

基于绝缘油色谱分析结果判断设备故障类型的研究

殷艳花

国网山西省电力公司朔州供电公司

摘要: 根据对电气设备绝缘油的检测,能够判断当前电气设备是否存在风险,且根据绝缘油不同的检测结果能够明确电气设备的风险类型。因此在电气设备风险检测领域,对绝缘油进行检测已经成为相对较为普遍的检测模式。而采用色谱法对绝缘油进行检测,不仅具备较高的检测效率,同时检测的准确率也能够得到充分的保证。本文以变压器作为对象,对如何进行绝缘油色谱分析,以及如何根据绝缘油色谱分析的结果判断变压器是否存在故障风险、存在故障的类型进行更为系统化的探讨。

关键词: 绝缘油; 色谱分析; 设备故障分析

【DOI】10.12252/j.issn.2096-627X.2022.07.074

引言

变压器是电力系统当中重要的控制设备,且由于变压器的使用环境往往较为复杂,因此在温度、湿度等难以得到有效控制的环境下,变压器在长期使用,尤其长期高负荷使用的情况下可能出现较大的故障,变压器的故障不仅对电气系统存在影响,甚至可能导致更为严重的安全风险。而变压器的使用情况以及变压器是否存在故障,可能通过变压器绝缘油的使用现状进行判断。根据对绝缘油的检测,能够较为准确地判断当前变压器是否处于正常使用状态,以及是否可能在短时间内出现较为严重的安全风险。本文针对如何利用光谱法对绝缘油进行分析检测,以及如何根据绝缘油分析结果确定变压器的故障类型进行了分析。

一、设备故障原因

使用环境的变化是导致变压器漏电的主要原因。处于稳定环境下的变压器,能够基本保持较为稳定的使用状态,而一旦变压器使用环境发生变化,则变压器发生故障的风险将进一步提高。电气系统当中,大部分变压器安装区域的环境无法得到较好的控制,变压器的使用环境同样可能出现较大的变化。变压器使用区域,温度突然上升以及下降,集中降水等均能够导致变压器运行环境的大幅改变,进而增加变压器损坏风险。潮湿以及温度的变化可能导致变压器的绝缘油以及使用的部分绝缘材料发生变化,产生低分子气体,变压器内部产生的低分子气体对变压器的正常散热造成了影响,并且使得原本影响范围较小的放电对更大区域造成了严重的损伤。发生故障后,短时间内变压器的故障不会造成严重的影响,仅效率可能出现一定的下降,而故障并未完全排除的情况下,变压器的故障影响将不断扩大,在变压器故障影响无法完全排除的情况下,逐步扩大的影响必然能够对电气系统的安全造成严重的威胁。

二、设备故障类型

变压器使用的绝缘油在温度、含水量变化的影响

下,颜色等均会发生改变,因此根据绝缘油的变化情况能够判断变压器是否处于正常使用状态。以及当前变压器故障的主要表现。变压器所用绝缘油,在变压器发生故障后必然出现变化,因此对绝缘油进行检测时,在确定变压器绝缘油并非正常使用状态后,能够直接确定变压器同样发生了故障,对检修人员而言通过此时必须通过进一步的检测判断变压器具体故障类型,以及故障出现的位置等。

1. 温度变化导致的故障

长期在高温状态下运行,对变压器的使用安全能够造成严重的影响以及伤害。因此为保证变压器的使用安全,变压器的运行温度必须得到有效的控制。但对于长期处于高负荷状态下的变压器而言,设备使用温度很难被控制在合理范围内。高负荷状态下变压器的温度可能处于不断上升状态下,而随着温度的升高变压器设备同样可能受到更为严重的影响。变压器温度过高不仅能够导致变压器当中部分设备无法正常运行,甚至出现经常性关机的情况。而部分设备在温度过高的情况下,可能直接出现烧毁等更为严重的故障。过高的温度,对变压器能够造成普遍性的损伤,并严重影响变压器的使用寿命。

2. 受潮导致的故障

受潮同样可能对变压器造成较大的损伤,按照使用要求变压器应当在干燥的环境当中使用,液体的渗流能够导致变压器内部放电的影响进一步扩大,甚至可能导致变压器被放电击毁。影响较为严重时,受潮以及进水甚至可能导致变压器无法正常运行甚至出现大规模的爆炸。变压器是否可能受潮与变压器密封性关系显著,新投入使用阶段由于变压器外壳的密封性较好因此即便运行环境的湿度较高,变压器同样能够正常使用。而长期使用状态下的变压器,在多重因素共同影响以及作用下外壳可能出现变形的情况,外壳变形后变压器的密封性开始下降,受潮对变压器的影响开始加剧。受潮后,即

便并未直接出现严重问题，变压器的使用稳定性同样开始下降，变压器难以正常使用。

3. 内部漏电导致的故障

漏电同样是变压器存在较为普遍的故障类型，大部分情况下由于变压器漏电影响范围较小，因此不会对设备的正常使用造成严重影响，即大部分情况下变压器的漏电不会直接导致变压器出现短路等问题。只有在变压器漏电较为严重后，漏电导致变压器内部放电等问题进一步加剧，进而使得设备无法正常使用。变压器检修过程中，需要尽量及时发现变压器存在漏电问题，并快速对其进行处理。

