

# 电气二次设备状态检修研究

陈春波

深圳大唐宝昌燃气发电有限公司 广东 深圳 518000

**摘要:** 随着电力行业智能化飞速发展与变革,电气设备运行要求日益严苛。本文聚焦电气二次设备状态检修展开研究。首先阐述状态检修的定义、重要性及发展历程,明确其在电气二次设备维护中的关键地位。接着剖析状态检修的关键技术,包括状态监测、故障诊断、状态评估和检修决策技术。同时指出当前状态检修存在监测数据准确性不足、故障诊断模型不完善、状态评估指标体系不健全以及检修人员技术水平有限等问题。最后针对这些问题提出加强数据管理、优化故障诊断模型、完善状态评估指标体系和提高检修人员技术水平等措施,旨在提升电气二次设备状态检修的质量与效率。

**关键词:** 电气二次设备; 状态检修; 关键技术; 检修措施

引言: 在电力系统运行中,电气二次设备起着至关重要的控制与保护作用,其稳定运行直接关系到整个电网的安全与可靠。传统定期检修模式存在过度检修或检修不足的问题,不仅浪费资源,还可能无法及时发现潜在故障。状态检修作为一种先进的检修策略,能够依据设备实际运行状态合理安排检修计划,有效避免上述问题。电气二次设备状态检修融合了多种先进技术,通过实时监测设备状态,精准诊断故障,科学评估设备健康状况,进而制定合理的检修决策。深入研究电气二次设备状态检修,对于保障电力系统稳定运行、提高供电可靠性具有重大的现实意义和实用价值。

## 1 电气二次设备状态检修概述

### 1.1 状态检修的定义

状态检修是依据电气二次设备的实际运行状态,借助先进检测技术、诊断方法及信息管理系统,对其健康状况进行评估与判断,进而确定检修时机和项目的一种检修策略。它突破了传统定期检修按固定周期检修的模式,强调以设备实时状态为依据。通过收集设备运行参数、监测信号等信息,分析设备是否存在潜在故障隐患,在故障发生前或性能劣化到一定程度时,有针对性地安排检修,以保障设备可靠运行,提高电力系统整体稳定性。

### 1.2 状态检修的重要性

电气二次设备状态检修意义重大。一方面,能显著提升设备运行可靠性。通过实时监测与精准诊断,及时发现设备潜在问题并处理,避免故障扩大引发严重事故,保障电力系统安全稳定供电。另一方面,有效降低检修成本。传统定期检修可能存在过度检修情况,造成人力、物力浪费,而状态检修按需检修,减少不必要的

检修工作,提高资源利用效率。

### 1.3 状态检修的发展历程

状态检修经历了从萌芽到逐步发展的过程。早期,受技术限制,主要依靠人工巡检和简单仪表监测设备状态,检修方式较为粗放。随着传感器技术、计算机技术和通信技术的进步,状态检修进入发展阶段,各种在线监测装置和诊断系统相继出现,能实时获取设备状态信息并进行初步分析<sup>[1]</sup>。

## 2 电气二次设备状态检修的关键技术

### 2.1 状态监测技术

状态监测技术是电气二次设备状态检修的基础,旨在实时、精准获取设备运行状态信息。针对二次设备,需监测交流采样系统、直流系统、逻辑回路及通信网络等关键参数。监测手段多样化,包括在线监测与离线检测结合。在线监测利用传感器实时采集设备运行数据,如通过霍尔传感器监测电流互感器二次回路电流,通过温度传感器监测设备关键部位温度;同时,借助微机保护装置自带的自检功能,对装置硬件及软件进行实时监测。离线检测则通过定期试验、校验等手段,对在线监测难以覆盖的项目进行补充,如对二次回路绝缘电阻的定期测试,确保回路绝缘性能良好,为后续故障诊断与状态评估提供可靠数据支撑。

### 2.2 故障诊断技术

故障诊断技术依据状态监测数据,精准定位设备故障类型与位置。它融合了多种分析方法,信号处理技术是重要手段之一,通过对监测信号进行时域、频域分析,提取特征参数。如利用傅里叶变换将时域信号转换为频域信号,分析其频率成分,判断是否存在谐波干扰等故障;小波变换则可对非平稳信号进行多尺度分析,

有效捕捉信号的瞬态特征,识别设备早期故障。智能算法的应用使故障诊断更加高效准确,神经网络通过学习大量历史故障数据,建立输入参数与故障类型的映射关系,实现故障的智能分类与识别;支持向量机则在小样本情况下具有较好的分类性能,可对设备故障进行快速诊断。

