

ZZJ—1 型振荡起动装置

许昌继电器研究所 方丽清

一、用途

ZZJ—1 型振荡起动装置（以下简称装置），在电力系统发生振荡时，用于判别振荡的性质，并按系统稳定计算的要求发出脉冲命令，以便迅速采取各种措施（如按预定的解列点分离系统切机、切负荷等），以尽快恢复系统稳定。

二、工作原理

（一）系统振荡时阻抗变化轨迹的简单分析：

电力系统发生振荡的主要特点之一是出现以一定周期随时间变化的振荡电流，与此同时，电网中各点的电压也随时间而波动。

设以两机系统单纯振荡来分析，由于电流电压的变化三相是对称的，因而可以按一相来考虑，此时，系统等效网络及向量图如图 1。

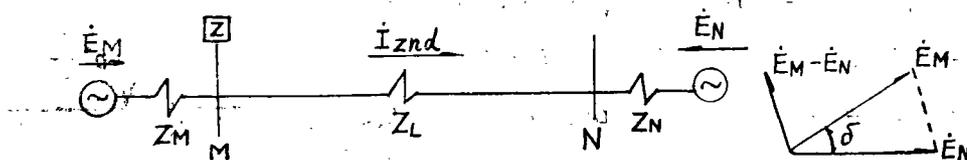


图 1

\dot{E}_M 、 \dot{E}_N ，振荡电流 $\dot{I}_{zh d}$ 的正方向如图示

Z_M 、 Z_N ，为 \dot{E}_M 、 \dot{E}_N 的等效阻抗， Z_L 为线路阻抗， $Z_\Sigma = Z_M + Z_N + Z_L$ 为系统阻抗。

当两电势 \dot{E}_M 和 \dot{E}_N 之间的相角为 δ 时振荡电流

$$\dot{I}_{zh d} = \frac{\dot{E}_M - \dot{E}_N}{Z_M + Z_N + Z_L} = \frac{\dot{E}_M \left(1 - \frac{E_N}{E_M} e^{-j\delta} \right)}{Z_\Sigma} \dots \dots \dots (1)$$

振荡电流的有效值随 δ 而变化，当 $\delta = 180^\circ$ ， $\dot{E}_M - \dot{E}_N$ 最大，振荡电流最大。线路上各点的电压，例如 M 点的电压可表示为：

$$\dot{V}_M = \dot{E}_M - \dot{I}_{zh d} \cdot Z_M \dots \dots \dots (2)$$

设阻抗继电器装于 M 侧，则阻抗继电器的感受阻抗



$$Z_I = \frac{\dot{V}_I}{\dot{I}_I} = \frac{\dot{V}_M}{\dot{I}_{Z:hd}} = \frac{\dot{E}_M - \dot{I}_{Z:hd} Z_M}{\dot{I}_{Z:hd}} = \frac{\dot{E}_M}{\dot{I}_{Z:hd}} - Z_M = \frac{Z_Z}{1 - \frac{E_N}{E_M} e^{-j\delta}} - Z_M \quad \dots\dots (3)$$

在近似计算中，为简化，设 $\dot{E}_N = \dot{E}_M$ 则

$$1 - \frac{E_N}{E_M} e^{-j\delta} = 1 - e^{-j\delta} = 2 \sin \frac{\delta}{2} e^{j(90^\circ - \frac{\delta}{2})} \quad \dots\dots (4)$$

(4)式可由图2向量图中直接得出

在实轴上取 $\vec{op} = 1$ ，在落后实轴 δ 角的 OQ 方向取 $\vec{OQ} = e^{-j\delta}$

$$\text{则 } \vec{op} - \vec{OQ} = 1 - e^{-j\delta} = 2 \sin \frac{\delta}{2} e^{j(90^\circ - \frac{\delta}{2})}$$

$$\therefore e^{j(90^\circ - \frac{\delta}{2})} = \frac{1}{\cos(90^\circ - \frac{\delta}{2}) - j \sin(90^\circ - \frac{\delta}{2})} = \frac{1}{\sin \frac{\delta}{2} - j \cos \frac{\delta}{2}}$$

$$\therefore 1 - e^{-j\delta} = \frac{2 \sin \frac{\delta}{2}}{\sin \frac{\delta}{2} - j \cos \frac{\delta}{2}} = \frac{2}{1 - j \operatorname{ctg} \frac{\delta}{2}} \quad \dots\dots (5)$$

将(5)代入(2)式得：

$$Z_I = Z_Z \frac{1 - j \operatorname{ctg} \frac{\delta}{2}}{2} - Z_M = Z_Z \left[\left(\frac{1}{2} - j \frac{1}{2} \operatorname{ctg} \frac{\delta}{2} \right) - \frac{Z_M}{Z_Z} \right]$$

因为 $Z_M = m Z_Z$

$$\text{所以 } Z_I = \left[\left(\frac{1}{2} - m \right) - j \frac{1}{2} \operatorname{ctg} \frac{\delta}{2} \right] Z_Z \quad \dots\dots (6)$$

在 $R-X$ 复数平面上，上式是一直线方程式，

图3示出 Z_I ($E_M = E_N$) $m < \frac{1}{2}$ 的变化轨迹，自变量为 δ 。

此直线的作法：

(1) 当 $m Z_Z$ 一定时(6)式右边第一项是一固定的向量 $\left(\frac{1}{2} - m \right) Z_Z$

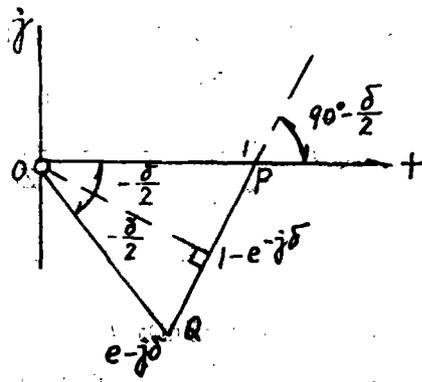


图 2

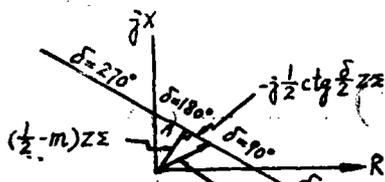


图3 系统振荡时阻抗继电器感受阻抗轨迹

$$\left(m < \frac{1}{2}, Z_M = Z_N \right)$$

(2)(6)式右边第二项向量的方向是 $(-j) \times \left(\frac{1}{2} - m\right) Z_L$, 大小随 $\text{ctg} \frac{\delta}{2}$ 而变化。在不同的 δ 下, Z_L 向量的端点沿直线移动, 图 3 中示出相应于 $\delta = 60^\circ$ 、 90° 、 270° 各点的示意位置, A 点为 $\delta = 180^\circ$ 。

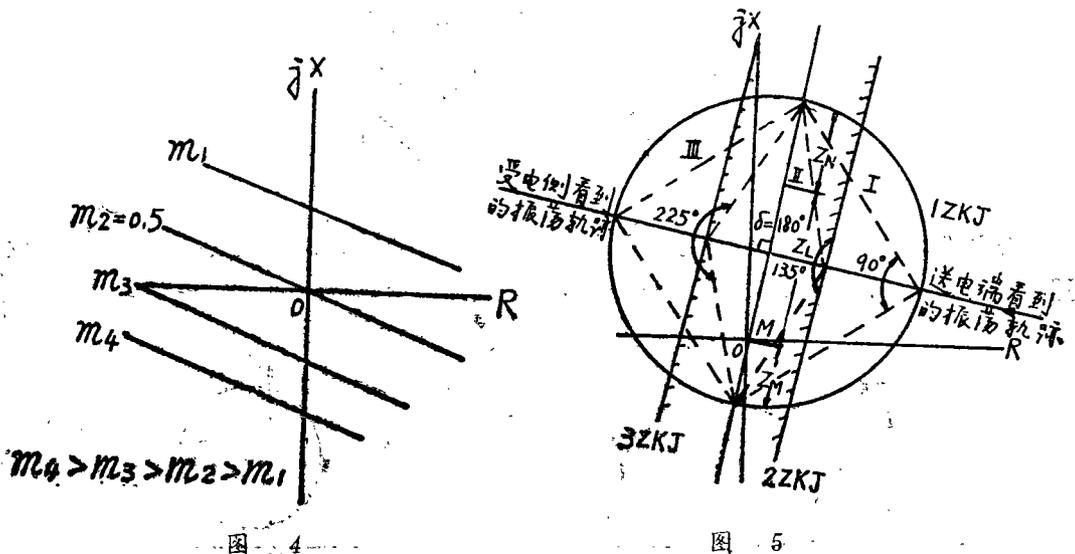
当不同 m 时 (相当于移动阻抗继电器的安装位置) 阻抗继电器感受阻抗的轨迹是平行于直线 m 的一簇直线, 当 $m = \frac{1}{2}$ 时, 直线通过坐标原点, 当 $m > \frac{1}{2}$ 直线与 $(-jx)$ 轴相交, 如图 4 所示:

