

PLH-12/AI 型

继电保护屏检验

水利电力部电力生产司编

水利电力出版社

PLH-12/AI 型 继电保护屏检验

水利电力部电力生产司编

..... 1981

水利电力出版社

前 言

为了提高继电保护的检验质量，解决现场检验工作和培训的迫切需要，我部决定组织编写一些主要继电保护装置的有关检验方面的指导性书籍，供现场参考使用。其中委托湖北省电力局编写的《PLH-12/AI 型继电保护屏检验》已编写完毕，并经审定。现由水利电力出版社出版。

本书分原理、检验和附录三部分。主要内容除介绍了 PLH-12/AI 型继电保护屏及其主要元件的基本原理外，着重对该屏检验的项目、方法和要求等作了原则规定。在附录中还对运行调试中的一些问题作了典型分析，以供参考。

本书可作各电业单位编写现场检验规程的依据，也可作为其他型式整流型距离保护检验工作的参考和现场培训工人的学习材料。

各单位在使用中如发现本书内容有不完善的地方，请将意见寄水利电力部电力生产司，以便再版时修改。

水利电力部电力生产司

1977年9月28日

目 录

前言

第一章 保护屏的概述和基本原理	1
第一节 保护屏的组成和应用	1
第二节 阻抗元件的基本原理	2
第三节 负序电流元件及零序功率方向元件	16
第四节 距离保护的直流回路	21
第五节 综合重合闸	24
第六节 断路器控制回路	28
第二章 检 验	32
第一节 新安装检验项目	32
第二节 定期检验项目	35
第三节 保护屏的检验	37
附录	
附录一 阻抗元件的电压分布	81
附录二 频率变化对阻抗特性的影响	82
附录三 阻抗特性圆的畸变及补偿措施	87
附录四 负序电流元件三相同同时故障拒动的分析	92
附录五 零序功率方向元件的极性检验	94
附录六 直流回路的几个问题	100
附录七 保护屏逻辑回路动作举例 (作单相重合闸运行, 见附图八~十一)	102
附录八 接线端子和连接片的使用说明	111
附录九 技术参数	114

附录十 文字及保护屏中各继电器符号说明131

附图一 阻抗测量元件电气原理图

附图二 负序电流元件电气原理图

附图三 零序功率元件及零序电流补偿变压器电气原理图

附图四 选相元件电气原理图

附图五 负序电压元件电气原理图

附图六 零序电压元件电气原理图

附图七 直流助磁稳压回路及电流元件电气原理图

附图八 保护屏交流回路电气接线图

附图九 保护屏综合重合闸及操作回路电气接线图

附图十 保护屏距离和零序保护直流回路电气接线图

附图十一 保护屏信号回路电气接线图

第一章 保护屏的概述和基本原理

第一节 保护屏的组成和应用

一、保护屏的组成

本屏主要由距离保护、零序方向电流保护和综合重合闸三部分组成，并附有与断路器控制有关的回路和继电器。

距离保护为两段式接地距离和相间距离。一、二段公用一个测量元件，当故障发生在保护区的第二段时，通过负序电压继电器，由一段自动切换至二段。通常以接地距离作为经常的运行方式，只是在发生相间故障时，才自动切换成相间距离；必要时也可以事先通过连接片选定作相间距离方式运行，距离保护是采用负序电压和负序电流启动的方式，这不仅能判别故障或振荡，还可以防止因电流回路断线和电压回路失压而引起的误动作。

零序方向电流保护共有三段，第三段不接入重合闸。其零序方向继电器兼作距离保护反方向出口短路的闭锁。

综合重合闸由阻抗选相元件、相电流元件、及其逻辑回路组成。根据运行需要，可实现综合重合闸、单相重合闸或三相重合闸。若要实现无压或同期检定重合闸，需另加相应的继电器。在逻辑回路中设有在单相重合闸过程中非全相运行闭锁和恢复全相运行立即解除闭锁的回路。这样既能防止本保护屏及其他保护在非全相运行中可能出现的误动作，又能保证迅速切除永久性故障。当重合于非对称永久性故障时，距离保护后加速动作跳开三相，而当重合于三相永久性

