

[变压器]

基于OMICRON FRAnalyzer扫频仪的大型电力变压器绕组变形分析

文/贵州电力试验研究院 代 洲 刘华麒 李启春 陈 锋 李朝军 李 毅

电力变压器是整个电力系统中的关键设备，其良好的运行情况是电力系统能够安全稳定运行的重要保障。据统计，约25%的变压器故障由于其绕组变形引起，故而对变压器进行绕组变形试验分析意义很大。利用OMICRON FRAnalyzer扫频仪对被试变压器进行绕组变形分析，并且得到试验结果，该结果将作为该变压器的投运依据之一。

目前电网呈现出交直流混合运行、远距离大容量送电、网络结构复杂、电网稳定问题突出和运行控制面临巨大挑战等特点。变压器是电力系统中重要的组成部分，其良好的运行情况是电力系统能够安全稳定运行的重要保障。

据资料显示，截止2012年底，南方电网110 kV及以上电压等级变压器设备达7 000余台，其中2008年11月5日220 kV某站1#主变压器因内部故障造成主变压器损坏事故，直接经济损失达4 300万元。由此可见，对变压器进行投运前的交接试验对保障电力系统的安全运行至关重要。

由于厂家设计与制造工艺水平所限，部分产品存在质量不良、制造工艺差、设计不合理或薄绝缘等情况，加之电力变压器在运输和安装的过程中受到碰撞冲击，以及在运行中受到短路电流冲击，均可能造成绕组变形，存在极大的安全隐患。据统计，约25%的变压器故障由于其绕组变形引起，故而对变压器进行绕组变形试验分析意义很大。

在变压器绕组变形试验的各种方法之中，频响分析法具有电磁干扰影响低、测量灵敏度高、测试重复性较好和仪器操作简单方便的优点。以某火电站即将投运的2#主变压器为例，基于频响

分析法的原理，利用OMICRON FRAnalyzer扫频仪对主变的高低电压侧分别进行试验，得到了绕组间相关系数表以及频响分析图，并且对结果进行了分析。

频率响应分析法介绍

频率响应分析法最早由加拿大学者Dick E P提出，随后在世界范围内得到推广，频响法可以检测相当于短路阻抗变化0.2%的绕组变形或轴向尺寸变化0.3%的绕组变形。

在较高频率的电压作用下，变压器的每个绕组均可视为一个由线性电阻、电感（互感）和电容等分布参数构成的无源线性双口网络，其内部特性可通过传递函数描述。用频率响应分析法检测变压器绕组变形，是通过检测变压器各个绕组的幅频响应特性，并对检测结果进行纵向或横向比较，根据幅频响应特性的差异，判断变压器可能发生的绕组变形。

测量原理图如图1所示，将一正弦扫频信号输入被测变压器，记录输入端和输出端的电压幅值和相位，通过处理得到被测绕组的频响特性曲线以及相关系数表，再通过比较当前曲线和厂家出

厂报告曲线、绕组三相曲线的对比以及与DL/T911—2004《电力变压器绕组变形的频率响应分析法》中

的标准进行比较,得出绕组是否存在变形的结果。

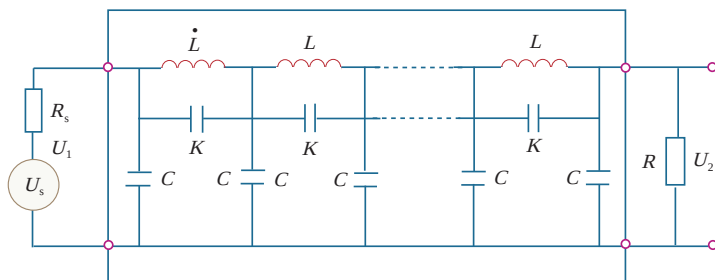


图1 频响法检测原理图

OMICRON FRAnalyzer扫频仪介绍

本次试验采用OMICRON FRAnalyzer FR1 SerNo AH020J 扫频仪,其扫频范围:20 Hz~20 MHz;扫频模式:对数;接收带宽:10 Hz /30 Hz /100 Hz /300 Hz/1 kHz/3 kHz;输入阻抗:50 Ω 。携带Battery pack (携带电源)、3 $\times$ 50 Ω coaxial cable 18 m / 60 ft (50 Ω 18 m同轴电缆)、Grounding cable (GR / YE) 6 m / 20 ft(带夹钳的接地线)以及各种功能模块等配件,配置Dell笔记本式计算机一台。

