

# 接地距离在电网中的应用

上海继电器厂 张乐

从廿年代开始, 距离保护在电力系统中逐步得到了推广。

我国电力工业在毛主席无产阶级革命路线的指引下, 不断飞跃发展, 特别是无产阶级文化大革命以来, 各系统容量迅速增大, 超高压输电线路不断增加, 系统结线也日益复杂, 对继电保护提出了更高的要求。

我国运行经验表明, 110千伏以上高压网络各种故障中, 接地故障占85%~90%左右, 因此加强接地保护是继电保护工作的一个重要课题。

以往的距离保护, 一般仅反映相间短路, 对系统中主要短路形式—接地短路, 一般是采用另序电流保护, 它具有结线简单, 调试方便, 灵敏度在很多情况下也较高等优点, 因而系统中普遍采用。

但是对于中短线路及环形网络, 另序电流保护, 往往不能满足要求, 当系统运行方式改变时, (如接地点改变) 另序电流分布改变, 导致保护定值的改变, 这给保护的整定运行带来极大的不便, 尤其是对中短线路而言, 当运行方式变化较大时, 另序电流保护将无法整定, 甚至完全丧失保护范围。在上述情况下, 接地距离保护与之相比则具有选择性好、灵敏度高、保护范围稳定等优点, 因而在系统中目前开始广泛采用。

我国目前成批生产的整流式距离保护, 其相间阻抗和接地阻抗共用一个元件, 在不同类型短路时切换至相应的结线方式, 一般采用下述二种结线方式:

方式 I	正常及相间短路时	接地故障时
	$\frac{\dot{U}_{\varphi-\varphi}}{i_{\varphi}} \quad (\text{相间电压})$	$\frac{\sqrt{3}}{1+K} \frac{\dot{U}_{\varphi}}{i_{\varphi}} \quad (\text{相电压})$
	$i_{\varphi} \quad (\text{相电流})$	

方式 II	正常及接地短路时	相间故障时
	$\frac{\dot{U}_{\varphi}}{i_{\varphi}+K3I_0}$	$\frac{\frac{1}{2}\dot{U}_{\varphi-\varphi}}{I_{\varphi}}$

在晶体管接地距离保护中, 一般采用相间阻抗与接地阻抗元件分开的方式即:

方式 III	接地阻抗元件	相间阻抗元件
	$\frac{\dot{U}_{\varphi}}{i_{\varphi}+K3I_0}$	$\frac{\dot{U}_{\varphi-\varphi}}{I_{\varphi-\varphi}} \quad (\text{相电流之差即线电流})$

为简化保护的结线, 有时采用一个多相补偿阻抗继电器 (即Бреслер继电器) 用以保护二相短路, 但这种元件调试要求较高, 工作量较大, 且不能反映三相对称短路。

当电网发生接地短路时, 由于另序电流的作用一般将使阻抗元件测量阻抗 $Z_p$ 增大, 引

起测量误差，为此需进行补偿。

方式 I 采用电压补偿法，如图 1 示，令线路正序、负序及另序阻抗分别为  $Z_1$ 、 $Z_2$

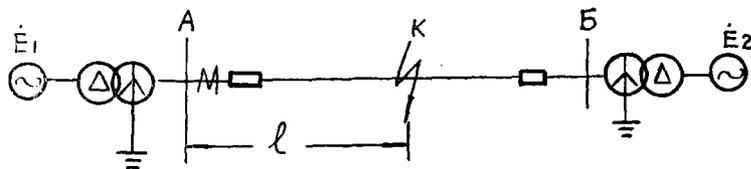


图 1

和  $Z_0$ ，故障相短路电流为  $\dot{I}_{\phi k}$ ，当线路 K 点发生故障时（保护位于 A 侧）分析如下：

三相短路时，测量阻抗

$$Z_p = \frac{\dot{U}_{\phi-\phi}}{\dot{I}_{\phi}} = \frac{\sqrt{3} \dot{I}_{\phi k}^{(3)} Z_{1l}}{\dot{I}_{\phi k}^{(3)}} = \sqrt{3} Z_{1l}$$

