

一种新颖的光伏自适应步长最大功率点跟踪算法

唐磊¹, 曾成碧¹, 徐伟^{1,2}, 苗虹¹

(1. 四川大学 电气信息学院, 四川 成都 610065;

2. 华中科技大学 电气与电子工程学院, 湖北 武汉 430000)

摘要: 针对光伏 $P'(U)-U$ 特性曲线的变化率在最大功率点两侧差异较大, 传统变步长算法的步长及速度因子较难选择的问题, 提出一种新的自适应变步长最大功率点跟踪算法, 该算法根据光伏 $P'(U)-U$ 曲线的几何特性自适应地选取步长。与其他变步长算法相比, 该方法不需要计算最大步长及速度因子, 避开了复杂的计算过程且不会因为步长选取的不恰当而产生死区问题。仿真结果表明该算法具有良好的动态跟踪速度和稳态跟踪精度。

关键词: 光伏电池; 最大功率点跟踪; 变步长; 自适应算法; 稳定性

中图分类号: TM 615

文献标识码: A

DOI: 10.3969/j.issn.1006-6047.2013.11.023

0 引言

光伏发电作为可再生的清洁能源, 在世界范围内受到高度重视且发展迅速。但由于光伏电池存在输出能量不稳定、转换效率低等问题, 因此需要不断进行最大功率点跟踪 (MPPT)。目前常见的最大功率点跟踪算法有定电压跟踪法、智能算法、扰动观察 (P&O) 法、电导微增率 (INC) 法等^[1-2]。定电压法可以快速定位到最大功率点 (MPP) 附近, 但精度较差。智能算法能很好处理非线性问题, 但依赖于操作人员的经验并且需要较长的训练时间^[3-5]。扰动观察法因其简单、易实现等优点已经得到广泛的运用, 但由于其采用固定的扰动步长, 难以同时获得较高的响应速度和跟踪精度^[6-8]。电导微增率法精度较高, 但速度也较慢^[9]。为了能同时兼顾系统的动态跟踪速度和稳态跟踪精度, 本文提出了一种新的自适应变步长跟踪算法。该算法不需要如同传统变步长法, 确定速度因子及最大步长^[10-11], 且可有效地避免跟踪过程中出现的死区等问题^[12]。本文通过 MATLAB/Simulink 仿真平台, 将新方法与常规的定步长算法进行比较。理论分析和仿真表明, 该算法具有较好的动态响应速度和稳态跟踪精度。

1 变步长算法的基本规律

根据光伏电池的基本工作原理, 其 $I-U$ 输出特性方程可表示为^[14-15]:

$$I = I_{sc} - I_0 \left[\exp \left(\frac{q(U + IR_s)}{AkT} \right) - 1 \right] - \frac{U + IR_s}{R_{sh}} \quad (1)$$

其中, I_{sc} 为光生电流, 与光照强度有关; I_0 为二极管逆向的饱和电流; A 为理想因子, 其值为 1.2; k 为玻

尔兹曼系数, 其值为 1.38×10^{-23} J/K; T 为电池的表面温度; q 为单位电荷量, 其值为 1.6×10^{-19} C; U 为光伏电池输出电压; I 为输出电流; R_s 为串联等效电阻, R_{sh} 为旁漏电阻, 它们的大小和温度有关。

在实际的工程运用中, 为了方便计算可以将式 (1) 简化为^[13-14]:

$$I = I_{sc} \left[1 - C_1 \left[\exp \left(\frac{U}{C_2 U_{oc}} \right) - 1 \right] \right] \quad (2)$$

$$C_1 = \left(1 - \frac{I_m}{I_{sc}} \right) \exp \left(-\frac{U_m}{C_2 U_{oc}} \right) \quad (3)$$

$$C_2 = \left(\frac{U_m}{U_{oc}} - 1 \right) / \ln \left(1 - \frac{I_m}{I_{sc}} \right)$$

其中, I_m 和 U_m 为最大功率点对应的电流和电压, U_{oc} 为光伏电池的开路电压, C_1 与 C_2 为修正系数。

令 $U \in [0, U_{oc}]$, 可得光伏电池的输出功率 P :

$$P(U) = U I_{sc} \left[1 - C_1 \left[\exp \left(\frac{U}{C_2 U_{oc}} \right) - 1 \right] \right] \quad (4)$$

