

# 光伏系统最大功率点追踪的一种改进方法

赵希, 陈歆技

(东南大学 电气工程学院, 江苏 南京 210096)

**摘要:** 介绍了一种光伏电池的实用仿真模型, 分析了最大功率点追踪算法的优缺点, 在原有的干扰观测法基础上, 提出了一种改进的变步长的算法, 既能满足追踪速度的要求, 又能满足精度的要求, 并且通过仿真模型验证了该算法的有效性。

**关键词:** 光伏系统; 最大功率点追踪; 干扰观测法

**中图分类号:** TM615 **文献标识码:** A **文章编号:** 1007-3175(2008)10-0035-04

## Improved Method of Tracking the Maximum Power Point for Photovoltaic System

ZHAO Xi, CHEN Xin-ji

(School of Electrical Engineering, Southeast University, Nanjing 210096, China)

**Abstract:** Introduction was made to a kind of applicable simulation model of photovoltaic cells, analyzing the advantage and disadvantage of maximum power point tracking algorithm. On the basis of existing observation method for perturbation, an improved variable step algorithm was raised which meets the requirements of tracking speed as well as accuracy, and the algorithm is verified for its validity via simulation model.

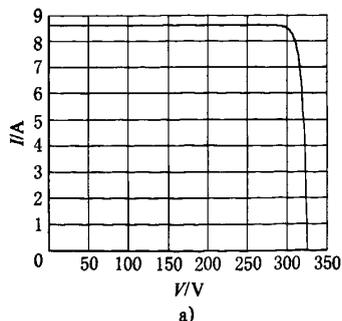
**Key words:** photovoltaic system; maximum power point tracking; observation method for perturbation

太阳能光伏发电是新能源和可再生能源的重要组成部分, 被认为是当今世界上最有发展前景的新能源技术, 各发达国家均投入巨额资金竞相研发, 并积极推动光伏技术和产业的发展<sup>[1]</sup>。光伏系统中最重要的部分是光伏电池, 它是整个系统的电源, 具有很强的非线性, 既不是电压源又不是电流源, 于是如何提高电池板的效率就成了研究的热点。

针对最大功率点的追踪, 国内外提出了很多相应的控制算法, 包括解析和非解析的算法, 但是各种算法各具优缺点, 文中在原有的干扰观测法的基础上稍加改进, 提出一种变步长的算法。既能满足追踪速度的要求, 又能满足精度的要求, 并通过相应的仿真模型进行验证。首先建立相应的光伏电池仿真模型, 编写系统函数产生 boost 变换电路的门极驱动电路<sup>[2]</sup>, 并且对比了干扰观测法和提出的改进算法的仿真结果, 以此验证了此仿真算法的可行性和优越性。

### 1 光伏电池的模型

光伏电池由于外特性呈现非线性, 在一定的温度和光照强度下, 电池的输出效率不一定能达到最大, 光伏电池的外特性和日照强度、环境温度、阴雨、雾等很多天气因素有关, 所以当光照强度、温度等自然条件改变时, 太阳能电池的输出特性随之发生改变, 输出功率及最大功率点亦发生改变。太阳能电池的  $I-V$  和  $P-V$  外特性曲线如图 1 的 a)、b) 所示。



**作者简介:** 赵希(1984-), 男, 硕士研究生, 研究方向为电力系统配电自动化。

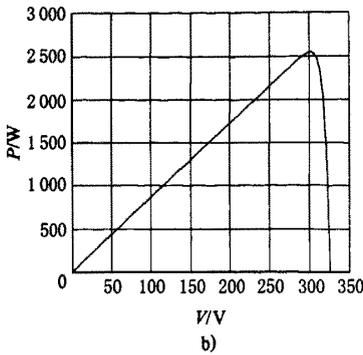


图1 光伏电池的I-V和P-V外特性曲线

1.1 太阳能电池的数学模型

参考太阳能电池的数学模型和相应的工程用数学模型<sup>[3]</sup>, 在建立 simulink 相应的模块时, 相应的内部结构过于复杂, 为此采用简化的数学模型, 光伏阵列的等效电路如图2所示。

