

一种改进的变压器比率差动校验方法

卢睿

(重庆市杨家坪供电局, 重庆 400050)

摘要: 分析了南瑞、南自、四方三家比率差动保护原理, 在此基础上提出一种改进的比率差动校验方法, 该方法是基于差动制动状态逐步逼近动作边界的思路, 仅利用三相电流便能实现差动保护全状态校验, 而且适用于各厂家的不同保护装置。在提高准确性的同时也大幅提高了检验效率。通过校验操作实例验证了该方法的易用性与准确性。

关键词: 变压器; 差动保护; 比率差动; 校验

An improved testing method of transformer differential protection of ratio braking style

LU Rui

(Yangjiaping Power Supply Bureau, Chongqing 400050, China)

Abstract: This paper analyses the principle of differential protection devices produced by three main manufacturers in China. Then an improved testing method of ratio differential protection is derived, which is based on the principle of approaching the boundary of ratio braking status. This method can be easily performed by using three phase instrument, and can be applied to different kinds of protection devices. The method obviously improves test efficiency as well as its accuracy. Finally, a test example is performed to verify the practicability and accuracy of this method.

Key words: transformer; differential protection; ratio-differential; test

中图分类号: TM77 文献标识码: B 文章编号: 1674-3415(2010)09-0141-06

0 引言

随着用电负荷增长, 变电站新建及技改工程逐渐增多, 这对继保人员的检验效率及准确性提出了更高要求。目前重庆杨家坪供电局所辖 220 kV、110 kV 变电站的主变保护主要采用南瑞、南自、四方等厂家的微机保护装置。各厂家的保护装置关于比率差动部分的算法复杂且原理各异, 给现场调试人员造成了较大困扰。本文针对杨家坪供电局所采用的三种主流差动保护, 在分析各自补偿、制动算法的基础上提出了一种改进的通用型校验方法, 在提高准确性的基础上也大幅提高了检验效率。

1 对差动平衡问题的进一步探讨

1.1 关于平衡系数

差动保护装置利用软件计算的平衡系数将各侧电流归算到某一侧, 以抵消变压器及 CT 变比产生的不平衡差流。然而各厂家对此平衡系数的描述存在较大差异, 造成保护校验人员理解有出入, 几处值得注意的问题是:

(1) 南自 PST-1200 和四方 CSC-326 的平衡系数计算思路是将各侧电流归算到高压侧, 即:

高压侧平衡系数=1

中压侧平衡系数= $\frac{\text{中压侧CT变比} \times \text{中压侧额定线电压}}{\text{高压侧CT变比} \times \text{高压侧额定线电压}}$

低压侧平衡系数= $\frac{\text{低压侧CT变比} \times \text{低压侧额定线电压}}{\text{高压侧CT变比} \times \text{高压侧额定线电压}}$

CSC-326 严格遵循上述关系式; 而 PST-1200 对 Y 侧的平衡系数再乘以 $1/\sqrt{3}$, 这是将相位补偿算法中的 Δ 对 Y 侧 $\sqrt{3}$ 倍电流关系纳入到平衡系数中, 其相位补偿算法中将不再有 $\sqrt{3}$ 倍关系。无论是纳入到平衡系数还是相位补偿算法中, 对差动保护的校验结果均没有影响。

(2) 南瑞 RCS-978 装置中为了保证平衡系数的计算精度, 其所取基准侧并非固定不变, 而是与变压器各侧的二次额定电流 I_e 大小有关:

$$I_e = \frac{S}{\sqrt{3} * U * n_{TA}}$$

其中: S 为变压器容量; U 为各侧的一次额定线电压; n_{TA} 是各侧 CT 变比。设 I_{emax} 和 I_{emin} 分别是变

压器的最大额定二次电流和最小额定二次电流，RCS-978 按照以下原则选择基准侧：

若 $I_{\text{emax}} > 4I_{\text{emin}}$ ，则取 I_{emin} 侧为基准，其平衡系数为 4，

$$\text{各侧平衡系数} = 4 * \frac{\text{各侧CT变比} * \text{各侧额定线电压}}{I_{\text{emin}} \text{侧CT变比} * I_{\text{emin}} \text{侧额定线电压}}$$

