

· 电路与控制 ·

## 单轴太阳能跟踪系统设计

张永兴

(新疆维吾尔自治区风能研究所, 新疆 乌鲁木齐 830000)

**摘要:**介绍了一种单轴太阳能跟踪系统. 针对现有系统发电效率低下, 提出了定时检测光强法以实现系统发电部件——电池板的自动跟踪. 在此基础上, 结合目前应用实际, 采用单轴跟踪的方式, 提高了系统的光电转换效率. 此外, 单轴跟踪的方法, 在结构上简单牢固, 未降低系统的抗风能力, 因此, 具有较好的实用性和推广价值.

**关键词:**太阳能; 光电转换效率; 定时检测光强法; 单轴跟踪

中图分类号: TK513

文献标识码: A

文章编号: 1673-1255(2010)04-0058-04

## Design of One Axle Tracking Solar Photovoltaic System

ZANG Yong-xing

(Wind Power Research Institute in Xinjiang Uygur Autonomous Region, Urumchi 830000, China)

**Abstract:** A sort of one axle tracking Solar Photovoltaic system is presented. To solve the problem of low conversion efficiency in existing systems, the method of timing light intensity comparison is proposed to achieve automatic tracking of solar cells. Based on this, combining practical applications at present, the way of using one axle tracking can improve the Photo-electricity Changing Efficiency. Furthermore, the method of the one axle tracking is simple and firm at structure, it does not reduce the system's resisting wind capability, so that it has better practicability and value to extend.

**Key words:** solar energy; photo-electricity changing efficiency; method of timing light intensity comparison; one axle tracking

自进入 21 世纪以来, 太阳能光伏发电技术日臻完善与成熟, 大面积的推广与应用时机已经到来. 近几年, 太阳能光伏技术的应用已成规模化趋势, 这得益于系统发电部件的技术成熟. 光伏发电部件——单晶/多晶硅电池板的光电转换效率最高已突破 20%, 而实用化的电池板光电转换效率却始终维持在 13%~17% 之间. 作为光伏系统初次投资中比重最大的电池板, 如何使其光电转换效能最大化关系着系统的报价和成本, 直接影响到了各厂家的产品竞争力.

现有光伏系统中, 电池板均采用固定式, 面向正南安装, 这种安装方式大大降低了电池板在一天之内的有效充电时间, 而采用太阳能跟踪技术, 可有效

提升电池板的日发电量, 根据笔者的实验数据, 始终保持太阳能电池板正对太阳光, 可提高电池板日发电量 25% 以上.

### 1 系统组成及功能分析

单轴太阳能跟踪系统主要包括: 光强检测器件、单片机控制器、伺服电机、箱体等. 系统组成如图 1 所示.

光强检测器件作为伺服电机旋转方向的选择器件, 其灵敏度和准确性直接影响到光强的采集, 因此选材十分重要. 目前通行的做法是选用光敏电阻作为光强检测器件, 然而随着时间的增长, 光敏电阻的性能会大幅降低, 尤其在被灰尘覆盖后, 检测效果会大

收稿日期: 2010-06-11

基金项目: 新疆维吾尔自治区科技型中小企业技术创新基金资助项目(201053160)

作者简介: 张永兴(1982-), 男, 学士, 助理工程师, 从事太阳能和风能技术的研究工作.

打折扣,甚至影响到系统的使用,系统在设计过程中,采用 5 cm×5 cm,0.5 W 电池片作为检测器件,电池片具有灵敏度高、使用寿命长、性能稳定等优点.将两块电池片向外倾斜 30°安装于电池板两侧.

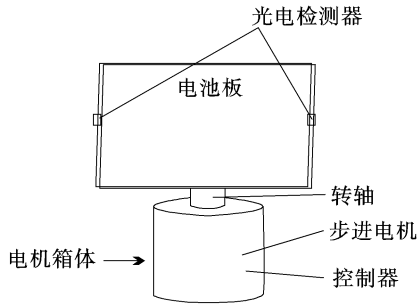


图 1 系统组成示意图

单片机控制器主要用于检测信号的处理及电机控制信号的输出,其电源由蓄电池供应.

伺服电机采用定时驱动控制的模式,采取这种方式,可有效降低电机的功率损耗.

