

四边形半导体阻抗继电器

随着我国电力系统的日益发展，尤其是超高压输电线路的不断建立，对继电保护不断提出新的要求。目前，距离保护装置广泛地应用于我国高压输电线路保护，感应型距离保护装置在我国已运行多年，这些仿苏产品具有不少缺点，例如体积大、动作慢、功率消耗大、调试困难等等，因此后来由我国自行设计制造了整流型距离保护装置以代替感应型距离保护装置，并在某些性能上有所提高。近年来随着电子工业的发展，半导体距离保护装置的研究取得了相当的成就。采用半导体元件构成的静态距离继电器具有显著的优点，例如体积小、灵敏度高、动作快、消耗小、调试方便等。

以往我国所采用的距离继电器特性在阻抗复平面上皆为一园特性，如园心在原点称为全阻抗继电器，园周通过原点称为方向阻抗继电器，园心不在原点，且原点包括在园内的称为偏移特性阻抗继电器，原点在园外的称为抛球特性阻抗继电器。一般在大电流接地高压输电系统中用的三段式距离保护装置Ⅰ、Ⅱ段测量元件采用方向阻抗继电器，Ⅲ段启动元件采用偏移特性阻抗继电器。

采用园特性阻抗继电器具有二个显著的特性上的缺点：第一、对于整定值较小时，继电器的动作范围受短路点的弧光电阻影响较大，也就是说，由于短路点存在弧光电阻，使继电器的保护范围缩短。第二、对于整定值较大时，继电器对躲过负荷的能力较差，即第Ⅲ段的灵敏度不能很高，尤其是对于长线路重负荷的线路以及在复杂的电力系统中由于助增电流的影响，作为相邻线路十足的后备保护的Ⅲ段阻抗继电器的整定值必须相当大，以致在不大的负荷电流下继电器就可能误动作。因此必须按躲过最大负荷电流来整定，这样就减低了第Ⅲ段继电器的作用，失去了十足的相邻线路后备的作用。为了克服以上两个缺点，我们必须重新考虑继电器的特性，满足使用上的要求。

下面探讨什么特性为距离继电器的理想特性。图1所示为故障点在阻抗复平面上的可能范围。当短路点不存在弧光电阻时，故障点落在阻抗平面上为一条倾斜的线 \overline{Oa} 上，其倾斜角度 θ 即为线路阻抗角，设 a 点为被保护线路的末端，当短路点存在弧光电阻时，故障点就向 R 方向移动。当故障在末端时， a 点移到 b 点， \overline{ab} 即为末端的弧光电阻 R_2 ；当故障在始端时， O 点移到 C 点， \overline{OC} 即为始端的弧光电阻，因此在斜线范围内即为故障区域，为一四边形区域，如果我们设计的继电器能够与故障区域相适应即为继电器的理想特性。

一九七二年由许昌继电器研究室研究试制成功一种四边形特性的阻抗继电器，并应用于三段式距离保护装置、综合重合闸装置等。

阻抗继电器的构成按比较方法来分可分为绝对值比较与相位比较两大类。感应型阻抗继电器是一种比较磁

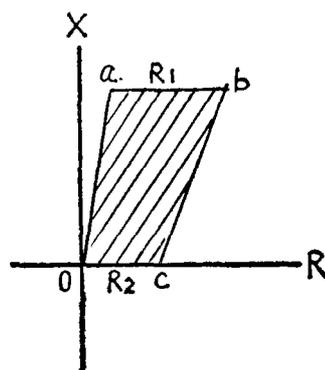


图 1

向量的相位比较继电器，整流型阻抗继电器是一种比较绝对值的继电器。后来由继电器研究室，天津大学、东北电力设计院先后研究试制成功相位比较式半导体抗阻继电器，系采用二个电向量的相位比较构成园特性的阻抗继电器，以及山东工学院等单位研究试制出二个电量的绝对值比较的园特性阻抗继电器。采用二个量的绝对值比较可以得到在阻抗平面上的园特性或直线特性。采用二个量的相位比较可以得到在阻抗平面上的园特性或直线特性或者两园弧相交特性或两条相交直线特性。采用二个量以上的相位比较或绝对值比较可以得到在阻抗平面上复杂的特性，如椭圆特性，双曲线特性或多边形特性等，而采用相位比较原理构成复杂的特性是一种比较简捷的方法。下面我们介绍一种多个量的相位比较方法，以建立构成复杂特性的方法。

