

Sistema de controle de um conversor CC-CC operando como emulador de painéis solares fotovoltaicos

Control system of a DC-DC converter operating as a photovoltaic panel emulator

RESUMO

Com o aumento da demanda por fontes alternativas de energia, pesquisas relacionadas à energia solar estão crescendo, porém, ainda é um obstáculo para muitos pesquisadores a aquisição de um painel fotovoltaico para realização de suas pesquisas. Assim, o emulador de um painel solar fotovoltaico é uma alternativa para contornar esse problema. A ideia de um emulador, é que ele se comporte igual a um painel solar, ou seja, tendo acesso somente ao terminais de saída de um emulador e de um painel solar real, não há como diferenciá-los. Para que um conversor CC-CC emule o comportamento de um painel solar, é necessário escolher um conversor adequado e projetar-se um sistema de controle que o faça emular o painel. Os passos seguidos nesse trabalho serão apresentados começando pela curva I-V característica dos painéis solares, a escolha do conversor CC-CC, o projeto do controlador e finalmente a simulação em malha fechada.

PALAVRAS-CHAVE: Energia solar. Emuladores. Conversores.

Guilherme Ferreira da Luz
gferreiradaluz@gmail.com
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, Paraná, Brasil

Eloi Agostini Junior
eloiaagostini@utfpr.edu.br
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, Paraná, Brasil

Matheus Tauffer de Paula
matheusp.2016@alunos.utfpr.edu.br
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, Paraná, Brasil

Recebido: 19 ago. 2019.

Aprovado: 01 out. 2019.

Direito autorial: Este trabalho está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.



ABSTRACT

Facing the increasing demand for alternative sources, researches related to solar energy are rising. However, for some researchers the acquisition of photovoltaic panels is still an obstacle for conducting their researches. Thus, the solar panel emulator is an alternative to overcome such problem. The main idea to use emulation of a solar panel is due to the emulator will behaves like as a solar panel. Therefore, accessing only their outputs one will not be able to distinguish differences between them. In order to a DC-DC convert emulating a solar panel, the right type of converter is necessary to be chosen as well as the control system need to be developed for making the converter emulates the panel. The approach to develop this paper is based on the I-V curve of solar panels, the converter type definition, the controller project as well as simulation in a closed-loop of the system.

KEYWORDS: Solar energy. Emulators. Converters.

INTRODUÇÃO

Com a crescente preocupação com o meio ambiente, as fontes de energias renováveis possuem um importante papel na redução da emissão de poluentes. Nesse trabalho, será dado ênfase na energia solar, pois ela está disponível em todo o planeta e é menos poluente quando comparada a outros métodos de geração de energia elétrica. Pesquisas na área da energia solar estão aumentando, porém, há o problema de que é muitas vezes necessário que o pesquisador possua um painel fotovoltaico para realizar suas pesquisas, isso em algumas vezes torna-se inviável, pois os valores dos painéis são elevados.

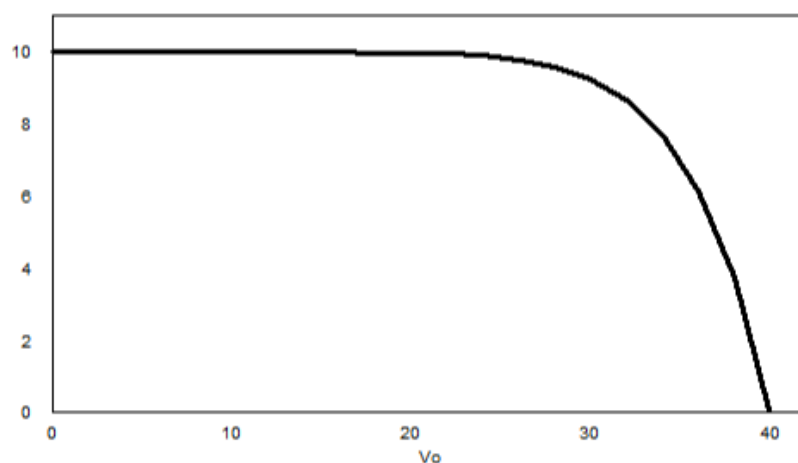
O desenvolvimento de um emulador de painéis fotovoltaicos serve para contornar esse problema, pois, a ideia é de que o emulador se comporte exatamente como um painel solar. A partir do emulador, o pesquisador poderá também criar condições ambientais como um dia nublado, ou ainda extremos de temperaturas através da mudança de parâmetros do emulador através de programação no DSP.

