

有载分接开关切换波形的现场测试及研究

王伟, 韩金华, 王吉, 李海峰

(河南电力试验研究所高压室, 河南 郑州 450052)

Field Test and Research on the Switching Figure of On-load Tap Changer

WANG Wei, HAN Jin-hua, WANG Ji, LI Hai-feng

(Department of High Voltage, Henan Electric Power Research Institute, Zhengzhou 450052, China)

摘要: 介绍了有载分接开关切换波形测试的意义、原理和方法, 指出现场测试经常遇到的问题并分析了其原因, 提出了根据现场所测波形判断有载分接开关能否正确切换的方法。

关键词: 有载分接开关; 切换波形; 现场测试; 研究

中图分类号: TM41

文献标识码: B

Abstract: In this paper, the principle and method for the test on switching figure of on-load tap changer (OLTC) are introduced. On the basis of analyzing the problems in field, the methods for estimating the condition of OLTC are presented.

Key words: on-load tap changer (OLTC); switching figure; field test; research

1 前言

有载分接开关作为变压器中唯一经常动作的部件, 它的可靠性直接决定变压器能否安全可靠运行, 因此, 在交接和大修时要对其进行相关试验, 以确认安装或检修的质量, 确保有载分接开关能够长期安全运行。其中有载分接开关切换波形的测试是一个重要的试验项目, 通过所测得的切换波形可以看出切换开关能否正确动作, 从而判断有载分接开关是否存在电动机构动作异常、绝缘筒变形、触头烧损、传动轴断裂等故障。DL/T574-1995《有载分接开关运行维修导则》中对切换波形进行了相关规定, 然而现场试验中由于种种原因, 所测得的切换波形很难与标准波形完全吻合。笔者结合现场测试的结果, 分析了切换波形产生偏差的原因, 提出了现场根据所测波形判断有载分接开关能否正确切换的方法。

2 有载分接开关切换的原理

有载分接开关由于是在带负载的情况下变换分接位置, 所以它必须满足两个基本条件^[1]: ①在变换

分接过程中, 要保证负荷电流的连续, 也就是不能开路; ②在变换分接过程中, 要保证分接间不能短路。因此, 在切换分接的过程中必然要在某一瞬间同时桥接两个分接以保证负荷电流的连续性。而在桥接的两个分接间, 必须串入电阻以限制循环电流, 保证不发生分接间短路, 这样, 有载分接开关就可以由一个分接过渡到下一个分接。实现这一功能的电路称为过渡电路, 对应的机构为切换开关。切换开关根据过渡电阻数可分为单电阻、双电阻和4电阻等类型, 其中常见的是双电阻的切换开关。有载分接开关切换挡位时, 先由分接选择器选中要变换到的挡位, 然后由切换开关迅速动作, 实现由当前挡位向目标挡位的切换。测试有载分接开关的切换波形, 就是检测切换开关的这一动作瞬时过程是否正确。

3 有载分接开关切换波形的测试

由切换开关的动作原理可知, 切换开关在切换过程中, 串入回路的电阻值随时间有规律地改变, 将这一变化以图形方式记录下来, 并与标准波形进行比较, 就可以判断出切换开关的动作是否正常。仍以双电阻的切换开关为例, 其标准切换波形^[2]见图1。 t 为总的切换时间, 一般约为50ms; t_1 为分开侧主触头打开至闭合侧过渡电弧触头闭合的时间, 这段时间也是提供给分开侧主触头可利用的熄弧时间。在主触头打开瞬间, 在它的动、静触头之间产生电弧, 然后等到电流过第一个零点时, 如果两者之间的断口足够大, 则电弧熄灭, 反之则电弧重燃, 等电流第2次过零时熄灭。由于触头断开瞬间电流相位是随机的, 所以要求 $t_1 \geq 10 \text{ms}$ ^[3], 以保证至少有一个电流过零点使电弧能够熄灭; t_2 为分开侧过渡电弧触头与闭合侧过渡电弧触头同时接通的桥接时间, 要求为3~7ms^[3]。此时回路中有2个过渡电阻并联, 所

收稿日期: 2005-07-26; 修回日期: 2005-09-04

作者简介: 王伟(1978-), 男, 助理工程师, 从事变压器试验方面的研究工作。

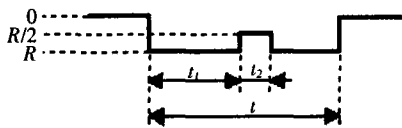


图1 标准切换波形

以其阻值只有前一过程的一半。

现场进行有载分接开关切换波形测试时,采用的是自行开发研制的K-211型开关动作特性专用测试仪,其原理是在切换开关的两端通入一个0.4 A的直流电流,测得当切换开关切换时回路电压的变化,从而得出分接开关在切换过程中串入回路的电阻值的变化,将这一变化用波形图表示出来,并将其与标准波形进行比较,从而判断分接开关能否正确动作。

带绕组进行有载分接开关切换波形测试的接线见图2,跟测试变压器电阻的接线一样,它可以同时测出三相分接开关的切换波形。

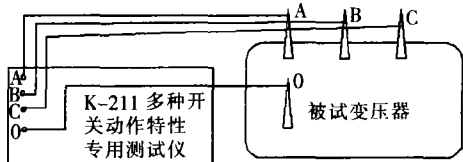


图2 测试接线图

4 现场测试中遇到的问题及原因分析

有载分接开关切换波形的测试原理虽然简单,但现场测试时,由于种种原因,测得的波形很难与标准波形完全一致,总存在着各种差异,这给判断分接开关能否正确动作带来了很大干扰。下面结合一些实测的切换波形,来分析造成这些波形差异的原因,同时给出根据实测波形来判断分接开关能否正确动作的方法。

(1)某电厂220 kV启备变的有载分接开关,型号为UCGRN650/300。该变压器的有载分接开关带绕组切换波形见图3,三相之间基本相同。根据测量,总的切换时间约为48 ms,过渡电阻约为13 Ω。

可以看出,该波形与图1的标准波形大致相同,但也存在一些差别。如切换过程完成后,波形存在有不规则的抖动;整个波形不是由直线段组成,而是叠加了某些振荡等。这些差别是否意味着这台分接开关存在故障,答案是否定的。

波形在切换过程完成后出现的不规则抖动主要

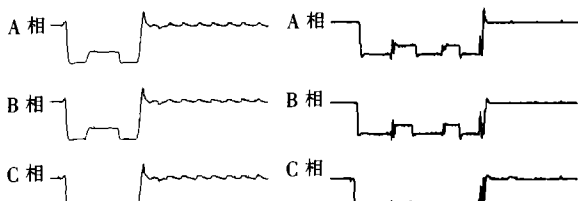


图3 切换波形图

图4 切换波形图

是由触头闭合产生的机械冲击力造成的,有的分接开关波形抖动得很严重,见图4。该开关型号为SYXZ-110/400-19,有4个过渡电阻。可以看出,每当有触头闭合时,波形都会产生抖动,但是在根据波形对开关状态进行判断时,这些抖动可以忽略。

波形上叠加有振荡是由于测量是在带绕组情况下进行的,线圈电感的影响使波形产生了这些振荡。如果测量时不带绕组,则这些振荡将会减弱许多,见图5。有时候覆盖在触头表面的油膜和油内杂质也会造成切换波形的振荡或不规则变化,运行时切换少的分接开关更是明显,见图6。该分接开关一年切换不超过10次。试验时,将其循环切换几次后,所测切换波形有所改善。

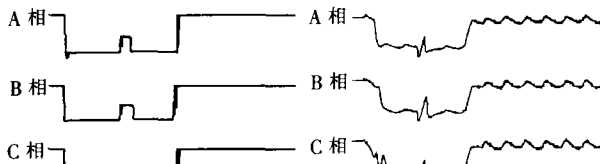


图5 切换波形图

图6 切换波形图

制造厂家在厂内对有载分接开关做试验时,在静触头表面中间位置用冲头冲出一凹凸点,利用触头表面的机械突出物来刺破油膜,这种情况下得到的波形较好。而机械突出物在试验后被磨平,所以现场得到的波形一般较乱。试验人员在测试前,应该尽量多切换几次,减少油膜对测试波形的影响;在对测试波形进行分析时,主要看总的切换时间和各个动作过程次序是否正确,而不一定非要得到各段时间和过渡电阻值的确切值,也不能仅仅因为测试波形与标准波形不完全一样就盲目得出有载分接开关存在问题的结论。

(2)某电厂220 kV主变的有载分接开关,型号为UCGLT650/1200。该变压器的有载分接开关带绕组切换,波形见图7。根据测量,三相总的切换时间均约为49 ms,过渡电阻约为1.45 Ω。该台有载分接开关的切换波形较为规则,且每一相的波形都与图1的标准波形大致相同,但三相波形之间存在着严重的不同期,两相开始动作的时间最大相差37 ms。



图7 切换波形图

经了解,该变压器的有载分接开关是由3台单相分接开关组成的,3台开关通过机械上的连接用1台电动机构来带动。在现场试验时,如果将切换有载分接开关的挡位由电动操作改为手动的话,就可以听到三相分接开关的切换动作存在明显的先后,甚至在缓慢摇动手柄的时候,还会出现某相切换而

其它两相暂时不切换的情况。可见三相储能结构动作所需传动轴转动的圈数并不一样,从而造成三相开关切换有先有后。分析认为,有载分接开关的分接变换动作是一个电流的转换过程,对三相分接开关来说,即使在切换过程中某一相先动作,电流仍在该相的电路通过,因此三相触头分合的先后,对相互之间的切换电流没有明显的影响。另外,有载分接开关在切换过程中产生的电弧都是采用电流过零点自然熄弧的方式,而不是像断路器那样采用强迫熄弧的方式,这样分接开关三相触头的电弧熄灭本身就存在先后,所以其机械动作的先后差别不会影响有载分接开关的正常运行。该有载分接开关试验后投入运行,至今已将近两年,期间切换多次,无任何不正常现象。

5 结语

有载分接开关是变压器上一个重要的部件,通

过其切换波形的测试可以看出切换开关能否正确动作,进而判断有载分接开关是否存在电动机构动作异常、绝缘筒变形、触头烧损、传动轴断裂等故障。现场试验中由于种种原因,所测得的切换波形很难与标准波形完全吻合。所以试验人员在测试前,应该尽量多切换几次,减少油膜对测试结果的影响。在准确测量的前提下,正确分析测试波形与标准波形产生差异的原因,同时结合变压器其他相关试验的结果,综合考虑,得出正确的结论。

参考文献:

[1] 陈敢峰,姚集新. 变压器分接开关实用技术 [M]. 北京:中国水利水电出版社, 2002.
[2] 冯仲民. 有载分接开关的应用 [M]. 北京:中国电力出版社, 2004.
[3] DL/T574-1995. 有载分接开关运行维修导则[S].

(上接第 437 页)

参考文献:

[1] Discussion Group 13. Synthetic Circuit for Making Tests [A]. in CIGRE Conference[C], Paris, CIGRE, 1966: 444-445.
[2] CIGRE WG 13.04. Requirements for Testing Making Performance of High-voltage Circuit-breakers at Reduced Applied Voltage [J]. Electra 1979, 66(10): 27-33.
[3] IEC62271-100: 2001. High-voltage Alternating Current Circuit Breakers[S].
[4] GB1984-2003. 高压交流断路器[S].
[5] Aldrovandi G, Bonfanti I, Kuhnhardt G, et al. New Application of Synthetic Circuit Development in CESI and IPH[A]. CIGRE Session 1992[C], Paris, CIGRE, 1992: 201.
[6] 庄稼人, 党晓鹰. 在最大预燃弧条件下进行关合试验的合成关合回路[J]. 高压电器, 1992, 28(3): 14-20.

[7] Sheng B L. Design Consideration of Weil-dobke Synthetic Testing Circuit for the Interrupting Testing of HV AC Circuit Breakers [A]. Power Engineering Society Winter Meeting[C], IEEE, 2001(1): 295-299.
[8] 方春恩. 同步真空开关的相关理论及其应用研究 [D]. 大连:大连理工大学, 2004.
[9] Suiter H. Consequences of Controlled Switching for System Operation and Circuit Breaker Behavior [A]. CIGRE Session 1990[C], Paris, CIGRE, 1990: 202.
[10] Dick E P, Fischer D. Point-on-wave Capacitor Switching and Adjustable Speed Drives [J]. IEEE Trans. on Power Delivery, 1996, 11(13): 1367-1372.
[11] CIGRE WG 13.07. Controlled Switching of HVAC Circuit Breakers Guide for Application [J]. Electra, 1999, 183(4): 43-73.

(上接第 427 页)

5 结语

(1) 输电线路零序参数必须实测,输电线路参数带电测量方法可以通过较少次数的测量得到互感线路的零序自参数和互参数,大大减少了线路的停电次数。

(2) 根据输电线路首末端测量的电气量,计算得到的线路阻抗和导纳,不是一般意义上的阻抗和导纳,而是一个包含了波过程量。

(3) 输电线路集总参数模型和分布参数模型可以相互转换,以满足工程上不同的需要。对于部分互感线路,互感部分分布参数须单独考虑。

参考文献:

[1] 陈允平,张承学,胡志坚. 以 GPS 为基础的线路参数带电测

量[J]. 电力系统自动化, 1998, 22(6): 43-45.

[2] 张文涛,邱宇峰,郑旭军. GPS 及其在电力系统中的应用[J]. 电网技术, 1998, 22(6): 38-40.
[3] 邱关源. 现代电路理论[M]. 北京:高等教育出版社, 2003.
[4] 高中德. 超高压电网继电保护专题分析 [M]. 北京:水利电力出版社, 1990.
[5] 朱声石. 高压电网继电保护原理与技术 [M]. 北京:水利电力出版社, 1983.
[6] 胡志坚. 基于 GPS 的互感线路参数带电测量研究与实现[D]. 武汉:武汉水利电力大学博士学位论文, 1999.
[7] 胡志坚,刘美观,张承学,等. 互感线路参数带电测量研究与实现[J]. 电力系统自动化, 1999, 23(24): 32-35.
[8] 张贤达. 现代信号处理[M]. 北京:清华大学出版社, 2002.
[9] 胡志坚,陈允平. 宁夏电网 220 kV 互感参数带电测量 [J]. 电力系统自动化, 2000, 24(17): 41-44.