

文章编号:1001-1609(2006)05-0393-02

## 大型变压器局部放电测量及其需要注意的几个问题

张柯<sup>1</sup>, 余晓鹏<sup>1</sup>, 王玉学<sup>2</sup>

(1. 河南电力试验研究院, 河南 郑州 451000; 2. 许昌市电业局, 河南 许昌 461000)

## Measurement and Several Problems in Partial Discharge Test of Large Transformers

ZHANG Ke<sup>1</sup>, YU Xiao-peng<sup>1</sup>, WANG Yu-xue<sup>2</sup>

(1. Henan Electric Power Research Institute, Zhengzhou 451000, China;

2. Xuchang Electric Power Bureau, Xuchang 461000, China)

**摘要:** 介绍了变频电源的工作原理、试验接线, 对现场试验中应该注意的一些突出问题进行了分析, 并根据现场经验提出具体解决方法。利用这种加压方式顺利完成了国内第1台三相一体、电压等级500 kV、容量720 MV·A大型电力变压器局部放电现场测量。这是采用该方式对高电压、大容量变压器局部放电现场测量的一次有益的尝试。

**关键词:** 变压器; 局部放电; 补偿; 干扰

**中图分类号:** TM835

**文献标识码:** B

**Abstract:** In this paper, the operation principle and the test connecting of frequency conversion power supply are introduced in detail. Some notable problems in field test are analyzed, and the concrete solutions are also put forward according to field practicing. Based on this method, the partial discharge test for the first domestic transformer, three phase in one tank, 500 kV 720 MV·A, is accomplished successfully. This is also a beneficial attempt about partial discharge field measurement of high voltage, huge capacity transformer.

**Key words:** transformer; partial discharge; compensation; disturbance

## 0 引言

电力变压器局部放电量是反映其绝缘状况的重要指标, 很多故障都可从放电量和放电模式的变化中反映出来。因此, 为了考核电力变压器的安装质量和绝缘水平, GB 50150-1991《电气装置安装工程电气设备交接试验标准》中规定, 220 kV及以上电压等级的变压器宜进行局部放电试验<sup>[1]</sup>。

## 1 试验电压和试验程序

我国电力系统应用的110 kV及以上大型电力变压器绕组一般采用分级绝缘方式。据统计在发生绝缘事故的变压器中涉及匝间绝缘的占43%; 涉及

主绝缘的占23%<sup>[2]</sup>。因此, 为有效考核变压器主绝缘和匝间绝缘, GB 1094-2003《电力变压器》中规定了高压绕组为分级绝缘的变压器在感应耐压下的局部放电测量。

局部放电试验是对电压很敏感的试验, 只有当内部缺陷上的场强达到起始放电场强时, 才能观察到脉冲放电量, 试验标准对加压幅值、持续时间和试验接线都做了严格的规定。标准试验电压及其加压程序见图1。

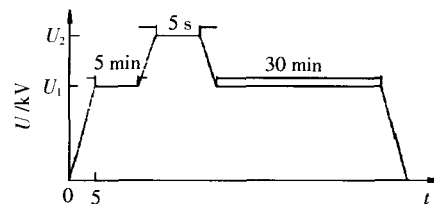


图1 局部放电试验电压及其加压程序

## 2 试验电源的选择

由于铁心磁通密度饱和, 激磁电流及铁磁损耗都会急剧增加, 采用工频试验电源不可能使绕组感应出很高的试验电压。为保证能提供所需的试验电压, 提高电源频率是唯一可行的方法<sup>[3-4]</sup>。试验电源的频率选择是依据现场变压器的具体条件而定的, 通过选择合适的电源频率, 可以保证被试变压器在试验电压条件下铁心不饱和, 同时还有利于减少补偿电感的容量。

现场应用较为广泛的试验电源是频率为125 Hz的中频发电车。这种方式由于采用了专门设计的同步感应发电机, 输出波形好, 过载能力强; 同时由于电网电源仅作用于电动机拖动及励磁直流系统电源, 实现了试验电源和50 Hz电源隔离, 基本消除了电源干扰<sup>[5]</sup>。

收稿日期:2005-12-22; 修回日期:2006-02-20

作者简介:张柯(1975-),男,工程师,硕士研究生,从事高电压技术方面的研究工作。

近年来,随着电力电子技术和变频技术的成熟,一种新型的电源技术正逐步应用于大型变压器的局部放电试验中,即采用变频电源方式进行大型变压器的局部放电试验。该类型电源采用了一级连续、频率幅值可调、标准正弦信号经过三级放大的方式输出单相正弦信号。由于频率可以在0~300 Hz范围内连续可调,在大多数情况下可以较好地补偿试验电流中的容性成分,因而对电源的容量要求较小。

