

导纳继电器的设计特点及 导纳平面的分析方法

合肥工业大学发电教研室 姚晴林

前 言

导纳继电器在我国的继电器设计领域中是比较新颖的设计途径之一。从构成原理上划分,有相位比较式导纳继电器及绝对值比较式导纳继电器。

多年以来,在我国继电器的设计制造以及电力系统运行中,凡是反映电压与电流比值的继电器几乎全是阻抗继电器。国内编写的继电保护书籍中,有关对电压与电流比值的继电器的论述也绝大多数只介绍阻抗继电器,并多数是利用R—X阻抗平面进行分析。这种习惯上的设计及分析方法有一定的历史根源。解放初期,我国继电器制造工业还很薄弱,当时向苏联学习,而苏联对于反映电压与电流比值的继电器的设计制造与论述多数是采用阻抗的原理。

电压 \dot{U} 与电流 \dot{I} 的比值,除 $\frac{\dot{U}}{\dot{I}} = \dot{Z}$ (阻抗)外,很自然地联想到还有 $\frac{\dot{I}}{\dot{U}} = \dot{Y}$ (导纳),

\dot{Y} 仅是 \dot{Z} 的倒数罢了。进而,由阻抗继电器也自然会联想到导纳继电器。那么,导纳继电器与阻抗继电器之间到底有什么重大的区别呢?

导纳继电器与阻抗继电器的不同,决不能理解为前者端子上反映的是 $\frac{\dot{I}}{\dot{U}} = \dot{Y}$,而后
者端子上反映的是 $\frac{\dot{U}}{\dot{I}} = \dot{Z}$,如此区别导纳继电器与阻抗继电器是没有意义的,因为一个
继电器端子上感受到的是阻抗,当然也可以说成是感受到的是导纳。

导纳继电器与阻抗继电器的主要区别在于它们的电路图设计的基础不一样。众所周知,阻抗继电器电路图的设计基础是建立在由R—X阻抗平面所推导出的方程式或向量图上,而导纳继电器电路图的设计基础是建立在由g—b导纳平面所推导出的方程式或向量图上。二者不同的设计方法会带来不同的电路图。一个导纳继电器若与一个动作特性相同或近似的阻抗继电器相比,二者的电路图可能有很大的差异,有时前者简单,有时后者简单。我们应根据具体情况来采用最合理的设计方法,以求既能得到所预定的动作特性,而又能使电路图比较简单。

西欧及日本一些国家把导纳继电器称为“莫”继电器或“姆欧式”继电器。近几年，我国开始在少数继电器的设计中应用导纳继电器的原理，但数量还很少，在论证问题时，利用g—b导纳平面的分析方法还不很习惯。随着我国电力工业的蓬勃发展，导纳继电器的应用及导纳平面上的分析方法必日益显示其重要性。再者，需指出，采用g—b导纳平面的分析方法较之于R—X阻抗平面而言，还有另外一个优点，就是当电压U为常数时，电导g轴坐标直接标志着有功功率P，电纳b轴坐标直接标志着无功功率Q，直观性很强，对某些问题的分析及运行人员极为方便。

一、特性曲线在Y、Z平面上的反演

某个特性曲线由阻抗Z平面反演到导纳Y平面上的理论基础为：

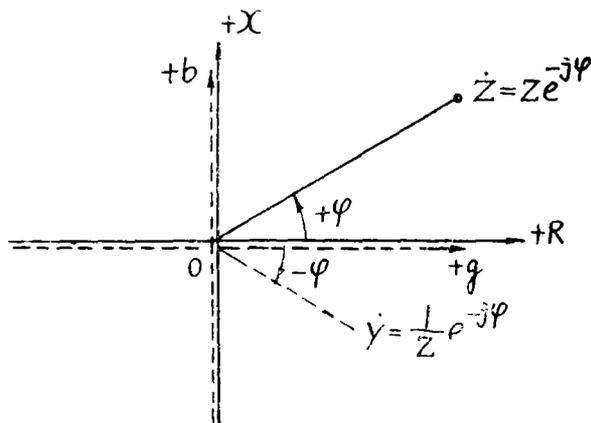
$$\dot{Z} = Ze^{j\varphi} = Z\cos\varphi + jZ\sin\varphi = R + jX \dots\dots\dots (1)$$

$$\begin{cases} R = Z\cos\varphi \\ X = Z\sin\varphi \\ Z^2 = R^2 + X^2 \end{cases}$$

$$\dot{Y} = \frac{1}{\dot{Z}} = \frac{1}{Ze^{j\varphi}} = \frac{1}{Z}e^{-j\varphi} = Y\cos\varphi - jY\sin\varphi = g - jb \dots\dots\dots (2)$$

$$\begin{cases} Y = \frac{1}{Z} \\ g = Y\cos\varphi \\ b = Y\sin\varphi \\ y^2 = g^2 + b^2 \end{cases}$$

式—2中 \dot{Y} 的复角为“ $-\varphi$ ”是对应于图—1所示的坐标系统而言的。

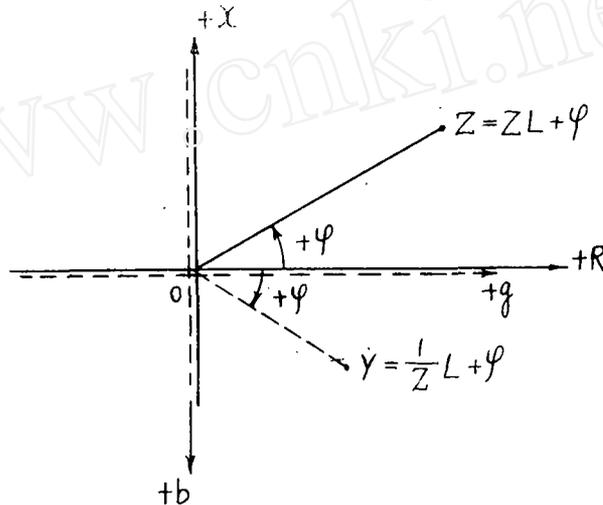


图—1

显然，在图—1的g—b坐标平面中，当无功功率Q为“+”时，却表现在“—b”

