

# 輸電綫路繼電保護裝置 調試檢驗手冊

(I) 距離保護

阿城继电器厂

TM 58-62

# 目 录

- 一、PJH—11D(F)型整流式距离保护屏原理……………(1)
  - 1、距离保护作用原理 ……………(1)
  - 2、PJH—11D(F)型整流式距离保护屏用途…………(3)
  - 3、PJH—11D(F)型整流式距离保护屏要求…………(4)
  - 4、PJH—11D(F)型整流式距离保护屏组成…………(7)
  - 5、LJH—11D方向阻抗继电器构成原理 …… …(8)
  - 6、方向阻抗继电器的动态特性 ……………(39)
  - 7、影响整流型相位比较式方向阻抗继电器特性圆的主要因素 ……………(45)
  - 8、方向阻抗继电器的最小精确工作电流与最小精确工作电压 ……………(53)
  - 9、方向阻抗继电器的整定阻抗 ……………(57)
  - 10、带电流潜动的阻抗继电器构成原理 ……………(60)
  - 11、对振荡闭锁回路的主要要求 ……………(62)
  - 12、LFZ-1型负序、零序电流增量元件的构成原理(68)
  - 13、DBS—1型断线闭锁继电器的工作原理…………(75)
  - 14、保护屏直流回路的接线原理及动作说明 ……(78)
- 二、保护屏的结构及主要技术要求 ……………(88)
  - 1、保护屏结构 ……………(88)
  - 2、保护屏主要技术要求 ……………(90)
- 三、PJH—11D型保护屏出厂检验项目 ……………(95)
  - 1、PJH—11D保护屏调试前的检查 ……………(95)

- 2、阻抗继电器的调试 .....(96)
- 3、LFZ—1型负序、零序电流增量元件的调试…(106)
- 4、DBS—1型断线闭锁继电器的调试 .....(112)
- 5、PJH—11D距离保护屏的检验 .....(115)

## 一、PJH-11D(F)型整流式距离保护原理

### 1、距离保护的作用原理

距离保护是输电线路中的主要保护，目前，我国电力系统中得到了广泛的应用。

我们知道，电力系统在正常运行的母线上所得到的电压为线路上的额定电压，以 $U_e$ 表示。线路上输送电流为负荷电流，以 $I_f$ 表示。距离保护所测量得为母线上的线电压和线路上的负荷电流，其比值 $U_e / I_f = Z_f$ 为线路上的负荷阻抗，而且比值是比较大的。当线路上发生短路时，则母线上的电压变为故障点至保护安装处的残余电压（也称为继电器的动作电压 $U_d$ ），比正常时的额定电压下降很多。线路上流过的电流为短路电流（也称为继电器的动作电流 $I_D$ ），比短路前的额定电流大得多。此时继电器端子上所测得的阻抗为 $\frac{U_D}{I_D} = Z_{dz}$ ，为故障点到保护安装处的短路阻抗（也称为继电器的动作阻抗）。由此可见故障后保护所测量的 $Z_{dz}$ 要比正常时所测量阻抗 $Z_f$ 要小得多。这样在正常和故障状态下继电器所测量的阻抗值将发生跃变，显然利用线路上电压和电流的跃变，不但可以明显的区别线路上正常运行和故障状态，而且还可以反映故障点到保护安装处之间的距离（即阻抗值），因此称为距离保护。当故障点到保护安装点越远时，则保护所得到的电压越高，如图1所示，说明在K、

点故障时，故障点电压为零，保护安装处电压最高。而线路上的短路电流越小，所以保护所测量到的阻抗也越大。

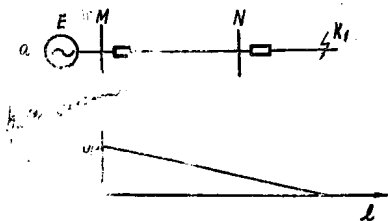


图1 系统短路时各点电压变化示意图

由于 $Z_{dz}$ 阻抗值的大小只与故障点到保护安装处的距离有关，所以这种保护不受运行方式的影响。是距离保护的第一特点。

距离保护要具有一个固定的整定范围，为距离保护的保护区。是人为给定的一个模拟阻抗，这个整定范围称为整定阻抗值。以 $Z_{zd}$ 表示。这样保护具有三种工作状态。