若 $E_M \neq E_N$ 则上面的直线是一组圆弧。

(二) 装置的动作原理:

以上分析可知, 系统振荡时阻抗继电器端子上感受阻抗的变化轨迹是一条直线 (或圆弧) 此直线永远和向量 Z_L 垂直, 相交之点 $\delta = 180^\circ$ 。

我们可以采用三个阻抗继电器 $1-3ZKJ$ 相交分成 I II III 区。如图 5 所示 (设装置装于送电端 M , 且 $1ZKJ$ 按 $\delta = 90^\circ$ 整定, $2ZKJ$ 按 $\delta = 135^\circ$ 整定, $3ZKJ$ 按 $\delta = 225^\circ$ 整定)。



当系统振荡时, 阻抗轨迹依次穿越三区即 III \rightarrow II \rightarrow I (从受电侧看) 或 I \rightarrow II \rightarrow III (从发电端看) 此时 δ 均已大于 180° , 系统已经失步, 装置动作发出脉冲命令, 以便迅速采取各种措施 (如按预定点分离系统切机, 切负荷等) 以恢复系统稳定。

而在其它情况下, 如正常运行、故障、同步摇摆等, 阻抗轨迹不能依次穿越三区, 装置可靠闭锁。

装置的原理接线见 $0 \times J$ 、 354 、 026 。

(三) 交流回路: 本装置只需考虑振荡时阻抗变化的轨迹, 为便于运行分析, 按相电压与相电流接线。

1. $1ZKJ$ 为整流型按相敏接线方式构成的园特性阻抗继电器, 其原理接线如下:

$$-90^\circ \leq \arg \frac{\dot{U}_{K1} - \frac{\dot{U}_Y}{K_1}}{\frac{\dot{U}_Y}{K_2} - \dot{U}_{K2}} \leq 90^\circ \dots\dots\dots (8) \text{ 抛球特性}$$

$$-90^\circ \leq \arg \frac{\dot{U}_{K1} - \frac{\dot{U}_Y}{K_1}}{\frac{\dot{U}_Y}{K_2}} \leq 90^\circ \dots\dots\dots (9) \text{ 方向特性}$$

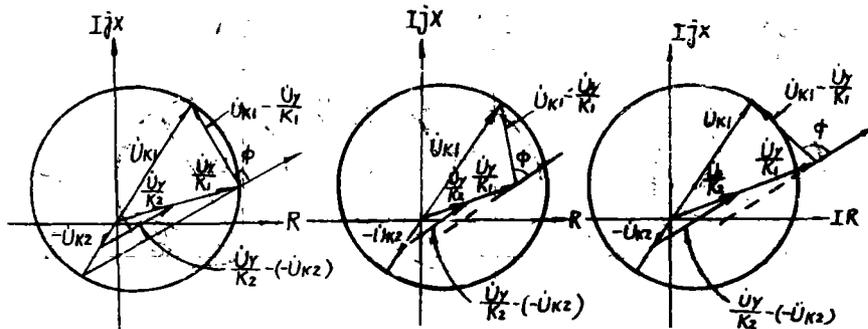
式中 $\dot{U}_Y = K_Y \dot{U}_Y$, 由 YB_1 取得, 与继电器端子上感受电压 \dot{U} 成一定比例关系的被测量电压,

$\frac{\dot{U}_Y}{K_1}$ 是与 \dot{U}_Y 成一定比例的电压, 由 YB_2 二次取得。

$\frac{\dot{U}_Y}{K_1}$ 是与 \dot{U}_Y 成一定比例的电压, 由 YB_3 二次取得。

为减少 $\frac{\dot{U}_Y}{K_1}$ 、 $\frac{\dot{U}_Y}{K_2}$ 互感影响, 使得阻抗继电器在 RX 坐标系的各种园特性下, 改变 YB_1 整定位置得到比较准确的抛球量 (或偏移量) 和按比例扩大的园特性, 将电压回路分成 Y_{B1} 、 Y_{B2} 、 Y_{B3} 三个铁心。

$\dot{U}_{K1} = K_{K1} \dot{I}$, $\dot{U}_{K2} = K_{K2} \dot{I}$, 是与流过继电器端子上的电流 \dot{I} 成一定比例关系并转过一定角度的电压, 由 DKB 二次取得, 其中 K_{K1} , K_{K2} 具有阻抗量纲, 称为电抗变压器的转移阻抗。电抗变压器 (DKB) 是一个带气隙的变压器, 其次级若有电阻负载, 则 U_K 领先 \dot{I} 的角度将变小, 改变电阻值, 可改变此角度。 DKB 二次绕组 S, M 为移相绕组, 改变电阻 R_s 的大小可改变转移阻抗角 ϕ_x 的大小, 在此回路中还串入一对正反并接的



(a) 在园上 边界条件 (b) 在园内动作 (c) 在园外不动作

$(\dot{U}_{K1} - \frac{\dot{U}_Y}{K_1})$ 超前或落后; $(\dot{U}_{K1} - \frac{\dot{U}_Y}{K_1})$ 超前或落后; $(\dot{U}_{K1} - \frac{\dot{U}_Y}{K_1})$ 超前或落后

$\frac{\dot{U}_Y}{K_2} - (-\dot{U}_{K2})$ 的角度 ϕ 等于 90° ; $\frac{\dot{U}_Y}{K_2} - (-\dot{U}_{K2})$ 的角度 ϕ 小于 90° ; $\frac{\dot{U}_Y}{K_2} - (-\dot{U}_{K2})$ 的角度 ϕ 大于 90°

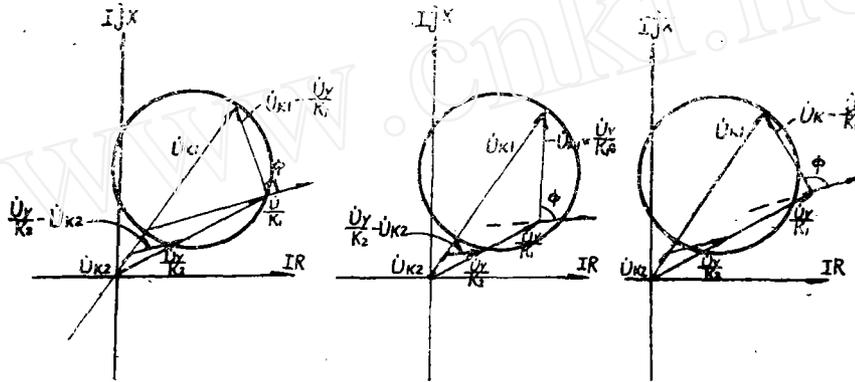
图 8 偏移特性

二级管，利用二级管正向电阻在小电流时的非线性来补偿电抗变压器在小电流时由于非线性造成的转移阻抗角度变小。

一般情况下 R_s, D_s, D_o 经 $3QP$ 和 \dot{V}_{K3} 短接后， DKB 的转移阻抗角固定为 $80^\circ \pm 5^\circ$ 。

继电器在 IR I, X 坐标轴上向量关系见图 8 (a)(b)(c)。

由图 8 的三种情况可见方程式 (7) 的轨迹为一包括座标原点的圆。将 IRI, X 坐标除以 I ，则变为 R, X 坐标，上图成了阻抗园，感受阻抗在园内时动作，在园外制动，在园周上即为边界条件，同样方法可画出 (8)(9) 式向量关系，见图 9、10。



