

# 电气试验在变压器故障检测中的应用

乔磊

国网松原供电公司

**摘要:** 本文深入探讨了电气试验技术在变压器故障检测中的应用及其重要性。变压器作为电力系统中的重要组成部分,其稳定运行对整个电网的安全性和可靠性至关重要。电气试验技术作为一种有效的故障检测手段,在变压器故障诊断和预防性维护中发挥着关键作用。本文首先回顾了变压器故障的常见类型及其产生原因,随后详细介绍了电气试验技术的种类和原理,包括绝缘电阻测试、匝间短路测试和油中溶解气体分析等。文章进一步分析了这些试验方法在实际应用中的优势和局限性,并探讨了如何结合多种电气试验方法来提高变压器故障检测的准确性和效率。最后,本文展望了电气试验技术在变压器故障检测领域的未来发展趋势,特别是在智能化和自动化方面的应用前景。

**关键词:** 电气试验; 变压器故障; 故障检测; 绝缘电阻; 匝间短路; 溶解气体分析

【DOI】10.12252/j.issn.2096-6288.2022.11.074

## 一、引言

在电力系统中,变压器的稳定运行对于整个电网的安全性和可靠性具有至关重要的作用。变压器故障不仅会导致电网运行效率的下降,还可能引发严重的电力事故,因此及时准确地检测和诊断变压器的运行状况是保障电力系统安全的关键。电气试验技术作为一种有效的变压器故障检测手段,能够在不同程度上识别和预防可能导致故障的因素。这些电气试验方法不仅包括传统的绝缘电阻测试、匝间短路测试等,还涵盖了更为先进的如油中溶解气体分析等技术。本文旨在全面探讨电气试验技术在变压器故障检测中的应用,分析其在实际工作中的优势和局限性,并对未来发展趋势进行展望,为电力系统的安全运行提供理论指导和实践参考。

## 二、变压器故障类型及其产生原因

变压器作为电力系统的核心设备,其稳定运行对于整个电网至关重要。但在长期运行过程中,变压器可能会出现各种故障,这些故障不仅影响其性能,还可能威胁到整个电网的安全运行。因此,了解变压器的常见故障类型及其产生原因对于维护电网安全至关重要。

### (一) 绝缘损坏

绝缘损坏是变压器中最常见的故障之一。变压器的绝缘材料在长期的电压应力和热应力作用下,可能会逐渐老化和损坏。此外,环境因素如湿度、温度变化和化学腐蚀也会加速绝缘材料的老化。一旦绝缘材料损坏,就可能导致短路甚至是变压器的完全损坏。

### (二) 匝间短路

匝间短路是另一种常见的变压器故障类型。这种故障通常发生在变压器的绕组内部,主要由绝缘材料的老化或损伤引起。当绕组中相邻的线圈之间的绝缘层破

时,就会发生匝间短路。这种短路不仅会导致变压器效率降低,还可能引发更严重的故障。

### (三) 铁心损伤

变压器的铁心损伤也是一种常见故障。铁心的损伤通常是由于长期运行中的机械应力或热应力造成的。在某些情况下,不当的运输和安装也可能导致铁心的损伤。铁心损伤会导致变压器效率下降,甚至可能引起噪音和热量过度增加。

### (四) 冷却系统故障

变压器的冷却系统故障也不容忽视。变压器在运行过程中会产生大量热量,冷却系统的作用是将这些热量散发出去。如果冷却系统出现故障,如冷却液泄漏或冷却风扇故障,将导致变压器过热,从而加速绝缘材料的老化,甚至可能引发火灾。

### (五) 油中溶解气体异常

变压器油中溶解气体的异常也是变压器故障的一个重要指标。变压器油在正常运行中会溶解少量气体,但当变压器出现故障时,如绝缘材料老化或过热,会产生大量特定的溶解气体。通过分析油中溶解气体的种类和含量,可以对变压器的健康状况进行准确的评估。

## 三、电气试验技术概述

电气试验技术在变压器及其他电力设备的维护和检测中扮演着关键角色。这些技术不仅有助于识别和预防潜在的故障,还能提高电力系统的整体可靠性和安全性。在电力行业,有几种主要的电气试验方法被广泛使用,每种方法都有其独特的工作原理和应用场景。

### (一) 绝缘电阻测试

绝缘电阻测试是一种基本且常用的电气试验方法。它通过测量变压器绕组或其他电气设备的绝缘层对电流

的阻力，来评估绝缘材料的状况。该测试通常使用一个绝缘电阻测试仪，该仪器会对设备施加一个特定的直流电压，并测量通过绝缘层的电流。绝缘电阻测试主要用于检测老化、湿气侵蚀或损坏等可能导致设备故障的问题。

