

微机型变压器差动保护中平衡系数对差动门槛整定值的影响

刘 璐，赵小迪，徐沛平

(徐州供电公司，江苏 徐州 221000)

摘 要：差动保护作为电气主设备内部故障的主保护方案，在变压器继电保护中有着重要的地位。变压器差动保护整定计算中有着自身的特点和难点。本文着重对变压器差动保护中平衡系数对差动门槛整定的影响进行了研究。在平衡系数计算中，基本侧选取不同，将直接影响差动门槛（差动保护最小动作电流）的整定。本文探讨了目前存在的四种基本侧选择方式，并提出了差动门槛整定与基本侧的对应关系，以便更合理地整定不同保护装置的差动门槛。

关键词：变电器差动保护；整定计算；平衡系数；差动门槛

0 引言

差动保护在变压器上的应用，相比发电机等其他主设备而言，有许多的特点和难点。这是由于变压器具有两个及两个以上的电压等级；以及由变压器线圈接线方式不相同和构成差动保护所用电流互感器的额定参数各不相同而产生的不平衡电流比较大。变压器正常运行时的励磁电流，是不平衡电流不可消除的来源之一。根据电力系统运行的需要而调节变压器的分接头，又会加大变压器差动保护中的不平衡电流。当变压器空载投入或外部故障切除后电压恢复时，可能会出现很大的励磁涌流。变压器的差动保护需要采取相应的措施抑制励磁涌流的影响。

变压器高、低绕组的匝间短路时，虽然短路环中电流很大，但流入差动保护中的电流可能不大。而且发生匝间短路时，变压器仍带有负荷，也就是说变压器内部短路故障时还是有流出电流。这些都影响差动保护的灵敏性。

1 变压器差动保护中的平衡系数

1.1 平衡系数的引入

对具有多电压等级的变压器而言，短路功率的流动的正方向，都规定以母线流向变压器的方向为正方向。对差动保护而言，区外故障时，动作臂的合成电流之代数和应为零。

通常，由于变压器的变比和接线级别以及变压器两侧的 CT 的额定电流不同，当电流流过变压器

时，电力变压器 CT 的二次侧电流并不相等。因此为了适合比较，电流必须经过匹配。对双绕组变压器，微机型保护通过两侧各乘以一个系数 K_1 、 K_2 达到匹配目的，使得在电力变压器额定工况下，两侧电流的幅值相等，该系数称为平衡系数。对于三绕组及以上变压器，各侧绕组的额定功率可能不同。为了得到可用于差动保护的可比较的电流，所有的电流均参照最大额定功率的绕组侧。这个最大额定视在功率称为“被保护设备的额定功率”。本文只讨论幅值匹配中关于平衡系数的部分，不涉及接线方式和相位的补偿系数的讨论。

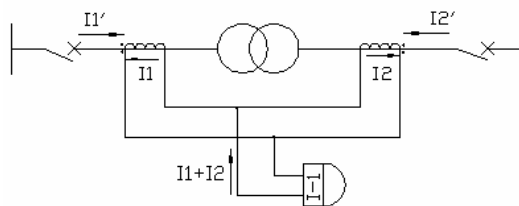


图1 双绕组变压器正常运行时的电流分布

对图1所示的变压器保护差动电流 $I_{cd}=I_1+I_2$ 。其中 I_{cd} 为变压器的差动电流（二次电流）； I_1 为变压器高压侧流入差动继电器的二次电流； I_2 为变压器低压侧流入差动继电器的二次电流。

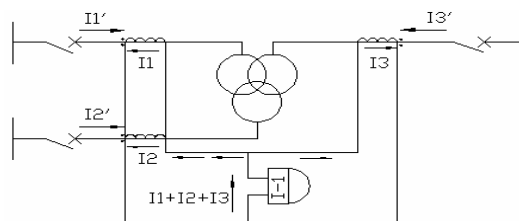


图2 三绕组变压器正常运行时的电流分布

对图 2 所示变压器保护差动电流 $I_{cd} = I_1 + I_2 + I_3$ 。

其中 I_{cd} 为变压器的差动电流（二次电流）； I_1 为变压器高压侧流入差动继电器的二次电流； I_2 为变压器中压侧流入差动继电器的二次电流； I_3 为变压器低压侧流入差动继电器的二次电流。

