ESTUDO, PROJETO E SIMULAÇÃO DE INVERSOR BOOST ALIMENTADO POR PAINEIS FOTOVOLTAÍCOS PARA ACIONAR UM SISTEMA DE IRRIGAÇÃO

Guilherme Corrêa Camargo (PROVIC), Zito Palhano da Fonseca, e-mail: zpfonseca@uepg.br.

Universidade Estadual de Ponta Grossa/Departamento de informática.

Engenharia elétrica, Circuitos Elétricos, magnéticos e eletrônicos

Palavras-chave: Sistema de irrigação, Inversor *Boost*, Recursos naturais, Painel Fotovoltaico, Energia renovável

Resumo

Este trabalho propõe a utilização de um inversores de alto ganho para controlar e acionar um sistema de irrigação, alimentado por painéis fotovoltaicos, deixando-o isolado da rede elétrica de distribuição, tornando-o autônomo. O sistema proposto tem dois estágios, sendo o primeiro um conversor *boost*, cuja função é adequar a energia captada pelos painéis fotovoltaicos para um banco de baterias. O segundo estágio, composto por um inversor *boost*, tem a função de elevar e transformar o sinal, de modo que seja entregue à saída um sinal senoidal. O sistema completo fornece aproximadamente 1HP para carga e a alimentação do sistema de controle e monitoramento. A validação foi obtida através de software PSIM 9.1.1 (versão experimental).

Introdução

Atualmente tem-se um grande investimento em energias renováveis, como a busca de novas tecnologias mais eficientes para o processamento destas energias e como "o potencial brasileiro para energia solar é enorme" (Brasil..., 2018), o foco deste projeto está nas tecnologias fotovoltaicas. Apesar de fontes de energias hidrelétricas dominarem o mercado, as tecnologias fotovoltaicas sofreram baixa no custo de equipamentos, promovendo o desenvolvimento na área de eletrônica de potência. Locais onde não há distribuição de energia elétrica, como por exemplo, em áreas rurais isoladas, torna-se viável a aplicação de tais tecnologias.

Este trabalho, realizado por meio de simulações, tem como objetivo reduzir a utilização de recursos hídricos e de energia, através de um sistema eletrônico sem fio, composto de uma topologia de rede e um conversor CC/CA (corrente continua/corrente alternada) de dois estágios, baseado no conversor apresentado por Agelviz (1997), porém com aplicação específica voltada a painéis fotovoltaico. O primeiro estágio adequa a energia que vem dos painéis fotovoltaicos e alimenta todo o sistema. O segundo estágio eleva e transforma esta tensão contínua em alternada, a qual é utilizada para alimentar o sistema de irrigação.

Materiais e Métodos

O sistema do conversor CC/CA de dois estágios é composto por células fotovoltaicas que fazem a alimentação do sistema: um conversor *boost* para adequar o sinal e

carregar o banco de baterias, um inversor *boost* para elevar e transformar a tensão em alternada conforme demostrado na Figura1.

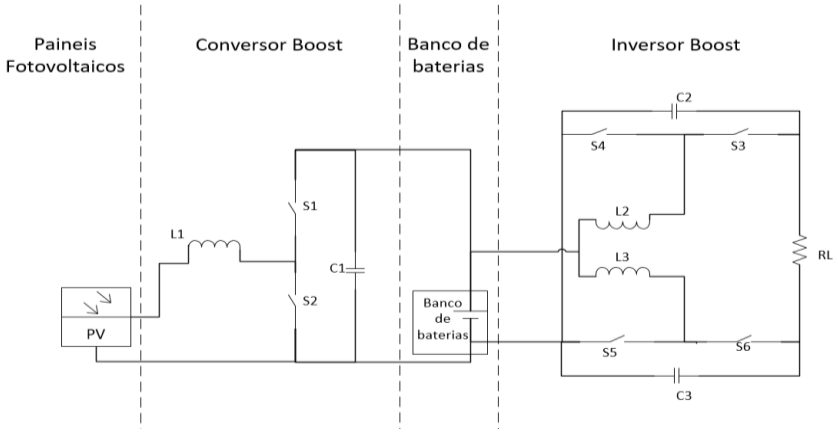


Figura 1. Conversor CC/CA de dois estágios. Via software Microsoft Visio 2014 (versão experimental).

