

變壓器的極性和組別

史 建 圻 著



電力工業出版社

內 容 提 要

在变压器的安装和运行工作中,必須了解变压器的極性,特别是它的組別。本書通俗地說明了什麼是变压器的極性和組別,着重敘述改变組別的方法,並繪圖說明十二种組別变压器的內部接法,以及怎样用三个單相变压器來联成各种組別。其次,書中用單相变压器極性的原理來解釋三相变压器組別、極性的規律,还詳細說明了用直流电測量三相变压器組別的方法和優點。本書能澄清人們对有關变压器極性和組別的一些模糊認識,並用淺顯道理結合圖解,可以幫助現場工人按圖接成各种組別;还指出过去在測量極性和組別等工作中所存在的一些缺點,提出改進方法。本書可供变压器安裝工人和运行工人閱讀。

变 压 器 的 極 性 和 組 別

史 建 圻 著

*

330 D 129

電力工業出版社出版(北京府右街 26 号)

北京市書刊出版業營業許可証出字第 082 号

北京市印刷一廠排印 新華書店發行

*

編輯: 刘作嬰 校對: 周金英

787×1092 $\frac{1}{32}$ 開本 * 1 $\frac{13}{16}$ 印張 * 28 千字

1956 年 5 月北京第 1 版

1956 年 5 月北京第 1 次印刷(1—12,100 册)

統一書号: T15036·21 定價(第 9 類) 0.22 元

目 錄

第一章 变压器的極性、組別和接綫	2
第 1 節 什么叫变压器的極性	2
第 2 節 什么叫三相变压器的組別	7
第 3 節 在不改变內部接綫时，怎样改变組別	10
第 4 節 变压器在电力網中的併列	21
第 5 節 变压器各种組別的接綫方法	26
第二章 怎样測量極性和組別	41
第 1 節 用直流电測量極性	41
第 2 節 用直流电測量組別	43
第 3 節 用交流电測量組別	58

第一章 變壓器的極性、組別和接綫

第 1 節 什么叫變壓器的極性

在直流電路里，人們把電源的兩個端子分做正負兩極，並且還假定電流由正極，經負荷流向負極，如圖 1。

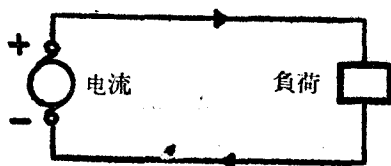


圖 1

在交流電路里，電流的方向隨時在改變，例如 50 週波的電源，電流在每一秒鐘內方向改變一百次。因此，在交流電路中，就分不出

哪一個是正極和哪一個是負極了；也可以說，交流電路中就沒有正極和負極的分別。

變壓器都是用在交流電路里的，因此，變壓器的綫頭是沒有正負極性的。這一點是首先應該了解的。但是，在通常的單相變壓器和儀表變壓器、變流器等接綫頭上往往也註上一個“+”號或“-”號；這就很容易使人誤解，以為註上“+”號的是正極，註上“-”號的是負極。實際上，變壓器和變流器上的符號並不是說明正負極性的。下面還要談到這個問題。

變壓器一次綫圈的兩個綫頭，在一個極短的時間中，

必定有一根綫头的电流是流入①，而另外一根綫头的电流是流出的。在同一時間內，二次綫圈的兩個綫头，也一定有一根的电流是流出，另一根是流入的，如圖 2。因为二次側的电流是由一次側感应生成的，所以二次側电流方向的变化完全和一次側相同。从这里可以推算出：变压器四个接綫头在同一時間內，必定有兩個綫头的电流是流入，另外兩個綫头的电流是流出的。

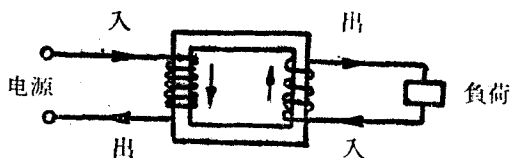


圖 2

如果不考慮变压比的关系，我們假定有一个变压比等於 1 的变压器，如圖 3。当二次側有电流时，一次側一定也有电流，这电流的大小是相同的。当一次側有一条綫的电流是从电源流入变压器时，在二次側也一定有一个綫头的电流从变压器流向負荷。如果我們用一条導綫把这两个接綫头联在一起，如圖 3 的虛綫所示，这对綫路上电流的方向是完全沒有影响的，对变压器來說，也完全沒有妨碍。从这一現象來看，相同的極性是可以联在一起的，这情形就跟兩個电池的正極和正極、負極和負極可以联在一起一样。

