

Controle de um conversor CC-CC para aplicação em geração fotovoltaica

RESUMO

OBJETIVO: Este trabalho propõe melhoria do aproveitamento energético de painéis fotovoltaicos, através do estudo de fundamentos de controle e eletrônica, visando publicar noções acerca da tecnologia fotovoltaica, de forma a expandir o interesse social e contribuir para viabilizar a adesão pela tecnologia sustentável em questão. **MÉTODOS:** São avaliados os efeitos de algoritmos de busca do ponto de máxima potência (MPPT) em um sistema fotovoltaico, obtido através do controle de um conversor CC-CC (corrente contínua – corrente contínua) conectado ao painel. **RESULTADOS:** As simulações computacionais confirmam um aproveitamento de potência maior em painéis fotovoltaicos, quando operados por conversores com algoritmos para busca do ponto de máxima potência. **CONCLUSÕES:** O método avaliado, conquanto seja simplificado, demonstra uma forte aplicabilidade em dispositivos fotovoltaicos como aqueles utilizados no mercado, ainda mais caso se utilize algoritmos MPPT mais complexos e eficientes.

PALAVRAS-CHAVE: Conversor CC-CC. Energia Fotovoltaica. Malha de Controle.

Eduardo Spezia

eduardospezia@alunos.utfpr.edu.br
Universidade Tecnológica Federal
do Paraná, Pato Branco, PR, Brasil

Jean Patric da Costa

jpcosta@utfpr.edu.br
Universidade Tecnológica Federal do
Paraná, Pato Branco, PR, Brasil

INTRODUÇÃO

A matriz energética nacional depende, primariamente, do sistema hídrico de seu território, visto que, em maio de 2017, 64,7% da capacidade energética instalada no Brasil provém de fontes hidrelétricas (MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA, 2017). Contudo, cada vez maior é a demanda energética e as limitações territoriais e sociais impedem a expansão desenfreada das barragens, criando uma espécie de saturação dos locais disponíveis para a construção de usinas. Para tanto, uma alternativa adequada é o aproveitamento de outras formas de energia. Neste cenário, estabelecem-se como elementos fundamentais para a economia nacional, os geradores eólicos e fotovoltaicos.

Painéis fotovoltaicos convertem energia solar em energia elétrica através das células de silício, que o compõem, devido às próprias características físicas. A energia convertida pode ser aproveitada em um sistema elétrico, após passar por uma série de etapas. A figura 1 exibe um diagrama simplificado do arranjo de estágios em um sistema que utiliza tais painéis, que correspondem à etapa de Geração.

Figura 1 – Diagrama representativo de um sistema alimentado por painel fotovoltaico



Fonte: Autoria Própria (2017).

MÉTODOS

A conversão CC-CC tem como função elevar ou reduzir o nível de tensão proveniente dos painéis, além de tornar possível a implementação de métodos para aumentar a potência obtida na geração. Essa manipulação se torna possível através da comutação de uma chave presente no conversor, como representado no circuito da figura 2.

Para fins de simulação, é possível representar o painel fotovoltaico como um circuito composto por fonte de corrente, diodo e resistores. Contudo, neste trabalho, faz-se uso do *software* PSIM®, que, através do uso de blocos, permite a implementação de um painel com diversas variáveis ajustáveis, como temperatura, irradiação solar, número de células, etc. Dessa forma, o *software* permite reproduções satisfatoriamente precisas do comportamento analisado. Para este trabalho, foram mantidas as características-padrão do *software*.

O circuito simulado é representado na figura 2. A tensão adotada é constante, em 25°C, e a irradiação solar é variante. Os valores dos capacitores e indutor foram determinados baseando-se no trabalho de Novais (2016), a partir do kit *Solar Explorer* da *Texas Instruments*, e posteriormente adaptados, de forma a facilitar a visualização dos efeitos do controle MPPT.

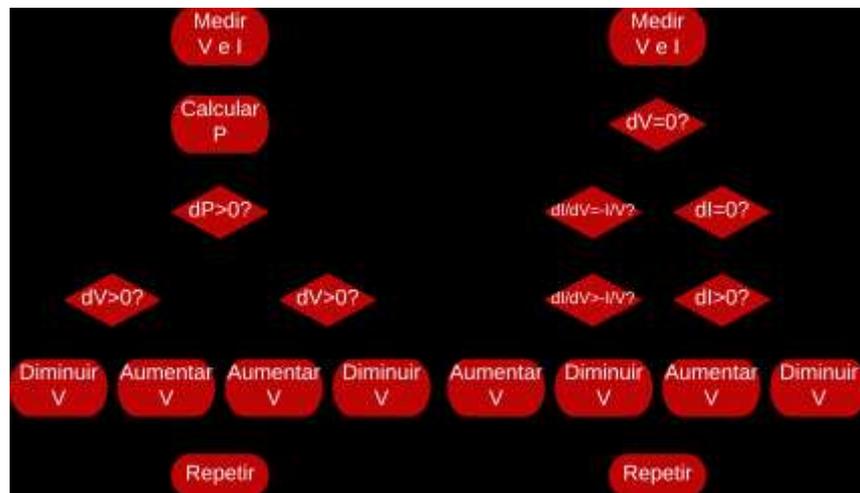
Figura 2 – Pannel fotovoltaico conectado a um conversor boost para alimentação de uma carga à tensão constante, no PSIM®



Fonte: Aatoria Própria (2017).

