

对“手动准同期接线图”的商榷

(剖析一次非同期并列事故)

四川遂宁市电力公司 费庆伦

目前通用的“手动准同期接线图”是许昌继电器研究所编制的“小型水电站定型屏”二册163~172页和西北电力设计院编的“电力工程设计手册”696页所推荐的方案。其接线如图1所示。(图中仅画出同期小屏上的元件连线和同期小母线)。它是以整步表S作同期指示元件,以同期检查继电器TJJ作闭锁元件。继电器TJJ的常闭触点由同期引出小母线1TBM、2TBM引出,串入到各台油开关的合闸回路内,在非同期时刻,继电器TJJ动作。常闭接点打开,使合闸脉冲无法送出,起到了非同期的闭锁作用。正常并车程序是:操作人员监视整步表,等待表计旋转很慢而快要接近红线同期位置时,马上操作合闸开关,此时继电器TJJ复归,常闭接点闭合,接通同期引出小母线,允许值班人员用手操作合闸开关,就能顺利送出合闸脉冲,油开关合闸,并车完毕。

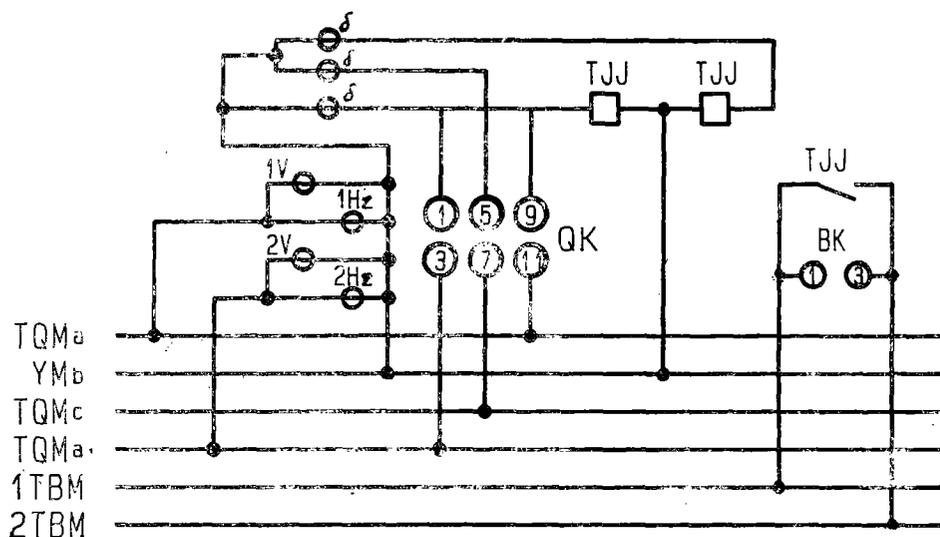


图1 手动准同期接线图

1 问题的提出

龙凤电站的手动准同期装置也是采用上述接线的。1973年1号机大修结束,开车并入系统时,值班人员按正常程序操作并车,却出现了非同期并列的事故,险些损坏发电机。经检

查发现,因发电机引出线标志脱落,A、C相对调接错,使发电机由顺相序变为逆相序,同电网相序不合,造成了非同期并列,我们的同期装置,有同期检查继电器闭锁作用,为什么会出非同期并列呢?当时初步分析是:(1)同期接线有人改动,接线有错;(2)继电器TJJ的两个线圈均坏,丧失闭锁作用;(3)运行人员误操作,开关又有故障。经检查和模拟试验,否定了以上原因。于是不得不怀疑起接线图来,难道此接线图在相序不同时就不起闭锁作用吗?能否更改接线来防止此类事故再度发生呢?

2 造成非同期并列的原因

从图中可以看出:同期检查继电器的两个线圈只接入电网的 $U_{a,b}$ 电压和待并机的 $U_{a,b}$ 电压,只要 $U_{a,b}$ 与 $U_{a,b}$ 的相角差不超过继电器TJJ的动作允定值时,继电器不动作,而相角差增大到超过整定值时,继电器起动,常闭触点打开。这种接线表明:同期检查继电器只反映电网与待并机组同名相电压 $U_{a,b}$ 、 $U_{c,b}$ 的相角差,不能鉴别出它们的相序是否相同。就是待并机是逆相序与电网相序相反时,仍有 $U_{a,b}$ 与 $U_{a,b}$ 相角差为零的时刻,故继电器TJJ的触点仍有闭合之时刻。再来看看整步表S,S接入待并机的三相电压以形成旋转磁场,接入电网的 $U_{a,b}$ 电压以形成脉动磁场,经试验和理论分析表明,(见附录),当待并机是顺相序,与电网频率相同,且 $U_{a,b}$ 与 $U_{a,b}$ 相角差为0。整步表的表针停在红线同期位置。当待并机变为逆相序频率仍与电网相同, $U_{a,b}$ 与 $U_{a,b}$ 相角差也为0时,整步表的表针却停在离红线附近偏“慢”方向 $20^\circ \sim 30^\circ$ 的地方。下面我们把两者结合起来看:当待并机是逆相序与电网相序不合,且频率相同, $U_{a,b}$ 与 $U_{a,b}$ 相角差减少到低于继电器TJJ的动作整定值以下时,继电器TJJ不动,常闭触点闭合,整步表的表针正好在红线同期位置附近 $20^\circ \sim 30^\circ$ 的地方。所以值班人员操作合闸开关,能顺利送出合闸脉冲,使油开关误合闸,从而形成相序不同的非同期并列事故。这就是我司造成非同期并列事故的真正原因。