①从外綫流進变压器的叫流入，而从变压器流出來的电流方向叫流出。

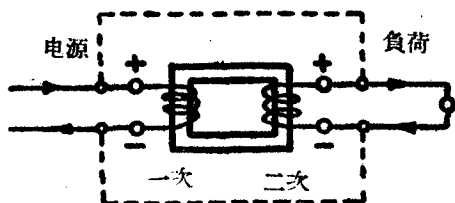


圖 3

总的來說，一次側电流是流入的綫头和二次側电流流出的綫头屬於同極性。而一次側电流流出的綫头和二次側电流流入的綫头也屬於同極性。反过來說，一次側流入的綫头和二次側流入的綫头那就是異極性了。

在应用上，常常在变压器或变流器的一次側和二次側上做一个記号，表示那兩個接綫头是屬於同一極性。符号是隨便註的，沒有統一的規定。有些只在一对同極性的綫头上註一个“+”号，或者註上一个“-”号；有些是在一对同極性的綫头上註了“+”号，还在另外一对同極性的綫头上註一个“-”号；也有的只在同極性的綫头上画了一个点子。但是“+”号並不代表正極，“-”号也不是代表負極；这些符号只是表明：一次有“+”号的接头和二次有“+”号的接头是同一極性，一次有“-”号的接头和二次有“-”号的接头是同一極性；或者，一次側有点的接头和二次側有点的接头也是同極性；因此，在应用时只要注意同極性和異極性就够了。在安裝工作上，曾經有人認為变压器註着[+]号的一头必須接到电源側，因而引起了安裝过程中一些不必要的麻煩，这都是不了解变压器極性的意义的緣故。

在某些書上和試驗報告中，有“加極性”或“減極性”等

字樣，这里也簡單談一下“加極性”和“減極性”的意義。

如果一個變壓器或變流器的四個接綫頭很整齊的排列，如圖4，其中A和a是同極性，B和b是同極性，那麼一次側AB間加上電壓以後，二次側ab間當然也有電壓。如果是一個

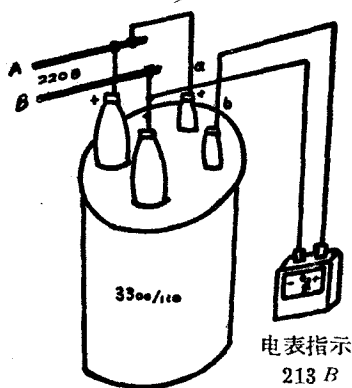


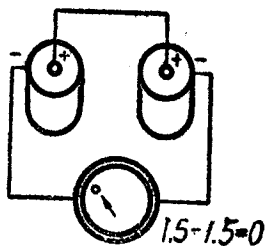
圖 4

個變壓比等於1的變壓器，當用導綫把A和a聯在一起後，接在B和b間的電壓表指示一定是零。如果用導綫把B和b聯在一起，並在A和a之間接一個電壓表，電壓表的指示也會是零。這就說明A和a以及B和b間的電壓是互相抵消的，或者說極性是相減的。

如果變壓器的比例不等於1，如圖4，假定是3300/110伏的變壓器，把A和a相聯，而在AB間加220伏電壓。如果A和a的極性相同，接在B和b間的電壓表指示就是： $220 - \frac{110}{3300} \times 220 = 212.7$ 伏。在這種情況下，就叫“減極性”。

