

配电网自动化设备的故障诊断与维护策略

王宇曦 闫彬禹 刘心驰 张强 刘景明

国网北京通州供电公司 北京通州 100010

摘要: 随着智能电网的发展,配电网自动化设备的广泛应用提高了供电可靠性和运维效率,但设备故障问题也日益突出。本文分析了配电网自动化设备的常见故障类型及其成因,探讨了基于数据驱动和人工智能的故障诊断方法,并提出了针对性的维护策略,包括预防性维护、状态检修和远程监控等。通过优化故障诊断与维护体系,可有效提升配电网自动化设备的运行稳定性,降低运维成本,为智能配电网的可持续发展提供参考。

关键词: 配电网自动化;故障诊断;维护策略;智能电网;人工智能

引言

在智能电网的建设进程中,配电网自动化设备作为关键组成部分,发挥着不可替代的作用。它通过自动化技术和信息技术的融合,实现了对配电网运行状态的实时监测、控制和优化,极大地提高了供电可靠性,减少了停电时间和范围,同时显著提升了运维效率,降低了人工运维成本。然而随着配电网规模的不断扩大和设备应用的日益复杂,配电网自动化设备的故障问题逐渐凸显。设备故障不仅会导致局部地区供电中断,影响用户的正常用电,还可能引发连锁反应,威胁整个配电网的安全稳定运行。因此深入研究配电网自动化设备的故障诊断与维护策略,对于保障智能电网的可靠运行、提升用户用电体验具有重要的现实意义。

1 配电网自动化设备的常见故障类型及成因

1.1 硬件故障

配电网自动化设备的硬件故障涵盖多种类型,其中传感器失效是较为常见的问题之一。传感器在设备运行过程中负责采集各类关键数据,如电压、电流、温度等,一旦传感器出现故障,将导致采集的数据不准确或无法采集,进而影响设备对配电网运行状态的判断和控制。通信模块损坏也频繁发生,通信模块承担着设备之间以及设备与控制中心的数据传输任务,其损坏会造成数据传输中断或错误,使设备无法正常接收控制指令和上传运行数据。此外电源模块故障同样不容忽视,电源模块为设备提供稳定的电力供应,当电源

模块出现故障时,设备将无法正常工作。硬件故障的成因主要包括设备自身质量问题、长期运行导致的零部件老化、安装过程中的不当操作等。

1.2 软件故障

软件故障在配电网自动化设备运行中也较为常见。程序错误是软件故障的主要表现形式之一,程序在开发过程中可能存在逻辑漏洞、算法缺陷等问题,导致设备在运行过程中出现异常行为,如控制指令执行错误、数据处理不准确等。数据异常也是软件故障的重要方面,在数据的采集、传输和存储过程中,可能会出现数据丢失、数据错误、数据不一致等问题,影响设备对配电网运行状态的准确判断。软件故障的成因包括软件开发过程中的测试不充分、软件与硬件之间的兼容性问题、系统升级过程中的错误操作等。

1.3 外部环境影响

外部环境因素对配电网自动化设备的运行有着重要影响。雷击是导致设备故障的常见外部因素之一,雷击产生的高电压和强电流可能会瞬间击穿设备的绝缘层,损坏硬件电路,影响设备的正常运行。温度变化也会对设备产生影响,过高或过低的温度可能会导致设备零部件性能下降,加速零部件的老化和损坏。电磁干扰同样不容忽视,在配电网复杂的电磁环境中,电磁干扰可能会影响设备的通信质量和数据采集准确性,导致设备出现误动作。

1.4 案例分析

表 1：配电网自动化设备典型故障案例分析

故障类型	典型案例	根本原因	影响范围	处置措施
硬件故障	FTU 测量误差	电流互感器材料缺陷	8 条 10kV 线路停电	更换故障批次设备
软件故障	保护误动	软件版本不兼容	12 条馈线切除	系统升级回滚
环境因素	DTU 进水短路	密封结构设计缺陷	3 个配电房停运	改进密封工艺

2 配电网自动化设备的故障诊断方法

2.1 基于数据驱动的故障诊断

基于数据驱动的故障诊断方法以 SCADA（数据采集与监视控制系统）数据分析为核心。SCADA 系统能够实时采集配电网自动化设备的大量运行数据，通过对这些数据进行统计分析、趋势分析和异常检测，可以发现设备运行过程中的潜在故障。例如通过分析电压、电流数据的变化趋势，判断设备是否存在过载或短路等故障；通过对设备温度数据的监测，及时发现设备过热问题。此外还可以利用数据挖掘技术，从海量数据中提取有用的故障特征，建立故障诊断模型，提高故障诊断的准确性和效率。

2.2 基于人工智能的智能诊断

基于人工智能的智能诊断方法在配电网自动化设备故障诊断中展现出强大的优势。机器学习算法，如支持向量机、决策树等，可以通过对大量历史故障数据的学习，建立故障诊断模型，实现对设备故障的分类和预测。深度学习算法，如卷积神经网络、循环神经网络等，能够自动提取数据的特征，具有更强的特征学习和模式识别能力，在处理复杂故障诊断问题时表现更为出色。例如利用卷积神经网络对设备的振动信号进行分析，可以准确诊断出设备内部零部件的故障类型和程度。

