

COMPARAÇÃO DE ALGORITMOS DE MÁXIMA POTÊNCIA EM SISTEMAS FOTOVOLTAICOS CONECTADOS À REDE

João H. de Oliveira¹ – joao.henrique@ufv.br

Amaury L. Malta¹ – amaury.malta@ufv.br

Allan F. Cupertino^{1,2} – allan.cupertino@yahoo.com.br

Heverton A. Pereira^{1,2} – hevertonaugusto@yahoo.com.br

¹ Gerência de Especialistas em Sistemas Elétricos de Potência, Universidade Federal de Viçosa, Av. P.H. Rolfs s/nº, 36570-000, Viçosa, MG, Brasil

² Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Minas Gerais, Av. Antônio Carlos 6627, 31270-901, Belo Horizonte, MG, Brasil

Resumo. Um painel fotovoltaico possui diferentes pontos de operação que variam em função das condições climáticas. Num sistema fotovoltaico procura-se extrair o máximo de potência possível de um painel solar, para isso são utilizados algoritmos de Busca de Ponto de Máxima Potência (MPPT - Maximum Power Point Tracker). O ponto de máxima potência calculado por um algoritmo é utilizado como entrada para o sistema de controle. Neste trabalho, foram testados quatro algoritmos propostos na literatura em um sistema conectado na rede, com potência de 20kW. Os algoritmos foram: Tensão Constante, Perturba & Observa, Condutância Incremental e Correlação de Ripple. O controle foi feito calculando-se a tensão na máxima potência e a referenciando num inversor que então é ligado à rede. O controle utiliza a referência dada pelo MPPT em um sistema formado por uma malha de controle de tensão no barramento CC, uma malha de potência reativa, e um DSOGI-PLL (Double Second Order Generalized Integrator) para obter o ângulo de orientação do sistema dq. Esse sistema gera um valor de tensão para o SVPWM (Space Vector Pulse Width Modulation), que controla a tensão de saída do inversor. Esse sistema foi simulado e avaliou-se como cada método influencia na energia produzida. Para cada algoritmo, analisou-se a potência, corrente e tensão do painel fotovoltaico, a potência ativa e reativa na rede além dos níveis de distorção harmônica.

Palavras-chave: MPPT, Painel Fotovoltaico, Inversor, Conexão à Rede.

1. INTRODUÇÃO

Com o crescente aumento do consumo de energia elétrica no mundo, grande parte da economia mundial tenta diversificar sua matriz energética com energias provenientes de fontes renováveis, tendo em vista que uma parcela considerável das fontes utilizadas até hoje são de energia não renováveis, que são extremamente prejudiciais ao meio ambiente. Neste contexto, a energia solar fotovoltaica tem ganhado destaque pelo seu baixo impacto ambiental, operação silenciosa e fácil agregação às estruturas. De acordo com um levantamento realizado recentemente pela *European Photovoltaic Industry Association* (EPIA), em 2012 a capacidade instalada de módulos fotovoltaicos alcançou valores próximos a 102 GW.

Apesar de suas características favoráveis, a geração de energia solar é sazonal e fortemente dependente das condições climáticas (radiação solar, temperatura, velocidade do vento, etc.). Assim, é necessário extrair o máximo da potência possível do painel solar. Fig. 1 mostra uma típica curva $P \times V$ do painel. Para um dado valor de radiação e temperatura existe um ponto onde a máxima potência é obtida. Por essa razão, em sistemas fotovoltaicos existe um seguidor de máxima potência, conhecido na literatura como *maximum power point tracker* (MPPT) que controlam a tensão do painel no ponto de máxima potência.

A geração de eletricidade no local próximo aos consumidores reduzem os investimentos em transmissão e aumentam a confiabilidade do sistema de potência (Simões, et al., 2012). O elemento básico do sistema de geração distribuída é o inversor o qual conecta a fonte (painel solar, por exemplo) à rede de distribuição (Cupertino, et al., 2013).

Na literatura há diversos estudos sobre a performance de sistemas fotovoltaicos conectados à rede. A maioria deles com foco em:

- Controlar a potência ativa e reativa injetada na rede (Lo, et al., 2008), (Meza, et al., 2012);
- Reduzir a distorção harmônica da corrente;
- Utilizar algoritmo MPPT para extração da máxima potência do painel (Lo, et al., 2008), (Meza, et al., 2012), (Wai, et al., 2008).

Há basicamente duas topologias para sistemas fotovoltaicos conectados à rede, como mostrado na Fig. 2:

- Topologia 1: Os painéis fotovoltaicos são conectados diretamente ao barramento CC do inversor PWM (Meza, et al., 2012), (Mastromauro, et al., 2009), (Zhang, et al., 2009);

- Topologia 2: Os painéis fotovoltaicos são conectados a um conversor CC/CC e depois ao barramento CC do inversor PWM (Lo, et al., 2008), (Wai, et al., 2008), (Antunes, et al., 2000).

