

Construction of a full life cycle test and inspection system for power equipment in smart grids

Heng Lu Anhu Zhu Liang Wang Tao Meng

Xi'an Weiguang Energy Technology Co., Ltd., Xi'an, Shaanxi, 710119, China

Abstract

With the rapid development of smart grids, the equipment of power systems is gradually transforming towards high efficiency, intelligence and digitalization. Against this backdrop, the reliability, stability and safety of power equipment become particularly important. To ensure the stable operation of the smart grid, establishing a comprehensive testing and inspection system for the entire life cycle of power equipment has become crucial. This paper explores the construction methods of the full life cycle test and detection system for power equipment in the smart grid, analyzes the detection requirements of different power equipment at each life cycle stage, and based on practical cases, proposes test and detection schemes for different types of equipment. By designing a full life-cycle detection process, this paper provides theoretical basis and practical guidance for improving the operational efficiency of power equipment, extending its service life and ensuring the safety of the power grid.

Keywords

Smart Grid Electric power equipment Life cycle Test and inspection; Detection system Reliability

智能电网中电力设备全生命周期试验检测体系构

芦恒 住安湖 王亮 孟涛

西安为光能源科技有限公司, 中国·陕西 西安 710119

摘要

随着智能电网的快速发展, 电力系统的设备逐渐向高效、智能、数字化的方向转型。在这种背景下, 电力设备的可靠性、稳定性和安全性显得尤为重要。为了确保智能电网的稳定运行, 建立全面的电力设备全生命周期试验检测体系成为关键。本文探讨了智能电网中电力设备全生命周期试验检测体系的构建方法, 分析了不同电力设备在各生命周期阶段的检测需求, 并结合实际案例, 提出了针对不同类型设备的试验检测方案。通过设计全生命周期的检测流程, 本文为提高电力设备的运行效率、延长使用寿命及保障电网安全提供了理论依据和实践指导。

关键词

智能电网; 电力设备; 生命周期; 试验检测; 检测体系; 可靠性

1 引言

智能电网作为现代电力系统的关键组成部分, 集成了先进的信息技术和自动化控制技术, 实现了电力系统的智能化、数字化和信息化。为了确保智能电网的稳定运行, 电力设备的安全、可靠和高效运行至关重要。由于电力设备在长期运行过程中可能出现性能衰退和故障, 建立完善的电力设备全生命周期试验检测体系尤为重要。该体系覆盖设计、制造、安装、运行、维护及退役等各个阶段, 通过动态监控设备状态, 提前发现潜在问题, 避免电网事故, 保障电网的安全稳定运行。本文将探讨如何构建符合智能电网需求的全生命周期试验检测体系, 并根据不同设备特点提出合理的检测方法流程。

【作者简介】芦恒(1991-), 男, 中国陕西西安人, 硕士, 工程师, 从事固态变压器应用及微电网研究。

2 智能电网中电力设备的生命周期管理

2.1 电力设备的生命周期概述

电力设备的生命周期包括从设计、制造、安装到运行、维护、退役的全过程。在不同的生命周期阶段, 电力设备面临的工作环境和条件各异, 其状态和性能随时间推移可能发生显著变化。因此, 电力设备的生命周期管理目标是通过持续监控、评估和分析, 确保设备在整个生命周期内始终保持高效、可靠的运行状态。特别是在智能电网的背景下, 电力设备的功能变得更加复杂, 涵盖了智能技术、数字化设备、通信系统和自动化控制系统等新型组件。智能电网不仅要求设备的物理运行正常, 还必须保证设备的数字化、信息化和通信功能的稳定性, 这使得生命周期管理变得更加复杂和重要。^[1]

2.2 电力设备全生命周期检测的必要性

电力设备在生命周期的不同阶段, 由于工作负荷、外

部环境和操作条件的变化,可能出现不同类型的故障或性能衰退。设备的安全性和可靠性对电网稳定至关重要,通过全生命周期检测,可以及时发现潜在问题,预测剩余使用寿命,避免设备故障引发电网停运或设备损坏等严重后果。全生命周期检测不仅能提升设备的可靠性和稳定性,还能延长其使用寿命,降低维护成本。在智能电网中,设备的自动化和信息化程度较高,实时监控和在线检测系统为设备运行提供实时数据支持,帮助管理人员进行有效的维护和管理,确保电网的高效运作。^[2]