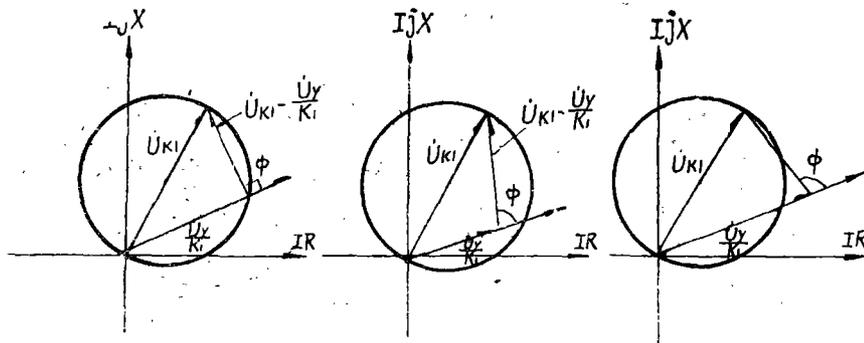
(a) 在园上边界条件

(b) 在园内动作

(c) 在园外不动作

$(\dot{U}_{K1} - \frac{\dot{U}_Y}{K_1})$ 超前或落后 $(\dot{U}_{K1} - \frac{\dot{U}_Y}{K_1})$ 超前或落后 $(\dot{U}_{K1} - \frac{\dot{U}_Y}{K_1})$ 超前或落后
 $(\frac{\dot{U}_Y}{K_2} - \dot{U}_{K2})$ 的角度 ϕ 等于 90° $(\frac{\dot{U}_Y}{K_2} - \dot{U}_{K2})$ 的角度 ϕ 小于 90° $(\frac{\dot{U}_Y}{K_2} - \dot{U}_{K2})$ 的角度大
 于 90°

图 9 抛球特性



(a) 在园上边界条件

(b) 在园内动作

(c) 在园外不动作

$(\dot{U}_{K1} - \frac{\dot{U}_Y}{K_1})$ 超前或落后 $(\dot{U}_{K1} - \frac{\dot{U}_Y}{K_1})$ 超前或落后 $(\dot{U}_{K1} - \frac{\dot{U}_Y}{K_1})$ 超前或落后
 $\frac{\dot{U}_Y}{K_2}$ 的角度 ϕ 等于 90° $\frac{\dot{U}_Y}{K_2}$ 的角度 ϕ 小于 90° $\frac{\dot{U}_Y}{K_2}$ 的角度 ϕ 大于 90°

图 10 方向特性

对以 90° 为边界条件，按相敏接线方式构成的整流方向阻抗继电器的动作原理可用等效电路图11作进一步的分析。

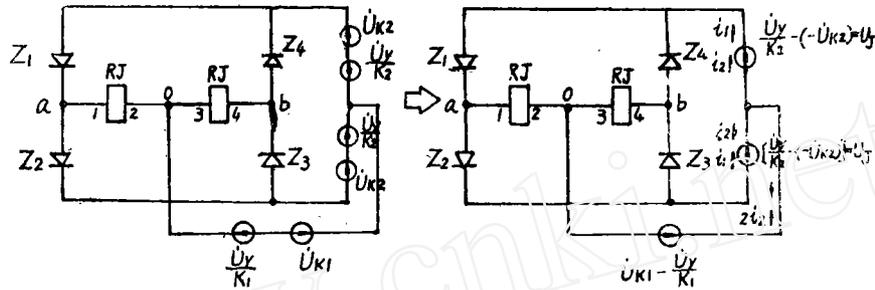


图11 等效电路图

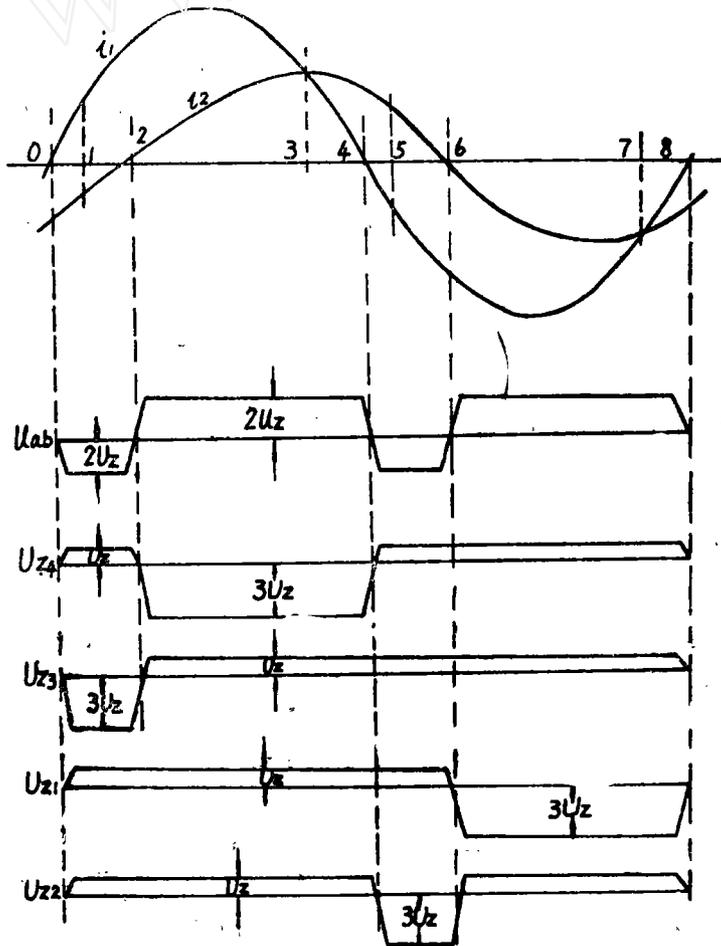


图12 整流相灵敏接线方向阻抗元件各时间段的电压关系

为说明原理，假定回路完全对称，而且是纯电阻性的，则由 $(\dot{U}_{K1} E \frac{\dot{U}_Y}{K_1})$ 产生的电

流 $2i_2$ 在回路中必然是对称分流如图11, i_2 和 $(\dot{U}_{K1} - \frac{\dot{U}_Y}{K_1})$ 相位一致, i_1 和 $(\frac{\dot{U}_Y}{K_2} - (-\dot{U}_{K2}))$ 相位一致, i_1, i_2 间的相位关系与 $(\dot{U}_{K1} - \frac{\dot{U}_Y}{K_1})$ 和 $(\frac{\dot{U}_Y}{K_2} - (-\dot{U}_{K2}))$ 间的相位关系完全一样。

假定 i_1 与 i_2 波形如图12所示, 并以图11所示电流方向为正, 在每一瞬间通过比较回路各元件的电流, 电压关系可分为八个时间阶段加以说明。

在一个二极管中, 如果有两个回路电流通过的时候, 大的一个电流决定了二极管是否开放或闭塞, 而小的一个电流则据此自由通过或断路。

(1) 时间段 0—1 间

$|i_2| > |i_1|$, i_2 为负 (即与图11中 i_2 所示方向相反)。此时 Z_4 、 Z_2 导通 $2i_2$ 由 0 点分别经 RJ 向 a 及 b 流去, 所以 i_2 在 a 、 b 两点间不产生电位差。 i_1 沿 Z_4 由 b 到 a 经 Z_2 成回路, 实际 Z_4 中通过电流是 $(i_2 - i_1)$ Z_2 中通过电流是 $(i_2 + i_1)$ 。 Z_1 和 Z_3 闭塞, $U_{ab} = -2i_1RJ$ (b 点高于 a 点)。当 i_1 逐渐增大到 $|2i_1RJ| > 2U_z$ (两个二极管压降) 时 Z_1 亦导通, 此后 i_1 分成两部分, 一是维持 a 、 b 间电压等于两个二极管压降, 即 $\frac{2U_z}{2RJ} = \frac{U_z}{RJ}$, 这一部分恒定不变, i_1 的另一部分就通过 Z_1 与 Z_2 成回路。在 Z_1 导通后, Z_4 通过的电流为 $(i_2 - \frac{U_z}{RJ})$ Z_2 通过的电流为 $(i_2 + i_1)$, Z_1 通过的电流为 $(i_1 - \frac{U_z}{R})$, U_{ab} 恒定为 $-2U_z$, 只有 Z_3 闭塞承受反电压, 共值 $3U_z$ 。以上分析可用下面图13表示。

