

数字式微波零序电流差动保护判据的研究

华北电力学院 张新国 杨维娜 杨明玉 王绪昭

摘要 本文提出了适用于双端系统微机微波保护的零序电流差动判据,并对其进行了理论分析和仿真验证。结果表明,在接地故障时,该判据承受过渡电阻能力较分相电流差动保护判据有显著提高,可作为分相电流差动保护判据的补充判据使用。

1 前言

由华北电力学院研制的WXH-14型高压线路微机微波电流差动保护装置已通过动模试验,投入系统试运。试验结果表明,该装置可作为220~500kV线路主保护使用。为了提高该装置反应重负荷下高电阻接地故障的灵敏度,本文提出一种零序电流差动保护判据,作为原分相电流差动保护^[1,2]的补充判据。零序电流差动保护判据是一种纯故障分量的动作判据,这种判据和WXH-14中的分相电流差动保护判据配合使用,可以保证在任何运行状态下的各种故障被可靠地切除。

2 双端系统零序电流差动判据及其特性分析

动作判据如下:

$$|\dot{I}_M + \dot{I}_N| \geq I_s \quad (1)$$

$$|\dot{I}_{M0} + \dot{I}_{N0}| \geq K_0 |\dot{I}_{M0} - \dot{I}_{N0}| \quad (2)$$

式中 \dot{I}_M 、 \dot{I}_N : 分别为线路M侧和N侧的相电流; \dot{I}_{M0} 、 \dot{I}_{N0} : 分别为线路M侧和N侧的3倍零序电流; I_s : 定值,取稳态时2~3倍的线路电容电流; K_0 : 制动系数

当(1)式和(2)式同时成立时保护动作,切除故障,文献^[1]已对(1)式做过分析,下面重点对(2)式进行讨论。

2.1 制动特性:

设 $\varphi = \arg \frac{\dot{I}_{M0}}{\dot{I}_{N0}}$, 当 $\varphi = 180^\circ$ 时, (2)式可表为标量形式:

$$|I_{M0} - I_{N0}| \geq K_0 |I_{M0} + I_{N0}| \quad (3)$$

① $I_{M0} > I_{N0}$ 时, (3)式可表为

$$I_{N0} \leq \frac{1 - K_0}{1 + K_0} I_{M0} \quad (4)$$

② $I_{M0} < I_{N0}$ 时, (3)式可表为:

$$I_{N0} \geq \frac{1 + K_0}{-K_0} I_{M0} \quad (5)$$

③ 两侧电流相对允许误差 E_{RR}

$$E_{RR} = \left(1 - \frac{1 - K_0}{1 + K_0} \right) \times 100\% \quad (6)$$

$$K_0 = 0.88 \text{ 时, } E_{RR} = 94\%$$

$$K_0 = 1.0 \text{ 时, } E_{RR} = 100\%$$

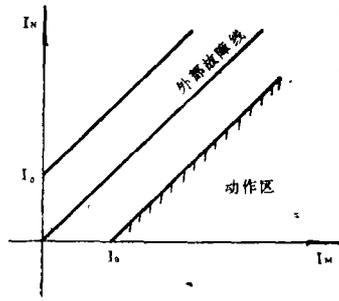


图1 (1)式的制动特性

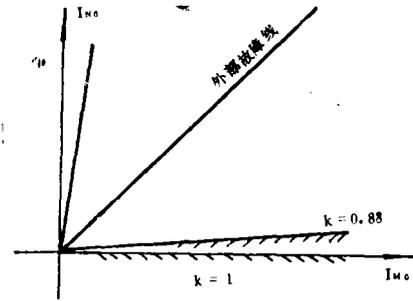


图2 (2)式的制动特性

2.2 相位特性

设 $\varphi = \arctan \frac{\dot{I}_{M0}}{\dot{I}_{N0}}$, 且 $I_{N0} = I_{M0} = I$, 则(2)式可表示为:

$$|I_{M0} + I_{M0} e^{i\varphi}| \geq K_0 |I_{M0} - I_{M0} e^{i\varphi}| \quad (7)$$