MATERIAIS E MÉTODOS

O emulador fotovoltaico é um circuito eletrônico de potência que tem como objetivo simular o comportamento de um painel solar real, ou seja, através do ajuste de parâmetros como temperatura ambiente e intensidade de radiação solar, é possível em laboratório emular o comportamento de uma placa fotovoltaica em diversas condições como a de um dia com bastante sol ou um dia nublado.

Para a construção do emulador foi necessário escolher um conversor em que consiga, através do seu chaveamento, tornar o comportamento similar à curva I-V de painel real. A curva I-V pode ser vista na figura 1.

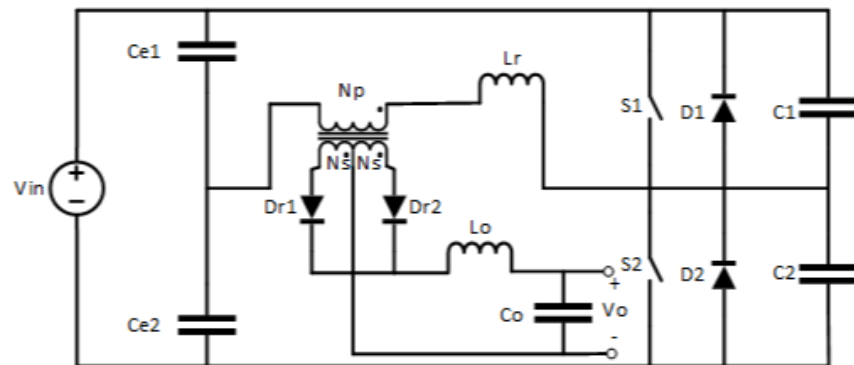
Figura 1. Curva I-V de um painel fotovoltaico.



Fonte: Autoria própria.

O conversor escolhido foi o conversor meia-ponte, com modulação por largura de pulso, comutação suave (ZVS) e comando assimétrico, pois, esse conversor atende a algumas restrições de projeto. A figura 2 a seguir mostra o circuito do conversor escolhido.

Figura 2. Conversor meia-ponete, PWM, ZVS, assimétrico.



Fonte: Autoria própria.

Esse conversor foi escolhido por alguns motivos, dentre eles a possibilidade de operar com comutação suave, o seu comando ser através de duas chaves apenas, ser possível utiliza-lo em uma boa faixa de potências e também por possuir um transformador. O transformador torna possível a operação com ganho estático reduzido sem necessidade de uma grande redução da razão cíclica e também isola o circuito, simplificando o uso do emulador em laboratório.

Com a topologia definida, o próximo passo é projetar um controle para que a saída desejada seja obtida. Para isso, a função de transferência a seguir foi retirada de [1].

$$G_{VD}(s) = \frac{\left[\frac{(V_{in} - 2V_{Ceq})}{n} + \frac{(1 - 2D)(1 + sR_{Ceq}C_{eq})(nV_{in} + s2L_mI_{Lo})}{n(s^2L_mC_{eq} + sR_{Ceq}C_{eq} + 1)} \right]}{\delta(s)} \quad (1)$$

Onde:

$$\delta(s) = 1 + \frac{s(1 - 2D)^2 L_m (1 + sR_{Ceq}C_{eq}) [1 + s(R_o + R_{Co})C_o]}{n^2 R_o (s^2 L_m C_{eq} + sR_{Ceq}C_{eq} + 1) (1 + sR_{Co}C_o)} + \frac{(R_{Lo} + sL_o) [1 + s(R_o + R_{Lo})C_o]}{R_o (1 + sR_{Co}C_o)} \quad (2)$$

Os valores de todos as variáveis e dados do conversor, foram determinados a partir do equacionamento do conversor. Esse equacionamento foi desenvolvido em outro projeto de iniciação científica paralelo a esse. Os valores são apresentados na tabela 1 a seguir.

