Eng. Juliano Anderson Pacheco* pela sua inestimável colaboração na preparação deste livro. A ele devemos a formatação do texto e figuras. A sua competência e a sua intensa dedicação são alvo de nossa admiração e do nosso respeito.

É incontável o número de doutorandos e mestrados do INEP que ao longo dos anos através de leituras e sucessivas revisões ajudaram os autores a melhorar a qualidade técnica do texto. A todos agradecemos imensamente.

Agradecemos também a todas as pessoas que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

PREFÁCIO

As fontes de alimentação ditas chaveadas são destinadas à alimentação de circuitos eletrônicos que realizam as mais diversas funções e são largamente empregadas na alimentação de computadores, equipamentos para telecomunicações, equipamentos médicos, aparelhos eletrodomésticos e vários outros equipamentos de uso residencial, comercial e industrial.

Apesar de ser um sistema muito mais complexo que a fonte de alimentação linear tradicional baseada no controle da queda de tensão de um transistor bipolar, a fonte chaveada se popularizou e se tornou imprescindível, fundamentalmente por operar com elevado rendimento e permitir o isolamento galvânico com transformadores de alta frequência. Os dois fatores combinados permitem o projeto de fontes com elevada densidade de potência ou baixos volume e peso.

Ao estabelecer que o mérito de uma fonte chaveada reside basicamente na sua eficiência e na sua compacticidade, contínuos esforços foram feitos por fabricantes de semicondutores de potência, de materiais magnéticos, capacitores e circuitos integrados dedicados, projetistas e pesquisadores, para reduzir as perdas e o volume para o maior número de aplicações possíveis.

A busca de volumes menores levou à necessidade de operação com frequências de chaveamento cada vez mais elevadas do conversor CC-CC isolado que é a parte mais importante da fonte, em torno do qual todo o projeto é desenvolvido.

Por outro lado, o aumento da frequência desencadeou a busca por topologias que operam com baixas perdas de comutação. Nasceram então os conversores conhecidos como *conversores com comutação suave*.

Os primeiros conversores CC-CC isolados com comutação suave foram os ressonantes, que inicialmente foram empregados para permitir o bloqueio dos Tiristores sem a utilização de circuitos auxiliares de comutação forçada. O primeiro de todos foi o Conversor Série Ressonante.

Com o advento do Transistor Bipolar, percebeu-se que, apesar de não necessitar da ressonância para o bloqueio, ela propiciava uma redução significativa das perdas de comutação, permitindo operação com frequências maiores que as que podiam ser alcançadas com as topologias convencionais.

A partir dessa constatação, várias topologias foram criadas, com o uso da ressonância, para redução das perdas de comutação e operação com frequências cada vez mais elevadas. O mais importante conversor gerado nesse período foi o Conversor Paralelo Ressonante.

Os primeiros conversores à comutação suave baseados no fenômeno da ressonância permitiam a comutação dos transistores de potência, do tipo ZCS (Zero Current Switching – comutação sob corrente nula). Logo se percebeu que havia uma comutação dual, que passou a ser denominada ZVS (Zero Voltage Switching – comutação sob tensão nula), que oferecia mais segurança aos semicondutores, reduzia as perdas de comutação, e aproveitava componentes parasitas do MOSFET, como diodos e capacitores.

Esforços foram feitos pelos pesquisadores para descobrir topologias cada vez mais adequadas para a comutação ZVS. Vários circuitos foram inventados e rapidamente empregados nos projetos de fontes chaveadas de alto desempenho.

O objetivo do livro que ora publicamos é apresentar os mais importantes conversores CC-CC isolados existentes atualmente (Agosto de 1999), descrever o seu funcionamento e apresentar análise orientada para projeto.

O texto destina-se a ser empregado principalmente nos programas de pós-graduação dos cursos de engenharia elétrica, e também servir como fonte de consulta para engenheiros

responsáveis por projetos e desenvolvimento de equipamentos em empresas e centros de pesquisa.

Muitas das idéias e dos conceitos apresentados são de autoria dos próprios autores do texto, e são resultados de intensas atividades de pesquisa realizada no INEP (Instituto de Eletrônica de Potência) da Universidade Federal de Santa Catarina.

Os autores esperam que o texto seja útil aos profissionais e estudantes que formam a comunidade de eletrônica de potência e com grado receberão comentários e críticas que possam aperfeiçoar o texto.

Florianópolis, 05 de Agosto de 1999.

Ivo Barbi e Fabiana Pöttker de Souza.