

大模型驱动的变电站智能巡视系统测试方法探讨

田小鹰 侯昌平 高超

南京国电南自软件工程有限公司 江苏南京 210000

DOI:10.12238/ems.v7i7.14320

[摘要] 近年来,大模型技术在社各个工作领域都展现出了强大的应用能力,尤其在数据处理、模式识别以及智能决策等方面所存在的优势,为变电站智能巡视系统的优化升级带来了全新的发展契机。大模型驱动的变电站智能巡视系统能够通过先进的传感器技术,对变电站内部设备的运行状态信息进行实时获取。通过大模型技术所具备的深度学习与分析能力,可以实现对于设备故障的精确诊断和预警,进一步实现变电站巡视效率与质量的提升、降低运维成本。为此本文针对大模型驱动的变电站智能巡视系统测试方法进行了相应的探讨。

[关键词] 大模型驱动;变电站;智能巡视;系统测试

前言:

大模型驱动变电站智能巡视系统是一个复杂的综合性工作系统,往往涉及到多个不同的技术领域和学科。为了保证这一系统在实际应用的过程中可以始终可靠且稳定的运行,需要对其进行全面科学的测试与检验工作。因此,针对大模型驱动下的变电站智能巡视系统测试方法进行深入的探讨与研究,具有重要的理论意义与现实意义。



图1 变电站智能巡视系统

一、变电站智能巡视系统概述

变电站智能巡视系统是一种应用于变电站的先进监测与管理体系。它综合运用了多种前沿技术,如人工智能、物联网、图像识别等,旨在提高变电站巡视的效率和准确性,保障电力系统的安全稳定运行。该系统通过在变电站内安装各类智能传感器、高清摄像头等设备,对站内设备的运行状态、环境参数等进行实时监测。例如,利用红外热成像技术可以检测设备的发热情况,及时发现潜在的故障隐患。同时,借助图像识别技术,系统能够自动识别设备的外观缺陷、仪表读数等信息。智能巡视系统还具备数据分析和预警功能。它可以对收集到的大量数据进行深度分析,预测设备的运行趋

势,并在发现异常时及时发出警报,通知运维人员进行处理。与传统的人工巡视相比,智能巡视系统不受时间和环境的限制,能够实现24小时不间断的全面监测,大大提高了巡视的效率和质量,减少了人力成本和人为误差。

二、大模型驱动的变电站智能巡视系统测试环境的搭建

(一) 环境干扰模拟

环境干扰模拟平台在实际测试环境搭建的过程中能够起到基础性的影响作用。例如,变电站中往往存在一些强磁场,可能会使得传感器数据传输出现较大的变化与波动;光照条件出生出现变化时,视觉检测设备也会发生误判;而周围环境如果存在噪音,声纹分析结果就容易存在偏差,一个完善的测试环境需要能够对这些干扰因素进行充分的模拟。在实验室有条件下通过人为制造各种干扰源,从而对系统在不同情况下所能展现出的稳定性表现进行充分观察。具体来说,可以进行几种设备的配备,例如可以对强度进行调节的电磁波发射装置、可以改变亮度的灯光模拟系统以及能够对回声效果进行优化调整的声学测试空间等等。通过这些设施之间的配合使用,能够对信号质量发生变化时整套系统的具体表现、波动情况进行系统性的观察,并对误数据误差率进行充分判断。

(二) 虚实结合

虚实结合的测试环境搭建方法是当前最主要,也是最受认可的测试验证解决方案。这一架构需要将真实设备采集到的各种运行数据以及通过三维模型所模拟出来的虚拟测试环境和实体化测试场地这三方面之间进行有机整合。在数字孪生层面,需要通过建立变电站三维立体模型,与

此同时进行各种设备具体参数的输入，从而搭建出一个可以根据测试需求自由调整的虚拟测试空间。在这一空间中，测试人员可以对天气参数进行快速调整，从而模拟各种极端天气，或制造出设备超负荷运转的具体场景来完成系统测试。在实体测试场地方面，通常会建设具有典型变电站设备的缩小版实验站，或者按照真实比例进行等比例复制的全尺寸测试场等等，如此一来，既能够方便进行各种传感器的部署，又能够进行故障模拟。两个系统层之间通过专门的数据传输通道，能够彼此之间保持实时与同步，如此一来，既能够实现测试场景多样性的有效拓展，又能够保证部分测试结论可以在得到验证后，直接应用到具体的运维场景之中。

