

Research on Load Forecasting Optimization of Distribution Network for County Power Supply Companies Based on Big Data

Zhiyuan Jiang

Harbin Hulan District Power Supply Branch of State Grid Heilongjiang Electric Power Co. Ltd., Harbin, Heilongjiang, 150500, China

Abstract

Distribution network load forecasting is the core technical support for county power supply companies to achieve refined grid management and ensure the safety and stability of power supply. It is directly related to the scientific nature of grid planning, the economic nature of dispatching and operation, and the quality of power supply services. With the rapid development of county-level economies, distributed power sources, electric vehicles and other diverse loads have been continuously connected. The load characteristics of distribution networks have shown stronger randomness, volatility and complexity. Traditional load forecasting methods have become difficult to meet the forecasting demands under the new situation. Relying on the advantages of big data technology, this paper conducts systematic research on the existing shortcomings of load forecasting in the distribution network of county power supply companies from aspects such as data system construction, prediction model optimization, and application mechanism improvement, and builds a full-process load forecasting system covering multi-source data integration, intelligent algorithm modeling, and dynamic optimization and adjustment.

Keywords

Big data; County power supply company; Distribution network; Load forecasting; machine learning data fusion

基于大数据的县供电公司配电网负荷预测优化研究

江志源

国网黑龙江省电力有限公司哈尔滨市呼兰区供电分公司, 中国·黑龙江 哈尔滨 150500

摘要

配电网负荷预测是县供电公司实现电网精细化管理、保障供电安全稳定的核心技术支撑, 直接关联电网规划科学性、调度运行经济性及供电服务质量。随着县域经济快速发展, 分布式电源、电动汽车等多元负荷持续接入, 配电网负荷特性呈现出更强的随机性、波动性与复杂性, 传统负荷预测方法已难以满足新形势下的预测需求。本文依托大数据技术优势, 针对县供电公司配电网负荷预测现存的短板, 从数据体系构建、预测模型优化、应用机制完善等方面开展系统性研究, 构建覆盖多源数据整合、智能算法建模、动态优化调整的全流程负荷预测体系。

关键词

大数据; 县供电公司; 配电网; 负荷预测; 机器学习; 数据融合

1 引言

大数据技术的迅猛发展为配电网负荷预测优化提供了新的技术路径与解决方案。大数据技术具备海量数据存储、多源数据融合、深度挖掘分析等核心能力, 能够有效整合配电网运行数据与各类外部影响数据, 挖掘负荷变化背后的潜在规律, 为构建高精度、高适应性的负荷预测模型提供有力支撑。基于大数据技术优化配电网负荷预测方法, 成为县供电公司应对负荷特性变化、提升电网管理效能的必然选择。

【作者简介】江志源(1977-), 男, 中国黑龙江哈尔滨人, 本科, 工程师, 从事电力系统及其自动化研究。

2 县供电公司配电网负荷特性与预测现状

2.1 配电网负荷核心特性

2.1.1 负荷分布分散且不均衡

县域地域范围广, 城镇与乡村用户分布零散, 工业负荷多集中于工业园区, 农业负荷与居民负荷则分散在广大乡村区域, 导致配电网线路延伸长、分支多, 负荷密度差异大, 增加了负荷预测的难度。

2.1.2 负荷波动具有显著周期性与随机性

居民负荷受昼夜作息、季节变化影响明显, 呈现出日内双峰、季节性波动特征; 农业负荷与农事活动紧密相关, 在灌溉、收割等关键时期会出现阶段性高峰; 工业负荷则受

生产计划、产业政策调整影响,存在短期波动与长期变化趋势;同时,极端天气、节假日等因素会引发负荷突变,进一步增强了负荷变化的随机性。

2.1.3 负荷结构多元化带来复杂性提升

随着分布式光伏、风电等新能源项目在县域的广泛推广,以及电动汽车充电设施、储能设备的逐步普及,配电网从传统的“源荷单向流动”模式转变为“源网荷储多元互动”模式,新能源出力的间歇性与充电负荷的不确定性,使得负荷变化规律更加复杂,对预测模型的适应性提出了更高要求。

2.2 当前负荷预测工作存在的核心问题

结合县供电公司配电网负荷特性与传统预测方法的应用现状,当前负荷预测工作主要存在以下三方面核心问题:

2.2.1 数据体系不完善,支撑能力薄弱

一是数据来源单一,多数县供电公司仅采集配电网各节点的历史负荷数据,缺乏对气象、社会经济、用户行为、新能源出力等关键影响因素数据的系统采集;二是数据质量不高,存在数据缺失、冗余、异常等问题,且不同系统数据格式不统一、标准不一致,难以实现有效融合;三是数据处理能力不足,缺乏专业的大数据存储与分析平台,无法高效处理海量多源数据,难以挖掘数据背后的潜在价值。

