



# 小型风力发电机扇叶朝向控制系统

## 摘要

设计了一种基于单片机的小型风力发电机扇叶朝向控制系统,该系统由风向传感器模块、液晶显示模块、驱动模块和扇叶朝向控制装置组成.系统以MSP430F149单片机作为控制核心,利用风向传感器测量风向信息传输给单片机,单片机根据风向信息控制步进电机调节扇叶朝向来风方向,并且风向信息由LCD显示.该系统可以提高风力发电机的工作效率,具有一定的实用意义.

## 关键词

风力发电机;风向传感器;MSP430单片机;扇叶朝向

中图分类号 TP23

文献标志码 A

## 0 引言

我国内陆局部风能资源非常丰富<sup>[1]</sup>,风功率密度一般在 $100\text{ W/m}^2$ 以下,年可利用时间不到 $3\ 000\text{ h}$ .海上风能资源也十分丰富<sup>[2]</sup>, $10\text{ m}$ 高度可利用的风能资源超过 $7\text{ 亿 kW}$ .海上风速高,很少有静风期,可以有效利用风电机组发电容量.另外,海水表面粗糙度低,风速随高度的变化小,可以降低塔架高度,海上风的湍流强度低,没有复杂地形对气流的影响,可减少风电机组的疲劳载荷,延长使用寿命.一般估计海上风速比平原沿岸高 $20\%$ ,发电量增加 $70\%$ ,在陆上设计寿命 $20\text{ 年}$ 的风电机组在海上可达 $25\sim 30\text{ 年}$ ,且距离电力负荷中心很近.随着海上风电场技术的发展成熟,经济上可行,海上风电必将成为重要的可持续能源<sup>[3]</sup>.

国内主要采用三叶式水平轴风力发电机,常用测风仪器包括三杯式风速风向仪、风向标、超声波传感器、热敏风速风向传感器等,并由控制系统控制风力发电机的扇叶朝向与来风方向一致,以实现最大效率利用风能资源.

## 1 系统方案设计

本控制系统硬件电路结构框图如图1所示,包括风向检测模块、单片机控制模块、电机驱动模块、扇叶朝向控制装置、太阳能供电模块和液晶显示模块等.

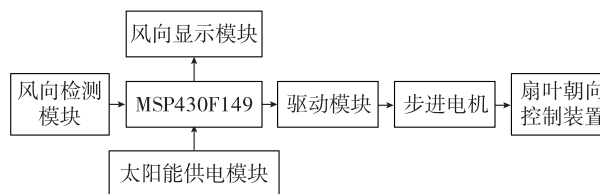


图1 硬件电路结构框图

Fig. 1 Diagram of hardware circuit system

收稿日期 2013-09-25

资助项目 江苏省普通高校研究生科研创新计划(CX10B\_303Z);江苏省高校自然科学研究重大项目(13KJA510001);江苏省“六大人才高峰”培养对象资助(2008026);高校科研成果产业化推进工程项目(JHB2012-9);江苏高校优势学科建设工程资助项目

作者简介

张秀再,男,讲师,博士生,从事气象通信技术与安全的研究.xz\_zhang@nuist.edu.cn

1 南京信息工程大学 电子与信息工程学院,南京,210044

2 南京信息工程大学 江苏省气象传感网技术工程中心,南京,210044

3 江苏省徐州市气象局,徐州,221002

风向检测装置圆盘如图2所示,U1~U8一共8个方位的霍尔元件AH44E<sup>[4]</sup>均匀安装在风向检测装置圆盘上,分别代表北、西北、西、西南、南、东南、东和东北方向.当风向标根据来风发生转动并与来风方向朝向一致时,位于风向标支撑杆前端的磁石被霍尔元件AH44E检测到磁信号,经过霍尔元件的处理后,信号被传输到单片机上,单片机根据检测到磁性的霍尔元件的位置来识别风的方向.当磁石头位

于两个霍尔元件 AH44E 之间时,距离磁石头相对较近的霍尔元件因检测到的磁信号强度较另一个霍尔元件所检测到的磁信号强度要大,单片机把磁信号强度较大的方向作为所检测到的来风方向处理。

