

交流高压断路器三相合成试验燃弧时间的确定及整定方法简介

苏宇红, 刘 朴, 张海峰

(西安高压电器研究所, 陕西 西安 710077)

Introduction of Determination and Setting Method of the Arcing Time for Three-phase Synthetic Test for High Voltage Circuit Breaker

SU Yu-hong, LIU Pu, ZHANG Hai-feng

(Xi'an High Voltage Apparatus Research Institute, Xi'an 710077, China)

摘要: 以对称短路开断 T100s 和非对称短路开断 T100a 为例,介绍了三相合成试验的试验回路(包括发电机系统和振荡回路系统);并提出了两种试验方式下短燃弧、长燃弧及中燃弧的确定方法及用计算机控制的整定方法。

关键词: 同步装置; 燃弧时间; 整定值

中图分类号: TM561.3

文献标识码: B

Abstract: Three-phase synthetic test consists of symmetry breaking and asymmetry breaking. This article presents the three-phase synthetic test circuit (including short-circuit generator system and oscillation circuit system). In two different test duties, methods of determining the parameters, such as minimum arcing time (t_{arcmin}), maximum arcing time (t_{arcmax}), and medium arcing time (t_{arcmed}), are introduced in detail. And the setting method controlled by computer is also presented.

Key words: synchronous devices; arcing time; setting value

0 引言

随着电力工业的发展和产品设计技术的改进,越来越多的交流高压断路器,尤其是 110 kV 以上的高压断路器采用三相共箱式结构。此类断路器已受到越来越多客户的青睐。以额定电压为 126 kV 或 252 kV 的断路器为例,短路开断电流最常见为 31.5 kA 或 40 kA,其金短时间通常是 50~80 ms。

考虑到试验等价性的问题,试验方式 T10, T30, T60, 可用单相试验代替,而在 T100s 和 T100a 时,必须做三相合成试验。西安高压电器研究所高压电器实验室(简称西高所实验室)已成功地进行了这个项目的试验,现将试验回路及燃弧时间的确定及整定

方法作一简介。

1 三相合成试验回路

西高所实验室的三相合成试验采用发电机与振荡回路系统合成的试验方法。电流源与电压源分别为:

(1) 电流源

发电机作为电流源,为试验提供短路电流。其回路采用“ Δ/Δ ”接法,即 3 台变压器在低压侧“ Δ ”接法,在高压侧也是“ Δ ”接法。试验时两台短路发电机并机运行,高压侧电流可达 31.5 kA 或 40 kA。

(2) 电压源

三相合成试验,需三台辅助开关(A, B, C 三相各一台辅助开关),三套延弧装置(A, B, C 三相各一套延弧装置),三套同步装置(首开相同步装置为首开相延弧回路及电压回路提供点火脉冲,后两相同步装置分别为各自相提供延弧点火信号。由于 B, C 相用一套电压回路,因此, C 相同步装置还要提供 B, C 相电压回路点火信号)及两个调频回路。其中,延弧回路和电压回路是否能准确投入,是整个试验的难点,也是关系到整个试验能否成功的关键。

2 三相合成试验燃弧时间的确定

三相合成试验不同于单相合成试验,它没有参考相。所以,燃弧时间的确定通常是由发出分闸指令时刻起到电流开断零点时刻止之间的时间减去试品的固分时间来得到。

2.1 对于对称开断方式 T100s

2.1.1 最短燃弧时间 t_{arcmin} 的确定

它是由首开极的 t_{arcmin} 来确定的。通常是在前面

做过的试验方式的基础上,取一个接近最短燃弧时间的值作一次试验,在完成有效开断基础上,减18°(即1ms)再作一次试验,如此反复,直到出现不开断点。则以最近一次有效开断的时间作为最短燃弧时间 t_{arcmin} 。对三相试验来说,只有三相都开断,才认为试验有效;若只有首开相开断而后开相不开断,则认为试验无效。

2.1.2 最长燃弧时间 t_{arcmax} 的确定

它是由后开极的 t_{arcmax} 来确定的。

(1)对于中性点固定接地系统(即首开极系数 $k_{pp}=1.3$), $t_{arcmax} \geq t_{arcmin} + T(180^\circ - d\alpha)/360^\circ$ 。其中: $d\alpha$ 为18°;T为一个工频周期(20ms)。所以 $t_{arcmax} \geq t_{arcmin} + 9ms$ (即燃弧区间不小于9ms)。

对于有自动重合闸功能的试品来说,长燃弧通常在重合闸即“O-0.3s-CO”试验时实现。此时试品三相均为对称开断,由于中性点固定接地,两后开极不同时过零,它们分别与首开极相差4.3ms,6.7ms。

如果首开极的最短燃弧时间 t_{arcmin} 为12ms,这时两个后开极的燃弧时间分别为16.3ms和18.7ms。最长燃弧时间 t_{arcmax} 的整定在最短燃弧时间整定值的基础上,再加上2.3ms(12ms+9ms-18.7ms=2.3ms)以上,则后开极的燃弧时间不小于21ms。此整定值应能满足燃弧区间不小于9ms的标准要求。当首开极和后开极都成功开断时,认为本次试验有效。

