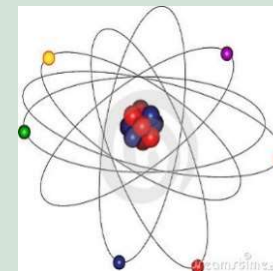




室內配線 電力系統 概述



電力系統 2 --- 輸電 與 變電 篇

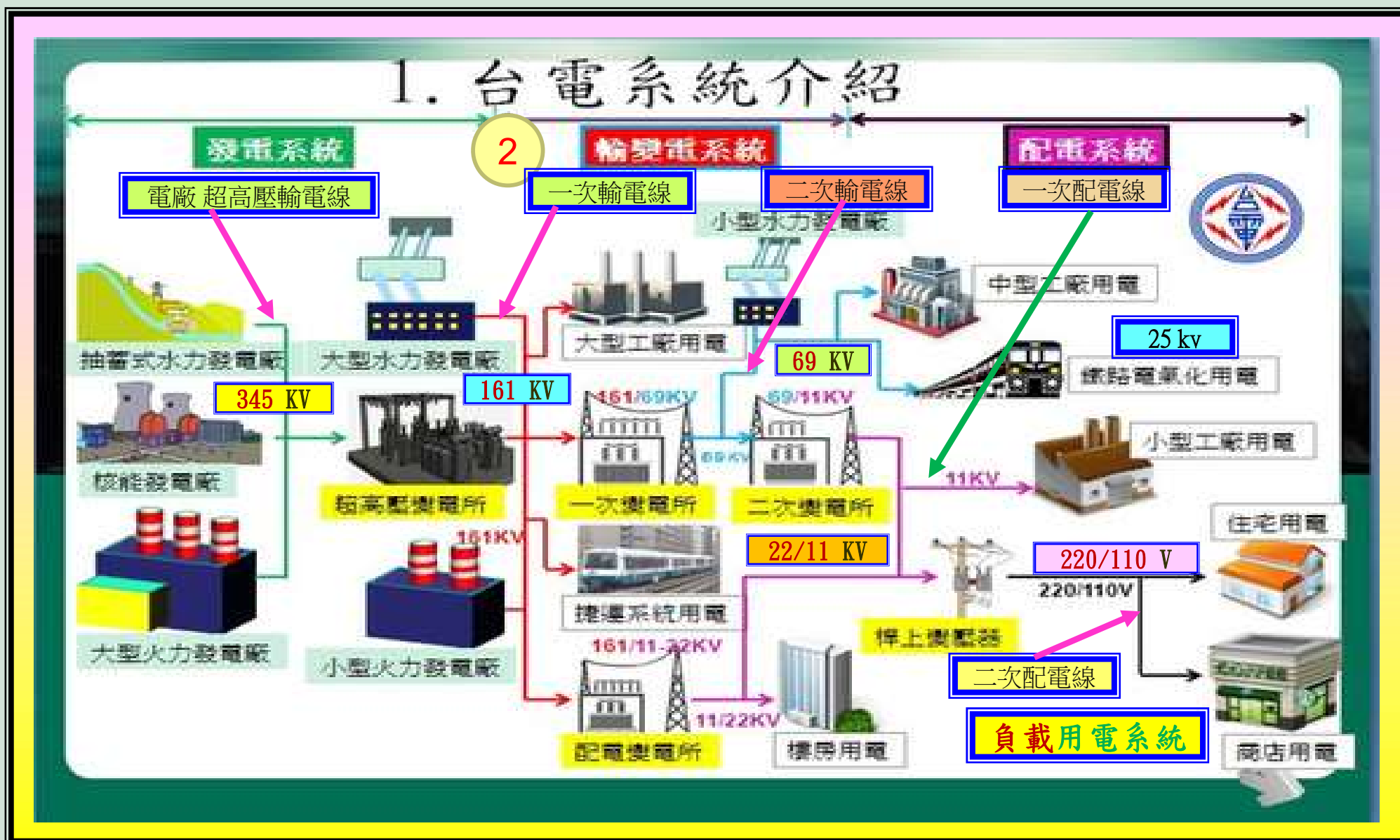


課程相關圖片 資料來源：引用於公用網路及教科書授權 僅供教學學習指導非營利聲明



授課教師：大葉大學電機系 許貴序 老師

壹-1、台電電力系統簡介- (輸變電系統)

