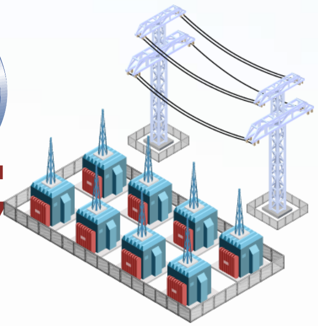
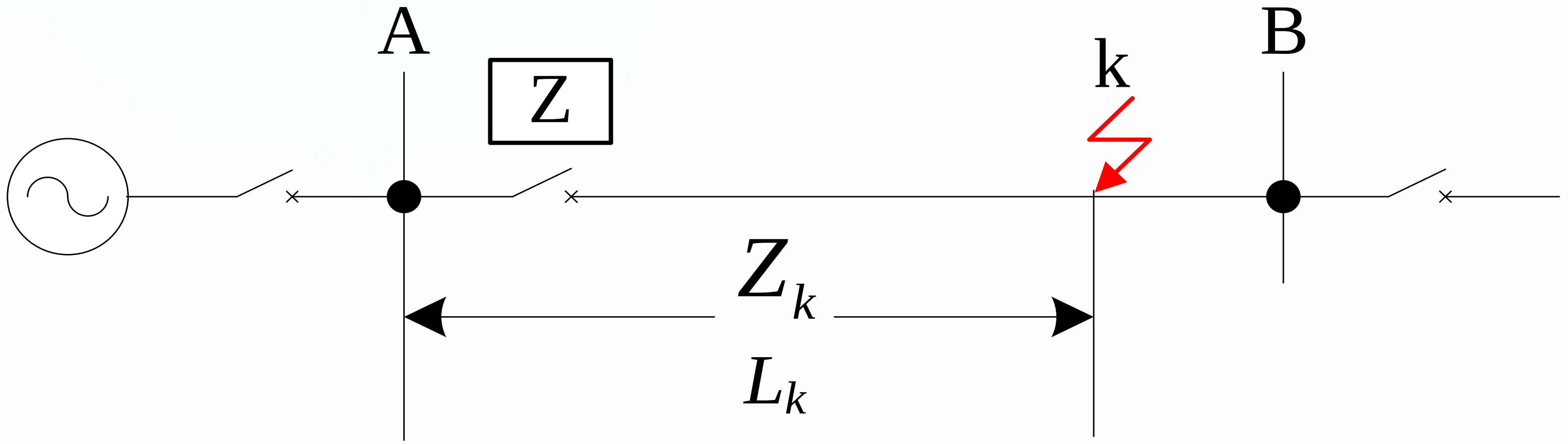
阻抗继电器的接线方式



问题的引出

回顾： 测量阻抗应能正确反应从保护安装处到故障点的距离



$$Z_m = \frac{\dot{U}_m}{\dot{I}_m} = Z_\mathrm{k} = z_1 L_k$$

问题： 面对的是三相系统

存在各种不对称故障类型

阻抗继电器的接线方式

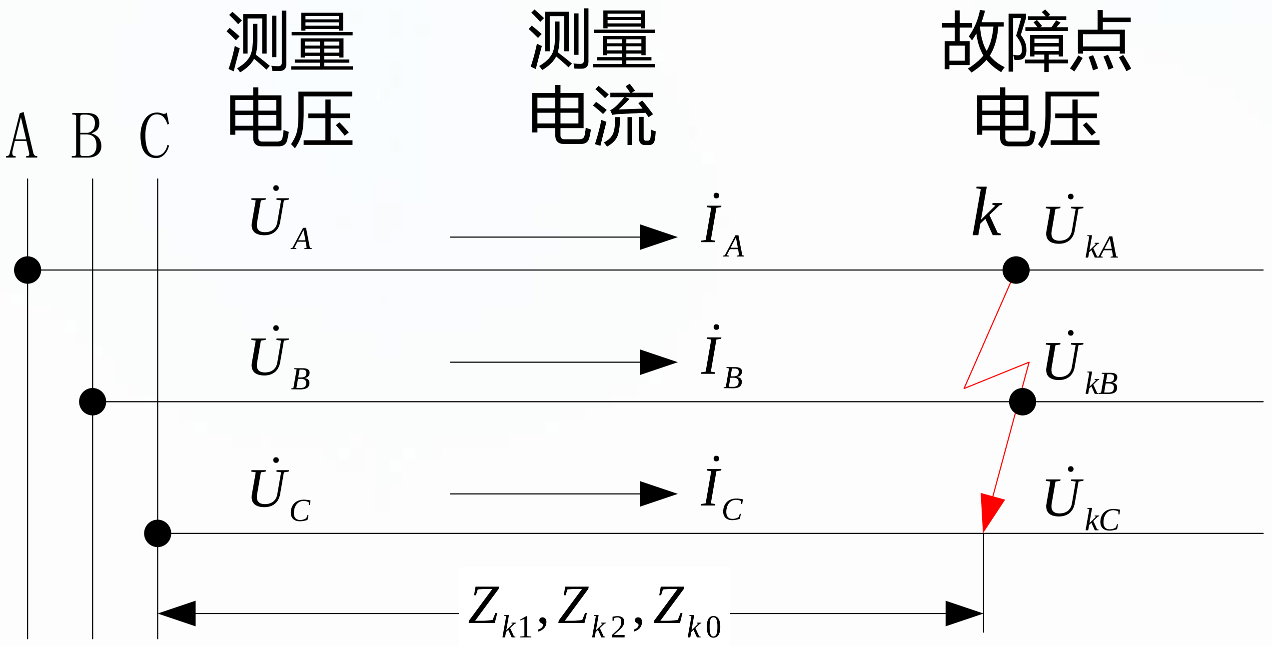
概念：阻抗继电器测量电压与测量电流的选取方式，称为其接线方式

对接线方式的基本要求：

- 测量阻抗正比于从保护安装处到短路点的距离
- 测量阻抗应与故障类型无关

$$Z_m = \frac{\dot{U}_m}{\dot{I}_m} = Z_{\mathrm{k}} = z_1 L_k$$

复习：基于序分量的故障分析方程



Z_{k1}, Z_{k2}, Z_{k0} 线路正/负/零序阻抗

序分量形式的统一表达式：

$$\dot{U}_{1A} = Z_{k1}\dot{I}_{1A} + \dot{U}_{k1A}$$
$$\dot{U}_{2A} = Z_{k2}\dot{I}_{2A} + \dot{U}_{k2A}$$
$$\dot{U}_{0A} = Z_{k0}\dot{I}_{0A} + \dot{U}_{k0A}$$