故障时，为了区别系统振荡或短路，则距离保护须经一定时限跳开三相。

二、保护屏的应用

保护屏主要用于110~220千伏、中性点直接接地系统的高压输电线路、母联和旁路断路器上作为接地故障和相间故障的主保护和后备保护。由于发生接地故障的机会最多，保护屏对接地故障采用接地距离和零序电流双重保护方式。本屏可与高频保护配合使用，例如配合BFG-1型或BFG-2型高频方向保护使用时，则可以合并在同一块屏上，厂家改称为PFL-12型保护屏。

第二节 阻抗元件的基本原理

一、构成阻抗元件的基本环节

本屏中的阻抗测量元件和选相元件，同属带零序补偿的方向阻抗继电器，具有相同的工作原理和基本环节。只是由于对阻抗测量元件有段别、相别的切换以及灵敏角可调等要求，因而在接线上较选相元件稍有区别。因此，以下以阻抗测量元件为例，对阻抗元件加以叙述，其原理接线见图1-1；

(一) 电抗变压器DKB

DKB的铁芯具有空气隙，气隙内附有高导磁率的铍莫合金片，用以调整最小精确工作电流。

DKB的一次侧有两个匝数相同的绕组 W_1 和 W_2 ， W_1 接入相电流， W_2 接入作为补偿用的零序电流，两个绕组都有抽头，用以改变整定阻抗值。二次侧具有三个绕组 W_3 、 W_4 、 W_5 ，其中 W_4 、 W_5 具有相同的匝数，分别接至工作回路和制动回路， W_3 接入电阻，用以调整灵敏角。