三、利用色谱技术进行分析的原理

在变压器的结构当中绝缘油承担着保护变压器的作用，由于直接与变压器接触，因此变压器的故障能够对绝缘油造成直接的影响。如变压器变流的变化、突发的短路以及类似的故障均能够对绝缘油的状态造成影响，并使得绝缘油的体积、颜色甚至构成发生变化。变压器内部压力、温度等变化对绝缘油均能够造成影响，由于小范围内变压器的故障同样能够对绝缘油造成影响，因此通过检测绝缘油的颜色以及物质构成等，能够更为准确地对变压器的故障情况进行诊断，鉴于变压器小范围的故障可能不会存在明确的表现，但即便小范围的故障同样能够对绝缘油造成影响，因此根据绝缘油的变化能够对变压器的故障进行更为准确的判断。

变压器故障对绝缘油最大的影响在于能够导致绝缘油分离出包括甲烷在内的多种气体，这些气体析出后除少量以气泡的形式散逸外，更多的气体由于绝缘油存在一定的溶解性因此溶解在了油脂当中，采用真空方法对绝缘油进行处理，获取绝缘油当中的气体后，能够使用色谱分析方法对分离气体进行检测，根据检测的结果能够判断变压器对绝缘油的影响，且能够判断变压器的故障类型。绝缘油变化与变压器故障之间存在紧密的关联，因此检测绝缘油必然能够得到较为准确的结果。

四、色谱分析技术的作用

色谱分析能够用于分析变压器的绝缘油，且该种分析方法具有分析方式较为简单、分析结果获取较为简单的优势，因此在绝缘油检测过程中色谱分析方法具备广泛推广的可行性。电力系统运行的安全性以及稳定性对系统覆盖范围内居民生活状况影响巨大，电力系统出现故障后必须及时排除，采用色谱分析方法对变压器绝缘油进行检测，能够快速准确判断设备是否存在故障，并让变压器的故障能够得到及时排除。

1. 维持设备正常使用

通过对变压器绝缘油进行检测，检修人员能够准确掌握变压器的使用情况，保证变压器在各种环境下均能

够维持较为稳定的使用状态。尤其在不良环境下使用的变压器，通过对变压器绝缘油的检测能够有效处理变压器的故障问题，并维持变压器使用的稳定性。由于绝缘油色谱分析方法的适用范围较广且检测的方法以及措施相对较为简单，因此对变压器进行检测时，检测人员能够通过较为简单的检测分析准确掌握变压器的使用情况，并且根据分析的结果检修人员能够采用正确的措施处理变电器，保证变电器能够正常使用。而对绝缘油进行色谱分析，是检修人员做出决定的主要依据，准确并且有效的分析才能够让检修人员做出正确的决策。

2. 及时发现潜在风险

变压器的故障大都存在一定的潜伏期，处于潜伏期的故障虽然已经开始对设备的正常运行造成影响，但这个阶段变压器依然能够正常使用。处于潜伏期的变压器经过合理的维修后，即能够恢复正常使用，而一旦存在潜伏故障的变压器并未正常使用，则变压器的影响可能进一步扩大，甚至导致变压器的彻底损坏。而对变压器的绝缘油进行检测能够及时发现变压器可能存在的风险，尤其变压器存在的影响相对较小的风险同样能够通过检测及时发现。因此在变压器安全保障方面，通过对绝缘油的检测能够及时发现风险并对风险进行处理。通过积极使用绝缘油色谱分析技术，变电器的使用风险能够得到有效的控制。

五、绝缘油色谱分析措施

1. 绝缘油取样

对绝缘油进行取样时，重点在于保证取样的完整性，且取样至检测过程中需要避免被检测分析的绝缘油受到外界环境的污染。变压器绝缘油的取样，存在下述几个主要需求。第一，绝缘油取样必须保证样本量的充足，避免样本总量的不足导致复核过程中无法进行准确的实验分析，取样时必须保证一次性取样总量能够满足本次实验以及复核的需求。第二，绝缘油需要使用取样设备进行取样，避免取样过程中对绝缘油造成污染。取样使用的取样器使用完成后必须彻底清洁，且再次使用前需要检查取样器避免其内部存在残水等。第三，取样后的绝缘油需要在玻璃容器当中保存，以避免绝缘油被塑料等材质的容器污染，保存时绝缘油需要存留部分并在检测偏差时用于后续复核。

2. 分离绝缘油其他物质

采用色谱分析方法对绝缘油进行检测分析时，需要通过分离绝缘油当中包含的微量气体判断使用绝缘油的变压器是否处于正常使用状态。分离绝缘油当中的气体时，一般需要通过真空脱离气体的形式。溶解在绝缘油当中的气体不会与绝缘油本身发生反应，仅仅溶解在绝缘油当中。在真空环境当中，溶解在绝缘油当中的气体