适应任意短路类型

适应故障相和健全相

复习：基于序分量的故障方程

$$\dot{U}_{1A} = Z_{k1}\dot{I}_{1A} + \dot{U}_{k1A}$$

$$\dot{U}_{2A} = Z_{k2}\dot{I}_{2A} + \dot{U}_{k2A}$$

$$\dot{U}_{0A} = Z_{k0}\dot{I}_{0A} + \dot{U}_{k0A}$$

重新合成为A相：

$$\dot{U}_A = Z_{k1}\dot{I}_{1A} + Z_{k1}\dot{I}_{2A} + Z_{k0}\dot{I}_{0A} + \dot{U}_{kA}$$

$$= Z_{k1}(\dot{I}_A + \frac{Z_{k0} - Z_{k1}}{3Z_{k1}} 3\dot{I}_{0A}) + \dot{U}_{kA}$$

复习：基于序分量的故障方程

$$\dot{U}_A = Z_{k1}(\dot{I}_A + \frac{Z_{k0} - Z_{k1}}{3Z_{k1}} 3\dot{I}_0) + \dot{U}_{kA}$$

"相地"形式的统一表达式：

$$\dot{U}_\phi = Z_{k1}(\dot{I}_\phi + \dot{K} \times 3\dot{I}_0) + \dot{U}_{k\phi}$$

$$\phi = A, B, C$$

$$K = \frac{Z_0 - Z_1}{3Z_1}$$

概念：零序电流补偿系数K

- 为复数，但实用中近似为实数

复习：基于序分量的故障方程

相间（相-相）形式的统一表达式：

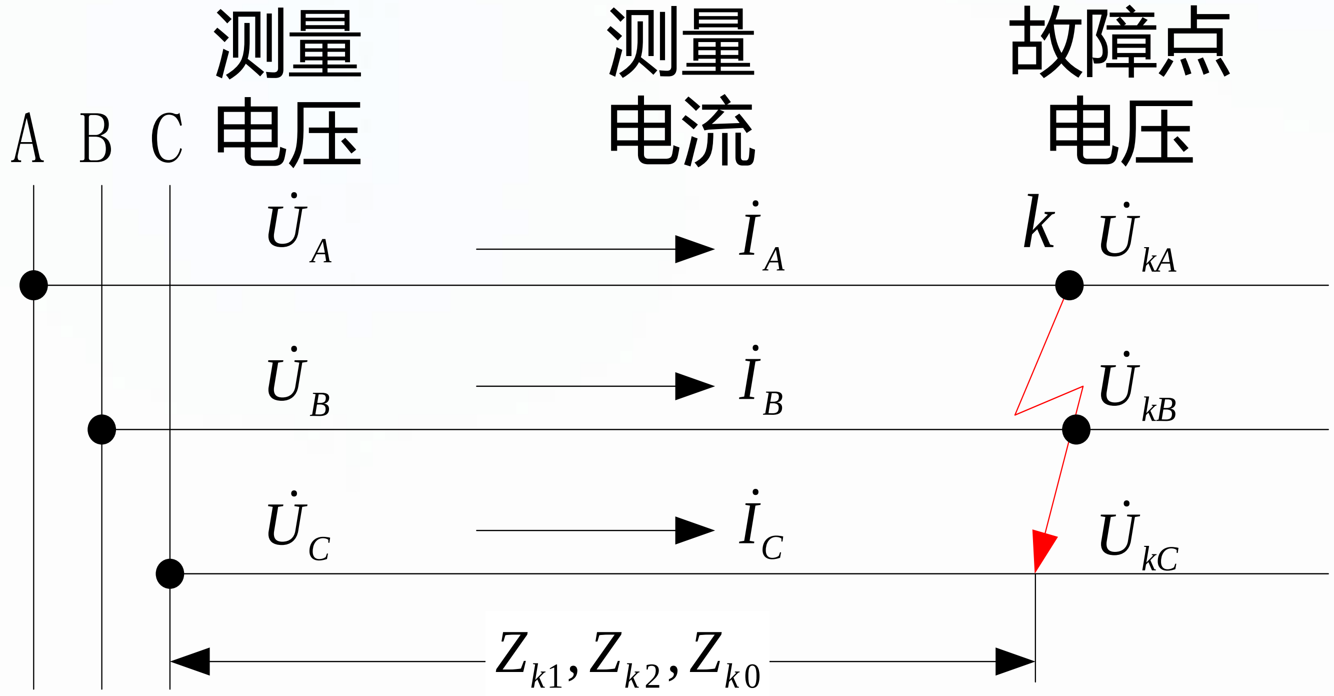
$$\dot{U}_{\phi} = Z_{k1}(\dot{I}_{\phi} + \dot{K} \times 3\dot{I}_{0}) + \dot{U}_{k\phi}$$

$$\phi = A, B, C$$

$$\dot{U}_{\phi\phi} = Z_{k1}\dot{I}_{\phi\phi} + \dot{U}_{k\phi\phi}$$

$$\phi\phi = AB, BC, CA$$

复习：基于序分量的故障方程



相地 $\dot{U}_\phi = Z_{k1}(\dot{I}_\phi + \dot{K} \times 3\dot{I}_0) + \dot{U}_{k\phi}$

