

文章编号: 1671- 251X(2011)03- 0025- 04

DOI: CNKI: 32- 1627/ TP. 20110226. 1619. 012

一种改进的光伏阵列最大功率点跟踪方法

徐瑞东, 胡义华, 陈昊, 左兰

(中国矿业大学信电学院, 江苏 徐州 221008)

摘要: 针对光伏阵列最大功率点跟踪常用的控制方法即恒压法、扰动观察法、增加电导法存在的问题, 提出了一种将恒压法和扰动观察法相结合的快速最大功率点跟踪控制方法。该方法采用恒压法获取光伏阵列最大功率点处的近似电压, 然后根据光伏阵列的输出电压与该近似电压的差值确定扰动步长: 如果差值较大, 则表明光伏阵列工作点离最大功率点比较远, 应采用较大的步长; 如果差值较小, 应采用较小的步长, 从而减小功率振荡。仿真和实验结果表明, 该方法不仅可快速跟踪光伏阵列的最大功率点, 而且可有效减小功率振荡。

关键词: 光伏阵列; 最大功率点跟踪; 恒压法; 扰动观察法; 增加电导法; 功率振荡; MPPT

中图分类号: TM914.4 **文献标识码:** A **网络出版时间:** 2011- 02- 26 16:19

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/32.1627.TP.20110226.1619.012.html>

An Improved Method of MPPT of Photovoltaic Array

XU Ruidong, HU Yihua, CHEN Hao, ZUO Lan

(School of Information and Electrical Engineering of CUMT., Xuzhou 221008, China)

Abstract: In view of problems existed in common control methods of constant voltage method,

收稿日期: 2010- 11- 25

基金项目: 中国矿业大学青年基金资助项目(OC080249)

作者简介: 徐瑞东(1979-), 男, 江苏启东人, 讲师, 博士研究生,

主要研究方向为电力电子技术。E-mail: ruidongxu@163.com



图4 水平巷道火灾初期烟流运动示意图



图5 水平巷道火灾火势最大时烟流运动示意图

2 结语

结合火风压、节流效应、临界风速对巷道火灾的影响, 总结了倾斜巷道和水平巷道的火灾烟流的运动方向, 可用于指导巷道火灾的救灾工作。另外, 当巷道发生火灾时, 井下工作人员应保持冷静, 根据火势的发展状况, 避开烟流和高温区, 规划出正确的逃生路线。

参考文献:

- [1] 卢平, 丛北华, 廖光煊. 纵向通风水平隧道火灾烟气流动特性研究[J]. 中国工程科学, 2004, 6(10): 59-64.
- [2] 陈伟红, 张磊. 地下建筑火灾中的烟气控制及烟气流动模拟研究进展[J]. 消防技术与产品信息, 2004(10): 6.
- [3] 闫治国, 朱合华, 杨其新. 火灾时隧道火风压及其对通风影响的试验研究[J]. 同济大学学报, 2006, 34(12): 1592-1596.
- [4] 郭江伟, 宋双林, 于玥. 倾斜隧道火区阻力构成特性的研究[J]. 消防科学与技术, 2008, 27(3): 170-172.
- [5] 褚燕燕, 蒋仲安. 矿井巷道火灾烟气运动模拟研究[J]. 矿业安全与环保, 2007, 34(5): 13-26.
- [6] 袁建平, 方正, 黄海峰, 等. 水平隧道火灾通风纵向临界风速模型[J]. 土木建筑与环境工程, 2009, 31(6): 66-70.
- [7] 郭春, 王明年, 周仁强. 公路隧道火灾中火区节流效应理论及试验研究[J]. 四川建筑科学研究, 2009, 35(2): 258-261.

disturbance observation method and conductance adding method in MPPT of photovoltaic array, the paper proposed a fast MPPT control method which combines constant voltage method with disturbance observation method. The method uses constant voltage method to obtain approximate voltage of maximum power point of photovoltaic array, then according to difference between output voltage of photovoltaic array and the approximate voltage to determine disturbance step: if the difference is big, it indicates that working point of photovoltaic array is far from maximum power point, the bigger disturbance step need to be used; if the difference is small, the smaller disturbance step need to be used, so as to reduce power oscillation. The results of simulation and experiment showed that the method not only can track maximum power point of photovoltaic array rapidly, but also can reduce power oscillation effectively.

