

干式变压器常见故障及处理

李 宁

君泰福电气有限公司 广西 桂林 541000

摘要：随着电力需求的日益增长，干式变压器作为电力系统的关键设备，其故障处理愈发重要。常见故障包括绝缘系统老化、绕组短路及变形、温控系统故障等。为有效处理这些故障，需定期进行外观检查、电气试验及红外热成像检测，以便准确判断故障类型和位置。同时，加强日常维护和在线监测，及时更换老化部件，优化温控系统参数，能有效预防故障发生。只有全面考虑并科学处理这些故障，才能确保干式变压器的稳定运行，保障电力供应的可靠性。

关键词：干式变压器；常见故障；处理

引言：干式变压器作为现代电力系统中的重要组成部分，其稳定运行对于保障供电质量和安全具有重要意义。然而，在实际运行过程中，干式变压器也常会遇到各种故障，如绝缘失效、绕组异常以及温控系统故障等。这些故障若得不到及时处理，将严重威胁电力系统的稳定运行。因此，本文将深入探讨干式变压器的常见故障类型及其处理方法，旨在提高变压器的维护水平，确保电力系统的安全稳定运行。

1 干式变压器常见故障类型及原因分析

1.1 绝缘系统故障

绝缘系统是干式变压器的核心部分，它的性能直接关系到变压器的安全稳定运行。绝缘系统故障主要包括绝缘材料老化、绝缘损坏与击穿以及其他原因导致的绝缘性能下降等。（1）绝缘材料老化是导致绝缘系统故障的重要原因之一。干式变压器的绝缘材料在长期使用过程中，会受到温度、湿度、电场等多种因素的共同作用，逐渐发生老化。老化的绝缘材料会变得脆弱、易碎，甚至产生裂纹，导致绝缘性能下降，容易发生击穿故障。（2）绝缘损坏与击穿则是绝缘系统故障的直接表现。这通常是由于设备设计制造缺陷、安装维护不当或外部因素（如雷击、过电压等）导致的。当绝缘系统受到严重损坏时，高压电场会直接作用于导体之间，造成击穿故障，严重时可能导致设备烧毁或引发火灾。（3）其他原因导致的绝缘性能下降也是不可忽视的。例如，环境中的灰尘、油污等杂质可能会附着在绝缘材料表面，降低其绝缘性能；同时，设备内部的潮湿环境也可能导致绝缘电阻降低，增加故障风险。

1.2 绕组故障

绕组作为干式变压器的关键部件之一，其故障对变压器的运行安全有着重要影响。绕组故障主要包括绕组

变形、绕组短路及断路以及绕组松动及移位等。（1）绕组变形通常是由于机械外力或电磁力的作用导致的。在运输、安装或运行过程中，干式变压器可能受到振动、冲击等机械外力作用，导致绕组变形。此外，电磁力不平衡也可能使绕组发生扭曲或变形。变形后的绕组可能改变其原有的电气性能，如电感、电容等参数发生变化，进而影响变压器的正常运行。（2）绕组短路及断路是绕组故障的另一种常见形式。这通常是由于绕组制造缺陷、绝缘破损或接触不良等原因引起的。当绕组发生短路时，短路电流可能过大，导致设备过热或损坏；而断路则会使绕组失去部分功能，降低变压器的输出能力^[1]。

（3）绕组松动及移位也是不容忽视的问题。在长期使用过程中，由于振动、温度变化等因素的影响，绕组可能会发生松动或移位。这可能导致绕组与铁芯或其他部件之间的绝缘距离变小，增加击穿风险；同时，也可能影响绕组的电气性能，使其失去原有的平衡和稳定性。

1.3 温控系统故障

温控系统是干式变压器中的重要组成部分，它负责监测和控制变压器的运行温度，确保其在安全范围内运行。然而，温控系统也可能出现故障，影响变压器的正常运行。（1）温度传感器失效是温控系统故障的常见原因之一。温度传感器用于实时监测变压器的温度，如果传感器失效或损坏，将无法准确反映变压器的实际温度，可能导致温度过高而引发故障。（2）温控装置误动作也是温控系统故障的一种表现。这可能是由于温控装置的设计缺陷、安装位置不当或环境因素导致的。当温控装置误动作时，可能会导致冷却系统过早启动或关闭，影响变压器的散热效果，甚至引发故障。（3）冷却系统故障也是温控系统故障的重要方面。干式变压器的冷却系统通常采用风冷或自冷方式，如果冷却系统出现

