MÉTODO PERTURBA E OBSERVA MODIFICADO COM RESPOSTA PRECISA DE RASTREAMENTO DE POTÊNCIA PARA SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

Júlio César Castelhano dos Santos [1]

Guilherme Sebastiao Da Silva [2]

Resumo:

O presente artigo apresenta uma análise acerca da modificação do método de rastreio de máxima potência Perturba e Observa (P&O), aplicado ao conversor boost (CC-CC) para sistemas fotovoltaicos. Para isso, foram realizadas simulações no software SIMULINK, que possibilitaram uma comparação gráfica das máximas potências obtidas tanto pelo método convencional, quanto pelo método modificado. Nas simulações realizadas, foram feitas as configurações de 7 painéis do modelo Kyocera KD245GX-LPB conectados em série e fornecendo 208,6V na entrada do conversor boost. A temperatura dos painéis foi considerada próxima da ambiente (25ºC). A radiação foi variada em duas etapas: inicialmente optou-se por uma radiação constante de 1000W/m², e foi medida a potência obtida durante um período de tempo. Posteriormente foi dado um degrau na radiação de 1000W/m² para 800W/m², e a potência novamente foi medida pelo mesmo período da etapa anterior. Por fim, através dos gráficos gerados foi possível observar com maior clareza os efeitos causados com as modificações propostas no algoritmo.

Palavras-chave: Metodo Perturba e Observa, Conversor boost, Sistemas fotovoltaicos, Potência.

Modalidade de Participação: Iniciação Científica

MÉTODO PERTURBA E OBSERVA MODIFICADO COM RESPOSTA PRECISA DE RASTREAMENTO DE POTÊNCIA PARA SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

[1] Aluno de graduação. julioccastelhano@gmail.com. Autor principal

[2] Docente. guilhermesilva@unipampa.edu.br. Orientador

MÉTODO PERTURBA E OBSERVA MODIFICADO COM RESPOSTA PRECISA DE RASTREAMENTO DE POTÊNCIA PARA SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

1 INTRODUÇÃO

A matriz elétrica brasileira tem na energia advinda das usinas hidroelétricas 68,1% do total de sua produção (EPE, 2016). Buscando a diversificação dessa matriz, a geração distribuída (GD) bem como a incessante busca por energias renováveis vem crescendo cada vez mais em todo o país. A energia solar fotovoltaica se enquadra tanto na GD como também é uma das fontes de energias renováveis mais utilizadas atualmente. Com isso, o aprimoramento acerca desta geração energética é significativo no mundo acadêmico e industrial, impulsionando novas tecnologias e formas de melhorias das já existentes.

O grande desenvolvimento da geração fotovoltaica é atrelado a evolução da eletrônica de potência. Essa importante área da eletrônica, torna-se uma ferramenta útil no processo que leva a energia gerada pelos painéis fotovoltaicos a uma carga específica com o auxílio de conversores estáticos. Tais conversores servem para regular os níveis de tensão e corrente que serão destinados a carga, podendo manter a corrente contínua gerada nos painéis (conversores CC-CC), ou transformar a corrente gerada para alternada (conversores CC-CA) (COELHO, 2008).

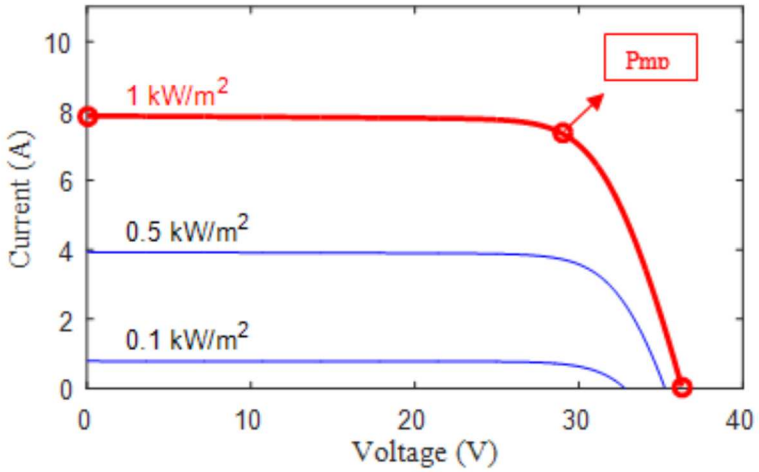
Os painéis utilizados para geração de energia solar possuem uma curva característica de corrente por tensão (I x V), na qual existe um ponto em que o mesmo opera em sua máxima potência (Pmp). Dentre as aplicações dos conversores está o rastreio da máxima potência (Maximum Power Point Tracker - MPPT), dos módulos fotovoltaicos. Tal rastreio é feito através de um controle na operação dos elementos ativos dos conversores, com o objetivo de regular a razão cíclica conforme a metodologia proposta.