在叙述阻抗继电器的具体构成之前，首先介绍几个概念：

设有三个向量 \dot{U}_1 、 \dot{U}_2 、 \dot{U}_3 ，如果每相邻二个向量之间的夹角小于 180° ，则它们的波形在时间轴上是半波连续的，即在任何时间内都至少有一个量是正的（或负的）见图 2、图 3。

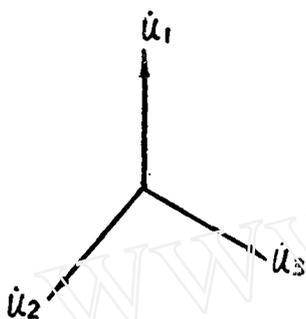


图 2

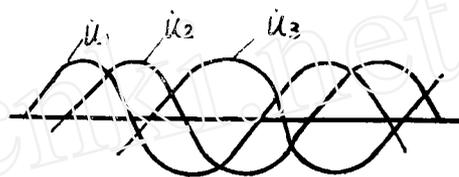


图 3

如果有三个向量 \dot{U}_1 、 \dot{U}_2 、 \dot{U}_3 每两向量之间的夹角其中有一个大于 180° ，则它们的波形在时间轴上是半波间断的，即有一间隔内三向量同时为正（或负）见图 4、图 5。

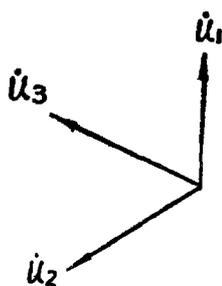


图 4

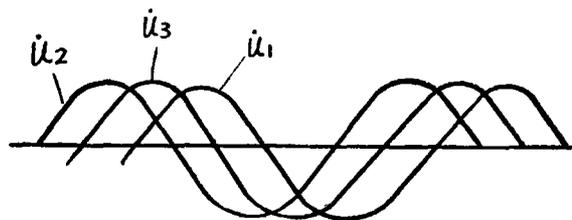


图 5

根据上述原则也可将向量数增加为三个以上结论相同。

如果我们采用以下回路，即可判别三个（或三个以上）向量是连续的还是间断的。

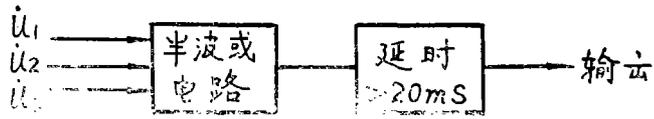


图 6

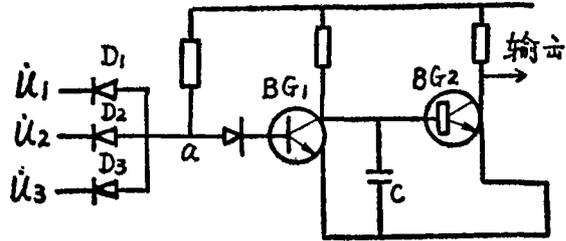


图 7

图 6 为执行电路简化方框图，图七为执行电路简化电路图。假若在 t_0 时开始加交流，电容 C 开始充电，在图 8 中因为由 D_1 、 D_2 、 D_3 组成的负向或电路在任何瞬间都保持 a 点电位为负，所以电容 C 一直充电。当电容充电到 BG_2 基极导通电位时 BG_2 就导通，输出“O”电位表示继电器动作。

