

ZZC—4中选相元件的动作特性

安徽电建一处 林开龙

本文就许继厂生产的ZZC—4型综合重合闸装置中的选相元件的接线方式及动作特性作一简单分析。

一、接线方式

装置中的选相元件主要用于选择接地故障相，故由三个阻抗选相继电器组成。采用相电压，相电流加另序电流补偿接线方式。以A相元件为例说明，其原理接线见图1。

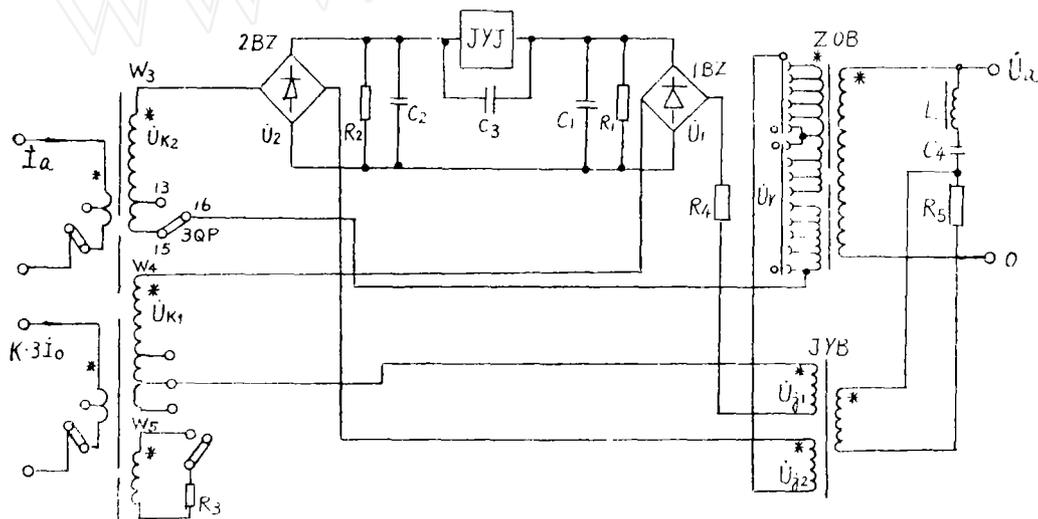


图1

DKB一次有两个匝数相同的绕组，一个接入A相电流 \dot{I}_a ，另一个绕组引入部分另序电流 $K \cdot 3\dot{I}_0$ ，目的是使在金属性接地故障下，继电器的测量阻抗能较为准确地反映保护安装处至故障点的正序阻抗，以A相接地故障为例说明：

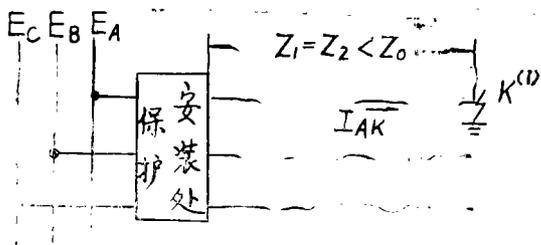


图 2

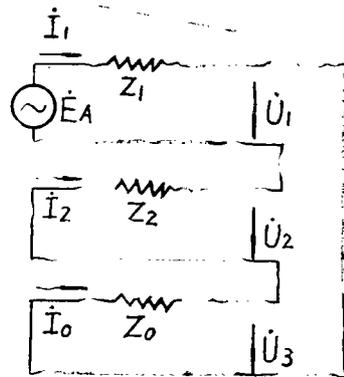


图 3

在图 2 所示的系统（单侧电源）在 K 点发生 A 相接地短路，在短路点 K 处，

$$\because \dot{U}_{AK} = 0 \quad \therefore \dot{U}_1 + \dot{U}_2 + \dot{U}_0 = \dot{U}_{AK} = 0 \quad (\text{以 } A \text{ 相为基准})$$

$$\because \dot{I}_B = \dot{I}_C = 0 \quad \therefore \dot{I}_1 = \dot{I}_2 = \dot{I}_0 = \frac{1}{3} \dot{I}_{AK}$$

