

配网工程电力电缆故障智能化诊断技术研究

王晓慧¹, 杨 帅²

(1. 山东中茂实业集团有限公司宁津分公司, 山东 德州 253400;

2. 德州市光明电力服务有限责任公司宁津分公司, 山东 德州 253400)

摘 要 面对日益紧张的全球能源供需矛盾, 为保证社会生产生活的有序进行, 稳定充足的电能供应至关重要。在此背景下, 电力系统的建设规模逐渐扩大, 复杂程度显著提升。特别是作为电力系统的末端环节, 配网的运行质量直接影响到电能的输送, 开展电力电缆故障智能化诊断, 成为提升配网运维水平、筑牢供电安全防线的必然趋势。本文首先从配网工程电力电缆故障类型与诱因入手, 随后讨论了主要的智能化诊断技术, 最后对配网工程电力电缆故障智能化诊断技术发展趋势展开了分析, 以期对相关运维工作提供参考。

关键词 配网工程; 电力电缆; 智能化诊断

中图分类号: TM755

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2026.21.009

0 引言

在配网工程中, 电力电缆以其可靠性高、受外界影响小、占地面积少等优势得到了广泛的应用。在科技不断发展、智能电网建设水平逐步提升的推动下, 对于配网电力电缆故障诊断工作提出了更高的要求, 通过智能化诊断技术的运用, 能够有效提升配网的运维管理水平, 为电力的安全、稳定供应提供保障。

1 配网工程电力电缆故障类型与诱因

1.1 电缆故障类型

1. 接地故障。接地故障主要指的是电缆一相或多相导体与大地或其他接地体之间发生电气连接, 造成了电流的泄漏。在配网电缆中, 接地故障主要涉及单相接地故障、两相接地故障、三相接地故障。其中, 单相接地故障主要是受到电缆绝缘层破坏或者老化以及外力破坏等因素的影响; 两相接地故障与三相接地故障是在电缆遭受严重外力破坏或绝缘性能严重下降的情况下所产生的^[1]。

2. 短路故障。短路故障主要由于电缆两相或多相导体之间直接接触, 或通过电弧等介质形成电气连接, 最终造成电流的急剧增大。通常相间短路故障和相对地短路故障较为常见, 相间短路故障主要受电缆绝缘层击穿、导体裸露、外部破坏等因素的影响; 相对地, 短路故障主要是受导体与大地之间电气连接问题的影响。

3. 断线故障。断线故障出现的主要原因是电缆的一根或多根导体出现断裂问题, 影响了电流的正常传

输, 通常与电缆遭受外力拉扯、疲劳断裂、挤压等因素有关, 不仅会造成供电的中断, 同时还会影响用户的正常用电^[2]。

4. 闪络性故障。闪络性故障问题主要由于电缆在高压作用下绝缘层出现了局部击穿问题, 最终形成间歇性电弧放电。并且, 此种故障问题隐蔽性较强, 定位难度较大, 通常在电缆的终端头、中间接头等区域出现较多, 与绝缘层受潮、老化或缺陷等因素有关。

5. 绝缘故障。在电缆绝缘性能下降的过程中, 将会引发绝缘故障, 造成电流的泄漏或绝缘电阻的降低。当电缆长期运行受到潮湿、老化以及化学腐蚀等因素影响的过程中, 绝缘故障发生率较高, 一旦处理不及时, 不仅会发展为接地故障或短路故障, 同时将对电缆的安全运行产生严重威胁。

1.2 电缆故障主要诱因

通过上述对电缆故障类型的分析可知, 造成电缆故障的主要原因涉及以下几个方面: 从绝缘老化层面来讲, 在长期运行的过程中, 电缆绝缘材料受到温度、湿度、电场等多种因素的影响, 逐步出现老化、变质等问题, 影响绝缘性能。特别是在高温、潮湿、腐蚀等恶劣环境下会加快电缆的绝缘老化。从外力破坏角度来看, 由于电缆深埋地下, 当受到外界挖掘、撞击、施工等破坏的影响, 会造成电缆故障问题, 比如说车辆撞击电缆沟、电缆井, 将造成电缆损坏, 在开展城镇化建设的过程中, 施工阶段缺少对电缆走向情况的综合了解, 挖掘过程中无意间造成电缆的破坏。从受

作者简介: 王晓慧 (1993-), 女, 本科, 工程师, 研究方向: 配网工程。

潮进水层面进行分析,如果电缆的终端头、中间接头等部分出现密封不严的情况,就会为水分的浸入提供机会,造成绝缘层受潮,影响绝缘性能,特别是在电缆敷设的过程中,如果受到水源和潮湿土壤的影响,将直接造成绝缘层受潮。从过电压角度来看,网系统中存在雷电过电压、操作过电压等多种过电压因素,会造成电缆绝缘层击穿,进而引发故障问题,特别是在雷电活动频繁的区域,电缆遭受雷电过电压袭击的概率更高。从维护角度来讲,由于电缆维护管理不到位,缺少定期的检查和及时的维修,造成电缆故障的出现,比如说如果长期未进行电缆终端头、中间接头等部位的检查维护,就会出现发热、松动等情况,进而加大故障问题发生的可能^[3]。

