

220kV及以下变电设备高压电气试验危险性研究

王智峰

内蒙古电力集团有限责任公司呼和浩特供电分公司 内蒙古 呼和浩特 010010

摘要: 文章深入探讨了220kV及以下变电设备高压电气试验危险性研究。阐述试验目的、常见类型与操作规范,深入分析触电、意外事故、技术问题及设备环境因素导致的危险,并针对性提出加强人员培训管理、完善安全制度、优化设备场地管理及制定风险预案等防范策略。结合实际事故案例,揭示危险根源与防范要点,为保障变电设备试验安全、提升电力系统运行可靠性提供理论与实践参考。

关键词: 变电设备; 高压电气试验; 危险性分析

1 220kV及以下变电设备高压电气试验概述

1.1 试验目的与重要性

在电力系统中,220kV及以下变电设备作为电能传输与分配的关键枢纽,其运行状态直接影响着整个电网的安全与稳定。高压电气试验作为保障变电设备可靠运行的核心技术手段,通过模拟设备在实际运行中的电气环境,对设备的绝缘性能、导电性能、机械性能等进行全面检测,及时发现潜在缺陷与故障隐患,有效避免设备故障引发的停电事故,减少经济损失。一方面,高压电气试验能够在设备投入运行前,对其制造质量进行严格把关,确保新设备符合设计标准与运行要求;另一方面,通过对在运设备开展定期试验,可掌握设备的老化程度与性能变化趋势,为设备检修、维护及更新提供科学依据。另外,在设备故障修复后,试验能够验证维修效果,保证设备恢复至正常运行状态。可以说,高压电气试验是电力系统安全防线的重要组成部分,对提升供电可靠性、保障电力系统安全稳定运行具有不可替代的重要意义。

1.2 常见试验类型

220kV及以下变电设备高压电气试验类型多样,涉及设备绝缘性能、导电性能、机械特性等多个维度检测^[1]。绝缘试验是基础,包括绝缘电阻测试、介质损耗因数测试、交直流耐压试验。绝缘电阻测试通过测量电阻值,初步判断绝缘受潮、老化情况;介质损耗因数测试能精准检测绝缘内部缺陷并量化劣化程度;交直流耐压试验则通过施加高于额定电压,检验绝缘在高电压下的耐受能力,发现潜在薄弱点。导电性能试验旨在检测导电回路完整性与接触性能,常见的回路电阻测试可发现连接部位接触不良,避免因电阻过大引发发热、烧毁;直流电阻测试用于检测绕组、电缆等部件电阻值,判断是否存在断线、短路缺陷。机械特性试验针对断路器、隔离

开关,通过分合闸时间、速度、同期性等测试,评估设备机械操作性能,确保分合闸动作准确可靠。另外,局部放电试验、气体分析试验等从不同角度监测设备运行状态,为设备健康评估提供多维度数据支撑。

1.3 试验流程与操作规范

220kV及以下变电设备高压电气试验有着严谨的流程与严格的操作规范,以确保试验结果的准确性与试验过程的安全性。试验前,需制定详细的试验方案,明确试验项目、试验方法、使用设备及人员分工等。同时对试验设备进行全面检查与校准,确保其性能良好、精度符合要求;对被试设备进行停电、验电、接地等安全措施,做好试验现场的隔离与警示工作,防止无关人员误入试验区域。试验过程中,严格按照试验方案与操作规程进行操作。操作人员需穿戴好绝缘防护用具,保持与带电部位的安全距离。在施加高电压前,再次确认试验接线正确、设备状态正常;试验过程中,密切观察试验数据与设备状态,如发现异常情况,立即停止试验,进行分析处理。试验结束后,对被试设备进行充分放电,拆除试验接线,清理试验现场。对试验数据进行整理、分析,出具详细的试验报告,记录试验结果、发现的问题及处理建议等。

2 变电设备高压电气试验危险性分析

2.1 触电危险

在220kV及以下变电设备高压电气试验中,触电危险是最为直接且严重的风险之一。试验过程中,需要对设备施加高电压,若操作人员安全意识不足、防护措施不到位,极易发生触电事故。例如,在试验接线或拆线过程中,未对设备进行充分放电,残留电荷可能导致触电;在试验现场未设置有效隔离与警示标识,无关人员误入试验区域,接触到带电设备;操作人员未正确穿戴绝缘防护用具,或防护用具存在缺陷,无法起到有效防

