

用电流故障分量判别故障类型及故障特殊相

华中电管局调度局 柳焕章 武汉水利电力大学 王 春

摘要 本文应用线路一侧的电流故障分量判别线路内部发生三相短路、两相短路、两相接地短路、单相接地短路时的故障类型及故障特殊相。

关键词 故障判断 选相

前言

在微机线路保护和故障测距中，首先应判别故障类型和故障特殊相，然后进行相应的运算。由于故障分量的应用引人注目^[1]，本文试应用线路一侧的相电流故障分量并辅以序电流故障分量判别故障类型和故障特殊相。

1 判据推导

图1为系统中M-N线路内部发生故障的示意图，图中 I_m 、 I_n 、 I_f 分别为线路M侧、N侧和故障点处的故障电流， R_f 为故障点过渡电阻，设保护或测距装置在M侧。

M侧各相电流故障分量为

$$\begin{aligned} \Delta I_{ma} &= I_{ma} - I_{ma}^{(0)} \\ \Delta I_{mb} &= I_{mb} - I_{mb}^{(0)} \\ \Delta I_{mc} &= I_{mc} - I_{mc}^{(0)} \end{aligned} \quad (1)$$

式中 I_{ma} 、 I_{mb} 、 I_{mc} 为故障后各相电流， $I_{ma}^{(0)}$ 、 $I_{mb}^{(0)}$ 、 $I_{mc}^{(0)}$ 为故障前各相电流。

M侧各序电流故障分量为

$$\begin{aligned} I_{m0} &= C_0 I_{f0} \\ \Delta I_{m1} &= I_{m1} - I_{m1}^{(0)} = C_1 I_{f1} \\ I_{m2} &= C_2 I_{f2} \end{aligned} \quad (2)$$

式中 I_{f0} 、 I_{f1} 、 I_{f2} 为故障点各序电流

C_0 、 C_1 、 C_2 为各序电流分布系数，设 $C_1=C_2$ 。

$I_{m1}^{(0)}$ 、 I_{m1} 分别为故障前、后M侧正序电流。

故障点示意图见图2。下面分别对四种故障类型进行分析。

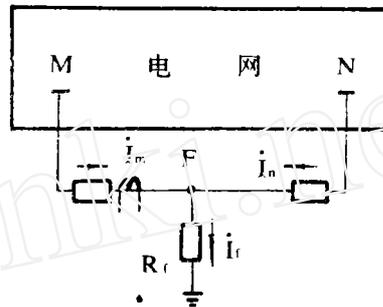
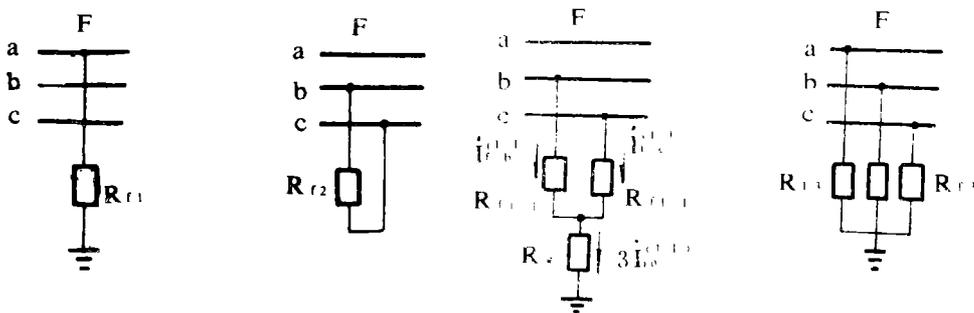


图1 输电线内部故障示意图



(a) 单相接地 (b) 两相短路 (c) 两相接地短路 (d) 三相短路

图2 故障点示意图

1.1 单相接地故障

显然有 $I_{m2} \neq 0$, $I_{m0} \neq 0$

设故障点 F 处 a 相接地, 见图 2a。则故障点 F 处有 $I_{f1} = I_{f2} = I_{f0}$ 。
 M 侧各相故障分量为

$$\begin{aligned}\Delta I_{ma} &= I_{m0} + \Delta I_{m1} + I_{m2} = (2C_1 + C_0)I_{f1} \\ \Delta I_{mb} &= I_{m0} + a^2\Delta I_{m1} + aI_{m2} = (C_0 - C_1)I_{f1} \\ \Delta I_{mc} &= I_{m0} + a\Delta I_{m1} + a^2I_{m2} = (C_0 - C_1)I_{f1}\end{aligned}\quad (3)$$