图 1 为光伏电池输出的功率特性曲线, 其最大功率点电压随着外界环境的变化而变化, 图中 S 为光照强度。

由于固定步长的最大功率点跟踪算法难以同时兼顾速度和精度, 很多学者提出了变步长跟踪算法, 其原理是利用光伏 $P-U$ 曲线斜率 $P'(U)$ 在远离最大功率点时较大, 靠近最大功率点时较小的数学特性决定步长大小。图 2 是光伏电池 $|P'(U)|$ 的曲线。

如图 2 所示, 当 $U \in [0, U_m]$ 时, $|P'(U)|$ 的值较小。而当 $U \in [U_m, U_{oc}]$ 时, $|P'(U)|$ 的值较大, 这是变步长算法步长选取较难的原因。 $P'(U)$ 可表示为:

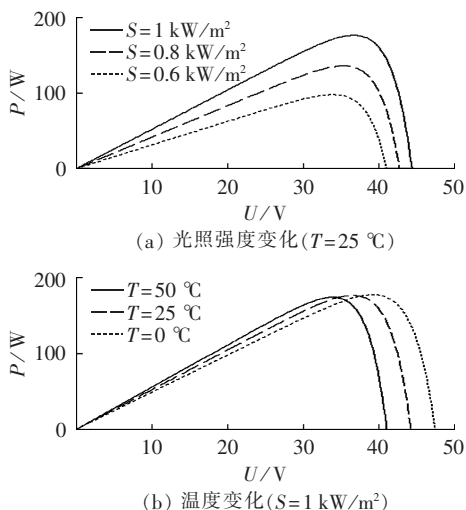
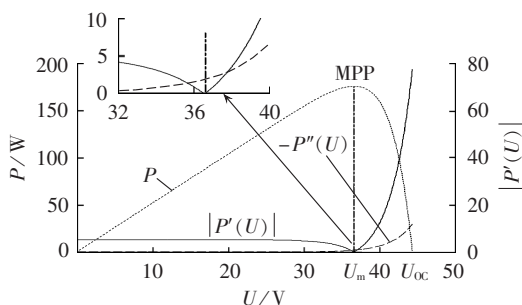
$$P'(U) = I_{sc} [1 + C_1 - C_1 e^{U/(C_2 U_{oc})}] - \frac{C_1 I_{sc} U}{C_2 U_{oc}} e^{U/(C_2 U_{oc})} \quad (5)$$

此外变步长算法要求步长的变化率在远离最大功率点时较小, 以维持较快的速度; 靠近最大功率点时较大, 以保证较高的精度。因此对 $P'(U)$ 求导, 其

收稿日期: 2012-07-20; 修回日期: 2013-08-16

基金项目: 四川省科技厅支撑项目 (2011FZ0003, 2012FZ0047)

Project supported by the Science and Technology Project of Sichuan Province (2011FZ0003, 2012FZ0047)

图 1 光伏 P - U 特性曲线随外界环境变化的情况Fig.1 Photovoltaic P - U characteristic curve varies along with environment图 2 光伏电池的 P - U 和 $|P'(U)|$ - U 曲线Fig.2 P - U and $|P'(U)|$ - U curves of photovoltaic cell

变化率 $P''(U)$ 为:

$$P''(U) = -\frac{2C_1 I_{SC}}{C_2 U_{OC}} e^{U/(C_2 U_{OC})} - \frac{C_1 I_{SC} U}{(C_2 U_{OC})^2} e^{U/(C_2 U_{OC})} \quad (6)$$

由图 2 可知, $-P''(U)$ 是一条单调递增的曲线, 其值始终大于 0。从图 2 中可以看出, 当 $U < U_m$ 时 $|P'(U)|$ 的变化率几乎为 0, 而当 $U > U_m$ 时 $|P'(U)|$ 的变化率较大。这使得步长的选取更加困难且容易出现死区问题^[12]。传统的变步长算法常常引入速度因子 α 对其修正, 其数学表达式为:

$$U_{ref}(i+1) = U_{ref}(i) + \alpha P'(U) \quad (7)$$

其中, U_{ref} 为参考电压, i 为周期数。

目前大多数传统变步长跟踪算法都是基于扰动观察法而提出的, 并且缺少对最大步长及速度因子等重要参数的分析及推导^[11]。

2 新算法描述

2.1 新算法的基本原理

在 P - U 曲线上求极大值点实际上就等同于在 P' - U 曲线上求零点, 即求点 U_m 使得 $P'(U_m) = 0$ 。

本文所提出的自适应变步长跟踪算法的几何意义如图 3 所示, 步长为 $|U_{O(i+1)} - U_{O(i)}|$ 。

算法流程具体如下。

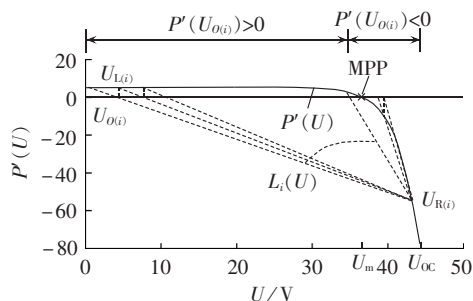


图 3 新方法求解过程

Fig.3 Process for solving algorithm

a. 在 P' - U 特性曲线上取 2 点 $U_{L(i)}$ 和 $U_{R(i)}$, 使得 $U_{L(i)} = 0.02 U_{OC}$, $U_{R(i)} = 0.98 U_{OC}$, $U_{L(i)}$ 和 $U_{R(i)}$ 在 P' - U 曲线上对应的值分别为 $P'(U_{L(i)})$ 和 $P'(U_{R(i)})$ 。

b. 设连接点 $(U_{L(i)}, P'(U_{L(i)}))$ 和点 $(U_{R(i)}, P'(U_{R(i)}))$ 的直线为 $L_i(U)$, 其斜率为 K_i , $K_i < 0$ 恒成立。 $L_i(U)$ 交横轴于点 $O(i)$, $L_i(U)$ 可表示为:

$$L_i(U) = \frac{P'(U_{L(i)}) - P'(U_{R(i)})}{U_{L(i)} - U_{R(i)}} (U - U_{L(i)}) + P'(U_{L(i)}) \quad (8)$$

c. 当 $P'(U_{O(i)}) > 0$ 时, 令 $U_{L(i)} = U_{O(i)}$, 当 $P'(U_{O(i-1)}) \times P'(U_{O(i)}) < 0$ 时表示外界环境发生变动, 需要重置 $U_{R(i)}$ 并令 $U_{R(i)} = U_{O(i)}$, 其中 i 表示计算周期。

重复上述过程, 可以得到一组点系列 $\{U_{O(i)}, P'(U_{O(i)})\}$, 该系列最终将收敛于最大功率点。 $|U_{O(i+1)} - U_{O(i)}|$ 即为本文确定的步长, 其中 $U_{O(i)}$ 可表示为:

$$U_{O(i)} = U_{L(i)} - \frac{U_{L(i)} - U_{R(i)}}{P'(U_{L(i)}) - P'(U_{R(i)})} P'(U_{L(i)}) \quad (9)$$

此外, 为了增加算法的稳定性, 本文采用滞环扰动法求取 $P'(U)$, 图 4 为新算法流程图, 当 $|P'(U_{O(i)}) - 0| < \varepsilon$ 时停止计算, ε 为精度阈值。

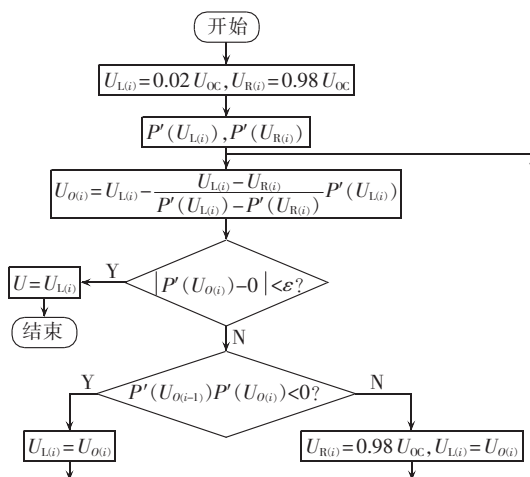


图 4 算法流程图

Fig.4 Flowchart of algorithm

2.2 新算法有效性证明

由于光伏特性曲线在定义域内可以无限次微分, 故当 $U_m \in [0, U_{OC}]$ 时 $P'(U)$ 连续。根据零点存在定理, 可知 $P'(U)$ 在定义域内有唯一的单根 U_m 。由

$P^{(3)}(U) < 0$, 可知 $P'(U)$ 是单调递减的凸函数。由于该算法在计算交点 $O_{(i)}$ 前需要判断 $P'(U_{O(i)})$ 的大小, 因此需要分类讨论可能出现的 2 种情况。