护作用；在试验过程中，因操作失误导致身体接触到带电部位等情况，都可能引发触电事故，对操作人员的生命安全造成严重威胁。

2.2 意外事故危险

除触电危险外，变电设备高压电气试验还存在多种意外事故风险。在试验过程中，部分设备可能因内部缺陷、过电压等原因发生爆炸、起火等事故。例如，变压器、电容器等设备在绝缘击穿后，可能引发内部电弧放电，导致设备爆炸，产生高温、高压气体和碎片，对周围人员和设备造成严重伤害；试验过程中使用的易燃易爆气体，如六氟化硫（SF₆）气体，若发生泄漏且遇到火源，可能引发爆炸事故。在搬运、安装试验设备过程中，由于设备体积大、重量重，若操作不当，可能导致设备倾倒、坠落，砸伤操作人员或损坏设备。

2.3 技术问题导致的危险

技术问题也是变电设备高压电气试验中不容忽视的危险因素。试验方法选择不当、试验参数设置错误，可能导致无法准确检测设备缺陷，甚至对设备造成损坏。例如，在进行交流耐压试验时，若试验电压过高、时间过长，可能会加速设备绝缘老化，缩短设备使用寿命；若试验电压过低、时间过短，则无法有效发现绝缘缺陷，给设备运行留下安全隐患。试验设备故障、测量仪器误差过大等问题，会导致试验数据不准确，影响对设备状态的判断，进而做出错误的设备维护决策，增加设备运行风险^[2]。

2.4 试验设备与环境因素导致的危险

试验设备自身的缺陷与环境因素也会给试验带来危险。部分试验设备长期使用后，存在绝缘老化、部件损坏等问题，若未及时进行维护与检修，在试验过程中可能发生设备故障，引发安全事故。环境因素方面，潮湿的环境会降低设备绝缘性能，增加触电风险；高温、大风等恶劣天气条件，可能影响试验设备的正常运行，甚至导致设备倾倒、损坏；试验场地空间狭小、通风不良，会影响操作人员的操作视野与活动范围，同时不利于试验过程中产生的有害气体扩散，对操作人员健康造成危害。

3 变电设备高压电气试验危险性防范策略

3.1 加强人员培训与管理

加强人员培训与管理是降低变电设备高压电气试验危险性的关键举措。一方面，要定期组织试验人员参加专业技能培训，内容涵盖试验原理、试验方法、操作规程、安全知识等方面，通过理论教学、实际操作演练、案例分析等多种形式，不断提升试验人员的专业技术水

平与安全操作能力。培训结束后，需进行严格考核，确保试验人员熟练掌握相关知识与技能，具备上岗资格。另一方面，要建立完善的人员管理制度，明确试验人员的岗位职责与操作规范，加强对试验过程的监督与管理。对违规操作行为进行严肃处理，强化试验人员的安全责任意识。同时，关注试验人员的心理健康与身体状况，避免因疲劳、情绪波动等因素影响试验操作安全。鼓励试验人员积极参与技术交流与创新活动，及时了解行业新技术、新方法，不断提高试验工作质量与效率。

3.2 完善试验安全管理制度

完善的试验安全管理制度是保障试验安全的重要保障，需从多个维度构建严密的制度体系。在制定试验安全操作规程时，应针对不同类型的变电设备试验，详细规定试验前准备阶段的设备状态检查、环境条件确认、防护用具配备等要求；试验过程中，对高电压施加、数据监测、异常情况处理等操作步骤制定标准化流程；试验后收尾环节，明确设备放电、接线拆除、场地清理的具体规范，确保试验人员在各个环节都有清晰的操作指引。建立试验设备管理制度时，从采购环节就需严格把关，依据设备技术参数和使用需求，选择质量可靠、符合安全标准的试验设备。验收阶段，组织专业人员对设备性能、配件完整性进行全面检测，杜绝不合格设备进入试验流程。在设备使用、维护与校准过程中，建立设备运行档案，详细记录使用时间、维护情况和校准数据，通过定期检查与预防性维护，及时发现并处理设备老化、部件损坏等缺陷，保障设备始终处于良好运行状态。安全责任制度的建立，要明确试验项目负责人的统筹协调职责、操作人员的规范操作责任以及安全监督人员的现场监督义务，将安全责任细化到每个岗位、每位人员^[1]。在试验现场管理方面，严格执行工作票制度、操作票制度，对试验区域进行物理隔离，设置醒目的警示标识，并配备齐全的防护用具和应急救援设备。同时，定期开展安全检查与隐患排查工作，对发现的问题建立整改台账，明确整改责任人与整改期限，通过跟踪复查确保隐患彻底消除，切实筑牢试验安全防线，为变电设备高压电气试验的顺利开展提供坚实的制度保障。