FUNCIONAMENTO DO CONVERSOR CC/CA DOIS ESTÁGIOS

O Circuito demostrado na figura 1 é a uma topologia de sistema fotovoltaico autônomo. O conversor *boost*, primeiro estágio, é responsável somente por carregar banco de baterias. Já o segundo estágio, composto por um inversor *boost*, responsável pela conversão CC/CA, tem a função de elevar a tensão de saída do banco de baterias e transformar sua tensão contínua em alternada.

PRIMEIRO ESTÁGIO

O primeiro estágio é baseado em um conversor *boost* clássico, proposto por Agelviz(1997), mas com a substituição do diodo por um interruptor eletrônico para aumentar a eficiência, além de acoplar capacitores paralelos aos interruptores eletrônicos para reduzir perdas e ter uma comutação mais suave. O primeiro estágio tem a função de carregar o banco de baterias. Para calcular os valores de L_1 e C_1 são utilizadas as fórmulas propostas em Fonseca (2017) e para encontrar o valor do indutor L_1 utiliza-se a equação (1).

$$L_1 = \frac{V_{IN}D}{\Delta i_{L_{B1}} f_{S1}} \quad (1)$$

Onde: V_{IN}- Tensão dos painéis fotovoltaicos; D- Razão cíclica; Δi_{LB1}- Ondulação de corrente em L_1; F_{S1}- Frequência de comutação.

Para obter o valor do capacitor do primeiro estágio, C_1. Utiliza-se a equação (2).

$$C_1 = \frac{I_o D}{f_{S1}\Delta v_{C_o}} \quad (2)$$

Onde: I_O- Corrente de saída do primeiro estágio; Δv_{Co}- Ondulação de tensão em C_O.

SEGUNDO ESTÁGIO

Segundo Fonseca, sistemas com isolamento tem rendimento de cerca de 91% e sistemas sem isolamento tem rendimento superior a 92% (Fonseca, 2016), portanto a segunda etapa do conversor CC/CA, responsável por elevar a tensão fornecida pelas baterias e transformar a tensão contínua de entrada em uma tensão alternada na saída, será sem isolamento.

Para o modelo apresentado na figura 1, foi utilizada a equação (3) para o cálculo da corrente no indutor, I_l.

$$I_l = \frac{V_{bat}}{R_l} * \frac{2D_1 - 1}{D_1(1-D_1)^2} \quad (3)$$

Onde: V_{bat}- Tensão das baterias;R_l- Resistência da carga; D_1 – Razão cíclica do inversor;

Através da equação (4), é possível encontrar o valor do indutor L.

$$L = \frac{V_{in}D_2}{f_{S2}(0{,}20)I_l} \quad (4)$$

Onde: V_{in}- Tensão de entrada do circuito; f_{S2}- Frequência de comutação; I_l – Corrente do indutor.

Para realizar a simulação buscando a validação do modelo, foram utilizados os seguintes valores:

Vin = 100V; f_{S1}=f_{S2} = 100kHz; L = 887µH; R_L = 32,2 Ω para 127V e R_L = 64,4 Ω para 220V; $Pout$ = 700W.

Resultados e Discussão

Os testes com o sistema proposto foram feitos para uma potência específica de 700W, que possui tensão variável de 127V e 220V, desta forma podendo alimentar bombas de irrigação com até aproximadamente 1HP. As Figuras 3a, 3b apresentam os resultados de tensão (vermelho) e corrente (azul) quando da ocorrência de um transitório de carga de 100% para 50%. Escala de corrente está multiplicada por 10.

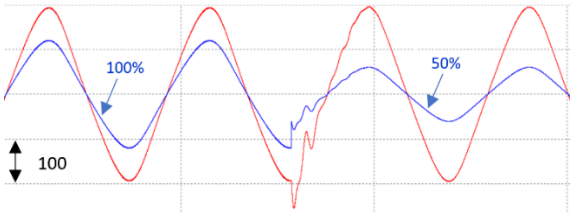


Figura 3a. Gráfico de tensão e corrente no transitório de carga em 127V.

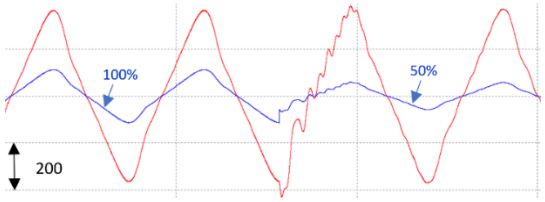


Figura 3b. Gráfico de tensão e corrente no transitório de carga em 220V.

