

浅析变压器的维护巡视及故障原因

唐鹏程

国能太仓发电有限公司 江苏 太仓 215433

摘要：文章浅析了变压器维护巡视及故障原因的重要性。变压器作为电力系统的核心设备，其稳定运行直接影响电网的安全与可靠。通过加强日常巡视与维护，能够及时发现并处理潜在故障，减少突发故障对电网的冲击。同时深入分析故障原因，为制定针对性的预防措施提供依据，有助于提升变压器的整体运行水平。本文总结了维护巡视的关键环节和常见故障原因，为变压器管理提供了参考。

关键词：变压器；维护巡视；故障原因

1 变压器概述

在电力系统中，变压器作为一种关键的电气设备，扮演着不可或缺的角色。它主要负责电能的传输、分配以及电压等级的转换，确保电力能够高效、安全地送达千家万户及各个工业领域。变压器通过电磁感应原理，实现了不同电压等级之间的转换，从而满足了不同设备对电压的不同需求。

1.1 变压器的工作原理

变压器的工作原理基于法拉第电磁感应定律，即当导体在变化的磁场中运动时，会在导体中产生电动势。变压器主要由两个或多个相互绝缘且匝数不等的线圈（即绕组）绕制在同一铁芯上构成。其中，与电源连接的线圈称为原边（或初级）绕组，而与负载连接的线圈则称为副边（或次级）绕组。当交流电通过原边绕组时，会在铁芯中产生交变的磁通。由于原、副边绕组紧密耦合在同一铁芯上，因此副边绕组也会感应到这一交变磁通，从而在副边绕组中产生感应电动势。根据电磁感应定律，感应电动势的大小与磁通的变化率成正比，而磁通的变化率则取决于原边绕组的电流频率和匝数，通过调整原、副边绕组的匝数比，就可以实现电压的升高或降低。变压器在工作过程中还涉及到能量守恒定律，由于变压器本身并不消耗能量（理想情况下），因此原边绕组输入的电功率应等于副边绕组输出的电功率（忽略损耗）。这一特性使得变压器在电能传输和分配过程中具有极高的效率。

1.2 变压器的分类

根据不同的分类标准，变压器可以分为多种类型。以下是一些常见的分类方式；第一、按用途分类，电力变压器：主要用于电力系统中，实现电压的升高或降低，以满足电能传输和分配的需要。仪用变压器：如电压互感器、电流互感器等，主要用于电气测量和保护装

置中，将高电压或大电流转换为低电压或小电流，以便进行测量和保护。试验变压器：用于进行电气设备的耐压试验和特性试验等。第二、按相数分类，单相变压器：只有一个原边绕组和一个副边绕组，适用于单相交流电系统。三相变压器：有三个原边绕组和三个副边绕组（或采用星形、三角形等接线方式），适用于三相交流电系统。三相变压器具有更高的效率和更好的功率因数，因此在电力系统中得到广泛应用^[1]。第三、按冷却方式分类，干式变压器：无需油或其他液体作为冷却介质，通常采用空气自然冷却或强制风冷方式。干式变压器具有防火、防爆、无污染等优点，适用于对环境要求较高的场所。油浸式变压器：以油作为冷却和绝缘介质，具有良好的散热性能和较高的绝缘强度。油浸式变压器广泛应用于各种电压等级的电力系统中。第四、按铁芯结构分类，心式变压器：铁芯呈柱形，绕组套装在铁芯柱上。心式变压器结构紧凑、制造工艺简单，是电力系统中应用最广泛的一种变压器。壳式变压器：绕组包围在铁芯外部，形成壳状结构。壳式变压器具有较好的散热性能和机械强度，但制造工艺相对复杂。

2 变压器的维护巡视

在电力系统的稳定运行中，变压器的健康状态直接关系到整个电网的安全与效率。定期对变压器进行维护巡视，及时发现并处理潜在问题，是确保变压器长期可靠运行的关键。

2.1 日常巡视内容

日常巡视是变压器维护工作的基础，旨在通过日常检查，及时发现并处理变压器运行中的异常情况，防止故障扩大。首先观察变压器外观是否整洁，有无漏油、渗油现象。检查油箱、套管、散热器等部件是否有损伤、变形或锈蚀，注意检查变压器周围是否有杂物堆积，影响散热或存在安全隐患。利用油位计和温度计检

查变压器油温及油位是否正常。油温过高可能表示内部存在过热现象,需进一步检查;油位过低则可能导致油面下降,影响绝缘性能。倾听变压器运行时的声音,判断是否有异常声响,如嗡嗡声、放电声等。观察变压器本体及附件的振动情况,异常振动可能指示内部机械故障或紧固件松动。对于油浸式变压器,需检查冷却风扇、油泵等冷却设备是否正常运行,散热片是否清洁无堵塞。对于干式变压器,则需检查其通风系统是否畅通。记录变压器的负荷电流和电压值,与额定值进行比较,判断是否在允许范围内运行。长期过载运行会加速变压器老化,缩短使用寿命。检查变压器的保护装置(如瓦斯继电器、温度控制器等)是否完好,动作是否可靠。这些保护装置在变压器发生故障能及时切断电源,防止事故扩大。