O Rastreio de Máxima Potência é alvo de muitas pesquisas e produções bibliográficas, justificando os diferentes métodos possíveis de execução já existentes. Dentre estes métodos, destacam-se o método Perturba e Observa (P&O), o método da Tensão Constante (TC) e o método da Condutância Incremental (CI). Neste artigo será desenvolvida uma análise acerca do método Perturba e Observa aplicado ao conversor boost (Conversor CC-CC elevador de tensão). Para isto, foi levado em consideração o formato convencional do MPPPT e apresentado propostas de modificações no seu algoritmo. Possibilitando com isso, uma comparação do P&O com a modificação proposta através de gráficos e dados de simulação.

2 METODOLOGIA

Dentre diversos dados contidos em um datasheet de um módulo fotovoltaico, é de suma importância a compreensão de sua curva característica *I x V*, conforme pode ser observado na figura 1 a qual apresenta a curva característica do módulo fotovoltaico Kyocera KD245GX-LPB. A partir desta curva é possível compreender melhor o funcionamento de um painel solar para assim otimizar sua aplicação e eficiência.

Figura 1 - Curva característica I x V painel Kyocera KD245GX-LPB



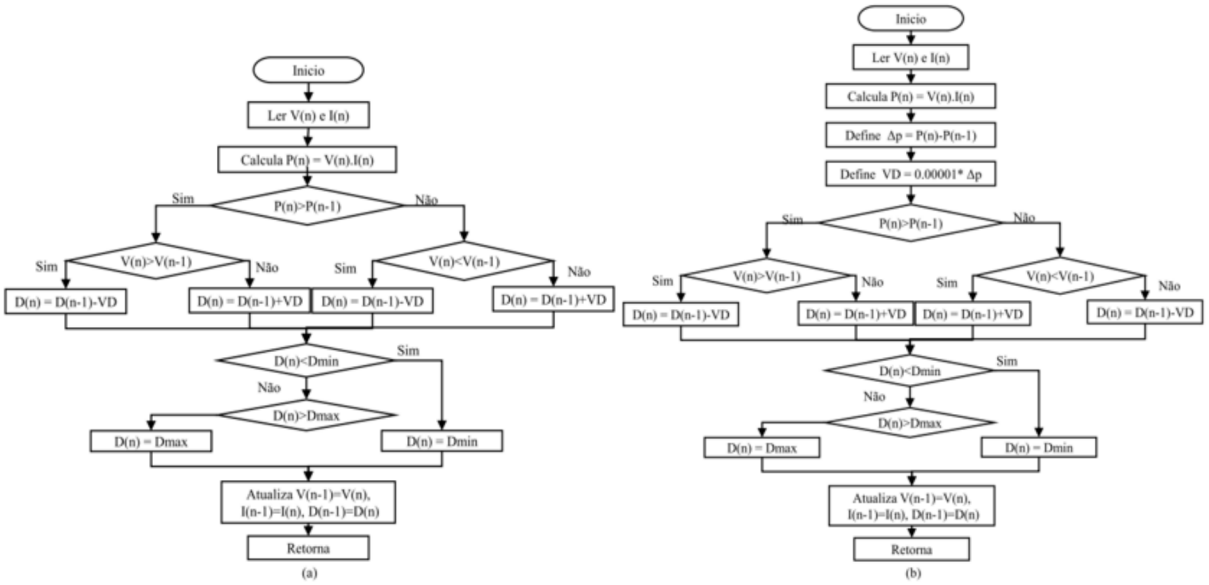
Na figura 1, é destacado para uma radiação solar de 1000 W/m², o Ponto de Máxima Potência. O método P&O convencional opera em cima desta curva, e foi um dos primeiros a considerar os sinais de tensão e corrente como condições iniciais para a obtenção do resultado desejado (COELHO, 2008). No entanto, existem algumas desvantagens como, por exemplo, oscilações em torno do Pmp, baixa velocidade de resposta além da dificuldade em aliar o aumento do passo da simulação com sua precisão final (ABDOURRAZIQ, 2013). Contudo, trata-se de um MPPT com grande utilidade por conta de sua simples compreensão e baixa necessidade de recursos de implementação, na figura 2 (a) é exposto o fluxograma de seu algoritmo de controle.

