

方向阻抗元件的带负荷检查

湖南省送变电建设公司 王家红

由方向阻抗元件构成的距离保护是高压线路的基本保护之一，在高压电网继电保护中占有很重要的地位，它的接线正确与否（也即方向正确与否）直接关系到系统的安全运行，因而衡量方向阻抗元件是否完好，接线是否正确的最后试验——用实际负荷检验，至关重要。

目前湖南系统220 kV及以下电压等级线路距离保护中，采用的阻抗测量元件，其动作特性均为方向圆特性，动作区如图1所示，动作方程式即可由

$$\left| \dot{U}_K - \dot{U}_Y + \dot{U}_Y \right| \geq \left| \dot{U}_K - \dot{U}_Y - \dot{U}_Y \right| \quad \dots\dots (1)$$

或

$$Z_{CL} \leq \frac{K_K}{K_Y} \cos(\phi - \phi_K) = Z_{zd} \cos(\phi_{fh} - \phi_K) \quad \dots\dots (2)$$

表示。

式中 $\dot{U}_K = K_K \dot{I}_{CL}$ ——电抗变压器的输出电压，

其中 $K_K = K_K e^{j\phi_K}$ 为电抗变压器的转移阻抗， \dot{I}_{CL} 为通入继电器的测量电流；

\dot{U}_Y ——整定变压器YB的输出电压，其中 K_Y 为YB的变

比， \dot{U}_{CL} 为加入继电器的测量电压；

\dot{U}_Y ——极化变压器JYB输出电压， K_Y 为JYB变比；

$Z_{zd} = \frac{K_K}{K_Y}$ ——整定阻抗；

$Z_{CL} = \frac{\dot{U}_{CL}}{\dot{I}_{CL}}$ ——测量阻抗； $\phi_{fh} = \arg\left(\frac{\dot{U}_{CL}}{\dot{I}_{CL}}\right)$

就接线方式来说，以 0° 接线（即接入线电压和两相电流差）为最常见，也有以 -30° 接线的接线方式。

在正常运行方式下，即使是潮流分布与阻抗元件动作方向一致，但由于 $Z_{CL} > Z_{zd} \cos(\phi - \phi_K)$ ，测量元件在动作园外，阻抗元件是不会动作的。因此欲在正常方式下利用负荷电流、电压检查方向阻抗元件，首先就应使其不受测量阻抗的影响，在公式（2）中，若使 $K_Y = 0$ （即YB抽头杆孔取0），

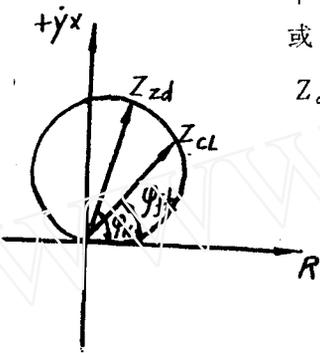


图1

则 $Z_{zd} = \frac{K_k}{K_Y} = \infty$ ，相当于特性圆直径为无穷大，(2)式的动作特性变为图2所示。

显然它不受测量阻抗的影响，能判别功率的方向，这时的方向阻抗元件即为功率方向继电器。

以往习惯于对功率方向元件只在当时的运行方式下，判断其是否应动作和实际是否动作对比，来判断元件接线是否正确。这对因元件本身损坏而造成误动的情况有时不能检出。下面介绍另一种试验方法。

我们知道，阻抗元件的电压、电流引入在端子排上是固定了的，倘若维持电压不变，而自电流端子轮换不同相别的电流，显然该元件在一次运行方式不变的情况下，能自二次获得三种不同运行工况，从而能正确地得到检验和判断。

