

几种光伏发电 MPPT 技术性能的仿真比较

翁 幸, 赵争鸣, 贺凡波

(清华大学 电机工程与应用电子技术系, 电力系统国家重点实验室, 北京 100084)

摘 要: 文章基于同一基准的光伏发电变换器电路, 在 Matlab/Simulink 平台下对扰动观察法、电导增量法等多种 MPPT 算法进行了仿真分析, 在误判、稳态振荡、动态性能、累计发电量等方面进行了比较。为使仿真更接近实际情况, 在仿真中采用了随时间线性变化的光照作为外部环境条件。此外, 在理论上分别对扰动观察法与电导增量法做了较深入的数学解释和几何解释两方面的比较。仿真结果和理论分析均表明, 二者并无显著的差别。

关键词: 光伏发电; MPPT; 扰动观察法; 电导增量法; 误判

中图分类号: TM615

文献标识码: A

文章编号: 2095-3631(2014)03-0020-06

Simulation Comparison of Several MPPT Methods for Photovoltaic Generation

WENG Xing, ZHAO Zheng-ming, HE Fan-bo

(State Key Laboratory of Power System, Department of Electrical Engineering, Tsinghua University, Beijing 100084, China)

Abstract: Various MPPT algorithms such as perturbation & observation method, incremental conductance method, etc. were analyzed by simulation at Matlab/Simulink platform based on the same converter circuit, and also were compared in misjudgment, steady-state oscillation, dynamic performance, cumulative power generation, etc. An environment condition that the solar radiation is in linear variation with time was adopted to make the simulation closer to the actual situation. In addition, a deeper theoretical comparison of perturbation & observation method and incremental conductance method were made based on mathematical explanation and geometric interpretation. Both of the simulation results and theoretical analysis show that there is no significant difference between the two methods.

Keywords: PV generation; Maximum Power Point Tracking; perturb & observe; incremental conductance; misjudgment

0 引言

最大功率点跟踪 (Maximum Power Point Tracking, MPPT) 技术是光伏发电系统的核心技术之一。目前 MPPT 算法种类繁多, 性能也不尽相同, 人们多是在光照阶跃的条件下对各算法性能进行比较^[1-4], 不太符合实际情况。扰动观察法 (perturbation & observation method, P&O)^[5]和电导增量法 (incremental conductance method, INC)^[6]是目前最常用的两种 MPPT 算法^[2,7-8], 近年来

也发展出了多种基于这两种算法的改进算法^[4,9-10]。这两种算法都是基于电压电流采样反馈的广义扰动观测法^[2], 且均会在光照连续变化时出现误判现象^[5-6]。文献^[11]认为电导增量法是扰动观察法的改进算法, 但鲜有文献在理论上对二者作出细致的分析比较。

本文选取了具有代表性的扰动观察法、电导增量法及二者的衍生算法, 利用 Matlab/Simulink 进行仿真, 并对稳态、动态及光照连续变化条件下的误判情况等作出了综合比较, 总结了这几种 MPPT 算法相应的各种性能指标与算法参数选取的关系。此外细致分析了光照连续变化时的误判现象, 并在理论上从数学解释和几何解释两方面深入比较了扰动观察法和电导增量法的特性^[12]。

收稿日期: 2014-04-02

作者简介: 翁幸 (1992-), 女, 研究方向为太阳能光伏发电;

赵争鸣 (1959-), 男, 教授, 博士生导师, 主要研究方向为电力电子与电机控制。

1 仿真系统概述

光伏发电一般采用单相两级式并网逆变系统,由于本文主要研究各类MPPT算法的差异,故忽略直流母线电压的波动,用直流电压源代替直流母线。仿真主电路由光伏电池、Boost升压斩波器、直流母线电压源构成(图1)。控制部分由MPPT控制器、电压调节器、电流调节器三部分组成(图2)。MPPT控制器通过测量光伏电池电压 V_{PV} 、电流 I_{PV} 给出光伏电池目标电压值 V_{PV}^* ;电压调节器给出电感电流目标值 I_L^* ;电流调节器给出Boost斩波器的PWM占空比 D 。

