

电网调度与电网安全运行分析

贺 飞

中国电力企业联合会 北京 100032

摘 要：电网作为现代社会能源供应的关键基础设施，其调度与安全运行直接关系到经济社会的稳定发展。随着电力系统规模不断扩大和结构日益复杂，自动化系统局限性、人员操作风险及设备管理维护不足等问题逐渐凸显。为此，需通过优化自动化系统性能、强化人员培训管理、加强设备运维及完善风险评估预警机制等措施，提升电网调度效率与安全运行水平，保障电力供应的可靠性与稳定性，推动电力行业高质量发展。

关键词：电网调度；电网安全；运行

引言

在能源革命与数字化转型加速推进的背景下，电网运行规模持续扩张，其调度与安全运行面临更高要求与更多挑战。自动化系统的应用虽提升了调度效率，但技术瓶颈仍制约其功能发挥；人员操作失误、设备老化故障等隐患也威胁着电网安全。本文基于对电网调度与安全运行现状的深入剖析，系统探讨现存问题，并针对性提出改进策略，旨在为提升电网运行的安全性与可靠性提供理论参考与实践指导。

1 电网调度与电网安全运行概述

1.1 电网调度

电网调度作为电力系统运行的核心控制中枢，承担着保障电能可靠传输与合理分配的关键任务。它依托先进的自动化系统，实时监测覆盖发电侧、输电网络以及配电环节的海量运行数据，通过高精度的状态估计与潮流计算，构建起反映电网实时运行状态的数字模型。在实际运行中，调度人员需依据负荷预测结果，协调火电机组的出力调节、水电机组的蓄水泄洪安排以及新能源电站的功率控制，实现不同类型电源的优化组合与协同运行。面对复杂多变的运行场景，调度决策过程深度融合静态安全分析与动态稳定评估，针对线路过载、电压越限等潜在风险，预先制定切机、切负荷等控制策略，确保电网在正常、故障及故障后恢复等多种工况下均能维持稳定运行。随着特高压输电技术的广泛应用与交直流混联电网规模的持续扩大，电网调度进一步强化对跨区域电力互济的精细化管理，通过协调省间联络线功率控制，提升电力资源在更大范围内的优化配置能力，在保障供电可靠性的同时，提高电力系统整体运行效率。

1.2 电网安全运行

电网安全运行聚焦于电力系统在各种内外部扰动下维持稳定供电的能力，是保障社会经济正常运转的关键

环节。其核心目标涵盖频率稳定、电压稳定与功角稳定三个维度，任一环节出现问题都可能引发连锁反应，导致系统崩溃。电网运行过程中，设备老化、绝缘损坏等内部缺陷，以及恶劣天气、外力破坏等外部因素，均会对系统安全构成威胁。例如，雷击可能造成输电线路跳闸，冰雪覆压会导致杆塔倒塌，进而引发电网局部解列。为有效抵御这些风险，电网安全运行体系构建了多层次防护机制。第一，通过安装继电保护装置与自动重合闸设备，实现故障的快速隔离与线路的自动恢复；第二，借助广域测量系统（WAMS）对全网动态过程进行实时监测，利用先进的稳定控制装置在系统失稳前采取紧急控制措施。随着新能源大规模接入，电网转动惯量降低、阻尼特性改变，对安全运行提出更高要求，需通过优化电源布局、配置储能设备等手段，增强系统应对不确定性扰动的能力，确保电网在复杂运行条件下持续稳定供电。

2 电网调度与电网安全运行存在的问题

2.1 自动化系统局限性

现代电网调度高度依赖自动化系统实现数据采集、处理及指令传输，但当前技术架构存在多维度局限性。在数据处理层面，海量实时数据涌入时，系统数据处理算法的复杂度与响应速度难以平衡，即便采用分布式计算架构，仍可能出现关键数据解析延迟。例如，当新能源并网功率出现剧烈波动，系统需快速处理风光发电预测数据、负荷变化数据及电网潮流数据，若数据处理模块性能不足，会导致调度指令生成滞后，无法及时调整电网运行方式应对功率波动。自动化系统的通信网络也存在脆弱性。各变电站、发电厂与调度中心间的数据传输依赖通信链路，一旦遭遇恶劣天气、地质灾害或设备故障，通信链路中断将使调度指令无法下达，设备运行状态数据无法上传。系统对异构数据源的兼容性欠佳，

