

电网调度运行优化管理系统研究

王晟赞 聂忠志 陆俊东 沈忱

国网上海市电力公司浦东供电公司

摘要：随着全球能源结构的转型和电力市场的快速演进，电网调度运行面临着提高效率与集成可再生能源的双重挑战。基于此，为解决传统电网在处理实时数据、响应需求预测不足以及调度策略单一等问题，本文首先分析了电网调度运行优化管理系统的应用优势，明确了系统构建的基本原则，包括经济性、可靠性、灵活性与安全性，并详细阐述了其构建策略，实现了对复杂电力系统的高效管理和优化调度，显著提升了运行性能和节能减排效果，以此为相关人员提供了实践参考。

关键词：电网优化管理；实时数据处理；预测模型

【DOI】10.12252/j.issn.2096-627X.2022.07.053

前言

随着能源需求的不断增长和可再生能源技术的迅速发展，如何提高电力系统的运行效率、可靠性和灵活性成为电力企业迫切需要解决的问题。电网调度运行管理系统的利用集成先进的信息技术、自动控制技术以及人工智能算法，可对海量的实时数据进行处理，并进行快速准确的决策支持，因此，构建高效、智能、环保且安全稳定的电网调度运行优化管理系统，已经成为新时代下电力系统领域中最具挑战性的课题，本文旨在探讨如何利用现有的信息技术构建并优化电网调度运行管理系统，以应对新时代下电力系统的挑战。

一、电网调度运行优化管理系统的应用优势

1. 提升电网运行效率与可靠性

电网调度运行优化管理系统利用集成和分析来自各个节点的实时数据，可以更准确地预测电力需求和供给情况。电力企业在该系统的实际应用中，技术人员可利用先进计算方法对电网进行模拟和优化，在提前发现问题并迅速采取措施以防止停电事故，并在日常运营中不断调整资源分配，提高整个电网的运行效率，比如当某个区域出现电力过剩时，系统可以及时将多余的电力转移到需要的区域，避免资源浪费，并缓解其他区域的负荷压力^[1]。

2. 促进清洁能源整合与环境可持续性

随着全球对可再生能源使用量的要求不断提高，如何有效地将清洁能源融入现有电网难度较高。目前对于清洁能源的利用主要依赖于分布式电网，而传统电网调度运行系统面对激增，且多样化的电能来源无法做到有效管理，电网调度运行优化管理系统不仅可以实时监控风能、太阳能等可再生能源产出，还可以预测其短期和

长期输出波动。基于这些信息，系统可以调整非可再生能源发电站的运行计划，最大限度地利用可再生资源并减少碳排放。此外，电力企业技术人员可基于该系统精确控制发电量和消费量之间的关系，有助于减少废气排放和水资源消耗，推动能源产业向更加清洁、低碳的方向发展^[2]。

3. 增强用户参与度与市场响应能力

经过优化配置的电网调度运行管理系统能更好地满足消费者需求，而且还能在一定程度上鼓励用户参与到电力系统的管理中，比如电力企业技术管理人员可利用时间价值（TOU）策略或需求响应（DR）程序等市场机制，激励用户在低峰时段使用电力，在高峰时段减少用电量，不仅可以缓解高峰时段的负载压力，还可以帮助用户节省费用，并提高他们对智慧能源系统价值链中每个环节意识。

二、电网调度运行优化管理系统的构建原则

1. 系统安全与稳定性优先

考虑到电网运行稳定性和民生密切相关，所以在优化电网调度运行管理系统时，应遵守系统安全与稳定性原则，构建时应以提高系统对于自然灾害、设备故障等不可预见事件的抵抗力为首要考虑，尽可能采用冗余设计、加强关键基础设施的物理防护。而且在数字化程度日益提升的当下，网络安全成为必须重点关注的领域，合理采用加密通信、防火墙、入侵检测系统等技术，尽可能保障数据安全和系统稳定运行的关键环节。此外，电网调度运行系统在面对需求波动、能源结构变化以及市场政策调整时，应具有一定适应能力和恢复能力，为此管理人员可尝试采用模块化设计，使得各部分可以独立运行^[3]。

2. 经济效益最大化

电网运行管理系统中的所有技术选择和操作决策都应该基于成本效益分析，即在满足安全稳定运行基础上追求投资回报的最大化，技术人员可尝试利用机器学习、人工智能等先进技术提高预测精度和调度自动化水平，从而减少人为操作失误并降低运营成本。同时充分利用市场机制进行资源配置，比如通过实时定价促进需求侧响应，通过容量市场和辅助服务市场确保系统的灵活性和可靠性。

