

论变压器在电力系统中的常见故障和诊断技术

王飞 张念春 宋怡臻

华能日照电厂

DOI:10.12238/hwr.v7i4.4759

[摘要] 变压器作为电力系统中最主要的设备之一,其工作环境比较恶劣,由于运行时间过长或外部环境的影响,常常会发生一些故障,并通过异常现象反应出来。所以,对变压器进行必要的测试和诊断,及时发现变压器设备的隐患或故障,采取相应措施减少故障对变压器的危害,是电力系统中电力企业需要重点关注的问题之一。

[关键词] 变压器; 电力系统; 故障; 诊断技术

中图分类号: TM41 **文献标识码:** A

The Common Faults and Diagnosis Techniques of Transformer in Power System

Fei Wang Nianchun Zhang Yizhen Song

Huaneng Rizhao Power Plant

[Abstract] As one of the most important equipment in the power system, transformers work in a harsh environment. Due to the prolonged operation time or external environmental influences, some faults often occur and are reflected through abnormal phenomena. Therefore, conducting necessary testing and diagnosis of transformers, timely discovering hidden dangers or faults of transformer equipment, and taking corresponding measures to reduce the harm of faults to transformers are parts of the key issues that power enterprises in the power system need to pay attention to.

[Key words] transformer; power system; faults; diagnosis techniques

引言

电力变压器在电力系统中起着十分重要的作用,它是电力系统中必不可少的一种设备。它能将电能转换成其它形式的能量,并进行分配和变换,以满足生产和生活对电能的要求。因此,电力变压器在电力系统中发挥着极其重要的作用。现今,人们的用电需求越来越高,其对供电可靠性、电能质量也提出了更高的要求,但是,随着电网规模的扩大和用电设备的增多,在运行过程中出现故障成为了不可避免的问题。因此,如何对变压器进行实时监测和故障诊断就成为了当前一个重要的课题。

1 变压器在电力系统中的常见故障

1.1 变压器绕组的机械损伤

绕组的机械损伤是导致变压器出现故障的重要原因之一,其主要包括机械振动、冲击以及运行时间过长等。如在变压器运行时,绕组中的部分部件可能会出现松动,引起绕组之间的互相撞击而产生振动。在变压器运行过程中,如果操作不当将会引起线圈的振动从而导致线圈与铁心之间摩擦产生电磁力而产生电弧,使绕组被电弧烧毁。此外,当变压器长期处于冲击、振动或者热负荷较大的情况下,也会引起绕组内部部件相互摩擦而产生电磁力而导致绕组被烧坏。在长期运行过程中,如果变压器

的温升超过了一定数值将会使绕组在温度过高的情况下出现变形。如在运行过程中当变压器温度过高时,绕组内部绝缘层可能会被融化而导致绝缘材料分解,最终引起绝缘材料的击穿而产生放电现象。此外,如果变压器在运行过程中突然出现放电现象将会产生很强的电磁场并将铁心部分击穿而产生电弧,使铁心和绕组之间相互撞击而导致绕组发生变形。因此在运行过程中必须注意对绕组进行保护。如当变压器运行时若出现剧烈振动会导致线圈内部绝缘层出现损坏,同时也会造成线圈之间的相互撞击而引起火花放电。因此变压器在运行过程中必须要设置相应的保护措施如对线圈进行绝缘层保护、防止过负荷和过热等措施。如在变压器运行过程中若出现过负荷或温度过高情况时必须对线圈进行冷却处理。

1.2 铁心与夹件连接处的磨损

由于变压器铁芯与夹件之间的连接方式、连接部位等各方面原因的影响,可能会使变压器出现铁心与夹件的连接部位磨损现象,这种现象是不可避免的。这不会造成铁心与夹件之间的接触不良,降低了变压器的散热能力,同时还会使铁心出现漏磁现象,使变压器的运行效率降低。此外,如果铁心与夹件之间连接部位出现松动、损坏,还将导致变压器振动过大及局部过热

现象出现。其原因有以下几种:

(1) 在施工过程中, 由于焊接工艺不当导致铁心与夹件之间连接部位存在缝隙; 或者在焊接过程中由于对焊接质量控制不当、焊接速度过快等原因使铁心与夹件之间产生缝隙; 或者在变压器运行过程中由于操作不当造成铁心与夹件连接处出现松动等。

(2) 在变压器运行过程中, 如果变压器油面过低或者过高, 都会使油流受阻, 从而使铁心与夹件之间产生间隙。当铁心片上出现了油污、锈迹以后, 将会造成变压器铁芯与夹件之间的磨损。此外, 如果变压器油箱内出现积水现象, 也会使油箱内油位过低而导致铁心与夹件之间产生间隙。

