

# 电容式电压互感器二次电压偏低现象分析

刘同杰

(乐山电业局,四川乐山 614000)

**摘要:**针对电容式电压互感器(CVT)二次电压偏低情况,采用电气试验手段,对CVT解体分析,查找出故障点,通过试验数据进行准确计算,验证了该故障点查找的正确性,并针对CVT结构和制作工艺的不足,提出了应对该故障的预防措施。

**关键词:**电容式电压互感器;二次电压;绝缘故障;预防措施

**Abstract:** Aiming at the lower secondary voltage of capacitor voltage transformer (CVT), the electrical test is used to find out the fault point after disassembling the CVT. The correctness of the troubleshooting is verified by the accurate calculation of test data. According to the shortcomings of the structure and manufacturing process of CVT, the precautionary measures against such fault are put forward.

**Key words:** capacitor voltage transformer; secondary voltage; insulation fault; precautionary measure

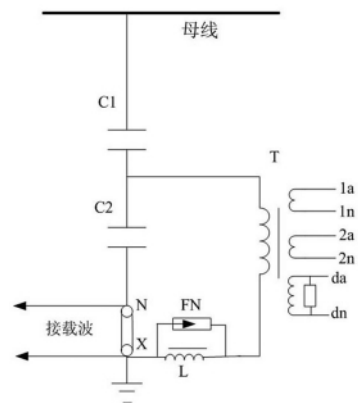
中图分类号:TM855 文献标志码:A 文章编号:1003-6954(2012)03-0067-03

电容式电压互感器(capacitor voltage transformer, 简称 CVT)是由电容分压器与电磁单元两部分构成,它具有电压互感器与电力线路载波耦合装置中的耦合电容器的双重功能,因此近年来在电力系统中得到广泛的应用<sup>[1]</sup>。

CVT一般常用于110 kV等级及以上变电站中。目前,由于受制作工艺、运输、设计等诸多因素的影响, CVT在运行中的问题也远远高于电磁式电压互感器和耦合电容器<sup>[2]</sup>。文献[3]中电容式电压互感器二次电压偏高分析,文献[4]中对 CVT二次失压故障的试验分析等,都表明 CVT二次电压出现异常现象的现象很频繁,急迫需要透彻地对其现象进行分析。因此针对此问题,以 CVT二次电压偏低现象为基础,进行试验数据分析、CVT解体及相关理论计算,在详细阐述该 CVT的结构和制作工艺不足的基础上,提出了相关的预防措施,以便减少该现象的继续发生,保证电容式电压互感器在电网中稳定、安全运行。

## 1 CVT的工作原理与结构

电容式电压互感器主要由电容分压器和中间变压器组成。由串联电容器抽取电压,再经变压器变压用作计量、继电保护,如图1所示。



C1 为高压电容; C2 为中压电容; T 为 TN 为保护避雷器; L 为补偿电抗器

图1 110 kV 电容式电压互感器原理图

出现异常现象的电容式电压互感器为西安西电电力电容器有限公司,型号为TYD110 $\sqrt{3}$ -0.02H, 2006年7月生产,2006年12月投运。其内部结构由5节电容串联组成,上4节为C1,最下面1节为C2,并用酚醛层压纸板组成的框架将其夹紧,其中每节电容又由16个电容单元串联构成,各单元间的连接采用窄铜带焊接方式。该互感器引出端子设置在环氧层压板上,端子与板间用密封胶密封。并且能满足在1.2Un及1.5Un(中性点有效接地系统)或1.9Un(中性点非有效接地系统)的铁磁谐振试验要求。

## 2 故障情况经过

2011年7月28日下午4时37分,某110 kV变电站运行人员对110 kV I段母线TV进行倒母操作,操作后继保人员发现B相TV出现二次采样电压偏低的异常现象,如表1。事故发生前,检修人员只对I段母线刀闸进行除锈工作,对其他设备没有任何操作。

表1 二次电压采样数据

$U_{1a1n}$	$U_{2a2n}$	$U_{dadn}$
55.1	55.4	95.8

### 2.1 停电后检查

故障发生后,针对此异常现象,现场对I母B相TV进行设备外观检查,其绝缘瓷瓶外表清洁、连接可靠、油位正常、N端与X端也可靠接地,并未发现闪络的迹象及其他异常。继保班工作人员对二次回路进行了详细检查,测量各节点电压,检查二次回路的绝缘状况,一切正常,由此推断是主设备自身的原因。为了查清CVT自身问题所在,高压试验班对B相CVT进行了绝缘试验、直阻和变比试验,表2、表3、表4分别为CVT介质损耗、二次直阻、变比试验的故障检查试验数据。