轴方向，这很不方便。故为了与有功功率P、无功功率Q的正负相适应，为了方便计，习惯上把图—1座标平面中的“+b”轴反转180°，见图—2所示。

在图—2的R—X座标中，“+φ”角仍是自“+R”轴反时针画，“-φ”角为自“+R”轴顺时针画。但需注意，在图—2的g—b座标中，“+φ”角是自“+g”轴顺时针画，“-φ”角是自“+g”轴反时针画。



图—2

在继电保护领域中，R—X阻抗平面与g—b导纳平面的反演以及利用g—b导纳平面进行分析时，都习惯上采用图—2所示的座标系统。图—2座标系统较之于图—1而言，其优点是：“+R”轴、“+g”轴方向表示有功功率P为正，“+X”轴、“+b”轴方向表示电感性无功功率Q为正。另外，需指出，在图—2的R—X及g—b座标平面中，φ角就是功率因数角， $\varphi = \text{tg}^{-1} \frac{Q}{P}$ ，而且φ角为正，仍表示电压超前于电流，φ角为负仍表示电流超前于电压。

1. Z平面的方向特性圆反演到Y平面

以平面几何学作图题目的论证方法，分析如下：

已知：一个方向阻抗继电器在R—X平面上的动作特性曲线为图—3所示的圆。圆心为C，园内为动作区，通过原点的直径为 $\overline{OG} = Z_{3d}$ 其复角为 φ_{Lm}

求作：此方向阻抗继电器在g—b导纳平面上的动作特性曲线。

作图：见图—3，自“+g”轴顺时针画角度 φ_{Lm} 并量取 $\overline{OG}' = \frac{1}{\overline{OG}} = \frac{1}{Z_{3d}} = Y_{3x}$ 过G'点作直线L垂直于 \overline{OG}' ，则直线L就是该方向阻抗继电器在g—b导纳平面上的动作特性曲线，直线背离坐标原点O的范围（图—3中的阴影侧）为动作区。

证明：，设F点为R—X平面中圆周上的任一点， $\overline{OF} = Z$ ，其复角为φ。以下若能证明当F点反演到g—b平面时，一定会落在L直线上，则作图的正确性就可得到充分

的证明。

作 $\overline{OF'}$ 直线与“+g”轴的夹角为 φ ，并截取 $\overline{OF'} = \frac{1}{\overline{OF}}$ ，即F'点为F点反演到g—b平面上的影像。

$$\because \angle GOF = \angle G'OF' = \varphi_{Lm} - \varphi$$

$$\text{又 } \overline{OG} \times \overline{OG'} = \overline{OF} \times \overline{OF'} = 1$$

$$\frac{\overline{OG}}{\overline{OF}} = \frac{\overline{OF'}}{\overline{OG'}}$$

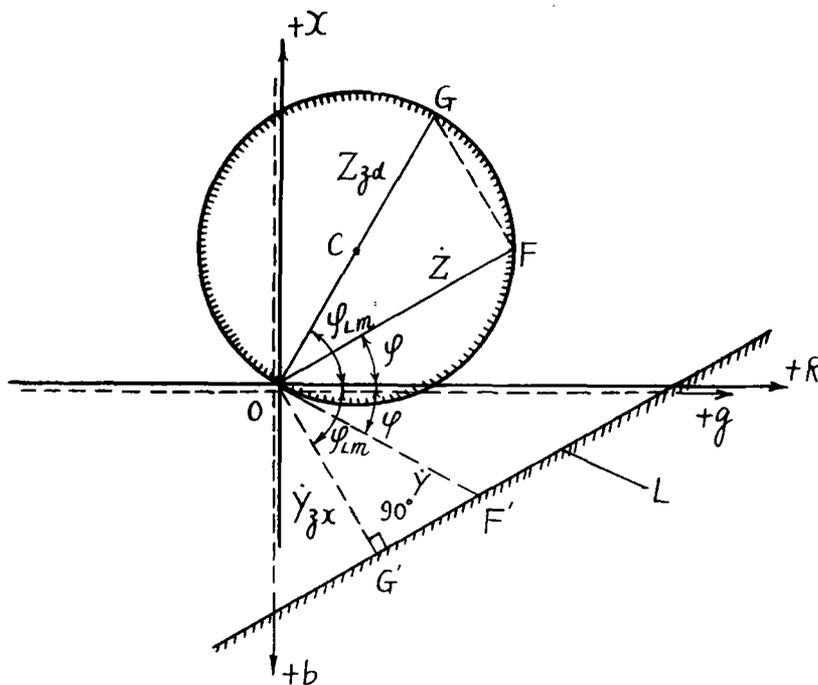
$\therefore \triangle GOF$ 与 $\triangle G'OF'$ 为相似三角形。

