

变压器检修技术及其在电力电气维修中的应用

李凌锋

大同供电公司变电检修中心

摘要：变压器作为电力系统中不可或缺的重要设备，其正常运行对于保障电力供应的可靠性至关重要。然而，长期的运行和各种外界因素可能导致变压器出现故障和损坏，因此，变压器检修技术的应用成了电力电气维修中的一项重要工作，通过对变压器的定期检修和维护，可以及时发现潜在问题并采取相应措施，确保变压器的稳定运行和延长其使用寿命。本文将详细介绍变压器检修技术及其在电力电气维修中的重要应用，旨在提升变压器的可靠性、安全性和经济性，实现电力设备的高效运行。

关键词：变压器检修技术；电力电气维修；应用

【DOI】10.12252/j.issn.2096-6288.2023.09.233

变压器是电力系统中常见的重要设备之一，其正常运行对电力供应具有重要意义，然而，由于长期工作和环境因素，变压器存在着一定的故障风险。变压器检修技术是为了确保变压器的正常运行，提高其可靠性和寿命而进行的一系列维修工作。其包括以下内容：检查变压器的外观、温度和噪音等参数；测量绝缘电阻和电流互感器的变比误差；清洗变压器内部的油污和杂质等，这些检修工作能有效发现并排除潜在故障，提高变压器的可靠性和性能，在电力电气维修中，变压器检修技术广泛应用，为电力系统的稳定运行提供了保障。

一、变压器检修技术概述

变压器检修技术是指对电力系统中的变压器进行维护、保养、修复和检查的技术手段和方法，通过定期检修变压器，可以保证其正常运行，预防故障发生，提高电力系统的可靠性和稳定性^[1]。

变压器检修技术主要包括以下几个方面：检查和清洁：对变压器进行外观检查和清洁，包括检查绝缘子、连接器、引线等部件是否完好，并清理变压器周围的杂物和灰尘；绝缘检测：通过绝缘电阻测试和局部放电检测等方法，评估变压器的绝缘状况，以判断是否存在绝缘故障风险；油浸测试：对变压器的绝缘油进行分析和检测，判断油质的状态和变压器内部的潜在故障；温度和振动检测：通过监测变压器的温度和振动情况，及时发现异常情况，避免故障的发生；维修和更换零部件：对发现的故障或损坏的部件进行修复或更换，确保变压器的正常运行和安全性；系统测试和运行检查：在变压器维修完成后，进行系统测试和运行检查，确保其性能符合要求。

二、变压器检修的重要性

变压器作为电力系统中的关键设备之一，承担着电能传输和配送的重要任务，然而，在长时间运行和恶劣工作环境的影响下，变压器可能会产生各种故障和损坏，因此，对变压器进行定期检修是至关重要的。

变压器检修的重要性主要体现在以下几个方面：故障预防：通过定期检修变压器，可以检测和排除潜在的故障隐患，及时发现和处理变压器内部的故障或缺陷，以防止故障进一步扩大和造成事故。提高可靠性：变压器的故障往往会导致整个电力系统的停电，对生产和生活带来严重影响，通过检修，可以及时修复和恢复变压器的正常运行，提高电力系统的可靠性和稳定性。延长使用寿命：定期检修可以对变压器的各个部件进行维护和保养，及时更换老化和磨损的零部件，有效延长变压器的使用寿命，降低更换设备的成本。节约维修成本：定期检修可以发现和解决变压器的问题，及时排除故障，避免因故障引起的紧急维修和停产停电的成本，同时能够减少故障带来的维修费用和损失。

三、变压器检修准备工作

变压器检修是一个严肃而复杂的工作，良好的准备工作可以确保检修工作的高效进行。以下是变压器检修的准备工作：

检查工作许可：在进行任何检修工作之前，必须获得相关的工作许可和操作许可证，确保所有操作人员都具备必要的资质和培训，并且理解并遵守相关安全操作规程。安装隔离开关：在变压器检修期间，设立适当的安全措施非常重要，在变压器输入和输出侧安装隔离开关，用于切断电源，确保变压器与电网完全隔离。进行必要的试验和测量：在开始检修之前，应进行必要的试验和测量工作，包括变压器的绝缘电阻测试、绕组间和绕组与地之间的绝缘电阻测量、局部放电测量等。这些测量有助于评估变压器的健康状况和存在的问题。

清理工作场所：将变压器周围的工作场所清理干净，并清除可燃物和其他危险物品，以防止火灾和意外发生，确保工作现场有足够的照明和通风。提供必要的工具和设备：准备适当的工具、测量仪器、绝缘材料、维修设备和安全设备等，以支持检修工作的进行，这些工具和设备应该经过检查和校准，确保其正常工作和可

靠性。制定详细的检修计划：在检修开始之前，制定详细的检修计划，明确所需操作步骤、检查点和工作时间安排，确保所有操作人员理解并按照计划执行工作，以避免任何错误或疏漏^[2]。

