

电力变压器常见故障及其诊断研究

丛洋铭 李松峰 刘斌 代蒙

特变电工沈阳变压器集团有限公司, 辽宁 沈阳 110000

[摘要]随着电力系统的不断发展和扩展, 电力变压器作为电力系统中的重要组成部分, 在电能传输和分配中扮演着至关重要的角色。然而, 由于长期运行以及外部环境的影响, 电力变压器存在着各种潜在的故障风险, 这些故障可能会影响电力系统的正常运行, 甚至导致严重的事故发生。本篇文章系统地探讨电力变压器的常见故障及其诊断方法、故障预防与维护策略等相关内容。

[关键词]电力变压器; 故障; 诊断

DOI: 10.33142/ucp.v1i2.13626

中图分类号: TM41

文献标识码: A

Research on Common Faults and Diagnosis of Power Transformers

CONG Yangming, LI Songfeng, LIU Bin, DAI Meng

TBEA Shenyang Transformer Group Co., Ltd., Shenyang, Liaoning, 110000, China

Abstract: With the continuous development and expansion of the power system, power transformers, as an important component of the power system, play a crucial role in the transmission and distribution of electrical energy. However, due to long-term operation and external environmental influences, power transformers have various potential fault risks, which may affect the normal operation of the power system and even lead to serious accidents. This article systematically explores the common faults of power transformers, their diagnostic methods, fault prevention and maintenance strategies, and other related content.

Keywords: power transformer; faults; diagnosis

引言

在电力系统中, 电力变压器扮演着至关重要的角色, 它们负责将电能从发电厂输送至用户, 同时也用于电压的调节和分配。然而, 电力变压器故障不仅会导致电网停运和停电, 还可能对生产、工业以及人们的日常生活产生严重影响。基于此, 对电力变压器的故障诊断和预防进行研究尤为重要。通过深入了解电力变压器的结构、工作原理以及常见故障特征, 结合先进的诊断技术和维护策略, 可以提高电力系统的可靠性和稳定性, 降低故障风险, 从而保障电力系统的安全运行。

1 电力变压器概述

1.1 电力变压器原理

电力变压器原理基于电磁感应的现象, 当交流电流通过主绕组时, 在铁芯中产生交变磁场, 这一交变磁场又诱导出次级绕组中的电动势。根据法拉第电磁感应定律, 这一电动势的大小与绕组匝数的比例成正比, 因此, 当次级绕组匝数大于主绕组时, 输出电压即比输入电压高; 反之, 若次级绕组匝数小于主绕组, 则输出电压低于输入电压。这一基本原理使得电力变压器能够实现电能的升压或降压, 从而适应电力系统中不同电压等级的需求。同时, 铁芯的存在能够有效增强磁感应强度, 提高变压器的效率和性能。

1.2 电力变压器结构与组成

电力变压器通常由铁芯、主绕组、次级绕组和外壳等几个基本部分组成。铁芯是变压器的核心组件, 通常采用

硅钢片叠压而成, 其作用是增强磁感应强度和减小磁阻, 从而提高变压器的效率。主绕组和次级绕组分别绕制在铁芯上, 它们通过互相感应的电磁场实现电能的传递和转换。主绕组接入电源, 次级绕组则输出电压给负载。这两个绕组之间通过绝缘材料进行隔离, 以防止电路短路。外壳则起到支撑和保护内部结构的作用, 通常由绝缘材料或金属制成, 具有良好的绝缘和耐热性能。

1.3 电力变压器工作原理分析

在电力变压器中, 通过变换电压和电流的比例来实现电能的传输和分配。当变压器的初级线圈通以交流电流时, 产生一个变化的磁场。这个磁场穿过铁芯并感应出一个磁通量, 随后在次级线圈中产生感应电动势。根据法拉第电磁感应定律, 这个感应电动势会引起次级线圈中的电流。当次级线圈中产生的电流流过负载时, 就会向负载传输电能。通过变压器的绕组比例, 可以实现不同电压和电流的匹配, 从而满足电力系统中不同设备的需求。例如, 降压变压器可以将高压电能降压为适合家庭使用的低压电能, 而升压变压器则可以将低压电能升压为适合远距离传输的高压电能。