情况 1 当 $P'(U_{L(i)}) > 0$ 时, 由 $P'(U_m) = 0$, 可得 $U_m > U_{L(i)}$ 恒成立, 同理 $U_{L(i)} < U_{R(i)}$; 由于 K_i 始终小于 0, 根据 $P'(U)$ 的单调性和凹凸性可知, 对于任意 $U_{O(i)}$ 都有 $U_{L(i)} < U_{O(i)} < U_m$, 因此可得 $P'(U_m) < P'(U_{O(i)}) < P'(U_{L(i)})$ 。

$$|P'(U_{O(i)}) - P'(U_m)| = \beta_i |P'(U_{L(i)}) - P'(U_m)| \quad (10)$$

$$\beta_i |P'(U_{L(i)}) - P'(U_m)| = |P'(U_{L(i+1)}) - P'(U_m)| \quad (11)$$

其中, β_i 为比例系数, 由于 $P'(U_m) < P'(U_{O(i)}) < P'(U_{L(i)})$, 故 $\beta_i < 1$ 恒成立。

$$|P'(U_{L(i+k)}) - P'(U_m)| = \beta_{i+k-1} |P'(U_{L(i+k-1)}) - P'(U_m)| \Rightarrow$$

$$|P'(U_{L(i+k)}) - P'(U_m)| = |P'(U_{L(i)}) - P'(U_m)| \prod_{n=i}^{i+k-1} \beta_n \quad (12)$$

当 $k \rightarrow \infty$ 时, 由 $\beta_i < 1$ 可得 $|P'(U_{L(i)}) - P'(U_m)| \rightarrow 0$, 即 $U_{O(i+k)} \rightarrow U_m$ 。因此当 $P'(U_{L(i)}) > 0$ 算法收敛。

情况 2 当 $P'(U_{L(i)}) < 0$ 时, 交点 $O_{(i)}$ 位于最大功率点右侧, $U_{L(i)} > U_{O(i)} > U_m$, 收敛性证明同情况 1。

图 5 是新方法与牛顿迭代法的轨迹比较。位于最大功率点左侧的点是新方法的跟踪轨迹, 右侧的点是牛顿迭代法的跟踪轨迹。新方法速度虽然比牛顿法慢, 但牛顿法对迭代的初值要求严格, 当初始迭代电压 $U_{start} < U_m$ 时牛顿法均发散。相反新方法无论初值如何选择, 其结果均能收敛。

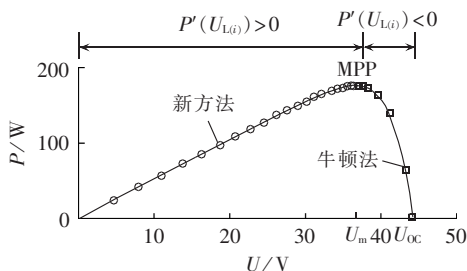


图 5 新方法理论收敛图

Fig.5 Theoretic trajectory of algorithm

2.3 光照强度变化时新算法的稳定性分析

光伏电池输出特性随外界环境的变换而变换。如图 6 所示, 当光照减小时, $P'(U_{L(i)})$ 将低于前一时刻的值, 即从图中的 A 点落到 B 点, 此时光伏系统

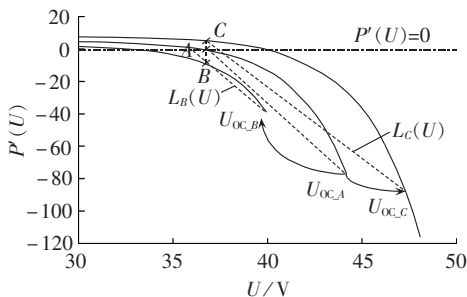


图 6 光照强度和温度变化时的稳定性分析

Fig.6 Stability analysis when solar irradiation and temperature change

的工作电压将偏离最大功率点。当系统检测到 $|P'(U_{O(i)}) - 0| > \varepsilon$ 时, 维持 $U_{L(i)}$ 不变, 对 $U_{R(i)}$ 进行重置, 此时系统的开路电压将从 $U_{OC,A}$ 跳变到 $U_{OC,B}$, 根据情况 2 可证明, 工作点最终将收敛于最大功率点。当光强增加时, $P'(U_{L(i)})$ 将高于前一时刻的值, 即从图中的 A 点上升到 C 点, 对 $U_{R(i)}$ 重置后, 可根据情况 1 证明, 工作点将迅速恢复到最大功率点。当温度发生变化时, 情况基本相同, 不再赘述。

3 仿真结果

本文基于 MATLAB/Simulink 对新方法的有效性进行验证。图 7 为光伏系统, 主要包括光伏电池、控制电路和 Buck 电路^[15]。其中光伏电池开路电压为 44.2 V, 短路电流为 5.2 A。

