

## 特高压换流变电站运维策略研究与实践

张文龙<sup>1</sup> 董云鸽<sup>2</sup>

1. 国网河南直流中心, 河南 郑州 450000

2. 国网郑州供电公司, 河南 郑州 450000

**[摘要]**特高压技术的快速进步使得特高压换流变电站在电力系统中扮演的角色日益显著。文章在于对特高压换流变电站的运营维护策略进行深入分析, 在对该设施的运行属性及现有问题进行详尽分析的基础上, 提出一套科学的管理方案。通过精心设计的运营和维护方案, 可以增强换流变电站的安全与稳定性, 进而确保整个电力系统的运行效率。本篇论文结合具体实例, 构建了以智能化监控、预防性维护、人员培训和应急响应为基础的详细策略框架, 并通过实际操作证明了这些策略的效力, 为特高压换流变电站未来的运维管理提供了借鉴。

**[关键词]**特高压; 换流变电站; 运维; 策略

DOI: 10.33142/hst.v8i1.15176

中图分类号: TM721.1

文献标识码: A

## Research and Practice on Operation and Maintenance Strategy of Ultra High Voltage Converter Substations

ZHANG Wenlong<sup>1</sup>, DONG Yunge<sup>2</sup>

1. State Grid He'nan DC Center, Zhengzhou, He'nan, 450000, China

2. State Grid Zhengzhou Power Supply Company, Zhengzhou, He'nan, 450000, China

**Abstract:** The rapid advancement of ultra-high voltage technology has made the role of ultra-high voltage converter substations increasingly prominent in the power system. The article aims to conduct an in-depth analysis of the operation and maintenance strategy of the ultra-high voltage converter substations. Based on a detailed analysis of the operational attributes and existing problems of the facility, a scientific management plan is proposed. Through carefully designed operation and maintenance plans, the safety and stability of converter substations can be enhanced, thereby ensuring the operational efficiency of the entire power system. This paper combines specific examples to construct a detailed strategic framework based on intelligent monitoring, preventive maintenance, personnel training, and emergency response, and proves the effectiveness of these strategies through practical operation, providing reference for the future operation and maintenance management of ultra-high voltage converter substations.

**Keywords:** ultra high voltage; converter substations; operation and maintenance; strategy

### 引言

在现代电力网络中, 特高压换流变电站扮演着关键角色, 它负责将电能远距离、高效率地转移。在电力需求持续上升的背景下, 保障系统运行的高效率与安全性变得格外关键。本研究致力于对特高压换流变电站的运维策略进行系统性分析与实际应用, 目的是增强其运行的安全性和可靠性。

### 1 特高压换流变电站的基本概念

特高压换流变电站作为现代电力系统的一个关键设施, 主要功能是对高电压电流进行转换和调整, 从而实现电能的大容量、远距离传输。800 千伏及以上的电压等级, 被定义为特高压输电技术, 该技术相比传统高压输电, 能够大幅度减少能量在传输过程中的损失, 从而提升传输效率, 应对不断增加的电力需求。换流变电站主要承担着交流电转为直流电, 或者执行逆向转换的任务, 它通过直流电的输送, 促成了不同电网之间的互相连接与调度, 从而提升了电力系统的灵活性和稳定性。换流变电站是由换流

器、变压器等关键组件以及控制系统构成的电力设施<sup>[1]</sup>。

换流器, 作为交流与直流电力转换的核心装置, 对于变电站运行的效率及可靠性起着决定性作用。特高压换流变电站展现出对复杂电网环境中各类干扰的有效抵抗, 同时表明其稳定运行的能力, 体现了其在多变条件下的出色适应性。随着可再生能源所占比重的逐渐上升, 特高压换流电站对于风能和太阳能等清洁能源的聚合利用, 正变得越来越关键。特高压换流变电站通过科学和合理的设计与管理, 不仅增强了电力传输的安全性, 而且对电力市场的健康发展起到了坚实的支撑作用, 掌握特高压换流变电站的基础知识和运作机制对于电力系统技术的发展与管理革新具有实际价值。

### 2 特高压换流变电站的运行特性

特高压换流变电站之所以能实现高效、安全的电力转换, 依赖于其稳定运行特性的保障, 这一特性在诸多方面均有显著体现。特高压换流变电站能强大转换电能, 在极高电压环境中, 实现大量电力传输。此特性能够满足跨区

域电力调配之需求,特别是在资源丰富地区向高负荷用电地区输送电能的过程中,显示出其明显的经济优势<sup>[2]</sup>。

特高压换流变电站所搭载的控制系统,在高度自动化的基础上融入了智能化元素,其职能在于对电网运行状态进行实时监控。通过对数据的采集与分析,能够对电力流向进行动态调整,以此确保系统在不同运行条件下均能保持安全稳定。换流变电站对于电力需求的波动应对显示出高度灵活性,它能迅速适应负载的变动,确保电网运行的平衡与稳定。借助特高压技术,变电站能够在电力传输过程中减少线路损耗,从而提高能源的整体利用效率。该系统即便在多变且混乱的电网状况中,亦能保持稳健运作,显示出其卓越的抗干扰特性,从而降低对外界变量的反应性。特高压换流变电站的运行维护工作中,运维人员面临包括设备故障、自然灾害和网络安全等在内的多重挑战,这要求他们必须具备精湛的专业技能和出色的应急反应能力。特高压换流变电站的运行特性揭示了其在现代电力系统中所扮演的关键角色,同时也凸显了对高技术层面与高管理准则的依赖。

### 3 现有运维策略

现有特高压换流变电站的运维策略在提升系统可靠性和安全性方面发挥了重要作用,但也存在一些不足之处。在信息技术领域,运维管理往往采取周期性的审查与支持手段,此方式重点专注于硬件设施的实体状况评定和常规养护工作。尽管采用被动的维护策略能在一定程度上推迟设备寿命的终结,它却通常不善于应对突如其来的故障,这常常导致设备的停工时间增加,并进一步影响到电力供应的稳定性。换流变电站这类设施在实时数据深度挖掘与应用方面存在显著不足,导致其数据监控和分析能力受限。在出现异常状况时,运维人员往往难以迅速确定问题的根本原因,这直接影响了故障处理的效率和精确性,特高压技术领域,针对运维团队的专业培训及实操锻炼机制尚显不足,这导致部分工作人员在技术掌握上与岗位要求不符。应对此缺陷,我们必须加大培训力度,并增强实际操作经验,以跟上新技术与设备的迅速进步<sup>[3]</sup>。

当前的运维策略常常未能系统化地整合设备管理、数据分析和人员培训,导致各环节的信息相互孤立,从而降低了整体的运维效率。在突发事件面前,现行的紧急应对系统构建不足,常暴露出应对迅速和高效方面的短板,这可能会造成损害控制不力,从而使得损失范围扩大。为了完成从被动维护到主动管理的转变,现有的运维策略迫切需要进行改进和提升。引入智能化监控技术,加强数据处理能力,并构建全面培训架构,以此提高运维管理的水准,确保特高压换流变电站的安全与高效运作。在特高压换流变电站的管理领域,现有的运维方针构成了基本的框架。然而,伴随着技术的演化与电力需求的变动,对这些策略进行必要的修改和创新是确保设施长期稳定运行和安全

的必由之路。

## 4 优化运维策略的研究与实践

### 4.1 智能化监控与数据分析

对于特高压换流变电站的高效运维,智能化监控和数据分析起着至关重要的作用,它们极大地提高了系统的实时监控效能以及故障预警的水平。通过部署高精度传感器和监测设备,构建智能化监控系统,实现对设备运行状态的全面监测。利用这些传感器,能够即时获取电流、电压和温度等至关重要的参数数据,随后将这些数据发送至中央控制系统,由此构建起一个全面的监测网络。实施实时的监控措施,能够有效地侦测到如设备过热或电流波动等潜在异常状况,并为运维团队的决策提供数据支撑,进而降低人工巡检的频次与耗时,提高作业效率。在智能化运维领域,数据分析扮演着至关重要的角色,由运维团队负责,对所采集数据执行深度分析作业,旨在揭示设备运行的规律性以及预兆潜在故障的模式<sup>[4]</sup>。

实施智能化监控配合数据分析系统,能提高运维人员的专业能力和劳动生产率。运维人员通过图形化的界面,能够直观地了解设备的实时工作状况,及时识别并应对潜在问题,实施这种迅速的反馈过程,能够优化集体面对紧急状况时的应对手段,进而提升处理突发事件的工作效率。历史数据的持续累积与深入分析,使得运维人员能够储备宝贵的知识与经验,这些将为未来的运维决策提供重要的参考资料。智能监控平台所具备的适应性与伸缩性,为将来的技术提升及功能新增创造了条件。运维人员可依需求变化,灵活地对监控设置进行调整,或引入新能力,旨在应对未来潜在的挑战,面对智能化监控和数据分析的实施过程,若干难题亟待解决。例如,设备之间的数据互通性与整合难题可能会造成信息孤立的局面,从而对数据的充分利用带来负面影响。建立共同的数据规范与交互界面,对于形成连贯的信息体系至关重要,智能监控系统的有效应用,要求运维人员具备数据分析和技术方面的深厚素养。

### 4.2 预防性维护策略的实施

在特高压换流变电站的运维管理中,实施预防性维护策略至关重要,它通过系统化及计划性的措施,减少设备故障的发生概率,从而提升整体运行的安全性与稳定性。设备运行数据的分析和历史维护记录的审视,构成了预防性维护的核心理念,旨在制订出科学而合理的维护计划。运维团队针对关键设备,依据其运行状况及年限,实施定期的检修与维护工作,保障设备运行于最佳性能。实施这种具有预见性的维护策略,不仅有助于及时识别并解决可能出现的问题,而且能够预防突发事件引起的设备故障,从而避免造成经济损失<sup>[5]</sup>。

设备的持续健康状态评估是实施预防性维护策略的关键,这需要对其进行不断地监测。在这一过程中,特别关键的是智能化监控系统的运用,运维团队通过跟踪装置

操作的关键指标,获取详尽的信息支撑,这助其在评估设备健康状况方面更为精准,并促使他们可以迅速作出维护相关的决策。借助数据分析工具,运维团队得以深入挖掘设备历史运行数据,发现并识别设备潜在故障风险及其规律。采用以数据为依据的策略,不仅精确性维护得到提升,而且资源分配得到改善,进而减少了操作与维护的费用。在实施预防性维护策略的过程中,团队间的协同作业与知识的广泛交流被赋予了至关重要的地位,建立高效的沟通框架使得运维团队成员能够迅速交流观察及经验,这有利于集体维护技能的提升。

在具体实践中,采取预防性维护手段遭遇了若干难题,在确保设备正常运作的同时,科学规划维护活动,以防止不必要的资源消耗及设备损害。为了应对实际运作的特定条件,操作和维护的人员必须改变他们维护计划的方式,在执行预防性维护作业时,若缺少例如智能监控和数据分析等辅助技术手段,可能会对维护成效产生不利影响。为了有效地执行预防性维护策略,关键在于投入资源构建尖端的监控体系和开展数据分析,系统化计划与实时监控相结合的预防性维护策略,能减少特高压换流变电站设备故障的发生概率,进而提升其运行效率。在未来,电力系统中,随着技术的持续进化以及运维管理理念的革新,预防性维护策略将扮演日益关键的角色,为电力供应的安全性及稳定性供应提供坚固的支撑<sup>[6]</sup>。

#### 4.3 人员培训与技能提升

为了应对特高压换流变电站的独特要求,培训教育需包括对其构造的深入理解。结合理论与实际操作,能够令运维工作人员深刻把握设备运作的本质及其可能出现的故障,有效增进其操作技能。定期举行实操演练,旨在使员工熟练掌握设备操作程序,同时增强其应对突发状况的技能,这将为设备的安全运行提供更为坚实的保障。

针对新技术的引入和应用,运维团队需周期性地参与针对新型技术和设备的进修课程。为提升他们在技术变革中的应对能力,需包含智能监控系统、数据分析工具等在内的先进技术掌握,组织专业讲座以及示范活动,邀请业界权威人士参与,或者安排外出培训,能够使运维团队及时跟进领域的最新进展,并熟练掌握前沿的运维管理技能。企业应当激励负责运维工作的员工接受特定职业资格认证的程序,这不仅有助于提高他们的工作专业技能和职业品德,同时也为他们的职业生涯拓展了更加宽广的发展路径<sup>[7]</sup>。在培训过程中,将理论知识和实际操作紧密结合,具有至关重要的意义,理论虽是根基,但运维人员在具体实践中所遭遇的繁复场景,常常不是单纯依靠书籍中的教导就能应对的。为此,构建了一个无需承担任何风险的虚拟训练场所,允许运维人员在其中进行设备的故障检测及

解决流程,此举将提升他们在面对突发情况时的适应能力和手头的实际操作技能。针对运维人员的岗位及技能多样性,培训课程应进行分层次规划,确保培训内容与员工职业成长相匹配。

为了增强培训的成效,构建一个高效的反馈系统是关键。培训结束后,定期对运维人员进行考核与评估,并收集其反馈,以掌握培训内容的有效性与适用性,进而持续改进培训计划。该机制不仅有助于推动培训素材的不断完善,而且能提升运维人员在工作中的主动性与担当,从而激发他们积极进取。在新技术培训过程中,部分从事运维工作的员工接受程度相对较低,这可能会对培训成果产生不利影响。在运维人员的专业提升过程中,应当重点促使学习热情与主动性的提升,同时打造一个积极向上的学习环境<sup>[8]</sup>。

#### 5 结束语

综上所述,特高压换流变电站的运维策略研究与实践涵盖了人员培训、智能化监控、预防性维护以及应急响应等多个方面。通过系统化的管理和科学的运维策略,不仅提高了设备的运行效率和安全性,还为电力行业的可持续发展奠定了坚实基础。在未来,随着技术的不断进步和电力需求的变化,运维策略的研究将继续深入,以应对更加复杂的电力系统挑战,推动电力行业的创新与发展。

#### [参考文献]

- [1] 吕丹. 变电站运维管理中智能巡检机器人的应用技术及效果[J]. 家电维修, 2024(10): 104-106.
  - [2] 杜泽鸿. 电力系统中智能变电站继电保护技术分析[J]. 智能建筑与智慧城市, 2024(9): 153-155.
  - [3] 曾诗杰. 基于大数据技术的变电站智能运维系统研究[J]. 电气技术与经济, 2024(9): 90-92.
  - [4] 罗程程. 智慧变电站防误闭锁装置远程控制方法分析[J]. 通讯世界, 2024, 31(4): 103-105.
  - [5] 王霞丽. 基于巡检机器人的变电站安全运维系统设计与实现[J]. 技术与市场, 2024, 31(4): 89-92.
  - [6] 刘希峰. SD 电力公司超特高压变电站运检一体化管理模式优化研究[D]. 西安: 西安理工大学, 2020.
  - [7] 陈婧. 智慧变电站三维可视化系统设计与优化[D]. 成都: 电子科技大学, 2024.
  - [8] 刘键铭, 吴传鑫, 任宝森. 5G 技术在特高压变电站运维中的应用研究[J]. 中华纸业, 2023, 44(23): 61-63.
- 作者简介: 张文龙(2000.2—), 男, 河南省焦作市人, 汉族, 本科生, 就职于国网河南直流中心, 从事特高压换流变电站运维工作; 董云鸽(1999.12—), 女, 河南省焦作市人, 汉族, 本科生, 就职于国网郑州供电公司, 从事配电运检工作。