相间 $\dot{U}_{\phi\phi} = Z_{k1}\dot{I}_{\phi\phi} + \dot{U}_{k\phi\phi}$

问题：

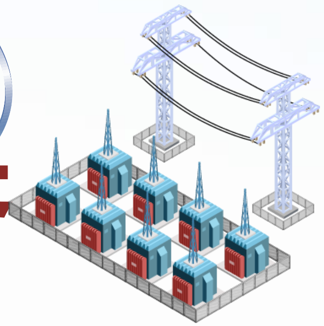
目标是求取故障阻抗Z_{k1}

但是，故障点电压未知

思路：

代入故障边界条件

阻抗继电器的接线方式



1.带零序电流补偿的接线方式

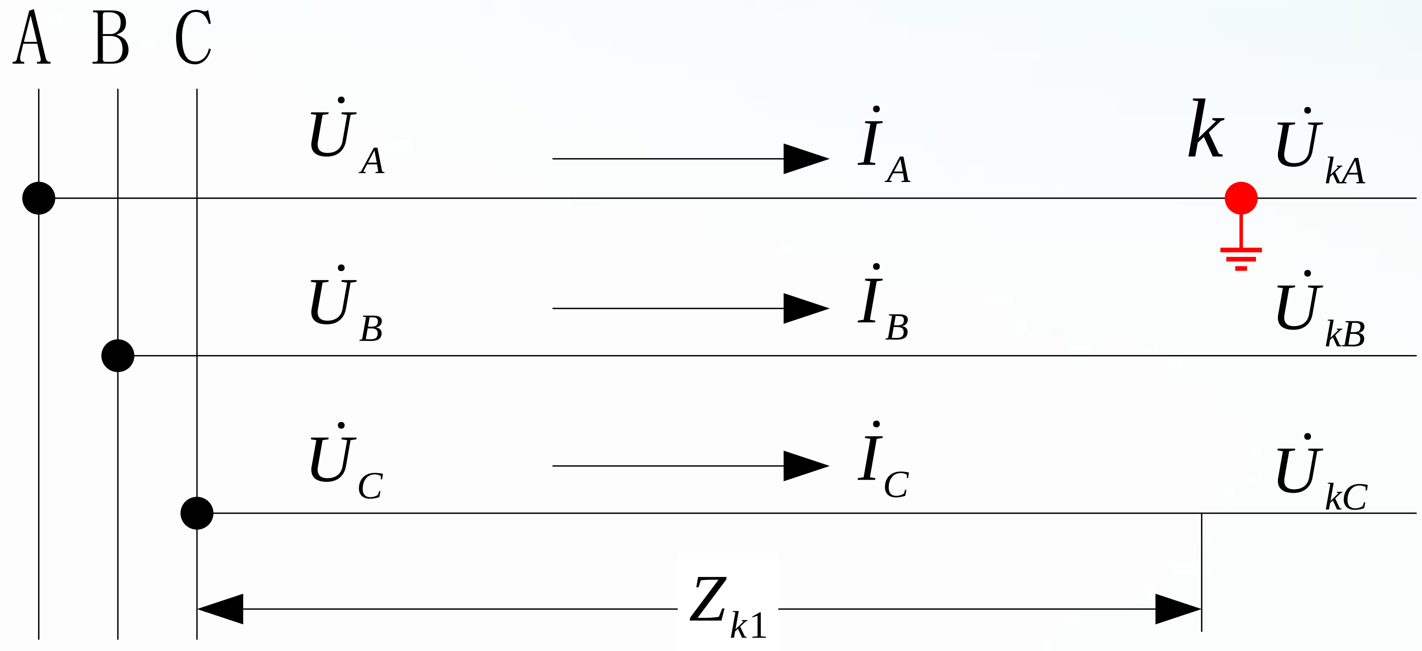
(1) A相金属性接地

故障边界条件：

$$\dot{U}_{kA}=0$$

故障相“相地”方程：

$$\dot{U}_A=\dot{U}_{kA}+(\dot{I}_A+K\times3\dot{I}_0)Z_{k1}$$



联立得：

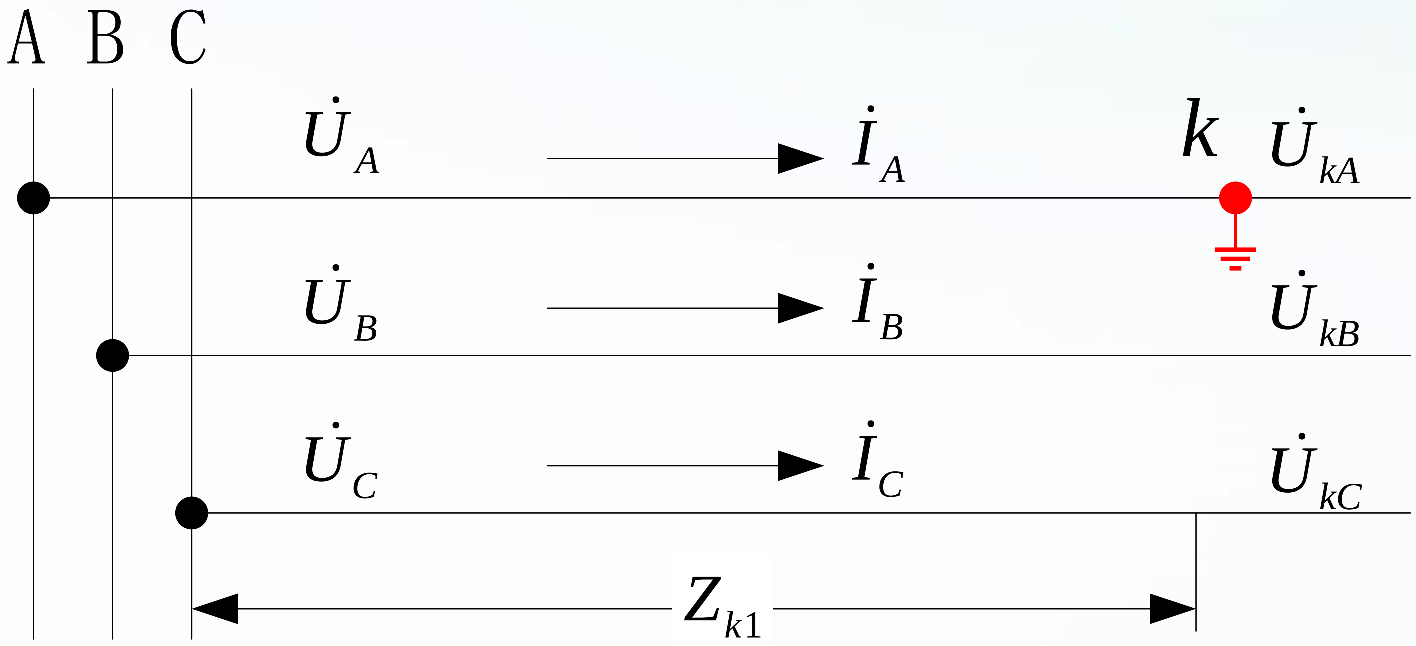
$$Z_{k1}=\frac{\dot{U}_A}{\dot{I}_A+K\times3\dot{I}_0}$$

