

# 10kV变压器典型故障分析及在线监测技术

祁贺 张弟 胡凯

北京丰供电变电工程有限责任公司 北京 100000

**摘要:** 在电力系统的运行中, 10kV变压器扮演着举足轻重的角色, 其稳定运行对电力供应的连续性和安全性具有不可替代的重要性。然而, 变压器在运行过程中可能会遭遇多种典型故障, 这些故障若不及时处理, 将对整个电力系统造成严重影响。本文深入分析了这些典型故障, 并系统探讨了在线监测技术在预防和处理这些故障中的独特应用。通过本文探讨, 旨在为变压器的安全、稳定运行贡献有效的技术支持和创新性的解决方案。

**关键词:** 10kV变压器; 典型故障; 在线监测; 安全运行

**引言:** 在电力世界的宏伟舞台上, 10kV变压器以其独特的地位和作用, 成为配电网中不可或缺的重要角色。它的稳定运行, 如同乐章中的稳定节拍, 确保着电力供应的连续性与安全性。然而, 现实总是充满挑战, 变压器在实际运行中可能会遭遇多种因素的侵扰, 从而发生故障。因此, 我们迫切需要对这些典型故障进行深入分析, 并探索在线监测技术的神奇力量, 以期变压器的稳定运行提供坚实保障。

## 1 变压器的重要性

变压器, 作为电力系统中的核心设备, 承载着电压变换、电能分配和传输的关键任务。在庞大而复杂的电力网络中, 10kV变压器尤为突出, 其地位和作用不容忽视。它如同电力世界的枢纽, 将高电压变为适用于各种用电设备的低电压, 同时将电能从发电厂稳定、高效地传输到千家万户。10kV变压器的稳定性和可靠性, 直接关系到整个电力系统的运行效率和供电质量。一旦变压器出现故障, 不仅会影响电能的正常传输和分配, 还可能导致局部甚至大范围的停电事故, 给社会生产和人民生活带来巨大损失。因此, 对10kV变压器的运行状态进行实时监测, 及时发现并处理潜在故障, 是确保电力系统安全、稳定运行的必要手段。此外, 随着科技的不断进步和电力需求的日益增长, 10kV变压器正面临着更高的性能要求和更严峻的运行挑战。这就要求我们必须更加重视变压器的监测和维护工作, 通过先进的技术手段和科学的管理方法, 不断提升变压器的运行效率和可靠性, 为电力系统的持续、健康发展提供有力保障<sup>[1]</sup>。

## 2 10kV 变压器典型故障分析

(1) 短路故障。短路故障是10kV变压器运行中常见的故障之一, 主要包括匝间短路和相间短路。匝间短路

通常是由于线圈绝缘老化、损坏或制造过程中的缺陷导致的。当线圈匝间绝缘失效时, 高电压可能直接击穿匝间绝缘, 形成短路回路。相间短路则多是由于过电压、雷电冲击或外部短路引起的。这类故障会导致变压器内部产生巨大的短路电流, 使得变压器局部过热, 严重时可能引发火灾, 对变压器的安全运行构成严重威胁。

(2) 绝缘故障。绝缘故障是10kV变压器中另一类常见的故障。主要表现为绝缘电阻下降、局部放电等。绝缘材料在长期使用过程中会受到电、热、机械应力等多种因素的影响, 逐渐发生老化。此外, 潮湿、污染等环境因素也会导致绝缘性能下降。当绝缘电阻降低到一定程度时, 就可能发生局部放电现象, 进一步加剧绝缘损坏, 甚至导致绝缘击穿。(3) 铁芯故障。铁芯是变压器的磁路部分, 其性能的稳定对于变压器的正常运行至关重要。然而, 在实际运行中, 铁芯可能会出现接地不良、铁芯饱和等故障。接地不良可能是由于铁芯夹件松动、接地片断裂等原因造成的。当铁芯接地不良时, 会导致铁芯局部过热, 严重时可能烧毁铁芯。铁芯饱和则是由于变压器负载过大或电源电压过高导致的。当铁芯饱和时, 变压器的励磁电流会急剧增加, 导致变压器损耗增加、温度升高。(4) 分接开关故障。分接开关是变压器的重要部件, 用于调节变压器的输出电压。然而, 在实际运行中, 分接开关可能会出现接触不良、触头烧蚀等故障。接触不良可能是由于触头表面氧化、油污等原因造成的。当接触不良时, 会导致触头间电阻增大, 产生发热现象。触头烧蚀则是由于长时间大电流通过或分接开关操作不当导致的。当触头烧蚀时, 会使得触头表面变得凹凸不平, 进一步加剧接触不良现象<sup>[2]</sup>。

