

Design of Substation Monitoring System Based on Power Wireless Private Network

Linyu Chen Dandan Li

1. Inner Mongolia Power (Group) Co., Ltd. Inner Mongolia Extra High Voltage Power Supply, Company, Hohhot, Inner Mongolia, 010080, China

2. Inner Mongolia Electric Power Group Training Center, Hohhot, Inner Mongolia, 010080, China

Abstract

With the rapid development of power systems, the demand for substation monitoring is increasing. Traditional wired monitoring systems have issues such as complex wiring, high maintenance costs, and limited scalability. Therefore, this paper proposes a design scheme for a substation monitoring system based on a dedicated wireless power network. The system utilizes advanced wireless communication technology to achieve real-time data collection, transmission, and processing at substations, effectively improving monitoring efficiency and reliability. Through in-depth research on system architecture, selection of wireless communication technology, design of data transmission protocols, and security strategies, the aim is to build an efficient, stable, and secure wireless monitoring network for substations, providing strong support for the intelligent management of power systems.

Keywords

power wireless private network; substation; monitoring system; power facilities; design

基于电力无线专网的变电站监控系统设计

陈林毓 李丹丹

1 内蒙古电力(集团)有限责任公司内蒙古超高压供电分公司, 中国·内蒙古 呼和浩特 010080

2 内蒙古电力集团培训中心, 中国·内蒙古 呼和浩特 010080

摘要

随着电力系统的快速发展,对变电站的监控需求日益提高。传统的有线监控系统存在布线复杂、维护成本高以及扩展性受限等问题。因此,本文提出了一种基于电力无线专网的变电站监控系统设计方案。该系统利用先进的无线通信技术,实现了变电站数据的实时采集、传输和处理,有效提高了监控效率和可靠性。通过对系统架构、无线通信技术选型、数据传输协议设计以及安全策略等方面的深入研究,旨在构建一个高效、稳定且安全的变电站无线监控网络,为电力系统的智能化管理提供有力支持。

关键词

电力无线专网; 变电站; 监控系统; 电力设施; 设计

1 引言

随着电力行业的飞速发展以及智能化水平的不断提升,变电站监控系统在保障电力系统安全、稳定运行方面发挥着至关重要的作用。实时监控变电站运行状态,能及时识别、处理潜在故障,且为电力调度与管理提供数据支撑,提高电力系统的运行效率与安全性^[1]。电力无线专网是指专门为电力系统设计的通信网络,具备高可靠性、低延迟、强抗干扰等显著优势。与传统的有线通信方式相比,电力无线专网更能适应复杂多变的电力环境,尤其在偏远地区和恶劣天气条件下,依然能够维持稳定的通信连接^[2]。基于电力无线专网

的监控系统能够实时监测电力设备,不仅提高了工作效率,还可以降低运维成本。

2 电力无线专网技术概述

电力无线专网技术是一种利用无线通信手段实现电力系统数据传输与监控的网络架构。该技术成功地克服了传统有线网络的多项局限,包括布线的复杂性、维护成本的高昂以及扩展能力的不足,为变电站的远程监控与智能化管理提供了坚实的技术支持。通过采用高效的无线传输协议和频段分配策略,电力无线专网技术确保了数据传输的实时性、可靠性和安全性,使得变电站的运行状态能够被远程监控中心实时掌握^[3]。此外,该技术还展现了良好的抗干扰能力和网络自愈功能,能够在复杂多变的电磁环境中维持稳定的通信,为电力系统的安全稳定运行提供保障。

【作者简介】陈林毓(1989-),男,中国内蒙古呼和浩特人,硕士,工程师,从事电力通信研究。

3 变电站监控系统需求分析

变电站监控系统作为电力系统的核心组成部分，其设计必须满足众多需求以确保电网的安全稳定运行。首先，该系统应具备实时性，能够即时反映变电站的运行状态，包括设备的工作情况、电流电压等参数的实时监测，以便运维人员能够迅速响应任何异常情况^[4]。其次，该系统应具备高可靠性，确保在各种恶劣环境下仍能稳定工作，避免因系统故障导致的电力中断。此外，该系统还需具备可扩展性，以适应未来变电站规模的扩大和新设备的接入。在数据安全性方面，系统应采取有效的加密措施，防止数据泄露或被恶意篡改，确保监控数据的真实性和完整性。最后，系统还需具备良好的用户界面，使运维人员能够直观、方便地查看和操作，提高工作效率。