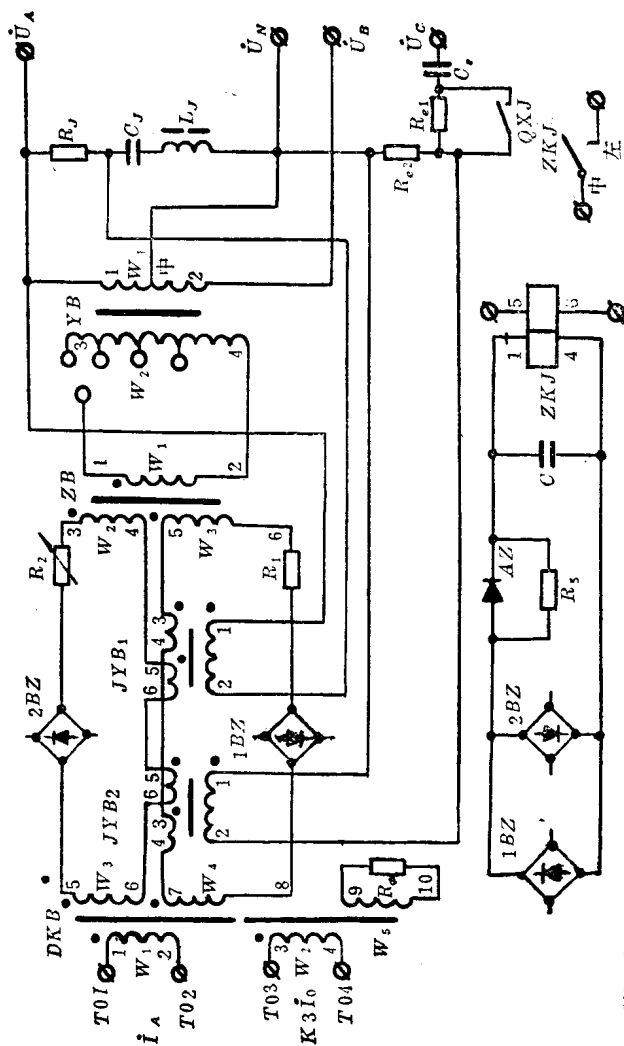


图 1-1 阻抗测量元件原理接线图

一次绕组中的测量电流 $\dot{I}_{CL}$ (如A相元件即 $\dot{I}_A + K_3 \dot{I}_0$) 在二次绕组 W_4 、 W_3 上感应出与它成一定比例关系并转动一定角度的电压 $\dot{U}_{K_1}$ 和 $\dot{U}_{K_2}$, 该电压通常称为补偿电压, 要求 $\dot{U}_{K_1} = \dot{U}_{K_2} = \dot{U}_K$, 以下式表示:

$$\dot{U}_K = K_K \dot{I}_{CL} \quad (1-1)$$

式中 K_K ——转移阻抗。

转移阻抗 K_K 是被保护线段的二次模拟阻抗。借改变一次绕组的抽头, 以改变 K_K 幅值的大小, 即改变阻抗元件的整定阻抗值, 借改变二次绕组 W_6 回路中的电阻值, 以改变 K_K 的幅角, 即改变阻抗元件的灵敏角。

(二) 整定变压器 YB

YB 实际上是一个具有抽头的调整变压器。阻抗测量元件 YB 的一次绕组的二分之一处有中间抽头, 当经常按接地距离方式运行时, 正常以相电压接入一次侧绕组的一半, 仅在两相不接地故障时, 才自动切换以线电压接入一次侧全绕组。阻抗选相元件 YB 的一次绕组没有抽头, 固定接入相电压。 YB 的二次绕组有抽头和微调电阻, 用来改变 YB 的变比, 以获得不同的整定阻抗值。

YB 的二次电压 $\dot{U}_Y$ 与接入一次绕组端子的测量电压 $\dot{U}_{CL}$ (故障时为残压) 准确地保持一定的比例关系和相同的相位, 以下式表示:

$$\dot{U}_Y = K_Y \dot{U}_{CL} \quad (1-2)$$

式中 K_Y ——电压变比, 即整定板上所表示的百分数 (微调在中间位置)

(三) 中间变压器 ZB

ZB 有两个匝数相同的二次绕组, 分别接入工作回路和

制动回路，从而使两比较回路的交流侧相互隔离。

(四) 极化变压器 JYB_1 和 JYB_2

为了获得判别故障方向和被保护线段区内或区外故障的参考电压，这里设置了 JYB_1 和 JYB_2 。该参考电压一般称为极化电压，以 $\dot{U}_J$ 表示。为了使阻抗元件正确工作，除了要求极化电压的相位与测量电压 $\dot{U}_{CL}$ 的相位一致外，还对其幅值有一定要求。一般可用下式表示：

$$\dot{U}_J = \dot{U}_{J_1} + \dot{U}_{J_2} = K_J \dot{U}_{CL} \quad (1-3)$$

式中 K_J ——为一实数。

实际上，极化电压若直接取自 $\dot{U}_{CL}$ ，当保护安装点发生相间金属性故障或直接接地故障时，残压等于零，将会引起正向出现死区和反向误动等现象。为此，极化电压之一的 $\dot{U}_{J_1}$ 经 JYB_1 取自串联谐振回路，此回路由电容器 C_J 、电抗线圈 L_J 以及包括 R_J 在内的等效电阻组成，其固有振荡频率要求为 50 赫。当发生残压等于零的故障时，回路中的电流仍按频率为 50 赫谐振衰减，并在 R_J 上产生压降。这样，在一定时间内可提供使阻抗元件正确工作的极化电压（即所谓记忆）。

当保护安装点反方向发生两相金属性故障时，故障的两相间电压为零，而故障相与非故障相之间的电压，反映在电压互感器二次侧，通过负载的联系，则在两故障相电缆中将有电流流过，这两个电流可能在数值上和相位上不一致，因而在电缆上产生不同的电压降，使阻抗元件电压端子上出现电位差，在记忆作用消失后，这个电压便成为极化电压，由于它的相位没有一定，可能使阻抗元件反方向误动作。当保护安装点反方向发生单相直接接地故障时，也会出现类似的现象。为了消除上述两种反方向故障可能发生的误动作，利

