

基于智能技术的电力调度自动化系统设计与实现

赵方园

江苏电力信息技术有限公司, 江苏 南京 210098

DOI: 10.61369/ME.2024090004

摘 要 : 本文围绕基于智能技术的电力调度自动化系统展开相关探讨, 着重剖析其核心价值、设计关键所在及实现的路径, 系统采用集成大数据分析、人工智能算法与实时监控技术的方式, 形成了包含数据收集、负荷预测、优化调度以及人机交互四大功能模块的完整架构, 设计突出对安全保障的强化和故障概率的降低, 采用智能预测和动态优化切实提升电网运行的稳定性、经济性与响应效率, 为现代电力系统实现智能化升级给予技术支持。

关 键 词 : 智能技术; 电力调度; 自动化系统; 设计与实现

Design and Implementation of Power Dispatching Automation System Based on Intelligent Technology

Zhao Fangyuan

Jiangsu Power Information Technology Co., Ltd., Nanjing, Jiangsu 210098

Abstract : This article explores the power dispatching automation system based on intelligent technology, focusing on analyzing its core value, key design elements, and implementation pathways. The system integrates big data analysis, artificial intelligence algorithms, and real-time monitoring technology to form a complete architecture consisting of four functional modules: data collection, load forecasting, optimized dispatching, and human-computer interaction. The design emphasizes the enhancement of safety security and the reduction of failure probability. By adopting intelligent forecasting and dynamic optimization, it effectively improves the stability, economy, and response efficiency of grid operation, providing technical support for the intelligent upgrade of modern power systems.

Keywords : intelligent technology; power dispatching; automation system; design and implementation

前言

电力系统规模不断扩充与可再生能源渗透率加大, 对调度运行的及时程度、准确程度和安全性提出更高的标准, 传统调度模式难以契合复杂多变的电网环境, 迫切需要引入智能技术达成自动化的决策支持, 本文打算设计并实现一套结合前沿智能算法的电力调度自动化系统, 采用模块化构建方式优化调度全流程, 提高电网的韧性及运行效率, 下文会探讨系统核心价值、设计注意事项, 并完整说明智能技术模式下电力调度功能实现路线。

一、基于智能技术的电力调度自动化系统设计的价值

(一) 强化安全保障

采用人工智能技术优化电力调度系统, 效果十分明显, 利用智能算法可高效提升电网自动安防体系, 提高系统可靠性, 尽可能降低外界干扰造成的线路故障, 采用智能化视觉识别手段, 实现对调度作业人员违规操作的智能判别, 当监测到违规动作时, 系统会采集违规图像并传至操作界面发出警报, 利用云端分析配合边缘节点实时感知等办法实现协同治理, 在电力调度施工的各环节触发动态提醒, 通过人脸识别等技术改良电力调度自动化系

统, 可对上岗人员身份进行准确查证, 实现操作人员的规范管控, 保障人员按时到岗工作^[1]。

(二) 降低故障概率

随着电力产业的快速发展进程, 电力行业对调度自动化系统的开发应用探索不断深入, 领悟到人工智能技术在电力调度自动化中的应用价值, AI 技术以神经网络为计算根基, 对各种数据进行加工分析, 作为自动化控制手段, 核心是模仿人脑决策方式, 匹配应用场景实现智能操控^[2]。在电力调度自动化的工作中, 采用智能算法能够有效解决系统故障状况, 提升自动化系统的整体运作效率, 显著降低系统故障的概率, 实现系统的可靠保护; 采用

人工智能技术能够开展电力调度的自动检测，发现异常后立即上报，可在电网失效前排除故障，达成电力调度的无缝衔接^[3]。

（三）优化能源资源配置效率

基于智能技术开展的电力调度自动化系统设计，极大优化了能源资源配置效率，该系统靠强大的智能算法内核支撑，做到了对庞大电网复杂运行情形与多维动态需求的精准察觉和实时剖析，借助实施对海量发电侧出力数据、用电侧负荷曲线和电网运行参数的毫秒级融合分析，智能算法可构建出最优潮流分布模型，动态调整负荷跟电源之间的匹配度^[4]。此机制有效降低了传统调度里因信息反馈滞后或预判出现偏差导致的能源输送损耗与机组非经济运行时长，大幅减少了系统整体的网损率数值，尤其降低了轻载或空载线路的无效电能输送，该系统经深度挖掘新能源发电特性跟预测信息，能够更迅速地消纳间歇性可再生能源，将这种波动性与不确定性纳入优化调度构架，极大提升可再生能源的利用效率，减少风力、太阳能发电弃用的现象，做到全网能源流向的科学规划与整体利用效率的切实提高^[5]。