## 2 系统电路原理设计

### 2.1 光电检测电路

光强检测器件即电池片,在阳光照射下,产生不同的电压,此电压通过信号放大器后送入单片机,经过单片机内部集成的 10 位 AD 单元,转换成数字信号,通过对 2 个数值的比较,得出结果最终控制步进电机的转动与转向来达到太阳能电池面板始终垂直于入射光线,从而达到最高效率地利用太阳能.在该设计中,2 个电池片分别安装于电池板两侧,且向外侧倾斜 30°.当太阳光垂直射入电池板时,在 2 个电池片上产生相同的电压,此时,电池板不转动.当太阳光与电池板垂直方向存在夹角时,2 个电池片上产生的电压各不相同,通过单片机控制,步进电机带动电池板朝向电压较高的电池片一侧旋转,直至两侧电压差在程序设定范围内.电路如图 2 所示.

### 2.2 单片机及外围电路

系统控制电路中微处理器选用美国 Micro Chip 公司 PIC16F676 芯片.该芯片属于高性能 RISC CPU,具有内部高精度 4 MHz 振荡器,可外接晶振或谐振器作为时钟源.在设计中,采用内部晶振.此外,该芯片自带高达 10 位分辨率的,可编程的 8 通

道输入的模数转换器模块.12 个具备独立方向控制功能的 I/O 引脚,当设为输出模式时,引脚具有较强的驱动能力,可直接驱动 LED.该芯片引脚排布如图 3 所示.

图 2 光电检测电路

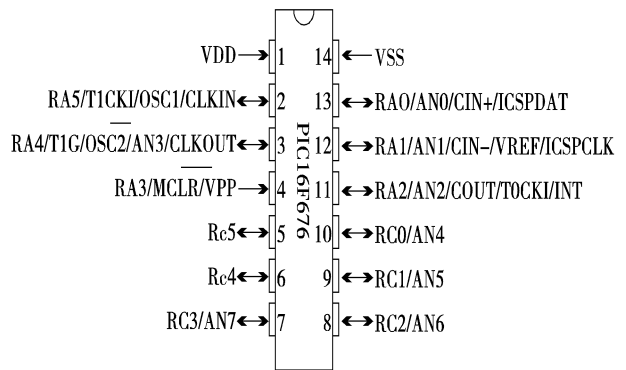


图 3 PIC16F676 引脚排布图

芯片外围电路如图 4 所示.

在图 4 中,单片机采用内部高精度 4 MHz 的石英时钟源,1 脚 VDD 接 5 V,与 14 脚 VSS 间用 104 F 电容连接,起到 CPU 电源稳压的作用.5,6 脚通过 2 kΩ 电阻直接驱动 LED.10 脚、11 脚通过驱动光耦进而对步进电机驱动芯片 A3977 进行控制.

### 2.3 步进电机驱动

针对太阳方向的实时变化,需要不断调整系统自身的姿态,以保障对太阳光线最优化地持续锁定和逼近,系统选取步进电机作为执行元件,如图 5 所示.

步进电机动作的本质是电机内部成对磁极的磁感应量与转子力矩的转化过程.当步进驱动器接收到一个脉冲信号,它就驱动步进电机按设定的方向

时可以通过控制脉冲频率来控制电机转动的速度和加速度,从而达到调速的目的.步进电机可以作为—种控制用的特种电机,利用其没有积累误差(精度为 100%)的特点,广泛应用于各种开环控制.

该系统中太阳能电池板的运动通过控制步进电机的速度和位置来实现.

位置控制,指的是控制步进电动机带动执行机构从一个位置精确地运行到另一个位置,包括通过限位开关进行初始定位,和目标跟踪过程中调整当前光斑坐标偏移量.由于无累积误差,通过角度计算,将位置偏移量转换为控制脉冲个数,即可以实现位置控制.

步进电机的速度控制,指的是完成一个位置转换所需要的加速,恒速和减速 3 个过程的变换策略.加减速是步进电机控制中的一个关键步骤.该问题涉及到电机自身的运动惯量、频矩特性、驱动器的电流电压交割、控制台的机械共振、加减速曲线控制算法等多个方面,是电气、机械的复杂的动态过程,处理不好,往往会出现电机振动幅度大、噪声大、失步、