如果A和a極性是相反的，那麼，B和b間的電壓就是： $220 + \frac{110}{3300} \times 220 = 227.3$ 伏。在這種情況下，就

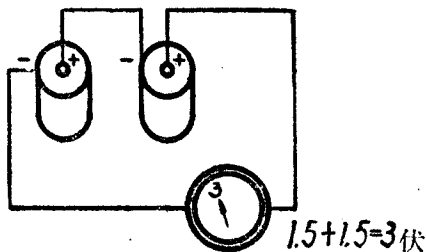
叫“加極性”。



(甲)同極性相联
圖 5 甲

上述情况，就和把干電池的同極性或異極性綫头相接一样，如圖 5。

这就是說，把变压器或变流器上同極性的两个綫头排到同一面，这样排法的就叫“減極性”，如圖 6 甲。如果把不同極性的二个綫头排在一面的，就叫“加



(乙)異極性相联

圖 5 乙

極性”，如圖 6 乙。如果一次側和二次側的綫头並不是对称的排列，如圖 6 丙，那就不算“加極性”，也不算“減極性”。

总的來說，“加極性”或“減極性”是没有什么特殊意义的，

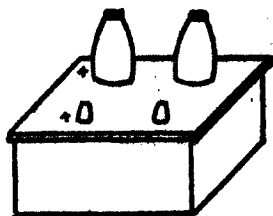


圖 6 甲

它只和繞頭的排列有關，因而也就不必過分地去注意它；事實上，只要了解哪兩個是同極性的繞頭就夠了。

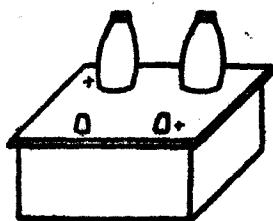


圖 6 乙

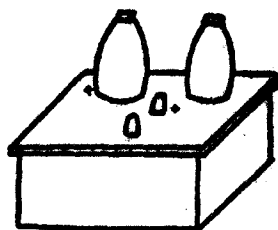


圖 6 丙

第 2 節 什么叫三相變壓器的組別

單相變壓器（或變流器）沒有什麼組別的分。如果把三個單相變壓器（或變流器）用到三相電源上去，這三個變壓器就成為一個“組”。這時，除了極性以外，對三相的關係來說，就有“組”的區別，這就是三相變壓器（或變流器）的組別。三相中每一相兩個繞圈的繞頭有極性的關係。三相的一次繞圈和二次繞圈間電壓或電流的相位關係，就叫變壓器（或變流器）的組別（在這本書里，我們全部用電流的相位關係來說明組別）。假如兩個三相變壓器要併列，那麼它們的一次電流和二次電流的向量必須是一致的，也就是組別一定要相同，這就是我們要了解組別的目的。

三相變壓器的組別共分 12 種，其中六個是單數組，六個是雙數組。凡是一次繞圈和二次繞圈的結線不一致的

都屬於單數組，包括 1、3、5、7、9、11 等六個組，如星——三角^①接法的就屬於這一類。凡是一次繞圈和二次繞圈的聯結完全相同的都屬於雙數組，包括 2、4、6、8、10、12 等六個組，如三角——三角、星——星聯結的變壓器都屬於這一類。

還有一種特殊的曲折聯結方法，這種接法應該把它歸納到三角接法的一類中去，它的特性是和三角接法相同的。

組別是用時鐘的盤度來說明的。時鐘盤上有兩個指針，還有 12 個字碼，分成 12 格，每一格代表一小時。一個圓周的角度是 360° ，每一格就代表 $360^\circ \times \frac{1}{12}$ 也就是 30° ，例如 12 點和 1 點之間相差是 30° ，12 點和 5 點相差是 $30^\circ \times 5 = 150^\circ$ ，其餘的可以類推。但所有的角度都應該是按順時針的方向，以 12 點作基數來計算，也就是必須根據時針走的方向來積算，例如 12 點和 11 點之間應該是 $30^\circ \times 11 = 330^\circ$ ，而不是 30° 。反過來說，如果時針向前轉了 300° ，那麼必定指示 $300 \div 30 = 10$ 點鐘；如果只向前轉了 30° ，那麼一定指示 1 點鐘。

變壓器的 12 個組別，完全是應用這個規律。只是在說明變壓器組別的時候，用一次繞圈和二次繞圈電流的向量來代替時鐘的兩個指針罷了。

三相變壓器的一次繞圈和二次繞圈中電流之間，因為

①星形接法用“Y”表示，三角形接法用“Δ”表示。

三相接法的不同，是有一定的相角差的。以一次繞圈的電流作標準，把電流的向量固定在12點上，二次繞圈的電流向量如果和一次電流間相差 330° ，二次電流向量必定落在 $330 \div 30 = 11$ 點上（如圖7），這一組變壓器就是屬於第11組接綫。如果相差為 180° ，那麼二次電流向量必定落在6點上，也就是說這一組三相變壓器的接綫屬於第6組。