#### （二）变压比测试

变压比测试是评估变压器绕组匝数比的一种方法。这个比率对于确保变压器能够准确地转换电压非常重要。在进行变压比测试时，测试仪器会在变压器的原边施加一个已知电压，并测量次边产生的电压。这种测试有助于识别由于绕组损伤或连接错误引起的变压比偏差。

#### （三）匝间短路测试

匝间短路测试是用来检测变压器绕组内部的绝缘状况。这种测试通过在绕组中施加电压，并监测其电流和阻抗变化，来检测匝间短路或绝缘损坏的迹象。匝间短路测试对于确保变压器长期稳定运行非常关键，因为即使是微小的绝缘损伤也可能导致严重的故障。

#### （四）油中溶解气体分析

油中溶解气体分析是一种特别针对油浸式变压器的测试方法。该方法通过分析变压器油中的溶解气体成分和含量，来评估变压器的健康状况。不同类型的故障，如过热、绝缘老化或电弧放电，都会在油中产生特定的气体。通过这些气体的分析，可以准确地诊断出变压器的具体故障类型。

#### （五）偏磁测试

偏磁测试是一种用来评估变压器铁心状态的技术。铁心偏磁可能由于雷击、电网故障或不当操作引起，这种状态可能导致变压器效率降低和运行不稳定。在偏磁测试中，通过测量变压器的电流和磁通波形，可以评估铁心是否发生了偏磁现象。

### 四、电气试验在变压器故障检测中的应用

电气试验技术在变压器的故障检测和预防维护中发挥着至关重要的作用。它们不仅可以帮助及时发现和诊断变压器的潜在问题，还能提前预防可能的故障，保障电力系统的稳定运行。

#### （一）绝缘电阻测试的应用

绝缘电阻测试是评估变压器绝缘状况的一种基础方法。通过测量变压器绝缘材料对电流的阻抗，该测试能有效地发现绝缘老化、湿气侵蚀或损坏等问题。其主要优势在于操作简单、成本低廉，并能快速提供绝缘性能的初步评估。然而，该方法的局限性在于它可能无法检

测到更为复杂或初期的绝缘问题，如微小裂缝或局部热点。

#### （二）变压比测试的应用

变压比测试主要用于评估变压器是否能准确地转换电压。这项测试通过比较原边和次边电压的比率来检查绕组匝数的准确性。变压比测试的优势在于其能够直观地反映出变压器绕组的匝数比是否准确，是判断变压器是否能正常运行的重要指标。然而，该测试无法提供关于绝缘状态或其他类型故障的信息。

#### （三）匝间短路测试的应用

匝间短路测试是用于检测变压器绕组内部绝缘问题的高级方法。该测试可以识别绕组中相邻线圈之间绝缘层的破损，这种破损可能导致严重的故障。匝间短路测试的优势在于其能够准确地定位绝缘问题的位置，有助于提前预防故障的发生。但是，这种测试要求较高的技术专业性和复杂的测试设备。

#### （四）油中溶解气体分析的应用

油中溶解气体分析是一种专门针对油浸式变压器的测试方法。它通过分析变压器油中的气体成分和含量来诊断变压器的健康状况。这种分析能够提供关于过热、绝缘老化或电弧放电等不同类型故障的详细信息。其优点是能够提供综合的故障诊断，但分析过程比较复杂，需要专业的知识和设备。

#### （五）偏磁测试的应用

偏磁测试主要用于评估变压器铁心的磁化状态。不当的运行条件或故障可能导致铁心发生偏磁，这会影响变压器的性能。偏磁测试能够有效地识别和评估这种状态，帮助维护人员采取相应的措施来矫正或预防问题。该测试的优点在于能够提供关于变压器铁心状态的直接信息，但其实施需要专门的设备和技术。

### 五、综合电气试验方法的应用策略

在变压器的故障检测和诊断中，采用综合电气试验方法的策略至关重要。这种策略不仅能够提高故障检测的准确性，还能显著提升检测的效率。由于变压器的故障类型繁多，且每种故障的表现形式和影响因素各不相同，因此单一的电气试验方法往往难以全面评估变压器的健康状况。

#### （一）初步检测：绝缘电阻测试

在变压器的综合电气试验中，首先进行的通常是绝缘电阻测试。这是因为绝缘电阻测试简便、成本低，且能够快速提供变压器绝缘状态的初步信息。通过这一测试，可以初步判断变压器是否存在严重的绝缘问题，如

