

# 距离保护第Ⅱ段动作阻抗整定计算的研究

湖南省益阳电业局 皮洪琴

## 摘要

在距离保护第Ⅱ段的整定计算中,当线路末端为三绕组变压器时,怎样进行动作阻抗的整定计算,作者对此不仅推导出其计算公式,同时对求其最小动作阻抗值进行了分析和讨论。在本文中作者提出了“故障阻抗”等新的名词。作者指出:使所有“故障阻抗”的分支系数均有最小值的运行方式是同一种运行方式。

## 一 问题的提出

对于距离保护第Ⅱ段的动作阻抗的整定计算,通常是按两个条件进行整定计算的【1】、【2】即:(1)与相邻线路距离保护第Ⅰ段的动作阻抗相配合。(2)躲线路末端变压器低压侧故障。经过计算,最后取其中的最小值为阻抗元件的整定值。

当由条件(2)整定计算时,其计算公式为:

$$Z_{I,II} = K_k Z_L + K'_k K_{fz \cdot m \cdot i \cdot n} Z_B \quad (1)$$

式中:  $K_k$ —可靠系数,一般取0.8~0.85

$K'_k$ —可靠系数,一般取0.7

$Z_L$ —被保护线路的阻抗

$Z_B$ —变压器的阻抗

$K_{fz \cdot m \cdot i \cdot n}$ —变压器低压侧母线故障时,实际可能的最小分支系数。

(1)式仅适用于线路末端为双绕组变压器的接线,如果线路末端变压器为三绕组变压器,并且三绕组变压器其它两侧中任一侧有电源相连。此时,(1)式不能整定计算其动作阻抗,为此有必要对距离保护第Ⅱ段动作阻抗的整定计算进行研究。

## 二 整定计算公式的推导

如图1所示,为一简单电力系统等值图。

当变压器Ⅱ侧母线短路时,在保护1安装处的测量阻抗为:

$$\begin{aligned} Z_1 &= \frac{U_A}{I_A} \\ &= \frac{I_2 Z_f + I_1 Z_l + I_A Z_l}{I_A} \\ &= Z_l + \frac{I_1}{I_A} Z_l + \frac{I_2}{I_A} Z_f \end{aligned} \quad (2)$$

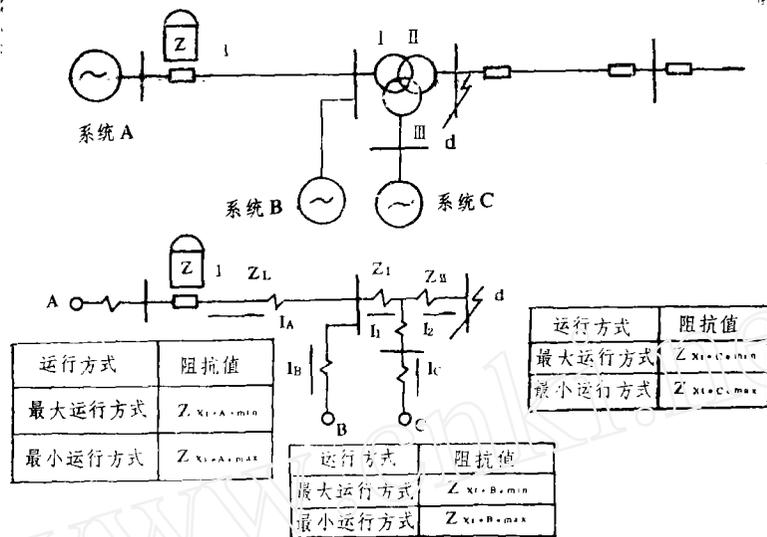


图 1

在距离保护第 II 段与相邻线路距离保护第 I 段的动作阻抗相配合时，其分支系数的定义是相邻线路距离保护第 I 段保护范围末端短路时，流过相邻线路的短路电流与流过被保护线路的短路电流的比值（取可能的最小值），据此，在这里作者进一步把分支系数的定义拓广。即：