若 $I_{\text{emax}} < 4I_{\text{emin}}$ ，则取 I_{emax} 侧为基准，其平衡系数为 1，

$$\text{各侧平衡系数} = \frac{\text{各侧CT变比} * \text{各侧额定线电压}}{I_{\text{emax}} \text{侧CT变比} * I_{\text{emax}} \text{侧额定线电压}}$$

1.2 相位补偿的简化

为防止 10 kV 侧用户谐波源向输电系统倒送引起波形畸变，变压器采用 Y/Δ 接线来隔离三次谐波。由此产生了高低压侧电流相位的旋转。差动保护对 Y/Δ 两侧二次电流的相位补偿是一个复平面问题，补偿后的电流在相位、幅值上均受三相电流相互影响，而目前供电局继保专业所使用试验仪器的电流输出多为三相，很难实现用三相对称电流来校验比率制动特性；同时各厂家的相位补偿算法存在差异，导致了保护人员在试验上的困难。

为了提高差动校验的便利性与直观性，我们将不同装置的三相复平面电流相位补偿问题转化为统一的单相电流代数问题，现归纳如下（以常见的 Y/Δ-11 型接法为例，所使用试验仪器提供三相电流输出，其幅值和相位可独立调节）：

(1) 对 Δ 侧相位补偿的简化

南瑞 RCS-978 差动保护采用在 Δ 侧进行二次电流相位补偿，并且在 Y 侧电流加上零序修正量 ($-I_0$)，此举是因为 Δ 侧零序电流无法流出（内部环流），而 Y 侧可以流通，当主变发生 Y 侧区外接地故障时，可以防止差动保护误动。其相位补偿换算关系是：

$$\text{Y 侧: } \overline{I_{\text{AH}}} = \overline{I_{\text{ah}}} - \overline{I_{\text{0h}}}$$

$$\overline{I_{\text{BH}}} = \overline{I_{\text{bh}}} - \overline{I_{\text{0h}}}$$

$$\overline{I_{\text{CH}}} = \overline{I_{\text{ch}}} - \overline{I_{\text{0h}}}$$

$$\Delta \text{ 侧: } \overline{I_{\text{AL}}} = (\overline{I_{\text{al}}} - \overline{I_{\text{cl}}}) / \sqrt{3}$$

$$\overline{I_{\text{BL}}} = (\overline{I_{\text{bl}}} - \overline{I_{\text{al}}}) / \sqrt{3}$$

$$\overline{I_{\text{CL}}} = (\overline{I_{\text{cl}}} - \overline{I_{\text{bl}}}) / \sqrt{3}$$

其中： $\overline{I_{\text{AH}}}$ 、 $\overline{I_{\text{BH}}}$ 、 $\overline{I_{\text{CH}}}$ 、 $\overline{I_{\text{AL}}}$ 、 $\overline{I_{\text{BL}}}$ 、 $\overline{I_{\text{CL}}}$ 是装置内部经软件相位补偿之后的差动电流； $\overline{I_{\text{ah}}}$ 、 $\overline{I_{\text{bh}}}$ 、 $\overline{I_{\text{ch}}}$ 、 $\overline{I_{\text{al}}}$ 、 $\overline{I_{\text{bl}}}$ 、 $\overline{I_{\text{cl}}}$ 是

从 CT 二次绕组流入装置的二次电流，下标 H、h 代表高压侧（Y 侧），L、l 代表低压侧（Δ 侧）。

$$\overline{I_{\text{0h}}} = (\overline{I_{\text{ah}}} + \overline{I_{\text{bh}}} + \overline{I_{\text{ch}}}) / 3, \text{ 即 Y 侧零序电流。}$$