故障（如风扇损坏、风道堵塞等），将无法有效散发变压器产生的热量，导致温度升高并可能引发故障。

1.4 其他常见故障

除了上述故障类型外，干式变压器还可能遇到其他常见故障，如铁芯多点接地、分接开关故障以及外部结构损坏等。（1）铁芯多点接地通常是由于铁芯制造或安装过程中的不当操作导致的。当铁芯出现多点接地时，会在接地回路中产生循环电流，导致铁芯局部过热，甚至烧毁绝缘材料。（2）分接开关故障是干式变压器中较为常见的电气故障之一。分接开关用于调节变压器的输出电压，如果开关接触不良或操作不当，可能导致输出电压不稳定或异常，影响电力系统的正常运行。（3）外部结构损坏则可能是由于设备在运输、安装或使用过程中受到外力冲击或撞击造成的。外部结构损坏不仅影响变压器的美观性，还可能破坏其内部结构，引发更严重的故障。

2 干式变压器故障的诊断与定位方法

2.1 外观检查与初步判断

外观检查是干式变压器故障诊断的第一步。通过检查变压器的外观，可以初步判断其是否存在异常情况。例如，观察变压器是否有漏油、渗油现象，是否有零部件松动或损坏，以及是否有明显的过热痕迹等。这些外观上的异常现象往往是内部故障的外部表现，可以为后续的故障诊断提供线索。在进行外观检查时，还需要注意检查变压器的运行声音。正常运行的变压器应该发出均匀的嗡嗡声，如果声音出现异常，如杂音、尖叫声等，可能意味着变压器内部存在故障。

2.2 电气试验与性能分析

电气试验是干式变压器故障诊断的重要手段。通过对变压器进行一系列电气试验，可以获取其电气性能参数，从而判断其是否存在故障。常用的电气试验包括绝缘电阻测量、直流电阻测量和感应耐压试验等。（1）绝缘电阻测量可以评估变压器绝缘系统的性能。通过测量绕组对地及相间的绝缘电阻，可以判断绝缘系统是否存在老化、损坏或受潮等问题。（2）直流电阻测量可以检测绕组内部是否存在短路、断路或接触不良等故障。通过测量绕组在直流电流下的电阻值，并与正常值进行比较，可以初步判断绕组的完好性。（3）感应耐压试验可以检验变压器在额定电压下的绝缘性能。通过模拟变压器在实际运行中的工况，对其施加高于额定电压的感应电压，观察其是否出现击穿或闪络等现象，从而判断其绝缘系统是否合格。

2.3 红外热成像检测技术应用

红外热成像技术是一种非接触式的温度测量技术，可以实时显示物体表面的温度分布。在干式变压器故障诊断中，红外热成像技术可以用于检测变压器表面的温度分布情况，从而判断其是否存在局部过热现象。通过红外热成像仪对变压器进行扫描，可以获得其表面的温度图像。观察图像中温度分布的情况，如果发现某处温度明显高于其他部位，可能意味着该处存在故障或缺陷。这种方法可以帮助运维人员快速定位故障点，减少故障诊断的时间成本。

2.4 在线监测与故障诊断系统

随着技术的发展，越来越多的干式变压器开始配备在线监测与故障诊断系统。这些系统能够实时监测变压器的运行状态和性能参数，并对异常情况进行自动诊断和报警。（1）在线监测系统通过安装各种传感器和数据采集设备，实现对变压器运行状态的实时监测。这些传感器可以监测变压器的温度、湿度、振动等参数，并将数据传输到诊断系统进行分析处理。（2）故障诊断系统则利用先进的算法和模型对采集到的数据进行处理和分析，从而实现故障的快速定位和诊断。系统可以根据预设的阈值和规则判断变压器是否存在故障，并通过报警装置及时通知运维人员进行处理。在线监测与故障诊断系统的应用大大提高了干式变压器故障诊断的准确性和效率，为电力系统的安全稳定运行提供了有力保障。

3 干式变压器常见故障处理措施及案例分析

3.1 绝缘系统故障处理

绝缘系统是干式变压器的核心组成部分，其性能直接影响到变压器的安全运行。针对绝缘系统的常见故障，可以采取以下处理措施：（1）更换绝缘材料或部件。当绝缘材料老化、破损或性能下降时，应及时更换新的绝缘材料或部件。在更换过程中，应选用质量可靠、符合标准的绝缘材料，并严格按照操作规范进行安装和调试，确保绝缘性能符合要求。（2）加强绝缘保护措施。除更换绝缘材料外，还可以采取加强绝缘保护的措施，如增加绝缘层厚度、使用绝缘油或绝缘气体等，以提高绝缘系统的整体性能。此外，定期对绝缘系统进行清洁和维护，保持其表面干燥、清洁，也是预防绝缘故障的有效手段。（3）提高绝缘性能监测水平。通过定期对绝缘电阻、介质损耗等参数进行监测和分析，可以及时发现绝缘系统的潜在问题。因此，提高绝缘性能监测水平是预防和处理绝缘故障的关键。可以采用先进的监测设备和技术手段，如局部放电检测、高频脉冲电流法等，提高监测的准确性和灵敏度^[2]。

