

电网调度自动化与配网自动化技术

丁奎平 王振丹

国网甘肃省电力公司平凉供电公司 甘肃 平凉 744000

摘要: 电网调度自动化与配网自动化技术是电力行业发展的重要方向。电网调度自动化技术关键包括数据采集与监控系统、电力系统状态估计、调度决策支持系统及人工智能应用, 这些技术共同保障电网的安全、高效运行。配网自动化技术则聚焦于配电信息化系统建设、配电网重构技术、分布式能源接入与控制等关键领域, 旨在提升供电可靠性和电能质量。两者共同推动电力行业向智能化、自动化方向发展。

关键词: 电网调度; 配网; 自动化

引言: 电网调度自动化与配网自动化技术是电力工业现代化进程中的关键驱动力。在智能电网建设的背景下, 这两项技术不仅关乎电力网络的稳定运行, 更是提升能源利用效率、促进可再生能源接入、增强电网韧性的核心手段。电网调度自动化技术通过集成实时数据监测、智能分析与决策支持, 实现了对大规模电网的精准调控。而配网自动化技术则侧重于提升配电网的智能化水平, 确保电力供应的可靠性和质量。两者相辅相成, 共同塑造着未来电力系统的面貌。

1 电网调度与配网自动化技术概述

电网调度与配网自动化技术是电力系统中至关重要的组成部分, 它们共同确保了电力系统的安全、稳定和高效运行。电网调度技术是指根据电力系统负荷和供电能力的实时变化, 通过合理安排发电机组运行方式, 调整输电线路和变电站的电压和电流, 保证电网运行的安全和稳定。同时, 电网调度还要考虑经济性, 优化电力资源的利用效率。这一技术依赖于实时监测负荷需求和发电机组的运行状态, 以及先进的通信技术, 实现信息的实时传输和处理, 为调度员提供准确的决策支持。配网自动化技术则是实时的配电自动化与配电管理系统集成为一体的系统。它利用现代电子技术、通信技术、计算机及网络技术, 将配电网实时信息、离线信息、用户信息、电网结构参数、地理信息进行集成, 构成完整的自动化管理系统, 实现配电系统正常运行及事故情况下的监测、保护、控制和配电管理^[1]。这一技术旨在提高供电可靠性和供电质量, 缩短事故处理时间, 减少停电范围, 优化电力资源配置, 降低电网运行成本。随着电力系统的不断发展和智能化技术的应用, 电网调度与配网自动化技术也在不断演进和改进。一方面, 通过对大量的电力系统数据进行分析 and 挖掘, 可以提取出有用的信息和规律, 为电网调度员提供更准确的决策支持。另一

方面, 利用人工智能、物联网等技术, 可以实现电网调度自动化和智能化, 提高调度效率和准确性。

2 电网调度自动化关键技术研究

2.1 数据采集与监控系统

2.1.1 系统架构与功能

SCADA (监控与数据采集) 系统作为电网调度自动化的基石, 以计算机为核心, 构建起一套高效的数据收集与处理机制。它通过数据采集模块, 实时捕获电网内各类关键设备的运行参数, 涵盖电压、电流及功率等核心指标。系统架构精心设计, 涵盖监控中心、远程终端单元 (RTU) 及通信网络三大组件。监控中心犹如系统的大脑, 专注于数据的深度处理、安全存储与直观展示, 同时, 其配备的人机交互界面, 让调度员得以一目了然地掌握电网的实时运行状态。而远程终端单元则扮演着桥梁角色, 负责现场数据的上传与控制指令的下达, 确保指令的准确执行与数据的即时反馈。

2.1.2 数据传输与处理

在SCADA系统中, 数据传输占据着举足轻重的地位。为确保数据的实时传输与高度可靠, 系统巧妙融合了光纤通信、无线通信等多种尖端通信技术。数据传输期间, 系统实施严密的加密措施, 为数据的安全保驾护航。数据抵达后, SCADA系统会立即启动数据处理流程, 对原始数据进行深度清洗、精确校验与标准化格式化, 为后续的分析应用奠定坚实基础。更为先进的是, 系统内置的智能识别机制能够敏锐捕捉异常数据, 并即时触发报警, 向调度员发出警示, 促使他们迅速响应并妥善处理潜在的电网运行隐患, 从而有力保障电网的安全稳定运行。

2.1.3 应用场景与优势

SCADA系统在电网调度自动化领域扮演着至关重要的角色。它犹如电网的“眼睛”, 能够实时监测并精准

反馈电网的负荷、电压、电流等核心参数，助力调度员全面、迅速地把握电网的运行态势。此外，SCADA系统还具备强大的历史数据查询功能，为电网规划的科学制定、运行状态的深入分析以及故障隐患的精准排查提供了详实、可靠的数据支撑。更值得一提的是，SCADA系统展现出极高的可扩展性和灵活性，能够轻松与其他系统（例如能量管理系统EMS）实现无缝对接，进一步解锁更高级别的功能与应用，为电网的智能化、自动化运行注入强劲动力。

2.2 电力系统状态估计

电力系统状态估计是电网调度自动化的另一项关键技术，它在电力系统运行管理中扮演着至关重要的角色。状态估计是一种基于数学和统计方法的技术，旨在根据有限的测量数据，估计出电力系统当前的运行状态。在电力系统中，状态估计主要依据网络拓扑结构、线路参数和部分节点的测量值，来推算所有节点的电压幅度和相角。这一过程通常基于最小二乘法等数学算法，通过迭代求解得到最优估计结果。状态估计的目标是提高电力系统的可观测性，为调度、控制和保护等提供可靠的数据支持^[2]。电力系统状态估计在电网调度自动化中具有广泛的应用价值。第一，它能够为调度员提供准确的电网运行状态信息，帮助他们及时发现并解决潜在的安全隐患。第二，状态估计结果可以作为其他高级应用功能（如潮流计算、安全分析等）的输入数据，提高这些功能的准确性和可靠性。第三，状态估计还有助于优化电力系统的运行策略，提高能源利用效率和经济性。

2.3 调度决策支持系统

调度决策支持系统是电网调度自动化的重要组成部分，它集成了数据库、模型库、知识库等先进技术，为调度人员提供全面的决策支持。以下是关于调度决策支持系统的几个关键方面：（1）系统架构与功能模块：调度决策支持系统通常采用模块化设计，包括数据采集模块、数据处理模块、决策支持模型模块和用户界面模块等。这些模块协同工作，实现对电网运行数据的实时采集、处理和分析，为调度人员提供科学的决策依据。（2）数据采集与处理：系统通过实时采集电网运行数据，如发电量、负荷、电网状态等，进行清洗、整合和分析。数据处理技术能够确保数据的准确性和时效性，为后续决策支持提供可靠的基础。（3）决策支持模型：决策支持模型是调度决策支持系统的核心，包括优化模型、仿真模型、预测模型等。这些模型能够模拟电网运行状态，评估不同调度方案的可行性，为调度人员提供最优的调度策略。（4）人机交互界面：系统提供直观、

易用的操作界面，方便调度人员查看电网运行状态、分析结果和决策支持信息。这有助于降低操作难度，提高工作效率。

2.4 人工智能在电网调度中的应用

随着人工智能技术的飞速发展，其在电网调度自动化中的应用也日益广泛。人工智能技术通过模拟人类的智能行为和思维方式，为电网调度提供了更为高效、准确的决策支持。在电网调度中，人工智能技术主要应用于预测、优化和决策等方面。预测方面，利用机器学习算法对历史数据进行挖掘和分析，可以建立精确的负荷预测模型，为电网调度提供可靠的负荷预测结果。优化方面，人工智能技术可以优化电网的运行策略，如通过深度学习算法对电网潮流进行优化计算，实现电力资源的合理分配。决策方面，结合专家系统和模糊逻辑等技术，人工智能技术可以辅助调度人员进行决策，提高决策的准确性和效率。此外，人工智能技术还可以应用于电网故障的诊断和处理。通过实时监测电网运行状态，利用神经网络等技术对故障进行快速识别和定位，为故障处理和恢复提供有力支持。同时，人工智能技术还可以对电网的安全稳定性进行评估和预警，及时发现潜在的安全隐患，确保电网的安全运行。

3 配网自动化关键技术研究

3.1 配电信息化系统建设

配电信息化系统建设是配网自动化关键技术的重要组成部分，其核心在于通过信息技术提升配电系统的管理水平和运行效率。以下是配电信息化系统建设的几个关键方面：（1）数据采集与监控：配电信息化系统的建设首先依赖于准确、实时的数据采集。通过安装传感器、遥测终端等设备，系统可以实时监测配电网的运行状态，包括电压、电流、功率、开关状态等关键参数。这些数据是进行后续分析和决策的基础。（2）信息集成与处理：采集到的数据需要通过信息集成平台进行统一处理和分析。这一平台应能够支持大规模数据的存储、计算和查询，确保数据的一致性和准确性。通过高级数据分析算法，系统可以实现对配电网的实时监控和故障预测。（3）功能模块集成：配电信息化系统集成多个功能模块，包括实时监控、故障报警、负荷预测、潮流计算等。这些模块通过协同工作，实现对配电网的全方位监测和管理。实时监控模块能够实时展示配电网的运行状态，故障报警模块则能够及时发现和处理异常情况。（4）网络通信与信息安全：系统采用先进的通信技术，如光纤通信、无线通信等，实现主站与终端之间的数据传输和通信。同时，系统注重信息安全保障，采取

有效的加密措施、访问控制和安全监测手段,确保数据在传输和存储过程中的安全性和保密性。(5) 人机交互与可视化展示:系统提供直观、易用的人机交互界面,方便用户对配电网进行远程监控和管理。通过可视化展示技术,将复杂的配电网数据以图表、地图等形式清晰呈现,帮助用户快速获取关键信息并做出决策。

3.2 配电网重构技术

3.2.1 重构技术的定义与目的

配电网重构技术是指通过对配电网的拓扑结构进行优化调整,以达到提高电网运行效率、降低网络损耗、增强系统可靠性和供电质量等目的的一种技术手段。重构技术的核心在于根据实时运行情况和负荷需求,动态地改变配电网中开关的状态,优化电流路径,从而实现网络结构的优化。这种技术的目的在于确保在有限的资源和条件下,配电网能够以最佳状态运行,满足用户对电力供应的多样化需求。

3.2.2 重构技术的关键步骤

配电网重构技术的实施涉及多个关键步骤。需要对配电网的当前状态进行全面的监测和分析,包括负荷分布、线路容量、开关状态等数据。根据电网的运行数据和预设的目标函数,如最小化网络损耗或最大化供电可靠性,建立数学模型。采用优化算法,如遗传算法、粒子群优化算法等,求解模型,找到最优或次优的开关组合方案。将重构方案应用于实际电网,并通过反馈调整来验证和优化重构效果。这些步骤需要高度协调和精确控制,以确保重构过程的安全性和有效性。

3.2.3 重构技术的应用场景

配电网重构技术的应用场景广泛,主要包括以下几个方面:一是应对突发故障,如线路故障或设备故障时,通过重构技术快速恢复供电;二是负荷变化时的优化调整,如高峰负荷期间通过重构降低线路负载,提高供电效率;三是在分布式电源接入时,通过重构技术实现电源与负荷的优化匹配,提高新能源的利用率;四是在电网扩建或改造过程中,通过重构技术评估不同方案的效果,为决策提供依据。这些应用场景体现了重构技术在配电网运行和维护中的重要作用。

3.3 分布式能源接入与控制

随着可再生能源的快速发展,分布式能源(如太阳能、风能等)在配网中的接入日益增多,这对配网自动化提出了新的挑战和要求。分布式能源接入与控制技术成为配网自动化的关键研究领域之一。分布式能源的接入改变了传统配网的单向潮流特性,使得配网中的潮流变得更为复杂和多变。为了有效管理和控制这些分布式能源,需要采用先进的监测、预测和控制技术。通过实时监测分布式能源的发电情况和配网的负荷需求,系统能够动态调整分布式能源的输出功率,确保配网的稳定运行^[1]。在控制技术方面,分布式能源接入与控制技术采用了多种先进的控制策略,如下垂控制、虚拟同步机控制等。这些控制策略能够模拟传统同步发电机的行为,使分布式能源在并网运行时能够与配网保持同步,提高系统的稳定性和可靠性。此外,为了优化分布式能源的利用和减少对环境的影响,还需要采用能源管理系统(EMS)进行整体调度和优化。EMS能够综合考虑分布式能源的发电成本、环境影响以及配网的负荷需求等因素,制定最优的能源利用方案,实现能源的高效利用和环境的可持续发展。

结语

随着技术的持续革新与应用场景的日益丰富,电网调度自动化与配网自动化技术正以前所未有的速度相互融合,共同塑造着电力行业的未来。这一融合趋势不仅将进一步强化电网的智能化水平,提升能源利用效率和供电可靠性,更为构建绿色低碳、安全可靠的现代能源体系奠定了坚实基础。在此基础上,电力行业将能够更加灵活地应对各种挑战,推动能源结构的优化升级,实现更高质量、更可持续的发展,为全球能源转型和生态文明建设作出重要贡献。

参考文献

- [1]张黎.配网自动化及智能化相关问题分析[J].智慧城市,2020,6(22):73-74.
- [2]居剑文.简析配网自动化技术对配电网供电可靠性的影响[J].农村经济与科技,2020,31(18):299-300.
- [3]胡冰.电力系统中的配网自动化技术应用的思考与实践[J].电力设备管理,2020(09):67-68.