

## 极化电压对偏移阻抗特性圆的影响

—贵州省遵义市长征电器八厂 谢敬毅

在ZZC—4综合重合闸装置里，其选相元件为阻抗继电器，经过DKB副边的切换，能实现方向阻抗特性圆和偏移阻抗特性圆。

由于偏移阻抗特性圆本身的特点，在正方向出口短路时能确保选相元件可靠动作，因此从原理上讲不必加入极化电压（如LH—15中第Ⅲ段采用不加极化电压的偏移阻抗继电器）。为了避免选相元件接线和结构的复杂化，ZZC—4中选相元件在偏移阻抗特性圆运行时仍保留了极化电压。

本文就极化电压加入后对偏移阻抗特性圆的影响作一些分析讨论，不足之处请指正。

### 一、不加极化电压时

不加极化电压时，偏移阻抗继电器的动作条件为：

$$\left| \dot{Z}_m - \frac{1}{2} \dot{Z}_I \right| < \left| \frac{1}{2} \dot{Z}_I \right| \quad (\dot{Z}_I > \dot{Z}_I)$$

其动作方程为：

$$\left| \dot{Z}_m - \frac{1}{2} \dot{Z}_I \right| = \left| \frac{1}{2} \dot{Z}_I \right|$$

这里： $\dot{Z}_I$ 、 $\dot{Z}_I$ 同相位，设其阻抗角为 $\phi$ 。其圆特性如图1：

从图1知：

$$\text{圆心: } \begin{cases} X_0 = \frac{1}{2} Z_I \cos \phi \\ Y_0 = \frac{1}{2} Z_I \sin \phi \end{cases} \quad (\text{直角坐标系中})$$

