

正方向出口故障的死区问题。显然这一小矩形的判断非常简单,只需同时比较 R 和 X 的值小于一门坎值就行了。在除此小矩形之外的其它动作区域内,要实现正确判断就不是那么容易了。其原因是动作特性不是一规则形状。很明显,在图1给定的方向性四边形动作特性,整个动作区判断不可能只由一两个简单的动作判据实现,而必须分象限加以讨论。

(1) 第 I 象限 此象限为动作特性的主区域,特征为计算出的 R 和 X 均为正值。四边形OABC的两斜边AB、BC的延长线将第 I 象限分成了四个子区域 (a_1) 、 (b_1) 、 (c_1) 和 (d_1) 。如果测量阻抗 Z 落于第 I 象限内,则必然会落于这四个子区域的任一个之中,如图2a~d所示。

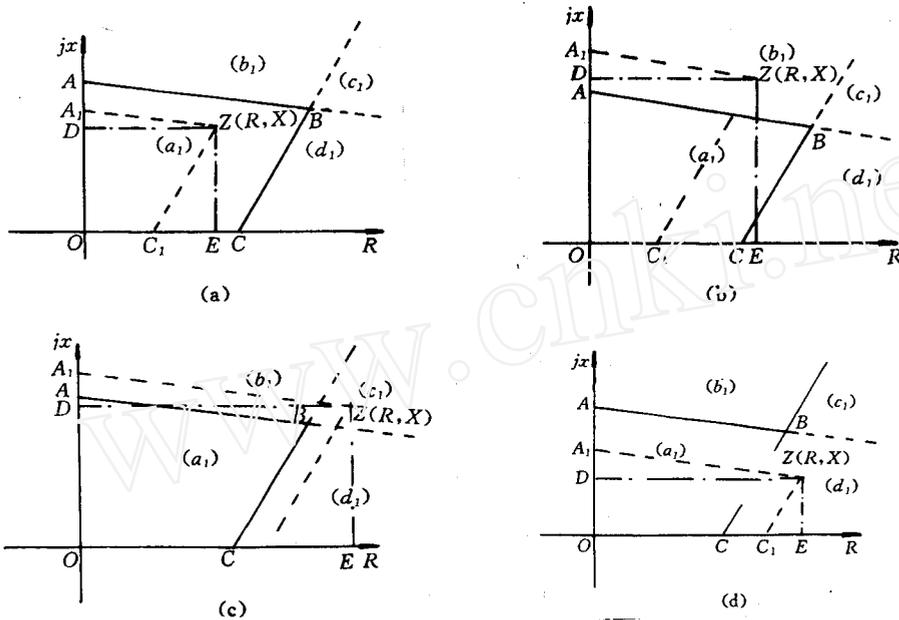


图2 计算阻抗处于第 I 象限的四个子区域的情况

设测量阻抗处于阻抗平面的第 I 象限,如图2所示,过 Z 点作AB和BC的平行线,此两平行线分别与 R 轴、 jx 轴交于 C_1 和 A_1 点。因 A_1 和 C_1 的位置可由下述计算而得:

$$OA_1 = OD + DA_1 = X + R \cdot \operatorname{tg} \alpha = X + R/8$$

$$OC_1 = OE - C_1E = R - X/\operatorname{tg} \beta = R - X/\sqrt{3}$$

可见测量阻抗 Z 处于动作区域内的判据为:

$$\left. \begin{aligned} OA_1 &\leq OA \\ OC_1 &\leq OC \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

$$\text{即 } \left. \begin{aligned} X_{j1} &= X_{js} + R_{js}/8 \\ R_{j1} &= R_{js} - X_{js}/\sqrt{3} \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

式中 X_{js} 、 R_{js} 分别为从采样值计算出的电抗和电阻值。最后只需判断是否满足下述条件:

$$\left. \begin{aligned} X_{j1} &\leq X_{zd} \\ R_{j1} &\leq R_{zd} \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

