

Research on intelligent fault diagnosis and location technology of electrical distribution system

Kexiang Jia

Production service support center of the first oil extraction plant of North China Oilfield Company, Renqiu, Hebei, 062552, China

Abstract

In recent years, with the continuous development of intelligent technology, the application of intelligent fault diagnosis and location technology in power distribution system has been gradually promoted. These technologies realize real-time monitoring and fault diagnosis of power distribution system by using advanced sensor, data acquisition and analysis technology, and provide a strong guarantee for the safe operation of power system. The purpose of this paper is to discuss the intelligent fault diagnosis and location technology of electrical distribution system, in order to deal with the problems such as the lack of timeliness of traditional fault diagnosis, the insufficient application of intelligent technology and the passive repair and maintenance mode. Based on the in-depth study of intelligent fault diagnosis and location technology, this paper presents an optimization strategy to realize all-weather real-time monitoring and accurate fault prediction of distribution system.

Keywords

distribution electrical system; Intelligent fault diagnosis; Positioning technique

配电电气系统的智能故障诊断与定位技术研究

贾克祥

河北省华北油田公司第一采油厂生产服务保障中心, 中国·河北 任丘 062552

摘要

近年来,随着智能化技术的不断发展,智能故障诊断与定位技术在配电系统中的应用逐渐得到推广。这些技术通过利用先进的传感器、数据采集和分析技术,实现对配电系统的实时监测和故障诊断,为电力系统的安全运行提供了有力保障。本文旨在探讨配电电气系统的智能故障诊断与定位技术,以应对传统故障诊断时效性不足、智能化技术应用不足以及被动式维修和维护模式等问题。通过对智能故障诊断与定位技术的深入研究,本文提出了优化策略,旨在实现对配电系统的全天候实时监测和精确故障预测。

关键词

配电电气系统; 智能故障诊断; 定位技术

1 引言

配电电气系统作为电力系统的重要组成部分,其稳定运行对于保障电力供应的可靠性和安全性具有重要意义。然而,随着电网规模的扩大和复杂性的增加,配电系统面临的故障风险也在不断增加。传统的故障诊断和定位方法往往依赖于人工巡检和经验判断,存在时效性不足、准确性不高以及运维成本高昂等问题。因此,开展配电电气系统的智能故障诊断与定位技术研究,对于提高电力系统的运行效率和安全性具有重要意义。

2 智能故障诊断的主要步骤

2.1 故障监测与预警

在智能故障诊断的过程中,首要环节是故障监测与预警。这一步骤充分利用物联网技术,实时监测配电电气系统的运行状态,涵盖电压、电流、温度等一系列关键参数。通过部署的智能分析系统,对采集到的监测数据进行即时且深入的分析。一旦系统检测到任何异常数据或趋势,如电压波动、电流过载或温度异常升高等,便会立即触发预警机制,运维人员能够迅速响应,及时采取相应的预防或纠正措施。

2.2 故障定位与诊断

在智能故障诊断的体系中,利用先进的故障录波装置,精准记录故障发生前后的电气量波形,通过专业的波形分析技术,能够迅速确定故障的具体类型和准确位置。同时,结合强大的专家系统和大数据分析技术,对故障信息进行深度

【作者简介】贾克祥(1973-),男,中国山东阳谷人,本科,工程师,从事配电网系统研究。

的挖掘和细致的分析，旨在快速且准确地诊断出故障的根本原因。此外，系统还具备微秒级的瞬态异常捕捉与预警能力，以及毫秒级的扰动源精准定位功能，这不仅实现了系统异常的即时诊断，还提供了专家系统评估及联合分析报告等多种高级功能，为故障的精准定位和高效解决提供了有力的技术支持^[1]。

2.3 故障隔离与恢复

在智能运维体系中，故障隔离与恢复扮演着至关重要的角色。一旦诊断出故障，智能运维系统可以迅速响应，根据具体情况自动或手动隔离故障区域，从而有效防止故障进一步扩大，确保整个电力系统的稳定运行。同时，系统会依据故障的具体类型和位置，迅速制定并实施针对性的故障恢复方案，力求在最短的时间内恢复电力系统的正常运行，最大限度地减少故障对生产和生活的影响。

3 智能故障诊断的关键技术

3.1 分布式故障录波技术

这一技术主要依托于 IEC61850 标准中的 GOOSE 协议快速报文技术。GOOSE 协议以其高效、灵活的特点，确保了故障信息的可靠、稳定及实时传输。在配电系统中，当发生故障时，各个监测点能够迅速捕获故障发生前后的电气量波形，并通过 GOOSE 协议将这些波形数据实时上传至处理单元，如图 1 所示。此外，为了确保故障录波数据的准确性和一致性，该技术还采用了时钟同步技术，确保所有监测点的时间基准一致。同时，结合波形对齐算法技术，可以实现对不同监测点录波数据的精确对齐，从而生成更为准确的故障分析报告。该技术不仅能自动生成分布式评估报告，还能实现跨区域、跨电压等级的配电系统关联性分析，为运维人员提供全面的故障信息，便于他们快速定位并解决问题^[2]。

