

基于单片机的太阳跟踪控制系统设计*

马建华, 潘玉良*

(杭州电子科技大学 机械工程学院, 浙江 杭州 310018)

摘要:传统的太阳跟踪方式多采用光电跟踪或视日运动轨迹跟踪控制方式,存在着跟踪精度低、有累积误差等缺点。为了改进对太阳的跟踪精度和消除累积误差,提高太阳能的利用率,设计了一种基于 Atmega16 单片机为控制核心的跟踪控制系统,采用光电跟踪和视日运动轨迹跟踪互补的控制方式。在跟踪策略上,晴天采用光电跟踪,阴天采用视日运动轨迹跟踪,实现了全方位、高精度、全天候的实时精准跟踪。试验结果表明,该控制系统工作性能稳定,实现了实时精确的太阳跟踪。

关键词: Atmega16; 光电跟踪; 视日运动轨迹跟踪

中图分类号: TH39; TK513.4

文献标志码: A

文章编号: 1001-4551(2010)12-0063-04

Design of a sun-tracking system based on SCM

MA Jian-hua, PAN Yu-liang

(College of Mechanical Engineering, Hangzhou Dianzi University, Hangzhou 310018, China)

Abstract: Traditional way of the sun tracking control usually separately takes the way of photoelectric tracking or sun angle tracking control system, but it always has lower tracking precision, large cumulative errors and other shortcomings. In order to improve the accuracy of tracking the sun, eliminate accumulation error and improve the utilization of solar energy, a solar tracking control system was designed based on Atmega16. Atmega16 is the core in control system, used photoelectric tracking and sun angle tracking complementary control mode. The photoelectric tracking strategy is used at sunny days, sun angle tracking is used while cloudy day, the all-round, high-precision, all-weather real-time accurate tracking was realized. The result shows that the tracking control system can work steadily and realize the real-time tracking precision of the sun.

Key words: Atmega16; photoelectric tracking; sun angle tracking

0 引言

太阳能作为一种可再生能源,具有清洁、安全、寿命长的优点,但也存在太阳光的密度低、空间分布不断变化、辐照时间间歇性等缺点,因此收集和利用的难度较大、成本较高。理论分析表明:太阳的跟踪与非跟踪,能量的接收率相差 37.7%^[1],因此进行高精度的太阳跟踪是很有必要的。高精度太阳光跟踪装置可使接收器的热效率大大提高,进而提高了太阳能发电系统的太阳能利用率,拓宽太阳能的利用领域^[2-3]。

为提高太阳能利用率,笔者研究设计了一种结构简单、成本低廉的太阳跟踪装置,该控制系统可以实现各种天气情况下的高精度的太阳实时跟踪,具有极高的经济实用性。

1 跟踪控制系统的方式及其特点

在太阳能发电系统中,常见的跟踪控制方式为光电跟踪和视日运动轨迹跟踪,目前国外已建成的太阳能发电站中多采用视日运动轨迹跟踪控制方式^[4]。

收稿日期:2010-06-12

基金项目:浙江省科技计划重点项目资助(2006C21053)

作者简介:马建华(1985-),男,河南周口人,主要从事太阳能热发电方面的研究. E-mail: maxiao163163@163.com

通信联系人:潘玉良,男,教授,硕士生导师. E-mail: ylpao1@126.com

1.1 视日运动轨迹跟踪

视日运动轨迹跟踪原理:计算机先根据天文学中太阳运行规律的公式计算出一天内某时刻太阳高度角和方位角的理论值,然后运行控制程序调整定日镜装置的高度角和方位角,完成对太阳的实时跟踪。

此类跟踪控制的优点是控制简单、不受天气影响、可靠性强,缺点是在计算太阳角度的过程中会产生累积误差,而且其自身无法消除,需要定期校正^[5-6]。

1.2 光电跟踪

光电跟踪原理:由于一天之中,太阳位置不断改变,太阳光照强度的变化引起光电转换器输出电信号的变化。将电信号的变化进行分析、判断、处理,用以驱动步进电机运转以改变跟踪装置位置,达到准确聚集太阳光的效果^[7-8]。

