

电力设备可靠性检修维护模式及其实践

刘华健, 吕 静, 赵小宁, 谢正青

(国网安徽省电力有限公司霍邱县供电公司, 安徽 六安 237400)

摘 要 系统阐述了电力设备可靠性检修维护工作的重要意义, 着重强调了其对确保电力系统安全稳定运行的关键作用, 在深入剖析传统检修维护模式及其固有缺陷的基础上重点介绍了以可靠性为中心的检修 (RCM) 模式与状态检修模式的理论框架。本文结合电力变压器、电力电缆及高压开关柜等典型电力设备的实际维护案例, 详细论述了各类设备的检修技术要点与具体实施方案, 旨在为电力设备可靠性维护工作提供参考, 从而有效提升电力系统的运行可靠性与稳定性水平。

关键词 电力设备; 可靠性; 检修维护

中图分类号: TM7

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2025.21.022

0 引言

电力设备作为电力系统的关键组成部分, 其稳定运行对于保证电力供应的稳定以及安全有着极为关键的意义。随着电力行业持续向前发展, 针对电力设备的检修维护提出了更高的标准, 传统的检修维护方式渐渐显露出许多问题, 已经无法满足现代电力系统运行的要求。基于此, 探讨电力设备可靠性检修维护模式并且开展实践方面的研究, 成为保障电力系统高效运行的重点^[1]。

1 电力设备可靠性检修维护的意义

1.1 保障电力系统稳定运行

在当代社会, 电力已成为支撑经济运行以及民众生活的基础性能源, 电力系统的稳定运作对于社会的正常秩序有着直接的关联。电力设备在长时间运行期间, 会受到多种因素的作用, 如环境的侵蚀、设备的老化以及过载运行等, 这些因素均有可能致使设备出现故障, 一旦关键的电力设备出现故障, 便可能引发局部乃至大面积的停电事故, 给工业生产、商业运营以及居民生活造成巨大的损失^[2]。定期针对电力设备开展可靠性检修维护工作, 可及时察觉到设备存在的隐患, 提前着手采取措施给予处理, 保证设备始终处于良好的运行状态, 有效防止因设备故障引发的停电事故, 保障电力系统的稳定供电, 为社会的正常运转提供坚实的电力保障^[3]。

1.2 推动电力行业可持续发展

社会对电力的需求持续增加, 同时对环境保护的要求也越来越高。在此背景下, 电力行业面临着双重挑战, 要提高能源利用效率, 又要降低环境污染。可

靠性检修维护可依靠精准维护电力设备以及进行优化调整, 提升设备运行效率, 减少能源浪费, 而且及时发现并处理设备故障, 能避免因设备损坏引发能源泄漏以及环境污染问题。另外, 科学的检修维护策略还可以延长电力设备使用寿命, 降低设备更新换代频率, 减少对自然资源的消耗, 满足电力行业可持续发展需求^[4]。可靠性检修维护对于提升电力企业的社会形象有着关键意义, 稳定的电力供应是社会正常运转的根基, 减少因设备故障引发的停电事故, 可使民众对电力企业产生更高的信任程度以及满意度, 在当下竞争激烈的电力市场环境中, 良好的社会形象可为企业争取到更多的合作机会以及政策支持。可靠性的提升还可为经济社会的发展提供坚实可靠的电力保障, 实现企业与社会的双赢局面。

1.3 降低电力运营成本

尽管可靠性检修维护需投入一定人力、物力以及财力, 然而从长远角度而言, 其可切实降低电力运营成本。一方面, 借助预防性维护可避免设备突发故障所引发的紧急抢修费用与停电损失; 另一方面, 合理延长设备使用寿命可减少设备购置及更换的成本, 可靠性检修维护还可提高设备运行效率, 减少能源消耗, 降低电力生产成本, 提升电力企业的经济效益与市场竞争力^[5]。

2 传统检修维护模式及其局限性

传统电力设备检修维护模式主要有定期检修以及事故检修两种。定期检修是依照检修规程、制度以及标准, 预先确定一个固定的时间间隔来开展定期检修工作, 在这样的模式中, 不管设备实际的运行状况如何,

都会依照预先设定好的时间间隔去实施全面检查以及维护工作,例如:电力设备每 4 年至 6 年就需要进行一次大修,其时限为 50 天至 80 天,每两年都要进行一次小修,小修的时限是 10 天至 12 天。这种检修方式在一定程度上可保证设备的完好率,不过也存在着较为十分突出的局限性。

定期检修若不考虑设备实际运行状态以及故障历史情况,便会出现过度检修或者检修不足的状况,就一些运行状况良好且故障风险较低的设备而言,过度检修耗费了大量人力、物力以及财力,还可能因设备频繁拆装而引发新的故障隐患,然而对于一些已出现潜在故障的设备,定期检修可能无法及时察觉并处理,致使故障扩大,对电力系统正常运行产生影响。定期检修的检修周期一般是依据实践经验和相关统计资料来确定的,带有一定的主观性与滞后性,随着电力设备技术持续发展以及运行环境发生变化,原有的检修周期已不再适用,难以满足设备可靠性检修维护的需求。