2.2.2 预测模型适配性差,精度难以保障

传统预测模型多基于固定假设条件构建,未能充分考虑县域配电网负荷分散、波动大、结构复杂等特性,模型的适应性与灵活性不足;单一模型难以兼顾不同负荷类型的变化规律,在负荷结构调整或外部环境突变时,预测精度显著下降;同时,模型参数调整缺乏科学依据,多依赖人工经验,难以实现动态优化。

2.2.3 应用机制不健全,预测价值未充分发挥

负荷预测结果与配电网规划、调度运行、供电服务等业务环节的衔接不够紧密,存在“预测与应用脱节”现象;缺乏完善的预测结果反馈机制,未对预测误差进行系统性分析与归因,难以据此优化模型与方法;预测成果的共享与应用范围有限,未能形成“预测-应用-优化-再预测”的闭环管理体系,制约了预测工作的持续改进^[1]。

3 大数据技术支撑配电网负荷预测的核心架构

3.1 大数据技术的核心优势与适配性

3.1.1 多源数据整合能力

大数据技术可打破数据壁垒,实现结构化数据(如历史负荷、用户档案)、半结构化数据(如设备运行日志)与非结构化数据(如气象文本、卫星图像)的有效整合,全面覆盖负荷变化的各类影响因素,为构建精准预测模型提供全方位数据支撑。

3.1.2 复杂规律挖掘能力

依托机器学习、深度学习等智能算法,大数据技术能够从海量数据中挖掘负荷与气象、时间、用户行为等因素之

间的复杂非线性关联,精准捕捉负荷变化的内在规律,突破传统统计方法的局限性。

3.1.3 动态实时预测能力

通过分布式计算框架与实时数据采集技术,大数据技术可实现数据的实时接入、快速处理与动态分析,能够及时响应负荷变化,提升短期与超短期负荷预测的及时性与准确性,满足电网调度实时决策需求。

3.2 负荷预测大数据体系构建

3.2.1 数据来源与分类

构建全面覆盖、精准有效的数据体系是负荷预测优化的基础,结合县供电公司实际,负荷预测相关数据主要分为四类:

一是基础负荷数据。包括配电网各线路、变压器、用户节点的历史负荷数据(电压、电流、功率、用电量等),用户用电档案数据(用户类型、用电容量、供电方式、用电等级等),来源于智能电表、配电网监测终端、SCADA 系统等设备,是负荷预测的核心基础数据。

二是外部环境数据。涵盖气象数据(气温、湿度、降水、风速、日照时长等)、时间特征数据(日期类型、节假日、工作日、昼夜时段等)、社会经济数据(县域 GDP、产业结构、人口数量、城镇化率、重点项目建设计划等),此类数据直接影响负荷变化趋势,是提升预测精度的关键补充数据。

三是新能源与互动负荷数据。包括分布式光伏、分散式风电的出力数据,电动汽车充电负荷数据,储能设备充放电数据等,随着新能源与互动负荷规模扩大,此类数据对负荷预测的影响日益显著,需重点采集与整合。

四是电网运行数据。包含配电网线路参数、变压器容量、开关状态、设备检修计划、故障记录等数据,反映电网运行状态对负荷分布与传输的影响,为负荷预测结果的合理性校验提供支撑^[2]。

3.2.2 数据采集与存储

数据采集方面,构建“全域覆盖、实时感知”的多源数据采集网络:依托物联网技术,整合智能电表、馈线终端、配电自动化终端等设备,实现基础负荷数据与电网运行数据的实时采集;通过对接气象部门数据库、政府统计部门数据平台,获取气象数据与社会经济数据;利用电动汽车充电服务平台、分布式电源监控系统,采集新能源出力与充电负荷数据;同时,通过移动终端与用户调研,补充用户用电行为数据,形成全方位的数据采集格局。

数据存储方面,采用“分布式存储+数据仓库”的架构:利用 Hadoop 分布式文件系统(HDFS)实现海量多源数据的安全存储,满足结构化、半结构化与非结构化数据的存储需求;构建配电网负荷预测专用数据仓库,按照统一标准对采集的数据进行分类存储、关联映射与备份管理,确保数据的安全性、完整性与可访问性;同时,采用数据缓存技术提升高频访问数据的读取速度,保障数据处理效率。

4 基于大数据的配电网负荷预测模型优化设计

4.1 模型构建总体思路

结合县供电公司配电网负荷特性与大数据技术优势,构建“分层建模、多模型融合、动态优化”的负荷预测模型体系,总体思路如下:

首先,基于聚类分析结果,将县域配电网划分为若干个负荷特性相似的区域,针对每个区域的负荷类型与变化规律,构建区域专属预测模型,实现“分区预测、精准适配”;其次,采用多模型融合策略,整合 LSTM 神经网络、XGBoost (梯度提升树) 等不同类型算法的优势,构建混合预测模型,提升模型对复杂负荷变化的适应能力;最后,建立模型动态优化机制,结合实时预测误差与负荷特性变化,自动调整模型参数与结构,确保模型长期稳定运行^[3]。