图 4 单片机电路

转动一个固定的角度(称为“步距角”),它的旋转是以固定的角度一步一步运行的.可以通过控制脉冲个数来控制角位移量,从而达到准确定位的目的;同

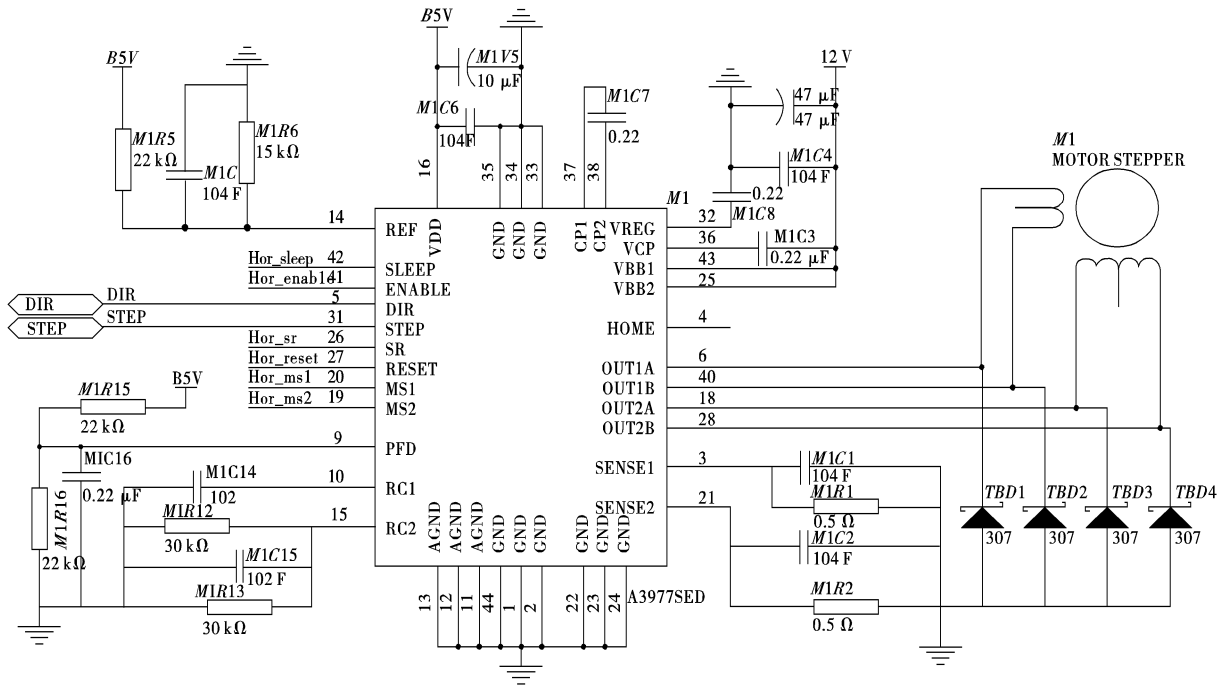


图 5 基于 A3977 的电机驱动电路

启动和停止时冲击性抖动等不良现象.

在图 5 中,微处理器与 A3977 的 DIR 和 STEP 管脚通过光耦相连,实现数字电路与感性负载电路的隔离.最大相电流由 2 个用于 PWM 恒流控制的电流采样电阻 M1R1, M1R2 和电流取样比较器的输入电平  $V_{ref}$  决定

$$I_{tripmax} = V_{ref}/8R \tag{1}$$

PFD 端应对地接  $0.1 \mu F$  无极性陶瓷电容.

VREG 是由系统内部产生,用于对 DMOS 漏端输出进行操作. VREG 引脚须对地加一个  $0.22 \mu F$  的电容去耦.

电荷泵 CP1、CP2 可以产生一个高于 VBB 的

门电平,用来驱动 DMOS 源端的门.其实现方法是在 CP1 和 CP2 之间接一个  $0.22 \mu\text{F}$  的陶瓷电容.同时 VCP 和 VBB 间也需要一个  $0.22 \mu\text{F}$  的陶瓷电容作为一个蓄能器,用来操作 DMOS 的高端设备.

