

配电网中的电力故障检测与自动恢复技术

李兴海

国网郑州供电公司, 河南 郑州 450000

[摘要]配电网是现代电力系统中的重要组成部分,其稳定性和可靠性直接影响到社会的正常用电。随着配电网自动化技术的快速发展,电力故障检测与自动恢复技术逐渐成为提升配电网智能化水平的重要手段。文中深入分析了配电网电力故障检测的技术现状与发展趋势,并探讨了电力故障自动恢复技术的应用。通过研究故障检测算法、恢复策略以及故障自动定位与隔离技术,文中提出了一种结合大数据与人工智能的电力故障检测与恢复系统,旨在提高配电网故障恢复速度,减少停电时间,保障电力系统的安全性和可靠性。

[关键词]配电网; 电力故障检测; 自动恢复; 智能化; 大数据

DOI: 10.33142/hst.v8i1.15165

中图分类号: TM727

文献标识码: A

Power Fault Detection and Automatic Recovery Technology in Distribution Network

LI Xinghai

State Grid Zhengzhou Power Supply Company, Zhengzhou, He'nan, 450000, China

Abstract: The distribution network is an important component of modern power systems, and its stability and reliability directly affect the normal electricity consumption of society. With the rapid development of distribution network automation technology, power fault detection and automatic recovery technology has gradually become an important means to improve the intelligence level of distribution networks. The article provides an in-depth analysis of the current status and development trends of power fault detection technology in distribution networks, and explores the application of automatic power fault recovery technology. By studying fault detection algorithms, recovery strategies, and automatic fault location and isolation technologies, this paper proposes a power fault detection and recovery system that combines big data and artificial intelligence. The aim is to improve the speed of fault recovery in the distribution network, reduce power outage time, and ensure the safety and reliability of the power system.

Keywords: distribution network; power fault detection; automatic recovery; intelligentization; big data

引言

配电网作为电力系统的末端环节,承载着向终端用户提供电能的责任。随着用电需求的增长和配电网规模的扩大,电力故障发生的频率和复杂性也在不断增加。传统的故障检测与恢复方式已经难以满足现代电力系统的需求,因此,发展智能化、高效的故障检测与自动恢复技术显得尤为重要。近年来,随着信息技术、物联网、大数据以及人工智能技术的快速发展,配电网的自动化水平得到了显著提高,电力故障的检测、定位与恢复效率大大提升。本文将探讨这些技术如何协同作用,以实现高效的电力故障管理。

1 配电网电力故障检测的现状与挑战

1.1 配电网故障的类型与特点

配电网故障的种类较为复杂,通常可分为短路故障、接地故障和设备故障等。短路故障是最常见的类型,通常发生在线路之间或线路与地面之间,电流过大会导致设备损坏。接地故障则是由于电网接地不良或设备绝缘破损造成的,通常伴随有电压不稳定的现象。设备故障通常与变压器、断路器、配电板等电力设施的老化、损坏或操作失误相关。每种故障类型具有不同的产生原因和表现形式,

因此对故障的准确诊断和处理需要对故障类型及其特征进行全面了解。此外,配电网故障的发生地点、持续时间及其对供电系统的影响程度也各不相同,给故障检测带来了不小的挑战^[1]。

1.2 配电网故障检测的传统方法

传统的配电网故障检测方法依赖于人工巡视和简单的电压、电流监测。这些方法通常依赖人工经验判断,响应时间长且容易受到人为因素的影响。电压和电流监测虽然能够一定程度地检测到异常情况,但对于一些细微的故障或位置较为隐蔽的故障,传统方法往往难以做到及时准确地发现。特别是在大型配电网中,故障发生的地点较为分散,传统方法需要大量的人力进行巡检,效率低下,且可能错过故障发生的最佳处理时机,造成停电时间的延长和经济损失^[2]。

1.3 新兴技术在故障检测中的应用

近年来,随着传感器技术、智能终端设备和自动化系统的发展,配电网故障检测的技术手段得到了显著提升。现代传感器能够实时监测配电网中的电压、电流、温度、湿度等多项参数,并通过数据采集系统将信息传输到后台分析系统。这些数据可以用于实时监控配电网的运行状态,

并在出现异常时迅速报警。结合大数据分析和人工智能技术,系统不仅能够提高故障检测的时效性,还能够海量数据中快速筛选出有可能发生故障的区域,为故障定位和恢复提供有力支持。例如,通过对历史数据的深度学习,人工智能能够预测潜在的故障发生,从而提前做好应对准备,显著提高故障检测的准确性和响应速度。此外,智能终端设备的普及也使得配电网的自动化水平得到了进一步提升。通过智能化的设备,配电网能够自动进行故障诊断、定位和隔离,从而大大提高了故障检测与处理的效率。