(3) 在变压器运行过程中, 如果在油箱内出现异物、放电现象或者油中溶解气体泄漏等现象都会对变压器产生危害。当油流通过铁心片与夹件之间的缝隙时会在铁心与夹件之间产生磨损。如果这些磨损比较轻微且不影响变压器的正常运行时可以将这些磨损忽略掉; 如果这些磨损比较严重且会影响变压器的正常运行时就应该立即停油、及时查找原因。

(4) 在变压器运行过程中, 如果受到严重冲击电流过大将会引起铁心与夹件之间的磨损; 另外在变压器的运行过程中, 由于温度过高和压力过大等原因也可能会导致铁心与夹件之间产生裂纹或摩擦。这些都会引起铁心与夹件之间出现间隙并且使铁心片出现磨损现象。

1.3 变压器绝缘油的劣化

变压器绝缘油的劣化是影响变压器运行的重要因素之一, 其劣化过程一般包括以下几个方面: 第一绝缘油中溶解气体的析出。溶解气体析出主要是由空气中的氧气和水分共同作用而引起的, 在绝缘油中形成氢气和二氧化碳等气体。第二变压器运行时, 绝缘油会与变压器中的某些金属部件进行接触, 这些金属部件在电场和温度的作用下发生氧化反应, 生成氧化产物并引起变压器绝缘油氧化。第三油中酸类物质、游离酸和水分含量的增加。绝缘油中游离酸、酸值以及水分含量均会对变压器绝缘油产生不良影响。其中游离酸过高将会导致变压器的绝缘材料在高电压下发生击穿现象, 并引发爆炸; 而水分过高则会导致油质劣化, 从而引起变压器爆裂。

2 变压器在电力系统中的常见故障诊断技术

2.1 局部放电分析技术

由于局部放电可以使绝缘内部产生强烈的电磁场, 从而改变了局部区域的电场分布, 所以局部放电通常会导绝缘材料局部发生电化学反应。此时, 绝缘材料中的分子和原子会产生定向迁移现象, 这就意味着绝缘内部结构将会发生变化。此外, 绝缘材料在正常情况下的稳定性会受到高温、湿度、电场等因素的影响, 从而导致其在高电压下发生了极化现象。通过检测变压器油中溶解气体中的分解产物对其进行局部放电分析, 可以有效判断变压器内部是否存在局部放电现象。

目前, 对于变压器进行局部放电分析时采用的方法主要包括: (1) 根据电流传感器的脉冲计数来检测局部放电现象; (2)

采用超高频检测方法; (3) 采用超声波传感器和微波传感器来检测局部放电现象; (4) 采用电晕检测方法等。通过对各种检测方法进行对比分析, 可发现声发射法对变压器的局部放电有较好的检测效果, 但其具有一定局限性。超声波传感器存在受干扰大、灵敏度低等缺点。对于高频脉冲法而言, 其原理是将交流信号转变为高频脉冲信号。由于变压器内部会产生较强的电场干扰, 因此该方法只适用于测量变压器表面的局部放电。而超高频脉冲法具有更高的灵敏度, 且抗干扰能力更强, 因此该方法能够更加准确地实现对变压器内部局部放电现象的有效诊断。综上所述可以看出, 在实际应用中要想最大程度地发挥超声波传感器和超高频脉冲法的优势, 需要结合两者优势而制定出更为合理的方案。

2.2 电气试验诊断

(1) 绝缘电阻测量。在电力变压器中, 对变压器绝缘电阻进行测量主要是通过通过对变压器线圈上的匝间线圈中的电流进行测量, 并通过对这些电流的大小进行计算来实现对变压器绝缘电阻的测定。目前, 国内外已经有多种方法对变压器的绝缘电阻进行测量。首先, 在变压器实际运行中, 由于其本身绝缘结构复杂, 很难准确判断出是否存在绕组线圈短路情况; 其次, 变压器线圈上的匝间不同型号的线圈之间由于电阻值不同而导致测量时测得的阻值也不同; 此外, 在同一绕组中, 绕组匝数越多其阻抗越大, 而阻抗又是由电压和电流的平方关系所决定, 因此对于同一个绕组来说阻值随着匝数增加。因此在对绝缘电阻进行测量时可以通过测量绕组电压和电流之间的相位差来判断绕组是否发生短路。(2) 介损值测量。介损值是衡量变压器内部绝缘状况是否良好的重要指标, 通过介损值的测量来诊断变压器内部是否存在老化故障以及其内部是否发生了闪络现象具有很大意义。目前, 国际上通行的介损值测定方法是利用电子线路产生与变压器绕组电阻相同方向的正弦信号对其进行测量。通过对信号进行放大后得到所需要的数据从而得出介损值。随着现代电子技术和数字处理技术不断发展, 介损值测量技术也得到了极大程度的提高, 这种方法在电力系统中已经得到了广泛应用。但介损值受现场环境和仪器设备影响较大, 且无法对其进行在线监测和诊断。(3) 高电压试验。高电压试验主要是通过通过对变压器进行高电压试验来判断其内部绝缘状况以及是否存在老化故障。目前, 国内有些专家对高电压试验也做出了一些研究成果并提出了一些意见和建议:

(1) 目前国内电力部门对于高压变压器大多采用预防性试验来诊断其故障并进行预防性检修。而国外大部分电力部门则是采用油中溶解气体分析法来诊断变压器是否发生局部放电以及是否存在老化故障等, 由于高压变压器油中溶解气体分析法具有安装简单、维护方便等优点而得到了广泛应用。(2) 通过对变压器进行高电压试验可及时发现变压器存在的缺陷与隐患, 避免因重大故障而导致的设备事故。国内部分专家也指出高电压试验可以对变压器故障进行早期诊断并提供相应的数据来帮助检修人员排除变压器故障。(3) 在国外电力部门中常用的一

种方法是通过测量变压器绝缘电阻来对其故障进行诊断,该方法具有较强实用性和可操作性,但是对测量环境要求较高、成本较高;我国在这一方面与国外还存在较大差距,需要加强研究以达到提高检测水平的目的。

2.3 油中溶解气体含量分析

对于电力变压器的故障诊断,一般采用油中气体分析技术,其主要方法是有气相色谱法、红外光谱分析法,以及热重分析法。在实际应用中,常采用的气体分析技术主要有两种:气相色谱法和气相色谱-质谱联用法,它们是目前研究最多、应用最广的两种气体分析方法。这两种方法的原理和步骤基本相同,但是具体操作各有不同。气相色谱法是根据混合气体中各组分的相对含量来确定其组分,进而计算出各组分含量。这一方法具有以下优点:(1)所测组分较全面、准确、可靠;(2)灵敏度高;(3)分析速度快;(4)方法简单易行;(5)分析结果容易与其它方法进行比较。气相色谱-质谱联用法,是在气相色谱法的基础上发展起来的,其工作原理是:气体样品被注入色谱仪,在气相色谱系统中经过吸收、脱气、分离、检测和数据处理后得到相应的组分信息。将气体组分分离出来后,将其混合物作为一个整体进行分析。

由于色谱法的灵敏度很高,而且反应速度很快,因此在分析复杂的样品时非常适合。对于变压器油来说,色谱法分析结果的准确度要求较高。为了得到准确的色谱图,首先需要确定检测器的类型。目前使用的色谱检测器主要有连续流动系统检测器、热化学检测器和气体检测器等。利用连续流动系统对油样进行采样;利用连续流动系统与气相色谱仪相结合的方法对变压器油进行分析;利用热化学检测出油中不同成分的含量;利用气体检测器对油中气体进行分析;将油气分离出来后分别使用不

同的气路与色谱仪结合以获得准确、可靠的色谱图。从热化学原理可以看出,油中气体与其本身具有不同的性质,因此对于不同性质液体样品(气体)所采用的气相色谱法也是不同的。如在有机类液体样品(气体)分析时,由于其成分比较复杂所以可采用连续流动系统对其进行检测;而对于固体绝缘材料,由于其组成成分比较复杂故可采用热化学检测法对其进行检测。

3 结束语

综上所述,由于变压器在电力系统中具有重要的作用,一旦发生故障,就会直接影响到电力系统的安全运行,因此加强对变压器的故障分析和诊断显得十分必要。随着新技术和新设备的不断应用,对变压器的检测也有了更加先进的诊断技术。通过对变压器出现故障时的各种特征进行分析,可以对变压器的故障做出准确的判断和评价,从而为变压器检修工作提供依据。因此,我们要加强对现有先进技术以及新型设备的应用,提高变压器故障诊断技术水平,减少由于设备出现故障带来的经济损失。

[参考文献]

- [1]康金生.电气试验在变压器故障检测中的应用[J].电子元器件与信息技术,2021,5(07):73-74.
- [2]刘海江.电力变压器常见故障分析及处理[J].设备管理与维修,2020,(18):68-70.
- [3]唐亮,陈维,廖世海.电力系统变压器常见故障检测与诊断技术研究[J].湖北农机化,2020,(06):85.
- [4]赵中文.探讨电力变压器故障检测技术的现状和发展趋势[J].智库时代,2018,(48):155+158.
- [5]王兵.电力系统变压器故障原因分析及处理方法研究[J].科技创新与应用,2017,(34):81+83.