

USO DA FERRAMENTA PSIM PARA SIMULAÇÃO DE FILTROS ATIVOS DE POTÊNCIA

Adi Rocha¹, Cursino Brandão Jacobina², Euzeli C. Dos Santos Jr³

RESUMO

Neste trabalho é estudado o uso do programa Psim para simular filtros ativos de potência, especialmente para sistemas de conversão monofásica-trifásica. A implementação é realizada em malha fechada, com utilização de controladores do tipo: PI. Os componentes da biblioteca do Psim são modelados com comportamento ideal, porém o software oferece velocidade e simplicidade para as simulações. Resultados de simulação são apresentados.

Palavras-chave: Psim, Filtros ativos.

ABSTRACT

THE USE OF PSIM SOFTWARE FOR SIMULATION OF ACTIVE POWER FILTER

In this work has been studied the use Psim software in active power filters, especially for single-phase to three-phase conversion. The implementation has been done in closed-loop, with controllers: PI and modified PI. The Psim library devices are modeled with ideal behavior, but the software offers speed and simplicity for the simulations. Simulated results are presented.

Keywords: Psim, power filters.

INTRODUÇÃO

O Psim (Power sim) é um software de simulação do comportamento de circuitos elétricos, sua aplicação abrange áreas de acionamento, conversão de potência e sistemas de controle; robusto e flexível alia facilidade de simulação, velocidade e análise detalhada de resultados; e mais, o Psim permite inserir trechos de código escritos em C, de modo a tornar a simulação mais completa e permitir a simulação de componentes que não estão em sua biblioteca.

Os filtros ativos de potência são utilizados para garantir melhorias na qualidade da energia elétrica; com o desenvolvimento da eletrônica de potência tem se tornado comum o uso de equipamentos que deterioram a qualidade da energia. O uso cada vez maior de conversores estáticos de potência- retificadores e inversores- no fornecimento de tensão às mais diversas aplicações: sistemas de acionamento estáticos de máquinas elétricas, fontes de tensão reguladas (estabilizadores), compensadores ativos de potência; têm introduzido quantidade apreciável de harmônicos na rede de alimentação.

Um filtro ativo é um equipamento que monitora as condições de tensão e corrente em um sistema e por meio de um sistema de controle procura reduzir as componentes harmônicas, assim como pode operar um controle na circulação de potência reativa permitindo o controle do fator de potência e regulação de tensão na carga.

O filtro ativo pode ser considerado como uma fonte controlada e pode ser implementado por um conversor tipo fonte de tensão (barramento capacitivo) ou um conversor tipo fonte de corrente (barramento indutivo). Os conversores são do tipo estático, portanto é necessária a inclusão de elementos passivos para a filtragem de harmônicos originários do chaveamento. Há variadas aplicações para um filtro ativo, há

¹ Aluno do Curso de Engenharia Elétrica, Departamento de Eng. Elétrica, UFCG, Campina Grande, PB, E-mail: adi.rocha@ee.ufcg.com

² Engenheiro Eletricista, Prof. Doutor, Departamento de Eng. Elétrica, UFCG, Campina Grande, PB, Email: jacobina@dee.ufcg.edu.br

³ Engenheiro Eletricista, Doutor, Departamento de Eng. Elétrica, UFCG, Campina Grande, PB, Email: euzeli@dee.ufcg.edu.br

diferentes topologias e várias classificações. Há filtros monofásicos e trifásicos; filtros ligados em série ou em paralelo.

Um filtro ativo paralelo está relacionado ao fornecimento de corrente, um filtro desta natureza reduz ou elimina os componentes harmônicos de corrente e compensa a potência reativa, assim a corrente e a tensão da fonte de alimentação estão em fase, mantendo o fator de potência próximo do valor unitário.

Um filtro ativo série é uma fonte de tensão controlada e controla os níveis de tensão da carga. Dependendo do sistema de controle pode filtrar componentes harmônicos de tensão, e ainda reduzir ou eliminar sobressaltos de tensão.

Filtros híbridos: Junção de filtros ativos e filtros passivos têm perdas menores que o filtro ativo e permitem uma redução dos efeitos indesejáveis do filtro passivo como, por exemplo, a ressonância.