Tabela 1 – Dados do conversor e valores dos componentes

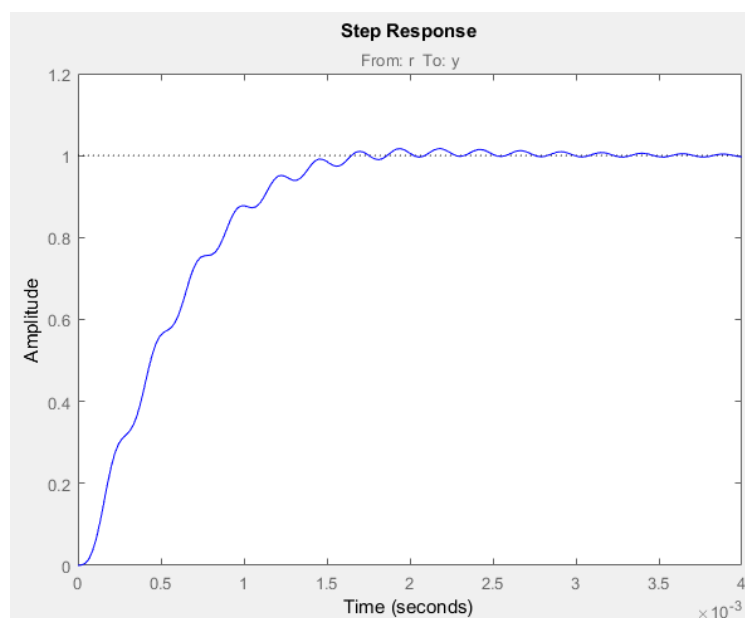
	Valor
V_{in}	180V
n	1,8
D	0.4
V_{ceq}	$D \cdot V_{in}$
R_{ceq}	200m Ω
C_{eq}	7,407 μ F
L_m	200 μ H
I_{Lo}	10,22A
R_o	4 Ω
L_o	133,33 μ H
C_o	10 μ F
R_{lo}	160,95m Ω
R_{co}	200m Ω

Fonte: Autoria própria.

A estratégia de controle do conversor também necessitou ser definida e, nesse caso, optou-se por um método clássico de controle de conversores de potência, o PI com filtro. O filtro é necessário para que se elimine ruídos de alta frequência, melhorando o desempenho do controle.

Com a função de transferência em mãos e a estratégia de controle definida, partiu-se para o projeto do controlador. Na figura 3, vemos a resposta em malha fechada obtida, nela temos um *overshoot* de 1,69% e um tempo de estabilização de 1,6ms.

Figura 3. Resposta em malha fechada.



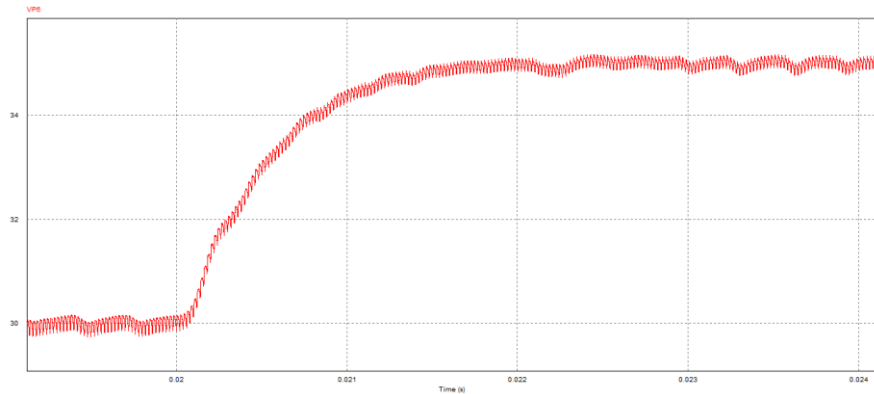
Fonte: Autoria própria.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após o projeto do controlador foi montado uma simulação no Psim, realizou-se na simulação degraus na tensão de referência para que se observe a resposta

em malha fechada do sistema. Na figura 7 a seguir, vemos a resposta para um degrau de 30V para 35V.

