

光伏发电系统 MPPT 控制方法的研究及改进

刘 军 王得发 薛 蓉

(青岛科技大学自动化与电子工程学院 青岛 266042)

摘 要: 最大功率跟踪(MPPT)技术是光伏系统中经常使用的跟踪技术,但在使用中存在一定的缺陷和不足之处,如跟踪速度慢和振荡。鉴于这些问题,在此提出了一种结合型的 MPPT 控制方法,该方法在分析了扰动观察法的优势和不足以及概述了滞环比较法原理的基础上,将扰动观察法的跟踪优势与滞环比较法的滞环原理相结合,实现了系统控制方法的优化。并通过与传统的控制方法的仿真图进行对比,通过对比得出该改进方法能快速跟踪到最大功率点及有效减小振荡,验证了该方法的正确性和有效性。

关键词: 光伏发电;扰动观察法;滞环比较法;MPPT

中图分类号: TP273 **文献标识码:** A **国家标准学科分类代码:** 470.4031

Research and improvement on the method of maximum power point tracking control of photovoltaic power generation systems

Liu Jun Wang Defa Xue Rong

(College of Automation and Electronic Engineering, Qingdao University of Science & Technology, Qingdao 266042, China)

Abstract: The MPPT technology is used a lot in the photovoltaic power generation system, but there are some shortcomings and deficiencies in practical application, such as tracking not fast enough and sometimes oscillation problems. Considering PV system exists to tracking slow and oscillating problems during MPPT, on the analysis of the perturbation and observation method and the hysteresis comparison method we proposes a new MPPT control method which combines the advantages of the two methods and makes the system control technology better. And by comparison with the traditional simulation of disturbance observation method, it verifies that the new method can track the maximum power point quickly, and when the sunshine, temperature changes can effectively reduce the oscillation at the maximum power point of the photovoltaic cell, and verify the correctness and validity of the method.

Keywords: photovoltaic power generation; perturbation and observation method; hysteresis comparison method; MPPT

1 引 言

在能源枯竭的今天,太阳能以其绿色环保的优势,渐渐映入了人们的眼帘,深受人们重视,而光伏发电则是当前利用太阳能的主要方式之一^[1-2]。

光伏电池作为一种能量转换能量工具在 PV 系统中是必不可少的一部分,它的转换效率的高低在很大程度上影响着太阳能的利用率。光伏电池的转化效率不仅受电池本身结构影响,还会因环境如温度、光照等的改变而改变。采用 MPPT^[3] 技术可以大大提高光伏电池的转换效率^[4-6]。然而,单纯的扰动观察法、电导增量法^[7]和短路电流比较系数法等还存在一定缺陷。因此,为了改善这些缺陷,本文在简述了扰动观察法和滞环比较法的基础上,将扰动观察法的原理和滞环比较法的优势结合在一起,提出了

MPPT 技术的新方案,并进行了仿真对比,验证了该方法的正确性。

2 光伏电池模型

2.1 光伏电池的数学模型

由文献[7]知,光伏电池组件的 $I-V$ 特性随太阳辐照度 $E(\text{W}/\text{m}^2)$ 和电池温度 (K) 的变化而变化。光伏电池模^[8-10]为:

$$I = I_{PH} - I_o \{ \exp[q(V + R_s I) / AkT] - 1 \} - (V + R_s I) / R_{sh} \quad (1)$$

式中: I , 电池输出电流; V , 电池输出电压; I_o , 二极管反向饱和电流; I_{PH} , 光生电流; q , 电子电荷量; R_s , 串联电阻; A , 理想因子; k , 玻尔兹曼常数; T , 光伏电池温度;

