

文章编号: 1674-8085(2016)05-0063-06

基于太阳辐射量控制的新型跟踪系统研究

*王世军, 汪世益, 李 亮, 高鹏程

(安徽工业大学机械工程学院, 安徽, 马鞍山 243000)

摘 要: 为了减少系统能耗, 提高太阳能系统的发电量和收益率, 设计了一种基于太阳辐射量控制的太阳能跟踪系统。采用太阳运行轨迹跟踪和传感器跟踪结合的方式跟踪太阳位置, 同时用太阳辐射量传感器信号来判断是否执行跟踪, 使跟踪条件更加精确。实验结果表明理论计算所设定的跟踪阈值满足实际跟踪的要求, 同时该跟踪方式相对固定摆放方式, 提高了太阳能电池发电效率约 30%。

关键词: 太阳能辐射量; 跟踪策略; 传感器跟踪; 阈值

中图分类号: TK514

文献标识码: A

DOI:10.3969/j.issn.1674-8085.2016.05.012

RESEARCH ON NEW TRACKING SYSTEM BASED ON SOLAR RADIATION QUANTITY CONTROL

*WANG Shi-jun, WANG Shi-yi, LI Liang, GAO Peng-cheng

(College of mechanical engineering, Anhui University of Technology, Ma'anshan, Anhui 243000, China)

Abstract: In order to reduce the energy consumption of the system and improve solar system generating capacity and rate of return, we propose the solar tracking system based on solar radiation, which track the sun position with the sun tracking and sensor tracking and use the solar radiation sensor signal to determine whether the implementation of tracking to make the tracking condition more accurate. The experimental results show that the tracking threshold set by the theoretical calculation meets the requirements of the actual tracking, and the tracking mode is relatively fixed, and the solar cell power generation efficiency is increased by about 30%.

Key words: solar radiation; tracking strategy; sensor tracking; threshold

0 引言

太阳能作为一种清洁无污染的能源有着巨大的开发前景, 合理地开发与利用太阳能资源有着重要的意义。目前常用的跟踪方式有光电跟踪、视日运行轨迹跟踪和混合式跟踪。常见的光电跟踪采用光电传感器, 结构简单、精度高, 但易受天气变化影响, 造成误判或追踪失灵。视日运动轨迹跟踪是

根据太阳运行轨迹的变化规律来驱动电机实现跟踪的。这种跟踪方式控制简单, 但累计误差高, 对机械结构精度要求高, 实时跟踪所消耗的能量较大。而传统的混合式跟踪方式可以有效地实现跟踪, 但是不能将跟踪带来的发电效率最大化^[1]。

本文提出了一种新型的跟踪方式, 通过视日运动轨迹方式作为主控程序, 再通过两个太阳能辐射传感器进行调整, 同时该传感器为是否执行跟踪提供依据。与传统的跟踪方式相比, 解决了传感器受

收稿日期: 2016-03-21; 修改日期: 2016-05-04

作者简介: *王世军(1991-), 男, 安徽芜湖人, 硕士生, 主要从事太阳能跟踪系统的研究 (E-mail:307097523@qq.com);

汪世益(1963-), 男, 安徽桐城人, 教授, 博士, 主要从事数控技术及先进制造技术, 电液比例伺服控制技术, 工程机械液压传动与控制研究(E-mail:195788924@qq.com);

李 亮(1990-), 男, 安徽亳州人, 硕士生, 主要从事液压手腕的设计与研究(E-mail:805994805@qq.com);

