

An Improved Perturbation and Observation Used in Maximum Power Point Tracking Control of Photovoltaic Power System

Qianqian Xu, Jing Hui

Key Laboratory of Advanced Process Control for Light Industry, Ministry of Education, Jiangnan University, Wuxi Jiangsu

Email: bb_luck@126.com, jingh@126.com

Received: Feb. 23rd, 2017; accepted: Mar. 13th, 2017; published: Mar. 16th, 2017

Abstract

The output of the photovoltaic array is nonlinear. In order to improve the efficiency of solar power generation, the maximum power point tracking is needed. Traditional disturbance observation method is widely used, but it is difficult to balance the tracking accuracy and response speed. When the light changes drastically, the traditional method may produce a false judgment. Aiming at these problems, a new method is proposed. The improved algorithm can search the maximum power point quickly, and restrain the fluctuation near the maximum power point. The simulation of photovoltaic system is carried out by MATLAB, and the effectiveness of the improved algorithm is proved.

Keywords

Photovoltaic Array, Maximum Power Point Tracking, Perturbation and Observation Method, Variable Step Size

一种改进的扰动观测法在光伏MPPT中的应用

许倩倩, 惠晶

江南大学轻工过程先进控制教育部重点实验室, 江苏 无锡

Email: bb_luck@126.com, jingh@126.com

收稿日期: 2017年2月23日; 录用日期: 2017年3月13日; 发布日期: 2017年3月16日

摘要

光伏阵列的输出功率是非线性的, 为提高太阳能发电的效率, 需要进行最大功率点追踪。传统的扰动观

测法应用较为广泛, 但难以兼顾跟踪精度和响应速度, 在光照剧烈变化时会出现误判。针对这些不足, 本文提出一种变步长阈值搜索法。改进后的算法能快速搜索到最大功率点, 同时抑制在最大功率点附近的波动。利用matlab进行仿真, 证明了改进后算法的有效性。

关键词

光伏阵列, 最大功率点跟踪, 扰动观察法, 变步长

Copyright © 2017 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

随着社会与经济的迅速发展, 能源与环境的问题日益突出。太阳能作为一种分布广泛的可再生清洁能源, 具有良好的应用前景。但光伏电池的输出特性受光照强度、环境温度等情况影响, 是非线性的[1]。为解决这一实际问题, 光伏发电的最大功率点跟踪技术应运而生。

目前最大功率点跟踪方法主要有: 干扰观测法, 电导增量法, 模糊控制法等。干扰观测法因控制实现简单, 对传感器精度要求不高, 在实践中应用广泛。但传统的干扰观察法总是在最大功率点附近振荡运行, 步长的选择较难, 且在外部环境条件快速变化时会出现错误判断。

本文在传统的扰动观测法上, 提出一种变步长阈值搜索法, 以克服因外界环境剧变而造成的干扰。且在 Matlab/Simulink 平台下搭建了光伏发电最大功率跟踪系统的模型, 通过仿真验证了算法的合理性。

2. 光伏电池模型与特性

光伏电池是直接将光能转换为电能的一种器件, 它的工作原理主要是半导体的光电效应。即当太阳光照在半导体 p-n 结上, 形成新的空穴-电子对, 在 p-n 结电场的作用下, 空穴由 n 区流向 p 区, 电子由 p 区流向 n 区, 接通电路后就形成电流[2] [3]。

光伏电池受光的照射便产生电流, 并随光强变化而变化, 当光强一定时, 可将光伏电池视为能稳定产生光电流 I_{ph} 的恒流源。在理想条件下, R_s 很小而 R_{sh} 很大, 可以忽略不计。伏电池的等效模型如图 1 所示[4]。

由上图可得出光伏电池的数学模型为:

$$\begin{aligned} I &= I_{ph} - I_d - I_{sh} \\ &= I_{ph} - I_{sat} \left\{ \exp \left[\frac{q}{nkT} (U + IR_s) \right] - 1 \right\} - \frac{U + IR_s}{R_{sh}} \end{aligned} \quad (1)$$

