

# 晶体管负序电流继电器

许昌继电器研究所组合组

目前在电力系统上运行的负序电流继电器一般是由负序电流滤过器和电磁式继电器组装而成。这种继电器由于受电磁式继电器灵敏度的限制，负序电流滤过器一般做得比较大，因而交流电流回路消耗的功率也比较大（如 DL-2 每相消耗将近 18VA）。整个继电器的体积也比较大。

按照水电部和一机部联合设计的组合继电器方案要求，我们试制了晶体管负序电流继电器，该继电器的交流电流回路每相消耗的功率不到 2 VA，体积也缩小许多，并且采用嵌入安装插件式结构，便于用户使用和调试。

继电器的原理接线图如图 1 所示。负序电流滤过器由电流互感器 LH、电容器  $C_2$ 、电位器  $W_2$  和电抗互感器 KH 组成。LH 的铁心不带气隙，A 相电流绕组的匝数为  $3I$ 。绕组匝

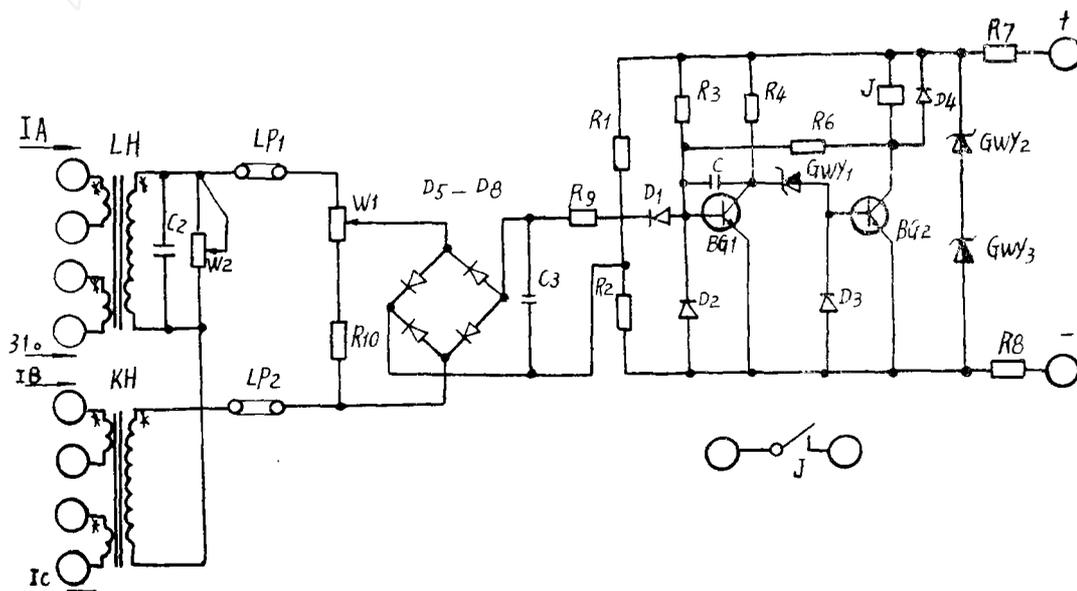


图 1 原理接线图

数的 3 倍，这样在 LH 中就没有零序电流的磁势。在铁心没有饱和时，LH 的二次电流正比于一次电流。依靠电容  $C_2$  对于损耗的补偿作用，使电位器  $W_2$  上的电压正比于一次电流  $I_A$

并且同相。KH 的铁心带气隙，在铁心没有饱和时，其二次电势与一次电流  $i_B - i_C$  成正比，并且相位超前  $90^\circ$ 。调整电位器  $W_2$ ，使滤波器在通正序电流时， $W_2$  上的电压和 KH 的二次电势恰巧抵消，这样滤波器就无电压输出，此时的向量图如图 2 所示。

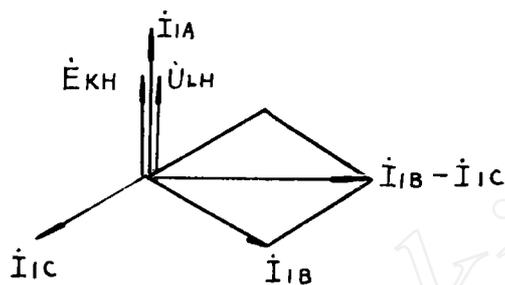


图 2 通正序电流时滤波器向量图

从向量图上看，当滤波器通正序电流时， $U_{LH}$  和  $E_{KH}$  同相，但因 LH 和 KH 二次绕组连接时极性相反，两电压抵消，滤波器无电压输出。当滤波器通负序电流时， $U_{LH}$  和  $E_{KH}$  大小相等，方向相反，两者相加，滤波器有相当大的电压输出，此时的向量图如图 3 所示。