A primeira topologia precisa de mais painéis solares conectados em série e é mais sensível a variações na irradiância incidente. Além disso, o algoritmo de MPPT é implementado no controle do inversor. A segunda topologia pode ser usada com um número menor de painéis solares e permite um melhor controle da potência.

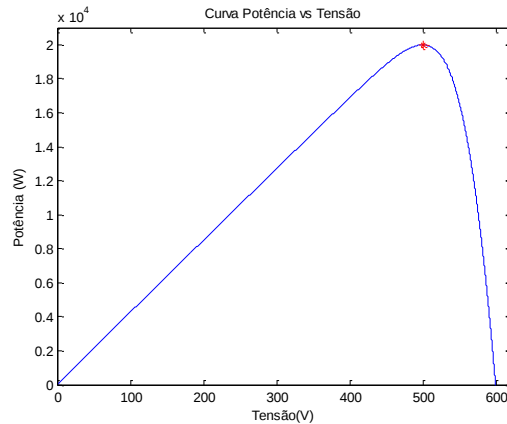


Figura 1- Típica curva $P \times V$ de um painel solar.

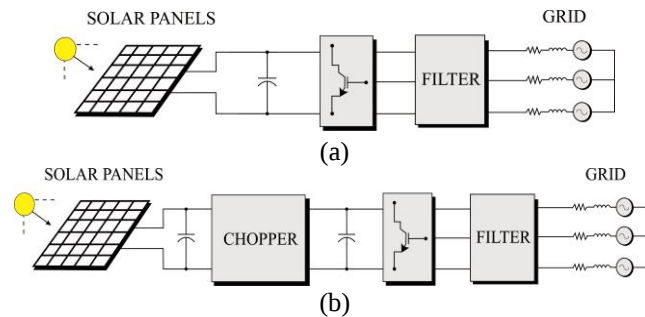


Figura 2 - Topologias de sistemas fotovoltaicos conectados à rede: (a) Topologia 1 e (b) Topologia 2.

Diversos algoritmos de MPPT têm sido propostos na literatura. Esse trabalho estuda quatro estratégias: tensão constante (CV) (Hussein, et al., 1995), perturba e observa (P&O) (Midya, et al., 1996), condutância incremental (IC) (Villalva, 2010) e correlação de ripple (RCC) (Cavalcanti, et al., 2007). Este artigo mostra os resultados de um sistema fotovoltaico conectado à rede de distribuição.

2. MODELAGEM DO SISTEMA

2.1 Modelagem do painel solar

O modelo do painel solar utilizado nesse trabalho é baseado em um modelo discutido em (Villalva, et al., 2009). A Tab. 1 mostra os parâmetros usados no painel solar utilizado. No sistema, utilizou-se 80 desses painéis, em um arranjo de cinco *strings* em paralelo, e cada um desses *strings* com 16 painéis em série.

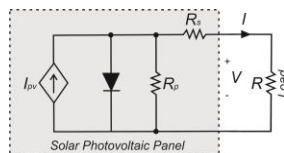


Figura 3- Modelo do painel solar.

A corrente no painel solar é:

$$I = I_{pv} - I_0 \left(e^{\frac{V + I R_s}{a V_t}} - 1 \right) - \frac{V + I R_s}{R_p} \quad (1)$$

Tabela 1 - Especificações elétricas do painel solar para as condições de irradiância de 1000 W/m² e temperatura de célula de 25 °C.

CARACTERÍSTICA	VALOR
Máxima Potência	250 W
Tensão de Máxima Potência	31,29V
Corrente de Máxima Potência	7,99 A
Tensão de Circuito Aberto	37,5 V
Corrente de Curto-Circuito	8,5 A
Coeficiente K_i	4,3 mA/°C
Coeficiente K_v	-313 mV/°C

Onde I_{pv} é dado por:

$$I_{pv} = (I_{pv_n} + K_i \Delta T) \frac{G}{G_{ref}} \quad (2)$$

I_{pv_n} é a corrente em condições nominais, dada por:

$$I_{pv_n} = \frac{R_p + R_s}{R_p} I_{sc_n} \quad (3)$$

$\Delta T = T - T_n$ (T é a temperatura do painel solar e T_n é a temperatura do painel solar nas condições nominais); G e G_{ref} são os valores de radiação solar incidente e a radiação de referência (W/m²), respectivamente. K_i é o coeficiente de temperatura da corrente de curto circuito (A/K).