四、变压器常见问题故障

（一）绝缘材料老化

变压器的绝缘材料老化是常见的故障之一，会对变压器的性能和安全产生负面影响，以下是关于绝缘材料老化的一些常见问题和可能的原因：

绝缘材料断裂：绝缘材料在长期使用过程中，受到温度、湿度和电场等因素的影响，会出现开裂和断裂的情况。这可能是由于绝缘材料的老化、机械应力、振动或屈曲造成的。**绝缘材料降解：**绝缘材料老化导致其性能下降，如电绝缘性能、耐热性、耐压性等。这可能是由于长期使用、过载、过电压或环境因素如高温、潮湿引起的。**绝缘材料腐蚀：**绝缘材料在潮湿环境下容易发生腐蚀，特别是金属零件上的绝缘材料。腐蚀会引起材料的失效和漏电现象。**绝缘材料氧化：**绝缘材料在长期接触空气或氧气下会发生氧化反应，导致材料的性能下降。这可能是由于长期使用、高温或不良环境引起的。**绝缘材料变硬变脆：**绝缘材料老化后，可能会变得硬化和脆化，使其丧失原有的柔韧性和抗冲击能力。这可能是由于老化和长期受到高温、低温或机械应力等因素的影响。

绝缘材料老化可能导致电气设备的性能下降、绝缘击穿、漏电和火灾等安全隐患，为了避免这些问题，应定期检查绝缘材料的状态，并在必要时进行维修或更换，此外，正确的运行和维护，保持适当的温度、湿度和工作负荷，也可延缓绝缘材料老化的过程。

（二）冷却系统故障

冷却系统是变压器正常运行的关键部分，如果出现故障可能会导致变压器过热甚至无法正常工作，以下列举一些变压器冷却系统常见的故障问题：

冷却水流量异常：冷却水流量过低或过高都可能导致冷却系统故障，低水流量会导致变压器冷却不足，温度升高；高水流量则可能引起压力过大、漏水等问题。**冷却器污垢堵塞：**由于长时间使用或水质问题，冷却器内部容易积累污垢，导致冷却器表面热交换效果变差，使得冷却效果下降。**冷却系统泄漏：**冷却系统中的密封件、管道连接处或冷却器本身可能存在泄漏问题，导致冷却液流失，影响冷却效果。**冷却风机故障：**冷却系统中的风机可能出现故障，如电机损坏、叶轮脱落等，导致风量减少或无法正常运行。**冷却塔结冰：**在寒冷的环境下，冷却塔内部可能会结冰，造成冷却塔故障，影响冷却效果。**冷却系统油泵故障：**冷却系统中的油泵若发

生故障，可能导致冷却油循环不畅，进而影响冷却效果。

（三）短路漏电现象

变压器在使用过程中可能会出现各种故障，其中短路漏电是一种常见的问题，短路漏电指的是变压器中绕组之间或绕组与地之间发生的直接接触，导致电流绕过设备正常路径而形成的故障现象^[3]。

以下是短路漏电的一些常见问题和原因：**短路故障：**变压器绕组内部或两个绕组之间出现直接的短路现象，可能是由于绝缘材料老化、破损或机械损伤导致的。**漏电故障：**绝缘材料的绝缘性能受到损害，导致绕组与外壳或大地之间发生漏电，可能是由于湿度过高、污染物侵入或绝缘材料老化等原因引起的。**绝缘击穿：**绕组的绝缘强度无法承受电压，导致电流绕过绝缘层形成短路漏电现象，可能是由于电压过高、外部因素冲击或绝缘层质量问题导致的。**地线接触不良：**变压器接地线与大地之间接触不良或脱落，导致电流通过其他路径返回地面形成漏电现象。

五、在电力电气设备中的应用

（一）变压器检修方式的计算

变压器检修是保障电力电气设备正常运行和延长使用寿命的重要环节之一，变压器检修方式的计算主要包括以下几个方面的工作：

绝缘电阻测试：绝缘电阻测试是检测变压器绕组与大地之间的绝缘状态是否良好的关键因素。通常使用绝缘电阻测试仪进行测试，根据测试结果判断绝缘状态是否符合要求，测试时，需要注意测试电压、时间和环境温度等因素的影响，并记录测试结果。

短路阻抗测试：短路阻抗测试用于评估变压器的承载能力和损耗情况，该测试是通过施加额定电压并测量电流来计算变压器的短路阻抗值，在测试中，需要考虑环境温度、冷却方式、频率等因素，并根据计算结果对短路阻抗值进行评估。

漏损和空载电流测试：漏损和空载电流测试主要是用于评估变压器的损耗和负荷性能，通过测量变压器的漏损和空载电流，可以判断其耗损情况和正常工作状态，在测试中，需要注意测试电压、频率以及标定负载等因素，并根据测试结果对变压器的损耗和负荷能力进行评估。

油质分析：油质分析是检查变压器内部绝缘状态的重要手段，通过采集变压器油样，并对其进行测试和分析，可以了解油中水分、杂质含量、耐压强度等指标，从而判断变压器的工作状态和绝缘状况，油质分析需要借助专用仪器和标准测试方法进行，并根据测试结果制定相应的维护方案。

