

配电网中大数据的挖掘应用

张 嵩, 刘 洋, 许 芳, 侯喆瑞

(国网冀北电力有限公司经济技术研究院, 北京 100038)

摘 要:为了适应日益增长的电力需求,解决配电网点多面广、设备多、管理难度大、配电网信息实时性低等问题,本文系统梳理了国际、国内配电网发展现状,以及数据挖掘与分析处理技术在配电网的应用研究情况,将大数据挖掘应用引入配电网日常管理,利用大数据分析,针对电网运行和设备检测或监测数据、电力企业营销数据、交易电价、售电量、用电客户等方面的数据,结合地域配电网网架结构,对配电网存在的薄弱点,尤其在迎峰度夏和春节保供电等用电高峰期,通过事前提前研判、事中实时指挥、事后深入分析,提前发现未来病态设备,推进配电网设备在线化、透明化、智能化,将配电网由“修得快”向“不停电”转变,提升优质服务水平,并希望能对今后相关研究时间工作提供一定的参考价值。

关键词:大数据;配电网;数据挖掘

文章编号:2096-4633(2018)02-0008-05 **中图分类号:**TM63 **文献标志码:**B

大数据在配电网的深入挖掘研究方兴未,其涉及广度包含了电力系统的各个领域,根据电力行业特征,数据挖掘应用可从设备状态管控、缺陷管控、停运状态、负载状态、电压质量、三相不平衡、配电线路负荷转移风险评估、同期线损、接地(断线)分析、设备健康状态评估、设备实时状态评价、风险预警、重过载预警、雷害风险评估预警、配电网季节特征电压风险预判、配电网季节特征过载风险预判进行挖掘。对于我国而言,如何实现智能配电网的高效性、经济性、综合性以及系统性发展,已成为现阶段相关工作人员最为关注的问题之一。

1 国内外配电网发展现状

1.1 国外配电网发展现状

日本东京电力2010年起主要面向家庭安装2 000万部智能电表,计划将在2020年完成2 700万只民用智能电表。美国最大的智能电网示范工程—西北太平洋智能电网示范工程,电力系统容量约11.2 MW^[1],总预算为1.78亿美元,在分布式发电、储能和负荷以及现有电网基础设施之间实现双向通信^[2],量化智能电网的成本和收益,以及建立更先进的网络互用性和网络安全标准等。欧洲持续推进可再生能源发展,英国于2014年4月公布了“光伏发电战略”,将在工厂、超市等大型建筑物的屋顶以及停车场设置光伏发电系统,从而将地面大规模光伏电站转向

屋顶光伏发展;继续开展智能电网综合示范研究^[3]。

结合新技术发展,国外智能电网建设呈现出一些新特点:互联网技术和理念与智能电网深度融合。大数据、物联网、云计算、信息与物理融合等互联网相关技术蓬勃发展,带动形成一大批新型业态的同时,也给传统产业转型升级带来了机遇^[4]。在互联网技术的影响下,智能电网的内涵不断得到丰富。2014年美国、欧洲、日本等国家、地区对智能电网的技术发展路线图进行滚动修订,并在其试点示范工程中得到应用与推广。

1.2 国内发展现状

电力信息基础与平台技术重点研究了数据管理、可视化、移动计算、数据中心、GIS、多媒体等,数据管理平台、大屏可视化、移动应用开发平台、电力云资源管理平台、电网GIS平台、视频监控平台已实用化;电力信息业务应用技术重点研究了生产管理系统、营销业务应用系统、营销基础数据平台、电网调度基础信息的统一维护和管理;电力信息安全技术重点研究业务系统安全定级备案、等级保护测评及防护方案、网络安全态势感知及联动预警,建设了信息安全攻防演练环境;研究国密算法安全芯片,在TD-LTE以及无线1.8 GHz配电网实现试用化。

2 数据挖掘与分析处理技术在配电网的应用研究

一般意义上,大数据是指无法在可容忍的时间

内用传统信息技术和软硬件工具对其进行感知、获取、管理、处理和服务的数据集合。从大数据的特征出发,大数据一般具有“4V”特征:第一,数据体量巨大。从TB级别,跃升到PB级别;第二,数据类型繁多,包括网络日志、视频、图片、地理位置信息等等。第三,处理速度快,可从各种类型的数据中快速获得高价值的信息;第四,只要合理利用数据并对其进行正确、准确的分析,将会带来很高的价值回报。业界将其归纳为4个“V”,分别为Volume(大量)、Variety(多样)、Velocity(高速)、Value(价值)。

