

TÉCNICAS DE RASTREAMENTO DO PONTO DE MÁXIMA POTÊNCIA PARA SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

Amanda Lima Salviano¹; Marcelo Cabral Cavalcanti²

¹Estudante do Curso de Engenharia Elétrica – CTG – UFPE; E-mail: amandasalviano@hotmail.com

²Docente/pesquisador do Depto de Engenharia Elétrica – CTG – UFPE. E-mail: marcelo.cavalcanti@ufpe.br

Sumário: As técnicas de rastreamento do ponto de máxima potência para sistemas fotovoltaicos foram estudadas, investigadas e comparadas a fim de se obter o melhor método para trabalhar com conversores com o intuito de definir o melhor de se rastrear esse ponto, auxiliando no aumento da eficiência dos módulos. Para isso, simulações foram realizadas no software MATLAB/Simulink®, através da modelagem de um painel fotovoltaico, de um conversor boost CC/CC e das técnicas analisadas. A pesquisa detalhou quatro tipos de técnicas, sendo uma delas proposta, e verificou a atuação conjunta de métodos *on-line* e *off-line*. Pode-se concluir que as técnicas de rastreamento que possuíam os métodos trabalhando juntos davam um resultado mais preciso do que quando se tem apenas a técnica *on-line*.

Palavras-chave: off-line; on-line; ponto de máxima potência; sistemas fotovoltaicos; técnicas de rastreamento;

INTRODUÇÃO

Sistemas fotovoltaicos de geração de energia elétrica são formados por painéis fotovoltaicos associados a outros dispositivos, como acumuladores e conversores. Os painéis são constituídos pela associação de módulos fotovoltaicos que, por sua vez, são uma associação de um conjunto de células. Dito isto, é importante salientar que os sistemas fotovoltaicos possuem baixo impacto ambiental sem qualquer tipo de emissão de poluentes, não possuem partes móveis (apresentam operação completamente silenciosa), e seu procedimento de manutenção se resume à eventual limpeza da superfície do gerador. Com essas características, nota-se que os geradores fotovoltaicos são uma excelente alternativa, tanto para os ambientes urbanos, quanto para os rurais. Outro benefício é que, pelo fato do Brasil ser um país tropical, há um alto nível de insolação em seu território, facilitando o uso deste tipo de energia.

Os estudos sobre sistemas fotovoltaicos estão cada vez mais aprofundados, porém, desde o surgimento das primeiras células fotovoltaicas, se buscam alternativas para aumentar a eficiência destes dispositivos de conversão direta (sem etapa mecânica) de modo a compensar o baixo valor deste parâmetro. Uma característica que acaba por dificultar a extração de energia dos painéis solares é o comportamento não linear da tensão e da corrente de saída. As células fotovoltaicas apresentam grandes variações de corrente e tensão em função das condições meteorológicas, principalmente da intensidade da irradiância e da temperatura. Entretanto, existe um único ponto para uma dada intensidade de irradiância e de temperatura em que a potência é máxima. O ponto onde isso ocorre é chamado de ponto de máxima potência (*Maximum Power Point* – MPP). Portanto, a curva característica, potência versus tensão, de uma célula fotovoltaica apresenta um único pico. Para garantir a máxima eficiência nos painéis fotovoltaicos, faz-se necessária a utilização de técnicas que busquem o ponto de máxima potência continuamente, já que os parâmetros mudam constantemente. Elas são chamadas de técnicas de rastreamento do ponto de

máxima potência (*Maximum Power Point Tracking* - MPPT). A utilização dessas técnicas em painéis fotovoltaicos produz um acréscimo de rendimento em torno de 15% a 30%. Este trabalho teve como objetivo estudar as técnicas de rastreamento de máxima potência para trabalharem com conversores em sistemas fotovoltaicos conectados à rede, com capacidade de obter o máximo de rendimento dos módulos e, também, contribuir com o desenvolvimento de uma nova técnica MPPT.

MATERIAIS E MÉTODOS

Para um melhor entendimento das técnicas de rastreamento do ponto de máxima potência (MPPT), foi importante compreender como se dá a modelagem das células fotovoltaicas. O modelo mais utilizado para uma célula é o que contém um diodo, um resistor em paralelo com o mesmo e um em série. A corrente elétrica em uma célula fotovoltaica pode ser considerada como a soma da corrente de uma junção PN, representada pelo diodo semicondutor, mais a corrente gerada pela radiação solar, que, neste caso, provém da fonte de corrente do circuito. O modelo descrito foi simulado na plataforma MATLAB/Simulink® através de sua equação característica, utilizando os parâmetros encontrados pelo método “Varredura Total”, desenvolvido por um aluno da pós-graduação em Engenharia Elétrica, vinculado ao Grupo de Eletrônica de Potência e Acionamentos Elétricos (GEPAE/UFPE) [1], para o painel Kyocera KC200GT.