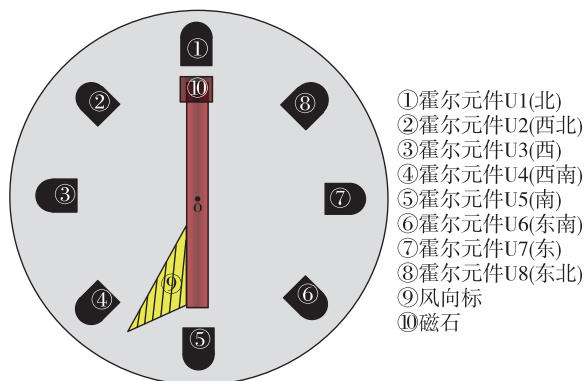


图2 风向检测装置圆盘

Fig. 2 Device of wind direction detection

扇叶控制装置如图3所示,装置包括扇叶①、齿轮组合②、转动轴③、步进电机④、底座⑤和扇叶支撑杆⑥等部分。单片机通过风向检测模块得到风向信号后,启动电机驱动模块,驱动步进电机④,步进电机④通过转动轴③转动,带动转动轴③上方固定的齿轮组合②转动,齿轮组合②再连带扇叶①改变朝向,直至扇叶朝向与检测到的来风方向一致后停止。

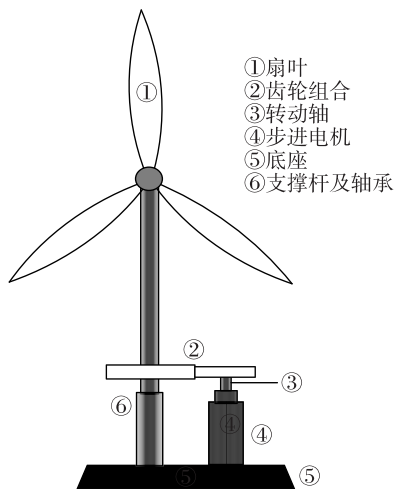


图3 扇叶控制模块装置示意

Fig. 3 Device of blade control

## 2 主要硬件电路设计

### 2.1 单片机和下载电路

系统使用的单片机为 MSP430F149.该单片机可以直接驱动液晶显示器,能耗低,节省开发成本,使

用方便<sup>[5]</sup>.单片机是整个系统的控制中枢,它指挥外围器件协调工作,完成特定的功能.硬件实现上采用模块化设计,每一模块实现一个特定功能,最后再将各个模块搭接在一起.这种设计方法可降低系统设计的复杂性。

MSP430F149 的 JTAG<sup>[6]</sup>下载电路对应单片机的 54 至 58 管脚, MSP430F149 内部有逻辑接口给 JTAG 使用,内部有若干个寄存器连接到 MSP430F149 的内部数据地址总线上,通过地址线可以访问到 MSP430F149 的所有资源,包括 FLASH、RAM 及其他寄存器。

### 2.2 太阳能供电电路

系统采用太阳能供电,太阳能电池模块可以将太阳能转换成电能并存储和利用,具有高效、环保、寿命长等特点.在白天阳光充足时,太阳能电池模块转换成的电能一部分给主控系统供电,另一部分储存在铅蓄电池中.当夜晚或阴雨天气时,控制系统依然可以正常工作,有效地保证了系统工作的持续性。

### 2.3 风向监测电路

风向传感器电路如图4所示.系统用了 U1~U8 共 8 个 AH44E 霍尔元件分别与单片机的 P2.0~P2.7 口相连并安装在如图2所示的风向检测装置圆盘上.当有风吹过的时候,风向标摆动朝向风向方向,此时,风向标前端的磁性装置被霍尔元件检测到磁性,并将信号传输到单片机,单片机根据检测到磁性的霍尔元件的位置识别来风的方向。

### 2.4 扇叶朝向控制电路

当系统通过霍尔传感器检测出风向并显示的时候,内部程序开始判断前一刻风向值和后一刻的风向值是否存在差值,若不存在即为风向不发生变化,扇叶朝向不变,若存在差值,则开始计算风向变化的角度,此时,电机读取正传数组,处理数据并调节自身转速.而当随机风向变化较快且不稳定时,霍尔元件无法检测到稳定的信号,风向检测电路无法输出明确的方向信号,内部程序的判断结果是前一刻风向值和后一刻的风向值是不存在差值,即风向不发生变化,扇叶朝向保持不变。

系统设计为每隔 45°改变一次转角,当计算出风向变化角度时,单片机处理数据,选择最近的转动方向控制电机转动至来风方向.电机安装在如图3所示的扇叶控制装置中.电机驱动电路如图5所示.在电机驱动电路中,ULN2003A 通过 1~4 脚与单片机

P5.0 ~ P5.3 相连,当单片机通过 P5.0 ~ P5.3 向 ULN2003A 输入脉冲信号时,ULN2003A 通过 13~16 脚向步进电机输出信号,驱动步进电机转动,最终使扇叶朝向所检测到的来风方向.