由上述二式可画出故障相 A 相的序网图，示于图 3。

从图 3 可得下列关系式：

$$\dot{I}_1 Z_1 + \dot{U}_1 = \dot{E}_A \quad \dots\dots (1)$$

$$\dot{I}_2 Z_2 + \dot{U}_2 = 0 \quad \dots\dots (2)$$

$$\dot{I}_0 Z_0 + \dot{U}_0 = 0 \quad \dots\dots (3)$$

$$(1) + (2) + (3); \quad \dot{I}_1 Z_1 + \dot{I}_2 Z_2 + \dot{I}_0 Z_0 = \dot{E}_A \quad \dots\dots (4)$$

长距离输电线路考虑了循环换位，使各相的序抗相等。

即 $Z_{1A} = Z_{1B} = Z_{1C} = Z_1$ $Z_{2A} = Z_{2B} = Z_{2C} = Z_2$ $Z_{0A} = Z_{0B} = Z_{0C} = Z_0$ 由于输电线路是静止的导电元件，故 $Z_1 = Z_2$ ；对于另序阻抗，因为三相另序电流是同方向的，对于 A 相来说，本身的自感与 B 、 C 两相对 A 相的互感是同方向的，所以线路每相的零序阻抗比正序阻抗要大。然而整定计算单位所提供的继电器整定值系线路每相的正序阻抗。

$$\text{由 (4) 式可得: } (\dot{I}_1 Z_1 + \dot{I}_2 Z_2 + \dot{I}_0 Z_0) + \dot{I}_0 Z_0 - \dot{I}_0 Z_1 = \dot{E}_A$$

$$Z_1 = \frac{\dot{E}_A}{\dot{I}_{AK} + \frac{Z_0 - Z_1}{3 Z_1} \cdot 3 \dot{I}_0} = \frac{\dot{E}_A}{\dot{I}_{AK} + K \cdot 3 \dot{I}_0} \quad \dots\dots (5)$$

式中 $K = \frac{Z_0 - Z_1}{3 Z_1}$另序电流补偿系数

所以，为使继电器满足整定要求，采用相电压，相电流接线方式可同极性引入部分另序电流 $K \cdot 3 \dot{I}_0$ 加以补偿。

二、动作特性:

选相元件为整流型园特性方向阻抗继电器,为了消除出口短路出现死区,在工作回路及制动回路引入与相电压同相位的记忆电压;选相元件不独立工作,并经过分析计算,非故障相在重合闸过程中非全相运行时不会误动作亦可带偏移特性。此时,可把3QP连通13—16,以降低接在制动臂的 Z_{K2} 来获得($Z_{K2} = \frac{U_{i2}}{Ia}$,DKB二次绕组 W_3 的转移阻抗)。由于工作臂1BZ与制动臂2BZ交流侧没有电的联系,直流侧采用均压接线,使执行元件JHJ具有灵敏、动作快速之优点。继电器动作特性分析如下:(另序补偿回路不加电流)

$$\text{动作量: } \dot{U}_1 = \dot{U}_{K1} + \dot{U}_{j1} = \dot{I}_a \dot{Z}_{K1} + K_{j1} \dot{U}_a \quad \dots\dots (1)$$

$$\text{制动量: } \dot{U}_2 = \dot{U}_{K2} - (\dot{U}_{j2} + \dot{U}_Y) = \dot{I}_a \dot{Z}_{K2} - (K_{j2} + K_Y) \dot{U}_a \quad \dots\dots (2)$$

为使分析简化,认为ZOB输出无角差,记忆回路处于谐振状态,

\dot{U}_{j1} 、 \dot{U}_{j2} 与 \dot{U}_a 同相,即 K_{j1} 、 K_{j2} 、 K_Y 均为实数。(R₄上的损耗使继电器略带制动)

$$\text{继电器动作边界条件: } |\dot{U}_1| = |\dot{U}_2|$$

$$|\dot{U}_1| = |\dot{I}_a \dot{Z}_{K1} + K_{j1} \dot{U}_a|$$

$$= \sqrt{\dot{I}_a^2 Z_{K1}^2 + K_{j1}^2 U_a^2 + 2 Z_{K1} \cdot K_{j1} \cdot I_a U_a \cos(\varphi_K - \varphi)} \quad \dots\dots (3)$$

$$|\dot{U}_2| = |\dot{I}_a \dot{Z}_{K2} - (K_{j2} + K_Y) \dot{U}_a|$$

$$= \sqrt{\dot{I}_a^2 Z_{K2}^2 + (K_{j2} + K_Y)^2 U_a^2 - 2 \cdot Z_{K2} (K_{j2} + K_Y) I_a \cdot U_a \cos(\varphi_K - \varphi)} \quad \dots\dots (4)$$