下面以LH—15A距离保护中阻抗测量元件为例进行叙述：

一、试验方法

将YB整定插把每一相都留一个0孔不插，其余0孔都插上(每相有三个0孔)，这样由于回路没有接通，各相继电器都不会动作。需要检查哪一相元件，只须把相应0孔插上即可。

- 1、用相位表法或六角图法做出实际负荷相量图，并验证电流二次回路接线正确；
- 2、按图3方法将输入电流依次换相；

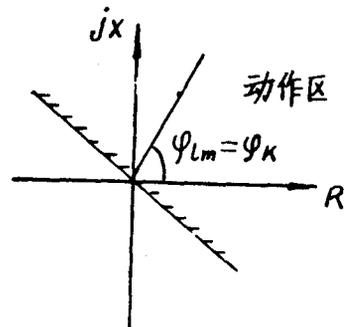
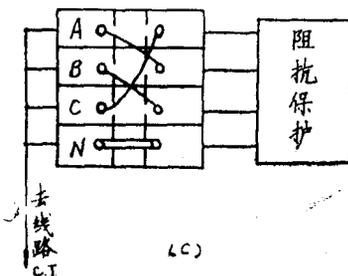
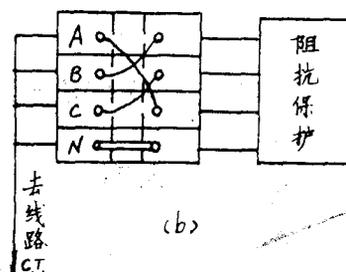
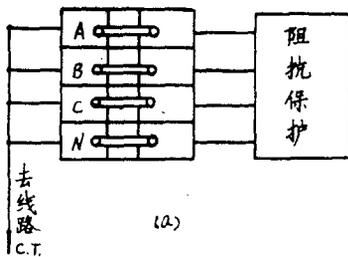


图2



- (a)——正常运行方式接线；
 (b)——保护输入电流换相-120°
 接线方式
 (c)——保护输入电流换相-240°
 接线方式

图3

表 1

送有功、送无功		受有功、送无功			受有功、受无功			送有功、受无功						
通入电流相别	被检元件相别	i_{AB}	i_{BC}	i_{CA}	通入电流相别	被检元件相别	i_{AB}	i_{BC}	i_{CA}	通入电流相别	被检元件相别	i_{AB}	i_{BC}	i_{CA}
AB相	AB相	动作	不定	不动	AB相	AB相	不动	不定	动作	AB相	AB相	不定	动作	不定
BC相	BC相	不动	动作	不定	BC相	BC相	不定	不定	不动	BC相	BC相	不定	不定	动作
CA相	CA相	不定	不动	动作	CA相	CA相	不动	不定	不定	CA相	CA相	动作	不定	不定

注：上面每一相元件中的不定状态中，必然是一个动作，另一个则不动作。如A B相元件在 $90^\circ < \phi_{fh} < 120^\circ$ 时通 i_{AB} 动作，通 i_{CA} 不动作，在 $170^\circ < \phi_{fh} < 180^\circ$ 时，通 i_{AB} 不动作，通 i_{CA} 动作

注：上面每一相元件中的不定状态中，必然是一个动作，另一个则不动作。如A B相元件在 $90^\circ < \phi_{fh} < 120^\circ$ 时通 i_{AB} 动作，通 i_{CA} 不动作，在 $170^\circ < \phi_{fh} < 180^\circ$ 时，通 i_{AB} 不动作，通 i_{CA} 动作

注：上面每一相元件中的不定状态中，必然是一个动作，另一个则不动作。如A B相元件在 $90^\circ < \phi_{fh} < 120^\circ$ 时通 i_{AB} 动作，通 i_{CA} 不动作，在 $170^\circ < \phi_{fh} < 180^\circ$ 时，通 i_{AB} 不动作，通 i_{CA} 动作

3、在每一电流换相情况下，将YB杆把依次置0，观察三个方向阻抗元件动作情况，将结果记录下来，当符合表1情况时，即可断定阻抗元件内部完好，接线正确。

二、试验方法分析

以AB相元件为例，对被保护线路送有功功率及无功功率情形进行分析。

前面已提到当取 $K_y = 0$ 时，方向阻抗元件的动作特性如图4所示，其动作区为 $-10 \pm 5^\circ \sim 170 \pm 5^\circ$ 。这时方向阻抗元件动作与否仅仅决定于输入电压与电流的夹角 ϕ 。我们知道，AB相元件电压端子接 \dot{U}_{AB} ，电流端子接 \dot{I}_{AB} 。在输送功