A corrente de fuga reversa do diodo, I_0 é:

$$I_0 = \frac{I_{sc_n} + K_i \Delta T}{e^{\left(\frac{(V_{oc_n} + K_v \Delta T)/a}{V_t}\right)} - 1} \quad (4)$$

I_{sc_n} é a corrente de curto-circuito nominal, V_{oc_n} é a tensão de circuito aberto nominal e K_v é o coeficiente de temperatura da tensão de circuito aberto (V/K). A variável a é a constante de idealidade do diodo, que varia de $1 \leq a \leq 1.5$. Finalmente V_t é calculado por:

$$V_t = \frac{k T}{e} \quad (5)$$

Onde k é a constante de Boltzman, T é a temperatura do painel (K) e e é a carga de um elétron.

Um algoritmo para ajuste de R_s e R_p é proposto por (Villalva, et al., 2009). Na verdade, existe somente um par $\{R_s, R_p\}$ que satisfaz $P_{max_{model}} = P_{max_e}$ (Villalva, et al., 2009). Utilizando informações presentes em Eq.(1), pode-se obter:

$$R_p = \frac{V_{mp}(V_{mp} + I_{mp}R_s)}{V_{mp}I_{pv} - V_{mp}I_0 \left[e^{\left(\frac{V_{mp} + I_{mp}R_s}{a V_t}\right)} - 1 \right] - P_{max_e}} \quad (6)$$

Utiliza-se o processo iterativo mostrado na Fig. 4. Os valores iniciais de R_s e R_p são (Villalva, et al., 2009):

$$\begin{cases} R_{s_{min}} = 0 \\ R_{p_{min}} = \frac{V_{mp}}{I_{sc_n} - I_{mp}} - \frac{V_{oc_n} - V_{mp}}{I_{mp}} \end{cases} \quad (7)$$

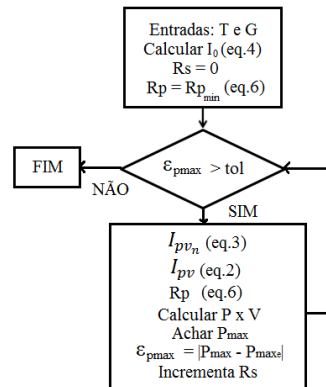


Figura 4 – Algoritmo do método utilizado para ajuste do modelo do painel (Villalva, et al., 2009).

2.2 Estratégia de Controle

Este algoritmo considera que a tensão no ponto de máxima potência apresenta pouca variação. Esse fato é válido apenas se forem consideradas pequenas variações na temperatura dos painéis solares, como mostrado na Fig. 7.

Além disso, este método é pouco atrativo pela necessidade de desconectar o painel da carga para determinar o valor de V_{oc} (Bekker, et al., 2004).

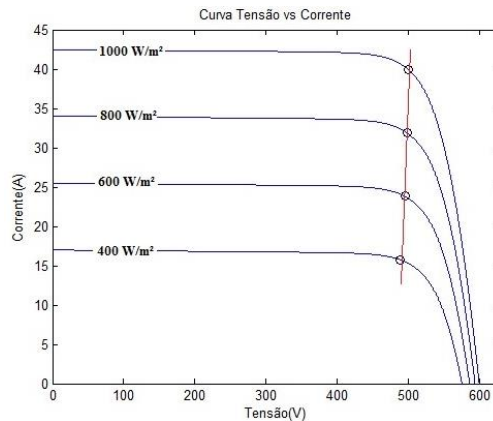


Figura 7- Curvas V x I de um painel solar para vários níveis de radiação e temperatura constante.

3.2 Perturba e Observa – P & O

O algoritmo Perturba e Observa (P&O) é mostrado na Fig. 8. Esse método é amplamente usado devido a sua baixa complexidade e dele se originou vários métodos como *P&O Modificado*, *Hill Climbing* and *Hill Climbing Modificado* (Esrarn, et al., 2007).

Este algoritmo funciona periodicamente incrementando ou decrementando a tensão do sistema fotovoltaico e compara a potência de saída com seu valor anterior. Se a potência entregue aumentou, a direção da perturbação continuará na mesma direção no próximo ciclo, caso contrário, a direção da perturbação muda. Isso significa que a tensão do sistema fotovoltaico será perturbada a cada ciclo. Quando o MPP é alcançado, o algoritmo P&O oscilará por volta dele (Villalva, et al., 2009).

3.3 Condutância Incremental – CI

O algoritmo da Condutância Incremental é frequentemente considerado a melhor técnica baseada no método de Perturbação e Observação. Esse método apresenta bom comportamento em estado estacionário e uma resposta rápida durante mudanças na radiação solar incidente (Imhoff, et al., 2007).