由上式可见, a 相接地即 a 相为故障特殊相, 有

$$\Delta I_{mb} - \Delta I_{mc} = 0$$

ΔI_{mc} , ΔI_{mb} , ΔI_{ma} 中 ΔI_{ma} 最大

特别地, 当 $M-N$ 为馈线时, 有 $C_1 = C_2 = C_0 = 1$, 则

$$\Delta I_{mb} = \Delta I_{mc} = 0$$

同理:

b 相接地时, $\Delta I_{mc} - \Delta I_{ma} = 0$, 且 ΔI_{mb} 最大。

c 相接地时, $\Delta I_{ma} - \Delta I_{mb} = 0$, 且 ΔI_{mc} 最大。

1.2 两相短路故障

$$I_{m2} \neq 0, \quad I_{m0} = 0$$

设 $b-c$ 相短路, 见图 2b, 显然有 $I_{f1} + I_{f2} = 0$, $I_{f0} = 0$

M 侧各相电流故障分量为

$$\begin{aligned}\Delta I_{ma} &= \Delta I_{m1} + \Delta I_{m2} = C_1(I_{f1} + I_{f2}) = 0 \\ \Delta I_{mb} &= a^2I_{m1} + aI_{m2} = C_1(a^2 - a)I_{f1} \\ \Delta I_{mc} &= a\Delta I_{m1} + a^2I_{m2} = C_1(a - a^2)I_{f1}\end{aligned}\quad (4)$$

所以当 $b-c$ 相短路时, a 为故障特殊相, 有

$$\Delta I_{ma} = 0$$

$$\Delta I_{mb} + \Delta I_{mc} = 0$$

同理, 当 $c-a$ 相短路, b 为故障特殊相, 有

$$\Delta I_{mb} = 0$$

$$\Delta I_{mc} + \Delta I_{ma} = 0$$

当 $a-b$ 相短路, c 为故障特殊相, 有

$$\Delta I_{mc} = 0$$

$$\Delta I_{ma} + \Delta I_{mb} = 0$$

1.3 两相接地短路故障

$$I_{m2} \neq 0, \quad I_{m0} \neq 0$$

设 F 处 $b-c$ 相接地故障, 见图 2c, 由 [2] 分析可知, 故障点故障相电流 $I_{f,b}^{(1)}$ 和 $I_{f,c}^{(1)}$ 可分为两部分, 一部分是当 $R_x \rightarrow \infty$ 时, 即两相短路情况下的故障电流 $I_{f,b}^{(2)}$ 及 $I_{f,c}^{(2)}$ (显然有 $I_{f,b}^{(2)} + I_{f,c}^{(2)} = 0$); 另一部分是由 $-\frac{1}{2}U_{f,b}^{(0)}$ ($U_{f,a}^{(0)}$ 为故障前 F 处 a 相电压) 作用经 R_x 产生的接地电流 $3I_{\Sigma 0}^{(1)}$ 在两相中的分流, 两部分之和就是总的故障电流 $I_{f,b}^{(1)}$ 和 $I_{f,c}^{(1)}$, 即

$$I_{f,a}^{(1)} = 0$$

$$I_{f,b}^{(1)} = I_{f,b}^{(2)} + \frac{1}{2} \times 3I_{\Sigma 0}^{(1)} \quad (5)$$

$$I_{f,c}^{(1)} = I_{f,c}^{(2)} + \frac{1}{2} \times 3I_{\Sigma 0}^{(1)}$$

故障点序电流为

$$I_{f0} = \frac{1}{3}(I_{f.a}^{(1,1)} + I_{f.b}^{(1,1)} + I_{f.c}^{(1,1)}) = I_{\Sigma,0}^{(1,1)}$$