事故检修则是在电力设备出现影响设备正常运行的故障后才进行检修维护。这种被动的检修方式通常需要付出很大的代价,不仅会导致设备损坏、停电事故等直接经济损失,还可能对电力系统的安全稳定运行造成严重影响。例如:当关键电力设备发生故障时,可能引发局部甚至大面积的停电事故,给工业生产、商业运营以及居民生活带来巨大的损失^[6]。

3 电力设备可靠性检修维护模式

3.1 以可靠性为中心的检修(RCM)模式

以可靠性为中心的检修(RCM)模式是一种先进的电力设备检修维护模式,它强调以设备的可靠性为中心,根据设备的可靠性状况,以最少的维修费用来制定维修内容、类型、级别和维修间隔期,尽可能保持、恢复设备的固有可用性^[7]。RCM 模式重点在于对设备进行全面可靠性分析与评估,明确设备故障模式、故障后果以及故障发生概率,接着依据这些信息制定科学合理的检修策略,与传统检修维护模式相较,RCM 模式能依照设备实际运行状况与可靠性需求,制定个性化检修计划,避免了过度检修与检修不足的情况。依靠分析设备故障模式和故障后果,能确定哪些设备需重点检修,哪些设备可采用较简单维护方式,提升检修效率与质量,RCM 模式注重以最少维修费用维持和恢复设备固有可靠性,借助优化检修策略,减少不必要检修项目与检修次数,降低维修成本,因能及时发觉和处理设备潜在故障,避免故障扩大造成经济损失,提高了经济效益。RCM 模式可有效提升电力设备可靠性,减少设备故障发生,降低停电事故概率,提高供电可

靠性。凭借对设备进行定期可靠性评估与检修维护,能及时发现设备潜在故障隐患,并采取相应措施处理,保证设备一直处于良好运行状态^[8]。

在实际应用中,RCM 模式要构建完备的设备可靠性数据库以及分析模型,针对设备的运行数据展开实时监测与分析工作;培育专业的检修维护人员,提升他们对 RCM 模式的理解以及应用能力,例如:江苏公司承办的数字化 RCM 变电技术论坛重点关注 RCM 理论应用与创新实践,推动电力设备检修模式的转型变革。国家能源局 RCM 试点项目的 8 家承担单位分享了 RCM 实践经验和典型做法,在变压器组部件故障模式分析、失效风险和后果评估、检修策略逻辑决断等方面收获了良好的成效,设备隐患预警能力得到较大提高、检修理念升级转变、检修效率得到有效提升。

3.2 状态检修模式

状态检修模式是随着电力监测技术不断发展而逐渐兴起的一种较为先进的检修维护方式。这种模式借助实时监测设备运行时的各项状态,如温度、振动、电流以及电压等参数情况,以此对设备的健康状况给予评估,依据设备的实际状态来判定是否需要展开检修,以及明确检修的具体内容和相应时间。状态检修模式可实时获取设备运行状态信息,及时察觉设备潜在故障隐患,借助对设备运行数据展开连续监测与分析,可把握设备健康状况变化趋势,提前预估设备可能出现的故障,并采取对应措施加以处理,状态检修模式能依据设备实际状态制定精准检修计划,避免了传统检修维护模式存在的盲目性。通过分析设备运行数据,可明确设备故障类型、故障位置以及故障程度,制定针对性检修方案,提升检修效率与质量,状态检修模式能减少不必要的检修项目及检修次数,降低维修成本,因可依据设备实际状态进行检修,避免了过度检修与检修不足的问题,延长了设备使用寿命,提高了可靠性,减少了因设备故障造成的经济损失。

为了推广和应用状态检修模式,电力企业需要加大对状态监测技术的研发投入,提高状态监测设备的精度和可靠性。同时,还需要建立完善的设备状态数据库和分析模型,对设备的运行数据进行深入分析和挖掘。此外,还需要加强对技术人员的培训和教育,提高其专业技能和综合素质。

4 电力设备检修维护实践

4.1 电力变压器检修维护实践

电力变压器作为电力系统的关键设备,其检修维护工作有着极高的关键性。在实际操作时,首先要对变压器展开全面的外观检查,包括变压器、套管以及

油位计等诸多部件,查看是否有渗漏油、油位异常以及套管破损等状况,例如:某220 kV变电站的35 kV站用变在一次停电试验期间,发现铁心绝缘电阻有所降低,经检查得知是变压器通风道里的灰尘未清扫彻底,清扫处理完毕后铁心绝缘电阻恢复到正常状态。这充分说明定期清扫变压器及其通风道,维持空气顺畅流通,对保障变压器正常运行起着关键作用。另外,还要对变压器的电气性能展开检测,如测量绕组的直流电阻、绝缘电阻以及介损等,借助数据分析来判定变压器是否存在内部故障隐患,在检修进程中,若发现变压器存在轻微故障,如局部过热、绝缘老化等,可采取针对性举措给予处理,如加强通风散热、更换老化绝缘部件等,以此延长变压器的使用期限,保障电力系统的稳定供电。