3. 可持续发展与环境责任

考虑到当前我国对于清洁能源的重视程度，以及分布式电网的普及度，技术人员在选择电网调度运行管理系统时，在选择构件之初就需要考虑可再生能源在电网中的比例，并且优化调配策略以实现大规模可再生能源接入与高效运行，减少碳排放。同时增强电网对气候变化的适应能力，为极端天气条件下电网的稳定运行提供保证，并减轻因电网损坏带来的环境影响^[4]。

三、电网调度运行优化管理系统的构建策略

1. 实时数据采集与处理

电网调度运行优化管理系统的构建策略中，实时数据采集与处理是优化电网运行的关键环节，对于民生密切相关的电网而言，精确、高效的数据采集和处理能力是实现电网自动化与智能化的基础。为此，技术人员可采用先进的传感器技术，如同步相量测量装置（PMU），以获取电网的高精度实时数据，PMUs能够提供关于电网状态的同步测量数据，包括电压、电流、频率等信息，布置时候可将PMUs传感器安装在电网的关键节点，比如发电站、变电站和重要的汇聚点，确保全面且实时地监测。并基于所布置的传感器，由技术人员部署分布式计算框架以支持数据的快速处理。考虑到电网在日常运营过程中产生的数据量极大，采用传统的集中式数据处理中心可能造成延迟，所以技术人员应采用分布式计算框架，在数据产生的地方即时处理数据，以此提高数据处理速度和效率，具体而言可采用边缘计算技术，在靠近数据源的网络边缘进行分析和处理，减少传输数据量，减轻核心网络的负担。

在分布式计算框架的基础上，技术人员可利用大数据分析和机器学习算法对收集到的数据进行深入分析，识别电网运行中的模式和异常情况，预测潜在的系统故障并提供维护建议，比如使用时间序列分析可以预测负

荷需求的变化，异常检测算法可以及早发现设备性能下降或即将发生的故障。另外，实时数据采集与处理系统的集成方面，由于不同的数据采集系统需要有统一的数据格式和通信协议，以确保数据可以无缝地在系统间传递和融合，所以技术人员所建立的数据集成平台应支持多种数据源和格式，包括实时数据流、历史数据以及来自其他信息系统的数据库。

2. 预测模型与需求响应

预测模型的构建依赖高精度的历史数据和先进的预测技术，其中电网的历史负载数据、天气信息以及节假日等特殊日期对电力需求有较大影响，所以技术人员应收集相关数据，并将其作为建模输入。建模过程中，技术人员可使用自回归积分滑动平均（ARIMA）模型或季节性分解的时间序列预测方法（STL），进行短期负载预测，并结合机器学习算法如随机森林、梯度提升树和深度学习网络对历史数据进行训练，以提高预测的准确性。

在需求方面，需求响应的策略制定必须基于用户行为的预测，对此，技术人员可安装智能电表实时监测用户用电情况，利用数据挖掘技术识别出用户用电模式与生活习惯。基于用户具体生活习惯和用电量，结合价格弹性模型，评估不同定价策略下用户用电量的变化情况，依据所收集的数据设计个性化的需求响应程序，利用该程序在用电高峰时段通过经济激励引导用户降低用电量或者转移到非高峰时段使用电力。最后，在实施过程中，技术人员应将预测结果与实际运行数据进行不断比对，由此反馈至模型调整中，并在电网调度运行管理系统中设立实时监控体系以跟踪预测误差，快速调整模型参数以减少未来误差，以适应新形势和突发事件。此外，考虑到市场因素和政策变动也会影响电力需求和供给，电网运行管理系统应具备强大的模拟仿真平台，结合当前市场数据，模拟市场运作机制和政策改变对电网运行的可能影响，辅助预测模型准确把握趋势变化。

3. 优化调度策略

电网调度运行优化管理系统旨在通过先进的算法和技术手段，实现电力资源的高效分配与利用。基于此目的，工作人员在制定优化调度策略时，应采用先进的数学模型来描述各种电网元素的行为，并采用线性规划（LP）、混合整数线性规划（MILP）等数学工具，针对发电侧，计算最小化发电成本，同时满足所有操作约束

条件，利用数学工具建立数学模型，明确发电机组出力限制、启停状态限制、增减容速率限制等。同时为提高配网自动化水平，提高调度灵活性与效率，技术人员可以将智能开关、变压器以及其他分布式能源资源管理工具应用到电网调度管理系统中，实际应用中调度工作人员可以远程或自动进行操作以响应供需变化，比如极端天气条件下，调度工作人员可快速隔离故障部分并重新配置网络以维持服务。