← 故障回路电压

← 故障回路电流

1.带零序电流补偿的接线方式

(1) A相金属性接地



故障边界条件：

$$\dot{U}_{kA}=0$$

非故障相方程：

$$\dot{U}_B=\dot{U}_{kB}+(\dot{I}_B+K\times 3\dot{I}_0)Z_{k1}$$

非故障相测量阻抗不能反映故障位置：

$$Z_{mB}=\frac{\dot{U}_B}{\dot{I}_B+K\times 3\dot{I}_0}\neq Z_{k1}$$

1.带零序电流补偿的接线方式

(1) A相金属性接地

小结： A相继电器应以$\dot{U}_A$为测量电压，以$\dot{I}_A + K \times 3\dot{I}_0$为测量电流，才能正确反映故障距离

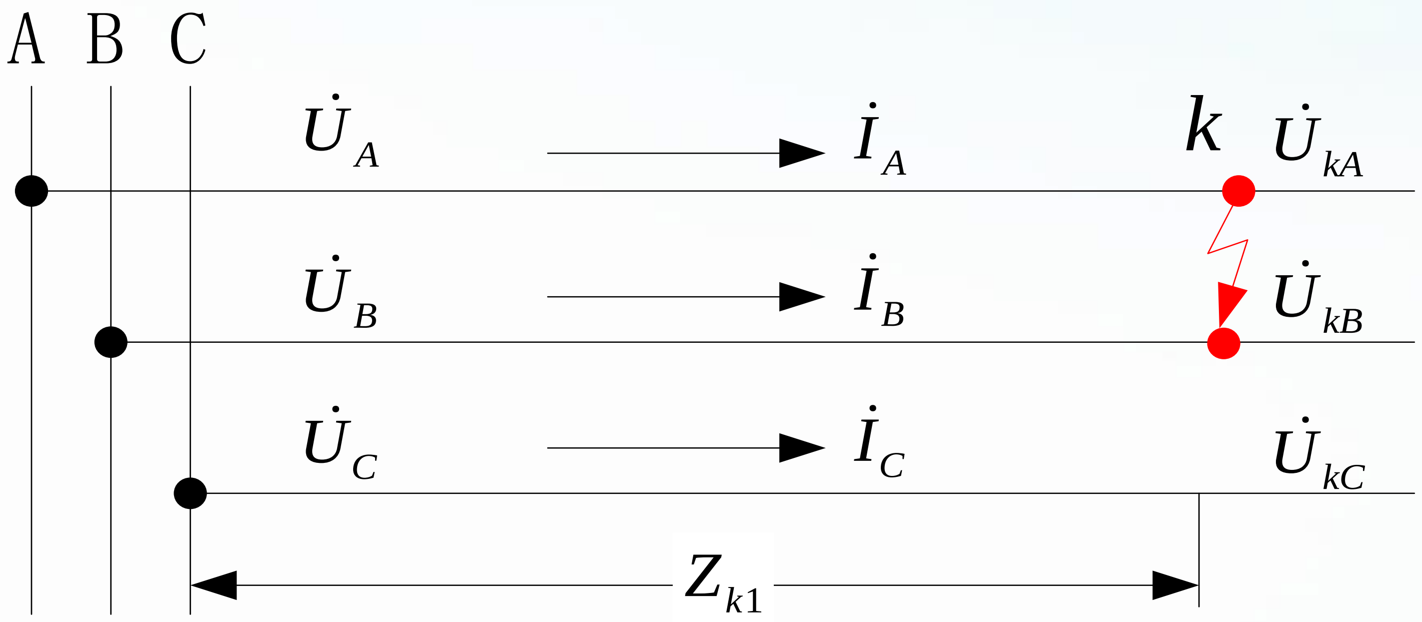
$$Z_{mA} = \frac{\dot{U}_{mA}}{\dot{I}_{mA}} = \frac{\dot{U}_A}{\dot{I}_A + K \times 3\dot{I}_0} = Z_{k1}$$

概念： 称下述接线方式为带零序电流补偿接线：

$$Z_{m\phi} = \frac{\dot{U}_{m\phi}}{\dot{I}_{m\phi}} = \frac{\dot{U}_\phi}{\dot{I}_\phi + K \times 3\dot{I}_0}, \quad \phi = A, B, C$$

2.0°接线方式

(2) AB相间短路



故障边界条件：

$$\dot{U}_{kAB} = 0$$

故障相“相地”方程：

$$\dot{U}_A = \dot{U}_{kA} + (\dot{I}_A + K \times 3\dot{I}_0)Z_{k1} = \dot{U}_{kA} + \dot{I}_A Z_{k1}$$

$$\dot{U}_B = \dot{U}_{kB} + (\dot{I}_B + K \times 3\dot{I}_0)Z_{k1} = \dot{U}_{kB} + \dot{I}_B Z_{k1}$$