2.3 全生命周期检测体系的挑战与发展方向

尽管全生命周期检测体系对于提高电力设备可靠性至关重要,但在实际应用中仍面临一些挑战。首先,电力设备的多样性和复杂性使得检测方法和技术难以统一,不同类型的设备需要采用不同的检测技术和设备;其次,智能电网中设备的高数字化、信息化水平要求新的检测技术,传统检测手段难以满足新型设备的需求;最后,设备工作环境和条件的差异性,使得制定通用的检测方案具有挑战性。未来的电力设备全生命周期检测体系应不断创新,采用智能传感器、数据分析和人工智能技术,实现全方位、实时的设备监控,提升电力设备的可靠性和电网的整体安全性。

3 智能电网电力设备试验检测体系的构建

3.1 设备设计与制造阶段的检测需求

在电力设备全生命周期管理中,设计与制造阶段的检测至关重要。这一阶段的检测任务主要在于确保设计方案的安全性、可靠性与功能性符合行业规范,并通过科学试验加以验证。设计阶段,检测工作的重点在于核查设备的技术规范、设计参数及与电网系统的兼容性。例如,需要审查电气绝缘水平、热稳定性、短路承受能力等关键参数,保证设备能够满足实际运行需求。制造阶段则更侧重于材料质量和工艺精度的检测,如对关键部件的金属材料强度、焊接质量、尺寸偏差等进行严格检验,以防止因制造缺陷引发后续故障。当前,智能电网发展推动设备集成了大量传感器和通信模块,检测体系还需重点考察智能组件的电气性能、信号完整性及环境适应性,确保其能在各种复杂工况下稳定工作。通过严密的设计与制造检测,有效保障了设备的基础质量,为后续阶段的稳定运行奠定了坚实基础。^[3]

3.2 设备安装与调试阶段的检测要求

电力设备在安装与调试阶段的检测,直接关系到后期安全可靠运行。安装阶段,检测内容主要包括设备物理安装质量,如位置摆放、紧固件固定、接地装置、防护罩配置等,确保设备安全就位并具备应对环境变化的能力。此阶段还需对配套设施的完备性进行检查,确保各类辅助系统协同配合。调试阶段,则重点关注设备的各项功能能否如设计般实现。^[4]

3.3 设备运行与维护阶段的检测方法

设备运行阶段是电力设备全生命周期中最长且最关键的阶段,其检测目标是保障设备长期高效稳定运行。运行阶

段,传统检测方法以人工巡检和定期维护为主,但智能电网推动了实时监控和智能诊断的发展。通过布设智能传感器、利用信息化平台,设备的电气参数、机械状态及环境指标可被实时采集并远程监控。借助大数据分析和人工智能技术,可以识别设备的运行趋势和潜在异常,实现对关键部件的健康诊断和故障预测。此外,预测性维护成为运行阶段的重要检测内容,依托实时数据分析,能够在设备出现故障征兆前及时发出预警,合理安排检修计划,避免突发性停电和安全事故。

4 智能电网中电力设备全生命周期检测技术的应用

4.1 传感技术在电力设备检测中的应用

传感技术是智能电网中电力设备检测的核心基础。通过在电力设备中集成多种传感器,能够实时采集设备的各种运行数据,如温度、电压、电流、振动等。这些数据提供了设备运行状态的全面监控,有助于及时发现异常情况。例如,温度传感器能够监测设备的过热风险,电流传感器能够检测电流异常,振动传感器能够评估设备的机械状态。此外,传感器还可用于监测设备周围的环境参数,如湿度和气压等,这有助于全面感知设备运行的环境变化。传感器技术通过无线通信方式将实时数据传输至远程监控中心,实现设备状态的全天候监控。这一技术的应用显著提高了电力设备的可靠性,有助于减少故障发生和优化设备的运行管理,为智能电网提供了必要的支持。^[5]

4.2 数据分析与人工智能在设备检测中的应用

随着智能电网的发展,电力设备检测中产生的数据量急剧增加,如何从这些海量数据中提取有效信息成为一个挑战。数据分析技术,特别是大数据分析和人工智能(AI)技术,为设备检测提供了强大的支持。通过对设备运行数据进行深入分析,可以识别出设备潜在的故障模式和趋势,提前预测设备的维护需求。例如,通过大数据分析,可以发现设备性能的异常波动,及时调整运行策略或进行必要的维护。同时,人工智能技术,尤其是机器学习算法,在设备检测中发挥着越来越重要的作用。AI系统可以自动分析设备的历史数据,识别潜在的故障或异常状态,并进行实时预警。这不仅提高了设备检测的精确度,还能缩短故障发生的响应时间,大大增强了设备管理的及时性和准确性。

