

Analysis of operation management and maintenance points of electrical equipment in power Plant

Zhen Zong

Hebei Zhuozhou Jingyuan Thermal Power Co., Ltd., Zhuozhou, Hebei, 072750, China

Abstract

Under the background of modern society, one of the main energy sources of people's livelihood security and economic development comes from electricity. The power plant occupies a high proportion of the electric power production, and the safe and stable operation of its electrical equipment will have a large impact on the production, so it determines the importance of its operation management and maintenance work. Based on this, the article around the power plant electrical equipment operation management measures and maintenance points, on the one hand, in reduce the equipment failure rate and extend the service life at the same time to ensure the long-term stable operation of the electrical system, on the other hand can avoid accidental shutdown guarantee electric power production reliability and sustainability, and then to provide stable power support for social development.

Keywords

power plant; electrical equipment; operation management measures; maintenance points; analysis

发电厂电气设备运行管理及维护要点探析

宗震

河北涿州京源热电有限责任公司, 中国·河北涿州 072750

摘要

现代社会背景下, 民生保障与经济发展主要能源之一来源于电力。而电力生产中发电厂占据着较高比例, 其电气设备安全稳定运行会对生产构成不小的影响, 因而这就决定了其运行管理及维护工作的重要性。基于此, 文章围绕着发电厂电气设备运行管理措施及维护要点展开探析, 一方面在减少设备故障发生率与延长使用寿命的同时保证整个电气系统长期稳定运行, 另一方面则可避免意外停机出现保证保电力生产可靠性与持续性, 继而给社会发展提供稳定的电力支持。

关键词

发电厂; 电气设备; 运行管理措施; 维护要点; 探析

1 引言

在电力供应需求不断扩大背景下, 发电厂电气设备种类和复杂性也日益增多, 如此一来其运行管理与维护工作也面临更高的技术要求和挑战。结合实践来看, 发电厂电气设备的运行管理及维护涉及众多环节, 借助于该项工作有效落实促使相关设备可以在不同工况下均能保持稳定、高效的运行状态, 从而为发电厂电力生产打下坚实基础。

2 发电厂电气设备运行管理措施

2.1 基于在线监测系统的设备运行状态管理

发电厂电气设备运行管理基于在线监测系统的状态管理主要依托传感器技术、数据采集与传输系统及智能分析平

台, 实现设备实时监测、故障预警与精准维护。首先, 在发电机、主变压器、高压开关柜等关键电气设备上部署多类型传感器, 包括光纤光栅温度传感器、超声波局部放电检测传感器、加速度振动传感器等, 以获取绕组温度、绝缘状态、机械振动特性、电流、电压及油位等运行参数。其次, 监测数据通过工业以太网、无线传输或 IEC 61850 标准通信协议上传至集控平台, 数据存储采用分布式数据库, 并结合时间序列数据分析方法确保实时性与可靠性。然后, 基于大数据分析机器学习算法(如支持向量机、随机森林、长短时记忆网络等)对设备运行趋势进行预测, 识别异常模式, 如高压开关柜主触头温升异常、电缆局部放电增强、变压器铁芯磁饱和等故障征兆, 并结合专家系统设定预警阈值, 实现故障早期诊断与精准定位^[1]。此外, 在线监测系统与 SCADA、DCS 及智能调度系统联动, 通过自适应控制优化冷却系统运行模式, 如变压器绕组温升超过设定阈值时, 自动调整风冷或油循环系统运行功率, 降低设备热应力, 并结合负荷预测调节运行策略, 以减小电气设备过载风险。为提

【作者简介】宗震(1991-), 男, 中国河北保定人, 本科, 工程师, 从事发电厂电气设备运行、维护、检修及管理研究。

高系统可靠性,可采用边缘计算架构,在现场端部署智能分析模块,减少数据传输延迟,提高异常状态响应速度,并结合数字孪生技术构建设备运行模型,实现故障仿真推演与优化决策,以提升电气设备管理的智能化水平。