2.2 特殊巡视要求

特殊巡视是在特定条件下进行的巡视工作,如恶劣天气、设备异常、系统故障等情况下,需要加强对变压器的监视和检查。特殊巡视要求通常包括:在雷雨、大风、冰雪等恶劣天气后,需立即对变压器进行巡视,检查有无雷击、短路、断线等故障发生。注意检查变压器周围排水是否畅通,防止积水浸泡设备。当变压器出现异常情况(如油温异常升高、声音异常等)时,应立即进行巡视,查找原因并采取处理措施。必要时可停运变压器进行检查和维修。在系统发生故障(如短路、接地等)后,需对变压器进行全面巡视,检查其是否受到故障影响,有无损坏或异常现象,关注系统恢复情况,确保变压器在恢复正常供电前处于良好状态。除了日常和特殊巡视外,还需定期对变压器进行预防性试验,如绝缘电阻测量、直流电阻测量、油质分析等。这些试验能够更深入地了解变压器的绝缘状况、电气性能和机械强度等,为设备的维护和检修提供依据^[2]。

2.3 绝缘电阻测量

绝缘电阻测量是变压器预防性试验中的重要项目之一,用于评估变压器绝缘系统的性能。绝缘电阻测量通常使用兆欧表进行,测量前需将变压器与电源断开,并对被测绕组进行充分放电和清洁处理。测量时,按照兆欧表的使用说明正确接线,选择合适的电压等级进行测试。测试过程中应注意观察兆欧表的指示值,并记录测量结果。绝缘电阻的测量结果应与历史数据进行比较,以判断绝缘性能的变化趋势。若绝缘电阻值显著降低,可能表示绝缘材料受潮、老化或存在缺陷,需进一步检查和处理。通过定期测量绝缘电阻,可以及时发现并处理绝缘系统的潜在问题,确保变压器的安全稳定运行。

3 变压器故障原因分析

在电力系统的复杂运行环境中,变压器作为关键设备,其故障的发生往往会对电网的稳定性和供电可靠性造成严重影响。深入分析变压器故障的原因,对于预防故障发生、提高设备维护效率具有重要意义。

3.1 绕组故障

绕组作为变压器的核心部件,其故障是变压器故障中最常见的一种。长期运行下,绕组绝缘材料会逐渐老化,失去原有的绝缘性能。特别是在高温、潮湿、电场强度高的环境下,绝缘老化速度会加快,导致绕组对地或相间绝缘击穿。当变压器长时间承受超过其额定容量的负载时,绕组温度会急剧上升,加速绝缘材料的老化过程,过载还可能引起绕组电流过大,导致导线过热、熔化甚至烧毁。电网中的短路故障会产生巨大的短路电流,这些电流会流经变压器绕组,产生巨大的电动力和热效应^[3]。频繁的短路冲击会损坏绕组绝缘,甚至使绕组变形、断裂。绕组在制造过程中,如果存在绕组排列不整齐、绝缘层包扎不紧、导线焊接不牢固等问题,都可能在运行中引发故障。缺乏定期维护或维护不当也是导致绕组故障的原因之一。例如,未及时清理绕组上的灰尘和油污,会影响散热效果;未对绕组进行必要的绝缘检测,无法及时发现绝缘缺陷。

3.2 分接开关故障

分接开关是变压器中用于调节电压的重要部件,其故障主要表现为接触不良、触头烧蚀、切换不到位等。在电力系统中,为了调节电压,分接开关需要频繁操作。长时间的操作会使触头磨损加剧,导致接触不良或触头烧蚀。分接开关处于变压器油箱内部,但油箱密封不严或呼吸器失效时,外部污染物和潮气可能侵入,导致触头表面氧化、腐蚀,降低接触性能。部分分接开关在设计上存在缺陷,如触头材料选择不当、结构不合理等,这些缺陷会在运行中逐渐暴露出来,引发故障。分接开关的维护包括定期检查和更换触头、清理油污等。若维护不到位,会导致触头积污严重、动作不灵活等问题,进而引发故障。

3.3 铁芯故障

铁芯是变压器的磁路部分,其故障主要表现为铁芯多点接地、片间短路等。在变压器安装过程中,如果铁芯夹紧螺栓未紧固到位或绝缘垫块损坏,可能导致铁芯多点接地,油箱底部残留的金属异物也可能在变压器运行时触碰铁芯,造成多点接地。铁芯与油箱之间的绝缘材料在长期运行中会逐渐老化,失去绝缘性能。一旦绝缘失效,铁芯就可能发生多点接地或片间短路。如雷

