

基于大数据分析的配电网态势感知与风险预警技术

康明琦

国网兰州供电公司 甘肃 兰州 730070

摘要: 配电网作为能源输送的核心枢纽,其安全稳定运行直接关系能源供给可靠性与社会经济发展。本文聚焦基于大数据分析的配电网态势感知与风险预警技术。首先阐述该技术核心价值,包括提升配电网运行安全性、优化运行效率、降低运维成本及促进新能源消纳。接着介绍配电网态势感知关键技术,涵盖数据采集与整合、挖掘分析、可视化及态势评估;同时说明风险预警关键技术,如风险识别、评估、预警发布及应急决策支持。最后展望其发展趋势,包括与人工智能深度融合、面向新型配电系统以及跨区域、跨行业协同等方向,为配电网智能化发展提供参考。

关键词: 配电网;大数据分析;态势感知;风险预警;发展趋势

引言:随着电力系统的不断发展和能源结构的转型,配电网作为电力输送与分配的关键环节,其安全稳定运行愈发重要。传统配电网管理方式在应对复杂多变的运行状况时,逐渐暴露出局限性。大数据技术的兴起为配电网管理带来了新的契机。基于大数据分析的配电网态势感知与风险预警技术,能够实时、全面地掌握配电网运行状态,提前发现潜在风险并发出预警,有效提升配电网的智能化水平。深入研究该技术,对于保障电力供应安全、推动能源可持续发展具有重大现实意义。

1 基于大数据分析的配电网态势感知与风险预警技术核心价值

1.1 提升配电网运行安全性

基于大数据分析的配电网态势感知与风险预警技术,可实时收集配电网运行的海量数据,涵盖设备状态、负荷变化、气象信息等多维度数据。通过深度挖掘分析,能精准识别潜在的安全隐患,如设备过热、绝缘老化、线路过载等。提前发现这些风险并及时预警,使运维人员有足够时间采取措施,如设备检修、负荷调整等,避免故障发生或扩大,极大提升配电网应对突发状况的能力,保障电力供应的连续性和稳定性,为电网安全运行构筑坚实防线。

1.2 优化配电网运行效率

大数据分析技术能对配电网的运行数据进行全面整合与深度剖析。通过对历史数据和实时数据的对比分析,精准掌握负荷分布规律和变化趋势,合理规划电力资源的分配。依据不同区域、不同时间段的用电需求,动态调整供电策略,优化潮流分布,减少线路损耗。同时,还能快速定位运行中的瓶颈环节,针对性地进行优化改造,使配电网在满足用电需求的前提下,以最经济、高效的方式运行,提升整体运行效率。

1.3 降低运维成本

借助大数据分析的配电网态势感知与风险预警技术,可实现从被动运维向主动运维的转变。通过对设备运行数据的持续监测和分析,提前预测设备故障发生的概率和时间,制定科学合理的运维计划。避免因设备突发故障导致的紧急抢修,减少抢修的人力、物力和时间成本。同时,精准的故障定位和原因分析,能提高维修效率,降低维修成本^[1]。

1.4 促进新能源消纳

随着新能源在配电网中的大规模接入,其波动性和间歇性给电网运行带来挑战。基于大数据分析的态势感知与风险预警技术,可实时监测新能源发电设备的运行状态和发电功率,结合气象数据预测新能源出力。通过对配电网运行数据的分析,评估新能源接入对电网的影响,合理调整电网运行方式,优化新能源的并网和消纳策略。同时,及时发现新能源接入过程中可能出现的问题并预警,保障新能源的安全接入和高效消纳,推动能源结构的绿色转型。

2 基于大数据分析的配电网态势感知关键技术

2.1 数据采集与整合技术

数据采集与整合是配电网态势感知的基石。配电网数据来源广泛,涵盖智能电表、传感器、保护装置、配电自动化终端等设备,采集内容包括电气量(如电压、电流、功率)、非电气量(如温度、湿度)以及设备状态信息等。为确保数据全面准确,需采用高速、高精度的采集装置,适应不同设备接口与通信协议,实现实时、稳定的数据采集。数据整合方面,由于数据分散在多个系统和数据库中,存在格式不统一、语义不一致等问题。需运用数据清洗技术,去除重复、错误和缺失的数据;通过数据转换,将不同格式的数据统一为标准格式;利

用数据集成方法,将分散的数据整合到统一的数据仓库或数据湖中。同时,为保障数据安全,要采用加密技术对数据进行加密处理,防止数据泄露。此外,建立数据质量监控机制,实时监测数据的质量状况,及时发现和解决数据问题,为后续的数据挖掘和分析提供高质量的数据基础。

