

负序功率方向继电器接线正确性检查

姜贵臣 河北省电力工业局(050021)

负序功率方向继电器一般用在变压器高压侧和负序电流继电器构成负序电流方向保护;最近又大量用在大型发电机保护中;作为发电机静子匝间短路保护中的闭锁元件。正常运行中继电器不动作,就是电流互感器三相极性同时接反后继电器也不会动作,发电机的匝间故障又很少发生,(尤其大机组大多为新机)该保护很难得到真正的考验,在系统波动时该方向继电器曾有过几次误发信号(实际是方向接反)但整套保护未动作跳闸,所以未能引起有关人员的重视。西柏坡发电厂#1机(30万)在启动试运中该套保护误动作甩负荷,原因即是负序方向接错,一是没有用负荷电流和工作电压检验方向继电器接线是否正确,二是设计部门未考虑电流回路的极性,(与变压器差动保护共用一组电流互感器)只考虑了变压器差动保护的极性需要,而忽视了负序方向继电器的极性需要。看来用负荷电流和工作电压检验负序方向继电器接线是否正确是必要的,本文对检查的方法和介绍如下,供现场参考。

1 电压模拟单相接地短路

模拟方法和继电器在各种负荷潮流情况的动作行为分析如下:

方法:分别向继电器通入一相电流,并将另两相电流封好回零,且和继电器断开,然后轮流断开继电器电压端子(A、B、C)一相电压,并将断开的电压端子接入零相电压,然后观察继电器的状态并与事先分析的结果相对照。

1.1 模拟 A 相电压接地短路分析如下:

先求 u_{2a} , 此时继电器接入的电压 $u_a = 0$

$$\begin{aligned} \text{则 } u_{2a} &= \frac{1}{3}(u_a + a^2u_b + au_c) \\ &= \frac{1}{3}(a^2u_b + au_c) \\ &= \frac{1}{3}(a^2 \cdot au_c + au_c) \text{ 用 } u_b = aU_c \text{ 代入} \\ &= \frac{1}{3}(1 + a)u_c \\ &= -\frac{1}{3}a^2u_c \quad \text{因 } 1 + a = -a^2 \end{aligned}$$

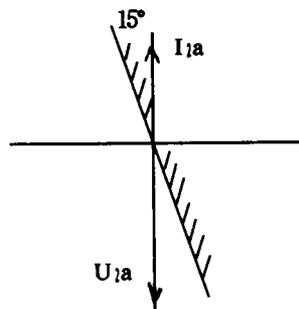


图 1

求出 u_{2a} 方向后即可根据继电器的特性划出继电器的动作区域图(图 1)。阴影部分为动作区。

①先通入 A 相电流,方法是将 B、C 两相电流短接回零,并与继电器断开,求 I_{2a} , 此时通入继电器电流 B、C 两相为 0

则 $I_{2a} = \frac{1}{3}(I_a + a^2I_b + aI_c) = \frac{1}{3}I_a$ 即与 I_a 同方向,按完全送有功的情况下将 I_{2a} 划在图 1 上, I_{2a} 落在继电器动作区内,继电器应动作,

送有功	送无功
受无功	送无功
受有功	受有功
受无功	送无功

图 2

收稿日期:1995-05-03

在完全送有功的情况是这样, 现在我们把图 2 套在图 1 上, 使纵座标与 I_{2a} 重合, 再分析继电器在不同负荷状态下的继电器为动作行为, 在送有功送无功的情况下 $I_a(I_{2a})$ 落在第 I 象限内, 继电器动作, 反之负荷是受有功受无功的情况下 I_{2a} 落在继电器的制动区内, 继电器应是制动状态。在负荷为送有功受无功时 I_{2a} 落在第 II 象限内, 即 I_{2a} 随着力率角的大小不同, 可能落在动作区内, 也可能落在制动区内。即继电器可能动作, 也可能处于制动状态。当负荷为受有功、送无功(第 IV 象限) 和送有功受无功的情况一样, 继电器可能动作也可能不动, 即专业人员通常称这种状态为“不定”状态。但在现场实际试验时还是比较容易判断的, 因事先已测定好负荷电流向量图, 根据负荷电流的实际角度进行分析就更直观了。将上述分析结果填入表内。

