

CRICTE 2017

XXVIII Congresso Regional de Iniciação Científica e Tecnológica em Engenharia



DESENVOLVIMENTO DE CONTROLE DE CORRENTE SIMPLIFICADO PARA FONTE CHAVEADA DE TOPOLOGIA BUCK APLICADO A MICROCONTROLADORES

Alexandre Welter Preissler

Acadêmico do Curso de Engenharia Elétrica da Universidade Federal do Pampa
xandewp@gmail.com

Rodrigo do Carmo Oliveira

Acadêmico do Curso de Engenharia Elétrica da Universidade Federal do Pampa
rodrigo_ol@live.com

Dr. Jumar L. Russi

Professor/Pesquisador do curso de Engenharia Elétrica da Universidade Federal do Pampa
jumarrussi@unipampa.edu.br

Me. Guilherme S. Silva

Professor/Pesquisador do curso de Engenharia Elétrica da Universidade Federal do Pampa
guilhermesilva@unipampa.edu.br

Resumo. *Este artigo faz uma breve revisão sobre a teoria de fontes chaveadas, apresenta de forma resumida o conversor Buck operando como uma fonte chaveada redutora e demonstra o desenvolvimento de uma estratégia simplificada para o controle de corrente do mesmo. A estratégia é validada experimentalmente com o uso de um microcontrolador, apresentando ao final os resultados adquiridos.*

Palavras-chave: *Controle de Corrente, Fonte Rebaixadora, Conversor Buck.*

1. INTRODUÇÃO

Desde o início da civilização, o homem utiliza as forças da natureza, convertendo-as de maneira a facilitar a realização de trabalhos, e, neste contexto, a conversão de tais forças para a energia elétrica se tornou a mais adequada, visto que, em comparação com as outras formas de energia (energia mecânica, térmica, entre outras) a eletricidade é muito mais fácil de se transportar e de transformá-la em calor, luz e movimento. (Pomilio J. A. [1], adaptado.)

Para a utilização da energia elétrica de forma eficiente, é necessário realizar um

controle preciso da mesma, devido à gigantesca gama de equipamentos que utilizam potências elétricas em diversos níveis diferentes.

É neste contexto que a eletrônica de potência mostra sua importância, pois é a ciência que permite implantar estratégias de controles eficazes na produção, transporte e no uso final da energia elétrica, utilizando métodos que permitissem rendimentos elevados. (Pomilio J. A. [1], adaptado.)

2. OBJETIVOS

O objetivo deste trabalho é o desenvolvimento de uma estratégia para o controle de corrente de uma fonte chaveada de topologia Buck, a qual é controlada por um microcontrolador Arduino.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Fontes Chaveadas

As fontes chaveadas, comutadas ou do inglês SMPS (*Switched Mode Power Supply*) são fontes que controlam a tensão numa carga abrindo e fechando um circuito comutador de modo a regular a tensão desejada em função

do tempo de abertura e fechamento deste circuito. (Braga, Newton C. [3].)

Estas fontes consistem na solução ideal para os casos em que se necessita de alto rendimento e tamanho reduzido, substituindo as tradicionais fontes lineares. (Braga, Newton C. [2].)

Uma fonte linear típica tem um rendimento inferior a 50%. Por outro lado, as fontes chaveadas chegam a alcançar 98% de eficiência. (Braga, Newton C. [3].)

A ideia básica que envolve a operação de uma fonte chaveada, como seu próprio nome indica, é comutar uma tensão, ou seja, ligar e desligar um circuito de modo que, na média do valor comutado se possa obter o valor de tensão desejado.

A Figura 1 demonstra este princípio de funcionamento. A linha em preto mostra a tensão de entrada sendo recortada, e em vermelho a tensão de saída, com valor diferente da tensão de entrada.

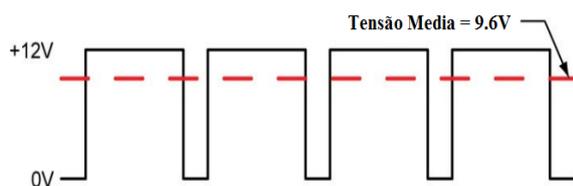


Figura 1. Alteração do valor da tensão causada pelo chaveamento.

3.2 Topologia Buck

Os conversores CC-CC são circuitos formados por chaves semicondutoras, que atuam como interruptores, e elementos passivos, como indutores e capacitores, que controlam o fluxo de potência da entrada para saída da fonte (Petry, Clovis A. [4].).

