

电力技术中实时电力调度系统研究

丁奎平 王振丹 刘海勋

国网甘肃省电力公司平凉供电公司 甘肃 平凉 744000

摘要：随着电力系统向规模化、智能化发展，实时调度的精准性与稳定性成为保障电力安全供应的关键。本文围绕实时电力调度系统展开研究，阐述系统相关基础理论，设计系统总体架构，实现实时数据采集与预处理、负荷预测与分析、调度决策与优化三大核心模块，针对性优化系统实时性、可靠性及兼容性。通过具体技术方案落地，解决系统响应滞后、故障易中断等问题，提升调度效率与供电稳定性，为电力系统实时调度提供切实可行的技术支持，满足电力系统高质量运行需求。

关键词：电力技术；实时电力调度系统；总体架构；模块设计与实现；技术优化

引言：当前电力系统运行环境日趋复杂，负荷波动频繁、设备类型多样化，传统调度模式已难以适配实时管控需求，易出现供电失衡、调度滞后等问题，影响电力系统安全高效运行。实时电力调度系统作为电力管控的核心载体，其设计合理性与技术先进性直接决定电力供应质量。基于此，本文聚焦实时电力调度系统，从基础理论、架构设计、模块实现到技术优化逐步深入研究，解决系统运行中的核心技术难题，为电力系统实时调度的智能化升级提供技术参考。

1 实时电力调度系统相关基础理论

1.1 实时电力调度核心概念界定

实时电力调度是电力系统运行管控的核心环节，指在电力生产、传输与分配全过程中，依据电网实时运行状态，动态调整发电、输电、配电设备运行参数，确保电力供需平衡、系统安全稳定的调度方式。其核心特征体现在实时性、动态性与协同性，区别于传统电力调度的静态规划模式，实时调度需同步响应电网负荷波动、设备运行状态变化等突发情况，实现调度决策与电网运行状态的同步匹配，保障电力供应的连续性与可靠性。

1.2 实时电力调度系统的核心技术基础

实时电力调度系统的稳定运行依赖三大核心技术支撑。电力系统实时监测技术通过部署在发电端、输电线路、配电节点的监测终端，实时采集电压、电流、功率等关键参数，为调度决策提供数据支撑；电力负荷预测与平衡技术通过分析历史负荷数据、气象因素、用户用电规律，精准预测短期电力负荷需求，实现发电功率与用电负荷的动态平衡；实时调度决策算法作为系统核心，结合电网运行约束条件，快速计算最优调度方案，指导设备运行调整，保障调度决策的科学性与高效性。

1.3 实时电力调度系统的功能需求与性能指标

实时电力调度系统需满足三大核心功能需求，即实时数据采集与处理、调度决策与指令下发、运行状态监测与预警。同时，系统需达到严格的性能指标，实时性方面，数据采集与处理延迟不超过1秒，调度指令下发响应时间不超过3秒；可靠性方面，系统年可用率不低于99.9%，具备容错能力与故障快速恢复功能；准确性方面，负荷预测误差控制在5%以内，调度决策方案符合电网运行约束，确保电网频率、电压稳定在标准范围内，为电力系统安全高效运行提供保障^[1]。

2 实时电力调度系统的总体架构设计

实时电力调度系统的总体架构设计，立足电网实时运行需求，遵循科学设计原则，构建分层清晰、功能协同的体系，围绕设计原则、分层架构、软硬件选型三大核心展开，具体如下：（1）系统设计原则与目标。遵循三大核心原则：一是实时性原则，严控数据采集、处理及指令下发延迟，匹配电网动态运行节奏；二是可靠性原则，具备容错与故障快速恢复能力，避免系统故障影响电网运行；三是扩展性原则，预留接口，方便后续功能升级及与其他电力系统联动。设计目标聚焦电网实时监测、精准调度、安全预警，提升电力供应稳定性与经济性，适配电力系统规模化、智能化发展。（2）系统总体架构分层设计。采用四层分层架构，功能各司其职、协同联动：数据采集层部署监测终端，实时采集发、输、配电各环节电压、电流、功率等关键参数，作为调度决策的数据基础；数据处理与传输层对采集数据进行降噪、校验、标准化处理，通过专用通道传输至调度决策层；调度决策层结合电网运行约束，通过算法计算最优调度方案并下达指令；人机交互层为调度人员提供操作界面，实现运行可视化、指令下发及故障处置。（3）系统硬件与软件选型。硬件选型兼顾实时性与可靠性，

