

负序方向继电器的方向性试验

秦岭电厂 龚振华

随着电力工业的日益发展，我国自己制造的大型发电机变压器更多的投入了系统的运行。负序方向继电器就是作为大型发电机、变压器的后备保护，即在非对称性故障时起保护作用，而广泛地被运用着。

负序方向继电器的动作条件是根据系统不对称故障时出现的负序电压 \dot{U}_2 和负序电流 \dot{I}_2 二向量的数值和相位关系来确定的。由于现在广泛采用了晶体管保护，继电器的动作功率很小，系统一旦出现负序分量，在数值上是足以能够满足继电器的要求的。所以继电器的动作与否，关键在于继电器所感受到的二个矢量 \dot{U}_2 和 \dot{I}_2 的相位。

电力系统的不对称故障，最常见的是单相接地和相间短路。由对称分量分析可知：当相间短路和单相接地故障时，负序电压 \dot{U}_2 超前负序电流 \dot{I}_2 一个角度 θ ，当系统的阻抗角 $\varphi \times = 75^\circ$ 时这一角度 $\theta = -105^\circ$ 。以A相负序分量为例，上述二种不对称故障的电压电流向量如图1所示。

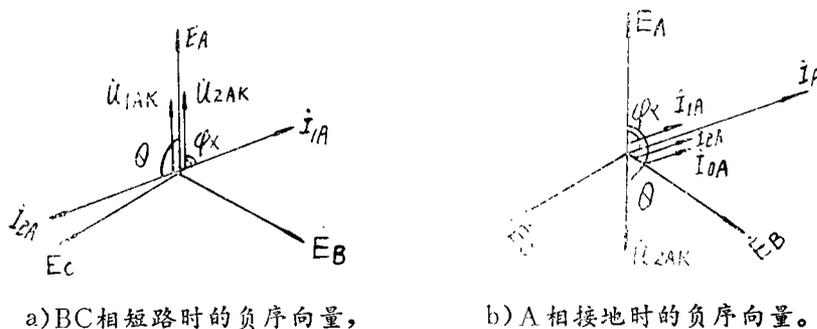


图1、相间短路和单相接地故障时A相负序分量向量图。

由上图可以清楚的看出，继电器的最大灵敏角应为 -105° ，即负序电压 \dot{U}_2 滞后负序电流 \dot{I}_2 105° ，或者负序电压 \dot{U}_2 超前负序电流 \dot{I}_2 -105° 。

一般在进行继电器的方向性试验时，其试验方法就是在模拟相间短路或者单相接地时，向继电器端子上施加相应的电压和电流来进行的。

方法一，用模拟相间短路的方法，向继电器的电流回路通入二相大小相等方向相反的电流，向继电器的电压回路加二相相同的电压，电流和电压的数值，以继电器的额定参数而定，具体方法，如表1所示。

模拟短路相别	电流回路	电压回路	最大灵敏角
BC相短路	在B、C电流端子上加 $-I_B = I_C$	短接B、C电压端子加 $AB = AC$	-15°
CA相短路	在CA电流端子上加 $-I_C = I_A$	短接CA电压端子加 $CB = BA$	-15°
AB相短路	在A、C电流端子上加 $-I_A = I_B$	短接AB电压端子加 $CA = CB$	-15°

以BC相短路为例，其试验接线及电压电流向量图分别如图2和图3。

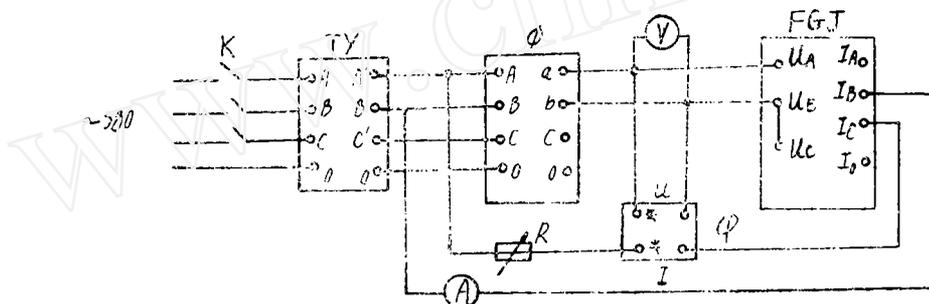


图2、模拟相间短路的试验接线。

K: 三相刀闸; TY, 三相调压器;
 ϕ : 三相移相器; V, 电压表; A, 电流表。
R: 可变电阻, FGJ, 负序方向继电器。

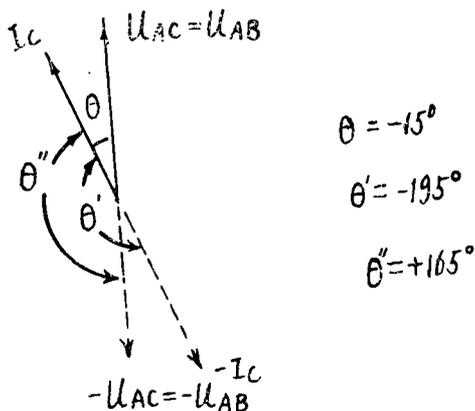


图3、试验所加的电压电流向量。

若改变电流的方向，则继电器的最大灵敏角将变为 $\theta' = -195^\circ$ ；若改变电压的方向，则继电器的最大灵敏角将变为 $\theta'' = +165^\circ$

