



中取得同期电压的相别，而不统一电压源设备型式（以下简称“同相制”同期系统），甚至于电压源设备型式、安装相别均不必统一的接线（以下简称“混相制”同期系统），以便达到因地制宜，利用现场实际已有设备实现同期的目的。本文就上述问题作了初步探讨，并提出一些初步建议，供大家商榷讨论。

## 二 “同相制”的同期系统接线和电压矢量分析

众所周知，需要进行准同期并车的断路器两侧电压必备条件是：相序相同、相位一致、电压相等、频率相等。不管是三相式同期还是单相式同期的同期系统，都必须遵循这几个原则。

一般而言，发电机、变压器、母线等元件，其同期电压源设备是断路器两侧电压互感器，而线路断路器的系统侧电压源设备，可根据经济技术比较选用不同的型式，如PT或CVT或OY耦合电容器加ZY—2电压抽取装置，这些由不同方式构成的系统侧电压源，都可用于公用的同期系统，兹分别分析如下。

### 1. 三相式同期系统的电压矢量分析和相应的接线图。

三相式同期系统电压矢量分析请参见图1。图1所示为系统侧同期电压统一取自A(AB)相，系统侧电压统一取自B(BC)、C(CA)相，分析类似取自A(AB)相的情况，从图中可见，系统侧电压源设备型式虽不统一，但可适用于公用的同期系统中，不必为该设备型式不统一而增设专用的一次设备。从图中亦可看出另外一点：要取得合乎要求的同期电压，对不同的电压源，其实现的难易程度有差异。其中以电磁式电压互感器最简单，仅将断路器两侧电压直接引入同期装置即可。其次是OY型耦合电容器，它只要配合加装ZY—2型电压抽取装置，同样能取得合乎上述原则的电压，仍属于方便经济的；因为ZY—2型电压抽取装置输出的电压为100伏，且其向量超前相电压 $30^\circ$ ，刚好与母线电压互感器二次侧线电压一致，故可以直接引入同期装置进行比较。有两种情况稍感麻烦，这就是在系统侧电压源设备是YDR型电容式电压互感器时以及变压器为Y/ $\Delta$ —11时的低压侧电压源为电磁式电压互感器时，虽然两种情况都可取到100伏电压，但其向量差 $30^\circ$ ，不能满足同期电压的上述原则，这时需要设置转角变压器（Y/ $\Delta$ —11接线组别），藉其将母线电压互感器引出的相应电压移前 $30^\circ$ ，以达到电压一致的目的。

### 2. 单相式同期系统的电压矢量分析和接线图。

各种情况下的单相同期电压矢量分析请见图2所示，从图中看出，其基本情况与三相式同期系统分析类似，较麻烦的仍是系统侧电压源设备为YDR型电容式电压互感器和变压器接线组别为Y/ $\Delta$ —11时低压侧电磁式电压互感器时的两种情况，由于电压向量差 $30^\circ$ ，须采取措施，方能取得满足上述原则的电压。

措施有二种：一种是在母线电压互感器的开口三角形线圈中抽出合适的试验芯供电，（单相电压100V），另一种是设置转角变压器供电，藉其将母线电压互感器引出的相应电压移前 $30^\circ$ 来达到目的。

单相式同期电压矢量分析和其对应的接线请见图2。图2所示为系统侧电压统一取自A相时的各种同期情况的电压向量和对应的接线图,虽各自电压源设备并不相同,可以实现在公用的同期系统中。系统侧电压取B、C相时情况类似取自A相时的分析。

应该说明的是:单相式同期系统的同期电压并非一定是单相电压,其涵意是指单个电压矢量与另一个单个电压矢量的比较(即同期),这个电压矢量可以是100V的线电压矢量、也可以是100V的相电压矢量,(属于后一类的有,从电压互感器开口三角形线圈中抽试验芯引出的电压或用OY配ZY-2型电压抽取装置输出的电压,以及藉YDR输出的二次电压等)。

### 三 系统侧取得同期电压的方法

从上文分析可知,线路断路器系统侧电压有三种常用的方法取得:

1. 6~220kV电压等级常用电磁式电压互感器。
2. 110kV以上电压等级可用YDR型电容式电压互感器。
3. 110kV及以上电压等级亦可用OY型耦合电容器配合ZY-2型电压抽取装置。

