

新型电力系统下变电运行运维管理的智能化转型与效能提升策略研究

王晓龙

鄂尔多斯供电公司, 中国·内蒙古 鄂尔多斯 017000

【摘要】随着全球能源转型的加速和新型电力系统的快速发展, 变电运行运维管理正面临前所未有的挑战与机遇。本文基于最新的研究数据和进展, 深入探讨了新型电力系统下变电运行运维管理的智能化转型策略, 并评估了转型后的效能提升效果。通过综合分析新型电力系统的特点、变电运行运维管理的现状以及智能化技术的应用, 本文为电网运维管理的可持续发展提供了理论支持和实践指导。

【关键词】新型电力系统; 变电运行; 运维管理; 智能化转型; 效能提升

引言

近年来, 随着风能、太阳能等清洁能源的快速发展和储能技术的不断进步, 新型电力系统正逐步成为电力行业的主流。新型电力系统以“碳达峰、碳中和”为目标, 具有清洁低碳、安全可控、灵活高效、智能友好、开放互动等基本特征。在这一背景下, 变电运行运维管理作为电网安全稳定运行的重要保障, 其重要性日益凸显。然而, 传统的人工巡检、现场维护等运维模式已难以满足现代电网对高效、实时、智能化的管理需求。因此, 探索变电运行运维管理的智能化转型, 提升管理效能, 成为当前电力行业亟待解决的问题。

1 新型电力系统的特点与挑战

1.1 清洁能源比重增加: 根据最新研究数据, 随着技术进步和成本下降, 风能和太阳能在电力系统中的比重显著增加, 成为主要电力来源。这要求变电运行运维管理能够适应清洁能源的间歇性和波动性, 确保电网的稳定运行。例如, 在2025年, 风能和太阳能预计将占据电力系统总装机容量较大比例, 这对电网的调度和平衡能力提出了更高要求。

1.2 储能技术快速发展: 为应对可再生能源的间歇性, 储能技术(如电池储能、抽水蓄能)快速发展。储能设备能够在电力需求低谷时储存电能, 在高峰时释放电能, 从而平衡电网负荷。然而, 储能设备的充放电状态需要实时监测和调控, 这对变电运行运维管理提出了新的要求。

1.3 智能电网建设加速: 通过物联网、大数据、人工智能等技术, 电网正逐步实现智能化管理。智能电网能够实时监测电网运行状态, 预测电力需求, 优化电力调度, 提高电网的运行效率和可靠性。然而, 智能电网的建设和运维需要专业的技术和人才支持, 对变电运行运维管理提出了更高的要求。

1.4 新能源接入挑战: 新能源的接入对系统调节资源提出了更高要求, 增加了电网安全稳定运行的压力。新能源发电设备(如风电、光伏)的输出受天气、环境等因素影响, 具有间歇性和波动性。因此, 变电运行运维管理需要实时监测和评估新能源发电设备的运行状态, 及时发现并处理潜在的安全隐患。

1.5 多能互补与跨区域电力交易: 新型电力系统强调多能互补和跨区域电力交易, 以提升资源利用效率。然而, 这增加了电网的复杂性和运维难度。变电运行运维管理需要适应多能互补和跨区域电力交易的需求, 确保电网的安全稳定运行。

2 变电运行运维管理的现状

当前, 变电运行运维管理主要采用人工巡检、现场维护等传统模式。然而, 随着电网规模的不断扩大和设备技术的不断更新换代, 传统运维模式逐渐暴露出诸多不足:

2.1 效率低下: 人工巡检效率低下, 难以实现对电网设备的实时监控。人工巡检需要耗费大量的人力和时间, 且难以覆盖所有设备和区域。此外, 人工巡检还存在主观性和误判的风险。

2.2 成本高: 现场维护成本高, 且存在安全风险。现场维护需要专业的技术人员和设备, 且需要在停电或带电的情况下进行, 存在一定的安全风险。此外, 现场维护还需要考虑交通、住宿等额外成本。

2.3 难以满足智能化需求: 传统运维模式难以适应新型电力系统对高效、实时、智能化的管理需求。随着智能电网和新能源的发展, 变电运行运维管理需要实现远程监控、智能调度、故障预测等功能, 而传统运维模式难以实现这些功能。

2.4 数据利用率低: 传统运维模式下, 运维数据多以纸质记录为主, 不仅耗时费力, 还容易出错、难追溯。数据

分析能力有限,难以形成有价值的运维报告,对于运维操作队的人员提供决策支持力不足。

3 智能化技术在变电运行运维管理中的应用

为了应对传统运维模式的不足,智能化技术逐渐应用于变电运行运维管理中。以下是几种主要的智能化技术及其应用效果:

3.1 高精度数字化建模技术

原理:借助三维量测技术的进步,如倾斜摄影和三维激光扫描,能够大规模地构建输电、变电、配电等设备资产的高精度三维模型。

应用场景:为电力规划、基建、运维及作业风险管控提供精准的空间信息。

效果:通过实景三维重建,电网实物资产得以转化为数字资产,为数字孪生的创建奠定了地理信息基础。这不仅提高了运维管理的精度和效率,还为故障预测和应急响应提供了有力支持。

3.2 先进传感量测技术

原理:利用各类传感器对设备状态和外部运行环境进行实时监测和测量。

应用场景:监测设备的温度、湿度、压力、电流、电压等参数,以及环境的气象条件、地质灾害等。

效果:通过大量传感终端实现智感、智测、智控,为新型电力系统的智能运行提供实物支持。例如,油中溶解气体传感技术可以实时监测变压器内部的油质变化,预防设备故障;特高频传感技术可以检测局部放电等异常信号,及时发现设备隐患。

3.3 电力物联网技术

原理:通过物联网技术将电网设备、传感器、控制系统等连接起来,实现信息的实时采集、传输和处理。

应用场景:实时监测电网的运行状态,包括设备的运行状态、电力负荷、电能质量等。

效果:电力物联网技术提高了电网的自动化和智能化水平,有助于及时发现并处理潜在问题,确保系统的安全稳定运行。例如,通过电力物联网技术可以实现对分布式能源的实时监测和调度,优化电力资源配置。

3.4 无人化作业技术

原理:利用机器人、无人机等自动化设备代替人工进行巡检、维护等作业。

应用场景:在变电站、输电线路等区域进行巡检、监测、维护等作业。

效果:无人化作业技术提高了运维管理的效率和安全性,降低了人力成本和安全风险。例如,智能巡检机器人可以代替人工进行变电站的巡检工作,通过高清摄像头和红外热像仪等设备实时监测设备的运行状态;无人机可以

巡检输电线路的杆塔、导线等设备,及时发现并处理潜在的安全隐患。

3.5 多源信息融合的状态监测技术

原理:融合各类设备在线监测、离线检测、运行工况、巡视维护以及移动终端等数据,同时结合卫星监测、气象、地质、水文等环境信息,构建全息状态监测网络。

应用场景:对电网设备进行全方位、全过程的监测和评估。

效果:实现设备全生命周期数据的完整获取,全工况运行参数的感知测量,以及全场景影响要素的信息交换,从而为设备的精准管控提供坚实基础。例如,通过多源信息融合的状态监测技术可以实现对风电场、光伏电站等新能源发电设备的实时监测和评估,优化发电计划和运维策略。

3.6 基于大数据的数字孪生技术

原理:利用大数据技术构建电网设备的数字孪生模型,通过人工智能和神经网络对状态进行科学评价。

应用场景:对电网设备的运行状态进行预测、预警和优化。

效果:实现对设备状态的判断、预测和预警等功能,使得在数字世界中推演电力系统运行态势成为可能。例如,通过数字孪生技术可以模拟电网设备的运行状态和故障情况,为运维人员提供决策支持;同时,还可以优化电网的调度和运行策略,提高电网的运行效率和可靠性。

4 变电运行运维管理的智能化转型策略

为了推动变电运行运维管理的智能化转型,需要采取以下策略:

4.1 完善管理制度

建立智能化运维管理体系:制定适应智能化转型的管理制度,明确各部门的职责和权限,确保运维工作的规范化和标准化。例如,建立智能化运维管理平台,实现运维数据的实时采集、传输和处理;制定智能化运维管理流程,规范运维人员的操作行为。

强化安全管理制度:加强运维人员的安全教育和培训,提高他们的安全意识和应急处理能力。同时,建立完善的应急预案和处置机制,确保在发生故障或事故时能够迅速响应和处理。

4.2 强化安全意识

开展安全教育活动:定期组织运维人员开展安全教育活动,提高他们的安全意识和风险防范能力。例如,开展安全知识讲座、应急演练等活动,让运维人员了解安全操作规程和应急处置流程。

建立安全考核机制:将安全意识纳入运维人员的绩效考核体系,对安全意识强、操作规范的人员给予奖励;对安

全意识薄弱、操作不规范的人员进行处罚和纠正。

4.3 加强外力因素控制

建立预警机制：针对恶劣天气、自然灾害等外力因素对电网设备的影响，建立完善的预警机制。例如，利用气象预报、地质灾害预警等信息，提前采取防范措施，确保电网设备的安全稳定运行。

