

配电网故障智能研判与主动抢修技术分析

林瑞洁 马欣宇

国网宁夏电力有限公司吴忠供电公司 宁夏吴忠 751100

摘要: 为了提高配电网运行的可靠性和效率,本文从故障智能研判和主动抢修技术为切入角度,提出了一系列创新策略和措施。在故障研判方面,涵盖客户、低压线路、配电变压器和主干线断路器等多个层面的智能诊断方法。在主动抢修方面,提出自动拓扑重构、智能校核停电信息、生成主动抢修工单和智能预测性维护等策略。这些方法旨在实现故障的快速定位、精准诊断、主动预防和高效抢修,从而显著提升配电网的运行质量和服务水平。

关键词: 配电网故障; 智能研判; 主动抢修技术

引言

随着智能电网建设的深入推进,配电网作为电力系统的神经末梢,其智能化水平直接影响着供电可靠性和用户体验。然而,传统的被动式故障处理模式已难以满足日益增长的电力需求和服务质量要求。本研究聚焦于配电网故障智能研判与主动抢修技术,旨在探索利用人工智能、大数据分析等先进技术,构建智能、高效的配电网运维体系。通过创新性的故障诊断和抢修策略,本研究期望为提升配电网运行效率、降低运维成本、提高供电可靠性提供新的思路和方法。

一、配电网故障智能研判类型分析

(一) 客户故障研判

客户故障研判是配电网故障智能研判中的重要组成部分,主要针对用户侧发生的电力问题进行快速诊断和处理。这一过程涉及多个方面的数据分析和智能算法应用。首先,系统会实时监测用户电表数据,包括电压、电流、功率因数等参数,通过大数据分析技术识别异常波动。其次,结合用户历史用电模式,利用机器学习算法预测正常用电行为,与实际数据对比发现偏差。此外,智能系统还会整合来自用户报修、社交媒体反馈等多源信息,构建全面的故障画像。在故障定位方面,系统采

用层级定位策略,首先确定故障是否源于用户内部线路或设备,还是配电网问题。对于用户内部故障,系统会根据故障特征,如电压骤降、断相等,推断可能的故障原因,如线路短路、设备老化等。智能研判系统还具备自学习能力,通过记录每次故障处理的结果和反馈,不断优化判断模型。这种持续学习机制使系统能够适应新型故障模式和设备类型,提高对复杂故障的识别能力。最终,系统会生成详细的故障报告,包括故障类型、可能原因、影响范围和建议处理方案,为运维人员提供决策支持,大大提高故障处理效率。

(二) 低压线路故障研判

低压线路故障研判是配电网智能运维中的关键环节,主要针对380/220V配电线路中发生的各类故障进行智能分析和诊断。这一过程综合运用了多种先进技术,如人工智能、物联网和大数据分析等。系统通过分布式传感器网络实时采集线路各节点的电气参数,包括电压、电流、谐波含量等。这些数据通过边缘计算设备进行初步处理,筛选出潜在异常信息。中央处理系统接收这些预处理数据后,利用深度学习算法进行模式识别。该算法基于海量历史故障数据训练而成,能够识别各类典型故障特征,如单相接地、相间短路、断线等。低压线路故障研判还特别关注负荷分布和线损分析。通过对比理论负荷曲线和实际运行数据,系统可以识别出异常负荷增长或线损过高的区段,及时发现潜在问题。此外,考虑到低压线路易受外界因素影响,系统还整合了环境监测数据,如温度、湿度、风速等,分析外部条件对线路运行的影响。智能研判系统不仅能够快速准确地诊断已发生的故障,还具备预测性维护功能。通过分析设备运行参数的长期变化趋势,结合寿命预测模型,系统可以提

作者简介:

林瑞洁(1988.05-),女,回族,宁夏省吴忠市,本科,职务:运营管控员,研究方向:电气工程及其自动化。

马欣宇(1998.04.20-),女,回族,宁夏省吴忠市,本科,职务:运营管控员,研究方向:电气工程及其自动化。

前识别潜在故障风险，为主动维护提供依据，有效降低故障发生率和停电时间。

（三）配变故障研判

配电变压器（简称配变）故障研判是配电网智能运维体系中的重要组成部分，其目标是快速、准确地识别和诊断配变设备中的各类故障。这一过程涉及多维度的数据采集和分析，结合了先进的人工智能和专业的电力工程知识。系统通过在线监测装置实时采集配变的关键运行参数，包括油温、绕组温度、负载电流、油位、油气等。这些数据通过物联网技术实时传输到中央处理系统。智能研判系统采用多模型融合的方法进行故障诊断。核心算法包括基于深度学习的异常检测模型，能够从海量正常运行数据中学习配变的正常行为模式，并快速识别偏离这一模式的异常状态。配变故障研判特别关注绝缘性能的评估。系统通过分析油中气体含量、介质损耗、局部放电等指标，评估绝缘老化程度。同时，考虑到配变运行环境的复杂性，系统还整合了气象数据和负荷预测信息，分析环境因素和负载变化对配变性能的影响。这种多因素分析能力使系统能够更全面地评估配变的健康状态。智能研判系统不仅能够诊断当前故障，还具备故障演化预测功能。通过建立配变健康状态的动态模型，系统可以预测故障的发展趋势，为运维人员提供主动维护的决策支持。

（四）主干线断路器故障研判

主干线断路器作为配电网的关键保护设备，其故障研判对于保障电网安全稳定运行至关重要。智能研判系统针对主干线断路器故障采用多层次、多角度的分析方法。系统通过高速数据采集装置实时监测断路器的关键参数，包括触头状态、操作机构动作时间、绝缘气体压力、控制回路电流等。这些数据通过安全可靠的通信网络实时传输到智能分析平台。研判系统采用深度学习与专家系统相结合的混合模型进行故障诊断。深度神经网络模型通过学习大量历史运行数据，能够识别出微小的异常变化，预测潜在故障。同时，基于规则的专家系统整合了电力专家的丰富经验，能够处理已知典型的故障。断路器故障研判特别关注其动作特性分析。系统通过高精度时间同步技术，精确测量断路器的动作时间序列，包括合闸时间、分闸时间、动作同期性等。通过与标准参数对比，系统能够及时发现断路器机械故障或控制回路异常。智能研判系统还具备状态评估和寿命预测功能。通过分析断路器的累计操作次数、负载电流、短路电流切断次数等数据，结合材料老化模型，系统可

以评估断路器的当前健康状态并预测剩余寿命，这为设备的预防性维护和更新规划提供了科学依据。

二、配电网主动抢修策略

（一）自动拓扑重构台区

自动拓扑重构台区是一种先进的配电网主动抢修策略，旨在通过智能化手段快速隔离故障区域并恢复非故障区域供电。这一策略的核心在于利用配电自动化系统和人工智能算法，实时分析网络拓扑结构，并在故障发生时自动进行最优重构。首先，系统通过配电网数字孪生技术，构建精确的实时网络模型。这个模型不仅包含静态拓扑信息，还整合了动态负荷分布、设备状态等实时数据。当检测到故障时，系统立即启动拓扑分析算法，快速定位故障点并评估影响范围。其次，智能重构算法会考虑多个因素，如负载平衡、线损最小化、供电可靠性等，计算出最优的网络重构方案，这个过程涉及复杂的多目标优化问题，系统采用改进的遗传算法或粒子群优化算法来求解。优化目标包括最大化恢复供电面积、最小化开关操作次数、平衡各馈线负载等。在确定重构方案后，系统会自动向现场设备下发控制指令，实现断路器和开关的远程操作。同时，系统还会考虑设备的实时状态和操作限制，确保重构过程的安全性和可靠性。整个重构过程可以在几秒到几分钟内完成，大幅缩短了停电时间。

（二）智能校核停电信息

智能校核停电信息是配电网主动抢修策略中的关键环节，旨在通过多源数据融合和智能分析技术，快速准确地验证和完善停电信息，为后续抢修工作提供可靠依据。这一策略的实施涉及数据采集、信息处理和智能决策等多个环节。首先，系统通过多渠道收集停电相关信息。这包括配电自动化系统的实时监测数据、客户报修信息、社交媒体反馈，以及智能电表的用电数据等，这些异构数据通过大数据处理平台进行初步清洗和整合，形成初始的停电信息库。其次，系统运用高级数据挖掘和机器学习算法对信息进行智能分析。例如，使用聚类算法识别相似的停电报告，判断是否为同一事件的多次反馈。时序分析算法用于追踪停电事件的演变过程，识别可能的级联故障。同时，系统还会利用自然语言处理技术，从非结构化文本中提取关键信息，如停电地点、影响范围等。智能校核过程中，系统会自动比对不同来源的信息，识别并解决信息冲突。例如，当客户报修与自动化系统数据不一致时，系统会进一步分析可能原因，如设备误报或局部停电等。此外，系统还会结合历史数据和专家知识库，评估每条信息的可信度，筛选出最可

