

[变压器]

变压器局部放电带电检测技术及现场应用

文/保定天威新域科技发展有限公司 王京保

带电检测具有能够在设备运行情况下进行检测的特点，因此成为了排除运行设备故障隐患的常规和重要手段。文章对局部放电带电检测方法、典型图谱、数据分析和缺陷诊断进行了研究，并针对一起变压器带电检测发现的故障总结数据，剖析故障原因，提出防范措施。

电力变压器内部发生局部放电就会影响电气设备使用寿命，局部放电时间虽短，能量较小，不会立即引起绝缘的穿透性击穿，但是具有很大的危害性。局部放电对绝缘设备的破坏是一个缓慢的发展过程，对高压电气设备长期安全运行造成危害。由于传统的脉冲电流法局部放电检测只能在设备停电时进行，因此实施变压器局部放电带电检测，及时监控变压器绝缘状态具有重要的意义。

变压器局部放电带电检测技术

根据局部放电过程中产生的各种物理现象，如电、声、光和热等，出现了两大类测量方法，分别是电量检测法和非电量检测法。电量检测法包括高频检测法、特高频检测法等；非电量检测法包括超声波检测法、光检测法和化学成分分析法等，其中高频法和超声法是变压器常用局部放电带电检测技术。

1. 变压器高频局部放电检测原理

高频局部放电检测技术是利用脉冲电流原理来检测高压电气设备的局部放电。以变压器为例，若变压器内部发生局部放电，利用变压器绕组与铁心之间的分布电容形成的耦合通路，放电产生的高频信号通过此耦合通路经铁心接地线构

成回路，卡装在铁心接地线上的高频电流传感器即可接收到变压器内部的放电信号，并在巡检仪上显示出相应的检测数据，通过局部放电高频检测设备能够获得变压器的局部放电信息。

2. 超声法局部放电检测原理

当变压器或电抗器内部发生局部放电现象时，其瞬间释放的能量使分子间产生剧烈碰撞，并在宏观上形成一种压力产生超声波脉冲，此时局部放电源如同一个声源，向外发出超声波。在变压器中以球面波形式向周围传播，只要将超声传感器吸附在变压器油箱外壁，就可以接收到放电产生的超声波信号。超声波信号传播路径不同导致传感器在箱体外壁接收到的超声信号强弱也随之变化，通过这些强弱变化确定超声信号传到变压器外壁最强位置，再采用电声定位法可确定放电源的位置。

变压器局部放电典型图谱分析

利用35 kV，50 kV·A三相变压器局部放电模拟平台进行了局部放电测量，局部放电模拟平台能够自由切换4种放电类型，分别是沿面放电，悬浮金属颗粒放电，尖端放电及绝缘油纸放电。针对不同的放电类型，记录并分析局部放电典型图谱，以便为高频局部放电带电检测提供实践依据。

(1) 变压器悬浮放电故障

如图1所示,变压器悬浮放电正负半周比较对称,放电脉冲幅值、间隔大体相等,其二维统计谱图呈现比较典型的矩形分布,放电主要集中在第一象限和第三象限。

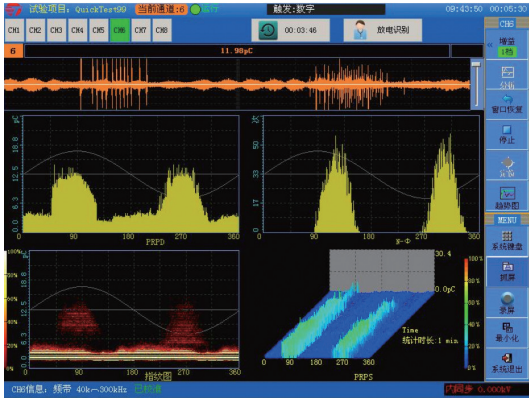


图1 变压器悬浮放电特征图谱

(2) 变压器尖端放电故障

尖端放电绝大部分发生在电压峰值附近,正峰值处较负峰值处分布较多,且放电信号幅值较大,负峰值处较正峰值处最大放电幅值较小,尖端放电脉冲基本上单个出现,并且还具有很强的随机性和间歇性。

(3) 变压器沿面放电故障

沿面放电只发生在一个电极的边缘,其二维谱图形状呈锥形对称分布,放电主要出现在第一象限和第三象限,即放电主要集中在第一象限和第三象限区间内,正负半周放电不对称,第一象限的放电幅值大于第三象限的放电幅值。

(4) 变压器绝缘纸板放电故障

绝缘纸板放电在较低的电压下就开始放电,正负半周的放电几乎同时产生,放电比较稳定,图谱形状也比较相似。图谱呈现正态分布,放电脉冲在第一象限、第二象限、第三象限和第四象限都有出现,但是峰值集中在90°和270°附近。

变压器局部放电带电检测技术的综合应用

现场变压器局部放电带电检测中,有时能收到电信号,有时能收到超声信号,有时也能够同时收到电信号和超声信号。采用超声波和高频两种检测技术联合诊断,能够有效地排除干扰,确定变压器内部是否存在放电。

因干扰信号的存在,单一地通过一种检测信号有时不能够准确地判断出变压器内部是否存在局

部放电,例如当检测到电信号而无声信号时,可能是因为在脉冲干扰;当检测到声信号而无电信号时,则超声信号可能是变压器振动引起的。

在电信号和声信号能够同时检测到的情况下,电信号和超声波信号在时域上有着很好的对应关系,超声波信号滞后于电信号,具有固定时差,可以确定放电来自变压器内部,同时利用电声定位确定变压器故障点位置。