此跟踪控制的优点是跟踪精度较高,缺点是当出现多云天气时,感光元件在稍长时间段接收不到太阳光,可能导致跟踪系统的控制失效,甚至引起执行机构的误操作,从而影响跟踪精度^[9]。

1.3 光电跟踪与视日运动轨迹互补模式

互补跟踪原理:在晴朗天气,太阳辐照度较强。采用光电传感器跟踪模式;在阴雨天气,当太阳光线较弱时,采用太阳运行轨迹跟踪模式。两种跟踪控制方式具有很强的互补性,目前普遍采用的两种跟踪方法相结合的方式是将两种跟踪方法在不同天气情况下进行相互切换。这种跟踪方式既可最大限度地避免外界干扰,又可修正计算中的累积误差,提高自动跟踪装置的可靠性,实现了高精度、全天候的太阳自动跟踪。

2 跟踪控制系统硬件组成

太阳跟踪控制系统由 Atmega16 单片机、电源电路、光电传感器、信号调理电路、显示电路、步进电机、按键电路、DS1302 电路、JTAG 接口调试电路、RS232 等模块组成,系统硬件原理框图如图 1 所示。

工作原理:由 Atmega16 单片机电路循环检测,通过光电传感器所采集的信号判断工作模式,晴天时选择光电跟踪模式,反射太阳光线投射到光电传感器上输出 4 路微弱的电流信号经过运放电路后,输出 4 路电压信号,输入给 Atmega16 单片机,经过数据处理后,给出控制信号实现对步进电机的高位角和方位角的旋转跟踪,进而实现了对太阳的高度角和方位角的实时精确跟踪。阴雨天时选择视日运动轨迹跟踪,通过 DS1302 读取当前的时间,根据当地的经纬度(由 GPS 测得),以及太阳高度角和方位角的计算公式计算当前太阳的高度角和方位角,由 Atmega16 单片机输出控

制信号实现对步进电机的高位角和方位角的旋转跟踪,实现全方位、高精度的太阳自动跟踪。

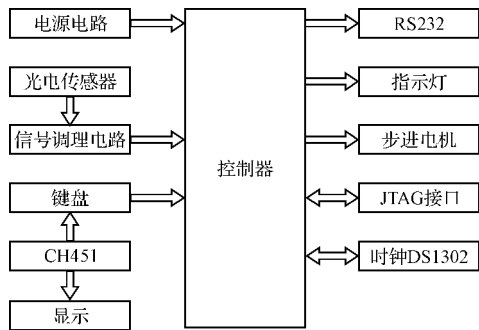


图 1 控制系统硬件原理框图

2.1 控制器

选用 ATMEL 公司生产的 Atmega16 单片机为控制核心。Atmega16 单片机是一款具有先进 RISC 结构的低功耗、高性能的 8 位 AVR 微处理器。它具有 131 条指令,大多数指令可以在一个时钟周期内完成,2 个具有独立预分频器和比较器功能的 8 位定时器/计数器,一个具有预分频器、比较功能和捕捉功能的 16 位定时器/计数器,具有独立振荡器的实时计数器 RTC,4 通道 PWM,8 路 10 位的 ADC,8 个单端通道,2 个具有可编程增益的差分通道,2 个可编程的串行 USART,可工作于主机/从机模式的 SPI 串行接口,具有独立片内振荡器的可编程看门狗定时器等模块^[10]。Atmega16 单片机的工作电压在 4.5 V ~ 5.5 V,该控制器可采用单片机内部的 A/D 采样、PWM 通道、I²C 接口等功能模块,从而简化程序编程。控制器主要完成控制模式选择与切换、太阳方位角和高位角信息与处理、定时、计数、中断程序处理、步进电机动作等控制。

