

电力变压器常见故障与诊断方法探析

林 伟

京能电力乌兰察布分公司内蒙古京能岱海新能源有限公司 内蒙古 乌兰察布 013700

摘 要：电力变压器作为电力系统中的关键设备，其稳定运行对于保障供电质量至关重要。本文深入探讨电力变压器常见的故障类型，包括绕组故障、铁芯故障、油位异常等，并分析各类故障的产生原因。同时，还详细介绍针对这些故障的诊断方法，如电气试验、油色谱分析、红外线诊断技术等，旨在提高故障诊断的准确性和效率。通过研究，希望能为电力变压器的故障诊断提供有益的参考。

关键词：变压器；故障原因；处理

1 电力变压器故障种类

电力变压器作为电力系统中的关键设备，其稳定运行对于保障电力供应的连续性和安全性至关重要。由于各种原因，电力变压器在运行过程中可能会出现各种故障。绕组故障是电力变压器常见的故障类型之一，绕组故障主要包括绕组匝间短路、绕组接地、相间短路、绕组断线及接头开焊等。这些故障可能是由于绕组制造过程中的缺陷、运行过程中的绝缘老化、过电压或过电流等因素引起的。铁芯故障也是电力变压器常见的故障类型，铁芯故障主要包括铁芯柱的穿心螺杆及夹紧螺杆绝缘损坏、铁芯有两点接地产生局部发热等。这些故障可能是由于铁芯制造工艺不良、安装不当、运行过程中受到振动或冲击等因素引起的。电力变压器还可能出现分接开关故障、套管故障等，分接开关故障主要是由于分接头绝缘不良、弹簧压力不足、分接开关接触不良或腐蚀等原因引起的。而套管故障则主要包括炸毁、闪络放电及严重漏油等，这些故障可能是由于套管制造缺陷、安装不当、长期运行中的老化等因素引起的^[1]。除了上述常见故障外，电力变压器还可能面临其他类型的故障，如油浸变压器油故障、结构故障等。油浸变压器油故障主要是由于油质问题、油中杂质过多、油老化等原因引起的。而结构故障则可能是由于变压器设计不合理、制造工艺不良、安装不当等因素引起的。

2 电力变压器故障的产生原因

2.1 变压器质量不过关

电力变压器故障的产生原因多种多样，其中变压器质量不过关是一个重要且不容忽视的因素。变压器质量不过关可能体现在多个方面，绕组的制造质量不达标，如绕组线圈的绕制不均匀、绝缘材料选用不当或绝缘处理不完善，都可能导致绕组在运行中发生匝间短路、接地或断线等故障。这些故障会直接影响变压器的正常运

行，甚至引发严重的安全事故。变压器的铁芯制造质量也会影响其稳定性，如果铁芯的夹紧螺栓、穿心螺杆等部件的绝缘处理不当，或者铁芯的叠片、硅钢片之间存在杂质或缺陷，都可能导致铁芯在运行中出现多点接地、局部过热等问题。这些问题会加剧变压器的损耗，降低其运行效率，甚至引发火灾等严重后果。变压器的油箱、套管、分接开关等部件的制造质量也会影响其整体性能，如果油箱的密封性不好，容易发生漏油；如果套管的绝缘性能不佳，容易发生闪络放电；如果分接开关的接触不良或腐蚀严重，会影响其正常切换。这些故障都会降低变压器的可靠性和安全性。

2.2 流入电压的异常升高

电力变压器故障的产生原因之一是流入电压的异常升高。当电力系统中流入变压器的电压异常升高时，会对变压器的正常运行造成严重影响。电压异常升高可能由多种因素引起，例如电力系统中的雷电冲击、操作过电压、系统故障等。当这些异常电压超过变压器的设计承受能力时，其绝缘系统可能会受到严重损害。绝缘材料在过高的电压下可能发生击穿，导致绕组匝间短路、对地放电等故障。此外，电压的异常升高还会加速绝缘材料的老化过程，缩短变压器的使用寿命。除了对绝缘系统的影响外，流入电压的异常升高还可能对变压器的其他部件造成损害。过高的电压还可能导致变压器油的温度升高，加速油的老化过程，降低其绝缘性能。

2.3 绝缘层的老化造成的故障

电力变压器故障的产生原因之一是绝缘层的老化。绝缘层作为电力变压器内部各个部件之间的重要隔离和保护层，其性能的好坏直接关系到变压器的安全运行。首先，长期运行在高温环境下会加速绝缘材料的老化，变压器在运行过程中会产生一定的热量，如果散热不良或负载过重，会导致绝缘层温度持续升高，从而加速其