用非故障相电压取得极化电压 $\dot{U}_{J2}$ 。由于 $\dot{U}_{J2}$ 对于单相接地和两相相间故障，都是固定取自同一个非故障相电压，而在两种不同情况下，这个电压与故障相或相间电压之间的相位关系也不相同，分别为 120° 和 90° 。为了满足极化电压与测量电压相位一致的要求，利用电容 C_e 、电阻 R_{e1} 和 R_{e2} 组成移相回路，将非故障相电压移前 60° 和 90° ，从 R_{e2} 上取得电压再反极性接至 JYB_2 的一次侧，其二次将提供极化电压 $\dot{U}_{J2}$ 。采取这一措施，不但消除了上述反方向故障的误动作，同时也可使阻抗元件在正方向故障情况下的工作更为可靠。极化电压 $\dot{U}_{J2}$ 的向量图见图1-2：

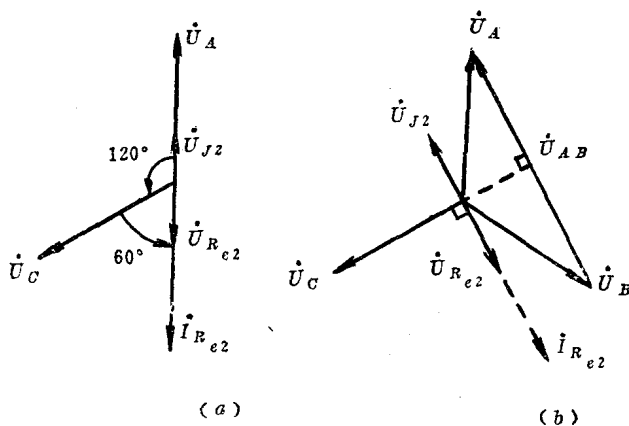


图 1-2 极化电压 $\dot{U}_{J2}$ 向量图
 (a) A 相接地故障；(b) AB 相相间故障

当保护安装点反方向发生两相直接接地故障时，电压互感器二次回路电缆上的电压降也有可能导致阻抗元件误动作。但在这种情况下，对迟后相的阻抗元件，因领先相电压为零，因此提供不出极化电压，可见上述方法防止不了它的

误动。为了防止这种误动的可能性，必要时只能依靠反方向接地故障对阻抗元件进行闭锁的方法来加以防止。

（五）整流滤波回路和执行继电器

整流滤波回路由整流桥1BZ、2BZ以及滤波电容C组成。比较回路的交流电压经整流、滤波后，接入执行继电器的工作线圈。二极管4Z和电阻 R_5 是为了改善阻抗元件的圆特性而设置的，详细分析可参阅附录三。

执行继电器是一个极化继电器，具有三个线圈，其中两个线圈串联连接作为工作线圈，第三个线圈是为了降低执行继电器动作功率而接入助磁回路中，其助磁安匝约为动作安匝的80%，助磁电流约为10毫安。