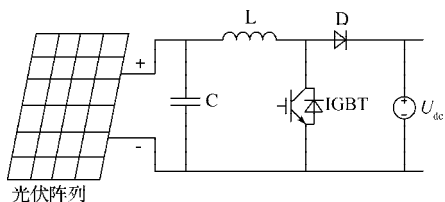


图1 仿真主电路

Fig. 1 Simulative main circuit

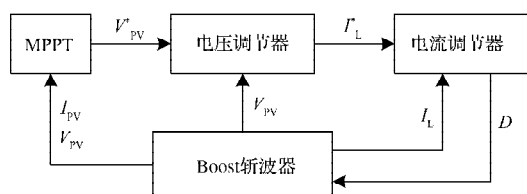


图2 DC/DC变换器控制结构

Fig. 2 Structure of DC/DC converter control

2 各算法实现原理

2.1 扰动观察法的实现

扰动观察法(P&O)的原理是首先让光伏阵列工作在某一参考电压下,检测输出功率,在此工作电压基础上加一正向电压扰动量,检测输出功率变化。若输出功率增加,表明光伏阵列最大功率点电压高于当前工作点,需继续增加正向扰动;若所测输出功率降低,最大功率点电压低于当前工作点,则需反向扰动工作点电压。^[2]该算法的流程图如图3所示,图中 ΔV 为扰动电压步长。

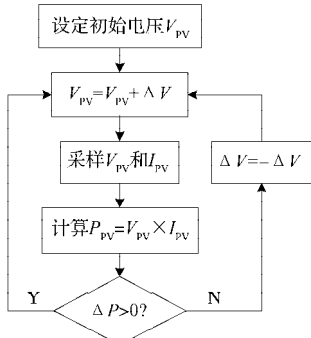


图3 扰动观察法流程图

Fig. 3 Flow chart of perturbation & observation method

2.2 电导增量法的实现

电导增量法(INC)通过比较光伏阵列的电导增量和瞬间电导来改变控制信号。由光伏阵列特性曲线可知最大功率点处满足电导条件^[2]：

$$\frac{dP}{dV} = I + V \frac{dI}{dV} = 0 \quad (1)$$

式中： P ——光伏电池输出功率； I ——光伏电池电流； V ——光伏电池端电压。

可以得到的电导增量法流程如图4所示。

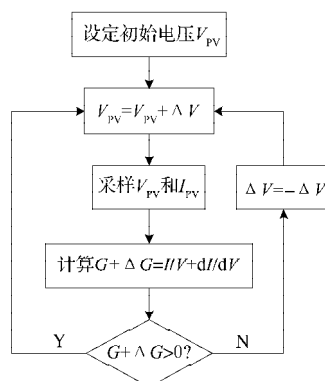


图4 电导增量法流程图

Fig. 4 Flow chart of incremental conductance method

3 基于Matlab/Simulink的仿真比较

为了便于比较,电压调节器、电流调节器的采样频率和Boost斩波器开关频率统一取为5 kHz,MPPT控制器的控制周期为5 ms。仿真所用光伏电池的额定功率为300 W,在1 000 W/m²、25℃时开路电压为85 V,短路电流为4.75 A,最大功率点电压为68 V。直流母线电压为100 V。仿真时保持温度恒定在25℃,光照按如下规律变化:0~0.4 s,保持1 000 W/m²;0.4~0.8 s,由1 000 W/m²线性减小到200 W/m²;0.8~1.2 s,保持200 W/m²;1.2~1.6 s,由200 W/m²线性增加到1 000 W/m²;1.6~2.0 s,保持1 000 W/m²。

3.1 定步长的扰动观察法与电导增量法

定步长的扰动观察法与电导增量法的扰动步长均选为0.5 V,其仿真输出曲线如图5所示,其中曲线1为理想的MPPT算法,曲线2为扰动观察法,曲线3为电导增量法。MPPT轨迹如图6所示,曲线1为扰动观察法,曲线2为电导增量法。从图5中可以看到,光照强度不变时,扰动观察法、电导增量法均以三点振荡模式进入稳态,电压波动在1.2 V左右(基本是两个扰动步长);1.6 s以后重新进入稳态时,电导增量法略快于扰动观察法;而光照连续变化时两种算法均发生了误判,其中光照连续减小时均表现为电压在两点间往复振荡,光照连续增加时均表现为电压朝同一方向长时间的持续变化。改变光照强度的变化率进行仿真可以得到:当光照变化