

# 基于遗传算法的占空比扰动法在MPPT中的应用研究

肖俊明<sup>1</sup>, 王东云<sup>1</sup>, 李燕斌<sup>1,2</sup>, 焦凌云<sup>1</sup>

(1. 中原工学院, 河南 郑州 450007; 2. 许继电气股份有限公司, 河南 许昌 461000)

**摘要:** 为了提高光伏电池的利用率, 需对光伏电池的最大功率点进行快速准确的追踪控制。根据光伏电池的电气特性, 建立了光伏阵列的数学模型。针对传统占空比扰动法的不足, 提出了一种基于遗传算法的占空比扰动法, 并在Matlab/simulink下进行了建模与仿真。仿真结果表明所提方法能够在外界环境变化时快速、准确地跟踪太阳能电池的最大功率点, 使光伏系统具有良好的动态和稳态性能。

**关键词:** 遗传算法; 占空比; 扰动法; 最大功率点跟踪; 光伏发电系统

## Research on a maximum power point tracking with DRP based on genetic algorithm

XIAO Jun-ming<sup>1</sup>, WANG Dong-yun<sup>1</sup>, LI Yan-bin<sup>1,2</sup>, JIAO Ling-yun<sup>1</sup>

(1. Zhongyuan University of Technology, Zhengzhou 450007, China; 2. XJ Electric Co., Ltd, Xuchang 461000, China)

**Abstract:** It is necessary to track the maximum power point of solar cell array rapidly and accurately to improve the utilization of solar cell array. This paper establishes a mathematical model of photovoltaic array according to the electrical characteristics of solar cell array. Aiming at the lack of traditional duty ratio perturbation, a duty ratio perturbation based on genetic algorithm is proposed. This maximum power point tracking method is established and simulated with Matlab/Simulink. Simulation results show that the maximum power point tracking algorithm based on genetic duty ratio perturbation can track the maximum power point rapidly and accurately when the external environmental changes, and can improve the static and dynamic performance of photovoltaic power system.

**Key words:** genetic algorithm; duty ratio; perturbation method; maximum power point tracking; photovoltaic power system

中图分类号: TM71 文献标识码: A 文章编号: 1674-3415(2010)15-0043-04

## 0 引言

光伏电池的光电转换效率低是光伏发电的主要问题之一, 通过电力电子技术和控制技术实现光伏发电的最大功率跟踪是解决这一问题的有效措施, 它能使电池阵列的输出功率增加约15%~36%<sup>[1]</sup>。目前常用的MPPT方法有固定电压法、扰动观察法、增量电导法等。固定电压法控制简单, 但跟踪方式没有考虑到温度对开路电压的影响, 能量损失较大。扰动观察法和增量电导法是目前应用较多的方法, 这两种方法转换效率高, 但MPPT电路功率开关的占空比调节量 $\Delta D$ 难以选择,  $\Delta D$ 较大时, MPPT速度快, 在功率最大点附近会出现较大的振荡, 能量损失较大;  $\Delta D$ 较小时, 最大功率点附近的振荡减弱, 系统对外界的响应速度减慢。本文介绍了一种基于遗传算法的占空比扰动MPPT控制法, 直接根据负载功率的变化来控制Cuk变换器的占空比实现最大功率点跟踪, 实验表明该算法在环境发生变化时可以快速跟踪最大功率的

的变化, 使光伏系统始终输出最大功率。

## 1 光伏阵列的仿真模型

### 1.1 光伏电池的数学模型

MPPT 控制是对光伏电池的输出进行控制, 必须建立光伏阵列的数学模型<sup>[2]</sup>。光伏电池相当于具有与受光面平行的极薄 PN 截面的大面积的等效二极管, 其等效电路图如图 1 所示。

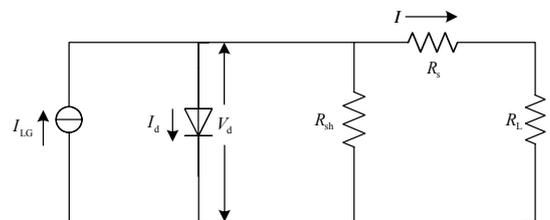


图 1 光伏电池等效电路图

Fig.1 Equivalent circuit of photovoltaic battery

由图 1 可得光伏电池的输出特性方程<sup>[3]</sup>:

$$I = I_{LG} - I_{OS} \{ \exp[\frac{q}{AkT}(V + IR_s)] - 1 \} \quad (1)$$

其中:

$$I_{LG} = [I_{SCR} + K_1(T - 298)] \frac{\lambda}{1000} \quad (2)$$

式中:  $I, V$  分别为电池单元的输出电流和电压;  $I_{LG}$  为光电流;  $I_{OS}$  为光伏电池的暗饱和电流;  $K_1$  为短路电流的温度系数;  $I_{SCR}$  为标准测试条件下光伏电池的短路电流;  $\lambda$  为日照强度;  $A$  为二极管因子;  $k$  为波尔兹曼常数;  $T$  为开氏温度;  $q$  为电荷电量。

$$\text{开路电压 } V_{OC} = \frac{AkT}{q} \ln(\frac{I_{LG}}{I_{OS}} + 1) \quad (3)$$

光伏阵列的输出特性方程:

$$I = n_p I_{LG} - n_p I_{OS} \{ \exp[\frac{q}{n_s AkT}(V + IR_s)] - 1 \} \quad (4)$$