绝缘材料的老化或损坏。如果绝缘电阻测试显示异常结果，就需要进一步采用更详细的电气试验方法来诊断问题。

### （二）详细诊断：匝间短路测试和变压比测试

绝缘电阻测试后，匝间短路测试和变压比测试是进一步诊断变压器故障的重要手段。匝间短路测试可以详细检测变压器绕组中的绝缘状态，特别是在绕组内部可能存在的细微绝缘损伤。变压比测试则用于检查变压器是否能够准确地转换电压，确保电力系统的稳定运行。这两种测试方法能够更深入地分析变压器的运行状态，提供更多关于可能故障的详细信息。

### （三）高级诊断：油中溶解气体分析

对于油浸式变压器，油中溶解气体分析是一种高级的故障诊断方法。这种分析能够检测和识别变压器油中的不同气体，这些气体的存在通常与特定类型的故障相关。例如，氢气和乙炔的存在可能表明变压器内部存在电弧放电现象。通过这种高级分析，可以精确地诊断变压器内部的问题，甚至能够预测潜在的故障。

### （四）系统综合分析

在完成各项单独的电气试验后，进行系统综合分析是至关重要的。这一步骤涉及将所有单项测试的结果综合起来，以获得对变压器健康状况的全面了解。在这一阶段，可以使用专业的数据分析软件来帮助分析和解释结果，从而确保对变压器的诊断尽可能准确和全面。

## 六、未来发展趋势

### （一）电气试验技术的智能化发展

随着科技的飞速发展，电气试验技术正迈向更加智能化的未来。智能化的电气试验技术能够自动收集和数据分析数据，提供更准确的故障诊断。在变压器故障检测领域，这意味着更高的效率和更低的人为错误率。智能化试验设备可以通过内置的算法和数据处理功能，快速识别出变压器的潜在问题。例如，通过实时分析变压器的运行数据，智能系统能够预测故障发生的可能性，并提前发出警报。这不仅减少了对专业人员的依赖，还能大幅提升故障检测的准确性和及时性。

### （二）电气试验技术的自动化进展

电气试验技术的自动化是另一个重要的发展方向。自动化试验设备能够无须人工干预，自动完成一系列复杂的测试流程。这种自动化不仅提高了测试的效率，还降低了由于人为操作错误而导致的风险。在变压器故障检测中，自动化技术特别有价值。例如，自动化的油中溶解气体分析系统能够连续监测变压器油的状态，及时

发现故障迹象。自动化技术还可以与远程监控系统相结合，使得维护团队即使在远离现场的情况下也能实时了解变压器的状态，及时响应潜在的问题。

### （三）数据集成与智能分析

未来电气试验技术的一个重要发展趋势是数据集成与智能分析。随着物联网和大数据技术的发展，越来越多的设备和系统能够生成大量数据。在变压器故障检测中，通过将来自不同测试和监控设备的数据集成在一起，可以进行更深入的智能分析。这种集成分析不仅能提供关于当前故障的信息，还能预测未来的故障趋势，帮助电力公司优化维护计划和资源分配。

## 七、结论

本文通过全面分析电气试验技术在变压器故障检测中的应用，明确指出了该技术在保障电力系统安全运行中的重要性。电气试验方法能够有效地评估变压器的健康状态，及时发现潜在的故障，从而预防可能的电力事故。尽管目前电气试验技术已在变压器故障检测中取得显著成效，但在实际应用中仍存在一些局限性，如设备成本高、操作复杂等。因此，未来电气试验技术的发展将需要集中在提高测试的准确性、降低操作难度及成本上。特别是随着智能化和自动化技术的发展，未来电气试验设备将更加智能化和用户友好，能够为电力系统的安全运行提供更加高效和精准的技术支持。综上所述，电气试验技术将继续在变压器故障检测领域发挥着不可替代的作用，为电力系统的稳定运行提供坚实的技术保障。

## 参考文献

- [1] 朱亚丽, 鲁金定, 张军. 电气实验在变压器故障检测中的运用研究[J]. 湖北农机化, 2019, 0(21): 69-69.
- [2] 吴浩, 吴文婷. 变压器故障分析中电气试验的有效开展[J]. 中国新通信, 2019, 0(9): 220-220.
- [3] 于鸿洁. 电力系统常用变压器故障检测方法[J]. 科技资讯, 2014, 12(33): 70-71.
- [4] 龙光权. 电气试验在变压器故障分析中的应用[J]. 通讯世界: 下半月, 2016(1): 268-269.
- [5] 李树蕾. 电气试验在变压器中的故障及解决对策[J]. 科技尚品, 2017, 0(7): 222-222.
- [6] 杨剑蓝, 舒永生, 李靖, 赵恩兰. 考虑负荷过载及计量精度的牵引变压器计量用电流互感器配置[J]. 重庆电力高等专科学校学报, 2018, 23(3): 32-36.