Rastrear o ponto de máxima potência (MPP) de um arranjo fotovoltaico é uma parte essencial do sistema fotovoltaico, para que haja garantia da máxima eficiência do mesmo. Na literatura, existem diferentes técnicas que buscam esse ponto; são as chamadas técnicas de MPPT. O cálculo da potência máxima pode ser feito por técnicas *off-line*, as quais requerem o modelo do arranjo fotovoltaico e a medição da temperatura e da irradiância solar, e por técnicas *on-line*, que não precisam da medição da temperatura e da irradiância solar, nem do modelo do arranjo fotovoltaico.

O método da perturbação e observação (P&O) é usado na maioria dos casos devido a sua fácil implementação e opera de forma *on-line*. Ele compara a potência do passo anterior com a potência do próximo passo, de tal maneira que pode decrementar ou incrementar a tensão ou a corrente e, conseqüentemente, move o ponto de operação ao redor do MPP periodicamente [2]. Este método apresenta resposta dinâmica lenta e erro em regime permanente e trabalha bem quando a irradiância ou temperatura não varia rapidamente com o tempo.

Os métodos *off-lines* correspondem às técnicas MPPT baseadas em modelo, que são caracterizadas por fornecer um rastreamento rápido, porém ao custo de um maior esforço computacional. Duas dessas técnicas são o Lugar do Ponto de Máxima Potência e o Ultra-fast MPP. A primeira é baseada no método numérico de localização de raízes (iteração de ponto fixo) e explora o conhecimento do lugar do MPP como parte da iteração [3]. Já o Ultra-fast MPP foi um método proposto recentemente, que tem como ideia principal a identificação do valor de irradiância ao qual o painel está sendo exposto, baseada em uma equação algébrica que tem como parâmetros a corrente e a tensão medidas do mesmo [4].

Todas essas técnicas foram implementadas na plataforma MATLAB/Simulink® e simuladas para três irradiâncias em um intervalo de tempo (1000 W/m², 600 W/m² e 200 W/m², respectivamente) e temperatura de 25°C.

Para essa simulação, foi necessário implementar um conversor boost CC/CC. O conversor simulado foi colocado na sua forma idealizada e o controle da sua chave foi realizada, justamente, pelas técnicas de rastreamento do ponto de máxima potência que passam por um controlador proporcional-integral (PI).

RESULTADOS

As simulações dos três métodos foram realizadas, onde as técnicas *off-line* foram simuladas junto com a técnica *on-line* Perturba e Observa, como forma de otimizar o tempo de rastreamento do MPP e, também, de encontrar um resultado mais preciso.

No primeiro momento, onde houve a simulação apenas do P&O, notou-se que não há uma oscilação muito grande em torno do ponto de máxima potência e, conseqüentemente, o painel opera próximo ao MPP. Em seguida, o Lugar de MPP foi simulado junto com o P&O e houve uma menor oscilação em torno dos pontos de máxima potência em comparação ao resultado obtido apenas com o P&O.

Em um terceiro momento, a análise realizada foi relacionada ao método Ultra-fast MPP, o qual foi simulado sem a atuação do P&O. A partir dos resultados encontrados, notou-se que o método em questão não estima corretamente as irradiâncias para tensões maiores que 18,2 V. Com o intuito de resolver a falha, foi aplicado o método iterativo de Newton-Raphson para a estimação da irradiância, obtendo assim um resultado próximo do esperado para todas as tensões medidas. Logo, foi proposto o Método de Estimação do MPP sem Sensores de Irradiância e Temperatura, conhecido também por Ultra-fast Modificado. Este novo método foi simulado junto com o P&O. Observou-se que as oscilações em torno do MPP foram menores que a da situação em que só se usa o P&O, porém, houve uma perda quando comparado ao MPPT que utiliza o P&O e Lugar do MPP juntos.

Na Figura 1, é possível realizar uma análise comparativa das três técnicas com o caso ideal para irradiância de 1000 W/m² e temperatura de 25°C. Ao analisar o gráfico ampliado na Figura 1, confirma-se o que já foi exposto. Uma pequena diferença de potência entre a curva ideal e as curvas das técnicas é vista, porém o erro que corresponde a essa desigualdade é muito pequeno, próximo a 0,6%, sendo, portanto, mínimo e, com isso, não comprometendo a eficiência das técnicas estudadas.

Além disso, é importante ressaltar o esforço computacional de cada simulação, que pode ser observado na Tabela 1 para diferentes frequências.