对于大型变压器来讲,其容量和结构各不相同,入口电容差异较大,当变频电源频率不能有效补偿容性电流分量时,还可以在低压侧并联电抗器进行补偿,一般情况下都可以满足现场试验要求。该方法特别适合现场对电源容量的要求。

另外,由于采用了电力电子变频技术,因此该类型电源的重量和体积大大减少,这样也便于长距离运输和现场试验。该电源的接线方式见图2。

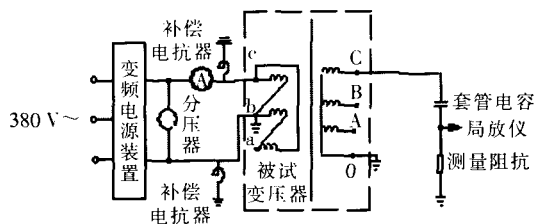


图2 变频电源单相加压试验接线

### 3 容性分量补偿

由于采用变频加压技术,当其激磁电抗不能补偿绕组杂散电容时,试品将转为容性负载。这时进行现场局部放电试验时,需要注意两个方面的问题:①如何有效补偿回路中的容性分量;②现场试验时,要充分考虑到回路存在容升现象,不应忽视对于高压端电压的容升问题。

对于回路中容性分量的补偿,常用的方式是在低压端加装并联电抗器,用以补偿回路中的容性无功分量,接线方式见图2。同时调节电源频率,尽量使回路呈现弱容性负载,这时输入电流表的监测电流最小。这种方式不仅对降低试验电源的容量十分有利,而且对避免容性过电压也是非常有效的。补偿通常采用固定电抗的方式进行。

另外,为避免局部放电试验时出现的容升过电压对变压器绝缘造成不必要的损害,在现场试验时对高压端电压可采取下面两种方法进行控制:①将试验电压降低2%~10%,依据变压器变比将高压侧试验电压折算至低压侧,在低压侧加压;②在高压侧加装标准分压器,在60%试验电压下测量低压侧电压,试验时拆除高压分压器,按照60%低压电压线性推算100%试验电压。这两种方法现场应用十分方便,从现场应用的情况来看,测试误差对试验效果影响不大。为精确测量,还可以采取高压侧并联无晕标

准分压器,或者是在套管末屏串联标准分压电容方式,但现场试验比较困难。

### 4 现场抗干扰措施

局部放电量的测量是一项灵敏度很高的试验,利用变频电源方式进行试验时,现场干扰情况也是比较复杂的。从多次的现场试验来看,虽然现象多种多样,但干扰都具有一定的规律性,通过采取有针对性的抗干扰措施,仍可获得良好的现场试验效果。现场干扰主要分为以下4种:

(1)悬浮电位的影响。局部放电时,变压器高、中、低侧电源引线均解开,试验过程中如果引线处于悬浮电位,就可能引起带电端对悬浮电位放电。现场试验过程中,应把试品周围的相关引线及停电设备可靠接地,尤其是引线应拉开,距离高压端的距离是套管距离的一倍以上。

(2)地电位的影响。被试品的地电位应是整个测量系统的地电位,试验电源、测试仪器都要用接地线直接接到该接地点,不允许有接地环路;现场试验过程中,避免出现焊机、电锯等大电流设备,防止外界干扰信号通过地电位串入测量回路。

(3)试品高压带电端电晕影响。在进行加压时,试验电压高于正常运行电压,高、中压套管端子加装均压环,均压环在安装时注意均压环和套管高压端接线柱联结应紧密,高压端接线柱不能超过均压环屏蔽范围。

(4)试验电源干扰的影响。由于用了变频电源加压方式,变频柜内的可控硅整流元件及放大元件在一些工作区域范围内可能会出现较大的脉冲。这些脉冲可以通过调频或小幅度升降压的方式自行消失,同时在波形的识别上,还可以发现其频率相对固定,很少随局放信号同时、同频率往复出现,通过观察也可以人为排除。

### 5 现场试验

目前,河南省内220 kV及以上的大型变压器均采用变频试验电源进行局部放电试验电源,现场试验方便,可靠性较高,试验效果良好。尤其是利用该类型电源顺利完成了国内第1台华能沁北电厂500 kV三相一体、容量720 MW 1号、2号主变压器局部放电试验,这在国内还是第1次。表1列出了1号主变

