

# CONSTRUÇÃO DE UM PROTÓTIPO DO INVERSOR FONTE Z PARA FUTURA APLICAÇÃO EM SISTEMAS FOTOVOLTAICOS SEM TRANSFORMADOR.

Fagner Cavalcante da Silva<sup>1</sup>; Fabrício Bradaschia<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Estudante do Curso de Engenharia Elétrica – CTG – UFPE; E-mail: fagnercasilva@gmail.com

<sup>2</sup>Docente/pesquisador do Depto de Engenharia Elétrica – CTG – UFPE; E-mail: fabricio.bradaschia@ufpe.br

**Sumário:** Para comprovar experimentalmente a eficácia de três topologias baseadas no inversor fonte Z (*Z-Source Inverter - ZSI*), foi feita a montagem de um protótipo completo do inversor capaz de funcionar de três maneiras: como o ZSI convencional; como o ZSI-D, com a adição de um diodo; ou como o ZSI-S, com a substituição dos diodos por chaves, realizando-se apenas poucas modificações na topologia do inversor.

**Palavras-chave:** inversor fonte z; protótipo; sistemas fotovoltaicos; topologias.

## INTRODUÇÃO

Com a popularização das energias renováveis, é crescente a necessidade de tecnologia para realizar a conexão eficiente e segura entre as novas fontes de energia e a já estabelecida infraestrutura de distribuição de energia. A energia solar fotovoltaica, por exemplo, necessita ser processada antes de ser conectada à rede, pois os painéis fotovoltaicos se encontram em baixa tensão e geram energia em corrente contínua (CC), em oposição ao sistema de distribuição vigente, que, em sua maioria, possui um nível de tensão mais elevado e entrega ou absorve energia em corrente alternada (CA) [1].

Para que essa energia solar fotovoltaica seja entregue à rede elétrica de forma adequada, é necessária a realização de dois processos [2]: (1) a conversão da tensão CC para CA; (2) elevação da tensão gerada em CA para o nível da rede elétrica. Para a realização da etapa (1), utilizam-se, em geral, equipamentos de Eletrônica de Potência constituídos de chaves eletrônicas, diodos, capacitores e indutores, como os conversores CC/CA. Já a etapa (2) pode ser realizada de diversas formas, sendo geralmente utilizados transformadores elevadores (*step-up*) no lado CA.

Apesar de possuir alta confiabilidade, o transformador na frequência da rede é um equipamento caro, volumoso, pesado e de baixo rendimento para baixas e médias potências, além de exigir um constante processo de monitoramento devido ao desgaste do seu óleo isolante [2][3].

Como proposto por F. Z. Peng, em 2003, um conversor CC/CA com característica natural *buck-boost*, é capaz de realizar a conversão de CC para CA e de elevar o nível da tensão em uma única etapa, utilizando uma simples malha passiva (malha Z) conectada ao lado CC do inversor fonte de tensão convencional (*VSI – Voltage Source Inverter*), conhecido atualmente como inversor fonte Z (*ZSI – Z-Source Inverter*) [4]. Como não haverá mais uma isolação galvânica entre o painel fotovoltaico e a rede elétrica, devido à ausência do transformador, o sistema pode apresentar correntes de dispersão acima do limite de 300 mA eficazes, especificado pela norma alemã DIN VDE 0126-1 -1 [5][6].

Desta forma, o objetivo deste trabalho é comprovar experimentalmente a eficácia de duas topologias baseadas no ZSI, em relação à redução das correntes de dispersão propostas recentemente por pesquisadores do Departamento de Engenharia Elétrica da UFPE que são: a adição de um diodo ZSI-D [7]; e a adição de uma chave ZSI-S [8], através da montagem do protótipo completo de um inversor fonte Z, capaz de funcionar

como o ZSI-Convencional, o ZSI-D e o ZSI-S apenas realizando pequenas modificações na topologia.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Para a criação do projeto dos circuitos auxiliares do protótipo do inversor fonte Z foi utilizada a plataforma Proteus® ISIS e ARES 7.7 Professional. Os componentes utilizados nesse projeto foram sensores, resistores, capacitores, indutores, amplificadores operacionais, circuitos lógicos, transistores, botões, relé, LED's e conectores.

As placas de circuito impresso foram confeccionadas em um Plotter construído artesanalmente por um professor do Grupo de Eletrônica de Potência e Acionamentos Elétricos (GEPAE) da UFPE. Para a confecção das PCI, foram utilizadas placas de fenolite.