$$\frac{I_1}{I_A} \triangleq K_{fz.1} \quad (3)$$

$$\frac{I_2}{I_A} \triangleq K_{fz.2} \quad (4)$$

显然 (2) 式可以写成：

$$Z_f = Z_1 + K_{fz.1} \cdot Z_2 + K_{fz.2} \cdot Z_1 \quad (5)$$

为了保证保护动作的选择性，应使保护 1 的距离 II 段的动作阻抗整定为：（为此考虑引入可靠系数  $K_K$ 、 $K_K'$ ）

$$Z_{II}^I = K_K Z_1 + K_K' (K_{fz.1} Z_2 + K_{fz.2} Z_1) \quad (6)$$

当然在按 (6) 式的计算中，应寻找出最小的  $Z_{II}^I$ 。

当线路末端为双绕组变压器时，由于  $I_1 = I_2$  亦即有：

$$K_{fz.1} = K_{fz.2} = K_{fz}$$

为使  $Z_{II}^I$  值最小，应取  $K_{fz}$  的最小值，即  $K_{fz \cdot \min}$ 。

此时  $Z_{II}^I = K_K Z_1 + K_K' (K_{fz \cdot \min} Z_2 + K_{fz \cdot \min} Z_1)$

$$\begin{aligned} &= K_K Z_1 + K_K' K_{fz \cdot \min} (Z_2 + Z_1) \\ &= K_K Z_1 + K_K K_{fz \cdot \min} Z_B \end{aligned} \quad (7)$$

$$(Z_B = Z_2 + Z_1)$$

显然其计算式 (7) 同 (1) 式

为了使 (6) 式中的符号具有普遍性，将 (6) 式改写为：

$$Z_{d1}' = K_x Z_1 + K_x' (K_{fz.1} Z_1 + K_{fz.2} Z_2) \quad (8)$$

在这里有  $Z_1 = Z_f$      $Z_2 = Z_1$

式中:  $Z_1, Z_2$ ——短路电流从被保护线路末端流到故障点所经过的阻抗,作者在这里取名为“故障阻抗”。

其余符号的代表意义同前。

同样,在按(8)式的计算中,应找出具有最小值的  $Z_{d1}'$ ,然后再同条件(1)所计算的  $Z_{d1}'$  比较,选两者之中较小的值作为其整定值。

### 三 分支系数的计算

在(8)式中要使  $Z_{d1}'$  具有最小值,由于  $Z_1 \cdot Z_1 \cdot Z_2$  为一常数,只要  $K_{fz.1} K_{fz.2}$  具有最小值即可。

由于分支系数与系数运行方式有关,是否在同一种运行方式下其  $K_{fz.1} K_{fz.2}$  均具有最小值?

现分析如下:〔以图1为例〕

$$\text{因为 } K_{fz.1} = \frac{I_1}{I_A} = 1 + \frac{I_B}{I_A} \quad (9)$$

$$K_{fz.2} = \frac{I_2}{I_A} = 1 + \frac{I_B}{I_A} + \frac{I_C}{I_A} \quad (10)$$

当系统A为最大运行方式,系统B、C为最小运行方式时,亦即  $I_A$  为最大值,  $I_B, I_C$  为最小值时,  $K_{fz.2}$  会有最小值,而此时正是由于  $I_B$  为最小值,  $I_A$  为最大值,同样会使  $K_{fz.1}$  有最小值,即:

$$K_{fz.1 \cdot \min} = 1 + \frac{Z'_{x1 \cdot A \cdot \min}}{Z_{x1 \cdot B \cdot \max}} \quad (11)$$

$$K_{fz.2 \cdot \min} = 1 + \frac{Z'_{x1 \cdot A \cdot \min}}{Z_{x1 \cdot B \cdot \max} + Z'_{x1 \cdot C \cdot \max}} \quad (12)$$

式中:  $Z'_{x1 \cdot A \cdot \min} = Z_{x1 \cdot A \cdot \min} + Z_f$

$$Z'_{x1 \cdot C \cdot \max} = Z_{x1 \cdot C \cdot \max} + Z_f$$

显而易见,在同一种运行方式下,所求的分支系数均为最小值。此结论可以推广到任一网络。首先计算出直接与故障点相连的“故障阻抗”的最小分支系数,然后在同一运行方式下所求的其它“故障阻抗”的分支系数均具有最小值,既然是这样,按条件(2)导出的(8)式可以进一步表达为:

$$Z'_{d1} = K_x Z_1 + K'_x (K_{fz.1 \cdot \min} Z_1 + K_{fz.2 \cdot \min} Z_2) \quad (13)$$

### 四 多台三绕组变压器并列运行时的整定计算

在线路末端为单台三绕组变压器的接线方式中,由于  $Z_1, Z_2$  为一常数,理所当然,当有最小分支系数  $K_{fz.1 \cdot \min}, K_{fz.2 \cdot \min}$  时,所计算的  $Z_{d1}$  是最小的。但是多台三绕组

