基于物联网的太阳能发电监控系统研究

为了解决太阳能发电系统因集成度低、可靠性不强而导致发电效率低的问题，设计了一种基于物联网的太阳能发电监控系统。该系统以NB－IoT技术为基础，通过对光伏阵列、蓄电池以及负载端的电压电流进行监控，实现对当前发电系统效率值的判断。实验结果表明，该系统可以实现对各个环节进行监控的目的，同时能够很好地判断当前发电系统的效率值，从而实现对发电系统升级改造工作的推动。

陈　童／广东电网有限责任公司茂名供电局

陈　童／工程师

关键词／Keywords
太阳能发电系统·
物联网·
效率值·
NB－IoT技术·

0　引言

能源是人类生存以及发展的基本保障，充足的能源来源是一个国家发展的基石。作为理想的可再生能源，太阳能发电已经成为解决目前能源短缺、环境污染严重的一个重要突破点。由于太阳能发电不仅环保，而且属于可再生能源，同时安装不受地理位置限制，规模大小可随意调整，因此太阳能发电产业的发展将很好地改善我国的能源利用效率，降低工业生产活动中的CO_2排放量。目前，我国设计的光伏发电系统存在系统集成度低、可靠性不强、发电效率较低以及无法实现智能化监控等诸多问题，因此对于太阳能发电监控系统的设计具有重要的现实意义[1-2]。

1　检测系统设计

1.1　太阳能发电系统介绍

本设计所针对的发电原理如图1所示。它主要由光伏阵列、控制模块、蓄电池、直流－交流逆变器、直流负载和交流负载组成。其中，光伏阵列和蓄电池相当于电源系统；控制模块和直流－交流逆变器相当于系统保护电路；直流负载和交流负载即为系统的终端服务用户。

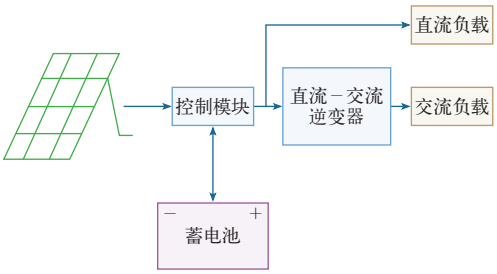

图1　太阳能发电原理

1.2　监控系统设计原理以及硬件选型分析

基于上述介绍，本文将主要围绕光伏阵列、蓄电池以及负载端的电压电流进行监控，并对发电系统产生的电压、电流和总功率，以及蓄电池的总功率和用户的使用量进行统计，从而对当前发电系统的效率值进行判断。系统的设计原理为：在每一个光伏电池阵列、蓄电池以及终端负载都安装一个传感器，负责采集各自的电压信号以及电流信号并转换为数字信号发送至中继器，中继器负责采集若干组传感器的实验数据并整理打包至集中器，集中器将各个中继器的数据汇总发送至终端进行处理。其中，传感器到中继器以及中继器到集中器的数据均通过无线的方式传送，而集中器到终端则是通过RS 232数据线直接传输。通过这种方式实现光伏电池—蓄电池—终端负载—终端的基于物联网架构的监控系统[5-6]。太阳能发电监控系统设计框图如图2所示。

对太阳能发电监控系统进行设计

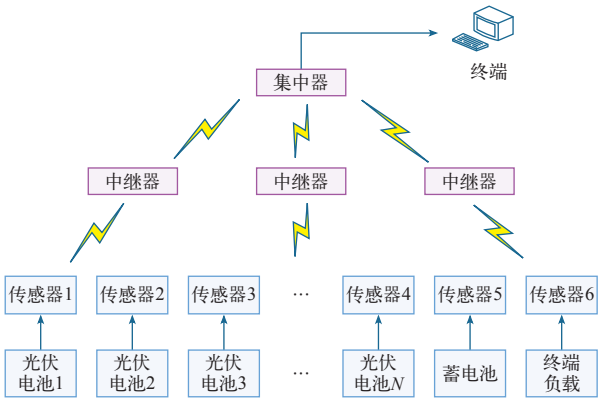

图2 太阳能发电监控系统设计框图

后，还要进行相应的硬件选型。太阳能发电监控系统中的传感器芯片选型主要考虑为对电压及电流信号进行A－D转换采样。本次设计中传感器芯片选型为STM32f103c8t6增强型芯片，丰富的外设配置使该款芯片可适用于电动机驱动、PC外设、可编程序控制器、变频器、警报系统以及暖气空调系统等多种应用场合；中继器与集中器芯片选型主要考虑可以采集多路传感器发送的数据，同时要考虑需要足够的存储空间对数据进行存储。结合传感器芯片选型情况，传感器的主控制芯片完全可以满足以上要求；光伏电池选用材质为环氧树脂、太阳能滴胶板封装胶制作而成的太阳能板，电压为5.5 V，电流为110 mA，功率为0.605 W，产品规格为84.5 mm×55.5 mm，可最大限度地减少光反射，从而提高将太阳能转换为电能的效率；蓄电池选取型号为6GFM－7.5 A·h，容量为12 V×7.5 A·h＝90 W的铅酸蓄电池。具有无酸液泄漏、电阻小、耐振动性能、抗过放电恢复能力强、自放电小和寿命长等特点，只需要正确安装使用即可；负载选取型号为XD－3420的可调速直流电动机，该电动机可在12/24 V电压下工作，工作电流为2～3.7 A，最大功率为30 W，可连续24 h运转。

