

基于物联网技术的光伏电站 监测与控制系统设计

杨彦明

(国能云南新能源有限公司, 云南 昆明 650200)

摘要 本文针对光伏电站监测与控制系统的应用需求, 提出了基于物联网技术的光伏电站监测与控制系统设计方案, 并对系统结构、功能模块进行了详细设计。该系统以太阳能电池为主要控制对象, 利用GPRS网络和ZigBee无线网络实现分布式监测, 采用CAN-E和Profibus-DP技术实现网络通信, 通过状态监测模块实时采集光伏电站的各种信息, 并将其传输到中心平台进行数据分析和处理, 然后通过RS485总线将处理结果上传到后台服务器。实践表明, 该系统设计方案实现了对光伏电站的实时监测、控制和管理, 具有良好的实时性, 能够有效地提高光伏电站的发电效率。

关键词 物联网; 太阳能电池; ZigBee; 监测; 控制系统

中图分类号: TM62; TP3

文献标志码: A

文章编号: 2097-3365(2024)07-0106-03

我国光伏发电行业快速发展, 光伏电站规模迅速扩大, 但由于其复杂的地理环境和较高的设备成本等因素, 在我国农村地区的应用仍很少。目前, 我国光伏发电在农村地区主要采用分散式布置方式, 光伏电站大部分处于偏僻山区或农村偏远地带, 由于当地网络设施不完善, 通信线路较短且不稳定, 在上述情况下对光伏电站进行监测和控制较为困难。因此, 基于物联网技术设计的光伏电站监测与控制系统具有重要意义。

物联网是新一代信息技术的重要组成部分, 是支撑经济社会发展、服务大众生产生活的新型基础设施^[1]。光伏电站监测与控制系统通过将太阳能电池板、逆变器等设备连接成网络, 并在本地对其进行监测与控制。本文首先分析了光伏电站监测与控制系统的功能需求, 然后设计了系统整体方案; 接着详细论述了系统的各个部分设计; 最后介绍了系统通信网络和嵌入式数据库的设计。该系统具有低成本、低功耗、易于维护等特点, 具有一定的实际应用价值。

1 物联网技术概述

物联网(Internet of Things, IoT), 就是物物相连的互联网, 是人们为了应对信息爆炸而提出的概念。物联网的出现, 标志着人类进入了一个新的阶段。物联网将无处不在的信息采集技术、无线传感技术、嵌入式技术和云计算技术等结合在一起, 建立起一个

感知世界、传递信息、服务大众的网络系统, 通过互联网实现对物理世界的全面感知、可靠传递和智能处理。

物联网是以互联网为基础, 以智能节点为载体, 通过各种信息感知技术和移动通信技术对物体进行信息交换, 从而实现对物体属性的准确感知和可靠传递。物联网包含三个主要层次: 第一层是感知层(包括RFID、传感器、摄像头等), 它通过各种射频识别(RFID)、红外感应器、全球定位系统等信息传感设备, 按约定协议, 将任何物品与互联网连接起来进行信息交换和通信; 第二层是网络层(包括无线局域网、广域网等), 它通过各种无线通信设备与互联网相连; 第三层是应用层(包括互联网应用服务等), 它是物联网的核心和关键, 通过各种应用服务平台为用户提供各种应用服务。

物联网技术在工业领域应用较多, 如智能交通管理、智能电网、智能消防管理和安防监控等^[2]。在光伏电站监测与控制系统中运用物联网技术可以有效地提高光伏电站的管理水平和工作效率。本文利用ZigBee技术进行无线通信和状态监测, 采用GPRS网络和无线局域网进行通信。

2 光伏电站监测与控制系统需求分析

在传统的光伏电站中, 光伏组件、逆变器控制系统和控制器等设备通常由不同厂商生产^[3]。整个光伏电站的监控系统需要对多个设备进行集中监测与控制,

且整个监控系统的控制方式是根据不同设备的控制方式进行设定的,若采用集中控制方式,则需要对不同设备进行逐一操作和设置。

这种方式存在诸多问题:首先,由于每个设备都需要独立设置参数,所以很难做到各个设备之间的协调;其次,各个设备之间的协同操作会导致大量数据和信息在传输过程中丢失,且无法做到实时更新和维护;最后,由于每个设备都需要单独设置参数,所以造成系统结构复杂、维护成本高。