OMICRON FRAnalyzer内置DL/T-911—2004算法,可自动得到相关系数表。OMICRON FRAnalyzer 扫频仪携带方便,体积小、重量轻,可以自动进行频率扫描以及得到频响曲线和绕组相关系数,并且可以随时根据用户需要随时进行变形评估,操作十分简洁。

线不能够过于紧绷,否则将影响测试结果,造成较大误差。在试验开始前,还须先用方波对设备进行校正,之后才可进行试验。



图2 OMICRON FRAnalyzer扫频仪

实例分析

1. 被试变压器介绍

由某火电站委托,对该电站2#主变压器进行绕组变形分析试验,该主变压器由3台单相变压器组成,其参数完全一致,参数如下。

相数:单相;

额定容量:260 000/260 000 kV·A;

额定频率:50 Hz;

额定电压:(242/22.5%)/22 kV;

联结组别:1i0;

冷却方式:ODIF。

2. 试验过程

根据用户说明书,先对设备进行安装,其安装图片如图2~6所示。由于绕组引线端口为了保护涂刷了保护漆,应该根据夹钳大小去漆,以保证夹钳与引线端口的良好电气接触。此外,夹钳出



图3 套管末屏连接



图4 功能模块



图5 套管出线夹钳



图6 套管出线夹钳近图

3. 试验结果

试验后得到相关系数表以及高低压侧的频响

图，分别如下表、图7、图8所示。

表 2#主变绕组相间相关系数

位置	波形1	波形2	低频RLF	中频RMF	高频RHF
			(1~ 100 kHz)	(100~ 600 kHz)	(600~ 1 MHz)
高压侧	HO H1	HO H2	1.70	1.99	1.32
	HO H1	HO H3	1.11	1.60	0.97
	HO H2	HO H3	1.12	1.81	1.72
低压侧	x0 x1	x0 x2	3.02	1.62	2.07
	x0 x1	x0 x3	2.60	1.86	1.88
	x0 x2	x0 x3	2.94	2.17	2.50

注：HO对应中性点O相，H1、H2、H3分别对应A、B、C三相，
x1、x2、x3分别对应a、b、c三相。

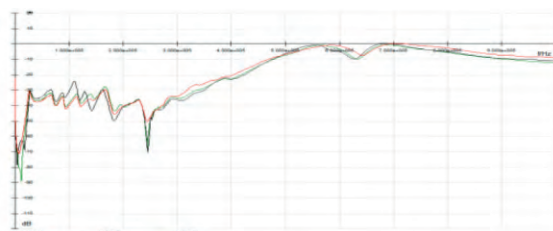


图7 2#主变高压侧绕组频率响应图

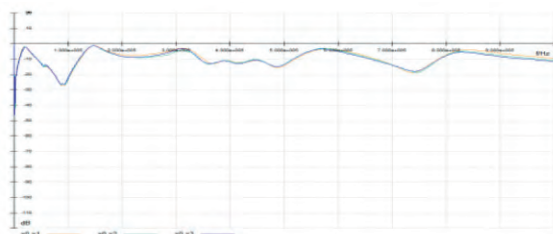


图8 2#主变低压侧绕组频率响应图

根据图7、图8所示，绕组高低压侧的三相频响情况都很吻合，将该结果对比厂家出厂报告也是高度一致，说明该变压器绕组未变形。在上表中，高压侧在低频段的相关系数 < 2 ，根据DL/T 911—2004《电力变压器绕组变形的频率响应分析法》应该属于轻度变形，但是相关系数只是作为一种辅助手段，在规程中也是作为参考项，和厂家出厂报告的对比结果也是一致的。综上，可判定此变压器绕组为正常绕组。

结束语

频响分析法具有电磁干扰影响低、测量灵敏度高、测试重复性较好和仪器操作简单方便的优点，OMICRON FRAnalyzer 扫频仪成套设备体积小、重量轻，操作过程十分简洁，测试结果准确，本次测试结果显示该变压器高低压侧绕组均未发生变形，其将作为该变压器投运的重要依据之一。EA

(收稿日期：2015.01.30)

(编辑：刘群点)