(2)对于固定接地系统以外的系统(即首开极系数 $k_{pp}=1.5$), $t_{arcmax} \geq t_{arcmin} + T(150^\circ - d\alpha)/360^\circ$,所以 $t_{arcmax} \geq t_{arcmin} + 7.3ms$ (即燃弧区间不小于7.3ms)。

对于有自动重合闸功能的试品来说,长燃弧开断在重合闸即“O-0.3s-CO”时完成。试品三相均为对称开断,首开极与后开极电流零点相差5ms,即长燃弧的整定只需在短燃弧的基础上再加2.3ms即可。首开极和后开极都成功开断的示波图见图1,图中: I_a, I_b, I_c 分别为流过试品三相的电流; I_{2a}, I_{2c} 分别为试品首开相高压回路电流和后开相高压回路电流; U_a, U_b, U_c 分别为试品三相的恢复电压; I_0 为试品的分、合闸脉冲信号,信号的幅值为信号高度乘以各自的刻度系数,下图同。

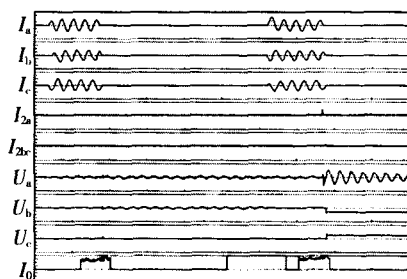


图1 T100s O-0.3s-CO 试验成功开断的示波图

注:示波图横向座标为每格 67.69 ms

2.1.3 中燃弧 t_{arcmed} 的确定

由文[1]可知: $t_{arcmed} = (t_{arcmin} + t_{arcmax})/2$ 。

以不接地系统为例,中燃弧只需在短燃弧试验整定值的基础上加1.15ms(2.3/2=1.15),或在长燃弧基础上减1.15ms即可,这样得到首开相的中燃弧和后开相的中燃弧。

2.2 对于非对称开断方式 T100a

确定最短燃弧时间 t_{arcmin} 的试验主要考核试品首开相的 t_{arcmin} 及直流分量。首开相应为大半波, t_{arcmin} 的确定同 T100s。

T100a 试验主要考核试品后开相的 t_{arcmax} 及直流分量,最长燃弧时间 t_{arcmax} 出现在后开相为延长大半波时。

(1)对于中性点固定接地系统:(即接地系数 $k_{pp}=1.3$), $t_{arcmax} \geq t_{arcmin} + \Delta t_1 - Td\alpha/360^\circ$ 。上式即为 $t_{arcmax} \geq t_{arcmin} + \Delta t_1 - 1ms$ 。其中: Δt_1 是由试品分闸时间 t 和回路时间常数 τ 决定的,标准时间常数为 $\tau=45ms$,通常 $12.5ms < t \leq 33ms$ 。由表1可查出 $\Delta t_1=12.5ms$,所以,最长燃弧时间为: $t_{arcmax} \geq t_{arcmin} + 11.5ms$ (即燃弧区间不小于11.5ms)。

表1 与 T100a 相关的电流半波持续时间

分闸时间 /ms	Δt_1 /ms			
	$\tau=45ms$	$\tau=60ms$	$\tau=75ms$	$\tau=120ms$
大半波				
$0 < t \leq 12.5$	13.5	14.0	15.0	15.5
$12.5 < t \leq 33.0$	12.5	13.0	13.5	14.5
$33.0 < t \leq 53.5$	11.5	12.0	12.5	14.0

(2)对于固定接地系统以外的系统:(即接地系数 $k_{pp}=1.5$), $t_{arcmax} \geq t_{arcmin} + \Delta t_1 - T(30^\circ + d\alpha)/360^\circ$ 。即 $t_{arcmax} \geq t_{arcmin} + \Delta t_1 - 2.67ms$,这样, $t_{arcmax} \geq t_{arcmin} + 9.8ms$ (即燃弧区间不小于9.8ms)。

要求短燃弧在首开极出现,长燃弧在后开极出现。试验整定如下:首开极和后开极均为大半波;首开极和后开极零点间距基本不变,只要读出短燃弧时首开极和后开极零点间的时间 t_1 (通常小于5ms),再用9.8ms(或者11.5ms)减去 t_1 得出的值,即为在短燃弧基础上,整定需加上的时间值,从而得出后开极的最长燃弧时间 t_{arcmax} 。首开极和后开极都成功开断的示波图见图2。

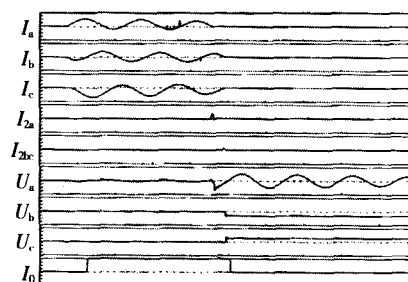


图2 T100a 单分试验成功开断示波图

注:示波图横向座标为每格 13.60 ms

被试断路器开断不成功的示波图见图3。图中首开相和后开相在承受高压时, (下转第316页)