2 配网工程电力电缆故障智能化诊断技术的具体应用

2.1 人工智能算法在故障诊断中的应用

1. 机器学习算法的应用。机器学习算法是借助数据进行学习分析的方式,可完成数据特征的自动化提取,并进行预测模型的构建。在进行电缆故障诊断的过程中,支持向量机、决策树、随机森林是较为常用的机器学习算法。例如说:利用支持向量机法,可寻找最优分类超平面,并完成故障数据与正常数据的精准分类,提升电缆故障诊断的精准度和科学性。总的来讲,机器学习算法具有泛化能力强、分类精度高的特点,在电缆故障分析与识别过程中应用较为广泛。

2. 深度学习算法的应用。深度学习算法是一种依赖于人工神经网络的算法,通过构建多层神经网络模型,可完成数据的深度特征提取和分析工作。在进行电缆故障诊断的过程中,卷积神经网络、循环神经网络是常见的深度学习算法。比如说其中的卷积神经网络算法,借助卷积层、池化层等结构,可完成电缆故障数据特征的自动提取,并进行准确诊断。特别是对于复杂的电路故障来讲,此算法特征提取和分类优势显著^[4]。

3. 专家系统的应用。专家系统主要依托相关基础知识,通过进行不同领域专家知识与经验的转化,完成对电缆故障的诊断与决策。通常专家系统由知识库、推理机、解释器等部分组成。在进行电缆故障诊断工作的过程中,专家系统能够根据所输入的故障现象和数据,借助推理机完成推理和判断工作,获得故障的诊断结果以及处理建议。该系统具有推理过程透明、表达直观的优势,但在更新速度和知识获取方面还有待优化。

2.2 物联网技术在故障诊断中的应用

1. 智能传感器网络的应用。智能传感器网络的应用主要是通过温度传感器、湿度传感器、电流传感器、电压传感器、局部放电传感器等布置在电缆的关键部位,完成对电缆运行状态数据的实时采集。虽然上述传感器体积小、功率低,但是整体精度较高,能实现无线传输,可完成对电缆运行状态的实时感知,作用强大。

2. 无线通信技术的应用。无线通信技术具有覆盖范围广、可靠性强、传输速度快等优势,为数据的实时传输与共享提供重要支持,保证了信息交互的便捷性,提升系统响应速度。借助WiFi、5G、蓝牙等无线通信技术,能够帮助智能传感器进行各种环境设备数据的高效采集,并向云端平台或本地监控中心高效稳定地传输。

3. 物联网平台的应用。借助物联网平台的数据存储、管理、分析和应用功能,可完成海量电缆运行数据的高效采集、科学存储和全面管理。尤其是在大数据分析技术和人工智能算法结合应用的过程中,可通过数据的进一步处理,提取故障特征,确保能够精准判断故障类型以及所在位置,并借助可视化界面向工作人员展示具体的诊断结果,提出相应的决策建议,保障问题处理效率^[5]。

2.3 大数据分析技术在故障诊断中的应用

1. 数据的清洗与预处理。在故障诊断过程中,大数据分析技术的运用,能够完成对数据中噪声缺失值、异常值的清洗和预处理。数据清洗过程中可以有效去除数据中的噪声和异常值。数据补填的过程中能够实现数据缺失情况的精准补充,通过开展数据的标准化管理能有效消除数据的量纲影响,为后续的分析 and 挖掘提供支持。

2. 特征的提取与选择。从海量的电缆运行数据中提取与故障相关的特征是大数据分析的关键。通过采用主成分分析、独立成分分析等特征提取方法,将高维数据转化为低维数据,提取数据中的关键特征。通过采用信息增益、卡方检验等特征选择方法,选择与故障相关性较高的特征,提高故障诊断的准确性与效率。

3. 故障的诊断与预测模型构建。在大数据分析技术和人工智能算法结合运用的过程中,可完成电缆故障诊断和预测模型的构建。通过进行历史故障数据与实时运行数据的分析学习,模型能够完成故障特征的自动化识别,并精准判断故障位置以及类型情况,预测未来故障发生的可能以及整体趋势。

2.4 数字孪生技术在故障诊断中的应用

1. 数字孪生模型构建。通过对电缆设计参数、制造技术、运行数据等信息的分析,可构建更为完善的电缆数字孪生模型,以真实反映电缆结构、材料参数、温度等物理状态和运行特征。