高鹏程(1991-), 男, 江苏淮安人, 硕士生, 主要从事汽车性能部件的设计与研究(E-mail:1350057273@qq.com)。

天气影响大的情况,同时将传感器测量的太阳辐射量作为判断依据,缩减了视日运动轨迹在任何情况下都跟踪的能耗,同时也适时调整视日运动轨迹跟踪带来的累计误差^[2]。

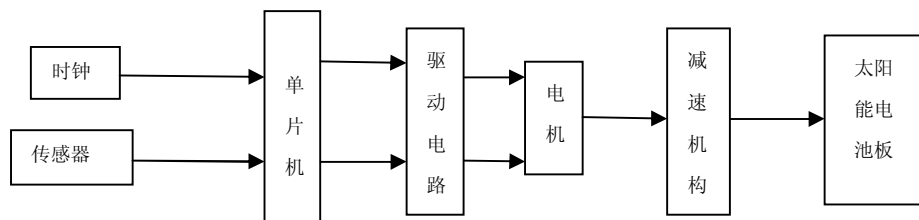


图1 太阳能跟踪系统的组成

Fig. 1 Composition of solar tracking system

(1) 控制器 MSP430 系列单片机具有处理能力强、运算速度快、超低能耗、片内资源丰富等特点。本系统使用了其定时器、实时时钟、I/O 等模块来实现对信号的采集以及控制多个输入输出点。

(2) 传感器 本系统的传感器选用的是太阳辐射量传感器,它不会像传统光电传感器一样受到太阳光线以及其他方面的影响,它检测的信号只和当时的太阳辐射量相关。本文是将两个传感器放置在太阳能电池板平面的横向中间的两端,安装位置如图2所示。

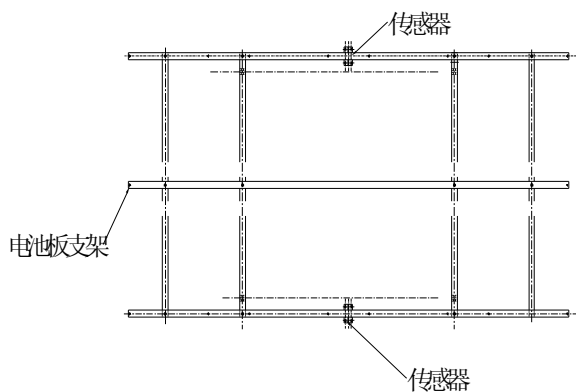


图2 传感器安装位置图

Fig.2 Sensor installation location map

根据接收太阳辐射量的大小不同,传感器输出的电压是不同的,通过比较输出电压即可确定视日运动轨迹跟踪是否出现偏差。由于本系统只需要在东西向进行跟踪,所以用检测到的电压 U_1-U_2 信号作为偏移量,偏移量超出限制范围则启动调节,直到偏移量进入设定范围内^[4]。

同时传感器还有一个环境检测功能,可用作是

1 太阳能跟踪系统硬件设计

太阳能跟踪系统主要是由传感器、控制器、电机、减速机构、太阳能电池板组成,如图1所示^[3]。

否执行跟踪程序的条件。由于太阳辐射量传感器的输出辐射量 $(W/m^2) = \text{测量输出电压信号值}(\mu V) \div \text{灵敏度系数}(\mu V/W \cdot m^2)$, 所以我们将根据跟踪式的日发电量和固定式的日发电量之差与跟踪机械能耗的关系找出最低执行跟踪的太阳辐射量,以此来设定阈值,当大于设定值时系统执行跟踪,反之系统不执行跟踪^[5]。