整理得:

$$\cos \varphi \geq \frac{K_0^2 - 1}{K_0^2 + 1} \quad (8)$$

相位误差裕度 $\beta = 180^\circ - \varphi$

$$K_0 = 0.88 \text{ 时, } \beta = 83^\circ$$

$$K_0 = 1 \text{ 时, } \beta = 90^\circ$$

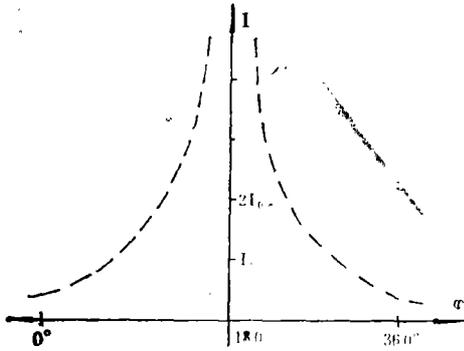


图3 (1)式的相位特性

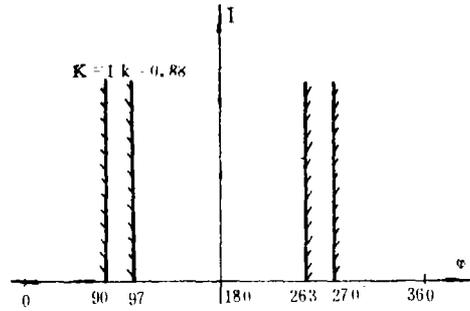


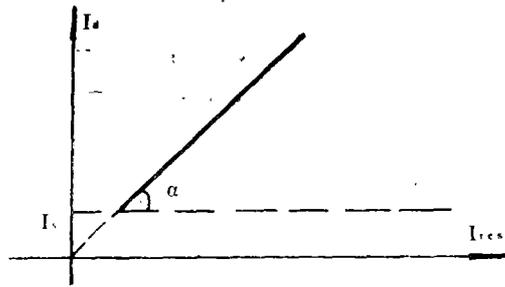
图4 (2)式的相位特性

2.3 动作特性

式(1)(2)的动作特性如图5所示, 由于制动量 I_{br} 与两侧电流大小有关, 所以制

动系数 $\text{tg}\alpha$ 可能在 $0 \sim K_0$ 间变化。 $\dot{I}_{M0} = \dot{I}_{N0}$ 时动作最灵敏， I_s 以上即为动作区。取 $K_0 = 1$

时，(2) 式实际上是一种比相式动作判据，即只要 \dot{I}_{M0} 和 \dot{I}_{N0} 之间的夹角小于 90° 就可以动作。在区内接地故障时，线路两侧的零序电流接近于同相位，故(2)式能够可靠动作。因此，判据的动作特性由(1)式决定，这样就大大提高了区内接地故障时的灵敏度。为了提高区外短路的防卫能力，我们建议取 $K_0 = 1$ 。



$$I_d = |\dot{I}_M + \dot{I}_N|, (\dot{I}_{M0} + \dot{I}_{N0})$$

$$I_{res} = |\dot{I}_{M0} - \dot{I}_{N0}|$$

图5 零序差动判据动作特性

2.4 电流用正弦分量和余弦分量表示时(2)式的表达式:

$$\dot{I}_{M0} = I_{Ms0} + jI_{Mc0}$$

$$\dot{I}_{N0} = I_{Ns0} + jI_{Nc0}$$

取 $K_0 = 1$ 时，(2)式可表示为:

$$I_{Ms0}I_{Ns0} + I_{Mc0}I_{Nc0} \geq 0 \quad (10)$$

(10)式避免了求模值的计算，因此计算量不大。

3 与WXH-14微波电流差动保护判据配合使用的框图

系统发生故障时，起动原件起动后，先投第一判据 $|\dot{I}_M + \dot{I}_N| > I_s$ ，若不成立，则去判是否其它相发生故障，若成立，则投保守数据，大部份区内故障可以快速切除，四点采样后，投灵敏判据，如果成立，则去跳闸，如果不成立，再投入零序电流差动判据，以切除重负荷下的高阻接地故障，直至整组复归。有关灵敏判据，保守判据的分析请参阅文献^[1]。

关于零序电流差动判据的几点说明:

(1) 区外接地故障时，线路M侧和N侧的零序电流相位差接近 180° ，因此，动作判据不会误动作。

(2) 非全相运行或振荡时，流过线路的零序电流是穿越性的，两侧电流的相位差也接近于 180° ，故动作判据也不会误动作。

(3) 区内发生相间故障时，一般相间故障时的过渡电阻较小，分相电流差动判据能够可靠动作，从而不会投入零序电流差动判据，故区内相间故障产生的不平衡电流不会使零序电流差动判据动作。

(4) 在重负荷情况下发生区内高阻接地故障时，分相电流差动判据可能不动作，这时投入零序电流差动判据，能够可靠地切除故障。

4 数字仿真验证

我们对图 7 所示的 500kV 双端系统进行数字仿真验证，系统中电源用集中参数表示，线路全长 300km，用分布参数表示，具体参数如下：

$$\text{电源: } \dot{E}_M = \frac{500}{\sqrt{3}} \angle 0^\circ \text{ kV}$$

$$\dot{E}_{Nz} = \frac{500}{\sqrt{3}} \angle \delta \text{ kV}$$

$$Z_{Ms1} = j21.3 \Omega$$

$$Z_{Ns1} = j21.6 \Omega$$

$$Z_{Ms0} = j24.4 \Omega$$

$$Z_{Ns0} = j23.1 \Omega$$

$$\text{线路: } R_1 = R_2 = 0.018 \Omega/\text{km}$$

$$R_3 = 0.161 \Omega/\text{km}$$

$$L_1 = L_2 = 0.000847\text{H}/\text{km}$$

$$L_0 = 0.00208\text{H}/\text{km}$$

$$C_1 = C_2 = 0.1386 \times 10^{-7} \text{F}/\text{km}$$

$$C_0 = 0.1015 \times 10^{-7} \text{F}/\text{km}$$

稳态运行时线路的电容电流 $I_C = 193\text{A}$,

$$\text{取 } I_S = 3I_C \approx 600\text{A}$$

$$\text{设 } I_{dz} = |\dot{I}_M + \dot{I}_N|, I_{rs} = |\dot{I}_M - \dot{I}_N|$$

$$I_{dz0} = |\dot{I}_{M0} + \dot{I}_{N0}|$$

$$I_{rs0} = |\dot{I}_{M0} - \dot{I}_{N0}|$$

计算结果如下：

(1) 受端保护出口短路 ($L_M = 299\text{km}$, $L_N = 1\text{km}$, $K = 0.6$)。

(2) 线路中点短路 ($L_M = 150\text{km}$,

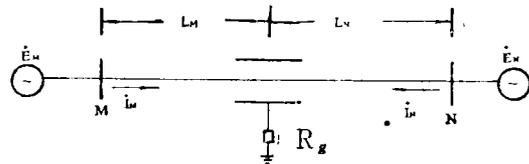


图 7

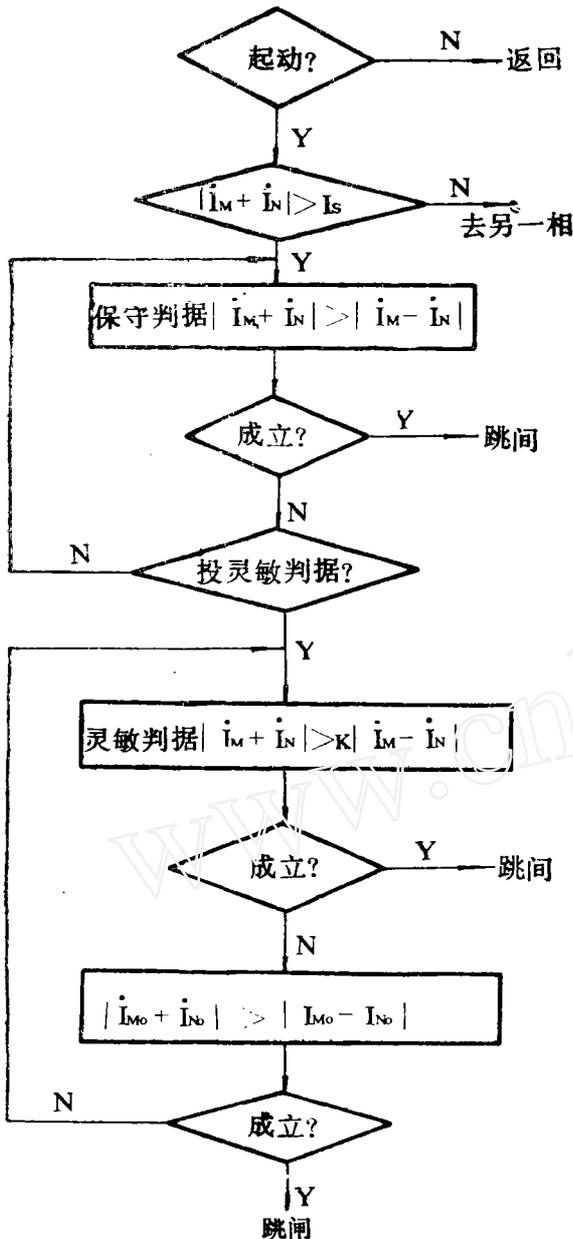


图 6

$L_N = 150\text{km}$, $K = 0.6$)

(3) 送端保护出口短路 ($L_M = 1\text{km}$