为了将其简化为单相电流代数问题，试验中施加电流方法如下：

Y 侧：为避免零序电流使三相电流相互影响，采用两组幅值相同但相位相差 180° 的电流 I_{*h} 和 $-I_{*h}$ 分别加入 I_{ah} 和 I_{bh} ，这样：

$$\overline{I_{\text{0h}}} = \frac{(\overline{I_{\text{ah}}} + \overline{I_{\text{bh}}} + \overline{I_{\text{ch}}})}{3} = \frac{I_{*h} - I_{*h} + 0}{3} = 0$$

$$\overline{I_{\text{AH}}} = \overline{I_{\text{ah}}} - \overline{I_{\text{0h}}} = I_{*h}$$

$$\overline{I_{\text{BH}}} = \overline{I_{\text{bh}}} - \overline{I_{\text{0h}}} = -I_{*h}$$

$$\overline{I_{\text{CH}}} = \overline{I_{\text{ch}}} - \overline{I_{\text{0h}}} = 0$$

Δ 侧：用仪器的第三组电流输出大小为 I_{*l} 的电流进入 I_{al} ，相位与加入 I_{ah} 的电流相同，这样：

$$\overline{I_{\text{AL}}} = (\overline{I_{\text{al}}} - \overline{I_{\text{cl}}}) / \sqrt{3} = I_{*l} / \sqrt{3}$$

$$\overline{I_{\text{BL}}} = (\overline{I_{\text{bl}}} - \overline{I_{\text{al}}}) / \sqrt{3} = -I_{*l} / \sqrt{3}$$

$$\overline{I_{\text{CL}}} = (\overline{I_{\text{cl}}} - \overline{I_{\text{bl}}}) / \sqrt{3} = 0$$

$$\text{由上述关系可知, } \frac{\overline{I_{\text{AH}}}}{\overline{I_{\text{AL}}}} = -\frac{\overline{I_{\text{BH}}}}{\overline{I_{\text{BL}}}}$$

于是，我们将三相矢量电流问题简化为单相电流的代数问题，只需研究 A 相差动电流 I_{dA} 即可，即：

$$I_{\text{dA}} = I_{\text{AH}} + I_{\text{AL}} = I_{*h} + I_{*l} / \sqrt{3}$$

当 $I_{*h} = -I_{*l} / \sqrt{3}$ 时，差动电流为零。

(2) 对 Y 侧相位补偿的简化

以南自 PST1200、四方 CSC-326 为代表的主变差动保护采用在 Y 侧进行二次电流相位补偿，归算到 Δ 侧。其关系是：

$$\text{Y 侧: } \overline{I_{\text{AH}}} = (\overline{I_{\text{ah}}} - \overline{I_{\text{bh}}}) / \sqrt{3}$$

$$\overline{I_{\text{BH}}} = (\overline{I_{\text{bh}}} - \overline{I_{\text{ch}}}) / \sqrt{3}$$

$$\overline{I_{\text{CH}}} = (\overline{I_{\text{ch}}} - \overline{I_{\text{ah}}}) / \sqrt{3}$$

$$\Delta \text{ 侧: } \overline{I_{\text{AL}}} = \overline{I_{\text{al}}}$$

$$\overline{I_{\text{BL}}} = \overline{I_{\text{bl}}}$$

$$\overline{I_{\text{CL}}} = \overline{I_{\text{cl}}}$$

试验中施加电流如下:

Y 侧: 在其 A 相加入电流 I_{*h} , 从而有

$$\begin{aligned} \overline{I_{AH}} &= I_{*h} / \sqrt{3} \\ \overline{I_{BH}} &= 0 \\ \overline{I_{CH}} &= -I_{*h} / \sqrt{3} \end{aligned}$$

Δ 侧: 在 A、C 两相加入相位与 I_{*h} 相同, 幅值分别为 I_{*1} 与 $-I_{*1}$ 的电流, 于是

$$\begin{aligned} \overline{I_{AL}} &= I_{*1} \\ \overline{I_{BL}} &= 0 \\ \overline{I_{CL}} &= -I_{*1} \end{aligned}$$

