



此为比较相位时的动作方程。显然是比较  $(\dot{U}_K - \dot{U}_Y)$  与  $\dot{U}_J$  之间的相位的, LH-15A 之测量元件正是按比较相位构成的。

$$\begin{aligned} \text{令 } \dot{C} &= \dot{U}_K - \dot{U}_Y, \quad \dot{D} = \dot{U}_J \\ \text{则 } \dot{A} &= \dot{C} + \dot{D} = \dot{U}_K - \dot{U}_Y + \dot{U}_J \\ \dot{B} &= \dot{C} - \dot{D} = \dot{U}_K - \dot{U}_Y - \dot{U}_J \end{aligned}$$

根据比较相位与比较绝对值相对应的换算关系有:  
其对应的比较绝对值的动作方程为:

$$|\dot{A}| \geq |\dot{B}|$$

$$\text{即: } |\dot{U}_K - \dot{U}_Y + \dot{U}_J| \geq |\dot{U}_K - \dot{U}_Y - \dot{U}_J|$$

将式  $\frac{\dot{U}_K - \dot{U}_Y}{\dot{U}_J}$  分子、分母同除以  $\dot{I}_{CL}$  则为

$$\frac{Z_{zd} - Z}{KZ}$$

$$\text{令: } \frac{Z_{zd} - Z}{KZ} = Me^{j\varphi} \quad (2)$$

其中,  $Z_{zd}$  为整定阻抗;

$M$  为模值自变量;

$\varphi$  为幅角, 常数; 与 (1) 式相比较有  $\varphi = 90^\circ$

$Z$  为因变量, 待求函数。

已知圆的隐函数表达式为:

$$\frac{\dot{P} + \dot{G}\dot{F}}{\dot{Q} + \dot{H}\dot{F}} = Me^{j\varphi} \quad (3)$$

$\varphi$ —幅角, 常数;

$M$ —模值自变量, 为任意实数;

$\dot{P}$ 、 $\dot{G}$ 、 $\dot{Q}$ 、 $\dot{H}$ —复常数。

$\dot{F}$ —待求函数, 因变量

$$\text{其圆心: } \dot{O} = \frac{\dot{Q}}{-\dot{H}} + \left( -\frac{\dot{P}}{\dot{G}} + \frac{\dot{Q}}{\dot{H}} \right) \frac{e^{j(-90^\circ - \varphi_H - \varphi + \varphi_G)}}{2 \sin(\varphi + 180^\circ + \varphi_H - \varphi_G)}$$

$$\text{半径: } P = \left| \frac{-\dot{P}}{\dot{G}} + \frac{\dot{Q}}{\dot{H}} \right| \frac{1}{2 \sin(\varphi + 180^\circ + \varphi_H - \varphi_G)}$$

将 (2) 式与圆的隐函数表达式 (3) 相比较, 显然 (2) 式表达为一圆方程, 且有:

$$\dot{F} = Z, \quad \dot{P} = Z_{zd}, \quad \dot{Q} = 0, \quad \dot{G} = -1$$

$$\varphi_H = 180^\circ, \quad \dot{H} = K, \quad \varphi_H = 0, \quad \varphi = 90^\circ \quad (\text{常数})$$

代入圆心坐标有:

$$\begin{aligned} \dot{O} &= \frac{\dot{Q}}{-\dot{H}} + \left( -\frac{\dot{P}}{\dot{G}} + \frac{\dot{Q}}{\dot{H}} \right) \frac{e^{i(-90^\circ + \varphi_H - \varphi + \varphi_G)}}{2 \sin(\varphi + 180^\circ + \varphi_H - \varphi_G)} \\ &= 0 + \left( -\frac{Z_{zd}}{-1} + 0 \right) \cdot \frac{1}{2} = \frac{Z_{zd}}{2} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{半径: } P &= \left| -\frac{\dot{P}}{\dot{G}} + \frac{\dot{Q}}{\dot{H}} \right| \frac{1}{2 \sin(\varphi + 180^\circ + \varphi_H - \varphi_G)} \\ &= \left| -\frac{Z_{zd}}{-1} + 0 \right| \cdot \frac{1}{2} = \frac{|Z_{zd}|}{2}, \end{aligned}$$

