

文章编号:1674-2869(2008)03-0104-03

DC-DC 转换电路在光伏发电 MPPT 中的应用

杨帆, 彭宏伟, 胡为兵

(武汉工程大学电气信息学院, 湖北武汉 430074)

摘要:采用 C8051F020 单片机控制系统实现最大功率点跟踪, 对最大功率跟踪控制中 DC-DC 转换电路的原理和控制方法进行了研究和实验, 采用了升降压式 DC-DC 转换电路来实现最大功率点跟踪, 该方法电路简单、软硬件结合、控制方法灵活, 明显提高了光伏发电系统的整机效率。

关键词:DC-DC 转换电路; 最大功率点跟踪; 光伏发电系统

中图分类号: TM 464

文献标识码: A

0 引言

太阳能作为绿色能源, 具有无污染、无噪音、取之不尽、用之不竭等优点, 越来越受到人们的关注。由于光伏系统主要问题是电池的转换效率低且价格昂贵, 因此, 如何进一步提高太阳能电池的转换效率, 如何充分利用光伏阵列转换的能量, 一直是光伏发电系统研究的主要方向。太阳能光伏发电系统的最大功率点跟踪 (MPPT, Maximum Power Point Tracker) 就是其中一个重要的研究课题。

最大功率点跟踪是太阳能并网发电中的一项重要关键技术, 它是指为充分利用太阳能, 控制改变太阳能电池阵列的输出电压或电流的方法使阵列始终工作在最大功率点上, 根据太阳能电池的特性, 实现的跟踪方法主要有以下三种: 太阳追踪、最大功率点跟踪或两种方法综合使用。出于经济方面的考虑, 在小规模的系统中经常使用最大功率点跟踪的方法^[1]。

1 太阳能电池的伏安特性分析

太阳能电池的输出特性曲线如图 1 所示, 其中 (a) 为温度变化时的特性曲线, (b) 是日照强度变化时的特性曲线。从图 1 中可以看出太阳能电池具有明显的非线性。太阳能电池的输出受日照强度、电池结温等因素的影响。当结温增加时, 太阳能电池的开路电压下降, 短路电流稍有增加, 最大输出功率减小; 当日照强度增加时, 太阳能电池的开路电压变化不大, 短路电流增加, 最大输出功率增加。在一定的温度和日照强度下, 太阳能电池具有唯一的最大功率点, 当太阳能电池工作在该点时, 能输出当前温度和日照条件下的最大功率。

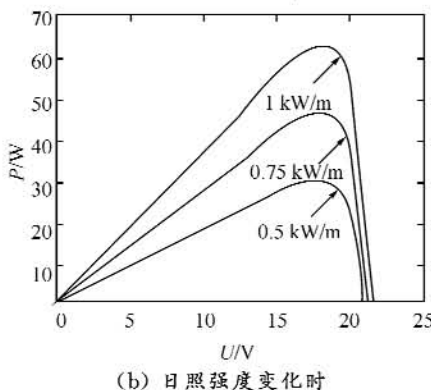
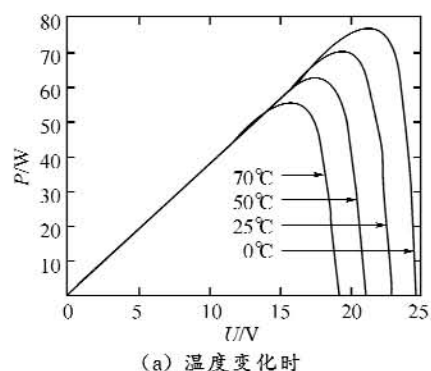


图 1 太阳能电池的输出特性曲线

Fig. 1 The output character curve of solar array

2 最大功率点的跟踪控制方法

DC-DC 转换电路 (也称为斩波电路或斩波器) 是接在直流电源和负载之间, 通过控制电压将不可控的直流输入变为可控的直流输出的一种变换电路。它被广泛应用于直流开关电源、逆变系统、通信领域、地铁、无轨电车等直流电动机的驱动设备中。从工作方式的角度, DC-DC 转换电路可分为升压、降压、升降压和丘克四种, 其中升压式和降压式电路是基本的类型, 后面二者可以从前面二者派生出来, 而降压、升压和升降压式 DC-DC 转