当处于动作区内时式3应成立。

(2) 第 II 象限 当计算出的电阻为负,电抗为正时,则测量阻抗处于阻抗平面的第 II 象限之内。处于第 II 象限时可由OE和AE的延长线分成四个子区域 (a_2) 、 (b_2) 、 (c_2) 和 (d_2) 。只有当测量阻抗处于区域 (a_2) 时则应判断为动作。设测量阻抗处于阻抗平面的第 II 象限时,则过

点 Z 作 jx 轴的垂线并交于 A_1 点, 则必如图 3a ~ d 中任一图所示。在直角三角形 OZA_1 中, 有:

$$\operatorname{tg} \angle ZOA_1 = |R_{js}| / X_{js}$$

$$OA_1 = X_{js}$$

由此可得测量阻抗处于第 I 象限时的动作判据为:

$$\left. \begin{aligned} X_{js} &\leq X_{ZD} \\ |R_{js}| / X_{js} &\leq 1/4 \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

当测量阻抗位于第 I 象限并处于动作区域内时式 4 应成立。

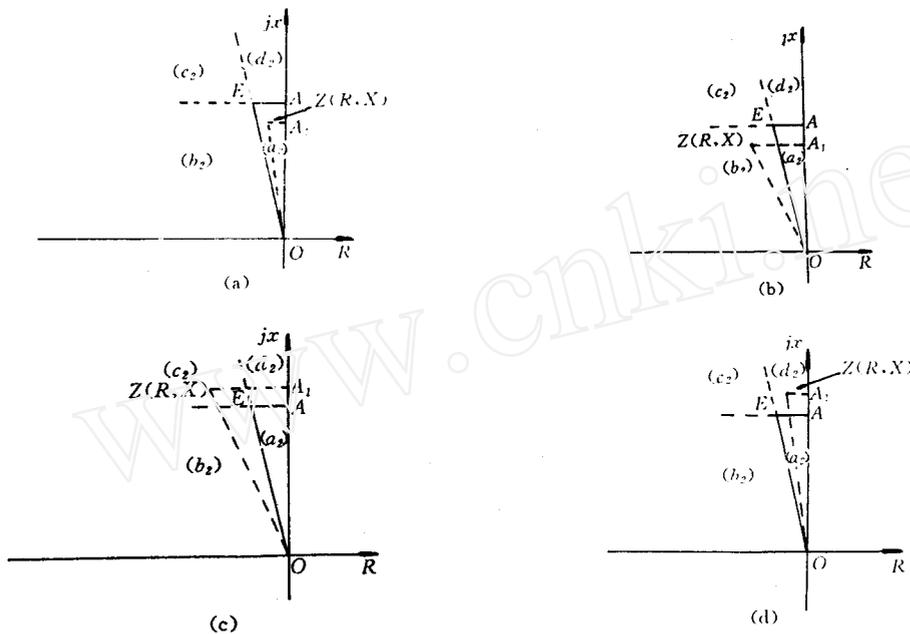


图 3 计算阻抗处于第 II 象限的四个子区域的情况

(3) 第 III 象限 当计算出的电阻为正, 电抗为负时, 则测量阻抗即处于第 IV 象限。类似于第 I 象限的情况, 在第 IV 象限也可由 OD 和 CD 的延长线分成四个子区域 (a_3)、(b_3)、(c_3)、(d_3), 如图 4 所示。同理可得测量阻抗在第 IV 象限时的动作判据为:

$$\left. \begin{aligned} R_{js} &\leq R_{ZD} \\ |x_{js}| / R_{js} &\leq 1/4 \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

对前述原理进行推广, 可得对图 5 所示具有普遍意义的方向性四边形动作特性在各象限的动作判据如下:

第 I 象限

$$\left. \begin{aligned} x_{js} + R_{js} \cdot \operatorname{tg} \alpha_2 &\leq X_{ZD} \\ R_{js} - X_{js} / \operatorname{tg} \alpha_1 &\leq R_{ZD} \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

