

用频率响应法检测变压器绕组的变形

戴文进, 刘保彬

(南昌大学, 江西 南昌 330029)

Monitoring the Distortion of Transformer Winding Using Frequency Response Method

DAI Wen-jin, LIU Bao-bin

(Nanchang University, Nanchang 330029, China)

摘要: 论述了频率响应法用于变压器绕组变形测试的全过程, 其中包括频响法的原理、检测过程中扫频范围和扫描点数的选取、结果的影响因素和分析判断。最后介绍了用该方法进行年检的测试实例。

关键词: 变压器; 频率响应法; 绕组变形

中图分类号: TM403.2

文献标识码: B

Abstract: The paper introduces a complete procedure using frequency response method to test the distortion of transformer's winding, including the principle, the determination of frequency, range, testing points, and criteria. A practical example is given in this paper, too.

Key words: transformer; frequency response method; winding distortion

1 引言

在电力系统中, 变压器是一种重要的电力设备, 直接关系到电网的安全运行。一旦变压器发生故障, 可能会给整个电网带来极大的危害, 造成巨大损失。而由变压器绕组变形引起的事故, 在变压器事故的比率中占 1/4 以上。所以, 对变压器绕组变形进行测试, 从而保证电网的安全稳定运行是极为重要的。频响法(FRA)作为一种较为先进的变压器绕组变形测试方法, 正在得到广泛的应用。

2 频响法的基本原理

所谓频响法就是从绕组一端对地注入扫频信号, 然后测量绕组两端的端口特性参数, 如输入阻抗、输出阻抗、电压传输比和电流传输比的频域函数。通过分析端口参数的频域图谱特性, 判断绕组的结构特征。如果绕组发生变形, 就会引起绕组的分布电容和电感发生变化, 反映到端口参数的频谱也随之发生变化。电压传输比反映了等效网络的衰减特性, 是一种常见的检测参数, 其测量接线见图 1。输入端施加正弦扫频电压信号 U_i , 测量输出电流在采

样电阻 R 上的压降 U_o , 并计算 U_o/U_i , 得到传输比随频率变化的图谱。如果输出电流 I_o 很小, U_o 也很小, 则 U_o/U_i 很小, 频谱曲线上出现频谷; 反之, 频谱曲线上出现频峰。理论分析表明, 在频峰处, 绕组上的驻波分布将呈现为整个半正弦波的分布; 而在频谷处, 驻波呈现为奇数个 1/4 正弦波分布^[1]。

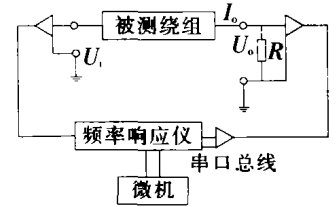


图 1 变压器绕组频谱的测量接线图

3 扫频频率范围和扫描点的选取

由于电力变压器绕组的传递函数 $H(j\omega)$ 主要取决于其内部电感、电容等分布参数, 大量试验研究结果表明, 变压器的频率响应特性通常具有以下特征:

(1) 当频率低于 1 kHz 时, 其频率响应特性主要由线圈的电感决定, 谐振点通常较少, 对分布电容的变化不敏感。

(2) 当频率高于 1 MHz 时, 绕组的电感又被分布电容旁路, 谐振点也会相应减少, 对电感的变化也不敏感, 而且随着频率的提高, 测试回路(引线)的杂散电容也会对测试结果造成明显影响。

(3) 在 1 kHz~1 MHz 的范围内, 绕组的分布电容和电感均发挥作用, 其频率响应特性具有较多的谐振点, 能够灵敏地反映出绕组电感、电容的变化情况。

因此, 在使用频率响应仪测试变压器绕组变形时, 选用 1 kHz~1 MHz 的扫频测量范围和一般不少于 300 个线性分布扫描频点, 通常会获得较好的测量结果。在上饶市供电公司的工程实际中选取了 600 个点。

4 频响法的影响因素

在运用频率响应法对变压器绕组进行变形测试的过程中, 测试结果将受到以下几方面的影响: ① 变压器的接线对绕组变形测试影响很大, 在测试过程

中一定要注意检测变压器的接线方式^[2]。②分接开关位置、测试仪器地线长度、接地情况、信号源施加位置对于测试结果也有一定影响^[2]。

5 测试结果的分析判断

频率响应法是一种检测变压器绕组变形的新方法,目前国际上还没有一个公认完整的量化分析方法。但变压器正常运行时的频率响应曲线具有高度的可比性,因此可以此作为基准曲线。这里结合在某供电公司的研究课题,采用该方法对该公司所有110 kV正常运行的电力变压器进行了频率测试,得到了作为事故后检测的标准曲线。表1说明了具体的判断基准。