收稿日期: 2007-05-25

作者简介: 杨帆 (1966-), 女, 湖北公安人, 教授, 硕士, 研究方向: 智能控制与测试技术。

换电路是比较常用的类型.在实际使用中用DC-DC变换器实现最大功率点跟踪有不同的方法,如控制谐振频率的谐振法、控制DC-DC变换器中开关管输入脉冲的占空比等方法.谐振法是利用开关型电压逆变器的输出电压,通过电感 L 、电容 C 产生谐振, L 上的电压再通过变压器和桥式整流向蓄电池充电.该方法可以通过改变工作频率来调节输出电压和电流,实现最大功率点跟踪,但线路较复杂,需用中间变压器^[2].

将DC-DC变换器接入太阳能电池的输入回路,并对DC-DC变换器的输入、输出电压和电流测量结果通过单片机的分析运算,由单片机输出PWM脉冲调节DC-DC转换器内部开关管的占空比来控制太阳能电池的输出电流,从而使蓄电池电压保持恒定.同时通过控制开关管的占空比也可调节太阳能电池输出.由于采用了升降压式(Buck Boost)DC-DC转换电路来实现最大功率点跟踪,所以该方法电路简单、软硬件结合、控制方法灵活.升降压式DC-DC转换电路内部开关管处于导通和截止状态时的等效原理图如图2所示.

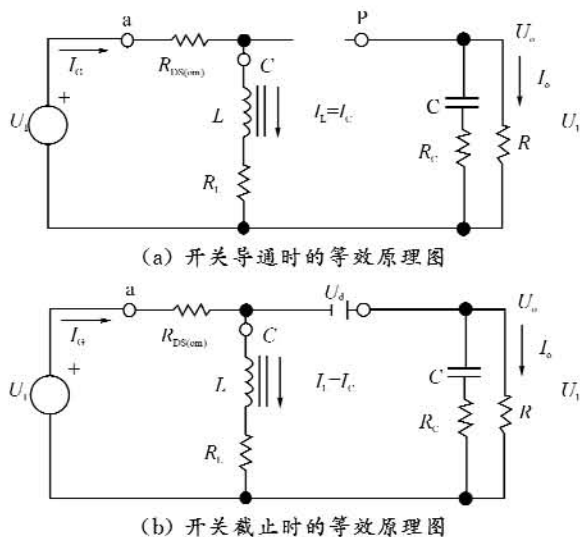


图2 DC-DC转换电路的等效原理图

Fig. 2 Equal schematics of DC-DC conversion

在开关处于导通状态时,电源给电感充电, L 上的电流逐渐增大;在开关截止时,电感放电, L 上的电流逐渐减少.当开关导通时,可表示为

$$U_L = U_1 - U_{DS} - I_L \times R_L$$

因导通时间 T_{ON} 很短,所以有

$$U_L = L \times \frac{di_L}{dt}$$

当开关截止时,可表示为

$$U_L = -U_o - U_d - I_L \times R_L$$

根据能量守恒,有

$$U_o = - \left[(U_1 - U_{DS}) \times \frac{t_{ON}}{t_{OFF}} - U_d - I_L \times R_L \times \frac{t_s}{t_{OFF}} \right]$$

以占空比 D 代替 $\frac{t_{ON}}{t_s}$,有如下关系式

$$U_o = -U_i \times \frac{D}{1-D}$$

输出电压 U_o 与输入电压 U_i 的极性相反.由于 $D \leq 1$,因此这种电路既可以起到升压的作用,又可以起到降压的作用.限制蓄电池充电电压范围非常方便,只要根据输入电压,通过调节内部开关管的占空比就可以完成.可以认为,对于参数固定的电路,等效电阻 R 只与占空比 D 有关.也就是说,完全可以通过调整场效应管的占空比来调节降压式转换电路的等效电阻.实现对太阳能电池输出电压的调节也是通过调整开关管的占空比.这样,只要调整开关管的占空比,就可以实现DC-DC转换电路在光伏发电系统对太阳能电池最大功率点的跟踪.