### 2.3 状态评估技术

状态评估技术对电气二次设备的健康状态进行综合量化评价。它综合考虑设备的历史运行数据、当前监测数据以及环境因素等多方面信息。建立多维度评估指标体系,涵盖设备的功能性能、可靠性以及可维护性等。采用层次分析法确定各指标权重,将复杂问题分解为多个层次,通过两两比较确定各层次元素相对重要性,进而计算权重,使评估结果更具科学性。模糊综合评价法适用于处理评估过程中的模糊性问题,将定性指标量化,通过建立模糊评价矩阵,计算设备的综合健康状态得分,划分健康等级,为检修决策提供量化依据。

### 2.4 检修决策技术

检修决策技术根据状态评估结果,制定科学合理的检修计划。以设备状态为核心,结合电力系统运行要求、检修资源以及检修成本等因素进行综合决策。采用风险评估方法,分析设备故障可能导致的后果严重程度以及发生概率,计算风险值,优先对风险高的设备进行检修。根据设备健康等级,确定不同的检修策略,对于健康状态良好的设备,适当延长检修周期,采用状态巡视等低强度维护方式;对于存在潜在故障的设备,安排针对性检修,如对保护装置进行软件升级、对二次回路进行紧固处理等;对于健康状态严重恶化的设备,立即安排检修或更换。同时,考虑检修工作的经济性,优化检修资源配置,在保证设备可靠运行的前提下,降低检修成本,提高电力系统整体运行效益。

## 3 电气二次设备状态检修存在的问题

### 3.1 监测数据准确性不足

电气二次设备运行环境复杂,易受电磁干扰、温度变化等因素影响,导致传感器采集的数据出现偏差。部分监测设备自身精度有限,长期运行后性能下降,无法准确反映设备真实状态。同时,数据传输过程中可能因通信故障、信号衰减等问题,造成数据丢失或错误。此外,不同厂家监测设备的数据格式、接口标准不统一,数据整合时易出现误差,这些因素综合作用,使得监测数据的准确性难以保证,影响后续故障诊断与状态评估的可靠性。

### 3.2 故障诊断模型不完善

当前电气二次设备故障诊断模型多基于历史数据和专家经验构建,但实际设备故障模式复杂多样,新故障类型不断涌现,现有模型难以全面覆盖。部分模型对设备运行环境的适应性较差,在不同工况下诊断准确性大幅下降。而且,模型训练所需的高质量故障样本数据获取困难,样本数量不足、代表性不强,导致模型泛化能力弱<sup>[2]</sup>。

### 3.3 状态评估指标体系不健全

电气二次设备状态评估指标体系缺乏统一标准,不同地区、不同企业采用的指标差异较大,评估结果可比性差。部分指标选取不合理,未能全面反映设备的关键状态信息,如对设备软件功能的评估指标较少。同时,指标权重确定方法不够科学,多依赖主观经验,缺乏客观依据,导致评估结果不能准确反映设备实际健康状态。

### 3.4 检修人员技术水平有限

电气二次设备状态检修涉及多学科知识,对检修人员技术要求较高。但目前检修人员知识结构单一,多擅长传统检修方式,对状态监测、故障诊断、大数据分析等新技术掌握不足。企业针对状态检修的培训体系不完善,培训内容缺乏系统性和针对性,检修人员难以快速提升技术水平。而且,检修人员实践经验积累不足,面对复杂设备故障时,缺乏有效的分析和处理能力,无法准确判断设备状态并制定合理的检修方案,影响状态检修工作的有效开展。

## 4 电气二次设备状态检修的相关措施

### 4.1 加强数据管理

电气二次设备状态检修高度依赖数据,加强数据管理是提升检修质量的关键。(1)构建统一的数据采集平台,整合不同监测设备的数据接口,确保各类数据能准确、实时地汇聚。针对数据采集过程中可能出现的信号干扰、传输错误等问题,采用先进的滤波算法和纠错技术,对原始数据进行预处理,提高数据质量。(2)建立完善的数据存储体系。根据数据的重要性和使用频率,采用分层存储策略,将关键数据存储在高性能、高可靠性的存储设备中,同时利用大数据技术对海量历史数据进行高效存储和管理。为保障数据安全,实施严格的数据备份与恢复机制,定期进行数据备份,并将备份数据存储在异地,防止因自然灾害、人为破坏等原因导致数据丢失。(3)加强数据分析与应用。运用数据挖掘、机器学习等技术,对设备运行数据进行深度分析,挖掘数据背后的潜在规律和设备状态变化趋势。通过建立数据模型,实现对设备故障的早期预警和健康状态评估,为检修决策提供科学依据。同时,将数据分析结果反馈给