率 $S = P + jQ$ 情况下， $\phi_{fh} = \arg\left(\frac{\dot{U}_{AB}}{\dot{I}_{AB}}\right) = 0 \sim 90^\circ$ 。显然在动作区内，故

必然动作。将电流换相为 \dot{I}_{BC} 后，相当于

把 \dot{I}_{AB} 旋转 -120° ，也即对AB元件模拟 $S = -P \pm jQ$ （受有功、送无功或受无功）

运行方式，此时动作情况将根据 $\phi'_{fh} = \phi_{fh} + 120^\circ$ 的大小而定，当 $\phi'_{fh} < 170 \pm 5^\circ$ （也即 $\phi_{fh} < 50 \pm 5^\circ$ ）时，动作， $\phi'_{fh} > 170 \pm 5^\circ$ （也即 $\phi_{fh} > 50 \pm 5^\circ$ ）时，在动作区外，不动作。表1中的不定状态，就是考虑到随着负荷角 ϕ_{fh} 的不同，可能有动作

或不动作两种情况，电流换为 \dot{I}_{CA} 时，相当于把输入电流旋转 -240° 对AB元件模拟 $S = \pm P - jQ$ （送有功或受有功、受无功）运行方式。其 $\phi''_{fh} = \phi_{fh} + 240^\circ$ ，显然在 ϕ_{fh}

$= 0 \sim 90^\circ$ 时， ϕ''_{fh} 不在 $-10 \pm 5^\circ \sim 170 \pm 5^\circ$ 动作区内，故不动作。

对于BC、CA相元件及其它运行方式下动作行为，都可参照上述办法分析。

这里需要指出的是，用负荷电流检查时，存在一个起始负荷电流的问题，即只有二次电流，大于某一起始值后，才能进行检验。这是由于继电器动作本身需要消耗一定的功率，所以实际存在一个最小动作功率 S_{dzmin} 当输入继电器的功率小于 S_{dzmin} 时，继电器将不能正确动作。 $S_{dzmin} = UI$ ，当U为额定值时，对应有一最小动作电流 I_{dzmin} ，只有二次电流大于 I_{dzmin} ，才能进行试验。 I_{dzmin} 值大小可以预先测出，在校阻抗元件时，将YB插把置0，电压回路加额定值，通入电流使继电器刚好动作，对应的电流即为 I_{dzmin} ，然后再测出返回电流 I_{fh} （注意，应在动作区内测试）。

有时二次负荷电流虽小于 I_{dzmin} ，但大于或等于 I_{fh} ，我们可以通过下面方法试验：在每一电流换相情况下，用镊子轻轻拨动阻抗元件极化继电器触点，若到动作后位置不返回，即可判断为动作；若拨到动作后位置，镊子松开后，触点马上返回，并手感有反力存在，即可判断为不动作。这种方法在新线路投运时负荷电流不大的情况下，有时是可行的。

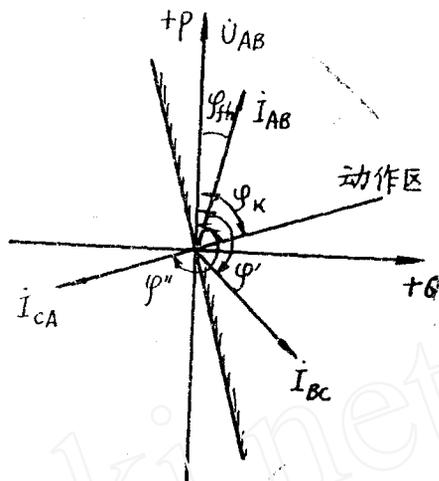


图 4