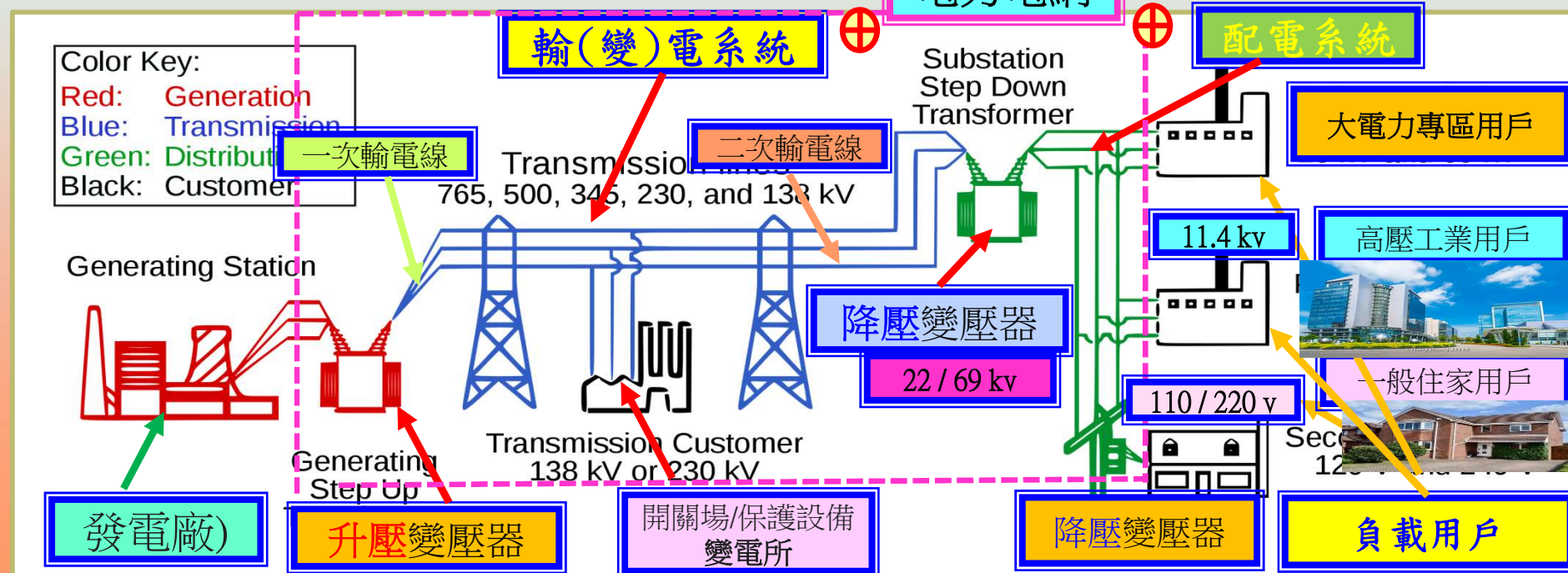


壹-2、電力系統--- 輸(變)電系統

輸(變)電系統的定義:

輸(變)電系統:

係指由發電廠經變壓設備至次級本地負載中心之間的高壓大電能輸送過程；由負載中心轉換電壓至中高壓再輸送至客戶則為配電系統，兩者相加則為輸電網路，又稱為電力電網



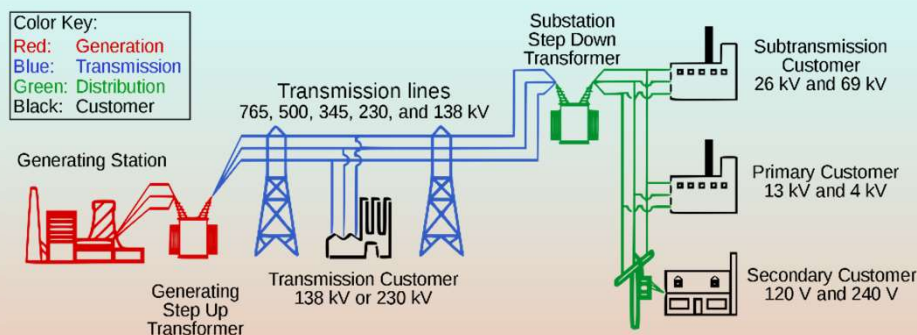
壹-3、台電電力系統簡介- (輸變電系統)

電力如何輸送：要採用 直流 或交流輸電？

愛迪生



特斯拉



《愛迪生與泰斯拉》— 交流電與直流電的戰爭 (網路超連結)



高壓直流輸電(加拿大納爾遜水電站)