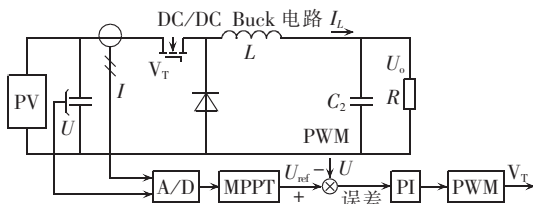


图 7 最大功率点跟踪系统

Fig.7 MPPT system

扰动观察法作为定步长算法的典型代表及多数变步长算法的理论基础^[11], 本文为了说明新方法的优点, 对新方法与扰动观察法进行比较。图 8(a) 是新方法跟踪过程的电压波形图, 该方法在 0.01s 时便进入稳定状态, 速度较快。在图 8(a) 的局部放大图中, 首先可以清晰地看到系统求取 $U_{L(1)}$ 和 $U_{R(1)}$ 的过程, 紧接着是步长逐渐减小的最大功率点跟踪过程, 最后电压稳定在最大功率点, 与扰动观察法不同, 该方法没有电压波动。图 8(b) 是扰动观察法的电压波形图, 该方法以恒定的步长跟踪最大功率点, 因此电压呈线性上升, 该过程则需要 0.71 s, 且稳态时存在电压波动。表 1 为 2 种算法的仿真数据。

在实际应用中, 光伏系统由很多光伏电池串并联而成, 电压往往比较大, 这样扰动观察法将花费更多的时间用于寻找最大功率点, 效率较低。另外由于新方法在最大功率点附近步长迅速减小, 相对定步长的算法具有较高的精度。

图 9(a) 为新方法在光照强度变化时的跟踪轨迹图。当光强变化时, 系统维持 $U_{L(i)}$ 不变并重新检测开路电压, 根据 2.3 节的分析, 系统随后将继续进行最大功率点搜索过程。在图 9(a) 中, 光强 $S = 0.8 \text{ kW/m}^2$ 的曲线上, 开始搜索时, 点比较稀疏, 此时远离最大功率点, 步长较大。最大功率点附近点较密集, 即减速过程, 步长较小, 以便提高收敛精度。图 9(b) 是扰

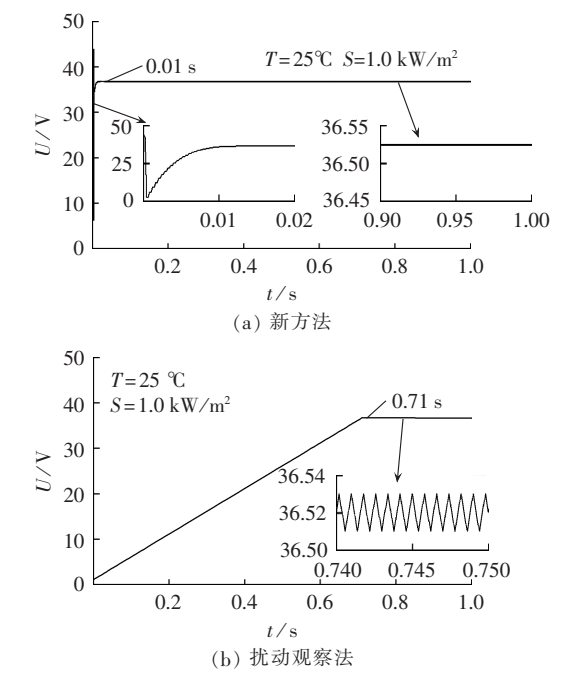


图 8 新方法和扰动观察法的 0 电压起始波形
Fig.8 Initial voltage waveforms of proposed algorithm and P&O algorithm

表 1 新方法与扰动观察法的仿真数据对比 Tab.1 Comparison of simulation data between proposed algorithm and P&O algorithm		
参数	新方法	扰动观察法
步长/V	$10^{-5} \sim 3.62$	10^{-3}
跟踪时间/s	0.01 (126 cycles)	0.71 (3660 cycles)
最大功率点电压/V	36.5228~36.5229	36.51~36.53
最大功率/W	175.6552	175.61
总能量/J	173.1378	119.52