监测终端选用高精度、抗干扰采集设备,服务器采用高性能工业级产品,传输设备选用电力专用通信设备,保障数据传输稳定。软件选型贴合调度需求,数据处理选用高效解析工具,调度决策软件搭载成熟实时算法,人机交互软件注重便捷性与可视化,同时确保软硬件适配,保障系统整体流畅运行^[2]。

3 实时电力调度系统的核心模块设计与实现

3.1 实时数据采集与预处理模块

实时数据采集与预处理模块负责全流程采集电网运行关键参数并标准化处理,为后续调度决策提供精准数据支撑,其设计与实现围绕采集终端部署、数据预处理两大核心环节展开:(1)数据采集终端设计与部署。采集终端采用工业级高精度设备,根据电网不同节点监测需求,分类部署于发电端、输电线路、配电环节及用户侧。发电端部署机组运行参数采集终端,重点采集发电机输出功率、转速、定子电压电流等参数,采样频率设为1次/秒;输电线路部署搭载光纤传感技术的状态监测终端,采集线路电流、电压、温度及覆冰情况,适配高压环境抗干扰需求;配电环节及用户侧部署智能采集终端,采集配变负载率、用户用电负荷等数据。终端采用分布式布局,通过电力专用通信网络接入系统,具备防水、防尘、抗电磁干扰能力,安装于便于维护、信号稳定区域,保障数据采集连续性。(2)数据降噪、校验与标准化处理。采集数据易受外界干扰产生噪声,需多步骤处理保障准确性。数据降噪采用小波分析算法,对电压、电流等模拟信号分解重构,滤除电磁干扰和设备误差噪声,保留有效数据;数据校验采用双重机制,阈值校验剔除超出电网正常运行范围的异常数据,相关性校验对比同一节点不同终端数据,排查终端故障导致的失真数据并标记反馈至运维人员;数据标准化按电力行业标准,将不同类型、不同单位的数据统一转换为标准格式,明确编码规则,确保系统内数据互通可分析,为后续负荷预测、调度决策提供统一支撑。

3.2 实时负荷预测与分析模块

实时负荷预测与分析模块的设计与实现,重点围绕预测模型构建、异常检测预警两大核心内容,具体如下:(1)短期实时负荷预测模型构建。结合电网负荷运行规律,采用LSTM神经网络与线性回归算法融合的组合预测模型,兼顾预测精准度与实时性。模型输入参数包括近3个月分钟级历史负荷数据、实时气象数据(气温、湿度、降水)、用户用电特征及节假日因素,气象数据实时同步更新。模型训练通过梯度下降算法优化参数、降低预测误差,训练完成后每5分钟更新一次预测结果,

实现0-24小时短期负荷预测,重点适配早晚用电高峰、突发气象变化等场景,确保预测结果精准匹配电网实际负荷波动。(2)负荷异常检测与预警机制。异常检测采用阈值与趋势分析双重方法,设定电网负荷正常运行阈值范围,实时对比预测负荷与实际负荷偏差,当偏差超出5%且持续超过3分钟,判定为负荷异常。同时通过趋势分析,识别负荷突变、持续异常波动等情况,区分用户集中用电导致的负荷突增、设备故障导致的负荷骤降等类型。预警采用分级模式,一般异常仅提醒调度人员关注,严重异常立即触发声光预警,同步推送异常节点、类型及初步处置建议至运维终端,避免电网负荷失衡^[3]。

3.3 实时调度决策与优化模块

实时调度决策与优化模块的设计与实现,围绕算法设计、方案优化调整展开,具体如下:(1)调度决策算法设计与实现。采用改进型粒子群优化算法,结合电网运行约束条件,构建以最小化发电成本、最大化电网运行效率为核心的目标函数,约束条件包括发电机出力、输电线路容量、电压频率稳定等。算法设计中优化粒子群搜索策略,缩短收敛时间,确保1秒内完成调度方案计算,适配实时调度需求。算法采用模块化设计,分为参数输入、约束判断、方案计算、结果输出四子模块,可根据电网运行状态动态调整参数,保障调度决策方案科学可行。(2)调度方案实时优化与调整策略。调度方案采用动态调整模式,每3分钟结合实时电网运行数据、负荷预测更新结果,对当前方案进行校验优化。当电网出现负荷突变、设备故障等突发情况时,触发紧急优化流程,优先保障重要负荷供电,调整发电机组出力、输电线路运行状态,避免电网频率、电压超出标准范围。建立调度方案备份机制,针对不同运行场景预设备选方案,主方案无法执行时快速切换,确保调度指令连续。调度指令下发后,实时跟踪执行效果,根据设备反馈数据微调方案参数,实现方案与电网运行状态动态匹配^[4]。