Key words: photovoltaic array, maximum power point tracking, constant voltage method, disturbance observation method, conductance adding method, power oscillation, MPPT

0 引言

太阳能是取之不竭、用之不尽的可再生能源,且无污染、无噪声,是一种具有广阔前景的绿色能源,也是国内外学术界和工业界研究的热点。光伏阵列输出功率与光照强度、环境温度以及负载条件有关系,要想使太阳能电池在任何情况下输出功率最大,需要加入最大功率点跟踪(Maximum Power Point Tracking, MPPT)电路。MPPT 电路常用的控制方法有恒压法、扰动观察法及增加电导法等^[1]。

当光伏阵列的温度一定时,光伏阵列的输出曲线上最大功率点电压几乎分布在一个固定电压值的两侧。恒压法是将光伏阵列输出电压控制在某一电压处,此时光伏阵列在整个工作过程中将近似工作在最大功率点处。该方法只需一个检测参数,控制简单易行,但环境适应性差,且是一种近似 MPPT 方法,不能实现最优控制^[2]。

扰动观察法根据光伏阵列在最大功率点 $\Delta P/\Delta U=0$ 处的特性进行 MPPT 控制^[3],通过改变光伏阵列的输出电压,计算当时的输出功率并与前一步的输出功率作比较,从而确定扰动方向。该方法虽然在最大功率点附近存在着振荡运行的缺点,但是由于其控制思路简单,实现较为方便,是一种使用较多的光伏阵列 MPPT 方法。

增加电导法是扰动观察法的改进,在最大功率点 $\Delta P/\Delta U=0$ 处光伏阵列工作在最大功率点,由于它不需要比较占空比变化前后的功率、电压变化情况,因此,可以消除扰动观察法在最大功率点附近的功率振荡现象^[3]。但该方法对检测器件的精度要求比较高,且算法复杂,需较多的计算时间,因而对外部环境变化的响应速度变慢^[4,5]。

本文在分析光伏阵列和扰动观察法的基础上,

提出了一种快速 MPPT 控制方法,该方法根据光伏阵列的工作状态,将恒压法和扰动观察法相结合,实现光伏阵列 MPPT;且当光伏阵列工作在最大功率点附近时采用较小的扰动步长,可有效消除光伏阵列在最大功率点的振荡现象。实验结果证明该方法可快速有效地跟踪日照强度变化,提高对光伏阵列的利用率。

1 光伏阵列及扰动观察法

1.1 光伏阵列

光伏阵列的等效电路如图 1 所示,其输出电流的函数为

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

式中: I 为光伏阵列输出电流; I_s 为光伏阵列短路电流,由日照强度决定; I_0 为光伏阵列反向饱和电流; q 为电荷常数; U 为光伏阵列输出电压; K 为 Boltzmann 常数; T 为绝对温度; R_s 为串联电阻; R_{sh} 为并联电阻。

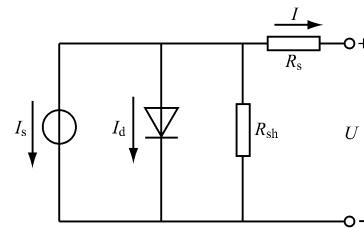


图 1 光伏阵列的等效电路

光伏阵列的输出特性曲线如图 2 所示(图 2(b)、(d)中的曲线从左向右依次为 $t = 75^{\circ}\text{C}$ 、 $t = 50^{\circ}\text{C}$ 、 $t = 25^{\circ}\text{C}$ 、 $t = 0^{\circ}\text{C}$ 时的特性曲线)。从图 2 可看出,在不同光照强度(L)和不同温度条件下,光

伏阵列都有一个最大功率点,为了提高光伏阵列的利用率,尽可能输出大的功率,需要在光伏阵列和负载之间加入MPPT电路。

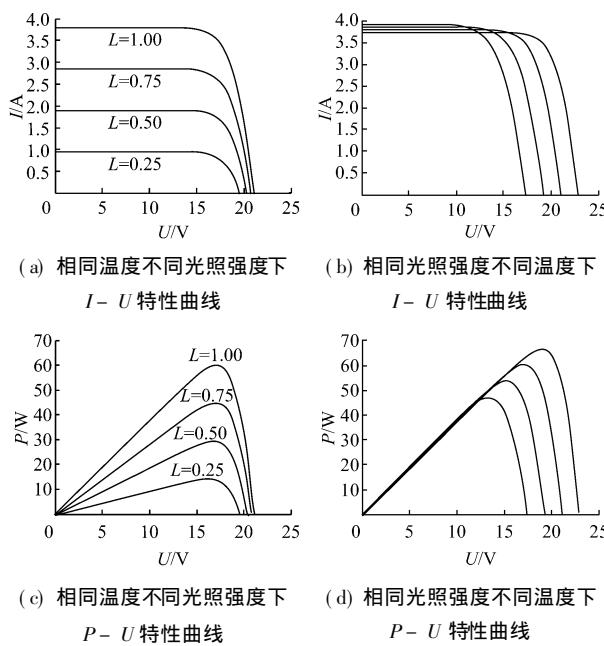


图2 光伏阵列的输出特性曲线

1.2 扰动观察法

扰动观察法是MPPT控制中比较常用的方法,MPPT电路通过控制占空比 d 来控制输出电压,如果占空比增加 Δd (为扰动步长,即占空比变化),输出电压增大,此时再检测输出电流、计算输出功率,并与占空比 d 没有增加前的输出功率作比较:若输出功率增加,则继续增加占空比 d ,直到输出功率下降;反之减少占空比 d 。