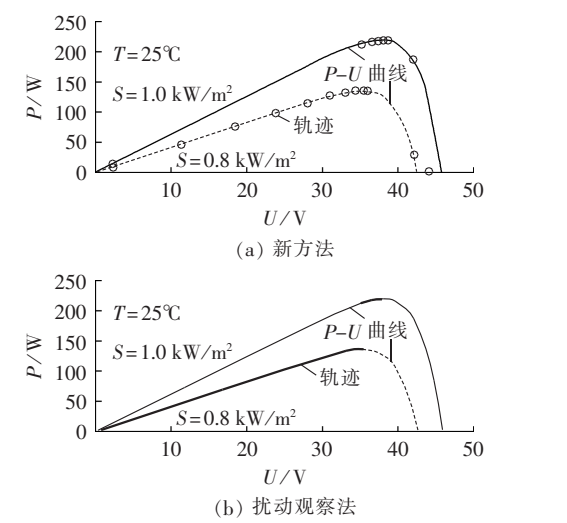


图 9 新方法和扰动观察法在光照强度突变时的最大功率点跟踪轨迹图

Fig.9 MPPT trajectories of proposed algorithm and P&O algorithm during irradiation step change

动观察法的跟踪轨迹图,图中轨迹密布,整个过程中将花费更多的计算周期。

图 10(a)和图 10(b)分别是新方法与扰动观察

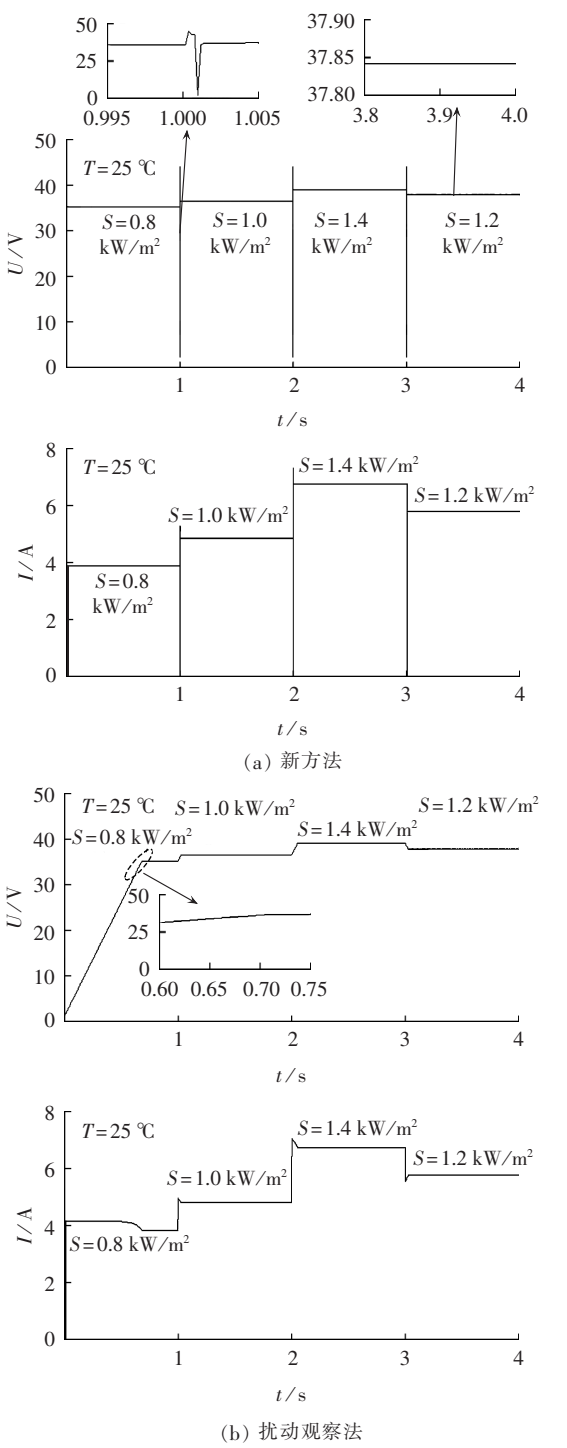
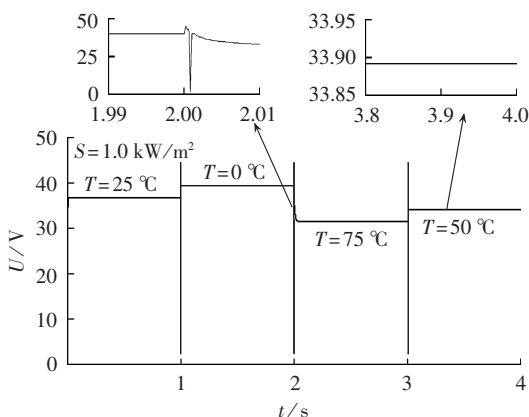
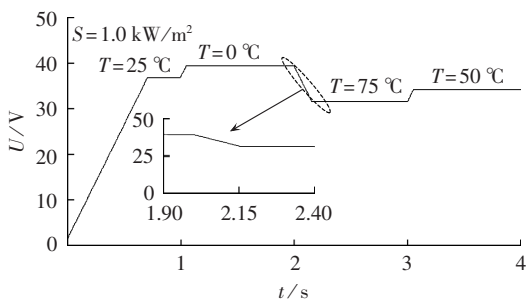