(1) 当 $Z_{dz} < Z_{zd}$ 时保护动作，称为保护区内故障。

(2) 当 $Z_{dz} > Z_{zd}$ 时保护不动作，称为保护在正常工作状态或保护区外故障。

(3) 当 $Z_{dz} = Z_{zd}$ 时保护在边界状态，称为保护区末端故障。

距离保护动作时间与短路点到保护安装处的距离有关，保护安装处短路时要比保护区末端短路时动作快。因此距离保护具有选择性，是此种保护的第二个特点。

为了发挥距离保护的主保护和后备保护的作用，使之与相邻线路保护相互配合，充份发挥各级保护的作用，因此一般做成阶梯型延时特性。如图2所示，图a为电力系统线路图。

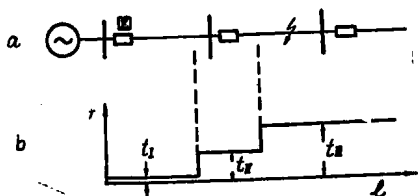


图 2 距离保护时间阶梯特性图

图b为Z保护的延时特性。将距离保护作成三个动作范围，又称为三段式距离保护。

为了缩短保护动作时间，快速切除线路故障，因此第一段保护范围动作时不带延时，如图2b中 $t_1$ 为第一段保护固有动作时间，作为本线路的主要保护。考虑到线路的电流互感器和电压互感器的误差及保护整定误差，所以第一段保护范围只能保护本线路的0.8—0.85。而保护第二段保护范围，除本线路外也作为相邻线路的后备保护，所以动作时间 $t_2$ 要比相邻线路第一段保护长 $-\Delta t_1$ 时间。如果需要设第三段保护时，可作为本线路和相邻线路的后备保护，动作时间 $t_3$ 要比被保护线路中的其它保护动作时间长 $-\Delta t_1$ 时间。这样构成的保护是完整的。

## 2、PJH—11D(F)型整流式距离保护屏的用途

保护屏是由LJH—11D(F)三段距离保护装置及LFZ—1型振荡闭锁起动元等件组成。可应用于110~220千伏中性点直接接地系统中，在线路M，母联和旁路断路器上作相间故障的主要保护和后备保护。可与综合重合闸及三相重合闸装置配合使用，切除各种对称性和不对称性故障，以及由不对称故障发展而成的对称性故障。并且也可与收发讯机配合组成

高频闭锁距离保护屏，实现本线路瞬时切除故障。可适用于电压互感器安装在母线及线路上两种不同的方式。

根据线路配合及系统运行方式的需要，在生产PJH—11F保护屏同时又派生PJH—11D三段式距离保护屏。两者不同点在于PJH—11F型距离保护屏为一段独立工作，二三段进行切换的三段式距离保护（正常切换在第二段上）其目的主要是为了加强线路本身的主保护作用，在正常工作状态下第一段相当有两套独立的保护（两组测量元件）在运行，运行经验证明，由距离保护三段切除故障的机会是很少的，采用了这种切换方式在线路80%的保护区内，一二段分别独立工作，而且互为后备作用。但是在本线路的末端20%处只有第二段一组保护在运行，如图3所示。

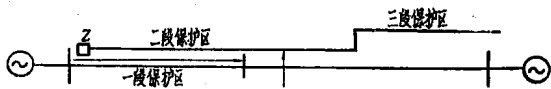


图3 为PJH—11F保护装置保护区示意图

PJH—11D型三段式距离保护屏内部的组成元件与PJH—11F相同，直流回路的接线是按一二段切换方式（正常保护工作在第一段），三段独立工作原则设计的，其切换方式与目前各厂家生产的三段式距离保护相同，这里不在重述。为了扩大PJH—11D(F)距离保护屏的使用范围，将PJH—11D及PJH—11F型两种距离保护屏，根据1976年三北地区整流型保护典设方案，及东北电力设计院1979年设计的“三北地区整流型保护的套用典设”的方案，我们将每种保护屏设计成五种不同用途的距离保护屏。在附录2中做详细说明。

### 3、PJH—11D(F)型整流式距离保护屏的要求

根据我国各大电力系统多年来运行经验证明，在电力系统中距离保护经常出现的一些不正常动作，主要是由于电力系统电压二次回路断线或由于发电机静稳定破坏及系统动稳定破坏时所引起电力系统的振荡。例如东北电力系统对220千伏线路事故的统计，相间距离保护不正确动作原因分析如下：

