

数字化监测技术在电网故障定位中的应用研究

吴炯锋

浙江中自庆安新能源技术有限公司 浙江 杭州 310000

摘要: 随着电网规模的不断扩大与复杂性的持续提升,快速且精准的故障定位对保障电网稳定运行愈发关键。本研究聚焦数字化监测技术在电网故障定位中的应用。通过深入剖析数字化监测技术原理,揭示其关键技术组成与优势。将数字化监测技术与传统电网故障定位方法融合,优化定位流程,显著提升定位效率与准确性。阐述数字化监测系统的架构设计、硬件设施布局以及软件功能实现,构建完整的技术应用体系。针对技术应用过程中出现的难点,提出针对性应对策略。研究成果对于提高电网故障定位水平、保障电网安全稳定运行具有重要意义,为电网行业的数字化转型提供有力的技术支持与理论参考。

关键词: 数字化监测技术; 电网故障定位; 技术融合; 系统构建

1 引言

在现代社会,电力已然成为支撑经济发展与日常生活的关键基础设施。随着城市规模扩张、工业发展以及居民用电需求的持续攀升,电网的覆盖范围越来越广,结构也日益复杂。这一变化虽满足了用电需求,却也使电网运行面临更多挑战,其中故障定位问题尤为突出。一旦电网发生故障,若不能及时、准确地定位,就会导致大面积停电,不仅给居民生活带来极大不便,还会让工业生产停滞,造成巨大的经济损失。传统故障定位方法在面对复杂电网时,暴露出效率低、精度差等问题。数字化监测技术的兴起,为解决电网故障定位难题带来新契机。本研究旨在深入探究数字化监测技术在电网故障定位中的应用,以提升电网运行的可靠性与稳定性。

2 数字化监测技术原理剖析

2.1 基础理论支撑

数字化监测技术依托信号处理、通信、计算机等前沿理论,共同构建起技术发展的坚实架构。

信号处理理论是基石,在复杂电网环境中,把电流、电压等物理信号转化为数字信号,借助傅里叶变换等经典算法,精准提取关键特征,助力识别故障。通信理论则是数据传输的“高速公路”,运用调制解调、信道编码等先进技术,保障监测终端与控制中心间数据稳定、高速交互,抵抗信号干扰与衰减。计算机技术凭借强大的分布式计算能力,快速处理海量监测数据,通过高效数据库管理技术,实现数据有序存储。三者紧密融合,从信号感知、传输到处理分析,全方位为数字化监测技术在电网故障定位中的应用筑牢根基。

2.2 关键技术组成

数字化监测技术在电网故障定位里,关键由传感

器、数据传输和数据分析技术构成,三者协同。

高精度传感器像电网的“触角”,能敏锐捕捉电流、电压的细微波动,以及设备关键部位的温度异常,精准采集电网运行数据。数据传输技术借助光纤的高速稳定和无线通信的灵活便捷,跨越复杂地理环境与电网架构,把传感器收集的数据快速准确地传至处理中心,确保数据及时、完整。数据分析技术运用机器学习、深度学习算法,深度挖掘传输来的数据。比如利用卷积神经网络分析电网图像化数据,快速诊断故障,构建故障预测模型,精准识别故障类型和位置,有效提升故障定位效率^[1]。

2.3 技术优势解析

数字化监测技术在电网监测领域优势突出,与传统方式差异明显。

它能实时、动态监测,打破时空限制,全年无休、全天不间断全方位跟踪电网运行状态,一旦出现细微异常便能迅速察觉,及时消除潜在隐患。在监测精度上,依靠先进传感与分析技术,可精准捕捉微小电气量变化,大幅降低误判、漏判,为电网安全提供有力保障。

同时,数字化监测技术数据处理与分析能力强大,面对海量监测数据,能快速处理并挖掘价值,为精准故障定位提供可靠依据。此外,它集成与扩展性良好,能和现有电网系统无缝对接,无论是小型配电网还是大型输电网,都能适配,满足不同规模电网的监测需求。

3 电网故障定位方法与数字化融合

3.1 传统故障定位方法概述

传统故障定位方法依赖简单电气信号监测。以配电网小电流接地系统来说,常采集线路开关处零序电流、五次谐波等信号,通过幅值比较法、相位比较法判定故

障线路或区段^[2]。

但配电网结构日益繁杂,节点多、分支交错,故障发生时电流微弱,可获取的故障信号量有限。并且,传统判定方式仅基于简单幅值、相位比较,未考虑复杂电网环境和多变故障类型。这样简单的判定逻辑,致使实际应用中故障判定准确率不高,面对复杂电网故障定位需求,已难以满足。随着电网发展,急需引入先进技术改进传统方法,以提升故障定位的准确性和效率。

