

一起 35 kV 电容式电压互感器二次电压异常升高故障分析

徐长海¹, 王静君²

(1.南京供电公司,江苏南京,210000;2.江苏省电力公司电力科学研究院,江苏南京 211103)

摘要:介绍了一起 35 kV 电容式电压互感器由于电磁单元一次绕组匝间短路引起二次电压异常升高的故障案例,结合电容式电压互感器的特点分析了导致该故障的原因,并提出通过在线监测电容式电压互感器二次电压、红外精确测温等方式,及时发现电容式电压互感器缺陷,预防设备事故的发生。

关键词:电容式电压互感器;电磁单元;二次电压升高;故障

中图分类号:TM451+.2

文献标志码:B

文章编号:1009-0665(2014)03-0010-02

电容式电压互感器兼有电压互感器和电力线路载波耦合装置中的耦合电容器的功能,主要用于测量、继电保护、同步检测、长距离通信、遥测和监控等。电容式电压互感器在实际应用中不仅具有可靠的阻尼铁磁谐振性能、优良的瞬变响应,而且绝缘性能好、价格便宜,因此近几年在电力系统中得到广泛应用。电容式电压互感器除了在变电站线路出线侧广泛使用外,还代替电磁式电压互感器大量应用在母线侧和变压器出线套管侧。然而受设计制造经验、工艺水平及原材料等因素的限制,电容式电压互感器存在较多的质量问题,在实际运行过程中发生了不少故障。其最常见的故障主要有:中间电压电磁单元的中压端限压避雷器击穿、二次电压异常升高或降低等^[1-3],威胁了电网的安全稳定运行。文中介绍了对 1 台 35 kV 电容式电压互感器在运行中出现二次电压升高的分析过程,为类似故障的分析处理提供参考。

1 结构介绍

电容式电压互感器在结构上一般由电容分压器和电磁单元两部分组成。电容分压器包括高压电容器 C_1 (主电容)和中压电容器 C_2 (分压电容),电磁单元包括中间变压器、补偿电抗器、阻尼装置及保护装置等元件,它利用电容分压器将输电电压降到中压(10~20 kV),再经过中间变压器降压到 100 V 或 $100\sqrt{3}$ V 供给计量仪表和继电保护装置^[4-6]。电容式电压互感器工作原理可以概括为耦合电容器分压、中间变压器降压、电抗器补偿、阻尼器保护。其接线原理如图 1 所示。

电容式电压互感器由 1 组瓷套外壳的电容分压器(包括主电容 C_1 ,分压电容 C_2)以及安装在下部油箱中的电磁单元组成,电容器的芯子由若干元件串联组成, C_1 、 C_2 的电容量均为 20 000 pF 左右,电磁单元中间变压器的一次端 A 在 C_1 与 C_2 的中间抽头处,3

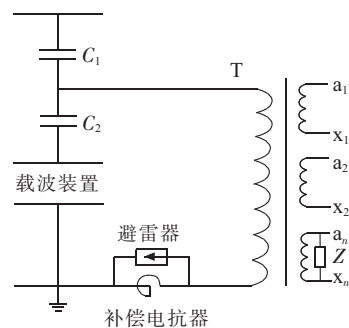


图 1 电容式电压互感器接线原理

组二次绕组的接线端子 a_1x_1 、 a_2x_2 、 a_nx_n 从分压器底部的油箱侧面引出到外部。

2 故障现象

2013 年 7 月 19 日,某变电站 35 kV 母线 C 相电容式电压互感器在电网正常运行条件下发生故障,二次电压显示值偏高。该电容式电压互感器型号为 TYD 35/ $\sqrt{3}$ -0.01FH。

发现上述异常后,首先对故障现象进行初步判别;由图 1 可知,二次电压的大小与中间变压器的变比和分压电容的大小有关,从故障现象来看,电容式电压互感器的二次电压仅是升高并未完全失压,因此不可能是电磁单元变压器一次引线断线或接地、分压电容器 C_2 短路等故障所致。由此分析,引起二次电压异常升高的故障原因可能会有以下 3 个方面:(1) 电容单元损坏,引起分压比变化, C_1 变大或者 C_2 变小;(2) 分压电容接地端未接地,引起悬浮电位升高;(3) 电磁单元损坏,电压比发生变化。中间变压器一次线圈匝数变小或者测量线圈匝数变大。

