

居民楼顶风电光综合系统的研究与设计

邓洋洋¹, 王海江^{1,2}, 陈光拓¹, 何启泠¹

(1. 成都信息工程大学电子工程学院, 四川 成都 610225; 2. 中国气象局大气探测重点开放实验室, 四川 成都 610225)

摘要:居民楼顶风电光综合系统在节约传统能源中起着重要作用,因此对其研究有着极大的经济和社会价值。文中系统对硬件和软件进行初步设计,首先探讨风能和太阳能输出部分,接着介绍系统的各部分组成,包括能量管理部分,环境数据采集部分。每个组件的运行原理和工作特点包含在这个系统中,整个系统分为风力发电系统、太阳能发电系统、电池储能系统,还有数据采集监测系统。对蓄电池部分,采用数字电压表对其进行时时监测,反馈后可对充电进行控制。另外,能量管理部分采用模糊控制算法对系统能量进行管理。数据采集监测系统主要完成对光照强度、风速风向、温度的数据采集,用 DS18B20 测量环境温度,并在液晶显示器 1602 上显示。对于每个部分,从设计元素开始,然后到主要控制技术的实现方法再到硬件、软件电路的设计都进行研究。居民楼顶风电光综合系统的研究具有很重要的现实意义。

关键词:风电光综合系统;能量控制;数据采集;DS18B20

中图分类号:TP311.1

文献标志码:A

0 引言

20 世纪 90 年代,日本、美国、德国等发达国家均开始实施光伏屋顶计划,建起大批分布式太阳能光伏并网电站,也包括风电光综合电站^[1]。2014 年 11 月 APEC 期间,北京出现蓝天碧云的难得天气,“APEC 蓝”一时众口相传。如果更多的采用风能和太阳能等绿色能源,治理雾霾可以成为新常态,建设美丽中国的梦想一定能够早日实现。

居民楼顶使用风电光综合系统可以充分利用自然风能和太阳能,减少对国家电网的依赖,这样可大大减少化石能源的使用。远离电网地区、偏远山区和无电地区存在用电需求。风电光综合系统是利用风和光两种自然资源相互补充发电,由太阳能电池板与风力发电机为主,给负载供电,并将多余电能储存进蓄电池的新型能源系统^[2]。风能和太阳能的特点是难以不间断供应,因此利用风力、太阳能综合发电是一种比单一风力或太阳能发电更经济更有效的发电方式,居民楼顶上使用此系统可大大推广^[3-6]。

1 电路设计和器件的选择

1.1 系统总体结构图

整个系统的结构图如图 1 所示。主要由太阳能发

电部分、风力发电部分、整流稳压系统、控制中心、能量储存部分、负载、逆变器、外网等部分组成。可从能量角度来看整个系统,系统由能量产生、存储、消耗 3 部分组成。风力发电和太阳能发电部分属于能量产生部分,在系统中接入蓄电池存储能量,调节能量供应和需求之间的平衡。能量消耗部分由各种用电负载组成,分为直流负载和交流负载。风力资源和太阳能资源有其不确定性,必须对其进行有效地转化、存储与控制才能实际使用,风电和光电系统都必须通过蓄池储能才能稳定供电^[7-10]。根据风力和太阳光日照的变化,综合系统有多种可能的工作模式。风力发电机单独、太阳能发电部分单独、二者联合向负载供电和向蓄电池充电,光照和风力条件都不佳时蓄电池向负载供电。通过专用的控制器,将太阳能发电部分输出的电能和风力发电机组输出的电能汇集在一起,为负载提供稳定的直流或交流电源,同时,多余的电充入蓄电池,实现稳压、蓄能包括逆变过程^[11-12]。