Através da Figura 4, é possível ver o comportamento da topologia proposta em função da distorção que o sinal obteve em relação à frequência do sinal de alimentação. Pode-se ver também o aumento do valor eficaz (V_{RMS}) da tensão de saída quando a razão cíclica, D é aumentada, do modelo proposto.

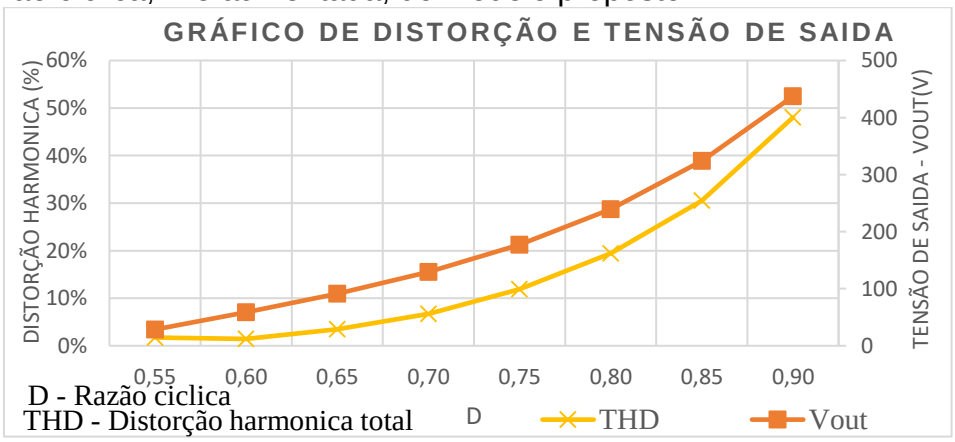


Figura 4. Gráfico dos resultados de distorção e tensão de saída

Os valores de tensão necessários para a alimentação das bombas de irrigação em 127V_{RMS} são obtidos através de uma razão cíclica D= 0,7 e em 220V_{RMS} com D =

0,79 como mostra a Tabela 1, pode-se dizer que o resultado obtido é positivo, pois como é possível visualizar que foi alcançado a tensão de saída (Vout), com um nível baixo de distorção harmônica total (THD).

Tabela 1. Resultados de distorção harmônica e tensão de saída para 127V e 220V

D	*Vout*	*THD*
0,70	129,629	6,74%
0,79	224,311	13,70%

Conclusões

Com base nos resultados obtidos por simulações, é possível concluir que o modelo proposto tem a capacidade de agir como um conversor CC/CA com ampla faixa de tensão de saída, como o proposto por Fonseca, (2017). Porém com a vantagem de conter menos elementos, reduzindo o tamanho do sistema e garantindo sua funcionalidade.

Com uma distorção hormônica baixa, como pode ser visto na Figura 4 e na Tabela 1, chegando a 5,56% em $127V_{RMS}$ sem utilizar nenhum tipo de controle para melhorar a qualidade do sinal, o sistema opera com cerca de 95% de desempenho, podendo ser ainda mais otimizado. Este sistema traz o benefício de redução do consumo dos recursos naturais, com a opção de implementação em áreas tanto pontuais quanto regiões vastas de plantio.

Agradecimentos

Agradeço ao CNPq pelo apoio e a oportunidade de realizar este trabalho, ao professor Zito Palhano da Fonseca que me orientou em todas as etapas e à minha família que me deu todo apoio necessário.

Referências

AGELVIZ, R. O. C. **Família de Conversores Cc-Ca, Derivados dos Conversores Cc-Cc Fundamentais.** 1997. 156 f. 1997, 156 f. Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianopolis, 1997.Cap. 3

FONSECA, Z. P.; Falate, R.; MATOS, J.; Dias, H. A. . **Conversor cc/ca com 3 estágios utilizando painéis fotovoltaicos para controlar um sistema autônomo de irrigação.** In: CONTECC, 2017, Belém. CONTECC 2017, 2017.

FONSECA, Z. P. , **"*Single stage high power factor converter using coupled input boost inductor BCM without eletrolytic capacitor to drive power LED*"** In: *12th IEEE International Conference on Industry Applications (INDUSCON)*, 2016, Curitiba, 2016, p. 1-8.

BRASIL estará entre os 20 países com maior geração solar de 2018. Disponível em: <http://www.brasil.gov.br/noticias/infraestrutura/2016/01/brasil-estara-entre-os-20-paises-com-maior-geracao-solar-em-2018>. Acesso em: 20 set. 2018