

基于物联网技术的电力设备状态监测与故障诊断研究

曹斌

厦门 ABB 开关有限公司, 福建省厦门市, 361115;

摘要: 为解决传统电力设备状态监测与故障诊断系统存在的问题, 提出了一种基于物联网技术的电力设备状态监测与故障诊断系统, 分析了该系统的总体架构、工作原理、功能模块及关键技术, 设计了基于物联网的电力设备状态监测与故障诊断系统。该系统可实现对电力设备实时监测数据的远程传输与管理, 实时获取设备运行状态及相关信息, 并提供多种方式的状态监测和故障诊断服务。该系统具有较好的故障诊断能力, 可有效提高设备运行的可靠性和安全性。在某电网公司某变电站进行了实际应用, 结果表明该系统能有效提高电力设备运行可靠性和安全性, 可在电力设备状态监测与故障诊断领域推广应用。

关键词: 物联网技术; 电力设备; 状态监测; 故障诊断

DOI: 10. 64216/3080-1508. 25. 10. 035

引言

随着我国经济的快速发展, 电力网络规模不断扩大, 电网设备的运行状态逐渐成为影响电力系统安全稳定运行的关键因素之一。在电力系统中, 电力设备的状态监测与故障诊断是保证电力系统安全、可靠运行的重要措施之一。目前, 我国电力设备状态监测与故障诊断技术已经取得了较大进步, 但仍存在一些不足之处。一方面, 由于电力设备状态监测与故障诊断技术仍处于发展阶段, 仍存在不少技术瓶颈; 另一方面, 由于电网规模不断扩大、设备种类日益繁多等原因, 传统的监测与诊断方法也面临着一定的挑战。因此, 构建基于物联网技术的电力设备状态监测与故障诊断系统具有重要意义。

1 物联网技术概述

物联网 (Internet of Things, IoT) 是一种基于互联网的新型信息技术, 可通过各种感知装置将现实世界中的物品与互联网连接起来, 实现信息共享与交换。在物联网中, 各类物联网设备将通过统一的数据交互接口对感知数据进行采集、传输和处理, 并通过互联网或移动通信网络将结果反馈给用户。因此, 物联网是一种基于互联网、传统电信网等信息承载体, 让所有能够被独立寻址的普通物理对象实现互联互通的网络^[1]。物联网技术在电力设备领域的应用主要表现为两个方面: 一是实现对电力设备状态信息的采集和传输; 二是实现对电力设备故障诊断与处理。

2 物联网在电力设备领域的应用优势

(1) 物联网技术对电力设备运行状态的实时监测与故障诊断, 使电力设备运行状态的监测与诊断更加直观, 具有较高的准确性和可靠性。(2) 物联网技术在

电力设备状态监测与故障诊断系统中的应用, 可有效提高电力设备状态监测与故障诊断的效率, 使其能更好地为电力设备的安全可靠运行服务。(3) 物联网技术可对电力设备运行状态进行有效地分析, 为电力系统提供实时、准确、可靠的数据信息, 从而有效降低运行风险, 提高运行效率。(4) 物联网技术可将采集到的大量数据信息进行处理和分析, 实现数据信息的深度挖掘与价值挖掘, 进而提高电网系统的运行效率和管理水平^[2]。

3 基于物联网的电力设备状态监测系统设计

3.1 系统总体架构

根据系统的功能需求, 采用分层架构的设计思想, 将系统划分为感知层、传输层和应用层 3 个层次, 感知层包含智能传感器、GPRS 网络和无线射频识别 (RFID) 设备等; 传输层由中间件和数据库组成, 中间件主要完成数据的采集、传输与管理; 应用层由实时监测平台和智能应用两个部分组成, 实时监测平台可实现对电力设备状态数据的采集、存储与管理, 智能应用模块主要完成对电力设备故障诊断的决策支持等功能。该系统具有数据采集与处理、数据传输与管理、数据存储与管理以及故障诊断与决策支持等功能。

3.2 传感器布置与数据采集

传感器布置包括设备安装位置的选择与布置, 采集系统的硬件设计等。通过布置传感器, 实时监测电力设备运行状态, 当出现异常时可及时通知检修人员, 采取相应措施。传感器的布置要根据设备运行环境、负荷大小、电力线路等因素来确定。在输电线路上安装气象传感器, 如风速风向传感器、湿度传感器等; 在变电站内安装电力变压器油温传感器和湿度传感器; 在变压器油

