

变电站设备老化对电力系统稳定性影响及运维策略

● 苏宁 马娜



[摘要] 变电站作为电力传输的核心节点,其设备的老化在一定程度上威胁着电网稳定与可靠,其老化主要体现在绝缘材料、机械部件及电子元件等方面,导致故障率变高,影响供电质量与连续性。基于此,本文通过探讨变电站设备运维管理,提出其需注重预防性维护,依据状态监测技术实时评估设备健康,并运用数据驱动法优化检修计划以延长设备寿命。同时,提升设备自动化水平也可快速应对潜在问题,降低老化风险,从而为电力系统稳定运行筑牢根基,确保电力传输高效顺畅无虞。

[关键词] 变电站设备;老化影响;稳定性;预防性维护;状态监测

电力系统的稳定仰仗变电站组件的有效运行,但随着使用年限的递增,变电站关键设备老化,从而影响电力输送并增加了企业成本。基于此,对变电站设备进行科学运维有着关键作用,通过引入先进监测与数据分析技术,可精准预测老化状况并制定维护方案。以此,既能提升设备可靠性,延长其使用寿命,又为系统的稳定运行筑牢了根基,由此可见,有效运维是应对设备老化、维持电力网络整体性能的核心所在。

Q 变电站设备老化现象及其对电力系统稳定性的影响分析

(一) 变电站关键设备的老化特征与表现形式

变电站关键设备老化会影响电力传输系统,导致变压器绝缘受电压与温度影响劣化,绝缘性能下滑,短路风险攀升;断路器机械部件因频繁操作,使得磨损严重,开断能力受损;隔离开关操作机构会因润滑失效或金属疲劳而卡滞。老化特征不仅存在物理形态改变,电气参数如电阻增大、电容减小等也有体现。因此,精准判别老化迹象需依靠定期检查与在线监测技术,及时发现并处理潜在问题,从而保障电力传输稳定安全,降低故障发生概率,减少对用户供电的影响,维护电力系统的正常运转秩序。

(二) 老化设备影响电力传输效率和系统可靠性

设备老化对于电力传输效率,以及系统可靠性方面的负面效应显著。例如,当变压器的冷却系统效能有所降低,便会随时产生过热情形,导致设备的负载能力遭到削减,电

力输送量也会相应受限。同时,处于老化状态的断路器还可能在故障发生的瞬间无法快速将电流切断,这种情形不但会使停电可能性增大,还可能導致事故范围进一步扩大。此外,若隔离开关无法正常运转,电网重构的速率也会受到影响,使得其应对突发状况的能力降低。诸如此类问题逐渐累积后,会导致整个电力系统的运行稳定性遭到破坏,甚至可能诱发连锁反应,进而引发更大范围的供电中断状况。

(三) 案例研究展示老化问题带来的具体挑战

以某特定地区的一座老旧变电站为例,其在夏季用电高峰时段,由于变压器内部绝缘油质变差,散热功能不佳,最终导致局部过热故障发生。此次事件不但使得该区域出现大面积停电状况,而且将维护工作存在的问题暴露无遗。无独有偶,在另一座变电站中,断路器因多年未曾更新,在遭遇一次雷击后未能正确执行动作指令,致使多条线路受损,维修成本增加。这些实际案例凸显了变电站设备预防性维护工作的重要价值,以及及时更新老旧设备对规避重大损失所起到的关键效用,通过对这类案例深入剖析,能够更为透彻地理解设备老化所带来的种种挑战,并为后续的运维工作提供具有价值的经验。

Q 基于状态监测的预防性维护策略在变电站的应用

(一) 利用先进传感技术进行实时健康状况评估

在变电站中,部署前沿的传感技术能够达成对关键设备的实时监测与健康状态评定。智能传感器具备连续监测变压器油温、湿度及气体成分能力,此类数据能够直接反映设

备内部的作业环境，以及绝缘材料的老化程度。装配位置传感器与电流互感器可捕捉操作机构的动作特质及电流波形的变动情形，为判定机械部件的磨损状况提供依据。非侵入式超声波检测技术被用于查验隔离开关的操作连杆是否存在裂缝或松动状况，其凭借整合多种类型的传感器，构建了一个完备的数据采集网络，以此不但加速了故障诊断进程且提升了其精准度，使得早期预警成为可能，从而切实有效地防范潜在问题的出现。