4.2 核心预测模型设计与优化

4.2.1 基础模型选择

针对县域配电网负荷的时间序列特性与非线性变化规律,选择 LSTM 神经网络作为核心基础模型。LSTM 神经网络通过输入门、遗忘门与输出门的门控结构,能够有效捕捉时间序列数据中的长期依赖关系,避免传统神经网络在长序列数据处理中出现的梯度消失问题,适用于处理具有周期性、随机性的负荷数据,能够较好地适配县域配电网负荷波动大的特点。

同时,引入 XGBoost 模型作为辅助模型。XGBoost 模型基于梯度提升树算法,具有强大的非线性特征处理能力,能够有效挖掘负荷与气象、节假日等外部影响因素之间的复杂关联,弥补 LSTM 模型在静态特征挖掘方面的不足,为提升预测精度提供补充。

4.2.2 模型优化策略

为进一步提升模型预测性能,采用以下两项优化策略:

一是引入注意力机制 (Attention) 改进 LSTM 模型。注意力机制能够使模型在处理时间序列数据时,自动聚焦于对负荷变化影响显著的关键时间节点与特征变量,如负荷高峰时段、极端气象条件等,增强模型对负荷突变场景的捕捉能力,提升预测精度与稳定性。

二是构建 LSTM-XGBoost 混合预测模型。通过加权融合的方式整合 LSTM 模型与 XGBoost 模型的预测结果,利用 LSTM 模型捕捉负荷时间序列的动态变化趋势,借助 XGBoost 模型挖掘外部影响因素的非线性关联,充分发挥两类模型的优势互补作用,提升模型对复杂负荷特性的适应能力。

4.2.3 模型训练与优化流程

模型训练流程主要包括数据准备、参数初始化、迭代训练与交叉验证四个环节:

数据准备:将预处理后的数据集按 7:3 的比例划分为训练集与验证集,训练集用于模型参数学习,验证集用于模型性能评估与参数优化。

参数初始化:根据县域配电网负荷数据特征,设置合

理的模型初始参数,包括 LSTM 模型的隐藏层节点数、学习率、迭代次数,XGBoost 模型的树深度、学习率、正则化参数等。

迭代训练:采用 Adam 优化算法最小化模型损失函数(均方误差 MSE),通过反向传播算法更新模型参数;在训练过程中引入早停机制,当验证集误差连续多轮不再下降时停止训练,避免模型过拟合。

交叉验证:采用 K 折交叉验证方法对模型进行评估与优化,通过多次迭代训练与验证,确定最优参数组合,提升模型泛化能力,确保模型在不同负荷场景下均能稳定运行^[4]。

4.3 模型动态调整机制

为适应县域配电网负荷特性的动态变化,建立模型动态调整机制,确保预测精度长期稳定:

4.3.1 实时误差监测

实时对比预测结果与实际负荷数据,计算预测误差,如 MAPE、RMSE,当误差超过预设阈值时,触发模型调整流程。

4.3.2 负荷特性漂移检测

通过统计分析方法监测负荷数据分布与特征的变化情况,识别负荷特性漂移(如产业结构调整导致的负荷结构变化、新能源大规模接入导致的负荷波动规律变化),及时调整模型输入特征与参数。

4.3.3 模型在线更新

采用增量学习算法,基于新采集的负荷数据与影响因素数据,对模型参数进行在线更新,避免重新训练带来的资源消耗与时间成本,实现模型的持续优化。

5 结语

综上所述,县域配电网负荷具有分布分散、波动显著、结构多元等鲜明特性,传统预测方法因数据来源单一、算法适应性不足,难以满足精准预测需求,而大数据技术凭借多源数据整合、复杂规律挖掘与动态实时处理能力,为负荷预测优化提供了有效解决方案,是提升县供电公司配电网管理水平的关键技术支撑。基于大数据的负荷预测优化体系可广泛应用于配电网规划、调度运行、设备检修、供电服务等核心业务环节,能够显著提升电网运行安全性、降低供电成本、优化供电服务质量,为县供电公司实现精细化管理与智能化转型提供有力支撑,具备显著的实践价值与应用前景。

参考文献

- [1] 白希日木,李智龙. 弹性配电网冷负荷启动时变QRNN控制技术[J].电子设计工程,2025,33(21):69-73.
- [2] 耿晶晶. 计及不确定性因素概率特性的配电网运行状态评估[J].电气时代,2025,(10):79-84.
- [3] 庄敬. 基于状态评估的配电网经济运行策略研究[D]. 华侨大学,2022.
- [4] 吴晗,高丽青,曹斌,等. 基于PI数据库的配电网负荷转移辅助决策系统[J].农村电工,2022,30(02):39-40.