则 $\angle OG'F' = \angle OFG$

$$\because \angle OFG = 90^\circ$$

$$\therefore \angle OG'F' = 90^\circ$$

因此，F'点必位于L直线上。



图—3

2. Z平面的抛球式特性园反演到Y平面

已知：R—X平面上动作特性曲线为抛球式园，见图—4所示（以下简称C园），园心为C， \overline{OC} 的复角为 φ_{Lm} ，园内为动作区。

求作：该C园反演到g—b导纳平面上的动作特性曲线。

作图：见图—4，在“+g”轴的顺时针方向，作直线 $\overline{OB'}$ 与“+g”轴的夹角为 φ_{Lm} 。截取 $\overline{OB'} = \frac{1}{\overline{OB}}$ ， $\overline{OA'} = \frac{1}{\overline{OA}}$ ，以 $\overline{A'B'}$ 为直径作园（以下简称为C'园）。

则C'园就是C园反演到g—b平面上的动作特性曲线，C'园的园内为动作区。

证明：设F点为R—X平面上C园园周上的任一点， $\overline{OF} = Z$ ，其复角为 φ 。

再作 $\overline{OF'}$ 直线与“+g”轴的夹角为 φ ，截取 $\overline{OF'} = \frac{1}{\overline{OF}}$ 即F'点为F点反演到g—b平面上的影像。若能证明F'点一定位于C'园的园周上，则作图的正确性就可获得充分的证明。

$$\because \angle BOF = \angle B'OF' = \varphi_{Lm} - \varphi$$

$$\overline{OB} \times \overline{OB'} = \overline{OF} \times \overline{OF'} = 1$$

$\therefore \triangle BOF$ 与 $\triangle B'OF'$ 相似

$$\text{则 } \angle BFO = \angle F'B'O \dots \dots \dots (3)$$

$$\text{又 } \because \overline{OA} \times \overline{OA'} = \overline{OF} \times \overline{OF'} = 1$$

$\therefore \triangle AOF$ 与 $\triangle A'OF'$ 相似

$$\text{则 } \angle AFO = \angle F'A'O \dots \dots \dots (4)$$

$$(4) \text{式} - (3) \text{式: } \angle AFO - \angle BFO = \angle F'A'O - \angle F'B'O$$

$$\angle AFB = \angle A'F'B'$$

$$\because \angle AFB = 90^\circ \text{ (半园的园周角为 } 90^\circ \text{)}$$

$$\therefore \angle A'F'B' = 90^\circ$$

因此，F'点必位于以 $\overline{A'B'}$ 为直径的园（即C'园）的园周上。

3. Z平面的偏移特性园反演到Y平面

已知：R—X平面上的动作特性曲线为偏移式特性园，见图—5所示（以下简称D园），园心为D， \overline{OD} 的复角为 φ_{Lm} ，通过座标原点的直径为 \overline{AB} ，园内为动作区。

求作：该D园反演到g—b导纳平面上的动作特性曲线。

作图：见图—5，在“+g”轴的顺时针方向作直线 $\overline{OA'}$ 与“+g”轴的夹角为 φ_{Lm} 并截取 $\overline{OA'} = \frac{1}{\overline{OA}}$ ，在 $\overline{A'O}$ 的延长线上截取 $\overline{OB'} = \frac{1}{\overline{OB}}$ 。再以 $\overline{A'B'}$ 为直径作园（以下简称D'园），则D'园就是D园反演到g—b平面上的动作特性曲线，D'园的园外为动作区。

证明：设F点为R—X平面上D园园周上的任一点， \overline{OF} 的复角为 φ 。

再作 $\overline{OF'}$ 直线与“+g”轴的夹角为 φ ，截取 $\overline{OF'} = \frac{1}{\overline{OF}}$ ，即F'点为F点反演到g—b平面上的影像。若能证明F'点一定位于D'园的园周上，则作图的正确性就可获得充分的证明。

联结 \overline{AF} 、 \overline{BF} 、 $\overline{A'F'}$ 、 $\overline{B'F'}$

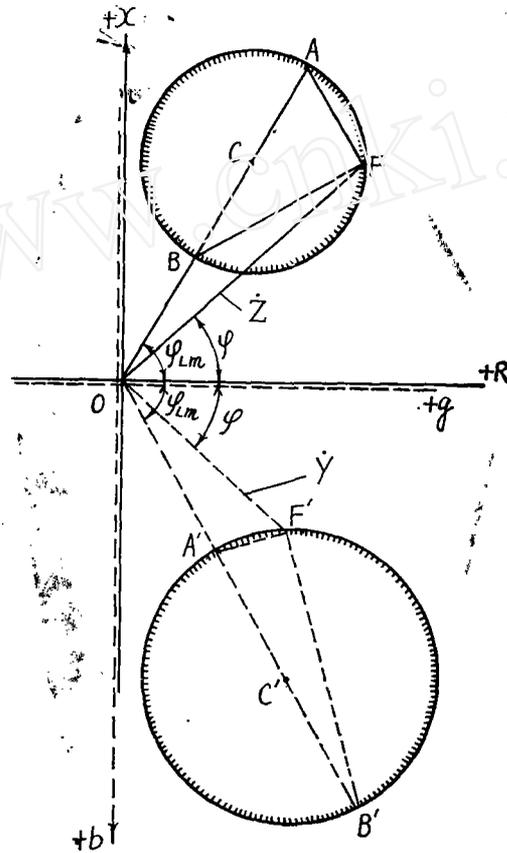
$$(1)、\because \overline{OA} \times \overline{OA'} = \overline{OF} \times \overline{OF'} = 1$$

$$\text{即 } \frac{\overline{OA}}{\overline{OF}} = \frac{\overline{OF'}}{\overline{OA'}}$$

又 $\angle AOF = \angle A'OF' = \varphi_{Lm} - \varphi$

$\therefore \triangle AOF$ 与 $\triangle A'OF'$ 相似

则 $\angle OAF = \angle OF'A'$ (5)



