

继电保护设备隐性故障自动监测研究

徐 通,李 勇,翟 栋

(陕西铁路工程职业技术学院,陕西省渭南市,714000)

摘要 随着当前电力系统对供电稳定性需求的不断提升,继电保护设备的作用也越来越明显,不过继电保护设备在应用过程中很容易出现部分隐性故障,进而影响设备稳定运行。相关领域应当研究适用于继电保护设备隐性故障监测的自动化系统,确保能够实现隐性故障的精确定位和分析,以此解决继电保护设备故障带来的安全隐患。基于此,本文分析了继电保护设备隐性故障自动监测的作用和应用困境,并提出了自动监测技术应用要点,以供参考。

关键词 继电保护设备;隐性故障;自动监测

中图分类号:TM77 文献标识码:B

文章编号:1008-0899(2026)10-0028-03

继电保护设备隐性故障自动监测技术是一种利用先进技术,对继电保护设备中隐性故障进行实时、自动检测的方式,该技术能够在系统正常运行时发现潜在问题,提前预警,防止故障激发引发连锁反应。为此,积极探索更加准确、稳定的自动监测技术,加强对继电保护设备的精准、稳定监测,是充分发挥继电保护设备优势、保障电力系统稳定运行的关键目标。

1 继电保护设备隐性故障自动监测的作用

1.1 避免继电保护设备突发故障

继电保护设备隐性故障自动监测具有避免继电保护设备突发故障的重要作用,通过自动监测设备的使用,能够持续跟踪设备运行状态,提前发现潜在隐患,从而避免突发故障对电力系统造成冲击。比如自动监测系统能够实时采集电流、电压等关键参数,捕捉设备内部细微的异常变化,并通过智能分析模型识别异常规律并生成预警信号,提醒工作人员及时检修,以此减少突发故障对设备造成的影响。而且自动监测系统还能结合历史数据预测设备健康趋势,比如判断绝缘材料性能衰退或机械部件磨损程度,在功能失效前主动规划维护周期,避免设备在高压或过载情况下突然无法运行。

除此之外,通过多设备协同监测,系统还能识别连锁故障风险,比如在某一保护装置误动时,快速关联分析相邻设备的运行状态,阻断故障扩散路径,防止大面积停电事故发生^[1]。

1.2 提高设备巡检效率

在提高巡检效率方面,自动监测系统能够有效代替传统的人工巡检,确保全天候不间断收集设备运行数据,并将这些信息实时汇总至统一平台,确保工作人员能够通过远程调阅数据掌握全网设备健康状况。监测系统还能通过智能算法自动筛选异常数据并标注潜在风险点,帮助巡检人员快速锁定问题设备,避免在大量正常设备中盲目排查,在提高故障定位准确性的同时也能提高定位效率。

2 继电保护设备隐性故障自动监测技术困境

2.1 监测手段很难捕捉隐性风险

目前继电保护设备隐性故障检测手段很难捕捉设备存在的隐性风险,由于这些隐患在设备正常运行时几乎不会表现出任何异常,常规的检测手段只能发现已经暴露的问题,难以捕捉到那些“潜伏”的缺陷,而且由于隐性故障的触发条件复杂且不可预测,传统巡检、维护、监测模式很难覆盖所有潜在风险点,很难在事故发生前识别隐性风险。为了解决这一困境,需要打造更智能的监测系统,利用实时数据采集与云端分析技术,对设备的运行参数进行全天候跟踪。同时还可以建立预防性维护机制,比如定期检查接线端子的紧固状态、清理设备内部积灰、更新易损部件等,以此满足故障提前判断的