局部放电带电检测故障案例分析

1. 异常情况

某变电站110 kV乙变压器进行局部放电带电检测时,在10~20 MHz检测频带下检测到异常高频信号。在乙变压器35 kV侧C相套管下方,距离上箱沿40 cm,距离有载调压对侧259 cm位置超声波信号幅值最大,且该超声波信号与高频信号存在明显的相关性。结合高频检测和超声波检测综合判断变电站乙变压器内部存在明显的局部放电,同时结合乙变压器油色谱数据,发现乙炔含量达到6.08 μL/L,超出了标准值。

2. 检测数据及图谱

用局部放电综合分析仪到现场进行检测,检测方法采用了最有效的两种检测方法,分别是超声波法和高频法。

变电站乙变压器进行高频局部放电带电检测,仪器的检测频带分别为40~300 kHz、1~5 MHz和10~20 MHz,在这三个频段下,分别检测到明显的局部放电高频脉冲电流信号,高频信号检测数据及图谱如下表所示。

表 高频检测数据及图谱

检测位置	幅值/mV	检测图谱
乙变压器 铁心接地线 (40~300 kHz)	307	
乙变压器 铁心接地线 (1~5 MHz)	4.8	
乙变压器 铁心接地线 (10~20 MHz)	2.8	

变电站乙变压器在进行超声波局部放电带电检测过程中,检测到35 kV中压侧C相下方,距离上箱沿40 cm,距离有载调压对侧259 cm位置,超声波信号幅值最大。超声波最大位置对应的检测图谱如图2所示。

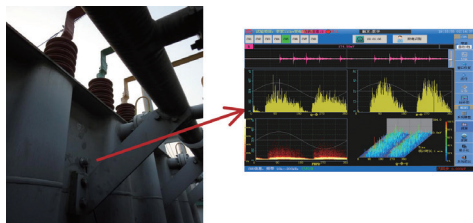


图2 超声波最强位置及检测图谱

变电站乙变压器进行电声联合带电检测时,电信号和超声波信号在时域上有着很好的对应关系,超声波信号滞后于电信号,具有固定时差,可以确定放电脉冲来自变压器内部,同时利用电声定位技术确定变压器故障点位置。高频信号与超声波关联波形图谱如图3所示,其中通道3是铁心接地线处高频脉冲信号,通道5是超声波信号。

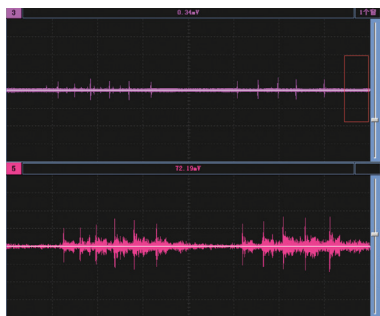


图3 高频信号与超声波关联波形图

3. 数据分析及诊断结果

通过对变电站乙变压器进行高频电流和超声波综合检测,发现异常高频信号,在排除现场空间干扰,并与相邻甲变压器进行信号对比发现,该异常高频信号只存在于乙变压器铁心接地线位置,初步判断为乙变压器内部产生故障。从高频检测图谱分析,该信号存在明显的时域对称性,高频脉冲分布相位宽,幅值大,且脉冲幅值基本一致,符合悬浮放电特征。在超声波检测过程中,35 kV侧C相下方,距离上箱沿40 cm,距离有载调压对侧259 cm位置,超声波信号幅值最大,该超声波信号向周围发现幅值递减,符合超声波传递规律。进行高频-超声波综合定位发现故障点位置,放电位置距离上箱沿40 cm,距离有载调压对侧259 cm位置,向油箱内纵深45~52 cm位置。

4. 内部检查及处理

变电检修室将乙变压器本体油放出,拆除

35 kV套管,并用轴流风机通风半小时,测量变压器氧气含量合格后,检修人员佩戴正压式空气呼吸器,身着防护服,从变压器底部人孔进入。检修人员内部检查了35 kV引线、10 kV引线、变压器夹件及压板,无放电痕迹,检查10 kV三角形接线链接铜排无放电痕迹。

检修人员在拆除35 kV套管时发现套管底部垫圈有明显的放电烧伤痕迹,35 kV套管法兰底部的箱体内部壁上有黑色放电痕迹,分析原因为35 kV套管引线位置不正,与变压器箱体内部壁产生放电。烧伤的套管垫圈及变压器箱体内部壁如图4所示。



图4 损伤的套管胶垫及变压器壳体

发现问题后,采取2个检修处理措施:①加强35 kV套管底部绝缘。为了消除悬浮电位影响,将35 kV套管底部螺栓进行短接并刷炭粉漆,均匀电场强度。②加强35 kV引线外绝缘。使用绝缘纸和白布带对35 kV套管引线重新包扎,加强引线外绝缘。

结束语

通过对变电站乙变压器进行局部放电带电检测,结合乙变压器油色谱历史数据,判断110 kV变电站乙变压器内部存在明显局部放电情况,使用电声综合检测技术精确定位,确定故障点三维空间坐标。停电处理后,发现35 kV套管底部垫圈有明显的放电烧伤痕迹,35 kV套管法兰底部的箱体内部壁上有黑色放电痕迹,分析原因为35 kV套管悬浮,引起间歇性放电,导致套管底部垫圈烧蚀,故障点位置与带电检测诊断位置基本一致。现场更换垫圈,并做导电和均压处理,加强套管底部绝缘。之后,变压器现场进行的感应耐压、局部放电试验和油色谱试验全面合格。

试验表明,综合运用高频检测和超声波检测两种检测手段对于变压器运行状态的评估有着十分重要的意义,综合使用高频检测和超声波检测对于变压器绝缘故障的诊断以及故障位置精确定位起到至关重要的作用。EA

(收稿日期:2019.02.24)

(编辑:朱金凤)