2 电力变压器常见故障分类与特征

2.1 温度过高

当变压器运行时, 由于电流通过主绕组和次级绕组时会产生一定的电阻损耗, 同时铁芯也会因磁滞而产生一定的铁损耗, 这些损耗都会转化为热能, 导致变压器温升。温度过高可能会导致绝缘材料老化, 密封材料硬化, 甚至

引发绝缘击穿等严重后果。

2.2 短路故障

短路故障是电力变压器中较为严重的故障之一，其特点是在变压器的绕组或绝缘介质之间发生了电气连接，导致了异常电流的流动，可能会引发严重的火灾、爆炸甚至变压器损坏。短路故障的发生通常由多种原因造成，包括绝缘击穿、绕组间短接、绕组与地之间短接等。

2.3 绝缘故障

绝缘故障在电力变压器中是一种常见但严重的问题，其主要表现为绝缘介质的破损、击穿或老化，导致变压器的绝缘性能下降甚至失效，从而引发电气事故^[1]。绝缘故障的发生由多种因素引起，包括环境因素、制造质量、操作不当等。

2.4 漏油故障

漏油故障是电力变压器运行中常见的问题之一，它可能对变压器的正常运行产生严重影响，并可能对整个电力系统造成危害。漏油故障通常是由多种因素造成的。随着变压器长时间运行，密封胶件受到环境因素的影响，如温度、湿度等，会逐渐老化、龟裂或变形，导致失去密封效果，进而发生漏油故障。橡胶密封件在长期运行过程中会逐渐磨损，失去密封效果，导致漏油。焊缝的开裂也可能导致漏油，特别是如果焊接质量不佳或存在缺陷。板式蝶阀作为变压器中常用的阀门之一，其质量直接影响着变压器的正常运行^[2]。如果板式蝶阀质量欠佳，就可能在使用过程中出现漏油故障。制造过程中存在的质量问题，如焊接不牢、密封不严等，可能导致变压器在使用过程中出现漏油故障。

3 电力变压器故障诊断方法与技术

3.1 现场检查与测试

现场检查与测试是电力变压器故障诊断的重要步骤，能够及时发现问题并采取相应措施，确保设备安全稳定运行。在现场检查中，要对变压器的外部进行观察，检查是否有异常现象，如变形、裂纹、漏油等。同时，还需检查变压器周围设备的情况，包括电线、电缆、支架等是否存在损坏或异常。在现场测试方面，可以通过多种手段对变压器进行检测。温度检测是一项重要的指标，通过红外测温仪等设备对变压器的温度进行监测，及时发现温度异常情况。还可以通过声音检测来判断变压器内部是否存在异常声音，如嗡嗡声、摩擦声等。电气测试也是必不可少的一项内容，可以通过电流表、电压表等设备对变压器的电气性能进行检测，确保其正常工作。现场检查与测试是保障电力变压器安全运行的重要手段，需要定期进行并配合其他诊断方法，共同维护电力系统的稳定运行。

3.2 专家系统诊断方法

专家系统诊断方法是一种基于专家知识和经验的智能诊断技术，通过构建专家知识库和推理机制，实现对电力变压器故障的准确诊断。专家系统诊断方法的核心是专家知识库，其中包含了各种变压器故障的特征、原因、解决方案等信息。这些知识通过知识工程的方式进行提取、

整理和存储，形成了一套完整的知识体系。在诊断过程中，系统会根据实际情况从知识库中提取相关知识，并结合当前的故障特征进行分析和推理，最终给出诊断结果。与传统的手工诊断方法相比，专家系统诊断方法具有诊断速度快、准确性高的优势。它能够充分利用专家的经验 and 知识，避免了人为因素带来的误判，提高了诊断的可靠性和稳定性。此外，专家系统还具有自我学习和适应能力，能够不断根据新的故障案例和经验进行更新和优化，保持诊断水平的持续提升。总之，专家系统诊断方法是一种高效、可靠的电力变压器故障诊断技术，具有广阔的应用前景。随着人工智能和专家系统技术的不断发展，相信这种方法将在电力系统领域发挥越来越重要的作用，为电力设备的安全运行提供更加可靠的保障。