靠的停电信息。最后，系统生成经过校核的停电信息报告，包括停电范围、影响用户数、可能原因等详细内容。这份报告会实时更新，并自动推送给相关部门和抢修人员。通过这种智能校核机制，大大提高了停电信息的准确性和时效性，为快速精准抢修奠定了基础。

（三）生成主动抢修工单

生成主动抢修工单是配电网智能运维的核心策略之一，旨在通过智能化手段快速制定针对性的抢修方案，提高抢修效率。这一策略充分利用了人工智能、大数据分析 and 专家系统等先进技术，实现了抢修流程的自动化和智能化。系统基于实时监测数据和智能校核后的停电信息，快速定位故障点和类型。利用深度学习算法，系统能够从历史故障数据中学习各类故障的特征模式，实现对新发生故障的准确分类。同时，考虑到配电网的复杂性，系统还会结合网络拓扑信息，评估故障的影响范围和严重程度。在确定故障性质后，智能系统会自动匹配最适合的抢修方案。这一过程利用案例推理技术，从历史抢修案例库中检索相似情况，并根据当前具体情况进行适当调整。系统会考虑多个因素，如所需设备、人员技能要求、预估修复时间等，生成详细的抢修步骤和资源配置建议。工单生成过程中，系统还会综合考虑外部环境因素。例如，利用气象数据预测天气对抢修工作的影响，或者结合交通信息优化抢修路线。此外，系统还能够评估各抢修任务的优先级，在多个故障同时发生时，自动调度最优的抢修顺序。生成的智能工单不仅包含详细的抢修指令，还会自动推送给最合适的抢修团队。系统会根据每个团队的位置、专长和当前工作负荷，选择最优的执行团队。同时，工单还会包含安全提示、所需工具清单等辅助信息，全面提升抢修工作的效率和安全性。最后，系统具备实时更新功能。随着抢修工作的进行，工单内容会根据现场反馈动态调整，确保抢修方案始终保持最优状态。

（四）智能预测性维护策略

智能预测性维护策略是配电网主动抢修体系中的前沿方法，旨在通过预测性分析技术，在故障发生前识别潜在问题并采取预防措施，从而减少突发故障，提高系统可靠性。这一策略充分利用了物联网、人工智能和大数据分析等先进技术，实现了从被动响应到主动预防的转变。系统通过广泛部署的智能传感器网络，持续监测配电设备的关键参数，如变压器油温、开关操作次数、

线路负载等。这些实时数据通过安全的通信网络传输到中央分析平台。同时，系统还整合了设备历史运行数据、维护记录，以及环境因素数据，如气温、湿度、污秽度等核心的预测分析引擎采用多模型融合方法。它结合了物理模型、统计模型和机器学习模型。物理模型基于设备的工程特性，模拟其退化过程。统计模型分析历史故障模式，预测未来故障概率。机器学习模型，特别是深度学习网络，能够从海量数据中发现复杂的非线性关系，预测设备异常。系统不仅能预测单个设备的故障风险，还能评估整个网络的健康状态。通过图神经网络等先进算法，分析设备间的相互影响，识别潜在的级联故障风险。基于这些分析，系统会自动生成设备健康报告和维护建议，包括最佳维护时间、所需操作等详细信息。智能预测性维护策略还包括自适应优化功能。系统会持续对比预测结果和实际情况，不断调整和优化预测模型。同时，它还能根据维护效果和成本效益分析，动态调整维护策略，实现资源的最优配置。

结束语

本文系统探讨了配电网故障智能研判与主动抢修的多种先进技术和策略，涵盖了从故障预防、诊断到快速恢复的全过程。这些方法的实施将显著提升配电网的智能化水平和运行效率。展望未来，随着人工智能、5G通信、边缘计算等技术的进一步发展，配电网的智能化运维还有更广阔的发展空间。未来的研究方向可以聚焦于多源异构数据的深度融合、自主学习能力的提升，以及与能源互联网的深度结合，进一步推动配电网向更智能、更可靠、更高效的方向发展。

参考文献

- [1] 孙玮. 配电网故障智能研判与主动抢修技术分析[J]. 科技创新与应用, 2022, 12(29): 173-176.
- [2] 雷雄忠. 配电网故障智能研判与主动抢修技术应用[J]. 农村电工, 2022, 30(04): 38-39.
- [3] 杜韦华. 配电网故障快速复电技术及其应用[D]. 华北电力大学, 2019.
- [4] 侯颖君, 李伟新. 配电网故障智能研判与快速复电方法研究[J]. 电工技术, 2014, (11): 6-7+21.
- [5] 邱灿树. 基于多源信息的配电网故障研判方法[J]. 农村电气化, 2018, (08): 53-57.