（四）提升跨区域协同调度能力

智能电力调度自动化系统的核心价值体现为显著提升了大规模跨区域电网的协同调度实力，该系统借助搭建贯穿各层级、各区域的广域信息交互平台，实现了对在地理上分散分布的能源中心、负荷集群以及不同运营主体的电力单元的集中监控与一体化优化调度^[6]。智能算法冲破了传统调度管理方面地域与行政界限的约束，以全网统一的优化目标函数为准则，如实现总发电成本极小化、断面潮流安全裕度极大化，协同统筹区域内和区域间的有功/无功支撑及备用容量共享，这不仅推动了大范围电力资源的互补互济，利用时间差或者资源禀赋差异开展区域间的电力互济，更主要的是增强了系统处理像机组故障、局部负荷大幅攀升等局部突发事件的全局响应韧性与协同支援本领，系统达成了跨区跨省电力资源在更大空间范畴的优化调配与高效流动，为构建国家级能源互联网筑牢了稳固的技术后盾^[7]。

二、基于智能技术的电力调度自动化系统设计注意事项

需从多个维度考量采用人工智能的电力调度系统设计，这样才可适应电网现代化管理的技术条件。

（1）系统核心应具备可靠的数据采集与处理能力，实时收集电网运行状态量、负荷变化趋势及气象条件等复杂异构数据，随后开展数据存储、归集及清洗工作，为分析决策环节提供稳定的数据支持^[8]。

（2）可运用新一代智能计算手段，借助机器学习、深度学习以及强化学习等途径，承担负荷预测、故障诊断以及优化调度等工作，达成更高效的智能响应与参数自主调整；还需系统设计人机交互界面，打造低学习门槛的图形化工具，让调度员能快速把握电网实时状况，依需求调整调度策略^[9]。

（3）系统要实现灵活扩充和可靠抗干扰之间的平衡，可稳定应对接线方式的改变和不确定环境的考验，维持全工况运行的稳

定性与系统的可靠性^[10]。

三、基于智能技术的电力调度自动化系统设计与实现

系统设计采用模块化结构，架构中的调度策略、人机交互、数据采集和用电量预测模块组成核心功能体系，见图1。

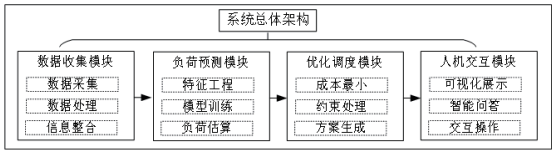


图1 模块化架构设计

（一）数据收集模块

该数据采集单元是电力调度 AI 自动化系统的底层核心组件，模块核心任务是实现电网数据的高效实时采集与批量处理，结合物联网智能采集终端与大数据系统的联合处理方案，借助变电站到终端用户全段布设的物联感知终端，以高频（100 次 / 秒）采样持续获取电压、电流等关键电力参数，利用 5G 等高速传输技术实现数据在云端的实时同步^[11]。该环节基于集中式数据仓库，使用 Spark 和 Hadoop 分布式架构，对原始数据进行清理、标准化和异构数据整合处理，去除无关和冗余成分，达成跨源异构数据向标准模型的归集，模块采用高效的数据压缩与优化举措，把高效压缩手段（例如 Delta 编码）和列存储模式结合在一起，有效减少数据存储和传输的资源耗费，借助数据汇聚模块的加工，将电网中分散且格式多样的大规模数据统一处理成结构清晰、便于挖掘的数据集合，为负荷预测、故障诊断及调度优化等后续环节提供更可靠的数据支撑，优化了系统感知精度及数据驱动决策效果。

（二）负荷预测模块

就电力自动化调度而言，负荷预测模块采用 AI 技术作为核心驱动，基于高质量采集数据，采用特征工程手段处理历史负荷数据，抓取时间序列、天气特征、假日标签等负荷关键项，采用最大最小值归一化等方法对特征数据进行标准化处理，然后通过自适应学习机制，精确预测未来某时间的电力需求。此模块借助长短期记忆神经网络（LSTM）打造出负荷预测模型，这一被称为 LSTM 的循环神经网络变体，和门控模块联合起来运作，善于应对负荷数据里的长程时间依赖问题，可精准建模负荷数据的周期性及趋势性变化规律，针对模型参数的优化阶段，采用 Teacher Forcing 策略改进模块，采用负荷历史数据作为输入基准，用后续负荷观测数据作为指导标签，辅助模型精准拟合负荷变化过程，该模块与 Early Stopping 机制相结合，实时采集验证集的模型评估参数，检测到性能峰值时触发训练终止机制，消除过拟合的萌芽状态，随即进入预测实施阶段，采用时间滑窗处理机制，采用 24 小时负荷历史数据作为输入变量，获取后续时段的负荷估算值，采用滑动时间窗口方式，做到负荷预测结果的实时推送^[12]。

（三）优化调度模块

作为电力调度的 AI 核心模块，实现电力系统的自动化运行，采用负荷预测模块的运算结果，采用 AI 增强的优化模型，实时生成最佳电力调度方案，该模块运用优化后的粒子群算法（IPSO）

建模，将发电成本与环保成本的双重最低作为优化目标，综合考虑系统功率平衡、机组出力边界及爬坡速率等约束，该模型的具体表达式参见式。

$$\min \sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^N [C_i(P_{i,t}) + E_i(P_{i,t})]$$

