

# Y, y 变压器差动保护 CT 接线分析及测试

侯元文

(济源供电公司, 河南 济源 454650)

**摘要:** 某 35 kV 变电站原 Y, d11 接线变压器更换为 Y, y12 接线变压器, 变压器原微机保护装置未更换, 通过对变压器差动保护 CT 接线进行分析, 得出了 Y, y12 接线 CT 差动二次接线的调整方式和保护定值整定的方法, 并对 CT 接线测试方法进行了阐述。

**关键词:** 差动保护; CT 接线; 测试

## Analysis and measuring to CT wiring of Y,y transformer differential protection

HOU Yuan-wen

(Jiyuan Power Supply Company, Jiyuan 454650, China)

**Abstract:** The original Y,d11 connection transformer is replaced by the Y,y12 wiring transformers in a 35 kV substation, while the original microprocessor-based protection device of transformer is not changed. With the analysis of transformer differential protection wiring CT,this paper proposes secondary connection adjusting way of the Y, y12 differential CT and protection of the value of the entire set. And CT connection measure is described.

**Key words:** differential protection; CT wiring; measuring

中图分类号: TM77 文献标识码: B 文章编号: 1674-3415(2009)21-0115-04

## 0 引言

微机差动保护是变压器的重要主保护, 其 CT 接线正确与否直接决定主变的安全可靠运行。我公司某 35 kV 变电站近年由于负荷增长较快, 需将原 2.5 MVA 变压器增容为 6.3 MVA 变压器, 根据公司安排, 将原低压侧为 6 kV 接线组别为 Y, d11 的变压器低压侧经升压改造为 10 kV 后移至该变电站。由于升压后该变压器接线组别变为 Y, y12, 原微机保护装置已无法满足要求。本文通过主变低压侧 CT 二次接线进行分析, 得出了 CT 接线调整方式, 消除了主变两侧二次电流的相位差别, 保证了主变差动保护的正常可靠运行, 并对 CT 接线改变后保护定值整定方法进行了分析, 对 CT 接线测试方法进行了阐述。

## 1 Y, d11 差动 CT 接线原理分析

变压器差动保护是按比较各侧电流大小和相位而构成的一种保护, 其 CT 接线和保护整定的一个基本原则是要保证在正常情况和区外故障时, 用以比较的主变高低压侧流入差动回路的电流幅值要相等, 相位要相反(或相同), 从而确保理论差流为零。

对于电力系统广泛采用的 Y, d11 变压器, 电磁式的变压器差动通过改变电流互感器二次侧接线方式来补偿其接线组别产生的角度误差。而对于现在普遍采用的微机差动保护, 两侧电流互感器均接成 Y 型。微机保护装置通过电流矢量相加消除相角误差, 消除相角误差分为由变压器的 Y 侧向 d 侧归算和 d 侧向 Y 侧归算两种补偿归算方法, 本变电站保护装置(型号 CDD-T11, 深圳重大)采用 Y 侧向 d 侧归算的方法。

图 1 为主变更换前差动保护 CT 二次接线原理图, 双绕组变压器采用 Y, d11 接线, 高低压两侧电流存在 30° 相位差。若变压器 Y 侧(高压侧)电流互感器二次三相电流采样值为  $i_{A2}^Y$ 、 $i_{B2}^Y$ 、 $i_{C2}^Y$ , 则软件按式(1)可求得用作差动计算的三相电流  $i_{A2}^{Y'}$ 、 $i_{B2}^{Y'}$ 、 $i_{C2}^{Y'}$ , 实现 Y, d 转换, 即实现电流相量逆时针偏移 30° 角, 幅值不变。

$$\begin{aligned} i_{A2}^{Y'} &= \frac{1}{\sqrt{3}}(i_{A2}^Y - i_{B2}^Y) \\ i_{B2}^{Y'} &= \frac{1}{\sqrt{3}}(i_{B2}^Y - i_{C2}^Y) \\ i_{C2}^{Y'} &= \frac{1}{\sqrt{3}}(i_{C2}^Y - i_{A2}^Y) \end{aligned} \quad (1)$$

