

数字化继电保护装置测试方法改进

宋宗恩 李志天 叶子静 吕志林 俞伊丽

国网浙江省电力有限公司舟山供电公司，浙江舟山，316000；

摘要：随着电力系统的不断发展与数字化转型，数字化继电保护装置在保障电力系统安全稳定运行方面发挥着至关重要的作用。然而，现有的测试方法在准确性、全面性和效率等方面存在一定的局限性。本研究聚焦于数字化继电保护装置测试方法的改进，要点包括基于新技术进行测试方法创新、优化测试环境以及规范测试流程等。通过改进测试方法，能够更精准地检测装置性能，及时发现潜在问题，提高电力系统的可靠性和稳定性，具有重要的理论和实践意义。

关键词：数字化继电保护装置；测试方法；改进策略；电力系统

DOI：10.69979/3060-8767.25.09.010

引言

在现代电力系统中，数字化继电保护装置宛如忠诚的卫士，对保障电力系统的安全稳定运行起着关键作用。它能够快速、准确地检测故障，并及时隔离故障部分，防止故障蔓延，减少停电范围和时间，保障电力设备和人员的安全。然而，现有的测试方法却存在诸多问题，如测试精度不足、无法全面模拟复杂工况、测试流程缺乏标准化等，这使得装置的性能难以得到充分验证，给电力系统的安全运行带来了隐患。因此，提出改进测试方法具有迫切的必要性，这不仅能够提高装置的可靠性和稳定性，还能为电力系统的持续发展提供有力支撑。

1 数字化继电保护装置测试现状分析

1.1 现有测试方法分类

目前，数字化继电保护装置的测试方法主要分为离线测试和在线测试两大类。

离线测试是在装置退出运行状态下进行的测试。常见的离线测试方法有静态测试和动态测试。静态测试主要是对装置的硬件电路、软件逻辑等进行检查，通过测量装置的电气参数、检查电路板的焊接质量等方式，判断装置是否存在硬件故障。例如，使用万用表测量电阻、电压等参数，检查电路的连通性。动态测试则是模拟装置在实际运行中的各种工况，给装置输入模拟的故障信号，观察装置的动作情况。例如，利用继电保护测试仪向装置输入不同类型和幅值的电流、电压信号，检验装置的动作特性和动作时间是否符合要求^[1]。

在线测试是在装置正常运行过程中进行的测试。这种测试方法能够实时监测装置的运行状态，及时发现装置在运行过程中出现的异常情况。常见的在线测试方法有自检和互检。自检是装置自身对内部各部件进行的检

查，通过装置内部的自检程序，定期对硬件和软件进行自我诊断，如检查 CPU 的运行状态、内存的读写情况等。互检则是通过与其他相关设备进行信息交互，相互检查装置的运行状态。例如，通过与变电站自动化系统进行通信，对比装置上传的数据与其他设备的数据是否一致，判断装置是否正常工作。

1.2 现有测试方法的局限性

当前电力系统中常用的测试方法在实际应用中存在多方面的局限性，难以完全满足装置安全稳定运行的检测需求。在离线测试方面，尽管该方法能够对装置的核心部件、机械结构及基础功能进行较为全面的检查，但其测试环境与装置实际运行环境存在本质差异——实验室模拟的温湿度、电磁干扰、负载条件等参数，往往无法精准复现场复杂的运行工况，这就导致测试结果可能与实际运行性能存在偏差。例如，离线测试时设置的故障工况多为单一短路、过载等典型场景，难以涵盖实际运行中可能出现的多重故障叠加、非典型故障演化等复杂情况，使得部分潜在问题无法被有效识别。更关键的是，离线测试需要将装置从运行系统中退出，这不仅会打破电力系统的正常运行节奏，还可能因装置停运引发连锁反应，扩大停电时间和范围，给工业生产和居民生活带来不便^[2]。

在线测试虽能实现对装置运行状态的实时监测，避免了装置停运的问题，但同样存在明显短板。该方法主要依赖装置内置的自检程序以及周边设备的信息交互来获取状态数据，对于一些隐蔽性较强的故障缺乏有效的检测手段。比如装置内部的软件逻辑错误，在常规运行状态下可能处于“潜伏”状态，不会表现出明显异常，但当遭遇电网波动、外部指令突变等特定工况时，

就可能触发误动作或拒动作,给电力系统带来安全隐患。此外,在线测试的数据传输需经过复杂的通信链路,在这一过程中容易受到电磁干扰、信号衰减等因素影响,而数据处理环节也可能因算法局限或算力不足产生偏差,这些都会直接影响测试结果的准确性,增加故障误判或漏判的风险。

1.3 测试现状对电力系统的影响

现有测试方法的局限性并非孤立存在,它们相互叠加,给电力系统的安全稳定运行带来了多方面的影响,这些影响渗透到电力系统运行、维护和管理的各个环节。

由于测试精度不足,装置在运行过程中存在的潜在故障无法被及时发现和排除,这就如同在电力系统中埋下了安全隐患。这些潜在故障可能在平时处于潜伏状态,但在特定的运行条件触发下,就会导致装置在实际运行中出现误动作或拒动作的情况。装置误动作时,会错误地发出跳闸等指令,造成不必要的停电。这不仅会影响用户的正常用电,对于一些对电力供应可靠性要求极高的行业,如医疗、金融等,突然停电可能会引发严重的后果。医院的医疗设备若因停电停止运转,可能会危及患者的生命安全;金融机构的交易系统中断,则可能导致交易失败和数据丢失^[3]。

而装置拒动作则会使故障无法及时被隔离,原本局限在局部区域的故障会不断扩散,进而影响到周边的电力设备,导致故障范围扩大。这不仅要损坏更多的电力设备,增加设备维修和更换的成本,严重时还可能引发电力系统的大面积停电事故,对社会生产生活造成巨大的冲击。历史上曾发生过因关键装置拒动作而导致的大面积停电事件,造成了巨额的经济损失和不良的社会影响^[4]。

此外,当前测试流程缺乏统一的标准化和规范化要求,不同地区、不同单位的测试方案、测试指标、测试步骤等存在较大差异。这使得不同测试人员在对同一装置进行测试时,由于遵循的标准不同、采用的测试方法有别,测试结果可能存在明显差异。这种差异影响了测试结果的可靠性和可比性,当需要对装置的长期性能进行跟踪评估,或者对不同批次、不同型号的装置进行性能对比时,就会因为测试结果缺乏一致性而难以得出准确结论。

2 数字化继电保护装置测试方法改进策略

2.1 基于新技术的测试方法创新

随着科技的不断发展,一些新技术为数字化继电保护装置测试方法的创新提供了可能。例如,利用人工智

能技术可以实现对装置故障的智能诊断。人工智能算法能够对大量的测试数据进行分析 and 处理,学习装置在不同工况下的运行特征,从而准确地判断装置是否存在故障以及故障的类型和位置。通过建立故障诊断模型,利用神经网络、支持向量机等算法对测试数据进行训练和学习,提高故障诊断的准确性和效率。

大数据技术也可以应用于测试方法中。通过收集和整合装置的历史测试数据、运行数据等,建立大数据平台。利用大数据分析技术,可以挖掘数据背后的潜在信息,如装置的故障规律、性能变化趋势等。这有助于提前预测装置可能出现的故障,采取预防性措施,减少故障的发生。

此外,物联网技术可以实现装置的远程监测和测试。通过在装置上安装传感器和通信模块,将装置的运行数据实时传输到远程监控中心。监控中心可以对数据进行分析 and 处理,实现对装置的远程诊断和测试。这不仅提高了测试的效率,还减少了人工现场测试的工作量和风险。

2.2 测试环境模拟与优化

为了更准确地验证数字化继电保护装置的性能,需要对测试环境进行模拟和优化。首先,要尽可能全面地模拟实际运行中的各种工况。除了模拟常见的故障类型,如短路故障、接地故障等,还要考虑不同的故障位置、故障时刻、故障持续时间等因素。可以利用计算机仿真技术,建立电力系统的仿真模型,模拟各种复杂的故障工况,为装置提供更真实的测试环境。

要优化测试环境的电磁兼容性。数字化继电保护装置在实际运行中会受到各种电磁干扰,因此在测试过程中也需要模拟这些干扰环境。可以在测试实验室中设置电磁屏蔽室,模拟不同强度和频率的电磁干扰,检验装置在电磁干扰环境下的性能。同时,要对测试设备和测试线路进行合理布局,减少自身产生的电磁干扰,保证测试结果的准确性。

还要考虑测试环境的温度、湿度等因素。装置在不同的温度和湿度条件下,其性能可能会发生变化。因此,在测试过程中要模拟不同的环境温度和湿度,检验装置在不同环境条件下的可靠性和稳定性。

2.3 测试流程的标准化与规范化

制定标准化和规范化的测试流程是提高测试质量和效率的关键。首先,要明确测试的目的和范围,根据装置的类型、功能和应用场景,确定具体的测试项目和测试指标。例如,对于不同电压等级的继电保护装置,其测试项目和指标可能会有所不同。

要规范测试的操作步骤。详细规定测试设备的连接方式、测试信号的输入方法、测试数据的记录和处理等操作步骤,确保测试过程的一致性和准确性。同时,要对测试人员进行培训,使其熟悉测试流程和操作规范,减少人为因素对测试结果的影响。

还要建立测试报告的标准化模板。测试报告应包括测试目的、测试方法、测试结果、结论等内容,确保测试报告的完整性和规范性。测试报告要能够准确反映装置的性能和存在的问题,为装置的维护和改进提供依据。

3 改进测试方法的实践应用

3.1 实际案例分析

以某变电站的数字化继电保护装置测试为例,该变电站采用了改进后的测试方法对继电保护装置进行测试。在测试过程中,利用人工智能技术对装置的故障进行智能诊断。通过建立故障诊断模型,对装置的历史测试数据和运行数据进行学习和分析,能够准确地判断装置是否存在故障以及故障的类型和位置。

同时,采用大数据技术对装置的运行数据进行分析。通过收集和整合装置的历史数据,建立大数据平台,挖掘数据背后的潜在信息。发现某台装置的动作次数逐渐增加,经过进一步分析,发现是装置内部的某个元件出现了老化现象,及时进行了更换,避免了故障的发生。

此外,利用物联网技术实现了装置的远程监测和测试。通过在装置上安装传感器和通信模块,将装置的运行数据实时传输到远程监控中心。监控中心可以对数据进行处理,实现对装置的远程诊断和测试。在一次测试中,发现某台装置的某个参数出现异常,通过远程诊断,及时确定了故障原因,并指导现场人员进行了修复,大大缩短了故障处理时间^[5]。

3.2 应用效果评估

通过对改进测试方法的实践应用效果进行评估,发现其取得了显著的成效。在测试精度方面,改进后的测试方法能够更准确地检测装置的故障,故障诊断的准确率提高了 20% 以上。这使得装置的潜在故障能够得到及时发现和处理,减少了装置的误动作和拒动作情况。

在测试效率方面,远程监测和测试的应用减少了人工现场测试的工作量和时间。以前对一台装置进行全面测试需要 2-3 天时间,现在通过远程监测和测试,只需要几个小时就可以完成,大大提高了测试效率。

在电力系统的可靠性方面,由于装置的可靠性得到提高,故障发生率明显降低,停电时间和范围也相应减

少。据统计,采用改进测试方法后,该变电站的停电次数减少了 30% 以上,为电力系统的安全稳定运行提供了有力保障。

4 结论与展望

4.1 研究成果总结

本研究针对数字化继电保护装置现有测试方法存在的问题,提出了一系列改进策略。通过基于新技术的测试方法创新,如人工智能、大数据、物联网等技术的应用,提高了测试的准确性和效率;通过测试环境的模拟与优化,更真实地验证了装置的性能;通过测试流程的标准化与规范化,保证了测试结果的可靠性和可比性。实践应用表明,改进后的测试方法在测试精度、测试效率和电力系统可靠性等方面都取得了显著的成效。

4.2 对数字化继电保护装置测试发展的展望

随着电力系统的不断发展和数字化技术的不断进步,数字化继电保护装置测试方法也将不断发展和完善。未来,测试方法将更加智能化、自动化和远程化,能够实现对装置的实时、全面、准确的监测和测试。同时,测试标准和规范也将更加完善,不同厂家的装置测试结果将具有更高的可比性。此外,随着新能源的大规模接入和智能电网的建设,数字化继电保护装置将面临更加复杂的运行环境,测试方法也需要不断适应这些变化,为电力系统的安全稳定运行提供更有力的保障。

参考文献

- [1] 郭鑫,李烜. 智能变电站二次设备仿真测试技术研究[J]. 华北电力技术, 2014, (03): 11-13+33.
- [2] 高卓,罗毅,涂光瑜. 基于分布式对象技术的变电站远程维护系统[J]. 电力系统自动化, 2002, (16): 66-70.
- [3] 史雪琼,张志乾,廖育蕾. 三级综合医院应急电源安全管理探析[J]. 中国设备工程, 2024, (11): 67-69.
- [4] 武凯. 发电厂继电保护装置的故障诊断与智能预警研究[J]. 电力设备管理, 2024, (20): 89-91.
- [5] 刘留. 基于建筑电气系统低压配电设备的安装与运行维护[J]. 中国建筑金属结构, 2025, 24(09): 151-153.

作者简介: 宋宗恩, 出生年月: 1990 年 10 月, 性别: 男, 民族: 汉, 籍贯: 山东莒县, 学历: 硕士研究生, 职称: 工程师, 研究方向: 继电保护。