2 电力故障检测技术的算法研究

2.1 故障检测的基本原理与方法

电力故障检测的基本原理主要依赖于对电网运行状态的实时监测,并通过分析电流、电压波形的异常来识别故障。传统的故障检测方法包括基于负序分量的故障检测法和基于波形分析的故障检测法。负序分量法通过分析电网中电流或电压的负序分量,判断是否存在故障。当配电网发生对称或不对称故障时,负序分量会出现明显的变化,因此该方法能有效地检测出不同类型的电力故障。波形分析法则通过对电压、电流波形的时域或频域分析,识别电力系统的异常波形特征,进一步判断是否发生故障。这些方法能在一定程度上提高故障检测的准确性,但对于复杂和动态变化的电力故障,仍然存在一定的局限性。

2.2 基于机器学习的故障检测技术

随着人工智能技术的发展,机器学习,尤其是深度学习技术在电力故障检测中的应用逐渐展现出强大的潜力。机器学习通过对大量历史故障数据的学习,能够自动识别不同类型的电力故障。典型的机器学习算法如支持向量机(SVM)、决策树、随机森林等,在故障检测中被广泛应用。这些算法可以根据训练数据建立模型,识别出正常运行与故障状态的不同特征。近年来,深度学习模型,尤其是卷积神经网络(CNN)和循环神经网络(RNN),因其在处理时序数据和图像数据中的优势,成为电力故障检测中的重要工具。深度学习算法能够通过多层次的特征抽取,自动识别和分类复杂的故障模式,极大地提高了故障检测的准确性和实时性。

2.3 基于大数据的故障检测与预警系统

随着配电网中传感器的普及,实时数据的采集量呈爆炸式增长。大数据技术的应用使得配电网中的海量数据能够被高效存储、处理与分析,从而实现故障的实时监控和预警。通过数据挖掘和模式识别技术,可以从海量的运行数据中提取出潜在的故障信息,进行趋势分析和异常检测。基于大数据的故障检测系统能够实现故障的早期预警,甚至在故障发生前根据历史运行数据预测故障的发生概率,从而为运维人员提供及时的故障警报,减少故障的发生率,提升配电网的安全性和可靠性。此外,大数据技术还可以帮助构建精准的故障模型,进一步优化故障定位与

恢复策略,实现配电网的智能化管理^[3]。

3 电力故障自动恢复技术的研究

3.1 配电网自动恢复的基本概念

配电网自动恢复技术是指在发生电力故障时,配电系统能够自动识别故障、隔离故障区段,并迅速恢复供电的技术。该技术通过智能化设备与系统的协同作用,使得故障发生后无需人工干预即可实现快速反应,最大限度地减少停电时间和影响范围。自动恢复系统的核心目标是实现配电网的“自愈”,即在出现部分故障时,能够迅速隔离故障区域,保持其他区域的正常供电,同时对故障区段进行恢复。通过这一过程,电力公司能够显著提升供电可靠性,减少对用户的经济损失和生活影响^[4]。

3.2 自动化恢复系统的设计与实施

配电网的自动化恢复系统通常由故障检测、故障隔离和恢复供电三大部分组成。首先,故障检测部分利用传感器和智能终端设备实时监测电网状态,发现异常情况并判断是否为故障。其次,故障隔离部分根据故障类型和位置,自动控制智能开关,迅速断开故障区域,避免影响到其他正常运行的部分。最后,恢复供电部分通过自动重合闸等技术实现故障区域的恢复。在实施过程中,自动化恢复系统的优势在于能大幅提升故障响应速度,减少停电时间。然而,其不足之处在于对设备的依赖较高,且在大规模故障时仍可能需要人工干预,导致系统的恢复效率受到一定限制。

3.3 故障自愈系统与智能开关的应用

智能开关和自动重合闸是配电网自动恢复技术中的关键设备。智能开关能够根据实时检测到的故障信号自动切换线路,并有效地隔离故障区域,防止故障扩展。自动重合闸技术则允许在短时间内恢复供电,对暂时性故障进行自恢复,确保在不干扰其他区域供电的情况下,快速修复故障。智能开关与自动重合闸的结合使配电网具备了较高的自愈能力,能够在较短的时间内完成故障处理,减少用户的停电时间。这些设备在现代配电网中广泛应用,成为保障电力供应稳定性的重要手段。

4 故障定位与隔离技术

4.1 故障定位的基本方法

故障定位是配电网中电力故障诊断的关键环节,旨在确定故障发生的精确位置。传统的故障定位方法主要依赖于短路电流法,该方法通过监测电流变化来推测故障位置。通常,故障发生时,线路的电流会显著增大,通过分析电流波动,可以初步判断故障的位置。然而,该方法对于多故障、复杂故障的识别能力较弱,且定位精度有限。随着智能技术的发展,现代故障定位方法引入了数据采集与处理技术,结合电压、电流、频率等参数进行多维度分析。智能定位技术利用传感器实时采集电网各个节点的数据,通过算法模型精确定位故障位置。例如,基于相量测量的