方法二，用模拟单相接地的方法，向继电器通入相应的电压和电流，具体方法如表2所列。

模拟接地相别	电流回路	电压回路	继电器最大灵敏角
A相接地	加电流于 $I_A I_O$ 端子	电压端子B、C加 U_B, U_C 电压端子A加 U_N	-15°
B相接地	加电流于 $I_B I_O$ 端子	电压端子A、B加 U_A, U_C — ” — B 加 U_N	-15°
C相接地	加电流于 $I_C I_O$ 端子	电压端子A、B加 U_A, U_B — ” — C 加 U_N	-15°

以A相接地为例，其试验接线如图4。

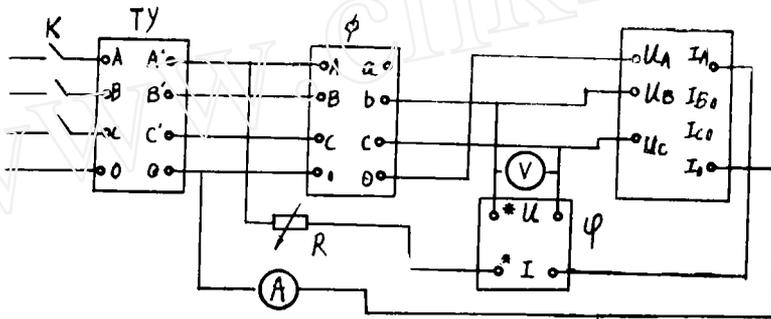


图4、模拟A相接地的试验接线。

按照上述方法试验时所加电流电压向量如图5所示。

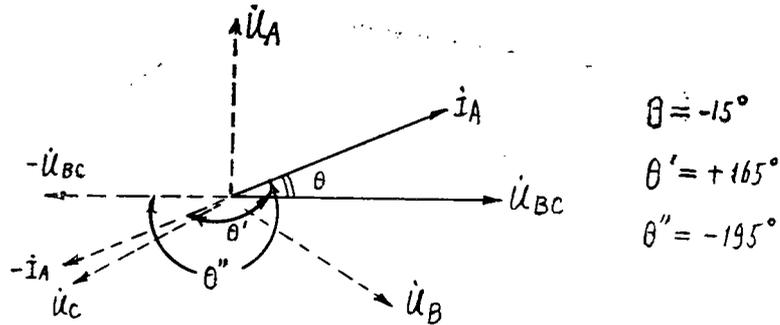


图5、模拟A相接地时所加电压电流向量图。

如果改变电流的方向，则继电器的最大灵敏角将变为 $\theta' = +165^\circ$ ，如果改变电压的方向，则继电器的最大灵敏角将变为 $\theta'' = -195^\circ$

用上述两种方法得到的最大灵敏角，如果和表中所列相同，则我们不难用对称分量法就可得到这时向继电器所加电压电流中的负序电压分量 \dot{U}_2 超前负序电流分量 $\dot{I}_2 - 105^\circ$ 。

若直接向继电器的端子上施加三相负序电压和负序电流，则继电器的最大灵敏角就直接表现为 -105° ，不过由于三相接线比较麻烦，一般用上述的方法一或方法二试验就可以了。

当继电器调试安装完毕后，可以用负荷电流和电压来进行方向性试验，以检查外部接线是否正确，这一点对保证保护正确工作是十分必要的。其试验方法，就是根据模拟单相接地的试验方法得到的。

由于继电器的端子上均有反应于系统的二次电压和电流，试验时应小心谨慎，防止电流回路开路和电压回路短路或接地。具体作法是：向继电器通入一相电流，而将其余二相电流短接并回另线，再与继电器断开。尔后依次断开继电器电压端子上的一相电压，并在被断开的那一电压端子上接上中性点电压 U_N ，根据继电器的动作与否，和负荷有功无功的方向，即能判别继电器外部接线的正确。结果应和表 3 相符。P、和 Q 以送出为十，受进为一。

负荷潮流		P ₊ O			P ₊ O ₋			P ₋ O ₊			P ₋ O ₋		
断开的电压相并接入 U_N	通入电流相别	U_A	U_B	U	U_A	U_B	U	U_A	U_B	U	U	U_N	U_A
	I	I	+	±	-	±	+	±	±	-	±	-	±
I	I	-	+	±	±	±	+	±	±	-	+	-	±
I	I	±	-	+	+	-	±	-	±	±	±	+	-

