ESTUDO DE PERDAS NO INVERSOR HB/ANPC DE CINCO NÍVEIS UTILIZANDO A MODULAÇÃO DERIVADA DA CSV-PWM

Carla Patricia Costa Oliveira [1], Ranoyca Nayana Alencar Leao e Silva Aquino [2]

RESUMO

O presente trabalho tem por objetivo apresentar o estudo de perdas nos semicondutores do conversor híbrido simétrico trifásico bidirecional de cinco níveis, concebido a partir das estruturas de inversor meia ponte e inversor com grampeamento ativo do neutro – HB/ANPC. Neste estudo, a lógica de acionamento empregada possibilita a operação concomitante de metade dos interruptores em baixa frequência (60 Hz) e a outra metade em alta frequência (1020 Hz). As simulações do conversor e da modulação empregados foram realizadas utilizando o software PSIM, de onde foram determinados os intervalos de condução de todos os semicondutores empregados possibilitando o cálculo das perdas através da metodologia empregada por Silva (2013). O inversor foi projetado para uma tensão de barramento CC de 340 V, potência aparente monofásica de 2,5 KVA, frequência de saída de 60 Hz, índice de modulação equivalente de 0,9, frequência de comutação de 1020 Hz e fator de potência de 0,92. As perdas totais por condução calculadas na topologia proposta, são aproximadamente 27,31 W nos interruptores e 4,806 W nos diodos intrínsecos, enquanto as de comutação são 1,952 W nos interruptores ativos e 0,756 W nos diodos.

Palavras-chave:

HB/ANPC. Conversor Multinível. Inversor Meia-ponte. CSV-PWM. Perdas.

[1] Unilab, IEDS, Discente, e-mail: carlla.patricia.13@gmail.com
[2] Unilab, IEDS, Docente, e-mail: ranoyca@unilab.edu.br

INTRODUÇÃO

Pela necessidade de conversão de corrente contínua em alternada para o acionamento de diferentes cargas, diversas topologias de inversores e técnicas de modulação são estudadas no intuito de se chegar à topologias que possibilitem a redução das perdas de condução e comutação nos semicondutores. O inversor multinível HB/ANPC é concebido pela combinação do inversor com ponto de neutro grampeado e do inversor de meia ponte (Silva, 2013). Um dos braços desta topologia é apresentado na Figura 01.

FIGURA 01. Um dos braços do inversor HB/ANPC

FONTE: Silva (2013)

A técnica de modulação derivada da CSV-PWM é mostrada por Silva (2013). A moduladora é composta por uma cossenoide modificada, em baixa frequência, e as portadoras são duas ondas triangulares dispostas em fase, em alta frequência. Esta técnica de modulação é mostrada na Figura 02. A lógica de acionamento utilizada em conjunto com esta modulação geram cinco níveis de tensão na saída deste inversor.

FIGURA 02. Formas de onda da moduladora e das portadoras da modulação derivada da CSV-PWM

FONTE: Própria Autoria

METODOLOGIA

Foi feita a simulação da topologia do inversor com a estratégia de modulação estudada no software PSIM.

Para a determinação dos intervalos de condução, inicialmente o inversor foi projetado através dos parâmetros apresentados na Tabela 01.

TABELA 01. Parâmetros de projeto do inversor

FONTE: Silva (2013)

Para o cálculo das perdas de condução nos semicondutores, de acordo com a metodologia utilizada por Silva (2013), foram utilizadas as Equações 01 e 02.

Para a determinação dos parâmetros VTO, RS, VD, RD foi feita a linearização das curvas da queda de tensão instantânea em função da corrente direta instantânea dadas pelo fabricante, utilizando-se o software Excel, onde VTO e VD são dados pelo ponto de cruzamento entre a reta linearizada e o eixo das correntes e RS e RD são as inclinações destas retas.
As curvas linearizadas foram escolhidas para uma tensão de gatilho de 15 V, temperatura de junção de 125 °C, e 25 °C, respectivamente. As perdas por comutação foram determinadas também por metodologia utilizada por Silva (2013), de acordo com a qual as curvas da energia dissipada durante a comutação do interruptor, mostradas na Figura 03, são aproximadas por polinômios de segunda ordem, gerando os coeficientes K0_on, K1_on, K2_on, K0_off, K1_off e K2_off, que são aplicados nas Equações 03 e 04 e então nas Equações 05 e 06 para a determinação das perdas.

FIGURA 03. Curvas da dissipação de energia durante a comutação para o módulo SKM75GB063D e SKM145GB066D, respectivamente.

FONTE: Silva (2013)

Para a determinação da energia dissipada durante a recuperação reversa nos diodos em função da corrente direta pode ser obtida utilizando a Equação 07, onde Io é a corrente nominal do diodo, trr é o tempo de recuperação reversa, e Irr é a corrente de recuperação reversa, cujos dados são fornecidos pelo fabricante. Em seguida a Equação 08 é utilizada para a determinação das perdas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Do projeto do inversor a partir dos parâmetros apresentados na Tabela 01 tem-se:

Logo, a carga utilizada na saída deve possuir uma resistência de 17,7 Ω e indutância de 20 mL.
A linearização das curvas da queda de tensão instantânea em função da corrente direta instantânea é mostrada nas Figuras 04 e 05.

FIGURA 04. a) Linearização da curva ICE x VCE do módulo SKM75GB063D. b) Linearização da curva ICE x VCE do módulo SKM145GB066D

FONTE: Própria autoria

FIGURA 05. a) Linearização da curva IF x VF do módulo SKM75GB063D. b) Linearização da curva IF x VF do módulo SKM145GB066D

FONTE: Própria autoria

Com a linearização destas curvas os parâmetros foram obtidos:

TABELA 02. Parâmetros dos módulos

FONTE: Própria autoria

Para os esforços de corrente média e eficaz foram adotados aqueles obtidos por simulação do conversor através do software PSIM.
Na Tabela 03, é possível verificar os valores dos coeficientes obtidos por regressão polinomial das curvas de dissipação de energia mostradas na Figura 03.

TABELA 03. Coeficientes para a determinação das perdas por comutação

FONTE: Silva (2013)

As perdas totais por condução, na topologia proposta, são aproximadamente 27,31 W nos interruptores e 4,806 W nos diodos intrínsecos, enquanto as de comutação são 1,952 W nos interruptores e 0,756 W nos diodos.

GRÁFICO 01. Distribuição de Perdas nos semicondutores

FONTE: Própria autoria

Deste gráfico é possível observar que as perdas ocorrem predominantemente por condução nos semicondutores ativos, exceto nas chaves Sa7 e Sa8, onde predomina as perdas por condução nos diodos antiparalelos.

CONCLUSÕES

O trabalho apresentado mostra os passos seguidos para a realização do estudo de perdas no inversor HB/ANPC modulado por moduladora derivada da CSV-PWM de acordo com o sugerido por Silva (2013). É possível concluir a partir deste estudo que as perdas ocorrem predominantemente por condução nos semicondutores ativos, exceto nas chaves Sa7 e Sa8, onde predomina as perdas por condução nos diodos antiparalelos.

AGRADECIMENTOS

Agradecimentos à Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira pelo apoio acadêmico e fomento financeiro.

REFERÊNCIAS

DROFENIK, U.; KOLAR, J. W. A General scheme for calculating switching and conduction- losses of power semiconductors in numerical circuit simulations of power electronic systems.

SILVA, R. N. A. L. Inversor Multinível Híbrido Simétrico Trifásico de Cinco Níveis Baseado nas Topologias Half-Bridge e ANPC. 120 f. Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica) - Universidade Federal do Ceará. Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior. 2013.