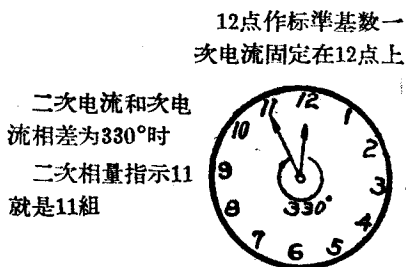


圖 7

懂得了上面講的道理，就可以知道：變壓器的組別是以一次側電流^①的向量作為標準基數，而把它放在假定期鐘的12上；二次側電流向量所指示的鐘點，就是這個變壓器的組別。

在12種組別中，有些是很少見的，普通常用的只有四個組：

^①這裡講的一次電流和二次電流，是指的負荷電流，並不包括無負荷時的勵磁電流在內。

單數中常用的二種……………11組，5組。

雙數中常用的二種……………12組，6組。

雙數組中最常見的是12組，單數組中最常見的是11組。蘇聯國家標準規定：變壓器的標準接綫雙數是12組，單數是11組。某些資本主義國家也規定雙數標準是第12組，單數標準是第5組。從工作情況來說，第5組和第11組是沒有什麼特殊區別的。

第3節 在不改變內部接綫時，怎樣改變組別

曾經有人認為：三相變壓器只要聯結好以後，組別就固定了；如果要把組別改變以達到併列的目的，就非得把變壓器的大蓋打開來重新接綫不可。

根據蘇聯的先進經驗證明：這種說法只有一小部分是正確的，在大多數情況下，變壓器可以不改變內部接綫，只改變外部套管編號，就可以改變組別以達到併列的目的。現在把不改變內部接綫而改變組別的方法分三種情況加以說明。

照理，組別改變的原理應該用向量解釋。為了適合工人閱讀，在說明的时候，把向量部分完全略去了。為什麼會改變組別的原理就談得很少，讀者如果需要深入追究原理，只要根據說明再去研究一下三相的向量原理就可以了。

一、一次套管编号固定，改变二次套管

编号时，组别的改变

三相变压器的接线，都是在内部联好，再用套管引到外部的。如果不算中性线，那么，一次侧是三个，二次侧也是三个，一共六个套管。如果是用三个单相变压器联成三相使用，它们接到母线上去的也是一次侧、二次侧各有三个线头。

一次侧和二次侧的六个套管，都有它的编号，如 A 、 B 、 C 或者黄、绿、红。本书一律用 A 、 B 、 C 编号，以表示应该接到 A 、 B 、 C 三相母线上。

如果变压器出厂时就在三相的出线套管上标上了 A 、 B 、 C 的号码，就不能随便更改。但大多数的变压器是没有标号的，就要先在一次侧按顺序标上 A 、 B 、 C 的号码，并且不再更动。然后再编排二次侧的编号，看组别的变化怎样。

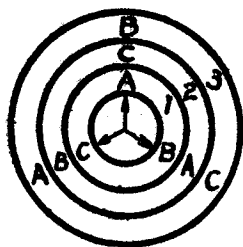


圖 8

首先，我們把二次側隨便排列一个编号，如圖 8。向量的第 1 圈（从內圈算起）编号 A 、 B 、 C ，然后把编号顺序移一格，例如本来的 B 改作 A ，本来的 C 改作 B ，本来的 A 改作 C ，如圖 8 中的第 2 圈编号 C 、 A 、 B 。这样一来，向量向前移了 120° ，组别就向前加

了： $120 \div 30 = 4$ 組。也就是說，如果本來是第 1 組，就變成第 5 組了；本來是第 5 組的，就變成第 9 組；本來是第 9 組的，變成 13 組，根據前述，時鐘上的 13 點就是 1 點，所以 13 組也就是第 1 組。所以說，一次側編號不動，二次側編號向前移一檔，變壓器就向前加了四組。如果向前移二檔，把本來的 C 改成 A ，本來的 A 改成 B ，本來的 B 改成 C ，如圖 8 的第 3 圈（外圈）編號 $B、C、A$ ，那麼，組別也就移前 8 檔，本來的第 1 組將變成 9 組，本來的 11 組將變成 $11 + 8 - 12 = 7$ 組了。根據這些特性，我們可以把組別隨編號改變的關係列成下表。

表 1

一次側	$A \ B \ C$	組 別											
二次側	$a \ b \ c$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
二次側	$c \ a \ b$	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4
二次側	$b \ c \ a$	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8