2.2 光电检测电路

光电传感器主要是由 5 片性能参数一致的光敏元器件组成,其结构如图 2 所示,4 个光敏元器件(A₁、A₂、B₁、B₂)成十字形封装在圆筒底部,圆筒顶部封装有凸透镜。圆筒的长度对跟踪精度有一定的影响。一般来说,圆筒越长跟踪精度越高,但其所能检测的太阳光偏离角度的范围却越小。因此,应该合理选择圆筒的高度,实验中圆筒高度为 82 mm,圆筒高度可根据实际需要进行调整。东西方向上的 2 个光敏元器件(A₁、A₂)用来检测太阳方位角的变化。南北方向上的 2 个光敏元器件(B₁、B₂)用来检测太阳高度角的变化。中心光敏元器件 O 用于探测光强,为跟踪方式切换提供依据。

其工作原理为:入射太阳光线经过定日镜面反射,当反射太阳光线垂直穿过光电传感器时,A₁ 和 A₂ 接

受的反射太阳光线辐射强度相同,这时对应的输出信号电压差小于某一规定值,步进电机不运行。当反射太阳光线偏离传感器垂直位置时。光斑偏移,从而使 A_1 和 A_2 接受的反射太阳光线辐射强度不同,输出电压差信号发生变化。若输出的是较大的正电压信号,经运算放大器比较后通知单片机发出控制指令,使步进电机正向旋转某一角度直至反射太阳光线垂直穿过光电传感器;反之,若输出的是较大的负电压信号,单片机指令步进电机反向旋转某一角度,直至反射太阳光线垂直穿过光电传感器。同理,由 B_1 和 B_2 监测到的信号比较后,传递给控制器,由它决定相应步进电机的转向和转动角度。对于 10 位精度的 A/D 转换,若输入信号电压为 4.9 V,光敏元器件距凸透镜的距离为 75 mm,则通过计算得跟踪精度 δ 为 $22''$ 。光电跟踪装置理论上跟踪精度达到 $22''$,能够对太阳的高度角和方位角进行精确跟踪。

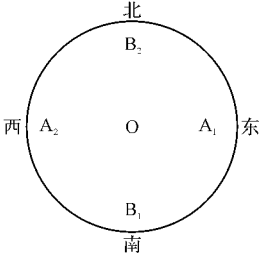


图 2 光电传感器结构示意图

光电检测电路中用一个光敏元器件 O 来检测太阳光的强弱,用一组运算放大器来做比较电路,运算放大器的输出端连接到单片机,由此来判断是晴天还是阴雨天气,为采用哪种跟踪方式提供依据。其工作原理:当太阳光的强度不足以使电路中的光敏元器件导通时,经过比较电路之后,运算放大器输出低电平,说明阴雨天;当太阳光的强度足以使电路中的光敏元器件导通时,经过比较电路之后,运算放大器输出高电平,说明是晴天,如图 3 所示。

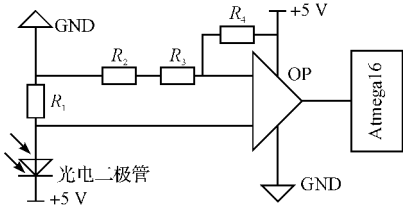


图 3 光强检测电路

3 跟踪控制系统软件设计

开机后系统首先判断是否在所预设的工作时间范围内(7:00 ~ 17:00),若不在预设的工作时间范围,则

不启动任何跟踪,若在预设的工作时间范围内,则首先启动视日运动轨迹跟踪。计算当前时刻的太阳高度角和方位角,通过调整跟踪装置使其运行到当前时刻的太阳高度角和方位角位置,然后根据中心光敏元器件 O 的输出电压 U_o 大小来判断光强电压是否达到光电跟踪的范围,如果达到光电跟踪的光强时启动光电跟踪,如果没有达到光电跟踪时的光强,则继续采用视日运动轨迹跟踪。当到达预设停止时间后,进行系统初始化,跟踪装置回到基准位置。系统流程图如图 4 所示。

