

Application and improvement of power load forecasting in power grid operation management

Zhanfei Ma

Shenzhen ShenDian Power Supply New Energy Co., Ltd., Shenzhen, Guangdong, 518000, China

Abstract

With the rapid development of socio-economy and continuous fluctuations in electricity demand, accurate load forecasting plays a vital role in ensuring stable grid operations, optimizing resource allocation, and reducing operational costs. This technology not only enables power grid companies to plan generation schedules in advance but also effectively addresses emergencies, guaranteeing safe and reliable power supply. However, power load forecasting faces significant challenges due to multiple factors including weather conditions, economic activities, and social events. As power systems become increasingly complex, traditional forecasting methods are increasingly demonstrating their limitations. Therefore, research on load forecasting technology is crucial for enhancing grid management capabilities.

Keywords

Power load forecasting; Grid operation management; Application and improvement

电力负荷预测在电网运行管理中的应用与改进

马战飞

深圳市深电供电新能源有限公司, 中国·广东 深圳 518000

摘要

随着社会经济的快速发展,用电需求的持续变化,准确的负荷预测对保证电网稳定运行,优化资源配置,降低运营成本具有重要意义。负荷预测不仅可以帮助电网公司提前制定发电计划,而且可以有效地应对突发事件,保证供电安全可靠。然而,电力负荷受气象、经济活动、社会事件等多种因素的影响,给负荷预测带来极大的挑战,而电力系统日益复杂,传统预测方法越来越显示出它的局限性。可见,对负荷预测技术的研究,对提高电网管理水平有重要意义。

关键词

电力负荷预测; 电网运行管理; 应用与改进

1 引言

将电力负荷预测应用于电网运营管理,是一项综合性的课题,涉及到多个学科。这既涉及到对电力系统运行机理的深刻认识,又涉及到数学建模、数据分析和计算机科学等多学科交叉。从电网运行角度出发,对电力系统进行负荷预测,是制定发电计划、合理调度用电资源的依据,预测结果的准确与否对电网经济可靠运行具有重要意义。因此,对负荷预测技术的应用和改进进行研究,对提高电网管理水平、促进电力工业可持续发展具有重要意义。

2 电力负荷预测在电网运行管理中的应用作用

2.1 支撑电网规划设计,保障供电能力适配

通过精确预测未来一段时间区域内电力负荷的总量、

分布及增长趋势,可以明确电网规划的容量需求和布局方向,避免因预测不足而造成的供电缺口和过度建设所带来的资源浪费^[1]。在电网建设过程中,负荷预测结果可用于指导变电站选址、输电线路布设、配网优化等关键环节,保证电网结构与负荷分布匹配,提高输电效率和稳定性。同时,针对新能源接入带来的负荷波动,通过负荷预测可以提前预测新能源发电和负荷之间的时空匹配关系,为新能源建设和电网升级改造提供数据支持,促进电网由“被动适应”向“主动规划”转变,确保电网中长期供电能力适应区域经济社会发展需要。

2.2 优化电网调度运行,提升资源配置效率

负荷预测是电网日常调度中实现“源网荷储”协调运行的重要环节,通过对日、短、中长期负荷变化的精确预测,调度部门可以对火电、水电、新能源等各种电源的发电计划进行合理安排,实现电力供需平衡,防止因发电过剩造成的能量浪费或因发电不足而造成的供电紧张。在跨区域电网调度中,负荷预测可以引导电力余缺调剂,优化省际间跨区域

【作者简介】马战飞(1983-),男,广东梅州人,助理工程师,从事电力运行管理研究。

电力输送方案,提高全国电力资源统筹配置效率。通过对负荷预测进行动态调整,实现对变压器分接位置的调整、无功补偿装置的优化,以及线路检修计划的合理安排,从而降低电网损耗,提高电网运行的经济性和可靠性,保证电力系统的安全稳定运行。

2.3 强化电网风险防控,降低安全运行隐患

通过对极端工况如负荷峰值预测、负荷突降等提前识别电网可能面临的安全风险,为调度部门提供足够的响应时间。如在负荷峰值之前,系统可以提前启动备用电源,调整负荷侧的响应策略,防止线路过负荷跳闸,当负荷急剧下降时,系统能及时调整出力,避免了频率的异常波动^[2]。在此基础上,可针对高温、寒潮和台风等极端天气引起的负荷异常变化,结合气象资料,对负荷变化情况进行预测,从而指导电网做好防汛、防冰、防风等应急准备工作,完善应急预案,储备应急物资,减少极端天气对电网安全运行的影响,保证电力供应的连续性和稳定性。