局部放电检测：局部放电是变压器故障的常见表现之一，局部放电检测是通过使用局部放电监测仪器对变压器绕组进行检测，判断是否存在局部放电现象，通过对局部放电信号进行分析和评估，可以得出变压器的健康状况，并据此制定相应的修复计划。

通过以上计算和测试方法，可以对变压器的各项指标和性能进行准确评估，从而确定合适的检修方式和步骤。根据实际情况，可以选择全面检修、局部检修或在线检修等方式进行维护和修复，以确保变压器的正常运行和安全可靠。

（二）变压器检修技术的改进

变压器检修技术是电力电气设备中非常重要的一项技术，不断进行技术改进可以提高变压器的性能和可靠性，延长其使用寿命，以下是一些变压器检修技术的改进方向：

非接触式检测技术：传统的变压器检修需要对设备进行拆解或接触式检测，这样会增加人为操作的难度和危险性，而借助红外热像仪、超声波探测仪和气体检测技术等非接触式检测技术，可以实现变压器的无损检测，减少对设备的干扰和风险。

智能化诊断技术：结合人工智能、大数据分析和云计算等技术，开发智能化的变压器检修系统，通过实时采集变压器的运行数据和状态参数，利用智能分析算法进行故障预警和故障诊断，提前发现问题并采取相应的维修措施，提高变压器的可靠性和效率^[4]。

进阶维护技术：除了传统的定期检修外，引入先进的变压器维护技术，如在线监测系统和遥感监测系统，通过对变压器的多个关键参数进行实时监测和分析，可以及时掌握设备的状态变化，实现故障预警和远程监控，提高设备的可靠性和响应速度。

环保节能技术：在变压器检修过程中，注重环境保护和节能减排，采用环保型绝缘材料和新型润滑剂，减少对环境的污染；优化变压器的设计和运行方式，降低能耗和损耗。同时，加强变压器的绝缘保护和冷却系统的改进，提高设备的运行效率。

资产管理系统的运用：建立完善的变压器资产管理系统，对变压器的运行情况、维修记录、历史数据等进行全面管理和分析，通过对变压器的全生命周期进行有效管理，包括设备选型、采购、安装、维修等环节，提高设备的可用性和维修效率，降低运维成本。

（三）设备状态检修管理系统

设备状态检修管理系统是变压器检修技术在电力电气设备中的一种应用，通过对变压器及其相关设备进行实时监测、数据分析和故障诊断，实现对设备状态进行全面管理和及时维护。以下是设备状态检修管理系统

主要应用及功能：

设备监测与数据采集：通过传感器和监测设备对变压器的各项参数进行实时监测，如温度、湿度、振动、电流等，同时采集数据，并将数据进行存储和处理。**数据分析与故障诊断：**利用数据分析算法和模型，对采集到的数据进行实时处理和分析，以判断设备状态是否正常，预测潜在的故障风险，并进行故障诊断和定位。**预防性维护与保养计划：**根据设备监测数据和故障诊断结果，制定相应的预防性维护计划，包括定期的检修、保养和性能测试，以减少故障发生率，延长设备寿命^[5]。

远程监控和报警：通过网络连接和远程通信技术，实现对设备的远程监控和实时状态显示，同时设定相应的报警机制，及时发现异常情况并作出响应。**数据管理和信息共享：**将设备监测数据、维修记录等信息进行整合和管理，建立设备状态数据库，实现对历史数据的查询和分析，以支持决策和改进管理措施。

通过设备状态检修管理系统的应用，能够提高变压器的可靠性和安全性，降低设备故障率，优化维护资源的利用效率，提高工作效率和经济效益。同时，系统还可以与其他管理系统进行集成，实现更全面的设备管理和优化调度。

结语

通过对变压器检修技术的介绍，可以看到其在电力电气维修中的重要性和应用价值，合理、科学地进行变压器的检修工作，可以有效预防和解决变压器故障，提高电力系统的可靠性和稳定性，同时，通过合理的检修计划和措施，可以延长变压器的使用寿命，降低维修成本。因此，在电力电气维修中，加强对变压器检修技术的学习和应用，将为电力系统的安全运行和经济运行提供有力支持。

参考文献

- [1]王怀葆, 程师. 变压器检修技术及其在电力电气维修中的应用[C]//第三十三届京津冀晋蒙鲁华北六省市(区)电机工程(电力)学会论文集. 内蒙古京隆发电有限责任公司; 中广核新能源投资(深圳)有限公司四川分公司, 2023: 3.
- [2]秦晓淼. 变压器检修技术及其在电力电气维修中的运用分析[J]. 中国机械, 2023, (05): 100-103.
- [3]刘倩. 变压器检修技术及其在电力电气维修中的运用[J]. 山东工业技术, 2022, (01): 122-127.
- [4]陈晶炜, 柴燕, 熊雁波等. 变压器检修技术及其在电力电气维修中的应用[J]. 设备管理与维修, 2021, (18): 74-75.
- [5]张远鹏, 尹延麒, 李博等. 浅析变压器状态检修评估系统[J]. 中国设备工程, 2020, (14): 142-143.