1.2 差动门槛的整定计算

设 I_{cdqd} 为差动保护最小动作电流值，其整定应按躲过正常变压器额定负载时的最大不平衡电流整定^[1]，即：

$$I_{cdqd} = K_{rel} * (K_{er} + \Delta U + \Delta m) * I_n$$

式中： I_n ——变压器二次侧的额定电流；

K_{rel} ——可靠系数，取 1.3~1.5；

K_{er} ——电流互感器的比误差，10P 型取 0.03×2，5P 型和 TP 型取 0.01×2；

ΔU ——变压器调压引起的误差，取调差范围中偏离额定值的最大值（百分值）；

Δm ——由于电流互感器变比未完全匹配产生的误差，初设时取 0.05。

公式中， ΔU 和 I_n 的计算与选择跟平衡系数的整定有直接的关系。目前国内电力系统常用的变压器差动保护平衡系数大概有四种常用的整定方法，接下来分析这四种方法与差动启动电流整定的关系。

2 平衡系数的整定对差动门槛影响

在微机型变压器纵联差动保护中，通过整定各侧的平衡系数来代替传统保护的平衡绕组，在整定导则中，提出了可选用二次电流较小侧为基本侧的中间电流互感器变比选择方法。这为平衡系数的整定提供了一种思路。目前国内采用的各种微机型保护中，平衡系数的整定虽然原理一致，但基本侧的选择方法不同。这将直接影响差动保护最小动作电流（差动门槛）整定值的选择，有关保护说明书未对此进行说明。

2.1 变压器各侧的二次电流都折算到高压侧

变压器各侧的二次电流都折算到高压侧^[2]，其关系式如下：

$$I_{cd1} = I_1 - K_2 * I_2$$

式中： I_{cd1} ——变压器差动电流（二次电流）；

I_1 ——变压器高压侧的二次电流；

I_2 ——变压器低压侧的二次电流；

K_2 ——变压器低压侧的平衡系数。

用这种整定方法，变压器高压侧的二次电流不

变化，只是把低压侧的二次电流折算到高压侧的二次电流幅值匹配， K_2 的大小跟变压器的变比和电流互感器的额定电流有关， $K_2 = I_{el} / (I_{eh} * n)$ ， I_{el} 是低压侧的 CT 额定电流， I_{eh} 是高压侧的 CT 额定电流， n 是变压器变比。

当平衡系数采用这种方法整定时，其差动启动电流 I_{cdqd} 的整定公式中，也要以高压侧为基准，即就是以高压侧为基准的调压误差，就是高压侧的二次额定电流。

2.2 变压器各侧的二次电流都折算到低压侧

变压器各侧的二次电流都折算到低压侧^[1]，关系如下式所示：

$$I_{cd2} = K_1 * I_1 - I_2$$

式中： I_{cd2} ——变压器的差动电流；

I_1 ——变压器高压侧的二次电流；

I_2 ——变压器低压侧的二次电流；

K_1 ——变压器高压侧的平衡系数。

用这种整定方法，变压器低压侧的二次电流不变化，只是把高压侧的二次电流折算到跟低压侧的二次电流幅值匹配， K_1 的大小跟变压器的变比和电流互感器的额定电流有关， $K_1 = n * I_{eh} / I_{el}$ ， I_{eh} 是高压侧的 CT 额定电流， I_{el} 是低压侧的 CT 额定电流， n 是变压器的变比。

当平衡系数采用这种方法整定时，其差动启动电流 I_{cdqd} 的整定公式中 ΔU 和 I_n 也要以低压侧为基准， I_n 就要取低压侧的二次额定电流， ΔU 则要换算成低压侧的调压误差。

2.3 变压器各侧的电流都折算成标么值

变压器各侧的二次电流都折算成标么值^[3]，关系如下式所示：

$$I_{cd3} = K_1 * I_1 - K_2 * I_2$$

式中： I_{cd3} ——变压器差动电流（二次电流）；

I_1 ——变压器高压侧的二次电流；

I_2 ——变压器低压侧的二次电流；

K_1 ——变压器高压侧的平衡系数；

K_2 ——变压器低压侧的平衡系数。

用这种方法整定，变压器各侧的二次电流分别折算到标么值， $K_1 = I_{eh} / I_{1N}$ ， $K_2 = I_{el} / I_{2N}$ ， I_{eh} 是高压侧的 CT 额定电流， I_{el} 是低压侧的 CT 额定电流， I_{1N} 、 I_{2N} 分别是高、低压侧的一次额定电流。差动电流的整定值也是标么值。