R_{sh} , 并联电阻。

2.2 光伏电池输出曲线

图 1 为光伏电池在温度和光照强度变化时的输出 $P-V$ 曲线。

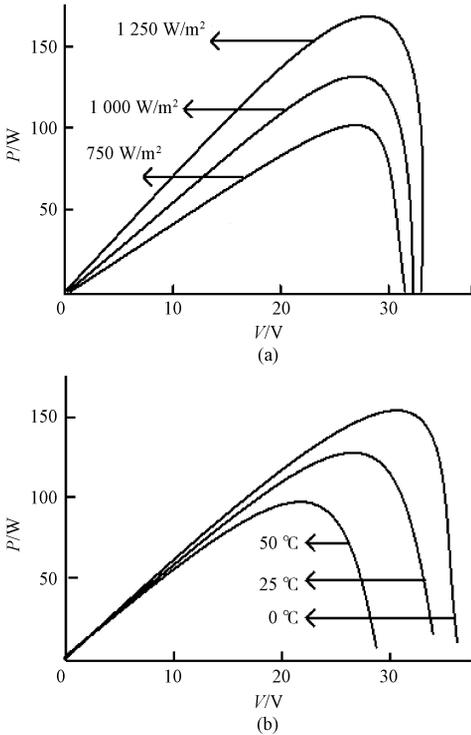


图 1 光伏电池输出 $P-V$ 曲线

从图 1 可以分析得出,最大功率点电压基本在一个确定值附近。

3 扰动观测法基本原理

在 MPPT 时经常用到扰动观察法。其基本原理^[11]是:先给光伏电池的输出电压一个微小扰动,观测功率的变化,若功率增加了,则保持原来方向添加扰动,若功率减小了,则向相反的方向添加扰动,最终使电池一直工作于最大功率点附近^[12]。

虽然扰动观察法可以跟踪到电池的最大功率点,但其跟踪速度不够快,而且依然存在着一定的振荡问题。因此,本文在它的基础上引入了滞环比较法。

4 滞环比较法

4.1 光伏电池滞环示意图

基于光伏电池的 $P-V$ 曲线分析,其滞环示意图如图 2 所示。

从图 2 分析得,光伏电池的电压并不是一直在变化的,而是只有功率超出某个值,电压才会改变。可见,引入滞环可以较好的抑制电池的振荡,因此,加入滞环是非常有必要的。

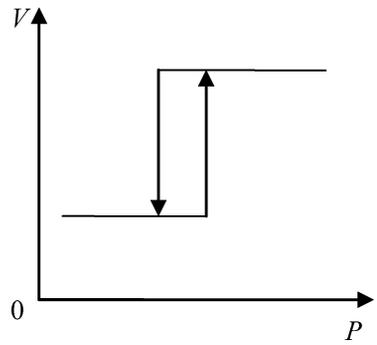


图 2 滞环技术图

4.2 滞环比较法原理

已知当前工作点 A , 并依据判定得出 B 点和沿 B 反方向的 2 个步长的点 C , 并且我们把 C 点、 A 点、 B 点的功率分别设为 P_C, P_A, P_B , 并测取其数值。定义 $P_A > P_C$ 时记为“+”, $P_B \geq P_A$ 时记为“+”, 反之记为“-”。由文献[8]可知 3 点功率比较示意图如图 3 所示。

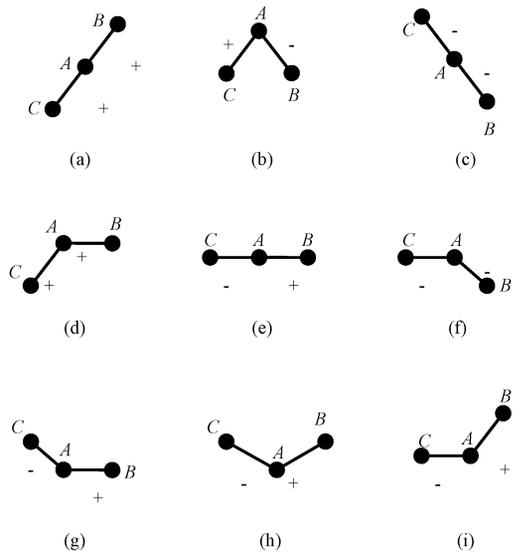


图 3 3 点功率比较示意图

将 A 点功率分别与 B 点、 C 点功率进行比较, 从上图可以总结出如下规则: 2 次功率比较, 同“+”, 则值保持原方向扰动; 同“-”, 则向反方向扰动; 相异, 则可能已达到最大功率点, 则值保持不变。

由以上规则可看出: 其实滞环比较原理^[13-14]就是通过双向扰动来保证扰动观测法的动作可靠性, 从而避免误判的发生, 同时也可以很好的抑制最大功率点处的振荡。

5 改进型方法

本文提出了一种结合变步长扰动观察法和滞环比较法优点的新型变步长滞环比较 MPPT 算法, 该方法能更好的控制最大功率点跟踪。

由光伏电池的输出曲线知,在环境条件不变时光伏电池有且仅有一个最大功率点,且由恒定电压法可知光伏电池最大功率点处的电压约为 $0.76U_{oc}$,故先将 U_A 初始化为 $0.76U_{oc}$ ^[15],计算当前的功率 P_A ,然后加一个很小的扰动 ΔU 使得 $U_B = U_A + \Delta U$,计算扰动后的功率 P_B ,再反向扰动至 $U_C = U_A - \Delta U$ 处并计算其功率 P_C 。根据滞环比较原理计算出标志量 flag 的值,根据 flag 的值判断下一步的扰动方向,仅当 $U_{next} = U_B/U_C$ 时,计算其斜率和扰动步长 $K\Delta$ (Δ 为步长变化的固定分量),进行下一次的扰动,否则不进行扰动。其流程图如图 4 所示。