其中,  $n_p, n_s$  分别为阵列中光伏电池的并联和串联个数。光伏阵列的暗饱和电流:

$$I_{OS} = \frac{I_{LG}}{\exp(\frac{qV_{OC}}{n_s AkT}) - 1}$$

### 1.2 基于占空比的光伏电池仿真模型

光伏系统的简单示意图如图 2 所示, 负载为一个电阻  $R$  和一个开关  $K$ , 开关  $K$  受一频率恒定的 PWM 信号的控制, 其占空比为  $D$ 。当  $D=0\%$  时, 开关  $K$  断开, 相当于断路;  $D=100\%$  时, 开关  $K$  闭合, 相当于负载  $R_L = R$ 。负载  $R_L$  与占空比  $D$  之间的关系可近似表示为  $R_L = R/D$ 。光伏电池的输出电压  $V = IR_L = IR/D$ , 以温度  $T$ 、日照强度  $\lambda$ 、固定负载阻值  $R$  以及占空比  $D$  为输入量的模型如图 3 所示。

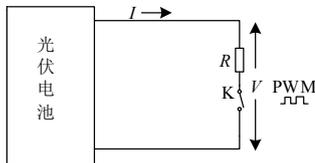


图 2 光伏系统示意图  
Fig.2 PV system diagram

## 2 MPPT 占空比扰动法分析

光伏发电系统中光伏阵列和负载之间的接口多采用 PWM 型的 DC/DC 变换器和 DC/AC 逆变器<sup>[4]</sup>, 可通过调节 PWM 信号的占空比  $D$  来调节变换器输

入与输出的关系, 实现调节光伏电池输出功率  $P$  的功能。

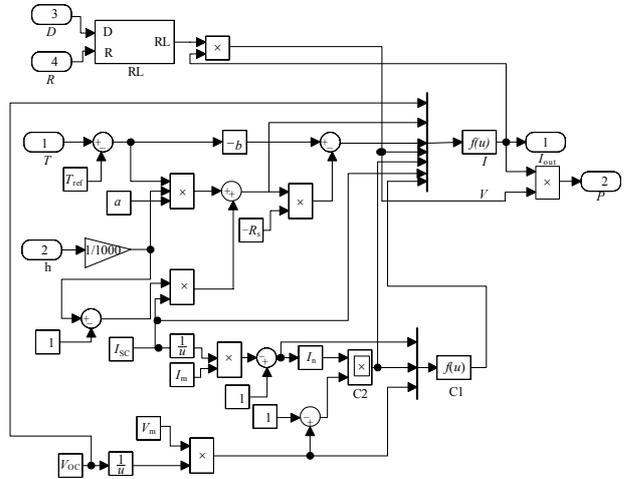


图 3 光伏电池的仿真模型

Fig.3 Simulation models of photovoltaic cells

占空比扰动法直接将占空比  $D$  作为控制参数, 通过扰动占空比  $D$  测量输出功率的变化量, 获知功率变化的方向, 光伏电池的  $P-D$  关系曲线示意图如图 4 所示。

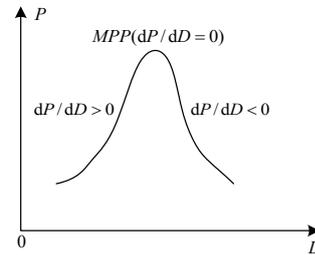


图 4  $P-D$  关系示意图

Fig.4 Schematic of  $P-D$  relationship

这种扰动观察法的弊端在于占空比  $D$  调整步长的大小无法确定, 步长过小, 跟踪时间增大影响系统的动态响应特性; 步长过大, 输出功率波动加大, 从而使系统的稳态误差变大。

## 3 基于遗传算法的占空比扰动法

### 3.1 基于遗传算法的占空比扰动法

光伏系统最大功率的控制过程可以看成是一个优化过程, 根据遗传算法的基本原理和计算流程, 可以推导出求解改进占空比扰动法的计算过程。

#### 1) 适应值函数的确定

适应值函数的选择首先应保证目标函数值到适应值形式映射后的适应值非负, 其次目标函数的优化方向应对应于适应值的增大方向, 对应于 MPPT



但动态响应慢；波形 8 跟踪速度较快，动态响应性能较好，但存在波动；波形 9 不仅跟踪速度快，对外界环境因素变化的反应也比较迅速，而且几乎没有稳态误差。通过这三个波形的对比可知基于遗传算法的占空比扰动法比传统的占空比扰动法具有更好的动、静态性能。

