

光伏电力计量系统远程监控与故障诊断

丁瑞娟 李 浩

中国石油化工股份有限公司中原油田分公司供电服务中心经营计量站 河南 濮阳 457000

摘 要: 随着全球能源危机和环境保护意识的提升, 光伏电力作为清洁、可再生的能源形式, 得到了广泛应用。为了确保光伏电力计量的准确性和可靠性, 光伏电力计量系统的远程监控与故障诊断技术显得尤为重要。本文旨在探讨光伏电力计量系统的远程监控技术, 分析其故障诊断方法, 并结合电力计量工作实际, 提出相应的解决方案。

关键词: 光伏电力计量系统; 远程监控; 故障诊断

引言

光伏电力计量系统作为光伏电站的重要组成部分, 负责准确计量光伏发电产生的电能, 为电力系统的调度、结算提供依据。传统的光伏电力计量系统多采用现场巡检和手动记录的方式, 存在效率低、精度不高的问题。随着物联网、大数据、云计算等技术的发展, 光伏电力计量系统的远程监控与故障诊断技术应运而生, 为电力系统的智能化管理提供了有力支持。

1 光伏电力计量系统概述

光伏电力计量系统是光伏电站中不可或缺的一部分, 它负责准确、可靠地计量光伏发电系统产生的电能, 并为电力系统的调度、结算和管理提供关键数据支持。该系统通常由多个关键组成部分构成, 共同协作以实现电能的精确计量和远程监控。光伏电池组件是光伏电力计量系统的起始点, 它将太阳能转化为直流电能。这些直流电能随后被输送到逆变器中, 逆变器将其转换为交流电能, 以供电力系统使用或并入电网。电能计量装置是光伏电力计量系统的核心组件。它负责准确计量逆变器输出的交流电能, 包括电压、电流、功率因数以及电能等关键参数。电能计量装置的准确性和可靠性直接关系到光伏电站的发电量和收益, 因此其性能和质量至关重要。除了电能计量装置外, 通信设备也是光伏电力计量系统的重要组成部分。它负责将电能计量装置采集的数据通过有线或无线方式传输至远程监控中心。这样, 运维人员就可以实时监控光伏电站的运行状态, 及时发现并处理潜在问题^[1]。

2 远程监控技术

2.1 数据采集与传输

2.1.1 数据采集

数据采集是远程监控的基础, 也是确保电能计量准确性的第一步。在光伏电力计量系统中, 电能计量装置扮演着关键角色, 它们负责采集一系列关键的电能参

数, 包括电压、电流、功率因数以及电能等。这些参数不仅是评估光伏发电系统性能的重要指标, 也是计算发电量、进行电费结算的重要依据。数据采集过程通常涉及高精度的传感器和计量芯片。这些传感器和芯片能够实时、准确地捕获电能参数的变化, 并将其转换为数字信号, 以便后续的处理和传输。为了确保数据的完整性和准确性, 数据采集过程中还需要考虑数据的采样频率和分辨率。采样频率决定了数据采集的密集程度, 而分辨率则影响了数据的精确程度。通过合理设置采样频率和分辨率, 可以确保采集到的数据既全面又准确。

2.1.2 数据传输

数据采集完成后, 需要通过合适的方式将数据传输至远程监控中心。在光伏电力计量系统中, 常用的数据传输方式包括有线传输和无线传输两种。(1) 有线传输。有线传输方式通常包括光纤通信、以太网通信等。光纤通信具有传输速度快、数据量大、稳定性高、抗干扰能力强等优点, 适用于对数据传输要求较高的长距离传输场景。在大型光伏电站中, 光纤通信常被用于将电能计量数据从发电现场传输至监控中心。以太网通信则更多地用于电站内部的局域网通信, 它能够实现设备间的快速数据交换和信息共享。(2) 无线传输。无线传输方式包括GPRS、4G/5G、LoRa、ZigBee等。这些方式具有部署灵活、成本低廉、易于扩展等优点, 适用于对数据传输实时性要求较高但距离较远的场景。在偏远地区或难以布设有线网络的光伏发电系统中, 无线传输方式能够发挥重要作用^[2]。通过选择合适的无线传输技术, 可以确保电能计量数据能够实时、准确地传输至监控中心。在选择数据传输方式时, 需要综合考虑多种因素, 包括数据传输距离、实时性要求、成本预算、网络环境等。例如, 对于大型光伏电站或偏远地区的光伏发电系统, 可能需要采用光纤通信或4G/5G无线传输方式, 以确保数据的实时性和可靠性。而对于小型光伏电站或近距离的