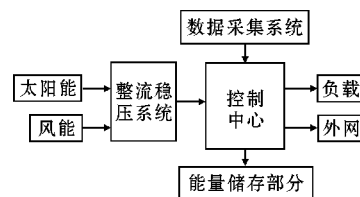


图1 风电光综合系统结构图

1.2 风力发电机组和光伏阵列发电系统

风力发电部分先产生风能,后将风能转换为机械能,然后再转成电能,最后对蓄电池进行充电,也可直

接对给负载供电。太阳能发电部分将太阳能光转换成电能,然后对蓄电池充电,也可对直流或交流负载供电。太阳电池经过串、并联后组成光伏阵列,太阳能光伏电池也就是多个太阳电池组件的集合体,输出电能供给负载和蓄电池。太阳能电池能量转换的理论基础是光生伏特效应。光能转变成可以使用的电能后,此时若在外电路两端接上负载,则在负载中就有光生电流流过,因而有功率输出^[13-14]。

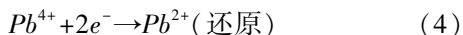
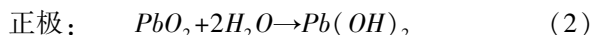
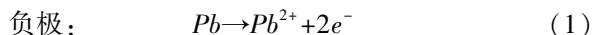
风光综合系统中逆变器作用是将直流电转换成交流电使居民能够方便利用。控制中心根据蓄电池电压变化、蓄电池剩余电荷量大小控制系统用电情况和蓄电池充放电情况。太阳能风能产生的能量供负载利用,多余的电能由蓄电池组存储。当发电量不小于负载需要功率时,控制中心控制相关线路开关让蓄电池给负载供电。蓄电池可调节能量和平衡负载,保证负载连续稳定工作^[15-16]。

1.3 储能装置的智能控制

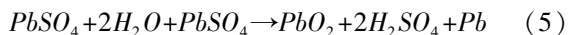
1.3.1 蓄电池选择及充电程度判断

蓄电池在系统中的能量平衡方面作用巨大。综合比较市场上的各种蓄电池,选择使用铅酸电池。使用铅酸蓄电池过程中,大量的电池被损坏或者使用的寿命不长,主要原因并不是铅酸蓄电池本身有质量问题,而是充电器对其充电不当所致,只有选择合适的充电方式,才能使铅酸蓄电池安全长久使用,发挥出其最佳的性能。通过监测单位时间内端电压的变化情况,就可以判断其所处阶段。当铅酸蓄电池充足电以后,应该及时切断电源,停止充电^[17]。

铅酸蓄电池正、负极板上的活性物质二氧化铅 PbO_2 和海绵状的铅在电流作用下与电解液中的硫酸接触而发生反应:



对铅酸蓄电池来说,其充放电过程较为复杂。充电时分别在正极和负极上发生氧化反应和还原反应,总的化学反应式为



放电是充电的逆过程,铅酸蓄电池的放电过程总的化学反应为



1.3.2 系统控制电路设计

系统控制电路图如图2所示。

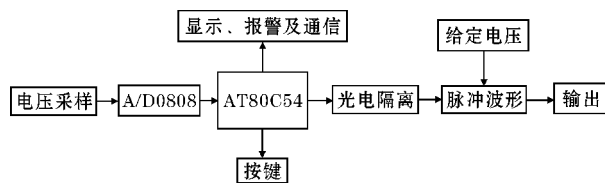


图2 系统控制回路

1.3.3 电压采样电路设计

对铅酸蓄电池在停充电过程的端电压采样, C 一端连接电池正极, U_1 、 U_2 、 U_3 分别表示采样出的电压值, 分别接入跟随器 LM324 后在送入到 A/D。采用分压电路, 可满足 A/D 转换芯片对电压信号的采集的要求(小于 5V), 其计算表达式为

$$U_{1,2,3} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} U_C \quad (7)$$

$$\bar{U} = \frac{U_1 + U_2 + U_3}{3} \quad (8)$$

U_C 表示铅蓄电池端电压, U_1 、 U_2 、 U_3 表示分压电路电压值。采样电压理论值 $\frac{3U_C}{13}$ 。

3 个完全相同的分压电路并联在一起, 可减小误差, 提高了电压采集的精度。

1.3.4 用数字电压表时时检测蓄电池电压

检测蓄电池模拟电压, 并用数字量将电压值表示出来。ADC0808 的频率由一个外部脉冲源提供, 模拟输入通道选择, 输入电压为 V_1 。实时监测蓄电池端电压硬件仿真电路图如图3所示。