4 变电站监控系统架构

4.1 系统总体架构设计

在构建变电站监控系统的总体架构时，必须综合考量系统的可靠性、实时性和可扩展性这三个关键要素。系统架构如下图所示。

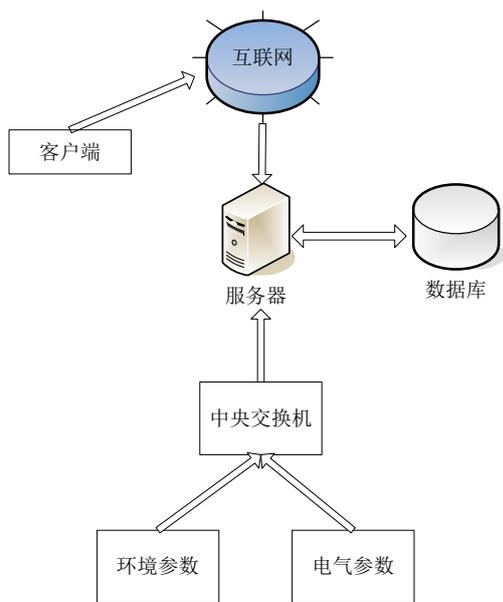


图1 系统总体架构图

为确保系统的稳定运行和高效管理，系统可以详细划分为四个主要层次：数据采集层、数据传输层、数据处理层以及应用层。

首先，数据采集层构成了整个系统的根基，其主要职责是全面且精确地搜集变电站内各种设备的运行数据，包括但不限于电压、电流、温度等关键参数。这些数据构成了后续分析和控制的基础。

其次，数据传输层承担着桥梁的作用，通过电力无线专网这一高效、稳定的传输媒介，将数据采集层所收集的数据安全、迅速地传输至后续处理层。该层的性能直接关系到

系统的实时性和数据的完整性^[5]。

再次，数据处理层是系统的核心，负责对传输而来的数据进行深入的处理和分析。通过运用先进的算法和模型，提取出对变电站运行状态至关重要的关键信息，为决策提供有力支持。

最后，应用层作为系统的用户界面，提供直观、友好的监控界面，使操作人员能够清晰地掌握变电站的实时运行状态。此外，应用层还支持远程控制功能，允许操作人员在必要时对设备进行远程操作，显著提升了系统的便捷性和应急响应能力。

4.2 预警机制

在以电力无线专网为基础的变电站监控系统里，预警机制对系统安全与可靠性极为重要。它能在电力设备运行参数异常时迅速报警，提醒运维人员采取措施，预防事故发生。预警机制是电力系统安全稳定运行的基础，该系统核心架构融合诸多关键组成部分，还深入整合多种技术，实现强大数据处理，可对采集的数据和信息全面深入分析处理，排除电力正常波动干扰，确保实时监控。此外，系统有先进故障预警功能，能精确分析电力基础设施运行状态趋势变化，及时发现潜在问题。

5 硬件设计

5.1 无线通信设备选型

在无线通信设备选型方面，需考虑设备的传输距离、传输速率、稳定性以及兼容性。首先，传输距离需满足变电站与监控中心之间的通信需求，确保数据能够实时、准确地传输。其次，传输速率需满足监控数据的高频采集与传输要求，以保证监控系统的实时性。此外，设备的稳定性至关重要，需选择经过严格测试、具备高度可靠性的通信设备，以保障监控系统的持久稳定运作。最后，还需考虑设备的兼容性，确保所选设备能够与现有的电力系统和监控系统无缝对接，降低系统集成难度。本文采用5G无线通信模块作为核心通信设备。该模块不仅具备远距离稳定传输的能力，还支持高速数据传输，完全满足变电站监控数据的高频采集与实时传输需求。

5.2 传感器

为确保对变电站环境及其设备进行全方位监控，配备多种传感器，以保障监控数据的完整性和精确性。温湿度传感器被精确地部署于关键区域，实时监测变电站内部环境的温度和湿度变化，一旦检测到异常情况，立即发出警报，以防止环境因素导致的设备故障。同时，液位传感器被安装于变压器及其他液体介质存储设备上，实时监控油位及液体介质的高度变化，及时发现液位异常，防止因液位不正常导致的设备损害。

5.3 供电模块

为确保电路功能完整，在供电板和控制板两块独立电路板上设计开关终端的供电电路与主控电路。开关终端由

220V 交流电源供电，两板分别制作后用 2x5 插件连接。供电电路按核心功能可细分为两部分分析：其一为电源转换电路，220V 输入电压经开关变压器、整流等处理输出 DC3.3V 电压，给控制板供电；其二是继电器控制电路，它处理主控制板输入信号，控制继电器吸合、断开，以实现开关终端外围电路的连接与断开，也就是控制外电路辅助设备的启动与停止。