1.3 信号传输介绍

NB－IoT技术作为LPWAN的新兴技术，在授权频段可以与2G、3G实现完美连接，已经受到了广大运营商的青睐和重视。伴随着三大运营商对NB－IoT模块的外观、封装和引脚设置等多个方面都提出了更高的要求，NB－IoT的发展将迎来新的质的进步。据统计全球已经有50多个运营商在布局NB－IoT，目前已知的推出NB－IoT芯片的厂商有7家，可见NB－IoT技术从芯片研制、标准制定以及产业化等各个方面都在快速发展。NB－IoT技术发展至今，具体体现为以下几点优势：①具有广/深覆盖的优势，比GPRS覆盖增强20 dB＋；②具有低功耗的优势，基于AA电池，使用寿命可超过10年；③具有低成本的优势，终端芯片低至$1；④具有大连接的优势，50k＋用户容量小区。

本次设计选取的芯片型号为BC95－B5，该款芯片的频段为850 MHz；数据传输时单通道上行可达到15.625 Kbit/s，下行速率为24 Kbit/s；协议栈为IPv4、UDP以及CoAP；通信方式为UART通信；省电模式下功耗为5 μA，空闲模式下为6 mA；供电电压为3.1～4.2 V；适用温度范围为－40～＋85 ℃；指令标准为3GPP Rel.13以及Quectel增强型AT命令集。适用于无线抄表、智能停车和环境监测等多种领域，满足太阳能发电监控系统的需求[5-7]。

1.4 软件设计

为了形象直观地展现每块光伏电池的电量、蓄电池的存储量、负载的消耗量以及效率值，本次课题通过计算机获取的数据进行计算后将信息详细展示出来。监控系统软件的设计将基于Visual Studio 2015的C#语言进行设计，C#语言的特点是编译打包好的程序只需运行在.Netframework平台下即可使用，即只需要终端计算机安装该平台即可运行，体现了其跨平台使用的便捷性。因此，VS软件面向对象直接处理、简洁的设计环境、错误处理、版本处理技术以及灵活兼容性都很好地满足监控系统软件设计的需求。

设计的软件界面如图3所示。在上位机软件菜单栏设计有显示设置、日志设置和参数设置，其中，显示设置用来控制光伏电池数量；日志设置用来存储数据；参数设置用来调整硬件设施。状态栏设置有启动按钮、停止按钮、光伏电池通道、电量效率显示、蓄电池电量、负载使用量以及效率值[8-9]。其中，启动按钮、停止按钮用来控

图3 太阳能发电监控系统软件界面图

制整个监控系统的运行；光伏电池通道用来显示当前接入监控系统的光伏电池数量；电量效率显示灯用来判断当前整个系统是否处于正常工作状态；蓄电池电量反映了当前蓄电池的电量值；负载使用量用来显示当前的负载使用功率；效率值则是用来显示当前发电系统的工作效率。

2 实验装置相关参数及实验结果分析

2.1 实验装置相关参数

在进行了硬件选型与软件设计后，将硬件设施与软件平台搭建起实验平台，为了可以直观地反映出实际太阳能发电系统的运行状态，选择了20个光伏电池通道进行实验。在实验过程中，首先对蓄电池进行一定时间的电量储存，以防止后续供电不足；其次，在对蓄电池进行一定时间的充电后，负载端介入直流电动机，不断地调整电动机的运行功率以及对时间的统计。本次实验一共统计了600组数据，其中按照不同的时间段分别调整不同的负载功率，一共设置了6组实验，每组共有100组数据，针对效率值进行统计。监控系统统计数据的情况如下表所示。

表 实验运行情况

时间段	组数	负载功率	效值＞95%	效率值＞80%
8：00～10：00	100	7	96	4
10：00～12：00	100	10	98	2
12：00～14：00	100	10	97	3
14：00～16：00	100	9	96	4
16：00～18：00	100	7	95	5
18：00～8：00	100	3	2	98

2.2 实验结果分析

在统计了600组实验数据之后，发现当太阳光弱时，效率值相对于太阳光强时下降；当太阳光足够强时，产电的效率很高；而没有太阳时，整个系统都处于耗电状态，相对于其他时间，这个期间的损耗更大。

3 结束语

综合以上实验过程以及数据发现，设计的太阳能监控系统可以很好地对太阳能发电系统过程中的各个环节实现监测，满足设计需求，且可以达到对太阳能发电监控系统研究工作推动的目的，有利于解决目前我国设计的光伏发电系统存在的系统集成度低、可靠性不强、发电效率较低以及无法实现智能化监控等问题，因此本研究对于太阳能发电监控系统的设计具有重要的现实意义。

参考文献

[1] 王涛．太阳能发电系统现状及发展趋势 [J]．电子技术与软件工程，2017 (23)：228-228.

[2] 刘洋，刘孟歆．太阳能并网发电系统 [J]．农村电气化，2017 (11)：5-8.

[3] 王欢．物联网架构的太阳能光伏自跟踪发电监控系统关键技术研究 [D]．北京：北京理工大学，2015.

[4] 张久菊．基于组合模型的光伏发电功率短期预测技术研究 [D]．郑州：中原工学院，2015.

[5] 张旭，邓菲菲，何天爱．NB-IoT的技术背景及面临的挑战 [J]．电脑知识与技术，2017，13 (6)：89-90.

[6] 刘毅，孔建坤，牛海涛，等．窄带物联网技术探讨 [J]．通信技术，2016，49 (12)：1671-1675.

[7] 李建军．NB-IoT组网方案研究 [J]．移动通信，2017，41 (6)：14-18.

[8] 李然．新型太阳能发电系统的开发与研究 [D]．沈阳：东北大学，2008.

[9] 付文辉．太阳能光伏发电监控系统的设计与实现 [D]．成都：电子科技大学，2008.

（收稿日期：2018－03－07）EA