RC1 和 RC2 引脚为内部 PWM 电路提供固定截止时间.截止时间  $T_{\text{off}}$  就由 RC1 和 RC2 引脚对地所接的电阻  $R_t$  和电容  $C_t$  决定,即

$$T_{\text{off}} = R_t \times C_t \quad (2)$$

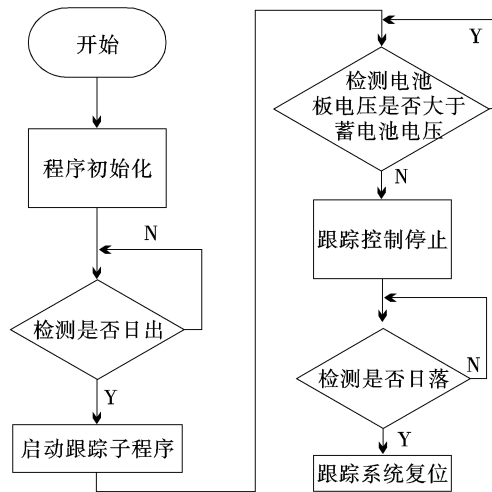


图6 跟踪主程序流程

式(2)中,电阻  $R_t$  和电容  $C_t$  的取值范围分别为  $12 \sim 100 \text{ k}\Omega$  及  $470 \sim 1\,500 \text{ pF}$ .

### 3 系统软件设计

单轴跟踪装置的整个工作过程完全由软件控制实现,具体控制流程如图6所示.

### 4 结 论

通过采用单片机控制步进电机带动太阳能电池板的旋转,有效提高了太阳能光伏系统的发电量,同时单轴跟踪具有技术难度低、经济性好、稳定性高的优点,尤其适用于  $100 \sim 1\,000 \text{ W}$  功率范围内的光伏发电系统.而此类系统多应用于光伏照明及互用电源系统,由于此类光伏系统市场数量巨大,比单轴太阳能跟踪系统具有广阔的市场推广前景.

#### 参考文献

- [1] 李学海. PIC 单片机使用教程[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,2002.
- [2] 张崇巍,郑昌瑜. 太阳能电池板自动跟踪系统的设计[S]. 天津:仪器仪表用户,2007.

(上接第57页)

- [2] 刘淑荣,吴衍记,徐磊. 结构谐振对闭环光纤陀螺振动性能的影响[J]. 红外与激光工程, 2008, 37(5): 256 - 259.
- [3] Jesse Zheng. All-fiber single-mode fiber frequency-modulated continuous-wave Sagnac gyroscope[J]. Optics Letters, 2005, 30(1): 17 - 19.
- [4] Hyang Kyun Kim, Member, Michel J F, et al. Air-Core Photonic-Bandgap Fiber-Optic Gyroscope[J]. Journal of Lightwave Technology, 2006, 24(8): 3169 - 3171.
- [5] 张延顺. 干涉式光纤陀螺(IFOG)的研究[D]. 哈尔滨:哈尔滨工程大学, 2002: 38 - 65.
- [6] 杨学礼,王雪峰,张蔚,等. 对准误差对光纤陀螺输出的影响[J]. 光子学报, 2009, 38(7): 1658 - 1661.
- [7] 王琳. 偏振保持光子晶体光纤及其在光纤陀螺中的应用研究[D]. 北京:北京交通大学, 2009: 103 - 112.
- [8] 张桂才. 光纤陀螺原理与技术[M]. 2006: 217 - 223.
- [9] G A Pavlath, H J Shaw. Birefringence and polarization effects in fiber gyroscopes [J]. Apply Optics, 1982, 21(10): 1752 - 1757.
- [10] 李彦,张春熹,欧攀,等. 光源偏振度对光纤陀螺零漂影响的研究[J]. 光学技术, 2006, 32(6): 893 - 895.
- [11] G E Sandoval - Romero. Study of a superluminescent fiber radiator as a pumping source for a fiber-optic gyroscope[J]. J. Opt. Technol, 2007, 74(8): 573 - 577.
- [12] Itaru Yokohama, Kazunori Chida, Juichi Noda. Low excess conditions of polarization-maintaining fiber couplers[J]. Applied Optics, 1988, 27(23): 4807 - 4812.
- [13] Yoshinori Namihira, Toshio Kawazawa, Hiroharu Wakabayashi, et al. Incident polarization angle and temperature dependence of polarization and spectral response characteristics in optical fiber couplers[J]. Applied Optics, 1991, 30(9): 1062 - 1069.
- [14] 刘军号,黄榜才,段云峰. 熔锥型保偏光纤耦合器分光比的偏振依赖研究[J]. 光子学报, 2008, 37(8): 1524 - 1527.
- [15] 黄榜才,旁璐,李瑞辰,等. 光纤陀螺用小尺寸高温度稳定性保偏光纤耦合器的研制[J]. 光子学报, 2008, 37(2): 242 - 246.