(2) 时间段 1—2 间

$|i_1| < |i_2|$, i_2 为负, 即与图11所示方向相反, 经分析可得如下电流电压分布, 示于图14中。

(3) 时间 2—3 间

$|i_1| > |i_2|$, i_1 和 i_2 方向均与图11所标的一样, 此时电流电压分布于图15中。

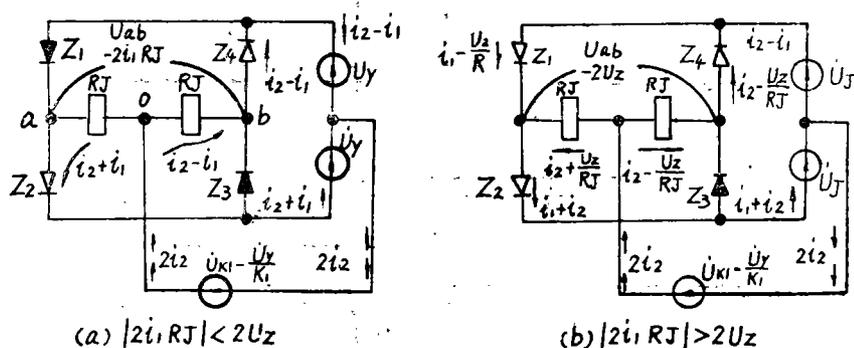


图13 0~1 时间段电流分布

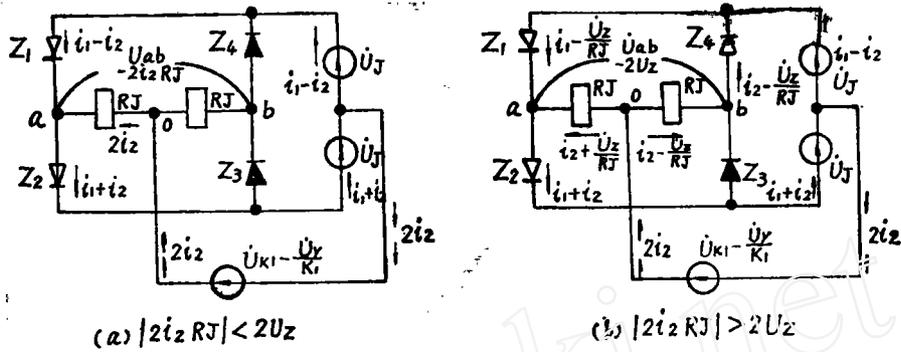


图14 1~2时间段电流分布

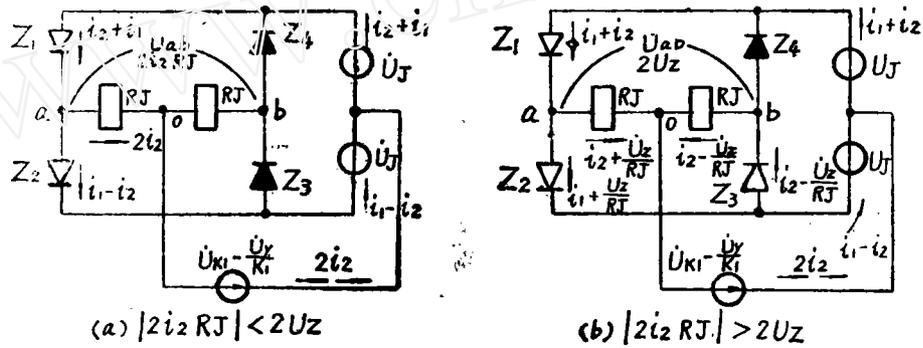


图15 2—3段电流分布

(4) 时间段3—4间

$|i_2| > |i_1|$, i_1 和 i_2 方向同图11所标, 此时电流电压分布示于图16中。

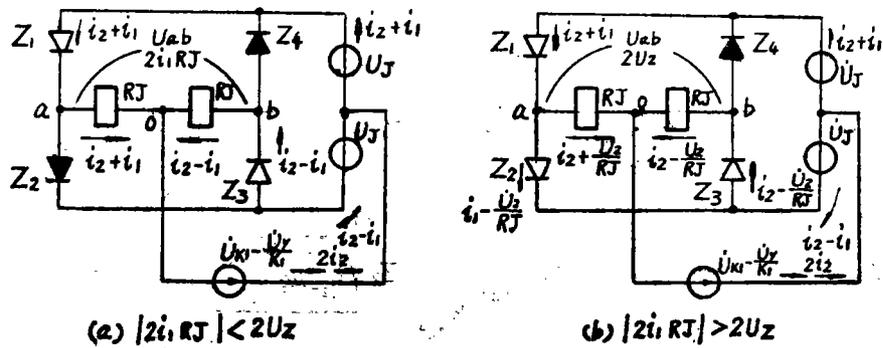


图16 3—4时间段电流分布

(5) 时间段4—5间

$|i_2| > |i_1|$, i_1 为负, 即与图11所示方向相反, 此时电流电压分布示于图17中。

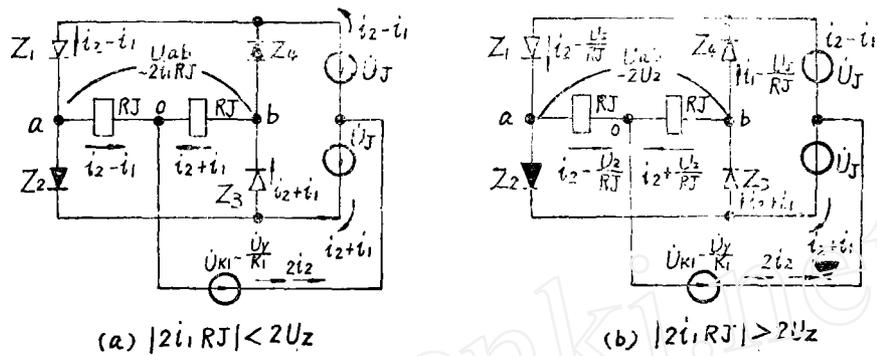


图17 4—5时间段电流分布

(6) 时间段5—6间

$|i_1| > |i_2|$, i_1 与图11所示方向相反, 此时电流电压示于图18中。

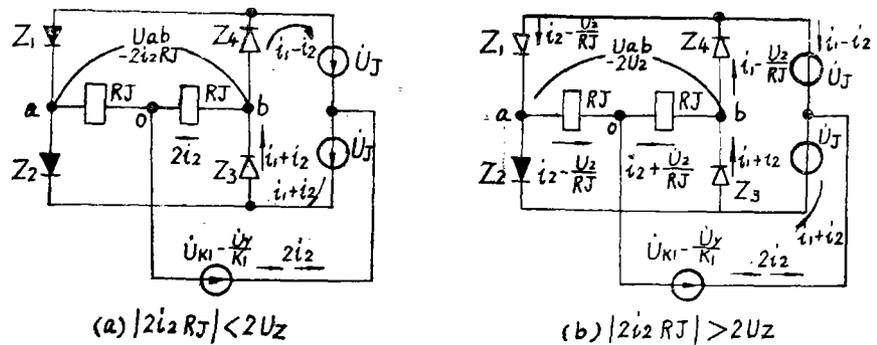


图18 5—6时间段电流分布

(7) 时间段6—7间

$|i_1| > |i_2|$, i_1 与 i_2 均和图11所示方向相反, 此时电流电压分布示于图19中

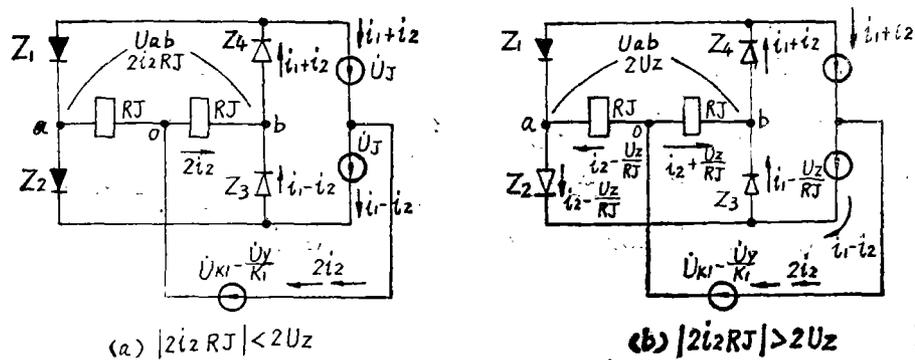


图19 6—7时间段电流分布

(8) 时间段 7—8 间

$|i_2| > |i_1|$ ，两电流均与图 11 所示方向相反，此时电流电压分布示于图 20 中。

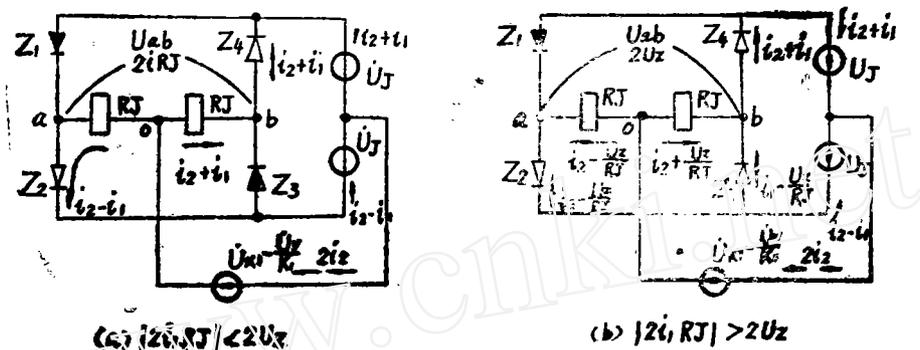


图 20 7—8 时间段电流分布

根据以上分析，画出了在两电流中较小电流之二倍在 RJ 上压降大于二个二极管压降情况下的各二极管两端电压和 U_{ab} 示于图 12 中。

上述分析说明：

(1) 执行元件 ($2RJ$) 两端得到的电压是两电流中较小值所产生。

(2) 执行元件两端电压 U_{ab} 最大瞬时值只能为 $2U_z$ 。

(3) 当电流 i_1 与 i_2 同相时， U_{ab} 输出为正值 ($2U_z$)；反相时， U_{ab} 输出为负值 ($-2U_z$)，相差 90° 时， U_{ab} 输出正值与负值相等，平均值为零。故若执行元件是一个零指示器 (即异常灵敏)，则图 11 等效电路构成反映 $(\dot{U}_{K1} - \frac{\dot{U}_y}{K_1})$ 与 $\frac{\dot{U}_y}{K_2} - (-\dot{U}_{K2})$