在扰动观察法中,步长的选取要兼顾光伏阵列动态响应速度及稳定状态下的控制精度。扰动步长 Δd 较大时,光伏阵列对外界环境变化响应速度快,但在最大功率点附近有较大的功率振荡;扰动步长 Δd 较小时,最大功率点附近的功率振荡会减弱,但光伏阵列对外界环境变化的响应能力变差^[2]。扰动观察法的控制仿真波形如图3所示(扰动步长 Δd 选取占空比变化0.04)。

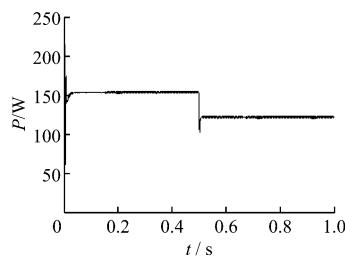


图3 扰动观察法的控制仿真波形

从图3可看出,光伏阵列响应速度能满足日照

强度变化条件下的动态响应,但在光照强度稳定的情况下输出功率有较大的波动。

2 快速MPPT控制方法

为了既能提高光伏阵列的跟踪速度,又能减小最大功率点处的功率振荡,需要改进扰动观察法的步长设置。

由于光伏阵列温度一定时,光伏阵列的输出特性曲线上最大功率点电压几乎分布在一个固定电压值的两侧^[1],也即最大功率点电压和光伏阵列输出电压有一定的关系。如果光伏阵列的输出电压和最大功率点电压相差比较大,就表明光伏阵列工作点离最大功率点比较远,此时可以采用较大的步长;如果光伏阵列的输出电压和最大功率点电压相差比较小,此时就需要采用较小的步长,从而减小功率振荡。因此,快速MPPT控制方法实现原理如式(2)所示:

$$\Delta d = \begin{cases} 0.01 \frac{U_m}{U} & (U_m \geq U) \\ 0.01 \frac{U}{U_m} & (U_m < U) \end{cases} \quad (2)$$

式中: U_m 为光伏阵列最大功率点所对应的近似电压。

从式(2)可看出,不管光伏阵列工作在最大功率点左侧还是右侧,离最大功率点越近, Δd 越小,而离最大功率点越远, Δd 越大。快速MPPT控制方法的算法流程如图4所示。

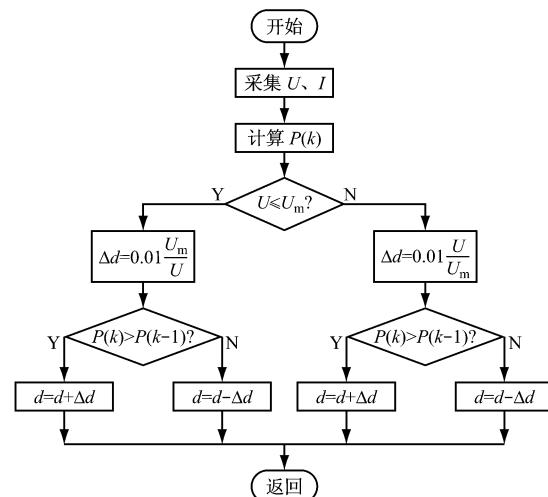


图4 快速MPPT控制方法的算法流程

3 仿真和实验结果

为了验证快速MPPT控制方法的有效性,在Matlab/Simulink环境下对扰动观察法和快速

MPPT 控制方法分别进行了仿真和实验。仿真对象为最大输出功率为 155 W 的光伏阵列, 其最大开路电压为 43.2 V, 最大短路电流为 4.9 A。当光伏阵列输出最大功率时, 它的工作电压为 34.4 V, 工作电流为 4.51 A。扰动观察法(扰动步长为占空比变化 0.01)以及快速 MPPT 控制方法(最大功率点处扰动步长近似为占空比变化 0.01)的仿真结果和实验结果分别如图 5 和图 6 所示(图 6 的横坐标为 0.1 s/div、纵坐标为 40 W/div)。