因此, $\overline{I_{AH}} = -\overline{I_{CH}}$, $\overline{I_{AL}} = -\overline{I_{CL}}$ 。从而同样将三相矢量电流问题简化为单相电流代数问题, 只需研究 A 相差流 I_{dA} 即可。

$$I_{dA} = I_{AH} + I_{AL} = I_{*h} / \sqrt{3} + I_{*1}$$

于是, 我们将各厂家保护装置的差流计算公式统一为简单的单相代数形式, 从而方便了下文比率制动曲线的校验。

2 比率制动曲线的校验

2.1 传统校验方法的不足

传统的比率制动曲线校验方法是: 在保护装置两侧加入电流, 根据比率制动曲线事先计算出制动边界的动作点, 利用相位补偿的逆运算反求出应施加的归算电流值, 再通过平衡系数将此电流值转化为实际二次电流, 最后通过验证此电流值的动作与否来校验比率制动曲线。这种方法的缺点在于:

1) 计算量大, 效率很低。由于制动电流和差动电流的计算式里含有绝对值与最大值, 而且制动曲线是由几段斜率不同的线段构成, 每段斜线都有自己的边界点, 这就导致了在解各种不等式方程组时, 常常出现无解或者计算出的电流值超出斜线边界的情况。如此往复, 占用了大量校验时间。

2) 准确性欠佳。计算出的动作点只是理论上的制动边界点, 而非装置的实际动作边界。调试人员不能简单依据保护装置在这些点的动作与否来判断装置的真实运行状况。

针对以上这些不足, 本文从装置在比率制动坐标图中的实际运行点着手, 利用运行点从“制动区”到“动作边界”再到“动作区”的逼近思想, 完成对差动保护装置的全状态校验。下面以 1.2 节所述相位补偿简化为基础, 对其原理进行阐述。

2.2 南瑞 RCS-978 制动状态分析

RCS-978 变压器差动保护的比率制动特性如图 1 所示。

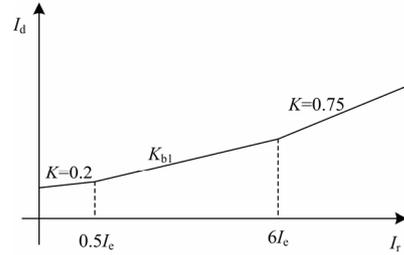


图 1 RCS-978 比率差动制动特性
Fig.1 Character of RCS-978 ratio-differential protection
when $I_r = 0.5 \sum_{i=1}^m |I_i|$, $I_d = |\sum_{i=1}^m I_i|$

图中: $I_r = 0.5 \sum_{i=1}^m |I_i|$, $I_d = |\sum_{i=1}^m I_i|$ 。

研究该制动特性曲线: 假设加入的电流 I_{*h} 固定不变, I_{*1} 的相位设定与 I_{*h} 相同, 而幅值可变(可正可负, 为负时等同于相位反相), 此时有:

$$I_r = 0.5 (I_{*h} + |I_{*1} / \sqrt{3}|) \quad (1)$$

$$I_d = |I_{*h} + I_{*1} / \sqrt{3}| \quad (2)$$

对式 (1) 和式 (2), 就单次试验来说, 变量是 I_{*1} ; 而 I_{*h} 是一个给定的正数。这里不妨将 $I_{*1} / \sqrt{3}$ 看作变量, 作为 X 轴; 将差流值作为 Y 轴; 同时将 I_{*h} 看作一个常数。于是我们可以在坐标轴上描绘出差动电流 I_d 随 $I_{*1} / \sqrt{3}$ 变化的关系如图 2。