以上三种方法,均可满足三相式和单相式同期系统的要求。其中以第1、2种方法应用较为广泛,并且有丰富的设计、运行经验,至于第3种方法,相对而言应用不很普遍。其原因之一是尚未被人们所熟悉,原因之二是以前少数ZY-1型电压抽取装置中内部元件质量差,特别是在长期运行中元件过热现象时有发生,部分地区运行单位对它不放心是可以理解的,但是应该肯定,第3种方法在原理上是成立的,技术上是可行的,投资上是经济的,至于部分设备元件质量问题(过热现象等)有待厂家进一步提高元件参数指标去解决,进一步完善和提高质量,不能一概否定。事实上许昌继电器研究所早已对上述ZY-1存在的问题进行了研究改进,并研制了新的ZY-2型电压抽取装置,可以取代原ZY-1型设备。其原理不变,内部元件参数有很大提高,目前已有多台投入工业试运行,如武汉、北京、广州和江门供电局等,评价是肯定的,许昌继电器厂已鉴定生产,以便设计部门推广采用。

我院过去在部分的发变电工程中采用了上述第3方法,兹介绍如下供大家研究:

1. OY型耦合电容器配合ZY-1型电压抽取装置的方法,它所取得的相电压为100V,且越前相电压 $30^\circ$ 。
2. 本方法所取得的相电压,其允许二次负载取决于ZY-1型设备的容量。制造厂家已有按图3的电气接线图提供了阻抗最佳匹配方案见附表1所示。(许昌继电器研究所的ZY-1型设备产品样本上已有提供)。

在实际工程中正确的选用ZY-1的具体输出接线。(主要是注意其中的 $R_2$ 和 $R_3$ 电阻的投切要求),以保证ZY-1在不同的二次负载下的输出,都能有足够的正确度。在上述负载中,有的是长期不变的(如线路重合闸装置用的同期鉴定继电器和线路无电压鉴定继电器),有些是短时的负载(如同期装置的投入、操作完成后就退出)、二次线设计中应满足短时负载的要求,详见如下实例。

3. 实例：我院设计的荆门电厂以及若干变电所中的110~220kV线路采用OY配合ZY-1设备作为线路侧同期电压源，供三相式同期小屏和“许继”生产的同期电压继电器和无压继电器等负载。具体回路接线如图4所示。为了简化起见，图4可在图3的基础上延伸表示，即从ZY-1设备的输出端子D<sub>1</sub>、D<sub>2</sub>、D<sub>3</sub>开始表示。为满足厂家对R<sub>2</sub>、R<sub>3</sub>电阻能及时随负载变化的投切要求，在回路中串入同期开关（一般是LW2-H-1·1·1·1·1·1/F7-8X型）的②④触点。在同期操作时，除上述开关的②④触点断开外，其余所采用的触点均接通，以达到在进行同期时退出R<sub>3</sub>电阻的要求。相反，在同期操作完毕后，上述触点的通断情况也相反，R<sub>3</sub>电阻也就随之投入。这个方法显然比人为跑到ZY-1装置上投切压板QP<sub>2</sub>、QP<sub>3</sub>方便及时。

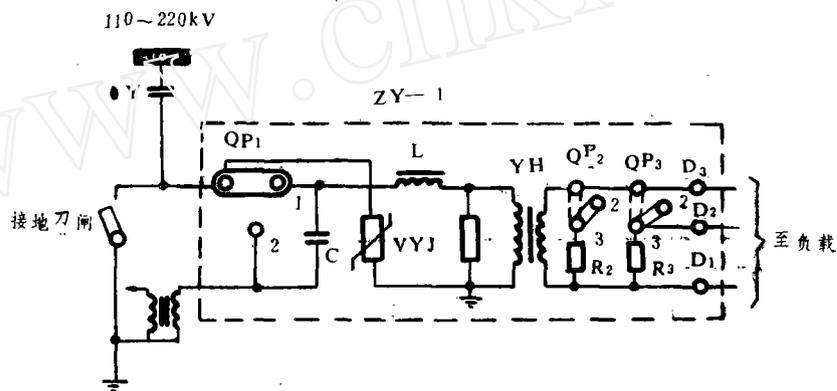


图3 ZY-1抽取装置安装接线图

二次负载与电阻的匹配表

附表1

序	二次负载	电阻投入	
		R <sub>2</sub>	R <sub>3</sub>
1	①+③ 见注	0	0
2	①+④	✓	0
3	②+③	0	✓
4	③	0	✓
5	②+④	✓	✓
6	④	✓	✓

注：

- ①老同期小屏 { 频率表1D1-Hz 45-55Hz 100V  
同期表1T1-S 100V  
电压表1T1-V
- ②组合式三相同期表 Mz-10 100V
- ③“阿继”产品 { 同期鉴定继电器 DT-13/200  
无压鉴定继电器 DJ-131/60cN
- ④“许继”产品 { 同期鉴定继电器 DT-1/200  
无压鉴定继电器 DY-32/60c



从经济上和技术上的比较可知,在双母线接线的线路侧电压源宜采用OY型耦合电容器再配备ZY—2型电压抽取装置的方案,它不仅经济,技术上也是合理的。(至于对 $1\frac{1}{2}$ 断路器接线时,则另当别论。因为它除同期以外,还有测量表计,继电保护都需用三相电压的特殊要求,不应采用OY型耦合电容器方案)。