3.3 神经网络诊断方法

神经网络（ANN）诊断方法是一种基于生物神经系统模型构建的智能诊断技术，通过模拟人脑神经元之间的连接和传递信息的方式，实现对电力变压器故障的诊断。这种方法将大量地输入数据（如变压器的运行参数、传感器数据等）通过神经元之间的连接进行处理和传递，最终输出对故障类型和位置的判断结果。神经网络诊断方法的核心是神经网络模型，它由多层神经元组成，每一层都包含多个节点（神经元），节点之间通过连接权重相互关联。在诊断过程中，首先需要对神经网络进行训练，通过给定的训练样本和期望输出，调整连接权重，使神经网络能够学习到变压器故障的特征和模式^[3]。然后，将实际的输入数据输入到神经网络中，经过多层神经元的处理和传递，最终得到对故障的诊断结果。相比传统的诊断方法，神经网络诊断方法具有自适应性强、泛化能力好的特点。它能够处理大量的非线性和复杂的输入数据，从中学习到隐藏在数据背后的规律和模式，实现对故障的准确诊断。此外，神经网络还具有较强的容错性和抗干扰能力，能够有效应对数据噪声和不确定性，提高诊断的可靠性和稳定性。总之，神经网络诊断方法是一种高效、准确的电力变压器故障诊断技术，具有广泛的应用前景。随着神经网络理论和计算能力的不断提升，相信这种方法将在电力系统领域发挥更加重要的作用，为电力设备的安全运行提供更加可靠的保障。

3.4 故障模式识别技术

故障模式识别技术是一种基于数据分析和模式识别的智能诊断方法，旨在通过对电力变压器运行数据的分析和比对，识别出不同故障模式下的特征，从而实现对电力变压器故障的准确诊断。该技术的关键在于建立准确的故障模式库和特征数据库。通过对正常运行状态下的数据进行采集和分析，建立正常工作的基准模型，确定各项指标的正常范围和特征值。然后，根据不同故障模式下的数据特征，建立相应的故障模式库，包括温度异常、电流波动、振动异常等多种可能的故障模式。在诊断过程中，通过实时监测和采集电力变压器的运行数据，将数据与已建立的

故障模式库进行比对和匹配。通过分析数据的变化趋势和特征,识别出是否存在与已知故障模式相匹配的特征,从而判断出电力变压器是否存在故障,并进一步确定故障类型和位置。故障模式识别技术具有较高的准确性和实时性,能够有效地识别出电力变压器可能存在的各种故障,提前预警和防范可能发生的故障事件。同时,该技术还具有较强的智能化和自适应性,能够根据实际运行情况进行动态调整和优化,提高诊断的精准度和可靠性。总之,故障模式识别技术作为一种先进的电力变压器故障诊断方法,具有广泛的应用前景和重要的意义。随着数据采集和分析技术的不断提升,相信该技术将在电力系统领域发挥越来越重要的作用,为电力设备的安全运行提供更加可靠的保障。

3.5 智能监测与远程诊断技术

智能监测与远程诊断技术是利用先进的传感器、通信技术和数据分析算法,实现对电力变压器运行状态的实时监测和远程诊断的一种先进技术手段。通过在电力变压器上部署各种传感器,如温度传感器、振动传感器、电流传感器等,实时采集变压器运行过程中的各项数据指标,包括温度、电流、振动等多个方面的数据信息。这些传感器将采集到的数据通过通信网络传输至远程监测中心,实现数据的实时传输和共享。利用数据分析和处理技术对采集到的数据进行处理和分析,提取其中的特征信息,通过对比已有的故障模式库和专家知识库,识别出可能存在的故障模式和异常情况。一旦发现异常,系统会立即发出预警信号,提醒相关人员进行进一步的诊断和处理。智能监测与远程诊断技术还能够实现远程操作和控制功能,通过远程监控中心对变压器进行远程调节和控制,实现对运行状态的及时调整和优化,降低故障风险,提高设备的运行效率和可靠性。智能监测与远程诊断技术还可以结合人工智能和大数据分析技术,实现对大规模数据的自动化处理和智能化分析,提高故障诊断的准确性和效率,为电力变压器的安全运行提供更加可靠的保障。总之,智能监测与远程诊断技术作为一种先进的电力变压器故障诊断技术,具有实时性强、准确性高、自动化程度高等优势,能够有效地提升电力变压器的安全性和可靠性,为电力系统的稳定运行提供有力支持。