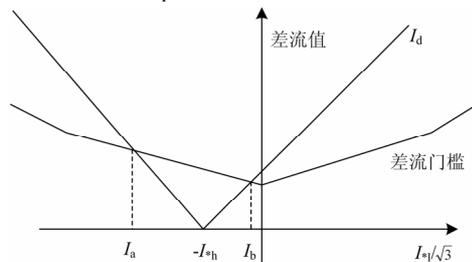


图 2 RCS-978 的 I_d 和差流门槛随 $I_{*1} / \sqrt{3}$ 变化关系图
Fig.2 The relation between $I_{*1} / \sqrt{3}$ and differential current of RCS-978

差动保护动作的条件是: I_d 大于与之对应的差流门槛值, 此差流门槛可通过如下方法确定, 变量 $I_{*1} / \sqrt{3}$ 通过式 (1) 映射到 I_r , 再由 I_r 通过比率制动曲线(图 1)映射到对应的差流门槛。由于两次映射均为线性映射, 所以变量 $I_{*1} / \sqrt{3}$ 和差流门槛之间仍为线性关系, 我们可以在坐标轴中画出差流门槛随 $I_{*1} / \sqrt{3}$ 变化的关系如图 2。

从图 2 及式 (1)、(2) 可见, I_d 曲线过零点, 其斜率为 1; 而差流门槛的值恒大于零, 且其斜率 (0.5 倍比率制动系数) 恒小于 1, 所以差流门槛曲线和 I_d 曲线必定有交点; 在图 2 中当 $I_{*1} < \sqrt{3}I_a$ 或 $I_{*1} > \sqrt{3}I_b$ 时, 满足差动电流 I_d 大于差流门槛, 保护动作。动作的边界点就是 $I_{*1} = \sqrt{3}I_a$ 和 $I_{*1} = \sqrt{3}I_b$ 。因此, RCS-978 装置运行点从差动电流 $I_d = 0$ 开始, 逐步向制动边界逼近, 直到跨越制动边界进入动作区。

2.3 南自 PST-1200 制动状态分析

南自 PST-1200 比率差动保护的制动特性如图 3 所示。

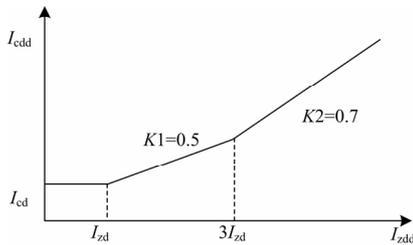


图 3 PST-1200 比率差动制动特性

Fig.3 Character of PST-1200 ratio-differential protection when

$$I_{cdd} = |I_1 + I_2|, I_{zdd} = \max(|I_1|, |I_2|)$$

图中: $I_{cdd} = |I_1 + I_2|$, $I_{zdd} = \max(|I_1|, |I_2|)$ 。

根据保护的制动特性: 假设加入的电流 I_{*1} 固定不变, I_{*h} 的相位设定与 I_{*1} 相同, 其值可正可负, 此时有:

$$I_{zdd} = \max(|I_{*h} / \sqrt{3}|, |I_{*1}|) \quad (3)$$

$$I_{cdd} = |I_{*h} / \sqrt{3} + I_{*1}| \quad (4)$$

现在 $I_{*h} / \sqrt{3}$ 是变量, 而 I_{*1} 可看作一个常数, 因而式 (3) 是一个分段式线性函数。于是我们可以根据 2.2 节的原理, 利用函数映射关系在坐标系上描绘出差动电流 I_{cdd} 和差流门槛随 $I_{*h} / \sqrt{3}$ 变化的关系如图 4。