当平衡系数采用这种方法整定时，其差动启动

电流 I_{cdqd} 的整定公式中 I_n 也应取标么值为1, ΔU 的取值则要折算到各侧, 根据整定的原则, 差动启动电流要躲过最大不平衡电流, 所以取各侧的最大值。

2.4 变压器各侧的电流都折算到变压器各侧二次额定电流最大值

变压器各侧的电流都折算到变压器各侧二次额定最大值^[4], 关系如下:

1) 当 $I_{2n\max}/I_{2n\min} < 4$ 时

$$I_{cd4} = I_1 * I_{2n\max}/I_{1n} - I_2 * I_{2n\max}/I_{2n}$$

2) 当 $I_{2n\max}/I_{2n\min} \geq 4$ 时

$$I_{cd4} = I_1 * I_{2n\min} * 4/I_{1n} - I_2 * I_{2n\min} * 4/I_{2n}$$

式中:

$I_{2n\max}$ ——变压器各侧二次额定电流值中最大值;

$I_{2n\min}$ ——变压器各侧二次额定电流值中最小值;

I_{cd4} ——变压器差动电流 (二次电流);

I_1 ——变压器高压侧的二次电流;

I_2 ——变压器低压侧的二次电流;

I_{1n} ——变压器高压侧的二次额定电流;

I_{2n} ——变压器低压侧的二次额定电流。

这种整定方法是当最大二次额定电流与最小二次额定电流的比值小于4时, 变压器各侧二次电流都折算到变压器最大额定电流值; 当最大二次额定电流与最小二次额定电流的比值大于等于4时, 则折算到四倍的最小二次额定电流值。(应尽可能使变压器各侧中最大二次额定电流与最小二次额定电流的比值小于4, 这样更能保证差动保护的性能。)

采用该计算方法, 可极大提高微机型保护中各侧电流及差动电流的有效位数, 有利于提高保护测量精度, 但是当采用这种方法整定时, 其差动启动电流 I_{cdqd} 的整定公式中 I_n 应该取变压器最大二次额定电流, 而 ΔU 则应该折算到二次额定电流最大侧的值。因此, 计算 I_{cdqd} 时, 应算出各侧额定电流并取其最大值。

3 结论

目前微机型变压器差动保护在计算平衡系数时, 选择基本侧的方法不完全相同, 在计算差动门槛电流时, 通常采用二次额定电流乘以某一系数得到。在实际应用中, 各侧二次电流往往不一致, 此时, 用以计算差动门槛的电流应采用基本侧的二次额定电流。若保护装置中, 平衡系数是将各侧电流有名值转换为标么值, 则差动门槛也为一标么值。

参考文献:

- [1] DL/T 684-1999, 大型发电机变压器继电保护整定计算导则[S].
- [2] 南自新宁公司 PST-1200 系列 500kV 电压等级数字式变压器保护[Z]. 南京: 南自新宁电力有限公司, 2006.
- [3] 西门子变压器保护装置 7UT613 中文说明书 V4.0[Z]. 南京: 西门子电力自动化股份公司.
- [4] RCS-978 系列变压器成套保护装置 500kV 版技术说明书[Z]. 南京: 南瑞继保所, 2001.
- [5] 崔家佩. 电力系统继电保护与安全自动装置整定计算[M]. 北京: 水利电力出版社, 1993.
- [6] 王维俭. 电气主设备继电保护原理与应用(第2版)[M]. 北京: 中国电力出版社, 2002.
- [7] 国家电力调度通讯中心. 电力系统继电保护规定汇编[M]. 北京: 中国电力出版社, 2004.
- [8] 杨奇逊. 微型机继电保护基础[M]. 北京: 水利电力出版社, 1988.

作者简介:

刘璐 (1984—), 女, 江苏丰县人, 助理工程师, 继电保护高级工, 主要从事继电保护、自动化设备检修及二次系统故障分析与研究工作, E-mail: 550898909@qq.com;

赵小迪 (1983—), 女, 江苏徐州人, 助理工程师、变压器检修高级工, 主要从事变压器类设备的小修、大修、更换、维护及故障分析与研究工作;

徐沛平 (1983—), 男, 江苏徐州人, 工程师、安全质量管理, 主要从事变电设备缺陷处理分析与现场安全管理工作。