#### 四 “混相制”的同期系统接线和电压矢量分析

##### 1. 线路断路器系统侧电压源设备的装设情况和存在问题。

通常在高压主干线上,为远动、通讯、保护提供高频通道而设置了相应的耦合电容器,(而且一般是OY型设备)。然而各具体工程线路上装设的耦合电容器数量往往不同,相别不一致,而且系统的远动、通讯、保护各自的耦合电容器设备,往往各自统一装于某一相上,(如华中地区电网、习惯是系统高频保护用B相通道,远动、通讯用A相通道),这里就存在一个问题:按1975年二次线典型设计,各条线路的同期电压源设备只能装于统一的某一相上(××院习惯用A相,××院习惯用C相)在很多情况下,线路在该相无远动通讯和高频保护的要求,势必要在该线路上增设为同期专用的耦合电容器,而且多为昂贵的YDR型设备,这是很不经济的。能否不受按装相别限制,即那一相上已有耦合电容器,就取那一相的电压既“就地取材”又能满足公用同期系统的要求,这就是本节讨论的要点。

可见,系统侧电压相别变化,待并发电机侧电压相别也相应变化,电磁式1T1—S型同步表仍能正常反应,不会改变性能。

至于MZ—10型组合式同期表有单相式和三相式之分。它由电压差表、频率差表和同步表三部分组合而成。单相式MZ—10型组合同期表工作原理和构造与三相式表基本相同,只是其中的同步表S为单相式。利用在外电路上的电容—电阻裂相方法,将单相电流分裂成两个有 $90^\circ$ 相位差的电流,使其分别流入电磁式同步表的两个固定线圈中,即类似于三相式表计中的两相电流,它与单相异步电动机利用电容裂相产生旋转磁场的道理一样。

MZ—10型同步表的工作原理与上文电磁式1T1—S型同步表基本相同,故不再赘述。其优点是准确度高、尺寸小。缺点是不能指示系统两侧电压、频率的绝对值,而只能指示电压差和频率差。

##### 2. “混相制”的同期系统接线和电压矢量分析。

通过“同相制”的同期系统电压矢量分析和同期表的系统侧电压相别变化,待并发电机侧电压相别也相应变化仍能正常反应,不会改变性能。我们认为可以取消以往设计中的二个“统一”——即统一电压源设备型号(YDR或OY)和统一电压源设备的安装相别(A或B或C)而又能利用全厂(所)公用的同期装置为不同的元件断路器进行同期操作,这就是我们所要讨论的“混相制”同期系统。

“混相制”同期系统电压向量分析和接线图请见图5、6所示。正常时,同期小母

线与各安装单位的同期电压回路，已通过同期开关TK触点断开，只有在需要进行同期操作时，相应安装单位的同期开关TK才将须要的同期电压回路接入同期公用系统，这些不同相别、来自不同型号电压源设备（YDR、OY）的同期电压，不可能同时出现在同期装置上，（因为同一时间内，运行规定只允许一台断路器进行同期操作，这是利用同期开关抽出公共手柄来实现的），所以不必担心会造成同期电压混乱现象。

对于各个要并车的断路器而言，上述不同相别、不同型号的特点，都是事先知道的，所以具体工程的同期电压相别配合也因各断路器系统侧电压源情况不同而不同，但都能做到在全厂（所）公用的同期装置上实现同期操作。

不过，设计时应该特别注意：具体工程不能全部套用一张相应的典型兰图，因为它已不可能适应“混相制”情况，应该根据各断路器系统侧电压源的不同情况，（参照图5、6）区别对待同期电压的相别问题，至于其它如电缆线芯、接线回路、接线端子等数量仍然相同。

从图5、6的电压矢量分析亦可看出，系统侧取YDR二次电压时（以及取变压器为Y/△-11的低压侧二次电压时）可藉转角变压器解决电压矢量差 $30^\circ$ 的问题，同时能满足“混相制”的要求，除此之外，还有采用母线电压互感器开口三角形线圈抽出三相试验芯办法，同样可以实现上述要求。（见图8的第三方案和图7向量分析）不过，这后一方案有下列不足之处。

（1）三相试验芯的方法可用于单相式同期系统，特别是用在没有转角变压器的厂站中的单相同期系统是有利的，但因无法取得100V的线电压，所以不适合用在三相式同期系统中。

（2）抽出三相试验芯的方案，在一定程度上降低了与零序电压有关的继电保护可靠性，当然，用加强现场的调试工作、问题也是可以解决的。

至于试验芯的其它功能（如作为零序功率方向继电器带负荷试验极性提供参考电压和检查开口三角形回路是否断线的电压依据）很多运行单位认为上述功能不很重要。实际上，现场很少用试验芯作检查。鉴于上述原因，上述用转角变压器或抽三相试验芯的办法都是可行的，比较起来，转角变压器更稳妥一些。

