

接地保护暂态特征识别算法的应用分析

姚舟华

(上海道博电气有限公司南京分公司, 江苏 南京 211111)

摘要 接地故障是电力系统运行期间频繁出现的潜在风险, 极有可能导致设备遭受损坏、供电被迫中断, 更甚者会引发安全事故。暂态特征识别算法依靠其能够精确捕捉故障暂态信号, 并对其进行高效分析的能力, 成为增强接地保护可靠性以及灵敏性的关键技术保障。目前, 这类算法在实际应用过程中存在适应能力欠佳、抵抗干扰能力不足等一系列问题。本文基于电力系统的运行实际, 深入分析接地保护暂态特征识别算法的内在含义以及应用意义, 系统整理该算法的主要应用范围和目前存在的问题, 进而提出科学性优化方案, 以期为推动算法高效应用提供参考。

关键词 电力系统; 接地保护; 故障暂态信号; 暂态特征识别算法; 故障诊断

中图分类号: TM76

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2026.03.009

0 引言

电力系统能否实现安全且稳定的运行, 会直接对社会生产生活以及公共安全产生关联影响。接地故障呈现出突发性且不易察觉的特性, 传统的保护算法容易受到系统运行模式、故障种类等因素的干扰, 存在保护失效区域或者出现错误动作的潜在风险。暂态特征识别算法依据故障暂态信号的独特性进行识别, 能够切实弥补传统算法存在的不足。目前, 这类算法在实际的运用过程中面临着与复杂工况适配性的棘手难题, 开展相关的研究对增强电力系统接地保护的能力、确保供电具有重要的现实价值。

1 接地保护暂态特征识别算法的内涵与应用价值

1.1 接地保护暂态特征识别算法的内涵解析

接地保护暂态特征识别算法是在电力系统接地故障时, 采集此时产生的暂态电气信号, 然后借助信号处理、模式识别、智能计算等技术, 从暂态电流与电压信号中提取幅值、频率、相位、谐波等特征量, 进而实现接地故障的精确检测、定位以及类型识别的算法体系^[1]。该算法体系的核心要点为, 凭借暂态信号在故障开始阶段呈现的特征, 打破稳态信号分析存在的局限, 提高接地保护的响应速度以及识别的精准度, 从而为故障隔离和修复提供迅速且可靠的决策参考。

1.2 接地保护暂态特征识别算法的应用价值

在安全保障方面, 算法具备迅速且精确地识别接地故障的能力, 促使保护装置在合适的时机做出动作,

进而削减故障扩大的潜在风险, 防止设备遭受损坏以及人员伤亡情况, 以此确保电力系统运行的安全性。

在供电可靠性方面, 算法能够缩短故障诊断以及定位时间, 加速故障修复工作的推进过程, 减小供电中断的持续时长以及影响范围, 从而增强电力系统供电的稳定性。

在运维效率方面, 算法可以实现接地故障的自动化识别与定位, 减少人工进行巡检的工作量, 降低运维工作成本, 提高运维管理的智能化程度。

在系统优化方面, 所累积的故障数据能够为电力系统的网络架构优化、设备性能改良提供数据支持, 进而促使电力系统朝着智能化方向升级^[2]。

在经济收益方面, 能够切实降低因故障而引发的经济损失, 增强电力企业的运营效益以及市场竞争力。

2 接地保护暂态特征识别算法的主要应用领域

2.1 配电网接地故障检测与定位

在中低压配电网中, 该算法借助采集线路的暂态电流以及电压信号的方式, 进而提取故障暂态的特征量, 以此区分接地故障和干扰信号, 实现接地故障的精确检测。依据暂态信号的传播特性以及衰减规律, 再结合测距算法, 实现故障点的精确位置确定, 为运维人员迅速排查故障提供指引。考虑到配电网分支多、结构繁杂的特性, 算法能够通过多端数据的协同分析, 提高故障定位的准确程度, 切实解决配电网接地故障定位困难的问题。

作者简介: 姚舟华 (1987-), 男, 硕士研究生, 工程师, 研究方向: 配网自动化。

2.2 输电线路接地保护优化

在高压输电线路中,算法用于优化常规的接地保护方案,进而提高保护装置处于复杂故障工况时的性能表现。借助对故障暂态分量特征的剖析,能够切实地区分金属性接地、非金属性接地等不同种类的故障,防止保护装置出现误动作或者拒绝动作的情况^[3]。鉴于输电线路具备长距离、多工况的特性,算法能够自行适应并调整识别的阈值以及特征提取的方式,以此应对不同的气象状况、系统振荡等因素对故障识别造成的影响,从而确保输电线路能够安全且稳定地运行。