表内 “+” 表示继电器动作

“-” 表示继电器制动

± 表示继电器在“不定”状态。

② 继电器通入 B 相电流, 方法是将 A、C 两相电流短接回零并与继电器断开, 此时继电器只通入 I_b 电流。

$$\begin{aligned} \text{则 } I_{2a} &= \frac{1}{3} (I_a + a^2 I_b + a I_c) \\ &= \frac{1}{3} a^2 I_b \end{aligned}$$

I_{2a} 的位置为 I_b 逆时针转动 240° 即与 I_c 重合, 同样也是随着负荷潮流的改变而改变, 但始终与 I_b 保持着一定的数量 and 方向关系, 同样也将 I_{2a} 划入到继电器动作区内。将图 2 套在图 3 上, 纵座标与 I_{2a} 重合和通入 I_a 电流时的分析方法一样, 将继电器在各种不同负荷潮下的动作状态的分析结果也填入表内。

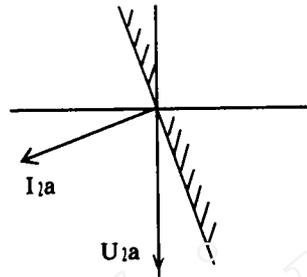


图 3

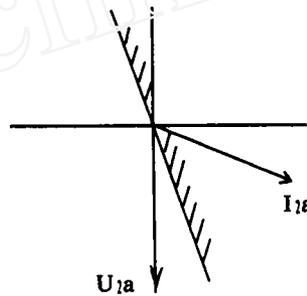


图 4

③ 继电器通入 I_c 电流, 方法: 将 A、B 两相电流短接回零并与继电器断开, 此时继电器只通入 I_c 电流。

$$\text{则 } I_{2a} = \frac{1}{3} (I_a + a^2 I_b + a I_c) = \frac{1}{3} a I_c$$

I_{2a} 的位置是 I_c 逆时针转动 120° 也即与 I_b 重合, 即图 4。按上述的分析方法, 将继电器在各种不同负荷潮流下动作状态的分析结果也填入表 1 内。

表 1

负 荷 潮 流	送有功 送无功			送有功 受无功			受有功 受无功			受有功 送无功		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
通入电流相别												
断开电压相别												
A	+	-	±	±	±	+	-	+	+	±	±	-
B	±	+	-	+	±	±	±	-	+	-	±	+
C	-	±	+	±	+	±	+	±	-	±	-	±

按照模拟 A 相接地短路的分析方法, 再对模拟电压 B 相和 C 相接地, 轮流通入三相电流进

行分析,将分析结果一并填入表内,供现场方便使用。

2 模拟两相短路,轮流断开一相电流来检查继电器接线的正确性

继电器在各种不同负荷潮流下的动作行为分析如下:

2.1 电压模拟 A、B 两相短路

方法:将继电器 A、B 两电压端子短接后,并接入 u_a 电压继电器感受到的负序 A 相电压 (u_{2a}) 为

$$\begin{aligned} 3u_{2a} &= u_a + a^2u_b + au_c \\ &= u_a + a^2u_a + a^2u_a \quad u_a = u_b \\ &= (1 + a^2 + a^2)u_a \\ &= (a^2 - a)u_a \end{aligned}$$

即 u_{2a} 落后 u_a 90° 根据继电器特性划出继电器动作区域图 5

① 继电器通入 A、B 相电流,并断开 C 相短接回零。此时 I_{2a} 为

$$\begin{aligned} I_{2a} &= \frac{1}{3} (I_a + a^2I_b + aI_c) \\ I_{2a} &= \frac{1}{3} (I_a + a^2I_b) = -\frac{1}{3}I_a \end{aligned}$$

为了能够更直观的进行分析,仍将图 2 逆

时针转 60° 套在图 6 上,纵座标与 I_{2a} 重合,然后将各种负荷情况下继电器的动作状态的分析结果填入表 2 中。

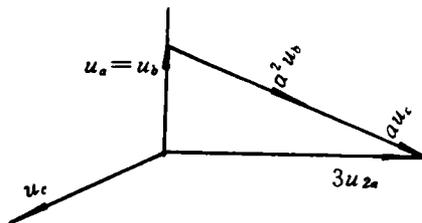


图 5

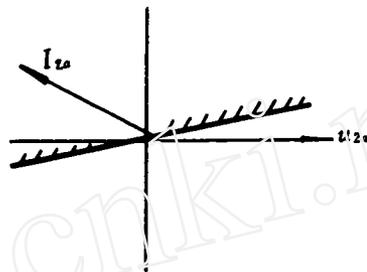


图 6

表 2

负 荷 潮 流	送有功 送无功			送有功 受无功			受有功 受无功			受有功 送无功		
	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B
断开电压相别 模拟电压 短路相别												
A B	+	±	±	±	-	+	-	±	±	±	+	-
B C	±	+	±	+	±	-	±	-	±	-	±	+
C A	±	±	+	-	+	±	±	±	-	+	-	±