2.4 控制电网运行成本,推动绿色低碳发展

在发电成本控制中,根据负荷预测对发电计划进行优化,可以减少机组启停次数,减少燃油消耗,避免盲目发电造成的成本浪费。对于新能源,负荷预测可以提高新能源的消纳能力,降低弃风弃光,提高新能源利用效率,减少对传统化石能源的依赖,促进能源结构转型。在电网运行费用控制中,对负荷的分布和变化规律进行预测,可以对设备的维修时间和范围进行合理的安排,避免在用电高峰期进行维修,降低停电损失。在负荷预测基础上对电网进行改造,可以避免投资过大,提高资金利用率,同时,通过负荷预测引导需求侧响应,可以激励用户错峰用电,降低电网峰谷差异,减少电网调峰成本,达到经济和环境双重效益的目的。

3 电力负荷预测在电网运行管理中的改进应用

3.1 融合多源数据与先进算法,提升预测精准度

在实际应用方面,需要建立“多源数据融合+高级算法建模”的预测体系,在数据和技术两个维度同时提高预测精度。在数据融合方面,可以将气象资料、经济、用户数据、新能源、电网运行数据等多维信息进行融合,并对其进行数据清洗、规范化处理和特征提取,构建综合反映负荷影响因子的数据集^[3]。如利用气象资料和负荷资料进行相关性分析,量化气温变化对居民电力负荷的影响系数;结合工业园区发展规划数据,对工业用电趋势进行预测,为负荷预测提供更加丰富的投入维度。

在算法优化方面,需要突破传统统计学方法(如回归分析、时间序列分析等)的限制,引入随机森林、梯度提升树、长短记忆网络、图神经网络等先进算法。针对不同预报周期(短、中、长)和不同负荷类型(居民、工业、商业),选择合适的算法模型。在中长期用电预测中,可以将XGBoost模型处理多种特性的能力相结合,从长期来看,

经济和政策因素对用电的影响。

同时,可以分布式能源密集地区为研究对象,利用GNN模型构建电网拓扑结构-负荷关联图,提高区域负荷预测的准确性。在此基础上,建立动态优化算法模型,利用最新收集到的数据定期训练和迭代模型参数,降低预测误差,使预测结果更加准确地反映电网负荷的变化趋势,为电网运行管理提供更加可靠的决策依据。

3.2 细分负荷预测场景,实现差异化精准管理

在改进应用时,需要按照“用户类型+地域特性+时间维度”细分负荷预测情景,构建差异化预测系统,提高电网管理的针对性和有效性。根据用户类型可以分为居民用电,工业用电,商业用电,农业用电等。家庭用电负荷的预测要注重气象因素(如季节、温度)、节假日效应和居民生活习惯的改变。工业负荷的预测要与企业的生产计划,产业的景气程度,以及环保政策(如限产、停产等)相结合。商业负荷的预测需要考虑营业时间、旺季和淡季以及大型活动(如展会和促销)的影响,农业负荷预测需要考虑作物生长期、灌溉需要和气象条件(如降雨、光照等)。对用户类型进行细分,可以根据不同负荷的特点建立专属预测模型,降低不同类型负荷之间的相互影响,提高预测准确性。

根据区域特点,将负荷预测分为城区核心区域、工业园区区域、边远乡村区域、新能源富集区域等几个场景,城区核心区负荷密度高,峰谷差大,需要对负荷峰值和短时波动进行重点预测^[4]。工业园区负荷稳定性强,但受生产节奏的影响较大,需要结合生产调度数据提高预测精度,偏远农村地区负荷分散,基础资料薄弱,需要结合人口移动和农业生产规律,对预测方法进行优化。

新能源富集区新能源负荷受新能源功率波动的影响较大,需要进行新能源功率预测和负荷预测的融合,提高新能源负荷预测的准确性。从时间维度上看,可分为日内超短期(15分钟-1小时)、短期(1天-1周)、中(一月-1年)和长期(1年以上)。通过场景细分,可以实现差异化负荷预测管理,使预测结果更加符合电网运行管理的实际需要,提高管理效率和决策科学性。

3.3 构建预测误差反馈机制,动态优化预测模型

在应用上,需要构建“误差监控-归因分析-模型修正-效果验证”闭环反馈机制,深入挖掘预报误差,不断提高预测模型的自适应性和准确性。应建立实时误差监测系统,通过SCADA系统、电力用户信息采集系统等获取实时负荷数据,并将其与预测结果进行比较,计算出误差指标(绝对平均值、均方根差、最大误差等),并将其变化趋势展示在可视化平台上,及时发现异常误差。例如,当一个地区的实际负荷和预测值之间的偏差超出了预先设定的临界值,系统就会发出警报,提醒相关人员进行分析。