损耗因数的测量,可有效判断套管的绝缘是否受潮。

对南京东善桥2号主变压器高压套管的末屏对地绝缘电阻及介质损耗因数进行了测量。结果表明,导电杆-末屏及末屏-地的 $\tan \delta$ 均小于2%,可认为高压套管绝缘良好。

1.6 通过套管末屏试验发现套管异常实例

某变电所1号主变压器高压套管型号为:

表1 白云1号主变压器套管介质损耗因数的测量数据

日期	末屏绝缘电阻 /MΩ	电容量 /pF	介损 /%	备注
1992年10月	2500	286	0.2(20℃时)	合格
1994年11月	2500	285	0.3(20℃时)	合格
1996年11月	2500	287	0.9(23℃时)	超标

表2 白云1号主变压器套管油色谱分析数据

日期	H ₂	CH ₄	C ₂ H ₆	C ₂ H ₄	C ₂ H ₂	Σ _c	CO	CO ₂	备注
1992-10-27	5.1	6.6	2.5	0.6	0	9.7	18.3	152.8	合格
1994-11-07	4.8	8.6	5.3	4.5	0	18.4	38.8	165.0	合格
1996-11-14	221.8	104.4	24	132.2	238.6	499.2	136.8	642.3	超标
1996-11-18	469.6	388.4	111.6	589.3	1377.7	2467	529.3	2819	超标

出套管,返厂解体,发现油中有游离炭,电容芯子有击穿放电痕迹。由于发现及时,避免了一起事故的发生。

1997年1月7日,1号主变压器更换了一支新套管,安装前对套管做了各项电气及油色谱试验,均合格有效,一直安全运行至今。

2 结论

套管末屏是变压器套管的重要附件之一,末屏性能的优劣直接影响到套管状态的好坏。据统计,由

BRLQ-110/600。该套管于1992年,1994年做介质损耗、电容量、油色谱试验时,试验数据合格且无明显变化,但到1996年做试验时,发现套管介损明显增大,油中总烃、氢、乙炔含量均超标,试验结果见表1,表2。

由于套管介损值有了显著增长,套管油中色谱分析数据也明显变大,套管不能再投入使用。后来拔

末屏原因引起的变压器套管故障和异常占有相当大的比例^[2]。另外,通过套管末屏进行各项试验也能有效地考察变压器套管及变压器本体的绝缘性能。

参考文献:

- [1] 张孔林. 变压器绕组变形测试的研究 [J]. 福建电力与电工, 1999, 19(4): 5-7.
- [2] 王世阁. 变压器套管故障状况及其分析 [J]. 变压器, 2002, 39(7): 35-40.

(上接第314页)

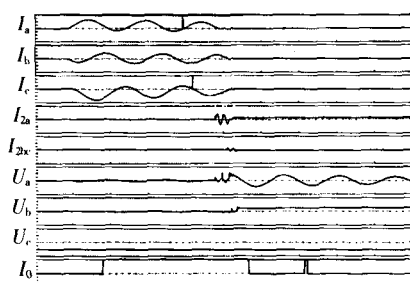


图2 T100a 单分试验不成功开断的示波图
注:示波图横向座标为每格 13.60 ms。

经过4次打穿,最终开断。

下面以某厂 ZF□-126/T2000-40 型产品为例,说明做 T100a 时,燃弧时间的整定:产品的首开极系数为1.5,即中性点不接地系统。首开极的最短燃弧时间为13.2 ms,这时后开极的燃弧时间为16.8 ms,回路时间常数 τ 为45 ms,试品固分时间为32 ms,由表1中查出 $\Delta t_1=12.5$ ms,则最长燃弧时间 $t_{arcmax} \geq t_{arcmin} + 9.8$ ms。最长燃弧时间在后开极出现,此时只需在最短燃弧时间整定值的基础上,再加上6.2 ms $[9.8-(16.8-$

13.2)=6.2]即可。即最长燃弧时间 $t_{arcmax} \geq 23$ ms。

2.2.3 中燃弧时间 t_{arcmed} 的确定

中燃弧时间的计算方法为 $t_{arcmed} = (t_{arcmin} + t_{arcmax}) / 2$ 。

以上述产品为例,做短燃弧时,后开相的燃弧时间为16.8 ms,长燃弧时为23 ms,则中燃弧 $t_{arcmed} = (16.8 + 23) / 2 = 19.9$ ms,即在短燃弧整定的基础上,加上3.1 ms $(19.9 - 16.8 = 3.1)$,或在长燃弧的基础上减去3.1 ms $(23 - 19.9 = 3.1)$ 即可。

3 结语

利用以上试验回路及整定方法,西高所实验室已成功地完成了数台产品的试验;根据发电机系统及振荡回路的特点整定出的 t_{arcmax} , t_{arcmin} 及 t_{arcmed} 与试品要求的燃弧时间相差无几。

参考文献:

- [1] IEC 62271-101. 高压开关设备和控制设备-第101部分:合成试验[S].