由式(1)可得光伏电池的伏安特性曲线, 如图 2 所示。

3. 扰动观测法的基本原理

扰动观测法是目前工程实际中使用较为广泛的方法[5]。其工作原理是: 先让光伏电池工作在一个给定的工作点上, 随后周期性的增大或减小输出电压或电流(即扰动), 在扰动的同时检测实时的光伏电池的输出功率的变化趋势。比较扰动前后值, 确定下一周期的调节对象。如此循环, 不断逼近光伏电池的最大功率点。传统的干扰观测法控制系统结构简单, 对传感器的精度要求不高, 较易实现[6]。

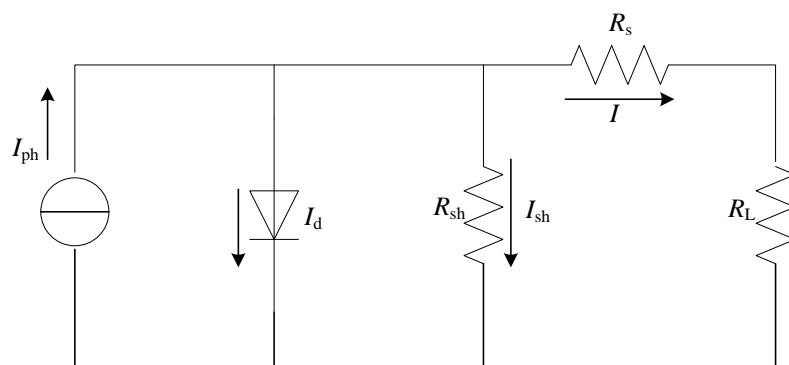


Figure 1. The equivalent model of the photovoltaic cell
图 1. 光伏电池的等效模型

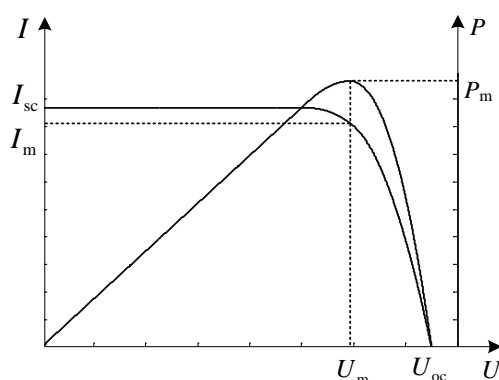


Figure 2. The volt-ampere characteristic curve of photovoltaic arrays
图 2. 光伏电池的伏安特性曲线

但是扰动观察法会在最大功率点附近来回振荡, 会造成部分功率的损失。同时, 扰动步长的选择是一个难题, 无法同时满足系统响应速度和跟踪精度, 大步长可满足响应速度, 但是以牺牲跟踪精度为代价, 而且会有振荡, 采取小步长时跟踪精度是提高了但是牺牲了响应速度, 此外在环境条件变化剧烈时会出现误判的现象, 最终使跟踪越来越偏离最大功率点。

4. 改进的变步长阈值搜索

Boost 变换器输出电流连续、平稳、且纹波较小, 因此选择 Boost 变换器作为 MPPT 的实现电路, 连接如图 3 所示。通过调节 DC/DC 变换器开关管的占空比实现输出阻抗和负载阻抗的匹配, 从而使系统始终工作在最佳状态, 给负载提供最大的功率。

本文采取的光伏发电 MPPT 的方法是在传统定步长的基础上改进的变步长阈值搜索法。从光伏特性曲线上可知, 在扰动量 ΔV 不变的情形下, 输出的功率 ΔP 是变化的。离最大功率点越近, ΔP 越小; 离最大功率点越远, ΔP 越大。在采样时间间隔足够短的情况下, 可将 $\Delta P/\Delta V$ 视为曲线的斜率。 $\Delta P/\Delta V$ 是实时不断变化的。将 M 倍的 $\Delta P/\Delta V$ 视为步长, M 为步长调节系数。变步长公式如下所示:

大步长可以提高跟踪精度, 小步长则可以提高跟踪的精度。根据输出功率的变化来改变占空比的大小, 从而进行 MPPT 控制。最后设置一个阈值 δ , 当输出功率的变化量小于 δ 时, 则可认为系统处于当前环境下的最大功率点。系统的控制流程图如图 4 所示。

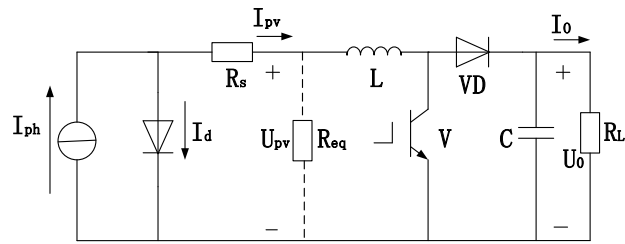


Figure 3. The MPPT implementation circuit
图 3. MPPT 实现电路

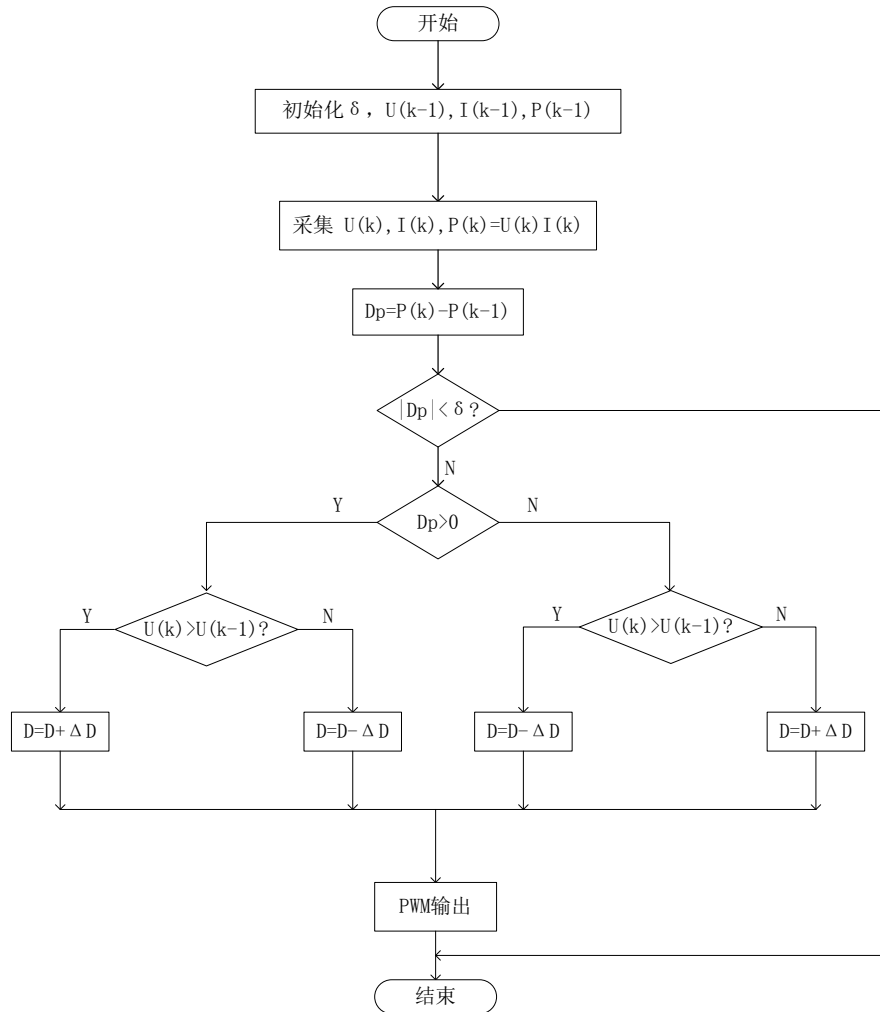


Figure 4. The control flow chart of improved perturbation method
图 4. 改进的扰动法控制流程图