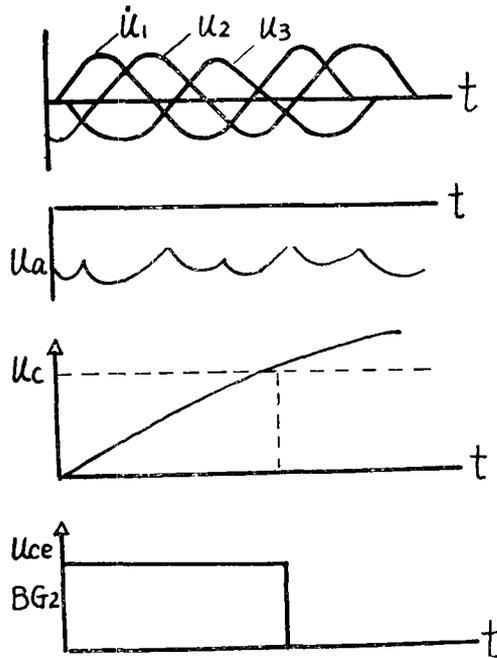


图 8

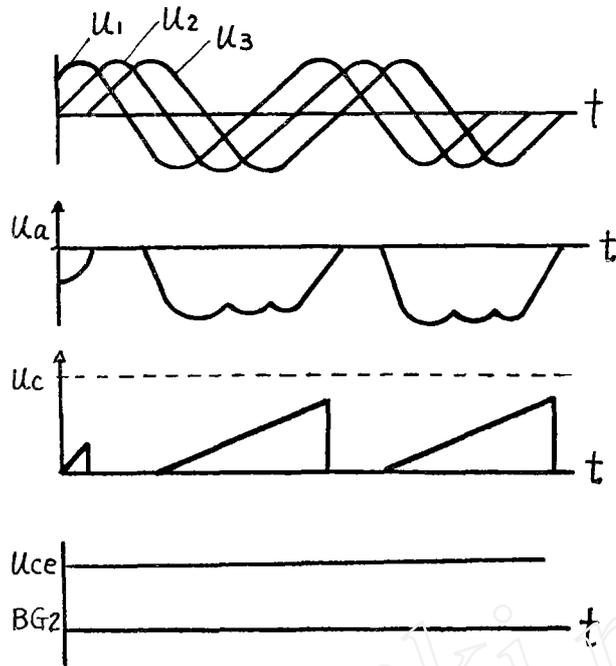


图 9

在图 10 中因为 a 点波形间断，在间断时间内电容器 C 放电，因此若取电容器充电到 BG_2 导通的时间大于一个周波时间（即 20ms），则电容器 C 始终充不到 BG_2 基极导通电位，所以 BG_2 不导通，则表示继电器不动作。下面介绍具有三个向量或三个以上向量组成继电器的特性。

设有向量 $u_1 = IZ_1$ 、 $u_2 = IZ_2$ 、 $u_3 = -Ku$

从图 10 中可以看出动作边界为 IZ_1 和 IZ_2 所夹的小于 180° 的范围内，在动作区内 a_1 点每相邻两向量之间的夹角都小于 180° ，在边界上 a_2 点有相邻两向量之间的夹角等于 180° ，而在闭锁区内 a_3 点有两相邻两向量之间的夹角大于 180° ，这三个量构成了方向继电器特性。

设有向量 $u_1 = IZ_1$ 、 $u_2 = IZ_2$ 、 $u_3 = IZ_3 - Ku$

从图 11 中可以看出动作边界为过 IZ_3 顶点两条平行于 IZ_1 和 IZ_2 的直线，也就是说将图 10 的特性平移了 IZ_3 。

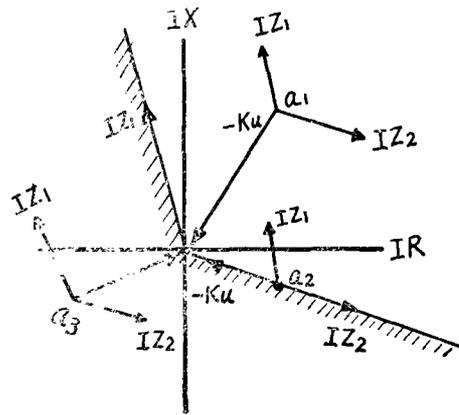


图 10

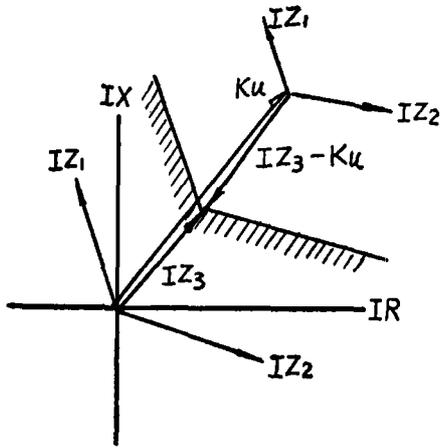


图 11

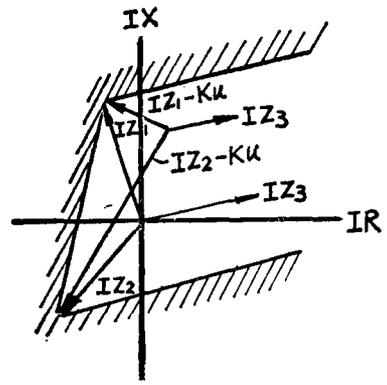


图 12

设有向量 $u_1 = IZ_1 - Ku$ 、 $u_2 = IZ_2 - Ku$ 、 $u_3 = IZ_3$

从图 12 中可以看出动作边界为过 IZ_1 和 IZ_2 顶点连线以及平行于 IZ_3 两条直线组成。

设有向量 $u_1 = IZ_1 - Ku$ 、 $u_2 = IZ_2 - Ku$ 、 $u_3 = IZ_3 - Ku$ 、 $u_4 = IZ_4 - Ku$