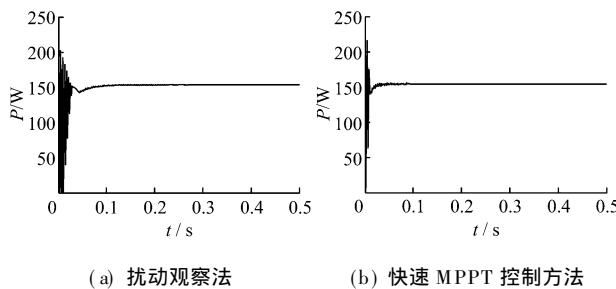


图 5 2 种 MPPT 方法的仿真结果

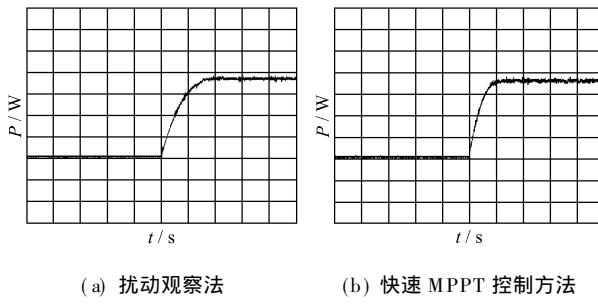


图 6 2 种 MPPT 方法的实验结果

从图 5、图 6 可看出, 这两种 MPPT 方法都可以跟踪到最大功率点, 但是快速 MPPT 控制方法所用时间比扰动观察法缩短了很多。由于这两种方法在最大功率点附近所采用的扰动步长都是占空比变化 0.01, 因此, 在最大功率点处的功率振荡都很小。

对这两种 MPPT 方法在光照强度突变的情况下也进行了仿真和实验。光照强度在 0.5 s 处从 1 000 突变到 900 所对应的仿真结果及实验结果分别如图 7、图 8 所示(图 8 的横坐标为 0.5 s/div、纵坐标为 20 W/div)。

从图 7、图 8 可看出, 快速 MPPT 控制方法跟踪光照强度变化的效果比扰动观察法要好得多。

4 结语

介绍的快速 MPPT 控制方法是一种将恒压法和扰动观察法相结合的最大功率点检测方法。该方

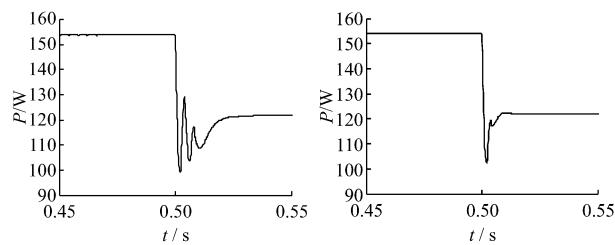


图 7 光照强度突变时 2 种 MPPT 方法的仿真结果

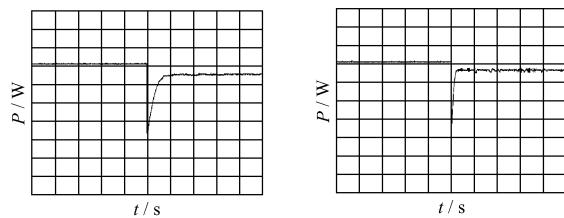


图 8 光照强度突变时 2 种 MPPT 方法的实验结果

法通过比较光伏阵列的工作电压和最大功率点对应的近似电压来确定光伏阵列是否工作在最大功率点附近, 以此来改变扰动步长, 减小光伏阵列在稳态时的功率振荡, 同时也能够快速跟踪光照强度的变化。仿真和实验结果验证了该方法的有效性。

参考文献:

- [1] HOH M D P, ROPP M E. Comparative Study of Maximum Power Point Tracking Algorithms Using an Experimental, Programmable, Maximum Power Point Tracking Test Bed [C]// IEEE 28th Photovoltaic Specialists Conference, 2000, Anchorage.
- [2] 徐鹏威, 刘飞, 刘邦银, 等. 几种光伏系统 MPPT 方法的分析比较及改进 [J]. 电力电子技术, 2007, 41(5): 3-6.
- [3] 张超, 何湘宁. 短路电流结合扰动观察法在光伏发电最大功率点跟踪控制中的应用 [J]. 中国电机工程学报, 2006, 26(20): 98-102.
- [4] TAEYEOP K, HOGYUN A, EUNGKYU P, et al. A Novel Maximum Power Point Tracking Control for Photovoltaic Power System under Rapidly Changing Solar Radiation [C]// Proceeding IEEE Conference International Symposium on Industrial Electronics, 2001, Pusan.
- [5] HUANG Yongji, LIN Dehen. A New Method for Optimal Output of a Solar Cell Array [C]// Proceeding IEEE Conference International Symposium on Industrial Electronics, 1992, Xian.