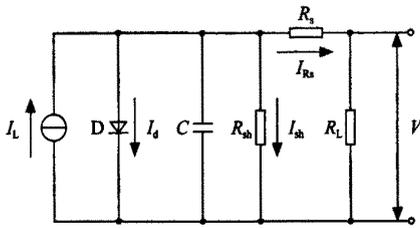


图2 光伏电池的等效电路模型

由于器件的响应时间与光伏系统的时间常数相比微不足道, 因此光伏阵列的结电容在理论分析中予以忽略。相应的I-V特性为式(1)、式(2)所示<sup>[4]</sup>。

$$I = I_L - I_0 \left\{ \exp \left[ \frac{q(V+I)R_s}{AKT} \right] - 1 \right\} - \frac{V + IR_s}{R_{sh}} \quad \Lambda = \frac{q}{AKT} \quad (1)$$

$$I_d = I_0 \left\{ \exp \left[ \frac{q(V+IR_s)}{AKT} \right] - 1 \right\} \quad (2)$$

式中  $I_d$  为二极管结电流;  $I_L$  为光电流, 受外界光照和温度影响;  $I_0$  为反向饱和电流;  $q$  为  $1.6e-19$  C 电子电荷;  $K$  为  $1.38e-23$  J/K 波尔兹曼常数;  $T$  为绝对温度;  $A$  为二极管特殊因子;  $R_s$  为串联电阻, 一般为低阻值;  $R_{sh}$  为并联电阻, 一般为高阻值。

由上述的数学模型, 建立相应的 simulink 仿真模型, 取  $\Lambda = q/AKT$ , 并且相应光伏电池阵列参数选择如下:  $R_s = 0.9 \Omega$ ,  $R_{sh} = 10 \text{ k}\Omega$ ,  $\Lambda = 0.02$ 。光伏电池的数学模型如图3所示。

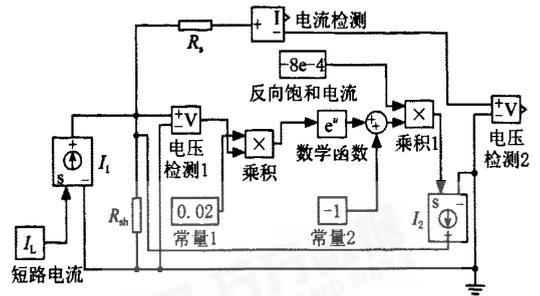


图3 光伏电池的数学模型

该模型的优点在于模型结构从等效电路出发构建, 原理和相应的模型结构较简单, 并且可同时得到光伏阵列的外特性输出电流和电压参数, 相应的外界温度和光照变化体现在光伏电流  $I_L$  的变化上。

2 最大功率点追踪算法

普通的功率点追踪方法为功率反馈方法, 主要思路是测量阵列的功率并将其作为反馈的变量。目前三种应用最广泛的算法为干扰观测法、爬山法和电导增量法。

2.1 干扰观测法简介

干扰观测法的基本思想为引入一个小的变量, 然后进行观察。然后与前一个状态进行观察, 根据比较的结果调整电池的工作点, 实时的采集光伏电池的输出电压和电流, 并计算此时的功率值, 而后与上一时刻的功率值进行比较, 然后相应调整光伏电压的变化方向, 使其向着最大功率点的方向移动, 以达到逼近最大功率点的目的, 相应的流程图见图4。