从图 13 中可以看出其动作边界为过 IZ_1 、 IZ_2 、 IZ_3 、 IZ_4 顶点的连线。

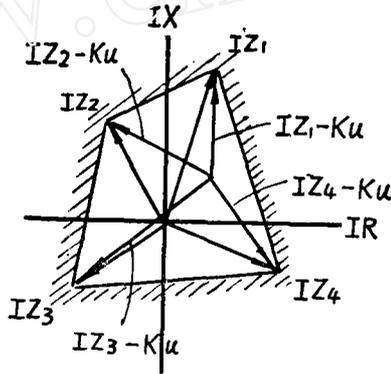


图 13

以下再介绍四种典型特性，用这四种典型特性即可构成距离保护所要用的第 I、II 段及第 III 段特性。

$$\textcircled{1} \begin{cases} u_1 = IZ_1 = IR \\ u_2 = IZ_2 \\ u_3 = IZ_3 - Ku \end{cases}$$

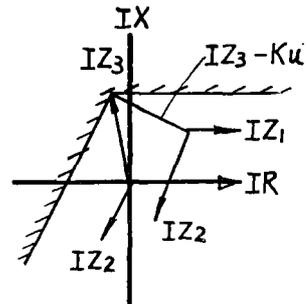


图 14

$$\textcircled{2} \begin{cases} u_1 = IZ_1 - Ku \\ u_2 = IZ_2 - Ku \\ u_3 = IZ_3 = IR \end{cases}$$

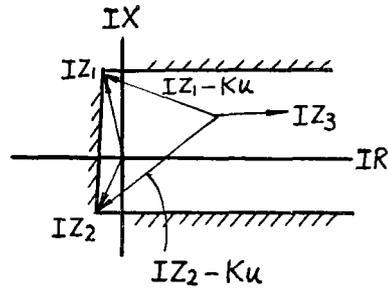


图 15

$$\textcircled{3} \begin{cases} u_1 = IZ_1 \\ u_2 = IZ_2 \\ u_3 = IZ_3 - Ku \end{cases}$$

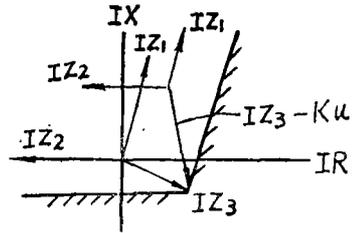


图 16

$$\textcircled{4} \begin{cases} u_1 = IZ_1 - Ku \\ u_2 = IZ_2 \\ u_3 = IZ_3 \\ u_4 = -Ku \end{cases}$$

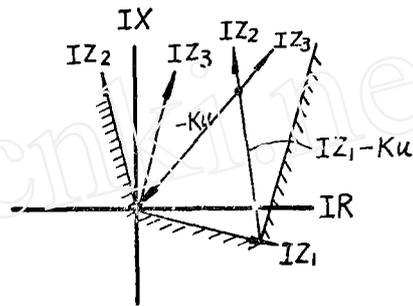


图 17

用特性①和特性④组合起来即可构成三段式距离保护中 I、II 段方向四边形阻抗继电器，特性②和特性③组合起来即可构成第 III 段偏移四边形阻抗继电器如图 18 及图 19 所示。