图—4

(2)、 $\because \overline{OB} \times \overline{OB'} = \overline{OF} \times \overline{OF'} = 1$

即 $\frac{\overline{OB}}{\overline{OF}} = \frac{\overline{OF'}}{\overline{OB'}}$

又 $\angle BOF = \angle B'OF' = 180^\circ - (\varphi_{Lm} - \varphi)$

$\therefore \triangle BOF$ 与 $\triangle B'OF'$ 相似

则 $\angle OBF = \angle OF'B'$ (6)

(3)、(5)式+(6)式

$\angle OAF + \angle OBF = \angle OF'A' + \angle OF'B'$

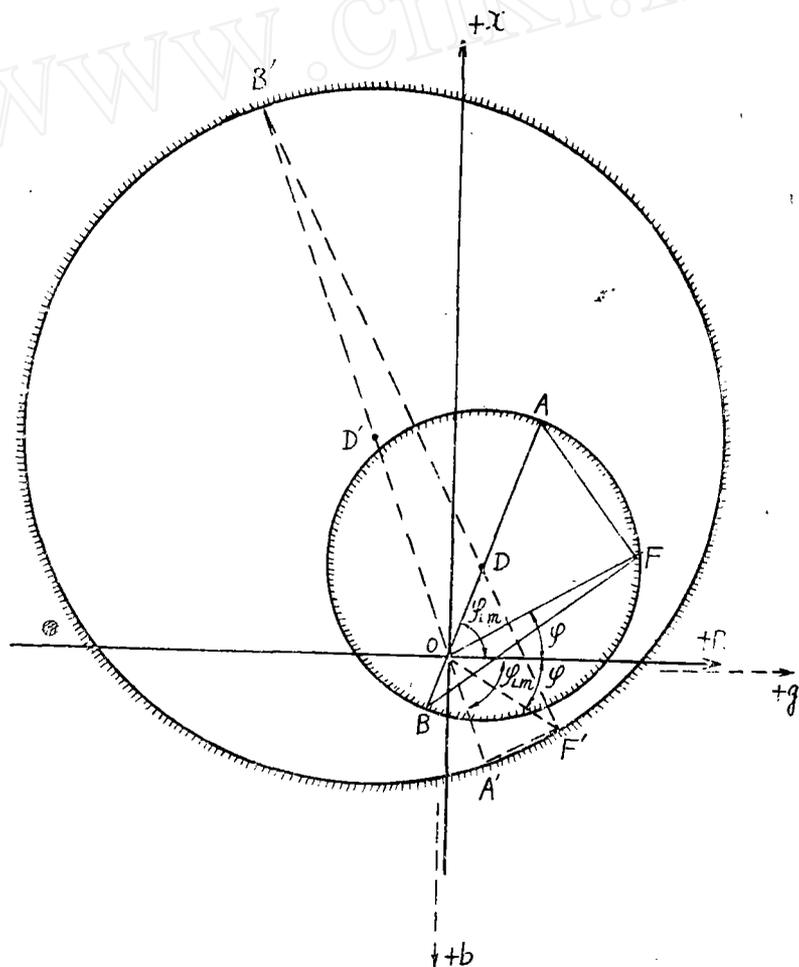
而 $\angle OAF + \angle OBF = 180^\circ - \angle AFB = 180^\circ - 90^\circ = 90^\circ$

(因F点位于D圆的圆周上, 故 $\angle AFB = 90^\circ$)

故 $\angle A'F'B' = \angle OF'A' + \angle OF'B' = 90^\circ$

因此, F'点必位于以 $\overline{A'B'}$ 为直径的圆(即D'圆)的圆周上。

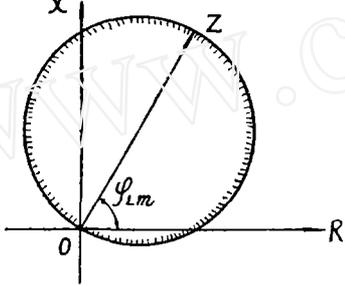
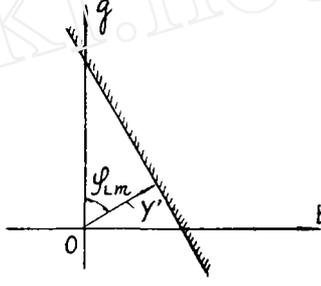
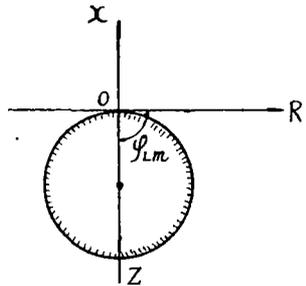
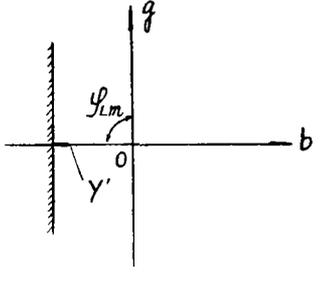
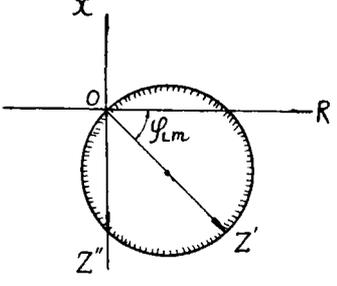
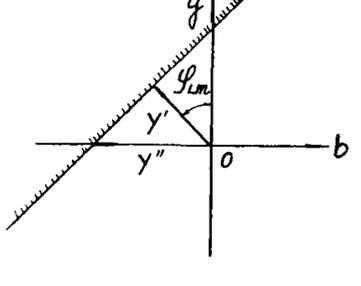
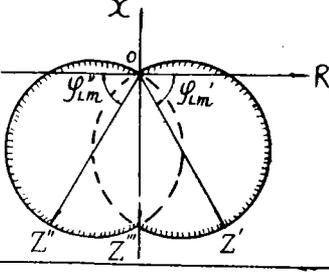
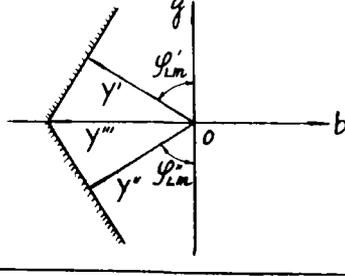
又在R-X平面上, 动点落于D圆的园内时, 如 $Z < \overline{OF}$, 继电器动作。这反演到g-b平面上, 动点的 $Y = \frac{1}{Z}$, 又因 $\overline{OF'} = \frac{1}{\overline{OF}}$, 故 $Y > \overline{OF'}$ 时, 继电器动作, 因此D'圆的园外为动作区。