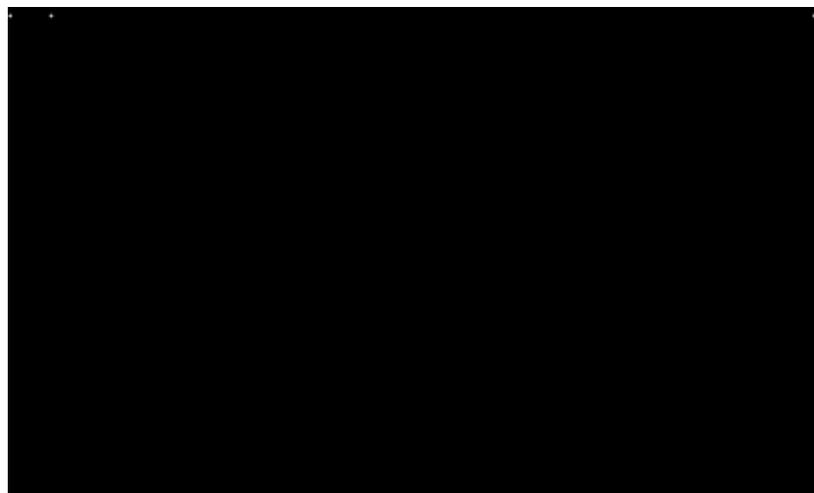
Existem diversos métodos para obtenção do ponto de máxima potência, como mencionados por Subudhi e Pradhan (2013). Neste trabalho, são abordados os dois mais tradicionais, chamados de Perturbar e Observar e Condutância Incremental. A lógica dos algoritmos é exibida na figura 3.

Figura 3 – Perturbar e Observar (esquerda) e Condutância Incremental (direita)



Fonte: Aatoria Própria (2017).

Figura 4 – Circuito para algoritmo MPPT do tipo Perturbar e Observar, no PSIM®



Fonte: Aatoria Própria (2017).

A implementação lógica adotada no software PSIM® é através de blocos, similarmente ao circuito do painel e conversor. A topologia utilizada para a aplicação do método de Perturbar e Observar pode ser visualizada na figura 4. O resultado da lógica aplicada resulta em um sinal de modulação por largura de pulso (PWM) que governa o comportamento da chave do conversor.

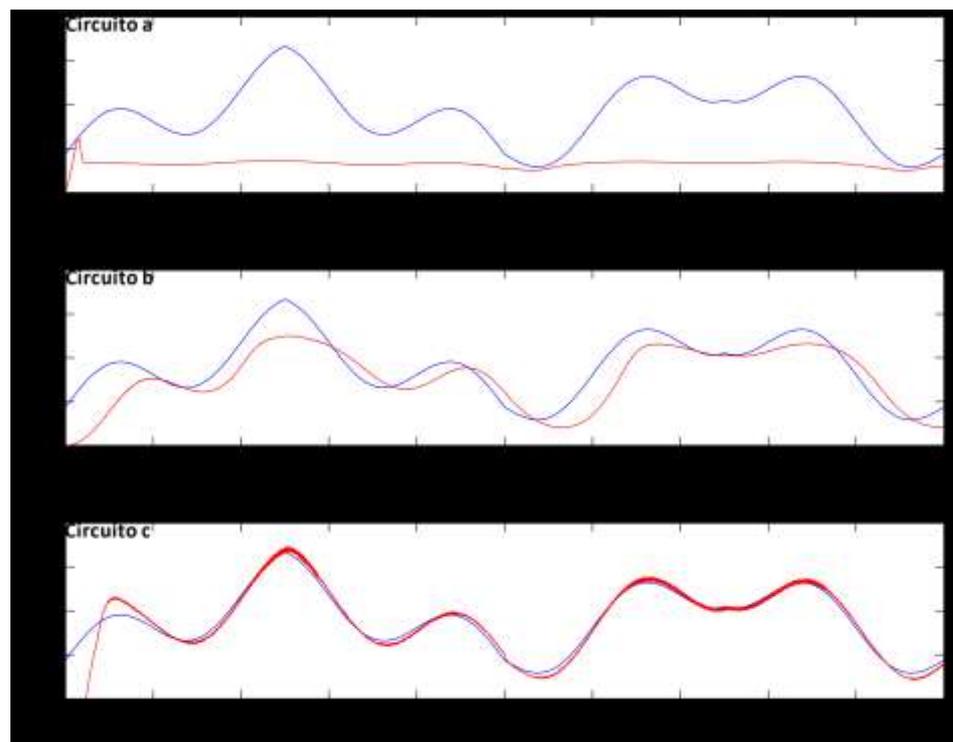
RESULTADOS

Para fins de comparação entre a presença e ausência de um controle de MPPT, foram simulados três circuitos. Para identificação, nomeiam-se como circuito *a*, *b* e *c*, respectivamente:

- O primeiro circuito é composto apenas por uma carga resistiva conectada diretamente ao painel fotovoltaico;
- O segundo possui um conversor *Boost* entre carga e painel. Todavia, a modulação por largura de pulso que controla a chave é definida com razão cíclica em 50%, ou seja, não há controle para MPPT;
- O terceiro é implementado com o algoritmo de MPPT e carga com tensão constante, simulando um cenário mais fidedigno.