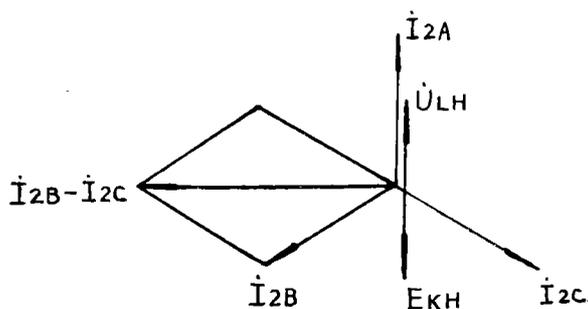


图 3 通负序电流时滤波器向量图

当滤波器通零序电流时，由于 KH 的 B 相和 C 相电流绕组输入端极性相反，匝数相等，零序电流磁势抵消，前面已谈过 LH 中无零序磁势，因此滤波器无电压输出。

综上所述，在一定条件下，仅在所通的电流中存在负序分量时，滤波器二次回路才有输出电压。

调整滤波器时，应打开连接片  $LP_1$  和  $LP_2$ ，用真空管电压表或高内阻交流电压表测量 LH 和 KH 的二次电压  $U_{LH}$  和  $E_{KH}$ 。在 KH 的 B 相和 C 相电流绕组中通单相电流  $i_B = -i_C = 4.33A$ ，测出  $E_{KH}$ （通 4.33A，是为了使 KH 中通单相电流的磁势，与滤波器通三相 5A

电流时  $\dot{i}_B - \dot{i}_c$  的合成磁势相等)；然后在 LH 的 A 相电流绕组中通 5 A 电流，调整  $W_2$ ，使 LH 的二次电压  $U_{LH} = E_{KH}$ 。滤波器调整后，接通  $LP_1$  和  $LP_2$ 。

滤波器的输出电压经桥式整流器  $D_5 - D_8$  和阻容滤波器加至触发器。

在正常情况下，触发器的三极管  $BG_1$  导通， $BG_2$  截止，执行元件 J 不动作。当系统发生不对称故障，出现足够大的负序电流时，滤波器输出电压使触发器翻转， $BG_1$  截止， $BG_2$  导通，执行元件 J 动作。

$BG_1$  和  $BG_2$  均为硅三极管，受温度影响比较小，特性较锗三极管稳定。执行元件 J 为一超小型密封电磁式继电器，它在额定值下的动作时间不超过 0.01 秒。接在  $BG_1$  集电极和  $BG_2$  基极之间的齐纳二极管（稳压管）可以提高触发器工作的可靠性，相当于负偏压的作用。

BFL-11/1 用于信号回路，负序动作电流的整定范围为 0.5~1 A；BFL-11/6 用于跳闸回路，整定范围为 1.5~6 A。整定方法是调整继电器前面的电位器，整定好后应旋紧锁紧螺母，以防整定值变化。

当系统发生相间短路时，以 B、C 相短路为例，其故障电流  $\dot{i}_B^{(2)} = -\dot{i}_c^{(2)}$ ，故障电流的对称分量向量图示于图 4 中。

用对称分量分析法，求出

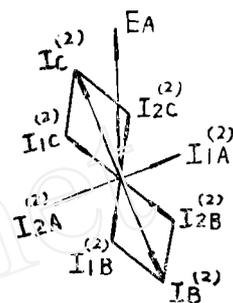


图 4 B、C相短路时电流向量图

$$\dot{i}_{1A}^{(2)} = j \frac{1}{\sqrt{3}} \dot{i}_B^{(2)}$$

$$\dot{i}_{2A}^{(2)} = -j \frac{1}{\sqrt{3}} \dot{i}_B^{(2)}$$

负序电流的绝对值

$$I_{2A}^{(2)} = \frac{1}{\sqrt{3}} I_B^{(2)}$$

$$I_B = \sqrt{3} I_{2A} = -I_c$$

由以上分析可知，在相间短路时，故障电流为负序电流的  $\sqrt{3}$  倍。根据这点，我们可以用模拟相间短路的方法试验负序电流继电器。用此方法，只需在模拟短路的两相电流绕组中通单相电流，测出动作电流，除以  $\sqrt{3}$ ，就得出负序动作电流。例如继电器的负序动作电流整定为 1.5 A，则模拟相间短路时的动作电流应为  $1.5\sqrt{3} = 2.6$  A。

在大电流接地系统中，当发生单相接地短路时，如果短路在 A 相，则用对称分量分析法求出：

$$\dot{i}_{1A}^{(1)} = \frac{1}{3} \dot{i}_A^{(1)}$$

$$\dot{i}_{2A}^{(1)} = \frac{1}{3} \dot{i}_A^{(1)}$$

$$\dot{i}_{0A}^{(1)} = \frac{1}{3} \dot{i}_A^{(1)}$$

则负序电流的绝对值

$$I_{2A}^{(1)} = \frac{1}{3} I_A^{(1)}$$

$$I_A^{(1)} = 3 I_{2A}^{(1)}$$

由上分析可知，在大电流接地系统发生单相接地短路时，故障电流为负序电流的3倍。这样，我们也可以用模拟单相接地的方法试验负序电流继电器。即在模拟故障相电流绕组和3I<sub>2</sub>绕组中通单相电流，测出动作值，除以3，即得负序动作电流。例如，继电器的负序动作电流整定为1.5A，则模拟单相接地短路时的动作电流应为3×1.5=4.5A。