（二）数据分析预测设备性能衰退趋势

运用数据分析手段来预估变电站设备的性能衰退趋向是保障系统稳定性的核心举措。在现代电力系统里，源自传感器及其他监测设备的海量数据被采集汇总，经清洗、整理工序后，借助机器学习算法予以深度剖析。借由对历史数据的趋势探究，能够甄别出设备性能伴随时间推移而产生的规律，并预测未来的衰退样式。基于时间序列分析模型，可估算变压器绝缘电阻下滑的速率。运用回归分析则有助于洞悉断路器接触电阻递增的走向，同时结合故障树分析，能够从多元视角评估设备的可靠性，预先察觉可能诱发故障的要素，进而实施针对性举措以延缓老化进程，提升系统的整体安全性。

（三）制定个性化检修计划以优化资源配置

为使资源利用效率达到最大化并延长设备的使用寿命，可以依据设备的真实健康状况拟定个性化的检修规划，通过全面考量设备的过往运行数据、当下监测结果，以及预期工作负荷，可为每台设备设计出最为适宜的维护策略。针对那些处于高风险状态但尚未触及更换标准的变压器，可选择性地开展部分组件修复作业或强化冷却举措。对频繁呈现异常信号的断路器，除常规检查外，还可安排动态特性测试，以便更为深入地探知其工作状态，同时，引入多目标优化算法，确保安全的前提下，探寻成本最低、影响最小的检修方案。

Q 提升自动化水平以增强应对设备老化的快速反应能力

（一）自动化系统在故障检测和预警中的应用

在变电站的运行体系中，自动化系统承担着极为关键的职能，特别是在故障的检测与预警方面表现突出。借助智能传感器与先进监控设备的集成化运用，自动化系统能够实时采集并深度剖析源自变压器、断路器等核心组件的数据信息。当电流互感器监测到电流出现异常波动状况时，自动化系统会即刻启动警报制度，并将关联信息传输至运维中心。基于规则构建而成的专家系统能够依据预先设定的条件自动甄别潜在问题，如绝缘油质的变动情形或者温度超出标准范围的状况等，在运用机器学习算法对历史数据加以训练后，自动化系统能够对未来可能产生的故障模式予以预

测，进而提供前置性的预警信息。

（二）智能控制系统对提升运维效率的作用

智能控制系统凭借对高级算法与技术的引入，显著提升了变电站运维工作的效率。该系统具备自动调节设备参数从而实现运行状态优化的能力，例如，在负载发生变化时能够动态调整变压器的分接头所处位置，以保障电压的稳定性。智能控制系统支持远程操控功能，技术人员无需亲赴现场即可完成开关操作，以及参数设定等多项任务，这种远程控制的能力显著缩减了响应时长，降低了人力成本的消耗。智能控制系统还可进行自动化巡检任务，借助机器人或无人机定期对设备外观及其周边环境展开检查，以便及时察觉物理性损伤或安全隐患因素。

（三）自动化技术促进电力系统稳定性的实践方法

自动化技术的运用为维持电力系统稳定性提供了诸多有效的实践路径。在实际应用场景中，自动化系统能够对电网频率与电压水平进行实时监控，并自动施行负荷平衡策略，以防止局部过载现象的出现。在分布式电源接入的情形下，自动化技术能够对不同来源的能量流予以协调，以确保电力供应具备质量与连续性。同时，自动化系统还拥有快速恢复的功能特性，在故障发生时能够快速隔离受影响的区域，避免故障的蔓延扩散，并借助备用路径重新分配电力资源。此外，为有效应对极端天气或其他突发状况，自动化系统能够预先设定应急处置预案，一旦特定条件被触发便自动启动相应举措，保障电力系统能够安全稳定地运行。

Q 构建数据驱动的长期运维管理体系

（一）整合多源数据支持决策制定的过程探讨

变电站运维管理的范畴内，对不同源头的的数据予以整合，可以为精准决策提供重要支撑。多源数据涵盖了实时监控系统中的传感器读数、历史维护记录、天气预报资讯，以及电力市场动态等要素。借助构建一个统一的数据平台，能够对这些分散的数据实施标准化处理及关联分析操作，通过将变压器的温度监测数据与环境温度的变化趋向相结合，能够更为精准地评定设备的热应力层级。运用大数据技术与机器学习算法，可从海量的历史数据中挖掘出潜藏的模式，助力早期故障迹象的甄别。为切实保障数据的有效性与可靠性，尚需推行严格的质量管控流程，如异常值检测与数据清洗等环节。历经综合分析后所获取的成果能够径直转化为具体的行动提议，为运维人员实施适宜的预防措施，或者优化运行策略给予指引。