式中: φ_K ——电抗变二次电压超前一次电流的幅角。

φ ——测量电压 \dot{U}_a 超前测量电流 \dot{I}_a 的角度。

$$(3) = (4) \text{ 得 } \dot{I}_a^2 Z_{K1}^2 + K_{j1}^2 U_a^2 + 2 Z_{K1} \cdot K_{j1} \cdot I_a U_a \cos(\varphi_K - \varphi)$$

$$= \dot{I}_a^2 Z_{K2}^2 + (K_{j2} + K_Y)^2 U_a^2 - 2 Z_{K2} \cdot (K_{j2} + K_Y) I_a U_a \cos(\varphi_K - \varphi)$$

移项合并:

$$[(K_{j2} + K_Y)^2 - K_{j1}^2] U_a^2 - 2 [Z_{K2} (K_{j2} + K_Y) + Z_{K1} \cdot K_{j1}] I_a U_a \cos(\varphi_K - \varphi)$$

$$= (Z_{K1}^2 - Z_{K2}^2) I_a^2$$

设 $Za = \frac{Ua}{Ia}$ ——继电器的测量阻抗,上式变为:

$$Z_{cl}^2 - 2 \frac{Z_{K2} + (K_{j2} + K_Y) + Z_{K1} \cdot K_{j1}}{(K_{j2} + K_Y)^2 - K_{j1}^2} Z_{cl} \cdot \cos(\varphi_K - \varphi) = \frac{Z_{K1}^2 - Z_{K2}^2}{(K_{j2} + K_Y)^2 - K_{j1}^2}$$

$$\dots\dots (6)$$

式(6)是选相元件记忆回路处于谐振状态下的园特性动作方程。

1.按阻抗方向特性接线(3QP连通16—15),考虑到DKB, JYB二次不平衡度小于±1.2%故可认为 $Z_{K1} = Z_{K2} = Z_K$, $K_{j1} = K_{j2} = K_j$, 则式(6)变为:

$$Z_{CL} = \frac{2Z_V}{K_Y} \cos(\varphi_K - \varphi) \quad \dots\dots (7)$$

式(7)为选相元件理想的方向阻抗园方程。

2.带向第三象限偏移特性时,可将3QP连通16—13,使 $Z_{K2} < Z_{K1}$,仍考虑 $K_{j1} = K_{j2} = K_j$, 式(6)变为:

$$Z_{CL}^2 - 2 \frac{K_j(Z_{K1} + Z_{K2}) + Z_{K2}K_Y}{K_Y(2K_j + K_Y)} Z_{CL} \cos(\varphi_K - \varphi) - \frac{Z_{K1}^2 - Z_{K2}^2}{K_Y(2K_j + K_Y)} \dots\dots (8)$$

从式(8)可知,若带偏移特性时,仍引入记忆电压,其动作阻抗和偏移度均受 K_j 影响。我们在调试带偏移特性的选相元件时,将记忆回路去掉(即将L、R₆、JYB初级与ZOB初级的连线焊开, JYB二次二个绕组分别短接),就相当于LH—15中的起动元件了,由于取消了记忆回路,调试大为简便了。(要注意在最小运行方式出口短路电流下,无死区)

此时,由于 $K_j = 0$ 式(8)变为:

$$Z_{CL}^2 - 2 \cdot \frac{Z_{K2}}{K_Y} Z_{CL} \cos(\varphi_K - \varphi) = \left(\frac{Z_{K1}}{K_Y}\right)^2 - \left(\frac{Z_{K2}}{K_Y}\right)^2 \quad \dots\dots (9)$$

