

# 电力变压器高压试验技术及故障处理措施

刘 钦

华电呼图壁能源有限公司 新疆昌吉 831200

**摘 要：**电力变压器是电力系统的重要装置，电力变压器性能稳定与否直接影响着电网是否能够安全运行。电力系统中变压器既担负电压变换作用又担负电能传输与分配任务。所以保证变压器运行的可靠性和其运行安全是非常关键。高压试验技术是对变压器性能及绝缘状态进行测试的一种重要方法，它可以及时发现设备可能存在的隐患与故障，防止事故发生。随着电力系统规模的扩大，电网对于变压器性能的要求也在不断提高，因此故障处理与防范工作变得更加重要。文章将就电力变压器高压试验技术及故障处理措施展开深入探究，希望对相关人员提供参考。

**关键词：**电力变压器；高压试验技术；故障处理

## 一、相关理论基础

### (一) 电力变压器概述

电力变压器主要作用就是实现电力输送时高压与低压的切换，适应不同电网及用电设备对电力的要求。电力变压器一般包括铁芯、绕组、油箱以及冷却装置，它的铁芯一般为硅钢片材质，有很高的磁导率来降低磁滞损耗以及涡流损耗。绕组是由具有高导电性的铜或铝制成的，它通过比较初级和次级绕组的匝数来确定变压器的电压转换比例，进而实现从高压电到低压电的转换或反向转换。典型电力变压器的工作电压等级可达110kV，220kV，甚至更高。

电力变压器能否正常工作，受其绝缘系统、冷却系统等性能的影响较大。绝缘油和纸的介电常数及击穿电压是变压器绝缘性能好坏的关键指标，其介电常数一般为2.2~2.4，击穿电压可达到30kV/mm。冷却系统一般靠油循环或者风冷来使绕组及铁芯保持合适温度以防过热而损坏。变压器长时间运行面临着绕组短路，铁芯磁饱和和绝缘老化等诸多故障的风险，从而影响电网的稳定运行。正因为如此，对电力变压器进行检修与检测就变得非常重要，保证变压器在各种负载与环境情况下可靠与安全，从而保证电力系统能够连续运行。

### (二) 高压试验技术概述

高压试验技术对电力变压器绝缘性能及电气可靠性进行评估具有重要意义，它主要是通过通过对变压器实际工作时高压情况下反应进行仿真，从而发现变压器可能存在绝缘缺陷及故障风险。这类测试一般包括直流耐压、交流耐压、局部放电检测和绝缘电阻测试，涵盖变压器

绝缘状态评估的不同等级。高压试验时，通常采用直流耐压试验来对变压器绕组整体绝缘强度进行考核，试验电压通常为设备额定电压2~3倍以保证设备能够保持恶劣工况下的安全运行。但交流耐压试验重点是检测变压器绕组与接地之间的绝缘状况，以考核变压器是否能经受住长时间工作时工频电压的考验。

局部放电试验是通过对电气设备内局部电荷运动进行监测，从而探测绝缘系统局部劣化状况，尤其是对局部绝缘破损进行早期探测。它的检测灵敏度一般要求在pC级别以上，以保证对于细小绝缘缺陷具有充分的检测能力。通过对变压器油中的微量气体进行油中气体色谱分析，我们能够间接地判断绝缘故障的严重性，并据此预测变压器内部可能出现的电弧或过热问题。如GB/T 1094、IEC 60076等高压试验的技术规范，确保了试验过程的标准化和测试结果的信赖度。

## 二、电力变压器的常见高压试验技术

### (一) 直流耐压试验

直流耐压试验被认为是评估电力变压器绝缘特性的核心技术，特别是在监测变压器绕组以及绝缘系统的总体健康状态方面表现出色。在实验中，通过施加高于变压器规定电压的直流电压，通常是额定电压的2到3倍，并持续一段时间，目的是观察绝缘系统在高压环境下的承受能力。变压器运行时绝缘系统受到不同电压应力作用，特别是高电压时绝缘材料介电性能由于老化、湿气或者机械损伤可能下降，通过直流耐压试验，可以有效地模拟这些场景，并助力于识别可能存在的风险。

在此实验中，变压器绕组向大地或者绕组之间施加

直流电压可以激励绝缘材料产生漏电流，一般采用监测电流的变化情况来进行绝缘状态分析。如果在测试过程中漏电流会逐渐变大，甚至到了既定的安全限值时，这就可能表示绝缘材料内出现了局部击穿、裂纹等缺陷。直流耐压试验结果可提供有助于判断变压器能否持续安全工作的重要诊断信息。按标准规范要求，试品在测试完成后需要放电一段时间才能排除残余电荷并保证操作人员及设备安全。直流耐压试验具有高灵敏度、高绝缘检测能力等特点，在评价变压器绝缘性能时必不可少，对于确保设备的长期、稳定运行有着重要作用。

