

电力系统中高压电气试验要点研究

蒋明宏 李慧光

内蒙古电力(集团)有限责任公司阿拉善供电分公司

DOI:10.12238/etd.v6i8.17122

[摘要] 本文聚焦电力系统高压电气试验,阐述其基础理论,涵盖分类、原理与标准依据。分析该试验在检测绝缘缺陷、保障系统安全、提高设备可靠性等方面的关键作用。探讨试验前准备、过程操作及试验后分析等关键技术要点,并提出安全风险防控、流程优化及人员培训等管理与优化策略,旨在为电力系统高压电气试验提供全面指导,提升试验质量与安全性。

[关键词] 电力系统; 高压电气试验; 绝缘性能; 安全规范

中图分类号: TM835 **文献标识码:** A

Research on Key Points of High-Voltage Electrical Tests in Power Systems

Minghong Jiang Huiguang Li

Inner Mongolia Electric Power (Group) Co., Ltd., Alxa Power Supply Branch

[Abstract] This paper focuses on high-voltage electrical tests in power systems, elaborating on their fundamental theories, including classifications, principles, and standard references. It analyzes the critical role of these tests in detecting insulation defects, ensuring system safety, and improving equipment reliability. Key technical aspects such as pre-test preparations, operational procedures, and post-test analysis are discussed. Management and optimization strategies, including safety risk prevention, process optimization, and personnel training, are proposed. The study aims to provide comprehensive guidance for high-voltage electrical tests in power systems, enhancing test quality and safety.

[Key words] Power System; High-Voltage Electrical Tests; Insulation Performance; Safety Regulations

引言

在电力系统中,高压电气设备稳定运行至关重要。高压电气试验作为检测设备性能、保障系统安全的关键手段,能精准发现设备绝缘缺陷,提前预防故障,降低停电风险。然而,试验涉及高电压、大电流,操作复杂且安全风险高。深入研究高压电气试验要点,掌握关键技术与安全管理策略,对提升试验效率、保障人员与设备安全、推动电力系统稳定运行具有重大现实意义。

1 高压电气试验基础理论

1.1 高压电气试验分类

高压电气试验分类依据试验目的、条件和对象呈现多元化特征。按试验目的可分为绝缘试验和特性试验,绝缘试验聚焦设备绝缘性能检测,涵盖绝缘电阻测试、耐压试验等,直接关系到设备绝缘可靠性;特性试验侧重设备电气性能参数测量,如变压器变比试验、断路器分合闸时间测试等,为设备运行参数调整提供依据。按试验环境可分为现场试验和实验室试验,现场试验在设备安装运行场景下开展,更贴合实际运行工况,需应对复杂环境干扰;实验室试验在标准环境中进行,测试精度更高,多用于设备出厂检验或科研攻关^[1]。按试验电压性质可分为交流高压试

验、直流高压试验和冲击高压试验,交流试验模拟设备正常运行电压工况,直流试验适用于电缆、电容器等容性设备绝缘测试,冲击试验则模拟雷电或操作过电压场景,全面覆盖设备可能面临的电压环境。

1.2 试验原理与标准依据

高压电气试验原理基于电气设备在不同工况下的电物理特性,通过施加特定电压、电流信号,监测设备响应参数实现性能评估。绝缘试验原理核心是利用绝缘材料在缺陷存在时的导电、极化等特性变化,如绝缘电阻测试通过测量泄漏电流与施加电压的比值,反映绝缘整体状况;耐压试验通过施加高于额定电压的试验电压,检验绝缘耐受过电压的能力。特性试验原理则依据设备电气结构和工作机制,如变压器直流电阻测试利用欧姆定律,通过测量绕组电阻判断绕组连接可靠性和匝间短路情况。试验标准依据涵盖国家标准、行业标准和国际标准,国家标准如《高压电气设备绝缘试验规程》明确试验项目和技术要求;行业标准如电力行业标准细化现场试验操作规范;国际标准如IEC相关标准为进出口设备试验提供依据,各类标准共同保障试验结果的准确性和权威性。

2 高压电气试验在电力系统中的作用

2.1 可检测电气设备绝缘缺陷

高压电气试验通过精准检测手段,能有效发现电气设备绝缘存在的各类缺陷,为设备维护提供精准依据。设备在制造、运输、安装及运行过程中,可能因材料老化、机械损伤、潮湿污染等因素产生绝缘缺陷,这些缺陷初期可能不明显,但长期运行后会逐步发展,引发绝缘击穿故障。通过绝缘电阻测试可发现绝缘整体受潮、老化等普遍性缺陷;通过直流泄漏试验能检测出绝缘内部的集中性缺陷,如绝缘破损、局部碳化等;通过局部放电试验可捕捉绝缘内部微小空隙、气泡等隐性缺陷,这些缺陷在正常运行电压下可能不表现出明显故障,但在过电压作用下易引发绝缘击穿。通过耐压试验可检验绝缘在极限电压下的耐受能力,排查出潜在的绝缘薄弱环节。及时检测出这些缺陷,能避免缺陷进一步发展,防止设备在运行中突然损坏,为设备绝缘修复提供明确方向,从源头减少绝缘故障发生概率。

