

DESENVOLVIMENTO DE UM CONVERSOR CA-CA PWM COM CHAVEAMENTO COMPLEMENTAR E SAÍDA SENOIDAL COM BAIXO DHT.

Ana C. M. Costa, Luiz C. de Freitas, Luiz C. G. Freitas

Universidade Federal de Uberlândia

Faculdade de Engenharia Elétrica

Núcleo de Pesquisas em Eletrônica de Potência

Uberlândia – Minas Gerais

E-mails: mcosta.anacarol@gmail.com, lcgfreitas@yahoo.com.br, freitas@ufu.br

Resumo – O presente trabalho apresenta a proposta de um estabilizador de tensão obtido através de um conversor CA-CA PWM com chaveamento complementar e saída senoidal de baixo DHT – Distorção Harmônica Total. Desse modo utilizou-se a técnica de controle de chaveamento complementar PWM – Modulação da largura de Pulso, em uma configuração de quatro chaves bidirecionais que garantem o funcionamento do circuito para cada instante de variação de semiciclos de tensão e corrente, garantindo assim a qualidade da tensão entregue a carga. A partir da observação dos danos causados a motores e aparelhos elétricos em geral devido à ação não controlada da tensão em cargas sensíveis, vislumbrou-se a mitigação destes efeitos negativos mediante o desenvolvimento tecnológico baseado em um novo conversor. Os resultados evidenciaram um equipamento de grande atrativo comercial devido ao seu tamanho reduzido, baixo custo e eficiência, que garantem a vida útil dos aparelhos conectados ao conversor.

Palavras-Chave – Conversor CA-CA, Chaveamento Complementar, DHT, PWM.

DEVELOPMENT OF A CONVERTER AC-AC PWM SWITCHING WITH COMPLEMENTARY AND SINUSOIDAL OUTPUT WITH LOW THD.

Abstract - This paper presents a proposal for a voltage stabilizer through an AC -AC PWM converter with complementary switching with sinusoidal output and low THD - Total Harmonic Distortion. Thus was used complementary PWM - Pulse Width Modulation, the switching control techniques in a four devices configuration, to ensure the operation of the circuit for each instant of voltage and current half cycles ensuring the quality delivered to the load. From the observation of damage to motors and electrical appliances in general due to the action of uncontrolled voltage in sensitive loads, envisioned to mitigate these negative effects from the technological development based on a new converter. The results showed a large commercial equipment attractive due to its small size, low cost and efficiency, which lifespan of the devices connected to it.

Keywords – AC- AC Converter, Complementary Switching, THD, PWM.

I. INTRODUÇÃO

Estabilizadores de tensão, também intitulados condicionadores de tensão ou ainda reguladores de tensão, são adotados em equipamentos para manutenção da tensão eficaz entregue pela rede. Para tanto tem-se em vista a correção da tensão, que opera de modo inadequado, como tema relevante na Eletrônica de Potência que almeja garantir a qualidade da energia elétrica [1].

Ante a propagação de cargas de aspecto não-linear, encontra-se dificuldade na obtenção na qualidade da tensão fornecida pelas concessionárias. Essas cargas demandam corrente com distorções harmônicas em detrimento da fundamental. À vista disso, o estabilizador de tensão utilizado para alimentar tais cargas, leva em conta inúmeros cuidados aditivos, como no aspecto da malha de controle e concepção de filtros na tensão de saída [2].

Conversores CA-CA são equipamentos de perenes estudos em tecnologias inovadoras de diagnóstico, avaliação e desenvolvimento utilizados em larga escala pela indústria. Tendo em conta a eficácia, segurança e seu baixo custo em relação a aparelhos mais robustos. A tomar por exemplo os transformadores, onde o conversor mantém as características de tensão, que é pré-estabelecida em equipamentos sensíveis as perturbações nas formas de onda de tensão definidas pelo fabricante. Tal sensibilidade pode ocasionar mau funcionamento e perda da vida útil dos equipamentos.

Adotando como base tais efeitos nocivos, propôs-se uma nova topologia do conversor, em que o mesmo seja capaz de mitigar tais transtornos, bem como atender as necessidades de custo-benefício do mercado.