能够正常析出。由于绝缘油当中析出的气体可能存在部分液体残留,因此在真空状态下让绝缘油当中的气体逸出后,需要对气体进行过滤处理,将气体当中包含的液体等过滤,以获得适合用于检测的更为纯粹的气体。气体析出环境是检测最重要的环节,析出气体的纯度等对检测分析的有效性以及准确性影响最为显著。

3. 检查绝缘油分离气体

在温度不同、处理措施不同的情况下,绝缘油当中析出气体的类型同样不同。因此在气体逸出条件得到有效控制的情况下,检测人员在气体析出的同时已经能够基本明确当前析出气体的可能类型,后续对气体进行检测主要目的是确定绝缘油当中析出的气体是否包含目标物质,以及目标物质的含量。对绝缘油分离气体进行检测分析的主要方法为色谱分析法,通过使用专用设备能够较为简单地对被检测气体的类型以及含量进行分析,且色谱分析法能够同时底多种不同气体进行检测,确定气体的含量。检测人员需要建立专门的数据库,完整记录每一次检测分析的数据,以便于后续根据记录数据对变压器的当前情况进行分析。

4. 判断设备故障类型

根据分析确定的气体类型以及气体占比变化情况,即能够判断变压器是否存在故障。如一般情况下变压器绝缘油当中不会存在甲烷等气体。绝缘油以及变压器的绝缘材料在高温环境下可能导致甲烷气体出现,随着温度升高甲烷气体的总量同样将不断增加。变压器的不同故障类型对绝缘油的影响同样并不相同,根据绝缘油的色谱分析结果,能够较为准确地判断变压器是否存在故障。而根据样本绝缘油的提取位置则能够确定变压器出现故障的具体位置。虽然根据绝缘油的色谱分析结果确定变压器是否存在故障,依然需要进行独立的检测,但该种方法耗时较少,已经能够较为快速、准确对变压器的故障情况进行分析。

六、绝缘油色谱分析及故障类型确认

1. 过热故障

变压器出现过热情况时,变压器绝缘油的成分构成以及不同成分的比例会发生一定的变化。变压器的过热会导致绝缘油以及变压器使用的绝缘纸同时出现过度受热的情况,并造成甲烷以及乙烯的大量产生,在绝缘油当中上述物质含量增加较为显著时,检查人员能够根据这一结果判断当前变压器存在过热的情况。另外,过热同样能够导致绝缘油当中一氧化碳以及二氧化碳等物质的含量显著增加。

2. 放电故障

在电火花的作用下,绝缘油可能分离出部分气体,这些气体在绝缘油当中重新溶解后,通过色谱分析能够

发现并且确定。根据绝缘油当中下述物质是否存在以及存量的变化情况,即能够判断绝缘油样本提取位置是否曾经出现了放电现象。在放电现象影响下可能出现的物质包括:氢气、甲烷、乙炔,此外在放电作用影响较为显著的情况下绝缘油当中同样可能出现乙烯以及乙烷等物质,变压器绝缘油当中一旦能够明确检测出氢气、甲烷以及乙炔三种物质,即代表绝缘油样本提取区域曾经出现了放电情况。另外,在使用绝缘纸等固体绝缘物质的情况下,放电现象同样可能导致一氧化碳以及二氧化碳等物质出现。因此在存在放电现象影响的区域,同样可能由绝缘油当中检测出上述两种气体物质。

3. 受潮故障

受潮是导致变压器当中出现放电情况的主要诱因之一,一旦变压器受潮的情况较为严重,则变压器内部出现放电情况的问题无法完全避免。与非受潮因素导致的放电相比,由受潮引发的放电,能够形成比例更高的氢气。变压器内部水汽增加,在电流的影响下可能导致水汽发生变化,并产生大量的氢气,这些氢气与放电故障导致的影响叠加,导致绝缘油当中分离出的氢气占比进一步扩大。对比氢气占比,即能够判断变压器内部是否存在受潮的情况。另外,受潮除能够导致上述变化外,对绝缘油同样可能产生直接的影响,让绝缘油出现变色等变化。对比绝缘油外观变化,以及绝缘油内部气体的变化,能够更为准确地判断变压器是否出现受潮故障。

结语

绝缘油光谱分析法的主要优势是检测的快速准确,与其他检测技术相比,光谱分析在准确性能够得到充分保证的同时,检测的效率同样较高,因此在实践中得到了较为普遍的使用。从检测专业性要求的角度来看,绝缘油光谱检测对检测人员的专业性要求相对较低,任何具备基本技能的检测人员通过简单的培训,即能够掌握光谱检测的方法,且能够保证检测的准确性。绝缘油光谱检测方法得到了广泛使用的主要原因,就是这种方法能够显著提高绝缘油的检测效率,在大规模检测过程中能够达到较好的检测效果。

参考文献

- [1] 梁莹莹,李国胜,陈巴阳.浅析750kV电抗器特征气体异常的原因[J].科技信息,2013(1):413-414.
- [2] 赵崇智,白华颖,程养春,李聘,黄青丹.现场变压器油色谱数据的统计分布规律[J].高压电器,2018,54(12):180-187.
- [3] 邓祥力,尹璇,贡鹏浩.基于完全信息序贯博弈模型的大型变压器柔性保护策略[J].中国电机工程学报,2018,38(23):6937-6946.