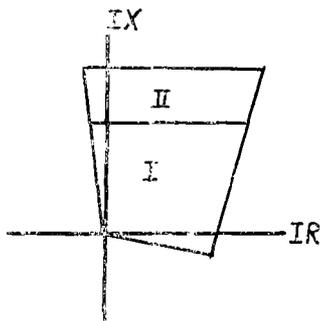


图 18 I、II 段阻抗特性

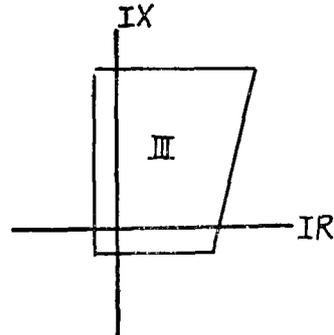


图 19 III 段阻抗特性

采用相位比较式构成的阻抗继电器如果对电压电流回路以及比相回路没有很好的考虑，较绝对值比较继电器易受过渡过程的影响，因为由于短路瞬间存在着非周期分量，电压及电

流波形过零点的相角就发生了畸变，因此继电器就出现了瞬态超范围动作。为了消除继电器的动态超越现象，有采用在电流回路中串入模拟阻抗的方法使得电压及电流回路的过渡过程得到相互补偿。另一种方法是将电流及电压回路通过非周期分量滤波器使非周期分量很快衰减并用时间来躲过非周期分量的影响。因此电压及电流都加到带气隙的电抗变压器初级，其次级感应出电压加到继电器的比相回路，因为非周期分量实质上是一个衰减的直流分量，经过电抗变压器后其直流分量很快衰减以致在不大的时间内躲过非周期分量的影响。本继电器采用第二种方法，此种方法比采用模拟阻抗的方法更为简单，用铁心的数量最少。

电压回路如图 20 所示，工作电压 U_1 经 R 加到电抗变压器 KH_1 的初级，电抗变压器的次级有多个抽头，改变抽头作为 I、II、III 段整定值粗调。电抗变压器 KH_1 的电压电流向量图如图 21，方向继电器的极化电压是由记忆电压和工作电压同时加到比相回路。采用

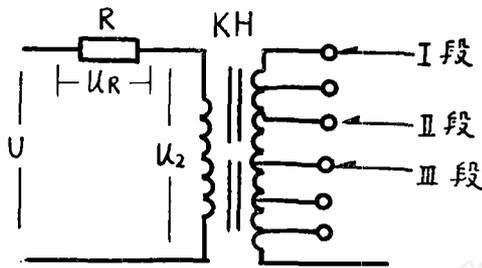


图 20

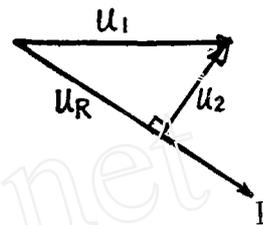


图 21

这种方法的优点是继电器对频率的影响可以得到消除。感应型阻抗继电器以及整流型阻抗继电器对频率的影响比较敏感，频率变化引起特性圆最大灵敏角的变化。采用第三相电压带记忆的方法能使频率的影响减小，而采用记忆电压与工作电压同时加入的方法可以做到频率的变化对特性无影响。记忆回路如图 22 所示，谐振回路由电容 C 及初级线圈 W_1 所组成串联谐振，第三相电压通过一电阻 R 加入以更可靠消除相间故障始端的死区。

电流回路由 CT 二次电流通过电抗变压器的初级，在次级感应出电压经移相环节得到所需要的 I_Z 向量如图 23 所示。为了保证由于移相环节所引起的过渡过程影响不大，移相环节的时间常数 $t=RC$ 选得不能太大，一般取 $RC > 3ms$ 。