6 软件设计

监控人员的用户界面与交互模块经过精心构建，形成一套直观易懂、操作便捷且高效稳定的可视化操作平台。服务器在 ARM 架构的芯片上实施 Linux 操作系统，能够充分利用该系统中成熟的各类软件服务器架构，实现服务器的构建、数据采集、串行通信、网络通信以及视频处理等多项功能，确保监控人员能够迅速且准确地掌握变电站的实时运行状态，并在第一时间对出现的任何异常情况做出及时有效的响应。该模块设计与实现包括以下核心功能：（1）实时数据展示功能。通过动态仪表盘能实时精准展示变电站运行关键参数，如电压、电流、功率及设备状态等，借助多样图表形式，直观反映数据变化趋势，便于监控人员捕捉信息。其次，告警与事件通知功能。在用户界面上以醒目的方式展示各类报警信息，详细列出报警的等级、具体位置、引发原因等关键信息，确保监控人员能够迅速注意到并立即进行处理。此外，系统还提供了详尽的事件日志查看功能，全面记录所有报警事件及其处理过程的历史记录，便于后续的追溯与分析。（2）数据库。实时视频人脸识别技术要求首先将用户照片上传至服务器，以便提取人脸特征。通过采集实时视频中的面部图像，提取相应的特征值，并将其与数据库中的特征值进行比对，以判断是否存在非授权人员的非法侵入。见图 3 为系统客户端界面。

7 变电站监控系统运行测试

为确保变电站监控系统的各项功能正常运作，必须进行功能性测试。首先，应对远程监控功能进行检验，以确保监控中心能够实时且精确地获取变电站传输的各类数据和信息，包括电压、电流、功率因数等关键参数，以及设备运行状态和告警信息。其次，应对控制功能进行测试，以验证监控中心是否具备对变电站内设备进行远程控制和调节的能力，包括但不限于开关的合闸与分闸操作，变压器的档位调整等。此外，还需对系统的报警与事件记录功能进行检验，确保系统故障或异常时迅速发出警报并记录事件，便于后续的分析 and 处理。通过这些功能测试，可以对变电站监控系统的性能和可靠性进行全面评估。下表 1 所示为测试结果。

表 1 系统功能测试

测试内容	测试指标	预期结果	实际结果
远程控制与操作	控制指令执行成功率 /%	100	100
	操作反馈时间 /s	≤3.0	2.2
数据采集与处理	数据采集精度 /%	≥97.5	99.99
	数据处理响应时间 /s	≤2.0	1.2
故障检测与报警	故障识别率 /%	≥99.0	99.6
	报警响应时间 /s	≤60.0	25.0
数据存储与管理	数据检索时间 /s	≤5.0	2.8

依据表 1 所详细展示的数据分析结果，该系统在数据采集与处理环节表现出色，能够高效地收集各类数据并进行精准处理；在远程控制操作方面，系统响应迅速，操作便捷，确保了远程指令的准确执行；在故障检测与报警功能上，系统能够实时监测潜在问题并及时发出警报，有效避免了故障的扩大；在数据存储管理领域，本文采用数据存储技术，确保数据的安全与稳定。经过全面评估，本系统在上述关键领域均表现出卓越的性能和良好的应用效果，圆满实现了项目初期设定的各项预期目标。系统功能的全面测试结果进一步验证了其性能的卓越性，充分表明该系统完全满足了预先设定的各项设计要求和标准，为后续的实际应用奠定了坚实的基础。

8 结论

综上所述，本文通过研究基于电力无线专网的电力设施监控系统，实现集数据收集、分析及监测功能于一体，专门针对电力设备。此外，系统配备报警机制，能在检测到安全风险时立即通知运维人员，从而有效预防因人为疏忽引发的电力事故，并确保工作人员能够及时应对问题。通过电力无线专网的运行，该系统不仅提高了运行效率和稳定性，还显著提升了运维人员的工作效能，降低了维护成本，并且增强了服务品质。

参考文献

- [1] 宋孟华,王泽,姜潜基,等.变电站智能监控系统设计与实现[J].工业仪表与自动化装置, 2023(3):8-11.
- [2] 杨官霞,陈杰.基于物联网技术的变电站智能监控系统设计[J].自动化技术与应用, 2024, 43(5):93-97.
- [3] 吴翠红,郭士茹.无人值守变电站监控系统的信息显示及报警功能优化[J].信息与电脑(理论版), 2021, 33(2): 4-6.
- [4] 孙婷婷.无人值守监控技术在变电站中的应用[J].电力安全技术, 2023, 25(2): 45-47.
- [5] 陈秋勇.无人值守变电站智能辅助控制系统设计[J].中国新技术新产品, 2021(4): 10-12.