4. 可再生能源整合

可再生能源的整合需要技术人员首先准确预测可再生能源产出，降低由于其波动性和不确定性带来的风险，技术人员可使用先进的天气预报模型结合机器学习算法，提高对风速、太阳辐射等环境因素的预报准确度，从而使电网调度者能够更好地利用这些资源。技术人员在明确可再生能源产出后，采取合适的需求侧管理策略，以价格信号和激励措施的形式，鼓励消费者在可再生能源产量高时增加电力消耗，在产量低时减少用电，以此增加可再生能源在用户整体耗电量中的占比，达到保护生态环境的目的。

考虑到可再生能源的产能受外部环境因素影响较大，比如风力过大、晴天较多的情况下，可再生能源的产能迅速增大，为此技术人员可在电网调度系统中应用储能技术，将其作为可再生能源整合的核心组件，部署电池存储、抽水蓄能或压缩空气储能系统，吸收过剩的可再生能源并在需求高峰期释放，而且即使在无风或多云条件下，也可以确保电力供应的连续性。最后，升级和改造现有基础设施以适应可再生能源并保持网络稳定，技术人员可利用智能变电站、升级输电线路以及使用具有高容量和快速响应特点的断路器和变压器提高电网调度的灵活性，同时安装先进的监控与控制系统（如宽域同步测量系统WAMS）提高对网络状态的实时感知和快速反应能力。

5. 构建智能控制中心

智能控制中心是电网调度运行优化管理系统的神经中枢，负责实时监控电网状况，制定调度决策并响应突发事件，同时为调度工作人员提供操作界面，为构建切实有效的智能控制中心，技术人员应设计高度可靠的数据中心架构，采取冗余设计，在电网调度系统中加入备用电源、故障转移能力和多路径通信网络，以保证在任何环境下均可可靠运行，而且数据中心还需要使用高性能服务器和大容量存储系统处理和存储大量实时数据。

再在该数据处理中实施实时数据处理和事件响应机制，技术人员可采用高速数据采集系统，实时数据流处理技术对数据进行分析，以便快速做出决策，自动检测系统异常，通过技术人员预设的逻辑和算法快速制定响应策略，减少人为干预时间。另外考虑到人机交互友好性，技术人员应完善用户界面和决策支持系统，以直观的用户界面来监控电网状态、分析数据和执行操作，提供数据可视化工具、预警机制和建议操作步骤，辅助操作人员快速准确地做出决策。

6. 加强网络安全与稳定性

在物理安全方面，技术人员可根据电网调度系统的硬件存储位置，实施严格的设备和场所访问控制，对所有关键基础设施进行物理隔离，并设立监控机制以跟踪未经授权的入侵尝试。在网络安全层面，技术人员则需要部署先进的防火墙和入侵检测系统来保护电网数据传输不受恶意软件和黑客攻击，即时检测并响应异常流量模式或未授权访问尝试。

在系统通信方面，技术人员可采用端到端加密技术，应用传输层安全协议（TLS）或安全套接字层（SSL），确保数据在传递过程中不会被截取或篡改，并引入冗余设计原则提升系统的稳健性，利用多路径通信和备份控制中心在主要设备故障时维持电网运行。

结束语

综上所述，本文从理论层面深入探讨了电网调度运行优化管理系统的各个关键环节，分析了实时数据采集与处理、预测模型与需求响应等核心策略。电力企业可建立智能控制中心并确保网络安全与稳定性，以应对新时代背景下电力系统面临的双重挑战。未来，科技的进步和政策环境的变化将会带来新的挑战和机遇，电力企业技术人员应不断更新和完善相关技术，专注于更精细化、个性化的优化方案，以确保电力系统能够满足社会发展需要。

参考文献

- [1] 胡鑫. 电网调度的运行管理与风险对策分析[J]. 集成电路应用, 2020, 39(10): 244-245.
- [2] 贝斌斌, 任凯, 乐程毅等. 新时期电网安全运行管理措施研究[J]. 科技视界, 2021, (16): 44-46.
- [3] 唐菟淳. 基于模型预测控制的电网侧储能电站多应用场景日前-日内运行方法研究[D]. 重庆大学, 2019
- [4] 宋启明. 基于多智能体的多源微网优化调度方法[D]. 华北水利水电大学, 2020