相位差 90° 为边界条件， $(\dot{U}_{K1} - \frac{\dot{U}_y}{K_1})$ 与 $\frac{\dot{U}_y}{K_2} - (-\dot{U}_{K2})$ 同相为最灵敏的方向阻抗继电器。

实际继电器回路中，增加了 $R_1 \sim R_4$ 四个电阻，目的是提高 U_{ab} 的电压以满足利用具有一般灵敏度 ($10^{-4}W$) 的极化继电器作为执行元件时继电器动作速度较快，灵敏度较高的要求。

极化继电器线圈上并一电容 C_3 可减轻继电器接点抖动。

为改善两个比较回路电流的相位，提高灵敏度，在 $\dot{U}_{K1} - \frac{\dot{U}_y}{K_1}$ 回路增加电容 C_7 。

2. $2ZKJ$ 、 $3ZKJ$ 为整流比相式直线阻抗继电器，其原理接线图如下

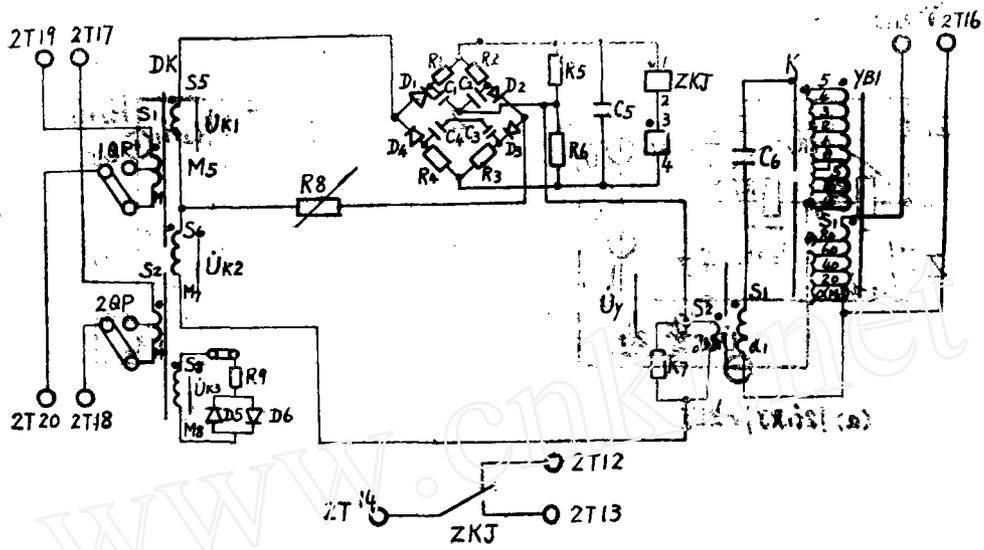


图 21

为简化接线，交流回路接线不对称，但为便于分析，此不对称接线仍可看作等值的对称相灵敏接线方式，即将 \dot{U}_{K1} 改接成图22接法，此时

$$\dot{U}_{K1} + \dot{U}_{K2} - \dot{U}_v = \frac{1}{2} \dot{U}_{K1} + \frac{1}{2} \dot{U}_{K2} + \dot{U}_{K2} - \dot{U}_v$$

$$\dot{U}_{K2} - \dot{U}_v = -\frac{1}{2} \dot{U}_{K1} + \frac{1}{2} \dot{U}_{K1} + \dot{U}_{K2} - \dot{U}_v$$

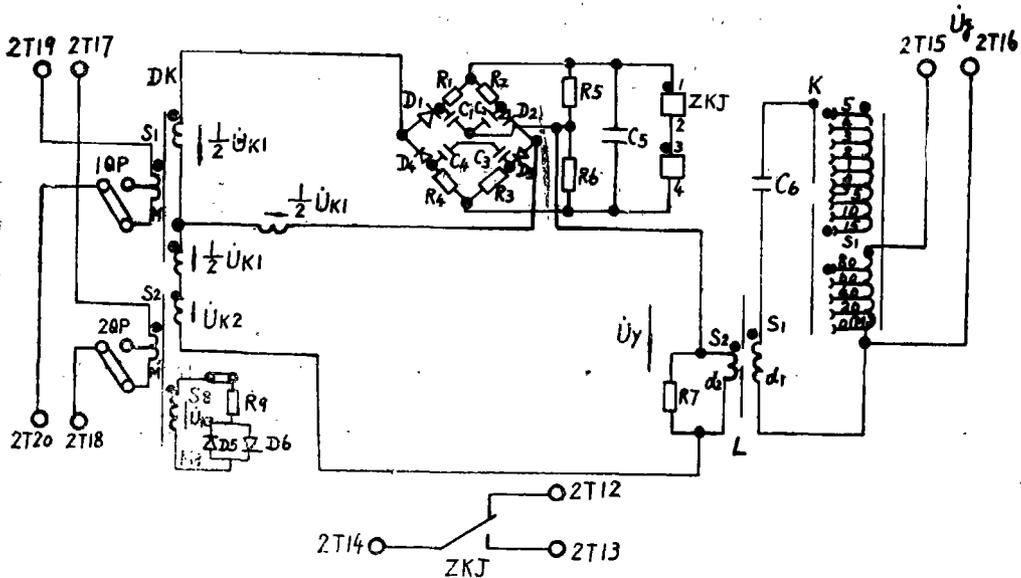


图 22

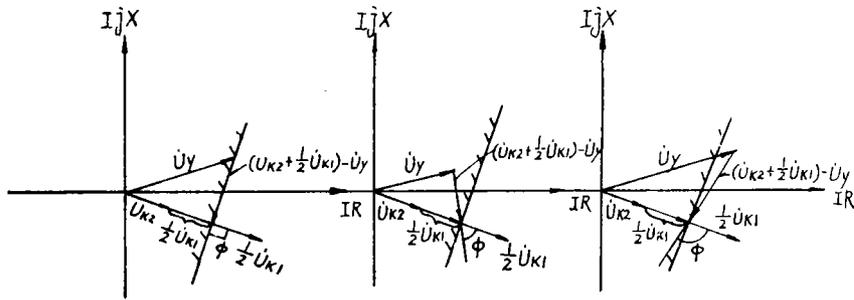
继电器的动作方程式：

$$-90^\circ \leq \arg \frac{\dot{U}_{K2} + \frac{1}{2} \dot{U}_{K1} - \dot{U}_y}{\frac{1}{2} \dot{U}_{K1}} \leq 90^\circ \dots\dots\dots (10) \quad (2ZKJ)$$

$$-90^\circ \leq \arg \frac{(-\dot{U}_{K2} - \frac{1}{2} \dot{U}_{K1}) - \dot{U}_y}{-\frac{1}{2} \dot{U}_{K1}} \leq 90^\circ \dots\dots\dots (11) \quad (3ZKJ)$$