2.2 数据挖掘与分析技术

数据挖掘与分析是从海量配电网数据中提取有价值信息的关键。运用关联规则挖掘,可发现设备故障与运行参数、环境因素之间的潜在关联,为故障预测和预防提供依据;聚类分析能将负荷数据划分为不同类别,识别不同负荷特征的用户群体,有助于制定个性化的供电策略。机器学习算法在数据挖掘中发挥着重要作用。通过构建预测模型,可对配电网的负荷变化、设备状态等进行精准预测。深度学习算法则可处理复杂的非线性关系,如对图像、语音等非结构化数据的分析,实现对设备故障的智能诊断。同时,时间序列分析技术可对历史数据进行趋势分析,预测未来的运行态势。此外,数据挖掘与分析还需结合领域知识,对挖掘结果进行解释和验证,确保分析结果的准确性和可靠性,为配电网态势感知提供科学、深入的洞察。

2.3 可视化技术

可视化技术将复杂的配电网数据转化为直观、易懂的视觉信息,是提升态势感知效率的重要手段。采用地理信息系统(GIS)技术,可将配电网设备的地理位置与运行数据相结合,在地图上直观展示设备的分布、运行状态和故障位置,方便运维人员快速定位问题。动态图表能够实时展示负荷变化趋势、功率流向等关键指标,通过颜色、形状、大小等视觉元素的变化,直观反映数据的动态特征。三维可视化技术可构建配电网的三维模型,展示设备的空间结构和运行情况,提供更沉浸式的体验。同时,可视化界面应具备良好的交互性,支持用户通过缩放、旋转、筛选等操作,深入了解数据的细节。此外,可视化技术还需考虑不同用户的需求和使用场景,提供个性化的可视化方案,帮助运维人员快速掌握配电网的运行态势,做出科学决策。

2.4 态势评估技术

态势评估技术是对配电网当前运行状态进行全面、综合评价的核心环节。它综合考虑数据采集、挖掘分析和可视化所提供的信息,结合配电网的拓扑结构、运行约束条件、设备参数等因素,建立科学的评估指标体系。评估指标可包括安全性指标(如短路容量、过载程度)、可靠性指标(如停电频率、停电持续时间)、经济性指标

(如线损率、供电成本)等。采用层次分析法确定各指标的权重,将复杂的评估问题分解为多个层次,通过两两比较确定各指标的相对重要性。运用模糊综合评价法、灰色关联分析法等方法,对配电网的整体态势进行打分评级,判断其处于安全、预警还是危险状态。同时,态势评估技术还能对配电网的未来发展趋势进行预测,提前发现可能出现的风险和问题。基于评估结果,为运维人员提供针对性的决策建议,指导配电网的优化运行和故障处理,保障配电网的安全稳定运行^[2]。

3 基于大数据分析的配电网风险预警关键技术

3.1 风险识别技术

风险识别是配电网风险预警的基础,旨在从海量数据中精准找出潜在风险因素。借助先进的数据采集设备,广泛收集配电网的设备状态、电气参数、环境信息等多源数据。运用数据挖掘算法,如聚类分析,将设备运行数据划分为不同簇,异常簇可能暗示设备存在故障风险。关联规则挖掘可发现不同数据间的潜在联系,例如设备温度异常与负荷过载之间的关联,从而识别出因负荷问题引发的设备过热风险。机器学习算法在风险识别中发挥重要作用。通过构建分类模型,对设备状态进行分类,判断其是否处于正常、预警或故障状态。深度学习算法能处理复杂的非线性关系,对图像、声音等非结构化数据进行分析,如通过分析设备运行声音判断是否存在机械故障。同时,结合专家经验和领域知识,建立风险特征库,将新采集数据与特征库比对,快速识别已知风险模式,并不断更新优化特征库,提升对新型风险的识别能力。

3.2 风险评估技术

风险评估是对识别出的风险进行量化分析,确定其可能造成的损失程度和发生概率。构建涵盖设备健康度、负荷水平、电网结构、环境因素等多维度的风险评估指标体系。采用层次分析法确定各指标权重,将复杂评估问题分解为多个层次,通过两两比较确定指标相对重要性,使评估更具科学性和系统性。运用模糊综合评价法处理评估中的不确定性和模糊性,对风险进行综合打分,划分不同风险等级。概率统计方法分析历史数据,计算风险发生的概率,为风险评估提供数据支持。蒙特卡洛模拟技术模拟配电网在不同运行场景下的风险情况,评估风险的可能影响范围和损失程度。此外,建立动态评估模型,根据实时数据和运行变化及时调整评估结果,确保风险评估的准确性和时效性,为风险预警和决策提供可靠依据。