O projeto dos circuitos de potência do protótipo do ZSI foi desenvolvido através de simulações realizadas no MATLAB/Simulink. Os componentes utilizados nesse projeto foram um disjuntor tripolar 10 Arms, fusíveis ultrarrápidos 10 Arms, contadores tripolares e contatos auxiliares (NA) 10 Arms, botões, um relé temporizador, resistores, indutores e capacitores, lâmpadas, chaves IGBT 1700V/50A, diodos ultrarrápidos 1700V/58A, circuito retificador a diodos 1200V/26A, fontes universais externas (100-240Vca / 100 W), um dissipador e gate drivers SKHI 23/17R 1700V/60A.

## RESULTADOS

A primeira etapa do desenvolvimento do protótipo do inversor fonte Z foi o projeto dos circuitos auxiliares e, em seguida, foi realizada a confecção das placas de circuito impresso.

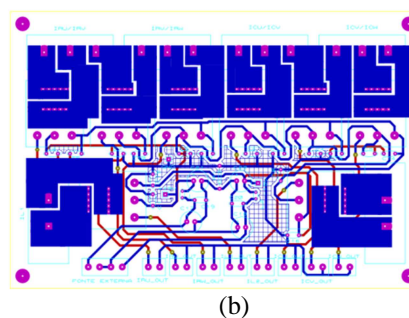
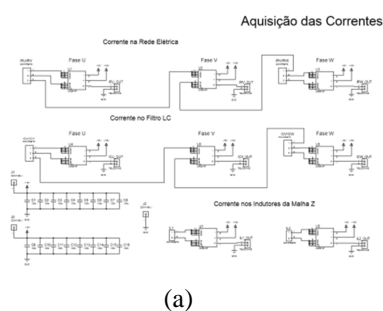
Os circuitos de aquisição foram projetados para converter os níveis altos de tensões e correntes, da parte de potência do protótipo do inversor fonte Z, em níveis baixos de correntes, através de sensores.

Já os circuitos de condicionamento foram projetados para condicionar os sinais recebidos das placas de aquisição das tensões e correntes a níveis de tensão compatíveis com o sistema de controle dSPACE utilizando amplificadores operacionais, para permitir uma medição correta e precisa. Também foi projetado um sistema de proteção para as tensões e correntes CC presentes na malha Z do protótipo.

E o circuito de comando e proteção foi projetado, basicamente, para receber os sinais de comando do sistema de controle dSPACE e convertê-los para níveis adequados ao comando das chaves eletrônicas, receber sinais de erro da placa de condicionamento das chaves eletrônicas e do próprio dSPACE e criar uma proteção em hardware confiável, ou seja, que atua independentemente do sistema de controle do dSPACE.

Após finalizar toda a parte de projeto do trabalho, o próximo passo foi à confecção das placas de circuito impresso.

O resultado da confecção da placa de aquisição das correntes do protótipo, que foi confeccionada no próprio laboratório foi bastante satisfatório com base na resolução da placa.



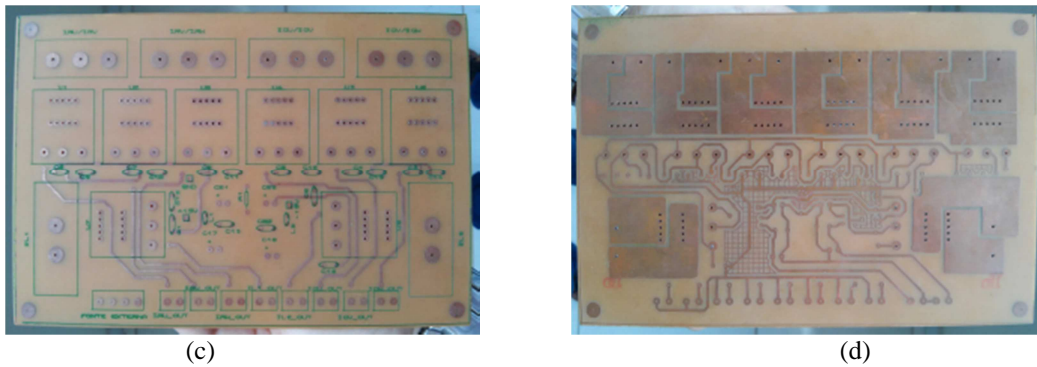
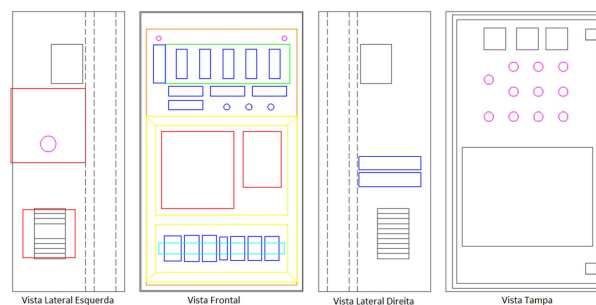


Figura 1. (a) Diagrama esquemático da placa de aquisição das correntes do protótipo, (b) Projeto das trilhas da placa de aquisição das correntes do protótipo, Placa de circuito impresso de aquisição das correntes do protótipo confeccionada (a) parte superior (b) parte inferior.