表1 沁北1号主变压器局部放电试验结果

施加电压倍数	相别	变频柜输出			局放量/pC
		频率/Hz	电流/A	电压/V	
1.5	A	186	576	300	<100
	B	192	706	297	<100
	C	192	818	327	<100

(下转第396页)

空气间隙承受的场强变高,从而空气间隙在工作电压下发生了放电。

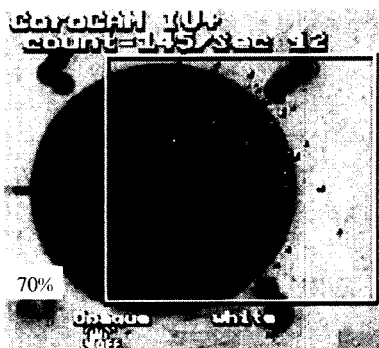


图2 静触头座的放电

### 3 处理措施

套管表面放电起始电压的简化计算公式<sup>[3]</sup>为:  
 $U_0 = E_0 / \sqrt{\omega C_0 \rho_s}$ 。其中: $C_0$ 为介质表面比电容; $\rho_s$ 为介质的表面电阻率。

静触头座和穿柜套管的尺寸已经固定,无法改变比电容,因此采用了一种改变表面电阻的方法。在绝缘材料和铁板连接处的空气间隙内填充半导体堵泥,这种半导体材料降低了介质表面电阻,改变了连接处电场的分布,提高了放电起始电压。通过试验发现,如果将从发生放电现象的开关柜上换下的静触头座以及铁板连接处的空气间隙全部用半导体堵泥封堵以后,在相对地15 kV的电压下,紫外成像仪则观测不到放电,局放仪也测量不到局部放电。

试验中发现,放电的起始部位是静触头座和铁板连接处小的空气间隙,这也验证了前面的推断。如果用堵泥填充得不好,堵泥未堵到的地方仍可能会发生放电。图3为在10 kV下,用紫外成像仪拍摄到的放电图片,局放量约为50 pC。由该图可见,虽然用堵泥封堵以后,大大提高了放电的起始电压,但

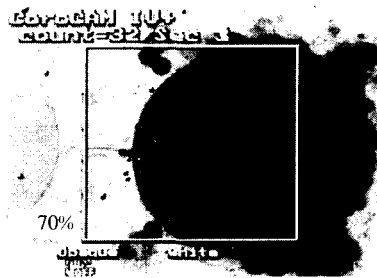


图3 部分填充堵泥的静触头座的放电

其性能仍不如完全封堵好的情况。

迄今已经采用该方法对发现有放电的开关柜进行了处理,改进后部分产品已经安全运行一年以上。如果在设计当初就能考虑到绝缘材料和铁板连接处电场比较集中的问题,采取一些有效的措施,如绝缘材料选用介电常数较小的材料等,就可以有效地减小事故的概率。

### 4 结论

12 kV开关柜内有机绝缘材料运行一段时间后,会发生劣化,改变了绝缘材料和铁板连接处的电场分布,使得连接处的空气间隙在工作电压下发生了放电。采用半导体堵泥对连接处的空气间隙进行封堵,能够有效地提高放电电压,保证设备继续安全运行。

### 参考文献:

- [1] 朱根良. 浅议中压开关柜事故调查中的故障分析 [J]. 高压电器, 2002, 38(5): 62-63.
- [2] 崔成恕, 高华. 金属封闭开关设备的发展浅析 [J]. 高压电器, 2003, 39(2): 18-22.
- [3] 朱德恒, 严璋. 高电压绝缘技术 [M]. 北京: 中国电力出版社, 2003.
- [4] 戴利波. 紫外成像技术在高压设备带电检测中的应用 [J]. 电力系统自动化, 2003, 27(20): 97-98.

(上接第394页)

压器试验结果。

### 6 结语

变压器现场局部放电测试是一项敏感性的大型试验,现场试验中遇到的现象多种多样、十分复杂,但只要对局部放电的各个环节充分了解,掌握其规律性,并采取有效的措施加以抑制,就可以有效提高大型变压器局部放电量评估的性能。

### 参考文献:

- [1] GB 50150-1991. 电气装置安装工程电气设备交接试验标准[S].
- [2] 朱德恒, 严璋. 高电压绝缘 [M]. 北京: 水利电力出版社, 1986.
- [3] 谢毓城. 电力变压器手册 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2003.
- [4] 陈化钢. 电力设备预防性试验技术问答 [M]. 北京: 中国水利水电出版社, 1998.
- [5] 马卫平, 杨海军. 500 kV大型电力变压器现场局部放电试验[J]. 高电压技术, 1995, 21(1): 53-55.