2.2 分层级运行管理策略的实施

首先,发电厂可根据电气设备的功能和重要性分为关键设备(如主变压器、发电机)、重要设备(如高压开关柜、励磁系统)和一般设备(如低压配电柜、辅助电源系统),并针对不同等级的设备制定差异化的管理措施。针对发电机等关键电气设备,为保证其稳定运行发电厂须建立全天候在线监控系统,并通过智能诊断技术对其状态参数开展趋势分析,同时基于历史数据构建故障预测模型。另外还成立了专门的巡检组,对设备运行状态进行深入分析,运用超声波局部放电探测、频谱分析、红外热量成像等手段,对早期故障做到早发现、早预警,并据此制定了周密的应急预案。而针对重要电气设备,发电厂采取定期巡检与在线监测相结合的管理模式,确保设备运行参数保持在安全范围内,巡检工作应包括红外测温、局部放电检测、电气试验(如绝缘电阻试验、介质损耗测量)等。此外,在线监控系统还需要对设备关键运行参数进行实时记录,同时对设备健康状况进行数据挖掘技术分析以获取趋势评估报告,并据此对故障隐患进行预测以及优化检修方案。一般电气设备,发电厂则以周期性巡检为主,每月进行电气连接紧固、绝缘清洁和运行参数检查,并实施基于状态的维护策略,结合运维记录,确保设备运行长期稳定。

2.3 基于大数据与人工智能的故障预测

发电厂电气设备运行管理中,基于大数据与人工智能的故障预测技术是提高设备可靠性和运行效率的重要手段。首先,应构建高精度电气设备运行数据库,利用 SCADA、DCS 及在线监测系统实时采集电压、电流、温度、振动、局部放电信号及油中气体成分等关键运行参数,并采用异常值检测、数据去噪、特征工程等方法进行数据清洗与优化,以增强数据的准确性与时效性。其次,运用统计分析机器学习技术提取故障特征,建立智能预测模型。针对不同类型设备,选取适用的算法,如决策树用于故障分类、随机森林进行特征重要性评估、长短时记忆网络或卷积神经网络分析时间序列数据,优化预测精度。以变压器故障预测为例,可基于油中气体分析数据,采用深度神经网络建模,识别绝缘老化及潜在放电缺陷,并结合自适应门控循环单元进行时序预测,提高故障提前预警能力。此外,应结合专家系统与模糊逻辑推理进行多层次决策优化,基于贝叶斯网络或 D-S 证据理论对预测结果进行置信度评估,提高异常检测的可靠性。进一步地,将故障预测结果集成至智能调度系统,依据设备健康状态自适应调整检修策略,动态优化备用设备启停计划,并结合强化学习算法优化负荷分配,减少突发故障对电网稳定性的影响,从而提高电气设备运行管理的智能化水平。

3 发电厂电气设备维护要点

3.1 高压设备的预防性试验及定期检修

发电厂高压设备主要涉及高压开关柜、断路器、避雷器的预防性试验及定期检修。高压开关设备预防性试验涉及主回路阻值与绝缘阻值测试、介质耐压试验三个方面的内容。主回路电阻测试目的是为降低电力损耗和发热风险,方法为以微欧表测量各连接部位的接触电阻,确保其在标准值以下。绝缘阻值测试则是针对母线系统、断路器和电缆三者以兆欧表测试绝缘电阻,以保证良好的绝缘状态。介质耐压试验可以采用工频耐压法或直流耐压法验证介电强度,对象为 SF₆ 气体绝缘系统与固体绝缘部件,以避免出现绝缘击穿。断路器的定期检修涵盖机械特性测试、分合闸时间测量及动静触头接触电阻测试。机械特性测试利用断路器特性测试仪测量分合闸时间、弹跳时间及不同分合闸状态下的动作一致性,确保操作可靠性^[2]。动触头接触电阻测试采用回路电阻测试仪进行,确保触头接触良好,降低回路损耗。避雷器的预防性试验包括直流泄漏电流测试、阻性电流测试及绝缘电阻测试。直流泄漏电流测试采用直流高压发生器施加标准电压,测量泄漏电流并评估避雷器内部元件的老化程度。阻性电流测试采用工频电流法测量氧化锌避雷器的阻性电流分量,判断其劣化情况。绝缘电阻测试则用于检测避雷器外部绝缘状态,确保其在恶劣环境下仍能维持有效绝缘性能。

3.2 发电机定子与转子的故障检测与维护

定子绕组绝缘监测主要是为了评估绝缘老化情况,发电厂可借助于交流耐压试验测量、直流泄漏电流测试测量以及介质损失的因数($\tan \delta$)三种方法。在定子绕组局部短路故障检测上,先以高频电磁波法或超声波等局部放电检测绝缘缺陷,随后再辅以定子电流谐波开展判断。为避免发电机定子绝缘过热出现劣化,可通过红外热成像技术对绕组温度异常状况进行识别。在匝间短路检测中可借助脉冲响应分析或者冲击电压试验来开展。针对转子磁极接地故障,常用电桥法、电压降法和直流注入法进行检测,其中电桥法可通过平衡电桥测量转子绕组对地电阻,判定是否存在单点或多点接地。在线监测系统可通过连续测量转子对地电位,实时判断绝缘状态。铁芯损耗分析主要依赖于环流测试、漏磁检测及振动监测。环流测试通过测量铁芯涡流变化评估损耗水平,漏磁检测利用磁通探测器扫描铁芯表面识别局部过热区域,而振动监测则通过轴承振动频谱分析诊断铁芯松动、错位或结构损伤。对于发现的故障,定子绕组可采用局部补浸绝缘漆、高温烘干及换相接线方式修复;转子接地问题可通过绝缘更换、局部包覆及在线动态去污处理;铁芯损耗异常时,可采用冲片紧固、局部更换及环氧树脂浸渍等措施恢复结构稳定性。

