

## Análise e modelo em variáveis de estado da estrutura de um inversor Z-Source

Fernanda T. Kitano<sup>1</sup>, Sérgio P. Pimentel<sup>2</sup>

1. Bolsista PIBIC/CNPq na Escola de Eng. Elétrica, Mecânica e de Computação - UFG; \*fernanda@engelet.grad.ufg.br

2. Docente na Escola de Eng. Elétrica, Mecânica e de Computação – UFG; \*sergio\_pimentel@ufg.br

Palavras Chave: *Eletrônica de Potência, Sistemas de Controle, Inversor Z-Source.*

### Introdução

O inversor do tipo fonte de impedância (ZSI, *Z-Source Inverter*) – ou, simplesmente, inversor ZSI – foi proposto por Fang Zhang Peng em 2003. O inversor ZSI representa uma alternativa às topologias tradicionais de inversores (VSI e CSI), as quais apresentam algumas limitações: necessidade da carga (ou fonte) com comportamento indutivo; necessidade de um “tempo morto” (*dead time*) no acionamento das chaves em cada braço do inversor, causando distorções; e necessidade de um filtro de saída LC para alimentação da carga ou do motor.

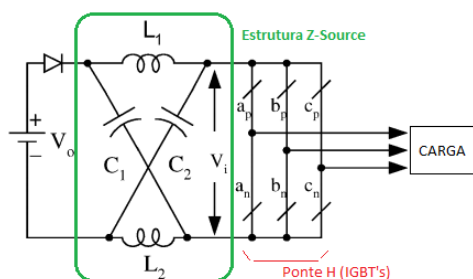


Figura 1. Topologia padrão do inversor ZSI (Peng, 2003).

A Figura 1 exibe a topologia de um inversor ZSI proposta por Peng. Ela consiste no acoplamento da ponte H do inversor tradicional e a fonte primária de energia em corrente contínua CC (formada, por exemplo, uma associação de painéis fotovoltaicos, células a combustível, etc.) por intermédio de uma estrutura composta por dois indutores e dois capacitores de valores equivalentes. Vale ressaltar que a estrutura Z-Source do inversor pode ser também adotada na elaboração de qualquer conversor eletrônico de potência, seja ele do tipo CC/CC, CC/CA (o inversor ZSI, é, no caso, um CC/CA), CA/CA ou CA/CC. A seguir é apresentada uma breve descrição sobre a modelagem matemática da estrutura Z-Source em funções de transferência e em variáveis de estado.

### Resultados e Discussão

A estrutura Z-Source do inversor ZSI possui duas características singulares. Uma delas é sua capacidade de elevar e abaixar a tensão de saída CA. E a outra é a possibilidade do inversor ZSI permitir o seu funcionamento no modo *Shoot-Through* (curto-circuito) durante o período de comutação sob o regime de uma estratégia de modulação. Este modo de curto-circuito se difere do modo de estado nulo e pode ser obtido a partir da condução simultânea: das 6 chaves semicondutoras que compõem a ponte H; das 2 chaves que compõem o mesmo dos três braços da ponte H (isoladamente); ou, ainda, das 4 chaves que compõem um par de braços da ponte H (em dupla). A Figura 2 exibe o circuito equivalente da estrutura Z-Source no modo *Shoot-Through* (inversor ZSI). Durante a vigência do modo *Shoot-Through*, o montante de energia armazenada nos capacitores  $C_1$  e  $C_2$  é parcialmente transferida para os indutores  $L_1$  e  $L_2$ , sendo que a taxa de conversão deste processo limita a corrente que atravessa

o braço do indutor em curto-circuito. A aplicação do *Shoot-Through* permite elevar a tensão de entrada do inversor de tensão. Deste modo, independentemente do valor de tensão da fonte, o ZSI permite a elevação ou redução do valor de tensão de saída.

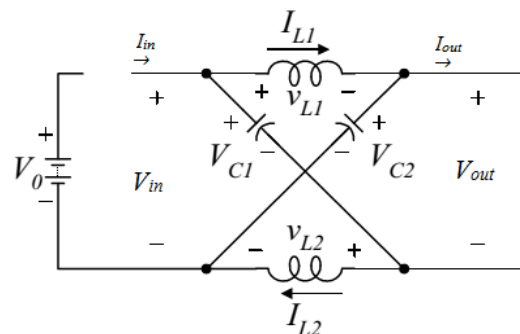


Figura 2. Circuito equivalente da estrutura Z-Source relativa ao inversor ZSI no modo *Shoot-Through*.

A configuração da estrutura Z-Source em formato de “X” contendo os elementos  $L_1$ ,  $L_2$ ,  $C_1$  e  $C_2$  permite ao inversor ZSI a sua operação em 9 estados de configuração: 8 estados semelhantes aos do inversor VSI (6 ativos e 2 estados nulos); e um estado único de curto-circuito (*Shoot-Through*), descrito anteriormente. Cada um dos 9 estados da estrutura Z-Source está associado a um circuito elétrico equivalente e, dessa forma, pode ser modelado por um conjunto de equações de estado. Durante a modelagem matemática em variáveis de estado da estrutura Z-Source, considerou-se as seguintes variáveis de estado:  $i_{L1}(t)$ ,  $i_{L2}(t)$ ,  $v_{C1}(t)$  e  $v_{C2}(t)$ . E para a equação de saída, os sinais  $V_{out}$  e  $I_{out}$ , tensão e corrente de saída da estrutura ZSI respectivamente. Alternativamente às variáveis de estado, obteve-se um modelo matemático da estrutura em funções de transferência. A partir das equações de estado, foram obtidas também as funções de transferência ( $V_{out}/I_{in}$ ,  $V_{out}/V_{in}$ ,  $I_{out}/V_{in}$ ,  $I_{out}/I_{in}$ ), todas de 4ª ordem, para fins de análise do comportamento dinâmico.

### Conclusões

Ao fim desta análise foi possível compreender a importância do inversor Z-Source no desenvolvimento de novas tecnologias por suas características singulares e de fácil aplicação. O modelo em variáveis de estado obtido para o inversor Z-Source permite a simulação de sua operação e a análise do comportamento dinâmico de suas grandezas de mérito.

### Agradecimentos

Os autores agradecem ao CNPq pela bolsa PIBIC concedida durante a vigência do projeto de IC.

PENG, F. Z. *Z-Source Inverter*. *IEEE Transactions on Industry Applications*, vol. 39, n. 2, March/April 2003.