Portanto desenvolveu-se um novo conversor totalmente controlado, com base nos projetos anteriores [3] [4] contendo quatro chaves, as quais são ativadas de maneira complementar através de um pulso PWM.

A partir do processo de chaveamento notou-se alta distorção harmônica. Com o intuito de sanar o transtorno foi empregado um filtro LC capaz de controlar essa disfunção do sistema, mantendo a saída com baixa distorção.

II. CONVERSOR CA-CA PWM COM COMUTAÇÃO COMPLEMENTAR PROPOSTO

Será exposta a topologia do Conversor CA-CA de comutação complementar PWM [5] com baixo valor DHT e saída senoidal.

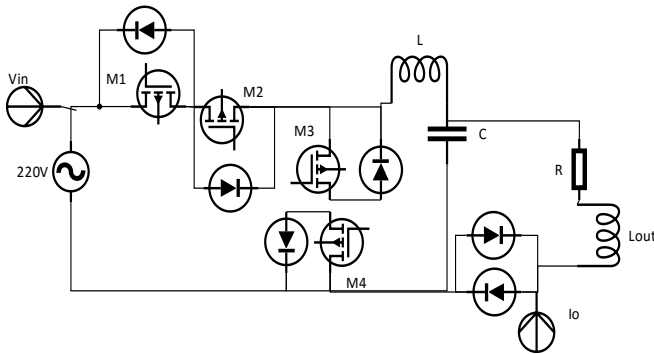


Fig. 1. Conversor CA-CA PWM Comutação Complementar.

O conversor CA-CA proposto, retratado na Figura 1, é composto por quatro chaves M_1 , M_2 , M_3 e M_4 . Um filtro LC (indutivo capacitivo) e uma carga RL (resistiva capacitiva), operando no modo descontínuo de condução.

As quatro chaves M_1 , M_2 , M_3 e M_4 são acionadas a partir do controle de chaveamento complementar, no qual atuam duas chaves em cada semiciclo de tensão. Por conseguinte, um par de chaves é acionado quando a tensão está em seu sentido positivo e a outra enquanto a tensão está no sentido inverso ao da primeira. Quando o par de chaves é acionado, cada chave atua de modo separado. Enquanto uma chave do par está chaveando, a outra está em nível lógico alto e vice-versa. Para que essa troca de chaveamento para nível lógico alto aconteça, a condição é a polarização da corrente, quer dizer, enquanto uma das chaves está em nível lógico alto no semiciclo positivo a outra chaveia.

A operação do filtro acontece de maneira que o indutor e capacitor de filtro detêm valores pequenos, constituindo um circuito ressonante responsável por reduzir a distorção harmônica da tensão de entrada.

III. PRICÍPIO DE OPERAÇÃO

Conforme mostrado na Figura 1, o conversor possui quatro chaves, logo, quatro etapas de operação.

A. Princípios de Operação e Etapas de Funcionamento

Para determinar o princípio de operação deste conversor, as seguintes ponderações devem ser feitas:

- As chaves M_1 , M_2 , M_3 e M_4 operam com uma frequência de chaveamento fixa e com razão cíclica igual a 0,5;
- A fonte de tensão V_{in} é considerada uma simples fonte de tensão CA sem ripple de tensão;

Desta maneira, o funcionamento do conversor CA-CA PWM pode ser descrito, levando-se em conta quatro etapas de funcionamento.

1) Primeira etapa - ciclos positivo da tensão e corrente.

Esta etapa tem início no instante em que a corrente e tensão de alimentação passam por zero e iniciam seu semiciclo positivo. Durante esse semiciclo, as chaves M_1 e M_4 se fecham e todas as demais são mantidas abertas. Neste instante a chave M_1 está chaveando enquanto M_4 está em nível lógico alto.

2) Segunda etapa - semiciclos negativo de tensão e positivo de corrente.

Durante esta etapa que se inicia no instante em que a tensão de alimentação tem derivada negativa e a corrente de entrada está em seu semiciclo positivo. No decorrer dessa etapa, as chaves M_1 e M_4 se fecham e todas as chaves restantes ficam abertas. Neste instante a chave M_4 está chaveando enquanto M_1 está em nível lógico alto.

