

变压器试验及典型故障分析

周世宏

(泰州兴化市供电公司, 江苏 兴化 225700)

摘 要: 本文从变压器的绝缘现状角度, 到变压器试验的要求、方法和目的出发, 指出变压器绝缘缺陷主要是铁芯发热、直流电阻超标、变压器绕组变形。根据变压器试验数据的分析找出缺陷的大致部位, 利用现有的技术能力, 从而减少检修的时间和劳动强度, 对缩短停电时间和电网的稳定, 起到积极意义。

关键词: 变压器试验; 铁芯发热; 直阻误差超标; 变压器绕组变形; 原因分析

0 引言

电力系统的发展与进步, 使更高电压、更大容量以及新材料、新结构的高压电气设备不断出现, 电气试验极其研究工作就越来越重要。

本文论述变压器的一些常规试验, 并在此基础上结合实际试验工作中的经验以及具体工作中的典型事例, 着重介绍试验技能和典型故障分析判断。

1 变压器的绝缘现状

变压器是电力系统中的重要设备, 而且用量很大, 升压、降压及配电等都要用到变压器, 每千瓦的发电设备往往需要有 5~8kVA 的变压器与之配套使用。

目前, 除了采用少量干式变压器外, 广泛采用的是油浸电力变压器。其中绝缘油起着散热和绝缘的双重作用。每台油浸电力变压器都要用大量的油、纸等绝缘材料。相对于变压器中用的硅钢片、铜或铝线而言, 油、纸绝缘材料的耐热性和寿命为最低。电力变压器发生绝缘事故要占 4/5 以上, 可见变压器绝缘的正确设计、制造、维护与试验是保证电力系统安全运行的重要环节。规程规定了各种电力设备交接、预防性试验的项目、周期和要求, 用以判断设备是否符合运行条件, 预防设备损坏, 保证安全运行。变压器试验能够有效的观察变压器在交接前和运行过程中变压器本身的绝缘状况。从而能够及早及时的发现变压器的隐患, 避免不必要的停电和设备的损坏。

2 变压器的一些试验方法

下面简要介绍一下变压器的一些常规试验:

(1) 变压器绕组直流电阻的测量试验;

(2) 绕组绝缘电阻、吸收比或(和)极化指数及铁芯的绝缘电阻试验;

(3) 绕组的 $\tan\delta$ 及其电容量试验;

(4) 交流耐压试验;

(5) 绕组泄漏电流试验;

(6) 空载电流、空载损耗试验;

(7) 绕组所有分接的电压比试验;

(8) 校核三相变压器的组别和单相变压器的极性试验;

(9) 局部放电测量试验;

(10) 变压器绕组变形测试试验;

(11) 分接开关试验。

3 变压器典型故障分析

在实际正常运行中, 变压器出现故障的部位主要有三个方面: 一是铁芯发热, 二是直流电阻超过标准, 三是绕组变形, 下面用实际事例来分析。

3.1 铁芯发热

我公司有一台 220kV 变压器系沈阳变压器厂产品, 容量 120MVA, 1993 年 10 月投入运行。该主变自投运后, 油色谱分析数据一直正常。1998 年 8 月发现主变总烃有上升趋势。以后又趋于稳定。随后对该主变铁芯接地电流进行了测量, 结果电流为零。1999 年 9 月 1 日主变油中总烃含量超过注意值(标准为: 总烃 150ppm, 乙炔 5ppm, 氢 150ppm)。1999 年 11 月 17 日在做预防性试验时各项试验数据都在合格范围内, 也没有明显增加。

预试后, 我们加强了对变压器有的跟踪检测, 油色谱跟踪检测的数据如表 1。

从调查表中表明:

(1) 主变油中溶解气体含量已超过注意值标准, 总烃最高达到 261ppm, 其中以甲烷和乙烯为

主要成份, 根据《变压器油中气体分析与诊断》一书分析, 是属于 700℃ 高温范围局部过热性故障。

(2) 乙炔为零, 表明变压器内部不存在电弧放电性故障。

表 1 变压器油色谱跟踪检测数据

采样日期	1999. 09.01	1999. 12.07	2000. 01.17	2000. 03.30	2000. 04.29	2000. 05.23
氢	37	16	22	22	45	36
甲烷	71.3	65.2	84.6	79.8	86.2	95.7
乙烷	14.6	5.4	22.7	23.7	26.1	27.6
乙烯	85.2	83.3	121.3	122.6	130	138
乙炔	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
总烃	171.2	163.8	228.7	226.2	242.0	261.0
一氧化碳	446	361	493	501	492	536
二氧化碳	2572	1952	2690	2829	3077	3326

(3) 预防性试验试验各项试验数据合格, 铁芯接地电流为零, 表明变压器铁芯无两点以上接地。

原因分析可能有如下几点:

- a. 铁芯油道间有局部短路或堵塞;
- b. 铁芯夹件等紧固件螺栓松动;
- c. 铁芯多点接地;
- d. 分接开关接头接触不良;
- e. 掌握试验不熟练;
- f. 人为试验方法不规范;
- g. 变压器长期过载;
- h. 冷却器散热不良;
- i. 铁芯或夹件绝缘受潮。

综合以上几个方面看, 我们认为第二点铁芯夹件螺栓松动的可能性比较大, 但也不排除其他原因的可能性。2000 年 10 月 29 日经过充分准备, 会同厂家对变压器进行吊罩检查, 发现铁芯上轭部位有一夹件螺栓变黑, 此螺栓已经松动, 检查两侧间绝缘电阻为 2MΩ, 估计发热点就在此处。随后对此处进行处理, 并更换了螺栓。

投入运行后, 我们对变压器进行跟踪监测, 监测结果见表 2。

表 2 变压器油色谱跟踪检测数据

采样日期	2000.11.01	2000.11.11	2000.11.21	2000.11.24
氢	17.2	2.5	5.8	6.2
甲烷	2.0	3.8	5.9	5.1
乙烷	0.5	0.9	1.2	1.2
乙烯	2.2	3.6	5.8	6.1
乙炔	0.0	0.0	0.0	0.0
总烃	4.7	8.3	13.0	12.4
一氧化碳	30	36	46	37
二氧化碳	115	185	352	347

以上表明变压器油中总烃的含量由 261ppm 下降到 13ppm, 其他气体含量均在标准值以内, 符合规程要求。

3.2 直流电阻超标

直流电阻的测量是《规程》规定的一项重要的重要的电气测量项目。《规程》规定: 1.6MVA 以上变压器, 各相绕组电阻相互间差别不应大于三相平均值的 2%, 无中性点引出的绕组, 线间差别不应大于三相平均值的 1%。在现场测量中, 常常会出现直流电阻的误差值超过标准。分析超标的原因, 不外乎以下几个方面:

- A) 分接开关接触不良;
- B) 变压器套管的导电杆与引线接触不良, 螺丝松动;
- C) 焊接不良;
- D) 三角形接线一相断线;
- E) 变压器匝、层、段间短路或断线。

正常运行的变压器, 尤以前两种情况居多, 下面根据这些年工作遇到的实际情况, 针对分接开关接触不良的情况作进一步分析。

1992 年夏天我公司变一台 35kV 主变正常试验中, 发现许多档的直流电阻值误差都超标, 且不同档位阻值变化无规律, 忽高忽低, 有时回过头来再做阻值又不一样。测量数据见表 3。

表 3 变压器直流电阻检测数据 Ω

档位	AO	BO	CO
I	0. 3024	0. 3217	0. 3523
II	0. 4112	0. 2918	0. 4214
III	0. 4003	0. 4103	0. 2938
IV	0. 3241	0. 3129	0. 3253
V	0. 3856	0. 2835	0. 3012
VI	0. 2901	0. 4096	0. 2868
VII	0. 3122	0. 3612	0. 3865