保护失压引起误动作占 50%

电力系统振荡引起误动作占 28%

由于过负荷引起误动作占 9%

接线问题不正确引起误动作占4%

其它原因等引起保护误动作占9%

以上统计结果可见，引起距离保护误动作主要原因是保护失压、电力系统振荡等所造成，这样就要求距离保护本身要有相应的措施来防止由于上述原因所引起距离保护误动作。

过去所设计的距离保护装置虽然都有相应的对策，但是根据多年运行经验总结认为，这些对策满足不了目前我国电力系统的需要，特别是由于系统的振荡造成距离保护误动作，在一些系统中都经常发生。过去GH—11型距离保护中BZ—11型振荡闭锁的设计，是由负序电压起动后，它开放0.4~0.5秒，允许保护动作，然后将保护闭锁9秒后进行整组复归。根据一些系统的运行经验，有些线路发生振荡在9秒内尚未停息，而振荡闭锁却先解除了闭锁，当整组复归后系统仍然有振荡，如振荡周期愈短，频差愈大，负序电压继电器的不平衡输出愈大，造成误动作。对负序电流继电器如果振荡电流足够大时又有可能误动作。如果振荡中心落在第一段内，阻抗继电器要动作，距离保护将要发生误动作。



如果系统中由于发电机失磁或系统过负荷引起系统静稳定破坏而出现了振荡，此时振荡闭锁不能动作。如再进行系统操作，系统中会出现负序分量，可能造成距离保护误动。

在系统中相邻线路故障被切除后，系统发生振荡，此时本线路振荡闭锁起动将保护闭锁9秒，在此时间内本侧线路出现故障时则保护将要发生拒动。

根据各电力系统在运行中所总结的经验及电力部对距离保护反事故措施的要求，对PIH—11D(F)距离保护屏提出了以下设计要求：

1、保护屏由带记忆作用的六个独立的方向阻抗继电器做为第一二段和第三段的测量元件。

2、为了解决电压互感器装在线路侧在发生出口三相金属性短路造成保护拒动。在经重合闸后，三段BC相方向阻抗继电器经TGJ跳闸固定继电器常开接点改变为带电流潜动特性的阻抗继电器，用以保护当电压互感器装设在线路侧的出口三相金属性短路时保护可靠动作。

3、采取负序电流及零序电流增量元件做为保护装置的振荡闭锁的起动元件，对振荡闭锁回路的设计要求为：

(1) 考虑先振荡后操作保护不能误动作。

(2) 线路在振荡过程中发生故障，允许保护装置带延时动作于跳闸。

(3) 在线路振荡停止后保护方可进行整组复归。

(4) 在严重的振荡情况下，如振荡周期不小于0.1秒的振荡条件下，保护装置的延时段不应由于时间积累误差而引跳起闸。

4、采用由零序电压滤过器接线的原理构成保护装置的

电压断线闭锁元件。

5、本保护屏可以通过不同的跨线连接，实现各种重合闸后加速的方式。

6、为了保证在重合闸后保护有选择性的切除故障，为此在重合闸装置起动后投入专设重合闸延时段，考虑躲过振荡周期，延时一般为1.5秒，同时也可实现瞬时后加速跳闸。

7、当保护屏中阻抗元件发生异常动作（过负荷、失压、内部元件损坏）时，能延时闭锁整组保护，并发出闭锁信号。

8、从距离保护本身直流回路接线考虑了电压回路经中间继电器切换时，由于交直流电压短路中断所引起保护误动作。

#### 4、PJH—11D（F）型整流式距离保护屏组成

PJH—11D型保护屏包括以下主要元件

##### （1）LJH—11D型阻抗继电器

它是由两部分组成，包括第一二段三个独立的方向阻抗继电器，做为测量元件，测量保护线路故障点到保护安装处的距离（阻抗值），反映被保护线路故障。正常时由切换继电器QHJ将继电器切换在第一段上工作，当故障发生在第二段保护区内，由振荡起动元件LFJ1起动QHJ，并经0.1秒延时后将阻抗继电器切换到第二段上工作。

##### （2）LFZ—1型负序电流、零序电流增量元件

主要用于被保护线路发生故障后瞬时起动保护装置。作为保护屏振荡闭锁起动元件。当线路发生故障时LFZ—1瞬时起动振荡闭锁回路，开放保护装置。

##### （3）DBS—1断线闭锁元件

用以监视距离保护屏交流电压二次回路的工作完好性，当交流电压二次回路发生断线或短路断线闭锁元件动作时启动保护总闭锁回路，将整组保护闭锁，以防止保护误动，并发出断线闭锁信号。