此外,应进行多维误差归因分析,从数据、模型和外部因素三个层次对误差成因进行排查。在数据层面,需要

对输入数据进行检验,看看有没有遗漏、离群值、滞后等情况,比如气象数据传输延迟、用户用电数据采集故障等。模型层次上,需要分析算法是否与当前负荷情景相匹配,模型参数是否需要调整,特征变量是否遗漏了关键影响因子,如在用电峰值时,模型是否没有充分考虑极端气温对负荷的叠加效应。在外部因素层面,需要识别突发事件(如自然灾害、重大事故、政策临时调整等)对负荷的影响,如突发停电引起的负荷骤降,临时限电政策改变产业负荷曲线等。同时,采用归因分析方法,找出产生错误的根本原因,从而指导模型的优化。

针对数据存在的问题,对数据收集和预处理流程进行优化,对缺失数据进行补充,对离群点进行修正,提高数据实时性^[5]。对模型参数进行调整,增加关键特征量,替换自适应算法,如将“极端高温天气”这一特征加入到夏季负荷预测中,提高模型对高温天气的响应能力。针对外部突发事件,建立突发事件应急预报模型,在突发事件发生时,自动调用应急模型对预报结果进行修正。

3.4 推动“负荷预测+”协同应用,拓展管理服务边界

推进“负荷预测+”多场景协同应用,实现负荷预测与电网调度、需侧响应、新能源消纳、应急管理等多个环节深度融合,拓展负荷预测服务范围,提升电网运行管理效能。在“负荷预测+电网调度”方面,需要将负荷预测结果与发电计划、输电线路负荷预测和储能调度方案相结合,建立“源网荷储”协同调度模型:根据负荷预测对火水电出力进行优化,结合新能源出力预测调整储能充/放电策略,根据线路负荷预测对潮流分布进行合理规划,防止线路过载,实现电网精细化、智能化调度。如利用负荷预测,在负荷峰值之前,提前调度蓄能电站放电,以弥补电力缺口;在新能源出力峰值时段,引导用户加大用电负荷,提高新能源消纳量。

在“负荷预测+需侧响应”方面,需根据负荷预测,识别电网低谷时段和负荷缺口,并制定差异化需求侧响应策略,在用电高峰时,采用峰谷电价、尖峰电价等电价激励措施,引导用户错峰用电。当负荷缺口较大时,调度可中断负荷(如大型工业用户、商业综合体等),减少非重点用电负荷;

在新能源出力过剩的情况下,鼓励用户增加用电(如电动车、储能装置等),以达到“削峰填谷”和新能源消纳的双重目的。

同时,可将用户响应能力预测和负荷预测相结合,对DSM的响应潜力进行精确评估,并保证其可行性和有效性。在“负荷预测+应急管理”方面,需把负荷预测和极端天气预警、电网故障预警联动起来,对应急状态下的负荷变化进行预测,如在台风到来之前,对受灾地区的负荷损失进行预测,提前调配应急电源。当电网发生故障跳闸后,对故障恢复过程中所需负荷进行预测,以指导电网抢修顺序和供电恢复次序。通过“负荷预测+”的协同应用,打破电网各个管理环节之间的信息屏障,达到数据共享和业务联动的目的,提高电网运行管理的整体协同和综合效益^[6]。

5 结语

综上,对电力系统进行负荷预测是十分必要的,它不仅对保证电网的稳定运行具有重要意义,而且对优化资源配置和降低运营成本具有重要意义。随着科学技术的发展,电力负荷预测方法与技术得到不断的发展与创新。在未来,随着大数据、人工智能、物联网等技术的不断融合,电力负荷预测将会更准确、更有效,可为电力系统的智能化运行与管理提供新的技术支撑,促进电力工业向更高效率、更可靠和更环保的方向发展。

参考文献

- [1] 陈雨东,邢伟.多源数据融合在电力系统负荷预测中的应用研究[J].张江科技评论,2024,(12):99-101.
- [2] 李杰,李蓝青,曹帅,戴上.基于改进灰狼算法优化和极限学习机的电网电力负荷预测[J].微型电脑应用,2024,40(11):75-77+82.
- [3] 苏世杰,杨雷,李俊楠,申志刚,田凯.基于优化BP神经网络的电力负荷概率密度预测[J].电子设计工程,2024,32(22):124-127+132.
- [4] 林平川,张庚涛.智能电网中基于深度学习的电力负荷混合预测模型设计与应用[J].光源与照明,2024,(10):132-134.
- [5] 张超,郑晓辉.基于电力大数据下的短期电力负荷预测研究[J].电力设备管理,2024,(19):256-258.
- [6] 何德长.基于大数据的电网负荷预测与动态调度[J].中文科技期刊数据库(引文版)工程技术,2024(003):000.