

电力设备全寿命周期运维检修策略研究

吕 静, 赵小宁, 谢正青, 刘华健

(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 本研究系统探讨了电力设备全寿命周期运维检修策略, 重点分析了该策略在确保电力系统可靠运行、提高电力企业经营效益以及促进行业可持续发展方面的重要作用。具体研究内容包括: 规划设计阶段的全寿命周期理念应用、运行阶段的状态监测与评估、检修策略的优化实施, 以及设备退役阶段的科学管理与资源再利用等方面, 旨在为电力设备运维检修工作提供理论参考, 进而保障电力系统安全稳定运行, 实现资源优化配置与行业可持续发展目标。

关键词 电力设备; 全寿命周期; 运维检修

中图分类号: TM7

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2025.24.021

0 引言

电力是保障现代社会正常运转的关键性能源, 保证其稳定供应极为关键。电力设备作为整个电力系统的核心组成部分, 其性能状况与运行状态直接影响电力供应的可靠性。传统的运维检修模式存在多方面的局限性, 已经难以契合现代电力系统不断发展的需求。基于此, 全寿命周期运维检修理念应运而生, 该理念贯穿电力设备从规划设计阶段一直到退役报废阶段的整个过程。对全寿命周期运维检修理念的策略展开深入研究, 可优化设备管理工作, 保障电力系统处于稳定运行状态, 提高经济效益, 推动电力行业实现可持续发展。

1 电力设备全寿命周期运维检修的重要性

1.1 保障电力系统稳定运行

电力设备全寿命周期的运维检修工作是保障电力持续供应的关键。电力设备在长期运行过程中, 会受到各类因素的影响, 如环境侵蚀、机械磨损以及电气老化等, 这些因素均有可能致使设备性能降低甚至出现故障, 借助实施全寿命周期运维检修, 可在设备规划时期就全面考量其运行环境与使用要求, 运用科学合理的设计及制造工艺, 从根源上提升设备的可靠性与耐久性。在设备运行阶段, 定期开展巡检、检测以及维护工作, 可及时察觉设备存在的隐患, 并采取对应措施给予处理, 防止故障发生及扩大, 比如针对变压器进行定期的油色谱分析与局部放电检测, 可提前发现绝缘老化、局部过热等问题, 及时安排检修工作, 避免变压器故障引发停电事故, 保障电力系统的稳定运行, 满足社会对电力的持续需求。

1.2 提升电力企业经济效益

传统运维检修模式一般着重于设备故障后的维修工作, 这种做法会使设备停机时间增多, 对电力供应产生影响, 还会让维修成本有所上升。全寿命周期运维检修则强调针对设备展开全过程管理, 通过合理的运维策略以及检修计划, 可优化设备运行状态, 延长设备使用期限, 减少设备更换频率, 降低设备购置成本。凭借精准的故障预测以及预防性维护, 可避免不必要的维修工作与设备损坏, 降低维修费用与停电损失, 比如运用状态监测技术对输电线路实施实时监测, 依据线路实际运行状况安排检修, 可避免过度检修与盲目检修, 提升检修效率, 降低运维成本, 为电力企业带来经济效益^[1]。

1.3 推动电力行业可持续发展

电力设备全寿命周期运维检修是实现资源节约以及环境保护的有效办法。在全寿命周期管理中, 对设备的运行与维护进行合理规划, 可提升设备的能源利用效率, 减少能源浪费情况。通过延长设备的使用寿命, 削减设备的报废以及更新数量, 可降低对原材料的需求, 减少资源消耗以及环境污染。在设备退役阶段, 对废旧设备开展科学的回收与处理, 可实现资源的再利用, 减少废弃物对环境造成的影响, 比如针对退役的变压器进行拆解与回收, 把其中的铜、铁等金属材料加以再加工利用, 可节约资源, 而且可以降低对环境的破坏, 契合可持续发展的要求, 推动电力行业朝着绿色、低碳方向转变。

2 电力设备全寿命周期运维检修策略

2.1 基于全寿命周期理念的规划与设计阶段策略

从技术角度而言,需全面考量设备运行环境以及使用要求,不同地区的气候状况、地理环境等对电力设备产生的影响存在较大差异,比如在沿海地区盐雾腐蚀会导致设备寿命缩短 30%,在规划设计时要针对此类特殊环境运用特殊防腐处理技术并选用耐腐蚀性能更佳的材料来延长设备使用寿命^[2]。同时要依据电网实际负荷需求以及发展规划合理确定设备容量和性能参数,若设备容量设计过小就无法满足不断增长的电力需求,使设备频繁过载运行,加速绝缘劣化;若容量设计过大则会造成资源浪费,增加初始投资成本。

工作人员需运用全寿命周期成本理念,针对设备的购置成本、运行成本、维护成本、故障成本以及退役处置成本等展开综合分析评估。在设备选型阶段,不应仅聚焦于设备的初始购置价格,而应全面考量设备于整个生命周期内的总成本,比如某些新型节能设备虽初始购置价格偏高,但其运行效率高且能耗低,在长期运行进程中能节省诸多电费与维护成本,从全寿命周期成本角度而言更具经济性。