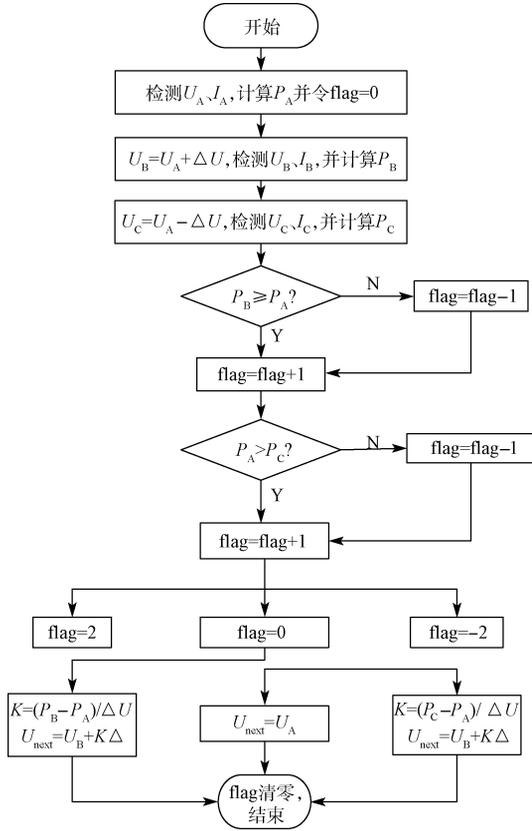


图 4 新型 MPPT 技术流程图

由图 1 和图 4 可知,系统首先会根据初始点处的斜率计算出一个跟踪步长,并依据这个步长进行功率点跟踪,之后一边跟踪一边调整步长使功率一直增大,直至功率最大时步长也减小到接近于零,则此点即为最大功率点。当温度和光照突变时,系统会及时地检测到输出功率的变化,并重新计算步长并判断扰动方向,再次准确快速地跟踪至最大功率点处。

6 仿真分析

图 5 是传统的扰动观察法跟踪效果图,图 6~8 为不同条件下改进方法的跟踪效果;图 5 与 6 的外界条件相同为温度 $25\text{ }^\circ\text{C}$,光照 $1\ 000\ \text{W}/\text{m}^2$ 。由图对比可见,改进算法比

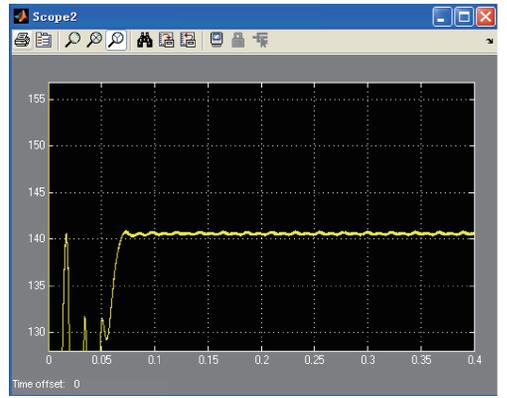


图 5 扰动观察法仿真

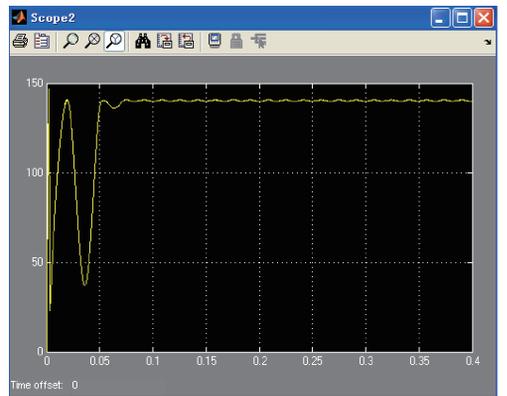


图 6 改进方法仿真

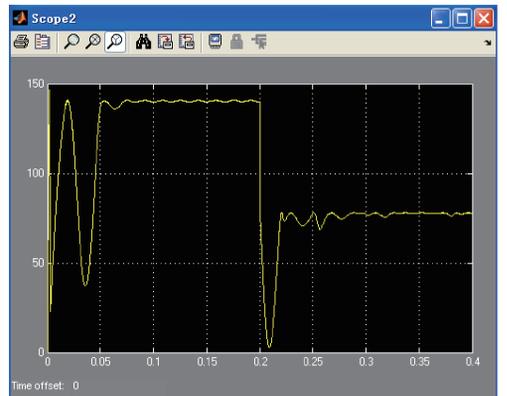


图 7 改进方法仿真(光照突变)