（三）标准化测试数据集与评估

为了能够保证不同测试结果之间可以互相比对并且重复验证，必须进行标准化测试数据集的构建与评估。通常情况下，较为理想的数据集需要将变电站中主要应用设备类型全部包括在内，例如变压器、断路器等变电站中常见的设备以及设备使用过程中可能出现的各种典型问题包括温度过高以及漏油等情况。除此之外，还需要对不同的时间段以及季节气候的环境因素的变化进行充分的考虑。每个具体的测试案例都需要包括传感器传输的原始数据、手工标记的问题点以及对应的环境参数记录等等。例如基于 YOLOv7-OB 模型的巡检系统在测试时，其数据就包括电缆、变压器以及绝缘子等多种设备类型，并在图片上对设备的具体位置和摆放角度进行了详细的标注。这种标准化数据集应用的最大优势就在于能够对整体系统评估与具体功能模块测试的种种需求进行同时满足，既能够从整体层面对系统运行情况进行高度关注，也能够对每个小模块的表现进行单独的检查。

三、功能测试方法

（一）设备状态监测功能测试

设备状态监测模块是变电站智能巡检系统的关键部分。通过设置不同的工况条件，像正常运转、超负荷工作、出现小毛病或者严重故障这些不同程度、不同方面的异常情况，观察系统能不能及时捕捉到设备的变化。例如通过传感器来模拟温度突然升高、电流异常波动这些参数变动，主要看系统对这些数据变化的跟踪能力。测试标准主要看三个方面：

第一个是反应速度，也就是从设备出问题到系统报警的时间差越短越好；第二个是数据准不准，例如监测到的电流数值和实际设备上的表计读数是否保持一致；第三个要看监测范围够不够全，例如能否全面的覆盖断路器油温、变压器震动幅度这些关键指标。

（二）智能分析功能测试

智能分析模块主要依靠大模型技术来对设备运行数据进行深度处理。在测试过程中需要准备大量不同类型的故障案例，例如此前三个月设备运行日志里记录的异常数据或者实验室里人为制造的设备故障模拟数据等等。在将这些数据输入到分析系统后，要重点观察系统能不能正确分辨出线短路、外皮老化这类常见故障类型，同时需要判断当前系统是否能够在短时间内评估故障到底处于轻微状态还是严重状态。另外还要对系统的预测能力进行严谨的测试，是否能够根据当前设备温度波动、电流异常等参数，推测出未来三天可能出现的故障发展趋势。

（三）一键顺控功能测试

对于变电站的自动化控制系统来说，一键顺控功能的实现能够实现远程操作设备时的效率的有效提升。在具体测试过程中，需要模拟各种可能出现的情况，例如设备正常启停、运行模式切换等基础操作，以及线路短路或者信号丢失等突发问题。在模拟测试的过程中，需要重点观察控制系统是否能够对指令要求进行准确理解，并且按照事先设定的程序完成设备的操控。与此同时，还需要像实时监控画面一样实现操作结果的反馈。在测试时，需要对以下三个维度进行特别关注：第一，操作成功率，每百次指令中能够有多少概率走完全部流程；第二，响应时长，从点击执行按钮到设备指示灯状态发生改变需要多少毫秒；最后，系统稳定性，在连续工作一段时间后，其操作延迟是否会明显增加，尤其是遇到各种极端天气从而导致网络波动时，系统能否保持持续稳定的可靠工作。

四、性能测试方法

（一）响应时间测试

响应时间会对变电站智能巡视系统对于设备状态变化所展现出的反应速度产生直接的影响，在测试时需要对设备状态发生的突然变化进行充分模拟。例如，设备出现故障对系统从检测到状态变化发出报警到采取措施的时间进行记录。

通过在不同的系统负载条件以及网络环境下开展多次测试工作能够获取最终的最大响应时间与平均响应时间。与此同时,需要对响应时间的波动情况进行仔细分析,判断当前系统的稳定性如何。通过不同场景下的响应时间对比,能够对系统在面临面对各种情况时所展现出的实时性能进行充分评估,保证系统可以对设备响异常进行及时响应,也能够为变电站的安全稳定运行提供相应的保障。