3 改进意见

能否改进同期装置接线。在相序不同时,也可起到闭锁作用呢?考虑的出发点是:在相序不同时,让继电器TJJ长期动作,常闭触点打开就可起到闭锁作用了,或是在相序不同时让继电器TJJ的触点闭合之时刻,整步表的表针远离红线同期位置,这样在表针接近红线时,是让继电器TJJ早已动作,闭锁触点打开,于是在正常操作的情况下,同样可以起到闭锁作用。由此考虑了以下几个方案:

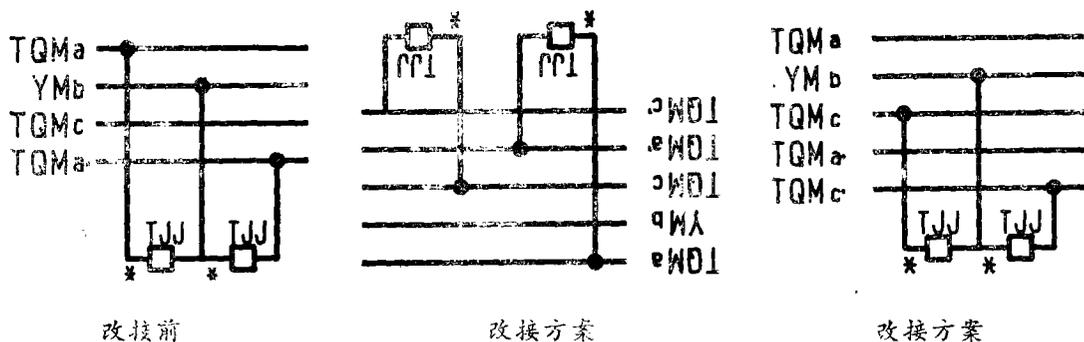


图2 同期检查继电器改接方案

方案一：在同明同暗灯光法并车方式的启示下，将同期检查继电器的两个线圈按照并车灯的接线方式接线(图2中改接方案一)即一个线圈接入 $U_{aa'}$ 电压，另一个线圈接入 $U_{cc'}$ 电压。在待并机与电网的相序相同，频率相同且整步表的表针停在红线同期位置时，即是 $U_{aa'}$ 与 $U_{cc'}$ 相角差为0，所以 $U_{aa'} = U_{cc'} = 0$ ，继电器TJJ的两个线圈上无电压(相当于并车灯同时熄灭)常闭触点闭合允许送出合闸脉冲。当相角差过大，整步表的表针远离红线时， $U_{aa'}$ 与 $U_{cc'}$ 的电压也增大(相当于并车灯同时明亮)两电压以固定 60° 相角差共同作用于继电器TJJ，使其触点打开，闭锁了合闸回路。在相序不同时， $U_{aa'}$ 、 $U_{cc'}$ 没有同时为0的时刻(相当于并车灯不能同时熄灭)使继电器TJJ长期动作，触点打开，又起到了闭锁作用(相量图见图3)。

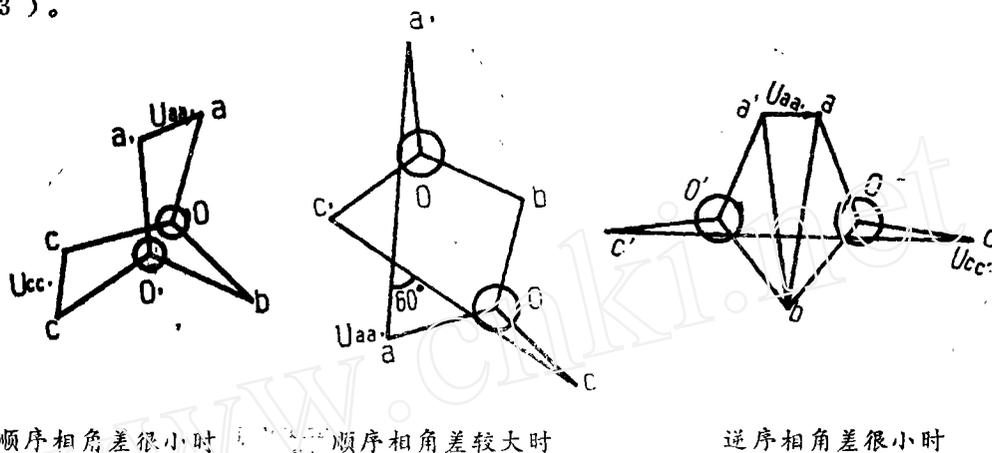
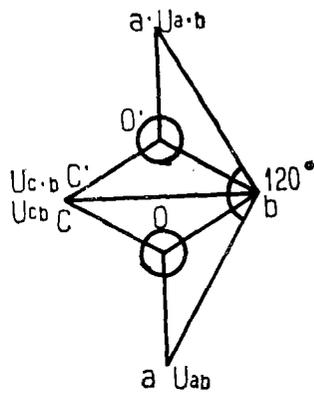