2.2 保障电力系统安全运行

高压电气试验是保障电力系统安全运行的关键环节,直接关系到电网供电的连续性和稳定性。电力系统由发电机、变压器、断路器、电缆等众多高压电气设备组成,任一设备发生故障都可能引发连锁反应,导致大面积停电事故,造成严重经济损失和社会影响。通过定期开展高压电气试验,可全面掌握设备运行状态,及时发现设备存在的性能隐患,提前采取维护或更换措施,避免设备在运行中突发故障^[2]。同时,在新设备投运前开展交接试验,可验证设备质量是否符合要求,防止不合格设备接入系统;在设备大修后开展试验,可检验大修效果,确保设备恢复正常性能,为电力系统安全稳定运行筑牢防线。

2.3 提高设备可靠性和延长使用寿命

高压电气试验通过科学评估设备性能、精准把控维护时机,有效提高设备可靠性并延长使用寿命。设备可靠性直接取决于其性能状态,通过定期试验可全面监测设备电气参数变化趋势,如变压器的直流电阻、介损值等,根据参数变化规律判断设备老化程度和性能衰减情况,为制定个性化维护方案提供数据支撑,避免盲目维护或过度维护。针对试验中发现的轻微缺陷,及时采取绝缘补强、清洁干燥等处理措施,可防止缺陷进一步恶化,恢复设备性能,避免因小缺陷发展导致设备提前报废。例如,对电缆开展局部放电试验发现轻微局部放电后,通过屏蔽处理或绝缘修复,可使电缆恢复正常性能,延长使用寿命。试验数据可为设备全生命周期管理提供依据,通过分析不同运行环境、运行年限下的试验数据,优化设备运行参数,合理安排设备检修周期,使设备始终处于最佳运行状态,最大限度发挥设备效能,降低设备更换成本,提高电力企业经济效益。

3 高压电气试验关键技术要点

3.1 试验前准备要点

高压电气试验前准备工作是确保试验安全和结果准确的基础,需从设备、环境、人员三方面全面开展。设备准备方面,需核查试验设备与仪器的检定证书,确保在检定有效期内,对高压

试验变压器、绝缘电阻表等关键设备进行空载调试,检查输出电压、电流是否稳定,连接线路需采用符合绝缘要求的导线,按电路图规范连接,完成后反复核查接线正确性,防止错接、漏接。环境准备方面,需清理试验现场杂物,划分安全隔离区域并设置警示标识,检查现场温度、湿度,确保温度在10-35℃、相对湿度不超过80%,若湿度超标需采取除湿措施,避免潮湿影响绝缘测试结果,同时排查现场电磁干扰源,如附近运行的大功率设备,必要时采取屏蔽措施。人员准备方面,试验人员需熟悉试验方案和安全操作规程,明确分工,如指定专人负责接线、操作设备、记录数据,开展安全技术交底,强调试验中的危险点及防控措施,检查人员防护用品,如绝缘手套、绝缘靴、安全帽等是否完好,确保人员具备相应操作资质和应急处置能力。

3.2 试验过程操作要点

高压电气试验过程操作需严格遵循规范,把控关键环节,确保试验安全和数据准确。试验开始前,需再次检查接线正确性和设备状态,确认安全措施到位,通知现场无关人员撤离,得到负责人指令后开始操作。施加电压时需循序渐进,采用分级升压方式,每升高一级电压停留一定时间,观察设备有无异常声响、冒烟、放电等现象,同时监测试验数据变化,若出现数据突变或设备异常,立即降压并切断电源,排查故障原因^[3]。不同试验项目有特定操作要求,如绝缘电阻测试时,需先对设备充分放电,待设备对地放电完毕后再连接测试线,测试过程中保持测试线稳定,避免接触不良影响数据;耐压试验时,需严格控制升压速度和持续时间,达到试验电压后保持规定时间,期间密切监测泄漏电流,若泄漏电流突然增大,立即停止试验。试验过程中需实时记录试验数据,包括试验电压、电流、环境参数等,记录数据需准确、清晰,对异常数据标注说明,同时安排专人监护现场安全,严禁无关人员进入试验区域,确保试验过程万无一失。

