

CKF-1 纵联方向保护与 ZY-6 型电压抽取装置配合使用中遇到的问题分析

刘宇^{1,2}, 马锁明²

(1. 华北电力大学, 北京 102206; 2. 国家电力调度通信中心, 北京 100031)

摘要: ZY-6 型电压抽取装置采用电容分压原理, 体积小, 成本低, 常用于 220 kV 线路保护的无压鉴定。采用电容分压原理的电容式电压互感器 CVT (capacitor voltage transformer) 根据采用的阻尼器的不同, 在应用过程中继电保护装置应注意与其配合。通过对北京地区 2004 年的几起事故进行理论分析、分析出事故原因, 采取一定措施, 解决系统的安全稳定运行问题。

关键词: 电压抽取装置; CVT; 线路保护; 谐波

Analyses of the problems in combined usage of CKF-1 and ZY-6

LIU Yu^{1,2}, MA Suo-ming²

(1. North China Electric Power University, Beijing 102206, China; 2. State Grid Corporation of China, Beijing 100031, China)

Abstract: ZY-6 capacitor-voltage detecting device applied to appraisal of non voltage in 220kV line protection with small volume and low cost. It must pay some attention to the damper of CVT in relay protection. Measures for solutions to safety of power system is proposed in this paper, from the theoretic analyses of several accident in Beijing of 2004 year.

Key words: voltage detecting device; CVT; line protection; harmonic wav

中图分类号: TM774 文献标识码: A 文章编号: 1674-3415(2009)03-0079-04

0 引言

ZY-6 型电压抽取装置是由许继电气股份有限公司生产的 ZY 系列电压抽取装置中的一种, 一般用于 220 kV 电压等级的环网中, 通过结合电容, 可以得到与抽取电压同相且额定值为 100 V 的电压, 供给同期, 检无压重合闸使用。早期在北京地区, 许继电气股份有限公司生产的 ZY-6 和 ZY-2 两种型号的电压抽取装置普遍应用于 220 kV 线路中, 作线路无压鉴定与南瑞继保公司生产的 CKF-1 集成电路型纵联方向保护配合使用。

2004 年北京地区 220 kV 电网发生了多起异常或事故。其中一起 CKF-1 纵联方向保护装置误动, 另外几起 CKF-1 纵联方向保护装置闭锁退运。经过分析找出原因, 并采取一定措施解决了保护装置的现场运行问题。

1 事故情况

1.1 CKF-1 装置闭锁退运事故

2004 年 5 月 8 日 18 时 220 kV 清河变电站报告昌清一线 2216 纵联方向保护装置 CKF-1 告警, “运行”灯灭、纵联方向保护收发讯机 YBX-1 长发讯, 此时负荷较大 (一次电流约 550 A)。保护人员到现场对 CKF-1 保护装置进行检查发现: 16#检测板检测 1 路 7 号灯亮, 对应 12#板有异常。更换 12#板后异常现象消失, 此时负荷电流为 500 A 左右并缓慢减少。2004 年 5 月 9 日 19 时 2216 线路的 CKF-1 装置再次出现上述问题, 负荷约 550 A 左右, 并随着负荷的变化此现象出现或恢复, 当负荷高于 500 A 时出现此问题, 低于 500 A 时可复归。

对此问题初步分析认为是 2216 线路的 CKF-1 保护装置采集线路抽取电压的采样板或 2216 电压抽取装置本身有异常。CKF-1 高频方向保护引入线路抽取电压, 主要作为其手合加速的一个判据, CKF-1 的手合加速回路判断条件是: 有手合命令开入, 同时电流大于相电流元件, 且线路无压 (通过线路抽取电压判别)。但如出现线路抽取电压低于定值, 而线路电流大于相电流定值时, 又没有手合命

令开入时，手合加速条件不满足，报装置异常闭锁保护，并长期起动作发信。

为了进一步验证，对保护装置进行现场实际检测。正常运行线路的线路抽取电压二次额定值应为 100 V，现场用万用表测量结果如下：2216、2215 两条线路的线路抽取电压都处于不正常状态，分别为 2216 抽取电压 124 V、2215 抽取电压 40V。其它线路的抽取电压测量值为 100 ± 2 V 处于正常范围。由于使用万用表测量值仅为有效值，为了找到 2216、2215 线路抽取电压不正常的原因，我们采用示波器对以上各路抽取电压进行了波形录制，结果显示 2215、2216 抽取电压波形发生严重畸变，其他抽取电压波形均属正常。以下为录制的 2215、2216 及正常线路抽取输出电压波形的如图 1 所示。