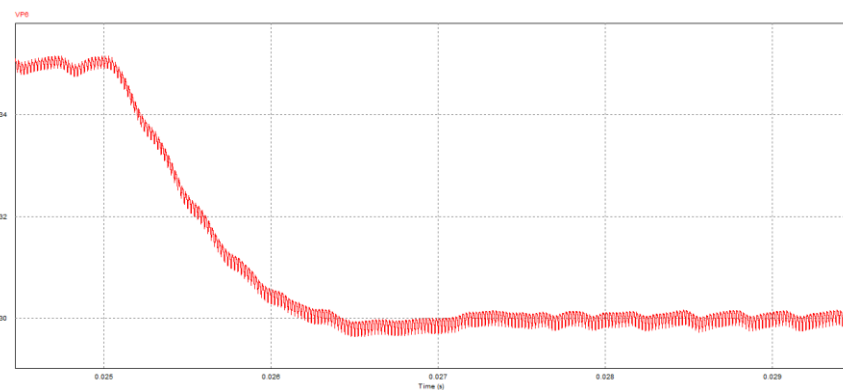
Figura 4. Resposta para um degrau de 30V a 35V.



Fonte: Autoria própria.

Já na figura 8, vê-se a resposta do sistema quando a referência vai de 35V a 30V.

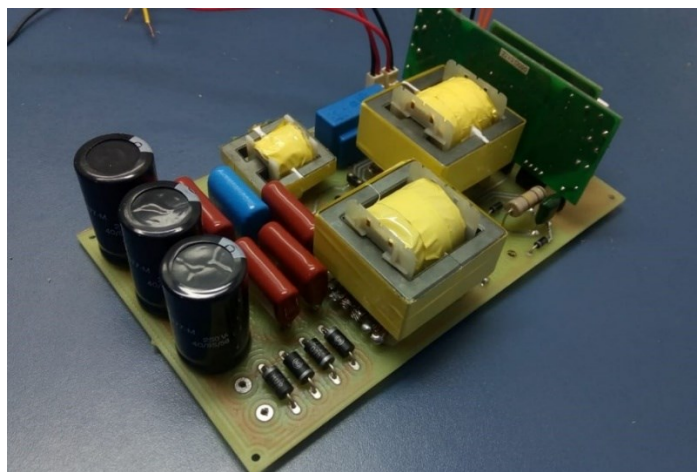
Figura 5. Resposta para um degrau de 35V a 30V.



Fonte: Autoria própria.

Construiu-se um protótipo do emulador, para que seja possível fazê-lo funcionar na prática. Na Figura 9 vemos o resultado final do protótipo.

Figura 6. Protótipo do emulador.



Fonte: Autoria própria.

As imagens das respostas ao degrau mostram que o sistema está de acordo com o projetado, pois, as curvas são muito semelhantes, apresentando *overshoot* quase nulo e o tempo de estabilização de aproximadamente 1,6ms.

CONCLUSÃO

O objetivo de projetar-se um controle para que o conversor CC-CC escolhido funcione como um emulador de um painel fotovoltaico foi atingido com sucesso. Obteve-se um controlador do tipo PI com filtro que atendeu aos requisitos de projeto e por meio da simulação no Psim foi possível validá-lo.

O próximo passo é testar o protótipo na prática, primeiramente em malha aberta. O segundo teste será a programação de uma reta, se o conversor conseguir simular exatamente o comportamento de uma reta, será feita então a programação da curva I-V característica dos painéis solares. Quando o conversor seguir a curva I-V de algum modelo específico de painel, será possível simular qualquer painel por meio da programação de suas características no DSP.

Com um emulador de um painel fotovoltaico, pesquisadores terão facilidade na hora de simular seus projetos que dependam de um painel fotovoltaico, não ficando dependentes de um dia com clima ideal ou de comprar um painel real.

AGRADECIMENTOS

Ao Prof^o Dr^o Eloi Agostini Junior por todo o apoio e atenção que recebi durante a realização desse trabalho.

Ao meu colega Matheus Tauffer de Paula pela contribuição no desenvolvimento do trabalho.

A meus pais pelo incentivo e apoio

À UTFPR pela oportunidade de participar da iniciação científica e todos os outros professores que contribuíram para a minha formação.

REFERÊNCIAS

AGOSTINI, E. Estudo e implementação de uma estrutura para a alimentação de LEDs de potência com o controle da cor e da intensidade luminosa. 2008. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.

CASARO, M; MARTINS, D; Modelo de arranjo fotovoltaico destinado a análise em eletrônica de potência via simulação. Eletrônica de Potência, vol. 13, no. 3. Agosto de 2008.

BARBI, I; SOUZA, PÖTTKER, F; Conversores CC-CC isolados de alta frequência com comutação suave. Florianópolis: Edição dos autores, p. 307-326, 1999.