Essa técnica usa a derivada da curva de potência em relação à tensão (dP/dV), o que garante menores perturbações no estado estacionário do que o método P&O (Bekker, et al., 2004). Portanto, sabe-se que no MPP, $dP/dV = 0$. Essa derivada pode ser escrita em termos de tensão e corrente do sistema solar, como visto em (11).

$$\frac{dP}{dV} = \frac{d(I V)}{dV} = \frac{I}{V} + \frac{dI}{dV} \approx \frac{I}{V} + \frac{\Delta I}{\Delta V} \quad (11)$$

O algoritmo periodicamente compara a condutância $\frac{I}{V}$ com seu incremento $\frac{\Delta I}{\Delta V}$ (Villalva, 2010). Como visto na Fig. 9. Note que:

- Se $\frac{I}{V} = \frac{\Delta I}{\Delta V}$, o algoritmo encontrou o ponto de máxima potência;
- Se $\frac{I}{V} > \frac{\Delta I}{\Delta V}$, é necessário incrementar a tensão para encontrar a MPP;
- Se $\frac{I}{V} < \frac{\Delta I}{\Delta V}$, é necessário decrementar a tensão para encontrar a MPP;

3.4 Correlação de Ripple – RCC

O método RCC foi primeiramente apresentado como uma técnica analógica com uma resposta rápida (Spiazzi, et al., 2009). Apesar disso, já existem algumas propostas de implementação digital na literatura (Kimball, et al., 2007), (Kimball, et al., 2008).

Esse método usa o *ripple* da potência $\tilde{p}_{PV}$ e o *ripple* de tensão $\tilde{v}_{PV}$ do sistema solar para encontrar a derivada da potência dP/dV (Cupertino, et al., 2012). Para isso, é usado um filtro passa alta de primeira ordem para obter os *ripples* de tensão e potência. Então, usa-se um filtro passa-baixa de primeira ordem para calcular o valor médio da derivada da potência (12). O diagrama deste método é apresentado na Fig. 10.

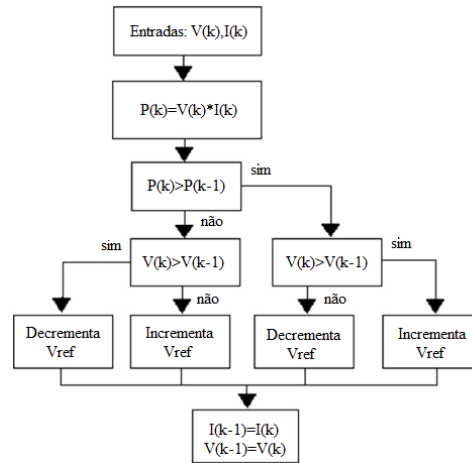


Figura 8– Algoritmo P&O.

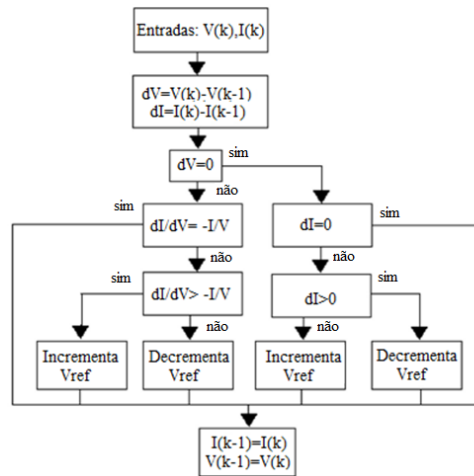


Figura 9– Algoritmo CI.

$$\left(\frac{\partial p}{\partial v}\right) \cong \frac{\bar{\tilde{p}}_{PV} \cdot \tilde{v}_{PV}}{\tilde{v}_{PV} \cdot \bar{\tilde{p}}_{PV}} \quad (12)$$

Seu funcionamento é tal que, se a tensão aumenta ($\tilde{v}_{PV} > 0$) e a potência aumenta ($\tilde{p}_{PV} > 0$), o ponto de operação está abaixo do MPP. Por outro lado, se $\tilde{v}$ aumenta e $\tilde{p}$ diminui, então o ponto de operação está acima do MPP. Portanto, se $\tilde{v}_{PV} \cdot \tilde{p}_{PV}$ é positivo o ponto de operação está à esquerda do MPP ($dP/dV > 0$); se $\tilde{v}_{PV} \cdot \tilde{p}_{PV}$ é negativo o ponto de operação está à direita do MPP ($dP/dV < 0$).

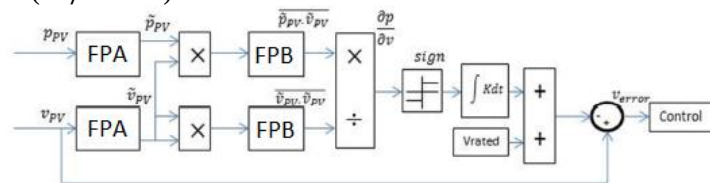


Figura 10- Diagrama de bloco do método RCC.

