

基于 DSP 的新型太阳方位跟踪系统

刘 松, 杨 鹏*, 史旺旺

(扬州大学 能源与动力工程学院, 江苏 扬州 225127)

摘要: 为了提高太阳方位跟踪精度, 降低光伏发电系统的成本, 利用光伏电池旋转产生的短路电流是交变电流的这一特点, 通过离散傅里叶变换(DFT)求解交变电流的初相位, 计算太阳的高度角和方位角, 实现了对太阳方位的自动跟踪。并依此方法设计出了一套基于数字信号处理器(DSP)的新型太阳方位跟踪系统。实验结果表明, 该系统能实现太阳光大范围内检测, 并迅速跟踪, 可避免多块光敏元件的不一致性所带来的问题, 有效地提高了跟踪系统的精确性, 可望在太阳能光伏发电工程中得到应用。

关键词: 太阳方位; 自动跟踪; 光伏电池; 行程开关; 相位检测

中图分类号: TM615

文献标识码: A

文章编号: 1001-4551(2010)05-0044-03

New solar azimuth tracking system based on DSP

LIU Song, YANG Peng, SHI Wang-wang

(School of Energy and Power Engineering, Yangzhou University, Yangzhou 225127, China)

Abstract: Aiming at improving the accuracy of solar azimuth tracking system and reducing the cost of photovoltaic power generation system, considering that short current of photovoltaic cell is alternated with time by cell's rotation, a new method with minor components and large range measurement was put forward in which angles were obtained by calculating the phase of short current with discrete Fourier transform (DFT). A new solar azimuth tracking system based on digital signal processor(DSP) was designed. The test result shows that the azimuth of sun can be quickly obtained, and the accuracy of system can be improved, because the problems caused by the inconsistency of photovoltaic cells can be avoided by using the new system based on this method.

Key words: solar azimuth; automatic tracking; photovoltaic cells; limit switch; phase detection

0 引 言

太阳能发电系统是一种新型的能源系统, 在其研发与推广过程中, 如何提高发电效率始终是一个有待解决的难点。众所周知, 太阳运动轨迹是随着日照时间和季节的变化而变化的, 即太阳相对于光伏阵列的位置总是在变化。因此, 在太阳能发电过程中, 客观上需要采用太阳方位跟踪系统, 以确保光伏阵列始终能与太阳保持一个最佳的角度和位置, 提高太阳辐射能量的采集率, 最终提高整体发电效率。

基于以上原因, 本研究提出并设计一种基于 DSP 的新型太阳方位跟踪系统。

1 控制系统工作原理

根据控制光伏阵列采光面角度变化的驱动方式, 太阳方位跟踪系统可分为手动跟踪系统和自动跟踪系统^[1]。手动跟踪系统的精度较低, 效果较差。自动跟踪系统采用光敏元件或程序控制与动力驱动装置相结合, 促使光伏阵列采光面能在无人值守的条件下, 自动跟随太阳位置而变化。自动跟踪系统如图 1 所示。

在图 1 中, 自动跟踪系统是包括各种电子电路、电力电子控制系统和微机的程控系统在内的闭环控制系统。其控制原理为^[2]: 由光敏元件将太阳和光伏阵列之间的位置偏差信号和光强信号反馈给控制电路,

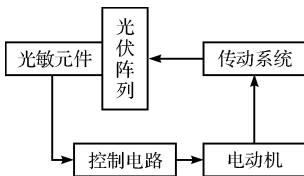


图1 自动跟踪系统

并经过数据处理和放大,触发相关的开关电路,使得电动机带动机械传动机构,推动修正光伏阵列的位置和角度,从而实现跟踪太阳的目的。

笔者设计的太阳方位跟踪系统是一种全新的自动跟踪系统。该系统选用光伏电池作为光敏元件,除了具有一般自动跟踪系统的优点外,还可避免由于多块光敏元件的不一致性带来的问题,提高了跟踪系统的精确性,降低了光伏发电系统的发电成本。具体工作原理如图2所示^[3](天球坐标系)。

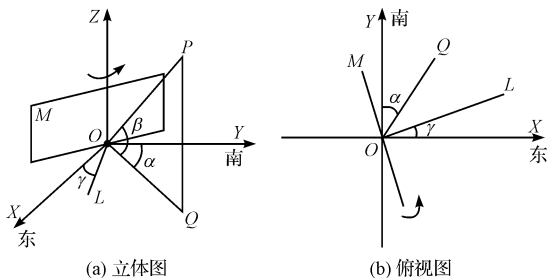


图2 控制系统工作原理图

M —光伏电池采光面; OL —光伏电池的法线; XOY —水平面; P —太阳; Q —太阳在水平面上的投影; α —太阳的方位角; β —太阳的高度角

假设该块光伏电池在电动机的驱动下围绕 Z 轴逆时针旋转,则在改变光伏电池旋转角 γ 的同时,光伏电池的短路电流 I 也会发生变化。测量出光伏电池在不同 γ 角度时的短路电流 I ,并寻求两者之间的关系,可得出:光伏电池短路电流 I 与光伏电池的旋转角 γ 之间是按正弦规律变化,且初相位反映了太阳光线的方位角 α 。