图 10 光照强度阶跃变化时新方法和扰动观察法的波形图
Fig.10 Waveforms of proposed algorithm and P&O algorithm during irradiation step change

法在光照发生阶跃变化时电压、电流波形对比图,1.0 s 时光强由原来的 800 W/m^2 突变为 1000 W/m^2 ,2.0 s 时突变到 1400 W/m^2 ,3.0 s 时 1200 W/m^2 。光强变化时图中的“凸起”是系统重新搜索 U_{oc} 时造成的,局部放大图中显示了整个搜索过程的波形图。图 11(a)和图 11(b)分别是新方法与扰动观察法在温度发生阶跃变化时电压、电流波形对比图,1.0 s 时



(a) 新方法



(b) 扰动观察法

图 11 温度阶跃变化时新方法和扰动观察法的波形图

Fig.11 Waveforms of proposed algorithm and P&O algorithm during temperature step change

温度由原来的 25°C 突变为 0°C , 2.0 s 时突变到 75°C , 3.0 s 时 50°C 。图 11 中 2.0 s 有一次较大的电流跌落, 其原因是温度瞬间变化较大, 导致系统还没反应, 工作点对应的电流就已降为 0。

由图 10 和图 11 可知, 使用扰动观察法的光伏系统在光照强度发生突变时, 动态特性较差; 而新方法在外界环境变化的时候, 依然能够快速、准确地跟踪到最大功率点, 具有较强的稳定性。

4 结论

本文提出了一种能够快速准确地搜索最大功率点的自适应变步长跟踪策略, 与传统变步长算法相比, 该方法不需要确定最大步长及加速因子, 能有效避开死区问题, 且计算过程比较简单。本文描述了该算法的基本原理和流程, 并对其收敛性及稳定性进行了详细的论证。仿真实验表明该方法具有速度快、精度高的特点, 并在光照强度、温度变化的时候能够有效地跟踪最大功率点, 具有较高的稳定性。未来的研究目标将是解决局部阴影情况下的最大功率点跟踪问题。

参考文献:

- [1] ESRAM T, CHAPMAN P L. Comparison of photovoltaic array maximum power point tracking techniques[J]. IEEE Transactions on Energy Conversion, 2007, 22(2): 439-449.
- [2] 赵争鸣, 刘建政, 孙晓瑛, 等. 太阳能光伏发电及其应用[M]. 北京: 科学出版社, 2005: 27-29.
- [3] CHEN Liangrui, TSAI Chihhui, LIN Yuanli, et al. A biological swarm chasing algorithm for tracking the PV maximum power point[J]. IEEE Transactions on Energy Conversion, 2010, 25(2): 484-493.
- [4] PAI Fusheng, CHAO Rumin, KO Shinhong, et al. Performance evaluation of parabolic prediction to maximum power point tracking for PV array[J]. IEEE Transactions on Sustainable Energy, 2011, 2(1): 60-68.
- [5] CHIU C S. T-S fuzzy maximum power point tracking control of solar power generation systems[J]. IEEE Transactions on Energy Conversion, 2010, 25(4): 1123-1132.
- [6] FEMIA N, PETRONE G, SPAGNUOLO G, et al. Optimization of perturb and observe maximum power point tracking method[J]. IEEE Transactions on Power Electronics, 2005, 20(4): 963-973.
- [7] ZHOU Lin, CHEN Yan, GUO Ke, et al. New approach for MPPT control of photovoltaic system with mutative-scale dual-carrier chaotic search[J]. IEEE Transactions on Power Electronics, 2011, 26(4): 1038-1048.
- [8] 刘邦银, 段善旭, 刘飞, 等. 基于改进扰动观察法的光伏阵列最大功率点跟踪[J]. 电工技术学报, 2009, 24(6): 91-94.
- [9] LIU Bangyin, DUAN Shanxu, LIU Fei, et al. Photovoltaic array maximum power point tracking based on improved perturbation and observation method[J]. Transactions of China Electrotechnical Society, 2009, 24(6): 91-94.
- [10] 董密, 杨建, 彭可, 等. 光伏系统的零均值电导增量最大功率点跟踪控制[J]. 中国电机工程学报, 2010, 30(21): 48-53.
- [11] DONG Mi, YANG Jian, PENG Ke, et al. Zero average incremental conductance maximum power point tracking control for photovoltaic system[J]. Proceedings of the CSEE, 2010, 30(21): 48-53.
- [10] 胡义华, 陈昊, 徐瑞东, 等. 一种两阶段变步长最大功率点控制策略[J]. 电工技术学报, 2010, 25(8): 162-166.
- [11] HU Yihua, CHEN Hao, XU Ruidong, et al. A two stage variable step-size maximum power point tracking control[J]. Transactions of China Electrotechnical Society, 2010, 25(8): 162-166.
- [11] MEI Qiang, SHAN Mingwei, LIU Liying, et al. A novel improved variable step-size incremental-resistance MPPT method for PV