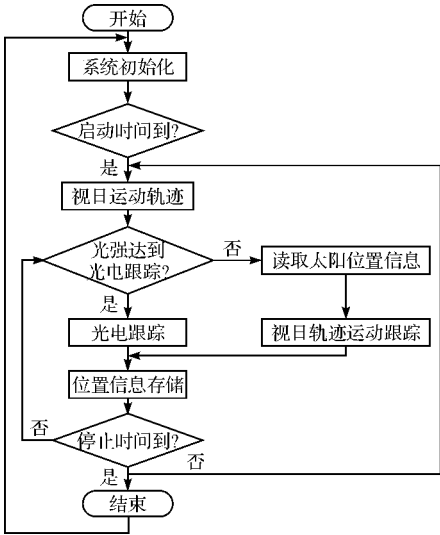


图 4 控制系统软件流程图

4 实验测试

用 2 个参数相同的太阳能跟踪装置,1 块安装有设计的跟踪控制系统,另一块调至最佳倾角固定安装。分别测试 2 块太阳能跟踪装置的阳光照强度,其对比曲线如图 5、图 6 所示。

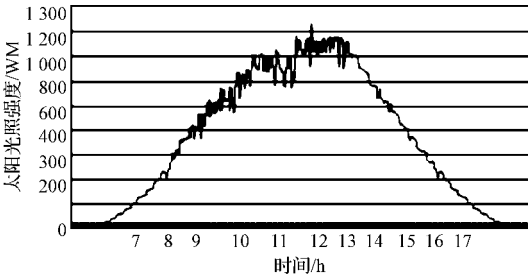


图 5 固定倾角安装

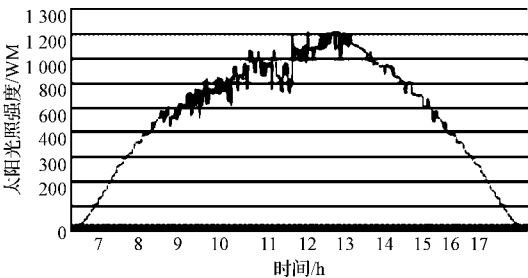


图 6 采用跟踪控制系统安装

由采样光强曲线可以看出:采用跟踪控制系统后较固定式安装的太阳辐照量明显增加,经计算约提高 32。

5 结束语

该太阳跟踪控制器以 Atmega16 单片机为控制核心,外围电路简单,性能稳定可靠,有效地综合了视日运动轨迹跟踪和光电跟踪这两种跟踪方式的优点,进而避免了视日运动轨迹跟踪的误差累积的问题和光电跟踪过程中长时间多云天气而使系统误动作的问题,真正实现了对太阳的高精度跟踪,跟踪精度达到 22"。该系统具有结构简单、安装方便、跟踪精度高、运行可靠、能够在任何天气状况下工作、经济实用等特点,可用于太阳能电车、太阳能电池、太阳能热发电系统、太阳灶等太阳跟踪装置,将会大大提高太阳能的利用率。

参考文献 (References):

- [1] SNYDER G J. Application of the compatibility factor to the design of segmented and cascaded thermoelectric generators [J]. *Appl Phys Lett*, 2004, 84(5): 2436 - 2438.
- [2] 蔡昌盛,李征航,赵晓峰. 太阳耀斑的 GPS 监测方法及实例分析[J]. 武汉大学学报:信息科学版, 2003, 24(4):

422 - 424.