4. SIMULAÇÃO

Para as simulações do inversor da topologia 1 da Fig. 2 com as quatro estratégias de MPPT foram utilizados o programa *Matlab/Simulink*. Primeiramente, é comparado o desempenho dos algoritmos de MPPT durante a variação da radiação solar incidente. O perfil da radiação consiste em uma variação em degrau de 1000 W/m^2 para 500 W/m^2 no instante $t = 0,4$ segundos. Como a radiação varia muito rápido, a temperatura do sistema fotovoltaico foi considerada constante.

O algoritmo de Tensão Constante trabalha com uma frequência de amostragem de 5 Hz e $k_p = 0,83$. Os algoritmos de Perturba & Observa e Condutância Incremental com frequência de amostragem de 1024 Hz e $\Delta_v = 0,5 \text{ V}$.

Para o método de Correlação de *Ripple* foram usados filtros passa-alta e passa-baixa de primeira ordem, todos com frequência de corte de 300 Hz. A função *sign* retorna 1 se a derivada é positiva, zero se a derivada é zero e -1 se é negativa.

5. RESULTADOS

A Fig. 11 mostra a potência na saída do painel fotovoltaico e a Fig. 12 a potência na rede elétrica. Observa-se que todos os métodos extraem a máxima potência do painel. Os métodos P&O e Condutância Incremental apresentam resposta mais rápida, e entram em regime permanente mais rapidamente. A cada 0,2 segundo, a potência no painel cai para zero pelo método Tensão Constante, pelo fato do painel ser desconectado do sistema nesse intervalo de tempo. A potência do painel é maior que a potência na rede devido às perdas no inversor.

Percebe-se que para potências mais altas, o método P&O apresenta um rendimento um pouco menor que os outros três métodos. Para radiações menores, o método CV também extrai menos potência que os métodos RCC e Condutância Incremental.

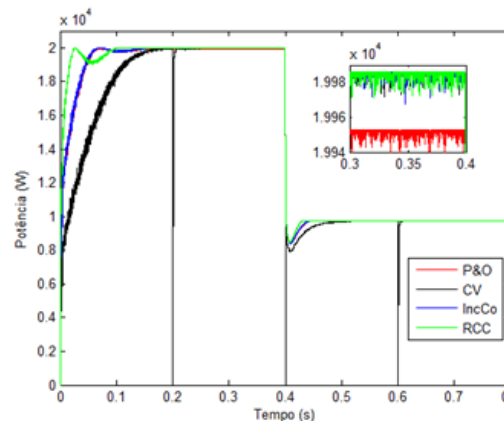


Figura 11 - Potência no painel fotovoltaico.

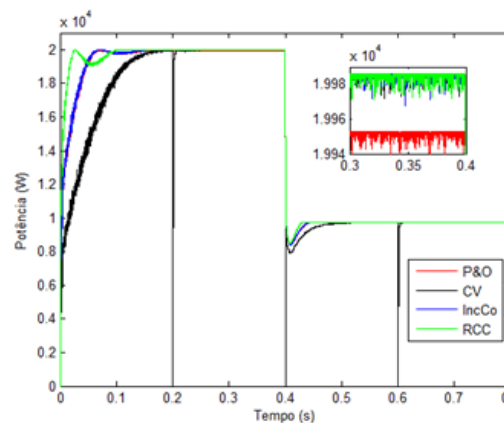


Figura 12 - Potência na rede elétrica.

Fig. 13 mostra a corrente do painel. Para radiação nominal, os métodos diferem somente no tempo para chegar ao regime permanente, mas apresentam valores iguais de corrente. Para radiações menores, a corrente do método CV é maior que os outros quatro métodos.

A tensão do painel fotovoltaico é mostrada na Fig. 14. A tensão de máxima potência do sistema de painéis utilizados é de 500 V, nas condições nominais, e todos os métodos conseguem chegar nesse valor para a radiação de 1000 W/m². Para radiações menores, percebe-se que o método CV, apresenta uma tensão menor que os outros métodos, o que explica que mesmo com uma corrente maior no intervalo com radiação menor, como visto na Fig. 11, o método não extrai a máxima potência do painel.

A Fig. 15 mostra a potência reativa na rede. As variações nas partes do transitório do gráfico se devem à variação da potência ativa no sistema. Essa variação causa uma variação na malha da potência reativa, ocorrendo essa compensação observada. Ao entrar em regime permanente, a potência reativa volta a ser zero.