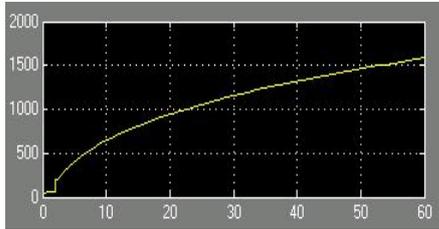


图 7 占空比扰动法输出波形 ( $\Delta D=0.2\%$ )  
Fig.7 Output waveform of DRP( $\Delta D=0.2\%$ )

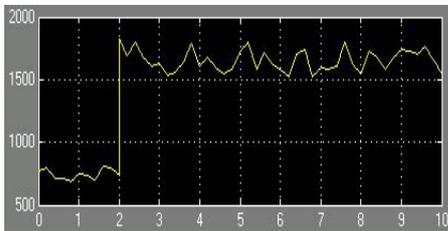


图 8 占空比扰动法输出波形 ( $\Delta D=2\%$ )  
Fig.8 Output waveform of DRP( $\Delta D=2\%$ )

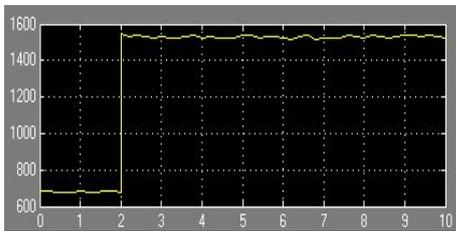


图 9 基于遗传算法的占空比扰动法输出波形

Fig.9 Output waveform of DRP based on genetic algorithm

## 5 结论

针对传统占空比扰动法的不足，提出了基于遗传算法的占空比扰动法，该方法可以解决传统占空比扰动算法步长选择的问题。凭借其较强的寻优能力，避免了由于迭代过程初始值选取不当而引起的难以收敛等麻烦，可从任一初始值开始得到较准确的最大功率值。该算法在保证稳态误差较小的情况

下，可以实现最大功率点的快速跟踪，从而使系统的动态和稳态性能得到很大的提高。

## 参考文献

- [1] 杨帆, 彭宏伟, 胡为兵, 等. 太阳能电池最大功率点跟踪技术探讨[J]. 电子器件, 2008, 31(4): 1081-1084.  
YANG Fan, PENG Hong-wei, HU Wei-bing, et al. Study technology of maximum power point tracker on the solar cell [J]. Electronic Devices, 2008, 31 (4) : 1084-1081.
- [2] 茆美琴, 余世杰, 苏建徽. 带有 MPPT 功能的光伏阵列 Matlab 通用仿真模型[J]. 系统仿真学报, 2005 (5): 248-1250.  
MAO Mei-qin, YU Shi-jie, SU Jian-hui. Versatile Matlab simulation model for photovoltaic array with MPPT function[J]. Journal of System Simulation, 2005 (5) : 1248-1250.
- [3] 何薇薇, 熊宇, 杨金明, 等. 基于改进 MPPT 算法的光伏发电最大功率跟踪技术[J]. 电气传动, 2009, 39(6): 32-35.  
HE Wei-wei, XIONG Yu, YANG Jin-ming, et al. Photovoltaic maximum power point tracking system based on an improved MPPT algorithm[J]. Electric Drive, 2009, 39 (6): 32-35.
- [4] 程启明, 程尹曼, 汪明媚, 等. 光伏电池最大功率点的跟踪方法[J]. 上海电力学院学报, 2009, 25(4): 346-352.  
CHENG Qi-ming, CHENG Yin-man, WANG Ming-mei, et al. Survey on MPPT methods of photovoltaic cells[J]. Journal of Shanghai Electric Power, 2009, 25(4): 346-352.
- [5] 贾志伟, 刘君, 于佰健. 基于遗传算法的改进二级电压控制的研究[J]. 电力系统保护与控制, 2009, 37(1): 37-43.  
JIA Zhi-wei, LIU Jun, YU Bai-jian. Study on the improved secondary voltage control based on genetic algorithm[J]. Power System Protection and Control, 2009, 37 (1) : 37-43.
- [6] 唐敏, 任奇, 夏东伟. 基于遗传算法的太阳能电池最大功率点研究[J]. 电力电子技术, 2008, 42(4): 39-40.  
TANG Min, REN Qi, XIA Dong-wei. The maximum power point of solar cells based on genetic algorithm[J]. Power Electronics, 2008, 42 (4) : 39-40.

收稿日期: 2010-03-16; 修回日期: 2010-04-15

作者简介:

肖俊明 (1960-), 男, 高级工程师, 副教授, 从事电力电子方向的研究。E-mail: xjm@zzti.edu.cn

(上接第 42 页 continued from page 42)

[10] Klehmet U, Herpel T, Hielscher K S, et al. Real-time guarantees for CAN traffic[C].//Vehicular Technology Conference. 2008: 3037-3041.

收稿日期: 2010-01-08; 修回日期: 2010-06-01

作者简介:

钱美 (1974-), 男, 讲师, 硕士, 研究方向为电气工程; E-mail: qianmei2001@hotmail.com

吴正国 (1956-), 男, 教授, 本科, 研究方向为电气工程;

韩江桂 (1976-), 女, 讲师, 硕士, 研究方向为机电一体化。