## 3 在线监测技术在 10kV 变压器中的应用

### 3.1 油中溶解气体分析 (DGA)

油中溶解气体分析是通过定期从变压器中取样油,

**作者简介:** 祁贺 (1985.8.1), 本科, 北京丰供电变电工程有限责任公司, 研究方向: 电气工程。

并利用气相色谱等技术对油中溶解的气体组分和含量进行检测和分析。这些气体主要包括氢气、甲烷、乙烷、乙烯、乙炔等，它们的存在和含量变化往往能反映出变压器内部的故障类型和严重程度。（1）在实际应用中，油中溶解气体分析具有灵敏度高、准确性好的显著优点。它能够及时发现变压器内部的潜伏性故障，如局部放电、过热等，并通过气体的组分和含量变化对故障类型进行初步判断。例如，当检测到乙烯和乙炔含量显著上升时，往往暗示着变压器内部存在严重的过热或电弧放电故障。（2）油中溶解气体分析还可以与其他在线监测技术相结合，如局部放电监测、红外测温等，形成多参数、多维度的综合监测体系。这种综合监测体系能够更全面地反映变压器的运行状态，提高故障预警的准确性和可靠性。（3）油中溶解气体分析在实际应用中也需要注意一些问题。①取样油的过程需要严格遵守操作规程，以避免人为因素引入误差。②对于不同类型的变压器和不同的运行环境，需要建立相应的气体含量阈值和故障判断标准。③由于油中溶解气体分析只能反映某一时刻的变压器状态，所以需要与其他在线监测技术相结合，实现连续、实时的状态监测。

### 3.2 局部放电监测

（1）局部放电是指发生在绝缘结构内部的气隙、油隙或导体边缘等局部区域的放电现象。这些放电虽然不会像完全击穿那样立即导致绝缘失效，但长期累积会对绝缘材料造成损伤，最终导致绝缘性能下降甚至击穿。因此，及时发现并处理局部放电是保障变压器安全运行的关键。（2）局部放电监测技术主要通过安装在变压器上的传感器来捕捉放电信号。这些传感器可以是电气传感器、声学传感器或光学传感器等，它们能够检测到不同类型的局部放电信号，并将其转换为可测量的电信号或光信号。通过对这些信号的进一步处理和分析，可以判断出放电的位置、强度和类型等信息。（3）在实际应用中，局部放电监测技术具有灵敏度高、实时性好的优点。它能够在变压器正常运行时捕捉到微弱的放电信号，从而及时发现潜在的绝缘缺陷。同时，通过对放电信号的连续监测和分析，还可以评估绝缘缺陷的发展趋势，为制定合适的维护策略提供依据。（4）局部放电监测技术在实际应用中也面临着一些挑战。①放电信号的强度和类型受到多种因素的影响，如变压器的结构、运行环境等，因此需要建立相应的放电模型和识别算法来提高监测的准确性。②放电信号往往伴随着强烈的噪声干扰，如何有效地提取放电信号并抑制噪声干扰是该技术需要解决的关键问题。所以研究人员正在不断探索新

的局部放电监测方法和技术。例如，利用人工智能和机器学习等先进技术对放电信号进行智能识别和处理；开发具有更高灵敏度和抗干扰能力的新型传感器等<sup>[3]</sup>。

### 3.3 红外热像监测

（1）在变压器的运行过程中，由于电流的热效应、接触不良、过载等原因，往往会导致设备局部温度升高。如果这些异常温度不能及时发现和处理，就可能引发严重的过热故障，如绝缘材料老化、线圈短路等。而红外热像监测技术正是针对这一问题而提出的有效解决方案。（2）红外热像仪通过对变压器表面进行扫描，可以生成一幅反映设备温度分布的热像图。在这张图上，不同颜色代表不同的温度范围，从而可以直观地看出设备哪些部位温度偏高或偏低。同时，通过对热像图的进一步分析，还可以确定异常热点的位置、大小和严重程度等信息。（3）红外热像监测技术在实际应用中具有许多优点。①它是一种非接触式的监测方法，无需对变压器进行停电或拆解等操作，从而保证了监测过程的安全性和便捷性。②该技术具有实时监测的能力，可以及时发现设备运行过程中出现的温度异常，为故障预警和及时处理提供了有力支持。③红外热像监测还可以与其他在线监测技术相结合，形成多参数、多维度的综合监测体系，提高故障诊断的准确性和可靠性。（4）红外热像监测技术在实际应用中也需要注意一些问题。第一，由于红外辐射能量受到多种因素的影响，如环境温度、湿度、风速等，因此需要对这些因素进行修正和补偿，以保证测量结果的准确性。第二，对于不同类型的变压器和不同的运行环境，需要建立相应的温度阈值和故障判断标准。第三，红外热像监测只能反映设备表面的温度分布情况，对于设备内部的故障诊断还需要结合其他监测手段进行综合分析。