2.3 混合诊断方法

混合诊断方法结合专家系统与实时监测，充分发挥两者的优势。专家系统基于领域专家的知识和经验，建立故障诊断规则库，能够对常见故障进行快速诊断和处理。实时监测系统则可以实时获取设备的运行数据，为专家系统提供准确的信息支持。当设备出现故障时，实时监测系统将数据传输给专家系统，专家系统根据规则库进行分析判断，给出故障诊断结果和处理建议。同时混合诊断方法还可以将基于数据驱动和人工智能的诊断结果与专家系统的诊断结果进行对比和验证，提高故障诊断的准确性和可靠性。

3 配电网自动化设备的维护策略

3.1 预防性维护

预防性维护通过定期巡检和寿命预测等方式，提前发现设备潜在的故障隐患，避免故障的发生。定期巡检是预防性维护的重要手段，运维人员按照规定的周期对设备进行全面检查，包括设备的外观检查、硬件性能测试、软件功能验证等，及时发现设备存在的问题并进行处理。寿命预测则利用设备的运行数据和历史故障数据，通过数学模型和算法对设备的剩余寿命进行预测，提前制定设备更换计划，避免设备因寿命到期而发生故障。

3.2 状态检修

状态检修是基于实时监测数据的动态维护策略。通过安装在设备上的各类传感器，实时采集设备的运行数据，如电压、电流、温度、振动等，利用数据分析技术对设备的运行状态进行评估。当设备的运行状态出现异常时，根据异常程度和发展趋势，制定合理的检修计划，实现对设备的精准维护。与传统的定期检修相比，状态检修能够更加准确地把握设备的实际运行状况，避免过度检修和检修不足的问题，降低运维成本，提高设备的运行可靠性。

3.3 远程监控与智能运维

远程监控与智能运维利用物联网和云平台技术，实现对配电网自动化设备的远程实时监测和智能化管理。通过物联网技术，将设备与网络连接起来，实现设备数据的实时上传和远程传输。云平台则对上传的数据进行存储、分析和处理，为运维人员提供设备的运行状态信息、故障预警信息和维护建议等。运维人员可以通过手机、电脑等终端设备，随时随地查看设备的运行情况，远程对设备进行控制和维护，大大提高了运维效率和响应速度。同时智能运维系统还可以利用人工智能技术，对设备的运行数据进行深度分析，预测设备的故障发展趋势，实现设备的主动维护。

4 结论与展望

本文系统地分析了配电网自动化设备的常见故障类型

及其成因,深入探讨了基于数据驱动和人工智能的故障诊断方法,并提出了预防性维护、状态检修和远程监控等针对性的维护策略。通过优化故障诊断与维护体系,能够有效提升配电网自动化设备的运行稳定性,降低运维成本,保障智能配电网的可靠运行。然而随着智能电网技术的不断发展,配电网自动化设备的故障诊断与维护面临着新的挑战和机遇。未来的研究可以朝着数字孪生、区块链技术在运维中的应用等方向展开。数字孪生技术可以构建与实际设备完全对应的虚拟模型,通过对虚拟模型的仿真和分析,实现对设备运行状态的实时监测和故障预测;区块链技术具有去中心化、不可篡改等特点,可以应用于设备数据的安全存储和共享,提高运维数据的可信度和安全性。通过不断探索和创新,有望进一步提升配电网自动化设备的运维水平,推动智能配电网的高质量发展。

参考文献:

- [1] 吴龙腾,何剑军,郭乾. 配电自动化终端设备的可视化数字孪生离线故障预判方法研究[J]. 电测与仪表,2025,62(04):65-72.
- [2] 史金豪. 基于神经网络的10kV配电网设备运行故障智能诊断方法[J]. 信息技术与信息化,2025,(04):14-17.
- [3] 耿萌. 基于物联网的配电网设备监测与故障诊断系统设计[J]. 电气技术与经济,2024,(12):121-123.
- [4] 徐欧琚,吕佳芮. 人工智能技术在配电网电力设备运维检修中的应用[J]. 中国机械,2024,(29):48-51.
- 作者简介:** 王宇曦,1993.1.17,男,汉,天津市,硕士,就职于:国网北京通州供电公司,工程师,智能配电技术、电网数字化技术研究。
- 闫彬禹,1992.6.19,女,汉,山西阳泉,硕士,就职于:国网北京通州供电公司,工程师,智能配电技术、电网数字化技术研究。
- 刘心驰,1995.8.18,男,汉,河北省秦皇岛市,本科,就职于:国网北京通州供电公司,工程师,智能配电技术、电网数字化技术研究。
- 张强,1995.9.14,男,汉,江苏省淮安市,本科,就职于:国网北京通州供电公司,助理工程师,智能配电技术、电网数字化技术研究。
- 刘景明,1970.7.26,男,回族,籍贯北京,大专学历,就职于:国网北京通州供电公司,助工、高级技师,研究方向:电能计量及电力系统新兴业务。