

稳定绕组引起变压器输出电压中性点位移的分析

贾俊

(泰州供电公司, 江苏 泰州 225300)

Analysis of Neutral-point Displacement Caused by Stabilizing Winding in Transformer

JIA Jun

(Taizhou Power Supply Company, Taizhou 225300, China)

摘要:通过对 Y/Y/Y- Δ 变压器低压绕组中性点电压的实测和分析,得出该类变压器稳定绕组引起低压绕组中性点电压位移的形成机理,并给出了相应的处理方法。

关键词: 变压器; 稳定绕组; 中性点位移; 不平衡

中图分类号: TM402

文献标识码: A

Abstract: Through analyzing the neutral-point voltage of type Y/Y/Y- Δ transformer, the conclusion that the stabilizing winding causes the transformer's neutral-point displacement is obtained. Some solutions are presented aiming at the mentioned problems.

Key words: transformer; stabilizing winding; neutral-point displacement; unbalance

1 前言

随着电力系统的发展,变压器的容量越来越大,其结构也日趋复杂,以前 220 kV 变压器多为 Y/Y/ Δ 接法,低压侧采用三角形接法,既可以传输电能,也可以消除 3 次谐波。但现在许多 220 kV 变压器采用高、中、低压侧全星型再加稳定绕组的接法,其目的是为了 220 kV 变压器 35 kV 侧输出的电压相位与 110 kV 变压器 35 kV 侧输出电压相位相同,从而便于电网调度,提高系统的稳定性,而稳定绕组则专门用于消除 3 次谐波。然而稳定绕组作为一特殊的绕组,其额定电压的选择、绝缘的配合以及绕组的运行方式都给变压器的运行带来了一些影响。

2 变压器输出电压不平衡的实测

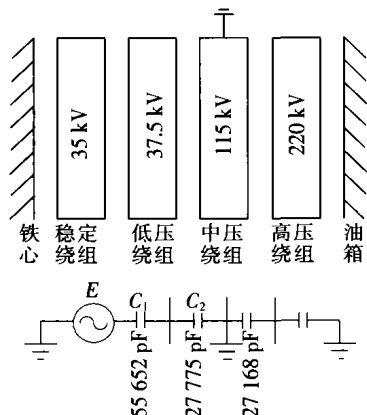
某厂家 2001 年 10 月生产的一台变压器,其型号为 OSFPS9-120000/220,电压比为 220_{±2.5%}/115/37.5/35 kV,接线组别为 YNa0yn0+d。稳定绕组在 Cs 相开口分两点引出,运行时开口短路接地。

投运后发现,变压器 35 kV 侧输出对地电压很

不平衡,且母线上的出线越少越不平衡,但线电压是平衡的,其相应的数据为:35 kV 母线不带出线时三相对地电压分别是:A 相 27.5 kV, B 相 22.5 kV, C 相 14.7 kV; 母线带约 12 km 线路时三相对地电压分别是:A 相 21.7 kV, B 相 20.9 kV, C 相 19.3 kV。为了找出原因,在现场对变压器进行了实测。拆除变压器 35 kV 侧桩头引线,从 220 kV 侧给变压器供电,110, 35 kV 侧空载,用阻容分压器分别测量 35 kV 侧三相及中性点的对地电压,分别为:A 相 30.26 kV, B 相 23.38 kV, C 相 12.99 kV, 中性点 12.25 kV。由此可以看出,在变压器 35 kV 侧不带出线或出线较短时,其中性点的位移电压大大超过了规程规定的“中性点的长时间电压位移不应超过系统标称相电压的 15%”的规定,给系统的安全运行带来了隐患。

3 变压器中性点电压位移的分析

该类自耦变压器的高、中压绕组的中性点在运行时是直接接地的,而低压绕组的中性点不接地。在低压绕组未接负载时,其中性点电压主要是由其它绕组电压通过绕组间电容耦合感应而产生的,在这种情况下可以将变压器绕组等效成电容极(变压器绕组分布及绕组之间的等效电容分布见图 1,电容值由变压器厂家提供)。由于高、中压绕组中性点接地,在系统电压对称的情况下,通过绕组间电容耦合在低压绕组感应的电压也是对称的,不会引起低压绕组中性点电压位移,所以在分析中就不再考虑高、中压绕组的影响;同样稳定绕组在不接地的情况下,高、中压绕组对它的影响也是对称的,即其虚拟的中性点电压为零,所以这种情况下稳定绕组也不会低压绕组上感应出不对称电压,其向量图见图 2。但是当稳定绕组一相接地时,其虚拟的中性点就会发生位移,位移的电压就会通过绕组间的电容耦合在低压绕组上感应出位移电压,从而导致低压绕组的中性点电压位移,使得相对地电压不平衡,其简化等