大陸 昌吉—古泉
 $\pm 1100\text{kV}$ 特高壓直流輸電



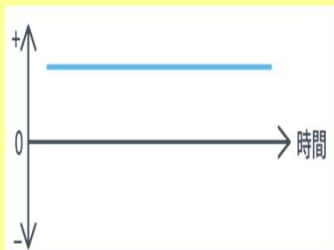
南投 中寮變電所

壹-4、電源分類：直流電源 與 交流電源 (DC and AC)

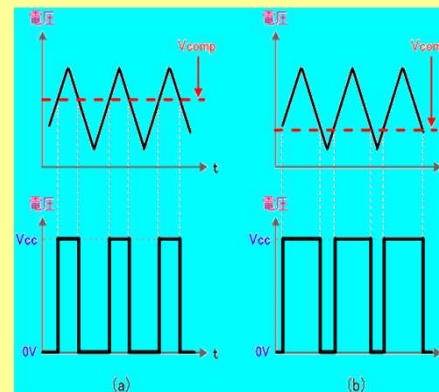
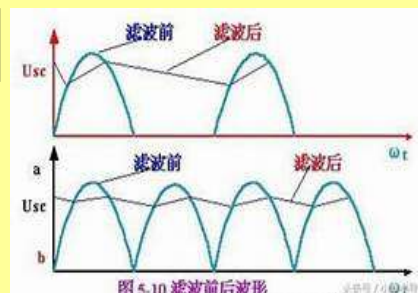
直流電 (Direct Current, 簡稱DC) :

不隨時間週而復始正負交變的電壓或電流。

穩定直流



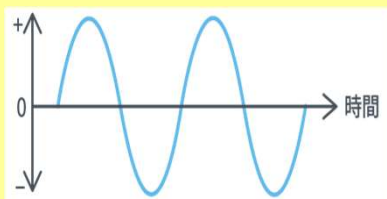
脈動直流



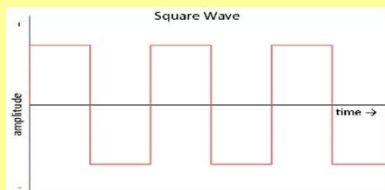
交流電 (Alternating Current, 簡稱AC) :

隨時間週而復始正負交變的電壓或電流。

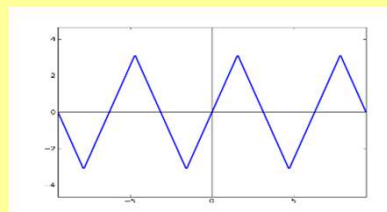
正弦波



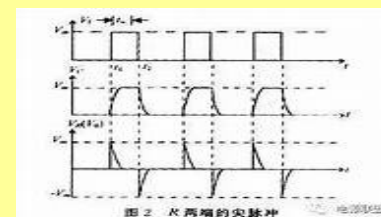
方波



三角波



脈衝波



壹-5、交流(AC) 輸配電的優缺點

交流電在輸電方面主要的優點：

- (1) 利用電磁感應原理，容易經濟方便地將機械能、風能、化學能(石油、天然氣…)等不同能源轉化為電能。
- (2) 交流電源和交流變電站與同功率的直流電源和直流換流站相比，造價較為低廉。
- (3) 交流電可以通過變壓器升壓和降壓，有效方便提供用戶不同配電電壓選擇，具有獨特優勢。
- (4) 在發電量相同條件下，交流電的發電裝置比直流發電裝置較容易控制。



授課教師：大葉大學電機系 許貴序 老師

壹-6、直流(DC)輸配電的優缺點

直流輸電的優點：(表現在發電和配電方面)

- (1)輸送相同功率時，直流輸電所用線材僅為交流輸電的 $2/3 \sim 1/2$ 倍，較符合經濟原則。
- (2)在長距離同軸電纜輸電線路中，直流輸電無集膚效應及電容抗充電電流耗損。
- (3)直流輸電時無需考慮交流系統相位差與頻率同步補償並聯運行問題無功角穩定問題，不需要線路補償（功率因數=1）。
- (4)直流輸電若發生短路故障時，各級獨立調節保護，勿需全線停電可降低故障損失。
- (5)容易儲存於電池中(儲能系統)，可作為備用電源使用。

網路資料補充：1.高壓直流輸電路

2.特高壓直流輸電工程



授課教師：大葉大學電機系 許貴序 老師

壹-7、交流電中的集膚效應

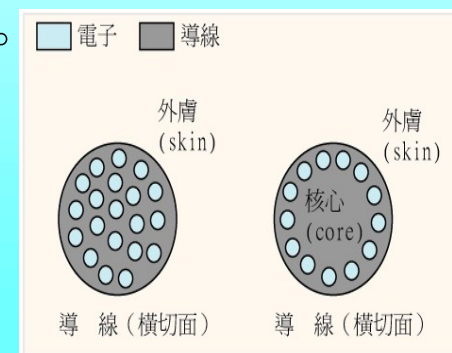
集膚效應(Skin effect)：

補充資料

是指導體中有交流電或者交變電磁場時，導體內部的電流分布不均勻的一種現象。隨著與導體表面的距離逐漸增加，導體內的電流密度呈指數遞減，即導體內的電流會集中在導體的表面。從與電流方向垂直的橫切面來看，導體的中心部分幾乎沒有電流流過，只在導體邊緣的部分會有電流。

減緩集膚效應的方法:

- (1) 大截面積導線：採利茲線將多條金屬導線相互纏之絞線。
- (2) 高電壓大電流的架空電力線路通常使用鋼芯鋁絞線。
- (3) 將實心導線換成空心導線管，中間補上絕緣材料。
- (4) 傳輸高頻時，採用鍍銀的導線。
- (5) 採用直流電或降低工作頻率。



授課教師：大葉大學電機系 許貴序 老師

壹-8、什麼是高壓直流輸電(HVDC)線路？

高壓直流輸電((High Voltage Direct Current : HVDC)

補充資料

主要在:提高長距離輸電的效率。

直流電不產生振盪，因此直流輸電的電能損失較少。



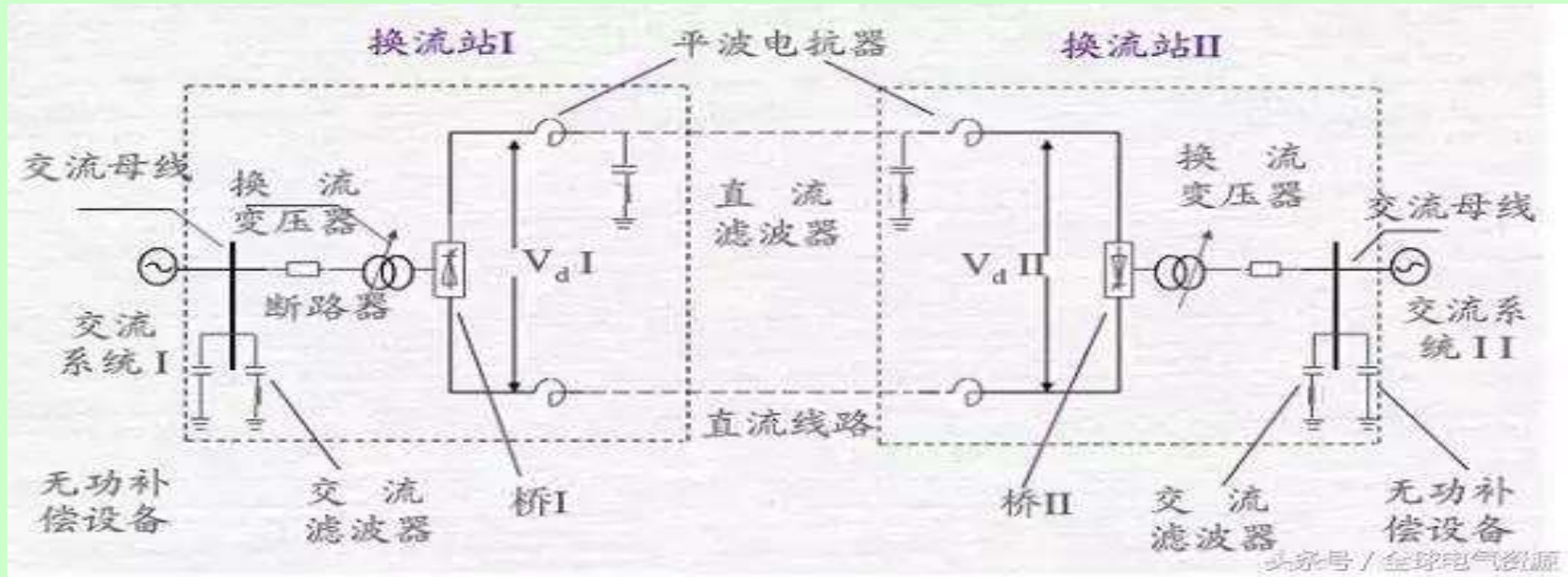
在輸電過程中，HVDC技術的電能損耗低於傳統交流輸電技術的損耗，同時HVDC需要的傳輸線纜更少能減少占地。由於交流和直流電間的轉化需要特殊的設備，因此HVDC一般在遠距離輸電時才體現出經濟效益特別是1000公里以上的架空線路和50公里以上的海底電纜。



授課教師：大葉大學電機系 許貴序 老師

壹-9、什麼是高壓直流輸電(HVDC)線路？

高壓直流輸電原理圖示：（ High Voltage Direct Current : HVDC ） 補充資料



授課教師：大葉大學電機系 許貴序 老師

壹-10、什麼是高壓直流輸電(HVDC)線路？

■ 高壓直流輸電的特點：

1. 換流器控制複雜，造價高。
2. 直流輸電線路造價低，輸電距離越遠越經濟。
3. 沒有交流輸電系統的功因穩定問題，適合遠距離輸電。
4. 適合海底電纜（海島供電、海上風電）和城市地下電纜輸電。
5. 能夠非同步連接交流電網，且不增加短路容量。
6. 傳輸功率的可控性強，控制速度快，可有效支援交流系統。
7. 換流裝置在運行過程中會產生諧波，需加裝濾波設備。
8. 雙極不對稱大地回路運行，存在直流偏磁問題和電化學腐蝕問題。
9. 不能向無源系統供電，構成多端直流系統困難。

補充資料



原文網址：<https://kknews.cc/finance/j8p3j66.html>



授課教師：大葉大學電機系 許貴序 老師

壹-11、市電為什麼不用直流配送而用交流電配電？

- 1.交流電可應用磁場感應原理，將變壓器進行不同電壓轉換容易，方便不同用戶端負載需求。
- 2.交流電不同相序電壓，有利於各種旋轉電機之使用..如單相、三相電動機、變頻器、線性馬達...等。
- 3.直流電則須使用換流器轉化為交流電源(系統較複雜且較貴)，交流電僅用整流器既可轉化為直流電源，較為經濟方便。
- 4.利用變壓器可高電壓輸送大量電力，有利於偵測調控及安全保護。
- 5.直流有電解作用之影響，所有設備的絕緣等級要比交流還高。
- 6.交流電設備多元，方便不同用戶需求。

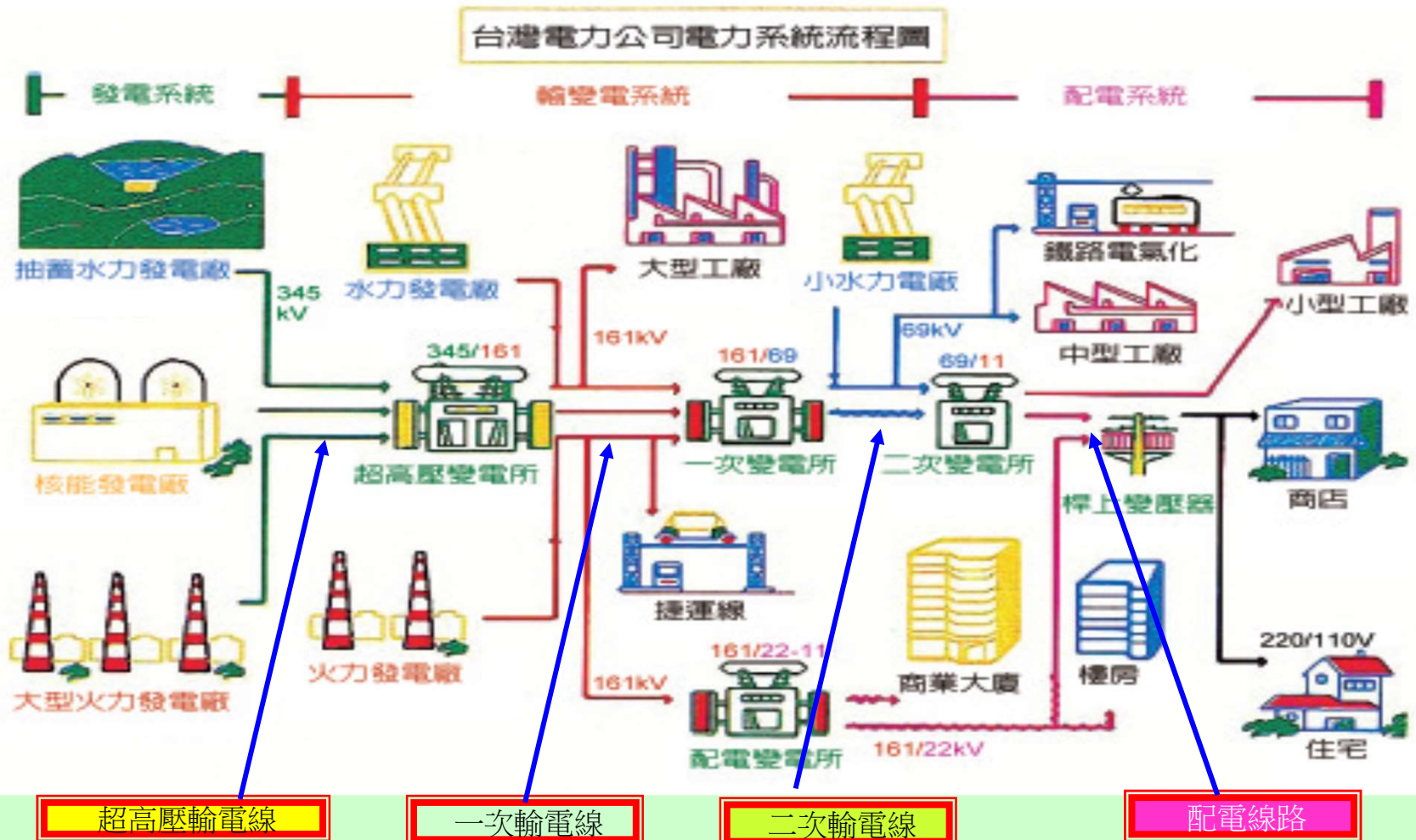
選用原則:

安全、經濟、永續、節能、方便多元、調控保護容易



授課教師：大葉大學電機系 許貴序 老師

壹-12、台灣電力系統圖示



授課教師：大葉大學電機系 許貴序 老師

壹-13、為什麼要採用高壓電來輸送電力？

$$P = E I \cos \theta$$

- 電壓越高電流就越小，這樣高壓輸電就能減少輸電時的電流從而降低因電流產生的熱損耗和降低遠距離輸電的材料成本。

先**升高**電壓輸送 --- (經濟 效率)
再**降低**電壓供用戶使用 ---
(安全 方便 易於調控)



安全、經濟、永續、節能、方便多元、調控保護容易



授課教師：大葉大學電機系 許貴序 老師

壹-14、台電供電類型與供電電壓

依據台灣電力公司之規定，其供電方式如下：（電源頻率：60Hz）
供電電壓、相數及線式：

(1) 電燈：低壓：單相二線式110伏，單相二線式220伏，
單相三線式110 / 220伏
三相三線式220伏，三相四線式
三相四線式220 / 380伏。

(2) 電力或綜合用電：

低 壓：單相二線式220伏，
三相三線式220伏，三相三線式380伏
三相四線式220 / 380伏。

高 壓：三相三線式 3.3 KV、5.7 KV、11.4 KV、22.8 KV。

特高壓：三相三線式 33 KV、66 KV、161 KV。

■ 3. 特定契約容量供電方式之適用範圍：

如：（台鐵）25 KV / （高鐵）27.5kv（台北捷運）

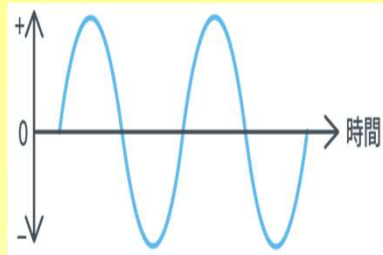


授課教師：大葉大學電機系 許貴序 老師

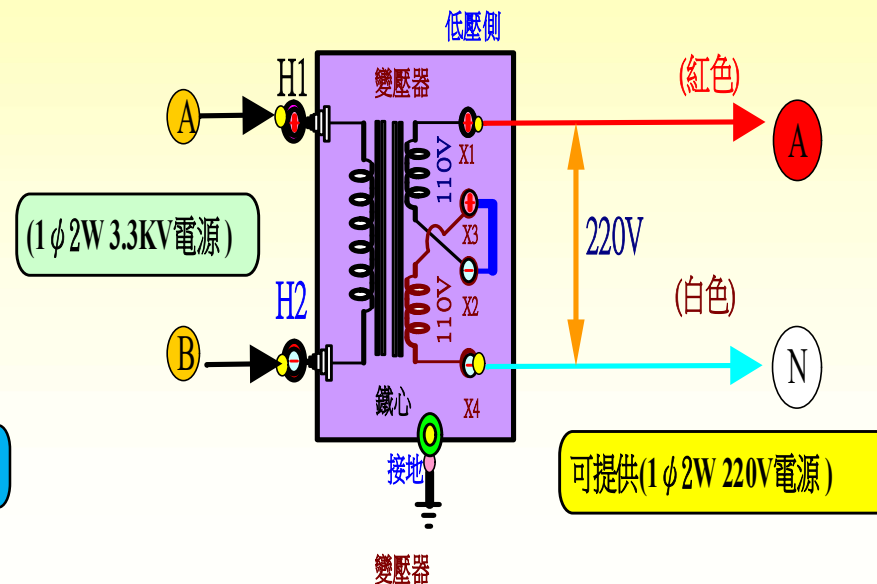
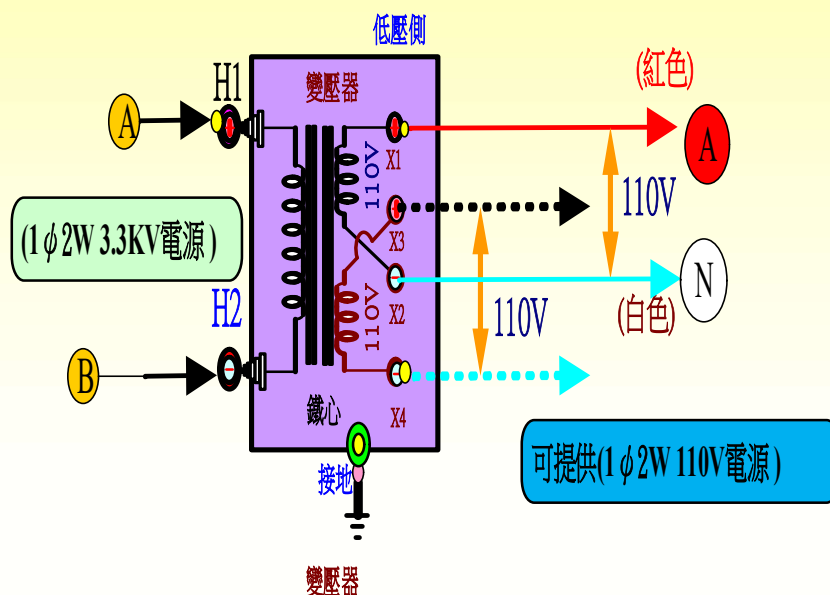
壹-15、什麼要採用單相或三相不同電源?

單相電源:

單相二線式電源 (1 ϕ 2W 110V)
(1具變壓器)



單相二線式電源 (1 ϕ 2W 220V)
(1具變壓器)



授課教師：大葉大學電機系 許貴序 老師

壹-15、什麼要採用單相或三相不同電源?

台灣電力公司之供電方式：(單相三線式 110V /220V 1具變壓器接線圖)

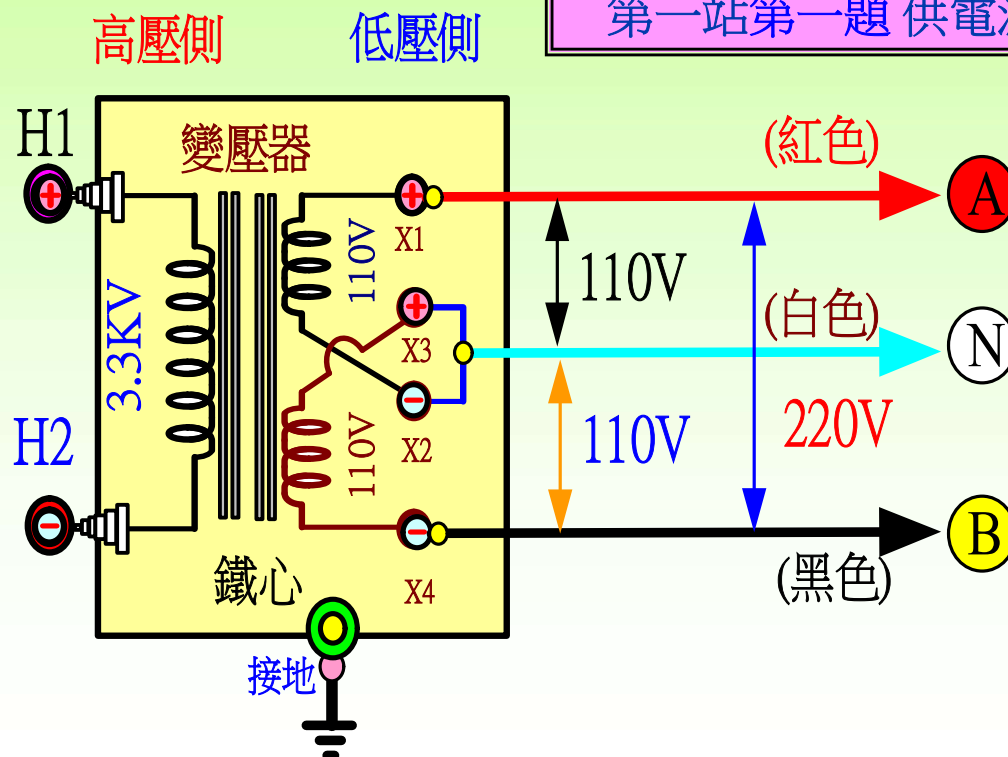
單相三線式電源 (1 ϕ 3W 110V / 220V)