3.3 优化试验设备与场地管理

优化试验设备与场地管理有助于降低试验过程中的安全风险。在设备管理方面，要根据试验需求，选用性能优良、安全可靠的试验设备，并定期对设备进行更新换代。建立设备档案，详细记录设备的基本信息、使用情况、维护记录、故障处理情况等，为设备管理与维护提供依据。加强对试验设备的日常维护与保养，定期对

设备进行校准与检测,确保设备测量精度与性能符合要求。在场地管理方面,要合理规划试验场地,确保试验场地宽敞、通风良好、光线充足,满足试验设备安装、操作与人员活动的需求。对试验场地进行安全评估,设置完善的安全防护设施,如围栏、警示标识、消防器材等。定期对试验场地进行清洁与整理,保持场地整洁有序,避免因杂物堆积影响试验操作与人员安全。同时要根据不同试验项目的特点,对试验场地进行针对性的改造与优化,提高试验场地的适用性与安全性。

3.4 风险评估与应急预案制定

开展风险评估与制定应急预案是应对试验危险性的重要手段。在试验前,要组织专业人员对试验项目进行全面的风险评估,识别试验过程中可能存在的危险因素,分析危险因素的危害程度与发生概率,制定相应的风险控制措施。风险评估内容应包括试验设备风险、试验环境风险、人员操作风险等方面,确保风险评估全面、准确、有效。根据风险评估结果,制定完善的应急预案。应急预案应明确应急组织机构与人员职责、应急响应程序、应急处置措施、应急物资储备等内容,确保在发生安全事故时,能够迅速、有效地开展应急救援工作,最大限度地减少人员伤亡与财产损失。定期对应急预案进行演练与修订,检验应急预案的可行性与有效性,根据演练情况及时调整、完善应急预案,提高应急处置能力。

4 220kV 及以下变电设备试验危险性实例分析

实例一:某变电站断路器交流耐压试验触电事故

在某220kV变电站进行断路器交流耐压试验时,试验人员在完成试验后,未对断路器进行充分放电,便开始拆除试验接线。由于断路器内部残留电荷,导致一名试验人员触电,造成手部灼伤。经调查分析,事故原因主要包括试验人员安全意识淡薄,未严格遵守试验操作规程;现场安全监督不到位,未能及时发现并纠正试验人员的违规操作行为;试验前对试验人员的安全教育与培训不足,导致试验人员对放电操作的重要性认识不足。此次事故提醒我们,必须加强对试验人员的安全教育与培训,强化安全操作规程的执行力度,同时完善现场安全监督机制,确保试验过程安全规范。

实例二:变压器直流电阻测试设备故障引发火灾事故

在对某110kV变电站变压器进行直流电阻测试时,由于测试设备内部线路老化、短路,引发设备起火,火势迅速蔓延,对变压器及周边设备造成严重损坏。事故发生后,经调查发现,该测试设备已使用多年,未按照规定进行定期维护与检修,设备存在严重安全隐患^[4]。试验现场消防设施配备不足,未能在火灾初期及时进行有效扑救。此次事故表明,加强试验设备的维护管理至关重要,同时要完善试验现场的消防设施配置,定期组织消防演练,提高应对火灾事故的能力。

实例三:试验参数设置错误导致设备损坏

在对某35kV电容器进行交流耐压试验时,试验人员错误地将试验电压设置为额定电压的2倍,且试验时间过长,导致电容器绝缘击穿,设备损坏。经分析,事故原因是试验人员对试验标准掌握不熟练,试验方案审核不严格,未能及时发现试验参数设置错误。这一实例说明,必须加强对试验人员的专业技能培训,提高试验方案的编制与审核质量,确保试验参数设置准确合理,避免因技术问题对设备造成损坏。

结束语

综上所述,220kV及以下变电设备高压电气试验危险性研究意义重大。通过系统分析试验风险并提出防范策略,能有效降低事故发生率,保障人员安全与设备稳定运行。未来,随着电力技术发展,需持续关注新设备、新技术带来的风险变化,不断优化试验安全管理体系,以适应电力系统日益增长的安全需求,推动电力行业高质量发展。

参考文献

- [1]刘源.电气设备高压电气交接试验方法[J].电气设备,2021(5):117-119.
- [2]于鑫龙.变电站高压电气试验设备现状及技术改进分析[J].工业c,2021(25):160.
- [3]魏巍.变电设备高压电气试验危险性探讨[J].电气技术与经济,2024,(04):377-379.
- [4]韩昊.220kV及以下变电设备高压电气试验危险性分析[J].大众用电,2023,38(08):47-48.