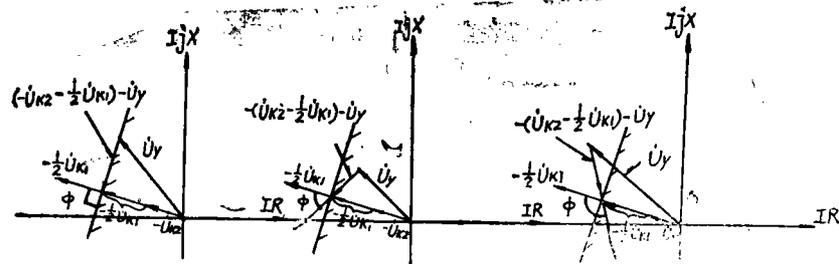
式中 $\dot{U}_{K1} = K_{K1} \dot{I}$; $\dot{U}_{K2} = K_{K2} \dot{I}$; 与流过继电器端子的电流 \dot{I} ; 成一定比例关系, 并转过一定角度的电压, 由DKB二次得, $K_{K1} K_{K2}$ 具有阻抗量纲, 称为电抗变压器的转移阻抗。 \dot{U}_{K3} 、 R_9 、 D_8 、 D_6 的作用见1ZKJ所述。

\dot{U}_y 由L的二次取得, 与 \dot{U} 成一定比例, 由于经过L.C.R移相回路, 使 \dot{U}_y 领先前端电压 \dot{U} 一定的角度, 从而使继电器的最大灵敏角为 -10° 左右 (2ZKJ) 或 170° 左右 (3ZKJ)。继电器在IR、IjX坐标系上向量关系见图23、24



- a) 在直线上边界条件 $(\dot{U}_{K2} + \frac{1}{2} \dot{U}_{K1}) - \dot{U}_y$ 超前或落后, $\frac{1}{2} \dot{U}_{K1}$ 的角度 ϕ 为 90°
- b) 在直线左边动作 $(\dot{U}_{K2} + \frac{1}{2} \dot{U}_{K1}) - \dot{U}_y$ 超前或落后, $\frac{1}{2} \dot{U}_{K1}$ 的角度 ϕ 小于 90°
- c) 在直线右边不动作 $(\dot{U}_{K2} + \frac{1}{2} \dot{U}_{K1}) - \dot{U}_y$ 超前或落后, $\frac{1}{2} \dot{U}_{K1}$ 的角度 ϕ 大于 90°

图23 (2ZKJ)



- a) 在直线上边界条件 $(-\dot{U}_{K2} - \frac{1}{2} \dot{U}_{K1}) - \dot{U}_y$ 超前或落后, $-\frac{1}{2} \dot{U}_{K1}$ 的角度 ϕ 为 90°
- b) 在直线右边动作 $(-\dot{U}_{K2} - \frac{1}{2} \dot{U}_{K1}) - \dot{U}_y$ 超前或落后, $-\frac{1}{2} \dot{U}_{K1}$ 的角度 ϕ 小于 90°
- c) 在直线左边不动作 $(-\dot{U}_{K2} - \frac{1}{2} \dot{U}_{K1}) - \dot{U}_y$ 超前或落后, $-\frac{1}{2} \dot{U}_{K1}$ 的角度 ϕ 大于 90°

图24 (3ZKJ)

由图23、24可知方程式10、11的轨迹为一包括座标原点，并和 $\dot{U}_{K2} + \frac{1}{2}\dot{U}_{K1}$ 或 $-\dot{U}_{K2} - \frac{1}{2}\dot{U}_{K1}$ 垂直的直线，将图23、24的座标改为 $R X$ 座标，则上图成了阻抗轨迹。

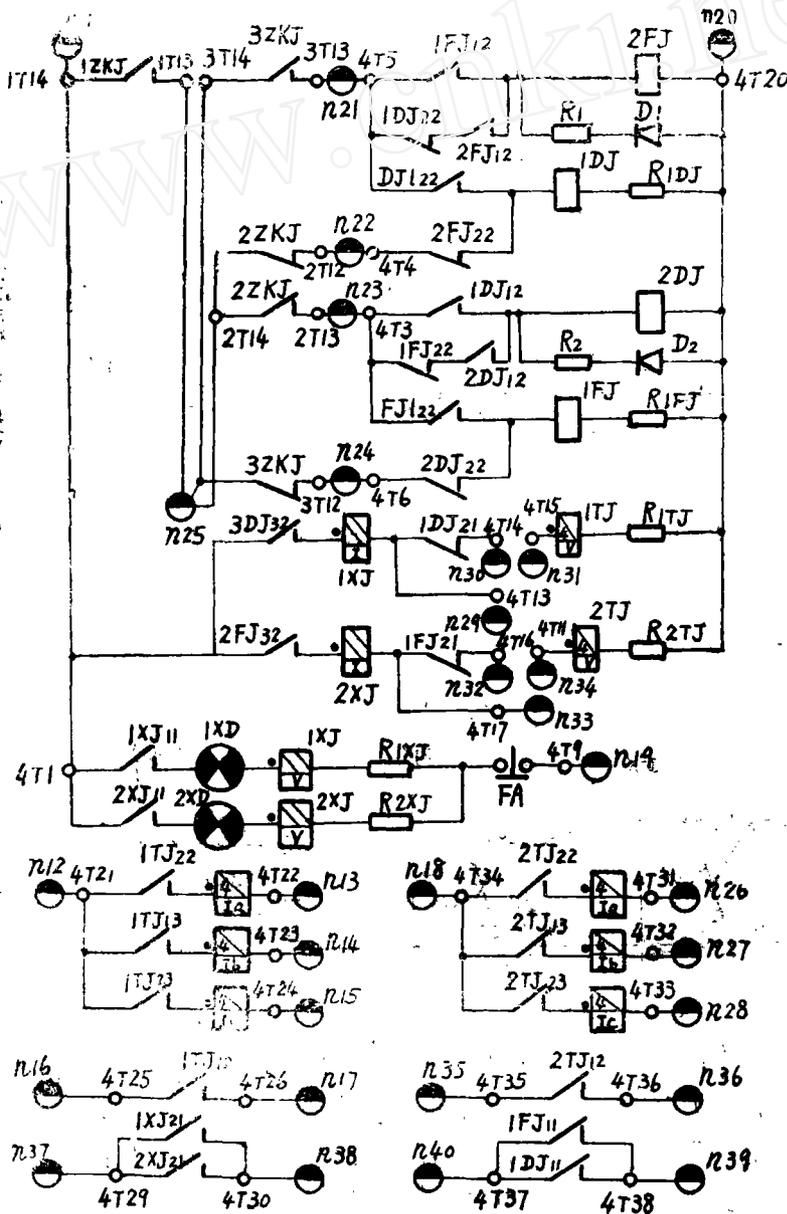
对相敏结线整流比相直线阻抗继电器的动作原理分析方法同 $1ZKJ$ 。

在实际回路中，为减轻接点抖动和提高灵敏度，还增加了 $C_1 - C_4$ 、 R_5 、 R_6 和 C_5 ，为使回路对称，增加电阻 R_8 。

3. 直流回路，由四个电码，二个快速中间，二个信号继电器和1、2、3 ZKJ 阻抗元件的出口接点组成。

装置有八付接点输出，其中六付有电流保持回路可直接跳闸。

装置还输出二付信号接点，可根据受电侧或送电侧振荡轨迹进入方向的不同分别显示信号，其原理接线图如下：



(1) 系统振荡时的动作顺序(本装置考虑振荡的第一个周期就动作出口)系统振荡时,从送电端看到的振荡轨迹从右到左如图25所示当振荡轨迹进入工区,1ZKJ动作(3ZKJ已经动作)经2ZKJ、2FJ₂₂二付常闭接点使1DJ动作,并经其本身接点1DJ₂₂、3ZKJ常开接点保持,当振荡轨迹到达Ⅱ区,2ZKJ动作,通过1DJ₁₂启动2DJ,2DJ经2DJ₁₂、1FJ₂₂、2ZKJ接点保持,当振荡轨迹到达Ⅲ区,3ZKJ返回,1DJ失磁,1DJ₂₁返回,1TJ经2DJ₃₂、1DJ₂₁而动作出口。同样在受电端看到的振荡轨迹是从左到右,当振荡轨迹从Ⅲ区→Ⅱ区到Ⅰ区时,装置由一套与上面相对称的回路动作出口。