4.3 智能化检测系统的设计与实施

为了实现电力设备全生命周期的智能检测,必须构建一个集成的智能化检测系统。该系统应涵盖数据采集、传输、分析和报警等各项功能,通过无线网络和云计算平台,实现设备运行数据的实时传输和处理。系统中的传感器将实时采集设备数据,并通过无线通信技术将数据传输至监控中心。数据分析模块会对收集的数据进行处理,及时识别设备的运行状态,并生成详细的设备健康报告。基于设备状态,智能化检测系统可以自动调节检测频率和方式,减少人工干预,

提高工作效率。此外,系统还可以根据分析结果自动生成维护建议,帮助管理人员及时进行维修或调整,从而提高设备管理水平,确保电力设备的稳定运行和高效维护。通过这一系统的实施,不仅能提升设备管理的自动化和智能化水平,还能为电力设备的长期运行提供科学的数据支持。

5 智能电网中电力设备全生命周期试验检测体系的实施策略

5.1 建立统一的检测标准和规范

为了确保电力设备全生命周期试验检测体系的顺利实施,首先必须建立统一的检测标准和规范。这些标准应针对不同类型的电力设备,制定具体的检测方法和指标,确保在设备检测过程中能保持一致性与可操作性。例如,对于变压器、开关设备等,不同的检测标准应涵盖设备的性能、可靠性及环境适应性等各方面要求。通过规范化的标准和流程,可以减少因操作不当导致的误差,提升检测结果的准确性与可重复性。此外,统一的标准和流程为跨地区、跨部门的电力设备检测工作提供了统一的框架,使得不同设备间的比较分析和整体系统的优化更加可行,从而保障电力设备全生命周期管理的高效性和精准性。

5.2 加强数据共享与信息化管理

随着智能电网的发展,电力设备的试验检测将产生大量的运行数据和检测结果。为了提高数据的利用效率,必须建立一个统一的信息化管理平台,将设备的运行数据、检测数据、维护记录等集中存储并实现共享。这一平台不仅能帮助管理人员随时获取实时数据,还能通过数据分析和决策支持系统,实现设备运行的远程监控和故障预警。此外,信息化管理平台还能够促进不同部门之间的协作,提高工作效率。例如,设备的运行状态、维修记录、性能分析等信息可以实时共享,确保相关人员能够快速响应,并进行有效的协同决策。通过信息化管理,不仅能优化设备运行维护的效率,还能提升整体电网的智能化管理水平。

5.3 完善设备的维护与预警机制

设备的长期可靠运行离不开完善的维护和预警机制。

在电力设备的全生命周期中,通过建立有效的维护与预警体系,能够及时发现潜在的设备故障并采取相应的修复措施。结合全生命周期试验检测体系,可以对设备的各项指标进行持续监测,发现设备出现异常时立即发出警报,并通过智能分析工具对故障进行诊断,制定精准的维修方案。完善的预警机制不仅可以在设备发生重大故障前进行干预,避免设备长时间停机或造成安全事故,还能根据历史检测数据预测设备的维修周期,优化设备维护计划,从而降低设备故障率,提高电力系统的可靠性和经济性。此外,结合数据共享平台,预警信息可迅速传递给相关人员,确保维护工作的及时性和精准性,延长设备使用寿命,提升电力系统的整体稳定性和安全性。

6 结语

智能电网的发展使得电力设备的管理和检测面临新的挑战,传统的检测方法已无法满足智能电网的需求。通过构建电力设备全生命周期试验检测体系,能够从设备的设计、制造、安装、运行等各个阶段进行全面检测和监控,保障设备的高效稳定运行。未来,随着智能化技术的进一步发展,电力设备的检测将更加依赖于传感器、数据分析和人工智能等技术,从而实现设备的智能监控和预测性维护。这将为智能电网的稳定运行提供更加有力的保障,推动电力行业向更加高效、智能、绿色的方向发展。

参考文献

- [1] 张中印,袁洪跃.基于全生命周期的电力设备环境分析与综合性能评估[J].环境技术,2024,42(09):226-233+241.
- [2] 缪新萍,张克贤,孔庆波.基于数据全生命周期的电力数据分析方法[J].信息技术,2021,(11):60-65.
- [3] 张冰雪,刘婷婷,汤亚宸,等.基于图数据库的电力设备全生命周期管理技术研究[J].电力信息与通信技术,2019,17(03):1-7.
- [4] 肖勇,孙勇,孔政敏,等.基于UHF RFID技术的电能智能计量系统电力设备的全生命周期管理研究[J].科技管理研究,2013,33(02):213-217.
- [5] 韩雪峰.基于物联网的通信设备全生命周期管理系统的设计与实现[D].北京邮电大学,2012.