

一起电容式电压互感器电磁单元故障分析

陈明光¹,包玉树²,张兴沛²

(1.江苏省电力公司徐州检修分公司,江苏 徐州 221000;

2.江苏方天电力技术有限公司,江苏 南京 211102)

摘要:介绍了一起220 kV电容式电压互感器(CVT)电磁单元一次引线断线导致设备二次绕组失压的故障案例,分析了可能导致该故障现象的原因,结合CVT的结构特点,在无法对此类设备进行解体检查的情况下,提出通过排除法和关联试验间接判断故障原因的方法,并对该类设备改进的方案进行了探讨。

关键词:电容式电压互感器;电磁单元;故障;失压

中图分类号:TM451⁺.2

文献标志码:B

文章编号:1009-0665(2012)05-0025-02

电容式电压互感器(CVT)是高压电网供电计量、保护、指示和同期用的重要设备,可兼作耦合电容器供电力载波通信线路、高频保护和远动通道之用。与电磁式电压互感器相比,CVT可防止因铁心饱和引起的铁磁谐振,并具有优良的瞬变响应特性,因此在110~500 kV中性点直接接地系统中得到广泛应用。但受到设计、工艺和原材料等多种因素的影响,CVT投运后故障率远远高于常规电压互感器和耦合电容器,严重影响了电网的安全运行。目前电网中正在运行的CVT,除少数早期投运的产品外,大部分是电容单元和电磁单元集成为一体式型号,此类CVT外部和端子箱中无电磁单元一次侧引出线,如该部分发生故障,在不对设备进行解体的情况下,难以直接对其进行单独试验以准确判断故障情况,遇到此类问题时,可通过排除法并结合其他关联试验结论来间接判断故障情况。文中引述一220 kV CVT二次侧失压故障实例,首先通过试验排除上节耦合电容器和二次绕组发生故障的可能,其次通过自激法对下节耦合电容器进行介质损耗因数和电容量试验,通过异常信号判断该部分有电气连接开断情况,对下节耦合电容器与电磁单元一次部分进行整体绝缘测试并且对油箱中绝缘油化验分析,发现油箱中有电弧放电现象,由此将故障锁定为CVT电磁单元一次侧断线。

1 故障实况

2011年10月31日徐州地区220 kV某变电站在正常运行中,突然出现220 kV副母线压变B相二次侧失压故障,相关部门遂下令进行停电检查。

故障相压变型号为TYD220/ $\sqrt{3}$ -0.01H,2008年4月出厂,由2节瓷套外壳的电容分压器和安装在下部油箱中的电磁单元构成。其中 C_{11} 安装在上

节瓷套内, C_{12} 分压电容和 C_2 共装在下节瓷套内。其电容量分别为: $C_{11}=19\ 615\ \text{pF}$, C_{12} 和 C_2 串联后的电容量为19 705 pF。其结构如图1所示。

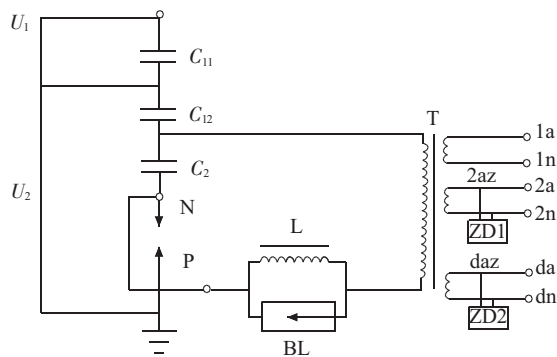


图1 CVT结构原理

故障发生后,在运行状态下,试验人员分别直接对3个二次电压绕组进行输出电压测量,确认电压输出为0,现场检查CVT外观正常,无异音现象。

2 故障原因分析

2.1 原理分析

根据CVT结构特点和工作原理可知,可能导致CVT二次侧失压故障的原因主要有:电磁单元一次引线、绕组断线或接地;分压电容 C_2 短路;各分压电容之间的联结断线;油箱电磁单元烧坏、进水受潮等故障;接地端连接不牢固,N、P连接不牢固或放电^[1]。

2.2 电气试验分析

针对可能导致故障发生的因素,在设备停电状态下对该CVT进行诊断试验,分别测量了该CVT上下节耦合电容器的绝缘电阻、介质损耗因数、电容量和中间变压器的二次绕组直流电阻、绝缘电阻以及绝缘油化验分析。试验表明该CVT上节耦合电容器绝缘电阻、介质损耗因数和电容量均在合格范围内,因此可排除上节耦合电容器发生故障的因素。

