

变电站变压器的运行管理与维护策略研究

张晨

国网宁阳县供电公司, 山东 泰安 271400

DOI: 10.61369/SSSD.2025190021

摘要：在变电站的电力系统内，变压器属于核心设备之一，其安全稳定运行直接影响到电网可靠性与供电质量。随着社会经济的发展，我国电力需求不断增长，电网规模的扩大，变压器运行面临环境侵蚀、负荷波动等挑战，需要采取科学管理和维护对策。本文从变电站变压器的角度出发，分析了管理与维护的重要性，并提出具体的实践策略，旨在根据实践经验，分析具体的实施路径和保障对策，切实提升变压器运维效果，确保电力系统的安全稳定运行。

关键词：变电站；变压器；运行管理；维护策略

Research on Operation Management and Maintenance Strategies of Substation Transformers

Zhang Chen

State Grid Ningyang County Power Supply Company, Taian, Shandong 271400

Abstract : In the power system of substations, transformers are one of the core equipment, and their safe and stable operation directly affects the reliability of the power grid and the quality of power supply. With the development of social economy, China's power demand continues to grow and the power grid scale expands. Transformers are facing challenges such as environmental erosion and load fluctuations during operation, making it necessary to adopt scientific management and maintenance countermeasures. From the perspective of substation transformers, this paper analyzes the importance of operation management and maintenance, and proposes specific practical strategies. Based on practical experience, it explores the specific implementation paths and guarantee measures, aiming to effectively improve the operation and maintenance effect of transformers and ensure the safe and stable operation of the power system.

Keywords : substations; transformers; operation management; maintenance strategies; power grid reliability; safe operation

引言

变压器属于电力系统内达成电压转化、电能传输的重要设备之一，属于电网的核心。随着新能源大规模并网、高压电网的建设等趋势，电网运行特点更为复杂，变压器面临负荷峰谷差扩大、极端气候影响等新问题，相关设备故障率显著上升。传统的变压器运维模式往往将定期检修作为主体，面临“过修”“失修”风险，很难满足现代电网需求。国家发改委明确提出了加快电力设备的智能化运维，切实提升电网的安全保障效果，为变压器运行管理、维护指明正确方向。基于此，探究科学运行管理和维护策略，有助于保障电力系统的安全稳定运行。

一、变电站变压器的运行管理与维护的重要性

(一) 保障电力系统安全稳定运行

在电网能力转换、传输环节，变压器属于核心内容，其故障的出现，容易带来大面积停电。如变压器由于出现绝缘油色谱异常，如果没有及时的处理异常，容易带来绕组短路，继而带来较大的损坏，直接造成企业的经济损失^[1]。其中通过建设良好的管理制度和检测体系，能够提前的识别设备出现的隐患，避免出现恶

性事件，确保电网全流程的连续性。

(二) 延长设备使用寿命，降低全生命周期成本

变压器造价高昂，且更换周期长。科学的维护策略可减少绝缘老化、局部过热、机械振动等损伤累积，延缓设备性能衰退^[2]。研究表明，实施预测性维护可使变压器寿命延长5–8年，全生命周期成本降低15%–20%，显著提升投资效益。

(三) 提升供电可靠性与服务质量

随着社会经济的发展，对于电力提出了更为严格的依赖程

度，用户对于供电的可靠性要求发生了明显转变，由停电可接受转型为零感知停电。变压器的故障容易造成非计划停运，继而影响到供电可靠性^[3]。通过开展状态监测、故障修复的活动，能够有效缩短变压器的平均修复实践，切实降低用户停电感知，营造良好的营商环境。

（四）适应新型电力系统发展需求

新型电力系统将新能源作为主要的构成组成，其蕴含显著特点，即高比例可再生能源接入、高比例电力电子设备应用。其中系统结构的改变，造成电网运行环节内电压波动现象的频繁出现，同时出现了突出的谐波污染问题，继而造成变压器等电力设备工作环境日益复杂与严苛^[4]。基于此，传统设备的运维方式，很难满足新型的电网动态转变、非线性特点明显的运行状况。通过智能化检测手段的应用，借助先进维护对策，采取实时感知、数据分析与自适应调控，切实提高电力设备应对不同场景的适应性、可靠性。其不仅有助于确保电网的安全平稳运行，还有助于提高系统对于新能源的大规模消纳水平，为电网达成灵活调节和优化运行提供切实保障。

