

·光电系统·

基于光敏电阻的高精度自动跟日系统

王芳, 张小青, 孟惠

(咸阳师范学院, 陕西 咸阳 712000)

摘要:为提高太阳能的利用率,解决太阳光的时变性、分散性问题,提出一种基于光敏电阻实现阳光信号采集的自动跟日系统。设计了新型八点半球形太阳方位信号传感器,通过内部两组传感器的位置分布和组合,粗调与细调相结合,对太阳方位角信号进行大范围搜索、小范围调节,从而控制跟踪控制系统实现对太阳的高精度自动跟踪。分析了太阳光方位信号传感器的内部结构设计及原理、自动跟踪系统的控制过程及原理。结果证明,系统在低成本情况下实现高精度自动跟踪,抗干扰性强,实用性强,对于在光伏发电、光热发电领域推广太阳能应用具有很重要的意义。

关键词:太阳方位;自动跟踪;光敏电阻

中图分类号:TP273

文献标识码:A

文章编号:1673-1255(2015)-05-0014-03

High Precision Automatic Tracking System Based on Photosensitive Resistance

WANG Fang, ZHANG Xiao-qing, MENG Hui

(Xianyang Normal University, Xianyang 712000, China)

Abstract: In order to improve the availability of solar energy and solve the problems of time-varying and dispersion of sunlight, a kind of automatic tracking system for sunlight signal acquisition is introduced based on photosensitive resistance. A new type of eight points hemisphere sun azimuth signal sensor is designed. Through position distribution and combination of the two groups of sensors in the tracking system, coarse and fine tuning together, the sun azimuth signal is searched in a large range and adjusted in a small range so as to control the tracking system to realize tracking the sunlight accurately and automatically. The internal structure design and the principle of the sunlight azimuth signal sensor, the control process and the principle of the automatic tracking system are analyzed. Experimental results show that a high precision automatic tracking is realized in the case of low cost, a strong anti-interference and practicability, which has a very vital significance for the solar energy application promotion in the field of photovoltaic and thermal power generation.

Key words: sun azimuth; automatic tracking; photosensitive resistance

充分开发太阳能能源是目前全球应对解决能源危机的一个重要途径,太阳能取之不尽、用之不竭,世界各国都先后投入了大量的人力、物力对太阳能的利用进行研究,然而效果并不理想,究其原因主要是因为:(1)太阳光能量的分散性。尽管太阳能辐

射总量很大,但分散到地球表面最大值仅为每平方米1 kW左右,而在阴天时只有每平方米200 W左右。(2)时变性。太阳光辐射能量大小及方向随时间周期性变化,另外由于受到地理位置、季节、天气等自然因素影响,导致太阳能辐射的不稳定性,甚至出现间

收稿日期:2015-08-12

基金项目:国家青年科学基金(61307002);阳光输送机的研制(11XSYK111);咸阳师范学院基金:数据挖掘算法研究与应用(11XSYK331)

作者简介:王芳(1981-),女,陕西省渭南市人,西安电子科技大学博士研究生,主要研究方向为大数据理论及应用;通讯作者:孟惠(1979-),女,硕士,主要研究方向为模式识别与智能系统。

断。解决上述问题的主要办法是自动跟踪及高倍聚光,虽然太阳能应用技术发展到今天,自动跟踪及聚光已并非难事,然而由于自动跟踪系统及聚光采集传动机构长期工作于室外恶劣的环境下,要想实现低成本高精度跟踪困难很大^[1],目前的太阳能利用装置普遍存在效率偏低、成本偏高的问题^[2],其经济性远远不能与常规能源相竞争。因此,开发经济性太阳能利用装置,实现对太阳光的高精度自动跟踪、高倍聚光,有效的提高太阳能密度意义重大。

1 系统设计

文中所述自动跟日系统主要包括安装在云台采光板上的四象限太阳方位信号传感器、东西方向和南北方向控制电机、自动控制模块。考虑到本系统长期工作于室外恶劣自然环境中,在结构设计上需保证长期工作的稳定性、可靠性及低故障率。另外还需着重考虑系统的性价比,力争实现低成本、高精度的阳光自动跟踪,提高其实用性、推广度及市场竞争率。

1.1 四象限太阳方位信号传感器

1.1.1 结构

四象限太阳方位信号传感器是自动跟日系统的重要部件,用于精确搜寻太阳的方位并发出控制信号给自动控制模块,从而控制电机转动使云台采光板上的集光器始终正对太阳,对整个跟日系统的跟踪精度起着决定性作用。

在选择光敏器件时考虑到光敏电阻对光的敏感性与人眼对可见光的响应很接近,只要人眼可感受到的光,都会引起它的阻值变化,用于感应太阳光很合适,而且价格仅为光敏二极管六分之一左右,光敏三极管在强光照射时很容易产生饱和问题^[3],因此文中选用光敏电阻组成传感器。