3) Terceira etapa - semiciclos negativo de tensão e corrente.

Este estágio tem início no instante em a tensão e a corrente de entrada têm derivada negativa. Ao longo desse semiciclo, as chaves M_2 e M_3 permanecem fechadas e todas as demais chaves são mantidas abertas. Neste momento a chave M_2 está chaveando enquanto M_3 está em nível lógico alto.

4) Quarta etapa - semiciclos positivo de tensão e negativo de corrente.

No decorrer deste estágio que começa no instante em que a tensão de alimentação tem derivada positiva e a corrente de entrada tem derivada negativa. Durante esse semiciclo, as chaves M_2 e M_3 permanecem fechadas e todas as chaves restantes conservam-se abertas. Neste instante a chave M_3 está chaveando enquanto M_2 está em nível lógico alto.

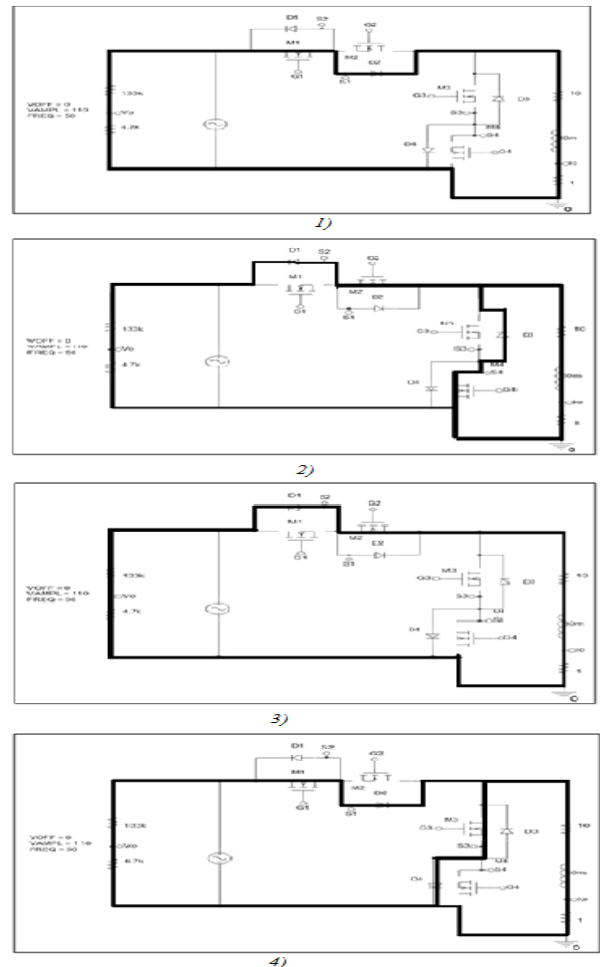


Fig. 2. Caminho das correntes das chaves.

D. Pulso M2.

O pulso M2 é conseguido por meio do PWM, quando Q4 e Q5 estão reversamente polarizados, quer dizer, quando V_i e I_o forem negativos, o PWM será habilitado, fazendo com que M2 adquira seu pulso.

No momento em que a tensão for positiva e a corrente negativa, M2 encaminha para a chave um pulso de nível lógico alto.

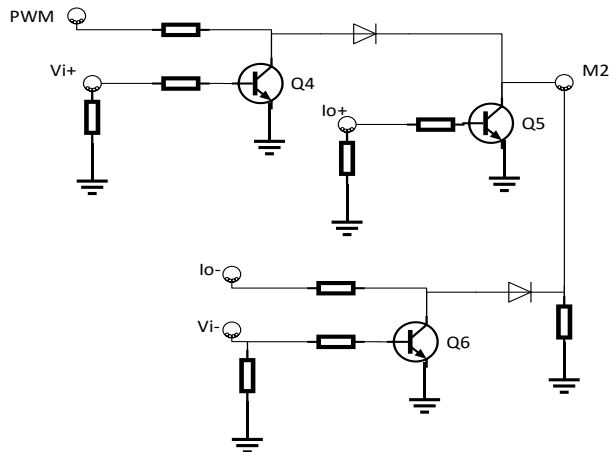


Fig. 6. Controle de M2.

