

油浸式电流互感器的不同缺陷原因对比分析

陈安明 杨 洋 许 强 黄文龙 郭 锐 张智勇

(四川省电力公司超(特)高压运检公司成都中心,四川 成都 610000)

摘要:介绍了3起油浸式电流互感器的缺陷实例以及造成这3起缺陷的原因,并基于这3起实例,对造成油浸式电流互感器缺陷的不同原因进行了详细的对比、讨论和分析,以梳理清楚对油浸式电流互感器不同缺陷类型的分析思路,指导对油浸式电流互感器的技术监督工作。

关键词:油浸式电流互感器;缺陷;受潮;介损;油色谱

Abstract: Three defect examples of oil-immersed current transformer are introduced. Based on the examples, the different reasons of the defects in three examples are compared, discussed and analyzed in detail, which can give a clear idea for analyzing different defects of oil-immersed current transformer and its technical supervision.

Key words: oil-immersed current transformer; defect; moistened; dielectric loss; oil chromatograph

中图分类号: TM452 文献标志码: A 文章编号: 1003-6954(2013)03-0083-03

0 引言

电流互感器是电力系统继电保护、自动控制和指示等方面不可缺少的设备,它利用一定的变比关系将大电流变换为小电流,并配备上适当的电流表计,起到测量高电压交流电路内大电流的作用^[1-6]。

电流互感器的绝缘介质分为浇注绝缘、气体绝缘和油绝缘3种。其中采用油绝缘方式的电流互感器被称为油浸式电流互感器,其内部是油和纸的复合绝缘,多为户外装置。

油浸式电流互感器分为以下2种。

1) 电磁式电流互感器。一次绕组一般采用“8”字型绝缘结构,套在有二次绕组的环形铁心上,一次绕组和铁心都包有较厚的电缆纸。

2) 电容式电流互感器。一次绕组一般采用10层以上同心圆形电容屏围成“U”字形,主绝缘全部包在一次绕组上。为了提高主绝缘的强度,在绝缘中放置一定数量的同心圆筒形电容屏,各相邻电屏间绝缘厚度彼此相等,且电容屏端部按照长度从里往外成台阶排列的原则制成,最外层电容屏接地,各电容屏间形成一个串联的电容器组。各相邻电容屏间在制造时电容相等,保证其电压分布近于均匀。由于电容屏端部电场不均匀,在高电压作用下,端部会产生局部放电,为了改善端部电场,通常在两层电

容屏间增放一些短屏或者放置均压环。

目前,35 kV及以上电流互感器多采用油浸式电流互感器。近年来,高压油浸式电流互感器内在绝缘缺陷引发的事故时有发生,引起开关跳闸、爆炸起火等事故。电流互感器虽小,但若发生事故,必将严重威胁电网的安全运行,造成的损失和影响却很大。从3起油浸式电流互感器的缺陷实例入手,就电流互感器各种缺陷原因进行了综合对比分析。

1 油浸式电流互感器缺陷实例

1.1 实例1

2010年9月,四川省电力公司超(特)高压运检公司在对某变电站的某35 kV油浸式电流互感器进行年检预试时,发现B相介损严重超标。此故障相预试结果如表1。

表1 某35 kV电流互感器故障相测试结果

一次绝缘电阻	介损	电容量
3 000 MΩ	36.89%	181.6 pF
测试仪器	2 500 V/10 000 MΩ 手动摇表 泛华 AI-6000F 自动介损测试仪	

进一步取油样时还发现,开始放油的一瓶油样底部有3 cm深的水分,可以判断故障相电流互感器绝缘严重受潮。

表2 某220 kV 电流互感器某相色谱测试结果^[7]

油中溶解气体组分及含量 $\mu\text{L/L}$							
CH_4	C_2H_4	C_2H_6	C_2H_2	H_2	CO	CO_2	总烃
1 498	0.91	114.5	1.32	45 586	155.6	637.7	1 614.8

1.2 实例2

2010年8月,某变电站某220 kV 电流互感器某相油色谱试验数据出现异常^[7],如表2。此电流互感器介损试验数据如表3,介损及电容量测试值与交接值相比未见异常。

表3 某220 kV 电流互感器故障相介损测试结果^[7]