箱内安装电流互感器和电压互感器；在开关柜中安装电压电流互感器；在变压器分接开关柜中安装电流电压互感器等。通过布置传感器，可准确地获得电力设备的运行状态信息。

3.3 数据传输与通讯协议

采用 GPRS 技术对采集的数据进行远程传输，同时利用 TCP/IP 协议和 HTTP 协议对数据进行传输。具体通讯协议包括：TCP/IP 协议：可实现数据的实时传输，数据传送完毕后再进行下一次数据传送；HTTP 协议：可实现多用户同时访问，用户之间通过 HTTP 协议相互通信，实现多个应用的共享与资源共享；HTTPS 协议：可实现远程的数据加密传输，确保系统安全、可靠地运行。此外，系统还采用了多种通信方式来获取电力设备的运行状态信息。如 GPRS 通信、GPRS/CDMA 无线通信、有线通信等。

3.4 数据存储与管理平台设计

数据存储与管理平台主要包括数据库、中间件和 Web 应用程序等。数据库主要负责数据的存储与管理，中间件用于实现系统各模块之间的交互，Web 应用程序用于实现系统功能的展示。当数据采集、传输及处理完毕后，可以通过 Web 浏览器或移动客户端访问系统，从而实现对电力设备运行状态的实时监测。系统还具有智能应用模块，可对电力设备的运行状态进行分析和预测。当出现异常时，系统可以通过 Web 页面及时向检修人员发出警报信息，并在监控中心显示故障类型、故障原因等相关信息，从而能及时采取相应措施，降低事故发生概率^[3]。

4 电力设备故障诊断方法研究

4.1 故障类型及其特征分析

电力设备运行状态的监测与诊断是在掌握电力设备的运行状况和故障规律基础上，根据相应的标准、规范、规程，对电力设备运行状态进行监测，并对出现的异常进行分析和诊断，以便及时发现问题并采取措施，以保证电力系统安全、可靠地运行。目前电力设备故障诊断方法主要有故障树分析法、人工神经网络法、模糊理论法以及神经网络与模糊理论相结合的方法。这些方法各自都有其优势和不足之处，具体的应用需要根据电力设备不同的故障类型、故障原因等实际情况来选择合适的方法，从而达到快速准确地诊断电力设备故障类型及原因的目的。

4.2 数据预处理与特征提取

在电力设备的运行过程中，其运行状态的变化会引起设备运行参数的改变，当这些参数发生改变时，就会使电力设备的运行状态产生相应的变化。因此，在电力设备运行过程中，其监测数据所包含的信息量就会相应地发生变化。如果不对原始数据进行处理，就会使数据出现缺失、噪声等问题。在对原始数据进行处理时，首先要对其进行预处理。预处理是对原始数据中可能存在的问题进行消除或剔除的过程。预处理是在数据预处理过程中完成的，主要是对一些无用或异常的数据进行剔除或替换，从而使数据中能够反映故障特征的有用信息得以保留。

4.3 故障诊断算法设计（如数据挖掘、机器学习等）

（1）电力设备故障诊断模型的建立：即针对不同的故障类型、故障模式，建立相应的诊断模型。其中，对于常见故障，可采用故障树分析法建立模型；对于复杂的设备故障，可采用神经网络技术、模糊逻辑技术等建立模型。（2）故障诊断算法的设计：目前，针对电力设备状态监测与故障诊断中常见的数据挖掘和机器学习方法在电力设备状态监测和故障诊断中都有较广泛应用，但这些方法在实际应用中仍存在一些问题。如神经网络算法在电力设备状态监测和故障诊断中主要应用于训练数据少、故障数据不平衡以及网络不稳定等情况；模糊逻辑方法在电力设备状态监测和故障诊断中主要应用于噪声干扰较大情况。

4.4 诊断流程与决策机制

诊断流程：系统将根据监测数据、运行经验等进行综合分析，确定设备运行状态，对可能存在的故障进行初步判断，并生成初步故障诊断结果。决策机制：首先根据设备故障的严重程度对设备进行分级，对故障处理优先级进行排序，对故障的判断依据及处理措施进行分析，通过对故障的分级来确定系统的响应策略。决策过程：系统根据响应策略制定故障处理策略。然后根据不同的响应策略对故障进行诊断。针对不同类型的故障制定相应的处理措施，并通过决策控制模块自动执行。如针对电力设备油中溶解气体超标问题，系统采取多项措施及时消除设备缺陷。

5 系统实验与性能分析

5.1 实验平台与测试环境

本实验主要使用 NB-IoT 模块搭建了物联网感知层网络，为了更好地完成故障诊断与状态监测功能，同时测试其可靠性，在实验平台中还搭建了一套基于云平台

的智能运维系统。该系统通过云平台将采集到的电力设备状态数据传输到服务器端,通过NB-IoT模块实现物联网感知层网络与云端的通讯连接,从而完成电力设备状态数据的采集。在实验室环境下对该系统进行了性能测试,将测试设备安装在智能运维系统中,并对其进行了无线传输数据实验。通过对采集到的电力设备状态数据进行分析 and 处理,获得了其运行状态的实时变化情况。