2. 实时数据融合与分析。在进行实际电缆运行数据与数字孪生模型分析比对的过程中,可根据具体的数据差异完成电缆故障问题的判断,当实际数据与模型预测数据差异较大时,则表明电缆可能存在故障问题,需做好后续的诊断与分析工作。

3. 故障模拟与预测。借助数字孪生模型,可完成对不同故障情况下电缆运行状态以及故障演化过程的模拟,将故障类型、故障位置、故障程度等参数输入模型当中即能进行故障发展趋势以及影响范围的预测,为后续进行故障的处理以及恢复供电提供参考依据^[6]。

3 配网工程电力电缆故障智能化诊断技术发展趋势

3.1 技术融合趋势

在时代不断发展进步的过程中,配网工程电力电缆故障智能化诊断技术需要逐步朝着多技术融合方向迈进,通过综合应用人工智能、大数据、物联网、云计算、数字孪生、5G 等先进技术,可构建更为完善、高效的智能化诊断体系。例如:5G 技术的高速度、低延迟特性将为物联网数据传输提供更有力的支持,使得电缆运行状态数据能够实时、准确地传输到云端平台;数字孪生技术与人工智能算法的结合,将实现对电缆故障的更加精准的模拟与预测;大数据分析技术与物联网技术的融合,将能够对海量的电缆运行数据进行更深入的挖掘与分析,发现更多潜在的故障特征与规律。

3.2 智能化与自主化趋势

在人工智能技术不断发展的推动下,配网工程电力电缆故障诊断技术的智能化、自主化发展已经成为一种必然趋势。系统将具备更强的自主学习、自主决策、自主诊断能力,可基于电缆的运行状态和环境情况,完成诊断策略和模型参数的自动化调整,提高故障诊断的精准性和高效性。与此同时,系统还可自动生成故障处理建议,并同配网自动化系统展开联动,不仅能确保故障的自动隔离,同时还具备恢复供电的作用,有效提升了配网自动化的可靠性水平^[7]。

3.3 预防性与预测性趋势

智能化诊断技术的预防性作用至关重要,不仅可以将传统的事后处理转向事前预测,同时通过对电缆运行状况的实时监测,并配合数据的精准分析,可提前了解故障问题的发生,根据具体的走向趋势提供更

具针对性的预防性维护决策指导。例如:对电缆温湿度情况、局部放电情况展开分析的过程中,可精准预测电缆绝缘老化情况,以此为依据,向相关工作人员发送维护和更换提醒,降低故障问题不良影响的同时,更保证了电缆运行的安全性和稳定性。

3.4 标准化与规范化趋势

为实现配网工程电力电缆故障智能化诊断技术的灵活应用,需有完善的技术标准和规范作为支持。通过进行统一化智能诊断技术标准体系的构建,规范数据采集、通信协议、故障诊断模型等环节,实现不同厂商、不同型号智能化诊断设备的数据共享。另外,制定运维管理规范体系,加强对智能化诊断、系统安装、设备调试、运行维护等不同环节的管理工作,保障系统的安全可靠运行。总的来讲,未来的标准化与规范化发展趋势将推动配网工程电力电缆故障智能化诊断技术的协调、健康发展^[8]。

4 结束语

在配网工程电力电缆故障智能化诊断过程中,通过物联网、大数据、人工智能、云计算等先进技术的融合应用,能有效提升故障诊断工作的高效性和精准性,实现对问题的精准分析。随着科技的不断发展与社会用电需求的升级,智能化诊断技术需紧跟行业发展,以更高的适配性应对复杂多变的配网环境,向更高效、更智能的方向不断发展,为我国电力系统的安全稳定运行与电力事业的高质量发展提供重要的技术支持。

参考文献:

- [1] 叶丽莎,商志伟,许正涛.高压地下电缆对地铁通信的影响与保护技术研究及应用[J].电气开关,2025,63(04):68-72.
- [2] 付佳佳,李玉洁,刘彩霞.城市电网地下电力电缆典型故障定位方法分析与展望[J].电工技术,2025(15):83-86.
- [3] 周志军,周娅彤.基于物联网和传感技术的电缆防破坏预警系统[J].电世界,2025,66(04):1-4.
- [4] 张羽翔,胡雨时,张宏志,等.基于深度学习的电力电缆故障诊断与定位策略研究[J].微型电脑应用,2025,41(06):20-25.
- [5] 马奇友.电力电缆电气参数及电气特征研究[J].现代盐化工,2025,52(03):50-52.
- [6] 卜威,王韬,普凯.电力电缆故障诊断技术在智能电网中的应用研究[J].机电信息,2021(17):23,25.
- [7] 赵晓宇.基于人工智能电网故障诊断技术的研究现状及未来发展趋势[J].通讯世界,2023,342(11):151-152.
- [8] 陈敬德,盛戈彤,吴继健,等.大数据技术在智能电网中的应用现状及展望[J].高压电器,2022(01):35-43.