表2 介质损耗实测结果表

部位	$\text{tg}\delta / \%$	$C_x / \text{pF}$	$C_N / \text{pF}$	误差 / %
$C_{\text{总}}$	0.159	20 229	20 060	0.8
$C_1$	0.126	25 510	25 256	1.0
$C_2$	0.114	97 900	97 500	0.41

表3 二次直阻实测结果表

laln	2a2n	dadn
26.7	62.1	120.3

表4 变比实测结果表

端子号	输入变化	实测变化	误差 / %
1a1n	1 100.00	1 148.7	4.42
2a2n	1 100.00	1 149.1	4.46
dadn	635.10	659.5	3.84

表2表明I母B相TV绝缘试验数据合格,可排除TV进水受潮和断线的可能性。表3中可知道二次绕组直阻数据属于正常值,也可排除由于二次绕组的问题造成此异常现象。从表4中可看出故障后变比测试的误差值比较大。综合以上3类试验数据,可大体上推断出此异常状况是由CVT的一次电容屏绝缘受到局部破坏所导致。

### 2.2 CVT解体检查

为了进一步查清楚故障所在处,对I母B相TV进行解体,拧下电容分压器与电磁单元法兰处的螺丝,吊起电容分压器,经仔细检查发现,在电容分压器的C2的第8个电容单元处有黑点,并对16个电容单元逐一进行电容量测试,发现第8个电容量为零。对第8个电容单元进行拆解,如图2,发现锡箔纸受到局部放电的影响已被击穿。

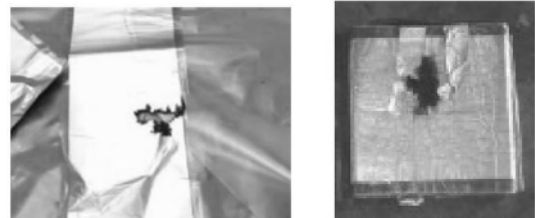


图2 锡箔纸局部破坏

### 2.3 计算分析

为了进一步确认故障由该处所引起,利用表2中的电容量相关数据进行计算,计算过程如下。

中压电容 $C_2$ 所分得的额定电压为

$$U_{C2N} = 110/\sqrt{3} \times \frac{C_{1N}}{C_{1N} + C_{2N}} = 13.06 \text{ kV} \quad (1)$$

那么 $C_2$ 对二次绕组的额定变比分别为

$$n_1 = 13\ 060/100/\sqrt{3} = 226.34 \quad (2)$$

$$n_2 = 13\ 060/100/\sqrt{3} = 226.34$$

$$n_d = 13\ 060/100 = 130.6$$

$C_2$ 未故障时,每个电容单元电容量为

$$C_{2\text{单}} = nC_2 = 16 \times 97\ 900 = 1\ 566\ 400 \text{ pF} \quad (3)$$

当第8片电容量为零, $C_2$ 总电容量为

$$C_2^1 = C_{2\text{单}}/(n-1) = 104\ 426.7 \text{ pF} \quad (4)$$

则此时中压电容上所分得的电压为

$$U_{C2}^1 = 110/\sqrt{3}C_1/(C_1 + C_2^1) = 12.48 \text{ kV} \quad (5)$$

利用式(2)中的计算结果,得二次电压为

$$U_{1a1n} = U_{C2}^1/n_1 = 12\ 480/226.34 = 55.1$$

$$U_{2a2n} = U_{C2}^1/n_2 = 12\ 480/226.34 = 55.1 \quad (6)$$

$$U_{dadn} = U_{C2}^1/n_d = 12\ 480/130.6 = 95.6$$

从式(6)计算数据中可得出I母B相TV二次电压与表1中所反应的数据相差不大,从理论上可以将此次二次电压偏低的异常现象得到论证,此故障确实是由第8节电容单元电容量为零所引起。

## 3 故障原因分析

从故障现象及试验检查情况来看,出现该故障可

能有以下几点原因。

(1) 该次出现故障的产品只能满足在  $1.2U_n$  及  $1.5U_n$  (中性点有效接地系统) 或  $1.9U_n$  (中性点非有效接地系统) 的铁磁谐振试验要求, 此次倒母操作很可能产生多次的谐波谐振电压, 易产生局部放电, 损坏分压电容绝缘。