故障相“相间”方程：

$$\dot{U}_{AB} = \dot{U}_{kAB} + \dot{I}_{AB} Z_{k1}$$

2.0°接线方式

(2) AB相间短路

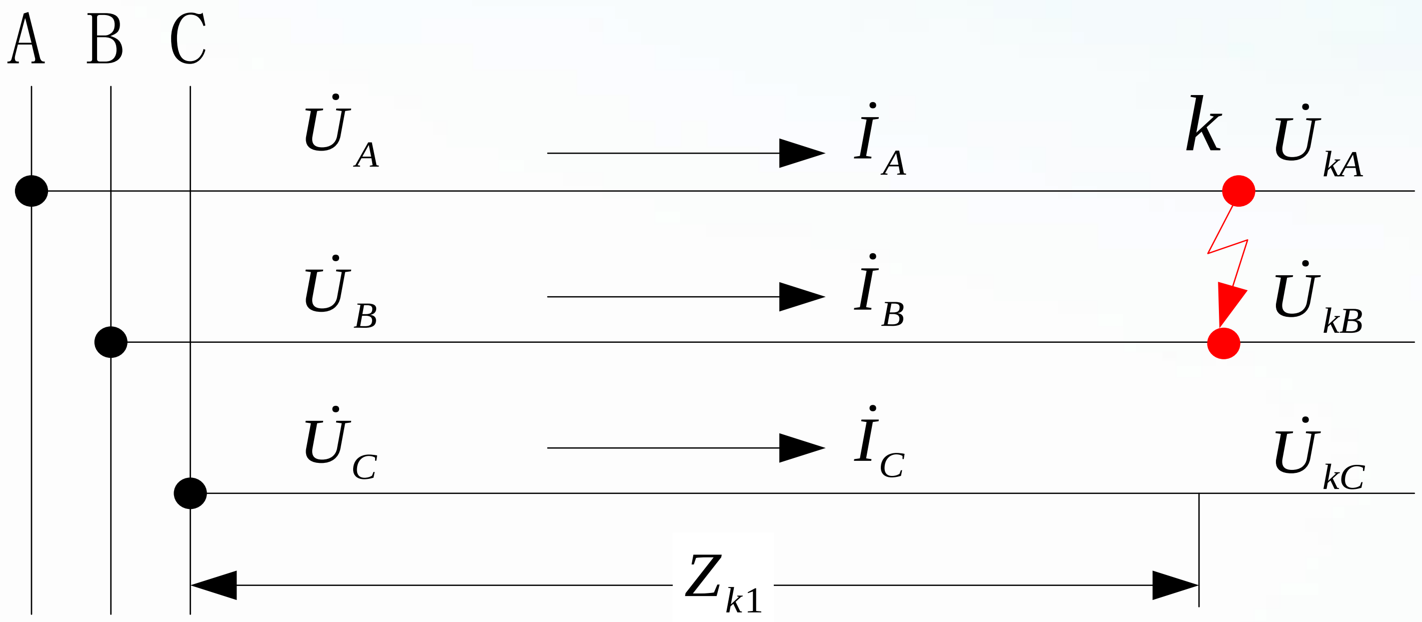
故障边界条件：

$$\dot{U}_{kAB}=0$$

故障相"相间"方程：

$$\dot{U}_{AB}=\dot{U}_{kAB}+\dot{I}_{AB}Z_{k1}$$

联立得：



$$Z_{k1}=\frac{\dot{U}_{AB}}{\dot{I}_{AB}}=\frac{\dot{U}_A-\dot{U}_B}{\dot{I}_A-\dot{I}_B}$$

分子：故障回路电压

分母：故障回路电流

2.0°接线方式

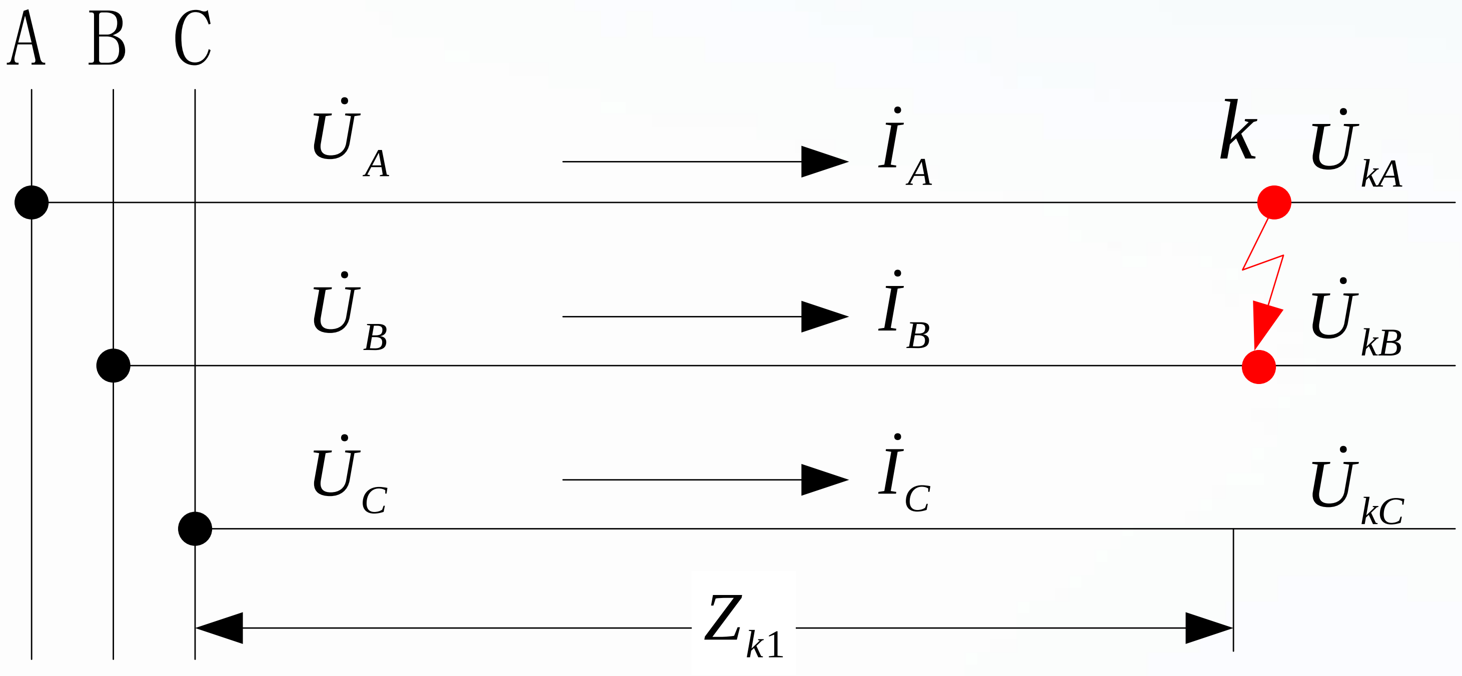
(2) AB相间短路

故障边界条件:

$$\dot{U}_{kAB}=0$$

非故障相间方程:

$$\dot{U}_{BC}=\dot{U}_{kBC}+\dot{I}_{BC}Z_{k1}$$



非故障相间测量阻抗不能反映故障位置:

$$Z_{mBC}=\frac{\dot{U}_{BC}}{\dot{I}_{BC}}\neq Z_{k1}$$

2.0°接线方式

（2）AB相间短路

结论： AB相间继电器应以$\dot{U}_A-\dot{U}_B$为测量电压，以$\dot{I}_A-\dot{I}_B$为测量电流，才能正确反映故障距离

$$Z_{mA}=\frac{\dot{U}_{mAB}}{\dot{I}_{mAB}}=\frac{\dot{U}_A-\dot{U}_B}{\dot{I}_A-\dot{I}_B}=Z_{k1}$$

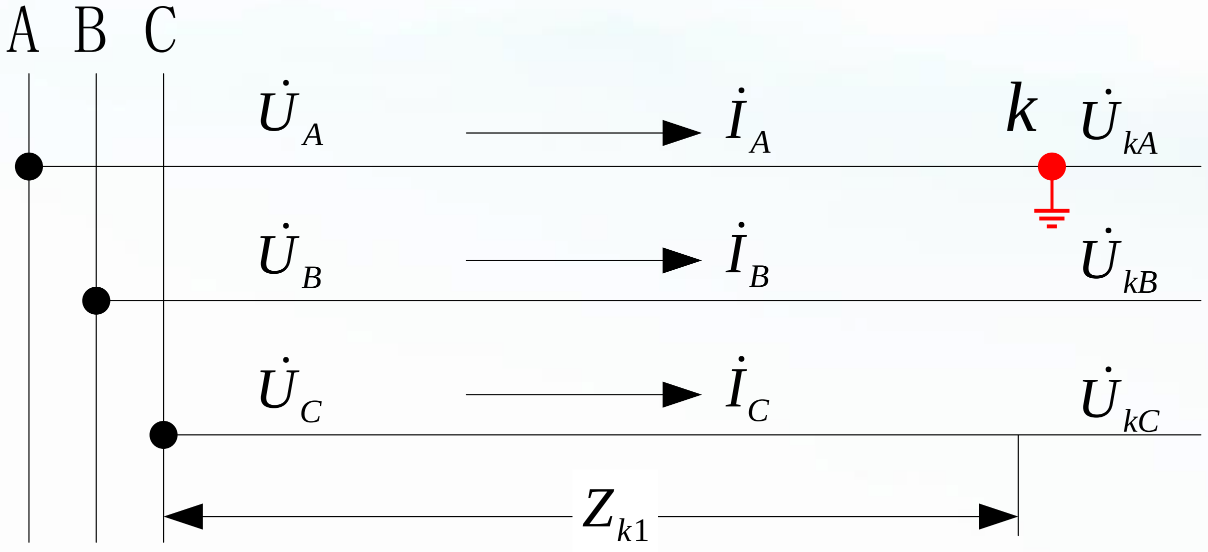
概念： 称阻抗继电器的下述接线方式为0°接线：

$$Z_{m\phi\phi}=\frac{\dot{U}_{m\phi\phi}}{\dot{I}_{m\phi\phi}}=\frac{\dot{U}_{\phi\phi}}{\dot{I}_{\phi\phi}},\quad \phi\phi=AB,BC,CA$$