此外,对于变压器运行环境的监测与改善也不容忽视。周围环境湿度、温度过高都可能影响变压器性能,要安装温湿度监测装置,实时掌握数据。一旦发现环境异常,需及时采取除湿、降温等措施。同时,建立完善的变压器检修维护档案也十分必要,详细记录每次检修时间、内容、发现的问题及处理方式。这有助于分析变压器运行状态变化趋势,提前预判可能出现的故障。在日常运维中,还要加强对运维人员的培训,提升其专业技能与应急处理能力,确保变压器始终处于良好运行状态,为电力系统稳定运行筑牢根基。

4.2 电力电缆检修维护实践

电力电缆作为电力传输的关键通道,其检修维护工作对电力供应可靠性有着直接影响。在开展电力电缆的检修维护工作时,首要任务是做好日常的巡视检查工作,对于设有专人值班的变电所,每班都要对电缆进行检查,而对于无人值班的变电所,每周最少要进行一次检查,在如恶劣天气、电缆附近有施工等特殊情形下,还需要增加巡视的次数。巡视的内容涉及检查电缆外观有无破损、电缆头密封是否良好以及电缆沟内有无积水等方面,比如在一次巡视过程中发现一条电缆沟内存在积水,经过排查确定是电缆沟防水层破损所致,随后及时修复防水层并排除积水,防止了电缆因受潮而出现故障,还需要定期对电缆开展预防性试验,如绝缘电阻测试、直流耐压试验等,依据试验数据来评估电缆的绝缘状况。若发现电缆绝缘性能有所下降,就需要探寻原因,比如电缆是否存在机械损伤、是否受潮等,并且采取相应的修复举措,如对损伤部位进行修补、对受潮电缆进行干燥处理等。

4.3 高压柜检修维护实践

高压柜是电力系统中关键的控制以及保护设备,其检修维护工作对保障电力系统安全稳定运行意义重

大。在高压柜的日常维护工作中,需定期清扫柜内设备,清理灰尘与杂物,避免因灰尘积聚致使设备散热不佳或者引发短路故障,比如某变电站的10 kV高压开关柜因长时间未清扫,柜内积尘颇多,造成开关触头接触不良,引发设备故障。经清扫处理后,设备恢复正常运转。另外,还需对高压柜内的断路器、隔离开关等设备进行检查与调试,保证其动作灵活且可靠。在检修进程中,要严格依照操作规程实施停送电操作,保障检修人员的安全,针对高压柜的二次回路,要定期查看接线有无松动、元器件有无损坏等情况,及时察觉并处理潜在故障隐患。此外,还需对高压柜的运行环境进行监测与改善,如控制柜内温度、湿度,防止因环境因素致使设备故障,例如在高温环境中,要强化对高压柜的通风散热,防止设备因过热而损坏,通过定期的检修维护工作,可有效提升高压柜的可靠性以及使用寿命,保障电力系统安全稳定运行。

5 结束语

电力设备的可靠性检修维护工作对电力系统的稳定运行至关重要。传统的检修维护模式存在一定的局限性,相比之下,以可靠性为中心的RCM模式以及状态检修模式有着更为突出的优势,通过针对电力变压器、电力电缆、高压柜等各类设备所开展的检修维护实践可以证实这些模式的可行性以及有效性。在未来的发展过程中,需要持续对检修维护模式进行优化,大力加强技术创新以及实践应用,以提升电力设备的可靠性,为电力系统的安全稳定运行提供坚实的保障。

参考文献:

- [1] 顾乐涵,丁盛阳.高压电力设备检修中增强虚拟现实技术运用研究[J].电力设备管理,2025(04):11-13.
- [2] 张繁露,陈刚.电力设备可靠性检修维护模式及其实践[J].广播电视网络,2025,32(02):89-92.
- [3] 张帆.电力检修技术与电力施工技术在电力工程中的应用研究[J].光源与照明,2025(02):91-93.
- [4] 艾峰.智能变电站二次设备检修及预警方法研究[J].城市建筑空间,2024,31(S2):405-406.
- [5] 杨石林.智能在线监测技术在电力设备检修中的应用[J].电子技术,2024,53(12):168-169.
- [6] 李钢.新时期电力工程中的电力检修及电力施工技术[J].价值工程,2024,43(33):137-140.
- [7] 何洪亮,朱涛,徐敏,等.电网设备检修准时停复电管理技术及应用[J].云南电业,2024(05):31-37.
- [8] 张炜,王佳琳,张懿议,等.基于役龄回退分析的电力设备检修决策方法研究[J].电力工程技术,2020,39(04):201-206.