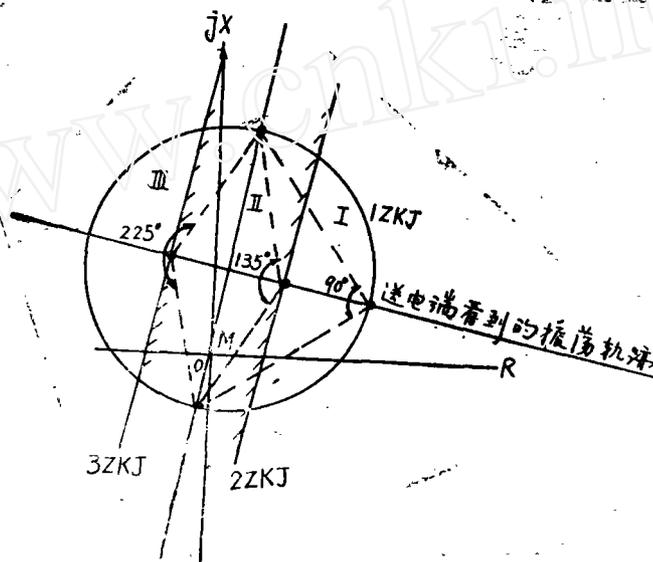


图 25

装置也考虑了从Ⅰ→Ⅱ或从Ⅲ→Ⅱ立即动作的可能性,此时可把n29(或n33)与n31(或n34)连。(要根据具体系统作分析计算后采用)

(2) 正常运行1ZKJ不动作 直流回路不动作。

(3) 电压回路断线,1、2、3ZKJ同时动作,因为2、3ZKJ常闭接点比常开接点动作得快所以直流回路不起动。

(4) 发生故障,若短路阻抗落进Ⅱ区,1、2、3ZKJ都动作,由于2、3ZKJ的常闭接点比常开接点动作得快,所以直流回路不起动。若短路阻抗落在Ⅰ区或Ⅲ区,则1DJ或1FJ动作,装置不出口。

发生故障但不引起振荡,故障切除后一般1ZKJ返回,装置直流回路复归。

(5) 同步摇摆,两边电势角 δ 摆开得比较小,阻抗轨迹可能进入Ⅰ区或Ⅲ区,1FJ DJ可能动作,但不能依次穿过三区,装置不会出口。

(6) 装置不正常工作状态,当2、3ZKJ因本身元件损坏而拒动,1ZKJ动作后,1FJ、2FJ、1DJ、2DJ发生抖动,TJ不动作,如2、3ZKJ有一个误动,

发生振荡时, 1FJ、1DJ可能动作, 2FJ、2DJ不会动作, 装置拒动; [1FJ、2FJ)、1DJ)、2DJ)中如有一个因本身损坏拒动, 装置可能拒动。

三、结 构

装置所有元件装在一个金属外壳中, 分为四个单元, 三个阻抗元件 1ZKJ、2ZKJ、3ZKJ和直流操作回路, 外壳正面有一个透明盖子可以看到各元件整定和表示的信号, 装置做成嵌入式后接线方式, 插件可经软线拉出, 外形安装尺寸见图26。

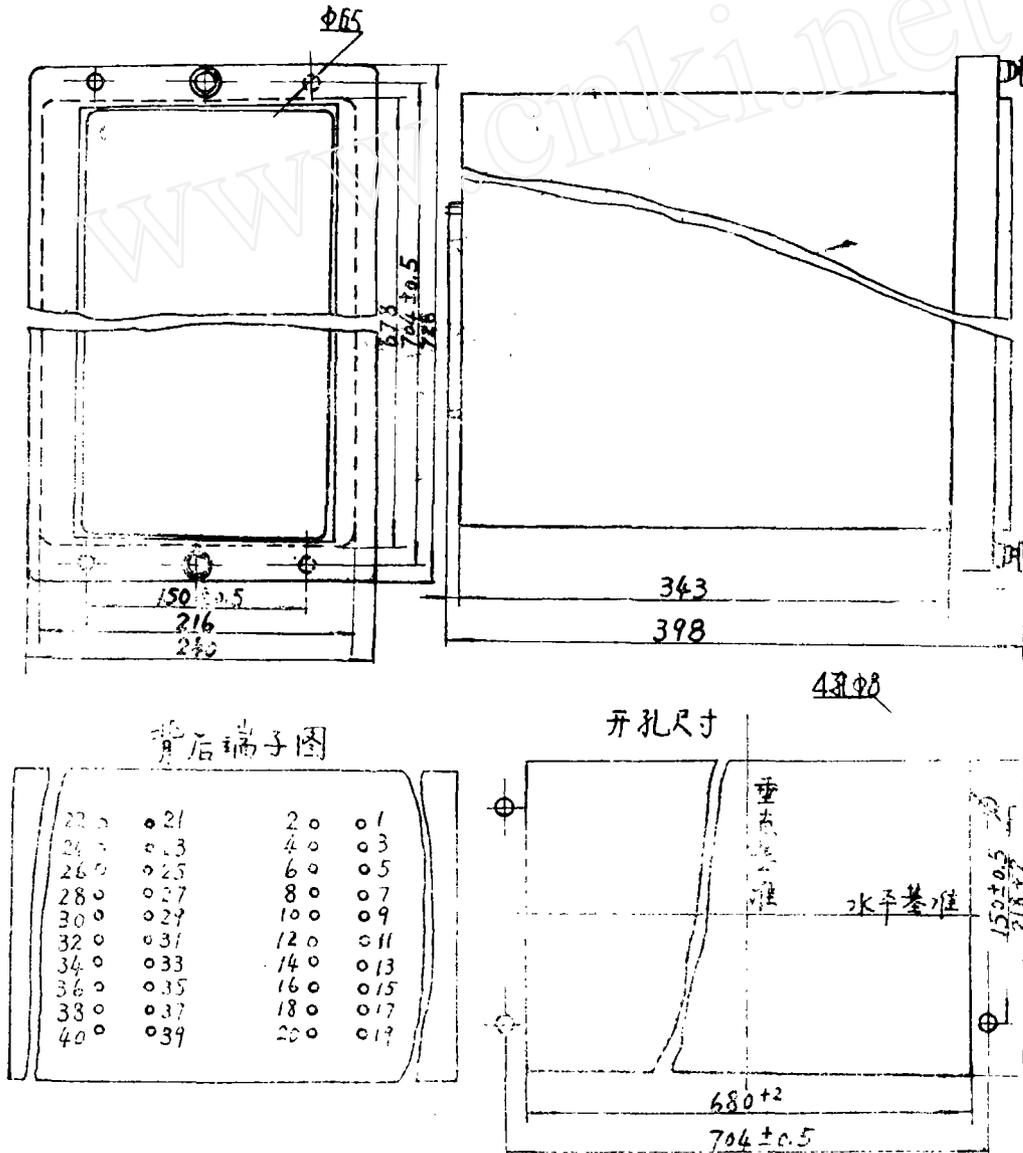


图 26

四、技术要求

1. 额定交流: $5A$ 、 $1A$ 、 $100V$ 、 $50Hz$ 。

2. 直流电压: $220V$ 。

3. 跳闸回路保持电流: 0 、 $25A$ 、 $0.5A$ 、 $1A$ 、 $2A$ 。

4. 装置应能正确区分故障与振荡, 判别振荡的性质, 在振荡周期大于 0.4 秒时能可靠动作。

5. 装置中 $1ZKJ$ 为按相电压, 相电流接线的整流型园特性阻抗继电器, 改变压板 $4QP$ 、 $5QP$ 的位置, 在 RX 坐标系上构成方向, 偏移、抛球三种园特性。

a. DKB 的转移阻抗角 $\phi_K = 80^\circ \pm 5^\circ$ 。

b. 整定范围: DKB 两线圈串联, (端子 $n4$ 与 $n5$ 连)按相电流, 相电压接线时, 阻抗整定范围为 $4 \sim 40 \Omega/\phi$, 改为偏移阻抗时, 偏移量为 25% 、 50% 、 100% 三种, 改为抛球阻抗时, 抛球量为 25% 、 50% 两种。

DKB 用一个线圈内部改变 $1QP$ 、 $2QP$ 的位置阻抗整定范围可改为 $2 \sim 20 \Omega/\phi$ 或 $1 \sim 10 \Omega/\phi$, 此时精确工作电流要相应增大。

c. 阻抗继电器的最小整定值 $I = 5A$ 、 $\phi = \phi_K$, $Z1 = 4 \pm 0.4 \Omega/\phi$ 。

改为偏移园: 在 $\phi = \pi + \phi_K$ 下 $Z2 = 1 \pm 0.2$ 、 2 ± 0.4 、 $4 \pm 0.4 \Omega/\phi$ 、改为抛球园在 $\phi = \phi_K$ 下 $Z2 = 1 \pm 0.2$ 、 $2 \pm 0.4 \Omega/\phi$

d. 保证 10% 准确度的工作电流范围:

DKB 两线圈串联, $K = 100\%$ $\phi = \phi_K$ 方向阻抗的精工电流范围从 $1.5A - 20A$ (改为偏移、抛球阻抗后, 精工电流范围要缩小)。

e. 继电器的动作时间 $I = 5A$ 、 $K = 100\%$, $Z = 0.7Z_y$ 下应不大于 $60ms$ 。

6. 装置中 $2ZKJ$ 、 $3ZKJ$ 为按相电压, 相电流接线的整流型直线阻抗继电器, 在 RX 坐标系上 $2ZKJ$ 的灵敏角 $\phi_m = -10^\circ \pm 5^\circ$; $3ZKJ$ 的灵敏角 $\phi_m = 170^\circ \pm 5^\circ$; $2ZKJ$ 和 $3ZKJ$ 的动作区相反。

a. 最大灵敏角规定: $I = 5A$ 、 $K = 100\%$ $V = 60V$ 、 $40V$ 、 $20V$ 下测得各点灵敏角的平均值 $\phi_m = \frac{\phi_m(60) + \phi_m(40) + \phi_m(20)}{3}$ 作为继电器的最大灵敏角。

b. 整定范围: DKB 两线圈串联(端子 $n4$ 与 $n5$ 连), 按相电流相电压接线时阻抗整定范围为 $2 \sim 20 \Omega/\phi$

DKB 只用一个线圈, 内部改变 $1QP$ 、 $2QP$ 的位置, 阻抗整定范围可改为 $1 \sim 10 \Omega/\phi$ 或 $0.5 \sim 5 \Omega/\phi$, 此时精确工作电流要相应增大。

c. 阻抗继电器的最小整定值: $I = 5A$ 、 $\phi = \phi_m$ $Z = 2 \pm 0.2 \Omega/\phi$

d. 保证 10% 准确度的工作电流范围:

DKB 两线圈串联, $K = 100\%$ $\phi = \phi_m$ 从 $2A - 25A$ 。

e. 继电器的动作时间: $I = 5A$ 、 $K = 100\%$ $\phi = \phi_m$ $Z = 0.7Z_y$ 下应不大于 $60ms$ 。

7. 装置的功率消耗

a. 交流电流回路：在额定值下，每相不大于 20 V A 。

b. 交流电压回路：在额定值下，每相不大于 50 V A 。

c. 直流回路：当电源电压为 220 V ，装置动作时不大于 30 W

8. 装置输出跳闸接点容量，当电压不超过 220 V ，电流不超过 0.5 A 在直流有感负荷（时间常数为 5×10^{-3} 秒）电路中为 50 W ，长期接通电流不大于 5 A 。

9. 在 80% 额定直流电压下，装置应可靠动作。

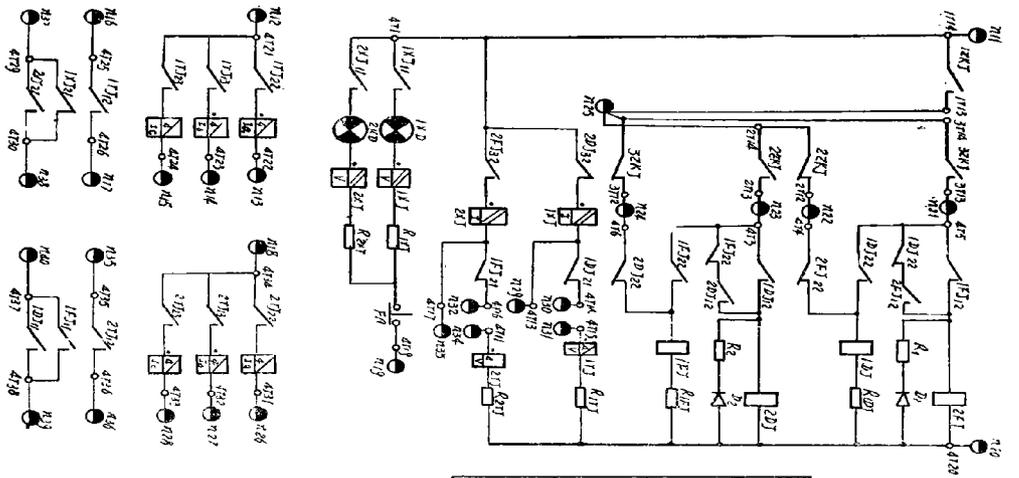
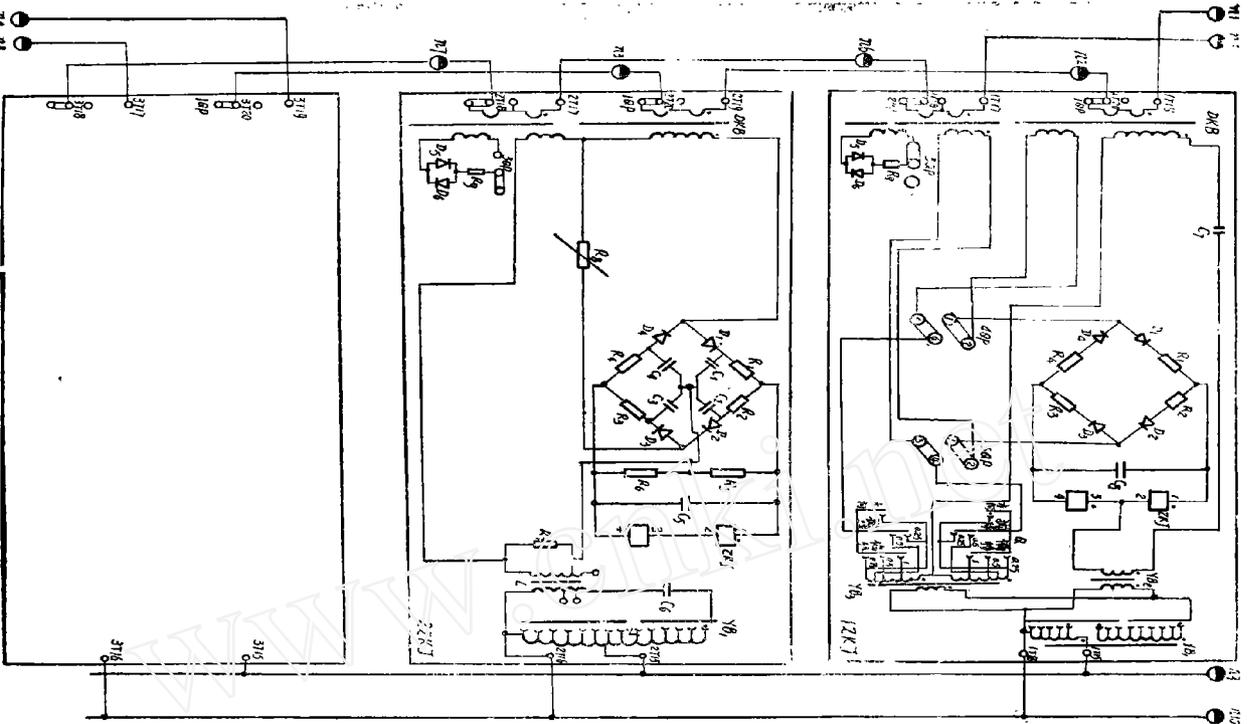
10. 装置所有电路对外壳以及在电气上无联系的各电路之间的绝缘电阻在温度为 $+40^\circ\text{C}$ ，相对湿度为 85% 时，应不低于 $5\text{ M}\Omega$ 。

11. 装置所有电路对外壳的绝缘强度应能耐受交流 50 H Z 电压 1750 V 历时 1 分钟试验，而无击穿或闪络现象。

12. 当环境温度为 $+40^\circ\text{C}$ ，装置长期经受 110% 额定值，线卷的温升不超过 60°C ，电阻温升不超过 150°C 。

13. 装置的外形尺寸及安装尺寸应符合图26规定。装置内部接线应符合 $0 \times J$ 、362、134~136要求。

14. 装置重量不超过 30 Kg 。



12K1 逻辑	100° 300°
切换开关	100° 300°
旋转	100° 300°
球	100° 300°
方向	100° 300°

Z2J-1 原理接线图