老化过程。老化的绝缘材料会逐渐失去原有的弹性和绝缘性能,使得绕组、铁芯等部件之间的绝缘性能下降,容易发生短路、放电等故障。其次,电气应力也是导致绝缘层老化的重要因素,变压器在正常运行时会承受一定的电压和电流,这些电气应力会使绝缘材料中的分子链发生断裂,导致材料性能下降。长期受到电气应力的作用,绝缘层会逐渐失去原有的绝缘性能,从而引发各种故障。环境因素如湿度、污染等也会对绝缘层的老化产生影响,高湿度环境下,绝缘材料容易吸收水分,导致绝缘性能下降;而污染严重的环境中,绝缘材料容易受到化学腐蚀,从而加速其老化过程^[2]。

2.4 高压出线套管故障

电力变压器故障的产生原因之一是高压出线套管故障。高压出线套管是电力变压器的重要组成部分,它承担着将变压器内部的高压电能传输到外部电网的关键任务。然而,由于多种因素的影响,高压出线套管可能会出现故障,从而影响变压器的正常运行。套管本身的设计和制造质量问题是导致故障的重要因素,如果套管的材料选择不当、制造工艺存在缺陷或设计不合理,都可能影响其绝缘性能和机械强度,进而引发故障。外部环境因素也会对高压出线套管造成一定的影响。雷电冲击可能导致套管发生瞬时过电压,超过其承受能力;污秽物附着可能降低套管的绝缘强度,引发放电和闪络;潮湿环境可能导致套管内部发生凝露,降低其绝缘性能。操作和维护不当也可能导致高压出线套管故障。例如,在安装和调试过程中,如果套管的安装位置不正确、紧固力度不足或连接不紧密,都可能导致其在运行过程中发生松动、脱落等问题;在维护过程中,如果未能及时发现并处理套管表面的污秽物、损伤等问题,也可能导致故障的发生。

3 电力变压器故障诊断技术

3.1 电力变压器故障诊断的传统检测技术

电力变压器故障诊断的传统检测技术主要依赖于直接观察和定期维护检查,这些方法在电力系统的早期发展阶段发挥了重要作用。直接观察法:直接观察法是最基础的故障诊断方法,它依赖于技术人员的专业知识和经验。通过对变压器外观、油位、油温、声音等方面的观察,技术人员可以初步判断变压器是否存在异常。例如,油位的异常升高或降低可能指示变压器内部存在漏油或渗漏问题;油温的异常升高可能表明变压器内部存在过热现象。油色谱分析:油色谱分析是变压器故障诊断中常用的化学检测方法。通过分析变压器油中溶解的气体成分和含量,可以间接判断变压器内部是否存在局

部放电、过热等故障。油色谱分析通常包括取样、气体分离、气体检测和分析等步骤。该技术能够提供变压器内部故障的定性和定量信息,对于判断故障类型和严重程度具有重要意义。电气试验:电气试验是通过测量变压器电气参数来判断其性能状态的方法。常用的电气试验包括绕组直流电阻测量、绝缘电阻测量、介质损耗角正切值测量、局部放电检测等。这些试验能够提供变压器绕组、绝缘系统等方面的信息,有助于发现绕组接触不良、绝缘老化等故障。

3.2 红外线诊断技术

红外线诊断技术是一种非接触式的电力变压器故障诊断方法,它利用红外成像技术检测变压器表面的温度分布,从而判断其内部是否存在故障。红外线成像原理:红外线成像技术基于热辐射原理,通过测量物体表面发射的红外辐射能量并将其转换为可见图像,从而显示物体表面的温度分布。在电力变压器故障诊断中,红外线成像技术可以实时监测变压器表面的温度变化情况,并通过图像处理技术提取出温度异常区域,进而判断变压器内部是否存在故障。故障诊断应用:红外线诊断技术在电力变压器故障诊断中的应用主要包括几个方面:

(1)是通过监测变压器表面温度分布情况,判断绕组、铁芯等部件是否存在过热现象;(2)是通过对比不同部位的温度差异,发现局部放电、接触不良等故障;(3)是结合其他诊断技术,对故障进行定位和原因分析^[3]。技术优势与局限性:红外线诊断技术的优势在于其实时性强、准确度高、操作简便等特点,可以实现对电力变压器的连续监测和快速诊断。该技术也存在一定的局限性,如受环境温度、湿度等因素影响较大,对于某些内部故障可能无法直接检测出来。因此,在实际应用中需要结合其他诊断技术进行综合判断。