### 3.4 振动和噪声监测

（1）变压器的振动主要来源于其内部的铁芯、线圈和冷却系统等部件的运动。在正常运行状态下，这些振动通常保持在一定的范围内。然而，当变压器内部出现铁芯松动、线圈变形或连接件磨损等机械故障时，振动信号会发生显著变化。通过高精度的振动传感器捕捉这些信号，可以及时发现并定位故障源。（2）噪声监测则是通过分析变压器运行时产生的声音信号来评估其状态。正常运行的变压器会发出连续、中性的声音，而出现故障时，声音可能会变得刺耳、断断续续或伴有异响。这些声音变化通常与变压器的内部故障有关，如铁芯的磁致伸缩、冷却风扇的故障等。通过专业的声音分析软件，可以对噪声信号进行频谱分析、波形比较等处

理,从而准确识别出故障类型。(3)振动和噪声监测技术的优点在于其非侵入性和实时性。传感器可以安装在变压器的外部,无需对设备进行停电或拆解,即可进行连续的在线监测。这使得该技术特别适用于对运行中的变压器进行状态评估和故障预警。(4)振动和噪声监测也面临一些挑战。第一,振动和噪声信号容易受到外部环境的干扰,如风、温度变化和背景噪声等。所以,在数据处理和分析时需要采用合适的滤波和降噪技术,以提高信噪比和诊断准确性。第二,不同类型的变压器和不同的运行环境可能需要定制化的监测方案和故障诊断算法,这需要结合变压器的具体结构和运行特性进行深入研究和实践<sup>[4]</sup>。

### 3.5 在线绝缘监测

(1)绝缘电阻是反映变压器绝缘性能的重要指标。在线绝缘监测技术利用高精度的测量设备,对变压器的绝缘电阻进行实时测量。通过连续监测绝缘电阻的变化趋势,可以及时发现绝缘材料的老化、受潮或污染等问题。这些问题如果不及时处理,可能会导致绝缘电阻降低,进而引发绝缘击穿等严重故障。(2)除了绝缘电阻,介质损耗也是评估变压器绝缘性能的重要参数。介质损耗主要反映了绝缘材料在电场作用下的能量损耗情况。在线绝缘监测技术通过对介质损耗的测量和分析,可以判断绝缘材料是否存在缺陷或局部放电等问题。这些问题同样会对变压器的绝缘性能产生不良影响,需要及时发现并处理。(3)在实际应用中,在线绝缘监测技术需要与变压器的其他监测手段相结合,形成综合监测体系。例如,可以与局部放电监测、红外热像监测等技术相结合,共同对变压器的绝缘性能进行全面评估。通

过这种综合监测方式,可以更加准确地掌握变压器的绝缘状态,及时发现并处理潜在的故障隐患。(4)在线绝缘监测技术的应用对于预防绝缘故障、保障变压器的安全运行具有重要意义。第一,该技术可以及时发现并处理绝缘材料的老化、受潮或污染等问题,避免这些问题进一步恶化导致严重故障。第二,通过对介质损耗的测量和分析,可以发现绝缘材料存在的缺陷或局部放电等问题,及时采取措施进行处理。第三,综合应用多种监测手段对变压器的绝缘性能进行全面评估,可以提高故障诊断的准确性和可靠性,为变压器的安全运行提供更加有力的保障。

### 结语

在深入探索10kV变压器的典型故障后,本文不仅揭示了其背后的复杂机理,更展望了在线监测技术在故障预防与处理中的广阔前景。通过精准运用各种在线监测技术,我们能实时洞察变压器的运行脉搏,及时预警潜在风险,为电力系统的稳固运行筑起坚实屏障。展望未来,随着科技的持续革新,我们有理由相信,变压器的安全稳定运行将迎来更加光明的篇章。

### 参考文献

- [1]王初,彭兆裕,邹德旭,等. 变压器套管绝缘在线监测系统故障分析及预控[J]. 电工技术, 2020(01):198-199.
- [2]王伟平. 基于绝对法检测变压器套管在线监测技术研究与应用[J]. 电工电气, 2021(10):144-145.
- [3]周海洋,李辉,严璋. 改进中性点测量法的变压器套管在线监测[J]. 高电压技术, 2020(05):283-284.
- [4]袁国刚,饶柱石. 基于振动分析法的变压器非电量状态监测与诊断研究[J]. 发电技术, 2019(02):134-140.