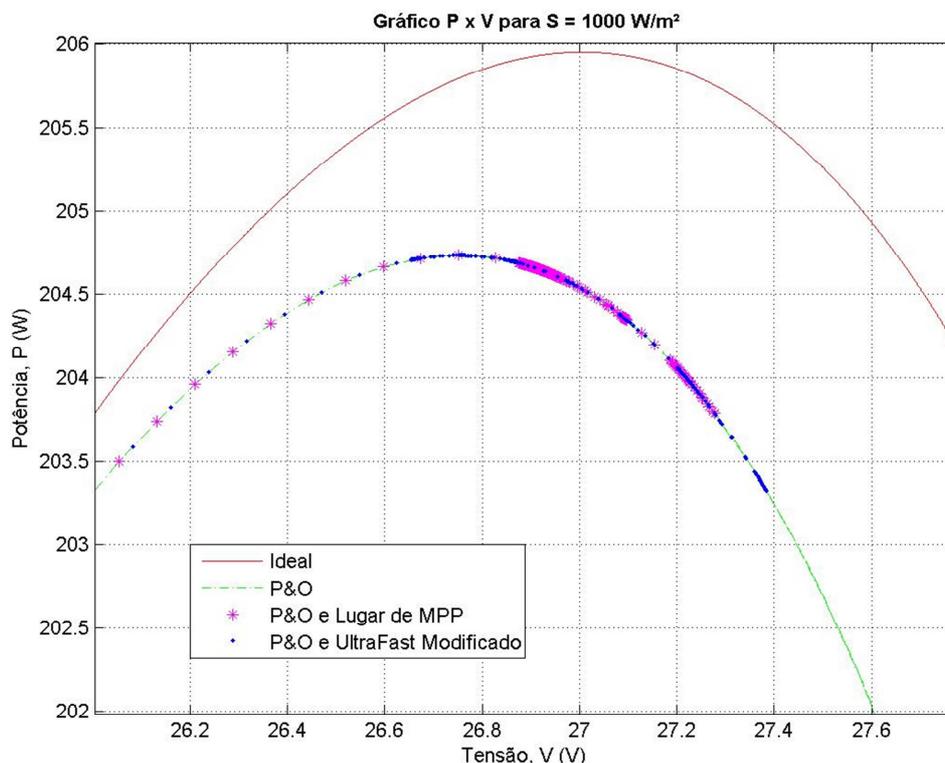


Figura 1 - Curvas P x V para S = 1000 W/m² ampliadas.

Tabela 1 - Tempo de simulação dos métodos analisados.

	TEMPO DE SIMULAÇÃO [s]	
	$f = 5000 \text{ Hz}$	$f = 1000 \text{ Hz}$
P&O	23.520084	19.583313
P&O e Lugar do MPP	20.838916	18.841866
P&O e Ultra-fast Modificado	33.110707	28.991174

DISCUSSÃO

Analisando os resultados obtidos, nota-se que ao utilizar as técnicas *on-line* e *off-line* juntas há um ganho na precisão do rastreamento, ou seja, há uma menor oscilação em torno do ponto de máxima potência melhorando, assim, o trabalho do conversor. Isso implica que pode haver uma adaptação no mercado, que utiliza, predominantemente, apenas técnicas *on-line* para o rastreamento do MPP.

Não era esperado que o P&O junto com o Ultra-fast Modificado tivesse o maior esforço computacional e perdesse em questão de precisão para o P&O junto com Lugar do MPP. Por ser uma técnica que, na teoria, oferece as condições mais completas, deve-se estudá-la mais a fundo, a ponto de torná-la melhor em comparação às outras, principalmente devido aos benefícios que ela traz, como um menor custo graças à ausência de sensores de temperatura e de irradiância.

CONCLUSÕES

As técnicas de rastreamento do ponto de máxima potência têm se mostrado essenciais mesmos, os quais estão sendo cada vez mais explorados como fonte de energia limpa.

O projeto serviu para mostrar que, ao juntar as técnicas de rastreamento *on-line* e *off-line*, há um ganho significativo quanto à oscilação em torno do MPP; ou seja, ela é reduzida, otimizando o trabalho do conversor CC/CC.

Em relação ao método Ultra-fast Modificado, é importante continuar seu estudo, com o objetivo de se obter um esforço computacional menor, para que se tenha uma técnica mais eficaz, visto que essa proposta oferece uma redução de custos, pela ausência de sensores de irradiância e de temperatura, levando vantagem em relação às outras.

AGRADECIMENTOS

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

REFERÊNCIAS

- [1] E. A. Silva, “Técnicas de Estimação de Parâmetros de Módulos Fotovoltaicos”, Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Pernambuco, Fevereiro 2015.
- [2] K. C. Oliveira, “Avaliação da Conversão da Energia Fotovoltaica em Sistemas Isolados”, Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Pernambuco, Março 2007.
- [3] L. V. Hartmann, “Iluminação Noturna a Partir de Energia Solar: Geração, Armazenamento e Conversão Utilizando Inversores Fonte de Impedância Modificados”, Tese de Doutorado, Universidade Federal de Campina Grande, Agosto 2013.
- [4] Z. Cen, “An Ultra-Fast Maximum Power Point Setting Scheme for Photo-Voltaic Arrays using Model Parameter Identification”, *International Journal of Photoenergy*, pp. 1-10, 2015.