Filtro Universal: Integração das estruturas série e paralelo, permite o monitoramento de tensão e corrente. O preço, porém é um sistema de controle mais complexo, maior número de sensores e maiores perdas de chaveamento devido ao maior número de chaves (RAFAEL, 2007).

Neste trabalho é estudada a utilização de uma topologia de filtro ativo universal, como observado na figura 1, proposto em (SANTOS et al., 2008). A estrutura consiste de um conversor série monofásico ligado ao circuito principal por meio de um transformador e de um conversor paralelo trifásico. O filtro é alimentado por um barramento capacitivo, a tensão do barramento é controlada pelo filtro paralelo.

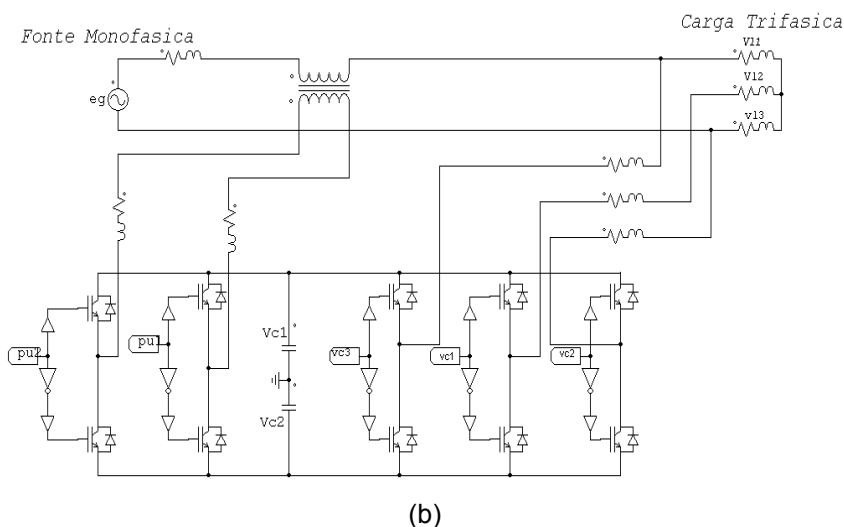
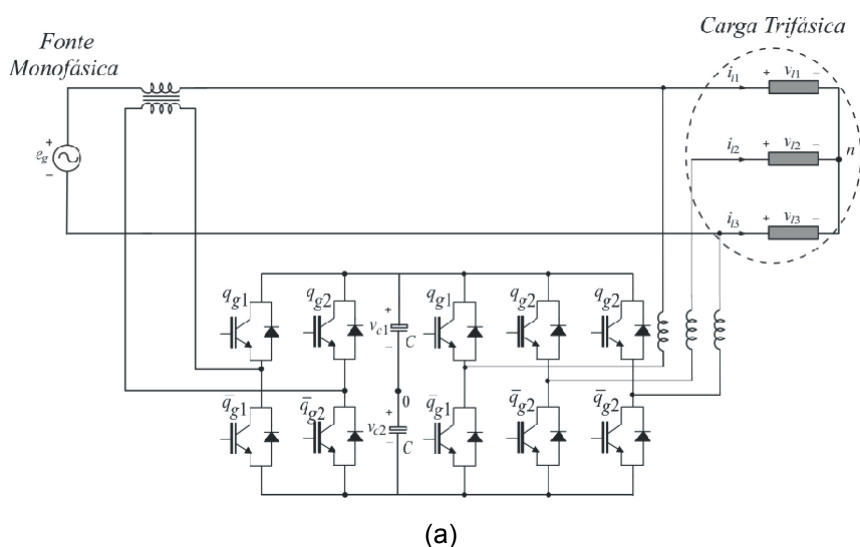


Figura 1. Filtro ativo universal com barramento capacitivo para alimentação de cargas trifásicas a partir de fonte monofásica. (a) topologia; (b) simulação efetuada no Psim.

O objetivo deste trabalho foi demonstrar através do PSim, que um filtro ativo universal, monofásico-trifásico, pode ser utilizado para controle do fator de potência, assim como fornecer à carga uma tensão trifásica com amplitude diferente daquela fornecida pela fonte.

MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Eletrônica Industrial e Acionamentos de Máquinas do Departamento de Engenharia Elétrica no Centro de Engenharia Elétrica e Informática da Universidade Federal de Campina Grande-PB.