A Tab. 2 mostra os valores em porcentagem de distorção harmônica (THD) na rede, analisando a corrente e a tensão na rede. Observa-se que o algoritmo P&O apresenta a maior distorção tanto na corrente como na tensão. Em (ANEEL, 2011), têm-se que o valor da THD em porcentagem para valores de tensão entre 1 kV e 13,8 kV devem ser de no máximo 8%. Todos os algoritmos apresentam valores abaixo do regulamentado na distribuição de energia no Brasil.

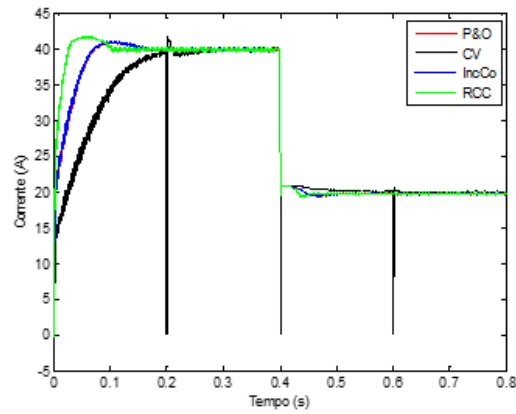


Figura 13 – Corrente no Pannel Fotovoltaico.

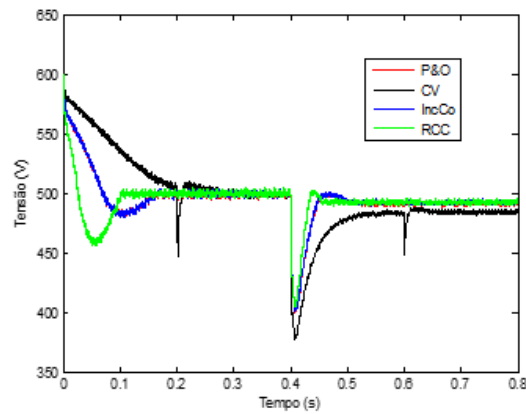


Figura 14 – Tensão no Pannel Fotovoltaico.

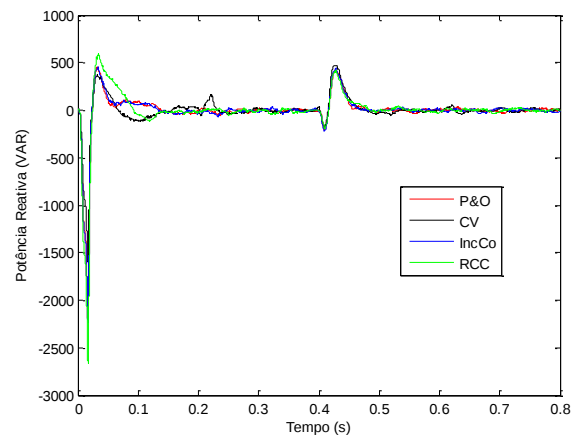


Figura 15 - Potência Reativa na rede.

Tabela 2 - Valores da Distorção Harmônica (THD) da corrente e da tensão em porcentagem, dos quatro métodos MPPT.

ALGORITMO	THD DA TENSÃO (%)	THD DA CORRENTE (%)
P&O	1,6903	1,2931
CV	1,7526	1,2584
IC	1,8190	1,3525
RCC	1,5887	1,2079

A Fig.16 mostra o espectro de harmônicos da tensão de uma fase da rede. O conteúdo espectral localizado na região das baixas frequências pode ser justificado por dois fatores: as oscilações de baixa frequência na tensão do barramento CC e ao algoritmo de PWM utilizado que trabalha com injeção de sequência zero. Esta circulação de corrente de sequência

zero é justificada pelo fato do lado de baixa do transformador ser em Y aterrado. Este fato pode justificar a componente relativamente elevada de 15º harmônico.

Na Fig. 17 o espectro de harmônicos é mostrado para altas frequências. A distorção nesse ponto é devido ao chaveamento do inversor pelo SVPWM, que é de 10,2 kHz.

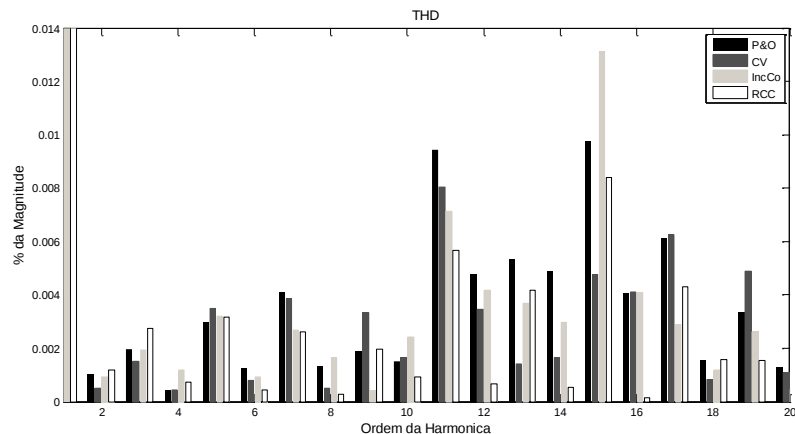


Figura 16 – Espectro de harmônicos de baixa ordem.