4 电力变压器故障预防与维护策略

4.1 定期检修与维护计划

定期检修与维护计划对于保障电力变压器的正常运行至关重要,通过制定合理的检修与维护计划,可以及时发现和解决潜在问题,确保变压器长期稳定运行。定期的检查、清洁、润滑、绝缘测试等工作,以确保变压器的各项指标处于良好状态。定期检修还可以延长变压器的使用寿命,降低故障率,提高设备的可靠性和安全性。维护计划的制定应该结合变压器的具体情况和运行环境,科学合理地安排检修周期和内容,确保检修工作的有效性和经济性。

4.2 故障预防措施

故障预防是保障电力变压器稳定运行的关键。加强日

常巡视和监测,及时发现异常情况并进行处理;定期进行维护保养,包括清洁、润滑、紧固等,确保设备处于良好状态;加强员工培训,提高操作人员的技能水平和维护意识,减少人为失误引发的故障;引入先进的监测技术,如智能监测系统和远程监控设备,实现对变压器状态的实时监测和远程诊断,及时发现和解决问题;加强设备管理,建立完善的档案记录系统,对设备的运行情况进行全面跟踪和管理,为故障预防提供数据支持和决策依据。总之,通过综合运用多种故障预防措施,可以有效降低电力变压器的故障率,提高设备的可靠性和安全性。

4.3 紧急故障处理流程

紧急故障处理流程是确保在发生故障时能够及时有效地应对,以最小化损失并恢复设备运行的关键步骤。当发现变压器出现紧急故障时,应立即采取安全措施,例如切断电源和通知相关人员。进行现场调查和初步评估,确认故障的性质和范围,并采取必要的应急措施,如封锁危险区域和清除现场障碍。启动紧急维修计划,调动相关人员和设备,迅速组织维修队伍前往现场,并根据情况制定详细的维修方案。在维修过程中,要严格按照操作规程和安全操作要求进行操作,根据实际情况调配必要的资源和材料,以加快维修进度。完成维修任务后,对设备进行全面检查和测试,确保故障彻底排除,并进行记录和总结,以便后续的故障分析和预防工作。通过严格执行紧急故障处理流程,可以有效提高故障应对的效率和准确性,最大程度地保障设备和人员的安全,减少故障对生产和运行造成的影响。

5 结语

在电力系统中,变压器作为重要的电力设备承担着电能转换和传输的重要任务。本文分析了电力变压器的工作原理、结构组成、常见故障及其诊断方法、故障预防与维护策略等方面内容。通过对电力变压器故障的深入研究和分析,我们可以更好地了解变压器的运行状态,及时发现并处理各种故障,确保电力系统的安全稳定运行。在实际运行中,定期的检修与维护计划、故障预防措施以及紧急故障处理流程等都是保障电力变压器运行可靠性的重要手段。同时,引入新技术如智能监测和远程诊断技术也为故障预防和处理提供了新的途径和可能性。

[参考文献]

- [1]李欣桐. 变压器局部放电故障诊断方法研究[J]. 电气技术与经济, 2024(3): 4-7.
- [2]陈凌云. 电力变压器低压绕组变形故障自动检测方法[J]. 自动化应用, 2024, 65(6): 89-91.
- [3]陈杰. 基于机器学习的电力变压器故障诊断研究[D]. 上海: 上海电机学院, 2023.

作者简介: 丛洋铭(1988.4—), 男, 毕业院校: 沈阳工业大学, 所学专业: 电气工程及其自动化, 当前就职单位: 特变电工沈阳变压器集团有限公司, 职务: 设计师, 职称级别: 工程师。