

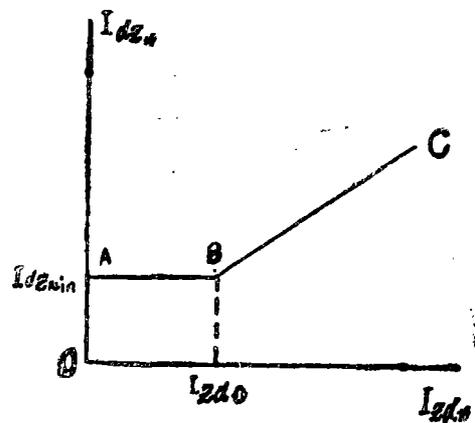
# 谈谈BCD— $\frac{24}{25}$ 差动保护的整定计算

—贵州电力中心调度所 曾廉溪

采用比率制动方案的BCD— $\frac{24}{25}$ 装置，分别用作大型发电机、变压器（组）的差动保护。该保护与电磁型继电器BCH相比，不仅原理先进。技术性能提高，而且继电器动作灵敏度大大提高，整定计算也大大简化。装置的整定计算主要是比率制动特性的整定。在电力工业出版社八〇年九月出版的晶体管型保护继电器原理一书，（简称“原理”）和七七年，六月许昌继电器研究所和清华大学电力系合编的《大型机组晶体管继电保护》资料。（简称“资料”）中已有论述。

本文着重讨论比率制动特性几个重要物理量的简单数学关系，从而把随制动电流 $I_{dz}$ 变化而变化的变量、比率制动系数 $K$ ，变成为可以确定和计算的量。这对于在不同运行方式下选择比率制动特性提供了灵活性；对于整定和选用的制动特性斜率 $m$ 是否满足要求的比率制动（系数）特性提供了验证方法；并以计算实例说明。

作为发电机纵差保护用的BCD—25和发、变组纵差保护用的BCD—24型装置。如图（1）所示，其动作特性曲线为一折线A、B、C。纵坐标 $I_{dz}$ 上A点为最小动作电流 $I_{dz.min}$ ，线段A、B为无制动段，折线拐点B对应的横坐标 $I_{zd.0}$ 称拐点制动电流，线段BC为制动段，用以实现装置的比率制动特性。

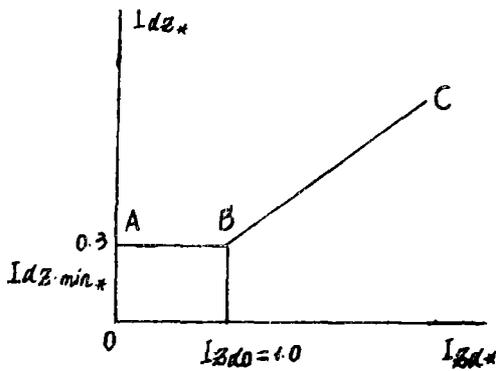


由于BCD— $\frac{24}{25}$ 装置在原理上采用了比率制动方案，其躲外部故障 $I_{dz.min}$ 不是靠提高动作电流的整定值来实现，而是采用制动电流增大，动作电流相应增大。这样就必须使计算整定的动作折线斜率 $m$ 满足要求的制动（系数）特性。由图（1）可得：

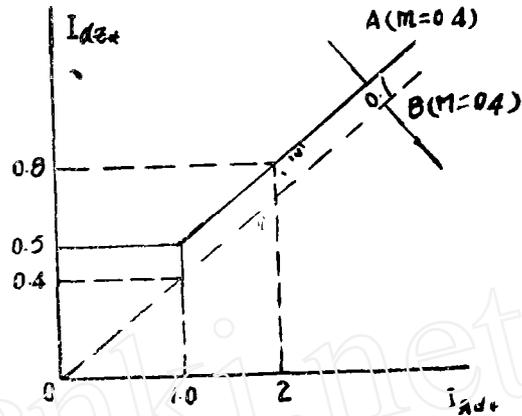
$$m = \frac{I_{dz} - I_{dz.min}}{I_{zd} - I_{zd.0}} = \frac{I_{dz}/I_{zd} - I_{dz.min}/I_{zd}}{1 - I_{zd.0}/I_{zd}} = \frac{K_z - I_{dz.min}/I_{zd}}{1 - I_{zd.0}/I_{zd}}$$

$$\text{或 } K_z = m(1 - I_{zd.0}/I_{zd}) + I_{dz.min}^*/I_{zd} \dots \textcircled{1}$$