E. Pulso M3.

O pulso M3 é conseguido por meio do PWM, quando Q7 e Q8 estão reversamente polarizados, isto é, quando V_i for positivo e I_o for negativo, o PWM será habilitado, fazendo com que M3 adquira seu pulso.

No instante em que a tensão e a corrente forem negativas, M3 encaminha para a chave um pulso de nível lógico alto.

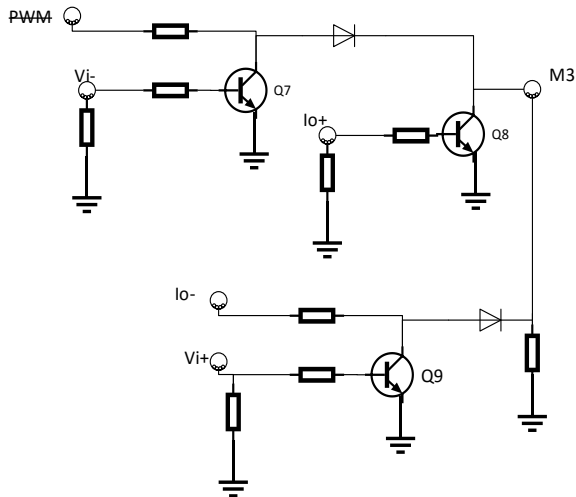


Fig. 7. Controle M3.

F. Pulso M4.

O pulso M4 é obtido mediante o PWM, quando Q10 e Q11 estão reversamente polarizados, quer dizer, quando V_i for negativo e I_o for positivo, o PWM será habilitado, fazendo com que M4 adquira seu pulso.

No momento em que a tensão e corrente forem positivas, M4 dirige para a chave um pulso de nível lógico alto.

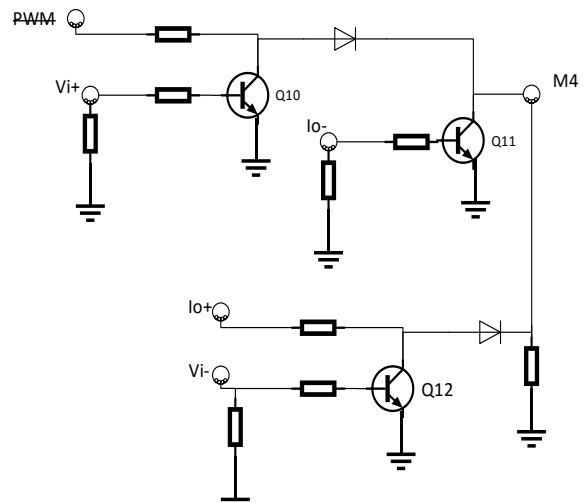


Fig. 8. Controle M4.

A partir do controle apresentado, todos os semiciclos de tensão e corrente foram geridos nas quatro chaves do conversor.

V. RESULTADOS DE SIMULAÇÃO

Com as especificações de projeto, implementou-se no PSpice® o conversor CA-CA proposto. Os principais resultado de simulação obtidos estão apresentados nas Figs. 9 e 10.

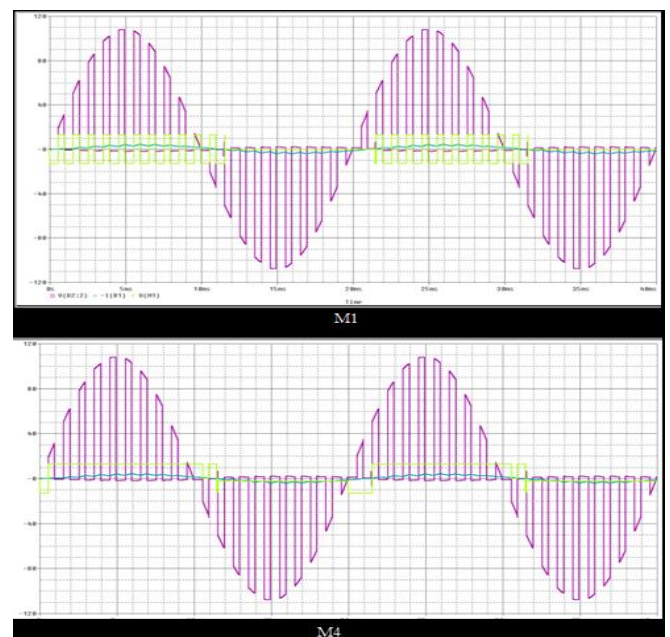


Fig. 9. Pulsos de M1, M4 e tensão de saída (V_o)

