

电力系统及其自动化中变压器故障诊断研究

付陈章

(国网仙桃市供电公司 湖北省仙桃市 433000)

摘要: 电力系统是现代社会的不可或缺的基础设施,它为各种行业提供稳定的电能供应。变压器故障可能导致停电、损坏其他设备甚至发生火灾等严重后果,因此对于变压器的故障诊断显得尤为重要。本文对电力系统及其自动化中变压器故障诊断进行了研究。首先介绍了变压器在电力系统中的重要作用,然后阐述了变压器故障的诊断方法和预防措施。通过对各种诊断方法的分析比较,总结了各自的优缺点和适用范围。最后指出了当前变压器故障诊断面临的挑战和未来可能的发展趋势。本文的研究结果对于提高电力系统的稳定性和可靠性具有重要的意义。

关键词: 电力系统; 自动化; 变压器; 故障

变压器是电力系统中的重要设备,用于将电压从一级调整为另一级,以实现电能传输和配电。它由两个或多个线圈(称为绕组)和一个铁芯组成。变压器的工作原理基于法拉第电磁感应定律,即当通过一个绕组的电流发生变化时,会在另一个绕组中产生电动势^[1]。作为电网的关键组成部分之一,稳定可靠的运行对于保障电力系统的安全和稳定至关重要。然而,由于变压器结构的复杂性和运行环境的多样性,变压器故障时有发生,给电力系统的正常运行带来了威胁。因此,研究变压器故障诊断方法,及时准确地发现和及时处理故障,对于保障电力系统的稳定运行具有重要的现实意义。

1 电力变压器的简介

电力变压器是一种静止的电气设备,用于在交流电网中改变电压等级。它在电力系统中扮演着至关重要的角色,确保电能能够高效、安全地传输和分配。电力变压器的工作原理基于电磁感应,通过变换匝数比例来实现电压的升降。根据用途和特性,电力变压器可分为多种类型,如升压变压器、降压变压器、配电变压器等。此外,根据其冷却方式,还可分为油浸式变压器和干式变压器。油浸式变压器采用油作为冷却介质,而干式变压器则采用空气自然冷却或强制风冷。在电力系统中,电力变压器具有多种功能。它不仅可以升高或降低电压,以利于电能的远距离传输和分配,还能实现电气隔离,确保电力系统的安全运行。



图 1 变压器结构图

2 引起电力变压器故障的因素

2.1 电线温度过高

电线温度过高是引起电力变压器故障的常见因素之一。在电力变压器的运行过程中,电线会承载一定的电流,当电流过大或电线散热不良时,电线温度就会升高。长期的高温状态会加速电线老化,导致绝缘性能下降,甚至引发火灾。因此,合理的电流设计和良好的散热条件是降低电线温度、延长变压器使用寿命的关键。

2.2 内部出现问题

电力变压器的内部结构复杂,包含了大量的绕组、铁芯和绝缘材料等。这些部件在长期的运行过程中,可能会受到电、热、机械等多种应力的影响,导致性能下降或损坏。例如,绕组变形、铁芯多点接地、绝缘击穿等问题都可能引发变压器故障。为了降低内部问题的发生概率,需要严格控制变压器的设计和制造工艺,定期进行预防性试验和维护,以及时发现问题并采取相应措施。

2.3 内部线路的严重损坏

内部线路的严重损坏通常是电力变压器故障的最直接原因。由于变压器的内部结构紧凑,一旦某处线路出现严重损坏,如短路、断路等,很容易导致整个变压器无法正常工作^[2]。内部线路损坏可能由多种原因引起,如绝缘老化、过电压、过电流等。为了预防内部线路的严重损坏,需要定期对变压器进行绝缘试验、耐压试验等,确保变压器的绝缘性能和电气性能满足要求。同时,在变压器运行过程中,应注意监测其负荷、电压、温度等参数,避免长时间超负荷运行或遭受异常电压冲击。

3 变压器产生故障的原因分析

3.1 电力变压器外部故障原因

电力变压器外部故障主要是由于外部环境或人为因素引起的。例如,自然灾害如雷电击中、风暴破坏等,可能导致变压器受损或短路。此外,外部污染、腐蚀和机械损伤等因素也可能对变压器的正常运行造成威胁。为避免外部因素对变压器造成损害,应合理选择变压器的安装位置,加强防雷保护措施,并定期巡视检查,及时处理潜在的外部隐患。其常见故障见下表 1。

表 1 电力变压器常见故障

分类依据	故障类型
故障性质	热故障、电故障
主体结构	绕组故障、铁芯故障、油质故障、附件故障
变压器本体	内部故障、外部故障
回路	电路故障、电流故障、油路故障