(3) 电机 根据系统的转动惯量以及其他相关条件选用的是交流伺服电机,通过编码器来控制电机旋转的角度,同时经过减速器来增加转矩,使整个系统运行稳定。

(4) 机械结构 该机构主要是东西向的旋转机构,机构主体是立柱式的旋转机构,通过电机带动减速器,使电池板、传感器、行程开关等一起转动,如图3所示。

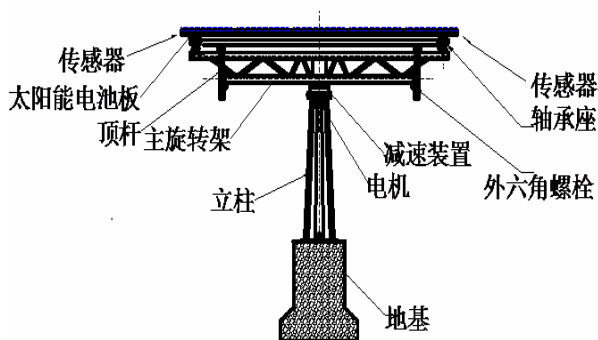


图3 机械结构图

Fig.3 Mechanical structure

俯仰角一般是固定的,但是也可以通过手动调节来改变,加工时已经设计好可以调节的几个角度,利用翻转使外角螺栓和顶杆之间产生配合从而

改变俯仰角度。

2 太阳能跟踪系统发电量与机械能

耗的关系

研究分析表明在空气透明度较低的情况下,太阳能电池板可以转化的太阳辐射量较少,而运行整个跟踪系统需要消耗能量。因此,我们的跟踪策略采用的是基于太阳辐射量的太阳运行轨迹跟踪系统。为了研究如何根据太阳辐射量的大小来判断是否执行跟踪程序这一策略,需要研究每天固定式和跟踪式的太阳能发电系统的发电量和,同时也要计算出装置跟踪一天所需的能量。因此需要建立如下的数学计算模型。

固定式太阳能发电系统日接收太阳辐射量数学计算模型^[6]:

$$Q = 2 \int_{t_1}^{t_2} PS \left(\frac{\pi}{12} t - \pi \right) dt$$

跟踪式太阳能发电系统日接收太阳辐射能量数学计算模型:

$$G = PS t$$

本文设定的辐射量的大小是根据固定式、跟踪式太阳能发电系统日接收太阳辐射量以及能耗之间的关系决定的。能耗要小于跟踪式和固定式太阳能发电系统日发电量的差值,由于太阳能电池板对太阳辐射能量的转化效率仅为 15%,即:

$$Y \leq \left[PS t - 2 \int_{t_1}^{t_2} PS \left(\frac{\pi}{12} t - \pi \right) dt \right] \times 0.15 - Q_1$$

式中: P —太阳能日辐射量,单位为 W/m^2 ; S —电池板有效面积,单位为 m^2 ; t —时间,单位 h 。

本文以 5 kW 的太阳能跟踪系统为例,已知电机的功率为 100 W,转速为 3000 r/min,减速器的减速比为 1:195712。同时本装置还有夜间以功率为 9W 的自动照明系统给夜间行人提供安全保证,计算出整个系统的能耗总和,记为 Q_1 。

以早上 7 点到下午 5 点时间段计算,结果如图 4 所示:

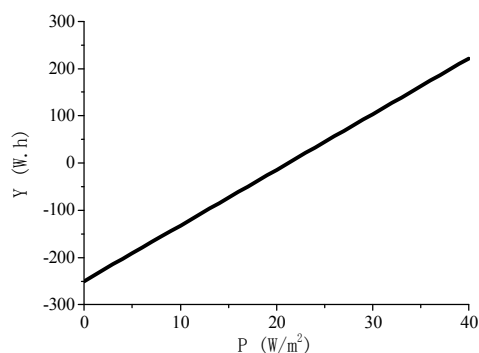


图 4 固定式、跟踪式发电量之差与能耗之间的关系

Fig. 4 Relationship between energy consumption and fixed and tracking power generation

图 4 表明了系统能耗与固定式、跟踪式太阳能发电系统日发电量的关系,当固定式和跟踪发电系统的日发电量相同时,执行跟踪系统是没有意义的,只能导致能量的浪费。可以将太阳辐射量设定为某个值,以此作为判断是否跟踪的标准。由图 4 可知,本文研究系统需将太阳辐射量设定在 $25 \text{ W}/\text{m}^2$,只有达到这个阈值,系统才能执行跟踪。

3 基于太阳能辐射量控制策略的设计

计

根据上述的实验研究以及理论分析,我们可以提出一种以太阳辐射量大小为基准的控制程序,程序包括了传感器调节和时钟调节两个部分,传感器调节:当传感器信号大于设定阈值时,执行跟踪,当两个传感器信号不同时且在偏差范围内,则启动该调节方式,当 $U_1 > U_2$ 时,电机正转,反之,电机反转,至差值小于设定的误差范围内,则停止转动。时钟调节:设定跟踪时间范围,间歇式的根据实时的时间来计算实时的太阳位置进行跟踪,最后在超出时间范围后实现装置的返回。程序流程图如图 5、图 6 所示^[7]。