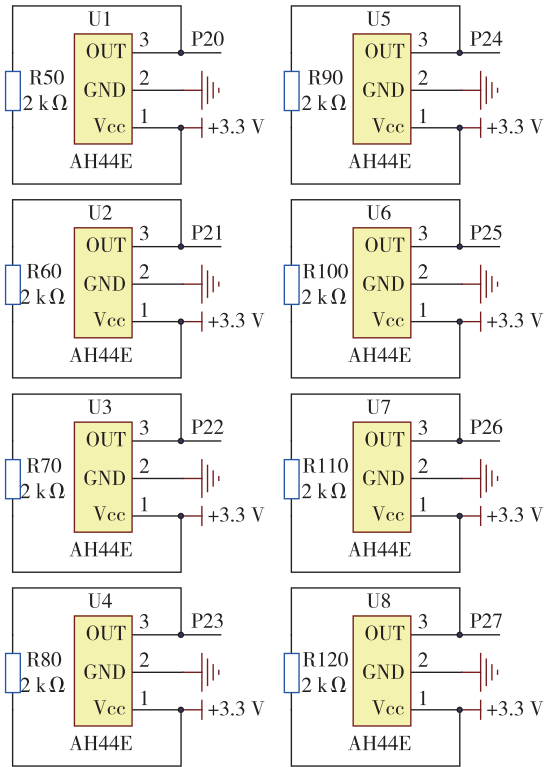


图 4 风向传感器电路

Fig. 4 Wind direction sensor circuit

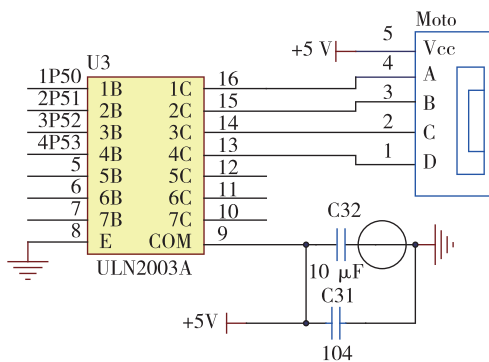


图 5 电机驱动电路

Fig. 5 Driving motor circuit

### 3 软件设计

#### 3.1 主程序

系统首先对液晶屏、管脚、定时器还有时钟进行初始化设置,然后使能定时器中断,程序进入循环检测状态,并开始执行后续的相关操作.该系统的主程

序流程如图 6 所示.

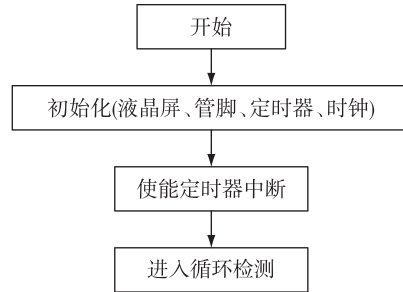


图 6 主程序流程

Fig. 6 Flow chart of main program

#### 3.2 风向检测程序

风向检测程序流程如图 7 所示.霍尔元件检测到磁信号后,传输给单片机并处理数据,判断是否与之前检测的位置相同,如果不同,单片机计算差值,并根据程序要求,驱动电机转动,直至差值为 0°.

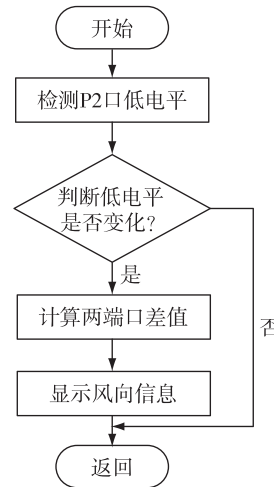


图 7 风向检测程序流程

Fig. 7 Flow chart of wind direction detecting program

#### 3.3 电机驱动程序

当系统通过霍尔传感器检测出风向并显示时,内部程序开始判断前一刻和后一刻的风向值是否存在差值,若不存在即为风向不发生变化,扇叶朝向不变,若存在差值,则开始计算风向变化的角度,此时,电机读取正传数组,处理数据并调节自身转速.该系统设计为每间隔 45°改变一次转角,当计算出风向变化角度时,电机处理数据,选择最近的转动方向至风向方向.