在传统的光伏电站中,大部分设备采用集中控制方式,将所有设备统一由一家厂商生产销售^[4]。这种方式存在诸多问题,由于每个设备都需要单独设置参数,结构非常复杂,因此无法做到对每台设备的数据进行及时更新,而且系统的维护成本很高。

基于物联网技术的光伏电站监测与控制系统是通过网络将各个分布式监测系统中采集到的数据进行综合分析和处理之后上传至监控中心平台^[5]。监控中心平台主要由硬件层、应用层和数据层组成。硬件层主要包括终端采集单元、GPRS 传输单元、电源单元和中心控制单元;应用层主要包括光伏组件、逆变器控制单元和通信网络;数据层主要包括监测模块和数据库。光伏组件与逆变器是整个光伏电站的核心部分,直接决定了整个光伏电站的发电效率。在传统的光伏电站中,一般采用人工巡检方式对光伏组件及逆变器进行定期检查和维修。这种方式不仅效率低下而且成本较高。考虑到人工巡检存在很大的不可控因素,因此本文提出了一种基于物联网技术的光伏电站监测与控制系统设计方案。该系统采用 ZigBee 无线网络技术采集光伏组件和逆变器状态数据。在 ZigBee 无线网络中每个节点都由一个单片机进行控制和管理。通过 ZigBee 无线网络将各个节点采集到的数据传送到中心平台进行数据分析和处理后再上传至后台服务器。

在该系统中采用 CAN-E 总线技术实现数据通信,利用 Profibus-DP 协议实现网络通信。该方案采用嵌入式实时操作系统 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 作为系统软件平台并结合 CAN-E 总线技术和 Profibus-DP 总线技术实现对光伏组件、逆变器以及通信网络的监测控制。通过采用嵌入式实时操作系统 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 作为系统软件平台能够保证系统运行的稳定性和实时性;通过采用 Profibus-DP 总线技术能够提高通信效率并降低数据传输时延;通过采用 CAN-E 总线技术能够保证数据传输过程中不会

出现故障并提高系统稳定性。

该方案在上位机软件平台的开发中采用了 Qt 环境下的 Qt Creator、Qt Designer、QtStudio2012、QtBeat 等软件工具,主要包括用户界面的设计、程序的编写、数据库的建立和监控平台服务器端的程序编写等。

在该系统中采用了数据库技术对光伏电站中采集到的各种数据进行存储和管理,并可在需要时将数据发送至云端服务器,以实现数据的共享和实时更新。在上位机软件平台上采用了 Web 界面设计技术实现对光伏电站中各种监测和控制参数进行实时监控并可对系统进行管理,使监控中心平台能够实时掌握光伏电站中的各种设备状态。

3 基于物联网的光伏电站监测与控制系统设计

本文所提出的光伏电站监测与控制系统由太阳能电池方阵、通信网络、监控中心和远程监测终端组成。其中,光伏电池方阵和通信网络由太阳能电池板、通信接口和控制器等设备组成,光伏电池方阵包括多个单串或并联的光伏阵列;通信接口由太阳能电池板控制器之间的通信模块组成;监控中心是整个光伏电站的管理平台,包括管理系统和控制系统;远程监测终端,包括太阳能电池方阵和太阳能电池板控制器等设备。

监控中心利用网络技术将现场采集到的光伏电站的各种状态数据传输到监控中心,并对采集数据进行分析处理,然后通过 RS485 总线将处理结果上传到后台服务器。用户可以通过监控中心对光伏电站进行实时监控,实现远程控制及故障诊断等功能。另外,监控中心还可以通过网络对光伏电站的各个子单元进行远程控制,实现分布式控制。系统硬件结构主要由光伏电站状态监测模块、通信网络模块、数据处理模块、数据库模块和显示模块等组成。

4 系统实现与测试

4.1 系统测试平台的搭建

系统的测试平台由上位机管理平台和下位机光伏组件控制器组成,其中下位机控制系统使用 MSP430 单片机和 Keil 软件进行开发。由于光伏组件控制器的运行参数在主控板上可以进行设置,所以不需要进行复杂的硬件连接和调试。上位机管理平台与下位机通信模块采用 GPRS 通信方式,由于采用无线局域网的方式,因此,上位机管理平台需要搭建一个无线局域网。上位机管理平台以串口接收数据包的方式,将采集到的