在规划与设计阶段需要重视设备的标准化以及通用性,采用标准化的设计制造工艺,可提升设备的互换性与可维护性,减少备品备件的储备成本,并且有利于后续的运维检修工作。例如:在电网建设中,全面运用标准设计和典型造价,把标准设计完善至标准设备层级的 G4 层,在每项工程设计和评审流程中全面落实标准设计,保证标准设计和典型造价的应用率达到 100%,品类优化应用率达到 90%,如此便能提高工程建设的质量与效率,还可为后续的运维检修带来便利^[3]。

2.2 运行阶段的监测与状态评估策略

当下较为常用的状态监测技术包含带电检测以及在线监测等类型。

带电检测可在设备处于不停电的状况下,针对设备的局部放电、红外热像以及超声波等相关参数展开检测工作,及时察觉到设备所存在的隐患,如针对变压器实施带电检测操作时,可检测出变压器内部的局部放电情形,以此来判断绝缘方面是否存在缺陷。

在线监测技术可以对设备的运行参数进行实时且连续的监测,如温度、压力、振动、电流以及电压等参数,并把这些数据传送到监控中心进行分析处理,通过对这些数据进行长时间的监测与分析,可掌握设备的运行趋势,提前发现设备出现的异常变化情况。例如:对输电线路开展在线监测工作时,可以实时监测线路的导线温度、弧垂以及张力等参数,一旦这些参数超

出正常范围,便会及时发出预警信号,方便运维人员采取相应的应对措施^[4]。

状态评估一般采用定期评价与动态评价相互结合的办法,定期评价一般每年开展一次,其主要目标在于制定次年的状态检修计划。在定期评价过程中,会针对设备的各项运行参数、试验数据以及缺陷记录等展开全面的剖析,同时结合设备的运行年限、历史故障状况等诸多因素,对设备的健康状况给予评分和分级。动态评价是依据设备的实时运行状态以及特殊工况来进行适时的评价。举例来说,当设备出现异常工况、家族缺陷或者新设备首次投入运行的时候,便会进行动态评价,依据评价结果及时对检修计划以及维护策略作出调整。

想要保障状态评估的准确性与可靠性,就要构建科学合理的状态评估指标体系以及评估方法。评估指标体系应当覆盖设备的各个层面,如电气性能、机械性能以及绝缘性能等方面。评估方法可选用模糊综合评价法、层次分析法或者神经网络法等,依据设备的特性以及实际情形挑选适宜的评估方法。要强化对状态监测以及评估数据的分析与挖掘,借助大数据、人工智能等技术,搭建设备故障预测模型,实现对设备故障的早期预警以及精准诊断^[5]。

2.3 检修策略的优化与实施策略

当下常见的检修策略有故障检修、定期检修、状态检修、预测检修以及以可靠性为中心的检修等多种。

故障检修属于事后检修的方式,也就是设备出现故障之后才开展检修工作,此种检修方式尽管无需提前安排检修计划,却会致使设备停机时间增长,对电力供应产生影响,还会造成设备损坏程度加重,使得维修成本增加。故障检修仅适用于那些对供电可靠性要求不高、故障后果不太严重的设备。

定期检修指的是依照预先设定好的时间间隔来对设备展开检修的一种方式,此种检修方式在一定程度上确可保证设备的可靠性,然而因为没有充分考量设备的实际运行状态,容易出现维修不足或者维修过度的状况。维修不足会致使设备故障隐患无法及时发现以及处理,最终造成设备故障发生;维修过度则会增添不必要的检修成本,还会缩短设备的实际使用寿命^[6]。

以可靠性为中心的检修也就是 RCM,它以设备可靠性为目标,通过对设备故障模式、影响以及危害性展开分析,也就是 FMECA,来明确设备的检修需求以及检修策略。RCM 着重对设备的关键功能和关键部件给予重点维护,凭借最小的检修成本获取最大的设备可靠性。实施 RCM 的时候,要全面考量设备的安全性、可靠性、经济性等诸多因素,制定出最契合设备的检修策略。

在实际的应用场景当中, 需要依据设备的类型、关键程度以及运行环境等诸多因素, 来挑选恰当的检修策略或者多种检修策略组合, 比如说, 对于像关键的主变压器、断路器这类设备, 可采用将状态检修和以可靠性为中心的检修相结合的办法, 以此保障设备的高可靠性运行, 而对于一些辅助设备, 则可以采用定期检修与故障检修相结合的方式, 在保证设备有基本可靠性的基础之上, 降低检修成本^[7]。

2.4 退役阶段的管理与再利用策略

电力设备在达到其使用寿命或因技术更新等原因需要退役时, 科学合理的退役阶段管理与再利用策略能够提高资源的利用效率, 降低对环境的影响, 实现电力行业的可持续发展。