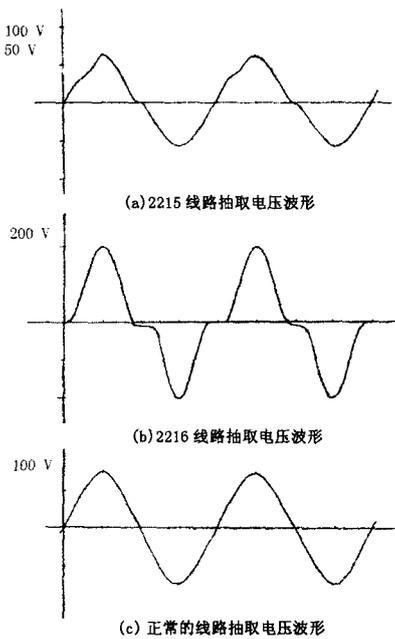


图 1 异常线路抽取电压波形与正常线路抽取电压波形对比

Fig.1 Comparison between Normal voltage wave of the line and distortion voltage wave of the line

由于 CKF-1 保护装置中的电压抽取采样回路有滤波功能，畸变的波形经过采样回路的滤波后，就可能造成 CKF-1 保护装置采样值不正确，导致装置判断线路无压条件满足（线路抽取电压采样低于定值），而 2216 的负荷电流较大满足相电流定值，造成装置闭锁，CKF-1 纵联方向保护退运。在实际测量各路线路抽取电压装置的输出电压时，发现 2215 也存在同样问题，由于 2215 线路负荷电流一直较小，未达到相电流鉴定定值，故未出现异常告警。类似的 CKF-1 告警问题在怀柔、北寺等变电站也曾

出现过，但都由于负荷电流很快下降到相电流定值以下而告警自动复归，没有查出问题。

1.2 CKF-1 装置发生误动事故

2004 年 6 月 2 日 4 时 42 分，怀柔变电站值班员在手合怀柔 2214 开关进行线路合环操作时，2214 开关发生三相掉闸，并发“纵联方向保护动作”光字牌，纵联方向保护装置 TS 和 TJS 信号灯亮（TS 三相跳闸、TJS 加速跳闸）。纵联方向保护装置为南瑞公司的 CKF-1 型集成电路保护，配备 YBX-1 收发讯机。

现场用万用表测量线路抽取电压有效值为 117 V（正常值应为 100 V）偏差较大。而 CKF-1 的 12# 插件中线路有压鉴定定值整定为 50 V，由于输入电压为 117 V 而定值为 50 V，说明手合加速判别条件中线路无压条件不满足，手合加速不应动作。当对 CKF-1 保护装置进行检测时发现其中 12# 插件的 P2 测点电位一直为高电位 12.1 V（高电位表示线路抽取电压低于定值，即：线路满足无压条件）。实际对保护装置的线路抽取电压采样进行通电检查线路有压鉴定此定值正确，采样回路无问题。

现场用示波器观察线路抽取电压装置（ZY-6 型）的输出电压波形，发现该电压由于谐波影响，电压波形畸变，（与清河 2216 方向保护告警检查时测量的线路抽取电压波形相似），而 CKF-1 纵联方向保护对谐波处理能力不足，当合环时 CKF-1 纵联方向保护误判别线路无压。当合 2214 开关时候，合环电流二次值 A 相 5 A、B 相 3 A、C 相 3 A，均大于相电流定值 2 A，满足手合加速的条件，跳开 2214 开关，导致事故的发生。

2 两起事故原因分析

这两起事故均为 CKF-1 型纵联方向保护与 ZY-6 型电压抽取装置配合使用过程中使用出现。对 CKF-1 型纵联方向保护判据与 ZY-6 型电压抽取装置抽取的电压分析如下：

1) 由于 220 kV 系统本身就存在较多的杂散谐波，尤其以三次谐波为多，ZY-6 型电压抽取装置对三次谐波有放大作用。

许继电气股份有限公司生产的 ZY 系列电压抽取装置在北京地区有两种型号：ZY-2 型电压抽取装置和 ZY-6 型电压抽取装置，并且 ZY-2 型电压抽取装置与 CKF-1 纵联方向保护配合较多，ZY-2 型电压抽取装置供货早，运行时间长。ZY-6 型电压抽取装置是 ZY-2 型电压抽取装置的更新换代产品。ZY-2 型电压抽取装置和 ZY-6 型电压抽取装置均为采用电容分压原理的电容式电压互感器（CVT），基本电