#### (4) 直流回路

直流回路主要用以发出跳闸指令，同时对保护装置进行监视。主要包括跳闸三个时间段的时间继电器，振荡闭锁回路、重合闸后加速回路、断线闭锁回路、总闭锁回路、信号回路等所组成。

### 5、LJH—11D型方向阻抗继电器的构成原理

#### (一) 相位比较方向阻抗继电器的工作原理。

阻抗继电器是距离保护的主要元件之一，它的作用是用来判别线路故障的方向，测量故障点到保护安装处的距离（阻抗值）并与继电器的整定阻抗 $Z_{zd}$ 进行比较确定继电器的工作状态。根据继电器的动作特性，可以做成各种动作特性，如圆特性，椭圆特性，扇形及多边形特性等等，按实现方式可分为绝对值比较方式和相位比较方式。目前我国电力系统中广泛采用了具有圆特性按相位比较方式构成的整流型距离保护。它具有构造简单，调试方便等特点。

利用相位比较方式构成阻抗继电器时，它只反映比较量之间的相位关系。本继电器的方块图，如图4所示。被比较的两个向量，C、D通过比较器进行相位比较，输出到执行元件。

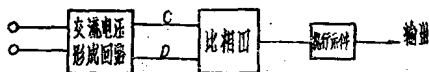


图4 相位比较式阻抗继电器方块图

根据  $C_2D$  两个向量的相位关系决定继电器的动作状态。

继电器的动作条件为

$$Q_1 > \text{Arg} \frac{C}{D} > Q_2 \quad \dots\dots\dots(1)$$

式中  $\text{Arg} \frac{C}{D}$  表示取复数  $\frac{C}{D}$  的相角，在相位上

$C$  越前于  $D$  时  $\text{Arg} \frac{D}{C}$  为正值，否则为负值。按公式(1)

可在复数平面上找出两个向量与横轴构成  $Q_1$  与  $Q_2$  角的两条直线所构成的区域，即为继电器的动作区，

如图 5 所示为继电器的动作范围。

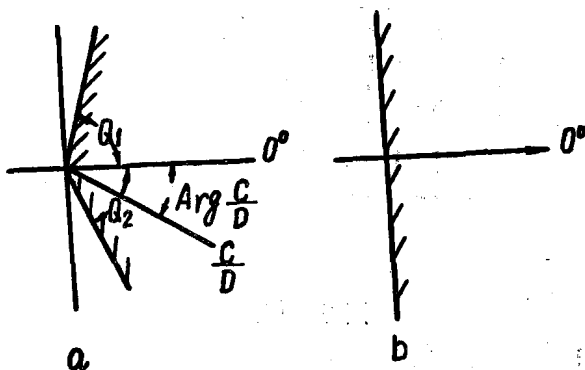


图 5 比相器动作范围

当向量落到图中阴影内继电器的动作，这种比相器称为余弦比相器，它的动作范围为  $180^\circ$ ，也就是  $90^\circ \geq Q \geq -90^\circ$  之间，利用这种比相器构成的方向阻抗继电器，在理想情况下它的动作范围为

$$90^\circ \geq \text{Arg} \frac{C}{D} \geq -90^\circ \dots\dots\dots (2)$$

按上式动作范围构成继电器，假设：C = U<sub>1</sub>，D = U<sub>2</sub>；  
两个向量分别为

$$\dot{U}_1 = a + jb = U_1 e^{j\phi_1} \dots\dots\dots (3)$$

$$\dot{U}_2 = c + jd = U_2 e^{j\phi_2}$$

如图6所示。

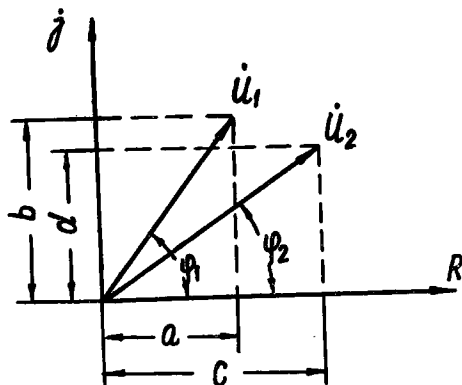


图6 U<sub>1</sub>与U<sub>2</sub>向量图

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{a + jb}{c + jd} = \frac{ac + bd + j(bc + ad)}{c^2 + d^2} \dots\dots\dots (4)$$