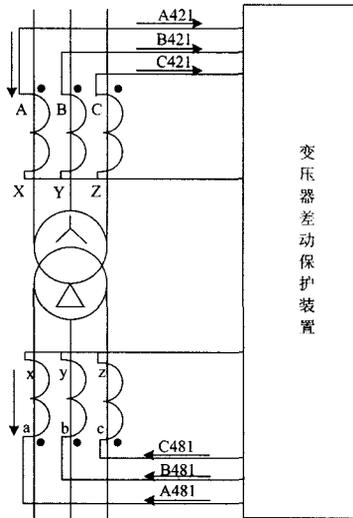


图 1 Y, d11 变压器差动保护 CT 接线原理图

Fig.1 Schematic diagram of CT wiring in the Y,d11 transformer differential protection

如图 1 示, 定义二次电流流向母线侧方向为正, 流向主变方向为负。由于 CT 极性与主变绕组极性均为负极性, 则主变正常运行及区外故障时二次电流: 高压侧 (电源侧) CT 二次电流流向母线, 低压侧 (负荷侧) CT 二次电流流向变压器, 且高压侧 CT 二次电流相量通过装置软件逆时针偏移 30° 与低压电流成 180° 角差, 相量图如图 2 示, 则有:

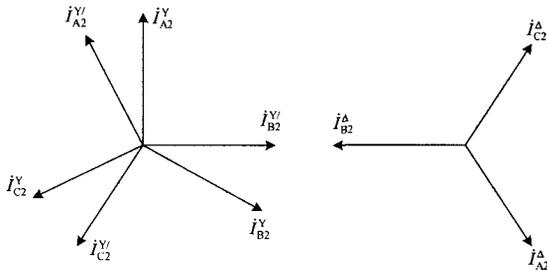


图 2 Y, d11 变压器差动保护电流相量图

Fig.2 Phasor diagram of Y,d11 transform differential protection

$$\begin{aligned} \dot{I}_{OP1} &= \left| \dot{I}_{A2}^{Y/} + k_{ph} \dot{I}_{A2}^{\Delta} \right| = 0 \\ \dot{I}_{OP2} &= \left| \dot{I}_{B2}^{Y/} + k_{ph} \dot{I}_{B2}^{\Delta} \right| = 0 \\ \dot{I}_{OP3} &= \left| \dot{I}_{C2}^{Y/} + k_{ph} \dot{I}_{C2}^{\Delta} \right| = 0 \end{aligned} \quad (2)$$

式中:  $k_{ph}$  为以高压侧为基准, 低压侧的平衡系数。即差动回路中流入比较元件的动作电流三相在理论上均为零, 保护不动作。

## 2 主变更换为 Y, y12 组别后差动 CT 接线与整定计算

### 2.1 差动 CT 接线分析

变电站进行扩容, 主变更换后绕组接线组别变位为: Y, y12, 高低压侧 CT 经更换后极性仍按常规要求接成负极性, 主变差动保护装置未更换, 仍采用原微机保护装置 (CDD-T11)。由于新变压器高、低压侧一次电流不存在相位差, 原保护装置软件设计专用 Y, d11 组变压器使用, 通过自身软件使高压侧二次电流逆时针偏移 30°, 这样通过差动电流互感器的负极性接线, 使高、低压侧的各相之间形成 150° 的夹角, 高低压各相差流不为零。

为使高低压侧二次电流夹角成 180° 的夹角, 此时必须设法使高压侧二次电流顺时针偏移 30° 夹角或使低压侧二次电流逆时针偏移 30° 夹角, 即必须采用外转角法, 改变变压器高压侧或低压侧 CT 二次接线。

现以改变主变低压侧二次接线进行分析:

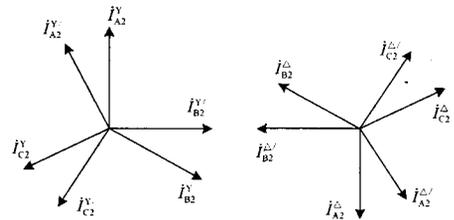


图 3 CT 接线修改后差动保护电流相量图

Fig.3 Phasor diagram of revised CT wiring

根据以上分析, 由图 3 相量图, 微机保护装置已通过自身软件使高压侧 CT 二次电流逆时针偏移 30°, 为使各相差动电流都等于零, 必须使低压侧 CT 二次电流也逆时针偏移 30°, 变成如图 3 所示的  $\dot{I}_{A2}^{\Delta/}$ 、 $\dot{I}_{B2}^{\Delta/}$ 、 $\dot{I}_{C2}^{\Delta/}$ , 即完成如式 (3) 的运算。

$$\begin{aligned} \dot{I}_{A2}^{\Delta/} &= \dot{I}_{A2}^{\Delta} - \dot{I}_{B2}^{\Delta} \\ \dot{I}_{B2}^{\Delta/} &= \dot{I}_{B2}^{\Delta} - \dot{I}_{C2}^{\Delta} \\ \dot{I}_{C2}^{\Delta/} &= \dot{I}_{C2}^{\Delta} - \dot{I}_{A2}^{\Delta} \end{aligned} \quad (3)$$

这样高、低压侧经转换后的各相二次电流就有 180° 的夹角, 各相相电流的矢量和 (差流值) 等于零, 即通过调整低压侧 CT 接线, 满足 (4) 式:

$$\begin{aligned} \dot{I}_{OP1} &= \left| \dot{I}_{A2}^{Y/} + k_{ph} \dot{I}_{A2}^{\Delta/} \right| = 0 \\ \dot{I}_{OP2} &= \left| \dot{I}_{B2}^{Y/} + k_{ph} \dot{I}_{B2}^{\Delta/} \right| = 0 \end{aligned} \quad (4)$$

$$\dot{I}_{OP3} = \left| \dot{I}_{C2}^{Y/} + k_{ph} \dot{I}_{C2}^{\Delta/} \right| = 0$$

根据式 (4), 公司保护班人员对低压侧的 CT

二次接线改成三角形接线, 抽头按 A 头 B 尾、B 头 C 尾、C 头 A 尾连接 (如图 4 所示) 连接, 电流幅值增加  $\sqrt{3}$  倍, 通过定值调整平衡系数后, 经试验及运行检验, 差流均在允许范围内。

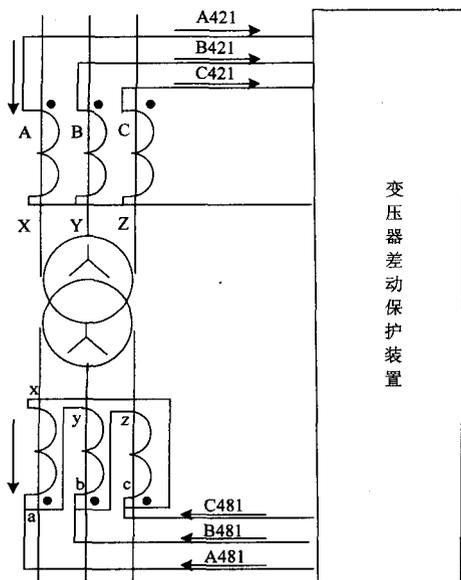


图 4 CT 接线修改原理图

Fig.4 Revised schematic diagram of CT wiring

## 2.2 差动保护整定计算

如图 4 所示, 变压器高压侧 CT 为星形接法, 由软件使各相相位逆时针偏移  $30^\circ$ , 由式 (1) 的软件算法, 幅值不变。低压侧 CT 二次电流通过三角形接线使各相相位逆时针偏移  $30^\circ$ , 各相幅值同时增加  $\sqrt{3}$  倍。因此必须对原保护装置的电流平衡系数计算方法进行调整, 才能消除不平衡电流对变压器差动保护的影响。