3.3 二次系统保护与继电保护装置的巡检

二次系统保护与继电保护装置的巡检工作涉及发电厂电气设备的安全稳定运行,其核心包括保护继电器的试验方

法、定值整定校验流程及自动化装置联调方案。首先，保护继电器试验应采用二次回路测试法，利用微机继电保护测试仪对继电器的动作值、返回值、时间特性及速断、过流、差动等保护功能进行验证，确保其响应特性符合设定要求。试验过程中，应结合动态仿真测试，以模拟系统运行工况，分析继电器在不同故障类型下的动作行为，并依据试验数据调整继电器参数，以优化保护性能。其次，针对定值整定校验上充分按照继电保护定值手册并以专业校验软件符合各级保护装置定值，同时现场核查母线、线路、变压器等设备的保护定值。校验时，实行先校验主体保护定值，再校验后备保护，并统计分析定值差值，以保证各级保护工作的协调匹配。最后，自动化装置联调方案对象为保护装置、测控装置和通信系统，内容为测试运动信息传输、比较故障录波数据一致性以及核对装置间逻辑关系。另外，在联调过程中，对信息的采集、传输、存储、处理等以实时数据监测与离线数据分析相结合开展全过程验证，接着再以故障模拟试验评估系统的整体响应能力。

3.4 变压器油质分析与冷却系统优化维护

变压器油质分析与冷却系统优化维护涉及多个关键技术环节，首先，油中溶解气体分析采用气相色谱法检测氢气、甲烷、乙烷、乙烯、乙炔、一氧化碳及二氧化碳等组分，通过气体组分比值法（如 Rogers 比值法、杜瓦比值法）诊断局部放电、过热、电弧等故障类型，并结合光谱分析、介损测定、微水含量检测等参数，评估油品绝缘性能与变压器内部运行状态^[1]。其次，油品更换标准依据油品劣化程度与运行工况确定，包括但不限于击穿电压低于 30kV、介质损耗因数超过 0.5%、微水含量高于 40mg/L、酸值超 0.2mgKOH/g、溶解气体含量异常等指标，当指标超过允许值且再生处理后仍无法恢复正常时，应进行油品更换，同时采用真空滤油机对新油脱气处理，确保油品介电强度与化学稳定性；此外，

冷却系统的优化维护包括冷却器换热效率监测、冷却风机及油泵运行状态检测、冷却管路清洗等，具体措施包括定期采用红外测温监测冷却器温差，分析换热效率下降原因，若因油垢或氧化沉积导致散热能力降低，则采用溶剂清洗法或高压水射流法清除污垢，同时检查冷却风机轴承润滑状态、电机绝缘电阻及风叶磨损情况，确保风冷系统稳定运行；对于强迫油循环系统，需检测油泵流量及压力，检查油滤堵塞情况，并定期更换滤芯，避免油路阻塞导致冷却失效；此外，优化冷却器布置方式，提高空气流通性，可通过调整风机角度、增加辅助散热装置等手段降低绕组及油温，防止局部过热影响设备寿命。

4 结语

综上所述，由于发电厂电气设备众多，这就给其运行管理及维护工作带来了不小的困难，因而为保证电气设备运行的安全性、可靠性和经济性采取针对性措施就显得非常关键。为此，上文针对发电厂电气设备提出了基于在线监测系统的设备运行状态管理、分层级运行管理策略、基于大数据与人工智能的故障预测等运行管理措施以及高压设备的预防性试验及定期检修、发电机定子与转子的故障检测与维护、二次系统保护与继电保护装置的巡检、变压器油质分析与冷却系统优化维护等运维要点，以期给相关从业人员提供参考。

参考文献

- [1] 王杨.发电厂电气设备运行管理措施分析[J].电气技术与经济, 2024(4):265-267.
- [2] 李雪莲.发电厂电气设备运行效率提升策略研究[J].电气技术与经济, 2024(003):000.
- [3] 卫玉锋.发电厂电气设备检修管理及维护措施实例分析[J].电力设备管理, 2023(23):289-291.