传感器与集光器均位于云台采光板上且与平面平行,结构如图1所示。传感器内部置有8个性能参数完全相同的光敏电阻固定于基准板上,每4个为一组。图中1~4为外圈光敏电阻,5~8为内圈光敏电阻,两组光敏电阻于同一圆心上下左右对称分布;外组光敏电阻与外筒相切, R_1 为外筒半径,外筒内外表面均为黑色,由于黑色具有吸收太阳光的功能,可使光敏传感器只接收垂直太阳光的照射而不受筒壁

反射光线的影响,防止后面的控制系统做出误判;外筒顶部设有与基准板平行的凸透镜,透镜以螺纹方式与外筒连接使外筒焦距可调。

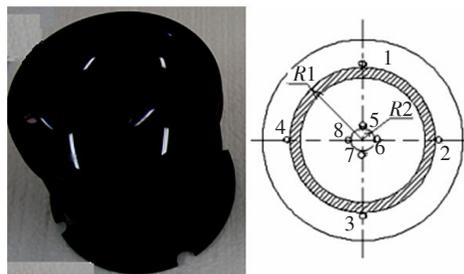


图1 传感器实物及剖面示意图

1.1.2 原理

外圈光敏电阻用于阳光跟踪的粗调,1~4号分别代表东、西、南、北四个方向,内圈5~8号四个光敏电阻用于跟踪细调,内圈光敏电阻在工作时应保证其只有 $1/4 \sim 1/5$ 的面积感光, R_2 为透镜对平行太阳光汇聚后在底部基板上的光斑半径,可通过调节透镜与外筒的螺纹连接管改变其大小。

传感器工作时,由于凸透镜的聚光作用放大了太阳光信号,使得系统在光线很弱的情况下仍能正常工作,解决了弱光信号难以采集的问题。而在光照较强的情况下,光敏电阻只有光非常强时,由于内部光敏电阻只有 $1/4 \sim 1/5$ 的面积感光,而且 R_2 可调,不会由于光照太强而出现光照饱和的情况。在实际应用中,由于天气变化无常,例如在阴天或其他情况下,太阳重新出来时,之前由于系统停止跟踪,因此偏差较大,偏离了内组传感器的检测范围即细调范围,此时外组粗调传感器工作对太阳位置进行大范围搜索,由于外筒的遮挡使得四个传感器受光照程度不同,因此输出信号不同,控制系统根据传感器输出的电压差信号控制电机转动,直到基本正对太阳,这时系统的偏差已经较小,进入内圈传感器的细调范围,则内圈传感器输出电压差信号控制电机继续转动,直到完全正对太阳,实现高精度准确跟踪。

传感器采用粗细调互补调节的方法很大程度地提高可跟日系统的跟踪精度和性能,即使在太阳光很强或很弱的情况下,仍能准确控制系统进行跟踪,保证了在早晚、正午或其他特殊情况下的正常工作,延长自动跟踪时间,实现低成本情况下一年四季全天候的高精度跟踪。

1.1.3 参数计算

假设凸透镜焦距为 f ,直径为 d ,内筒光斑与透镜的距离为 h ,则可推导出光斑半径为

$$x = \frac{d(f-h)}{2f} \quad (1)$$

由此可见,可通过调整透镜半径或透镜与筒底面距离而改变光斑半径,从而改变光敏电阻的受光面积,其受光面积为

$$s = \frac{2\pi\beta x(f-h) + 2\pi\gamma y^2}{360} - wR \quad (2)$$

综合分析光敏电阻的特性并结合实践,得出光敏电阻1/4~1/3位于光斑内时跟踪系统效果最理想。

1.2 控制部分

传感器的模拟信号送入A/D转换器转换成数字信号后由再送入单片机,单片机的主要任务包括电机控制、强风保护、异常检测、限位保护等。云台的驱动由两个永磁直流减速电机执行,执行机构实物图如图2所示。分别带动云台的水平、垂直方向转动,实现系统对太阳的双轴式二维跟踪,保证云台上的集光装置始终正对太阳。



图2 执行机构实物图

为保证系统的正常工作,设置了手动调试模块,可对电位器进行校正,同时检查系统的输入输出情况并通过液晶屏显示。

2 程序流程

A/D转换电路将传感器送来的模拟信号转换成数字信号送入单片机并进行液晶显示,当该信号大于单片机设定的阈值信号,跟日系统进入正常日照工作模式,按照预先设定好的程序大范围搜索小范围细调。先判断东西方向两路信号的差值是否大于临界值1,则系统进行东西方向粗调,紧接着判断东西方的光照强度并作出相应调整,直至差值小于临界值。接下来判断南北方向两路信号的差值是否大于临界值2,若大于则进入南北方向粗调直至差值小于临界值2;当两路信号差值小于临界值,则进入细调模式,即此时云台已经基本正对太阳,进行东西、南北两方向细调直至差值为0,则此时太阳光已经垂直照射云台上的集光装置,达到了自动跟踪太阳的目的。