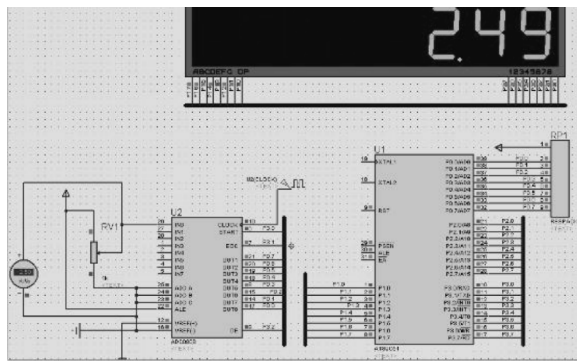


图3 数字电压表测量仿真图

检测蓄电池模拟电压, 并用数字量将电压值表示出来。ADC0808 的频率由一个外部脉冲源提供, 模拟输入通道选择 IN0 口, 参考电压为 5V, 输入电压为 V_1 。采用三段分压采样电路采集蓄电池电压, 并通过液晶屏显示出来^[17]。可对比铅酸电池最大电压人工控制铅酸电池的充电情况。ADC0808 完成 A/D 转换后将数据输出传给 P_0 , 对输入的数字量 0~255, 转换成对应的模拟电量 0~5V。另外, 可根据显示电压判

断蓄电池充电状态,人工进行开关控制。设计充放电控制器,当检测到蓄电池两端的电压值,根据电压液晶显示人工关掉太阳能风能输出端口与蓄电池之间的 MOS 管的开关,使其不再为蓄电池充电,保护蓄电池。同时,当蓄电池电压放电到一定电压值时,不等蓄电池电压过低,就要关断负载,保护蓄电池不能太过放电^[18-20]。

1.3.5 能量管理的模糊控制算法

能量控制是此综合系统的重难点,根据蓄电池的电量,运用模糊控制算法对整个系统进行能量控制设计。该综合系统比较庞大复杂,系统中有太阳能、风能、电能、蓄电池的化学能,能量形式较多,并需要相互转换。需要对其有较好的能量管理控制,以确保系统稳定安全经济。在模糊控制中,根据操作人员的实践经验,还有根据实际系统的输入输出的结果数据,就可对系统进行实时控制^[21]。其中,蓄电池的荷电状态 SOC(state of charge),也称为蓄电池剩余容量,是一个很重要的参数指标。SOC 反映电池的供电能力,根据 SOC 值和现有的负载外围条件,系统可以预测其能持续供电的时间长短。根据相应的输出,控制器制定相应的运行状态,并与其他子系统交换信息,将模糊的输出量清晰化,然后对相应电路的通断进行控制,以实现能量的优化配置。控制规则在实际应用过程中,可合理地修正规则,以提高控制准确性。输入、输出变量的模糊化以及规定其隶属函数的分布,是模糊控制器的 3 个环节。需要制定模糊规则,构造控制表,也就是模糊推理和清晰化运算。

模糊控制器有两个输入变量,分别为 SOC 和 P_e , 输出变量一个为 M_d 。其中,SOC 表示蓄电池剩余容量, P_e 表示发电功率和负载功率差, M_d 表示控制输出,不同的输出段对应于不同的系统运行模式。编辑其隶属度函数,设置模糊规则,其中,输入变量是由计算机取得的,仿真可得到结果,再与之前设定的数据比较,验证采用模糊控制算法对该风光电综合系统的能量控制是否有效^[21]。