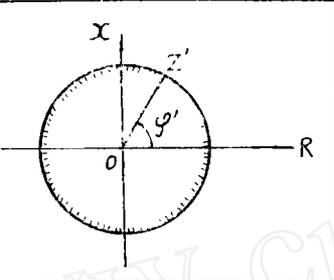
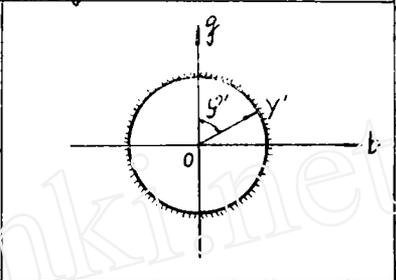
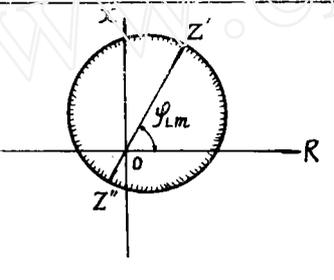
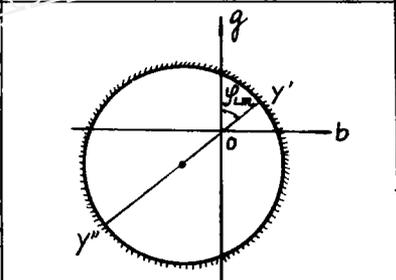
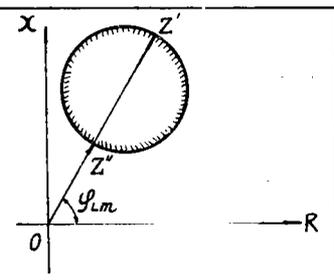
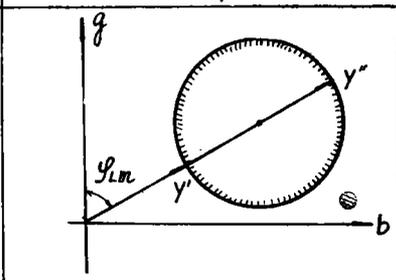
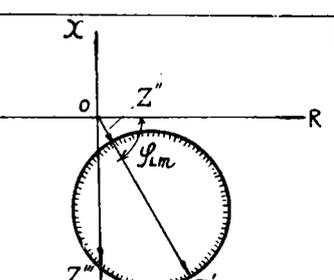
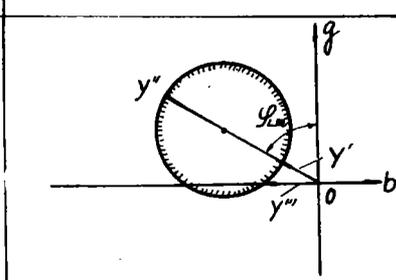
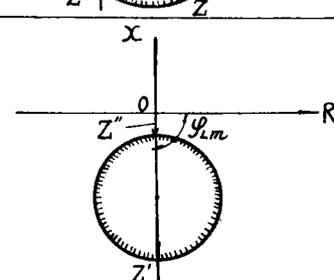
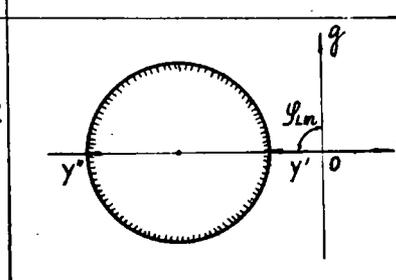
图—5

采用类似的论证方法, 可以得出其他形状的特性曲线在R-X阻抗平面及g-b导纳平面互相反演的结论, 常见的特性曲线见表一所示。

表 (-)

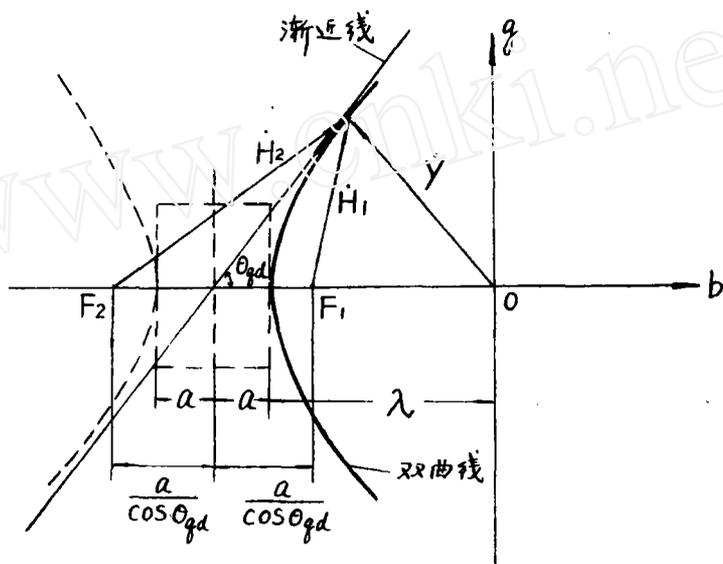
序号	R-x 平面	g-b 平面
1		
2		
3		
4		

接 表 (一)