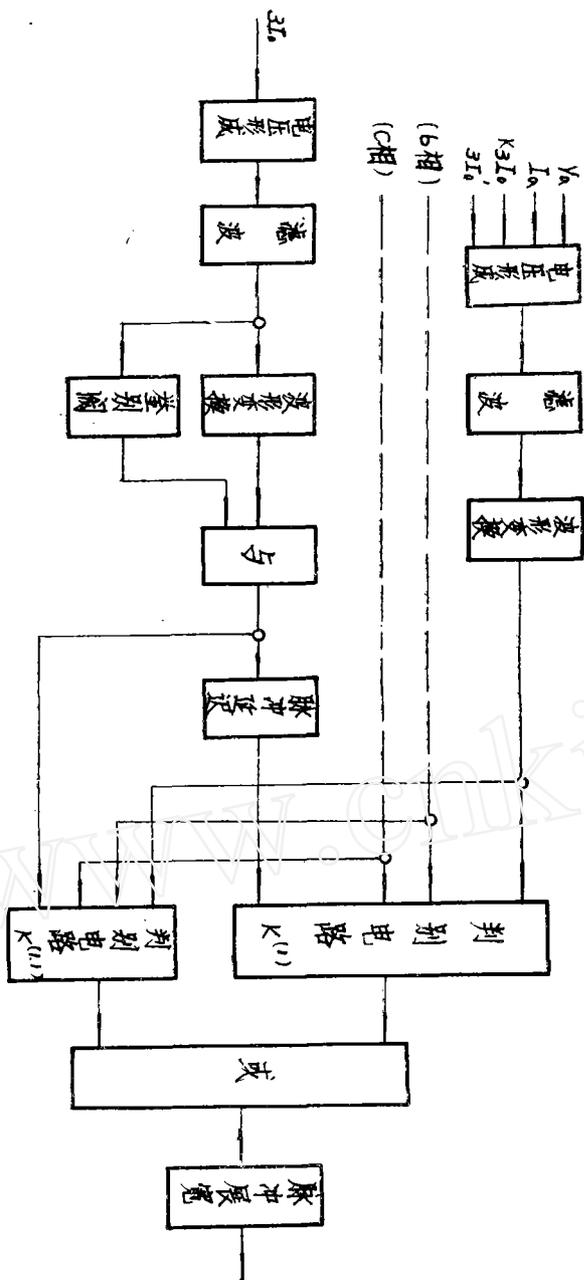
式(9)为去掉记忆回路,选相元件带偏移特性的阻抗园方程。

从式(9)可知,在最灵敏角下($\varphi_K = \varphi$):

$$\text{继电器的正向动作阻抗: } Z_{CL(\text{正向})} = \frac{Z_{K1} + Z_{K2}}{K_Y}。$$

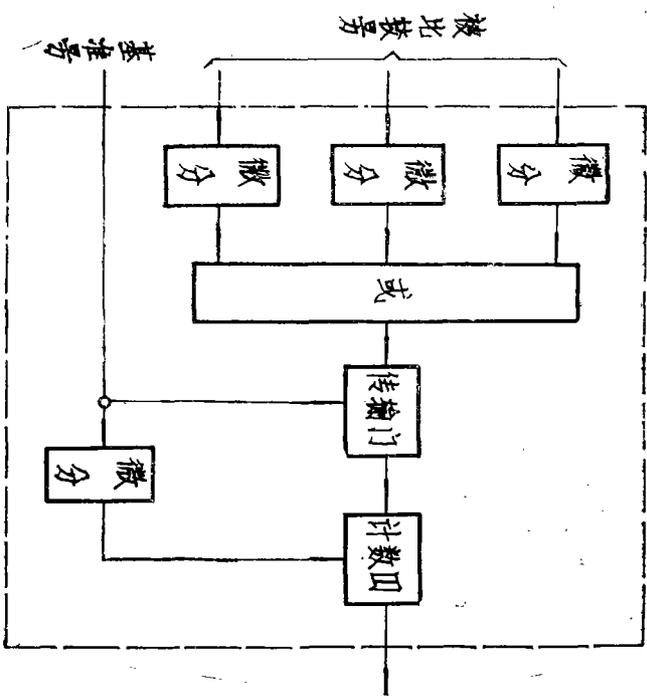
$$\text{继电器的反向动作阻抗: } Z_{CL(\text{反向})} = \frac{Z_{K1} - Z_{K2}}{K_Y}。$$

$$\text{偏移度: } \delta \% = \frac{Z_{K1} - Z_{K2}}{2Z_{K1}} \cdot 100\%$$



a

图 5



b