2 风电光综合系统数据采集监测系统

2.1 监测系统硬件结构方案选择

环境监测时必须对光伏照强度、风速和风向、温度进行采集和监测,选择 89C52 单片机对采集数据进行处理。其框图如图 4 所示。

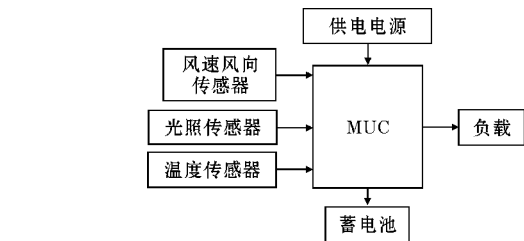


图 4 环境参数检测仪结构图

2.2 风向、风速采样

考虑到居民楼顶上的应用环境、系统可靠性要求及价格等因素,可以选择单翼式风向、风杯式风速传感器和光照度传感器。在室内就可以看到居民楼所处环境的风速、温度、辐照强度,这些数值可通过液晶显示,实现可视化。并且当系统无法自动根据环境条件作出相应控制时,可人为控制来辅助。假如当风力太大时,在居民楼内看到测得的风速值明显很大,这时风力发电机产生能量过多,蓄电池就容易过充电。可以人为关掉风力发电部分,保护系统^[22-23]。

在 Proteus 中仿真实现风速测量,如图 5 所示。

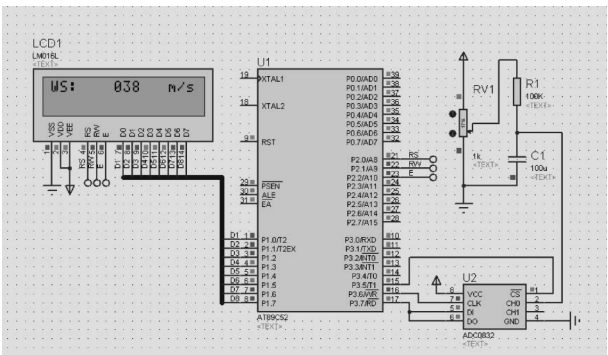


图 5 风速测量

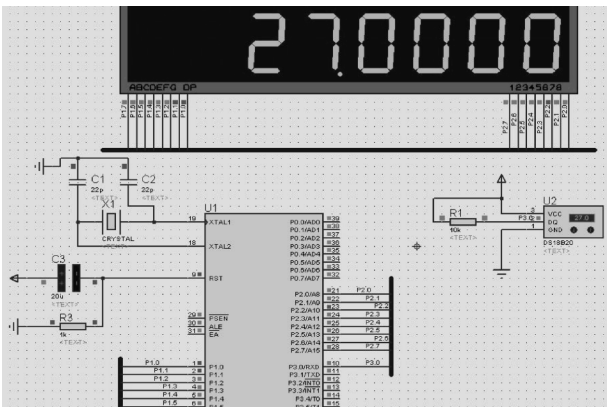


图 6 DS18B20 测温原理图

2.3 温度采样测量

Dallas 公司生产的 DS18B20 将传感器、变换电路和 A/D 转换器集成在一个器件中,封装形式多样、体

积小,可应用于多种场合,另外,抗干扰能力强,精度高。测量时不需要外接电源,方便快捷。其测温硬件电路如图 6 所示。

3 软件部分设计

3.1 控制系统的软件设计

系统时时采集蓄电池端电压,根据电压值判断其状态,并通过控制中心控制其充放电。单片机要先初始化,设定各参数值,包括各阶段的电压值。可以采用三阶段充电法,设置过压电压、过放电压、过充电压,系统时时检测端电压值并作出判断处理。保护蓄电池,使蓄电池正常充放电^[17]。程序框图如图 7 所示。