电力大数据覆盖发电、输电、变电、配电、用电等生产过程,涵盖人力、物资、财务、规划、建设、调度、检修、营销等管理过程。

电网业务数据大致分为3类,一是电网运行和设备检测或监测数据,主要包含在EMS系统、DMS系统、WAMS系统、图像监控系统等;二是电力企业营销数据,如交易电价、售电量、用电客户等方面的数据,SG186营销业务系统、95598客户服务系统、电能量计费系统、用电信息采集系统等;三是电力企业管理数据,主要包括在协同办公系统、ERP、PMS、OMS、TMS、IMS、物资电子商务平台等系统。

根据电力行业特征,电力大数据挖掘可从以下领域进行深入挖掘。

2.1 配网运行监测

基于地理图、专题图、单线图及各种图形化控件,以多种形式展示配电网异常、告警等管控场景、保电任务、生产计划信息、气候环境、山火信息、缺陷隐患,便于各单位直观掌握配电网设备状态异常、运维管理、因天气变化的设备异常等情况,从宏观角度掌控电网设备运行风险状态,辅助配电网决策分析。主要实现了以下功能,一是设备运行状态监视。对配电网当前运行情况和状态进行监测,如:配电线路跳闸、用户分界开关跳闸、停电影响、重载线路、异常台区、站室状态等。二是缺陷隐患监视。监控设备缺陷消除情况,特别是危急缺陷,用于信息监视员发现缺陷未及时消除等问题。主要包括缺陷数量、未消缺数量、详细设备缺陷信息。三是生产计划信息监视。根据检修计划和巡视计划进行工作安排,实现每个时段、每个班组的工作强度的统计分析,并跟踪工作的执行情况,分析各单位是否按照计划检修和巡视,是否达到检修和巡视的预订效果;实现根据工作完成情况,查询和分析每个部门和每个人的工

作量和工作强度。四是客户综合停电监测。实现重要客户、住宅小区、台区、线路停电综合监测、直观展示四类对象停电的实时和累计停电情况。主要包括:停电综合监测:对重要客户、住宅小区、台区、线路进行停电综合监测,直观展示四类对象停电的实时和累计停电情况;停电主动工单监控:实现未派发、进行中(在途)工单、已完成状态工单的实时监控,可针对各个片区工单分布情况进行对比;停电主动工单原因分析:按照月度或者年度进行四类停电原因分析。各类原因用饼图方式显示。系统默认展示本月累计停电原因分析,可通过切换查询条件实现对本年累计停电情况的原因分析;停电同期对比:针对最近6个月,重要客户、住宅、小区、台区、线路四类监控对象,当月停电数与同期停电数进行对比情况分析。

2.2 配网实时故障研判

主要包括主线故障研判、支线故障研判、配变故障研判、线路接地故障研判、低压线路故障研判。一是主线故障研判(主干线失电研判)。针对主干线失电研判可通过以下两种情况实现,两种研判结果可作为相互校验的依据,并能实现研判结果的合并。第一种采用主干线开关跳闸信息直采(EMS),从上至下进行电网拓扑分析;第二种未接收到主干线开关跳闸信息时,采用多个分支线开关跳闸信息和联络开关运行状态,由下往上进行电源点追溯到公共主干线开关,再由该主干线开关为起点,从上至下进行电网拓扑分析,生成停电区域。二是支线失电故障研判(分支、联络、分段开关失电研判)。针对分支线故障研判可通过以下两种情况实现,两种研判结果可作为相互校验的依据,并能实现研判结果的合并。第一种采用分支线故障信息直采(配网自动化、故障指示器主站或智能开关主站),并从上至下进行电网拓扑分析;第二种未接收到分支线开关跳闸信息时,采用配变停电告警,由下往上进行电源点追溯到公共分支线开关,再由分支线开关为起点从上至下进行电网拓扑分析,生成停电区域。三是线路接地故障研判。基于网络拓扑、设备台账和10kVh母线电压、配变出口电压、用户电压及谐波监测等遥测数据^[5],能够实现对电压越限情况(如过电压、低电压等)、谐波异常情况及无功补偿投切情况的全面真实掌控。读取故障指示器、智能开关系统的接地故障,结合所属主线的变电站母线在同时间