2.3 电力设备接地故障监测

在变压器、开关柜、电缆这类关键的电力装置中,算法借助监测装置外壳、接地引线的暂态电流讯号,识别装置内部或者外部的接地故障,能够实时捕捉装置运行期间的异常暂态特性,提前发出关于潜在接地故障危险的警报,实现装置的状态检修。将装置以往的运行数据与暂态特性分析相结合,评定装置接地性能的劣化情况,为装置的维护与替换提供科学依据,延长装置的使用时长。

2.4 新型电力系统接地保护适配

在包含分布式电源以及储能装置的新型电力系统中,算法用于适配因系统结构改变而产生的接地故障特征的变动。对于分布式电源接入所引发的故障电流幅值改变、相位变动等问题,优化暂态特征提取办法,以此保障接地保护的可靠程度。通过分析多源异构的暂态数据,对不同电源接入点的接地保护动作逻辑加以协调,防止保护配合出现失调的情况,进而促进新型电力系统实现安全高效的运行。

3 接地保护暂态特征识别算法应用的现存问题

3.1 抗干扰能力薄弱,识别精度受影响

在电力系统的运行过程中,存在雷电干扰、谐波干扰、负荷突变等多种干扰信号,这些干扰信号具备的暂态特征,容易和接地故障暂态信号混淆,进而使得算法的识别精度降低。部分算法对于干扰信号的抑制能力不足,很难切实区分故障信号和干扰信号,因而容易出现错误识别或者遗漏识别的问题。在高温、潮湿、电磁干扰等复杂环境下,传感器所采集到的暂态信号容易失真,这更进一步地对算法的识别效果造成影响。

3.2 工况适应性不足,场景覆盖有限

算法大多依据特定系统的运行模式、故障种类以及网络架构设计,对于复杂且不断变化的实际工况,其适应能力欠缺。一旦系统的运行模式改变、故障位

置变动,或者出现复合型的接地故障时,算法的识别性能会显著降低。在面对非金属性接地、高阻接地这类特殊故障类型时,算法在特征提取方面的能力不够,很难实现精准识别。对于新型电力系统中分布式电源接入、微电网运行等全新的应用场景,算法的适配程度较差,缺少针对性算法优化措施。

3.3 算法复杂度较高,实时性难以保障

部分暂态特征识别算法,如基于深度学习及复杂信号处理的算法,面临着计算复杂度高、运算量大的问题,很难契合接地保护实时性要求。算法在特征提取、模型训练以及参数优化这些环节所耗费的时间较长,造成保护装置的動作延迟,无法及时隔离故障。嵌入式保护装置的硬件计算能力存在局限,很难为复杂算法的高效运转提供支撑,从而对算法在工程应用领域的范围形成限制。

3.4 数据质量支撑不足,算法可靠性受限

在暂态信号采集过程中,存在采样频率不足、数据丢失、信号带有噪声等问题,使得输入到算法里的数据质量较低。由于暂缺统一的暂态数据标准以及共享机制,来自不同源头、具备不同类别的暂态数据在格式方面并不统一,进而提升了算法进行数据处理的难度。

3.5 工程化应用不足,协同衔接不畅

部分算法仅处于理论探究或者仿真试验的阶段,没有得到足够的工程实践验证,所以很难适应真实电力系统的复杂状况。算法和保护装置、数据采集设备、运维管理系统之间的协同衔接不畅,存在数据传输延迟、接口无法兼容等问题。在工程应用中,缺少专业的算法调试以及维护人员,算法在运行期间出现的故障难以在短时间内进行排查和解决,对算法应用效果的稳定性产生影响。

3.6 算法评估体系不完善,规范引导缺失

因缺少统一的算法性能评估准则,不同算法在评估指标、测试方式、实验情境方面呈现出差别,这使得算法性能难以进行有效比较。评估指标大多重点关注识别的精准度与速度,却忽略了对算法的抗干扰能力、工况适应能力、工程实用特性等关键指标的全面测评。由于缺少算法应用方面的工程规范与技术引导,算法选择、参数设定、调试优化等环节缺少统一的标准,对算法应用的规范化进程造成影响。

4 接地保护暂态特征识别算法应用的优化策略

4.1 强化抗干扰设计,提升识别精度

优化暂态信号预处理环节,运用滤波、去噪等技术抑制干扰信号,进而提高原始信号的质量。鉴于干

扰信号和故障信号在特征方面存在差异,设计针对性特征提取方法,以此增强算法对于故障信号的识别能力^[4]。引入自适应的抗干扰机制,算法能够依据运行环境的变化,动态调整识别策略,从而提高在复杂干扰场景下的识别精准度。强化传感器的选型以及安装优化,降低环境干扰给信号采集带来的影响,确保暂态信号的真实性与完整性。