提高设备抗灾能力：加强电网设备的抗灾能力设计和改造，提高设备的可靠性和韧性。例如，对变电站、输电线路等关键设备进行加固和防护，提高设备的抗风、抗震、抗洪等能力。

4.4 充分利用智能化技术

引入高精度数字化建模技术：通过引入高精度数字化建模技术，构建电网设备的高精度三维模型，为运维管理提供精准的空间信息。例如，在变电站规划、基建、运维等阶段利用高精度数字化建模技术进行模拟和优化，提高运维管理的效率和精度。

应用先进传感量测技术：在电网设备中广泛应用先进传感量测技术，实现对设备状态和外部运行环境的实时监测和测量。例如，在变压器、开关等设备中安装油中溶解气体传感器、特高频传感器等，实时监测设备的运行状态和潜在隐患。

推广电力物联网技术：加快电力物联网技术的推广和应用，实现电网设备的互联互通和信息共享。例如，在变电站、输电线路等区域部署物联网传感器和控制系统，实现对设备的远程监控和智能控制。

推进无人化作业技术：积极推进无人化作业技术的应用和发展，提高运维管理的效率和安全性。例如，在变电站、输电线路等区域引入智能巡检机器人、无人机等自动化设备，代替人工进行巡检、维护等作业。

5 智能化转型后的效能提升效果评估

5.1 提高运维效率

通过智能化技术的应用，实现了对电网设备的远程监控和智能控制，提高了运维管理的效率和精度。例如，智能巡检机器人可以代替人工进行变电站的巡检工作，大大提高了巡检效率；电力物联网技术可以实现对电网设备的实时监测和数据采集，提高了运维管理的实时性和准确性。

5.2 降低运维成本

智能化技术的应用减少了人工巡检和维护的工作量，降低了人力成本和安全风险。同时，通过优化电力资源配置和调度策略，降低了电网的运行成本。例如，无人化作业技术减少了人工巡检和维护的工作量；基于大数据的数字孪生技术可以优化电网的调度和运行策略，降低电网的损

耗和运行成本。

5.3 提升电网安全性

智能化技术的应用提高了电网设备的抗灾能力和可靠性，降低了故障发生的概率和影响范围。同时，通过实时监测和预警机制，可以及时发现并处理潜在的安全隐患，确保电网的安全稳定运行。例如，多源信息融合的状态监测技术可以实现对电网设备的全方位、全过程的监测和评估；预警机制可以提前采取防范措施，降低故障发生的概率和影响范围。

5.4 促进可持续发展

智能化技术的应用有助于推动电网的可持续发展。通过优化电力资源配置和调度策略，提高了清洁能源的利用率和电网的运行效率；同时降低了碳排放和环境污染，实现了经济效益和环境效益的双赢。例如，基于大数据的数字孪生技术可以优化风电场、光伏电站等新能源发电设备的运维策略，提高清洁能源的利用率；电力物联网技术可以实现对分布式能源的实时监测和调度，促进分布式能源的发展和应用。

6 结论与展望

本文深入探讨了新型电力系统下变电运行运维管理的智能化转型策略，并评估了转型后的效能提升效果。通过综合分析新型电力系统的特点、变电运行运维管理的现状以及智能化技术的应用，本文得出以下结论：

6.1 新型电力系统具有清洁低碳、安全可控、灵活高效、智能友好、开放互动等基本特征，对变电运行运维管理提出了新的要求。

6.2 传统的人工巡检、现场维护等运维模式已难以满足现代电网对高效、实时、智能化的管理需求，智能化转型成为必然趋势。

6.3 智能化技术在变电运行运维管理中的应用取得了显著成效，提高了运维效率、降低了运维成本、提升了电网安全性并促进了可持续发展。

展望未来，随着智能化技术的不断发展和创新，变电运行运维管理将迎来更加广阔的发展前景。我们将继续深化智能化技术的应用和研究工作，推动变电运行运维管理的智能化转型和效能提升；同时加强与高校、科研机构等合作与交流工作，共同推动电力行业的可持续发展和进步。

参考文献：

- [1] 浅谈电力系统中的变电运行安全管理与变电设备的维护[J]. 龙安州. 电子世界. 2020, 第18期
- [2] 浅谈电力系统中的变电运行安全管理与变电设备的维护[J]. 李娜. 煤. 2019, 第10期