路构成如图 2 所示,其中 C1、C2 为电容式分压器, L 为补偿电感, T 为电磁式电压互感器, D 为阻尼器。电磁式电压互感器 T 的一次绕组通过电感 L 与电容 C1、C2 的调谐得到适当的电压稳态特性; T 的二次绕组输出二次电压,提供给测量、保护的电压回路; T 的三次绕组接阻尼器 D 防止 CVT 的“铁磁谐振”,根据阻尼器 D 的设计不同, CVT 又分为纯电阻型、谐振型、速饱和型。如图 3 为不同类型的阻尼器,图 3 a) 纯电阻型 CVT: 采用电阻 R 作阻尼,破坏产生铁磁谐振的条件,由于电阻 R 长期接于回路中,消耗功率大,影响测量准确度和二次输出容量,已不再采用;图 3 b) 谐振型 CVT: 采用 L、C 并联谐振和电阻 R 串联作阻尼,正常工频下,并联谐振的阻抗很大,消耗功率很小,在暂态过程中仍能破坏铁磁谐振,由于 L 和 C 具有储能作用,瞬变响应特性差,一次发生短路时,二次要经过一短暂时间才能衰减到零,还可能出低频频衰减振荡;图 3 c) 速饱和型 CVT: 采用在过电压下饱和和电抗器 L 能快速深度饱和,电感值急剧下降,大电流通过 R,产生很大的阻尼功率消耗,有效地阻尼铁磁谐振,由于元件储能少,具有良好的瞬变响应特性。ZY-2 型电压抽取装置是采用纯电阻型 CVT,纯电阻型 CVT 对谐波没有放大作用,ZY-6 型电压抽取装置是采用谐振型 CVT,谐振型 CVT 对 $\omega_0/3$ 、 $3\omega_0$ 有放大作用。

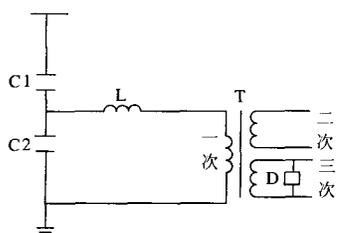


图 2 CVT 的基本电路构成

Fig. 2 The basic circuit structure of CVT

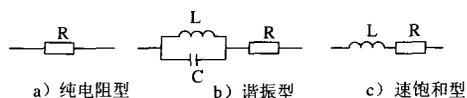


图 3 三种不同类型的阻尼器

Fig.3 Three types of damper

2) CKF-1 型纵联方向保护处理谐波能力不足,且判据不完善。

CKF-1 的手合加速回路判断采用有手合命令开入,同时电流大于相电流元件,且线路无压(通过线路抽取电压判别)。目前应用的微机保护已不采用这种判据。在装置合环误动的事故中,一侧即使误判手合,装置也不应该误动,说明目前应用的微机保护的判据已经有了改进。

3 试验及结果分析

为了证实上述分析,对发生事故的 ZY-6 线路抽取装置进行了试验(以下称老装置)。首先测量 ZY-6 型电压抽取装置的电压输入端高频瓷瓶 CP1、CP2 (对应图 2 的 C1、C2) 处实际测量到的各次谐波含量及幅值,如表 1 所示,系统中三次谐波含量最大,占基波的 3.7%。

由于测试中三次谐波含量最大,试验验证中,主要验证三次谐波,采用等比例折半模拟。同时选取了一台相同型号的新装置实际通电试验进行对比,试验结果如表 2 至表 7。对比表 2 和表 5,新装置的三次谐波含量(19.2%)较老装置的三次谐波含量(27.1%)要小 7.9 个百分点。由于两台装置的电气参数和试验方法都相同,产生上述差异可以认为是装置元器件的问题,因此可以认为是电容等元器件的老化导致谐波放大的原因。另外从表 4 和表 7 中的数据可以看出无论是老装置还是新装置,在输入完全的正弦波时,仍然产生了一定量的三次谐波(6.4%~8.5%),原因是 CVT 的 T 为电磁式电压互感器,其饱和特性并不是很好。在运行于高磁通密度的工况和额定电压下,铁芯额定磁通密度已超过饱和拐点,因此在励磁电流中含有大量的谐波分量。因此可以得出结论:ZY-6 输出的较大的三次谐波电压是由于系统中三次谐波及本身产生的三次谐波在采用谐振型阻尼器对三次谐波放大作用下引起的。