的零序电压发生的变化来判断是否接地故障。四是配变失电故障研判针对配变失电研判可通过以下两种情况实现,两种研判结果可作为相互校验的依据,并能实现研判结果的合并。第一种采用配变故障信息直采(用电采集系统结合停电计划),并从上至下进行电网拓扑分析^[6];第二种未接收到配变故障信息时,采用低压线路失电告警,由下往上进行电源点追溯到公共配变,再由该配变为起点,从上至下进行电网拓扑分析,生成停电区域。五是低压线路失电研判。系统接收低压分支线开关跳闸或低压采集器失电告警信息后,由下往上进行电源点追溯,获取同一时段下的公共低压分支线开关和联络开关状态信息,从上至下进行电网拓扑分析,生成停电区域。

2.3 故障预警处理

根据故障跳闸的相关性分析,结合天气、时间、季节、外力作业等信息,对可以引起故障跳闸的树障、雷击、外力破坏、季节性鸟害等情况进行预报,并自动生成特巡单、开展隐患预先消缺。

一是配网停运状态。基于网络拓扑关系、运行状态数据和业务数据,实现对配电网各层级(配电馈线/支线/配变/低压线路)的停电状态、供电可用系数及其影响停电时户数的真实全面掌控,实现配电停运状态的多维度统计分析,结合两票信息,自动挖掘临时停电及无票作业、1 号杆加装开关、停电不转负荷等不规范行为,辅助分析检修计划安排的合理性、分段开关安装合理性,促使强化综合检修、严控临时停电、辅助加强 400V 停电计划管理,对于主要治理设备辅助生成储备工程项目,切实提升供电可靠性。开展配电停运状态与检修计划、工作票、抢修票、配网工程建设、业扩报装、不停电作业等的关联性分析,分析省公司综合检修工作中存在问题,对各单位综合检修工作成效进行客观评价并提出改进建议。

二是配电馈线停运管控。配电馈线停运事件管理,对全省配电馈线的停运事件(检修停运、电流突变),系统自动进行准实时研判。根据运行单位、展示级别、运维性质、时间范围、特性等条件,对配电线路停运事件进行查询。提供事件详细情况分析,包括:①电流负荷曲线查询。展现配电馈线故障当日的电流曲线沿布图查询。展现停运馈线的沿布图,包括低压线路。②影响范围分析。展现故障支线接带公变、专变台帐列表,重要客户信息列表。③负荷

损失情况。展现故障损失负荷值。④负荷恢复情况。展现接带公变、专变,是否负荷转移,何时进行负荷转移。

2.4 其他应用

2.4.1 配电线路负荷转移风险评估

根据电网拓扑、转入及转出线路参数及实时运行数据,实现对配电网负荷转移风险评估,辅助生成配电网线路差异化转供方案,有效提升配网设备利用率^[7]。

2.4.2 配网同期线损

根据网络拓扑、设备参数及电网实时运行数据,掌握实际线损分布情况;分析线损管理存在的问题,定位大线损设备与原因,辅助编制降损方案,对降损方案进行成效预估,提高降损工作的精准度,降低线损、提高经济效益。

2.4.3 配网接地(断线)分析

根据配电网线路与配变的运行电压及线路接线方式信息,采用大数据分析技术,建立配电设备接地断线分析模型,自主研判并推出接地断线情况,辅助降低电网运行安全事故、提高供电可靠性。

2.4.4 配网设备健康状态评估

根据配电设备的在线监测、带电监测及历史缺陷、故障运行状态信息,采用大数据分析技术,建立配电设备健康状态评估模型,主动对配电网设备健康状态及寿命情况进行评估^[8],自动挖掘亚健康、不健康的电网设备、辅助各基层单位及时掌控配电网设备健康状态情况、辅助配网建设改造、提高装备水平。

2.4.5 配网设备实时状态评价

根据配电设备台账、缺陷故障及实时运行信息,采用大数据分析技术,实现对配网主要设备的实时状态评价与预警^[9],辅助各基层单位实时掌控设备状态变化情况,对告警提醒的注意、异常设备进行及时消缺,提高设备安全运行能力。

2.4.6 配网风险预警

根据配网运行数据、结合气象情况(如台风、高温等),通过大数据分析技术,实现配电网的重过载、雷害及季节性电压质量、过载风险评估、预警,辅助各基层单位事先做好预防措施,降低电网风险。

2.4.7 配网重过载预警

根据配电线路、配变重过载数据特征,结合气象情况(如高温)、用电负荷特征,应用大数据聚类算

法、流式计算^[10]等方法,研究分析配电线路、配变重过载预警计算模型,实现对配网重过载预警预测。

2.4.8 配网雷害风险评估预警

应用大数据分析技术,根据配电线路的直击雷仿真计算模型和感应雷仿真计算模型,抽取相关数据,对配电线路雷击风险进行评估,并自动生成相关的评估报告,辅助配电网进行防雷改造。主要包括:故障跳闸雷击原因校验、雷击跳闸率计算、雷电图绘制、配电线路雷害风险评估等^[11]。

2.4.9 配电网季节特征电压风险预判

制定电压风险指标,分析不同地域,不同季节配电网负荷变化的特征,提出一组能够表征配电网电压风险特征,便于分析计算的电压风险指标^[12];建立电压风险预判模型,分析电压风险指标之间的相互关系,确定电压风险指标与负荷预测结果、节点电压水平等变量以及特殊事件之间的关系。

2.4.10 配电网季节特征过载风险预判

制定配电过载风险指标,分析不同地域,不同季节配网负荷变化的特征,提出一组能够表征配电网过载风险特征^[13],便于分析计算的过载风险指标;建立过载风险预判模型,分析过载风险指标之间的相互关系,确定过载风险指标与负荷预测结果。

3 总结

大数据在配电网的深入挖掘研究方兴未,其涉及广度包含了电力系统的各个领域,被认为是未来电力系统发展的最新动向,配电网的智能化发展是现阶段电网建设的主流性发展趋势,对于我国而言,如何实现智能配电网的高效性、经济性、综合性以及系统性发展^[14],已成为现阶段相关工作人员最为关注的问题之一。为最大限度的保障智能配电网在运行过程中的安全性与稳定性,就要求提高保护与控制的工作质量^[15-16]。本文针对有关面向智能配电网的保护与控制相关问题做出了简要分析与说明,希望能够为今后相关研究与实践工作的开展提供一定的参考与帮助。

参考文献:

- [1] 张健,蒲天骄,王伟,等. 智能电网示范工程综合评价指标体系[J]. 电网技术,2011,(6):7-9.
ZHANG Jian, PU Tianjiao, WANG Wei, et al. A comprehensive assessment Index system for smart grid demonstration projects [J]. Power System Technology,2011,(6):7-9.

- [2] 雷正新,韩蓓,聂萌,等. 配电网大数据环境下的多点负荷预测算法与应用研究[J]. 电力系统保护与控制,2016,(23):68-78.
LEI Zhengxin, HAN Bei, NIE Meng, et al. Research and application of multi-node load forecasting algorithm under the environment of distribution network's big data [J]. Power System Protection and Control,2016,44(23):68-78.
- [3] 李占英. 智能配电网大数据应用技术与前景分析[J]. 电力大数据,2017,20(11):18-20.
LI Zhanying. Intelligent power distribution network and prospect analysis technology of data applications [J]. Power Systems and Big Data,2017,20(11):18-20.
- [4] 黄超,余英,张炜,等. 对智能配电网大数据统一支撑平台体系和构架分析[J]. 自动化与仪器仪表,2016,(7):137-138.
HUANG Chao, YU Ying, ZHANG Wei, et al. Big platform architecture and framework analyze large data distribution network for the smart unified support [J]. Automation & Instrumentation, 2016,(7):137-138.
- [5] 赵庆周,李勇,田世明,等. 基于智能配电网大数据分析的状态监测与故障处理方法[J]. 电网技术,2016,(3):774-780
ZHAO Qingzhou, et al. A state estimation and fault processing method based on big data analysis of smart distribution network [J]. Power System Technology,2016(3):774-780
- [6] 顾建伟,周志芳,邵学俭. 基于 IEC61968 国际标准的智能电网信息集成[J]. 浙江电力,2011,(4):30-34
GU Jianwei, ZHOU Zhifang, SHAO Xuejian. Information integration for smart grid based on iec 61968 international standard [J]. Zhejiang 30 Electric Power,2011,(4):30-34.
- [7] 刘科研,盛万兴,张东霞,等. 智能配电网大数据应用需求和场景分析研究[J]. 中国电机工程学报,2015,(2):287-293
LIU Keyan, SHENG Wanxing, ZHANG Dongxia, et al. Big data application requirements and scenario analysis in smart distribution network [J]. Proceedings of the CSEE,2015(2):287-293.
- [8] 刘巍,黄 翌,李 鹏,等. 面向智能配电网的大数据统一支撑平台体系与构架[J]. 电工技术学报,2014,(S1):486-491.
LIU Wei, et al. Summary about system and framework of unified supportingplatform of big data for smart distribution grid [J]. Transactions of China Electrotechnical Society,2014,(S1):486-491.
- [9] 杨君. 配电设备台账数据版本管理方案设计与实现[J]. 电力信息化,2012,(7):41-44.
YANG Jun. Design of distribution equipment account version management and its implementation [J]. Electric Power IT,2012,(7):41-44.
- [10] 孙大为,张广艳,郑邦民. 大数据流式计算:关键技术及系统实例[J]. 软件学报,2014,(4):839-862.
SUN Dawei, ZHANG Guangyan, ZHENG Weimin, et al. Big data stream computing: technologies and instances [J]. Journal of Software,2014,(4):839-862.
- [11] 王璟,杨德昌,李猛,等. 配电网大数据技术分析与典型应用