二、阻抗元件的基本原理

（一）基本概念

假定有DKB和YB组成的简单阻抗元件Z装设于线路A点，从A点至保护区末端的线路阻抗为 Z_L ，如示意图1-3。

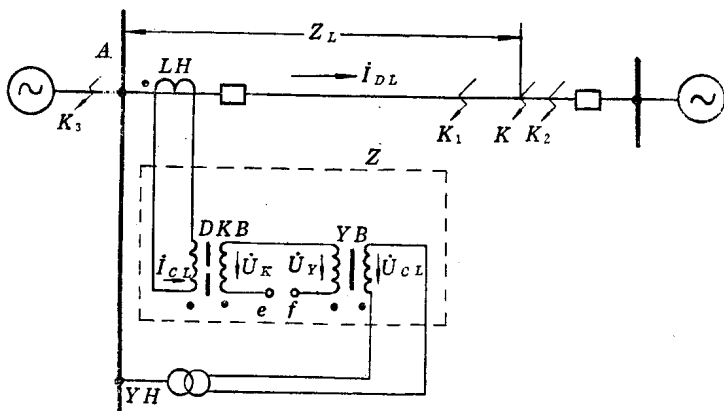


图 1-3 被保护线路示意图

为简明起见,假定电流互感器和电压互感器的变比都等于1。在阻抗元件中 DKB 的转移阻抗 K_K 模拟成与 Z_L 相等,即 $K_K = Z_L$,整定变压器 YB 的变比也假定为1。

当被保护线段末端 K 点发生故障时, A 点母线残压 $\dot{U} = \dot{I}_{DL}Z_L$,直接加到继电器上即 $\dot{U}_Y = \dot{U}$,而阻抗元件中 K_K 上的电压 $\dot{U}_K = \dot{I}_{DL}K_K$,由于 $K_K = Z_L$, $\dot{U}_Y = \dot{U}_K$,故 $\dot{U}_{ef} = \dot{U}_Y - \dot{U}_K = 0$ 。

如故障发生在保护区内的 K_1 点, A 点母线残压 $\dot{U} = \dot{I}_{DL}Z_{DL} = \dot{U}_Y$,而 $\dot{U}_K = \dot{I}_{DL}K_K = \dot{I}_{DL}Z_L$,因 $Z_L > Z_{DL}$,故 $|\dot{U}_K| > |\dot{U}_Y|$ 。 e, f 点之间的电压 $\dot{U}_{ef} = \dot{U}_Y - \dot{U}_K$ 为负,其方向与 $\dot{U}_Y$ 的方向相反;在正方向区外 K_2 点发生故障时, $Z_{DL} > Z_L$, $|\dot{U}_Y| > |\dot{U}_K|$,故 $\dot{U}_{ef}$ 与 $\dot{U}_Y$ 的方向相同;在反方向 K_3 点发生故障时,由于此时故障电流的方向相反,而使 $\dot{U}_K$ 的相位变化 180° ,则 $\dot{U}_{ef} = \dot{U}_Y + \dot{U}_K$,故 $\dot{U}_{ef}$ 与 $\dot{U}_Y$ 的方向相同。

从以上分析可见,只有在正方向保护区内故障时, $\dot{U}_Y - \dot{U}_K$ 的方向才和 $\dot{U}_Y$ 的方向相反,而在保护区外或反方向故障时, $\dot{U}_Y - \dot{U}_K$ 与 $\dot{U}_Y$ 的方向都相同,因此,只要比较 $\dot{U}_Y - \dot{U}_K$ 与 $\dot{U}_Y$ 的方向,就不仅可以判定故障点的远近(区内或区外),而且可以判定故障点的方向,从而可实现方向阻抗继电器。如果采用与 $\dot{U}_Y$ (或 $\dot{U}_{OL}$)有相同相位的任一参考电压,情况完全相同,这个参考电压一般称为极化电压,以 $\dot{U}_J$ 表示。

(二) 阻抗特性圆

本屏的阻抗元件是利用 DKB 、 ZB 、 JYB_1 和 JYB_2 各二次侧两个匝数相同的绕组,分别将电压 $\dot{U}_K$ 、 $\dot{U}_Y$ 和 $\dot{U}_J$ 连接成两个独立的回路,按图1-1所标极性,在第一个回路中