- [3] 沈 辉,曾祖勤. 太阳能光伏发电技术[M]. 北京:化学工业出版社, 2004: 32 - 36.
- [4] GARCIA-MARTIN F J, BERENGUEL M, VALVERDE L, et al. Heuristic knowledge-based heliostat field control for the optimization of the temperature distribution in a volumetric receiver[J]. *Solar Energy*, 1999, 66(5): 355 - 369.
- [5] 陈 维,李戡洪. 太阳能利用中的跟踪控制方式的研究[J]. 能源工程, 2003, (3): 18 - 21.
- [6] KRIBUS A, VISHNEVETSKY I, YOGEV A, et al. Closed loop control of heliostats [J]. *Energy*, 2004, 29(5 - 6): 905 - 913.
- [7] LIU De-you, XU Chang, WAN Ding-sheng, et al. Study on the Integrated Control System at Solar Power Tower Plants [C]//World Solar Congress 2007. Beijing: [s. n.], 2007: [s. n.].
- [8] AIUCHI K, YOSHIDA K, ONOZAKI M, et al. Sensor-controlled heliostat with an equatorial mount [J]. *Solar Energy*, 2006, 80(9): 1089 - 1097.
- [9] 郑小年,黄巧燕. 太阳能跟踪方法及应用[J]. 能源技术, 2003, 24(4): 149 - 151.
- [10] 刘海成. AVR 单片机原理及测控工程应用: 基于 ATmega48/ATmega16[M]. 1 版. 北京:北京航空航天大学出版社, 2008. [编辑:李 辉]

(上接第 59 页)

间以 ms 为单位,实时性及可靠性都很好。通过对织机工艺参数的修改,可以轻松控制织机的运行状态。例如,在送经/卷取设定中设定引纬速率来改变纱线的速率等。同时,通过对织机实时状态显示中的织机状态参数的读取,可以了解织机的运行状态。例如织机转速等。

5 结束语

本研究在对喷气织机人机交互系统进行设计时,充分考虑嵌入式资源的有限性,采取不同方式提高软件执行效率。自定义 CAN 总线协议规范,实现喷气织机人机交互系统与底层控制模块间的 CAN 总线实时通信;采用读/写文件方式实现喷气织机人机交互系统处于在线和离线两种状态下的数据交互;从用户控制的直观、易用、及时响应等多方面考虑,设计友好、高效的嵌入式人机交互界面。综上所述,本系统很好地满足了用户对人机交互系统快速、操作简便、可扩展的需求,具有一定的参考、应用价值。

参考文献 (References):

- [1] 余兆安,田 泽,黄 鹏,等. 基于 ARM 嵌入式智能控制器的设计与实现[J]. 微计算机信息, 2008, 24(7): 16 -

17, 28.

- [2] 谢 真,陈宗农. 基于 ARM 和 $\mu C/OS-II$ 的数码织机控制系统[J]. 纺织学报, 2008, 29(3): 105 - 109.
- [3] 苏 东. 主流 ARM 嵌入式系统设计技术与实例精解[M]. 北京:电子工业出版社, 2007: 9 - 11.
- [4] 张 华,胡旭东. 嵌入式电子提花机控制系统研究[J]. 机电工程, 2006, 23(2): 30 - 32.
- [5] EP9307 technical reference manual [M]. Cirrus Logic, Inc., 2006.
- [6] JIANG M. A Design of Embedded Terminal Unit Based on ARM and Windows CE [C]//ICEMI' 2007 8th International Conference on Electronic Measurement & Instruments. Xian: [s. n.], 2007: 336 - 340.
- [7] 张冬泉,谭南林. Windows CE 开发实例精粹[M]. 北京:电子工业出版社, 2008.
- [8] 张冬泉,谭南林,王雪梅,等. Windows CE 实用开发技术[M]. 北京:电子工业出版社, 2006.
- [9] LIU Xu-ning, ZHAO Ming, LI Shuang. Design and Implementation of Jet Loom Data Collection System [C]//2007 Second IEEE Conference on Industrial Electronics and Applications. Harbin: [s. n.], 2007: 1058 - 1061.
- [10] LIU W J, DONG D Y, ZHANG M. Design and implementation of monitoring system for air-jet loom based on CAN bus [J]. *Journal of Tianjin Polytechnic University*, 2006, 25(5): 58 - 61. [编辑:李 辉]