同理,另外一块光伏电池绕 X 轴旋转,通过此时短路电流 I 的初相位确定太阳的高度角 β 。第三块光伏电池绕 Y 轴旋转,专门用以解决当太阳方位角 $\alpha = 0$ (或者 π) 时,太阳高度角 β 的求解问题。通过一块光伏电池测量太阳方位的一个参数,避免了由于多块光伏电池的不一致性可能带来的问题。此外,该方法直接采用离散傅里叶变换(DFT)求解短路电流 I 的初相位^[4],使得到的结果更加精确。

值得注意的是,为了尽可能节省驱动能量,应选择耗电量少的小型电动机来驱动光伏电池,并要求自动跟踪系统除了能跟踪太阳外,还能够通过光伏电池根

据光强高低的变化控制电动机间歇工作^[5]。即在光强达到可利用的强度时才开始跟踪太阳,光强小于该强度时停止跟踪太阳。

2 电路原理与实现

2.1 电路原理框图

电路原理框图如图3所示。该控制系统是以FREESCALE公司的数字信号处理器MC56F8037^[6]作为核心处理器,实现对太阳方位的显示以及自动跟踪。该系统除了一些基本的功能,还添加了3路行程开关分别控制3个小型电机的运行,减少因电机的无谓转动而带来的电源损耗以及机械磨损。

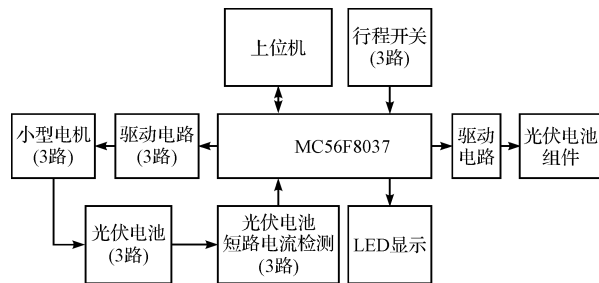


图3 电路原理框图

2.2 开关电源

在本跟踪系统中,MC56F8037需要3.3V电压驱动,电动机需要12V电压驱动,LM358需要 $\pm 12V$ 电压,而LED的驱动芯片需要5V的电压。因此,在开关电源设计中,本研究采用DPA424作为主控芯片^[7],采用太阳能电池组输出的48V直流电作为该跟踪系统电源模块的输入,经过DC-DC变换后输出 $\pm 12V$ 电压,再分别用LM7805和AS1117产生5V和3.3V电压。

2.3 光强检测

由于在日照强度较低的情况下,光伏电池JP1的开路电压呈对数下降趋势,而短路电流在很大范围内与光照度成线性关系。因此,检测连续变化的光照强度时,应当尽量减小负载电阻,使光伏电池在接近短路的状态工作,也就是把光伏电池作为电流源来使用^[8-9]。光强检测电路如图4所示。

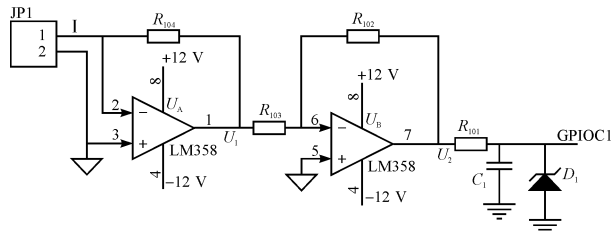


图4 光强检测电路

在该模块中,运放 U_A 和 R_4 组成的是电流 - 电压转换电路。光伏电池所产生的电流 I ,在经过该块电路后,转换成电压 U_1 ,再经过由运放 U_B 和 R_2, R_3 组成的放大电路,以及 RC 滤波电路,即可输入给 MC56F8037。

其中:

$$U_1 = I \times R_{104} \quad (1)$$

$$U_2 = U_1 \times \frac{R_{102}}{R_{103}} = I \times R_4 \times \frac{R_{102}}{R_{103}} \quad (2)$$