的电压以 $\dot{U}_1$ 表示, $\dot{U}_1 = \dot{U}_J - (\dot{U}_Y - \dot{U}_K)$; 在第二个回路中的电压以 $\dot{U}_2$ 表示, $\dot{U}_2 = \dot{U}_J + (\dot{U}_Y - \dot{U}_K)$ 。如前所述, 当在保护区内发生故障时, $\dot{U}_J$ 与 $(\dot{U}_Y - \dot{U}_K)$ 是反方向的, 所以 $|\dot{U}_J - (\dot{U}_Y - \dot{U}_K)| > |\dot{U}_J + (\dot{U}_Y - \dot{U}_K)|$, 即 $|\dot{U}_1| > |\dot{U}_2|$, 阻抗元件应动作; 在保护区外或反方向发生故障, $\dot{U}_J$ 与 $(\dot{U}_Y - \dot{U}_K)$ 是同方向的, 所以 $|\dot{U}_1| < |\dot{U}_2|$, 阻抗元件不应动作。一般将取得电压 $\dot{U}_1$ 的回路称工作回路, 而取得电压 $\dot{U}_2$ 的回路称制动回路。

以下分析由 $\dot{U}_1 = \dot{U}_J - (\dot{U}_Y - \dot{U}_K)$ 和 $\dot{U}_2 = \dot{U}_J + (\dot{U}_Y - \dot{U}_K)$ 构成的阻抗元件的动作特性。

当在保护区末端故障, 不考虑负荷电流及弧光电阻等影响时, 短路阻抗角 φ_{DL} 等于灵敏角 φ_{LM} , 则 $\dot{U}_Y - \dot{U}_K = 0$, $\dot{U}_1 = \dot{U}_2 = \dot{U}_J$, 如图1-4所示。但实际上这些影响一般都是存在的, φ_{DL} 可能不等于灵敏角 φ_{LM} 。因此, 有必要在 $\dot{U}_{CL}$ 和 $\dot{I}_{CL}$ 之间为任意角时, 对阻抗元件的动作特性进行分析:

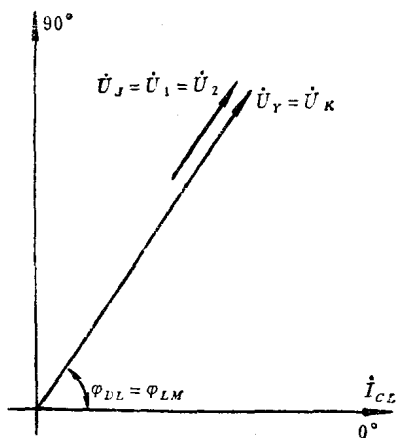


图 1-4 保护区末端故障

当 $\varphi_{DL} \neq \varphi_{LM}$ 时, $\dot{U}_Y$ 与 $\dot{U}_K$ 就出现相角差 $\varphi_{LM} - \varphi_{DL}$, 此时 $\dot{U}_Y - \dot{U}_K \neq 0$, 如图1-5中的 $\triangle oca$ 所示, 又由 $\dot{U}_J$ 与 $\dot{U}_Y$ 相位一致, 根据 $\dot{U}_1$ 和 $\dot{U}_2$, 可画出其向量图, 相应如图中的 $\triangle bad$ 和 $\triangle bac$ 。在阻抗元件处于临界工作状态时 $|\dot{U}_1| = |\dot{U}_2|$, 故 $\triangle bdc$ 是一个等腰三角形。可以证明, 此时 $\angle bad = \angle bac = 90^\circ = \angle oca$, 则 $\triangle oca$ 是一个直角三角形。可见当 $\varphi_{DL} \neq \varphi_{LM}$ 时, 阻抗继电器临界动作条件为 $|\dot{U}_1| = |\dot{U}_2|$, 或者说 $\dot{U}_Y - \dot{U}_K$ 与 $\dot{U}_J$ (或 $\dot{U}_Y$) 之间的相角为 90° 。为简化分析起见, 固定 $\dot{U}_K$ (即固定 $\dot{I}_{CL}$) 而变化 φ_{DL} 时, 可以作出以 $\dot{U}_K = \overline{oa}$ 为斜边的一族直角三角形, 这族三角形的顶点 c 亦即 $\dot{U}_Y$ 的轨迹, 是以 $\dot{U}_K = \overline{oa}$ 为直径的圆, 如图1-5。