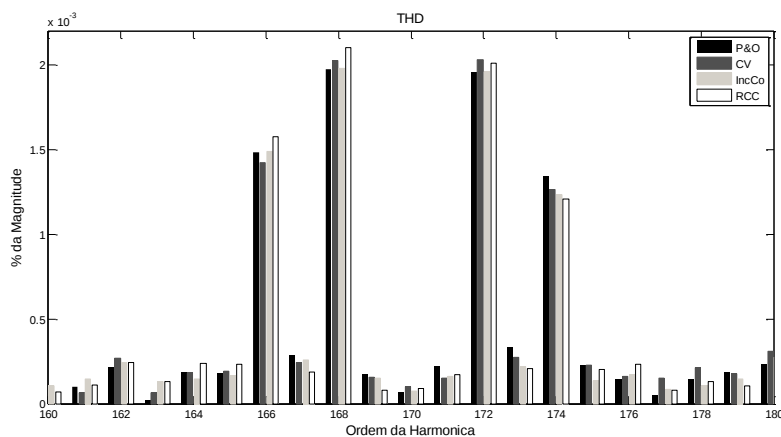


Figura 17 – Espectro de harmônicos de alta ordem.

6. CONCLUSÕES

Cada algoritmo MPPT simulado neste trabalho mostrou-se capaz de seguir a máxima potência para o sistema fotovoltaico conectado à rede. No entanto cada um dos algoritmos apresentam algumas peculiaridades que o diferenciam dos demais. Por exemplo, o algoritmo de Tensão Constante apresentou um comportamento bem semelhantes aos demais quando analisado sob condições nominais de operação, para valores diferentes há maiores perdas, e o valor da constante k_v se altera. Os algoritmos P&O e Condutância Incremental, são bastante semelhantes, sendo que o Condutância tem vantagem quanto a estabilidade, já que no ponto de máxima potência o valor da referência é mantido, enquanto que o P&O oscila em torno deste. Já o método da Correlação de Ripple mostrou ser o mais rápido a atingir máxima potência, no entanto seu valor demora um pouco a estabilizar, sendo uma alternativa analógica aos métodos de MPPT.

Agradecimentos

Os autores desse trabalho agradecem à FAPEMIG, CAPES, e o CNPq pelo apoio financeiro concedido.

REFERÊNCIAS

- ANEEL. Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional - PRODIST. Agência Nacional de Energia Elétrica. [S.l.]. 2011. (Modulo 8 - Qualidade de Energia Elétrica).
- Antunes, F.; Torres, A. M. A three-phase grid-connected PV system. 26th IECON , v. 1, p. 723 - 728, 2000.
- Bekker, B.; Beukes, H. J. Finding an optimal pv panel maximum power point tracking method. 7th AFRICON Conference in Africa, p. 1125-1129, 2004.
- Cavalcanti, M. C. et al. Comparative study of maximum power point tracking techniques for photovoltaic systems. Eletrônica de Potência, p. 163-171, 2007.