$$I_{f1} = \frac{1}{3}(I_{f.a}^{(1,1)} + aI_{f.b}^{(1,1)} + a^2I_{f.c}^{(1,1)}) = \frac{1}{3}(aI_{f.b}^{(2)} + a^2I_{f.c}^{(2)}) - \frac{1}{2}I_{\Sigma,0}^{(1,1)} \quad (6)$$

$$I_{f2} = \frac{1}{3}(I_{f.a}^{(1,1)} + a^2I_{f.b}^{(1,1)} + aI_{f.c}^{(1,1)}) = \frac{1}{3}(a^2I_{f.b}^{(2)} + aI_{f.c}^{(2)}) - \frac{1}{2}I_{\Sigma,0}^{(1,1)}$$

M侧各相电流增量为

$$\begin{aligned} \Delta I_{ma} &= C_0 I_{f0} + C_1 I_{f1} + C_1 I_{f2} \\ &= \frac{C_1}{3}(aI_{f.b}^{(2)} + a^2I_{f.c}^{(2)} + a^2I_{f.b}^{(2)} + aI_{f.c}^{(2)}) - C_1 I_{\Sigma,0}^{(1,1)} + C_0 I_{\Sigma,0}^{(1,1)} \\ &= (C_0 - C_1) I_{\Sigma,0}^{(1,1)} \\ \Delta I_{mb} &= C_0 I_{f0} + a^2 C_1 I_{f1} + a C_1 I_{f2} \\ &= \frac{C_1}{3}(a^3 I_{f.b}^{(2)} + a^4 I_{f.c}^{(2)} + a^3 I_{f.b}^{(2)} + a^2 I_{f.c}^{(2)}) - \frac{C_1}{2}(a^2 + a) I_{\Sigma,0}^{(1,1)} + C_0 I_{\Sigma,0}^{(1,1)} \\ &= \frac{C_1}{3}(2I_{f.b}^{(2)} + (a + a^2)I_{f.c}^{(2)}) + (\frac{C_1}{2} + C_0) I_{\Sigma,0}^{(1,1)} \\ &= C_1 I_{f.b}^{(2)} + (\frac{C_1}{2} + C_0) I_{\Sigma,0}^{(1,1)} \end{aligned} \quad (7)$$

$$\Delta I_{mc} = C_1 I_{f.c}^{(2)} + (C_0 + \frac{C_1}{2}) I_{\Sigma,0}^{(1,1)}$$

所以当**b-c**两相接地故障，**a**为故障特殊相时， ΔI_{ma} 、 ΔI_{mb} 、 ΔI_{mc} 中 ΔI_{ma} 最小，特殊地，当M-N为馈线时， $\Delta I_{ma}=0$ 。

同理，当**c-a**两相接地时，**b**为故障特殊相， ΔI_{mb} 最小；当**a-b**两相接地短路时，**c**为故障特殊相， ΔI_{mc} 最小。

1.4 三相短路故障

$I_{m2}=0$ ， $I_{m0}=0$ 即为三相短路的判别式。

2 程序框图 见图3

3 结论

(1) 用线路一侧的电流故障分量判别故障类型及故障特殊相简单、可靠。对线路两侧网络没有限制，故障点过渡电阻存在与否对判据没有影响。

(2) 以上判据均为理想情况下推导，当实际运用时，要考虑误差。如 $I_{m0}=0$ ，应为 $I_{m0} \leq \epsilon_1$ ， ϵ_1 值应躲过零序最大不平衡电流。而 $\Delta I_{ma} + \Delta I_{mb} = 0$ 应为 $|\Delta I_{ma} + \Delta I_{mb}| \leq \epsilon_2$ ， ϵ_2 应考虑 $C_1 \neq C_2$ 等引起的误差。(下转31页)