3 DC-DC转换器硬件的实现

硬件部分的框图如图3所示,它采用脉宽调制的方法,利用内部开关管工作在开关状态将太阳能电池输出的直流信号变换成一个有可变占空比的方波信号来改变太阳能电池阵列的等效负载.在这里,内部开关管与太阳能电池串联,系统所使用的单片机为Silicon公司生产的C8051F020单片机.它具有功能强,体积小等优点.它与MSC 51的指令集完全兼容,采用流水线结构^[4],与8051相比,指令执行速度有很大的提高.片内带有64 K的Flash.另外它还有5个可编程的捕捉/比较模块,每个模块都可以独立的实现8位或16位脉宽调制功能,自带一个12位的ADC0和一个8位的ADC1,使得外部扩展电路少.系统的开关管使用IRF540,在采样电路中电压信号采集使用霍尔电压传感器VSM025A,电流信号采集使用霍尔电流传感器CSM020CG,开关管的驱动采用TLP250^[5].单片机根据所得功率的变化情况,输出一个频率为20 kHz的PWM波,来控制开关器件.

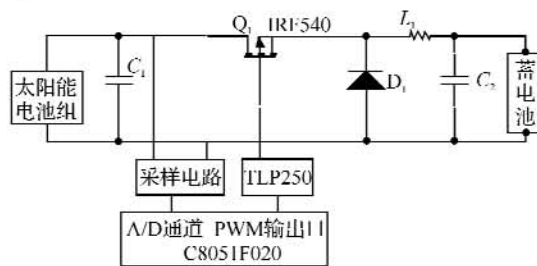


图3 DC-DC转换电路原理图

Fig. 3 Schematics of DC-DC conversion

4 单片机软件的实现

C8051F020 单片机在对测量出来的电压和电流进行计算时,需要自行编制乘法、除法子程序。由于 DC-DC 转换电路是通过单片机输出的 PWM 脉冲控制开关管的,因此在程序中最终是对 PWM 输出的占空比进行调节。主程序的流程图如图 4 所示。

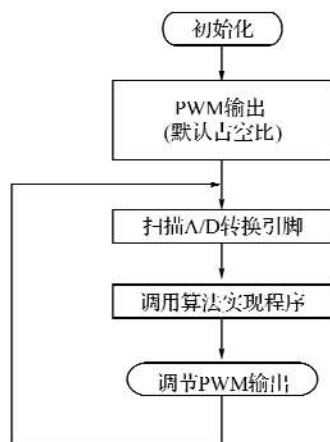


图 4 主程序流程图

Fig. 4 Flowchart of the control algorithm

5 实验与结论

为了验证效果,采用与普通充电法实验对比的方案,在太阳能电池组件数量、日照等环境条件都相同的情况下进行充电比较。整体结构如图 5 所示。

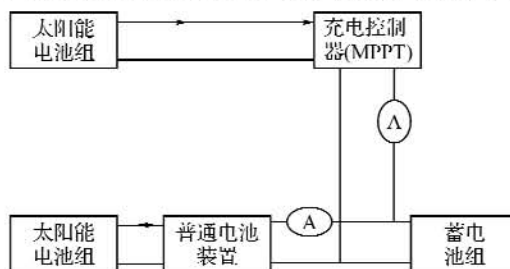


图 5 系统结构框图

Fig. 5 Block for system structure

两个太阳能电池组各用四块 64 W、工作电压 16.5 V 的柔性衬底非晶电池两串两并,开路电压为 12.9 V。一路经带有本文设计的 MPPT 充电器接蓄电池组,另一路经没有 MPPT 的充电器接蓄电池组,各串一电流表,蓄电池组为两个 12 V、54 Ah 串联,晴天和多云天气时,照度表测得光照度范围 60 000~134 000 lx。