Os dados da simulação foram coletados para plotagem no *software* MATLAB®. A figura 5 exibe os resultados dos três circuitos. As curvas em azul representam o valor máximo de potência que pode ser alcançado para a correspondente irradiância solar, enquanto as curvas em vermelho representam a potência efetivamente aproveitada pela carga.

Figura 5 – Potências geradas, contrastadas com a potência máxima idealizada, para os circuitos *a*, *b* e *c*, respectivamente, no MATLAB®



Fonte: Autoria Própria (2017).

CONCLUSÕES

Cabe ressaltar que tanto a topologia do conversor quanto o algoritmo apresentado são rudimentares, em termos de eficiência, considerando o atual estado da arte. A adoção de algoritmos MPPT é situacional, levando em conta complexidade e custo de projeto, conforme as circunstâncias em que deseja-se fazer uso da geração fotovoltaica.

Os gráficos das potências geradas explicitam a diferença de rendimento entre os circuitos. O circuito *a* obteve aproveitamento de energia extremamente baixo, pois o perfil de corrente é relativamente baixo na carga, e a tensão varia indefinidamente, apenas correlacionada com a irradiação solar, sem atender às características de funcionamento do painel fotovoltaico, cuja tensão ideal, no modelo trabalhado, para máxima transferência de potência, é de em torno de 17 Volts.

O circuito *b* sugere considerável melhoria em termos de aproveitamento, devido ao aumento de tensão disponível para a carga, que ocorre graças ao conversor *boost*. Contudo, a tensão permanece variante.

Finalmente, o circuito *c* exprime grande aperfeiçoamento da curva de potência aproveitada, graças ao algoritmo MPPT. Este age mantendo a tensão do painel no nível ótimo para operação, enquanto varia a corrente de forma que a multiplicação de tensão por corrente, ou seja, potência, resulte no máximo valor possível, considerando as limitações práticas do circuito.

Control of a DC converter for application in photovoltaic generation

ABSTRACT

OBJECTIVE: This work studies the improvement in the energy utilization of photovoltaic panels, through the study of control and electronic fundamentals, aiming to publish notions about photovoltaic technology, in order to increase the social interest and contribute to make the adhesion by this sustainable technology more viable. **METHODS:** Evaluation of the effects of Maximum Power Point Tracking algorithms in a photovoltaic system, obtained through the control of a DC-DC converter connected to the panel. **RESULTS:** The computational simulations confirm a higher power utilization in photovoltaic panels, when operated by converters with algorithms for maximum power point search. **CONCLUSIONS:** Although simplified, the method shows a strong applicability in photovoltaic devices such as those used in the market, and even more applicability considering the use of more complex and efficient MPPT algorithms.

KEYWORDS: DC-DC Converter. Photovoltaic Energy. Control Loop.

REFERÊNCIAS

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. Secretaria de Energia Elétrica. **Boletim Mensal de Monitoramento do Sistema Elétrico Brasileiro**. 2017. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br/web/guest/secretarias/energia-eletrica/publicacoes/boletim-de-monitoramento-do-sistema-eletrico/boletins-2017>>. Acesso em: 16 julho 2017.

NOVAIS, Hiago Henrique Borigoto de. **Análise e implementação de técnicas de rastreamento do ponto de máxima potência para sistemas fotovoltaicos**. 2016. 72 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Elétrica, Departamento de Engenharia Elétrica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2016.

SUBUDHI, Bidyadhar; PRADHAN, Raseswari. **A Comparative Study on Maximum Power Point Tracking Techniques for Photovoltaic Power Systems**. Ieee Transactions On Sustainable Energy, [s.l.], v. 4, n. 1, p.89-98, jan. 2013. Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). <http://dx.doi.org/10.1109/tste.2012.2202294>.

Recebido: 31 ago. 2017.

Aprovado: 02 out. 2017.

Como citar:

SPEZIA, E. et al. Controle de um conversor CC-CC para aplicação em geração fotovoltaica. In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA DA UTFPR, 22., 2017, Londrina. **Anais eletrônicos...** Londrina: UTFPR, 2017. Disponível em: <<https://eventos.utfpr.edu.br/sicite/sicite2017/index>>. Acesso em: XXX.

Correspondência:

Eduardo Spezia
Via do Conhecimento, Km 1, Pato Branco, Paraná, Brasil.

Direito autoral:

Este resumo expandido está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição-Não Comercial 4.0 Internacional.