不同厂家生产的智能电表、保护装置等设备的数据格式与通信协议存在差异,数据融合过程中易出现信息丢失或错误解析,降低自动化系统运行可靠性。系统的智能决策能力也有待提升。尽管部分系统引入人工智能算法辅助调度决策,但算法模型的训练数据存在局限性,难以覆盖电网运行的所有复杂场景。在极端运行工况下,如电网发生多重故障时,自动化系统的决策模型可能因缺乏对应样本训练,无法给出最优调度策略,甚至做出错误决策,影响电网安全稳定运行^[1]。

2.2 人员操作风险

电网调度运行中,人员操作是确保电网安全的重要环节,但操作过程蕴含诸多潜在风险。操作前的准备工作对后续操作安全影响重大,若操作人员对电网运行方式、设备状态掌握不全面,未充分分析操作可能引发的连锁反应,极易导致误操作。例如,在倒闸操作前,若未准确核实设备检修状态与运行参数,可能在设备未完全隔离或具备送电条件时盲目操作,引发短路故障。操作过程中的人为失误更直接威胁电网安全。长时间高强度工作易使操作人员注意力下降、反应迟缓,在复杂操作流程中可能遗漏关键步骤或颠倒操作顺序。特别是在夜间或紧急事故处理时,环境压力与时间紧迫性会进一步加剧操作人员的心理负担,增加操作失误概率。如在处理电网频率异常时,若操作人员未能正确判断故障类型,错误调整发电机组出力,可能使电网频率偏差进一步扩大,引发系统性崩溃。人员的技术水平与经验差异也会带来操作风险。新入职人员对复杂电网系统运行特性理解不足,在面对突发状况时缺乏有效应对手段;经验丰富的操作人员则可能因习惯固有操作模式,对新设备、新技术应用适应性差。人员间的协作沟通不畅同样不容忽视,在多班组联合操作时,若信息传递不及时、不准确,各环节衔接出现问题,将严重影响操作效率与安全性。

2.3 设备管理与维护不足

设备作为电网运行的物质基础,其管理与维护水平直接关系电网安全稳定。设备选型阶段若缺乏科学评估,选用的设备性能与电网实际需求不匹配,将为后续运行埋下隐患。如在高海拔、强风沙地区,若未选用防护等级高、适应恶劣环境的电气设备,设备绝缘性能、机械强度会加速劣化,增加设备故障概率。设备运行过程中的监测手段存在局限性。现有监测系统多依赖传感器采集设备局部信息,对于设备内部隐性缺陷难以有效识别。例如变压器内部局部放电、绕组变形等故障,初期发展缓慢且无明显外部特征,常规监测手段难以捕捉

早期异常信号,故障持续发展可能引发变压器烧毁,造成大面积停电。设备维护策略的滞后性也是突出问题。传统计划性维护模式基于固定周期开展检修工作,未充分考虑设备实际运行状况,存在过度维护与维护不足并存现象。过度维护不仅浪费人力、物力资源,频繁停电检修还会影响供电可靠性;维护不足则导致设备缺陷长期积累,在电网负荷高峰或极端天气下,设备故障率大幅上升。设备维护人员的专业技能参差不齐,部分人员对新型智能设备的原理、维护方法掌握不透彻,无法及时发现并处理设备潜在故障,削弱设备维护效果^[2]。

3 提升电网调度与电网安全运行水平的策略

3.1 优化自动化系统性能

(1) 通过引入先进的人工智能算法和大数据分析技术,对电网运行数据进行深度挖掘与实时处理,全面剖析数据背后隐藏的规律与特征,实现电网运行状态的精准感知与智能分析。将机器学习算法应用于负荷预测模型,结合历史数据、气象信息等多源数据,提高负荷预测的准确性,为电网调度提供可靠的数据支撑,使调度决策更加科学合理,有效应对电网运行中的不确定性。

(2) 升级电网自动化系统的硬件设施,采用高性能的服务器、交换机等设备,提高系统的数据处理能力和响应速度。优化系统的网络架构,增强网络的稳定性和抗干扰能力,确保自动化系统在复杂电磁环境下能够稳定运行,保障电网调度指令的及时准确下达与执行。(3) 加强自动化系统的软件功能开发,完善能量管理系统(EMS)、配电管理系统(DMS)等核心软件模块。增加智能告警、故障诊断与辅助决策功能,当电网出现异常或故障时,系统能够快速定位故障点,分析故障原因,并提供多种可行的处理方案,帮助调度人员迅速采取措施,恢复电网正常运行,提升电网运行的安全性和可靠性。