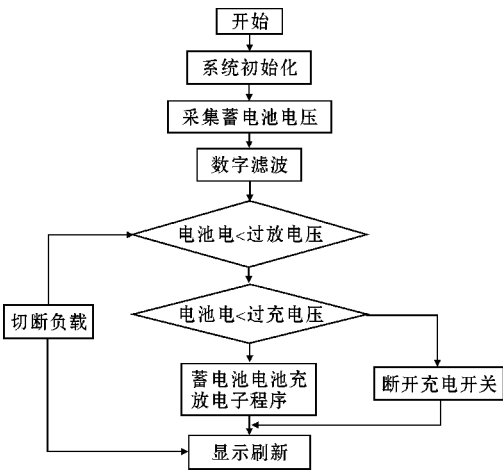


图 7 主程序框图

3.2 数据采集程序框图

将传感器采集到的温度、电流、电压、风速等信息送入单片机进行处理,然后读取并保存相应数据。根据相应数据控制器对系统的工作情况作出调整,数据采集子程序以及温度采集子程序图如图 8、图 9 所示。

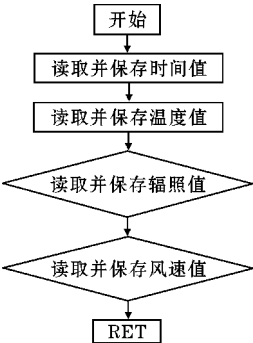


图 8 数据采集子程序流程图

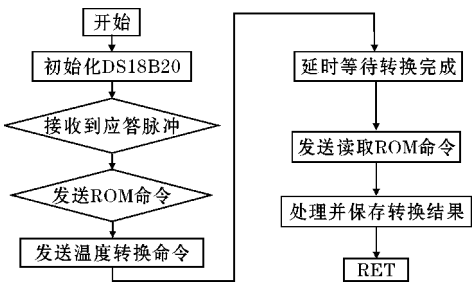


图 9 温度采集子程序图

4 实验结果

4.1 DS18B20 测量温度实物图

DS18B20 内部含有温度传感器,是一种集成芯片。内部结构含有 64 位 ROM、温度传感器、告诉缓存器、配置寄存器。在 Keil 中编写测温程序,编译通过后会生成 Hex 文件,然后加载到 Proteus 中仿真,最后用硬件实物测量环境中的温度。图 10 中测得环境温度精确到 3 位小数。

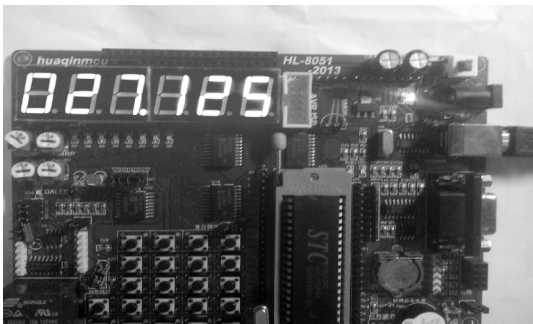


图 10 DS18B20 测量温度实物图

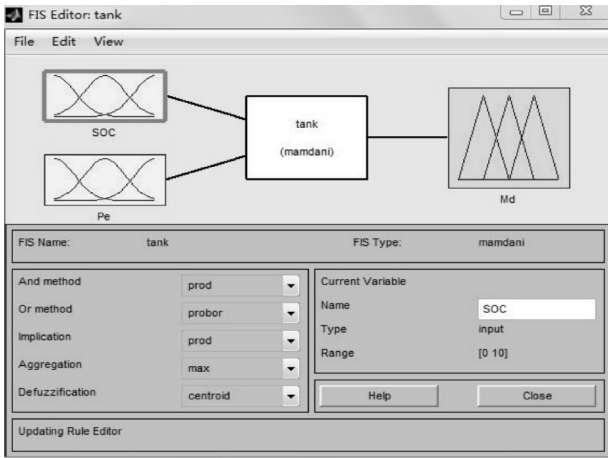


图 11 模糊控制算法仿真

4.2 基于模糊算法的能量控制的 Simulink 仿真实现

推算出控制表,利用 MATLAB 软件对模糊控制算法进行仿真验证,如图 11 所示。在 MATLAB 的工具

FIS Editor 中设置好模糊控制器的输入变量 SOC、Pe, 输出变量 Md, 接着设置好控制规则。变量模糊化根据相关规定设置, 其中模糊规则为: If (SOC is x1, and Pe is x2) then (Md is y1)。