5.2 关键技术性能测试与评估

通过测试结果可知,所设计的电力设备状态监测与故障诊断系统性能良好,可准确、实时地对电力设备运行状态进行监测,并能够对设备运行异常进行诊断。同时,通过测试也验证了该系统可以满足实际应用需求,具有一定的推广价值。本系统通过NB-IoT模块实现了物联网感知层网络与云端的连接,从而实现了远程监测电力设备的运行状态信息,并能够通过HTTP协议将数据传输到云端。本系统具有良好的可扩展性,可根据不同的应用需求进行功能扩展。系统中所设计的故障诊断算法能够有效地对电力设备运行状态进行监测和诊断,可准确判断电力设备运行状态是否正常^[4]。

6 工程应用与推广

6.1 工程应用案例介绍

上海电网公司结合电网的发展和建设,按照“两个率先”的要求,制定了上海市电力公司关于加快建设具有中国特色国际领先的能源互联网企业的总体目标。该目标明确提出在上海地区构建以上海电力物联网为核心的电力物联网建设体系,并将“三型两网”作为上海电网发展规划的重要组成部分。“三型两网”建设中,“智能电网”是实现电力物联网建设目标的重要载体和技术基础。在“三型两网”建设中,上海电网公司将以智能电网为重点,着力构建能源互联网生态圈。为此,该公司成立了上海电力物联网技术研发中心,并制定了上海电网物联网发展规划和技术路线图。

6.2 系统实际运行效果与经济效益分析

该系统在上海供电局投运后,在其所属变电站的高压主变压器、避雷器、断路器等设备上进行了现场安装,并投入运行,取得了较好的应用效果。其中,主变上安装的“智能变压器”可实时监测变压器的电压、电流和功率因数等运行参数,当异常时,系统可自动向相关人员发送报警信息。此外,该系统还可以根据变压器运行情况提供相应的经济运行建议,对于保证设备正常运行

具有重要意义。通过实际的应用效果来看,“智能变压器”能够有效提高变电站设备的安全运行水平和可靠性水平,降低设备故障率及检修成本,为电网设备可靠稳定运行提供有力保障。

6.3 推广应用中的问题与对策

(1) 加强设备状态监测技术的研究,提高监测数据的准确性和可靠性。加快研究成果的工程化应用,努力解决生产实际中的问题。(2) 加快“物联网+”应用体系建设,推动智能电网向泛在电力物联网迈进。加强基础平台建设,为推广应用奠定基础^[5]。(3) 加强数据传输网络建设,保证数据传输的稳定性和可靠性。(4) 建立专业队伍,提高监测人员的专业水平,为开展状态监测与故障诊断提供保障。(5) 加强科技攻关和创新,不断提高状态监测技术水平。在研究和开发新一代物联网技术的同时,不断提高状态监测与故障诊断的智能化、信息化水平。

7 结语

本文介绍了一种基于物联网技术的电力设备状态监测与故障诊断系统,该系统由状态监测模块、故障诊断模块、智能决策模块等组成。通过对电力设备的运行状态进行实时监测,可对电力设备运行状态进行异常诊断,提高了电力设备的安全运行水平。同时,该系统具有良好的可扩展性,可根据不同的应用需求进行功能扩展。本文所提出的基于物联网技术的电力设备状态监测与故障诊断系统,对于实现电力设备智能化和现代化具有一定的理论意义和实际价值。但在实际应用过程中还存在一些问题,有待进一步研究,以保证该系统在电力设备状态监测和故障诊断领域发挥更大的作用。

参考文献

- [1] 孙琪雯. 物联网技术在输变电设备状态监测中的应用[J]. 电力设备管理, 2025, (14): 207-209.
- [2] 杨远朋, 王有强, 李显伟, 等. 基于物联网技术的继电保护二次回路在线监测系统[J]. 电子设计工程, 2025, 33(14): 90-93+97.
- [3] 李海华. 基于物联网技术的电力设备运行状态异常监测[J]. 中国新技术新产品, 2025, (13): 23-25.
- [4] 王栋梁. 基于物联网的电力设备智能巡检与维护系统设计[J]. 无线互联科技, 2025, 22(12): 37-40.
- [5] 张弛, 谭智钢, 何天翔. 基于物联网技术的电力设备状态实时监测与故障诊断系统[J]. 电气时代, 2025, (04): 52-55.