第 II 象限

$$\left. \begin{aligned} X_{js} &\leq X_{ZD} \\ |R_{js}| / X_{js} &\leq \operatorname{tg} \alpha_3 \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

第 IV 象限

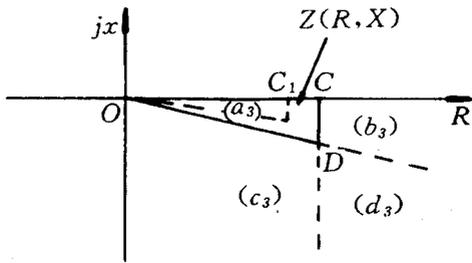


图4 计算阻抗处于第IV象限的情况

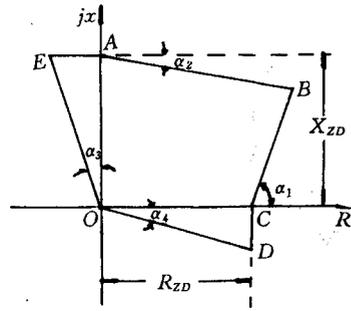


图5 更普通的方向四边形动作特性

$$\left. \begin{aligned} R_{js} &\leq R_{zd} \\ |X_{js}|/R_{js} &\leq \operatorname{tg}\alpha_4 \end{aligned} \right\} \quad (8)$$

2 程序实现框图

根据从采样值计算得的 R_{js} 、 X_{js} 判别处计算阻抗所处的象限, 然后利用不同的判据来判断是否处于动作区内。对图 1 所示的距离保护中常用的动作特性判别过程可由图 6 所示的方框图来实现。

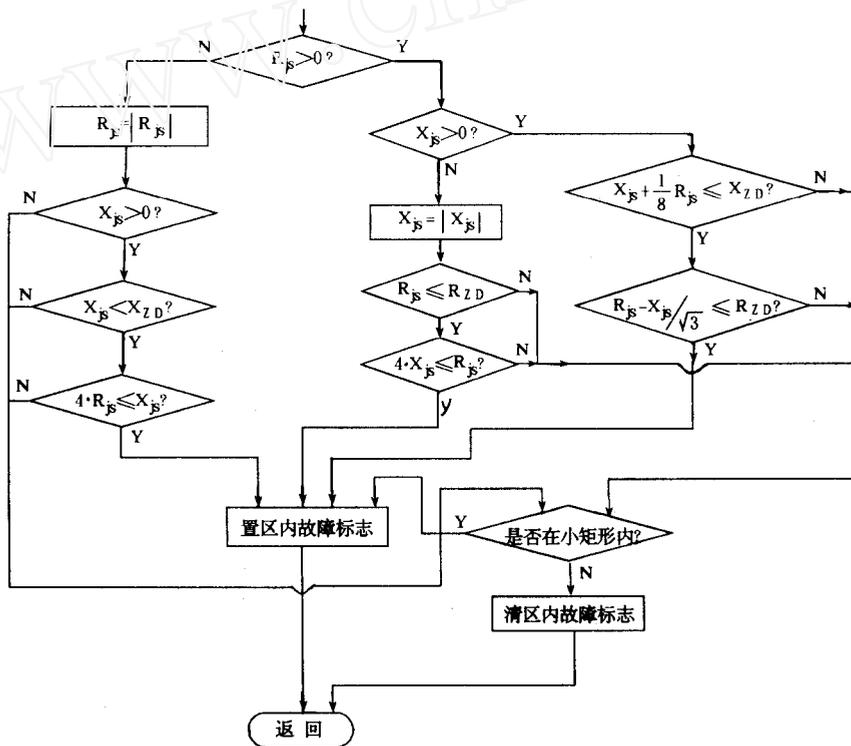


图6 动作特性判别方法方框图

3 数字试验及结果

本文采用解微分方程法由电压和电流的采样值计算出电阻和电抗的计算值后, 对文中所提出的动作判别方法进行了数字试验。为了验证本文所提出的动作特性判别方法的正确性, 在本文研究中用 MCS8098 汇编语言编制了解微分方程法求电阻 R 和电抗 X 的程序及判别区段