3.2 数字化技术对定位方法的改进

数字化技术为电网故障定位带来全新变革。凭借强大的数据处理与分析能力,它能在大数据分析技术辅助下,整合电网运行各类数据,挖掘潜在故障特征,大幅提升故障定位准确性。

智能算法也是关键,基于海量历史故障数据训练,面对新故障时,可快速分析故障特征,精准定位故障点,就像经验丰富的医生诊断病情。同时,物联网技术实现设备间实时通信,将电网节点与设备串联,故障信息能第一时间传递,优化故障定位流程。多种技术协同作用,让电网故障定位更高效、精准,有力保障电网稳定运行。

3.3 融合后的定位流程优化

数字化技术与传统故障定位方法深度融合后,故障定位流程实现了全方位、系统性的优化。

当故障突发,数字化监测设备即刻响应,凭借高精度传感器实时、精准地感知电流、电压等关键数据的细微变化,迅速完成故障信息采集。这些数据通过5G等高速通信网络,以极快速度传输至专业分析平台^[3]。在平台端,大数据分析技术整合各类历史数据与实时数据,人工智能算法深度挖掘其中规律。二者协同作用,对故障性质、位置进行快速且精准的研判,进而精准锁定故障区域。定位结果一旦确定,便会及时反馈给运维人员,为他们提供详细准确的故障位置与相关信息,指导其迅速开展抢修工作,大幅缩短故障处理时间,有效提升电网运行的稳定性与可靠性,保障电力供应的持续稳定。

4 数字化监测系统构建

4.1 系统架构设计

数字化监测系统采用先进的分层分布式架构,主要由感知层、传输层、数据层和应用层构成,各层紧密关联,共同推动系统有序运转。

感知层宛如系统的“神经末梢”,在电网各个关键节点分布着大量传感器,它们如同不知疲倦的“侦察兵”,时刻保持敏锐,实时采集电流、电压、温度等各类电网运行数据,不放过任何细微变化。传输层则像一条高效的“信息高速公路”,运用光纤通信的高速稳

定、无线通信的灵活便捷等技术手段,将感知层采集到的数据快速、稳定地传输至数据层。数据层作为数据的“大管家”,负责数据存储、管理与预处理,通过建立高效的数据索引和清洗机制,为上层应用提供准确、可靠的数据支撑。各层分工明确、协同工作,保障系统高效运行,为电网故障定位等应用筑牢根基。

4.2 硬件设施布局

硬件设施是数字化监测系统稳定运行的关键。在变电站等电网核心位置,部署高精度电气量与非电气量传感器。前者能精准测量电流、电压、功率等关键参数,提供反映电网电气特性的数据;后者监测设备温度、振动等状态,全方位把控设备运行情况^[4]。

同时,配备强大的边缘计算设备,在数据源头对海量数据进行初步筛选、分析,减轻传输压力。此外,搭建可靠通信网络,作为数据交互的桥梁,实现数据高速传输,保障各硬件设施间数据交互顺畅,确保整个系统高效、协调运转,为电网数字化监测筑牢基础。如图1所示:

4.3 软件功能实现

软件功能在极大程度上决定了数字化监测系统的智能化水平,其涵盖的功能丰富且关键。

数据处理分析功能堪称基石,面对源源不断产生的海量原始数据,能迅速执行清洗操作,去除噪声数据,再进行细致分类,将各类数据归位,深度挖掘其中价值,精准提取关键信息。故障诊断功能则是核心,依据数据分析结果,结合智能算法,快速且准确地判断电网故障类型与位置,为及时抢修提供有力依据。可视化展示功能极具实用性,把抽象的电网运行状态、故障信息转化为直观的图表、图形呈现,运维人员一眼就能实时掌握情况。此外,软件还具备良好兼容性与扩展性,能轻松对接各类新硬件、新数据格式,便于后续持续进行功能升级与系统优化。

5 技术应用难点与应对策略

5.1 常见技术应用难题

在电网故障定位中应用数字化监测技术,存在三大难题。

一是数据传输延迟。电网覆盖广,从城市到乡村,监测点遍布各处,数量庞大。大量数据同时传输时,极易引发网络拥堵,导致故障数据无法及时抵达分析中心,延误故障定位与处理,严重影响电网正常运行和电力供应^[5]。二是监测设备兼容性不足。不同厂家的设备通信协议和数据格式差异大,构建统一监测系统时,设备间难以协同,就像不同“语言体系”的个体,不仅增加系统集成难度,还干扰数据采集与分析的准确性和连贯