①式说明, 装置的比率制动系数是随制动电流  $I_{zd}$  变化的一个变量。这既不便于整定, 也不便于调整, 但装置用通过改变参数的方法调整制动段  $BC$  的斜率来满足制动系数  $K_z$ ; 对于一个调整好的  $BCD-24/25$  继电器,  $m$  是一个常数, 它既可以整定, 也可以调试。这样比率制动系数的整定就转为斜率  $m$  的整定。



图二



图三

问题在于, 按  $m$  整定的特性曲线 (制动段  $BC$ ) 上各点的  $K_z$  是否满足比率制动特性要求, 因而讨论下述关系:

1. 当要求  $I_{dz.min}^* = K_z = m = 0.3$  如图 (2) 所示, 动作折线上各点制动系数  $K_z$  均为 0.3。
2. 当要求  $I_{dz.min}^* = 0.5$   $m = K_z = 0.4$  时, 如图 (3) 所示, 这时  $K_z(m) < I_{dz.min}^*$

对于  $B$  线:  $I_{dz}^*$  0.4 0.6 0.8 1.2

$I_{zd}^*$  1.0 1.5 2 3

$K_z = m$  0.4 0.4 0.4 0.4

对于整定要求的  $A$  线. 其  $m = 0.4$   $I_{dz.min}^* = 0.5$

其 
$$K_z = m + \frac{C}{I_{zd}^*}$$

$$I_{dz}^* (0.4 + 0.1) (0.6 + 0.1) (0.8 + 0.1) \dots (I_{dz}^* + 0.1)$$

$$I_{zd}^* \quad 1.0 \quad 1.5 \quad 2 \quad \dots \quad I_{zd}^*$$

$$m \quad 0.4 \quad 0.4 \quad 0.4 \quad \dots \quad 0.4$$

$$K_z \quad \frac{0.4 + 0.1}{1.0} \quad \frac{0.6 + 0.1}{1.5} \quad \frac{0.8 + 0.1}{2} \quad \dots \quad \frac{I_{dz}^* + 0.1}{I_{zd}^*}$$

即 
$$K_z = \frac{I_{dz}^*}{I_{zd}^*} + \frac{0.1}{I_{zd}^*}$$

$$\therefore \frac{I_{dz}^*}{I_{zd}^*} = \frac{I_{dz.min}^*}{I_{zd.0}} = m, \text{ 令 } C = 0.1$$

∴  $K_z = m + \frac{c}{I_{zd*}} \dots\dots ②$ ——即动作折线A的制动系数表达式。

对于②式，当  $I_{zd*} = I_{zd0} = 1.0$  时是有意义的最小制动电流值。当  $I_{zd*} < 1.0$  时装置已进入无制动区，这时通过装置的制动电流小于额定电流  $I_z$ ，则  $I_b$  很小，装置不会误动。由②式可知  $K_z$  最大值  $K_{z,max} = \lim_{I_{zd*} \rightarrow 1} K_z = m + \frac{c}{1.0} = m + c$ ， $K_z$  最小

为  $K_{z,min} = \lim_{I_{zd*} \rightarrow \infty} K_z = m + \frac{c}{\infty} = m$  可见当制动电流变化范围从  $1.0 \rightarrow \infty$  时， $K_z$  变化范围为： $m \leq K_z \leq m + c$ 。……③