因当时正值夏天, 气温高且主变正常运行, 我们判断是分接开关接触不良, 只有当里面的弹簧压力不够, 才有可能造成接触电阻忽好忽坏的现象, 基于上述原因我们吊罩检查, 结果发现有许多动触头的弹簧松动, 许多地方都已被电弧灼伤, 进一步观察发现压接弹簧的螺丝许多都已经松动, 后经过处理, 再次测量, 三相绕组各档直流电阻相对误差都在合格范围内, 投运后正常。复测后数据见表 4。

表4 变压器直流电阻检测数据

档位	AO	BO	CO
I	0.3086	0.3104	0.3113
II	0.3015	0.3033	0.3042
III	0.2947	0.2961	0.2969
IV	0.2878	0.2895	0.2902
V	0.2809	0.2824	0.2831
VI	0.2737	0.2750	0.2759
VII	0.2668	0.2682	0.2691

同样有一台互为备用的主变,当时测量时间是12月份,天气比较冷,这台主变停运已一、二星期,其他常规试验都合格,唯有直流电阻测量时,同样测出的数值也是这样无规律。是不是分接开关压力减小而引起的呢?当时分析不一定,也可能是天气冷,由于主变停运一段时间,触头表面凝结成厚厚的一层油薄膜,为了证实这一观点,我们将分接开关来回调档20多个来回,再次测量,发现虽然还有许多档直流电阻值误差超标,但每相的档位阻值变化已逐渐有规律起来。这给了我们很大的信心。再经过不停地调档,让动、静触头进行切、插,来消除彼此的油膜,直到合格。从这二例变压器直流电阻测量中,我们得到了经验,即在相同的现象(阻值的无规律),不同环境及运行状况下判断出产生直流电阻值误差的不同原因。

3.3 绕组变形

我公司在某变电所因10kV侧遭受短路冲击后对1#、2#主变用三相低电压法的测量结果见表5。

表5 变压器低电压阻抗电压检测数据

试验项目及数据	出厂数据		交接时数据		短路后测量数据	
	1#主变	2#主变	1#主变	2#主变	1#主变	2#主变
试验数据						
电流/A	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
电压/V	187	187.5	187.5	188	188.2	194.5
有功/W	8.3	8.3	8.32	8.34	8.33	8.34
阻抗						
短路电压/%	18.8	18.86	18.86	18.9	18.93	19.57
阻抗相对差/%					0.638	3.75

两台主变的短路损耗,试验值与出厂值差别不

大;但阻抗电压,1#主变试验值比出厂值仅大0.638%,变化较小,而2#主变试验值比出厂值大了3.75%,变化较大。由于1#、2#主变都是某变压器厂生产的同型号产品,通过对这两台主变阻抗电压变化的平行比较,可以判定2#主变绕组发生了严重变形,变压器返厂后,吊罩检查发现10kV线圈变形严重。

总之,变压器绕组变形已经成为变压器发生损坏事故的重要原因之一。绕组发生变形虽然只是个别情况,但是,它对变压器所造成的危害极大。对变压器绕组进行变形测试,就能够有效地发现种种变形原因,从而采取相应的对策和措施,为变压器安全运行提供可靠保障。

4 结论

变压器试验是一项重要的试验,试验结果可以判断此设备是否存在绝缘缺陷或能否继续投入运行,通过掌握设备性能变化的规律,加强试验基本功的训练,加强技术管理,健全资料档案,不断提高试验工作水平,才能准确判断设备的好坏,才能保证设备的正常运行。

参考文献:

- [1] 郭喜庆. 高压设备绝缘与故障分析[M].北京:水利电力出版社,1993..
- [2] 江苏省电力工业局,江苏省电力试验研究所. 电气试验技能培训教材[M]. 北京:中国电力出版社,1998.
- [3] 张古银. 电气绝缘试验方法集锦[M].合肥:安徽省电力试验研究所编印,1988.
- [4] 湖南省电力中心试验研究所. 高压电气设备预防性试验方法导则[Z].

作者简介:

周世宏(1970-),男,浙江宁波人,工程师,长期从事高压专业工作。