式3中  $\phi_1 - \phi_2 = \phi$

$$\cos \phi = \frac{ac + bd}{\dots\dots\dots} \dots\dots\dots (5)$$

$$\sqrt{(ac + bd)^2 + (bc + ad)^2}$$

当  $\cos \phi = 90^\circ$  时为继电器的动作边界条件

故  $ac + bd = 0$

假设:  $\dot{U}_{CL} = U_{CL} e^{iQ}$        $\dot{I}_{CL} = I_{CL} e^{-i\phi}$

$\dot{Z}_1 = Z_1 e^{iQ_1}$        $\dot{Z}_2 = Z_2 e^{iQ_2}$

将上述的假设条件代入公式 3 得出

$$\begin{aligned} \dot{U}_1 &= K_{y1} U_{CL} + K_{K1} I_{CL} e^{i(Q_1 - \phi)} \dots\dots\dots (6) \\ &= K_{y1} U_{CL} + K_{K1} I_{CL} \cos(Q_1 - \phi) + j K_{K1} I_{CL} \sin(Q_1 - \phi) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \dot{U}_2 &= K_{y2} U_{CL} + K_{K2} I_{CL} e^{i(Q_2 - \phi)} \\ &= K_{y2} U_{CL} + K_{K2} I_{CL} \cos(Q_2 - \phi) + j K_{K2} I_{CL} \sin(Q_2 - \phi) \end{aligned}$$

式中,  $K_{y1}, K_{y2}$  为整定变压器的变化。

$K_{K1}, K_{K2}$  为电抗变压器的变化, 称转移阻抗。

$U_{CL}$  为继电器端子上测量电压。

$I_{CL}$  为继电器端子上通入电流。

即:  $a = K_{y1} U_{CL} + K_{K1} I_{CL} \cos(Q_1 - \phi)$

$b = K_{K1} I_{CL} \sin(Q_1 - \phi)$

$c = K_{y2} U_{CL} + K_{K2} I_{CL} \cos(Q_2 - \phi)$

$d = K_{K2} I_{CL} \sin(Q_2 - \phi)$

$$\begin{aligned} ac + bd &= [K_{y1} U_{CL} + K_{K1} I_{CL} \cos(Q_1 - \phi)] \cdot [K_{y2} U_{CL} \\ &\quad + K_{K2} I_{CL} \cos(Q_2 - \phi)] + [K_{K1} I_{CL} \sin(Q_1 - \phi)] \cdot \\ &\quad [K_{K2} I_{CL} \sin(Q_2 - \phi)] = 0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &= K_{y1} K_{y2} U_{CL}^2 + K_{y1} K_{K2} U_{CL} I_{CL} \cos(Q_2 - \phi) \\ &\quad + K_{y2} K_{K1} U_{CL} I_{CL} \cos(Q_1 - \phi) + K_{K1} K_{K2} I_{CL}^2 \cos(Q_1 - Q_2) \end{aligned}$$

将上式化简后并除以  $I_{CL}^2$  得

$$\begin{aligned} Z_{d2}^2 K_{y1} K_{y2} + Z_{d2} Z_{d1} K_{y1} K_{K2} \cos(Q_2 - \phi) + Z_{d2} Z_{d1} K_{y2} K_{K1} \\ \cos(Q_1 - \phi) + K_{K1} K_{K2} Z_{d2} Z_{d1} \cos(Q_1 - Q_2) = 0 \dots\dots\dots (7) \end{aligned}$$

式中  $Z_{dz} = \frac{U_{CL}}{I_{CL}}$

当  $K_{y1} = K$ 、 $K_{y2} = -K$ ， $K_{K1} = 0$ 、 $K_{K2} = Z_{zd}$

$Q_2 = \phi_{LM}$       $Q_1 = 0$

上述假设条件代入公式7后得出

$$-K^2 Z^2 dz + K Z dz Z_{zd} \cos(\phi_{cm} - \Phi) = 0$$

$$Z dz = \frac{Z_{zd}}{K} \cos(\phi_{LM} - \Phi) \dots \dots \dots (8)$$

式中  $Z_{zd}$ ——为继电器的整定阻抗，

公式8是以极坐标来表示方向阻抗继电器的动作特性，

如图7所示为相位比较方式的方向阻抗继电器的动作特性圆。

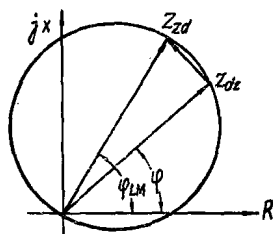


图7 方向阻抗继电器动作特性图

公式8表明继电器的动作特性圆在复数平面上是以  $\frac{Z_{zd}}{K_y}$  为直径，圆周通过坐标原点所做的圆。当  $\Phi = \phi_{LM}$  时继电器的动作阻抗最大，此时最灵敏，所以圆的直径与横轴所构成的角度  $\phi_{LM}$  为继电器的最大灵敏角。