二、变电站变压器的运行管理与维护策略

（一）建立变压器运行管理制度

在变电站变压器的运行中，制度属于规范行为的基础，需要涵盖全生命周期管理，构建权责分明、持续优化的管理体系。第一，重视运维标准体系的建设，清晰划分操作规范。企业可以结合《电力变压器运行规程》等标准，并根据变压器的设备型号、运行状况，制作差异的运维细则^[5]。可以组织日常巡检活动，针对油浸式变压器，需要定期检查油温、油位等状况，而干式变压器可以每周检测绕组温度和环境湿度。同时，开展定期试验活动，重视油色谱的分析，并开展绝缘电阻测试、局部放电检测等活动。另外，特殊巡视活动的开展，面对雷雨、寒潮等天气，可以制定专项检查清单。第二，积极搭建分级管控机制，重视主体责任的落实。其中设备主人制的开展，可以将每台变压器对应具体运维人员，清晰划分巡检、数据记录。积极建设“班组-工区-调度”响应机制，其中班组需负责日常监测和处置，工区可以统筹设备重大缺陷，而调度部门可以协调停电计划，真正做到及时解决问题^[6]。第三，完善应急预案，提升应急处置能力。面对变压器出现的常见故障，如差动保护跳闸、冷却系统失效等，可以进行专项应急预案的绘制，有效绘制处置流程、物资储备。定期组织实战训练，判断预案的可行性，切实提高运维人员的应急处理能力^[7]。第四，推进数字化管理，实现台账与数据集成。企业可以结合变压器设备，建设全生命周期的电子台账，整理各种数据，如出厂参数、安装调试数据等。同时，生产管理系统的应用，有助于借助试验报告、缺陷信息录入和分析，自动化生成趋势曲线，为企业后续的管理决策带来数据保障。

（二）状态监测与预测性维护

为了实时的采集变压器设备运行参数，可以借助状态监测的方式，客观合理的判断设备监控情况。预测性维护的开展，可以

将监测数据预测作为载体，判断可能出现的故障，采取良好的干预计划，为现代变压器正确运维提供切实保障^[8]。第一，构建多维度状态监测体系。企业可以进行各种数据的整合，如电气量、环境量，并建设“五位一体”的监测网络。其中，面对电气量监测，可以采取电压互感器（PT）、电流互感器（CT）进行数据的实时采集活动，如电压、电流、频率等，并计算出负载率和三相不平衡度。而油中溶解气体分析（DGA），主要可以借助在线色谱仪对不同气体浓度进行监测，如氢气、甲烷、乙炔等，灵活判断绝缘老化等故障类型。同时，开展局部放电监测，灵活使用高频传感器、超声波探测器等，把握局部的放电信号，定位绝缘出现的缺陷位置。温度监测，在绕组、铁芯、顶层油处布置光纤测温探头，实时监控热点温度。环境与振动监测，监测油温、冷却介质流量、油箱振动频谱，评估冷却系统效率与机械稳定性。

第二，应用智能算法实现故障预测。重视机器学习、大数据分析技术的融入，积极建设设备健康评估模型。其中可以采取阈值预警，设置良好的气体浓度、温度、振动的报警阈值，当出现异常情况时，进行实时报警活动。而趋势预测的开展，可以将历史数据训练LSTM神经网络模型作为基础，灵活判断油中气体增长率、热点温度的发展情况，提前预警潜在问题。而寿命评估，可以借助方程与热老化模型，灵活判断绝缘的剩余寿命，为制定检修计划奠定基础。

第三，实施差异化预测性维护策略。企业可以将设备健康状态作为根据，进行不同层级的划分，即正常-注意-异常-严重，分配差异化的维护对策。其中面对正常状态，可以进行常规的巡检活动，定期实施全方位试验活动^[9]。针对注意状态，需要大幅缩短监测的周期，积极实施红外热成像检测活动，排查可能出现的接触不良问题。而面对异常状态，需要重视降负荷运行的达成，采取吊芯检查或油处理，实现局部缺陷的消除。此外，如果进入严重状态，企业需采取紧急停电的措施，进行大修或更换部件，避免故障扩大。