3 原因分析

3.1 试验检查

为了查清该电容式电压互感器内部存在的问题,将此间隔的电容式电压互感器退出运行后,首先在现场进

行了外观检查和绝缘电阻测量、介质损耗及电容量测量等试验。

3.1.1 外观检查

拆除一次引线后,该电容式电压互感器外观无损伤痕迹,分压电容接地引出端接地良好。

3.1.2 绝缘电阻测量

检测电磁单元二次出线端对地绝缘、绕组间的绝缘性能,A、B、C 三相二次出线端的绝缘电阻均大于 5000 M Ω ,绝缘性能良好。

3.1.3 电容量及介损测量

采用自激法测量主电容 C_1 和分压电容 C_2 以及介损 $\tan\delta$,检验结果如下表 1 所示。可见 A、B、C 三相的电容量、介损 $\tan\delta$ 检验数值基本一致,可以判定该电容式电压互感器的电容单元 C_1 、 C_2 及介损正常。

表 1 电容量及介损 $\tan\delta$ 检测数据

| 相别 | | 试验电容量 /pF | $\tan\delta$ 值 /% |
|----|-------|-----------|-------------------|
| A | C_1 | 20 120 | 0.07 |
| | C_2 | 20 510 | 0.07 |
| B | C_1 | 20 110 | 0.06 |
| | C_2 | 20 490 | 0.06 |
| C | C_1 | 20 160 | 0.06 |
| | C_2 | 20 550 | 0.06 |

3.1.4 变比检测试验

同样采用自激法,对该电容式电压互感器的二次出线端子(a_1x_1 、 a_nx_n)分别进行加压,将一次电压升至额定电压,检查电容式电压互感器的电压比,结果如表 2 和表 3 所示。

表 2 二次出线 a_1x_1 升压试验数据

| 相别 | | 一次试验电压 /kV | 二次试验电压 /V | 二次试验电流 /A |
|----|-------|------------|-----------|-----------|
| A | C_1 | 2 | 6 | 2.3 |
| B | C_1 | 2 | 6 | 2.3 |
| C | C_1 | 2 | 10 | 1.5 |

表 3 二次出线 a_nx_n 升压试验数据

| 相别 | | 一次试验电压 /kV | 二次试验电压 /V | 二次试验电流 /A |
|----|-------|------------|-----------|-----------|
| A | C_1 | 2 | 10 | 1.4 |
| B | C_1 | 2 | 10 | 1.4 |
| C | C_1 | 2 | 16 | 0.8 |

从表 2、表 3 所测的试验数据来看,A、B 相的二次电压试验数据一致,C 相的二次试验电压偏大 60%左右,二次试验电流偏小 30%左右。该电容式电压互感器绝缘电阻、电容量、介损 $\tan\delta$ 等的试验检测结果可以排除电容单元 C_1 、 C_2 存在故障的可能,因此可以确定该电容式电压互感器的电磁单元存在故障。

另外从二次电压升高、二次电流减小的试验情况来看,初步判断 C 相的中间变压器存在一次绕组匝间短路现象。

3.2 解体检查

为了进一步分析故障原因,对该电容式电压互感器进行了解体检查。解体前对故障相 C 相进行了油色谱检测,检测结果如表 4 所示。

表 4 C 相油色谱检测数据 $\mu\text{L/L}$

| 项目 | 数值 | 项目 | 数值 |
|-----------------|-------|-------------------------------|--------|
| H ₂ | 2242 | C ₂ H ₄ | 1500+ |
| CO | 483.9 | C ₂ H ₂ | 800.8+ |
| CH ₄ | 500 | C ₂ H ₆ | 2850+ |
| CO ₂ | 2712 | | |

根据表 4 的油色谱检测数据,故障相 C 相的绝缘油中 H₂、C₂H₄、CH₄、CO₂、C₂H₆ 等各种特征气体均已超标。如 H₂ 含量为 2242 $\mu\text{L/L}$,远大于规程要求的注意值 150 $\mu\text{L/L}$; C₂H₂ 含量为 800.8+ $\mu\text{L/L}$,远大于规程要求的注意值 1 $\mu\text{L/L}$ 。C₂H₂ 及 H₂ 等特征气体的大量存在,表明故障相在运行过程中发生了电弧放电。通过三比值法分析,H₂、C₂H₄ 等气体是由于 C 相的中间变压器存在匝间短路引起油、纸电弧放电,由此产生的高温使绝缘油裂解生成各种特征气体。因此可以判断中间变压器一次绕组存在匝间短路故障。

对中间变压器的二次绕组 a_nx_n 进行空载试验,发现空载电流的实测值是正常值的 2 倍,试验数据如表 5 所示。由此,可以明确肯定这是由于中间变压器的一次绕组存在匝间短路故障,引起二次电压升高。

表 5 中间变压器空载试验数据

| 电压 /V | 空载电流 /A | |
|-------|---------|-----|
| | 正常值 | 实测值 |
| 50 | 0.2~0.3 | 0.5 |
| 100 | 0.6~0.7 | 1.3 |