- 案例[J]. 电网技术,2015,(11): 3114-3121.
- WANG Jing, YANG Dechang, LI Mang, et al. Analysis of big data technology in power distribution system and typical applications [J]. Power System Technology, 2015(11): 3114-3121.
- [12] 丛鹏伟,唐巍,张璐,等. 面向有源配电网的 DG 与网架日前综合调度[J]. 哈尔滨工业大学学报,2016,(9): 181-188.
- CONG Pengwei, TANG Wei, ZHANG Lu, et al. Day-ahead coordination scheduling of grid structure and DG active power output in distribution network based on bi-level programming[J], Journal of Harbin Institute of Technology, 2016, (9): 181-188.
- [13] 赵腾,张焰,张东霞. 智能配电网大数据应用技术与前景分析[J]. 电网技术,2014,38(12): 3305-3312.
- ZHAO Teng, Zhang Yan, Zhang Dongxia. Application technology of big data in smart distribution grid and its prospect analysis[J]. Power System Technology, 2014, 38(12): 3305-3312.
- [14] 钱超,梅军,喻洁,等. 基于 IEC 61850 的配电网数据传输保护机制[J]. 电测与仪表,2016,(5): 91-96.
- QIAN Chao, MEI Jun, YU Jie, et al. The protection scheme for the data transmission of the distribution network based on IEC 61850 [J], Electrical Measurement & Instrumentation, 2016, (5): 91-96.
- [15] 李斌,薄志谦. 智能配电网保护控制的设计与研究[J]. 中国电机工程学报,2009,(S1): 1-6.
- LI Bin, BO Zhiqian, et al. Design and research on protection and control of smart distribution grid [J], Proceedings of the CSEE, 2009, (S1): 1-6.
- [16] 陈雪,黄伟,叶琳浩,等. 基于多源数据的配电网规划辅助决策系统研究[J]. 广东电力,2017,30(1): 53-58.
- CHEN Xue, HUANG Wei, YE Linhao, et al. Study on auxiliary decision system for power distribution network planning based on multi-source data [J]. Guangdong Electric Power, 2017, 30(1): 53-58.

收稿日期:2018-01-18

作者简介:



张 嵩(1987),男,硕士,工程师,主要从事电力规划与评审、智能配电网研究方面的工作。

(本文责任编辑:范 斌)

Application of big data mining in power distribution network

ZHANG Song, LIU Yang, XU Fang, HOU Zherui

(State Grid Jibei Electric Economic Research Institute, Beijing 100038, China)

Abstract: In order to respond to the booming power need, solving problems like complicated situations, like redundant equipment, managerial difficulties and response time limit of distribution network, this paper focuses on current research in distribution network and big data mining technology in both international and domestic papers, introducing data mining to power distribution network management with big data mining. Using big data mining on beforehand judgment, process control and deep analysis of data of power grid operation distributing business and power customers, especially during summer peaks and spring festivals shows its benefits including online operation, transparency and intelligence which improve distribution network from fast fixing to a new level of no power outages, as well as finding equipment with defect in advance and improve service which is instructive for future study.

Key words: big data; power distribution network; data mining