继电器动作为 +，不动为 -，± 为可动可不动，继电器在临界状态。

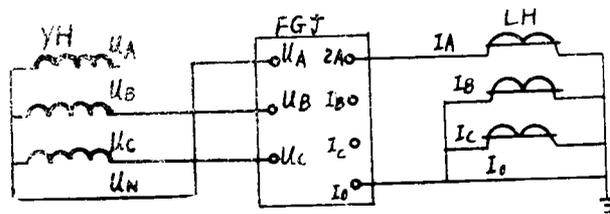


图 6、带负荷试验时的外部接线。

下面举例说明带负荷试验的方法。先根据负荷的输送情况，求得电流和电压的夹角 φ ，若 $P = +68\text{MW}$ ， $Q = +40\text{MVAR}$ ， $\varphi = \tan^{-1} \left| \frac{\theta}{P} \right| = 30^\circ$ 然后根据 φ 角画出电流电压矢量图，如图 7。因为单相接地时负序电压 \dot{U}_{2A} 与 U_A 方向相反，所以继电器动作区为图示，又因为单相接地时，负序电流 \dot{I}_{2A} 和短路电流同方向，所以在断开 A 相电压并接上 U_N 后，通入 I_A 电流时，其 \dot{I}_{2A} 落入动作区内，继电器动作。在改换通入 I_B 电流时，由于负序电压方向不变，由 I_B 产生的负序电流 \dot{I}_{2B} 应超前 \dot{I}_{2A} 120° 所以 \dot{I}_{2B} 落在继电器的动作区外，继电器不动作，依此类推，可得表中所列。

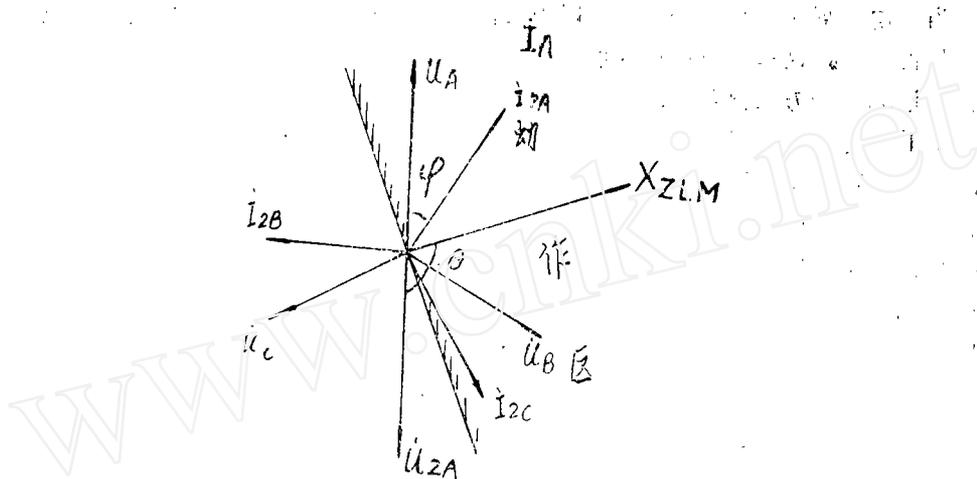
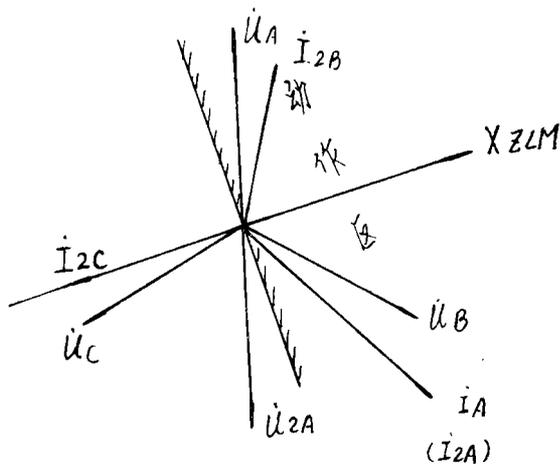


图 7、断开 A 相电压。

又如当： $P = -50\text{MW}$ $\theta = -50\text{MVAR}$ ， $\varphi = \tan^{-1} \left| \frac{\theta}{P} \right| = 45^\circ - 180^\circ$
 $= -135^\circ$

将 $\varphi = -135^\circ$ 角画入电流电压矢量图 8 中。



若断开 A 相电压，加 I_A 时，继电器动作，假若 $\varphi > -153^\circ$ 继电器在临界动作状态，加 I_B 时，继电器动作，加 I_C 时，继电器不动作。

对于负序方向继电器的方向性试验，在明白继电器的动作原理和不对称故障发生时电压和电流的向量关系后，其试验方法是可以多种多样的。