O conversor Buck, apresentado na Figura 2, é um conversor abaixador de tensão, caracterizado por ter a tensão de saída menor que a tensão de entrada.

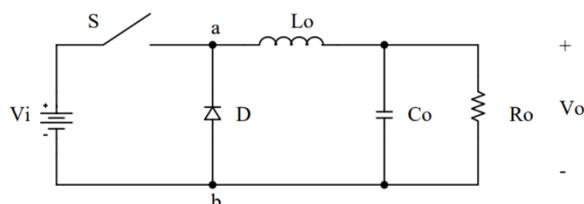


Figura 2. Topologia Buck.

Este conversor funciona em duas etapas diferentes (Petry, Clovis A. [4].):

1ª Etapa (0, DTs): *S* está conduzindo. A corrente circula por *Lo* e pela saída. Nesta etapa, *Vi* fornece energia para a saída e para a magnetização do indutor *Lo*.

2ª Etapa (DTs, (1-D)Ts): *S* está bloqueado. No instante de abertura de *S* o diodo *D* entra em condução. A energia do indutor é transferida para a carga, isto é, o indutor é desmagnetizado.

A tensão de saída *Vo* apresenta a seguinte relação com a entrada:

$$V_o = D \times V_i \quad (1)$$

Sendo a variável *D* definida como ganho estático do conversor, a mesma representa a parcela de tempo de cada ciclo no qual a chave fica conduzindo.

$$D = \frac{T_{on}}{T_s} \quad (2)$$

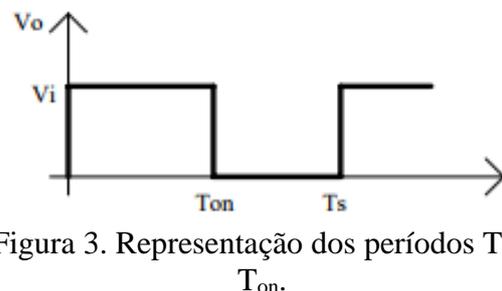


Figura 3. Representação dos períodos T_s e T_{on} .

4. PROCEDIMENTOS E RESULTADOS

4.1 Definição do Problema

Para a realização deste trabalho, foram considerados os seguintes itens:

- Perdas resistivas nos componentes do circuito.
- A Tensão *Vi* de entrada pode variar conforme se varia a razão cíclica *D*.
- A resistência elétrica da carga que será alimentada pelo conversor pode variar com o tempo.

- O microcontrolador utilizado possui um conversor D/A de 8 bits.

É importante salientar que conforme o desenvolvimento da equação de controle, será demonstrada a necessidade do uso de sensores de tensão e de corrente no circuito do conversor.

4.2 Procedimentos

Como o microcontrolador possui 8 bits no conversor D/A, pode-se variar a razão cíclica em valores de 0 a 255. Logo, define-se uma nova variável, denominada D_C , dada por:

$$D_C = D \times 255 \quad (3)$$

Como o objetivo é controlar a corrente de saída, obtém-se a tensão de saída em função da corrente de saída desejada:

$$V_o = I_{esc} \times R \quad (4)$$

Onde I_{esc} é a corrente desejada na saída e R o valor da resistência elétrica inicial da carga a ser alimentada.

Logo, incluindo as equações (3) e (4) na equação (1), tem-se:

$$D_C = \frac{I_{esc} \times R \times 255}{V_i} \quad (5)$$

A equação (5) já apresenta a razão cíclica para o controle de corrente da fonte chaveada, porém, ainda não considera a variação da resistência elétrica da carga com o tempo e nem mesmo as perdas elétricas do circuito. Assim, a variação da resistência da carga é obtida da seguinte forma:

$$R = \frac{V_o}{I_{med}} \quad (6)$$

Onde I_{med} é o valor da corrente que flui para a carga, medida pelo sensor de corrente.

As perdas elétricas e demais não-linearidades do circuito, serão compensadas multiplicando-se a proporção da diferença do

valor de corrente desejado na saída e o valor atual de corrente medido pelo sensor, ou seja, utilizando o erro relativo entre o valor lido e o desejado.

Logo, o fator de correção das perdas elétricas é dado por:

$$\text{Fator de Correção} = 1 - \frac{|I_{med} - I_{esc}|}{I_{esc}} \quad (7)$$

A partir das equações (5), (6) e (7), tem-se:

$$D_C = I_{esc} \times \left(\frac{V_{med}}{I_{med}}\right) \times \left(\frac{1}{V_{in}}\right) \times \left(1 - \frac{|I_{med} - I_{esc}|}{I_{esc}}\right) \times 255 \quad (8)$$

A equação 8 apresenta o controle de corrente finalizado, tendo como entrada o valor da corrente desejado para a fonte chaveada fornecer a carga, e como resposta, tem-se o valor de razão cíclica que o microcontrolador irá aplicar na chave semicondutora do circuito.