### （二）交流耐压试验

交流耐压试验作为电力变压器绝缘性能测试的一种重要手段，其主要应用于考核变压器绕组在大地和相间绝缘情况。此项实验模拟了变压器在极端环境下的电压承载能力，通过施加远超过其额定电压的工频交流电压，通常是额定电压的1.5到2倍，历时一段时间，一般约一分钟，检查它是否能抵抗工作中的过电压。交流耐压试验能有效地检测绝缘材料局部缺陷、受潮情况和机械损伤等，特别适合于绕组对地绝缘整体强度检测。

测试时变压器绕组对高电压的响应至关重要。如果变压器绝缘性能良好，则所施高电压应该不会触发局部放电和击穿等异常；相反，如果有绝缘老化、部分破损或污染等情况，绕组绝缘在试验电压作用下就有被击穿的危险，并产生火花或放电声。这些现象可以直观反映变压器绝缘系统中存在的薄弱环节。交流耐压试验要求苛刻，常被认为是“破坏性试验”。这是由于任何隐藏的绝缘缺陷在更高的电压下会被放大和暴露。

本测试严格执行IEC 60076、GB/T 1094等国际、国内标准，保证了测试的安全性与准确性。实验完成时装置要充分放电消除残余电荷以防电击事故发生。交流耐压试验结果作为判断变压器能否适宜投入长时期运行的一个重要基础，有利于对可能出现的绝缘故障进行提前检测与防范，保障电网安全、稳定运行。

### （三）局部放电试验

局部放电试验作为电力变压器绝缘系统局部缺陷评价的重点手段，可以及早检测绝缘劣化或者微小缺陷。局部放电指的是在高电压的影响下，绝缘系统的某一特定区域出现微小的电气放电现象，但这并没有导致绝缘系统的全面击穿。对这些局部电气放电行为进行监测可分析绝缘性能降低趋势和可能出现的恶化。局部放电实验通常使用高度灵敏的检测仪器，这些仪器能够捕获到

pC（皮库伦）级别的放电信号，因此特别适合用于检测微小的绝缘缺陷，例如气隙、气泡和杂质等。

测试时高压作用于变压器绕组，如果绝缘系统良好，则局部放电活动应该维持很低甚至没有。但当绝缘材料中出现缺陷后，放电将集中于这一区域并形成局部电场集中，且随着时间的推移放电水平有可能逐渐升高并最终造成绝缘击穿。局部放电试验既能定量地分析放电强弱，又能利用时间、频率和波形等特征参数对放电部位进行定位，从而为变压器故障早期防范提供了有力证据。

常用的局部放电测试方法主要有电容传感器、超声波传感器以及超高频传感器，这些传感器可以对不同种类的局部放电信号做出分析。试验标准例如IEC 60270对局部放电试验规范及测量方法有明确的规定，以保证数据准确、可比。局部放电试验以其非破坏性、高灵敏度等优点，成为电力变压器运行状态监测与故障诊断的一种重要方法，有利于在绝缘系统出现主要故障前采取有效预防措施以延长变压器使用寿命，促进电网安全运行。

### （四）绝缘电阻测试

绝缘电阻测试作为评价电力变压器绝缘性能好坏的一种基本手段，它通过检测变压器绕组对大地的电阻值判断变压器的绝缘状况。在这个测试过程中，我们使用兆欧表或绝缘电阻测试仪对变压器施加直流电压，通常电压范围是500V至5000V，以测量绕组对地或绕组间的绝缘电阻。绝缘电阻值直接体现绝缘材料质量、湿度和有无局部劣化。一般来说，绝缘电阻值越大，表明变压器绝缘性能越好，一般要求电力变压器绝缘电阻值在几百兆欧乃至几千兆欧以上。

绝缘电阻受到很多因素的影响，主要有温度，湿度以及绝缘材料老化程度等。试验时绝缘材料分子活动随温度上升而加强，使电阻值降低。所以绝缘电阻的试验结果需经过标准温度的修正，一般采用20℃作为基准。另外，在试验时如果绝缘系统内含有水分，灰尘或者杂质等，则电阻值明显下降，说明绝缘材料有受潮或者被污染等潜在问题。