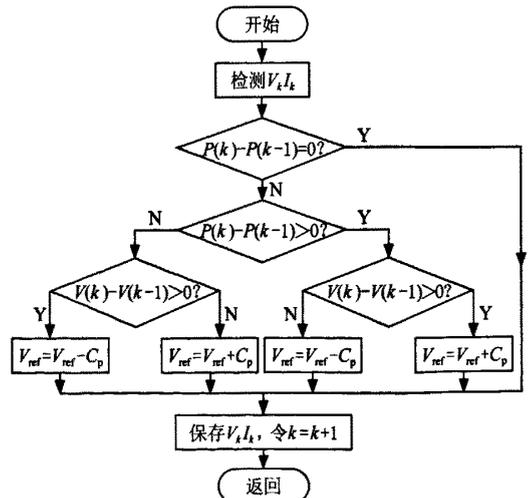


图4 干扰观测法的流程图

### 2.2 改进的干扰观测法

虽然干扰观测法具有程序实现简单和检测量少的优点,但是在外界环境发生突变时,或是在接近最大功率点时容易发生振荡。

因此文中在原有的干扰观测法的基础上对其加以改进,提出了一种变步长的改进算法。在远离最大功率点的区间内,选择稍微偏大的步长,在接近最大功率点这段区间内,步长减小,这样既能最大程度上满足快速性的要求,又能满足相应精度的要求。这样就能解决刚才提出的问题,并通过相应的仿真模型验证,以验证此算法的优越性。在原有的流程图上稍微加以改进,给  $C_{p1}$  和  $C_{p2}$  赋相应的值,在没靠近最大功率点时,  $C_{p2}$  的值稍微大些,以提高速度。在接近最大功率点的范围内,  $C_{p1}$  的值稍微小些,以提高精度。其相应的控制流程图和仿真的模型如图5所示。

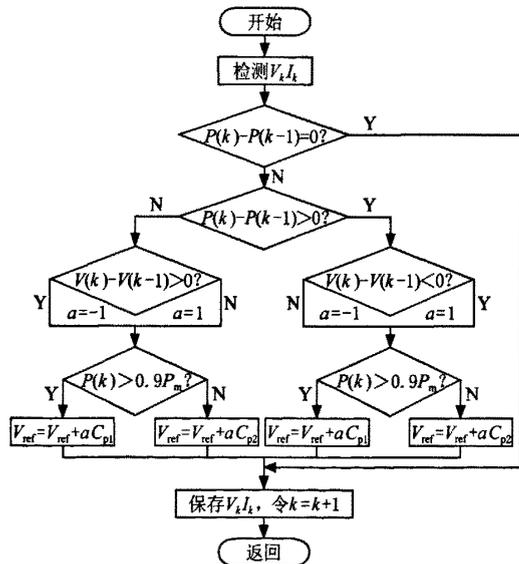


图5 改进的干扰观测法的流程图

### 3 仿真验证

将光伏电池仿真模型进行封装,而后接入系统函数模块,在系统函数中编写干扰观测法和相应的改进的干扰观测法的程序,系统采样的时间为  $0.001\text{ s}$  的时间,系统函数模块的输出为不断变化的参考电压,而后与给定的锯齿波进行比较,产生相应的触发脉冲,控制DC-DC电路的IGBT元件的门极的导通与关闭,仿真模型如图6所示, gate接IGBT的触发端g。