故障定位方法通过计算电压、电流相量的变化,快速确定故障发生点,并且能够适应复杂故障类型和大规模电网,提升定位准确性和实时性^[5]。

4.2 电力系统中的故障隔离技术

故障隔离是电力系统中减少故障影响并确保电网其余部分稳定供电的关键技术。配电网中的自动化开关设备,如智能开关、自动断路器等,在故障隔离中起到至关重要的作用。当故障发生时,开关设备会通过远程自动控制或故障检测系统的指令迅速断开故障线路,并切换至备用线路供电,从而确保非故障部分的电力供应不受影响。快速断开故障点不仅有助于防止故障的蔓延,还能减少设备损害,降低对电力系统的长期影响。此外,自动重合闸技术在故障隔离中也得到了广泛应用,它能在故障被隔离后,自动尝试恢复供电,若故障消除,则重新接入电网,确保尽快恢复正常供电。

4.3 故障恢复与隔离的协同优化

故障恢复与隔离的协同优化是在故障发生后,配电网中故障定位、隔离和恢复三个过程的紧密合作。故障定位的准确性直接影响到隔离和恢复的效率,因而必须确保在故障发生后,定位技术能够迅速提供故障点的信息,便于自动化开关设备进行有效隔离。隔离技术则确保故障区段与其他正常运行区域相隔离,避免对供电的其他部分造成影响。故障恢复技术则通过自动重合闸或其他恢复手段,尽快恢复供电。通过这种协同机制,可以大大提高故障处理的速度和准确性,减少停电时间,提高电网的可靠性与安全性。

5 电力故障检测与自动恢复系统的前景与挑战

5.1 系统集成与智能化发展趋势

随着人工智能、大数据和云计算等技术的不断发展,配电网的故障检测与自动恢复系统正朝着更加智能化和高效化的方向发展。人工智能可以通过深度学习等技术优化故障检测算法,提升故障识别的准确性和响应速度;大数据技术则能够处理和分析海量的运行数据,挖掘潜在故障的模式,提前预警故障发生;云计算则通过提供强大的数据存储和计算能力,使得系统能够在不同区域和环境中高效协同。

5.2 电力故障检测与恢复技术的挑战

尽管配电网的故障检测与自动恢复技术取得了显著进展,但在实际应用中仍面临一些挑战。首先,数据传输延迟仍是制约系统响应速度的瓶颈,尤其是在大规模电网环境下,如何保障数据实时性和准确性是一个亟待解决的问题。其次,设备成本较高,尤其是高端传感器和智能开关的投资较大,可能限制了其在一些地区的普及应用。最

后,系统的兼容性问题也较为突出,许多老旧设备与新技术之间的兼容性差,导致系统整体协同能力不足。因此,如何解决这些问题,提高技术的可行性和普适性,是未来发展的重点。

5.3 未来研究方向

未来,配电网故障检测与自动恢复技术的研究将围绕多个方向展开。首先,多种传感技术的融合将成为研究热点,通过集成不同类型的传感器,提升故障检测的精度与覆盖范围。其次,网络安全将成为电力系统智能化发展中的重要议题,尤其是在数据传输和云平台中,如何保证数据安全和系统的防护能力,将是研究的关键。此外,人工智能与边缘计算的结合也可能成为未来的趋势,通过在边缘节点实现快速的数据处理和决策,进一步提升系统响应速度与效率。

6 结束语

本文深入探讨了配电网中的电力故障检测与自动恢复技术,分析了传统方法与新兴技术在这一领域的应用。通过对各类检测算法、恢复策略以及故障定位技术的探讨,提出了结合大数据与人工智能的电力故障管理系统,显著提升了配电网的智能化与自动化水平。尽管当前技术在实际应用中面临一定挑战,但随着技术的不断进步,配电网的故障检测与恢复系统将变得更加高效、可靠。未来,配电网将朝着更加智能化和自愈化的方向发展,为电力系统的安全稳定运行提供更有力的保障。

[参考文献]

- [1]王洪亮,秦福祥,原璐璐,等.基于拓扑识别与人工智能算法的配电网线损率计算方法[J].自动化技术与应用,2024(12):19.
- [2]王要强,李午祥,韩婧,等.极端天气下配电网韧性评估及提升研究综述[J].电力建设,2024,12(19):18.
- [3]龚钢军,常卓越,陈志敏,等.网络安全视角下配电网数据资产分类分级探讨[J].华北电力大学学报(自然科学版),2024,12(19):14.
- [4]罗涛,赵高帅,闫大威,等.考虑配电网主动重构的分布式光伏消纳能力概率化评估方法[J].电力系统及其自动化学报,2024,12(19):11.
- [5]余涛,王梓耀,孙立明,等.支撑新型配电网数字化规划的图模数融合关键技术[J].电力系统自动化,2024,12(19):24.

作者简介:李兴海(1980.5—),男,河南省郑州市人,汉族,大专生,助理电力工程师,就职于国网郑州供电公司,从事配电运检工作。