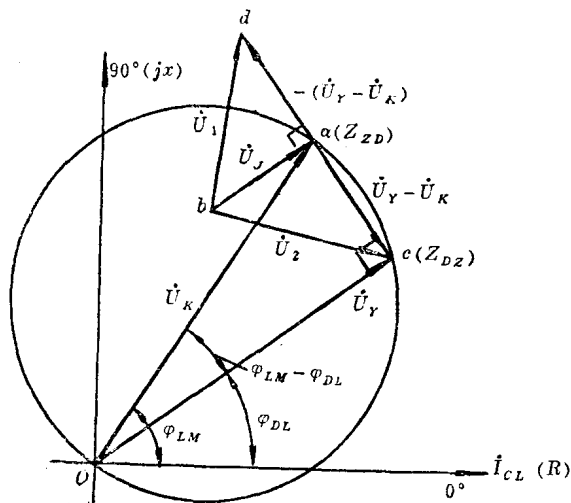


图 1-5 阻抗元件临界动作圆特性

根据图1-5, 可以写出圆方程为:

$$\dot{U}_Y = \dot{U}_K \cos(\varphi_{LM} - \varphi_{DL}) \quad (1-4)$$

将图1-5 中的各电压向量除以 $\dot{I}_{CL}$ ，则得在阻抗平面上的动作特性圆。若动作阻抗 $\frac{\dot{U}_Y}{\dot{I}_{CL}}$ 以 Z_{DZ} 表示，整定阻抗 $\frac{\dot{U}_K}{\dot{I}_{CL}}$ 以 Z_{ZD} 表示，则在阻抗平面上的圆方程为：

$$Z_{DZ} = Z_{ZD} \cos(\varphi_{LM} - \varphi_{DL}) \quad (1-5)$$

考虑到阻抗继电器的实际使用条件，被保护线路的电流和电压互感器的变比均不等于 1，同时，阻抗元件内的整定变压器的变比也不一定等于 1，式 (1-4) 和式 (1-5) 中各量均应为二次值，且应计及 YB 的变比 $K_Y \neq 1$ ，则：

$$Z_{DZ} = \frac{\dot{U}_{CL}}{\dot{I}_{CL}} = \frac{\dot{U}_Y}{K_Y \dot{I}_{CL}}$$

$$Z_{ZD} = \frac{K_K}{K_Y} = \frac{\dot{U}_K}{K_Y \dot{I}_{CL}}$$

当 $\varphi_{DL} \neq \varphi_{LM}$ 时，阻抗元件的动作情况如图1-6所示。

当在保护区内发生故障，测量阻抗 Z_{CL1} 低于动作阻抗 Z_{DZ} ，则 $|\dot{U}_1| > |\dot{U}_2|$ ， $\dot{U}_J$ 与 $\dot{U}_Y - \dot{U}_K$ 的夹角大于 90° ，保护动作。当在保护区外发生故障， $Z_{CL2} > Z_{DZ}$ ， $|\dot{U}_2| > |\dot{U}_1|$ ， $\dot{U}_J$ 与 $\dot{U}_Y - \dot{U}_K$ 的夹角小于 90° ，保护不动作。可见圆内为动作区，圆外为制动区。

(三) 比较回路

为了对 $\dot{U}_1$ 和 $\dot{U}_2$ 的绝对值进行比较，这里采用环流法的接线，即将 $1BZ$ 和 $2BZ$ 的输出端按反极性并联后接入极化继电器的工作线圈，并使其正极性端接在 $1BZ$ 输出的正端。这样 $1BZ$ 的输出对极化继电器起动作作用，而 $2BZ$ 的输出，则起制动作用，实际上继电器是工作在差回路中。在正常运行或保护区外故障时， $|\dot{U}_2| > |\dot{U}_1|$ ，所以，由 $\dot{U}_2$ 产生的