步进电机程序流程如图 8 所示.当霍尔元件检测到信号后,信号被传输到单片机,单片机计算当前与上次检测的步数差值,然后驱动电机转动,改变扇

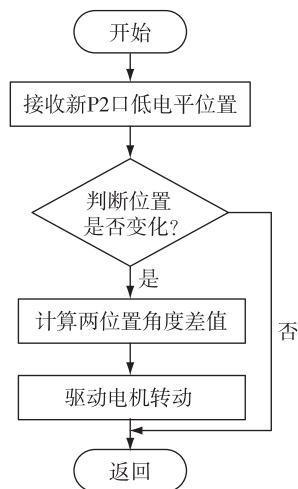


图8 步进电机程序流程

Fig. 8 Flow chart of stepping motor program

叶朝向,直至差值为 $0^\circ$ 。

#### 4 结论

本文设计了一种风电机的扇叶朝向控制系统,实现了风向的检测、数据处理与显示、电机驱动及扇叶朝向控制等功能。系统利用霍尔传感器能够根据来风方向所驱使的风向标转动的变换,检测出风向变化,同时通过单片机的处理和信号输出,使液晶模块显示风向信息,运行电机驱动模块驱动电机匀速转动,使扇叶朝向与风向标所指方向相同,从而提高风力发电机的工作效率。

#### 参考文献

##### References

- [ 1 ] 陈向民,姚强.风力发电前景及技术分析[J].科技创新导报,2010(35):110  
CHEN Xiangmin, YAO Qiang. The prospects and technical analysis of wind power[J]. Science and Technology Innovation Herald, 2010(35): 110
- [ 2 ] 杨权新.风力发电经分频输电系统并网技术研究[D].北京:北京交通大学电气工程学院,2010  
YANG Quanxin. Research on wind power connected to power grid by fractional frequency transmission system [D]. Beijing: School of Electrical Engineering, Beijing Jiaotong University, 2010
- [ 3 ] 申宽育.中国的风能资源与风力发电[J].西北水电,2010(1):76-81  
SHEN Kuanyu. Wind energy resources and wind power generation in China [J]. Northwest Hydropower, 2010(1): 76-81
- [ 4 ] 丁成斌.小型永磁风力发电机性能测试技术的研究[D].长春:东北大学机械工程与自动化学院,2006  
DING Chengbin. Study of performance testing technology on small type of permanent magnetic wind power generator [D]. Changchun: School of Mechanical Engineering and Automation, Northeastern University, 2006
- [ 5 ] 王箭,肖韶荣.液位检测光纤传感器系统设计[J].南京信息工程大学学报:自然科学版,2010,2(6):524-528  
WANG Jian, XIAO Shaorong. Design of liquid level detecting based on optical fiber sensor [J]. Journal of Nanjing University of Information Science & Technology: Natural Science Edition, 2010, 2(6): 524-528
- [ 6 ] 胡学良,张春,王志华.JTAG技术的发展和应综述[J].微电子学,2005,35(6):624-628  
HU Xueliang, ZHANG Chun, WANG Zhihua. An overview of JTAG technology: Development and application [J]. Microelectronics, 2005, 35(6): 624-628

## Design of blades direction control system for small wind turbine

ZHANG Xiuzai<sup>1,2</sup> ZHAO Yang<sup>1</sup> ZHANG Fangfang<sup>3</sup>

1 School of Electronic & Information Engineering, Nanjing University of Information Science & Technology, Nanjing 210044

2 Jiangsu Technology and Engineering Center of Meteorological Sensor Network,  
Nanjing University of Information Science & Technology, Nanjing 210044

3 Xuzhou Meteorological Bureau of Jiangsu Province, Xuzhou 221002

**Abstract** A direction control system based on microcontroller is designed to regulate the blades orientation of small wind turbine. The system consists of wind direction sensor module, LCD module, driving module and the blades orientation control device. The wind direction sensor module measures the wind direction, which will then be sent to the control core of MSP430F149 microcontroller, and displayed by LCD. The system sends the adjustment signal to stepping machine, which will drive the wind turbine blades to face the wind orientation. The system can improve the work efficiency of wind turbines, thus has some practical significance for wind power plants.

**Key words** wind turbine; wind direction sensor; MSP430 microcontroller; blades orientation