(二) LJH—11D型方向阻抗继电器的原理

LJH—11D型方向阻抗继电器，是通过比较绝对值来比

较相位方法实现的，其动作原理接线如图 8 所示。按公式 3 的两个比较向量可改写为

$$U_I = K_J U_{CL} \dots \dots \dots (9)$$

$$U_G = U_K - U_Y$$

式中  $U_I$  为继电器的极化电压

$U_K$  为与继电器端子电流成比例的电压。

$U_Y$  为与继电器端子测量电压成比例电压。

通常把  $U_I$  称为极化电压，做为继电器的参考向量，与外加电压  $U_{CL}$  保持同相位。  $U_G$  称为工作电压。

根据公式 9 可知继电器具有三个电压分别为：

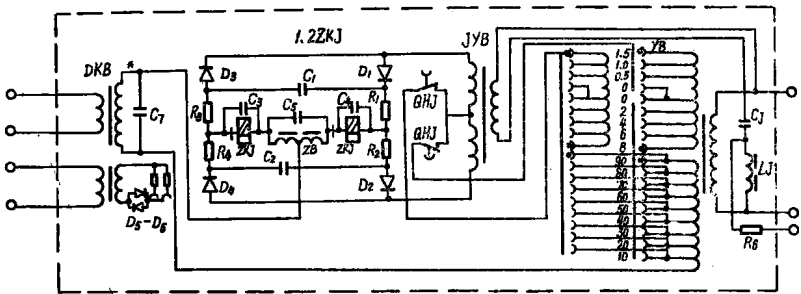


图 8 LJB—11D型方向阻抗继电器接线图

(1) 极化电压

$$\dot{U}_I = K_J \dot{U}_{CL} \dots \dots \dots (10)$$

式中：  $K_J$  → 极化变压器的变化

(2) 补偿电压：

$$\dot{U}_K = K_K \cdot I_{CL} = Z_{zd} \cdot I_{CL} \dots \dots \dots (11)$$

式中：  $K_K$  → 电抗变压器的变化系数，称转移阻抗。



$I_{CL}$  继电器端子上的外加电流。

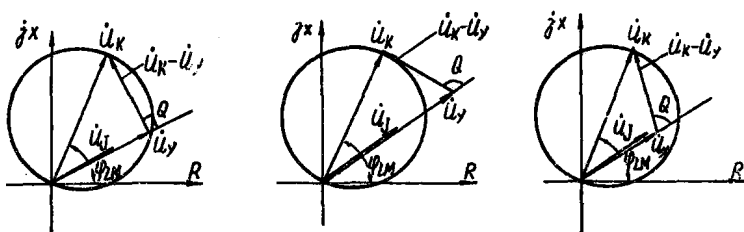
(3) 测量电压

$$U_y = K_y \cdot U_{CL} \dots \dots \dots (12)$$

式中  $K_y \rightarrow$  量定变压器 YB 的变化

$U_{CL} \rightarrow$  继电器端子上的测量电压。

从公式 2 可知继电器在动作时有三种情况，如图 9 所示为相位比较式阻抗继电器在线路故障时的动作特性。



a. 当  $Q = 90^\circ$  时 (相当保护区末端短路)    b. 当  $Q > 90^\circ$  时 (相当保护区外短路)    c. 当  $Q < 90^\circ$  时 (相当保护区内部短路)

图 9 相位比较式阻抗继电器动作特性。

当  $\text{Arg} \frac{\dot{U}_J}{U_K - U_y} = \pm 90^\circ$  时，相当于在保护区边界

上发生故障，如图 9 a 所示，为动作边界。

当  $\text{Arg} \frac{U_J}{U_K - U_y} > 90^\circ$  时，相当于在保护区外发生

故障或保护在正常工作状态下，如图 9 b 所示，由于  $U_J$  与  $U_K - U_y$  夹角  $Q > 90^\circ$  故障点落到圆的外面，所以继电器不会动作。

当  $\text{Arg} \frac{U_J}{U_K - U_y} < 90^\circ$  时，相当于在保护区内部发生