表 1 测量的各次谐波电压

Tab.1 The measure for voltage of each harmonic

谐波数	1	3	5	7	9	11
一次电压有效值/V	188	7	0.8	0.3	0.1	0.1
谐波含量 / (%)	—	3.7	0.42	0.16	0.05	0.05

表 2 老装置同时施加基波及三次谐波

Tab.2 Fundamental frequency and third harmonic applied to old device

谐波数	1	3	三次谐波含量
一次通入电压/V	94	3.5	3.7%
二次得到电压/V	56	15.2	27.1%

表 3 老装置施加三次谐波

Tab.3 hird harmonic applied to old device

谐波数	1	3
一次通入电压/V	0	3.5
二次得到电压/V	0	4.7

表 4 老装置施加基波

Tab.4 Fundamental voltage applied to old device

谐波数	1	3
一次通入电压/V	94	0
二次得到电压/V	56	8.5

表 5 新装置同时施加基波及三次谐波

Tab.5 Fundamental frequency and third harmonic applied to new device

谐波数	1	3	三次谐波含量
一次通入电压/V	94	3.5	3.7%
二次得到电压/V	54	10.4	19.2%

表 6 新装置施加三谐波

Tab.6 Third harmonic applied to new device

谐波数	1	3
一次通入电压/V	0	3.5
二次得到电压/V	0	2.4

表 7 新装置施加基波

Tab.7 Fundamental voltage applied to new device

谐波数	1	3
一次通入电压/V	94	0
二次得到电压/V	56	6.4

4 问题的解决

由于 CKF-1 纵联方向保护是南瑞继保公司生产的早期集成电路保护产品,在北京地区已经运行多年,已经列入了改造的计划中。此时更换 ZY-6 电压抽取装置,并不能解决问题,因此改造成纯电阻型 CVT,即与采用 ZY-2 型电压抽取装置相同类型的阻尼器。为此我们做了多次试验,发现在电压抽取装置的电压输出回路并一支约 1k (50 W) 的绕线无感电阻后,对三次谐波有良好的抑制作用,如表 8。

通过这组对比数据可以明显看到并入电阻后三次谐波得到了明显的抑制,所剩的三次谐波已经对保护装置不会构成影响。但需要注意的是:由于 ZY-6 型电压抽取装置的额定输出功率为 $P=15 \text{ VA}$ 。

因此并入电阻时应充分考虑负载的大小,适当调整所并电阻的阻值,防止 ZY-6 型电压抽取装置的损坏。

表 8 并电阻前后的对比试验数据

Tab.8 Comparison of examination date before and after resistance throw in

谐波数	1	3	三次谐波含量
一次通入电压/V	94	3.5	3.7%
未并电阻时二次得到电压/V	54	10.4	19.2%
并 1k 电阻时二次得到电压/V	53.6	3.4	6.3%

5 结语

本文通过对北京地区 2004 年由于 CKF-1 纵联方向保护与 ZY-6 型电压抽取装置配合问题引起的几起事故进行分析,提出了在 ZY-6 出口回路中并联电阻抑制三次谐波的方法,解决了 ZY-6 型电压抽取装置输出电压波形畸变问题,保证 CKF-1 纵联方向保护装置安全可靠运行。

参考文献

- [1] GB/T 4703-2001. 电容式电压互感器[S]. GB/T 4703-2001, Capacitor voltage transformer[S].
- [2] 王梅义.电网继电保护应用[M].北京:中国电力出版社,1999.
WANG Mei-yi. Applying of Power System Protection Relays[M]. Beijing: China Electric Power Press, 1999.
- [3] 王德忠.电容式电压互感器瞬变响应特性的研究[J].电力电容器,1994,3:1-17.
WANG De-zhong. Research on Transient Characteristic of CVT[J]. Power Capacitor, 1994, 3: 1-17.
- [4] 许继股份有限公司, ZY-6 型电压抽取装置技术说明书[Z].
- [5] 许继股份有限公司, ZY-2 型电压抽取装置技术说明书[Z].

收稿日期: 2008-04-03

作者简介:

刘宇(1979-),男,本科,长期从事电力系统继电保护维护和运行管理; E-mail: liu-yu@sgcc.com.cn

马锁明(1974-),男,硕士研究生,长期从事电力系统继电保护运行管理。