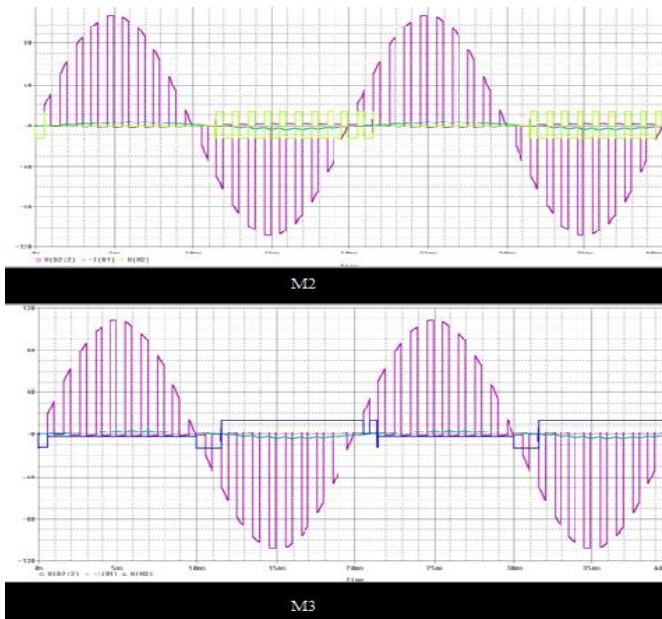


Fig. 10. Pulsos de M2, M3 e tensão de saída (V_o)

Nas figuras 9 e 10 nota-se o chaveamento de cada par de chaves, como proposto. Enquanto M1 chaveia, M4 está em nível lógico alto, e vice-versa, no tempo em que o outro par de chaves está desabilitado. No próximo momento, enquanto M2 chaveia, M3 fica em nível lógico alto, e vice-versa, no instante em que M1 e M4 estão desabilitadas. Na forma de onda de saída, nota-se uma senóide com baixo DHT devido ao filtro LC.

VI. CONCLUSÕES

Este artigo apresenta o desenvolvimento e análise para o controle analógico aplicado a uma nova estrutura topológica de um conversor CA-CA totalmente controlado, com reduzida distorção harmônica de tensão, que se mostrou eficaz em sua concepção. Adequado para aplicações em

sistemas sensíveis a mudança das características da forma de onda de entrada.

O controle proposto utiliza a técnica de controle PWM com chaveamento complementar, o qual impõe a carga uma tensão pré-estabelecida de baixa distorção harmônica, com resultado satisfatório e confiável.

Como trabalhos futuros os autores pretendem incluir técnicas de controle em malha fechada para possíveis quedas de tensão na entrada do conversor, bem como a montagem de um protótipo que certifique a eficiência do conversor simulado.

REFERÊNCIAS

- [1] PETRY, Clóvis Antônio et al. Estabilizadores de tensão alternada para alimentação de cargas não-lineares: Estudo de variações topológicas e métodos de controle. 2005.
- [2] PETRY, Clóvis Antônio et al. Estabilizador de tensão alternada para cargas não-lineares. 2001.
- [3] SOEIRO, Thiago B.; PETRY, Clóvis A.; PERIN, Arnaldo J. Estabilizadores de tensão alternada do tipo compensadores de tensão. *Eletrônica de Potência*, v. 14, n. 2, p. 97-105, 2009.
- [4] GEORGAKAS, K.; SAFACAS, A. Modified sinusoidal pulse-width modulation operation technique of an AC-AC single-phase converter to optimise the power factor. *IET power electronics*, v. 3, n. 3, p. 454-464, 2010.
- [5] NOGUCHI, Toshihiko et al. Direct power control of PWM converter without power-source voltage sensors. *IEEE Transactions on Industry Applications*, v. 34, n. 3, p. 473-479, 1998.