数据传输,以太网通信或LoRa等无线传输方式可能更为合适。此外,为了确保数据传输的安全性和可靠性,还需要采用加密技术和数据校验机制。加密技术可以防止数据在传输过程中被窃取或篡改,保护数据的隐私和完整性。数据校验机制则可以确保数据的准确性和一致性,避免因数据传输错误而导致的计量不准确或设备故障。

2.2 远程监控中心

远程监控中心是光伏电力计量系统远程监控技术的核心组成部分,它扮演着数据处理、分析、存储及展示的多重角色,为电力系统的调度、结算提供了坚实的数据支撑。(1)实时监测与预警。远程监控中心接收到来自电能计量装置的实时数据后,立即通过高效的数据处理和分析软件对这些数据进行处理。这些软件能够迅速识别出电压、电流、功率因数以及电能等关键参数的异常波动,并及时发出预警信号。对于电力计量工作而言,这意味着运维人员可以第一时间得知电能计量装置的异常状态,迅速采取措施进行排查和修复,有效避免了因计量不准确或设备故障导致的电量损失或计费纠纷。同时,实时监测还能够为电力系统的调度提供实时、准确的信息支持,确保电力系统的稳定运行。

(2)数据存储与管理。远程监控中心具备强大的数据存储和管理功能。它能够将接收到的所有电能计量数据按照时间、地点、设备类型等多维度进行分类存储,形成完整的数据档案。这些数据不仅为电力系统的调度提供了实时、准确的信息支持,还为后续的电量结算、设备维护以及故障分析提供了详实的数据基础。运维人员可以随时查询历史数据,对电能计量装置的运行状况进行全面分析,为电力系统的优化管理提供有力依据。此外,通过数据备份和恢复机制,还可以确保数据的安全性和可靠性,避免数据丢失或损坏^[3]。(3)报表生成与展示。为了满足电力计量工作的报表需求,远程监控中心还配备了报表生成工具。这些工具能够根据运维人员的设定,自动生成各种格式的电量报表,如日报表、月报表、年报表等。报表内容涵盖了电量、电压、电流、功率因数等关键指标,以及设备运行状态、异常事件等详细信息。这些报表不仅方便运维人员进行电量统计和结算,还为电力系统的运行分析、设备评估以及故障排查提供了直观、清晰的数据展示。通过报表的生成和展示,运维人员可以更加便捷地了解电力系统的运行状况,及时发现并解决问题,确保电力系统的稳定运行。

3 故障诊断方法

3.1 基于数据分析的故障诊断

在光伏电力计量系统中,基于数据分析的故障诊断

方法是一种紧密结合电力计量工作实际,确保电能计量准确性和系统稳定运行的重要手段。这种方法通过深入分析电能计量装置采集的数据,实现对光伏电力计量系统运行状态的有效监控和故障预警。首先,电能计量装置会实时采集光伏电力系统中的电压、电流、功率因数等关键电能参数。这些参数是评估系统运行状态和电能计量准确性的重要依据。远程监控中心通过接收并处理这些数据,可以实时掌握光伏电力计量系统的运行状态。当电压、电流、功率因数等参数超出预设的正常范围时,可以初步判断系统存在故障。例如,电压异常可能表明电网电压波动、设备内部故障或线路连接问题;电流异常可能意味着线路短路、设备过载或开路;功率因数异常则可能反映设备效率下降或无功功率补偿不足,影响电能的有效利用和计量准确性。此外,基于数据分析的故障诊断方法还可以进一步利用数据挖掘和机器学习技术,对大量历史数据进行深度学习和分析,建立故障预测模型。这些模型能够识别数据中的潜在模式和趋势,预测未来可能出现的故障类型和时间,为运维人员提供提前预警和决策支持。具体来说,通过收集光伏电力计量系统长期运行的历史数据,包括正常状态和故障状态下的电压、电流、功率因数等参数,以及相关的环境数据(如温度、湿度、辐照度等),利用机器学习算法(如决策树、随机森林、神经网络等)对这些数据进行训练和学习,构建出能够准确预测故障的模型。在实际应用中,这些故障预测模型可以持续监控系统的运行状态,当检测到异常数据模式时,立即发出预警信号,提醒运维人员进行检查和维护。通过这种方式,可以及时发现并处理潜在故障,避免故障扩大化对系统稳定运行和电能计量准确性造成影响。总之,基于数据分析的故障诊断方法不仅能够实时监控光伏电力计量系统的运行状态,及时发现并处理故障,还能够通过故障预测模型提前预警潜在问题,为运维人员提供决策支持,确保电能计量的准确性和系统的稳定运行。