3.2 绕组故障处理

绕组是干式变压器的另一个重要组成部分,其故障主要表现为变形、短路和断路等。针对这些故障,可以采取以下处理措施:(1)修复变形绕组。当绕组出现变形时,首先应查明变形的原因,然后采取相应的修复措施。对于轻微的变形,可以通过调整绕组位置和固定方式来恢复其正常形态;对于严重的变形,则可能需要更换部分或全部绕组。在修复过程中,应确保绕组的电气参数和结构符合设计要求。(2)更换短路或断路绕组。对于出现短路或断路的绕组,一般需要将其更换为新的绕组。在更换过程中,应注意选择与原有绕组性能相匹配的新绕组,并确保更换后的绕组与其他部件的连接正确可靠。此外,还应检查新绕组的绝缘性能和电气性能,确保其符合标准要求^[1]。(3)加强绕组紧固与固定。为了预防绕组在运行过程中出现松动或移位等问题,应加强绕组的紧固与固定工作。可以通过增加紧固件、调整固定位置或使用专用的固定装置等方式来提高绕组的稳定性。同时,定期对绕组进行检查和维护,及时发现并处理潜在的松动或移位问题。

3.3 温控系统故障处理

温控系统是保证干式变压器正常运行的重要辅助设备。针对温控系统的常见故障,如温度传感器失效、温控装置误动作等,可以采取以下处理措施:(1)更换失效的温度传感器。当温度传感器出现失效或精度下降时,应及时更换新的温度传感器。在更换过程中,应选用与原有传感器性能相匹配的新传感器,并按照正确的安装步骤进行操作。同时,对新的温度传感器进行校准和调试,确保其测量准确可靠。(2)调整温控装置参数。温控装置的参数设置直接影响到温度控制的效果。因此,当温控装置出现误动作或控制效果不佳时,应对其参数进行调整。可以根据实际运行情况和温度控制需求,调整温度阈值、控制逻辑等参数,使温控装置能够更好地适应实际运行条件。(3)维修或更换冷却系统部件。冷却系统的正常运行对于保证干式变压器的温度控制至关重要。当冷却系统部件出现故障或性能下降时,应及时进行维修或更换。可以对故障部件进行拆卸和检修,更换损坏的零件或整个部件;对于无法修复的部件,则应考虑更换新的部件。同时,定期对冷却系统进行清洁和维护,确保其处于良好的工作状态^[4]。

3.4 案例分析

某电力公司的一台干式变压器在运行过程中,突然出现了温度升高和运行声音异常的情况。经过初步的诊断,维修人员确定是绕组短路故障所致。这种故障如果不及处理,可能会对整个电力系统造成严重的安全隐患。面对此情况,维修人员首先对变压器进行了全面的检查和分析,准确找出了绕组短路的具体位置。随后,他们决定采用更换短路绕组的处理措施。在更换过程中,维修人员严格遵循操作规范,确保新绕组的安装质量符合要求。同时,他们还加强了绕组的紧固与固定工作,以防止类似故障再次发生。处理完成后,变压器的运行温度和声音逐渐恢复正常。经过一段时间的观察和监测,该变压器再未出现类似故障,证明了处理措施的有效性。此次案例的处理过程充分说明了针对干式变压器常见故障的处理措施是切实可行的。它提醒我们,在实际应用中,应根据具体故障情况选择合适的处理方案,并加强设备的日常维护和监测工作。这样不仅可以有效预防故障的发生,还能确保电力系统的稳定和安全运行。

结束语

经过对干式变压器常见故障及其处理方法的深入剖析,我们深知,保障变压器的稳定运行对于整个电力系统的安全至关重要。随着技术的不断进步和运维经验的累积,我们有能力更加精准地诊断故障、高效地处理问题。未来,我们将继续深化研究,完善处理机制,不断提高变压器的可靠性与使用寿命。让我们共同努力,确保干式变压器在安全、稳定的轨道上运行,为社会的繁荣发展贡献源源不断的电力支撑。

参考文献

- [1]张雪松,张杨俊,任彦东.干式变压器常见故障分析及处理方法[J].机电信息,2021(22):27-29.
- [2]张蒙.干式变压器的常见故障与处理措施分析[J].电子技术与软件工程,2021(04):222-223.
- [3]韦宝英.干式变压器常见故障及处理[J].低碳世界,2019,9(12):88-89.
- [4]崔贵峰.35kV干式变压器的常见故障及对策分析[J].城市建设理论研究,2019(6):15-16.