3.2 视频 AI 与智能巡检

这一组合通过“数字化平台+智能巡检”的方式，显著提升了配电系统的运维效率。数字化平台作为智能巡检的基础，能够整合来自各种设备的数据，包括高清摄像头（如可见光摄像头、红外热成像仪）捕捉的图像信息以及环境监测仪器的数据。视频 AI 和图像智能识别与分析技术则是这一组合的核心。通过训练深度学习模型，系统能够自动识别和分析图像中的异常现象，如设备过热、振动异常等。此外，智能巡检系统还能根据预设的巡检路线和时间表，自动执行巡检任务，并在发现异常时及时发出警报。

3.3 高压开关柜局放监测

在电力系统中，高压开关柜作为重要的配电设备，其运行状态的稳定与否直接关系到整个电力系统的安全可靠性。为了实时掌握高压开关柜的健康状态，采用了高压开关柜局放监测技术。该技术主要依赖于高精度传感器，这些传感器具有极高的灵敏度和准确性，能够捕捉到伴随局部放电产生的微弱超声波及电磁波辐射。局部放电是高压设备中常见的一种故障现象，如果不及时发现并处理，很容易引发更严重的故障，甚至导致设备损坏或系统停电。

3.4 断路器健康监测

断路器作为电力系统中用于控制和保护电路的关键设备，其健康状态对整个系统的安全稳定运行至关重要。在断路器的使用过程中，开断电流和带电开合次数是衡量其寿命的关键因素。随着使用时间的增加，断路器内部的机械部件和电气部件会逐渐磨损，导致其性能下降，甚至可能引发电路安全问题。为了有效监测断路器的健康状态，采用断路器健康监测技术。该技术通过实时监测断路器的开断电流和带电开合次数，结合先进的算法模型，对断路器的剩余寿命进行精准预测。这样，就可以在断路器即将达到寿命极限之前，提前进行更换或维修，从而避免因断路器老化带来的电路安全问题。这一技术的应用，不仅提高了电力系统的安全性和可靠性，还为运维人员提供了科学的决策依据，降低了运维成本。

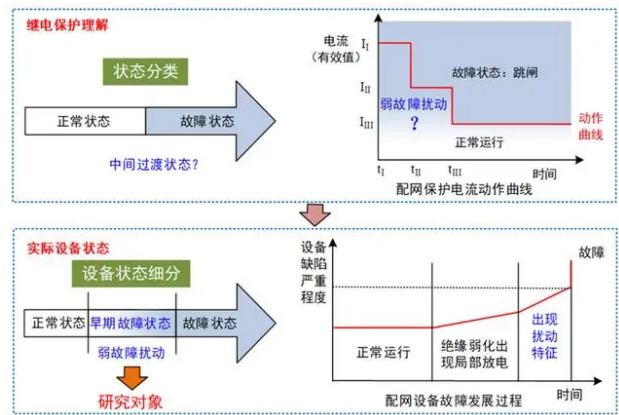


图 1：智能诊断与定位技术

4 智能故障诊断与定位技术缺陷

4.1 故障诊断与定位的时效性不足

传统的配电电气系统运维模式主要依赖于人工巡检、纸质文档记录及电话通讯等方式，难以迅速应对故障情况。从设备故障初现至运维人员察觉并赶赴现场进行诊断与定位，其间存在显著的时间延迟。这种滞后不仅会对电网的稳定供电造成干扰，还会对人们的生产、生活带来诸多不便。特别是面对突发事件，传统的运维手段往往难以迅速、有效地作出响应，可能导致故障扩大，甚至酿成严重的安全事故。

4.2 智能化技术应用不足

随着科技的不断发展，配电电气系统的智能控制日益受到关注。然而，当前众多配电电气系统，尤其是老旧配电房，尚未采用智能技术进行运营管理，导致运行过程中无法实时监测其状态，难以及时发现并处理潜在的安全隐患。智能技术在工程应用中的不足，不仅降低了运营效率，还增加了运行成本及安全风险。

4.3 被动式的维修和维护模式

当前，配电电气系统的检修与维护工作大多采取被动模式，即仅在发生故障或接到用户反馈后才进行检修。这种模式导致运维人员在故障发生后难以及时察觉并迅速处理，

严重影响了供电企业的应急响应能力和供电品质。此外,传统的检修与维护手段还常常导致运维企业无法及时响应用户需求,难以满足用户日益增长的用电需求和服务质量期待。这种被动的运维方式不仅降低了客户满意度,还制约了运营商的发展与竞争力的提升^[1]。

5 配电电气系统的智能故障诊断与定位的优化策略

5.1 提升故障诊断与定位的时效性

运用物联网技术和多种尖端传感技术,实现配电电气系统的全天候不间断监控,以迅速消除故障带来的时间延迟。该综合监测系统将对用电设备及其所处环境的实时状况进行全面采集与整合,一旦检测到异常数据或错误信号,将立即通过自动控制系统或相关手机APP通知维修人员。同时,本项目还将借助大数据分析和人工智能算法等技术,实现对故障的精准预测与判断。各传感器的温度、湿度、电压、电流、烟气、振动等参数均保持在规定范围内,表明配电电气系统当前运行状态良好。