二相短路时

$$Z_p = \frac{\dot{U}_{\phi-\phi}}{\dot{I}_{\phi}} = \frac{2 \dot{I}_{\phi k}^{(3)} Z_{1l}}{\dot{I}_{\phi k}^{(2)}} = 2 Z_{1l}$$

单相接地时（如 A 相接地）

$$Z_p = \frac{\frac{\sqrt{3}}{1+K} \dot{U}_{\phi}}{\dot{I}_{\phi}} = \frac{\frac{\sqrt{3}}{1+K} (\dot{I}_{1Ak} Z_{1l} + \dot{I}_{2Ak} Z_{2l} + \dot{I}_{0k} Z_{0l})}{\dot{I}_{Ak}}$$

$$\because \dot{I}_{1k} = \dot{I}_{2k} = \dot{I}_{0k} = \frac{1}{3} \dot{I}_{Ak},$$

$$\text{又 } Z_1 = Z_2, \text{ 令 } Z_0 = (1+K) Z_1$$

$$\therefore Z_p = \sqrt{3} Z_{1l}$$

方式 II 采用电流补偿法，其测量阻抗分析如下：

三相短路当元件按接地阻抗接线方式工作时

$$Z_p = \frac{\dot{U}_{\phi}}{\dot{I}_{\phi} + K 3 \dot{I}_0} = \frac{\dot{I}_{\phi k}^{(3)} Z_{1l}}{\dot{I}_{\phi k}^{(3)}} = Z_{1l}$$

当元件按相间阻抗接线方式工作时

$$Z_p = \frac{\frac{1}{2} \dot{U}_{\phi-\phi}}{\dot{I}_{\phi}} = \frac{\frac{\sqrt{3}}{2} \dot{I}_{\phi k}^{(3)} Z_{1l} e^{j30^\circ}}{\dot{I}_{\phi k}^{(3)}} = \frac{\sqrt{3}}{2} Z_{1l} e^{j30^\circ}$$

见下图若在保护区末端发生三相短路时，元件的测量阻抗正好落在动作特性圆的圆周上，故保护区仍未变。

二相短路时

$$Z_p = \frac{\frac{1}{2} \dot{U}_\phi - \phi}{\dot{I}_\phi} = \frac{\frac{1}{2} \cdot 2 \dot{I}_{\phi k}^{(2)} Z_{1l}}{\dot{I}_{\phi k}^{(2)}} = Z_{1l}$$

单相接地短路时(如A相接地)

$$Z_p = \frac{\dot{U}_\phi}{\dot{I}_\phi + k3\dot{I}_o} = \frac{\dot{I}_{1AK}Z_{1l} + \dot{I}_{2AK}Z_{2l} + \dot{I}_{oK}Z_{o1}}{\dot{I}_{AK} + k3\dot{I}_o}$$

$$= \frac{Z_{1l}(\dot{I}_{AK} + k3\dot{I}_o)}{\dot{I}_{AK} + k3\dot{I}_o} = Z_{1l}$$

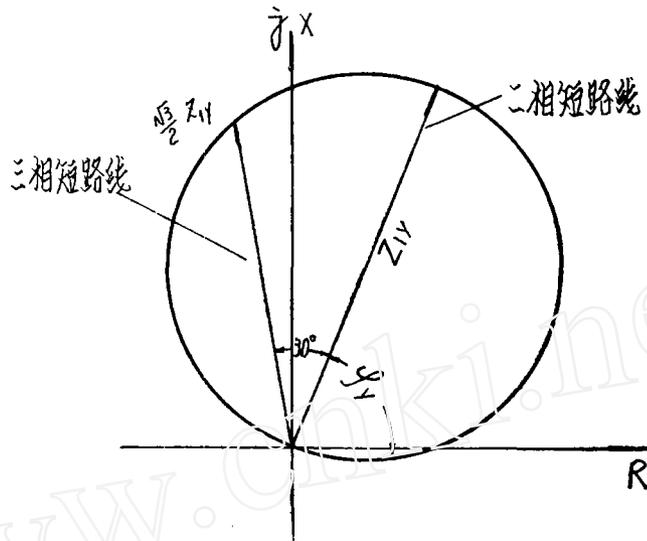


图2 以相间阻抗接线方式工作的阻抗元件  
在三相短路时保护区与二相短路相同

通过 I、II 两种方式分析, 不难证明方式 III 在各种短路时其测量阻抗为一恒定值  $Z_p = Z_{1l}$  (见下表)