3 结果及分析

为对本设计性能进行综合多方面测试,测试时间由2012年春季到冬季分别抽取了3、6、11月份进行测试(如表2),并对6月1日正午电机的动作情况进行了测试(如表1),测试地点为陕西西安,其地理位置为东经109°,北纬34°,海拔400 m,表中标标准值为根据天文年历计算出的当地太阳高度角、方位角^[4]。由表1结果看,电机平均每21 s动作一次,而地球的自转速度15°/h^[5],即每当太阳方位偏转0.087 5°跟日系统即可做出反应并调整电机动作。由表2结果可以看出,系统在具体某一时刻的偏差不超过0.1°。

表1 电机发出动作的时间

12:39:38	12:40:05	12:40:54	12:41:24	12:41:51	12:42:22
12:42:49	12:43:19	12:43:43	12:43:56	12:44:06	12:44:37
12:44:56	12:45:25	12:45:52	12:46:17	12:46:47	12:47:05
12:47:33	12:48:06	12:48:37	12:48:58	12:49:26	12:49:53
12:50:23	12:50:51	12:51:23	13:51:43	12:52:10	12:52:40

(下转第21页)

参考文献

[1] 李德栋,谢晓方,张龙杰,等.国外全向凝视光电系统发展现状与趋势[J].激光与红外,2014,44(11):1183-1187.
 [2] 王健,张振海,李科杰,等.全景视觉系统发展与应用[J].计算机测量与控制,2014,22(6):1664-1666.
 [3] 王永仲.鱼镜头光学[M].北京:科学出版社,2006.
 [4] 张良.凝视型红外光学系统中的冷反射现象[J].红外与激光工程,2006,35:8-11.
 [5] 杨正,屈恩世,曹剑中,等.对凝视红外热成像冷反射现象的研究[J].激光与红外,2008,38(1):35-38.

[6] 陈潇,杨建峰,马小龙.长波红外大视场大相对孔径光学系统设计[J].应用光学,2010,31(1):350-353.
 [7] 梁久伟,罗春华,杨铭.用于监控系统的鱼镜头光学设计[J].光学技术,2011,37(6):691-694.
 [8] 李宏壮,张振铎,刘欣悦,等.一款宽光谱鱼镜头的设计[J].光子学报,2014,41(11):1312-1315.
 [9] 阎阿奇,杨建峰,曹剑中,等.航天鱼眼相机光学系统设计的研究[J].光学学报,2011,31(10):102-200.
 [10] 刘英,王靖,曲锋,等.广角f- θ 静态红外地平仪镜头的光学设计[J].光学精密工程,2010,18(6):1243-1428.

(上接第16页)

表2 跟踪角度测量结果(单位:度)

日期		3.12					6.1				11.4			
时间		7:30	9:30	11:30	17:00	6:00	9:00	12:00	19:00	7:30	11:30	15:00	17:00	
标准值	高度角	16.56	38.70	52.15	10.60	12.13	48.89	78.10	0.69	9.04	40.02	24.54	3.26	
	方位角	74.22	51.15	12.26	-78.9	108.5	85.23	-0.00	-116	64.4	9.45	-48.5	-68.7	
测量值	高度角	16.6	38.6	52.2	10.6	12.2	48.9	78.1	0.8	9.1	40.0	24.6	3.3	
	方位角	74.2	51.1	12.3	-79.0	108.5	85.3	-0.00	-116	64.4	9.5	-48.5	-68.7	

上述结果表明,所提出的基于光敏电阻的高精度自动跟日系统,在早晚光线弱、正午光线强、长期运行情况下均可实现稳定、高精度跟踪。

4 结 论

当前太阳能利用的发展主要受到经济性的制约^[6],限制了其市场竞争力,所设计的基于光敏电阻的高精度自动跟日系统,以光敏电阻作为感光器件,在成本远低于光电三极管等其他感光器件的情况下实现了0.1°的高精度跟踪,满足了光伏产业的跟踪误差角小于0.3°要求^[7],提高了市场竞争能力,可广泛用于太阳能聚光发电、太阳能热发电、太阳光照明等太阳能利用装置中^[8-9]。

参考文献

[1] 宁铎.免跟踪透射式太阳聚光器的设计[J].光子学报,

2008,37(11):2284-2287.
 [2] 朱瑞,卢振武.基于非成像原理设计的太阳能聚光镜[J].光子学报,2009,38(9):1-5.
 [3] 赵燕.传感器原理及应用[M].北京:北京大学出版社,2012:100-120.
 [4] 王国安.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,2007,30:161-163.
 [5] 朱翔.地理[M].长沙:湖南教育出版社,2004.
 [6] 高峰.太阳能开发利用的现状与发展趋势[J].科技前沿与学术评论,2012,23(4):35-40.
 [7] 宁铎,吴涛,黄建兵,等.聚光型粗细调互补阳光信号采集器的研制[J].光子学报,2011,40(6):878-882.
 [8] 宁铎,王红鑫,孟惠,等.一种用于地下室照明的阳光输送机[P].中国,201210087099.X.[2012-3-28].2013.
 [9] 宁铎,王红鑫,孟惠,等.透射式太阳光隧道直接照明的装置[P].中国,201210086376.X.[2012-8-1].2013.