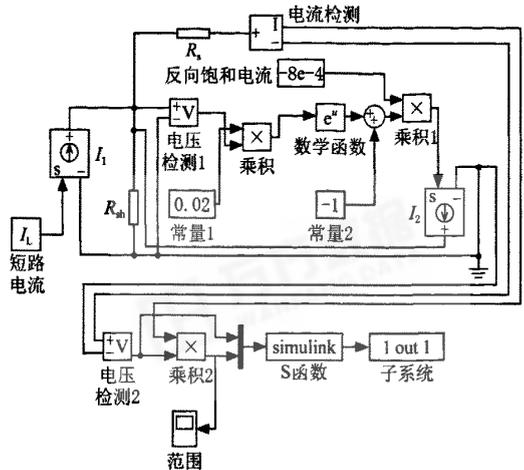


图6 门极脉冲仿真模型

系统函数分别采用干扰观测法和改进的干扰观测法进行控制,光伏电池输出的功率曲线见图7。

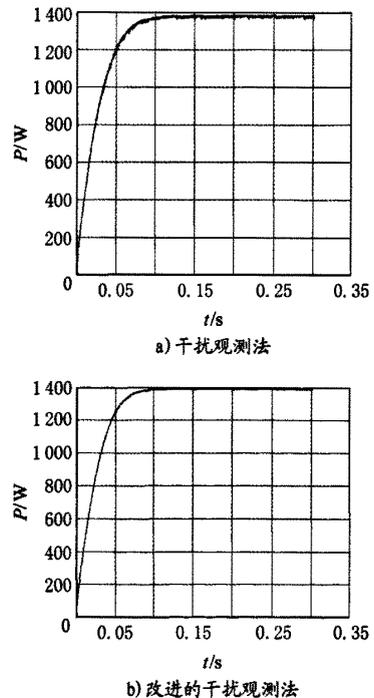


图7 两种算法光伏电池的输出功率曲线

通过上述两种算法的波形对比,采用改进的算法到达拐点的时间为  $t = 0.08\text{ s}$ ,而改进前到达拐点的时间为  $t = 0.1\text{ s}$  附近,可以看出追踪的速度有所提高,并且可以看出在最大功率点附近的波动情况也是图7b)的波形远好于图7a)的波形,因为步长减小了,相应的精度也就提高了。通过上述两个波形

的对比,从而验证了新提出的改进算法的优越性。

#### 4 结语

文中首先建立光伏电池的仿真模型,然后通过比较各种最大功率点追踪算法的优缺点,提出了一种基于干扰观测法的一种改进算法,并且通过加入相应的DC-DC电路的仿真,对比两种算法的作用下,光伏电池输出功率的波形曲线,从而验证了新改进的算法的有效性,不论在速度上和精度上都有很好的改进。

#### 参考文献

- [1] 王长贵,王斯成.太阳能光伏发电使用技术[M].北京:化学工业出版社,2005:3-5.
- [2] 王正林,刘明.精通MATLAB 7[M].北京:电子工业出版社,2004:152-250.
- [3] 菲美琴,余世杰.带有MPPT功能的光伏阵列Matlab通用仿真模型[J].系统仿真学报,2005,17(5):1248-1249.
- [4] 禹华军,潘俊民.电池输出特性与最大功率跟踪的仿真分析[J].计算机仿真,2005,22(6):248-249.

收稿日期:2008-06-02

(上接第10页)

```
#include<qapplication.h>
#include<qlabel.h>
int main(int argc,char **argv)
{
    QApplication app(argc,argv);
    QLabel *hello=new QLabel("hello
Qt/Embedded!",0);
    app.setMainWidget(hello);
    hello->show();
    return app.exec();
}
```

下面使程序在virtual framebuffer中显示出来:

(1)生成工程文件(.pro)

Qt程序对应着一个工程文件,因为tmake工具要利用此工程生成相应的Makefile文件,可以使用progen工具。

在终端输入progen - tapp. t - ohello. pro。

(2)生成Makefile文件

运行 tmake -o Makefile hello. pro

完成以上步骤之后在当前目录中生成一个Makefile文件,在命令行输入

```
make(使程序生成一个二进制的可执行文件
hello)
qvfb(启动virtual framebuffer)
./hello -qws
```

#### 4 结语

在开发嵌入式图形用户界面时,结合Qt库自带的Qt designer可以让用户在极短的时间创建一个图形化的用户界面,大大缩短产品的开发周期,并可为嵌入式系统需要一个高性能、高可靠的GUI。基于Qt/Embedded的GUI库系统为用户提供了良好的使用和交互环境,必将成为今后嵌入式GUI的领军者。

#### 参考文献

- [1] 何立民.单片机与嵌入式系统应用:合订本[J].2004(7)-2004(12).石家庄:河北教育出版社,2005.
- [2] 孙琼.嵌入式Linux应用程序开发详解[M].北京:人民邮电出版社,2006.
- [3] 倪继利.Qt及Linux操作系统窗口设计[M].北京:电子工业出版社,2006.

收稿日期:2008-05-30

欢迎订阅 欢迎投稿 欢迎刊登广告