定义 T 为调度阶段的总数，系统配置的发电机组总台数定义为 N，机组 i 于 t 调度时段的经济成本 $C_i(t)$ 与环保费用 $E_i(P_i, t)$ 反映第 i 台发电设备在 t 时段的成本及环境治理费用， $P_i(t)$ 定义为第 t 时段的发电出力，面对这类优化问题的求解，IPSO 采用可调惯性权重配合混沌搜索的途径，既提高了收敛速率，又增强了全局探索性能，克服了传统粒子群算法易收敛于局部最优的缺陷。随机初始化粒子群作为起点，各粒子均体现为调度方案的载体，粒子响应个体极值和集体极值，以及惯性参数、认知权重等调节项，反复调整运动矢量和空间位置，通过多次迭代逐步逼近最佳的调度方案，若达到收敛标准，程序输出的最终调度方案与全局最优粒子绑定。

（四）人机交互模块

智能调度系统需要内置人机交互这一基础功能层，根本目的在于实现调度人员与敏捷响应、智能化的操作界面的高效协同，实现调度人员对电网状态的即时把控，掌握负荷预测与优化调度的实施效果，完成人工介入及调度决策操作，该模块采用可视化展示与语义解析技术，开发支持多视图展示、多角度分析及交互控制的可视化操作界面，采用 D3.js 等工具进行数据视觉呈现，

实时反映电网构型特征、能量分布和设备工况等关键内容，采用力场引导的排布算法，即时绘制电网拓扑的可视化图形，通过实时数据驱动节点及关联边的颜色变化与运动轨迹，马上展现电网运行的真实模样。模块中集成了多种可操控的数据图表，如条形示意图、折线示意图、极坐标示意图等，能够对负荷预测轨迹、调度优化输出、电量匹配度等关键因素进行可视化展示，还能对展示内容进行动态缩放和位置移动，有利于调度员开展多维度的分析工作，在智能对话处理领域，该组件整合了采用 BERT 模型的智能问答模块，调度人员能用生活里的语句发起咨询，以“测算次日早高峰电力负载量”为例，算法可自动拆解语句的语义结构，锁定相关反馈，返回结构化的语义精简答案，切实改善了交互效能及用户体验。

四、结语

基于智能技术搭建的电力调度自动化系统利用数据收集、负荷预测、优化调度与人机交互模块协同行动，构建出高效、可靠的电网智能决策的闭环回路，该系统不仅明显强化了调度过程的安全壁垒、降低了故障发生风险，更凭借动态优化能力达成了资源的高效调配与响应速度的提高，智能调度系统是维系新型电力系统稳定运行的关键基础设施，其设计与实现为电力行业的数字化转型给出了可复用的技术样式，今后将不断深化算法适应性的探索，促进智能化调度朝全域自治进步。

参考文献

- [1] 金萍，侯娟. 基于分布式数据管理的电网智能调度控制系统设计 [J]. 机械与电子, 2023, 41(06): 46–50.
- [2] 陈适铭. 人工智能在电力调度优化中的应用 [J]. 互联网周刊, 2024, (08): 32–34.
- [3] 谭泽渊. 电力调度自动化系统中的智能技术分析 [J]. 集成电路应用, 2024, 41(05): 158–159. DOI: 10.19339/j.issn.1674-2583.2024.05.068.
- [4] 付饶，袁丁，刘琦，等. 人工智能在电力调度自动化系统中的应用 [J]. 集成电路应用, 2023, 40(02): 67–69. DOI: 10.19339/j.issn.1674-2583.2023.02.024.
- [5] 赵冬冬，李盼盼. 人工智能技术在电力调度自动化系统中的应用研究 [J]. 电工材料, 2024, (03): 72–75. DOI: 10.16786/j.cnki.1671-8887.eem.2024.03.020.
- [6] 周伟昌，陈雨，刘军福，等. 电力调度自动化系统中人工智能的应用探析 [J]. 电工材料, 2023, (06): 77–79. DOI: 10.16786/j.cnki.1671-8887.eem.2023.06.021.
- [7] 胡鑫. 电力调度自动化系统中的人工智能技术分析 [J]. 集成电路应用, 2023, 40(09): 190–191. DOI: 10.19339/j.issn.1674-2583.2023.09.084.
- [8] 赵冬冬，李盼盼. 人工智能技术在电力调度自动化系统中的应用研究 [J]. 电工材料, 2024, (03): 72–75.
- [9] 牛花梅，赵嘉文. 智能电网技术在电力调度自动化中的运用 [J]. 城市建设理论研究（电子版）, 2023, (33): 4–6.
- [10] 袁丁，郝威，张可可，付饶. AI 技术在电力调度自动化中的应用 [J]. 电子技术与软件工程, 2021, (22): 119–121.
- [11] 闫凯文. 基于在电力调度自动化系统中人工智能技术的应用新探 [A]. Proceedings of 2023 Seminar on Engineering Technology Application and Construction Management [C]. 上海筱虞文化传播有限公司，上海筱虞文化传播有限公司，2023: 2.
- [12] 许文婧，刘晓静. 关于电力调度自动化中的智能电网技术的研究 [A]. 第二届电力工程与技术学术交流会论文集 [C]. 广东省国科电力科学研究院，广东省国科电力科学研究院，2022: 4.