O algoritmo rastreia a máxima potência com base na perturbação da razão cíclica do conversor e na observação do valor de potência obtido. Inicialmente são lidos os valores de $V_{(n)}$ e $I_{(n)}$, que representam a tensão e a corrente na saída do arranjo fotovoltaico da atual iteração. Com estes valores é possível o cálculo de $P_{(n)}$ que representa a potência medida nesta mesma iteração. Em uma segunda análise, é exercida uma perturbação V_D (constante) na razão cíclica $D_{(n-1)}$ e obtido seu valor atual $D_{(n)}$. Esta perturbação pode ser feita na forma de incremento ($D_{(n)} = D_{(n-1)} + V_D$) ou decremento ($D_{(n)} = D_{(n-1)} - V_D$). Com a atualização da razão cíclica os valores de tensão e corrente mudam, possibilitando a obtenção de um novo valor da potência obtida no arranjo. Com isso, são comparados os valores de $P_{(n)}$ e $P_{(n-1)}$. Caso o valor atual seja maior que o valor anterior, significa que a potência está em um caminho crescente e que a próxima perturbação deve continuar a ser feita no mesmo sentido. Caso $P_{(n-1)}$ torne-se maior que $P_{(n)}$ a próxima iteração irá exercer uma perturbação no sentido oposto a anterior, aproximando-se cada vez mais do Ponto de Máxima Potência.

A modificação proposta neste artigo é feita no valor da perturbação V_D. No início do código é definida uma potência inicial $P_{(n-1)} = 0$ e calculada a nova potência $P_{(n)}$. Com estes valores é possível calcular uma diferença de potências $\Delta P = P_{(n)} - P_{(n-1)}$ que é utilizada no valor da perturbação. A variável de perturbação passa então a ser $V_D = 0.00001 * \Delta P$. Esta modificação interfere também na decisão do algoritmo para a análise de incremento ou decremento. Quando a potência atual e a anterior forem comparadas e o resultado for um valor positivo a perturbação se mantém da mesma forma que a do algoritmo convencional. No entanto, quando esta comparação retorna um valor negativo a perturbação muda, afinal a potência da iteração passada irá ter um valor maior que a da iteração atual tornando o valor de V_D negativo. Como a perturbação passa a ser negativa é invertido o sentido no qual a interferência na razão cíclica deve ser feita. Ou seja, o valor de incremento passa a ser um

decremento e o mesmo ocorre para o sentido oposto, modificando o sinal existente no código como é demonstrado na figura 2 (b).

Figura 2 - Fluxograma do método P&O. (a) Método convencional (b) Método modificado.



3 RESULTADOS e DISCUSSÃO

O conversor boost foi projetado com os parâmetros que constam na tabela 1, na qual o indutor (L) e capacitor (C) foram obtidos através das equações 1 e 2 respectivamente.

Tabela 1 – Parâmetros do conversor boost.