作者简介:徐通(1993~),男,陕西渭南人,硕士,讲师,研究方向:机械电子工程。

需求。

2.2 误判漏检问题导致连锁故障

误判漏检问题也是继电保护设备故障自动监测技术面临的应用困境,由于部分技术存在精确性不足、智能化监测缺乏足够的案例基础,以及部分工作人员对新型智能监测系统的操作不熟练,因此很容易出现系统漏检、错误解读预警信息或未及时处理系统提示的风险,不仅影响问题处理效率和效果,同时也会造成潜在的连锁故障以及更大范围的事故。基于此,在自动监测技术开发的过程中,一定要加强对智能技术的研发,并利用丰富的历史数据和隐性故障案例让智能自动监测技术获取更多经验,同时提高工作人员的技术操作水平,确保能够从设备以及数据应用等方面解决误判漏检问题。

2.3 多设备协同监测难度大

在继电保护设备隐性故障的自动监测中,多设备协同监测的困境主要体现在不同设备之间的数据互通和协调配合存在障碍,毕竟电力系统中涉及的继电保护装置、智能终端、合并单元等设备种类繁多且功能独立,设备之间会采用不同的通信协议或数据格式,导致监测系统难以统一采集和整合信息。电网体系中继电保护设备之间的物理分布分散且数量庞大,监测系统需要同时处理海量数据流,不过当前的技术只能满足单一设备的分析,难以形成高效的隐患识别网络。为了解决这一问题,应当打造统一化的协同监测框架,通过技术集成和管理优化打破设备间的壁垒,比如设计标准化的数据接口,或者开发智能协同分析算法,确保能够将分散的设备监测能力整合为有机整体,显著提升隐性故障的协同排查效率^[2]。

3 继电保护设备隐性故障自动监测技术应用要点

3.1 打造基于贝叶斯网络自动监测模型

3.1.1 模型原理

基于贝叶斯网络的继电保护隐性故障自动监测模型,是一种融合概率推理与多源信息分析的技术框架,该模型主要通过构建隐性故障与监测参数间的因果网络拓扑,将保护动作信号、断路器状态、电流波形特征等异构数据转化为条件概率节点,利用贝叶斯定理动态计算各环节的隐性故障发生概率,并建立隐性故障传播的马尔可夫链模型,结合历史故障数据训练先验概率分布,并通过在线监测

数据实时更新后验概率,从而量化评估设备健康状态。

3.1.2 数据处理和特征提取

在建立模型的过程中,首先要整合多维度运行数据作为输入基础,尤其要关注保护装置的动作信号、电流电压波形、设备温度、环境湿度等实时参数,并通过传感器和监测系统采集这些数据后,进行标准化处理以消除量纲差异,比如需要将电流值归一化为0~1区间,同时对异常值采用滑动窗口均值滤波技术平滑处理,在此基础上还需要提取关键特征参数如电流谐波畸变率、电压相位偏移量、保护动作延迟时间等,这些特征能反映设备隐性故障的潜在规律,确保通过构建特征参数与故障类型的概率关系,离散的监测数据转化为可量化分析的节点关联网,为后续推理提供结构化数据支撑,该模式能够同时捕捉电气量异常和设备状态变化,提升监测的全面性。

3.1.3 建立动态概率推理机制

在打造基于贝叶斯网络的自动监测模型时还需要建立动态概率推理机制,需要基于历史故障案例库和专家经验预先定义贝叶斯网络中的节点变量及因果关系,比如将“绝缘老化”设为父节点,其子节点可关联“局部放电强度”“介质损耗值”等观测指标,而且还需要通过最大似然估计法计算各节点的条件概率表,这种概率推理机制能有效区分偶发性干扰与真实故障征兆^[3]。

3.2 利用机器学习自动诊断系统辅助决策

3.2.1 多维度数据采集与特征提取

在利用机器学习自动诊断系统辅助继电保护设备隐性故障决策时,首先要建立多维度数据采集与特征提取机制,通过实时采集电流、电压波形、设备温度、动作信号等参数,利用传感器网络形成覆盖全站的数据池,比如可以将三相电流不平衡度、电压谐波畸变率等关键指标归一化到0~1区间,消除量纲差异。而在特征提取阶段,则需要筛选出与隐性故障强相关的参数,例如当断路器分合闸电流的波动方差超过阈值时能够识别机械部件异常。而在数据预处理环节则应当采用滑动窗口均值滤波技术消除随机干扰,并通过主成分分析压缩冗余信息,保留95%以上有效特征,以此提高模型训练效率并增强数据质量,满足自动诊断准确性的需求。