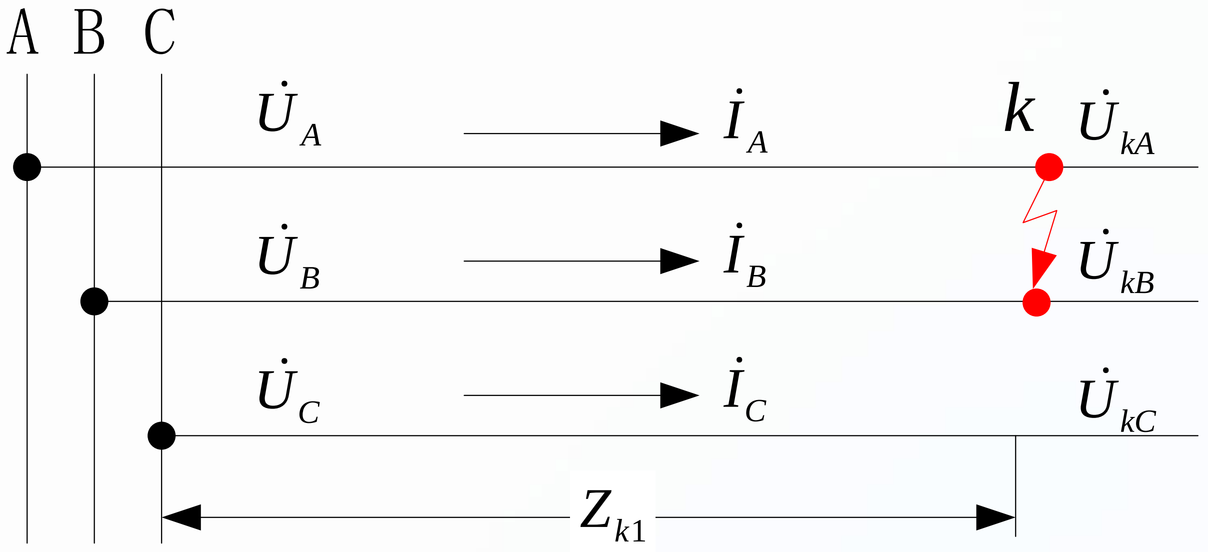
总结

接线方式选择原则：利用故障回路构成测量电压和测量电流

单相接地故障：有1个相地故障回路，应采用带零序电流补偿的接线



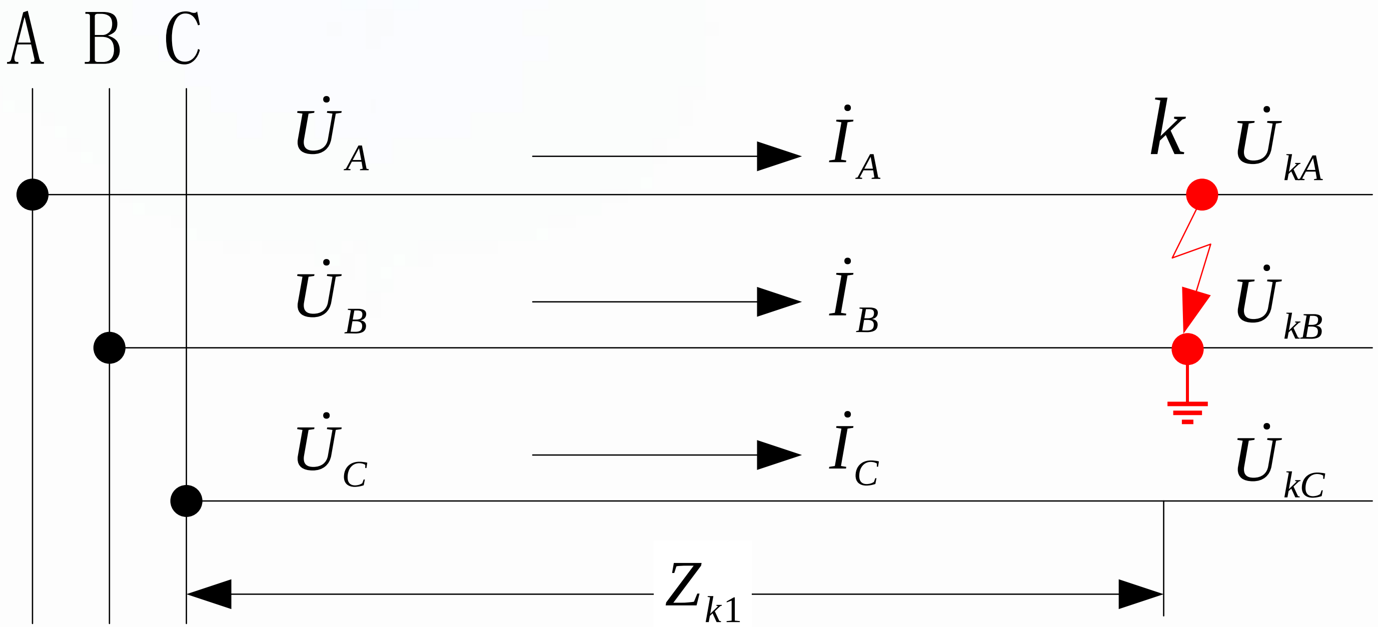
相间短路故障：有1个相间故障回路，应采用0°接线



仅故障相（间）继电器的测量阻抗能正确反映故障位置

结论推广

(3) AB两相接地

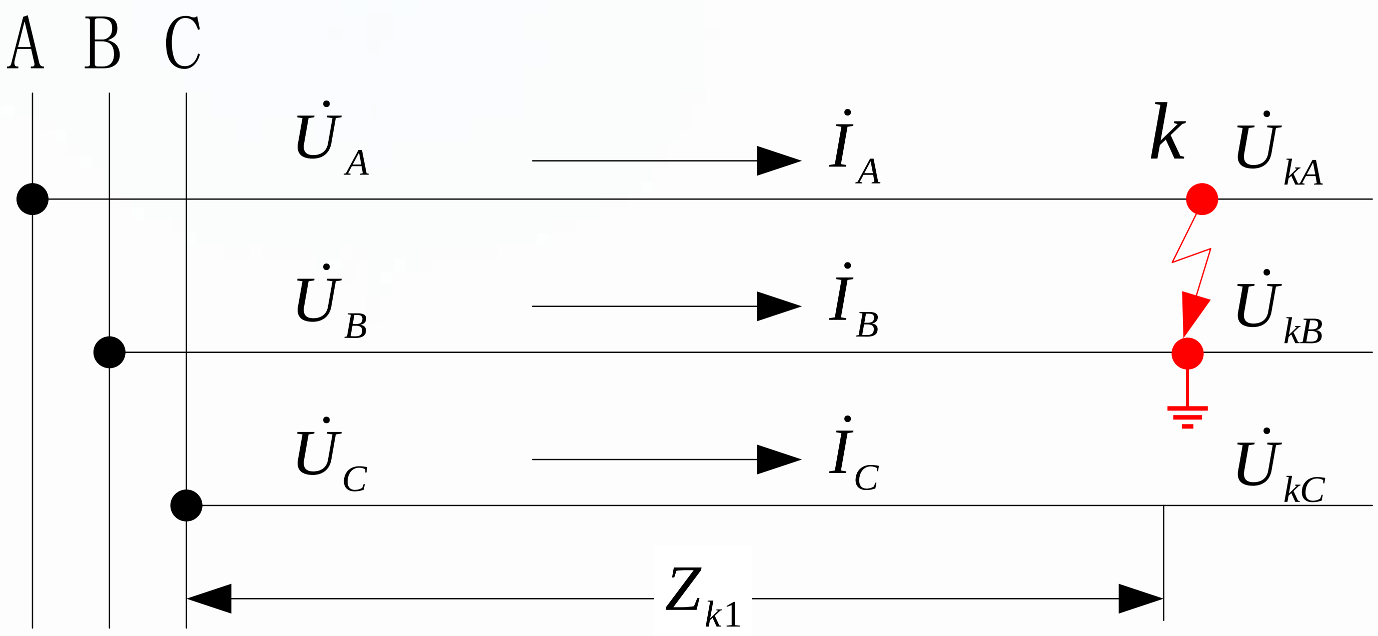


存在2个相地故障回路、1个相间故障回路

- A、B相继电器采用带零序电流补偿的接线
- AB相间继电器采用0°接线
- 只有上述阻抗继电器能正确反映故障位置

结论推广

(4) 三相短路接地

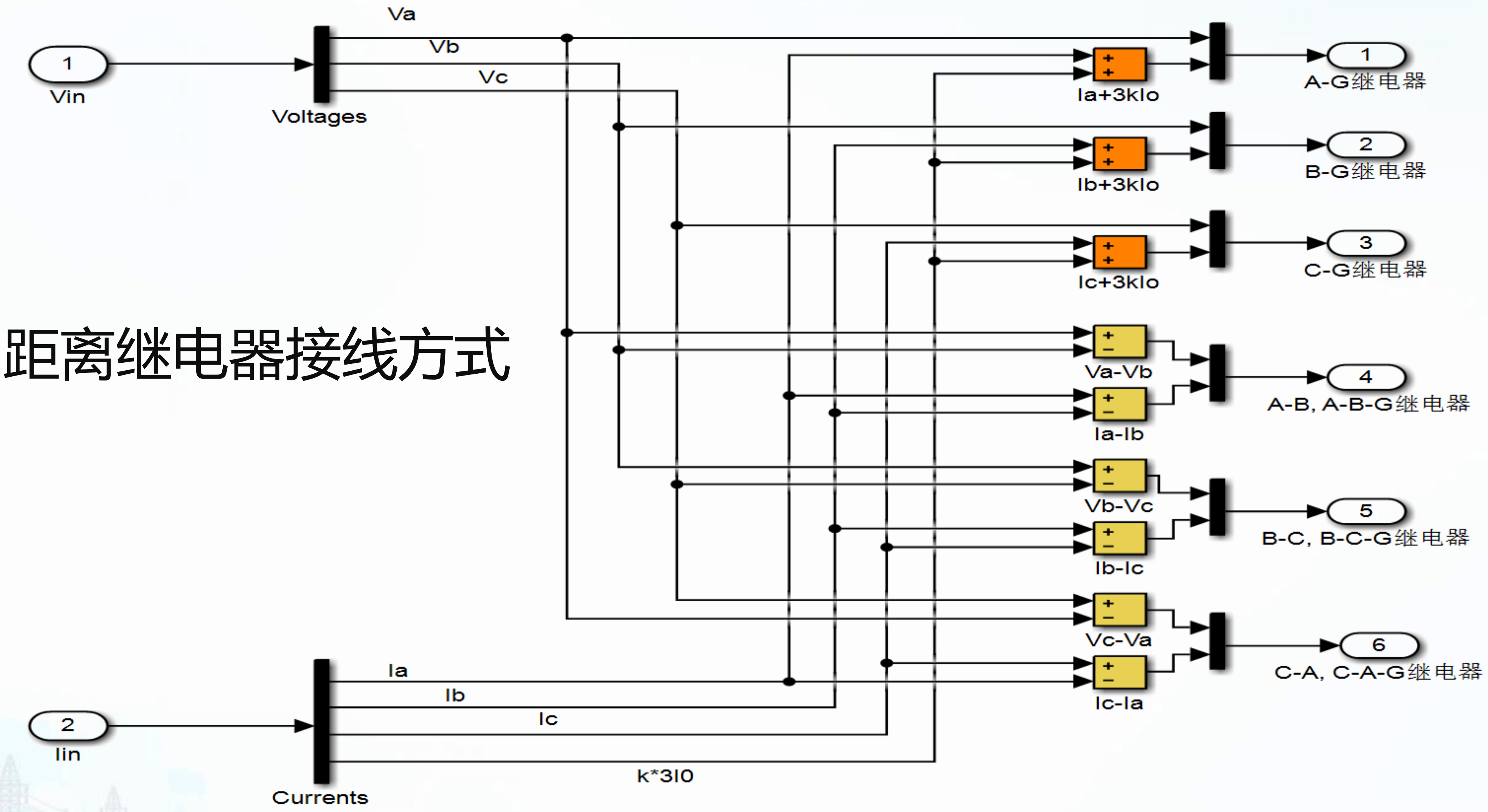


存在3个相地故障回路、3个相间故障回路

- 3个相继电器应采用带零序电流补偿的接线
- 3个相间继电器应采用0°接线
- 上述6个阻抗继电器皆能正确反映故障位置

Matlab仿真

距离继电器接线方式



零序电流补偿接线

0度接线

阻抗继电器接线方式总结

"十"能正确反应故障距离
"一"测量阻抗通常大于实际距离

接线方式 继电器 故障类型		接地距离保护接线方式			相间距离保护接线方式		