设备制造商和运维人员,促进设备的优化设计和运维策略的调整。

#### 4.2 优化故障诊断模型

故障诊断模型的准确性直接影响状态检修的效果,需不断优化以适应设备故障的复杂性和多样性。(1)丰富故障样本库。广泛收集不同类型、不同工况下电气二次设备的故障数据,包括故障发生的时间、现象、原因以及处理过程等详细信息。通过对大量实际故障案例的分析和整理,构建全面、准确的故障样本库,为模型训练提供充足的数据支持。(2)采用先进的建模方法和算法。结合深度学习、人工智能等技术,构建更加智能、高效的故障诊断模型。例如,利用卷积神经网络(CNN)对设备监测图像数据进行特征提取和分类,利用长短期记忆网络(LSTM)处理设备运行过程中的时序数据,提高模型对复杂故障的识别能力。同时,引入迁移学习、强化学习等先进理念,使模型能够快速适应新设备、新故障类型的诊断需求。(3)加强模型的验证和更新。定期对故障诊断模型进行验证和评估,通过与实际故障诊断结果进行对比,分析模型的准确性和可靠性。根据验证结果,及时调整模型参数和结构,优化模型性能。同时,随着设备技术的不断更新和故障模式的变化,持续对模型进行更新和升级,确保模型始终保持较高的诊断精度。

#### 4.3 完善状态评估指标体系

科学、完善的状态评估指标体系是准确评价电气二次设备健康状态的基础。(1)全面梳理设备状态影响因素。从设备的电气性能、机械性能、绝缘性能、软件功能等多个维度出发,深入分析影响设备状态的关键因素。例如,对于保护装置,需考虑其采样精度、动作时间、逻辑正确性等电气性能指标;对于通信设备,需关注其信号强度、误码率、通信协议兼容性等通信性能指标。(2)合理确定评估指标权重。采用层次分析法、熵权法等科学方法,结合专家经验和实际运行数据,确定各评估指标的权重。在确定权重时,充分考虑不同指标对设备状态的影响程度和重要性,确保评估结果能够真实反映设备的健康状况。同时,建立指标权重的动态调整机制,根据设备运行环境、负荷变化等因素的变化,及时调整指标权重,提高评估的准确性和适应性。(3)建立状态评估模型。将确定的评估指标和权重代入评估模型中,通过定量计算得出设备的综合健康状态得分。评估模型应具有简洁性、可操作性和可扩展性,便于运

维人员使用和理解。同时,根据评估结果划分设备健康等级,如健康、亚健康、故障预警、故障等,为检修决策提供明确的依据。

#### 4.4 提高检修人员技术水平

检修人员的技术水平是保障电气二次设备状态检修质量的核心因素。(1)加强专业培训。制定系统、全面的培训计划,定期组织检修人员参加专业培训课程。培训内容应涵盖电气二次设备的原理、结构、检修工艺、状态监测技术、故障诊断方法等方面的知识。同时,邀请行业专家进行授课和现场指导,为检修人员传授最新的技术和经验。(2)开展实践锻炼。安排检修人员参与实际设备的检修工作,通过实际操作积累经验,提高解决实际问题的能力。建立导师带徒制度,由经验丰富的检修人员对新入职员工进行一对一的指导和培养,帮助他们快速成长。此外,鼓励检修人员参加技术交流和技能竞赛,拓宽技术视野,激发学习热情,提升整体技术水平。(3)建立激励机制。制定合理的绩效考核制度,将检修人员的工作业绩、技术水平提升情况等与薪酬、晋升等挂钩,激励检修人员积极主动地学习和提高自身技术水平。对在技术创新、故障处理等方面表现突出的检修人员给予表彰和奖励,营造良好的学习氛围和竞争环境<sup>[1]</sup>。

#### 结束语

电气二次设备状态检修研究顺应了电力系统智能化、高效化发展的大势。通过对加强数据管理、优化故障诊断模型、完善评估体系、提升人员技术以及强化全生命周期管理等多方面举措的深入探讨,为提升检修质量与效率提供了理论支撑与实践方向。尽管当前研究已取得一定成果,但电气二次设备技术持续革新,状态检修仍面临诸多新挑战。未来,需进一步融合前沿技术,持续优化检修策略,加强跨领域合作交流,不断探索创新,以保障电气二次设备稳定可靠运行,为电力系统的安全、经济、高效运行筑牢坚实根基。

#### 参考文献

- [1]吴杰余,张哲,尹项根,等.电气二次设备状态检修研究[J].电力系统保护与控制,2002,3(2):22-24.
- [2]马永.电气二次设备状态检修研究[J].工业C,2022,(2):P.288-288.
- [3]陈军.电气二次设备状态检修研究[J].房地产导刊,2022,(1):227-227.