绝缘电阻测试是一种不影响变压器正常工作的非破坏性检测方法，具有操作方便、成本低等特点，并能快速地检测绝缘系统整体健康状况。但是仅仅依靠绝缘电阻值并不足以对变压器绝缘性能进行综合评价，所以这种试验一般会和其他高压试验方法相结合，从而构成一个较为综合的绝缘评价体系。

### 三、电力变压器的常见故障处理措施

#### (一) 变压器绕组故障处理

变压器绕组故障在电力变压器当中最为普遍和严重,一般有绕组短路,匝间短路,开路 and 变形。绕组故障往往是由绝缘老化,过载运行和短路冲击诱发的,特别是大电流流过时绕组的不均匀受力会使绕组产生机械变形或者局部过热而加快绝缘劣化。匝间短路故障类型最为普遍,一般都会伴有绕组当地温度的剧烈上升,最后会造成绕组烧损。这类故障出现后,常产生高热、强电磁力等现象,给变压器稳定性造成很大威胁。

在绕组故障处理过程中,必须先通过检测与诊断手段来判断出具体的故障位置与种类,例如直流电阻测试、局部放电试验就可以有效地辅助故障定位。对稍有匝间短路或者绕组绝缘老化,可采取重新安排绝缘结构或者更换局部绕组等措施。但是,如果绕组发生了严重的损伤或者变形,就需要重新绕制绕组或者更换完整的绕组。同时在加工时一定要对工作环境进行严格把控,避免新绕组再受潮或者被污染,以保证检修好的变压器能重新回到稳定的状态。

#### (二) 变压器绝缘故障处理

变压器绝缘故障一般是由于绝缘老化,潮湿,过载运行或者外界污染等原因造成的,其常见形式有绕组绝缘断裂,油纸绝缘系统恶化和绝缘油被污染。绝缘故障可使变压器发生局部放电或者电气击穿等故障,进而诱发变压器的短路或者停运。在绝缘故障的处理过程中,必须先进行绝缘电阻测试,油中气体分析或者局部放电检测来对故障的成因及范围进行定位。针对轻微绝缘劣化可采取更换绝缘油或者将油纸绝缘干燥等措施以恢复绝缘性能。

当绝缘油被污染时,需要采用滤油或者更换绝缘油等方法去除杂质及水分以保证油品介电强度恢复到标准值。若为绕组绝缘发生严重破坏时,需要将受损绝缘材料替换掉,同时需要将整个绕组系统重新绝缘,这样才能保证变压器在故障处理之后可以正常运行,保持长时间电气稳定。

#### (三) 变压器冷却系统故障处理

变压器冷却系统故障多发生在冷却油不能顺利流动,冷却风扇或者油泵失效以及散热器卡死等场合,这都会

造成变压器内部温度升高,从而影响到设备的正常工作以及使用寿命。冷却系统故障一般是由于设备老化,维修不当或者外界环境的影响而诱发的,长时间的温升超限会造成绕组绝缘劣化或者过热而破坏。

在应对冷却系统故障时需先对冷却油流动状况进行检测以保证油泵正常运行,同时利用红外检测对散热器运行效率进行检测。若油脂中有杂质或者油脂质量变劣,则需要对油脂进行筛选或者更换。对风冷变压器则需检查风扇的工作情况、电机及轴承的磨损情况或者失效情况。当散热器发生堵塞时,必须迅速进行清洁或替换,以确保冷却系统能够恢复到正常工作状态,并防止因过高的温度导致变压器其他部分受损。

#### 结束语

总之,电力变压器是电力系统中的核心设备之一,电力变压器的稳定运行对于电网安全具有十分重要的意义。利用高压试验技术可以有效地对变压器绝缘性能及运行状态进行测试,对可能存在的故障隐患进行预先识别,从而对设备维护及故障处理等工作提供科学依据。不管是直流耐压试验、交流耐压试验、局部放电试验或是绝缘电阻测试等,这几项技术对保证变压器的长期平稳运行起着无可取代的重要作用。同时,对于变压器绕组、绝缘及冷却系统等常见故障,将现代化检测技术与故障处理措施相结合,能够进一步提升故障诊断精度与处理效率。

#### 参考文献

- [1]董伟.探析电力变压器高压试验技术及故障处理措施[J].电力设备管理,2021(1):2.
- [2]张斌.探析电力变压器高压试验技术及故障处理措施[J].2021.
- [3]赵恒伟,王同晓,王俊昌.探析电力变压器高压试验技术及故障处理措施[J].电子乐园,2021(6):0324-0324.
- [4]安孟德,张少飞.电力变压器高压试验技术及故障处理措施[J].电力系统装备,2019(20):2.
- [5]梁婷妹.电力变压器高压试验技术及故障处理[J].大科技,2017,000(010):43-44.