$$\text{半径: } R = \frac{1}{2} Z_I$$

~~~~~

### 三、几点结论

1、主极化电压与辅助极化电压在系统故障后暂态过程中的变化轨迹主要取决于频差 $\Delta\omega$ 与时间常数T。

2、如果频差 $\Delta\omega \neq 0$ ， $\Delta\omega$ 对继电器的动作行为可能不产生影响，也可能产生不利影响。当 $\Delta\omega$ 与T较大时，在系统故障一段时间后继电器的动作域可能暂态扩大。

3、主极化电压与辅助极化电压具有相同的振荡频率和衰减时间常数。

$$\begin{aligned} \text{其偏移度为 } P. P &= \frac{OB}{OA} = \frac{\frac{1}{2}(Z_1 - Z_1)}{\frac{1}{2}(Z_1 + Z_1)} \\ &= \frac{Z_1 - Z_1}{Z_1 + Z_1} \end{aligned}$$

## 二、加入极化电压时

当制动臂和动作臂均加入极化电压  $\dot{U}_{jk}$  时, 设  $\dot{U}_{jk}$  与  $\dot{U}_m$  同相位。

则:  $\dot{U}_{jk} = K \dot{U}_m$  此时, 偏移阻抗继电器的动作方程变为:

$$\begin{aligned} & \left| \dot{Z}_m - \frac{1}{2} \dot{Z}_1 + K \dot{Z}_m \right| \\ &= \left| \frac{1}{2} \dot{Z}_1 + K \dot{Z}_m \right| \\ \text{即: } & \left| (1+K) \dot{Z}_m - \frac{1}{2} \dot{Z}_1 \right| \\ &= \left| \frac{1}{2} \dot{Z}_1 + K \dot{Z}_m \right| \end{aligned}$$

利用余弦定理将其展开, 得:

$$\begin{aligned} (1+K)^2 Z_m^2 + \frac{1}{4} Z_1^2 - (1+K) Z_1 Z_m \cos(\phi_m - \phi) &= \frac{1}{4} Z_1^2 + K^2 Z_m^2 \\ &+ K Z_1 Z_m \cos(\phi_m - \phi) \\ \text{即: } Z_m^2 - \frac{[K Z_1 + (1+K) Z_1]}{1+2K} Z_m \cos(\phi_m - \phi) &+ \frac{Z_1^2 - Z_1^2}{4(1+2K)} = 0 \end{aligned} \quad (1)$$

令:  $\dot{Z}_m = Z_m e^{j\phi_m} = x + jy$  因  $e^{j\phi_m} = \cos\phi_m + j\sin\phi_m$  (欧拉公式)

则:  $Z_m^2 = X^2 + Y^2$   $X = Z_m \cos\phi_m$   $Y = Z_m \sin\phi_m$

利用  $\cos(\phi_m - \phi) = \cos\phi_m \cos\phi + \sin\phi_m \sin\phi$

将 (1) 所表示的动作方程转化到直角坐标系中为:

$$\begin{aligned} (X^2 + Y^2) - \frac{[K Z_1 + (1+K) Z_1]}{1+2K} \cos\phi \cdot X - \frac{[K Z_1 + (1+K) Z_1]}{1+2K} \\ \sin\phi \cdot Y - \frac{Z_1^2 - Z_1^2}{4(1+2K)} = 0 \end{aligned} \quad (2)$$

和一般圆方程:  $(X - X_0)^2 + (Y - Y_0)^2 - R^2 = 0$

即:  $X^2 + Y^2 - 2X_0 X - 2Y_0 Y - R^2 + X_0^2 + Y_0^2 = 0$  比较

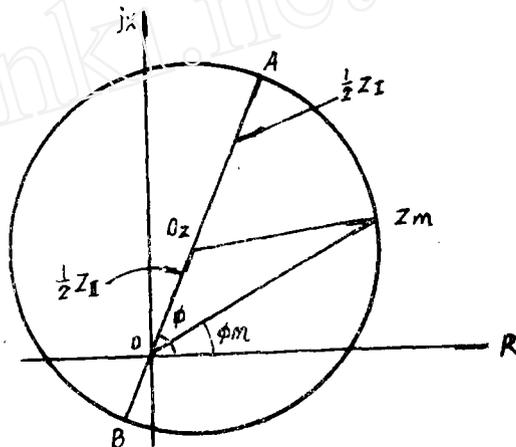


图 1

可知：(2)式为一圆方程。即：加入极化电压（ $\dot{U}_p$ 与 $\dot{U}_m$ 同相）后，偏移阻抗继电器的特性仍为一个圆。

和一般圆方程比较，得：

$$\text{圆心: } X'_0 = \frac{KZ_I + (1+K)Z_I}{2(1+2K)} \cos\phi$$

$$Y'_0 = \frac{KZ_I + (1+K)Z_I}{2(1+2K)} \sin\phi$$

$$R'^2 = \frac{Z_I^2 - Z_I^2}{4(1+2K)} - (X_0'^2 + Y_0'^2)$$

$$= \frac{Z_I^2 - Z_I^2}{4(1+2K)} - \left[ \frac{KZ_I + (1+2K)Z_I}{2(1+2K)} \right]^2$$