Parâmetro	Simbologia	Valor
Tensão de entrada	Vi	208,6 V
Tensão de saída	Vo	400 V
Frequência	f	10 kHz
Ripple de tensão	ΔV	10 %
Ripple de corrente	ΔI	10 %
Indutor	L	12,13 mH
Capacitor	C	5,14 µF

Fonte: Elaborada pelo autor, 2018.

$$L = \frac{V_i \cdot D}{f \cdot \Delta I} \quad (1)$$

$$C = \frac{I_o \cdot (V_o - V_i)}{f \cdot \Delta V \cdot V_o} \quad (2)$$

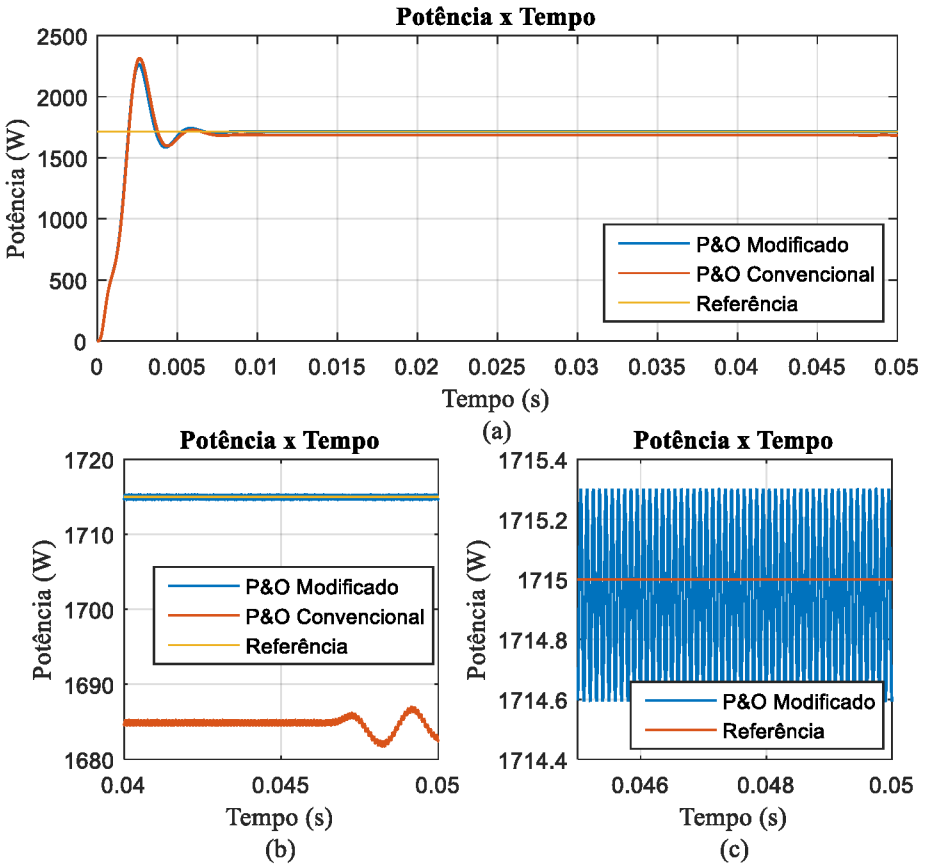
Com os parâmetros de projeto o conversor boost foi simulado no software SIMULINK™. Foram conectados em série na sua entrada 7 painéis Kyocera KD245GX-LPB fornecendo 208,6 V. As simulações foram realizadas em duas etapas considerando uma temperatura de 25 ºC. Na primeira foi configurado uma radiação de 1000 W/m² constantes nos painéis em um período de 0 s a 0.05 s, já na segunda etapa foi aplicado um degrau de

1000W/m² para 800 W/m² entre 0.2s e 0.3s de simulação. Em ambas ocasiões foram feitas as medições na potência de saída que era fornecida para uma carga de teste de 93,023 Ω (calculada com o intuito de se obter a máxima potência para a tensão e corrente na entrada do conversor).