3.2 电力变压器冷却循环系统故障

冷却循环系统是电力变压器正常运行的重要组成部分，其故障会导致变压器温度升高，进而影响变压器的性能和寿命。冷却循环系统故障可能由冷却设备故障、管道堵塞、冷却介质泄露等多种原因引起^[3]。为确保冷却循环系统的正常运行，需要定期对冷却设备进行检查和维护，清理管道，及时修补泄露部分，确保冷却介质流通畅通，以控制变压器的温度在允许范围内。

3.3 因矿质绝缘油导致的故障

矿质绝缘油是电力变压器中常用的绝缘介质，但其质量和使用条件直接影响变压器的绝缘性能。如果矿质绝缘油质量不佳、老化、含有水分或杂质等，都会导致绝缘性能下降，可能引发绝缘击穿、绕组短路等故障。因此，选择优质的矿质绝缘油，并严格控制其使用条件，定期进行检测和更换，是预防因矿质绝缘油导致故障的关键。

4 电力变压器的诊断方法

4.1 直观检测法

直观检测法是一种基于观察和经验的诊断方法。技术人员通过检查变压器的外观、颜色和气味等直观特征，判断是否存在异常。例如，变压器外壳的变形、油位的异常下降、异常气味等都是直观检测法能够发现的故障线索。这种方法虽然简单，但对于一些明显的故障，能够提供快速的初步判断。

4.2 油中溶解气体分析法

油中溶解气体分析法是一种通过分析变压器油中溶解气体的成分和浓度来诊断故障的方法^[4]。变压器油中的气体含量和种类会随着故障的发生而改变，通过对油中气体的色谱分析，可以判断变压器内部是否存在过热、放电等故障。这种方法具有灵敏度高、非破坏性等优点，被广泛应用于电力变压器的故障诊断。

4.3 电气预防试验法

电气预防试验法是一种通过施加一定电压或电流来检测变压器绝缘性能和电气性能的方法。预防试验包括绝缘电阻测量、耐压试验、局部放电检测等，可以有效发现变压器的绝缘缺陷、绕组变形等故障。这种方法能够在变压器运行前或停运期间进行，为预防故障提供了重要手段。

4.4 在线检测技术

在线检测技术是一种实时监测变压器运行状态的方法。通过安装传感器和监测设备，可以实时监测变压器的电压、电流、温度、振动等参数，并对数据进行分析 and 处理，以判断变压器是否存在故障。在线检测技术能

够提供连续的监测数据，及时发现故障的早期迹象，为变压器的安全运行提供了有力支持。

5 电力系统及其自动化中变压器故障的预防措施

5.1 设备选型

在选购变压器时，应首选具有良好声誉和丰富经验的制造商，并严格遵循国家和行业的标准。选购的变压器应经过严格的试验和检验，确保其性能和质量符合规定。同时，要考虑变压器的额定容量、电压等级、短路阻抗等参数与电力系统的需求相匹配，避免因选型不当导致的故障。

5.2 设备安装

变压器的安装过程应符合制造商的安装指南和相关行业标准。在安装前，应对变压器进行外观检查，确保无明显损坏。安装过程中，应保证变压器的绝缘、冷却系统等关键部件的完好，防止因安装不当造成的故障。安装完成后，应进行严格的验收试验，确保变压器能够正常运行。

5.3 运行监控

对变压器的运行状况进行实时监控是预防故障的关键。应建立完善的监控系统，实时监测变压器的电压、电流、温度等关键参数，并定期对数据进行分析，发现异常及时采取措施。同时，对于在线检测技术发现的潜在故障，应及时进行进一步的诊断和处理，防止故障扩大。

5.4 定期维护

定期对变压器进行维护是预防故障的重要措施。应制定详细的维护计划，包括定期的油样分析、绝缘检测、冷却系统清洗等^[5]。通过定期维护，可以及时发现并处理潜在的故障隐患，延长变压器的使用寿命。

结束语

综上所述，电力系统及其自动化中变压器故障诊断研究对于确保电力系统的稳定运行具有重要意义。通过深入研究和应用各种诊断方法，我们能够更准确地识别和解决变压器故障，提高电力系统的可靠性。未来，随着技术的进步和不断创新，我们相信变压器故障诊断将迎来更广阔的发展空间和更高效的解决方案，为电力系统安全运行贡献更大力量。

参考文献:

[1]张友. 电力系统及其自动化中变压器故障诊断研究 [J]. 模具制造, 2023, 23 (10): 166-168.
 [2]韩佳丽. 基于云雾协同的变压器故障诊断研究[D]. 西安理工大学, 2023.
 [3]汪琳. 电力系统中 6 kV 变压器短路故障诊断与维修 [J]. 设备管理与维修, 2022, (20): 149-150.
 [4]袁表明. 电气试验在变压器故障诊断中的应用 [J]. 电力系统装备, 2021(19):2.
 [5]杨帆, 贾凡毅. 探究电力变压器故障自动化实时检测技术 [J]. 中文科技期刊数据库 (引文版) 工程技术, 2021(6):1.