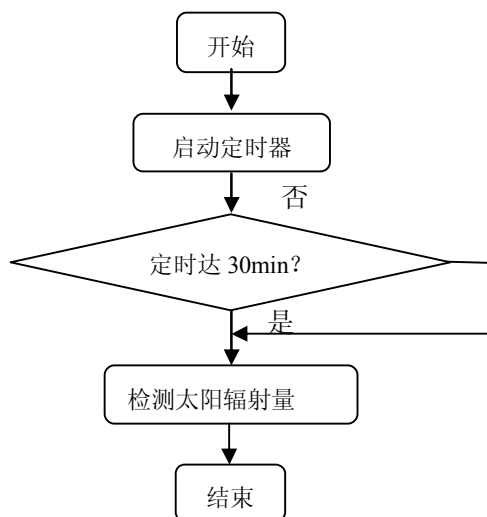


图 5 定时检测流程图

Fig.5 Flow chart of timing detection

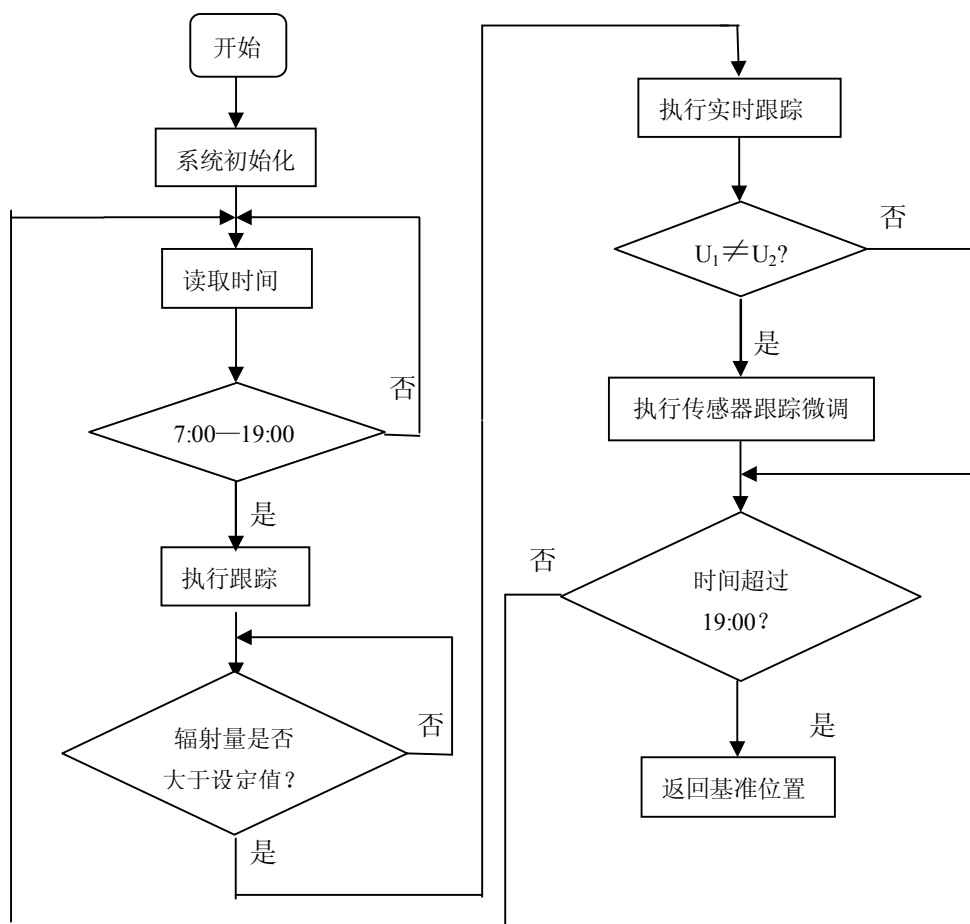


图 6 跟踪系统流程图

Fig.6 Flow chart of tracking system

系统跟踪程序中包含了以下几个模块^[8]:

证程序运行状态良好;

①系统初始化: 检查机构是否在基准位置, 保

②运行程序: 先判断时间是否在设置范围内,

同时判断太阳辐射量是否达到设定的阈值,如果两者都达到要求,执行实时跟踪程序,同时根据传感器给出信号对机构位置进行进一步调节。

③返回基准位置:当时间超过设定的时间范围则机构反向旋转,回到基准位置。

同时,对传感器检测模块进行定时检测,这样既能减少频繁跟踪带来的能耗,又能保证跟踪的准确性,同时还可以消除实时跟踪带来的时间累积误差。

4 发电效率实验分析

实验以上述 5 kW 的光伏发电系统为例,将不同情况下倾斜固定式与跟踪式的发电功率作比较分析。太阳能光伏发电装置现场图如图 7 所示^[9]:

图 7 中包含了太阳能发电装置和逆变器。太阳能发电装置中有 20 块型号规格相同的太阳能电池板。每块电池板的功率为 250 W,将 20 块太阳能电池板分成 2 路,每 10 块串联,最后与逆变器连接形成一个完整的太阳能发电系统该装置。

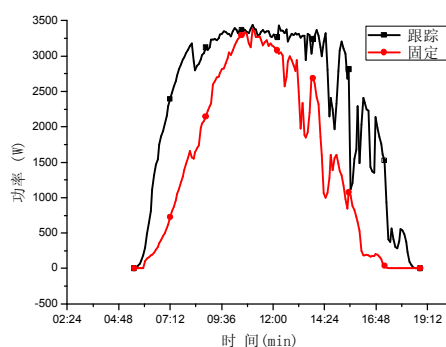


图 7 太阳能光伏发电装置图

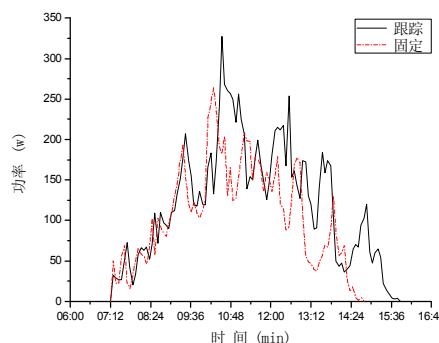
Fig.7 Solar photovoltaic power generation equipment

太阳能发电系统的工作原理是由太阳能电池板将吸收的太阳辐射能转化为直流电,然后通过逆变器转换成交流电传送到电网。逆变器本身具有储存相关数据的功能,如直流电压、交流电压、温度以及发电功率等相关参数。本文是将两台相同规格的装置分别在晴天和阴天的情况下进行跟踪式和固定式的发电功率对比实验。实验数据由逆变器直接传至网络,登录网站下载相应的实验数据,实验

数据处理结果如图 8 所示:



(a)晴天



(b)阴雨天

图 8 不同天气情况下固定式与跟踪式的发电功率变化曲线

Fig. 8 The curve of power generation with fixed and tracking type under different weather conditions

根据上述实验与研究的对比发现在天气情况良好的情况下跟踪式比固定式的光伏发电系统的发电功率增长约为 30%,而在阴雨天等天气不好的情况下跟踪式和固定式的发电功率相差不大,最高峰时的发电量只有 300 W。

由上面的理论研究发现,将阈值设定为 25 W/m²,太阳能电池板的有效发电面积约为 30 m²,太阳能电池板的转化率约为 15%,经理论计算和实验研究可知我们设定的阈值符合要求。

5 跟踪误差分析

为了验证本文提出的跟踪方案对太阳位置跟踪的实际性能,本文设计了一个装置 5 kW 的实验装置。设计一个带有刻度的圆盘,其中心竖直插着一个长度为 300 mm 的标杆,将该装置的圆盘紧贴着放置在太阳能电池板的表面,当太阳能电池板与太阳光线垂直时,则标杆没有阴影,反之会出现阴