序号	R-x 平面	g-b 平面
5		
6		
7		
8		
9		
附注	<p>表中各图的 $y' = \frac{1}{Z'}$; $y'' = \frac{1}{Z''}$; $y''' = \frac{1}{Z''}$</p>	

双曲线两个分支顶点间距离之半为 a ， a 及 λ 都具有电纳 ($\frac{1}{\text{欧姆}}$) 的量纲，双曲线的渐近线倾角为 θ_{qd} 。

求：该双曲线的右侧分支的方程式。



图—7

解：根据解析几何学的双曲线定义：到两个定点（焦点 F_1 、 F_2 ）的距离的差等于定值（ $2a$ ）的点的轨迹为双曲线，可得出图—7中双曲线右侧分支的方程式为：

$$| \dot{H}_2 | - | \dot{H}_1 | = | 2a |$$

动点落于双曲线右侧分支上或该分支以左时的条件为：

$$| \dot{H}_2 | - | \dot{H}_1 | \leq | 2a |$$

又由解析几何学可知：两焦点 F_1 与 F_2 间焦距之半 $\frac{F_1 F_2}{2} = \frac{a}{\cos \theta_{qd}}$

$$\text{则：} \left| \dot{Y} + \left(\lambda + a + \frac{a}{\cos \theta_{qd}} \right) \right| - \left| \dot{Y} + \left(\lambda + a - \frac{a}{\cos \theta_{qd}} \right) \right| \leq | 2a |$$

上式中各项乘以 \dot{U}_A ，

$$\left| \dot{U}_A \dot{Y} + \dot{U}_A \left(\lambda + a + \frac{a}{\cos \theta_{qd}} \right) \right| - \left| \dot{U}_A \dot{Y} + \dot{U}_A \left(\lambda + a - \frac{a}{\cos \theta_{qd}} \right) \right| \leq | \dot{U}_A 2a | \dots \dots \dots (8)$$

将式—7代入式—8中，

$$j\dot{I}_A + \dot{U}_A \left(\lambda + a + \frac{a}{\cos\theta_{qd}} \right) \Big| - \Big| j\dot{I}_A + \dot{U}_A \left(\lambda + a - \frac{a}{\cos\theta_{qd}} \right) \Big| \leq \left| \dot{U}_A 2a \right| \dots\dots\dots (9)$$

式一9中各项再乘以实数 K_d , K_d 的量纲为欧姆, 得:

$$\left| j\dot{I}_A K_d + \dot{U}_A K_d (\lambda + a) + \dot{U}_A K_d \frac{a}{\cos\theta_{qd}} \right| - \left| j\dot{I}_A K_d + \dot{U}_A K_d (\lambda + a) - \dot{U}_A K_d \frac{a}{\cos\theta_{qd}} \right| - \left| 2a K_d \dot{U}_A \right| \leq 0 \dots\dots (10)$$

式一10也为动点落于图一7双曲线右侧分支上或该分支以左时的方程式。就是说, 式一10是设计电路图的基础, 电路图的测量回路应当满足式一10的要求。

因为式一10中 K_d 的量纲为欧姆, 而 λ 、 a 的量纲为 $\frac{I}{\text{欧姆}}$, 故式中的 $K_d(\lambda + a)$ 、 $\frac{aK_d}{\cos\theta_{qd}}$ 及 $2aK_d$ 皆为实数, 无量纲; 而式中的 $I_A K_d$ 的量纲显然为伏。

2. 原理电路图

图一8所示的原理电路图是依据式一10而设计的, 图中各主要元件的参数应当设计成符合下述关系:

(1)、电抗变压器DKB的转移阻抗 Z_{DKF} (即 $\frac{\text{二次电压}}{\text{一次电流}}$)应当设计为:

$$Z_{DKB} = jK_d = K_d e^{j\frac{\pi}{2}} \text{ 欧} \dots\dots\dots (11)$$

Z_{DKB} 的大小为 K_d 欧姆, 其复角为 90° 。图一8中DKB二次侧的电容 C 起移相作用。

(2)、电压互感器YH的 W_5 与 W_1 间的变比 K_{Y51} 应当设计为:

$$K_{Y51} = \frac{W_5}{W_1} = 2aK_d \dots\dots\dots (12)$$

(3)、YH的 W_2 与 W_1 间的变比 K_{Y21} 应当设计为:

$$K_{Y21} = \frac{W_2}{W_1} = K_d (\lambda + a) \dots\dots\dots (13)$$

$$\text{即 } \lambda = \frac{K_{Y21}}{K_d} - a \dots\dots\dots (14)$$

设计中可以使 K_d 、 a 为常数, 而 K_{Y21} 是可调的; 改变 K_{Y21} 的大小, 用以整定 λ 。

(4)、YH的 W_3 匝数恒等于 W_4 匝数, 而且变比 K_{Y31} 、 K_{Y41} 应当设计为:

$$K_{Y31} = K_{Y41} = \frac{W_3}{W_1} = \frac{W_4}{W_1} = \frac{aK_d}{\cos\theta_{qd}} \dots\dots\dots (15)$$

$$\text{即 } \cos\theta_{qd} = \frac{aK_d}{K_{Y31}}$$

$$\theta_{qd} = \cos^{-1} \frac{aK_d}{K_{Y31}} \dots\dots\dots (16)$$

K_d 及 a 为常数, 而 K_{Y31} 、 K_{Y41} 是可调的。改变 K_{Y31} 、 K_{Y41} 的大小, 用以整定

θ_{qd} 角,但需注意,当改变 $K_{Y_{31}}$ 时必须同样地改变 $K_{Y_{41}}$,以便保证在任何时候都使 $K_{Y_{31}} = K_{Y_{41}}$ 。

以下需证明,按图—8的原理接线图,而且DKB、YH等元件的参数又符合式—11~式—16的各项要求,为什么图—8电路图的动作特性曲线就是图—7所示的双曲线的右侧分支?