3.2 强化人员培训与管理

(1) 构建系统化的人员培训体系,针对电网调度与运行维护人员的不同岗位需求和技能水平,制定个性化的培训课程。培训内容涵盖电网运行原理、调度操作规范、新型设备使用与维护等方面,通过理论讲解、案例分析、模拟操作等多种方式,全面提升人员的专业知识和实践操作能力,使其能够熟练应对各种复杂的电网运行场景。(2) 建立严格的人员考核机制,定期对调度和运维人员进行技能考核和业务能力评估。考核内容不仅包括理论知识测试,还注重实际操作技能的考核,如故障处理流程的执行、调度指令的下达与执行准确性等。根据考核结果,对表现优秀的人员给予奖励,对未达标

的人员进行针对性的强化培训,确保每一位人员都具备胜任岗位工作的能力。(3)营造良好的团队协作氛围,加强人员之间的沟通与交流。通过组织团队活动、技术研讨会等方式,促进不同岗位人员之间的相互了解与协作。在电网调度和运行维护工作中,鼓励人员之间分享经验、交流心得,形成互帮互助的工作环境,提高团队整体的协同作战能力,保障电网安全稳定运行^[3]。

3.3 加强设备管理与维护

(1)建立完善的设备全生命周期管理体系,从设备的采购选型、安装调试、运行监测到退役报废,对每一个环节进行严格把控。在采购设备时,选择质量可靠、技术先进的产品,确保设备的性能满足电网运行要求;在设备安装调试阶段,严格按照规范进行操作,做好验收工作,保证设备能够正常投入运行。(2)采用先进的设备状态监测技术,如在线监测、红外测温、局部放电检测等,实时掌握设备的运行状态和健康状况。通过对监测数据的分析处理,及时发现设备潜在的故障隐患,提前制定维护计划,避免设备故障的发生。建立设备状态评估模型,对设备的剩余寿命进行预测,为设备的更换和升级提供科学依据。(3)优化设备维护策略,推行基于设备状态的检修模式。改变传统的定期检修方式,根据设备的实际运行状况和健康状态,合理安排检修时间和检修内容。对于状态良好的设备,适当延长检修周期;对于存在故障隐患的设备,及时进行针对性的检修或更换,提高设备维护的效率和效果,降低设备维护成本,保障电网设备的安全可靠运行。

3.4 完善风险评估与预警机制

(1)构建科学合理的电网风险评估模型,综合考虑电网结构、设备状况、负荷特性等多种因素,对电网运行过程中的潜在风险进行全面评估。采用定量与定性相结合的评估方法,确定风险的等级和影响程度,为风险管控提供准确的依据。例如,通过潮流计算、短路电流分析等手段,评估电网在不同运行方式下的安全稳定

性,识别可能存在的过载、电压越限等风险。(2)建立实时的风险预警系统,利用自动化系统采集的电网运行数据,结合风险评估模型,对电网运行风险进行实时监测和预警。当系统检测到风险指标超过预设阈值时,立即发出预警信号,并通过多种方式(如短信、邮件、声光报警等)通知相关人员。在预警系统中详细说明风险的类型、位置、影响范围及可能的发展趋势,以便相关人员及时采取措施进行风险防控。(3)制定完善的风险应对预案,针对不同类型和等级的风险,制定相应的应对措施和处置流程。预案内容包括风险隔离、负荷转移、设备抢修等具体操作步骤,确保在风险发生时,能够迅速、有效地进行应对,将风险造成的损失降到最低。定期对应急预案进行演练和评估,根据演练结果对预案进行修订和完善,提高预案的实用性和可操作性,增强电网应对各类风险的能力^[4]。

结语

综上所述,电网调度与安全运行是保障电力稳定供应的核心环节。面对自动化系统、人员操作、设备管理等方面的问题,需多维度协同发力,通过技术升级、管理优化、机制完善等措施,全方位提升电网运行水平。未来,随着智能电网技术的发展,应持续深化研究,探索更高效、更安全的调度运行模式,为能源安全与经济社会可持续发展筑牢坚实基础。

参考文献

- [1]张文娟.电网调度与电网安全运行分析[J].百科论坛电子杂志,2023(9):55-57.
- [2]秦华青.浅谈电网调度与电网安全运行[J].电脑爱好者(普及版)(电子刊),2022(9):1797-1798.
- [3]李乾勇.电网调度与电网安全运行问题及其优化策略分析[J].模型世界,2023(31):109-111.
- [4]李小茹.电网调度与电网安全运行的问题及优化策略[J].电脑采购,2024(25):223-225.