systems[J]. IEEE Transactions on Industrial Electronics,2011, 58(6):2427-2434.

[12] LIU Fangrui,DUAN Shanxu,LIU Fei. A variable step size INC MPPT method for PV systems[J]. IEEE Transactions on Industrial Electronics,2008,55(7):2922-2628.

[13] 傅望,周林,郭珂,等. 光伏电池工程用数学模型研究[J]. 电工技术学报,2011,26(10):211-216.

FU Wang,ZHOU Lin,GUO Ke,et al. Research on engineering analytical model of solar cells[J]. Transactions of China Electrotechnical Society,2011,26(10):211-216.

[14] 焦阳,宋强,刘文华. 光伏电池实用仿真模型及光伏发电系统仿真[J]. 电网技术,2010,34(11):198-202.

JIAO Yang,SONG Qiang,LIU Wenhua. Practical simulation model of photovoltaic cells in photovoltaic generation system and simulation[J]. Power System Technology,2010,34(11): 198-202.

[15] 王岩,李鹏,唐劲飞. 基于模糊参数自校正 PID 方法的光伏发电系统 MPPT 控制[J]. 电力自动化设备,2008,28(3):55-58.

WANG Yan,LI Peng,TANG Jinfei. MPPT of PV generation system based on fuzzy parameter self-tuning PID control [J]. Electric Power Automation Equipment,2008,28(3):55-58.

作者简介:

唐 磊(1988-),男,贵州普安人,硕士研究生,研究方向为微电网运行控制与保护(E-mail:freedom_tl@163.com);

曾成碧(1969-),女,四川资中人,副教授,博士,研究方向为分布式发电与微电网;

徐 伟(1980-),男,重庆人,研究员,博士,研究方向为电机及其驱动系统;

苗 虹(1971-),女,安徽阜阳人,副教授,博士,研究方向为分布式发电与微电网运行控制。

Variable-step adaptive MPPT algorithm for photovoltaic system

TANG Lei¹,ZENG Chengbi¹,XU Wei^{1,2},MIAO Hong¹

(1. School of Electrical Engineering and Information,Sichuan University,Chengdu 610065,China;

2. School of Electrical and Electronic Engineering,Huazhong University of Science and Technology,Wuhan 430000,China)

Abstract: Since the slopes of photovoltaic $P'(U)$ - U characteristic curve at two sides of the maximum power point are different,the selection of step and velocity factor in traditional variable-step algorithms is difficult. A variable-step adaptive MPPT(Maximum Power Point Tracking) algorithm is proposed,which sets the step adaptively according to the geometric characteristics of photovoltaic $P'(U)$ - U curve. Compared with other variable-step algorithms,the proposed algorithm avoids the calculation of maximum step and velocity factor, the complicated computation process and the dead zone caused by improper step. Simulative results show its good dynamic tracking velocity and steady-state tracking precision.

Key words: photovoltaic cells; maximum power point tracking; variable-step; adaptive algorithm; stability

(上接第 127 页 continued from page 127)

Reactive power optimization based on modified differential evolution algorithm for power distribution system with DFIG wind farms

DUAN Jiandong,YANG Shan

(School of Automation and Information Engineering,Xi'an University of Technology,Xi'an 710048,China)

Abstract: A reactive power optimization model is built for the DFIG(Doubly-Fed Induction Generator) unit of wind farm,which takes the reactive power of wind farm and the operating number of parallel capacitors as its optimization variables and the best voltage stability,the smallest voltage deviation and the least power loss as its objectives. The reactive power optimization algorithm based on the modified differential evolution algorithm is developed for the power distribution system with DFIG wind farms. It is tested in IEEE 33-bus system and results show its effectiveness. The rational dispatch of DFIG is helpful for the optimal operation of power distribution system and the improvement of power quality.

Key words: DFIG; differential evolution algorithm; reactive power; optimization; wind farms; models