		A相	B相	C相	AB相	BC相	CA相
		$\dot{U}_{mA}=\dot{U}_A$ $\dot{I}_{mA}=\dot{I}_A+K3\dot{I}_0$	$\dot{U}_{mB}=\dot{U}_B$ $\dot{I}_{mB}=\dot{I}_B+K3\dot{I}_0$	$\dot{U}_{mC}=\dot{U}_C$ $\dot{I}_{mC}=\dot{I}_C+K3\dot{I}_0$	$\dot{U}_{mAB}=\dot{U}_A-\dot{U}_B$ $\dot{I}_{mAB}=\dot{I}_A-\dot{I}_B$	$\dot{U}_{mBC}=\dot{U}_B-\dot{U}_C$ $\dot{I}_{mBC}=\dot{I}_B-\dot{I}_C$	$\dot{U}_{mCA}=\dot{U}_C-\dot{U}_A$ $\dot{I}_{mCA}=\dot{I}_C-\dot{I}_A$
单相接地	A	+	-	-	-	-	-
	B	-	+	-	-	-	-
	C	-	-	+	-	-	-
两相接地	AB	+	+	-	+	-	-
	BC	-	+	+	-	+	-
	CA	+	-	+	-	-	+
两相短路	AB	-	-	-	+	-	-
	BC	-	-	-	-	+	-
	CA	-	-	-	-	-	+
三相接地	ABC	+	+	+	+	+	+