③式清楚说明，按  $I_{dz,min*} = 0.5 > m = K_z = 0.4$  整定的动作折线A上各点制动系数均大于要求  $K_z = 0.4$ 。而在拐点处  $K_{z,max} = 0.4 + 0.1 = 0.5$ 。

3. 当选  $I_{dz,min*} = 0.5$

要求  $K_z = m = 0.6$  时

这时  $I_{dz,min*} < m (K_z)$  参看图(4)按上述同理推论可得：整定的动作折线A的制动系数表达式为：

$$K_z = m - \frac{|c|}{I_{zd*}} \dots\dots ④$$

$$\begin{aligned} \text{而 } K_{z,max} &= \lim_{I_{zd*} \rightarrow \infty} K_z \\ &= m - \frac{|c|}{\infty} \\ &= m. \end{aligned}$$

$$K_{z,min} = \lim_{I_{zd*} \rightarrow 1} K_z = m - |c|$$

则  $K_z$  的变化范围  $m - |c| \leq K_z \leq m \dots\dots ⑤$

⑤式说明动作折线A上各点制动系数几乎都不满足要求的  $K_z = 0.6$ 。而仅在  $I_{zd*} \rightarrow \infty$  时  $K_z = m$ 。

对于上述讨论，式中  $c = I_{dz,min*} - m$ ， $I_{dz0} = 1.0$

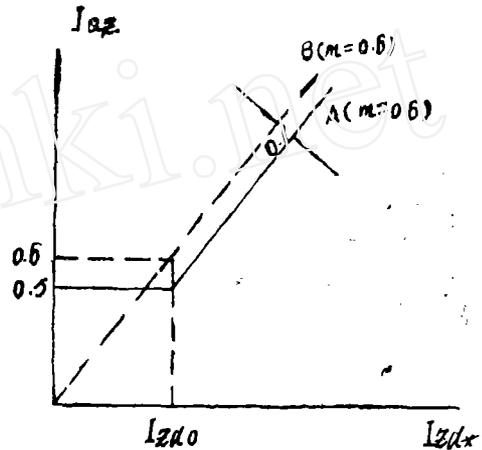
当  $c = 0$   $I_{dz,min*} = m$   $K_z = m$

当  $c > 0$   $I_{dz,min*} > m$   $K_z = m + \frac{c}{I_{zd*}}$

当  $c < 0$   $I_{dz,min*} < m$   $K_z = m - \frac{|c|}{I_{zd*}}$

对于  $I_{dz,min*} < m$ ， $c < 0$  时，只有在  $K_{z,min} = (m - |c|) > K_z$  计算值时，才允许这样选择比率制动特性。而  $K_{z,min} = (m - |c|) < K_z$  计算值时则不允许这样选择。因为此时动作折线上各点制动系数几乎都不满足要求。

根据上述讨论，对BCD— $\frac{24}{25}$ 装置的整定归结如下：



图四

### 1. 最小动作电流 $I_{dz.min}$ 的整定;

①按躲额定负荷下流过装置的不平衡电流整定:

发电机:  $I_{dz.min*}f = I_{ef} [K_K \cdot K_{ix} \cdot fi] < 0.1I_{ef}$ .

变压器:  $I_{dz.min*B} = I_{eB} \cdot K_K \cdot [K_{ix} \cdot fi + \Delta U + \Delta m]$

式中  $I_{ef}$ 、 $I_{eB}$  为发电机、变压器额定电流,  $K_K$  为可靠系数, 一般取  $1.3 \sim 1.5$ ,  $K_{ix}$  为 CT 同型系数,  $fi$  为 CT 10% 误差,  $\Delta U$  为变压器因调压抽头引起误差,  $\Delta m$  为采用平衡措施后变比引起误差。