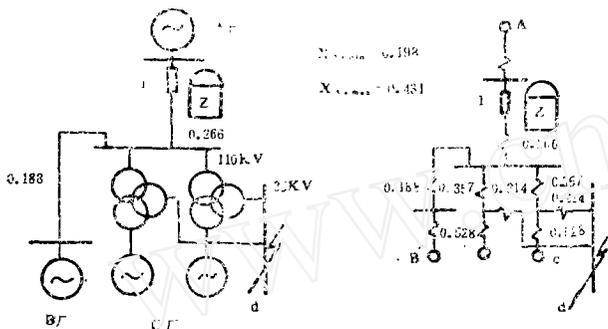
变压器并列运行时，由于“变压器运行方式”的不同（与变压器并列运行的台数以及与变压器其它两侧相连的网络的变化有关，在这里作者称之为“变压器运行方式”）不仅会使“故障阻抗” $Z_1$ 、 $Z_2$ 发生变化，而且同时也会使对应于某一种“变压器运行方式”下的最小分支系数 $K_{fz.1.min}$ 、 $K_{fz.2.min}$ 发生变化，因此要找出(13)式中具有最小值的 $Z_d^*$ 必须在可能使 $Z_d^*$ 有较小值的运行方式下计算其 $Z_d^*$ 。然后，再把其中的最小值与按条件(1)计算的 $Z_d^*$ 进行比较，从中选取较小的值作为阻抗元件的整定值。

计算实例：

如图2为某电力系统的等值网络图。（B厂-C厂的联络线不考虑断开）

对于保护1来说，当按条件(2)进行整定计算时，应按以下三种运行方式来找出最小的 $Z_d^*$ 。

(1) A厂为最大运行方式，B、C厂为最小运行方式。



$X_{B.min}=0.728$  最小运行方式：停一台发电机、变压器  
 $X_{B.max}=1.459$  最大运行方式：两台发电机、变压器均投入运行。

图2

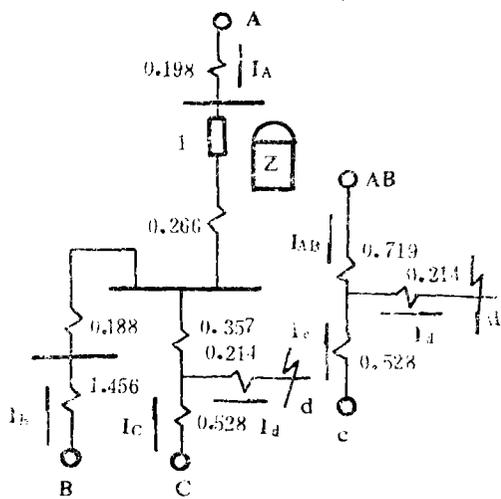


图3

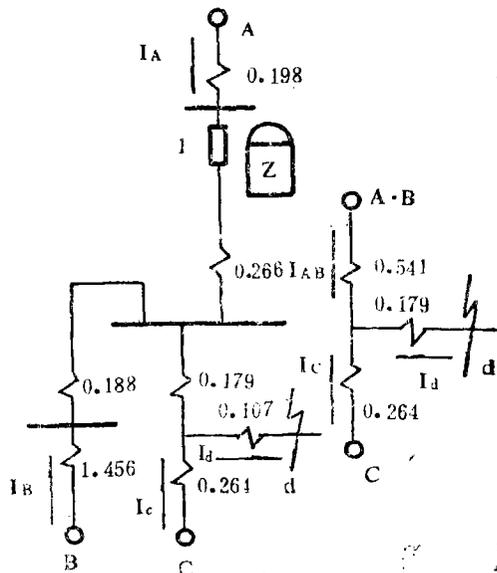


图4

$$\frac{I_{AB}}{I_d} = \frac{0.528}{0.528 + 0.719} = 0.423$$

$$\frac{I_A}{I_d} = \frac{1.456 + 0.188}{0.188 + 1.456 + 0.198} \times \frac{I_{AB}}{I_d} = 0.333$$

$$K_{fz.1.min} = \frac{I_{AB}}{I_A} = \frac{I_{AB}}{I_d} \cdot \frac{I_d}{I_A} = 1.282$$

$$K_{fz.2} = \frac{I_d}{I_A} = 1 / \frac{I_A}{I_d} = 3.03$$

$$Z_{d.z}^I = 0.85 \times 0.266 \times \frac{115^2}{100} + 0.7(1.282 \times 0.357 + 3.03 \times 0.214) \times \frac{115^2}{100} = 132.32 \Omega / \varphi$$