传统方法能够更快的跟踪最大功率,并且在最大功率点附近扰动明显减少。图 7 和 8 分别模拟 $0.2\ \text{s}$ 光照、温度突变情况,结果显示该算法仍然能较好较快的跟踪最大功率。

7 结 论

本文在扰动观察法的基础上加入了滞环的理念,提出了一种新型 MPPT 的控制方法,并进行了仿真验证。结果显示,本文的方法有一定好处:能更快的跟踪最大功率点,

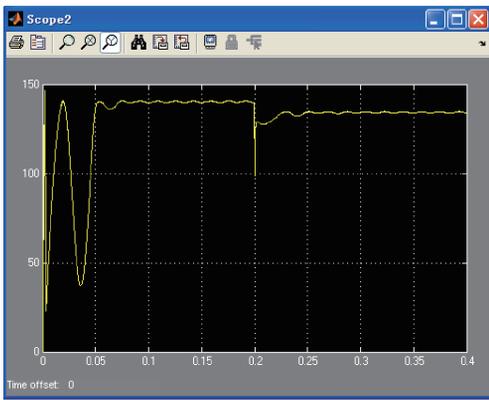


图 8 改进方法仿真(温度突变)

并且能在很大程度上抑制系统的振荡和误判现象,而且在温度和光照强度发生突变时能及时迅速地跟踪到新的最大功率点。

参考文献

- [1] 高嵩,马红利,何宁,等.改进 MPPT 算法在光伏发电系统中的应用[J].电测与仪表,2015,52(8):120-124.
- [2] 田雪,郑敏信.基于 LabVIEW 的光伏储能系统设计[J].国外电子测量技术,2014,33(12):38-41.
- [3] 陈凌,王宏华,韩伟.基于 CSA-FPI 算法的光伏发电 MPPT 仿真研究[J].电测与仪表,2015,52(8):39-44.
- [4] 张林,郭前岗,周西峰.一种新型光伏系统 MPPT 变步长滞环比较 P&O 法[J].电测与仪表,2014,51(2):27-31.
- [5] 陈炜,艾欣,吴涛,等.光伏并网发电系统对电网的影响研究概述[J].电力自动化设备,2013,33(2):26-39.
- [6] 刘东冉,陈树勇,马敏,等.光伏发电系统模型综述[J].电网技术,2011,35(8):47-52.

- [7] 凌梦,沙金,秦臻.基于 FPGA 的改进型电导增量法的 MPPT 控制方法[J].电子测量技术,2013,36(4):40-43.
- [8] 曹翊,尤一龙.光伏电池模型与特性分析[J].民营科技,2012(11):17-19.
- [9] 曹宇,连志刚,高叶军.光伏电池阵列及 MPPT 仿真探究[J].通信电源技术,2014,3(6):4-6.
- [10] 于晶荣,曹一家,何敏,等.单相单级光伏逆变器最大功率点跟踪方法[J].仪器仪表学报,2013,34(1):19-25.
- [11] 刘莉,张彦敏.一种扰动观察法在光伏发电 MPPT 中的应用[J].电源技术,2010,134(2):186-189.
- [12] 张亦斌,魏婷,周倩.光伏发电并网系统变步长 MPPT 及电压控制策略仿真研究[J].南方电网技术,2013,7(3):67-70.
- [13] 张兴,曹仁贤.太阳能光伏发电并网发电及其逆变控制[M].北京:机械工业出版社,2011.
- [14] 张丽莉,张兴,李善寿,等.一种改进滞环比较法的研究与应用[J].电力电子技术,2013,47(2):58-60.
- [15] 朱铭炼,李臣松,陈新,等.一种应用于光伏系统 MPPT 的变步长扰动观察法[J].电力电子技术,2010(1):20-22.

作者简介

刘军,1960 年出生,博士,硕士生导师,研究方向为复杂系统建模与控制,太阳能、风能发电与并网调度。

王得发,1989 年出生,硕士研究生,研究方向为控制理论与控制工程。

E-mail:706998693@qq.com

薛蓉,1990 年出生,硕士研究生,研究方向为控制理论与控制工程。