仿真时, 输入变量 SOC 清晰值域在 [0%, 100%] 之间随机取数, Pe 模糊域集为 [-10, 10], 用来验证输出 Md 与 SOC 和 Pe 的关系。在 MATLAB 中, 输出仿真结果, 可以验证该仿真结果与计算所得表格中的数据几乎一样, 验证了基于模糊算法的能量控制这一方法的准确性。

4.3 综合系统实际应用图

居民楼顶风电光综合系统可以得到应用, 将给居民生活带来很大的便利, 对资环环境也有利, 综合设计得到应用, 大力普及将节约能源, 方便生活, 同时可带动相关产业的发展^[24-25]。实际应用图如图 12 所示。



图 12 居民楼顶风电光综合应用实际图

5 结束语

首先给出居民楼顶风电光综合系统的组成部分: 太阳能发电部分、风力发电机、能量控制部分、蓄电池、负载和外网。重点探讨能量控制部分的智能充电, 应用数字电压表时时测量铅酸电池端电压。采用模糊算法对系统能量进行控制, 并在 Matlab 中用 Simulink 仿真实现。介绍数据采集系统, 包括对光辐照强度、风速和风力大小、环境温度的参数采集。应用相关传感器, 其中重点讨论了应用 DS18B20 温度传感器对温度进行测量, 并进行了软件仿真和实物测量。讨论了控制系统的软件设计, 包括蓄电池停充电判断程序、数据采集子程序、温度采集子程序。另外, 给出了居民楼顶风电光综合系统实际应用图。

对系统的展望优化可以从几方面入手。可以对数据采集系统加上通讯系统, 发生火灾时可以短信报警或者蜂鸣器报警, 当外部风力过大时, 系统自动进入抗风模式。结合互联网技术, 实现人机交互。优化居民

楼顶风光电光综合系统的配置方案, 做到更加经济、安全、稳定。

参考文献:

- [1] 王健. 并网型风光互补发电数据采集监测系统的研究与开发 [D]. 天津: 天津大学, 2006.
- [2] 孙楠, 邢德山, 杜海玲. 风光互补发电系统的发展与应用 [J]. 山西电力, 2010, (4): 54-56.
- [3] 何思洋. 离网式风光互补发电系统及控制器的研究 [D]. 天津: 天津大学, 2012.
- [4] 韩旭. 小型风光互补发电系统研究与应用 [J]. 能源与节能, 2012, (8): 40-41.
- [5] 程军. 风光互补智能控制系统的设计与实现 [D]. 合肥: 中国科学技术大学, 2009.
- [6] 肖玉华, 熊和金. 离网型风光互补发电系统的研究与设计 [D]. 武汉: 武汉理工大学, 2010.
- [7] 林闽. 风光互补家用电源的研制 [D]. 合肥: 合肥工业大学, 2007.
- [8] 施全富. 独立运行风光互补发电系统的研究与设计 [D]. 沈阳: 沈阳工业大学, 2008.
- [9] 刘艳芹. 基于 TMS329F2812DSP 风光互补发电系统控制器的研究 [D]. 武汉: 湖北工业大学, 2009.
- [10] 黄鹏洲. 风光互补独立供电系统的多目标优化设计 [D]. 北京: 北京交通大学, 2010.
- [11] 赵昕宇. 风光互补发电潜力分析与系统优化设计研究 [D]. 郑州: 河南农业大学, 2014.
- [12] 刘山凤, 龙江, 方韬. 风光互补新能源成新趋势 [J]. 电气技术, 2008, (12): 69-71.
- [13] 谢静, 李永超, 刘满禄. 风光互补智能自动充电器的设计 [J]. 通信电源技术, 2012, 29 (4): 61-62.
- [14] 李丹, 彭军, 余岳峰. 离网型风光互补发电系统匹配方法优化研究 [J]. 华东电力, 2008, 36(3): 86-90.
- [15] 郭创新, 张理, 张金江, 等. 风光互补综合发电系统可靠性分析 [J]. 电力系统保护与控制, 2013, 41(1): 102-108.
- [16] 赵志强, 穆桂霞, 赵双喜, 等. 太阳能逆变控制器的研制 [J]. 电工理论与新技术学术年会论文集, 2005.
- [17] 廖金华. 一种针对铅酸蓄电池的新型智能三阶段充电系统的设计与实现 [D]. 成都: 电子科技大学, 2011.

