

浅议电力系统高压电气实验

谢玉宇

中国电建集团福建工程有限公司 福建 福州 350018

摘要：高压电气设备是电力系统关键“枢纽”，高压电气实验意义重大，可保障系统安全稳定运行、确保设备正常高效运转、推动技术进步。实验类型包括绝缘、特性、型式实验。实验时，要科学选设备仪器、控制环境条件、规范操作流程。当前实验面临技术设备、安全风险、数据处理等问题，未来将向智能化、自动化、高精度方向发展。

关键词：电力系统；高压电器；实验

引言：在电力系统的庞大架构中，高压电气设备是保障电力稳定传输与分配的核心要素，其安全、可靠运行至关重要。高压电气实验作为检测与评估这些设备性能的关键手段，不仅承担着保障电力系统安全稳定运行、确保设备正常高效运转的重任，更是推动电力设备技术进步的重要驱动力。它通过绝缘实验、特性实验、型式实验等多种类型，全方位检测设备性能。然而，在实际操作中，高压电气实验也面临着技术设备更新滞后、安全风险高、数据处理难等诸多挑战。在此背景下，深入探讨高压电气实验的目的、类型、技术要点及发展趋势，具有重要的现实意义。

1 高压电气实验的目的与意义

在电力系统中，高压电气设备扮演着至关重要的角色，它们如同电力传输与分配的“枢纽”，承担着电压变换、电能分配、电路通断控制等核心功能。而高压电气实验作为保障这些设备安全、可靠运行的关键手段，具有不可替代的目的与深远的意义。

1.1 保障电力系统安全稳定运行

高压电气实验的首要目的在于确保高压电气设备符合严格的运行要求，进而保障整个电力系统的安全与稳定。电力系统是一个庞大而复杂的网络，任何一个环节出现问题都可能引发连锁反应，导致大面积停电甚至更严重的后果。高压电气设备的绝缘性能是保障其安全运行的基础。在长期运行过程中，绝缘材料会受到电场、热、机械应力以及环境因素（如湿度、灰尘等）的综合作用，逐渐出现老化、受潮等现象。这些变化会降低绝缘材料的绝缘性能，增加设备发生绝缘故障的风险。通过高压电气实验中的绝缘电阻测试、介质损耗因数测试、局部放电测试等项目，可以精确检测设备的绝缘性能，及时发现绝缘材料的老化、受潮情况以及绝缘结构中存在的缺陷，如气泡、裂纹等。一旦发现绝缘问题，能够及时采取措施进行修复或更换设备，防止因绝缘故

障导致设备击穿、短路等事故的发生，从而避免电力系统因设备故障而引发的停电事故，保障电力供应的连续性和稳定性^[1]。

1.2 确保设备正常高效运行

除了绝缘性能，高压电气设备的电气特性也直接影响着电力系统的运行效率和质量。开关设备的分合闸时间、接触电阻，变压器的变比、损耗等参数都是衡量设备性能的重要指标。例如，开关设备的分合闸时间过长或过短都可能影响电力系统的故障切除和恢复供电能力；接触电阻过大则会导致设备发热，增加电能损耗，甚至引发设备损坏。通过高压电气实验，可以对这些电气特性参数进行精确测量和评估，判断设备是否符合相关标准和设计要求。对于不符合要求的设备，可以进行调试、维修或更换，确保设备能够正常、高效地运行，提高电力系统的运行效率和电能质量。

1.3 推动电力设备技术进步

高压电气实验不仅是对现有设备的检测和评估，还为设备的设计改进和制造工艺优化提供了重要的数据支持。在实验过程中，通过对大量实验数据的分析和研究，可以发现设备在不同运行条件下的性能变化规律，找出设备存在的薄弱环节和潜在问题。这些数据和问题反馈给设备的设计和制造部门，可以为他们提供改进设计的依据，优化制造工艺，提高设备的可靠性和稳定性。例如，通过对变压器损耗实验数据的分析，可以发现变压器铁芯和绕组的设计和制造工艺中存在的问题，进而对铁芯材料、绕组结构等进行改进，降低变压器的损耗，提高其效率。同时，高压电气实验还可以促进新设备、新技术的研发和应用。在实验过程中，可以对新型设备的性能进行验证和评估，为新技术的推广应用提供实践依据，推动电力设备技术的不断进步。