在设备临近退役之时, 需开展全面的退役评估工作, 退役评估要从经济性、技术性、环保性以及社会性等诸多维度给予考量。经济性评估主要是剖析设备持续运行的成本与退役处置的成本, 同时还要考虑设备退役之后的残值回收状况, 要是设备继续运行的成本过高, 或者退役处置后可收获较高的残值回收, 那么退役或许会是更为经济的选择。技术性评估是判断设备是否依旧可满足电网的运行要求以及是否存在技术升级可能性的有效方法。若设备的技术性能已落后, 无法满足电网的发展需求, 并且技术升级的成本过高, 那么退役便成为必要之举。环保性评估需要考量设备退役过程中可能对环境产生的影响, 如设备中的有害物质的处理问题。社会性评估则关乎设备退役对当地社会经济发展、就业等方面所造成的影响。

依据退役评估所获得的结果来制定合理的设备处置方案, 设备退役之后的处置方式主要覆盖再利用、回收、拆解以及销毁等方面, 对于某些性能尚可且经过检修与改造后可继续投入使用的设备而言, 可以实施再利用, 比如说, 把退役的变压器经过检测、维修以及试验之后, 重新安装到对供电可靠性要求并非很高的电网当中继续使用, 或者是将其当作备用设备。对于那些无法再利用的设备, 则可进行回收处理, 回收处理主要是针对设备当中的有价金属如铜、铁、铝等以及其他可回收材料展开回收再利用, 以此减少资源的浪费, 如对退役的电缆进行拆解, 回收其中的铜导体以及绝缘材料, 对于含有有害物质的设备, 需要开展专业的拆解处理, 把有害物质进行安全处置, 防止对环境造成污染。比如对含有多氯联苯的变压器油进行无害化处理, 对于一些已经严重损坏、无法回收利用并且不含有有害物质的设备, 可以进行销毁处理^[8]。

销毁处理虽是设备退役后的末端处置方式, 但同样需遵循严格规范与环保要求。在进行设备销毁前,

应先对设备进行全面评估, 确保其确实无再利用和回收价值, 且不含有害物质。销毁过程要选择具备相应资质与技术的专业机构, 采用科学合理的销毁手段, 如机械破碎、高温焚烧等, 保证设备被彻底销毁, 避免其部件被非法重新流入市场造成安全隐患。

在整个设备处置进程当中, 需要构建完备的记录以及追溯体系, 针对每一台退役设备, 都要详细记录其评估结果、处置方式、处置时间以及处置单位等各类信息, 以此方便后续的查询以及监管工作, 如此一来, 既能保障设备处置符合规定要求, 又能为后续类似设备的处置提供一定的经验借鉴。强化与相关部门的沟通协作也有意义, 要和环保部门维持紧密联系, 及时掌握最新的环保政策与标准, 保证设备处置过程中各项环保措施可切实落实到位, 还要与资产管理部门协同开展工作, 对设备退役评估与处置流程进行优化, 提高工作效率并降低处置成本, 经过多方面的共同努力, 实现设备退役处置的科学化、规范化以及环保化, 为企业的可持续发展以及生态环境的保护贡献力量。

3 结束语

电力设备全寿命周期运维检修策略的研究与实践, 对于电力系统稳定运行、电力企业经济效益提升以及电力行业可持续发展有着重大意义。在规划、运行、检修以及退役等各个阶段采取科学合理的策略, 可有效提升设备可靠性, 降低成本, 减少资源浪费和环境污染。未来要持续完善此策略体系, 结合新技术与新方法, 推动电力设备运维检修朝着智能化、绿色化方向发展, 为电力行业长远发展提供坚实的保障。

参考文献:

- [1] 叶雪. 基于全寿命周期成本理论的电网企业技改项目投入产出评估研究 [J]. 中国市场, 2024(31):66-69.
- [2] 陈奕欣. 电力工程全寿命周期造价管理探析 [J]. 中国科技投资, 2024(30):53-55.
- [3] 柴栋. 基于改进 PSO 的配网自动化全寿命周期成本优化研究 [J]. 电气开关, 2024, 62(03):99-101, 111.
- [4] 毕竟, 李彦明, 丁超民, 等. 基于 AHP-CRITIC 技术的考虑全寿命周期成本下变电站项目实施方案比选模型研究 [J]. 中国新通信, 2024, 26(10):8-10, 73.
- [5] 基于新型电力系统模式下电网建设项目资产全寿命周期成本管理研究 [J]. 中国设备工程, 2024(S1):42-48.
- [6] 白杨. 电力企业基于资产全寿命周期成本的应用探讨 [J]. 西部财会, 2024(02):36-37.
- [7] 杨鲲鹏, 杜道强, 吴超锋. 基于知识库的电力设备全寿命周期管理系统设计与应用 [J]. 河南科技, 2022, 41(01):50-53.
- [8] 刘力伟, 兰鹏, 靳贤彬, 等. 基于资产全寿命周期管理的质量事件分析应用 [J]. 东北电力技术, 2020, 41(01):45-48.