### 2.2.1 变压器各侧一次额定电流 $I_{1n}$ 与原算法相同

$$I_{1n} = \frac{S_n}{\sqrt{3}U_{1n}} \quad (5)$$

式中:  $S_n$  为变压器额定容量,  $U_{1n}$  为本侧额定线电压。

### 2.2.2 变压器各侧电流互感器的二次计算电流

$$\text{高压侧: } I_{2n} = \frac{I_{1n}}{n_{CT}} \quad (6)$$

$$\text{低压侧: } I_{2n} = \sqrt{3} \frac{I_{1n}}{n_{CT}} \quad (7)$$

式中:  $n_{CT}$  为本侧电流互感器变比。

### 2.2.3 计算电流平衡系数 $K$

以变压器高压侧为基准, 对低压侧电流互感器变比进行计算调整, 平衡系数按式 (8) 计算:

$$k = \frac{I_{2n\text{高}}}{I_{2n\text{低}}} \quad (8)$$

将式 (5)、(6)、(7) 代入式 (8), 得:

$$k = \frac{U_{\text{低}} n_{CT\text{低}}}{\sqrt{3} U_{\text{高}} n_{CT\text{高}}} \quad (9)$$

由式 (9) 的推导, 由于低压侧电流互感器接成星形, 输入保护装置的各相电流增大  $\sqrt{3}$  倍, 以高压侧为基准侧, 低压侧平衡系数较原来也相应减少  $\sqrt{3}$  倍。

### 2.2.4 计算差动启动电流

变压器高压侧 CT 为星形接法, 由软件使各相相位逆时针偏移  $30^\circ$ , 由式 (1) 的软件算法, 幅值不变, 所以差动保护启动电流整定方法不变。若采用以调整高压侧 CT 接线, 将高压侧 CT 接成三角形接线, 则变压器高压侧 CT 二次计算电流增加  $\sqrt{3}$  倍, 差动保护启动电流也应相应增加  $\sqrt{3}$  倍。

## 3 差动保护装置接线测试

目前国内的主要微机型测试仪有三路电流和六路电流两种, 六路电流一般是专为做差动而设计, 测试时接线、设置都比较简单, 可以同时检测两侧三相。但是大部分测试仪只能提供三路电流。只能分相进行检测, 而且由于多数保护装置的软件采用“内转角”法, 在测试过程中还要防止其它相的误动作, 接线、设置较为复杂。一般推荐采用六路电流输出的保护试验装置, 这种提供六路电流的测试仪, 可以非常方便地对变压器的正常运行状态进行模拟, 具体测试仪模拟正常运行状态的测试方法如下:

(1) 在模拟双绕组变压器正常运行星-星两侧电流时, 由于不考虑相位校正及幅值校正问题, 模拟时只要将测试仪输出的两组三相电流均以正极性接入保护装置, 对应相的电流相角差设为  $180^\circ$ , 电流值设为变压器两侧的额定电流即可, 此时保护装置应显示无差动电流。

(2) 对于采用 Y、d 接线的变压器, 如差动保护装置采用外转角进行相位校正, 同样应将测试仪输出的两组三相电流值均以正极性接入保护装置, 对应相的电流相角差设为  $180^\circ$ , 但 Y 侧电流值应为该侧额定电流缩小  $\sqrt{3}$  倍,  $\Delta$  侧电流值仍为该侧额定电流值。此时保护装置应显示无差动电流。

(3) 如差动保护采用内转角的方法对变压器两侧进行相位校正, 则应将测试仪输出的两组三相电流均以正极性接入保护装置, 但电流相角差不再是  $180^\circ$ , 而应根据接线组别进行相应的调整。对于 Y,

d11 接线组别, 应设置 Y 侧电流超前 Δ 侧对应相电流 150°, 电流值分别为变压器两侧的额定电流, 此时保护装置应显示无差动电流。

(4) 对于三绕组变压器, 应分别对高一中, 高一低, 中—低压侧进行模拟, 方法与双绕组变压器模拟方法相同。

### 4 结束语

差动保护是保证变压器安全可靠运行的重要因素, 本文通过对改变接线组别后变压器差动保护 CT 接线和保护平衡系数计算方法的分析, 并通过现场实际运行检验, 不平衡电流保持在允许范围内, 变压器运行一年多来未发生差动保护误动作事故, 保证了电网的安全可靠运行。

### 参考文献

[1] 王维俭. 电气主设备继电保护原理与应用[M]. 北京: 中

国电力出版社, 1998.