性。三是算法适应性欠佳。电网环境复杂，故障类型多样，从简单线路短路到复杂设备故障都有，现有算法难

以全面、精准适配各种故障场景，致使故障诊断和定位效果不理想。

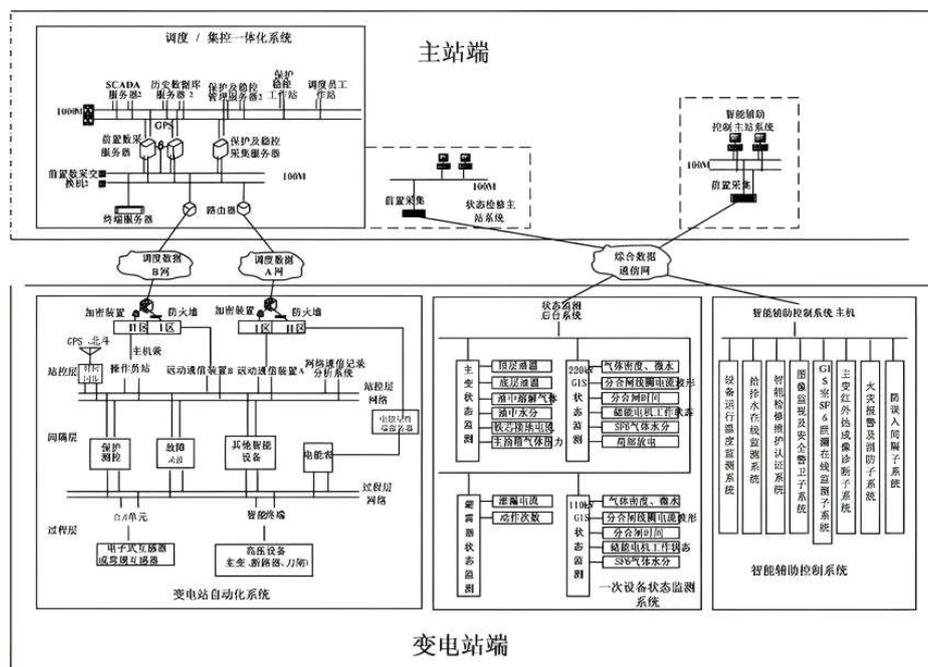


图1 电网系统架构图

5.2 针对性解决思路

针对数据传输延迟，可优化网络架构，采用分布式数据处理方式，在靠近监测点处进行初步数据处理，减少传输数据量，同时引入5G等高速通信技术，提升数据传输速率。解决监测设备兼容性问题，需制定统一行业标准，规范设备通信协议与数据格式，厂家按标准生产设备，便于系统集成；也可开发中间转换接口，实现不同设备数据的统一解析。为提升算法适应性，收集大量故障数据，建立故障样本库，运用机器学习、深度学习技术对算法进行训练与优化，使其能智能识别各类故障特征。

5.3 未来发展挑战与展望

未来，社会发展与能源需求增长推动电网规模扩张和智能化加速，对故障定位技术提出更高要求。分布式能源如太阳能、风能发电大量接入，电网结构越发复杂，潮流分布多变，故障特性显著改变，以往技术和算法难以适应，持续更新技术和算法迫在眉睫。

与此同时，数字化转型下电力监控系统面临数据泄露、篡改等网络安全威胁，保障监测系统数据安全与稳定运行极为关键，电力企业需从技术、管理等多方面加强防护体系建设。

不过，大数据、人工智能、物联网等技术的融合发展，为数字化监测技术在电网故障定位领域带来广阔前景，有望实现故障快速、精准定位，为电网安全运行筑

牢根基，助力电力行业智能化、高效化发展。

6 结语

本研究聚焦数字化监测技术在电网故障定位中的应用，剖析了其原理、关键技术，将之与传统方法融合，优化定位流程，并搭建了数字化监测系统，探讨了应用难点与应对策略。研究表明，数字化监测技术优势显著，极大提升了故障定位的效率与准确性。尽管当前面临数据传输、设备兼容等挑战，但随着技术发展，这些问题将逐步解决。展望未来，随着大数据、人工智能等技术的深度融合，数字化监测技术在电网故障定位中前景广阔，将为电网安全稳定运行提供更加坚实的保障，有力推动电力行业的智能化转型升级。

参考文献

- [1]张骥,崔晓娟,贾兵.配电网中的故障定位技术分析及应用[J].科学与信息化,2024(18):80-82.
- [2]李奔,张宇东.在线监测技术在智能电网输电线路中的应用[J].光源与照明,2024(11):69-71.
- [3]谢初旭.配电网故障定位中的自动化技术应用[J].消费电子,2024(10):111-113.
- [4]龚宇.数字化技术在乡村电力监测与运维中的应用与展望[J].中国科技期刊数据库 工业A,2024(5):0044-0047.
- [5]赵娜.配电网故障抢修中的可视化通信技术应用研究[J].通信电源技术,2024,41(4):37-39+43.