

电力变压器局部放电检测技术的现状和发展

阿里木江·伊马木江

华电新疆准东五彩湾发电有限公司 新疆昌吉 831700

摘要: 目前,局部放电(简称局放)的检测和评价已成为变压器绝缘状况监测的重要手段,检测方法有脉冲电流法、超声波法、光测法、化学检测法等多种。近年来,超高频检测(UHF)技术也逐步应用于变压器局放检测。与传统方法相比,UHF技术具有检测频率高、抗干扰性强、灵敏度高优点,更适合局放在线检测。

关键词: 电力变压器;局部放电;超高频;检测

Abstract: At present, the detection and evaluation of partial discharge (PD) has become an important means of transformer insulation monitoring. The detection methods include pulse current method, ultrasonic method, optical method, chemical detection method, etc. In recent years, ultra-high frequency (UHF) detection technology is also gradually applied to transformer partial discharge detection. Compared with traditional methods, UHF technology has the advantages of high detection frequency, strong anti-interference and high sensitivity, and is more suitable for online detection of partial discharge.

Keywords: power transformer; Partial discharge; UHF; testing

概述电力变压器局部放电检测技术现状,介绍超高频(UHF)法的测试原理、系统构成、标定方法及测量影响因素,指出UHF检测将是电力变压器局部放电检测的发展方向。

1 变压器局部放电检测研究现状

1.1 超声波检测法

局部放电常伴有声波释放,超声波检测法是利用传感器接收局放产生的超声波,由此确定局放的大小及位置。目前,用于检测局放的超声波传感器抗电磁干扰性能较差,灵敏度也不够高,从而增加了超声波检测的难度。因此,超声波检测多用于对局放作定性判断,并结合电脉冲信号或直接利用超声波信号对局放进行物理定位。

1.2 光测法

光测法是将局放产生的光辐射经光电转换后检测光电流的特性以实现局放的识别。但光测法的设备复杂且昂贵、灵敏度低,在实际应用中受到限制。近年来,随着光纤技术的发展,将光纤技术和声测法相结合后提出了声-光测法。该技术利用声波压迫使光纤性质改变并导致光纤输出信号的特性改变,从而测得放电。

1.3 化学检测法

化学检测法是一种通过测定绝缘材料分解生成物的组成和浓度来判断局部放电状态的方法,目前已广泛应用于变压器在线故障诊断。该方法存在检测准确度不高的缺点,对发现早期潜伏性故障较灵敏,但不能反映突发故障。

1.4 脉冲电流法

脉冲电流法是研究最早、应用最广泛的检测方法。它是将变压器等效成一个电容,局放时其两端会产生瞬间电压变化,经耦合电容引至检测阻抗上可获得脉冲电流,与局部放电对应,经处理后可获得变压器局放参数。其缺点是:当试品电容量较大时,受耦合阻抗的限制,灵敏度降低;检测频率低于1MHz,包含信息量少;离

线状态灵敏度较高,但现场检测易受外界干扰影响。

1.5 射频检测法

利用罗可夫斯基线圈从变压器中性点处测取信号,但无法分辨三相变压器局放所处相别,且信号易受外界干扰。随着数字滤波技术的发展,射频法在局放检测中已得到较广泛的应用。

1.6 超高频检测法

超高频检测法即UHF技术是近年来发展迅速的局放检测技术,它通过传感器获取变压器局放超高频(300~3000MHz)信号,实现对局放的检测和定位。

2 变压器局部放电超高频检测法

2.1 UHF检测原理

变压器发生局部放电时必将发生正负电荷中和,伴随着陡电流脉冲,并向周围辐射电磁波。研究表明:局放辐射电磁波的频谱特性与局放源的几何形状以及放电间隙的绝缘强度有关。变压器油-隔板结构的绝缘强度较高,局放能够辐射很高频率的电磁波,且放电脉冲上升沿基本为1~2ns,因此,其发射的电磁波中的超高频分量相当丰富,可用电容传感器或超高频天线来接收。

目前常用的脉冲电流法的检测频率不超过1MHz,而UHF可检测300~3000MHz的电磁波。另外,UHF传感器所起作用也并非电容耦合,而是作为接收超高频信号的天线。

2.2 超高频局放在线监测系统的构成

变压器局放UHF在线监测系统主要包括超高频传感器、信号传输电缆、信号调理单元、数据采集卡、便携式工控机和相关控制单元。变压器内部局放产生的电磁波被UHF传感器接收后转换为电压信号,经同轴电缆传输至信号调理单元,调理后送入数据采集卡进行采集、存储等处理。

2.3 标定方法与故障诊断判据的研究

目前,有关UHF标定的研究主要集中在3个方面:检测结果

标定、系统灵敏度标定和 UHF 传感器标定。

2.3.1 检测结果标定

UHF 检测结果标定主要是与传统方法 (IEC60270 法) 的结果进行校核, 试图在 UHF 测量结果与局部放电量之间建立联系。有学者尝试以 GIS 为对象, 首先根据 GIS 局放图形识别缺陷类型, 然后根据灵敏度曲线 (UHF 法和 IEC60270 标准方法同时测量得到) 来标定每一类缺陷的视在放电量。然而, 这种校核方法需注意不同缺陷需对应不同的灵敏度曲线。此外, 王国利等人研制了变压器局放超高频校正装置, 探讨了放电脉冲幅值与接收天线耦合信号幅值之间的量化关系。结果表明, 信号值与放电脉冲幅值成线性关系, 在一定范围内, 放电方位的变化对耦合信号的影响并不明显。该研究有一定的参考意义, 但如何将其应用于现场校正还有待研究。