(二) 处理能力测试

随着变电站设备规模不断扩大,对于系统数据处理能力的要求也不断提升。在测试过程中,通常需要模拟设备高负荷运行状态,例如使得上百台设备同时工作生成数据流,观察系统能否在短时间内完成数据解析与存储任务。这种测试通常会通过增加模拟用户数量、提高数据发送频率等方式,重点观察系统在高压状态下的运行表现。测试关注的核心指标包括两个维度:一个是吞吐量,也就是系统在固定时间内能处理多少数据量;另一个是资源消耗情况,例如 CPU 占用率会不会超过警戒值、内存分配是否合理这些实际问题。通过这种测试方法的应用,工程师们能够发现系统在数据处理环节可能存在的卡顿或延迟问题,进而针对性地进行优化升级,如此一来能够保证系统在应对变电站日常运行中产生的庞大数据流时不会出现性能不足的情况,始终保持正常工作状态。

(三) 准确性测试

在准确性验证环节,重点需要确认系统判断的可靠性。在测试时通常会混合使用两种数据源,例如同时应用标准测试库里的数据和真实变电站运行时的数据,对设备状态监控、数据分析等核心模块进行双重检验。在此过程中需要将系统输出的诊断结果与人工检查确认过的标准答案进行逐条对比,重点统计系统判断的正确率、误报概率这些关键参数。例如系统是否存在将正常设备错报成故障或者漏掉故障等问题。对于智能巡视系统中一些比较复杂的分析功能来说,例如分析设备故障类型的时候能不能准确定位,或者预测设备老化趋势是否靠谱这些高级功能,都需要单独设计测试用例。通过这种全方位测试,技术人员能够发现算法模型里可能存在的逻辑漏洞,并且对规则库里的参数设置进行第一时间的诊断与优化,确保最终交付的系统能够变电站运维人员提供充分的决策支持。

结束语:

变电站智能巡视系统,作为电力系统智能化升级与转型的重要研究与应用方向,在变电站日常运维工作开展中能够实现效率的有效提升。与此同时,也对传统工作流程造成了一定的冲击。通过对变电站智能巡视系统测试流程进行梳理,可以发现其验证工作需要对算法精确程度与设备适应性这两个关键点进行重点控制。例如,需要验证系统是否能够对设备的异常情况进行准确识别以及是否能够在异常天气下始终保持稳定的运行等等。在实际操作层面,工作人员需要从多个维度建立起准确的测试方案,包括系统基础功能验证、不同环境条件下的稳定性检验以及处理速度的压测等等。这些测试的本质是为了保证系统在各种复杂的场景下始终能够保持工作效率和稳定性,尤其是随着大模型技术的快速发展与更新,要求智能测试方案必须随着技术的快速发展而不断的优化和调整。

[参考文献]

- [1]林立雄.智能巡视系统在变电站绝缘子隐患排查中的应用[J].安徽电气工程职业技术学院学报,2025,30(01):28-34.
- [2]杨熙,包时通,陆梦希,等.基于可穿戴AR技术的变电站巡视系统的设计与实现[J].电工技术,2024,(16):91-94.DOI:10.19768/j.cnki.dgjs.2024.16.023.
- [3]邹文俊,孙晓平,杨大中.智能巡视系统在220kV智慧变电站的建设与应用[J].电工技术,2024,(08):99-102.DOI:10.19768/j.cnki.dgjs.2024.08.026.
- [4]宁先承,李佳懿.智能化时代新型数字变电站监控及巡视系统的实践及研究[J].电气技术与经济,2023,(09):180-182.
- [5]宿为,虞昶.变电站智能巡视系统检测平台的Petri网建模与设计[J].电气时代,2023,(08):76-79.
- [6]韩柳,吴聪颖,肖智宏.新型数字智能变电站监控及巡视系统应用研究[J].现代电子技术,2023,46(03):156-160.DOI:10.16652/j.issn.1004-373x.2023.03.029.
- [7]李垚,魏文震,杨增健,等.基于大数据的变电站在线智能巡视系统的研究[J].电力大数据,2022,25(11):47-55.DOI:10.19317/j.cnki.1008-083x.2022.11.006.