② 通入 B、C 两相电流,并断开 A 相电流短接回零

$$\begin{aligned} \text{此时 } I_{2a} &= \frac{1}{3} (I_a + a^2I_b + au_c) \\ &= (a^2I_b + au_c) \times \frac{1}{3} \\ &= -\frac{1}{3}I_a \end{aligned}$$

将 I_{2a} 划入继电器动作区图上,仍将图 2 套在图 7 上进行分析,将分析结果也填入表 2 中。

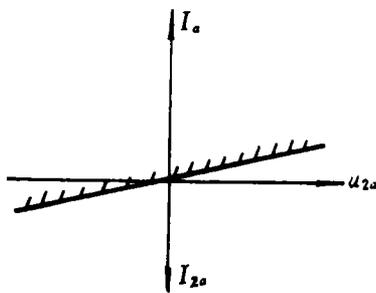


图 7

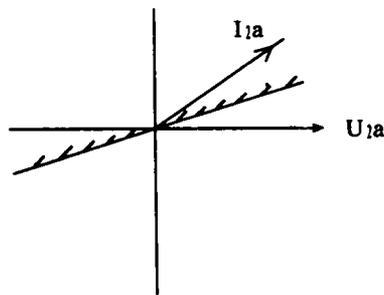


图 8

③ 通入 C、A 相电流断开 B 相并短接回零。此时

$$I_{2a} = \frac{1}{3} (I_a + a^2 I_b + a I_c)$$

$$= \frac{1}{3} (I_a + a I_c) = -\frac{1}{3} I_c$$

同样将 I_{2a} 划入继电器动作区图上, 同样图 2 套在图 8 上, 进行分析继电器在各种负荷情况下的动作状态。分析结果也填表 2 内。

电压回路模拟 B、C 相短路和模拟 CA 相短路, 轮流断开一相电流, 在各种负荷状态下的继电器的动作行为的分析方法和前面模拟电压 A、B 相短路一样, 本文不再分析, 只把分析结果填入表 2 中, 表 2 中填入的结果, 是在模拟 BC 短路时, 是将继电器 B、C 两端子短接后接入 B 相电压, 模拟 CA 短路时接入 C 相电压时的分析结果。

3 以上对模拟单相接地短路和两相短路都进行了分析, 目的是多提供一些方法给现场试验的同志容易根据现场条件(如端子排的布置等情况)加以选用。并不是要求三相都要进行模拟试验。本人认为模拟单相接地短路比较简单, 如只做模拟电压 A 相接地短路(或模拟 B 相或 C 相)轮流通入三相电流后即可得到满意的结果, 只通入一相电流不行, 易造成错误判断。

(上接 30 页) 为计算方便, 可分别把 ΔI_2 及 ΔI_1 向后移相 15° , 即取 $\theta = -15^\circ$, 此时,

$$x'(k) = 0.5176[x(k) + x(k-1)] \quad (8)$$

当本保护用于发电机时, 用到的量为机端三相电压和机端三相电流, 而用于保护整个发变组时, 用到的量则为主变高压侧的三相电压和三相电流。本保护方案用微机具体实现时, 当采样数据续入后, 首先进行数字滤波和数字滤序等数据处理, 得出纯净的正、负序电压和电流分量 U_1 、 U_2 、 I_1 和 I_2 , 并求出它们的增量 ΔU_1 、 ΔU_2 、 ΔI_1 和 ΔI_2 , 再把 ΔI_1 和 ΔI_2 向后移相 15° , 就可利用上述判据进行比相判断了。

5 结论

本保护方案可用于反应包括发电机匝间故障在内的发电机或发变组内部各种不对称故障, 而在各种振荡情况及外部故障时, 保护又可靠闭锁。由于本保护方案新颖、闭锁方法独特, 与其它形式的匝间保护相比有很大的优越性。

参考文献

- 1 宋聚忠 600MW 大型机组微机成套保护装置的研制(部分工作), 合肥工业大学硕士研究生毕业论文, 1991. 4
- 2 宋聚忠、林韩、姚晴林等. 一种新型的微机发电机失步预测及失步保护方案. 继电器. 1995. 2