3.3 预警发布技术

预警发布技术是将风险评估结果及时准确传达给相关人员和系统的关键环节。构建统一的预警信息平台,整合配电网各系统数据,实现预警信息的集中管理和发布。根据风险严重程度和影响范围划分不同预警级别,制定明确发布标准和流程,确保预警发布的规范性和一致性。采用多种发布渠道,如短信、邮件、移动应用推送、声光报警等,满足不同场景下信息接收需求。利用地理信息系统(GIS)技术,在地图上直观展示风险位置和范围,方便相关人员快速定位。同时,建立预警反馈机制,接收处理人员对预警信息的确认和反馈,及时更新预警状态,避免重复和误预警。此外,考虑不同用户角色和权限,实现预警信息的精准推送,确保关键人员能第一时间获取重要预警信息,提高预警响应效率。

3.4 应急决策支持技术

应急决策支持技术为配电网应对风险和故障提供科学合理的决策方案。基于大数据分析和人工智能算法,构建应急决策知识库,收集历史应急案例、专家经验和处理流程等信息。当发生风险预警或故障时,系统快速匹配相似案例,提供参考决策方案。运用优化算法,如遗传算法、粒子群算法等,结合当前电网运行状态、设备状况和资源情况,生成最优应急处理策略,如负荷转移路径、设备抢修顺序等。实时数据和模拟仿真技术对决策方案进行实时评估和调整,确保方案可行性和有效性。提供直观决策可视化界面,以图形、图表等形式展示决策方案,方便决策者理解和选择^[3]。

4 基于大数据分析的配电网态势感知与风险预警技术发展趋势

4.1 与人工智能技术的深度融合

随着人工智能技术的不断进步,其在配电网态势感知与风险预警中的应用将愈发深入。机器学习算法可自动挖掘数据中的潜在规律,精准识别设备故障模式与风险特征,实现故障的早期预警与精准定位。深度学习技术能处理复杂的非线性关系,对配电网运行状态进行智能评估与预测。同时,自然语言处理技术可辅助分析调度日志、故障报告等文本信息,提取关键风险要素。人工智能与大数据的深度融合,将显著提升配电网态势感知的智能化水平,增强风险预警的准确性与及时性。

4.2 面向新型配电系统的态势感知与风险预警

新型配电系统具有智能化、分布式、协同化等特征,对态势感知与风险预警技术提出了更高要求。未来技术将更加注重多源异构数据的融合处理,实现对分布式新能源、储能、电动汽车等新要素的全面感知与精准评估。同时,针对新型配电系统的复杂运行场景,将构建更加灵活、自适应的态势感知模型,实时监测系统运行状态,预测潜在风险。此外,还将加强态势感知与配电自动化、需求响应等系统的协同,实现故障的快速隔离与自愈,提升新型配电系统的安全稳定运行能力。

4.3 跨区域、跨行业的协同态势感知与风险预警

配电网作为能源互联网的重要组成部分,其态势感知与风险预警需实现跨区域、跨行业的协同。未来技术将打破数据壁垒,实现不同区域、不同行业间的数据共享与融合,构建全局性的态势感知体系。通过跨区域协同,可实现对大规模灾害、突发事件等影响范围的快速评估与预警,提升电网的应急响应能力。跨行业协同则能促进能源、交通、建筑等领域的深度融合,实现能源的优化配置与高效利用^[4]。

结束语

基于大数据分析的配电网态势感知与风险预警技术,为电力系统的安全稳定运行筑牢了坚实防线。通过全面采集、深度挖掘海量数据,精准感知配电网运行态势,及时预警潜在风险,有效提升了电网的智能化管理水平。随着与人工智能、新型配电系统、跨区域跨行业协同等前沿领域的深度融合,该技术将不断突破创新,具备更强大的分析决策能力。未来,它将持续赋能配电网,保障电力供应的可靠性与质量,推动能源领域向更加智能、高效、绿色的方向迈进,为经济社会的可持续发展提供有力支撑。

参考文献

- [1]郝春阳,黄志强.大数据环境下网络安全态势感知技术研究[J].计算机技术与发展,2021,29(6):1-5.
- [2]董明辉,陈晓林.基于大数据的网络威胁情报分析技术[J].信息安全,2020,10(4):54-57.
- [3]陈思进,张翼.大数据时代网络安全预警系统设计与实现[J].计算机科学,2022,45(8):271-274.
- [4]谌颖,张袖斌,肖斌.基于大数据的网络安全态势感知技术探讨[J].网络空间安全,2024,15(04):240-243.