4.2 优化算法结构,增强工况适应性

运用模块化以及可配置的算法架构,能够依据各种系统运行情况、故障类别,动态调整特征提取模块与识别模型。把机器学习、深度学习等智能化技术进行融合,构建自适应性的算法模型,实现针对复杂运行状况与特殊故障类别的精确识别。开展多种场景下的算法训练与验证工作,拓展数据样本的覆盖范畴,增强算法的泛化性能与对运行情况的适应能力。依据新型电力系统的特点,调整优化算法的适配逻辑,从而达到满足分布式电源接入、微电网运行这类新场景的保护需求的目的。

4.3 简化算法流程,提升实时性性能

优化算法的计算流程,简化特征提取环节以及模型运算环节,从而降低算法在计算方面的复杂程度。运用轻量化的算法模型,在确保识别精准度的条件下,削减运算的数量以及所耗费的时间,进而提高算法的实时特性。强化算法与硬件平台之间的协同性优化,根据嵌入式硬件在计算能力方面的特点来定制算法,提高算法于保护装置中的运行效能。引入并行计算的技术,实现多通道暂态数据的同步化处理,缩短故障识别和响应所需要的时间。

4.4 完善数据支撑体系,保障算法可靠性

提高暂态数据的收集质量,优化传感器的布局与采样的各项参数,以此保障数据收集既完整又准确。打造统一的暂态数据标准与共享的平台,规范数据格式、存放方式以及传输协议,实现数据资源的高效整合与共享。构建规模大、场景多的暂态数据样本库,库中包含有不同故障情形、干扰情况、系统运行状态下的样本数据,从而为算法的训练和验证提供足够支撑。构建数据质量的评估以及优化机制,迅速去除无效数据,提高输入算法中的数据质量。

4.5 推动工程化落地,强化协同衔接

强化算法理论探究与工程实操的融合,推进小规模试点性运用,积攒工程实操的经验,进而对算法予以优化。健全算法与保护装置、数据采集设备的接口规划,实现数据传输的高效对接以及兼容匹配^[5]。

构建算法工程化应用的技术准则,明晰算法挑选、参数设定、调试完善等环节的操作规范。加大专业人才培养力度,提高算法调试、维护以及运维管理的能力,确保算法平稳运行。

4.6 健全评估规范体系,强化引导作用

拟定统一的算法性能评估准则,对评估指标、测试手段、实验情境以及判定根据予以明确,以此保证不同算法性能具备可对比性。构建多样化的评估指标体系,该体系包含识别精准程度、实时特性、抗干扰的能力、对工况的适应能力、工程方面的实用特性等关键指标,从而全方位评估算法性能。设立算法应用的认证机制,针对投入到工程应用中的算法进行严谨的认证,以此确保算法应用的可靠程度与安全性能。强化行业技术方面的交流以及合作,普及优质算法应用的实际案例和相关经验,引领算法应用规范发展。

5 结束语

在提升电力系统接地保护性能方面,接地保护暂态特征识别算法作为核心技术,对于保障电力系统能够安全稳定地运行、提升供电的可靠程度具有重大意义。目前,该算法在应用过程中存在诸多问题,这些问题限制了其应用效能的充分发挥。通过强化抗干扰设计、优化算法结构、简化计算流程、完善数据支撑体系、推动工程化落地、健全评估规范体系等策略,能够切实解决算法应用方面的难题,提高算法应用的质量以及实际效果。未来,要持续强化算法技术的创新,依照电力系统智能化发展的需求改进算法设计,促进算法和新型电力系统实现深度结合,为电力系统安全且高效地运行提供稳固的技术保障。

参考文献:

- [1] 廖德辉,金鑫,田君杨,等.灵活接地配电网单相接地故障全过程特征分析[J].智慧电力,2024,52(05):90-97.
- [2] 刘永生,侯炜,王旭,等.基于馈线和电流的专用轨回流牵引供电系统接地故障保护[J].电气化铁道,2024,35(02):53-56.
- [3] 孟乐,李俊刚,宋祺鹏,等.考虑配电网故障隔离的单相接地保护整定计算[J].电气自动化,2023,45(03):95-98,102.
- [4] 郑泽寰,郑鹏鹏.10kV配电网接地选线保护装置运行实践及研究[J].海峡科学,2022(05):54-57,67.
- [5] 薛永端,金鑫,刘晓,等.灵活接地系统中配电网接地保护的适应性分析[J].电力系统自动化,2022,46(05):112-121.