Material

Computador PC e ferramenta de simulação Psim

Método

Nesta seção será apresentado a técnica PWM e os diagramas de blocos de controle usados para controlar a topologia estudada [ver figura 1(a)].

Geração PWM:

Os conversores do filtro ativo são do tipo fonte de tensão, alimentados por barramento capacitivo; Os sinais de comando das chaves estáticas são gerados por meio da técnica PWM que consiste em gerar pulsos de largura variável para ativar as chaves estáticas. O circuito de *gate* define o intervalo de condução de cada chave determinando a tensão de saída do filtro como uma função do chaveamento.

Para o sistema proposto os pulsos são obtidos via comparação entre um sinal senoidal e um sinal triangular; O sinal senoidal é obtido da saída dos controladores; a figura 2 exibe um diagrama geral de controle (tensão e corrente) a partir do qual é obtido o sinal senoidal, este circuito é responsável pela geração dos pulsos.

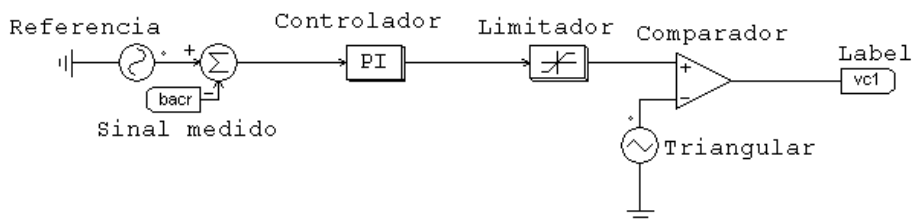


Figura 2. Geração do sinal Pwm

Um pulso é gerado sempre que o sinal presente na entrada positiva do comparador é maior que o sinal presente na entrada negativa.

Diagrama de Controle

A biblioteca do Psim oferece componentes para simulação de sistemas de controle, os controladores são fornecidos em forma de blocos, as variáveis no Psim são controladas alterando-se somente os ganhos dos controladores.

O controle da tensão no barramento capacitivo e da corrente na rede de alimentação é feito em conjunto, como pode ser observado na figura3.

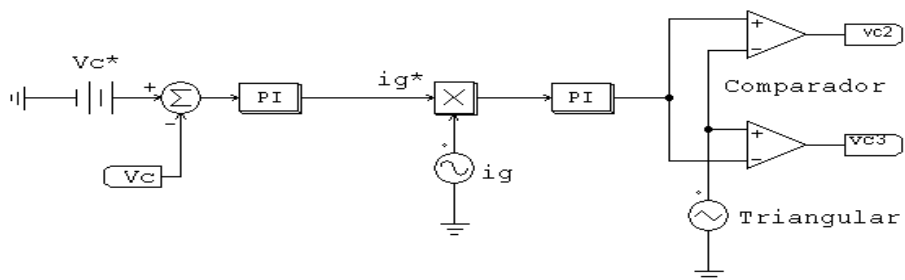


Figura 3. Diagrama geral de controle.

A tensão V_c^* é a referência para o barramento, comparada com V_c ; o sinal de erro proveniente da comparação alimenta um controlador do tipo PI (ação proporcional e integral); resultando na corrente de referência i_g^* ; multiplicada por i_g . Um controlador do tipo PI é responsável pelo controle da corrente, a saída

é conectada aos comparadores, que efetuam a comparação com um sinal triangular, gerando os pulsos das chaves do conversor.

O controlador PI tem sua função de transferência descrita pela Equação 1:

$$G_{pi} = \frac{k_p \left(s + \frac{k_i}{k_p} \right)}{s} \quad (1)$$

Onde k_p é um ganho proporcional, k_i um ganho integral, s é uma variável no domínio da frequência.

A variável k_p é um ganho que amplifica o sinal de erro na entrada do controlador. O erro é obtido pela comparação da variável de saída (tensão ou corrente) com uma referência; a constante k_i proporciona uma ação integral sobre o erro e garante uma saída não nula para o controlador, mesmo quando o sinal de erro é nulo. O sinal de saída do controlador é uma tensão de referência que ativar o circuito gerador de pulsos do PWM.

O controlador PI garante um erro nulo em regime para grandezas constantes (contínuas), o ganho integral k_i/s tende para infinito, para sistemas estáveis o controlador garante erro zero em regime permanente (CURSINO, ver ano).