- Chaudhary, S. K. et al. Chopper Controlled Resistors in VSC-HVDC Transmission for WPP with Full-scale Converters. IEEE PES/IAS Conference on Sustainable Alternative Energy, p. 8, 2009.
- Cupertino, A. F. et al. A Grid-Connected Photovoltaic System with a Maximum Power Point Tracker using Passivity-Based Control applied in a Boost Converter. IEEE/IAS International Conference on Industrial Applications - INDUSCON, Fortaleza, November 2012.
- Cupertino, A. F. et al. Use of Control Based on Passivity to Mitigate the Harmonic Distortion Level of Inverters. IEEE PES Smart Grid technology Conference, São Paulo, April 2013.
- Esram, T.; Chapman, P. L. Comparison of photovoltaic array maximum power point tracking techniques. IEEE Transactions on Energy Conversion, p. 439-449, 2007.
- Hussein, K. H. et al. Maximum photovoltaic power tracking : an algorithm for rapidly changing atmospheric conditions. IEE Proceedings- Generation, Transmission and Distribution, 142, n. 1, 1995. 59 - 64.
- Imhoff, J. et al. A stand-alone photovoltaic system based on dc-dc converters in a multi string configuration. Proc. European Conference on PowerElectronics and Applications, p. 1-10, 2007.
- Kimball, J. W.; Krein, P. T. Digital ripple correlation control for photovoltaic applications. Power Electronics Specialists Conference - PESC, p. 1690-1694, 2007.
- Kimball, J. W.; Krein, P. T. Discrete-time ripple correlation control for maximum power point tracking. IEEE Transactions on Power Electronics, p. 2353-2362, 2008.
- Liserre, M.; Blaabjerg, F.; Hansen, S. Design and Control of an LCL- Filter-Based Three-Phase Active Rectifier. IEEE TRANSACTIONS ON INDUSTRY APPLICATIONS, September 2005. 1281-1291.
- Lo, Y.-K.; Lee, T.-P.; Wu, K.-H. Grid-Connected Photovoltaic System With Power Factor Correction. IEEE Transactions on Industrial Electronics, v. 55, n. 5, p. 2224-2227, May 2008.
- Mastromauro, R. A. et al. A Single-Phase Voltage-Controlled Grid-Connected Photovoltaic System With Power Quality Conditioner Functionality. IEEE Transactions on Industrial Electronics, v. 56, n. 11, p. 4436-4444, November 2009.
- Meza, C. et al. Lyapunov-Based Control Scheme for Single-Phase Grid-Connected PV Central Inverters. IEEE Transactions on Control Systems Technology, v. 20, n. 2, p. 520-529, March 2012.
- Midya, P. et al. Dynamic Maximum Power Point Tracker for Photovoltaic Applications. Power Electronics Specialists Conference, PESC, 1996.
- Rodríguez, P. et al. New Positive-sequence Voltage Detector for Grid Synchronization of Power Converters under Faulty Grid Conditions. 37th IEEE Power Electronics Specialists Conference, Barcelona, Aalborg and Bari, p. 7, 2006.
- Simões, M. et al. A Comparison of Smart Grid Technologies and Progresses in Europe and the U.S. IEEE Transactions on Industry Applications, v. 48, p. 1154-1162, July 2012.
- Spiazzi, G.; Buso, S.; Mattavelli, P. Analysis of mppt algorithms for photovoltaic panels based on ripple correlation techniques in presence of parasitic components. Brazilian Power Electronics Conference - COBEP, p. 88-95, 2009.
- Villalva, M. G. Conversor Eletrônico de Potência Trifásico para Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede Elétrica. Unicamp. Campinas, p. 268. 2010. (PHD Thesis).
- Villalva, M. G.; Gazoli, J. R.; Filho, E. R. Analysis and simulation of the P&O MPPT algorithm using a linearized photovoltaic array model. 10th Brazilian Power Electronics Conference, COBEP. : . 2009. p. .
- Villalva, M. G.; Gazoli, J. R.; Filho, E. R. Comprehensive Approach to Modeling and Simulation of Photovoltaic Arrays. IEEE Transactions on Power Electronics, v. 24, n. 1, p. 1198-1208, March 2009.
- Wai, R.-J.; Wang, W.-H. Grid-Connected Photovoltaic Generation System. IEEE Transactions on Circuits and Systems, v. 55, n. 3, p. 953-964, April 2008.
- Zhang, et al. Three-Phase Grid-Connected Photovoltaic System with SVPWM Current Controller. IPEDMC, p. 2161-2164, 2009.

COMPARISON OF MAXIMUM POWER POINT TRACKER ALGORITHMS IN PHOTOVOLTAIC SYSTEMS CONNECTED TO THE GRID.

Abstract. A photovoltaic panel has different operating points that vary depending on climatic conditions. In a PV system seeks to extract the maximum possible power of a solar panel for that search algorithms for maximum power point (MPPT - Maximum Power Point Tracker) are used . The maximum power point calculated by an algorithm is used as input to the control system. In this work were evaluated four proposed algorithms in the literature on a system connected to the grid, with power of 20kW. The algorithms were: Constant Voltage, Perturb and Observe, Incremental Conductance and Ripple Correlation. The control was made by calculating the maximum power and the voltage referencing a DC-AC inverter which is then connected to the network. The control uses the reference given by the MPPT in a system formed by a control loop of the DC bus voltage, a reactive power loop and DSOGI-PLL (Double Second Order Generalized Integrator) for the orientation angle of the dq system. This system generates a voltage value for SVPWM (Space Vector Pulse Width Modulation) controlling the output voltage of the inverter. This system was simulated and evaluated how each method affects the energy produced. For each algorithm, we analyzed the power, current and voltage of the PV panel, the active and reactive power in the grid beyond the levels of harmonic distortion.

Key words: MPPT, Photovoltaic Panel, Inverter, Connected to the grid.