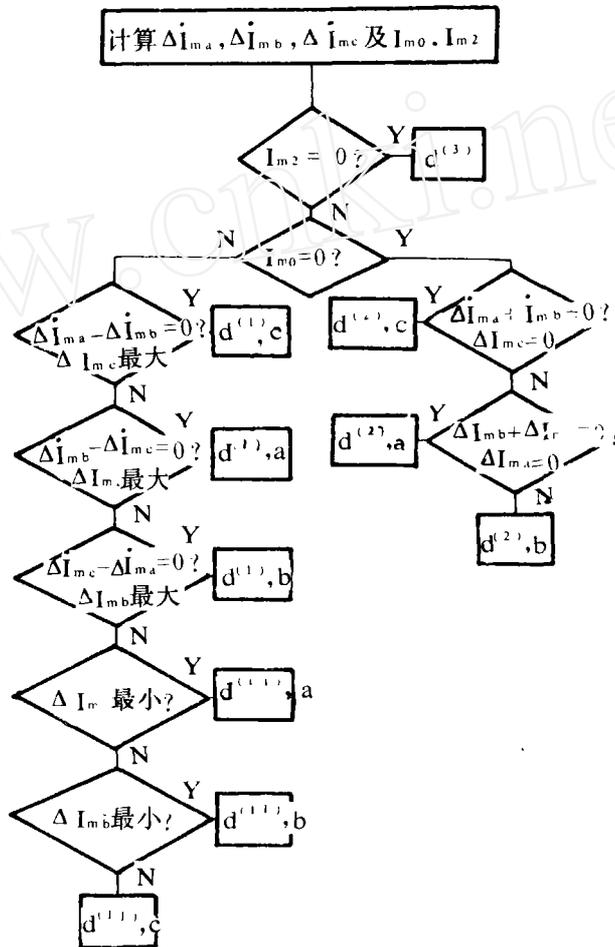


图3 程序框图

以大大提高保护的灵敏性，使反映接地过渡电阻的能力大为提高（500kV 线路数字仿真结果表明，区内故障 R_g 达 550Ω 时仍能正确动作）；再次，研究出所谓的“多相重合闸”后，可以实现同杆并架双回线分相跳闸后仍保持“全相运行”。此外，还可以考虑在区内、外故障时，将本测快速方向元件感受到的方向性由微波传送到对侧，实现母需收发信机的快速微波方向保护。所有这些，都是我们继 $WXH-14_x$ 后合作研究方向。

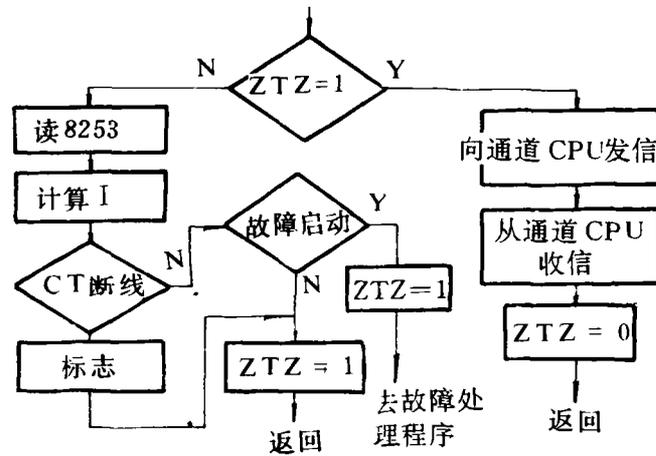


图 6 (b) 中断服务程序框图

参考文献

- 1 王绪昭. 并行处理式单片机微波保护的研究. 华北电力学院博士论文.
- 2 王绪昭、伍叶凯、杨奇逊. 一种适用于双端系统微机微波电流差动保护时跳闸判据. 继电器, 1992, 3
- 3 张新国、杨维娜等. 数字式微波零序电流差动保护判据的研究. 继电器, 1993, 2
- 4 杨维娜、鲍伟廉. PCM 系统传送继电保护数据的信号处理. 电力系统通信, 1992, 2
- 5 东北电力设计院. 微波电路传输继电保护信息设计技术规定(征求意见稿)编写说明. 1992, 3
- 6 许昌继电器研究所. $WXH-14_x$ 型微机微波保护装置使用说明书. 1993, 6

(上接 10 页)

(3) 发生接地故障时，宜先判别单相接地故障，再判两相接地短路故障。

参考文献

- 1 葛耀中. 论微机保护的发展方向. 继电器, 1992, 4
- 2 王梅义等. 高压电网继电保护运行技术. 电力工业出版社. 北京, 1981年6月.