3.3 试验后分析要点

高压电气试验后分析是判断设备性能状态的关键环节,需采用科学方法对试验数据进行全面分析,得出准确结论。首先进行数据整理,将试验记录的原始数据按规范格式整理,核对数据完整性和准确性,剔除因操作失误或干扰导致的异常数据,补充必要的环境参数说明,如试验时的温度、湿度,为后续分析提供可靠依据。数据对比分析是核心步骤,需将本次试验数据与设备出厂试验数据、历史试验数据进行纵向对比,分析参数变化趋势,判断设备性能是否呈现衰减或异常;同时与同类型、同运行年限设备的试验数据进行横向对比,排查设备是否存在个性化缺陷。针对不同试验项目采用专项分析方法,如绝缘电阻测试数据需结合环境湿度、温度进行修正后再分析,判断绝缘电阻是否符合标准要求;油中溶解气体色谱分析需通过特征气体含量及产气速率,判断变压器内部是否存在故障及故障类型。最后形成分析报告,明确设备性能状态评估结果,对存在缺陷的设备提出具体处理建议,如继续运行监测、停电检修或更换,为设备后续运维提供明确指导。

4 高压电气试验安全管理与优化策略

4.1 安全风险识别与防控

高压电气试验涉及高电压、大电流,安全风险突出,需全面识别风险并采取针对性防控措施。风险识别需覆盖试验全流程,试验前风险包括设备未检定、接线错误、防护用品破损、现场环境存在导电杂物等;试验过程风险包括升压过快导致设备击穿、人员误碰高压接线、电磁辐射伤害等;试验后风险包括设备残余电荷未释放、试验设备未及时断电等。另外,还需识别人员风险,如操作人员技能不足、安全意识薄弱导致误操作。风险防控措施需精准落地,设备方面,定期对试验设备进行检定和维护,确保性能完好,接线完成后执行双人核查制度;人员方面,严格执行持证上岗制度,试验前开展安全培训和技术交底,明确危险点及防控措施;现场管理方面,划分清晰的安全隔离区域,设置醒目的警示标识,配备充足的绝缘防护用品和应急救援设备。试验过程中执行监护制度,专人监护操作过程和现场安全,试验结束后对设备充分放电,切断电源并整理现场,形成闭环管理。

4.2 试验流程优化建议

高压电气试验流程优化可提升试验效率和质量,需从流程简化、技术升级、管理强化三方面入手。流程简化方面,梳理现有试验流程,剔除重复环节,如将设备信息核查与试验方案确认合并进行,提前制定标准化试验模板,明确各环节操作要求和时间节点,减少人为因素导致的流程延误。技术升级方面,引入智能化试验设备和数据管理系统,如采用全自动高压试验装置,实现电压调节、数据采集自动化,降低人工操作强度;搭建试验数据共享平台,实现试验数据实时上传、查询和分析,避免数据重复录入和丢失。管理强化方面,推行试验流程标准化管理,制定统一的试验操作规范和质量评价标准,建立流程节点考核机制,对试验各环节完成情况进行监督考核,确保流程执行到位。建立试验计划与设备运维计划协同机制,根据设备运行状态和检修计划合理安排试验时间,避免重复停电,提高试验与运维工作的协同效率,实现试验资源优化配置。

4.3 人员培训与技能提升

高压电气试验人员的技能水平直接影响试验质量和安全,需构建系统化培训体系提升人员综合素质。培训内容需兼顾理论知识 and 实操技能,理论培训涵盖高压电气试验基础理论、试验原理、标准规范、安全法律法规等,确保人员掌握试验核心理论;实操培训聚焦各类试验设备操作、接线方法、故障排查等,设置模拟试验场景,如模拟设备绝缘击穿故障处理、接线错误纠正等,提升人员实操能力^[4]。培训方式需多样化,采用集中授课、现场实操、案例分析、技能竞赛等多种形式,邀请行业专家开展专题讲座,分享试验经验和典型案例;组织人员参与设备厂家技术培训,熟悉新型试验设备操作方法。建立技能提升长效机制,实行师徒结对制度,由经验丰富的老员工带教新员工,加速新员工成长;定期开展技能考核,将考核结果与绩效挂钩,激发人员学习积极性。同时,鼓励人员参与行业技能认证和技术交流活动,了解行业最新技术动态,拓宽知识视野,打造一支理论扎实、技能过硬的试验人员队伍。

5 结束语

高压电气试验是电力系统安全稳定运行的“守护者”。通过明确试验要点、优化流程、强化安全管理与人员培训,可提升试验质量与安全性。未来,随着技术发展,高压电气试验将更趋智能化、自动化。电力企业需持续探索创新,完善试验体系,培养高素质人才,为电力系统安全可靠运行提供坚实保障,助力电力行业高质量发展。

[参考文献]

- [1]苏海艳.电力系统中高压电气试验要点研究[J].科技资讯,2025,23(4):108-110.
- [2]高心怡.电力系统高压电气试验技术要点探究[J].电工技术,2024(z1):137-139.
- [3]牛亮,杜新决,梁鹏飞.电力系统中的高压电气试验研究[J].自动化应用,2024,65(z1):1-3.
- [4]左曦.电力变压器电气高压试验的技术要点分析[J].百科论坛电子杂志,2020(12):1720-1721.