$L_N = 299\text{km}$, $K = 0.6$)

仿真结果表明：

(1) 在过渡电阻 $R_g = 300 \Omega$ 情况下，送端保护出口短路时，当运行角大于 13°

时，分相电流差动判据不能动作，线路中点短路时，允许运行角度不大于 20° ，受电端保护出

表 1

	I_{dx} (A)	KI_{res} (A)	I_{dxo} (A)	I_{rxo} (A)
$R_g = 300 \Omega$ $\delta = -27^\circ$	959	931	965	778
$R_g = 300 \Omega$ $\delta = -28^\circ$	956	978	964	777

表 2

	I_{dx}	KI_{res}	I_{dxo}	I_{res0}
$R_g = 300 \Omega$ $\delta = -20^\circ$	999	974	983	5
$R_g = 300 \Omega$ $\delta = 121^\circ$	997	1022	981	5

表 3

	I_{dx}	KI_{res}	I_{dxo}	I_{res0}
$R_g = 300 \Omega$ $\delta = -13^\circ$	1059	1043	983	782
$R_g = 300 \Omega$ $\delta = -14^\circ$	1061	1092	982	732
$R_g = 550 \Omega$ $\delta = -60^\circ$	684	3007	501	399
$R_g = 120 \Omega$ $\delta = -30^\circ$	2428	2446	2893	1903

口短路时, 允许运行角度不大于 27° 。

(2) 零序电流差动判据, 在运行角度为 60° , 过渡电阻 $R_g = 550 \Omega$ 时仍能动作, 实际上只要 $|\dot{I}_M + \dot{I}_N| \geq I_s$ 成立, 则无论什么情况下的接地短路, 零序电流差动判据均能动作。

5 结论

以上理论分析及仿真验证表明, 本文提出的零序电流差动保护动作判据, 在重负荷区内高阻接地时动作灵敏, 可以弥补分相电流差动判据的不足。目前, 这种零序电流差动判据已制成软件, 准备并入WXH-14中投入试运行。

参考文献

- [1] 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的跳闸判据。继电器, 1991, 4。
- [2] 王绪昭、杨明玉、杨奇逊。数字式三端系统分相电流差动保护判据的研究。继电器, 1992, 3。

会议简讯

中国电器工业协会继电器及其装置分会二届二次理事会(扩大)会议于1993年4月22~25日在许昌召开。许昌继电器厂、阿城继电器厂等分会各理事单位及上级协会的共22位理事代表和秘书处成员出席了会议。秘书长方文楷同志主持会议, 会议共进行了五项议程。中国电器工业协会副秘书长齐全丰同志, 代表上级协会到会并讲了话。

与会代表经过认真讨论, 取得共识, 认为各企业在竞争中应加强合作, 共同努力保护行业利益, 并开发国际市场; 行业协会要存在和发展, 就必须多做对企业有利的实事, 为企业转换经营机制, 发展市场经济服务。