对下节耦合电容器和电磁单元试验时发现异常

试验数据。下节整体绝缘电阻(含电磁单元)为 4 000 M Ω ,小于合格标准的 5 000 M Ω ^[2]。采用自激法测量 C_{12} 和 C_2 的介质损耗因数和电容量时,仪器显示高压无信号,未出现输出过载等其他异常信号。在排除试验接线错误、试验仪器故障、现场电磁场环境干扰的因素后,初步判断该 CVT 一次侧、二次侧之间的电压关联已经被破坏。异常数据如表 1 所示。

表 1 下节 CVT 异常试验数据

试验项目	试验数据	合格标准
绝缘电阻	4 000 M Ω	>5 000 M Ω
介质损耗因数和电容量测量	自激法高压无信号	与初值差 $\leq 2\%$,同相两节电容量相差 $\leq 5\%$

在此基础上,对该 CVT 二次绕组绝缘电阻和直流电阻进行测量,试验结果表明其二次绕组绝缘电阻和直流电阻均合格,故可排除二次绕组故障的因素^[3],由此故障范围缩小为下节耦合电容器和电磁单元一次侧部分。

下节耦合电容器包括分压电容 C_{12} 和 C_2 ,假设故障发生在该部位,则应出现 C_{12} 断线或 C_2 短路的情况,然而在测量 C_{12} 和 C_2 的介质损耗因数和电容量时仪器未出现输出过载信号,表明 C_2 并未短路。又由于下节电容器与电磁单元整体绝缘电阻偏低,与 C_{12} 断线的情况不相符。因此故障部位很可能出现在电磁单元,且由于故障原因导致下节整体内部绝缘状况劣化,造成绝缘电阻偏低。

2.3 绝缘油化验分析

由于该类型 CVT 外部和端子箱中无电磁单元一次侧引出线,难以直接对其进行单独试验以准确判断故障情况,鉴于此通过关联试验来间接判断故障情况。电磁单元安装在 CVT 下部油箱中,当电磁单元一次侧引线发生非应力性断裂时(如高温烧灼或电弧放电等情况),绝缘油中会析出相应的故障气体,根据析出气体类型和产量可以判断故障性质。

通过对该 CVT 绝缘油化验分析发现,油中氢气和总烃产量均超标,且油中含有 C_2H_2 ,表明中间变压器内部发生过电弧放电现象。绝缘油化验数据如表 2 所示。

根据油化验结果,进一步推断电磁单元一次侧引线或绕组发生过电弧放电的情况,并导致其断裂。

3 故障设备解体检查

根据诊断性试验分析结论,相关专家和技术人员对该 CVT 进行了解体检查。工作人员打开电磁单元油箱法兰后,发现有刺鼻和刺眼的油气挥发。将电容器单元吊离下节油箱后,发现电磁单元变压器

表 2 绝缘油化验数据 $\mu\text{L/L}$

项目	数据
H_2	292
CH_4	960
C_2H_6	375
C_2H_4	6 895.4
C_2H_2	86.6
总烃	8 317.9

至分压电容器之间的联结线过长,发生与箱壳碰接的情况,并且伴有明显的烧伤放电痕迹,连接引线已经烧灼断裂(如图 2 所示),这个结果与试验分析的结论一致。



图 2 故障设备解体实拍图

4 结束语

CVT 作为一种重要的电力设备,应用越来越广泛,但其故障率居高不下,且越来越多运行时间较短的 CVT 出现严重故障(文中案例中的 CVT 投运只有 3 年时间)。然而 CVT 停电检修困难,故障影响面广,解体检修周期较长,因此运维人员应加强该类设备巡视,重点应加强红外测量,当设备出现热点异常时能作出正确的判断和处理。建议制造厂加强油箱电磁单元电气联结部分的绝缘强度,完善设计和制造工艺,保证各联结线对地及其他元器件之间的绝缘距离,严格进行出厂检验试验,切实有效地防止该类故障的发生。

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:中国科学技术出版社,2001.
- [2] GB/T4703—2007,电容式电压互感器[S].