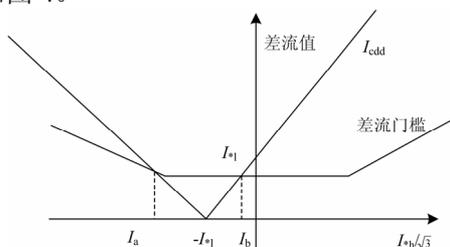


图 4 PST-1200 的 I_{cdd} 和差流门槛随 $I_{*h} / \sqrt{3}$ 变化关系图

Fig.4 Relation between $I_{*h} / \sqrt{3}$ and differential current of PST-1200

从图 4 及式 (3)、(4) 可见, 差流门槛曲线的最低点其值不小于 I_{cd} (差动启动电流), 且其斜率 (比率制动系数) 小于 1, 而 I_{cdd} 过零点且斜率为 1, 所以差流门槛曲线和 I_{cdd} 曲线必有交点。在图 4 中当 $I_{*h} < \sqrt{3}I_a$ 或 $I_{*h} > \sqrt{3}I_b$ 时, 满足差动电流 I_{cdd} 大于差流门槛, 保护动作。因此, PST-1200 装置运行点从差流 $I_{cdd} = 0$ 开始, 逐步向制动边界逼近, 直到跨越制动边界进入动作区。

2.4 四方 CSC-326 制动状态分析

CSC-326 比率差动动作特性如图 5 所示。

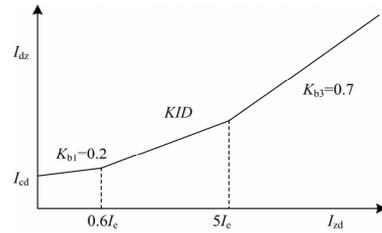


图 5 CSC-326 比率差动制动特性

Fig.5 Character of CSC-326 ratio-differential protection when

$$I_{dz} = \sum_{i=1}^N I_i, I_{zd} = 0.5 |I_{max} - \sum I_i|, \sum I_i \text{ is the sum of the current except } I_{max}$$

图中: $I_{dz} = \sum_{i=1}^N I_i$, $I_{zd} = 0.5 |I_{max} - \sum I_i|$, $\sum I_i$ 为其它侧 (除最大相电流侧) 相电流之和。

假设加入的电流 I_{*1} 固定不变, I_{*h} 的相位设定与 I_{*1} 相同, 其值可正可负, 此时有:

$$I_{zd} = 0.5 |I_{*h} / \sqrt{3} - I_{*1}| \quad (5)$$

$$I_{dz} = |I_{*h} / \sqrt{3} + I_{*1}| \quad (6)$$

现在 $I_{*h} / \sqrt{3}$ 是变量, 而 I_{*1} 可看作一个常数, 同样根据 2.2 节原理, 利用函数映射关系在坐标系上描绘出差动电流 I_{dz} 和差流门槛随 $I_{*h} / \sqrt{3}$ 变化的关系如图 6。

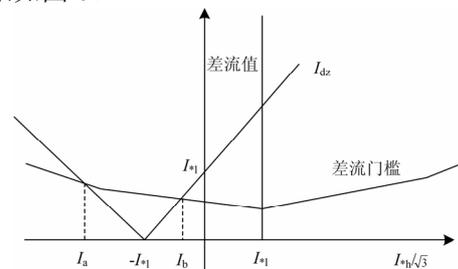


图 6 CSC-326 的 I_{dz} 和差流门槛随 $I_{*h} / \sqrt{3}$ 变化关系图

Fig.6 Relation between $I_{*h} / \sqrt{3}$ and differential current of CSC-326

从图 6 及式 (5)、(6) 可见, 差流门槛曲线的最低点其值为 I_{cd} (差动启动电流), 且其斜率 (0.5 倍比率制动系数) 小于 1, 而 I_{dz} 过零点且斜率为 1, 所以差流门槛曲线和 I_{dz} 曲线必有交点。在图 6 中当 $I_{*h} < \sqrt{3}I_a$ 或者 $I_{*h} > \sqrt{3}I_b$ 时, 满足差流 I_{dz} 大于差流门槛, 保护动作。因此, CSC-326 装置运行点从差动电流 $I_{dz} = 0$ 开始, 逐步向制动边界逼近, 直到跨越制动边界进入动作区。

2.5 通用校验方法

根据对以上三种装置的制动状态与动作行为分析, 我们归纳出一种验证差动保护比率制动特性的通用方法:

1) 计算 Y 侧和 Δ 侧各自的平衡系数 K_H 、 K_L 。

2) 对 Y 侧相位补偿的装置: 在 Δ 侧 A、C 相加入幅值为 I_{*1} 、相位相反的电流, 在 Y 侧 A 相加入幅值为 I_{*h} 、相位与 Δ 侧 A 相相反的电流。

对 Δ 侧相位补偿的装置: 在 Y 侧 A、B 相加入幅值为 I_{*h} 、相位相反的电流, 在 Δ 侧 A 相加入幅值为 I_{*1} 、相位与 Y 侧 A 相相反的电流。

3) 对 Y 侧相位补偿的装置: I_{*1} 取一系列由小增大的离散值, 每取一值, 使 $I_{*h} = \frac{\sqrt{3}K_L I_{*1}}{K_H}$ (此时差动电流为 0), 并逐渐减小, 直至保护动作, 记下动作点。

对 Δ 侧相位补偿的装置: I_{*h} 取一系列由小增大的离散值, 每取一值, 使 $I_{*1} = \frac{\sqrt{3}K_H I_{*h}}{K_L}$ (此时差动电流为 0), 并逐渐减小, 直至保护动作, 记下动作点。

4) 将记下的一系列动作点与比率制动曲线进行比对, 即可迅速验证差动保护的比率制动特性。

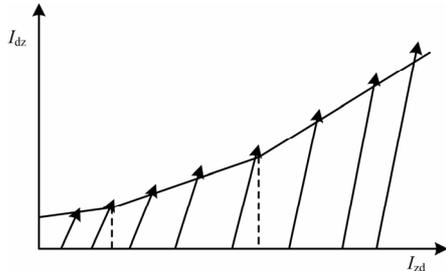


图 7 保护装置在制动坐标图中的运行点及其移动轨迹示意图

Fig.7 Protection status and its locus on the coordinate plane in the test

每次校验时, 保护装置在制动坐标图中的运行点及其移动轨迹如图 7 中的箭头所示。可见, 只要初始点取得足够多, 理论上装置运行点可以布满制动边界及以下的所有区域, 从而能够测试出制动特性曲线上的所有点, 完整地验证整条制动特性曲线。

3 比率制动校验举例

参与计算的变压器电压等级为 110 kV, Y_0/Δ -11 双绕组接线方式, 差动保护型号为南自 PST-1200, 保护相关整定值如表 1。

表 1 PST-1200 保护算例相关参数

Tab.1 Parameter of PST-1200

定值名称	代码	整定值
差动作电流	ICD	2.5 A
速断动作电流	ISD	21 A
高压侧额定电压	HDY	110 kV
高压侧 CT 变比	HCT	300
低压侧额定电压	LDY	10.5 kV
低压侧 CT 变比	LCT	3 000

校验流程如下:

1) 计算 K_H 、 K_L 。

$$K_H=1, K_L=(LCT*LDY)/(HCT*HDY)=0.95$$

2) 在 Δ 侧 A、C 相加入幅值为 I_{*1} 、相位相反的电流, 在 Y 侧 A 相加入幅值为 I_{*h} 、相位与 Δ 侧 A 相相反的电流。

3) I_{*1} 取一系列由小增大的离散值, 每取一值, 使 $I_{*h} = \frac{\sqrt{3}K_L I_{*1}}{K_H} = 1.65I_{*1}$ (此时差流为 0), 并逐渐减小, 直至保护动作, 动作点的电流数值如表 2 (仅须记录 A 相)。

表 2 PST-1200 保护算例动作点的实测数值

Tab.2 Test results of PST-1200

动作点序号	低压侧施加电流 I_{*1}/A	高压侧施加电流 I_{*h}/A	差动电流 I_{cd}/A	制动电流 I_{zd}/A
1	3.000	0.60	2.506	2.85
2	5.000	2.75	3.141	4.75
3	7.000	4.45	4.077	6.65
4	9.000	6.05	5.038	8.55
5	11.000	7.65	6.000	10.45