2 高压电气实验的类型

2.1 绝缘实验

绝缘实验作为高压电气实验的关键构成部分,其核心使命在于精准检测设备的绝缘性能,为电力设备的安全稳定运行保驾护航。(1)绝缘实验涵盖非破坏性与破坏性两大类。非破坏性实验侧重于在不损害设备绝缘的前提下,洞察其内部状况。绝缘电阻测试是基础且重要的手段,通过精确测量设备的绝缘电阻值,能初步判断绝缘材料是否存在受潮、老化等影响绝缘性能的问题。介质损耗因数测试则更为灵敏,可有效发现绝缘内部的集中性缺陷以及整体受潮情况。局部放电测试能检测设备内部因电场集中而产生的局部放电现象,提前察觉潜在的绝缘隐患。(2)破坏性实验以耐压实验为主,像工频耐压实验、直流耐压实验等。它通过对设备施加高于额定电压的试验电压,全面考核设备绝缘承受过电压的能力,从而发现那些在正常运行电压下难以被察觉的绝缘缺陷,确保设备绝缘的可靠性。

2.2 特性实验

特性实验在高压电气设备检测领域占据关键地位,其主要作用是对设备的电气性能与机械性能展开全面且精准的检测。(1)以变压器为例,特性实验包含多项关键测试。变比测试能够严格验证变压器绕组匝数比是否与设计高度契合,这对于保障变压器电压变换功能的准确性至关重要。直流电阻测试则可细致检查绕组连接是否正确无误,及时发现有无断股等潜在问题,确保电流传输的稳定性。空载损耗和负载损耗测试能从能耗角度评估变压器的运行效率和节能性能,为优化电力传输提供数据支持。(2)对于断路器而言,特性实验同样不可或缺。分合闸时间测试、弹跳时间测试以及接触电阻测试等,可全方位确保断路器的操作性能和导电性能符合标准,使其在电力系统发生故障时,能够迅速且可靠地完成分合闸动作,切实保障电力系统的安全稳定运行^[2]。

2.3 型式实验

型式实验作为高压电气设备研发与生产流程中的关键环节,承担着对新产品或新设计设备进行全面性能验证的重要使命。(1)该实验的测试范围极为广泛,涵盖了设备在各类正常及极端工况下的性能表现。从绝缘性能方面,能精准检测设备在不同电压、湿度等条件下的绝缘状态,确保其具备可靠的绝缘能力;电气特性测试则聚焦于设备的各项电气参数,如电压、电流、功率等是否符合设计要求;机械强度测试会模拟设备在运输、安装及运行过程中可能承受的机械应力,验证其结构稳固性;环境适应性测试则考察设备在高温、低温、高海拔、腐蚀等恶劣环境下的工作性能。(2)只有当设备顺利通过型式实验,且各项性能指标均符合相关标准和技

术要求时,方可进入批量生产和投入使用阶段。型式实验为设备质量严格把关,也为技术创新提供了坚实的数据支撑,有力推动着电力设备行业整体技术水平的持续提升。

3 高压电气实验技术要点

3.1 实验设备与仪器的选择

高压电气实验的精准性与可靠性高度依赖于专业的实验设备和高精度的测量仪器,因此,科学合理地选择这些设备与仪器至关重要。(1)在选择实验设备时,需全面考量其各项参数是否契合实验需求。输出电压、电流、容量等关键参数必须严格满足实验标准,以确保实验能够按照预定方案顺利开展。同时,设备的安全性和可靠性不容忽视,这是保障实验人员人身安全和实验过程稳定进行的基础。例如,在进行耐压实验时,要根据被试设备的电压等级和容量,精准选用合适的试验变压器,避免因设备参数不匹配而引发安全事故或影响实验结果。(2)测量电气参数时,应优先挑选精度高、稳定性好的电压表、电流表、功率表等仪器。此外,还需建立完善的设备与仪器校准和维护制度,定期对其进行专业校准和细致维护,从而保证测量数据的准确性,为实验结果的可靠性提供坚实保障。

3.2 实验环境与条件控制

在高压电气实验中,实验环境和条件的精准控制是确保实验结果科学、准确的关键要素,其对实验结果有着显著且不可忽视的影响。(1)实验必须在规定的环境温度、湿度和气压条件下有序开展。不同的实验项目对环境参数极为敏感,例如绝缘电阻测试,环境湿度的变化会对其产生较大干扰。当湿度较高时,绝缘材料表面会形成一层薄薄的水膜,导致测量结果偏低,无法真实、准确地反映设备绝缘性能的实际状况。局部放电测试对电磁环境的要求近乎苛刻,强电磁干扰如同“噪声”,会干扰测试信号,使实验人员难以分辨真实的局部放电信号,进而导致误判。(2)在实验前,必须使用专业仪器对环境条件进行细致检测,并根据检测结果进行精准调整。必要时,还需采取屏蔽、隔离等有效措施,为实验营造一个稳定、良好的环境条件,确保实验结果的可靠性^[3]。

3.3 实验操作流程规范

在高压电气实验领域,规范的实验操作流程是保障实验安全推进与结果精准可靠的核心要素。(1)实验开展前,细致入微的设备检查必不可少。要全面审视设备连接是否正确无误,确保接地系统良好,为实验筑牢安全根基。同时,依据既定的实验方案,精准设置各项实

验参数,明确每一步实验步骤以及关键注意事项,做到心中有数。(2)实验进行中,实验人员需保持高度专注,密切留意设备运行状态和测量数据的动态变化。一旦发现异常情况,应立即停止实验,迅速展开深入分析并妥善处理,防止问题扩大化。(3)实验结束后,同样不能松懈。要按照规范对设备进行充分放电、复位等操作,认真整理实验数据,以严谨的态度撰写实验报告。整个实验过程,每个环节都务必严格遵循操作规程,杜绝因操作不当引发安全事故或造成实验结果失真。

4 高压电气实验面临的问题与发展趋势

4.1 面临的问题

高压电气实验在实际推进过程中,面临着诸多复杂且严峻的挑战。(1)从技术设备层面来看,伴随电力设备电压等级持续攀升、结构愈发复杂,对实验技术和设备的要求也水涨船高。现有的实验方法和设备在应对新型设备测试需求时,逐渐显得力不从心。以特高压设备为例,其绝缘测试需要具备更高电压等级和更大容量的试验设备,同时还得依赖更先进的测试技术,才能精准获取设备的绝缘性能数据,而目前相关技术和设备的更新换代速度难以完全匹配新型设备的发展。(2)安全风险始终是高压电气实验中不容小觑的关键问题。实验过程中涉及高电压、大电流操作,一旦安全措施落实不到位,就极易引发触电、设备损坏等严重事故,不仅威胁实验人员的生命安全,还会造成设备财产的重大损失。

(3)实验数据的分析和处理也面临着较大困难。实验会产生大量复杂的数据,如何从这些繁杂的数据中精准提取有效信息,并据此准确判断设备的运行状态,是当前亟待解决的重要问题,这关系到能否及时发现设备潜在隐患,保障电力系统的稳定运行。

4.2 发展趋势

展望未来,高压电气实验将沿着智能化、自动化、高精度的路径稳步迈进。(1)智能化技术将成为推动实验变革的关键力量。借助人工智能算法,在实验数据处理和设备故障诊断领域大展身手。通过对海量实验数据的深度学习与分析,能够快速挖掘数据背后的规律,实

现对设备故障的智能预测,极大提升实验效率和诊断的精准度,让设备隐患无所遁形。(2)自动化实验系统也将成为主流。它可实现实验过程的自动精准控制,从实验参数的设定到实验步骤的执行,全程无需人工过多干预。同时,自动采集和分析实验数据,有效减少人工操作带来的误差,提高实验的可靠性和重复性,确保每次实验结果都能真实反映设备性能。(3)随着传感器技术和测量技术的持续革新,实验设备的精度将迈向新高度。能够敏锐捕捉设备的微小缺陷和性能细微变化,为电力设备的状态评估和寿命预测提供更为可靠、精准的数据支撑。(4)高压电气实验将紧密贴合电力系统实际运行需求,加大在线监测和带电检测技术研究力度,实现对设备运行状态的实时、动态监测与评估,为电力系统的安全稳定运行筑牢坚实防线^[4]。

结束语

高压电气实验作为保障电力系统稳定运行的基石,在设备检测、性能评估和技术推进等方面发挥着不可替代的作用。面对电力设备技术升级带来的挑战,以及实验过程中存在的安全风险与数据处理难题,行业正积极寻求突破。未来,随着智能化、自动化技术的深度融合,以及高精度实验设备的广泛应用,高压电气实验将实现更高效、精准的检测与诊断。同时,在线监测和带电检测技术的推广,将进一步提升电力系统的实时监控能力,为电力设备的安全运行提供更为坚实的保障。高压电气实验将持续创新发展,为电力行业的蓬勃进步注入强劲动力。

参考文献

- [1]张辉.高压电气试验中的风险因素分析[J].集成电路应用,2022,39(11):214-215.
- [2]孙洋.电力系统中高压电气试验的分析[J].中国设备工程,2022(1):233-234.
- [3]曲英见.电气试验工程安全技术检测方法研究[J].工程建设与设计,2020(14):83-84.
- [4]许亮.高压电气试验的危险点及控制措施探究[J].现代制造技术与装备,2021,57(12):157-159.