作者简介:

陈明光(1983),男,江苏徐州人,助理工程师,从事 220 kV 及以上电压等级电气试验和状态检修评价工作;
包玉树(1963),男,江苏徐州人,高级工程师,从事高压电气试验研究工作;
张兴沛(1980),男,江苏徐州人,工程师,从事电力计量管理工作。

压波动,瞬时完成电压补偿,且补偿后没有造成电压相位偏移。

从装置的实验结果和挂网测试结果可以看出,该 DVR 能够快速、有效解决电压偏低、电压跌落、电压谐波等问题。

4 结束语

文中设计了一种新型级联多电平 DVR,主电路采用级联多电平技术,减少了输出侧谐波含量,降低了开关频率和损耗;依靠整流电路给直流侧电容器提供能量,实现了装置的不间断连续运行。采用触摸屏作为人机界面,界面简洁、操作方便、易于人性化管理。选用高性能 DSP、FPGA 和 CPLD 构成控制系统,完成了装置的软硬件设计。对级联多电平 DVR 的实验及挂网运行测试结果表明,该装置能够快速跟踪电网电压波动,补偿电压缺陷,有效解决电网电压问题对负载的影响,保证了负载侧的用电质量。

参考文献:

- [1] 王同勋,薛禹胜,CHOI S S. 动态电压恢复器研究综[J]. 电力系统自动化,2007,31(9): 101-107.
- [2] NIELSEN J G, BLAABJERG F. Control and Testing of a Dynamic Voltage Restorer (DVR) at Medium Voltage Level[J]. IEEE Transactions on Power Electronics, 2004,19(3): 806-813.
- [3] 周雪松,何杰,马幼捷,等.级联多电平技术在动态电压恢

- 复器中的研究[J].高电压技术,2008,34(6):1189-1194.
- [4] 牟伟,关振宏,胡鹏,等.级联多电平逆变器的工作原理分析[J].电气传动自动化,2006,28(3):22-26.
- [5] 张卫华.级联多电平动态电压调节器(DVR)系统设计与仿真研究[D].北京:华北电力大学电气与电子工程学院,2005.
- [6] 尹忠东,丁辉,张哲然,等.级联多电平动态电压恢复器的仿真与试验研究[J].电力电子技术,2005,39(5):63-65.
- [7] FITZER C, BARNES M, REEN P. Voltage Sag Detection Technique for a Dynamic Voltage Restorer[J]. IEEE Transaction Industry Applications, 2004,40(1):203-212.
- [8] 杨新华,郭志成.动态电压恢复器电压跌落检测[J].低压电器,2011(5):51-54.
- [9] 周雪松,张智勇,马幼捷,等.动态电压恢复器检测方法 with 补偿策略的研究[J].电力电子技术,2006,4(3):123-125.

作者简介:

- 刘伟(1977),男,安徽合肥人,工程师,从事电力电子技术与电网运行控制技术的研究工作;
- 孟庆刚(1986),男,山东潍坊人,硕士研究生,从事电能质量方向的研究;
- 商姣(1989),女,江苏泰州人,硕士研究生,从事电能质量方向的研究;
- 钱长远(1987),男,江苏扬州人,硕士研究生,从事电能质量方向的研究;
- 王宝安(1978),男,江苏扬州人,博士,讲师,从事电能质量方向的研究。

Research on a New Cascaded Multilevel Dynamic Voltage Restorer

LIU Wei¹, MENG Qing-gang², SHANG Jiao², QIAN Chang-yuan², WANG Bao-an²

(1. Nanjing NARI-Relays Electric Power Co.Ltd., Nanjing 211102, China;

2. School of Electrical Engineering, Southeast University, Nanjing 210096, China)

Abstract: Dynamic Voltage Restorer (DVR) is a voltage power quality compensator device which is connected in series between grid and load in order to protect the power quality of load side. A new type of cascade multi-level DVR is proposed in this paper. Two H-bridge power unit cascade constitute an inverter unit, which depends on rectifier circuit providing energy to inverter unit DC side capacitor. Capacitor coupling is used to string into the power grid in device. Digital signal processor (DSP), field programmable gate array (FPGA) and complex programmable logic device (CPLD) are chosen to constitute control system. A detailed hardware and software design is carried out. The actual running test results show that the cascade multilevel DVR has fast response, can generate compensation voltage quickly and efficiently, and ensure electric quality of side load.

Key words: dynamic voltage restorer; cascaded multilevel; DSP; voltage compensation

(上接第 26 页)

Analysis of an Electromagnetic Unit Fault of Capacitor Voltage Transformer

CHEN Ming-guang¹, BAO Yu-shu², ZHANG Xing-pei²

(1. Jiangsu Electric Power Company's Maintenance Branch, Xuzhou 221000, China;

2. Frontier Electric Technology Co. Ltd., Nanjing 211102, China)

Abstract: A secondary voltage loss fault of 220 kV capacitor voltage transformer (CVT) is introduced. The fault was caused by primary lead disconnection in the electromagnetic unit of 220 kV CVT. Possible reasons for the fault phenomena are analyzed. Combined with the structural characteristics of CVT, a method of judging fault causes indirectly by exclusive method and correlation tests is proposed in the case that this kind of equipment can not be checked through disintegration. Discussions are given for improving this kind of equipment.

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