基于历史数据,人工智能的故障预测模型预测当前故障发生的可能性为2%,属于较低风险等级,意味着短期内出现故障的可能性不大。尽管当前状况良好且故障风险较低,但人工智能的错误预测模型仍建议增加巡检频次。此外,配电电气系统的电气系统还采用了可扩展的无线路由,当主站监控系统接收指令时,其远程控制功能可替代部分专业维修人员,将信息监测与采集功能与中压、低压及终端配电断路器相结合,实现对电流、电压等电气参数的实时监控。一旦报警信息发出,系统可智能关联相关辅助装置,对潜在意外情况作出反应,防止事故性质进一步恶化。

5.2 加强智能化技术的应用

鉴于当前智能技术在企业中的应用尚显不足,运营商加大对智能技术的投资与研究显得尤为关键。对现有配电电气系统实施智能化升级,将信息监测与采集功能融入中压、低压及终端配电断路器中,并引入智能电表、智能开关及智能断路器等先进设备,以实现配电电气系统的远程监控与管理。即便用户身处异地,也可通过手机等移动设备实时了解配电设备的运行状态。同时,运用云计算、大数据等先进技术构建配电电气系统运营管理平台,实现运行数据的集中存储与深入分析,为配电电气系统的故障诊断与精准定位提供强有力的数据支持。

5.3 转变维修和维护模式

为应对传统维修与保养模式所带来的挑战,运营商亟需转变其维护与保养的观念及手段。首要任务是建立积极的维护与保养体系。该体系依托于前沿的研究技术和先进的维修工艺,旨在最大程度地延长机械的使用寿命,并从根本上解决各类装备部件在运行过程中出现的失效问题。与被动维修有所不同,主动维修更侧重于预防性维护,通过周期性地检测与评估设备状态,及时发现潜在问题的征兆,从而达成

预防维修的目标。

在此基础上,积极维护还需构建一套量化的维护与检测系统,并细致规划维修日程。相关人员需负责分配系统的日常巡检与维修任务,及时发现并解决潜在的安全隐患。进一步地,可引入预测维修方法,对配电键部件实施状态监控与寿命预测,进而显著提升配电电气系统运行的可靠性与安全性。预测维修是一种融合了海量历史数据与先进算法模型的智能维修手段,能够实时监控电网的整体运行状态,提前预警潜在的故障,及时进行维修干预,有效规避因设备故障引发的电网安全隐患。借助先进的监控设备,可以实现24小时不间断地对输配电电气系统的关键设备进行实时监测,轻松获取这些设备的各项参数与相关数据。通过对这些数据的分析,可以准确评估设备的运行状态,为后续的维护措施提供坚实的基础。

当观测到设备中某些参数出现异常趋势时,应立即采取行动进行维护保养,以防设备发生故障。通过对装备在各个阶段所累积的各类数据进行深入研究与细致分析,可以构建出精准的装备寿命预测模型,进而对装备的使用寿命做出准确预估。这样一来,就能在设备需要更换之前,预先规划并实施相应的替代策略,从而将设备故障对配电系统造成的不利影响降至最低。

与此同时,通过实时监控设备的运行状态,能够迅速介入并采取相应措施,最大限度地降低设备故障对配电电气系统正常运行构成的潜在威胁。为操作人员提供关于分闸、手动脱扣、电气脱扣、失电等故障事件的详尽分析报告,深入剖析可能的原因,并提出具有针对性的供电恢复方案。采用上述方法,能够在故障发生时迅速而准确地定位到具体的设备或线路,从而极大地缩短了故障排查的时间周期。据统计,采用该智能监测系统后,故障定位的时间可缩短50%^[4]。

6 结语

当前社会对电网稳定可靠运行的需求日益迫切,因此配电电气系统智能化故障诊断与定位显得尤为重要。鉴于我国工业、商业及居民用电需求的持续增长,配电电气系统作为电网的关键组成部分,其稳定运行对于确保供电安全与连续性具有至关重要的作用。为了提升配电电气系统的运行效率,实现全天候的实时监控与精确的故障预警,可以有效减少故障对配电电气系统的影响。本课题不仅具有深远的科学意义,还拥有广泛的应用前景。

参考文献

- [1] 李科汛.基于边缘算法的配电网设备故障与智能监测系统分析[J].集成电路应用,2024,41(6):230-23(一)
- [2] 马莉莉.基于船舶供电系统的电气设备故障维护技术[J].新一代信息技术,2022,5(6):43-46,110.
- [3] 陈伟.基于云数据的电气化工程配电网调度运行系统分析[J].通信电源技术,2024,41(16):49-5(一)
- [4] 陈靖宇,廉雨晨.基于光纤通信技术的电气配电网监测系统设计[J].通信电源技术,2024,41(22):1-(三)