光伏组件电压、电流和功率等数据发送到服务器端，再由服务器端将数据通过无线局域网的方式传输到光伏组件控制器上，从而实现对整个光伏电站的远程监控和控制。为了使服务器与下位机之间进行通信，可以使用TCP/IP协议来实现两者之间的通信。光伏组件控制器是整个系统的核心部件之一，主要负责对光伏组件进行控制和监测，并根据所监测到的数据对光伏组件进行控制。为了保证系统能够稳定运行，在各个位置布置了相应的传感器和控制器，并将相关数据上传到后台管理平台。在下位机控制系统中使用了MSP430单片机和Keil软件对整个系统进行开发，通过串口接收上位机发送过来的数据包并执行相应的指令。

4.2 测试数据的分析

采用无线局域网进行数据传输，因此测试时采用了不同的无线局域网。测试平台采用4G网络，连接服务器端的Web服务端。在实验平台上搭建了光伏电站，并在该系统中配置了若干个光伏阵列，在不同的天气条件下进行测试，并对数据进行了分析。

分别使用PC端的浏览器和Web服务端的Web界面对太阳能电池板和逆变器进行实时监控。在每个光伏阵列的前面板上粘贴一个与阳光辐射照度成正比的电压传感器，并通过PID算法实时控制逆变器输出功率，利用MATLAB对测试结果进行处理。太阳能电池板和逆变器都处于正常运行状态。光伏阵列在各个时间段内输出功率波动较小，电压值基本保持不变，表明光伏阵列均工作在最优状态；而逆变器则在不同的时间段内输出功率波动较大，电压值也出现了较大的波动。根据光伏阵列和逆变器的输出特性可知，光伏阵列在最优工作状态时会产生最大功率点电压和最大功率点电流；而逆变器则会产生最大功率点电压和最大功率点电流。

因此，光伏电站中需要安装具有实时监控功能的光伏阵列和逆变器，对其进行实时监控和管理，避免出现异常情况而造成不必要的损失。

4.3 系统运行效果

为验证系统的有效性，搭建了光伏电站测试环境，对系统进行了测试。

从测试结果可以看出，通过远程监控软件对光伏电站进行远程监控后，能够实时显示光伏阵列的运行状态、各个组件的工作状态等信息，同时能够根据光伏阵列的运行状态变化实时调整各组件的工作模式，

使其在最佳工作状态下工作。

通过远程监控软件能够对光伏电站进行远程控制。通过远程监控软件可以实现对各个光伏组件的开关控制、负载控制、调节电压、调节电流等操作。在控制过程中，如果系统检测到某个组件出现故障时会及时发出报警信息，提醒管理人员及时处理故障。

管理人员可以通过远程监控软件设置并检查故障组件，当发现故障时，系统会自动发出报警信息并自动将故障组件从电站中切除。并且在检测到异常时会及时发出报警信息提醒管理人员进行处理。

5 结论与展望

本文提出了一种基于物联网技术的光伏电站监测与控制系统设计方案，该方案能够实时地对光伏电站的发电情况进行监控，通过状态监测模块能够及时掌握光伏电站的运行状态，并根据采集的数据通过CAN-E和Profibus-DP技术实现网络通信，最后通过RS485总线将处理结果上传到后台服务器。实践表明，该系统能够满足光伏电站远程监测和控制的需求，具有良好的实时性，能够有效地提高光伏电站的发电效率。

在太阳能光伏电站的发展过程中，如何将光伏发电与物联网技术相结合是一个值得研究和探索的方向。本文提出了一种基于物联网技术的光伏电站监测与控制系统设计方案，该系统采用GPRS网络和ZigBee无线网络实现分布式监测，能够满足对光伏电站的远程监测和控制需求。随着太阳能发电技术的不断发展，本文提出的设计方案也会不断完善和优化。

参考文献：

- [1] 樊国旗,刘海南,李鹏,等.基于低压配电网的分布式光伏接入研究[J].能源工程,2024,44(01):85-90.
- [2] 翟青峰,童雪燕,王小奎.一二次融合的智能开关解决光伏发电新能源接入系统的痛点[J].中国高科技,2023(13):78-80.
- [3] 方胜利,朱晓亮,马春艳,等.基于电力物联网的光储微网协同控制系统设计[J].机电工程技术,2023,52(06):186-191.
- [4] 冯景锋,曹志,姚琼.物联网与智慧广电[M].北京:电子工业出版社,2021.
- [5] 曹敏,黄星,周年荣,等.输变电设备物联网关键技术[M].北京:机械工业出版社,2019.