(2) 酚醛纸板的层间易带杂质, 且纸板不易干燥彻底, 这些将导致电容芯柱高压端对地发生放电击穿现象。

(3) 铝箔端部尖端处场强集中, 易产生局部放电, 从而对膜纸复合介质的绝缘性能产生了积累效应, 缩短了使用寿命。

(4) 元件间的连接采用窄铜带焊接方式, 不能承受大电流的冲击, 电流密度大, 并且在焊接时温度较高, 有可能会烫伤元件端绝缘, 且焊渣易脱落, 位于两极板间的焊渣易导致局放量增大, 更严重者将引起电容元件的击穿。

## 4 预防措施

与此次故障类似结构的 CVT 仍有大量在网运行, 为了避免类似故障再次发生, 保障电网安全稳定运行, 可采取以下措施预防: ① CVT 产品为充油密封结构, 在使用期间应经常巡查产品的密封情况; ② 出线盒中 d1、d2 端子是阻尼器的连接端子, 使用中必须保证可靠连接, 不允许松动; ③ 当不接载波装置时, N、X 端子必须可靠短接; ④ 运行中应注意产品有无异常响声, 二次电压指示是否正常, 开口三角形电压是否升高, 如有异常应停止运行; ⑤ 利用停电预试机会, 加强对 CVT 的检查和试验; ⑥ 日常维护中重视红外热成像的应用, 通过定期进行红外监测和诊断, 及早发现设备的缺陷, 排除事故隐患; ⑦ 每次过电压操作后, 应注意观察 CVT 二次的电压有无较大的变化。

以上为针对类似结构产品提出的预防措施, 对于新建变电站使用的 CVT, 针对其内部结构及制作工艺, 提出以下几点要求, 以防止缺陷的频繁发生。

(1) 要求 CVT 在  $0 \sim 1.5U_n$  (中性点有效接地系统) 或  $0 \sim 1.9U_n$  (中性点非有效接地系统) 任一电压下都能满足铁磁谐振试验的要求, 以保证 CVT 投运时不发生铁磁谐振现象。

(2) 引出端子板采用一体式环氧浇注板 (即引出端子的导杆与环氧在真空下浇注而成), 端子与板的结合致密, 保证不吸潮, 绝缘性能好。

(3) 元件间的连接采用宽铝带压接方式, 保证能承受大电流的冲击, 电流密度小, 对极板无灼伤作用, 杜绝由于脱落的焊渣引起的电容器内部的击穿现象。

(4) 在铝箔的端部处增设补强纸, 降低局部放电量, 提高了绝缘水平, 延长使用寿命。

(5) 电容分压器芯子紧固, 采用塑料收缩带及瓷套两端的盖板, 包角采用电工纸板。杜绝酚醛层压板的沿面放电现象。

## 5 结论

随着电容式电压互感器广泛地在电力系统中应用, 出现的故障也在相应地增加。此次故障并非是偶然, 在本单位已有两起该故障发生, 并且在外单位也有多起类似缺陷出现, 尽管表现形式多样, 但始终归结于制造工艺、结构原理及绝缘的累积效应所导致。近年来, CVT 故障率的不断增加影响了电网的安全运行, 为此, 必须引起制造厂家和电力部门对该问题的高度重视, 要求不断改进产品的制造工艺和手段, 重视日常运行维护管理工作。

### 参考文献

- [1] 周芳, 韩幸军, 李懂懂, 等. 一起 110 kV 母线电容式电压互感器二次电压异常分析与处理 [J]. 电气技术, 2011 (5): 51-52.
- [2] 江疆, 张富刚, 樊越甫, 等. 110 kV 变电站电压互感器故障原因分析 [J]. 电力自动化设备, 2010, 30(10): 139-140.
- [3] 刘胜军, 王慷, 郭猛. 电容式电压互感器二次电压偏高分析 [J]. 变压器, 2010, 47(4): 66-68, 11.
- [4] 胡伟, 王天一. 电容式电压互感器二次失压故障的试验分析 [J]. 电力电容器与无功补偿, 2011, 32(2): 59-62.
- [5] 张金祥, 黄德顺. 浅析电容式电压互感器二次电压偏高现象 [J]. 高电压技术, 2006, 32(1): 115-116.

作者简介:

刘同杰 (1984) 男, 硕士, 工程师, 现从事电气试验工作。

(收稿日期: 2012-02-22)