

DESENVOLVIMENTO DE UM ALGORITMO PARA SIMULAÇÃO DE PANEIS FOTOVOLTAICOS SOB CONDIÇÕES NÃO UNIFORMES

Henrique Carlos Lunardi¹, Tiago Jackson May Dezuo².

¹ Acadêmico do Curso de Engenharia Elétrica - CCT - bolsista PIBIC/CNPq.

² Orientador, Departamento de Engenharia Elétrica - CCT - tiago.dezuo@udesc.br.

Palavras-chave: Painel fotovoltaico. Sombreamento parcial. Algoritmo de simulação.

Sistemas fotovoltaicos convertem energia de uma fonte essencialmente ilimitada em energia elétrica e por isso é quase sempre desejável extrair a máxima potência possível. Entretanto, painéis fotovoltaicos estão normalmente sujeitos à condições não uniformes, como sombreamentos parciais, distribuição irregular da temperatura, diferentes módulos interconectados, dentre outras. Esta distribuição não uniforme deforma a curva característica corrente-tensão (I-V) dos painéis, resultando em múltiplos máximos locais na curva potência-tensão (P-V). Isso faz com que técnicas de rastreamento do ponto de máxima potência (MPPT) tradicionais tendam a ficarem presas em máximos locais menores. A não-uniformidade representa um desafio extra para técnicas de controle, pois a curva característica I-V, altamente não linear e com incertezas paramétricas (radiação e temperatura, principalmente), se torna uma função contínua por trechos, ou seja, com descontinuidades em sua derivada.

Diante do exposto, um método para encontrar como a curva I-V de um arranjo fotovoltaico se comporta sob condições não uniformes é necessário. Entretanto, ferramentas para tal objetivo são pouco disponíveis na literatura e apresentam características limitadas. Por isso, este projeto de pesquisa teve enfoque no desenvolvimento de um algoritmo que retorne as curvas P-V e I-V (e a derivada da mesma) para um dado arranjo fotovoltaico sob condições não uniformes de radiação e de temperatura e diferentes módulos interconectados.

A obtenção do algoritmo proposto não é trivial, pois não é possível determinar uma equação característica única para o caso não uniforme. É necessária uma análise do comportamento físico de módulos interconectados em série/paralelo, de modo a desenvolver uma maneira automática que represente a operação do sistema real.

O desenvolvimento do algoritmo teve base no estudo de sistemas fotovoltaicos, como são fabricados os painéis, quais seus parâmetros, a obtenção das curvas características I-V para o caso uniforme e como a radiação solar e temperatura afetam esta curva. Um dos resultados desta etapa foi a determinação de uma equação que representa um módulo sob condições uniformes, onde foi identificada a necessidade de utilização de um sub-algoritmo para cálculo das curvas I-V de módulos isolados através de métodos numéricos, como o de Newton-Raphson.

O próximo passo foi a análise da influência de distribuições não uniformes de radiação de temperatura em módulos interconectados em série e/ou paralelo. Aqui assumiu-se que cada módulo dispunha de um diodo de *bypass* e cada *string* de módulos de um diodo de bloqueio, evitando que os módulos tenham correntes e/ou tensões negativas e operem como cargas. A

presença desses diodos é a causa da não monotonicidade da curva I-V, e a lógica que determina o estado de condução de cada diodo, um dos maiores desafios no desenvolvimento do algoritmo.

Os resultados desta pesquisa se demonstraram muito satisfatórios, resultando no algoritmo apresentado de maneira simplificada na Figura 1, que atende a todos os objetivos propostos. Com base neste algoritmo foi desenvolvido um código em Matlab que possibilitou a plotagem das curvas I-V e sua derivada, exemplificadas para um caso não uniforme na Figura 2.

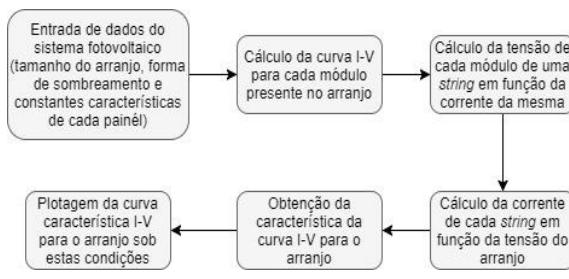


Fig. 1 Fluxograma do algoritmo

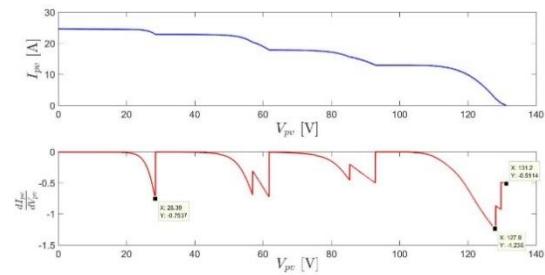


Fig. 2 Curva I-V e sua derivada

O algoritmo desenvolvido também serviu de base para simulações apresentadas em dois artigos já escritos e submetidos. O primeiro, já aceito, para apresentação na *56th IEEE Conference on Decision and Control*, em Melbourne na Austrália. O segundo encontra-se atualmente em fase de revisão pelo periódico *IEEE Transactions on Automatic Control*.