E——稳定绕组虚拟中性点的位移电压

图1 变压器绕组分布及绕组间的等效电容分布图

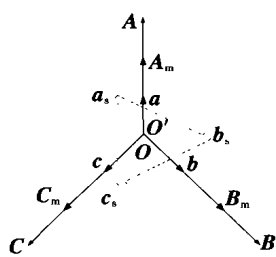


图2 未发生位移时各绕组的向量图

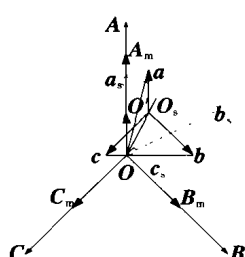


图3 发生位移后各绕组的向量图

效电路见图1,发生位移后各绕组的向量图见图3。具体理论计算如下。

根据图3的向量图,稳定绕组虚拟中性点电压为: $U_{O,O} = U_{a,b} / \sqrt{3} = 35 / \sqrt{3} = 20.2 \text{ kV}$ 。

根据图1的等效电路,低压绕组中性点电压为:

$$U_{OO'} = U_{O,O} \frac{C_1}{C_1 + C_2} = 20.2 \frac{55\ 652}{55\ 652 + 27\ 775} = 13.48 \text{ kV}$$

低压绕组各相对地电压(低压绕组的线电压取35 kV):

$$U_{a,o} = \sqrt{U_{OO'}^2 + U_{aO'}^2 - 2 \times U_{OO'} \times U_{aO'} \times \cos 150^\circ} = 32.59 \text{ kV}$$

$$U_{b,o} = \sqrt{U_{OO'}^2 + U_{bO'}^2 - 2 \times U_{OO'} \times U_{bO'} \times \cos 90^\circ} = 24.29 \text{ kV}$$

$$U_{c,o} = \sqrt{U_{OO'}^2 + U_{cO'}^2 - 2 \times U_{OO'} \times U_{cO'} \times \cos 30^\circ} = 10.85 \text{ kV}$$

各种数据的汇总比较分析见表1。

	表1 分析比较			kV
	$U_{a,o}$	$U_{b,o}$	$U_{c,o}$	
理论计算值	32.59	24.29	10.85	13.48
桩头实测值	30.26	23.38	12.99	12.25
空母线实测值	27.50	22.50	14.70	7.47
带12 km线路实测值	21.70	20.90	19.30	

从表1的数据可以看出:理论计算值和桩头实测值基本接近,其间差距的主要原因是:①理论计算所用的电容值只是通过计算得到的绕组间的电容值,未考虑引线、套管之间的电容和杂散电容的影响。②桩头实测值是使用阻容分压器测得的,测量系统对电压分布也有一定的影响。变压器带母线和带出线后,其中性点的位移电压有所降低,这是由于母线和出线的对地电容(C_3)并在低压绕组和中压绕组之间的电容

(C_2)上,增加了稳定绕组的对地等效电容,从而降低了低压绕组耦合电压^[1],等效电路见图4。

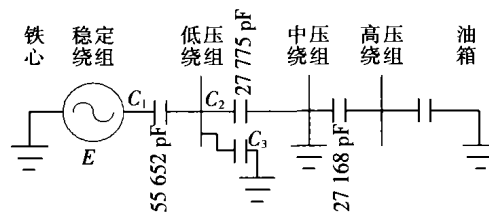


图4 等效电路图

4 处理办法

通过分析可以看出,解决该类Y/Y- Δ 变压器低压绕组中性点电压位移的问题有以下几种方法:

(1)在满足其它条件的情况下,适当降低稳定绕组的额定电压。在稳定绕组一点接地运行时,由于稳定绕组的额定电压降低,其虚拟中性点电压也随之降低,通过电容耦合到低压绕组上的电压自然就会降低。如一台与上述变压器结构相同的变压器,但稳定绕组的额定电压只有11 kV,在低压绕组桩头上实测的电压分别为:A相26.18 kV,B相17.85 kV,C相22.47 kV,中性点5.07 kV,比稳定绕组额定电压为35 kV的变压器降低了58%。这种情况下,变压器低压侧带上空母线后,其中性点的位移电压就会降低到规程要求的系统标称相电压的15%以下。

(2)针对低压绕组的电压是通过电容分压得到的,从而可以通过改变电容来降低电压。可以在变压器低压绕组的中性点上挂电容,也可以在三相上分别挂相同的电容。如上述变压器在中性点上接300 000 pF的电容(或每相接100 000 pF),其中性点位移电压就会降到2.9 kV,从而满足规程要求。

(3)限制系统的运行方式。保证变压器低压绕组带足够长的出线(约12 km),利用线路的对地电容来增加低压绕组的等效对地电容,从而控制中性点位移电压在规程的允许范围之内^[1]。

综合3种处理方法认为,首选第1种方法,因为它最彻底,一劳永逸,尤其是对新制造的变压器,对于已经运行的变压器虽然一次性投资较大(一台220 kV的变压器改造、运输及安装约需50万元),但会给以后的生产运行带来方便。其次选第3种,因为它最简单,但长期也会对运行和调度带来麻烦。而第2种最差,主要是因为需一次性投资且安装比较麻烦,同时也给以后运行带来很大工作量。