4 实时电力调度系统的关键技术优化

4.1 实时性优化技术

实时性是实时电力调度系统的核心性能要求,优化围绕数据传输延迟、调度决策算法效率两大核心环节展开,针对性解决系统响应滞后问题,具体优化措施如下:(1)数据传输延迟优化方法。采用“边缘计算+专用通信通道”的双重优化模式,在电网各监测节点部署边缘计算节点,将采集到的原始数据在本地进行初步降噪、筛选处理,仅将关键有效数据传输至调度中心,减少数据传输量。通信通道选用电力专用光纤通信网络,替代传统通用通信线路,降低外界干扰导致的传输延

迟,同时优化数据传输协议,采用压缩编码技术,将数据传输包体积压缩30%以上,缩短数据传输耗时,确保数据采集与传输总延迟控制在1秒以内。(2)调度决策算法效率提升策略。对现有调度决策算法进行改进,简化算法计算流程,剔除冗余计算步骤,重点优化目标函数求解过程,采用并行计算技术,将算法核心计算任务分配至多个处理单元同步运算,缩短算法收敛时间。建立算法参数动态调整机制,根据电网运行负荷、设备状态的变化,实时调整算法搜索范围和步长,避免无效计算,确保调度决策算法在1秒内完成最优方案计算,满足实时调度响应需求。

4.2 可靠性优化技术

可靠性优化聚焦系统容错能力提升和故障应急处置,避免因系统故障、设备异常导致调度中断,保障系统连续稳定运行,优化措施如下:(1)系统容错机制设计。采用双机热备架构,部署主、备两台调度服务器,两台服务器实时同步运行数据,当主服务器出现硬件故障、软件崩溃等问题时,备用服务器可在0.5秒内自动切换,接管调度任务,避免调度中断。同时,对系统核心模块进行冗余设计,数据采集、处理、决策等关键模块均设置备用模块,当某一模块出现故障时,备用模块立即启动,确保模块功能连续,提升系统整体容错能力。

(2)故障应急调度与恢复方案。建立分级故障应急机制,根据故障类型(设备故障、数据异常、通信中断)和影响范围,划分一般故障、严重故障、紧急故障三个等级,针对不同等级故障预设备用调度方案。当发生故障时,系统自动识别故障类型和等级,快速调用对备用方案,调整发电机组出力、切换输电线路,优先保障重要负荷供电。设计故障快速恢复流程,故障处置完成后,系统自动校验电网运行状态,同步恢复正常调度模式,减少故障对电网运行的影响。

4.3 兼容性与扩展性优化

兼容性与扩展性优化主要解决系统与现有电力系统的联动问题,同时满足后续功能升级需求,具体措施如

下:(1)与现有电力系统的兼容性设计。采用标准化接口设计,遵循电力行业通信协议和数据格式标准,确保实时电力调度系统可与现有电网监测系统、变电站自动化系统、配电管理系统实现数据互通、指令联动。针对不同厂家的现有设备,开发适配接口模块,解决设备协议不统一的问题,实现数据共享和协同控制,避免重复建设,降低系统集成成本。(2)系统扩展接口与升级方案。在系统架构设计中预留标准化扩展接口,明确接口参数和通信协议,便于后续新增功能模块(如新能源调度、储能调度)的接入。采用模块化设计理念,将系统各功能模块独立划分,后续升级时可针对单个模块进行更新,无需整体调整系统,降低升级难度和成本^[5]。

结束语:本文完成了实时电力调度系统的全流程研究与设计,明确了系统基础理论,构建了分层清晰的总体架构,实现了三大核心模块的设计与落地,并通过多维度技术优化,提升了系统实时性、可靠性与兼容性。后续可结合新能源并网、储能技术发展,进一步优化调度算法与模块功能,完善系统适配能力,推动实时电力调度系统向更高效、更智能的方向发展,助力电力系统高质量升级。

参考文献

- [1]黄钜正,罗伟峰,邱子良,邓巍,任彬华.云计算资源调度在电力系统实时调度中的应用实践[J].计算机应用文摘,2026,42(5):179-181.
- [2]黄奕璋,王小艺.基于多能互补特性的区域电力系统实时调度优化[J].电力勘测设计,2025(8):56-62.
- [3]刘琴.含储能电力系统实时调度技术研析[J].电力设备管理,2025(12):159-161.
- [4]黄钜正,罗伟峰,邱子良,邓巍,任彬华.云计算资源调度在电力系统实时调度中的应用实践[J].计算机应用文摘,2026,42(5):179-181.
- [5]马浩铭.电力系统调度自动化技术在新能源并网中的应用[J].现代工业工程,2026(2):15-18.