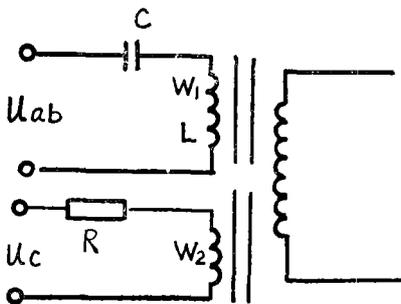


图 22

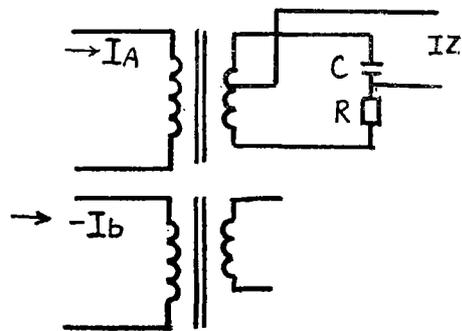
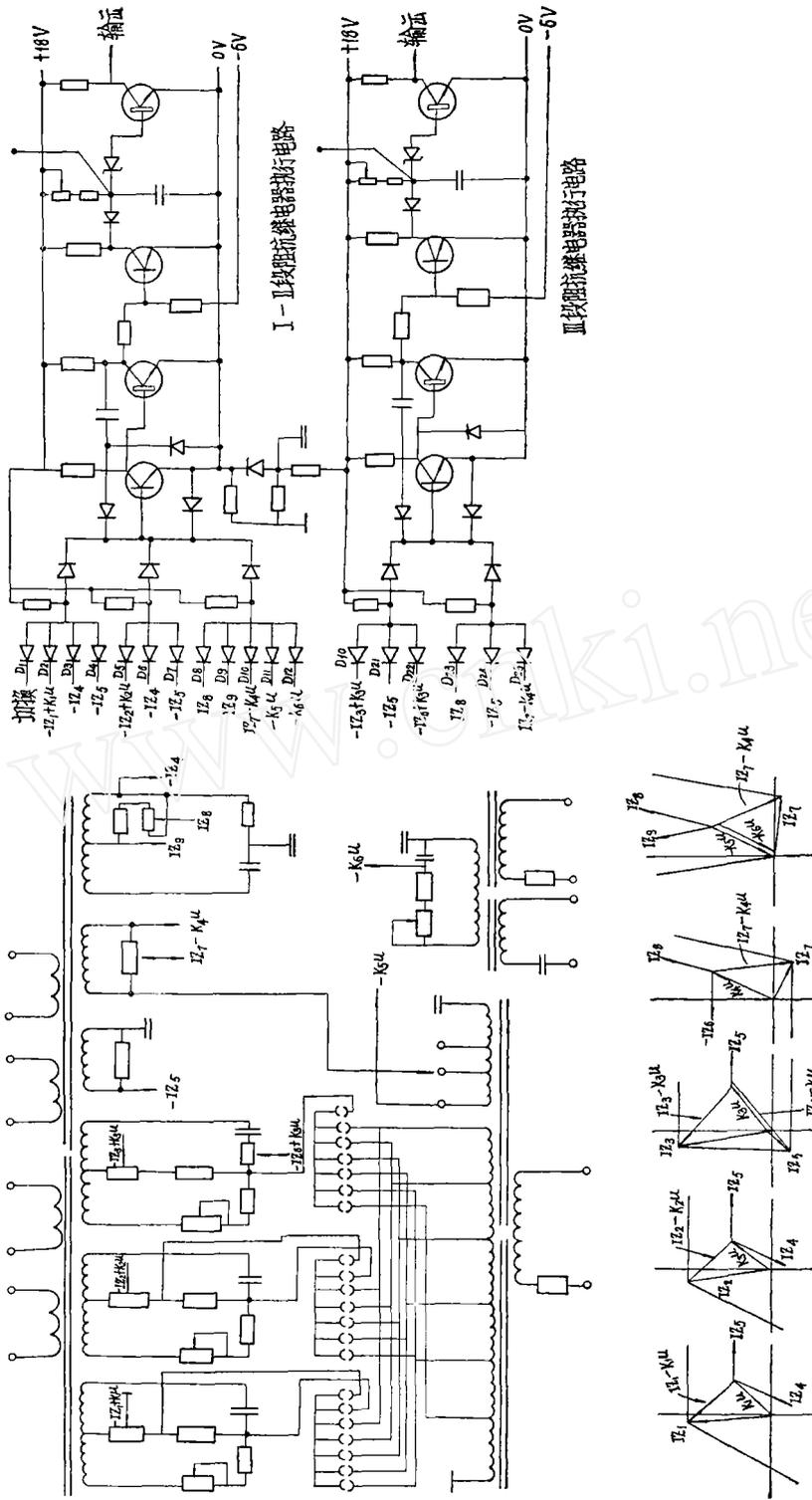


图 23



何景图

图 24

图 24 为应用于许昌继电器研究室试制的 ZJH—4 型距离保护装置中的阻抗继电器电路图。

由以上这些原理构成的四边形阻抗继电器的样机已经制造出来，经过试验室的试验，性能是良好的，此外尚有一些其它的特点，例如电压回路在线路 PT 空戴切除而失压时，继电器不会误动作。电压回路二次线的截面不必像以前那样要求很粗，限制导线的电阻不能太大等等。

由于我们水平有限，经验不足尚有许多不当之处希读者提出宝贵意见，在此表示深切感谢。

许昌继电器研究室线路组

www.cnki.net