WANG Wei-jian. Electrical Main Equipment Protection Principle and Application[M]. Beijing: China Electric Power Press, 1998.

[2] 王梅义. 电网继电保护应用[M]. 北京: 中国电力出版社, 1998.

WANG Mei-yi. Power System Protection Application[M]. Beijing: China Electric Power Press, 1998.

[3] 李宏任. 实用继电保护[M]. 北京: 机械工业出版社, 2002.

LI Hong-ren. Applied Protection[M]. Beijing: China Machine Press, 2002.

收稿日期: 2009-02-27

作者简介:

侯元文(1973-), 男, 工程师, 长期从事电力系统继电保护整定计算和运行管理工作. E-mail: hyw689292@sohu.com

(上接第 107 页 continued from page 107)

HE Zhao. A Discussion on Scheme of Improving Structure of East China Power Grid to Reduce Short-circuit Capability[J]. Power System Technology, 2004, 28(2): 28-31(in Chinese).

[5] 叶琳, 戴彦. 短路电流限制技术在浙江电网的应用[J]. 华东电力, 2005, 33(5): 23-26.

YE Lin, DAI Yan. Application of Short-circuit Current Limitation Technology in Zhejiang Power Grid[J]. East China Electric Power, 2005, 33(5): 23-26(in Chinese).

[6] 李明, 张小青. 电力系统故障限流器技术的研究[J]. 电气时代, 2005, (4): 54-56.

LI Ming, ZHANG Xiao-qing. Studies on Fault Current Limiter of Power System[J]. Electric Age, 2005, (4): 54-56(in Chinese).

[7] 陆建忠, 张啸虎. 加强电网规划, 优化电网结构, 限制短路电流[J]. 华东电力, 2005, 33(5): 292-295.

LU Jian-zhong, ZHANG Xiao-hu. Idea on Plannig for Short-circuit Current Limitation[J]. East China Electric Power, 2005, 33(5): 292-295(in Chinese).

[8] 刘树勇, 顾强, 李晓辉, 等. 天津电网 500 / 220kV 电磁环网解环问题研究[J]. 华北电力技术, 2008(1): 51-54.

LIU Shu-yong, GU Qiang, LI Xiao-hui, et al. Research on Opening of s00 / 220 kV Electromagnetic Loop in Tianj in Power Network[J]. North China Electrical Power, 2008(1): 51-54.

[9] 刘树勇, 顾强, 张丽娟, 等. “十一五”期间天津 500/220kV 电网分区供电方案[J]. 电网技术, 2008, 32(9): 51-55.

LIU Shu-yong, GU Qiang, ZHANG Li-juan, et al. Research on 500/220kV Network Partition of Tianjin during the 11th Five-Year Plan[J]. Power System Technology, 2008, 32(5): 51-55(in Chinese).

收稿日期: 2009-04-13; 修回日期: 2009-07-13

作者简介:

刘树勇(1978-), 男, 硕士, 工程师, 从事电网规划和电力系计算分析工作. E-mail: lsy78@126.com

(上接第 114 页 continued from page 114)

[4] 张保会, 等. 电力系统继电保护[M]. 北京: 中国电力出版社, 2005.

ZHANG Bao-hui, et al. Power System Protection[M]. Beijing: China Electric Power Press, 2005.

苏海涛(1982-), 男, 硕士研究生, 从事变电运行工作; E-mail: suht2006@126.com

侯群宝(1964-), 男, 高级工程师, 从事变电运行管理工作;

董孝平(1962-), 男, 高级工程师, 从事变电运行管理工作。

收稿日期: 2009-08-04; 修回日期: 2009-09-02

作者简介: