

Delta-Wye 變壓器與相序之關係

新桃供電區營運處 張家熙

一、前言：

在各種電力設備中，輸配電線路因暴露在公共領域中，發生事故之機率最高、次數也最頻繁；而各種事故類型中，又以單相接地事故發生之機率最高、次數也最多。故在電力系統中，常用 Delta-Wye 接變壓器或 Wye-Delta 接變壓器來隔絕兩個不同系統之零序回路，以免常發生接地事故之系統影響到另一系統。例如：發電機連接之升壓變壓器，就是用 Delta-Wye 接變壓器(發電機側為 Delta 接)，以免輸電線路發生接地事故時，接地故障電流耦合到發電機，而造成發電機跳機，甚或傷害到發電機設備。

常見之 Delta-Wye 接變壓器有 Dyn1 及 Dyn11 兩種接法，而常見 Wye-Delta 接變壓器也有 YNd1 與 YNd11 兩種。這幾種接法其高壓側與低壓側之超前或落後關係又與其電源輸入之正、負相序有關，偶見有錯接的例子，造成對相時兩系統相差 60° 而無法併聯，必須停電改接，而無經驗者不曉得正、負相序輸入，所得之結果不同，往往需改好幾次才能改正確！特此推導、演繹各種變化，供大家參考，期能對從事相關工作者能有所助益。

二、正相序與負相序：

(一)正相序：如圖 1 所示，當三相向量逆時鐘旋轉時，在角度 0° 的地方會依序看到 V_A , V_B 及

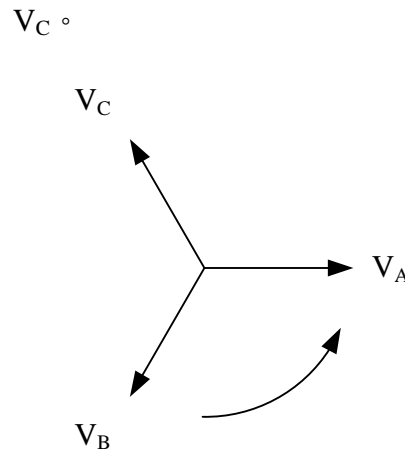


圖 1

(二)負相序：如圖 2 所示，當三相向量逆時鐘旋轉時，在角度 0° 的地方會依序看到 V_A , V_C 及 V_B 。

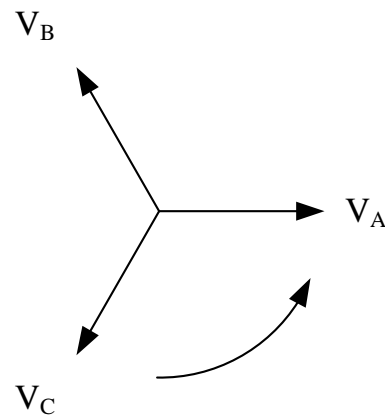


圖 2

三、Delta-Wye 變壓器：

(一) Dyn1 接法：如圖 3 所示。

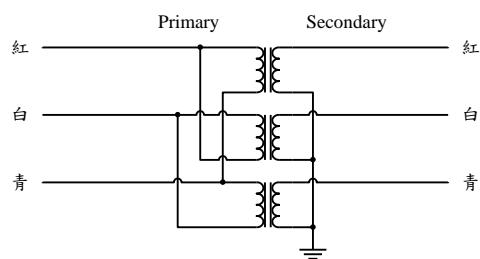


圖 3

1. 若流入變壓器一次側之電流為正相序，如圖 4 所示。

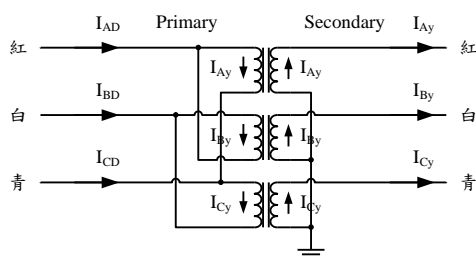


圖 4

為方便起見，設該變壓器之匝比為 1:1，則可得

$$I_{Ay} = I_{AD} + I_{By} \dots\dots\dots (1)$$

$$I_{By} = I_{BD} + I_{Cy} \dots\dots\dots (2)$$

$$I_{Cy} = I_{CD} + I_{Ay} \dots\dots\dots (3)$$

$$I_{Ay} + I_{By} + I_{Cy} = 0 \dots\dots\dots (4)$$

由(4)得

$$I_{By} = -I_{Ay} - I_{Cy} \dots\dots\dots (5)$$

將(5)代入(1)得

$$I_{Ay} = I_{AD} - I_{Ay} - I_{Cy}$$

整理後

$$2I_{Ay} = I_{AD} - I_{Cy} \dots\dots\dots (6)$$

將(3)代入(6)得

$$2I_{Ay} = I_{AD} - I_{CD} - I_{Ay}$$

整理後得

$$3I_{Ay} = I_{AD} - I_{CD} \dots\dots\dots (7)$$

即

$$I_{Ay} = (I_{AD} - I_{CD})/3 \dots\dots\dots (8)$$

同理可得

$$I_{By} = (I_{BD} - I_{AD})/3 \dots\dots\dots (9)$$

$$I_{Cy} = (I_{CD} - I_{BD})/3 \dots\dots\dots (10)$$

向量圖如圖 5 所示。

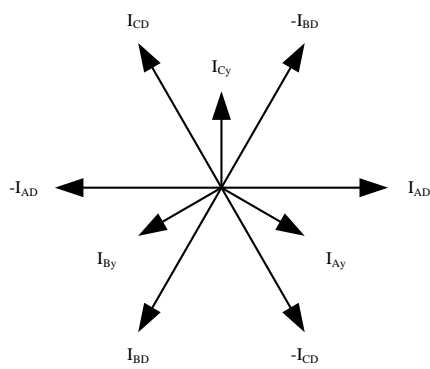


圖 5

重點：

- (1) 一次側 $I_{紅}$, $I_{白}$ 及 $I_{青}$ 為正相序，二次側 $I_{紅}$, $I_{白}$ 及 $I_{青}$ 亦為正相序。
- (2) 二次側電流落後一次側電流 30° 。

2. 若流入變壓器一次側之電流為負相序，如圖 6 所示。

註：此處所謂負相序，乃指 $I_{紅}$, $I_{白}$ 及 $I_{青}$ ，至於 I_{AD} , I_{BD} 及 I_{CD} 仍為正相序。

圖 6

可得

$$I_{Ay} = I_{AD} + I_{Cy} \dots\dots\dots (11)$$

$$I_{By} = I_{BD} + I_{Ay} \dots\dots\dots (12)$$

$$I_{Cy} = I_{CD} + I_{By} \dots\dots\dots (13)$$

$$I_{Ay} + I_{By} + I_{Cy} = 0 \dots\dots\dots (14)$$

由(14)得

$$I_{Cy} = -I_{Ay} - I_{By} \dots\dots\dots (15)$$

將(15)代入(11)得

$$I_{Ay} = I_{AD} - I_{Ay} - I_{By}$$

整理後

$$2I_{Ay} = I_{AD} - I_{By} \dots\dots\dots (16)$$

將(12)代入(16)得

$$2I_{Ay} = I_{AD} - I_{BD} - I_{Ay}$$

整理後得

$$3I_{Ay} = I_{AD} - I_{BD} \dots\dots\dots (17)$$

即

$$I_{Ay} = (I_{AD} - I_{BD})/3 \dots\dots\dots (18)$$

同理可得

$$I_{By} = (I_{BD} - I_{CD})/3 \dots\dots\dots (19)$$

$$I_{Cy} = (I_{CD} - I_{AD})/3 \dots\dots\dots (20)$$

向量圖如圖 7 所示。

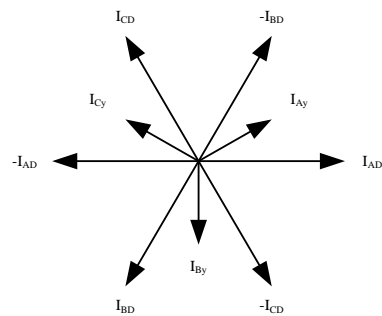
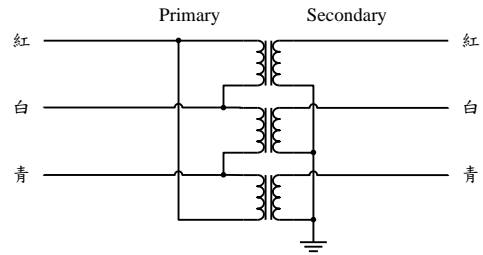


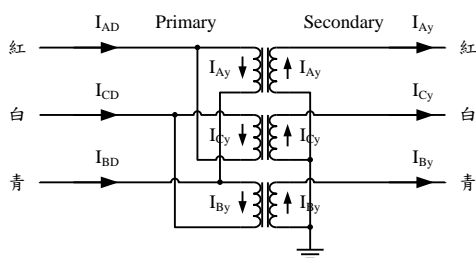
圖 7

重點：

- (1) 一次側 $I_{紅}$, $I_{白}$ 及 $I_{青}$ 為負相序，二次側 $I_{紅}$, $I_{白}$ 及 $I_{青}$ 亦為負相序。
- (2) 二次側電流超前一次側電流 30° 。

(二) Dyn11 接法：如圖 8 所示。

圖 8



- 1. 若流入變壓器一次側之電流為正相序，如圖 9 所示。

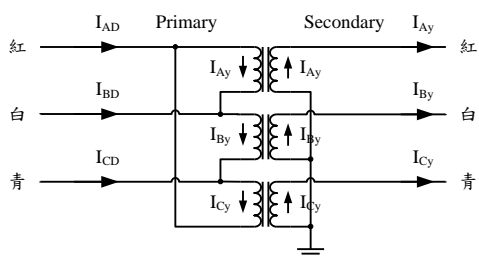


圖 9

同上方式推導後，可得向量圖如圖 10 所示。

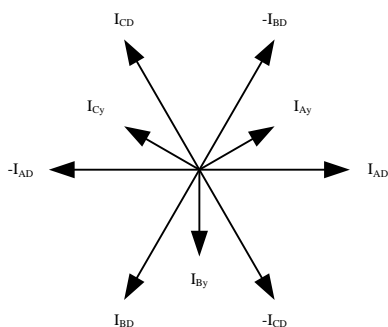
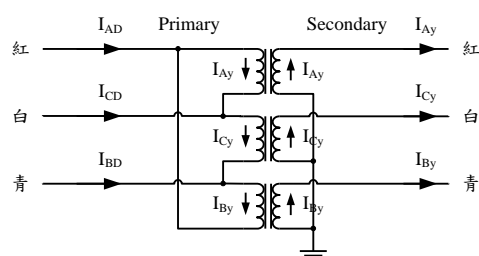


圖 10

可由比較得知，圖 10 之向量圖與圖 7 一模一樣。

重點：

- (1) 一次側 $I_{紅}$, $I_{白}$ 及 $I_{青}$ 為正相序，二次側 $I_{紅}$, $I_{白}$ 及 $I_{青}$ 亦為正相序。
- (2) 二次側電流超前一次側電流 30° 。

2. 若流入變壓器一次側之電流為負相序，如圖 11 所示。

圖 11

推導後，可得向量圖如圖 12 所示。

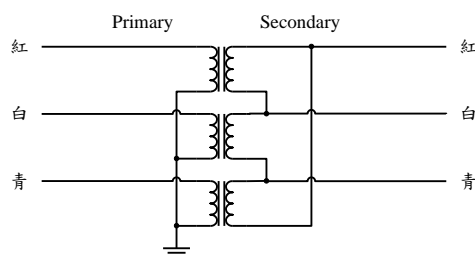
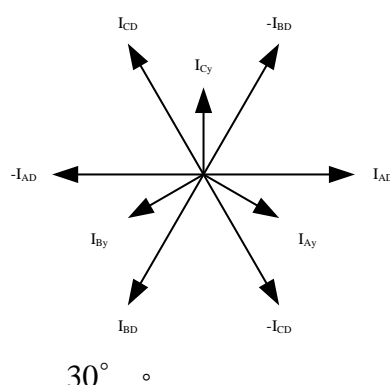


圖 12

可由比較得知，圖 12 之向量圖與圖 5 一模一樣。

重點：

- (1) 一次側 $I_{紅}$, $I_{白}$ 及 $I_{青}$ 為負相序，二次側 $I_{紅}$, $I_{白}$ 及 $I_{青}$ 亦為負相序。
- (2) 二次側電流落後一次側電流



30° 。

四、Wye-Delta 變壓器：

(一) YNd1 接法：如圖 13 所示。

圖 13

1. 若流入變壓器一次側之電流為正相序，如圖 14 所示。

圖 14

可得

$$I_{Ad} + I_{CY} = I_{AY} \dots\dots\dots (21)$$

$$I_{Bd} + I_{AY} = I_{BY} \dots\dots\dots (22)$$

$$I_{Cd} + I_{BY} = I_{CY} \dots\dots\dots (23)$$

整理後得

$$I_{Ad} = I_{AY} - I_{CY} \dots\dots\dots (24)$$

$$I_{Bd} = I_{BY} - I_{AY} \dots\dots\dots (25)$$

$$I_{Cd} = I_{CY} - I_{BY} \dots\dots\dots (26)$$

向量圖如圖 15 所示。

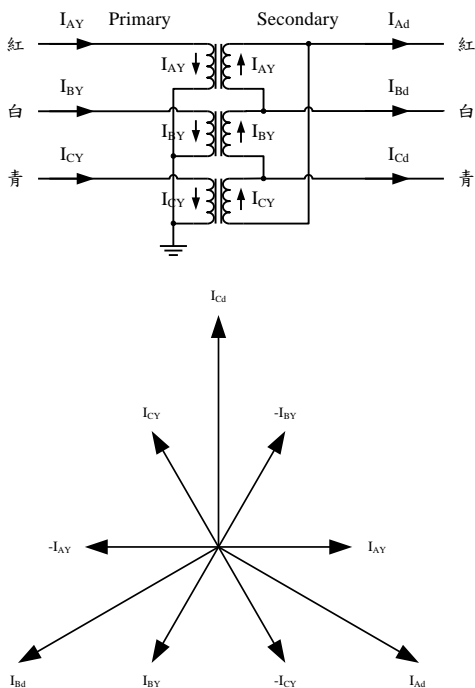
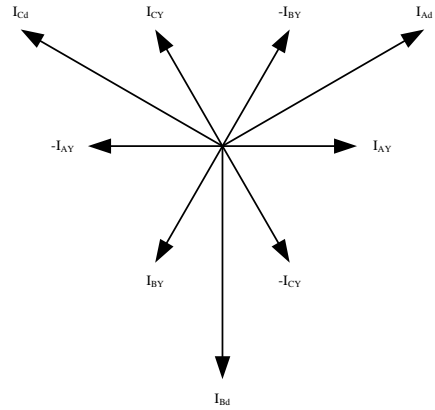


圖 15

重點：



(1) 一次側 I_紅, I_白及 I_青為正相序，二次側 I_紅, I_白及 I_青亦為正相序。

(2) 二次側電流落後一次側電流 30°。

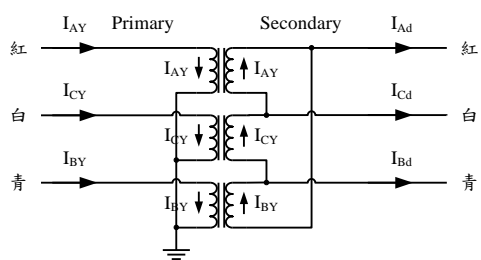
2. 若流入變壓器一次側之電流為負相序，如圖 16 所示。

圖 16

可得

$$I_{Ad} + I_{BY} = I_{AY} \dots\dots\dots (27)$$

$$I_{Bd} + I_{CY} = I_{BY} \dots\dots\dots (28)$$



$$I_{Cd} + I_{AY} = I_{CY} \dots\dots\dots (29)$$

整理後得

$$I_{Ad} = I_{AY} - I_{BY} \dots\dots\dots (30)$$

$$I_{Bd} = I_{BY} - I_{CY} \dots\dots\dots (31)$$

$$I_{Cd} = I_{CY} - I_{AY} \dots\dots\dots (32)$$

向量圖如圖 17 所示。

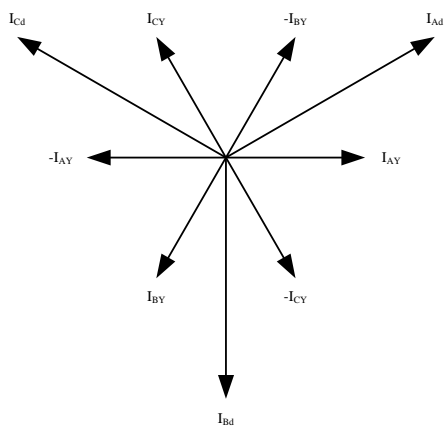
圖 17

重點：

(1) 一次側 I_紅, I_白及 I_青為負相

序，二次側 $I_{紅}$, $I_{白}$ 及 $I_{青}$ 亦為負相序。

(2) 二次側電流超前一次側電流

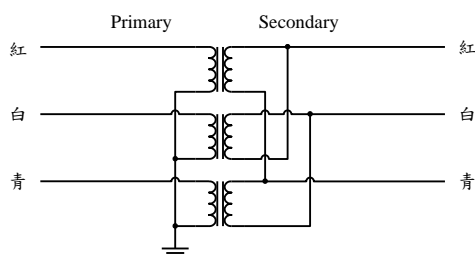


30° 。

(二) YNd11 接法：如圖 18 所示。

圖 18

1. 若流入變壓器一次側之電流為正



相序，如圖 19 所示。

圖 19

同上方式推導後，可得向量圖如圖 20 所示。

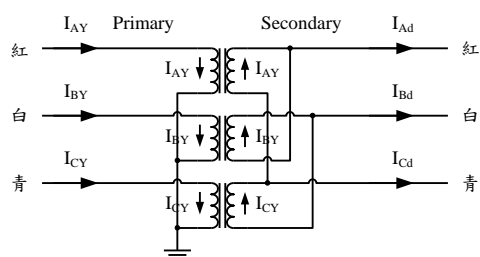


圖 20

可由比較得知，圖 20 之向量圖與圖 17 一模一樣。

重點：

(1) 一次側 $I_{紅}$, $I_{白}$ 及 $I_{青}$ 為正相序，二次側 $I_{紅}$, $I_{白}$ 及 $I_{青}$ 亦為正相序。

(2) 二次側電流超前一次側電流 30° 。

2. 若流入變壓器一次側之電流為負相序，如圖 21 所示。

圖 21

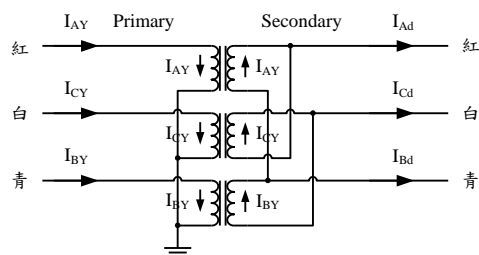
可得向量圖如圖 22 所示。

圖 22

可由比較得知，圖 22 之向量圖與圖 15 一模一樣。

重點：

(1) 一次側 $I_{紅}$, $I_{白}$ 及 $I_{青}$ 為負相序，二次側 $I_{紅}$, $I_{白}$ 及 $I_{青}$ 亦為



負相序。

(2) 二次側電流落後一次側電流 30° 。

五、結論：

綜合以上之推導，整理後，如表一所示。

表一

項目	變壓器接法	一次側相序	二次側相序	二次側比一次側
----	-------	-------	-------	---------

1	Dyn1	正相序	正相序	落後 30°
2	Dyn1	負相序	負相序	超前 30°
3	Dyn11	正相序	正相序	超前 30°
4	Dyn11	負相序	負相序	落後 30°
5	YNd1	正相序	正相序	落後 30°
6	YNd1	負相序	負相序	超前 30°
7	YNd11	正相序	正相序	超前 30°
8	YNd11	負相序	負相序	落後 30°