的程序。程序的编制及调试是借助于 DVCC—98 开发机实现的,在此开发机中进行了数字试验。试验中原始数据由假定的电压、电流相量数据计算而得。通过大量的数字仿真试验,证明了所提出的动作特性判别方法准确可靠,用于微机式距离保护中作为复杂的方向四边形动作特性区段判别方法是完全可行的。表 1 为数字仿真结果,对应于图 1 中 $R_{ZD} = 10\Omega$,而 $X_{ZO} = 20\Omega$ 的动作特性,小矩形框 $X_1 = 4\Omega, R_1 = 4\Omega$ 。表中示出了计算得的 R 和 X 值,表标 $ZIZ[R_0]$ 为判断结果,当 $ZIZ[R_0]$ 为 1 时表示测量阻抗处于动作特性内部。由表可见,所提动作特性判别方法全部正确。

4 结论

本文提出的方法适合于微机式距离保护中作为距离区段判别的方法。此种判别方法已用于 WXH—31 高可靠性纵联比较式成套保护装置中的后备保护——距离保护中作为方向四边形动作特性的判别方法,装置的静模试验也进一步证明此方法工作正确可靠。

表 1 仿真结果($U = 100\angle 0^\circ$)

序号	I	Z (精确值)	Z (仿真值)	$ZIZ[R_0]$
1	$9.80\angle -11.31^\circ$	$10.00 + j2.00$	$10 + j2$	01
2	$8.20\angle -9.46^\circ$	$12.03 + j2.00$	$12 + j2$	00
3	$6.54\angle -31.61^\circ$	$13.02 + j8.01$	$13 + j8$	01
4	$5.87\angle -23.97^\circ$	$15.04 + j8.02$	$15 + j8$	00
5	$4.28\angle -43.26^\circ$	$17.01 + j16.00$	$17 + j16$	01
6	$3.90\angle -38.66^\circ$	$20.02 + j16.02$	$20 + j16$	00
7	$4.26\angle -50.19^\circ$	$15.03 + j18.08$	$15 + j18$	01
8	$4.02\angle -46.64^\circ$	$17.08 + j18.07$	$17 + j18$	00
9	$4.93\angle -69.77^\circ$	$7.01 + j19.03$	$7 + j19$	01
10	$4.76\angle -64.65^\circ$	$9.03 + j19.05$	$9 + j19$	00
11	$4.98\angle -92.86^\circ$	$-1.00 + j20.05$	$-1 + j20$	01
12	$4.98\angle -87.14^\circ$	$1.00 + j20.05$	$0 + j20$	01
13	$11.69\angle -110.56^\circ$	$-3.00 + j8.01$	$-3 + j8$	00
14	$12.39\angle -97.13^\circ$	$-1.00 + j8.01$	$-1 + j8$	01
15	$6.14\angle -100.62^\circ$	$-3.00 + j16.00$	$-3 + j16$	01
16	$5.95\angle -107.35^\circ$	$-5.01 + j16.03$	$-5 + j16$	00
17	$11.11\angle 0^\circ$	$9.00 + j0.00$	$9 + j0$	01
18	$9.09\angle 0^\circ$	$11.00 + j0.00$	$11 + j0$	00
19	$31.5\angle 18.43^\circ$	$3.01 - j1.00$	$3 - j0$	01
20	$19.5\angle 11.3^\circ$	$5.02 - j1.00$	$5 - j0$	01
21	$13.72\angle 15.95^\circ$	$7.01 - j2.00$	$7 - j1$	01
22	$10.84\angle 12.53^\circ$	$9.00 - j2.00$	$9 - j1$	01

参考文献

- 1 陈德树. 计算机继电保护原理与技术. 北京:水利电力出版社,1992年11月
- 2 杨奇逊. 微型机继电保护基础. 北京:水利电力出版社,1988年11月
- 3 孙军、陶惠良等译. 微处理机式继电器和保护系统. 重庆大学出版社,1990年1月