(2) A、B厂的运行方式同(1), C厂为最大运行方式。

$$\frac{I_{AB}}{I_d} = \frac{0.264}{0.264 + 0.541} = 0.805$$

$$\frac{I_d}{I_{AB}} = 1 / 0.805 = 1.24$$

$$K_{fz.1.min} = \frac{I_{AB}}{I_A} = 1 + \frac{0.198 + 0.266}{1.456 + 0.198} = 1.28$$

$$K_{fz.2.min} = \frac{I_d}{I_A} = \frac{I_d}{I_{AB}} \cdot \frac{I_{AB}}{I_A} = 1.24 \times 1.28 = 1.59$$

$$Z_{d.z}^I = 0.85 \times 0.266 \times \frac{115^2}{100} + 0.7(1.28 \times 0.357 + 1.59 \times 0.214) \times \frac{115^2}{100} = 103.72 \Omega / \varphi$$

(3) A、B厂运行方式同(1), C厂只停1台发电机而两台变压器仍然并列运行。

$$\frac{I_{AB}}{I_d} = \frac{0.595}{0.595 + 0.541} = 0.524$$

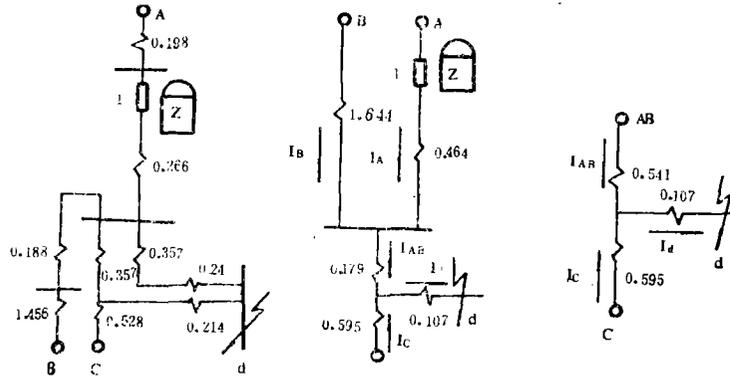


图 5

$$\frac{I_C}{I_d} = 1 - \frac{I_{AB}}{I_d} = 0.476$$

$$K_{fz.1.min} = I_{AB}/I_A = 1 + 0.464/1.644 = 1.28$$

$$K_{fz.2.min} = I_d/I_A = \frac{I_d}{I_{AB}} \cdot \frac{I_{AB}}{I_A} = \frac{1}{0.524} \times 1.28 = 2.44$$

$$Z_{d.z}^I = 0.85 \times 0.266 \times \frac{115^2}{100} + 0.7(1.28 \times 0.179 + 2.44 \times 0.107) \times \frac{115^2}{100} = 75.3 \Omega / \varphi$$

从上述计算结果可以看到, 在运行方式(2)中两个“故障阻抗”的最小分支系数  $K_{fz.1.min}$ 、 $K_{fz.2.min}$  在这三种运行方式中是较小的, 但其  $Z_{d.z}^I$  却不是这三种运行方式中最小的。

## 五 结束语

本文所得出的结论是具有普遍意义的，它们既适合于线路末端为三绕组变压器的接线，同样也适合于线路末端为双绕组变压器的接线。（此时是本文所研究的特殊情形）

由于电力系统接线方式，电网结构的不同，在整定计算中不一定是躲线路末端变压器低压侧故障而有时是躲中压侧故障，或者既要躲中压侧故障，又要躲低压侧故障，即使这样，以上得出的结论仍然是适用的。

## 致谢

在本文的构思过程中，得到了武汉水利电力学院张哲副教授的指导和帮助，谨致谢忱！

## 参考文献

1. 吕继绍主编 电力系统继电保护设计原理 水利电力出版社 1986
  2. 贺家李、宋从矩编 电力系统继电保护原理（第二版） 水利电力出版社 1985
  3. 山东工学院、山东省电力工业局编 电力系统继电保护 水利电力出版社 1979
- 

## 通 知

继电器行业劳动学术研究组委员会现有部份部颁的“继电器与保护装置，劳动定额时间标准”共分七个部分，400多页，精装本，已由机械电子工业部于1988年6月下文正式颁发执行，订购者，请速与学组、组委会秘书处即许昌继电器厂人劳处王平联系，来函请注明订购册数，发票随标准寄出，请按发票注明地点，将款汇到组委会秘书处。

继电器行业劳动学术研究组委会