（三）故障诊断与修复

故障诊断的开展，有助于快速的定位问题，判断其出现的根源，其修复往往需要兼顾安全性、经济性，从而在最大限度上帮助设备恢复性能。第一，常见故障类型与诊断方法。一方面，绝缘故障，主要表现为油中乙炔含量突增、介损值超标，可通过DGA分析、介质损耗因数测试、绝缘电阻测量诊断，必要时进行局部放电定位。过热故障，其特点表现为顶层油温异常升高、油中CO/CO₂比值增大，可以借助红外热成像、光纤测温等，灵活进行热点定位，适当结合负载历史，分析过载、冷却失效^[10]。机械故障，可以借助绕组变形、铁芯松动，灵活使用频率响应分析法（FRA）、振动频谱分析诊断，灵活对绕组电感和电容参数变化进行检验。而针对冷却系统的故障，主要表现出油温持续高于限值、冷却器风扇停转等问题，灵活判断电源回路，控制逻辑与风机运行状态。

第二，标准化修复流程。需要设置合理的流程，并严格执行，即“停电-验电-放电-挂牌-检修-试验-投运”。故障隔离阶段，可以切断变压器的各侧断路器，拉开隔离开关，验

明无电压后装设接地线。缺陷处理阶段，能够结合诊断结果，适当更好损坏的部件，并进行绝缘修复与冷却器管路的清洗。试验验证阶段，可以在检修活动之后，采取变比测试、耐压试验等活动，保障各项指标的合格，确保设备的正常运行。记录归档阶段，详细记录故障现象、处理过程、更换部件型号与试验结果，更新设备台账。

第三，新技术在修复中的应用。机器人检修环节，企业可以借助防爆机器人，使其进入变压器内部，进行清理油污、检查绕组等活动，切实缓解人工操作面临风险。不停电检修阶段，可以了解轻微的渗油点，借助新型密封胶带进行临时封堵活动，适当根据在线滤油技术控制油质，争取在负荷低谷期完成彻底处理。企业还需要借助状态检修替代定期检修，面对状态优质的变压器，可以取消不必要的检查，切实减少停电时间和检修的成本。

第四，修复效果评估与持续改进。在设备投运智慧，可以密

切监测各种关键参数，保障数据无异常。在每月定期开展故障分析活动，判断原因和处置经验，采取良好的运维策略，提升变压器设备运行成效。

三、结束语

综上所述，为了确保电力系统的安全稳定运行，变电站需要重视变压器的运行管理和维护工作。针对新型电力系统的挑战，可以从制度建设、故障处置等方面出发，进行协同管理。通过建设良好的运行管理制度，清晰划分责任，并规范具体流程，真正取得防患于未然的效果。随着人工智能、物联网等技术的应用，变压器运行朝向自主维护、智能决策等方向发展。电力企业需要增加技术研发和人才培养，促进运维模式的转型，建设安全、高效的现代化能源体系。

参考文献

- [1] 应蕾.变电站变压器运行状态评价模型及实例分析 [J].中国新技术新产品,2024,(09):48-50.DOI:10.13612/j.cnki.cntp.2024.09.040.
- [2] 侯跃达,臧龙云,姜国星,等.风电网变电站变压器运行与维护分析 [J].中国设备工程,2024,(S1):96-98.
- [3] 高朝辉.220kV变电站变压器运行和继电保护配置分析 [J].中国设备工程,2023,(24):203-205.
- [4] 周萍,周英,塞亚玲,等.非平衡样本下变电站变压器运行扰动诊断研究 [J].制造业自动化,2021,43(12):174-177.
- [5] 马力.变电站变压器运行状态在线监测系统研究与设计 [D].沈阳工业大学,2021.DOI:10.27322/d.cnki.gsgyu.2021.000229.
- [6] 朱夏乐.110kV变电站运行管理要点探讨 [J].大众标准化,2021,(06):46-48.
- [7] 查辉.变电站变压器的运行维护分析 [J].电子技术,2021,50(01):150-151.
- [8] 程殿全.企业电网变电运行管理中风险点及防范措施 [J].电气时代,2020,(08):47-48.
- [9] 郭骏彦.常用变电站变压器的安装及维护保养技术分析 [J].矿业装备,2020,(03):144-145.
- [10] 崔兴伟.变电站变压器运行状态评价模型及实例分析——以某工业企业为例 [J].现代工业经济和信息化,2024, 14 (07): 272-274.