2.4 行程开关

行程开关电路如图 5 所示。

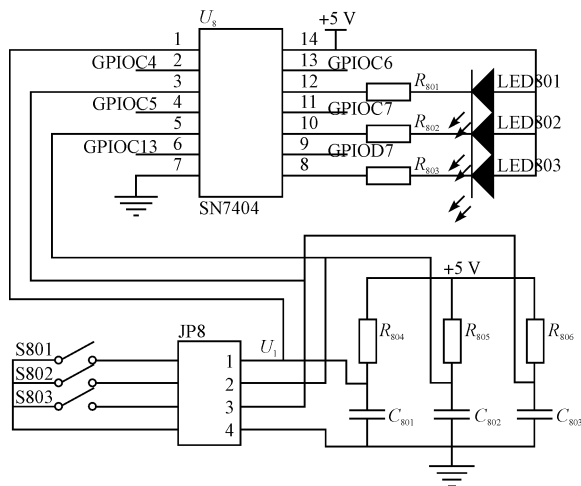


图 5 行程开关电路

在本设计中,3 路行程开关是用来控制小型电动机的运行范围,减少因电动机的无谓转动而带来的电源损耗以及机械磨损,其基本工作原理如图 5 所示。在驱动光伏电池的小型电动机旋转过程中,行程开关 S801 始终保持断开状态, U_1 处采集到的是高电压 +5 V,经过反相器 SN7404,输出低电压给 MC56F8037;当电动机旋转一周结束后,触动行程开关,S801 导通, R_{804} 和 S801 形成回路, U_1 处采集到的是低电压 0 V,经过反相器 SN7404,输出高电压给 MC56F8037。通过该模块,可以检测到小型电动机是否旋转一周结束,进而控制小型电动机的工作状态,避免因小型电动机的无谓转动而带来的电源损耗以及机械磨损。

同时,根据检测到的结果,MC56F8037 控制发光二极管熄灭或导通,更加直观地显示小型电动机是否正常工作。

3 软件设计

本研究中程序流程图如图 6 所示。

初始化程序包括看门狗(WDT)初始化、振荡器初始化, I/O 口的初始化、定时器的初始化等;其阈值指

的是太阳方位与光伏阵列的中轴的角度差,其设定是为了让计算出的太阳方位有一个比较值。

初始化程序后,跟踪系统就可以正常运行。小型电动机驱动光伏电池旋转,检测短路电流,计算出太阳的方位,并和阈值比较,来确定发电系统是否需要方位校正。在小型电动机旋转一周后,接触行程开关,定时器开始计时。每隔 20 min 进行一次太阳方位检测与校正,这样既可以保持较高的发电效率,又可以避免因小型电机的无谓转动而带来的电源损耗以及机械磨损。

4 结束语

为了提高太阳方位跟踪精度,降低光伏发电成本,通过对控制系统的比较,本研究认为太阳方位跟踪系统更适合采用自动跟踪,并提出了在自动跟踪系统中采用新的太阳方位检测和跟踪技术测量太阳方位。基于该技术的太阳方位跟踪系统精确度高、结构简单、价格低廉,具有很强的实用性,有望在太阳能光伏发电工程中得到实际应用,对改善和推广利用太阳能光伏发电将起到积极地的推动作用。

参考文献 (References):

- [1] 赵争鸣,刘建政,孙晓琰,等. 太阳能光伏发电及其应用 [M]. 北京:科学出版社,2005.
- [2] 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.
- [3] CALABRETTA M R, GREISEN E W. Representations of celestial coordinates in FITS [J]. *Astronomy and Astrophysics*,2002,395(3):1077-1122.
- [4] 李春宇,张晓林,张 展,等. 基于 DFT 的正弦波初相估计算法及误差分析 [J]. 北京航空航天大学学报,2007,33(5):580-584.
- [5] 张 鹏,王兴君,王松林. 光线自动跟踪在太阳能光伏系统中的应用 [J]. 现代电子技术,2007,30(14):189-191.
- [6] 陈 新,吴崇理. DSP56800E 控制器原理及其应用 [M]. 北京:电子工业出版社,2007.
- [7] HAYES, CAROLINE. Monolithic DC-DC IC shrinks footprint [J]. *Electronic Product Design*,2003,24(1):36-38.
- [8] 梁 勇,梁维铭,卢文全,等. 光伏发电系统多方位检测与跟踪技术 [J]. 可再生能源,2008,26(2):76-78.
- [9] 邱望标,徐苏恒,彭秀英,等. 基于 ARM 与 $\mu\text{c}/\text{OS-II}$ 的太阳跟踪系统研究与实现 [J]. 机械,2009,36(8):29-32.

[编辑:张 翔]

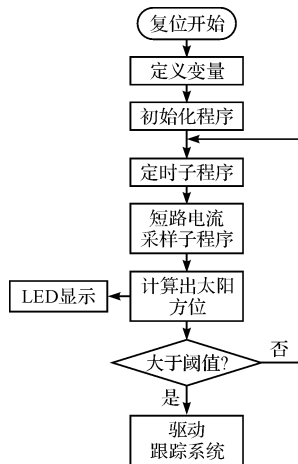


图 6 程序流程图