另外,检查电磁单元内部元器件,发现中间变压器二次绕组 a_1x_1 并联的阻尼器电容单元已开路。

3.3 原因分析

根据试验数据的分析和解体检查的情况综合判断,造成中间变压器一次绕组匝间短路的原因是:二次绕组的阻尼器电容单元发生开路,致使阻尼器失去阻尼作用,在运行过程中发生谐振,谐振引起的暂态过电压使得中间变压器一次绕组匝间绝缘击穿烧损。短路电流所产生的热量在短时间内使变压器油分解产生大量的气体。如果故障持续下去,极有可能造成电容式电压互感器的下节油箱油气喷出,或使高压电容 C_1 两端所加电压太高而发生爆炸等极其严重的故障。

3 结束语

此次某核电站高压备用变压器低压侧电压互感器测量电压不平衡的现象由两种原因引起,一是由于负荷中性点发生位移,这是一种正常的现象,设备可以继续投运;二是由电压互感器一次回路高压熔断器接触不良导致的,开始时由于存在中性点位移现象掩盖了这一缺陷,此时就需要对电压互感器进行维修或更换。因此,对于电压互感器测量电压不平衡的现象,要进行全面分析,根据不同的原因采取行之有效的措施。

参考文献:

[1] 刘耀年,霍龙. 电路[M]. 北京:中国电力出版社,2006:241-242.

Analysis and Handling for a Defect of Potential Transformer Three-phase Voltage Unbalance at Nuclear Power Station

WANG Lue¹, LEI Cheng¹, ZHANG Yu², SHEN Yanpeng¹, WANG Shengxue¹

(1.College of Energy and Environment Southeast University, Nanjing 210096,China;

2.1.Jiangsu Frontier Electrical Power Technology Co. Ltd., Nanjing 211102,China)

Abstract: After the maintenance of backup high-voltage transformer in Tianwan nuclear power station, a three-phase voltage unbalance phenomenon on low voltage side potential transformer appeared. We analyzed this phenomenon by using nodal method, and found that the voltage unbalance is caused by load neutral displacement. After eliminating the load neutral displacement, three-phase voltage unbalance phenomenon still occurred on one potential transformer. A further detailed check is implemented and we found that the unbalance is caused by the fault of fuse base. After eliminated this defect, the three-phase voltage of the potential transformer becomes normal.

Key words: potential transformer; unbalance; neutral displacement

(上接第 11 页)

4 结束语

电容式电压互感器设备故障率较高,通过密切监测电容式电压互感器二次电压的变化情况来判断该设备是否正常是一种简单易行的有效方法。另外,可以通过定期红外测温检测等有效手段,发现一些在线监测装置难以发现的缺陷,保证设备的安全、可靠运行。

参考文献:

- [1] 涂光华. 220 kV 电容式电压互感器二次电压降低的原因分析[J]. 江西电力职业技术学院学报,2010,23(3):9-11.
[2] 张希来. 电容式电压互感器(CVT)检测方法[J]. 电工技术,2005(5):5-7.

作者简介:

- 王 略(1972),男,辽宁锦州人,高级工程师,从事核电站电气设备的维修管理工作;
雷 成(1979),男,湖南邵阳人,高级工程师,从事核电站电气设备的维修管理工作;
张 钰(1986),男,江苏南通人,助理工程师,从事高电压试验工作;
申雁鹏(1979),男,贵州遵义人,工程师,从事核电站电气设备的高压试验工作;
王声学(1982),男,江苏连云港人,工程师,从事核电站电气设备的高压试验工作。

- [3] 陈俊章. 电容式电压互感器的典型故障分析[J]. 电力电容器,2001(3):5-9.
[4] 陈明光,包玉树,张兴沛. 一起电容式电压互感器电磁单元故障分析[J]. 江苏电机工程,2012,31(5):25-31.
[5] 冯 骏,徐 钢. 一起电容式电压互感器二次回路故障诊断分析[J]. 江苏电机工程,2011,30(5):8-10.
[6] 侍海军,汪 飞,连振东. 电容式电压互感器故障实例及分析[J]. 江苏电机工程,2009,28(4):14-15.

作者简介:

- 徐长海(1963),男,江苏南京人,工程师,从事安全监察质量和管理等工作;
王静君(1980),男,江苏无锡人,工程师,从事高电压试验工作。

Analysis of an Fault of 35 kV Capacitor Voltage Transformer's Secondary Voltage Abnormal Raising

XU Changhai¹, WANG Jingjun²

(1. Jiangsu Nanjing Power Supply Company, Nanjing 210000, China;

2. Jiangsu Electric Power Company Electric Power Research Institute, Nanjing 211103, China)

Abstract: A secondary voltage abnormal rising fault of 35 kV capacitor voltage transformer is introduced. This fault is caused by short-circuit of primary coil in the electromagnetic unit. Some feasible measures are proposed to detect potential faults and to take precautions against accident by online monitoring and infrared accurate thermometry.

Key words: capacitor voltage transformer; electromagnetic unit; secondary voltage; fault