2.3.2 UHF 灵敏度标定

由于 UHF 传感器测得信号的幅值取决于诸多因素, 因而不能确定总的传递函数, 类似于 IEC60270 的灵敏度校核方法对 UHF 并不适用。国际大电网会议建议采用两步骤的灵敏度校核方法

第 1 步, 在实验室试验确定发射超高频信号的人工脉冲参数 (上升时间、半峰值时间、脉冲幅值等)。加压使传感器 C1 处的真实缺陷发生局部放电 (放电量约 5pC), 在 C2 处用 UHF 法检测该缺陷放电产生的超高频信号 A。然后在 C1 处注入幅值可调的脉冲, 在 C2 处得到超高频信号 B, 调节注入脉冲的幅值, 使信号 B 与 A 的偏差在 $\pm 20\%$ 以内。

第 2 步, 在 GIS 设备相邻的传感器之间进行现场试验。将实验室得到的人工脉冲注入其中一处, 如能在另一处测得上述超高频信号, 则认为 UHF 检测灵敏度为某一水平 (CIGRE 标准建议 5pC)。目前, 国外已用该方法对 GIS 进行灵敏度标定, 用于变压器的尝试也已取得一定成果。

2.3.3 UHF 传感器标定

UHF 传感器的标定是对超高频信号检测传感器本身的校准。有研究者提出用一种平行板 TEM 传输线标定方法对 GIS 中 UHF 传感器进行评价, TEM 传输线产生类似于 GIS 中传感器受到的电场, 通过定义标准的测试条件, 对不同的传感器进行比较。而变压器 UHF 传感器标定研究还没有相关报道。

2.3.4 缺陷类型识别

识别局放类型可采用放电指纹放电谱图分析法。目前, 对绕组绝缘油间隙放电、绕组端部油隙放电及纸板沿面闪络放电等产生的超高频信号进行研究, 发现了一些新现象, 将有助于判断局放危害的程度。另外, 通过对变压器实施长期局放在线监测, 可积累有关故障诊断的经验。

2.4 超高频检测的影响因素分析

2.4.1 传感器安装位置

传感器放置位置对 UHF 法检测灵敏度的影响很大。若将传感器放在变压器内部, 不仅可以提高检测灵敏度, 还能减少变压器的外部干扰。据文献介绍, 将宽带阿基米德平面螺旋天线插入油阀中, 天线面与油箱内壁处于同一平面, 电磁波到达传感器时衰减较少, 同时波导结构有利于电磁波的无损传输, 从而提高了 UHF 检测灵

敏度。

2.4.2 变压器油

由于变压器油和空气的相对介电常数差别较大, 油中电磁波的传播速度变小, 使得相同频率的电磁波由长变短, 从而改变了天线的谐振频率。

2.4.3 球形放油阀

球形放油阀可近似认为是一个空心的金属圆柱, 具有一定的电磁屏蔽效果, 天线安装于此会影响其接收性能。

3. 超高频局部放电检测

由于传统检测方法存在不足, 继而出现了新的检测方法—超高频检测。变压器局部放电所产生的超高频 (300—3000MHz) 电信号实现了电力变压器局部绝缘放电的检测和定位, 并实现了抗干扰。

采用超高频检测变压器局部放电主要优点有: 一是局部放电脉冲能量几乎与频带宽成正比, 当只考虑检测元件的热噪声对灵敏度的影响时, 用超频宽带检测有更高的灵敏度; 二是研究表明在变压器使用现场, 变电站的背景、噪声和空气中电晕产生的电磁干扰频率一般很低, 可用宽频法对其进行有效的抑制, 用窄频法将其与局部放电信号加以区别。由此可见, 用合适的超高频传感器可以测量真实的变压器绝缘中局部放电的性质和物理过程。目前, 对于超频传感器的电力变压器局部放电检测, 人们研究的较少。由于超高频检测法明显的优越性, 可以预料未来该方法的应用是非常有前景的。

4. 未来的发展

声测法、光测法和化学检测等非电检测法, 由于其抗干扰性好, 受电气特性影响不大, 而且操作方便, 因而在未来的检测中将会有更进一步的发展。目前, 声测法作为主要的辅助测量手段, 随着对绝缘局部放电超声波测量研究的深入, 会定量地分析放电强度, 从而形成从检测到定位的放电判断标准。

脉冲电流法是目前国际上有标准的局部放电检测方法, 尽管测量频率低, 频带窄, 信息量少, 但仍然以其为国际测量标准。射频检测给我们提供了一条新途径—可以通过检测远高于传统测量频率的局部放电信号对电力变压器进行诊断, 消除了干扰, 从而实现了脉冲信号精确的提取。

结语

超声波检测法、光测法和化学检测法等非电检测法均具有抗干扰性好等优点, 因而在局放检测中将会进一步发展。脉冲电流法虽然测量频率低、频带窄, 但其所得数据具有可比性, 目前仍不可替代。射频法能检测远高于传统测量频率的局放信号, 可消除干扰的影响, 从而实现局放信号的精确提取。

UHF 法具有测量频带宽、抗干扰能力强等优点, 并且满足变压器局部放电在线监测的要求, 因此将成为变压器局放在线检测的主流技术。

参考文献:

- [1] 孙建民等. 传感器技术 [M]. 清华大学出版社, 2005.
- [2] 常健生. 检测与转换技术 [M]. 机械工业出版社.
- [3] 吴道悌. 非电量电测技术 [M]. 西安交通大学出版社, 2004.