图3 改接方案一的相量图

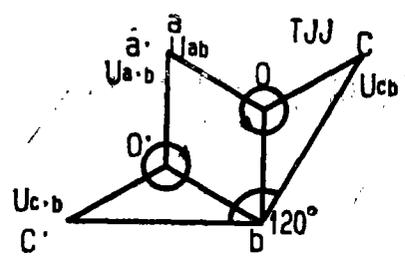
这里要注意的是：继电器TJJ的线圈上是承受 $0 \sim 200\text{V}$ 的一个变化电压(对公共B相接地，P、T二次电压 100V 而言)故现行的DT-13型同期检查继电器需串一适当的电阻才能使用，或是选用DJ-200型电压继电器改制。另一点是两线圈承受的电压相位差是 60° ，故其合成磁通是一个线圈产生的磁通的 $\sqrt{3}$ 倍。所以，在用电压法检验继电器时，其检验公式也得作相应修改。

方案二：整步表的接线仍不动，将同期检查继电器改接到 $U_{cc'}$ 和 U_{cb} 上。在电网和待并机组同为顺相序时，同原接线一样，能起闭锁作用。当待并机变为逆相序而与电网相序不同情况就变了。由(图4)可看出，若 $U_{cc'}$ 与 U_{cb} 相位相同时，继电器TJJ的触点虽然闭合，但此时 $U_{aa'}$ 与 U_{cb} 相角差为 120° ，而使整步表的表针远离红线位置，当 $U_{aa'}$ 与 U_{cb} 相位相同时，整步表的表针虽在红线附近，但 $U_{cc'}$ 与 U_{cb} 的相角差又大到 120° ，使继电器TJJ的常闭触点打开，所以值班人员只要按照正常操作程序并车，这一方案在逆相序时也能起到闭锁作用的。

以上二方案，都引入了电网的 C' 相电压，对同时还没有代ZZQ-1型自动准同期装置的电站就用不着更改ZZQ-1型装置的接线了(见电力工程设计手册698页)，由于在各种情况下，都能较好起到非同期的闭锁作用，所以可减掉大修后并车需检查发电机相序的环节。这是本方案的突出优点。引入了系统C相电压，多增加一点小元件，如一根同期电压小母线QMC，同期开关TQ要多设一层触点和少量的盘间连接线，不会增加多少投资。只



$U_{a'b'}$ 与 U_{ab} 相位相同



$U_{a'b'}$ 与 U_{ab} 相位相同

图4 待并机为逆相序时改接方案二的相量图

是对出线也代有并车开关的电站，考虑到在线路侧取C相电压得增加电压互感器，不划算，只好让线路开关的并车接线采用原接线。

对于建成投入运行的电站要更改元件，添置小母线很困难，于是设想，能否维持原接线不动，也可达到此目的呢？为此，想从整步表上打主意。由附录“整步表的原理”可看出，在待并机以逆相序引入整步表，频率与电网频率相同，且 $U_{a'b'}$ 与 U_{ab} 同相位时，整步表的表针停留在距红线同期位置 β 角的地方，则 $\beta = 2\alpha$ ， α 角是整步表接到电网的那个线圈 A_0 的阻抗角；对一般的整步表 $\alpha = 10^\circ \sim 15^\circ$ ，故 $\beta = 20^\circ \sim 30^\circ$ ，这就是前面我们试验的情况。在知道了这一点后，于是产生了第三方案：

方案三：不改变手动准同期的接线。只是增大整步表 A_0 线圈的阻抗角。将线圈 A_0 串的电阻 R_0 去掉（见附录整步表的接线图）更换一适当的电感线圈，使 A_0 的阻抗角增大到 $60^\circ \sim 70^\circ$ 时，则 $\beta = 120^\circ \sim 140^\circ$ 。这样待并机是逆相序引入整步表时，在 $U_{a'b'}$ 与 U_{ab} 相位相同，继电器TJJ的触点虽闭合，但整步表的表针却远离红线同期位置“慢”方向 $120^\circ \sim 140^\circ$ 。当表针接近红线时其 $U_{a'b'}$ 与 U_{ab} 相角差大到 120° 使继电器TJJ动作，触点打开。所以只要按正常程序操作，也能起到闭锁作用。老式整步表这样更改很方便，更改后需移动指针重新校对同期点。

参考文献

- 〔1〕 小型水电站定型屏。 许昌继电器研究所编。
- 〔2〕 电力工程设计手册。 西北电力设计院编。
- 〔3〕 常用电测量指示仪表的原理， 陕西电业管理局编。