5. 仿真结果与分析

为了验证变步长阈值搜索法的正确性和有效性, 本文利用 Matlab 建立系统的模型, 模型中的 DC/DC 变换器选择 Boost 电路。图 5 为系统的仿真结果图。可以看出在外界环境温度不变的情况下, 当光照强度突变时, 系统输出电压的振荡非常小, 后又很快恢复到了稳定状态, 能够快速辨别外界环境的变化, 及时调整运行状态, 有效地减小了在最大功率点处的振荡, 保证了系统的最大输出功率。

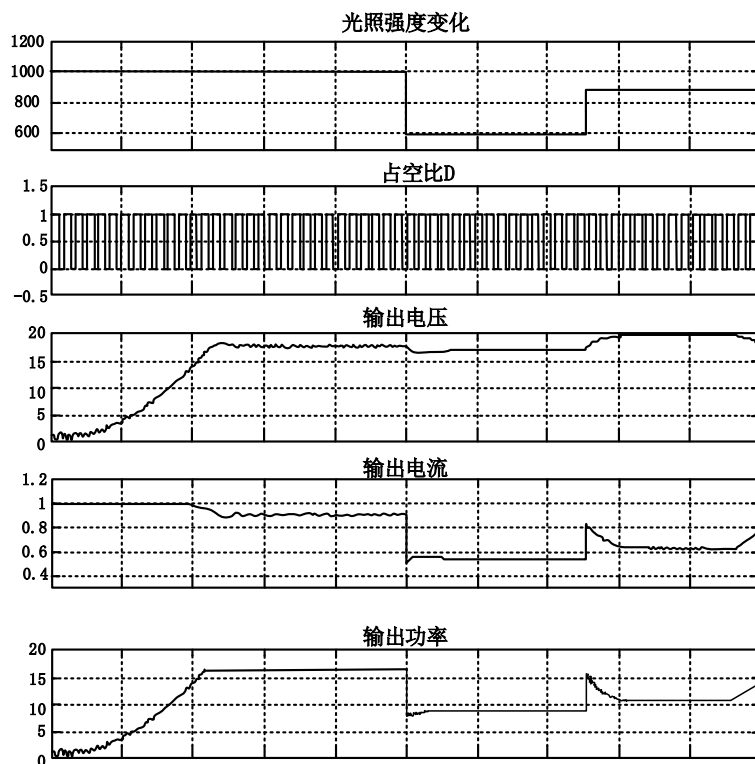


Figure 5. The simulation results

图 5. 仿真结果图

6. 结论

本文针对传统扰动观察法的不足, 提出一种新的 MPPT 算法变步长阈值搜索法, 该算法能有效避免在最大功率点附近振荡的情况。并通过仿真, 验证了改进后的算法具有静态稳定性好, 动态响应快, 抗干扰能力强的优势, 一定程度上解决了光伏系统最大功率点的跟踪问题。

参考文献 (References)

- [1] 刘燕, 聂思痕. 我国光伏产业发展路径选择[J]. 江西社会科学, 2015(2): 58-61.
- [2] Verma, D., Nema, S., Shandilya, A.M. and Dash, S.K. (2016) Maximum Power Point Tracking (MPPT) Techniques: Recapitulation in Solar Photovoltaic Systems. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, **54**, 1018-1034.
- [3] 惠晶. 新能源发电与控制技术[M]. 第 2 版. 北京: 机械工业出版社, 2012.
- [4] 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, 2011, 34(11): 198-202.
- [5] 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.
- [6] 赵争鸣, 陈剑, 孙晓瑛. 太阳能光伏发电最大功率点跟踪技术[M]. 北京: 电子工业出版社, 2012.

期刊投稿者将享受如下服务：

1. 投稿前咨询服务 (QQ、微信、邮箱皆可)
2. 为您匹配最合适的期刊
3. 24 小时以内解答您的所有疑问
4. 友好的在线投稿界面
5. 专业的同行评审
6. 知网检索
7. 全网络覆盖式推广您的研究

投稿请点击：<http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱：jee@hanspub.org