O controle da tensão na carga também é efetuado com o PI, para essa estrutura de filtro tem se alimentação monofásica e carga trifásica; Um dos braços da carga é ligado diretamente ao filtro, para esse braço faz-se o controle da tensão de fase neutro no valor v_f desejado, defasada 90 graus em relação à tensão dos demais braços da carga. Os dois braços terão sua tensão controlada em um valor dado pela Equação 2. A aplicação dessas condições pelo sistema de controle resulta em uma tensão equilibrada na carga com valor v_f .

$$V_f = \sqrt{3} * v_f \quad (2)$$

Onde V_f é a tensão de linha do sistema, v_f é a tensão de fase do sistema.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

São apresentados os resultados de simulação para diferentes variáveis do circuito. Na simulação a frequência de chaveamento aplicada foi de 5,2KHz, e as variáveis foram analisadas em regime permanente. A tensão de barramento é de 400volts e a frequência da tensão de referência é de 60 Hz. Na Figura 4 encontra-se o resultado da corrente na rede de alimentação em comparação com a corrente de referência. Observando-se a figura constata que o controlador manteve a corrente na rede de alimentação com a mesma fase e a mesma amplitude da corrente de referência.

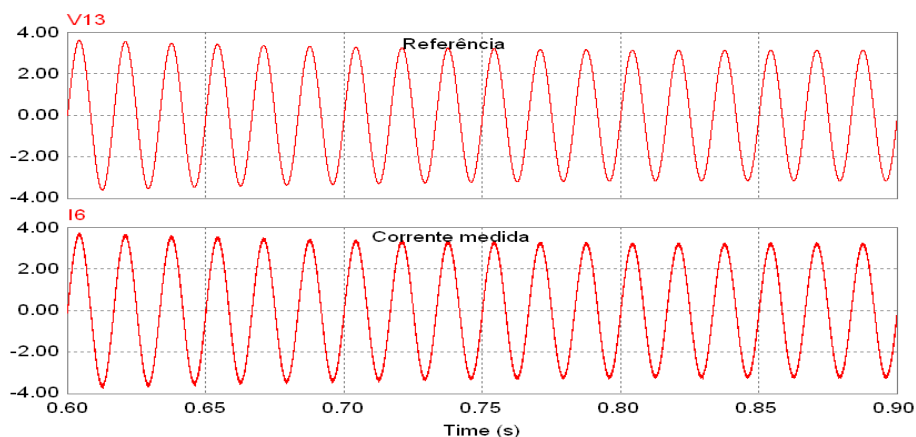


Figura 4. Curva de corrente instantânea na entrada e referência.

Na figura 5 é mostrado o resultado de simulação para o barramento capacitivo, pode-se observar que a operação de controle manteve a tensão contínua e com o nível de 400 volts conforme a referência adotada.

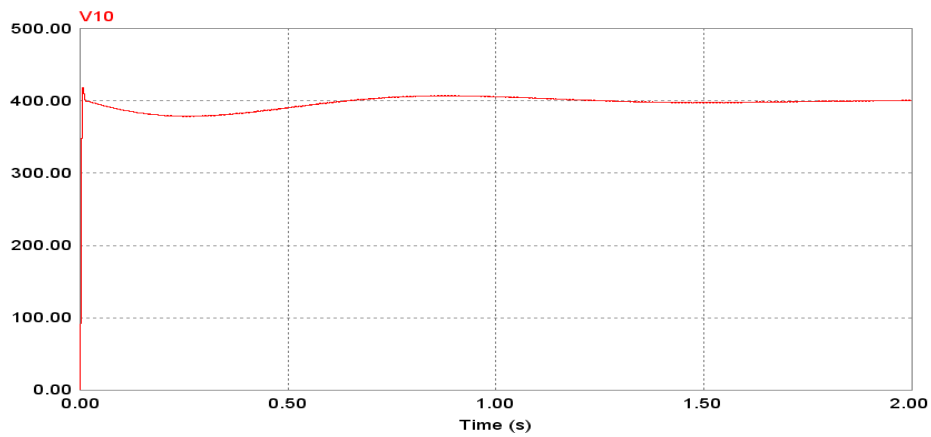


Figura 5. Curva de tensão no barramento.