影。根据投影定律,标杆的投影长度与标杆本身长度的比值就是太阳能电池板跟踪太阳角度产生误差的正切值。因此,可以通过观察测量阴影的长度来计算出误差角度。本实验是在合肥市区7月太阳光线基本直射没有受到云层影响,同时天气晴朗,太阳的辐射量主要以直射辐射为主,因此太阳辐射量的变化基本呈现从早到晚的均匀变化,且12点到14点之间太阳辐射量最大。实验从早上7:00开始,每次完成跟踪动作之后测量并记录数据,一直到18:00结束。数据处理后,实验结果如图9所示[9]。

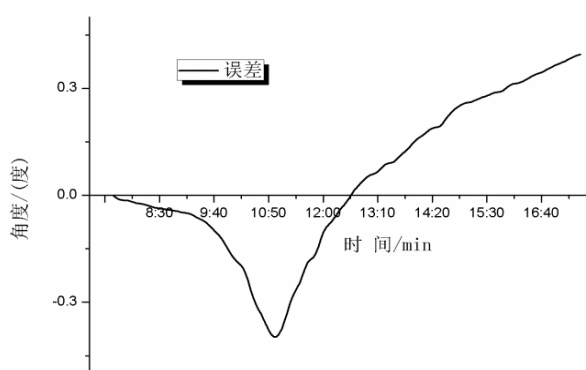


图9 跟踪误差示意图

Fig.9 Schematic diagram of tracking error

由图9可知,实际的跟踪效果和太阳具体运动方位是存在误差了。这是由于机械制造误差以及时间累积误差造成的,但是通过跟踪策略的改进将这些误差控制在 0.4° 以内,基本满足跟踪需要。

6 结论

本文研究的太阳能跟踪系统是以视日运行轨迹跟踪为主,传感器跟踪调节为辅的单轴跟踪系

统,同时经过理论计算和实验验证设定跟踪阈值,将传感器的信号用作判断是否跟踪的基准,这样既可以最大化的利用太阳辐射能量同时消除实时跟踪带来的累计误差。该系统真正高效地提高了太阳能的转化效率,同时降低了系统内耗,降低了成本回收期,为太阳能利用提供了有益的探索。

参考文献:

- [1] Baruch P, Vos A D, Landsberg P T, et al. On some thermodynamic aspects of photovoltaic solar energy conversion [J]. Solar Energy Materials & Solar Cells, 1995, 36(2):201-222.
- [2] 吴红山. 太阳能的应用现状及发展前景[J]. 科技信息: 学术研究, 2008(7):72,74.
- [3] 周诗悦,朱凯,刘爽. 太阳能电池板自动跟踪系统 [J]. 控制工程,2009,16(3):17-19.
- [4] 梁中翥. 太阳辐射传感器件[J]. 光机电信息, 2011(9): 38-44.
- [5] 张善文,张剑峰,陈思栋. 太阳光线双轴跟踪装置的机械系统设计[J]. 机械工程与自动化,2010(4):91-93.
- [6] Chen W, Shen H, Shun B F. Effect of photovoltaics with sun tracking[J]. Journal of University of Science and Technology of China, 2006,4(2):355-359.
- [7] 邸斌,宋宏明. 一种新型太阳能跟踪系统的研究[J]. 哈尔滨理工大学学报, 2012, 17(2): 67-71.
- [8] 饶鹏,孙胜利,叶虎勇. 两维程控太阳跟踪器控制系统的研制[J]. 控制工程, 2004, 11(6): 542-545.
- [9] 杜海玲,邢德山,孙楠. 固定式和跟踪式太阳能接收器能量接收状况的比较[C]. 全国热力学分析与节能学术会议, 2009.
- [10] 廖锦城. 计算机控制双轴太阳跟踪系统及其偏差检测[D]. 武汉:武汉理工大学, 2008.