3.2.2 打造学习模型

结合故障机理与算法特性打造机器学习模型,尤其是采用监督学习框架时,应当积累历史故障样本库作为训练集,比如将“保护误动”“定值漂移”等故障类型标注为分类标签,输入层对应32维特征向量,隐含层设计为三层神经网络结构,激活函数选用ReLU以加速收敛。在进行模型训练的过程中,还需要利用交叉验证策略,将数据集按7:3划分为训练集与测试集,通过调整学习率和批量优化参数等措施,实际应用表明该方法能够让分类准确率得到进一步提升。

3.2.3 动态更新和自适应优化

为了满足故障实时诊断的需求,还需要实现动态更新与自适应优化,毕竟电网运行环境变化显著,因此初始训练的模型应当融入在线学习模块,比如可以采用增量学习算法,每新增100组有效样本即触发权重微调,同时还需要建立误报反馈机制,当运维人员确认某次预警为误判时,系统会自动将该样本加入负例库并重新训练,以此降低误报率,满足自动监测系统稳定运行的需求。

3.3 搭建云端远程监测与预警网络

3.3.1 技术架构

云端远程监测与预警网络是以物联网架构为核心,通过智能终端实时采集断路器分合闸线圈电流、二次回路状态、保护定值参数等多元数据,并在边缘计算节点实现本地预处理后,将特征信息上传至云端平台,形成“监测-诊断-响应”的全链条远程管控体系。

3.3.2 数据上传和监测节点建设

在建设云端远程监测和预警网络的过程中,首先要确保所有设备能够实时上传运行数据到云端平台,确保每台继电保护设备均能够安装传感器和通信模块,通过无线网络或光纤将电流、电压、开关状态等关键参数不间断传输到云端。设计合理的

传输协议能够保证数据稳定性和安全性,避免因网络波动导致信息丢失或延迟。在此基础上还需要建立覆盖全网的监测节点,确保不同区域设备的数据都能被统一管理,形成完整的设备运行模型,以此满足后续分析预警功能。

3.3.3 智能分析体系建设

在云端构建智能分析系统,该系统能够对从继电保护设备中获取的数据进行自动处理,并利用算法模型识别异常信号并判断隐性故障风险,例如通过对比历史数据和实时运行参数发现电流波动异常或开关动作频率偏离正常范围的情况,同时结合设备健康状态评估其潜在故障概率,进而对存在隐患的设备自动生成风险评估报告并标注关注等级,而且系统还需要具备自我学习能力,根据新产生的数据不断优化分析模型以提高预警准确率,减少误报和漏报现象。

4 结语

综上所述,为了能够实现对继电保护设备隐性故障的自动监测和准确分析,在应用自动监测技术的过程中,一定要结合故障监测需求实现对自动监测系统的进一步优化,并选择合适的技术满足自动监测需求,比如打造基于贝叶斯网络的自动监测模型、利用机器学习自动诊断系统辅助决策、搭建云端远程监测与预警网络等,为保障继电保护设备稳定运行奠定基础。

参考文献

- [1] 张志鹏.风电场并网对电力系统继电保护性能的影响研究[J].电气技术与经济,2025,(03):352-354+358.
- [2] 刘秀丽.智能变电站继电保护调试技术研究[J].光源与照明,2025,(02):198-200.
- [3] 李君妍,孙雅丽,李孟特.基于人工智能技术的变电站继电保护智能监测系统研究[J].现代工业经济和信息化,2025,15(02):100-103.
- [4] 柴树先.继电保护设备电气二次回路隐患排查技术研究[J].仪器仪表用户,2025,32(02):6-8.