对于“原理”一书中提出: 考虑发电机中性点附近, 或经过渡电阻短路及变压器匝间短路时装置动作必要的灵敏度, 大型发电机  $I_{dz.min} = (0.1 \sim 0.3) I_{ef}$  大型变压器  $I_{dz.min} \geq 0.2I_{eB}$ 。的这一原则, 结合考虑在 21 万机发变组上按  $I_{dz.min} = 0.3I_{eB}$  整定时, 其最小灵敏系数  $K > 8$  以上, 因此在工程实用计算中  $I_{dz.min}$  按  $(0.1 \sim 0.5) I_{eB}$  整定, 这样可取得定值选择的较大范围和相对可靠性。

②  $I_{dz.min}$  的整定必须保证大于或等于计算的发电机或变压器的制动系数即:

$$I_{dz.min} \geq K_{zf} \text{ 计算。}$$

2. 拐点电流整定: 一台装置的拐点电流  $I_{zd.0}$  不可调, 一般选  $I_{zd.0} = 1.0$ 。当  $I_{zd.0} > 1.0$  时, 拐点位于制动特性曲线之下, 动作不可靠;  $I_{zd.0} < 1.0$  时,  $I_{dz.min}$  变大, 内部故障灵敏度稍许下降。

所以按  $I_{zd.0} \leq 1.0$  这样选择的原因还考虑到一是可以提高靠发电机中性点侧并经过渡电阻短路时保护装置的灵敏度及变压器匝间短路的灵敏度, 同时保证在外部故障电流小于  $I_e$  时, 装置可靠不误动。

### 3. 动作折线斜率 $m$ 整定;

首先计算: 发电机  $K_{zf} = K_K \cdot K_{ix} \cdot fi = 1.5 \cdot 0.5 \cdot 0.1 = 0.075$

$$\begin{aligned} \text{变压器 } K_{zB} &= K_K (K_{ix} fi + \Delta V + \Delta m) \\ &= 1.3 (0.1 \times 1 + 0.05 + 0.05) = 0.26 \\ &= 0.195 \text{ (CT 同型时)} \end{aligned}$$

上述式中:  $K_K$ —可靠系数, 取  $1.3 \sim 1.5$ ,

$K_{ix}$ —CT 同型系数, 同型取  $0.5$ , 不同型取  $1$

$fi$ —CT 10% 误差。

$\Delta V$ —变压器调压取头引起的误差取  $0.05$

$\Delta m$ —考虑平衡措施后变比误差取  $0.05$

显然  $K_{zB} > K_{zf}$

当  $I_{zd.0}$  取  $1.0$  时, 为满足不同的制动特性,  $m$  可以有如下选择:

运用前述论述: ①取  $m_{f(B)} = I_{dz.min*}f(B)$  参前图(2)

但要求:  $I_{dz.min*}f(B) > K_{zf(B)}$  计算值。

②取  $m_{f(B)} < I_{dz.min*}f(B)$  参前图(3)

③取  $m_{f(B)} > I_{dz.min*}f(B)$  要求  $(m - |c|) > K_{zf(B)}$  计算值 参前图(4)

$m_{f(B)}$ : 表示发电机(或变压器)动作特性折线斜率的整定值。

$I_{dz \cdot min}^{*f(B)}$ : 表示发电机(或变压器)差动保护的最小动作电流标么值。

由于BCD—24装置一经调整,  $I_{zd}$ 不允许改变在按上述条件选择  $mf_{(B)}$ 后可以不变更  $I_{zd \cdot 0} = 1.0$ , 而且满足制动特性要求。

综言之, 当运行方式变化, 在保证较高的灵敏度时, 最小动作电流  $I_{dz \cdot min}^{*}$ 可在  $(0.1 \sim 0.5) I_{f(B)}$ 选择。同时为保证动作的可靠性, 在不变更  $I_{zd \cdot 0} = 1$  不改变  $I_{dz \cdot min}^{*}$ 时, 斜率  $mf_{(B)}$ 的选择可以大于、等于、小于  $I_{dz \cdot min}^{*}$ , 这就使比率制动特性的整定取得了相对的灵活性。即斜率  $m$ 的整定不受  $I_{dz \cdot min}^{*}$ 必须大于整定的  $m$ (要求的  $K_z$ 值)值的约束。