当取系统侧电压源设备为YDR时，三种方案均可以满足公用同期系统的要求，请参见图8。

至于第一方案（专用转角变压器方案）和第二方案（即设二台公用转角变压器方案）都是可行的，其优缺点大致相仿，定量分析有待进一步进行。

在此必须指出：当采用了“混相制”的同期系统中，同期表和同期装置本身的接线桩头上的标字（制造厂家印上的标字）就失去意义了，因为“混相制”引入的电压相别就不可能与该装置接线桩头标字（ $A_0$ 、 $B_0$ 、A、B、C）一致，而且电压小母线TQMa、TQMb等与实际接入的相别不符合，因此，建议将习惯的同期小母线符号TQMa'、TQMb'、TQMa、TQMb、TQM<sub>c</sub>相应改写为TQM I'、TQM II'、TQM I、TQM II、TQM III。以免产生不必要的含意混淆。

序	第一种情况		第二种情况		第三种情况	
	运行系统	待并系统	运行系统	待并系统	运行系统	待并系统
1	 Y <sub>0</sub> /Y-12 6~35KV	取AB相电压	取BC相电压	取CA相电压	取CA相电压	
		 0Y装在A相	 0Y装在B相	 0Y装在C相	 YDR装在C相	
		 YDR装在A相	 YDR装在B相	 YDR装在C相	 YDR装在C相	
		 YML	 YML	 YML	 YML ScYM	
2	 ZY-1 0Y	取AB相电压	取BC相电压	取CA相电压	取CA相电压	
		 YDR装在A相	 YDR装在B相	 YDR装在C相	 YDR装在C相	
		 YML	 YML	 YML	 YML SbYM	
		 YML	 YML	 YML	 YML ScYM	
3	 YDR	取AB相电压	取BC相电压	取CA相电压	取CA相电压	
		 YDR装在A相	 YDR装在B相	 YDR装在C相	 YDR装在C相	
		 YML	 YML	 YML	 YML ScYM	
		 YML	 YML	 YML	 YML ScYM	
4	 Y <sub>0</sub> /Δ-11 6~35KV	取AB相电压	取BC相电压	取CA相电压	取CA相电压	
		 YDR装在A相	 YDR装在B相	 YDR装在C相	 YDR装在C相	
		 YML	 YML	 YML	 YML ScYM	
		 YML	 YML	 YML	 YML ScYM	

图7单相式同期系统不同电压源,不同相别同期电压向量分析图

## 五 小 结

1. 线路侧的同期电压源应首先借助本线路为运动、通讯或系统继电保护配备的耦合电容器供电、尽量避免为提供同期电压专设电压互感器或耦合电容器,以利提高经济效益。

当上述耦合电容器的相别能在全厂(所)取得统一时,应优先采用“同相制”同期系统接线方式;少数场合亦有在全厂(所)不能取得统一相别时,“混相制”也是可行的,在需要时可以采用。

2. 当采用混相制方案、线路侧同期电压源为YDR型设备时,则待并侧宜用转角变压器供电(不宜用电压互感器开口三角形线圈中抽试验芯的办法),其接线灵活、安全。并能适用于单相式和三相式同期系统。

3. 待ZY-2型电压抽取装置产品鉴定后,线路侧的同期电压源设备宜推荐用OY型耦合电容器及ZY-2型电压抽取装置代替YDR型电容式电压互感器,不但简单,而且经济。

4. OY和YDR在同一工程中可以混用于公用的同期系统,且不必规定相别。

### 参考文献

1. 发电厂和变电所二次接线 华北电力学院 1980.2
2. 二次线设计技术总结(同期部分) 华东电力设计院 1982.6
3. 火电厂、变电所同步系统调查总结 湖北省电力设计院 1977.8
4. 电力工程设计手册 华东电力设计院 1973 西北电力设计院 1973

.....

(上接22)

1. «Measure To Avoid Misinterpretation of Teleprotection signals in spite of Noise and Disturbance in Power Line Carrier»——Erwin Schumm Siemens AG.
2. «Protection Signal Transmission Over Power Line»——Erich Aisleben and Erwin Schumm. «Elektrotechnische Zeitschrift»
3. «高压输电线路高频保护»葛耀中 水利电力出版社 1987
4. «Recommended Standards for Performance and Testing of Teleprotection Equipment»  
——IEC Technical committee NO.57 TC41
5. «The Guide on Power Line Carrier» CIGRE
6. «500kV线路保护收发信机频繁发信浅析» 赵玉华《电力自动化设备》 87.2
7. «330kV继电保护载波通道的一些问题» 王希武《中国电机工程学会继电保护学术论文》86