- [18] 谢静, 李永超, 刘满禄. 风光互补智能自动充电器的设计[J]. 通信电源技术, 2012, 29(4): 61–62.
- [19] 李安迎, 邓靖靖, 邓世建, 等. 基于三杯式风速传感器的风速监测站设计[J]. 电测与仪表, 2010.
- [20] 陈海宴. 51 单片机原理及其应用[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2010: 260–302.
- [21] 李光明. 风光互补发电系统能量管理和控制研究[D]. 武汉: 华中科技大学, 2010.
- [22] Liu Shanfeng, Long Jiang, Fang Tao. The New Trend of Wind-Solar Hybrid Generation System[J]. Electrical Engineering, 2008, 12: 22.
- [23] Tsang I K H, Yiu B, Cheung D K H, et al. Design of a multi-channel pre-beamform data acquisition system for an ultrasound research scanner[C]. Ultrasonics Symposium (IUS), 2009 IEEE International. IEEE, 2009: 1840–1843.
- [24] Jinggang W, Xiaoxia G, Hongbiao D. The economic analysis of wind solar hybrid power generation system in Villa[C]. Energy and Environment Technology, 2009. ICEET'09. International Conference on. IEEE, 2009: 885–887.
- [25] Xu L, Ruan X, Mao C, et al. An improved optimal sizing method for wind-solar-battery hybrid power system[J]. Sustainable Energy, IEEE Transactions on, 2013, 4(3): 774–785.

The Research and Design of Wind-solar Hybrid Power System above the Residential Building

DENG Yang-yang¹, WANG Hai-jiang^{1,2}, CHENG Guang-tuo¹, HE Qi-leng¹

(1. College of electronic engineering, Chengdu University of information technology, Chengdu 610225, China; 2. Key Lab of Atmospheric Sounding, China Meteorological Administration, Chengdu 610225, China)

Abstract: The wind-solar hybrid power system above the residential building plays an important role in saving traditional energy, therefore the research of wind-solar hybrid power system is much valuable for economy and society. In this paper, the hardware and software of the wind-solar hybrid power system is designed. Firstly complementary characteristics between wind energy and solar energy are discussed, and running structure of undispatchable wind-solar hybrid power system, which contains wind turbine generator, photovoltaic array, inverter and electro-load, is analyzed. Then the running principle and the working characteristics of each component contained in this system are analyzed. In this section, the whole system is divided into wind power system, solar power system and battery energy storage system by their different functions. For the battery part, we use the digital voltmeter to constantly monitor the electric voltage of the battery and feedback the data to charging control system. The collection and monitoring system mainly complete the task of data acquisition about the light intensity, wind speed and direction, temperature. We focus on using DS18B20 to measure the temperature, and the current temperature is shown through the Liquid Crystal 1602. For each part, design elements are started with, then main control technique, achieving methods, hardware and software design are researched. The research demonstrates that the wind-solar hybrid power system has great practical significance in daily life.

Key words: wind-solar hybrid power system; energy control; data collection; DS18B20