测量时间	介损 /%	电容量 /pF
2005年交接	0.003 1	792.8
2010年8月	0.004 9	794.2

解体检查发现^[7]:部分电容屏中有X蜡出现,部分绝缘纸有明显褶皱、破损。

1.3 实例3

2010年12月,四川省电力公司对所辖的某变电站进行首检时,发现两只220 kV 电流互感器乙炔含量超标^[8]。两只故障相TA的色谱测试结果及高压试验数据参见文献[8]。

此两台故障TA,首检时乙炔含量超过 $1 \mu\text{L/L}$ 甚至超过 $5 \mu\text{L/L}$ 时,但同时甲烷含量却只有几个 $\mu\text{L/L}$,氢气含量只有几十个 $\mu\text{L/L}$,乙烷分量只有零点几个 $\mu\text{L/L}$ 。这个结果与一般的故障发展规律相违背^[8]。而此两只故障TA的高压试验数据(包括介损及电容测得值)均未见异常。

为查找故障原因,对两只220 kV 故障TA进行了解体。解体发现^[8]:两只故障TA的一次绕组端子连接可靠牢固,未屏与地可靠连接;在未屏的铜扁丝带上明显的放电或发热引起的发黑点,紧挨屏的内外绝缘纸未出现放电或发热的痕迹,其它主屏及端屏均无异常;铜扁丝带的缠绕不均匀,匝与匝之间结合不紧密;铜扁丝带的经线采用铜丝和尼龙丝编制,而纬线全部采用的是尼龙丝。

2 3起实例的缺陷原因分析

1) 对于实例1的缺陷,从解体吊心的结果可知,密封垫老化导致密封不良,这样外部水分通过老化的密封垫侵入,使得内部绝缘严重受潮,从而导致介损测试结果的严重超标。

2) 对于实例2的缺陷^[7],由于生产过程中工艺不良,造成绝缘包绕松紧不均、绝缘纸有皱褶破损等缺陷,使得电流互感器在正常运行电压下有一定的局部放电和过热,逐渐造成从绝缘薄弱点开始的绝缘劣化。

3) 对于实例3的缺陷^[8],纬线全部采用尼龙丝,造成未屏匝与匝之间没有可靠的金属连接^[8],没有形成一个整体的等电位体^[8],从而导致了电场畸变和局部放电,使依附在铜扁丝带上的油膜分解,产生乙炔气体。

3 不同缺陷原因的对比与讨论

1) 对密封不良导致受潮的缺陷,由于受潮会产生贯穿性放电通道,这会使得电流互感器的介损测试结果大大增大,因此可以通过状态检修例行试验中的介损测试有效地发现此类缺陷。

2) 对于绝缘制造工艺不良缺陷,在缺陷的初、中期甚至晚期,由于缺陷尚未发展成贯穿性放电通道,故而通过状态检修例行试验中的介损及电容量测试一般不能有效地发现此类缺陷。一般而言,此种内部故障的初、中期,油中氢气、烃类气体组分首先是氢气快速增长,而在故障的晚期,油中气体组分乙烯增长,并出现少量的乙炔^[1-8]。在故障发展的初期,各种诱发条件导致绝缘层间微弱的局部放电,特征气体为氢气和甲烷,被层间油完全溶解;在故障发展的中期,绝缘层间局部放电导致氢气产出量超出相对封闭区域油的溶解能力,气泡放电出现,随着超出油的溶解能力的游离气体的增加,局部放电区域温度升高,油被裂解聚合成X-蜡,局部放电次要气体组分乙烷出现;在故障发展晚期,故障区域附近出现持续的大范围气泡放电,绝缘油裂变成烃类气体,组分中出现乙烯和乙炔,故障区域压力持续增大,放电产生的特征气体在压力的作用下快速向外扩散,本体油中局部放电特征气体每10天增长一倍左右^[1-8]。对于此类缺陷,可以通过油色谱试验进行发现和跟踪。在此类缺陷初期,虽然并没有乙炔生成,但是氢气或甲烷含量会有较大的增加。所以,即使没有乙炔生成,但是氢气和甲烷含量增加较多,也应引起重视,可能是电流互感器处于此类缺陷的初期,需要加强对互感器的跟踪。如果在跟踪中发现,在氢气和甲烷含量增加很多后,又出现一定的乙烷含量,则说明互感器已处于缺陷的中期;如果又出现乙炔分量,则说明互感器已处于缺陷的晚期。