$$\text{利用前述, } X_0 = \frac{1}{2}Z_I \cos\phi \quad Y_0 = \frac{1}{2}Z_I \sin\phi \quad R = \frac{1}{2}Z_I$$

$$P = \frac{Z_I - Z_I}{Z_I + Z_I} \quad \text{即: } Z_I = \frac{1+P}{1-P}Z_I \text{ 进一步化简 } X'_0, Y'_0, R' \text{ 得:}$$

加入极化电压后特性圆的圆心和半径为：

$$X'_0 = \frac{1+2K-P}{(1-P)(1+2K)} X_0$$

$$\text{即: } \Delta X_0 = X'_0 - X_0 = \frac{2PK}{(1-P)(1+2K)} X_0 \quad (3)$$

$$Y'_0 = \frac{1+2K-P}{(1-P)(1+2K)} Y_0$$

$$\text{即: } \Delta Y_0 = Y'_0 - Y_0 = \frac{2PK}{(1-P)(1+2K)} Y_0 \quad (4)$$

$$R' = \frac{1+2K+P}{(1+P)(1+2K)} R$$

$$\text{即: } \Delta R = R' - R = -\frac{2PK}{(1+P)(1+2K)} R \quad (5)$$

从(3)、(4)、(5)式知： $\Delta X_0 > 0$ ， $\Delta Y_0 > 0$ ， $\Delta R < 0$

又因： $\frac{\Delta Y_0}{\Delta X_0} = \frac{Y_0}{X_0} = \text{tg}\phi$ ，因此有如下结论：

在极化电压加入后（与 $\dot{U}_m$ 同相），偏移阻抗特性圆半径缩小，其圆心沿原偏移圆的直径方向上移，其特性圆的灵敏角不变。

又从(3)、(4)、(5)式知：当K值越大， $\Delta X_0$ 、 $\Delta Y_0$ 、 $|\Delta R|$ 也越大，就是说：极化电压越大，圆心上移（沿 $\phi$ 方向）和半径缩小的程度也越大。

另外，我们知道两圆内切的条件是： $|\Delta R| = |\overline{OO}'|$

$$\text{从(3)、(4)得: } |\overline{OO}'| = \sqrt{(\Delta X_0)^2 + (\Delta Y_0)^2}$$

$$= \frac{2PK}{(1-P)(1+2K)} \sqrt{X_0^2 + Y_0^2}$$



# 电力系统故障引入行波初始极性分析的新方法

山东工业大学 潘贞存 王广延

## 提 要

本文根据行波传播理论和模变换理论,提出了一种分析多相电力系统故障时,故障引入行波电压、电流的初始极性的新方法。导出了两种典型的系统结构情况下发生各种故障时的数学模型,编制了计算程序,并利用计算的结果对极性比较式方向行波保护的動作情况进行了分析,证明了该保护动作判据的正确性。

## 一 引 言

自从第一套行波保护装置在一九七六年投入运行以来,行波保护得到了迅速发展。目前世界上许多超高压输电线路已采用了行波保护。极性比较式方向行波保护具有结构简单、动作速度极高等特点,应用最为广泛。因此,对这种保护装置的构成原理和动作判据作进一步的分析、计算,提出准确而简单的分析方法是十分必要的。

极性比较式方向行波保护是通过判断故障所引入的行波电压、电流的初始极性来确定故障方向的。当保护安装处的行波电压、电流的初始极性相反时,确定为正方向故障;当它们的初始极性相同时,确定为反方向故障。这种保护仅反映故障后行波的第一个波头的极性,与其后的变化无关。

过去在论述极性比较式方向行波保护的工作原理时,对初始极性的分析是以单相系统为依据的,并且没有考虑实际的系统结构和运行方式。<sup>[1]</sup>但在实际的三相系统中,各相之间存在着电的(分布电容)和磁的(互感)联系,系统故障时,任一相的电压、电流都要受其他相的影响,所以仅用单相系统来分析是不全面的,所得出的结论是不严格的。贝瑞隆法<sup>[2]</sup>等电磁暂态计算的方法,虽能用来分析三相系统中的初始极性问题,但其数学模型复杂,计算机计算较长,应用不够方便。

(1) 随极化电压的增大,圆半径缩小,圆心上移。

(2) 偏移阻抗特性圆的灵敏角不变,正方向整定值不变。

(3) 随极化电压的不同,偏移阻抗特性圆成一组内切圆。其偏移度随极化电压的增大而减小。

(4) 为了使偏移度的要求不变,在加入极化电压后,应调整 $Z_{11}$ 和 $Z_{12}$ 值,使之同原来的特性圆一致。

注:关于(4)点,可根据“正方向整定值不变和偏移度不变”这两个条件,结合前述导出的有关公式,推算出重新调整后的偏移圆的参数( $Z_{11}'$ 和 $Z_{12}'$ ),使之在加入极化后与要求的特性圆一致( $Z_{11}$ 和 $Z_{12}$ )。这里就不再述了,只写出结论:

$$Z_{11}' = (1 + K) Z_{11} - K Z_{12} \quad Z_{12}' = (1 + K) Z_{12} - K Z_{11}$$