需要指出的是: 由于原理限制, 虽在对CT断线采取措施或对CT二次回路日趋完善的维护, 仍有可能发生稀有的CT二次回路断线时, 本装置要误动作。

4. 作为变压器纵差保护的BCD—24装置还采用了谐波制动, 其二次谐波制动比整定为15~20%, 对于为防止由于内部故障短路电流很大, 三次谐波骤增而使装置拒动因而增设的电流速断速切之件, 其动作电流按  $(6 \sim 12) I_{2B}$ 整定。

5. 纵差灵敏度K校验: 方法同其它纵差保护装置。

计算实例: 乌江21万机发变组

一、发电机纵差(BCD—25)

1. 最小动作电流按  $(0.1 \sim 0.5) I_{f1}$ 选择, 并保证大于  $K_{z1}$ 整定:

$$\text{取 } I_{dz \cdot min}^{*} = 0.3 I_{f1}$$

2. 拐点电流  $I_{zd \cdot 0} = 1.0 I_{f1}$ 。

3. 动作折线斜率  $m$ :

$$K_{z1} = K_K \cdot K_{t \cdot z} \cdot f_i = 1.5 \cdot 0.5 \cdot 0.1 = 0.075$$

取  $m_1 = I_{dz \cdot min}^{*} = 0.3$ , 如图示。

按发电机出口两相短路校验  $K = 14.4$ 。

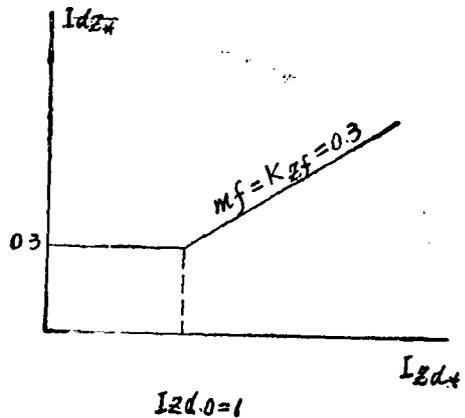
二、发变组大差(BCD—24)

1.  $I_{dz \cdot min}^{*} = 0.3 I_{cB}$ 。

2.  $I_{zd \cdot 0} = 1.0 I_{cB}$ 。

3. 动作折线斜率  $m$ 整定。

$$\begin{aligned} K_{z \cdot B} &= K_K (K_{t \cdot z} \cdot f_i + \Delta V + \Delta m) \\ &= 1.3 (1 \times 0.1 + 0.05 + 0.05) \\ &= 0.26. \end{aligned}$$



图五

考虑乌江首次正式采用BCD—24, 要求采用装置最大制动特性, 从而提高动作的可靠性。

取  $m_B = 0.6$  ( $K_z$ 整定)

验证该动作折线上各点制动系数是否满足  $K_z$ 的要求。

$$\because |c| = I_{dz \cdot min}^{*} - m = 0.3 - 0.6 = |-0.3| = 0.3.$$

$$\text{而 } m - |c| = 0.6 - 0.3 = 0.3 > K_{z \cdot B}(\text{计算}) = 0.26.$$

∴  $m_B = 0.6$  满足比率制动特性要求。

按 24 万 KVA 变压器高压侧两相短路故障校验  $K_{em} = 8.5$

4. 电流速断：考虑主变高压空投涌流最大值为  $4.5I_{eB}$ ，而又不存在低压空投的实际操作，且速断元件最大刻度值为 50 A。

∴  $I_{dz.f} = 5.5I_{eB} = 45 A$ 。

5. 二次谐波制动比整定为 20%。

上述整定在实际运行中，经多次严重外部故障装置均可靠不误动已验证正确，同时也充分显示 BCD— $\frac{24}{25}$  装置的技术性能优良。