（二）建立综合评价体系衡量维护效果

构建一个完备且科学的综合评价体系，是衡量变电站维护成效的关键途径。此体系应涵盖多个层面，包括设备性能指标、成本效益剖析、安全风险评定及对环境影响的考量

维度。就设备性能而言,可设定平均无故障时间与修复时间等关键绩效指标,来对设备的健康状况予以量化呈现。在成本效益方面,则需考量维护活动所带来的直接费用节省,以及间接经济效益,例如,减少停电所造成的损失情形。安全风险评定旨在识别并降低潜在的安全隐患,以保障操作人员及公众的安全。鉴于对环境保护的需求,还需评定维护进程中所运用的材料与技术对环境所产生的影响,周期性地更新与调适评价准则,能够使该体系更为契合实际需求的变动状况,为维护工作的持续改进给予强劲的支撑力量。

(三)实施长期运维管理方案的具体步骤

首先,开展全面的风险评估,识别变电站内部所有的关键设备,以及它们可能遭遇的老化问题,并据此确定优先处理的次序。其次,依据风险评估的结果,拟定详尽的维护规划,清晰界定每项任务的时间安排表、所需资源,以及预期达成的目标。再次,为保障计划执行的品质,应引入严格的监督制度,定期查验各项工作的推进进程与完成状况,并构建高效的沟通渠道,确保各部门间的信息能够顺畅流通,促进协同合作的达成。最后,运用数据分析工具持续追踪设备的状态变动情形,及时调适维护策略,以应对新产生的问题或者挑战。这套闭环管理模式有助于持续优化运维流程,提升整体的效率层级,保障电力系统的稳定运行。

Q 提高运维团队技能与工具配备管理

(一)培训专业人员掌握最新技术

在变电站运维管理领域,运维团队持续更新自身技能与知识体系是提高团队素质的关键。技术人员借助参与行业研讨会、研习在线课程,以及投身技术认证项目等途径,可紧密贴合电力系统的前沿发展趋向。针对智能电网与自动化技术所开展的专项培训,能够使员工深度熟悉先进的监控系统及数据分析方法论。定期组织内部工作坊,并互相关分享实际操作过程中的经验心得与深刻教训,可以保障团队成员能够透彻理解并切实应用设备。通过模拟演练关键环节,可以助力技术人员提升应对突发事件的本领,进而有效提升在真实场景中的反应速率与问题解决效能。

(二)引入高效工具和技术

为切实提升变电站运维工作的精准程度,可引入高效能的工具与技术。通过采用高精度传感器与智能仪表,能够对设备的状态进行实时监测,以提供更为精确的数据支撑依

据。运用无人机执行外部巡检任务,不但削减了人工巡检所附带的风险隐患,还可摄取到那些难以抵达区域的详尽图像信息。引入基于云计算的管理平台,并对各类监测数据进行整合集成,能够为决策流程构筑起科学的根基。借助增强现实技术进行复杂维修任务并予以指导,使得现场操作更具直观性与精确性。这些先进工具与技术的实际应用,显著增进了工作效率与精准度,降低了因人为失误而引发的风险系数。

(三)加强跨部门协作

构建一个集成化的信息管理系统,能够打破部门间的隔阂壁垒,推动信息的即时共享与交流。借助统一的数字平台,各部门能够实时查阅最新设备的状态报告及维护记录,从而有效规避重复操作与信息滞后现象。定期举办跨部门会议,针对难题展开深入研讨,并制定解决方案,设立专门的协调小组,专职负责监督不同部门间的合作推进状况,确保资源得以合理分配与充分运用。

Q 结束语

在变电站运维管理里,培训专业人员、引入高效工具技术,以及加强跨部门协作对其意义重大。人员培训使其掌握新技术与实践,以应对运维挑战;先进监测设备与数据分析则助力准确把握设备状态,并开展预防性维护;跨部门合作保障资源优化配置与快速响应,三者协同,不仅可延长变电站设备寿命,还可提升电力传输效率,从而为电力系统的稳定运行提供坚实的支撑。

参考文献

- [1]李森.变电站设备的电气调试与优化管理方法[J].智能城市,2023,9(12):58-60.
- [2]苗淞,孔祥政.变电站设备驱动装置的研发与应用展望[J].电动工具,2022(05):15-18.
- [3]林逸伦,潘光辉,张琦,等.变电站设备引流线快速定长装置的研制[J].电工技术,2022(18):110-112.

作者简介:

苏宁(1991—),男,汉族,宁夏银川人,本科,工程师,内蒙古电力(集团)有限责任公司乌海超高压供电分公司,研究方向:变电运维。

马娜(1992—),女,汉族,宁夏石嘴山人,本科,工程师,内蒙古电力(集团)有限责任公司乌海超高压供电分公司,研究方向:变电检修、电力工程经营管理。