3.3 电力变压器绕组变形检测技术

电力变压器绕组变形检测技术是专门用于检测变压器绕组是否发生变形的故障诊断方法。检测原理:绕组变形检测技术通常基于电磁感应原理或振动测量原理。电磁感应法通过测量绕组在不同频率下的电感或阻抗变化来判断其是否发生变形;振动测量法则通过测量变压器在运行时产生的振动信号来判断绕组是否存在异常振动现象。这些方法能够灵敏地检测出绕组变形情况,并给出相应的故障信息。技术应用:绕组变形检测技术在电力变压器故障诊断中的应用主要包括几个方面:对新安装或维修后的变压器进行绕组变形检测,确保其性能符合要求;对运行中的变压器进行定期绕组变形检测,及时发现并处理绕组变形故障;结合其他诊断技术,对

绕组变形故障进行定位和原因分析。技术与展望：随着电力工业的不断发展和电力变压器故障诊断技术的不断进步，绕组变形检测技术也在不断发展和完善。未来，绕组变形检测技术将更加智能化、自动化和精准化，为电力变压器的安全运行提供更加可靠的保障。

3.4 频率响应分析法

频率响应分析法（Frequency Response Analysis, FRA）是一种用于电力变压器故障诊断的有效技术。该技术通过测量变压器在不同频率下的电气响应，分析变压器内部绕组结构的变化情况，从而判断变压器是否存在故障。频率响应分析法具有灵敏度高、非侵入性、操作简便等优点，在变压器故障诊断领域得到了广泛应用。检测原理：在频率响应分析法中，通常使用特定的激励信号（如正弦波、脉冲波等）对变压器进行激励，同时测量变压器在不同频率下的响应信号（如电压、电流等）。通过比较正常状态与故障状态下的频率响应曲线，可以判断变压器内部绕组是否发生变形、短路等故障。此外，频率响应分析法还可以用于变压器的预防性维护，通过定期检测变压器的频率响应曲线，及时发现潜在的故障隐患。技术应用：频率响应分析法在电力变压器故障诊断中的应用十分广泛。首先，它可以用于新制造或维修后的变压器质量检测，确保变压器的性能符合要求。其次，在变压器运行过程中，频率响应分析法可以用于定期检测，以及及时发现绕组变形、松动等故障。此外，该技术还可以用于变压器的故障诊断和定位，帮助维修人员快速找到故障点并进行修复。技术特点：频率响应分析法具有灵敏度高、非侵入性、操作简便等特点。它能够检测到变压器内部微小的结构变化，并给出相应的故障信息。

3.5 振动分析法

振动分析法是另一种重要的电力变压器故障诊断技术。它通过测量变压器在运行过程中产生的振动信号，分析振动信号的特征参数（如振幅、频率、相位等），从而判断变压器是否存在故障。振动分析法具有实时性强、准确度高、非侵入性等优点，在变压器故障诊断领域得到了广泛应用。检测原理：振动分析法基于振动学

原理，通过测量变压器在运行过程中产生的振动信号来诊断其故障。振动信号通常包含丰富的信息，如变压器内部的机械状态、电气状态等。通过分析振动信号的特征参数，可以判断变压器是否存在绕组松动、铁芯变形等故障。振动分析法还可以用于监测变压器的运行状态，及时发现潜在的故障隐患^[4]。技术应用：振动分析法在电力变压器故障诊断中的应用主要包括几个方面：对新安装或维修后的变压器进行振动检测，确保其性能符合要求；对运行中的变压器进行定期振动检测，及时发现并处理绕组松动、铁芯变形等故障；结合其他诊断技术，对故障进行定位和原因分析。技术特点：振动分析法具有实时性强、准确度高、非侵入性等特点。它能够实时监测变压器的运行状态，并给出相应的故障信息。由于该方法是基于振动测量的，因此不需要对变压器进行拆卸或破坏，具有非侵入性。振动分析法的准确度高，能够检测到变压器内部的微小故障。

结束语

电力变压器的故障诊断是一个复杂而重要的任务。随着电力工业的不断发展和技术的不断进步，电力变压器故障诊断技术也在不断更新和完善。未来，期待更多的新技术和方法能够应用于电力变压器的故障诊断中，以提高诊断的准确性和效率，为电力系统的稳定运行提供更加可靠的保障。同时也呼吁广大电力工作者加强对电力变压器故障诊断技术的研究和应用，共同推动电力工业的发展。

参考文献

- [1]王翔.电力变压器常见故障与诊断方法探析[J].水电站机电技术,2024,47(5):107-109.DOI:10.13599/j.cnki.11-5130.2024.05.032.
- [2]邵阿红.叶永卫,樊艳红.超高压电力变压器运行故障及原因分析[J].现代信息科技,2019,3(08):91-93.
- [3]何峰.胡进栋.变压器局部放电检测方法的现场应用研究[J].甘肃科技纵横,2019,48(04):19-21+28.
- [4]李敏.电力变压器状态检修及故障诊断方法[J].电子技术与软件工程,2016(23):238-238.