



Sistema fotovoltaico com controle de posição visando maximização da geração de energia

RESUMO

OBJETIVO: Compor uma bancada móvel para um sistema fotovoltaico isolado, com controle de posição do painel solar e conversor de tensão para fornecimento de energia a uma bateria. **MÉTODOS:** Realizar o reposicionamento do painel a partir de dados de luminosidade proveniente de sensores e utilizar lógica *Fuzzy* para a tomada de decisão. Utilizar a energia gerada para carregar uma bateria por meio de um conversor de tensão, que por sua vez é controlado com PID. **RESULTADOS:** O resultado do projeto pôde ser averiguado a partir da coleta de dados referente a energia gerada pelo sistema em funcionamento. **CONCLUSÕES:** O sistema apresentou resultados satisfatórios, entretanto também apresentou algumas falhas que devem ser tratadas futuramente.

PALAVRAS-CHAVE: Energia Fotovoltaica. Seguidor Solar. Lógica *Fuzzy*. Conversor CC-CC. Controle PID.

Thainara de Araújo

thainara@alunos.utfpr.edu.br

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Cornélio Procópio, PR, Brasil

Alessandro do Nascimento

Vargas

avargas@utfpr.edu.br

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Cornélio Procópio, PR, Brasil

INTRODUÇÃO

A crescente demanda por energia, aliada à característica renovável e limpa da geração por meio de painéis fotovoltaicos, impulsionaram os estudos nessa área a fim de aumentar seu rendimento, tornando-a viável para aplicações domésticas e industriais. Um dos obstáculos à implantação de um sistema fotovoltaico é seu alto custo. No entanto, a maximização do rendimento dos painéis por meio de técnicas de controle, como o seguidor solar, tem contribuído para melhora do custo-benefício destes sistemas (LIRA, 2014).

O seguidor solar tem como propósito manter o painel fotovoltaico perpendicular aos raios solares, uma vez que apenas a radiação que incide perpendicularmente ao seu plano é utilizada para produção de energia.

MÉTODOS

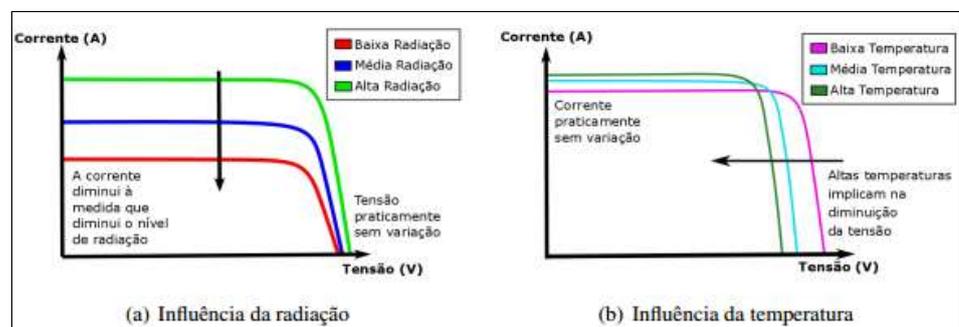
O projeto foi dividido em quatro etapas: Estrutura móvel, Conversor CC-CC, Controle do conversor CC-CC e Controle do seguidor solar; detalhados em seguida.

1 ESTRUTURA MÓVEL

O painel solar escolhido para compor o sistema é descrito em Technology (2016). A escolha se deve principalmente às características de tamanho e peso, ideais para aplicação em estrutura móvel, pois requer menor torque dos motores.

A corrente elétrica fornecida por uma placa fotovoltaica depende da intensidade da radiação que incide sobre as células, enquanto a tensão depende da temperatura de operação das células, e conseqüentemente ambos os fatores influenciam na potência. A Figura 1 mostra como a temperatura e a radiação influenciam na curva característica das placas fotovoltaicas.

Figura 1 – Fatores que influenciam a curva característica de um painel fotovoltaico.



Fonte: Autoria própria (2017).

O seguidor solar permite maximizar a captação da radiação solar pelo painel, o que desloca a curva característica da placa fotovoltaica para cima, aumentando a capacidade de corrente do painel. Isso reduz o tempo necessário para o carregamento da bateria, pois mais corrente será transferida em menor tempo.

O rastreador solar conta com uma estrutura móvel, com dois graus de liberdade, garantindo a melhor posição do painel para captação da radiação solar. A estrutura utilizada no projeto é exibida na Figura 2.