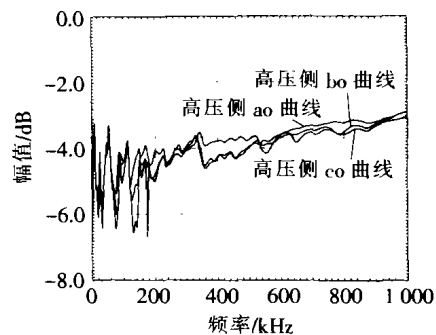
表1 频响法判断绕组变形依据

| 基准曲线与故障后曲线相关系数 | 1~0.7 | 0.7~0.5 | 0.5~0.3 | 0.3~0 |
|----------------|--------|---------|---------|-------|
| 变压器绕组情况 | 可以继续运行 | 局部变形 | 大部分变形 | 严重变形 |

获得频响法原始曲线的具体方法是:变压器绕组如果发生变形,其三相绕组变形情况是不可能完全相似的。通过测量其三相频率响应曲线,然后进行对比,获取其相关系数。如果三个相关系数接近1,说明变压器绕组几乎没有变形,完全可以作为基准曲线;如果三个相关系数在0.8以上,说明变压器绕组只有轻微变形,该曲线也基本上可作基准曲线;如果小于0.8,则说明绕组有一定变形,可以考虑采用其它方法(该方法不仅可以用来作为选取基准曲线的方法,在没有基准曲线的情况下,还可以作为判断变压器是否变形的一种方法)。

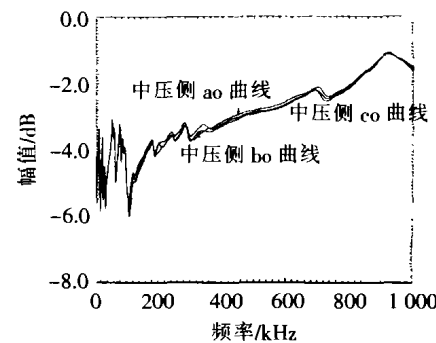
在上饶供电公司获取原始曲线的过程中,对变压器的绕组进行了频率响应测试,并将响应曲线进行对比,图2,3分别是军谭和罗桥变电站1号主变的测试结果。

从图2可以看出,3条频响曲线有一定差距,但其拟合程度还是基本符合要求的,可以作为基准曲线。从图3可以看出,3条频响曲线基本重合,说明变压器绕组几乎没有任何变形,该曲线是极好的基准曲线。



相关系数: $R_{1-2}=0.914$ $R_{1-3}=0.875$ $R_{2-3}=0.857$

图2 军谭1号主变测试曲线图



相关系数: $R_{1-2}=0.971$ $R_{1-3}=0.984$ $R_{2-3}=0.965$

图3 罗桥1号主变测试曲线图

此外,同一类型变压器的频率响应曲线也有一定参考价值。

相对于吊罩检测,运用频率响应法对变压器进行在线检测不仅准确性大大提高、节省了大量的人力物力,还可以在几乎不停电的情况下对变压器进行安全检测,因而具有良好的经济与社会效益。

参考文献:

- [1] 黄华. 阻抗法和频响法诊断电力变压器绕组变形[J]. 高电压技术, 1999, 25(2): 70-71.
- [2] 吴国跃. 电力变压器绕组变形测试中的影响因素[J]. 高电压技术, 2001, 27(3): 81-82.

作者简介:戴文进(1948-),男,教授,主要研究方向为电气工程及其自动化。

(上接第463页) 气体泄漏率检测,均合格。

6 结语

采用磁流体密封技术生产的转动密封组件具有工作温度宽、零泄漏、零摩擦等优异性能,克服了传统结构转动密封组件的缺点,扩展了FLN36-12型SF₆负荷开关的使用范围。由于采用磁流体密封技术生产的转动密封组件在真空器件、计算机等行业有多年的应用经验,生产成本有大幅度下降,批量采购成本基本不增加。在国内,采用磁流体密封技术的FLN36-12型SF₆负荷开关已有近一年时间,数量超

过600台,使用在全国各地,反映效果良好。目前该技术已在国内开关制造企业推广使用。同时,在积累一定运行经验的基础上,还可推广应用到12~40.5 kV C-GIS产品中,有广阔的市场前景。

参考文献:

- [1] 刘令勋. 动态密封设计技术[M]. 北京: 中国标准出版社, 1993.
- [2] 海茵茨, K 米勒(德). 流体密封技术——原理与应用[M]. 北京: 机械工业出版社, 2002.

作者简介:戴斌生(1968-),男,江西永新人,多年从事高压电气元件及成套设备的设计和生产。