Na figura 6 são observados os resultados de simulação para a tensão na carga trifásica, o sistema comporta-se como equilibrado, as tensões para as três fases estão com mesma amplitude e defasadas no tempo de 120

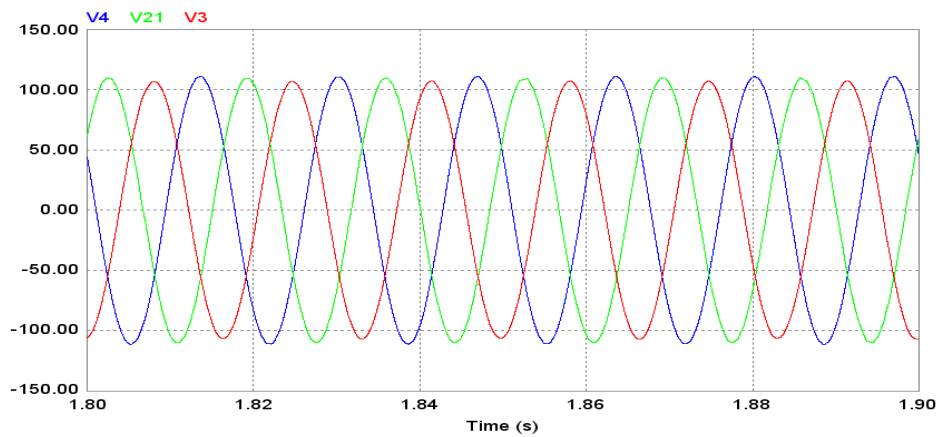


Figura 6. Curva de tensão na carga.

Na figura 7 pode se observar a corrente e a tensão medidos na fonte de alimentação, as variáveis estão em fase, evidenciando o controle do fator de potência, a partir do controle da potência reativa.

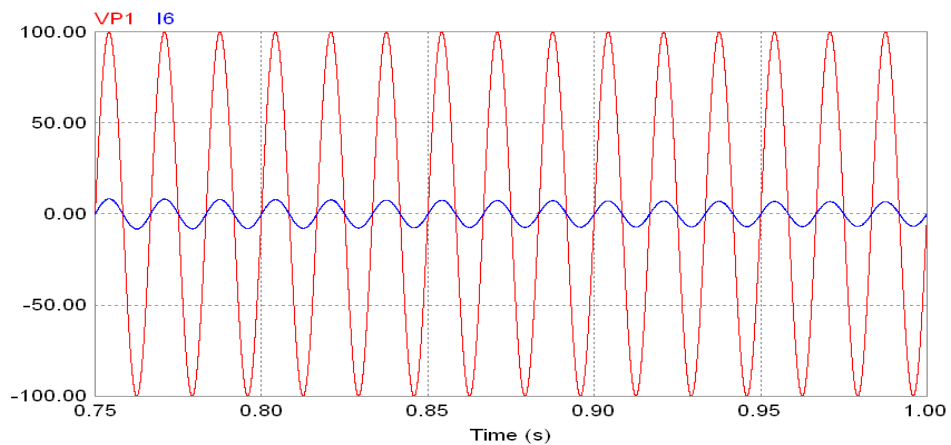


Figura 7. Curva de tensão e corrente na rede de alimentação.

CONCLUSÕES

Neste artigo foi investigado a simulação de um filtro ativo universal. As principais conclusões do trabalho são:

- Os filtros ativos de potência podem ser utilizados para fornecer energia de melhor qualidade, atuam como fonte controlada e efetuam o controle da potência reativa mantendo o fator de potência próximo do unitário; podem ainda regular a tensão em uma carga.
- A compensação de potência reativa é feita utilizando apenas potência reativa do banco de capacitores, não há necessidade de alimentação independente para o filtro.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq pela bolsa de Iniciação Científica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ROCHA, R, M. **Compensadores estáticos de potência para sistemas trifásicos**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica), Centro de Engenharia Elétrica e Informática, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, PB. 2007.190f.

JACOBINA, C.B. **Controle de corrente do motor de indução**. Apostila do laboratório de controle analógico. Centro de Engenharia Elétrica e Informática. Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, PB,. 4f.

SANTOS, E.C.; JACOBINA, C.B.; GUEDES, D,F.; OLIVEIRA, A.C.; Single-phase to three-phase universal active Power fillter. In: POWER ELETRONICS SPECIALISTS CONFERENCE -IEEE, 2008. p.3801-3806