Um ponto importante é que se faz necessária a inclusão de uma linha de programação que limite o valor da variável D_C em um valor mínimo, pois, caso ela fique em 0, os demais valores de tensão e corrente também serão 0, o que impede o funcionamento adequado do controle de corrente.

4.3 Resultados

O sistema de controle de corrente proposto foi implementado no microcontrolador de uma placa Arduino Uno R3 com o uso de 2 sensores de tensão obtidos com resistores, e um sensor de corrente modelo ACS712.

O software LabView foi utilizado como ferramenta para o desenvolvimento de uma interface homem-máquina, que possibilitasse o monitoramento do funcionamento do conversor em tempo real.

Um ajuste deslizante foi colocado para escolher o valor da corrente que se deseja na saída, ao lado de um gráfico que mostra o valor da corrente lida pelo sensor, conforme Figuras 4 e 5.

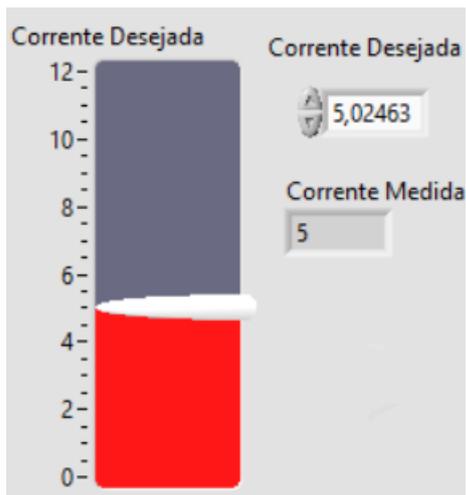


Figura 4. Controle deslizante da corrente desejada na saída, e indicadores da corrente desejada e a corrente de saída do conversor (corrente medida).

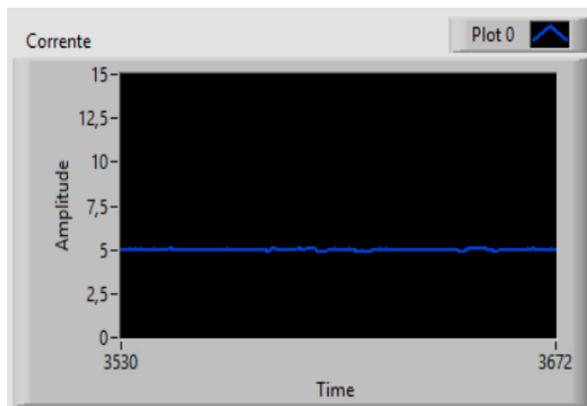


Figura 5. Gráfico com os valores da corrente de saída durante o tempo de operação.

5. CONCLUSÃO

Com base nos resultados apresentados neste trabalho, verificou-se que o controle proposto apresentou resultados adequados e que o sistema de controle permanece com boa estabilidade e pouca variação durante o tempo de operação.

Como a relação entre a corrente e a razão cíclica é linear, a aplicação deste controle se mostrou uma boa opção para aplicações que se assemelham com os requisitos apresentados na definição do problema, pois dispensa a implementação de sistemas de controle mais complexos.

REFERÊNCIAS

- [1] J. A. Pomilio, “Eletrônica de Potência – Introdução à Disciplina”. Disponível em: <www.dsce.fee.unicamp.br/~antenor/pdffiles/hist.pdf>. Acesso em 3 de Agosto de 2017.
- [2] Newton C. Braga, “Como funcionam as Fontes Chaveadas (ART1448)”. Disponível em: <http://www.newtonbraga.com.br/index.php/como-funciona/8397-como-funcionam-as-fontes-chaveadas-art1448> >. Acesso em 3 de agosto de 2017.
- [3] Newton C. Braga, “Fontes Chaveadas – Revisando Conceitos Básicos (ART711)”. Disponível em: <http://www.newtonbraga.com.br/index.php/como-funciona/8397-como-funcionam-as-fontes-chaveadas-art1448> >. Acesso em 3 de agosto de 2017.
- [4] C. A. Petry e I. Barbi, “Introdução aos Conversores CC-CC”. UFSC, Agosto/2011.