Na figura 3 (a), é possível observar o gráfico da potência obtida na simulação quando o conversor estava sob a ação do MPPT Perturba e Observa convencional e modificado. Nesta etapa foi simulado uma radiação de 1000 W/m² constantes nos arranjos fotovoltaicos. Além disso, contém uma curva de referência a qual demonstra a potência máxima que pode ser obtida dos painéis para as configurações propostas. Esta referência calculada através de uma regra de três simples dada pela equação 3.

$$X_{Watts} = I_{rad} \cdot \frac{1715}{1000} \tag{3}$$

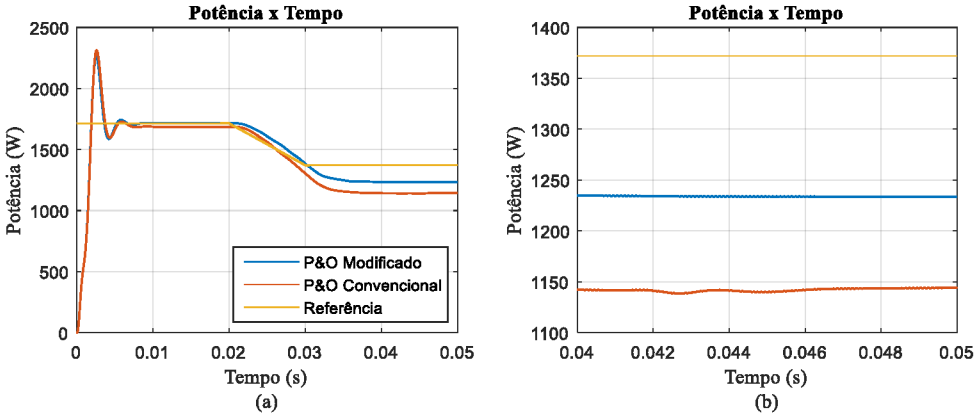
Figura 3 - Potência na saída do conversor boost. (a) Simulação completa (b) Em regime permanente (c) Método modificado e curva de referência.



Pode ser observado, na figura 3 (b), o rastreio da potência quando a mesma encontra-se em regime permanente. Fica claro com o auxílio da figura 3 (c), que a potência rastreada pelo método modificado varia em torno da potência referencial. Ou seja, a modificação proposta apresenta um rastreio com grande aproximação da referência.

O resultado da segunda etapa da simulação é exposto pela figura 4, também contendo a curva de referência. Pode ser notado com auxílio da figura 4 (b) que quando existe um degrau na radiação, tanto o método P&O convencional quanto o modificado apontam dificuldades em rastrear a potência de referência quando estão em regime permanente. No entanto, a potência obtida pelo método com o algoritmo alterado é mais próxima da referencial.

Figura 4 - Potência na saída do conversor boost. (a) Simulação completa (b) Em regime permanente.



4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Levando em consideração os resultados obtidos acerca da comparação dos métodos, é possível observar que a modificação proposta neste artigo surtiu efeitos positivos quando se trata de rastreamento da potência. Com o auxílio dos gráficos pode-se observar que com a radiação estando constante em 1000 W/m², o método modificado rastreia a máxima potência possível gerada pelo arranjo fotovoltaico. É importante ressaltar, que ao existir um degrau na radiação ambos métodos não possibilitam um rastreio exato da máxima potência, no entanto o MPPT proposto faz com que a potência de saída chegue mais próxima da referência do que o convencional.

Contudo, é cada vez mais perceptível a importância de estudos acerca da otimização de sistemas fotovoltaicos bem como outras fontes de energias renováveis. Algo que justifica a evolução constante da eletrônica de potência, importante impulsionadora desta evolução energética.

REFERÊNCIAS

ABDOURRAZIQ, M.; Ouassaid, M.; Maaroufi, M.; Abdourraziq, S. Modified P&O MPPT Technique for Photovoltaic Systems. **International Conference on Renewable Energy Research and Applications**, Madrid, Spain, 20-23 October 2013.

COELHO, R. **Estudo dos conversores buck e boost aplicados ao rastreamento de máxima potência de sistema solares fotovoltaicos.** 2008. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.

Matriz Energética e Elétrica. In: EPE EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, 2016. Disponível em: < http://epe.gov.br/pt/abcdenergia/matriz-energetica-e-eletrica>. Acesso em: 20 ago. 2018.