此时,原方程可写为:

$$Z = \frac{Z_{zd}}{2} + \frac{1}{2} |Z_{zd}| e^{j\theta}$$

显然,这是一个坐标原点位于圆周上的“方向特性圆”。如图2, (1)为复角变化参数。对应的电压向量特性圆如图3。

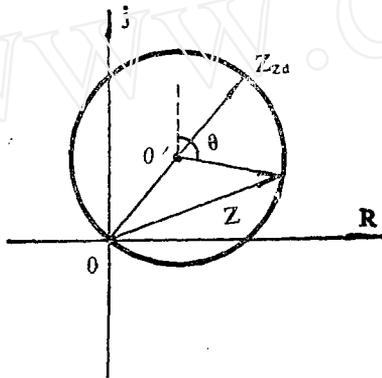


图2

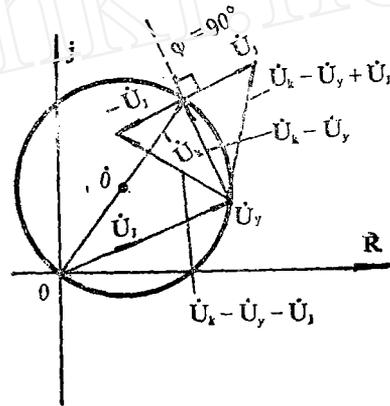


图3

由于阻抗测量元件为方向特性圆,当保护出口处发生短路时阻抗为零,即测量阻抗位于动作圆的边界(坐标原点处),这时由于机械等阻力矩的作用,继电器是不能动作的。为了消除死区引入了记忆回路,但是当三相跳闸后,如果重合于出口三相短路,而PT又接于线路侧时,保护将要拒动。为了消除死区,对相灵敏接线采取了后加速继电器触点ZJSJ<sub>2.2</sub>瞬时切换成偏移特性阻抗继电器,分析如下:

如图(4)为极化电压 $\dot{U}'_j$ 的引入回路:

当ZJSJ<sub>2.2</sub>接通后,极化回路中串入了 $\dot{U}'_k$ ,等效电路如图5所示。

未串入 $\dot{U}'_k$ 时,  $\dot{U}'_j = K_j \dot{U}_{AB}$

当串入 $\dot{U}'_k$ 时,  $\dot{U}'_j = K_j (\dot{U}_{AB} + \dot{U}'_k)$

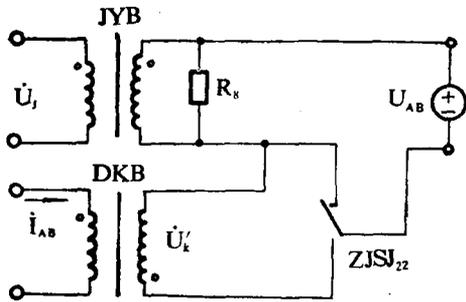


图4 极化电压的引入回路

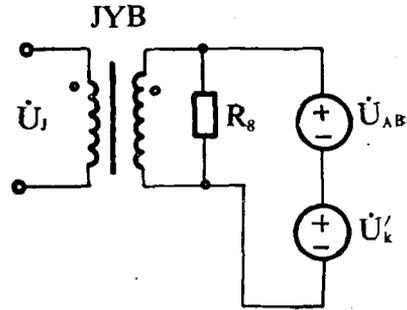


图5 等效回路

$$= K_j \dot{U}_{AB} + K_j \dot{U}_{K'}$$

$$= \dot{U}_j + K_j \dot{U}_{K'}$$

此时圆方程为:  $\frac{\dot{U}_K - \dot{U}_Y}{K_j \dot{U}_{K'} + \dot{U}_j} = M e^{j\varphi}$

即:  $\frac{Z_{x'd} - Z}{Z_{x'd} + KZ} = M e^{j\varphi}$

与(2)式比较有:

$$\dot{F} = Z, \quad \dot{P} = Z_{x'd}, \quad \dot{Q} = Z_{x'd}$$

$$\varphi = 90^\circ, \quad G = -1, \quad \varphi_G = 180^\circ$$

$$\dot{H} = K, \quad \varphi_H = 0$$

圆心:  $\dot{O} = \frac{\dot{Q}}{-\dot{H}} + \left( \frac{-\dot{P}}{\dot{G}} + \frac{\dot{Q}}{\dot{H}} \right) \frac{e^{j(-90^\circ - \varphi_H - \varphi + \varphi_G)}}{2 \sin(\varphi + 180^\circ + \varphi_H - \varphi_G)}$

$$= \frac{Z_{x'd}}{-K} + \left( -\frac{Z_{x'd}}{-1} + \frac{Z_{x'd}}{K} \right) \cdot \frac{1}{2}$$

$$= \frac{1}{2} \left( Z_{x'd} - \frac{Z_{x'd}'}{K} \right)$$

半径:  $\rho = \left| -\frac{\dot{P}}{\dot{G}} + \frac{\dot{Q}}{\dot{H}} \right| \cdot \frac{1}{2} = \frac{1}{2} \left| Z_{x'd} + \frac{Z_{x'd}}{K} \right|$