上述編號一次和二次側的順序必須相同，如果一次側和二次側採用的順序不相同，就會把相序搞反，而組別的一些定義就完全推翻了。

圖 9 的三相變壓器是為了說明表 1 的。在圖 9 中，一次側是星形接法，二次側是三角形接法。在第一种情況下的 $a、b、c$ 順序和一次側相對應，是屬於第 1 組。如果把

a 、 b 、 c 改作 c 、 a 、 b ，那就是第 5 組。再改成 b 、 c 、 a ，就成为第 9 組了。

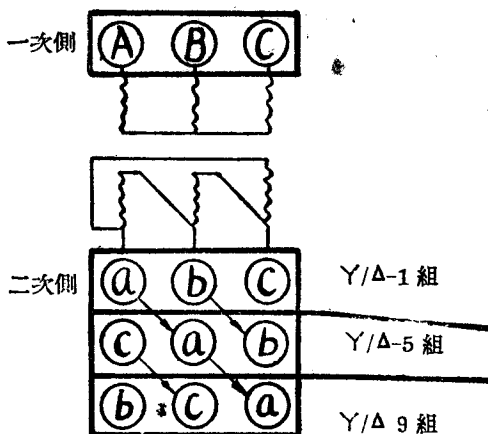


圖 9

凡是組別一致的變壓器，如果符合變壓器併列運行的其他條件，如變壓比相同、短路電壓相同等，就可併列。如果組別不同，即使其他條件完全一致，也絕對不能併

表 2

系 統	組	別
I	1	5
II	2	6
III	3	7
IV	4	8

列。也就是說，凡是只改變套管編號次序就能把組別改一致的變壓器，原則上都可以併列。根據表 1 的變換律，可以把這些只改變二次側編號就能併列的變壓器列入四個系統，如表 2。其中有兩個雙數組，兩個單數組。

應該注意，在表 2 的 4 個系統中：

1. 雙數組和單數組永遠不能併列；
2. 單數的任何組，都可以在改變外部接綫編號的條件下併列；
3. 雙數的第Ⅱ系統和第Ⅳ系統，必須改變內部接綫後才能併列。

二、一次和二次側套管編號同時改變時，

組別的改變

變壓器套管的編號不能隨便改變，前面已經說過了。現在談一談一次或二次側套管的編號次序，由左邊數起和從右邊數起，有什麼不同。

有人認為，變壓器套管的編號次序，從左面按 A、B、C 的次序數到右面，或者從右面按 A、B、C 的次序數到左面是完全一樣的，只要一次側和二次側都按同樣次序和方向，對組別或併列就完全沒有妨礙。這是不正確的。在 12 個組別裡面，只有 2 個組，即 12 組和 6 組是可以隨便編號的。其餘的 10 個組便是完全不行的；編號方向換一下，組別也就變了。為了說明這一個問題，這裡稍提一下向量。如果對向量還不太熟悉，可以看表 3 的說明。

圖 10 的甲和乙是兩個內部接綫完全相同的 變壓器，
 次星形，二次三角。只是六個套管編號次序各不相同，
 是由左往右數，乙是從右往左數。

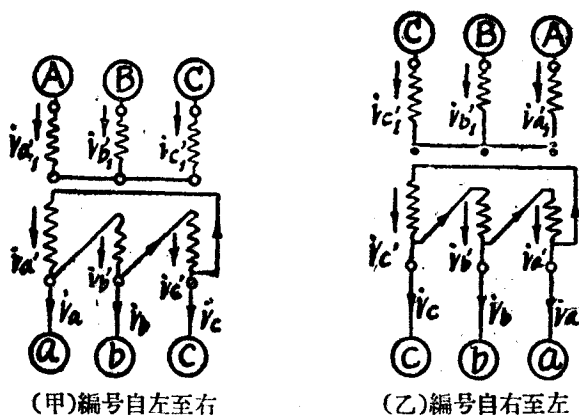


圖 10

假定一次側的相電流是 $i_{a'}$, $i_{b'}$, $i_{c'}$ ，而二次側的相電流就相當於 $i_{a'}$, $i_{b'}$, $i_{c'}$ ，那麼，二次側的綫電流就分別是 i_a , i_b , i_c 。從圖 10 中順着各相電流的箭頭，可以看出：圖 10 甲 a 相的綫電流等於 a 相的相電流減去 b 相的相電流，按照同樣的算法，可以得出以下的結果：

$$\text{甲} \quad \begin{cases} i_a = i_{a'} - i_{b'} \\ i_b = i_{b'} - i_{c'} \\ i_c = i_{c'} - i_{a'} \end{cases}$$

根據上式，把它畫成圖 11 甲，可以看出，二次側電