击、短路故障等外部因素可能产生强大的电磁力，导致铁芯变形或位移，进而引发故障。铁芯的设计制造过程中可能存在缺陷，如片间绝缘厚度不足、铁芯叠片不整齐等，这些缺陷会在运行中逐渐暴露出来，影响铁芯的正常工作。

3.4 过电压引发的故障

过电压是电力系统中常见的现象，它可能由雷电、操作、谐振等多种原因引起。过电压对变压器的影响主要表现为绝缘击穿和绕组变形等。雷电直击或雷电感应产生的过电压可能通过线路侵入变压器，造成绕组对地或相间绝缘击穿。雷电过电压具有幅值高、持续时间短的特点，对变压器的绝缘性能构成严重威胁。在电力系统操作过程中（如断路器合闸、分闸），由于系统参数的突然变化，可能产生操作过电压。这种过电压虽然幅值相对较低，但持续时间较长，也可能对变压器的绝缘造成损害。在电力系统中，当某些参数匹配时，可能产生谐振现象，导致系统电压异常升高。谐振过电压的幅值和频率取决于系统的具体参数和条件，但无论其形式如何，都可能对变压器的绝缘和绕组造成不利影响。

4 变压器故障的预防措施

4.1 加强日常巡视与维护

日常巡视与维护是预防变压器故障的第一道防线，通过定期检查和维修，可以及时发现并处理潜在问题，避免故障扩大。制定详细的巡视计划：根据变压器的运行状况、环境条件等因素，制定科学合理的巡视计划，明确巡视内容、周期和责任人。实施标准化巡视：按照既定的巡视计划和标准，对变压器进行外观检查、油温油位监测、声音振动判断、冷却系统检查等，确保巡视的全面性和准确性。记录与分析：详细记录巡视过程中的发现，包括正常状态和异常情况，定期进行数据分析，识别潜在问题趋势，为预防性维护提供依据。及时维护与保养：对于巡视中发现的问题，如漏油、渗油、污物积累等，应及时进行清洁、紧固、更换等维护工作，保持变压器的良好状态。

4.2 提高检修技术水平

检修技术水平的高低直接影响到变压器故障的预防和处理效果，提高检修技术水平是预防变压器故障的重要手段之一。定期组织检修人员参加专业培训，学习新的检修技术、方法和标准，提高检修人员的专业技能和素质。采用先进的检修设备和工具，如红外热像仪、局

部放电检测仪等，提高检修的精度和效率。制定标准化的检修流程和规范，确保检修工作的有序进行，加强检修过程中的质量控制和安全管理，确保检修质量和人员安全。收集、整理和分析变压器故障案例，建立故障案例库，为类似故障的预防和处理提供经验和参考。

4.3 加强设备管理和维护

设备管理和维护是预防变压器故障的重要保障。通过建立健全的设备管理制度和维护机制，可以确保变压器在良好的运行环境中长期稳定工作。为每台变压器建立详细的设备档案，包括设备型号、技术参数、运行记录、检修记录等，为设备管理和维护提供基础数据支持^[4]。按照相关标准和规定，定期对变压器进行绝缘电阻测量、直流电阻测量、油质分析等预防性试验，评估设备的绝缘性能和电气性能。根据设备运行状况和检修计划，定期对变压器进行清洁、润滑、紧固等保养工作，保持设备的良好状态。制定变压器故障应急预案，明确故障处理流程 and 责任人。在发生故障时，能够迅速响应、快速处理，减少故障对电网的影响。引入智能化管理手段，如远程监控系统、大数据分析平台等，实现对变压器运行状态的实时监测和数据分析，提高设备管理的智能化水平。

结束语

变压器的维护巡视与故障原因分析是保障电网稳定运行的关键环节。通过加强日常巡视，可以及时发现并处理潜在问题，确保变压器处于良好状态。深入分析故障原因，有助于我们更好地理解变压器的工作机理，为制定科学的维护策略和优化设计提供有力支持。未来，随着技术的不断进步，期待变压器维护巡视及故障分析工作能够更加智能化、精准化，为电网的安全运行保驾护航。

参考文献

- [1] 苟海山. 电力变压器继电保护研究[J]. 科技风, 2020(06): 174-175.
- [2] 张庆. 分析变电站主变压器的维护巡视及故障查找[J]. 电子制作, 2021(22): 93-94.
- [3] 陈润池. 关于变电站主变压器喷淋系统运维问题探讨[J]. 电子测试, 2019(21): 130-131.
- [4] 吴水莲. 浅析电力变压器的异常运行及事故处理[J]. 中国战略新兴产业, 2020(46): 206-207. DOI: 10.12230/j.2095-6657.2020.46.171.