证明:

由图—8显然可见:

DKB的二次输出电压 $\dot{U}_{\text{②①}}$ 为:

$$\dot{U}_{\text{②①}} = \dot{I}_A Z_{DKB} = \dot{I}_A K_d e^{j\frac{\pi}{2}} = j \dot{I}_A K_d \dots \dots \dots (17)$$

其理由见式—11。

YH的 W_2 输出电压 $\dot{U}_{\text{③②}}$ 为:

$$\dot{U}_{\text{③②}} = K_{Y_{21}} \dot{U}_A = U_A K_d (\lambda + a) \dots \dots \dots (18)$$

其理由见式—13。

YH的 W_3 、 W_4 的输出电压恒相等,并为:

$$\dot{U}_{\text{④③}} = \dot{U}_{\text{③⑤}} = K_{Y_{31}} \dot{U}_A = K_{Y_{41}} \dot{U}_A = \frac{a K_d}{\cos \theta_{qd}} \dot{U}_A \dots \dots \dots (19)$$

其理由见式—15。

YH的 W_5 的输出电压 $\dot{U}_{\text{⑦⑥}}$ 为:

$$\dot{U}_{\text{⑦⑥}} = K_{Y_{51}} \dot{U}_A = 2 a K_d \dot{U}_A \dots \dots \dots (20)$$

其理由见式—12。

因此,在图—8中,加于整流桥1BZ的交流电压 \dot{U}_{1BZ} 为:

$$\dot{U}_{1BZ} = \dot{U}_{\text{②①}} + \dot{U}_{\text{③②}} + \dot{U}_{\text{④③}} = j \dot{I}_A K_d + \dot{U}_A K_d (\lambda + a) + \dot{U}_A K_d \frac{a}{\cos \theta_{qd}} \dots \dots \dots (21)$$

加于整流桥2BZ的交流电压 \dot{U}_{2BZ} 为:

$$\dot{U}_{2BZ} = \dot{U}_{\text{②①}} + \dot{U}_{\text{③②}} - \dot{U}_{\text{④③}} = j \dot{I}_A K_d + \dot{U}_A K_d (\lambda + a) - \dot{U}_A K_d \frac{a}{\cos \theta_{qd}} \dots \dots \dots (22)$$

加于整流桥3BZ的交流电压 \dot{u}_{3BZ} 为:

$$\dot{U}_{3BZ} = \dot{U}_{\text{⑦⑥}} = 2 a k_c \dot{U}_A \dots \dots \dots (23)$$

整流桥1BZ、2BZ、3BZ的直流输出电压为串接,2BZ与3BZ的极性相同,而与1BZ的极性相反。因此图—8中测量回路总输出端m、n两点间的电压为:

$$U_{mn} = \left| \dot{U}_{1BZ} \right| - \left| \dot{U}_{2BZ} \right| - \left| \dot{U}_{3BZ} \right|$$

$$\begin{aligned}
 &= \left| j \dot{I}_A K_d + \dot{U}_A K_d (\lambda + a) + \dot{U}_A K_d \frac{a}{\cos \theta_{qd}} \right| - \\
 &\quad \left| j \dot{I}_A K_d + \dot{U}_A K_d (\lambda + a) - \dot{U}_A K_d \frac{a}{\cos \theta_{qd}} \right| - \\
 &\quad \left| 2 a K_d \dot{U}_A \right| \dots \dots \dots (24)
 \end{aligned}$$

在“执行元件”的设计中，可以达到：

当 $U_{mn} < 0$ 时，执行元件动作；而当 $U_{mn} > 0$ 时，执行元件不动作。

因为以式—24所表达的图—8中 m 、 n 两点的总输出电压与式—10是完全相同的，因此这就充分证明了图—8所示的原理电路图在 g - b 平面上的动作特性就是图—7所示的双曲线的右侧分支，该分支以左为动作区。

以式—24看，这种继电器是比较 $\left| \dot{U}_{1BZ} \right|$ 与 $\left| \dot{U}_{2BZ} \right| + \left| \dot{U}_{3BZ} \right|$ 的大小，来决定继电器是否动作，故属于绝对值比较式。而作为电路图的设计基础的式—10，是由 g - b 导纳平面上推论出的，故又属于导纳式继电器。因此，图—8的原理电路图是属于绝对值比较式导纳继电器的一种。

附带指出，根据以上所分析的设计方法及所得到的图—8原理电路图，作者曾在试验室的试验板上作了试验。在试验中 m 、 n 两点跨接一个 DYF—6 型电子管复用电压表（用直流档），代替“执行元件”。以 DYF—6 电压表的指针大于零或小于零来显示 $U_{mn} > 0$ 或 $U_{mn} < 0$ ；而当 $U_{mn} < 0$ 时，表示继电器动作。经如此试验结果，证明了图—8原理电路图在 g - b 平面上的动作特性曲线的确为双曲线，图—8中所设计的整定“ λ ”及“ θ_{qd} ”的原理也都正确。