故障类型 测量阻抗 接线方式	三相短路	二相短路	单相(或二相)接地	备注
方式 I	$\sqrt{3} Z_{1l}$	$2Z_{1l}$	$\sqrt{3} Z_{1l}$	单相接地时 $\sqrt{3} Z_{1l}$ 是近似值
方式 II	$Z_{1l}$ 或 $\sqrt{\frac{3}{2}} Z_{1l} e^{j30^\circ}$	$Z_{1l}$	$Z_{1l}$	三相短路时 保护区不变
方式 III	$Z_{1l}$	$Z_{1l}$	$Z_{1l}$	

显然方式 I 在不同故障时测量阻抗不是一定值, 故电压补偿法是一不完全的补偿措施, 它仅适用于对测量精度要求不高的阻抗起动元件中, 方式 II 和 III 的电流补偿是一种比较完善的补偿措施, 它可保证测量阻抗在不同类型短路情况下为一常数, 阻抗元件的保护区不变,

因而它被广泛地应用于接地距离的结线中，目前我国电网中带有接地阻抗元件的整流式距离保护屏其正确动作率是较高的。

接地距离与另序电流保护相比虽然在很多情况下具有选择性好，灵敏度高，保护范围稳定等优点，但当故障点存在过渡电阻时，其测量阻抗增大，当过渡电阻足够大时，将导致阻抗元件拒绝动作。在用于双回线路时，由于互感的影响，引起测量阻抗增大。如图 3 当 K 点发生单相短路时，母线 A 的电压为：

$$U_{(A)} = (I_{(I)K} + K3I_{0(I)})Z_1l_1 + I_{0(II)}Z_{M0}l_1$$

$$\text{流经保护 I 的短路电流 } I_{(I)} = I_{(I)K} + K3I_{0(I)}$$

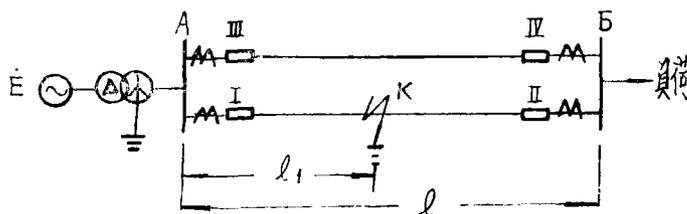


图 3

式中  $I_{(I)K}$  为 K 点单相短路时故障线路故障相电流

$I_{(I)}$ 、 $I_{(II)}$  分别为故障线路与非故障线路之另序电流

$Z_1$  为线路正序阻抗

$Z_{M0}$  为平行线路另序互阻抗

此时保护 I 的测量阻抗

$$Z_p = \frac{U_{(A)}}{I_{(I)}} = Z_1l_1 + \frac{I_{0(II)}}{I_{(I)K} + K3I_{0(I)}}Z_{M0}l_1$$

显然，保护的测量阻抗增大，保护区缩短，且测量误差随着故障点距保护安装处距离的增大而增大，当线路末端故障时，其测量阻抗约增大 30% 左右，因此必须予以引起注意。

此外，在系统发生振荡时，接地距离也将受到影响，当保护安装点位于系统振荡中心附近，振荡电流足够大时，可能导致其误动作。

由于上述原因，接地距离在电网中的应用，实际上受到了限制，因此在大电流接地系统中，只有在中短线路及环形网络结线中，另序电流保护不能满足要求的情况下，才优先考虑接地距离保护。