Figura 2 – Estrutura móvel para placa fotovoltaica.



Fonte: Autoria própria (2017).

2 CONVERSOR CC-CC

Foi escolhido o conversor do tipo Buck, abaixador de tensão, pois se a tensão na entrada do conversor for inferior à tensão desejada na saída, seria necessário utilizar um conversor elevador de tensão. Porém a corrente de saída não seria suficiente para recarregar a bateria e, por isso, preferiu-se usar um conversor Buck.

O conversor Buck foi calculado e construído a fim de permitir a máxima conversão necessária no sistema, que ocorre quando a bateria está descarregada e o painel disponibiliza sua potência máxima. A partir disso construiu-se o circuito do conversor Buck, cujo indutor de saída é de 4mH, o capacitor de entrada de 470 μ F e o capacitor de saída de 1000 μ F.

3 CONTROLE DO CONVERSOR CC-CC

Por meio do controle PID manteve-se a saída do conversor Buck com tensão ligeiramente superior a tensão da bateria, permitindo armazenar a energia proveniente do painel fotovoltaico. Para o cálculo dos parâmetros do controlador PID utilizou-se a técnica descrita por Mondal (2014) a fim de melhorar o desempenho do sistema em estado estacionário, desse modo foram encontrados os seguintes parâmetros: K_p valendo 0,2319; K_i igual a 25,0524; e K_D equivalente a $2,3844 \cdot 10^{-4}$.

4 CONTROLE DO SEGUIDOR SOLAR

Para controlar o movimento do seguidor solar necessita-se definir o sentido de rotação dos motores e suas velocidades. O algoritmo de controle do sentido de rotação inicia lendo a radiação solar por meio dos sensores *LDRs* dispostos em uma matriz 2x2 fixada ao painel, em seguida faz-se a comparação entre os sensores de lados opostos e verifica-se qual apresenta maior diferença. Então

analisa-se o sinal da maior diferença (erro) e a partir dele define-se o comando, que pode ser: abaixar, levantar, rotacionar sentido horário ou rotacionar sentido anti-horário. Em seguida utiliza-se lógica *Fuzzy* para definir a velocidade do movimento.

Para a implementação da lógica *Fuzzy* foram definidas as variáveis de entrada, erro e derivada do erro, a variável de saída, velocidade de rotação, e a base de regras, conforme apresentado na Figura 3. A base de regras pode ser vista mais nitidamente na Tabela 1.

Figura 3 – Lógica *Fuzzy* aplicada ao seguidor solar.



Fonte: Autoria própria (2017).

Tabela 1 – Base de regras da lógica *Fuzzy*.

Erro	Δ erro	Velocidade
Negativo	Negativo	Alta
Negativo	Positivo	Alta
Zero	Negativo	Baixa
Zero	Positivo	Baixa
Positivo	Negativo	Alta
Positivo	Positivo	Alta
Zero	Zero	Zero
Negativo	Zero	Média
Positivo	Zero	Média

Fonte: Autoria própria (2017).

Portanto, deve-se calcular o erro e a derivada do erro dos sensores e aplicá-los sobre a lógica *Fuzzy* que retorna a velocidade a ser empregada.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

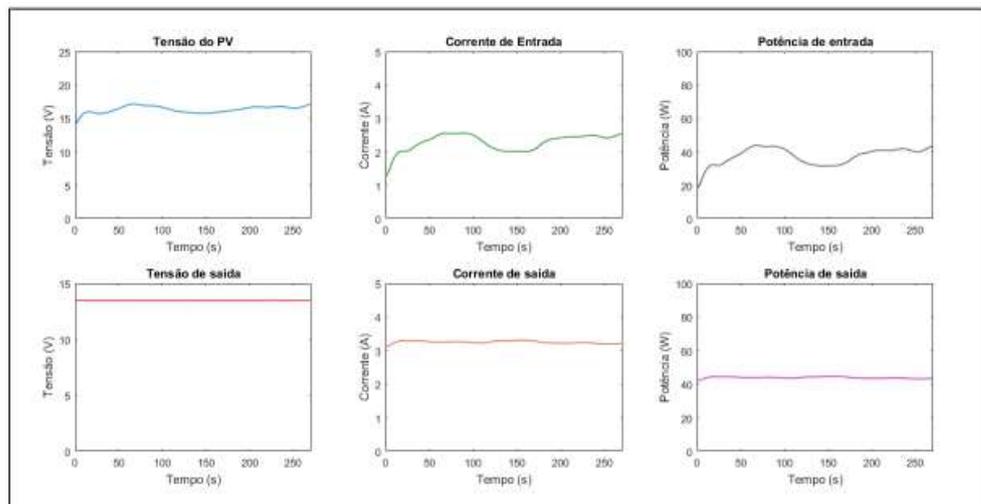
O protótipo foi exposto ao sol e conseguiu realizar o movimento de maneira satisfatória quando há presença de luminosidade direta, entretanto em dias nublados o seguidor apresenta falhas, pois os sensores foram calibrados para maior precisão na presença de maior luminosidade.