Em seguida, alguns dos componentes de potência que serão utilizados na montagem do protótipo foram montados em uma base metálica para futura fixação na bancada vertical.



(a)



■-Caixa ■-Canaleta ■-Componente ■-Dissipador ■-Furo ■-Placa ■-Placa PCB ■-Trilho DIN  
(b)

Figura 2. (a) Montagem parcial dos componentes de potência para futura fixação na bancada vertical, (b) Esquema das posições das placas e componentes na bancada vertical.

## DISCUSSÃO

As placas de circuito impresso têm a finalidade de medir determinados valores de tensão e corrente em determinados pontos da montagem através do sistema de controle dSPACE. Os critérios definidos para a criação das placas foram: garantir uma distância mínima de 0,8~1 mm entre trilhas ou ilhas do circuito, tornar a placa próxima de um quadrado, colocar os conectores próximos das bordas, evitar trilhas entre os conectores e a borda e a malha de terra com uma distância mínima de 1 mm das outras trilhas e da borda.

Devido a sua maior complexidade, a placa de condicionamento deve ser confeccionada por uma empresa especializada, porém, isso não foi possível até o momento devido à falta de recurso financeiro para o projeto.

Para a montagem dos componentes e das placas de circuito impresso na bancada vertical, utilizou-se uma organização de modo a aproveitar ao máximo o espaço da bancada vertical.

### CONCLUSÕES

Os resultados parciais como todos os projetos dos circuitos auxiliares, as PCI confeccionadas e a montagem parcial da bancada foram bastante satisfatórios, atendendo bem a todas as expectativas esperadas.

Neste trabalho, não foi possível finalizar a montagem completa do protótipo do Inversor Fonte Z devido falta de recursos para compra de componentes e confecção da placa de condicionamento. Entretanto, mesmo após a vigência do projeto, pretende-se dar continuidade à montagem do protótipo ZSI após a aquisição dos componentes necessários, com o intuito de atingir o objetivo principal do trabalho de comprovar experimentalmente a eficácia das duas topologias investigadas.

### AGRADECIMENTOS

Agradecimentos ao órgão de fomento, CNPq, pelo auxílio financeiro, à Universidade Federal de Pernambuco pela oportunidade, ao professor orientador, Fabrício Bradaschia e ao grupo de pesquisa, GEPAE, pelas discussões e recomendações que contribuíram para que os trabalhos avançassem.

### REFERÊNCIAS

- [1] K. C. de Oliveira, “Avaliação da Conversão da Energia Fotovoltaica sem Sistemas Isolados”, Dissertação de Mestrado, PPGEE/UFPE, Fevereiro 2007.
- [2] F. Bradaschia, “Conversores Fonte Z para Sistemas Fotovoltaicos e Monofásicos-Trifásicos”, Tese de Doutorado, PPGEE/UFPE, Fevereiro 2012.
- [3] T. Kerekes, “Analysis and Modeling of Transformerless Photovoltaic Inverter System”, Tese de Doutorado, Aalborg University, Agosto 2009.
- [4] F. Z. Peng, “Z-Source Inverter”, *IEEE Trans. Ind. Appl.*, vol 39, no. 2, pp. 504-510, Março/Abril 2003.
- [5] Automatic Disconnection Device Between a Generator and the Public Low-Voltage Grid, DIN VDE 0126-1-1, Fevereiro 2006.
- [6] J. M. A. Myrzik and M. Calais, “String and Module integrated inverters for single-phase grid connected photovoltaic systems – a review”, in *Proc. IEEE PowerTech*, pp. 23-26, Junho 2003.
- [7] F. Bradaschia, M. C. Cavalcanti, P. E. P. Ferraz, F. A. S. Neves, E. C. dos Santos Jr. E J. H. G. M. da Silva, “Modulation for Three-phase Transformerless Z-Source Inverter to Reduce Leakage Currents in Photovoltaic Systems”, *IEEE Trans. Ind. Electron.*, vol. 59, no. 12, pp. 5385-5395, Dezembro 2011.
- [8] P. E.P. Ferraz, F. Bradaschia, M. C.Cavalcanti, F. A. S. Neves and G. M. S. Azevedo, “A Modified Z-Source Inverter Topology for Stable Operation of transformerless Photovoltaic Systems with Reduced Leakage Currents”, in *Proc. Congresso Brasileiro de Eletrônica de Potência – COBEP 2011*, Natal, Brasil, pp. 615-622, Setembro 2011.