测量数据如表 1 所示。

表 1 实验数据

Table 1 Experimental data

无 MPPT 充电 电流 I/A	有 MPPT 充电 电流 I/A	充电效率 提高/%	无 MPPT 充电 电流 I/A	有 MPPT 充电 电流 I/A	充电效率 提高/%
4.8	5.5	12.2	5.7	6.5	12.0
5.8	6.5	12.1	6.5	7.3	10.7
6.1	6.8	9.0	6.4	7.0	9.3
5.1	5.5	10.1	6.2	6.9	11.5
6.4	7.1	9.4	4.7	5.3	12.8
6.3	7.0	9.5	4.1	4.5	12.4

实验结果表明:采用 MPPT(升降压式 DC-DC 转换电路)后,太阳能电池输出功率的利用率得到明显提高。在不同的最大功率点跟踪的方法中,DC-DC 转换电路方法简单,实用性强,效果明显,准确性好。目前最大功率点跟踪技术一般用在较大的光伏系统或电站。随着科技的进步和光伏市场的发展,为了有效的利用太阳能,最大功率点跟踪技术必将在光伏系统中广泛应用,将会取得较大的经济和社会效益。

参考文献:

[1] 侯丽华. 加快开发太阳能[J]. 工业技术经济, 1999,

16(5):21~32.

[2] 宫自强. 我国太阳能应用的可行性分析[J]. 华北航天工业学报, 2000, 32(3): 1~3.

[3] 杨海柱. 500W 光伏并网逆变器设计[J]. 国外电子器件, 2006, 19(3): 5~19.

[4] 阎继睿. 光伏发电系统高效逆变器的研制[J]. 陕西水力发电, 2000, 26(6): 4~5.

[5] Chi Chiang Hua, Chi Ming Shen. Study of maximum power tracking techniques and control of DC/DC converters for photovoltaic power system[J]. IEEE Power Electronics Specialists Conference (PESC 98), 1998, 3: 86~93.

(下转第 117 页)

it is quantitatively analyzed that reliability range of virgin static strength of flat ribbon-wound pressure vessels at pressure test and normal operation. The flat ribbon-wound pressure vessels testing coefficient and safety factor are researched in keeping a firm on side of minimal virgin reliability in different mode of working conditions. It was concluded that; based on fuzzy reliability analysis, the bursting safety factor is equal to or greater than 2.30 and the yield safety factor is equal to or greater than 1.45. The range of testing pressure coefficient is equal to or not less than 1.08 and not greater than 1.18 under barometrical pressure test, and it is equal to or not less than 1.08 and not greater than 1.33 when hydraulic pressure test.

Key words: flat ribbon-wound pressure vessels; pressure test; static strength; fuzzy reliability; testing pressure coefficient; safety factor

本文编辑:陈晓革



(上接第 106 页)

The application of DC-DC conversion in photovoltaic system maximum power point tracking

YANG Fan, PENG Hong-wei, HU WEI-bing

(School of Electrical and Information Engineering, Wuhan Institute of Technology, Wuhan 430074, China)

Abstract: This paper describes the method of maximum power point tracker with MCU C8051F020 controlling in photovoltaic system, especially introduces the techniques and principle of DC-DC conversion. Maximum power point tracker is implemented with a DC-DC conversion topology. The system is simple with good response speed. And the efficiency of system is approved apparently with the method.

Key words: DC-DC conversion; maximum power point tracking; photovoltaic system

本文编辑:陈晓革



(上接第 109 页)

The nonlinear compensation method analysis of the platinum resistor

WEN Xiao-ling, ZHENG Yao-zhong

(School of Electrical and Information Engineering, Wuhan Institute of Technology, Wuhan 430074, China)

Abstract: The traditional temperature measurement circuit and an improved circuit are analyzed in this paper, the improved circuit can be used to eliminate the influence of the wire resistance on the accuracy of temperature measurement. At the same time, the sub-least-squares method is used to fit the curve of voltage varying with temperature in order to reduce the measurement error caused by the nonlinearity of the platinum resistor temperature resistance curve.

Key words: platinum resistor; temperature measurement; nonlinearity; sub least squares method

本文编辑:陈晓革