3) 对于实例3的未屏铜编织带的设计缺陷使

得未屏没有形成整体的等电位体的故障,同样不能通过状态检修例行试验中的介损测试结果有效地发现和诊断此类缺陷,同时由于这不是固体绝缘制造工艺不良或绝缘干燥、脱气处理不彻底带来的缺陷,故而在油色谱跟踪试验中,不会出现氢气和甲烷含量的较大增长,在氢气和总烃含量没有超标的情况下,就出现很大的乙炔含量。如果在色谱测试结果中氢气和甲烷含量较小的情况下,就直接出现乙炔含量,这说明电流互感器很有可能出现了此类故障。

4 结 语

电流互感器若发生事故,必将严重威胁电网的安全运行,造成的损失和影响却很大,故而技术监督人员必须基于各种电流互感器的缺陷类型的原因分析和诊断方法,对电流互感器的缺陷开展卓有成效的监督和跟踪工作,以保证缺陷的在控、可控和电网的安全。从3起油浸式电流互感器绝缘缺陷实例入手,就电流互感器的各种缺陷原因进行了综合对比分析,以梳理清楚对油浸式电流互感器缺陷的分析

(上接第59页)

励磁电压端子查看是否松动或相邻搭接等、碳刷附近包括碳刷接地是否可靠。根据三峡电站30号机的现场情况分析,推测故障点没有发生在厂家所建议查找的几个方面。

测试结果			
1. 绝缘电阻			
/	交流法测量前/MΩ	交流法测量后/MΩ	
绝缘电阻	0	0.031	
试验标准	采用1000V兆欧表测量,转子绝缘电阻值在室温时一般不小于0.5MΩ		
试验仪器	FLUKE1520 绝缘摇表		
2. 转子一点接地交流法查找试验			
测量位置	U(转子正负极间)	U1(下滑环对地)	U2(上滑环对地)
电压值/V	168	16.04	152.7
3. 结论与分析			
测量过程中,将滑环室碳刷全部拔出。经过计算,初步判断接地故障点在8~9号磁极。			

图6 测试结果

(2) 三峡电站保护分部和发电分部采用两种方法检查定位的结果较一致,重点检查了7~12号磁

思路,从而更好地开展对电流互感器缺陷的技术监督工作。

参考文献

[1] 陈化钢. 电力设备预防性试验方法及诊断技术[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2009.

[2] 陈化钢. 电力设备异常运行及事故处理[M]. 北京: 中国水利电力出版社, 1999.

[3] 国家电网人力资源部. 电气试验[M]. 北京: 中国电力出版社, 2010.

[4] 杨香泽. 变电检修[M]. 北京: 中国电力出版社, 2006.

[5] 上海超高压输变电公司. 变电设备检修[M]. 北京: 中国电力出版社, 2008.

[6] 李建明, 朱康. 高压电器设备试验方法[M]. 北京: 中国电力出版社, 2001.

[7] 张利燕, 郭猛, 陈志勇, 等. 电流互感器故障诊断与分析[J]. 变压器, 2011, 48(11): 57-59.

[8] 杨洋, 黄文龙, 郭锐, 等. 一起罕见的电容式电流互感器缺陷的发现及分析[J]. 电力电容器与无功补偿, 2012, 33(01): 84-87.

(收稿日期: 2013-02-20)

极。测得转子对地电阻确实为0,位置在第8~9号磁极。试验过后紧急展开检修,对转子进行检查,无明显接地金属物,只是发现转子磁极很脏,对相应磁极做了清扫。

(3) 从拔出8~9号磁极清扫后,到并网运行16h后停机,转子接地未再次发生动作。

5 结 语

对30号机转子一点接地保护频繁动作进行了分析,从最终的结果来看,故障点已经查明,但从故障点的实际情况似乎无法解释保护的下列行为:即只在停机过程中动作,动作后保持一段时间之后自行返回。由此看来,该现象仍然值得继续深入分析和讨论。

作者简介:

陈浩森(1987),男,技术员,从事继电保护维护管理工作;

丁威(1973),男,高级工程师,从事继电保护维护管理工作;

李光耀(1985),男,助理工程师,从事继电保护维护管理工作。

(收稿日期: 2013-02-29)