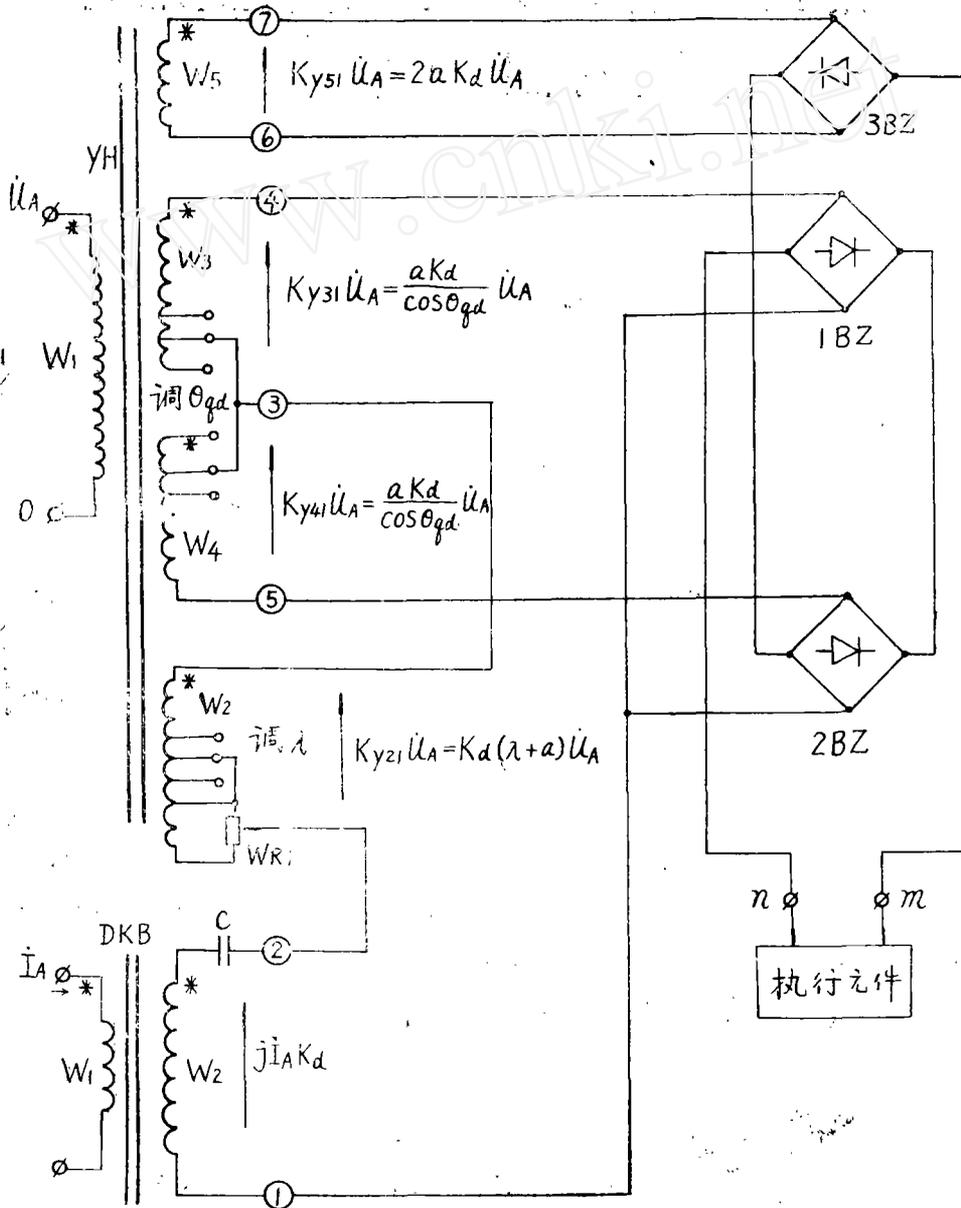
三、相位比较式导纳继电器

相位比较式导纳继电器设计原理的典型实例，见合肥工业大学发电教研室与阿城电站设备自动化设计研究所协作共同研制成功的 BCB—1 低励磁失步保护装置的“定子判据元件”。它在 g - b 平面上的动作特性为对称于“ b ”轴的折线，折线以左为动作区；而反映在 R - X 平面上的动作特性为双园所构成的苹果形曲线，双园内为动作区，（见本文的表—1第4项的图示）。关于它的设计原理及由略图请参看《电站设备自动化》期刊1976年第2期登载的“大型同步电机低励磁失步保护（BCB—1）研究报告”一文，此处不再重述。

由相位比较式导纳继电器而构成的 BCB—1 “定子判据元件”具有如下特点：

1. 电路简单，尤其是交流回路。
2. 加于继电器端子上的电流为 \dot{I}_A ，电压为 \dot{U}_{BC} 。（这与国内绝大多数阻抗继电器加同名相电压电流不同）。
3. 靠改变逻辑电路中积分回路内的电阻来调整最大灵敏角——即折线与“ b ”轴的夹角。（这与国内绝大多数阻抗继电器靠改变交流回路中电抗变压器二次侧的移相电阻来调整最大灵敏角的方法不同）。

当然，上述特点并不是所有相位比较式导纳继电器都共同具备的，但是，这足以说明，一个导纳继电器与动作特性相同或近似的阻抗继电器相比，二者的电路图以及端子上加上的电压电流可能有很大的差别。



(注：为了清晰起见，本图 1BZ、2BZ、3BZ 中的滤波电路未画出)

图一 8