4) 将以上动作点与 PST-1200 比率制动特性曲线比对相吻合, 并可判断出这些点散布在比率制动第一和第二段斜线上 (制动系数分别为 $K_0=0$ 和

$K_1=0.5$)。

需要注意的是, 校验时需将 PST-1200 控制字“CT 断线闭锁差动”临时整定为 0, 否则会因装置判 CT 断线而闭锁保护动作。

4 结语

本文基于南瑞 RCS-978、南自 PST-1200、四方 CSC-326 主变比率差动保护的原理及算法特点, 提出了一种适用于各厂家保护装置的比率差动校验方法, 其优点在于:

1) 利用普通试验装置的三相电流输出, 变三相电流复平面问题为单相电流代数问题, 易于保护人员理解和掌握。

2) 在操作时, 不须事先计算动作点, 而是在试验中实时掌控保护装置的运行状态 (可从保护装置实时读出差流等值的大小)。并在运行状态逐步逼近动作边界的过程中实际测出动作点, 不仅客观性和准确性更高、反映的状态信息更多, 而且大幅提高了检验效率。

3) 通用性及适应性强, 该方法不仅限于文中所述三种保护装置, 更可推广到具有相同相位补偿原理及相似比率制动特性的其它保护装置, 比如深圳南瑞 ISA-300 系列的主变差动保护等。

参考文献

[1] 徐建友. 两种型号主变压器微机差动保护检验方法的比较[J]. 安徽电力科技信息, 2007(3).

[2] 丁玲允, 胡晶晶. 变压器比率差动保护原理及校验方法 [J]. 继电器, 2007, 35(12): 67-70.

DING Ling-yun, HU Jing-jing. Differential Protection Principles of Transformer of Ratio Braking Style and Its Measuring Method[J]. Relay, 2007, 35(12): 67-70.

收稿日期: 2009-06-09; 修回日期: 2009-08-04

作者简介:

卢睿 (1981-), 男, 工程师, 硕士, 现从事电力系统继电保护安装、调试与定检维护工作。E-mail: luxray@126.com

(上接第 140 页 continued from page 140)

Xinyi Power Supply Bureau. The Plan for Xinyi Low and Medium Voltage Distribution Network (2009 - 2015)[Z]. Xinyi: 2009.

[2] 雷英杰, 张善文, 李继武, 等. matlab 遗传算法工具箱及应用[M]. 西安: 西安电子科技大学出版社, 2005.

LEI Ying-jie, ZHANG Shan-wen, LI Ji-wu, et al. Genetic Algorithm Optimization Toolbox for Matlab and Its Application[M]. Xi'an: Xi'an Electronic Science and Technology University Press, 2005.

[3] Federico Milano. Power System Analysis Toolbox Quick Reference Manual for PSAT version 2.1.2[M]. Italy: 2008.

[4] 中国电力科学研究院. PSD-BPA 潮流程序用户手册 [M]. 北京: 2005.

China Electric Power Research Institute. Power Flow

Program User Manual for PSD-BPA[M]. Beijing: 2005.

[5] 乔蕾, 郭力, 张尧, 等. 基于最优潮流的分布式小水电无功考核方法[J]. 电力系统及其自动化学报, 2008, 20(2): 92-97.

QIAO Lei, GUO Li, ZHANG Yao, et al. Estimated Means of Reactive Power for Distributed Small Hydro Stations Based on Optimal Power Flow[J]. Proceedings of the CSU-EPSCA, 2008,20(2): 92-97.

收稿日期: 2009-11-29; 修回日期: 2010-01-04

作者简介:

刘艺 (1964-), 女, 讲师, 研究方向为电力系统运行分析与控制; E-mail: liuyi@gdut.edu.cn

叶胜 (1981-), 男, 硕士研究生, 从事电力系统运行分析与控制研究工作;

彭显刚 (1964-), 男, 副教授, 硕士生导师, 主要从事电力系统优化运行方面的研究。