

一种新型太阳能光电自动跟踪系统

向欢¹, 匡迎春^{1,2*}, 姚帮松¹, 曾洋泐¹, 刘新庭¹

(1.湖南农业大学工学院, 湖南 长沙 410128; 2.湖南省现代农业装备技术研究中心, 湖南 长沙 410128)

摘 要: 太阳能自动跟踪可以显著提高太阳能电池单位面积的光电转换率。提出一种新型光电跟踪方式: 采用 16 个光敏电阻组成的圆形阵列, 利用遮挡杆的投影检测太阳光的位置, 间歇式调整太阳能板角度, 实施自动跟踪。试验结果证明, 该跟踪系统相对固定角度摆放方式, 提高光伏电池发电效率 33.04%; 相比实时跟踪系统, 降低机械耗能 50%以上。

关 键 词: 太阳能; 光电传感器; 自动跟踪; 控制系统

中图分类号: TK513.4

文献标志码: A

文章编号: 1007-1032(2013)01-0103-04

A new type of automatic tracking system for solar photo-electricity

XIANG Huan¹, KUANG Ying-chun^{1,2*}, YAO Bang-song¹, ZENG Yang-yang¹, LIU Xin-tin¹

(1.College of Engineering, Hunan Agricultural University, Changsha 410128, China; 2.Hunan Provincial Engineering Technology Research Center for Modern Agricultural Equipment, Changsha 410128, China)

Abstract: Automatic solar tracking can significantly improve the photoelectric conversion rate of solar cells per unit area. We propose a new type of photo-electric tracking system. This system tracks the position of sun by using the projection of lever with a circular array consisted of 16 photosensitive resistance and implements automatic tracking by adjusting the angle of solar panels intermittently. The test results show that the tracking system can improve the power generation efficiency by 33.04% compared to the system with fixed angle, and can also reduce consumption of mechanical energy by more than 50% compared with real-time tracking system.

Key words: solar energy; photoelectric sensor; automatic tracking; the control system

美国国家再生能源实验中心研究表明: 太阳能自动跟踪方式与非跟踪方式相比, 光伏发电效率提高 35%^[1]。目前, 常用的跟踪方法有光电跟踪、视日运动轨迹跟踪^[2]。光电跟踪采用光电传感器, 结构简单、精度高, 但易受天气突变影响, 造成误判或追踪失灵, 且实时追踪耗电量较大。视日运动轨迹跟踪是通过控制系统根据太阳轨迹的变化规律驱动电机来实现, 这种跟踪, 控制过程简单, 但太阳轨迹算法复杂, 累计误差高, 对机械结构精度要求高, 因而成本高。

笔者提出一种新型的光电跟踪方式, 通过光电传感器检测太阳光位置, 先南北方向、后东西方向

进行调整, 两步完成跟踪全过程。与视日运动轨迹跟踪方式相比, 跟踪过程简单有效, 且对机械结构精度要求较低。由于采用主动追光, 能较好地消除累计误差。较传统的光电跟踪, 采用了一种仿日晷跟踪方式, 从跟踪过程入手, 解决误判或追踪失灵且通过间歇式、定时跟踪方式, 在保证太阳能电池发电能力的前提下, 节约频繁跟踪所消耗的能量。

1 太阳能跟踪机构与原理

1.1 执行机构

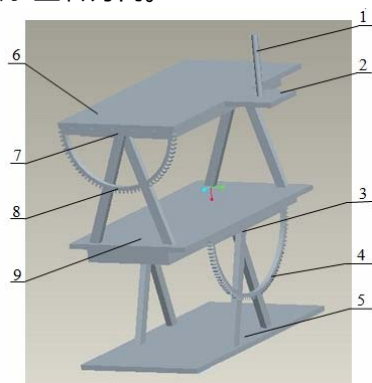
采用太阳能二轴跟踪机构^[3], 如图1所示。跟踪

收稿日期: 2012-09-17

基金项目: 国家科技支撑计划项目(2012BAD35B05); 湖南省教育厅重点项目(10A052)

作者简介: 向欢(1986—), 男, 湖南常德人, 硕士研究生, 主要从事电子技术与自动控制研究, 251490759@qq.com; *通信作者, kyc7716@yahoo.com

分两步：先南北方向调整太阳能电池板，使遮挡杆影在中轴线上；再东西方向的调整，使杆影正对轴心，达到太阳能电池板正对太阳光的目的。图中转动齿1、转动齿2分别用于南北方向、东西方向的调整。电机1带动转动齿1运动，箭头标注方向为电机1正转方向。电机2带动转动齿2运动，箭头标注方向为电机2正转方向。



1 遮挡杆;2 光敏电阻阵列;3 转动轴2;4 转动齿2;5 电机2安装位置;6 太阳能电池板;7 转动轴1;8 转动齿1;9 电机1安装位置。

图1 太阳能二轴跟踪机构

Fig.1 The schematic diagram of two-axis solar tracking mechanism

1.2 杆影式跟踪原理

采用一种仿日晷跟踪方式。在太阳能板平面上，将16个光敏电阻布置在圆面上，将遮挡杆垂直树立圆面中心(图2)，1~12号光敏电阻均匀地分布在圆周上，A~D号光敏电阻以 $(R-L)/2$ 的距离分布在中心轴上。

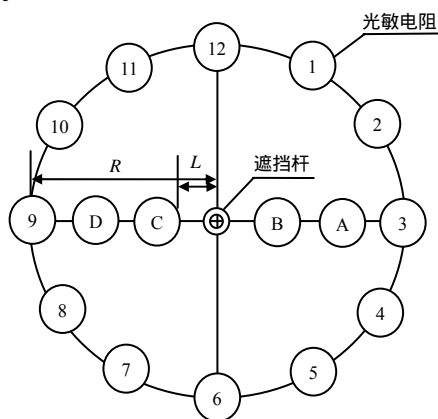


图2 光敏电阻阵列

Fig.2 Photosensitive resistance array

太阳光线以任意角度入射时，都将使遮挡杆在光敏电阻阵列上产生阴影(图3)，光敏电阻电阻值发生变化，从而导致相应光敏电阻的转换电压发生变

化^[4]。根据被遮挡的光敏电阻位置，可以确定太阳光线的入射方向。当出现如下3种情况可能无法确定太阳光入射方向：①阴影投影在1~12号光敏电阻其中2个之间的位置；②传感器正对太阳，达到追踪要求位置；③太阳光线不足或者出现云遮现象。系统反应为保持现有状态不作任何调整，通过简单的判断可有效解决阴天或云遮引起的误动作，提高系统稳定性。

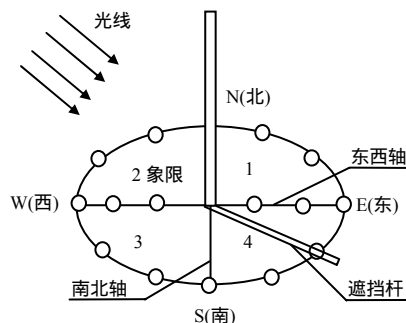


图3 阳光下载感器工作简图

Fig.3 The working diagram of the sensor under the sun

在判断太阳光入射方向过程中，若发现16个光敏电阻的信号中某个或者某几个的电阻值与其他电阻的差值超过设定阈值时，说明系统未正对太阳，需要调整，调整过程分南北方向和东西方向2个阶段。

一天中太阳光线是每小时变化 15° ^[5-6]，光敏传感器中1~12号光敏电阻中相邻2个角度差是 30° ，即2 h可调1次。A~D光敏电阻方向上 L 的长度决定东西方向变化的太阳的高度角的精度。 L 越短，精度越高，如果需提高光敏传感器精度，只需在1~12号光敏电阻所在的圆周上加入光敏电阻，以及A~D所在的轴上缩小 L 的长度来达到提高精度的目的。

2 自动跟踪控制系统

2.1 硬件部分

控制系统是整个跟踪系统的核心部分，主要由单片机、太阳跟踪传感器和信号处理单元、外部时钟、伺服模块和输入及显示模块组成(图4)。单片机

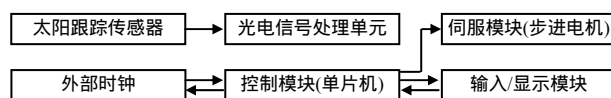


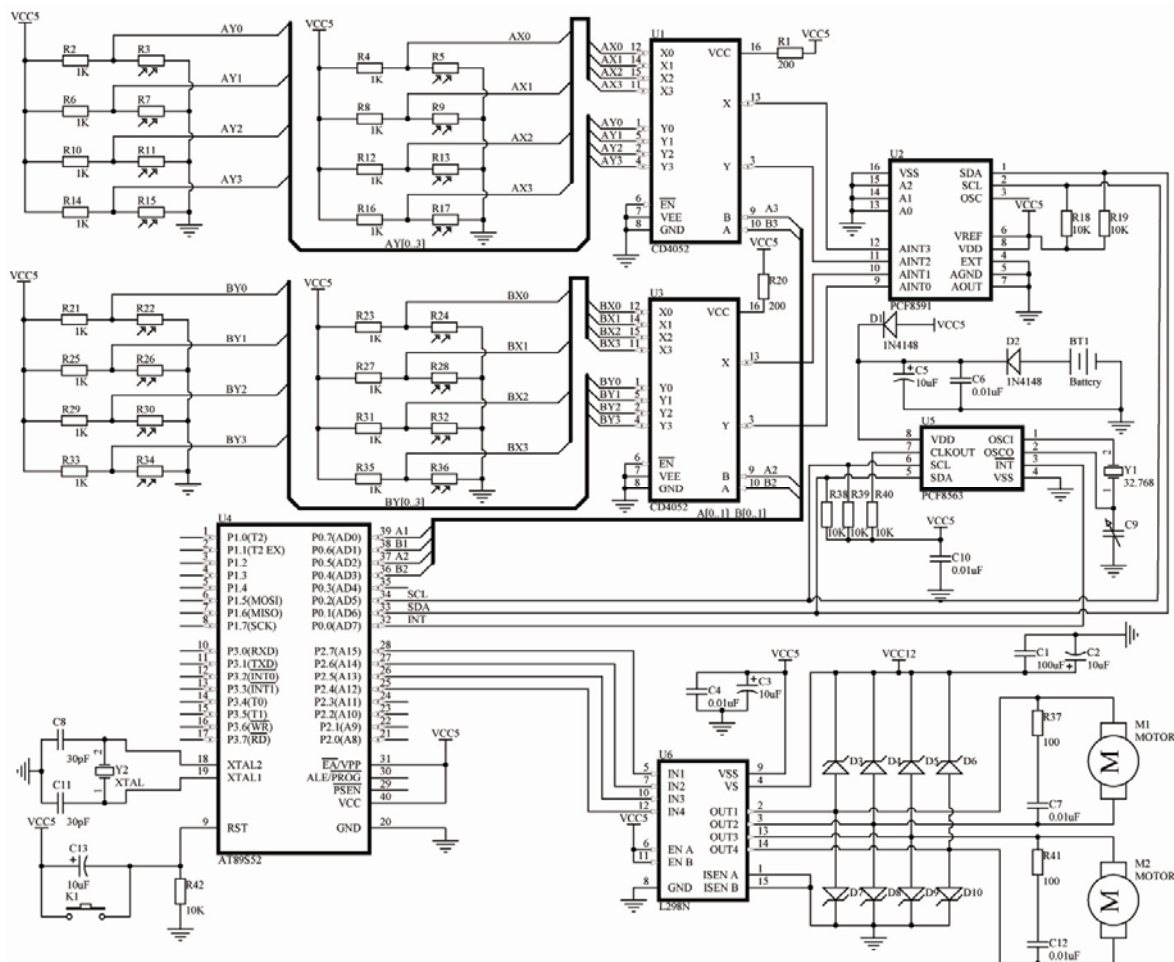
图4 控制系统结构框

Fig.4 The schematic diagram of control system

在接收到外部时钟和光电信号处理单元的有效信号后,通过伺服模块执行跟踪动作。

电路如图 5 所示。其中外部时钟模块采用 PCF8563,其功能是在 6:00 和 19:00 产生中断信号,协助系统完成启动、停止 2 个动作。光电传感器信号处理单元采用 PCF8591,将模拟电压信号转换为

数字信号,其中 AINX 为模拟输入端。由于系统有 16 路光敏电路信号,所以采用多路转换开关 CD4052^[7],解决 AD 芯片端口少和模拟信号输入端口数量过多的矛盾。输出端为 IIC 总线方式。电机驱动芯片采用 L298N,实现电机正反转。



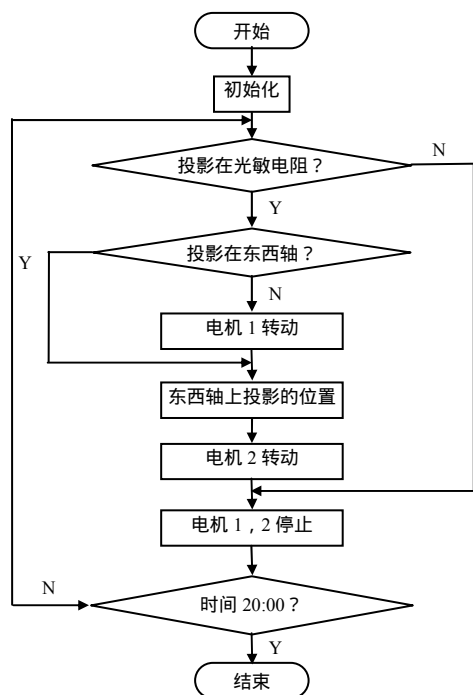


图6 太阳自动跟踪系统主程序流程

Fig.6 The flow diagram in the main program of automatic solar tracking system

3 试验结果与分析

对新型光电跟踪系统进行发电效率、机械传动耗能试验。试验地点长沙(北纬 $28^{\circ}12'$ 东经 $112^{\circ}59'$ 平均海拔 197 m); 试验材料采用 $50\text{ cm}\times 35\text{ cm}$ 的太阳能电池组件(开路电压为 21.6 V, 短路电流为 1.35 A, 峰值功率为 20 W_p)。

3.1 发电效率

根据试验地点的经纬度, 计算得太阳能电池板最佳固定摆放倾角为向南 36° ^[8]。将新型自动跟踪系统与向南 36° 的固定式和实时跟踪系统进行发电效率对比试验。测量了三者的开路电压、短路电流的变化情况, 获得输出功率。从图7中可以看出: 三者发电效率均在 9:00—13:00 达到最大; 在

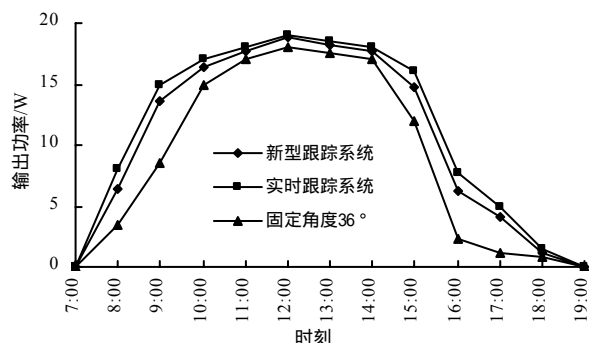


图7 3种系统的输出功率

Fig.7 Three kinds of power curves

7:00—10:00、14:00—19:00, 新型光电跟踪方式的发电能力比固定式显著提升; 新型光电跟踪方式最大输出功率比固定式提高了 33.04%。

3.2 机械传动耗能

将新型光电自动跟踪系统与实时跟踪系统进行机械耗能的对比分析, 新型光电自动跟踪系统一天内仅启动二轴跟踪机械装置 6 次, 而实时跟踪系统一天内需启动 12 次以上^[10], 消耗大量电能。因而新型光电跟踪系统的耗能应比实时跟踪系统减少 50%左右。

4 小结

本研究结果表明, 采用太阳能二轴跟踪机构使得太阳跟踪器具有较好的追光效果。使用 16 个光敏电阻组成的遮挡式追光模块实时采集 16 个光敏电阻的信号值送入单片机, 通过特定的算法可准确处理昼夜及天气的阴晴, 以及云遮、天气骤变等突发环境状况。运用间歇性、定时跟踪代替传统的实时光电跟踪, 降低了跟踪过程机械所消耗的能量, 发电利用率更高。

参考文献:

- [1] 王海鹏, 郑成聪, 徐丹, 等. 基于单片机的太阳自动跟踪装置的设计与制作[J]. 科学技术与工程, 2010, 10(19): 4651—4655.
- [2] 于贺军, 吕文华. 全自动太阳跟踪器软件的设计和研究[J]. 气象水文海洋仪器, 2001(2): 7—11.
- [3] 陈建彬, 沈惠平, 丁磊, 等. 太阳能光伏发电二轴跟踪机构的研究现状及发展趋势[J]. 机械设计与制造, 2010(8): 264—266.
- [4] 雷玉堂. 光电检测技术[M]. 北京: 中国计量出版社, 1997.
- [5] 王国安, 米鸿涛, 邓天宏. 太阳高度角和日出日落时刻太阳方位角一年变化范围的计算[J]. 气象与环境科学, 2007, 30(z1): 161—164.
- [6] 杜微, 王平凯, 白羽. 模糊控制太阳能自动跟踪随动系统[J]. 机械工程师, 2006(5): 80—81.
- [7] FAIRCHILD SEMICONDUCTOR. CD4052BC Datasheet [EB/OL]. http://www.datasheet5.com/preview_3447954_pi_1.html. 2008-08.
- [8] 王长贵, 王斯成. 太阳能光伏发电实用技术[M]. 北京: 化学工业出版社, 2009: 263—265.
- [9] 陈维, 沈辉, 舒碧芬. 光伏系统跟踪效果分析[J]. 中国科学技术大学学报, 2006, 36(4): 355—359.
- [10] 张建波, 殷群. 嵌入式太阳能光伏发电自动跟踪控制系统设计[J]. 桂林电子科技大学学报, 2010, 30(3): 247—249.

责任编辑: 罗慧敏

英文编辑: 罗维