变量Z的圆方程可写为:

$$Z = \frac{1}{2} \left( Z_{x'd} + \frac{Z_{x'd}'}{K} \right) + \frac{1}{2} \left| Z_{x'd} + \frac{Z_{x'd}}{K} \right| e^{j\theta}$$

特性圆如图6(大圆)

从图中看出为偏移特性的阻抗圆,且比原来的阻抗特性圆增大了。但在灵敏角方向上的正向阻抗定值不变。

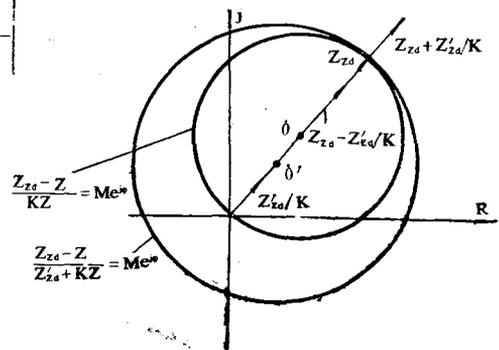


图6

但是, 如果引入的  $\dot{U}_k$  极性接反如图 7 所示, 则圆方程变为:

$$\frac{Z_{zd} - Z}{-Z_{zd}' + K_z} = Me^{j\varphi};$$

$$\text{此时圆心 } \dot{O} = \frac{1}{2} \left( Z_{zd} + \frac{Z_{zd}'}{K} \right);$$

$$\text{半径 } \rho = \frac{1}{2} \left| Z_{zd} - \frac{Z_{zd}'}{K} \right|.$$

特性圆如图 8 (小圆) 所示。

从图中看到圆的直径变小且向第 I 象限偏移成了抛球圆特性, 这种情况不但不能清除死区反而增加了死区范围。

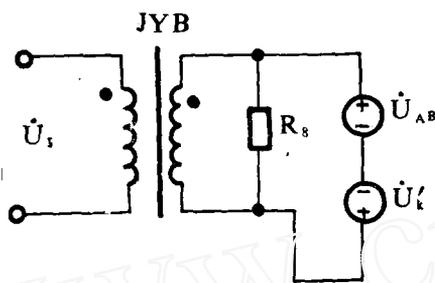


图 7

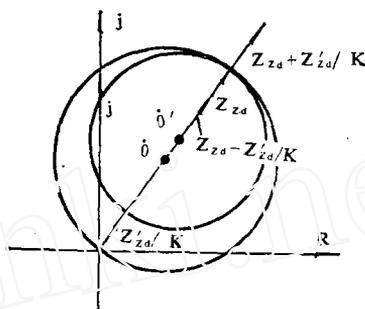


图 8

以上我们分析了测量元件的动作特性。在  $\dot{U}_k$  极性引入正确的情况下, 测量元件变为偏移特性, 清除了死区。但是如果  $\dot{U}_k$  的极性接反, 一般是不易发现的, 为了使继电器能够可靠动作, 在调试中, 应检查测量元件 AB 相反向能否动作, 这样就能保证测量元件变为偏移特性了。

(上接 70 页)

门 B” 条件不满足, 故不能发合闸脉冲, 后来我们按照上述的整定原则查图 2 将导前相角整定在  $17^\circ$  (对应 0.24 秒), 这时导前相角检测器先动作, 在压差满足要求时, “与非门” A 的条件满足, 双稳 1 翻转, 为合闸准备了条件, 当压差满足要求再等到导前时间检测器动作时, “与非门” B 的条件全部满足, 合闸继电器 1J 动作, 发合闸脉冲, 因此务必引起电厂运行及检修人员注意: 在允许并列的频差周期下, 导前相角对应的时间一定要比导前时间长才能保证装置能够正确地发出合闸脉冲。

值得一提的是, 我们按上述整定原则对安徽铜陵电厂 ZZQ-5 装置进行了整定, 并顺利进行了并网, 并网过程中, 冲击电流很小 (电流表几乎无摇动), 甚至汽轮机运行人员也未听到任何异常声音时, 发电机已并入电网。