5 结语

对于Y/Y- Δ 变压器,由于稳定绕组一点接地的特殊运行方式,会给变压器的其它绕组运行带来影响,尤其是对中性点不接地的低压绕组,严重时会使低压绕组的中性点位移电压超 (下转第294页)

减小相位量化误差,系统采样了更高频率的计数脉冲,使用 24 MHz 的 W77E58 芯片,最小定时周期达到 0.016 μ s。中断响应误差难以消除,因此系统采用查询方法,即在测量时关闭中断,对于信号的上升沿和下降沿不断进行查询,从而避开了中断响应带来的误差,这样数字化误差可以小于 0.005%,达到测量规程要求。

3.2 零点漂移误差

当比较器失调和温漂时,不管是上升沿还是下降沿的过零鉴相方法都将带来误差,该测量系统应用了文[1]提出了双向过零平均鉴相技术,对正向过零鉴相和负向过零鉴相的结果取平均值,即取 $\varphi = (\varphi_R + \varphi_F)/2$,使测试值更接近真实值,以减小零漂带来的误差。

3.3 模拟和数字滤波

由于电网中谐波分量的存在,以及高压试验变压器也会产生干扰谐波,加上试品电容对高频分量呈低阻抗,反而对于谐波有一定的放大作用,因此采样得到的信号波形往往产生畸变,影响到采样信号的过零点。以 3 次谐波为例,设 3 次谐波分量为基波的 1%,当其正半波位于基波负半波处时,可以求得其影响为 $\Delta \tan \delta = 0.3\%$,测量误差太大。

为了消除谐波干扰,在测量仪器的设计中采用了模拟滤波结合数字滤波的方法达到抗干扰的目的。模拟滤波电路采用巴特沃斯二阶有源低通滤波器,四级级联,结构见图 2。

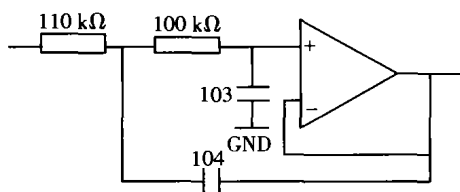


图 2 二阶巴特沃斯低通滤波器

信号经采样后,在软件中编制了数字滤波程序,采用去极值平均值滤波方法,进一步对采集数据进行抗干扰的处理。

3.4 测量系统自校准

介损角的测量来源于两个同频率信号的相位

差,传统的做法是让两个信号分别从两个电路通道通过,然后通过鉴相器鉴相。在这个过程中,即使采用相同的元器件,两个通道也不可能做得完全一样,它们引起的附加相移是不同的,而且由于电路中各种参数和噪声在不断变化,这时所引起的相移涨落也是一个不容忽视的误差来源。为了解决这个问题,该系统采用测量通道分时通过的办法。

两个通道中,一路固定让参考信号通过,称为标准通道,另一称为测量通道。测量通道的入口装配一个高速的电子开关,分时接入参考信号和测量信号。在参考信号接入时,采集器采集的是同一信号(参考信号)在通过了标准通道和测量通道后的相差,这个相差与信号无关,而只是两个电路通道本身的相移,采集器采样后,将这个相差记忆下来。当测量信号接入时,采集器可以采集到一个相差,这个相差包含测量相差和两个电路通道的相差。两次采样后,通过软件处理,可以把电路引起的误差消除,从而形成一个自校准过程。

4 温度控制

绝缘油温度采样采用电流型温度传感器 AD590,其线性度好,适用范围为 $-55 \sim 150$ $^{\circ}\text{C}$,满足各类绝缘油温度控制要求。将电流温度信号通过电流/电压转换为 $0 \sim 5$ V 电压信号,再通过 A/D 转换成数字量,输入给单片机。单片机根据实测温度与设定温度进行 PID 运算计算出控制字,控制字通过固态继电器驱动电加热带对电极杯进行加热,来达到控制温度的目的。

5 结语

使用该仪器可对各类绝缘油的 $\tan \delta$ 值进行快速、方便、准确的测量,测试数据准确、稳定、重复性好。

参考文献:

- [1] 吕延峰,钟连宏,王建华. 绝缘介质损耗角的数字化测量研究[J]. 高电压技术, 2000, 26(5): 38.

作者简介:胡雁(1979-),男,在读硕士,研究方向为高压电气设备的绝缘监测。

(上接第 292 页)

过规程规定的值。所以在制造设计时要对稳定绕组的额定电压选择和变压器内部结构布置进行验算,保证稳定绕组对低压绕组的影响在可以接受的范围之内。从目前的运行经验看,稳定绕组额定电压选 11 kV 比较合适。对已经投运的该类变压器,要严格限制系统的运行方式,保证变压器中性点的位移电压不超过规程规定的值,进而保证系统内设备的安全运行。待条件允许,对变压器稳定绕组进行改造,

降低其额定电压,从而彻底解决该类问题。

参考文献:

- [1] 要焕年,曹梅月. 电力系统谐振接地[M]. 北京:中国电力出版社, 2000.

作者简介:贾俊(1975-),男,工程师,从事电力系统高压电压管理工作。