Quando a estrutura é posicionada próxima a objetos que causem sombreamento o sistema se moverá buscando evita-lo, mesmo que isso

signifique não seguir o sol. Entretanto, essa estratégia é válida pois uma área maior do painel receberá raios solares, mesmo que com ângulo de incidência diferente de 0° .

Por fim foi feita a integração das etapas e coletou-se dados de tensão e corrente de entrada e saída a fim de verificar a eficiência do sistema. O teste se iniciou com o painel paralelo à superfície da bancada, então o sistema realizou o reposicionamento de maneira automática. A Figura 4 mostra os resultados adquiridos em uma manhã no mês de maio, quando o sol se encontrava a Nordeste, e o céu estava com poucas nuvens.

Figura 4 – Resultados do teste em uma manhã com efeito sombreamento.



Fonte: Autoria própria (2017).

É perceptível na Figura 4 um grande ganho de potência com o ajuste do painel solar. Entre o tempo 100 e 180 segundos uma nuvem pouco densa colocou-se entre o sol e o painel, reduzindo levemente a produção de energia.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O sistema apresentou resultados satisfatórios, entretanto foi verificada uma falha no sistema. Como os sensores utilizados não diferenciam a radiação direta da difusa, caso o seguidor solar inicie seu movimento em um ponto oposto ao correto, o sistema não consegue chegar ao ponto correto, pois utiliza a diferença de luminosidade sobre os sensores, e quando a luminosidade sobre os sensores se equilibram, o sistema cessa o movimento mesmo que o painel não esteja com a face voltada para o sol. Logo, deve-se realizar mudanças futuramente a fim de eliminar esse problema.

O conversor Buck comportou-se da maneira desejada, mantendo a tensão de saída fixa e com erros pequenos, além de transferir uma corrente considerável para a bateria, logo o controle PID mostrou-se eficiente.

O uso da lógica *Fuzzy* mostrou-se válida pois não necessita de um modelo matemático do sistema, o qual não é possível extrair devido as características climáticas intermitentes.

Photovoltaic system with position control looking for maximizing power generation

ABSTRACT

OBJECTIVE: Build a mobile stand for an isolated photovoltaic system, with positioning control of the solar panel and voltage converter for the supply of energy to a battery.

METHODS: Perform repositioning of the panel from sensor-proven luminosity data and logic. Fuzzy for decision making. Use an energy generated to charge a battery by means of a voltage converter, in turn and controlled with PID. **RESULTS:** The result of the project could be ascertained from data collection regarding the energy generated by the system in operation. **CONCLUSIONS:** The system presented satisfactory results, among others.

KEYWORDS: Photovoltaic energy. Solar follower. *Fuzzy logic*. DC-DC converter. PID control.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, que fomentando a pesquisa científica e o desenvolvimento tecnológico, financiou a execução deste projeto, tornando-o possível.

Ao Prof. Dr. Alessandro do Nascimento Vargas, pela orientação e incentivo ao desenvolvimento deste projeto.

REFERÊNCIAS

LIRA, J. R. V. Desenvolvimento de um rastreador solar do tipo polar com ajuste de ângulo de inclinação. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2014.

MONDAL, A. **Digital PID Controller Design for DC-DC Buck Converter**. Tese (Doutorado) – National Institute of Technology, Rourkela, 2014.

TECHNOLOGY, N. K. S. **Specification sheet**. Disponível em: <
http://www.solarbrasil.com.br/images/solarbrasil/downloads/KM_50.pdf >.
Acesso em: 03 jun. 2016.

Recebido: 31 ago. 2017.

Aprovado: 02 out. 2017.

Como citar:

ARAÚJO, T. et al. Sistema fotovoltaico com controle de posição visando a maximização da geração de energia. 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:

Thainara de Araújo

Rua Regente Feijó, número 180, Bairro Jardim Paulista, Campo Grande, MS, Brasil.

Direito autoral:

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