3.2 远程故障诊断

在光伏电力计量系统中,当系统出现故障时,快速准确地定位并解决问题是至关重要的。为此,远程监控中心配备了先进的远程诊断软件,以实现系统的远程故障排查和定位。远程诊断软件具备强大的功能,它能够模拟现场环境,对电能计量装置进行远程测试和校准。这意味着,运维人员无需亲自前往现场,就可以通过远程监控中心对电能计量装置进行全面的检查和测试。这不仅大大提高了故障处理的效率,还减少了因现场环境复杂或距离遥远而带来的不便。在具体操作中,

远程诊断软件可以实时获取电能计量装置的运行数据,包括电压、电流、功率因数等关键参数。通过对这些数据的深入分析,软件能够准确判断装置的工作状态,并发现潜在的故障点。此外,远程诊断软件还具备远程校准功能。在电能计量装置长时间运行后,可能会由于各种原因导致计量准确性下降。通过远程校准,运维人员可以对装置进行精确的调整,确保其计量准确性符合相关标准。值得一提的是,远程诊断软件还具备智能诊断功能。它能够根据历史数据和故障模式,对当前故障进行智能分析和判断,提供可能的故障原因和解决方案。这大大简化了故障排查过程,提高了故障处理的准确性。远程监控技术在光伏电力计量系统中发挥着重要作用。通过数据采集与传输以及远程监控中心的功能实现,可以确保电能计量的准确性和实时性,为电力系统的调度、结算提供坚实的数据支撑。

4 案例分析

以某光伏电站为例,该站为了提升电能计量的准确性和系统的运维效率,采用了远程监控技术对光伏电力计量系统进行全面管理。这一系统集成数据采集、传输、处理、分析及故障诊断等功能,实现了对光伏电站电能计量装置的实时监控和远程管理。在光伏电站中,电能计量装置负责采集电压、电流、功率因数、电能等关键参数,这些参数是评估光伏发电性能、计算发电量以及进行电费结算的重要依据。为了确保数据的准确性和实时性,该站采用了先进的数据采集与传输系统,通过高精度传感器和计量芯片实时捕获电能计量装置的各项参数,并通过有线或无线方式(如4G/5G网络)传输至远程监控中心。在传输过程中,采用了加密技术和数据校验机制,确保数据的安全性和完整性。远程监控中心接收到数据后,利用专业的数据处理和分析软件对电能计量装置的状态进行实时监测和预警。软件能够自动识别电压、电流、功率因数等参数的变化趋势,并与预设的正常范围进行对比。在某次监测中,远程监控中心发现某台电能计量装置的电压参数出现异常波动^[4]。

为了快速定位故障点并解决问题,运维人员利用远程诊断软件对电能计量装置进行了远程测试和校准。远程诊断软件能够模拟现场环境,对装置进行一系列自动化测试,包括电压、电流、功率因数等参数的校准和验证。通过远程诊断,运维人员发现该电能计量装置的电压传感器损坏,导致电压参数测量不准确。针对这一问题,运维人员及时制定了维修方案,并安排技术人员前往现场更换电压传感器。更换电压传感器后,运维人员再次通过远程诊断软件对电能计量装置进行了测试和校准,结果显示电压参数已恢复正常范围,装置运行稳定。随后,远程监控中心持续对该装置进行监控,确保其在长期运行中保持准确计量。此次故障处理不仅及时恢复了电能计量装置的正常运行,还避免了因计量不准确可能导致的电费结算纠纷和电量损失。同时,远程监控和诊断技术的应用,大大提高了故障处理的效率和准确性,降低了运维成本,为光伏电站的电能计量工作提供了有力支持,推动了光伏发电行业的可持续发展。

结语

光伏电力计量系统的远程监控与故障诊断已形成“数据采集-传输-分析-决策”的闭环体系,智能算法与边缘计算的融合显著提升运维效率。未来需重点突破跨场景模型泛化、低成本传感器研发及全生命周期管理,以支撑光伏产业向高效化、智能化转型。

参考文献

- [1]刘锦宁,吴裕宙,苏盛,等.基于计量数据挖掘分析的分布式光伏系统故障感知[J].南方电网技术,2024,18(12):117-126.
- [2]毛源军.基于计量数据的分布式光伏系统故障诊断研究[D].长沙理工大学,2022.
- [3]谢学辉.分布式光伏并网一体化计量与并网装置应用[J].农村电工,2020,28(05):35.
- [4]孟凡燕,徐叶娇,朱佳慧.分布式光伏电源的智能计量及管理系统设计[J].集成电路应用,2024,41(11):382-383.