一般家庭最常配送之電源

第一站第一題 供電源

供電特點:

可提供兩種電壓負載選擇



AC110V電源:

可提供家庭負載 如:
家電 照明 插座 抽水機...等

AC220V電源:

可提供家庭負載 如:
冷氣 電爐 烤箱 鐵捲門...等



授課教師：大葉大學電機系 許貴序 老師

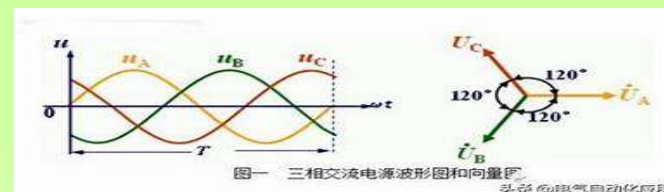
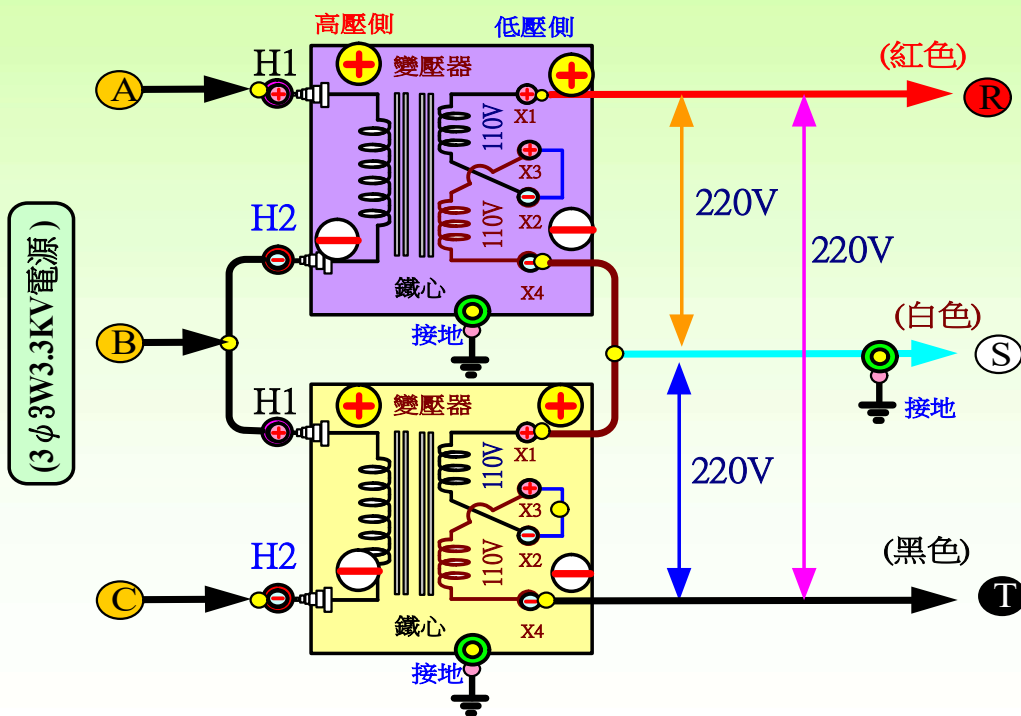
壹-16、什麼要採用單相或三相不同電源？

台灣電力公司之供電方式：(三相三線式 2具變壓器接線圖)

三相電源

三相三線式電源 (3 ϕ 3W 220V)

(3站第1題 兩具變壓器V-V 接線 中點接地)



一般工廠最常配送之電源

供電特點:

1. 可提供 一搬電力需求
2. 容易控制負載 轉向與輸出
3. 電壓調變 / 配置容易
4. 負載種類多 較符合經濟原則

AC三相220V電源:
可提供工廠負載 如:
空調冷氣 電梯 輸送帶
機械動力馬達...等

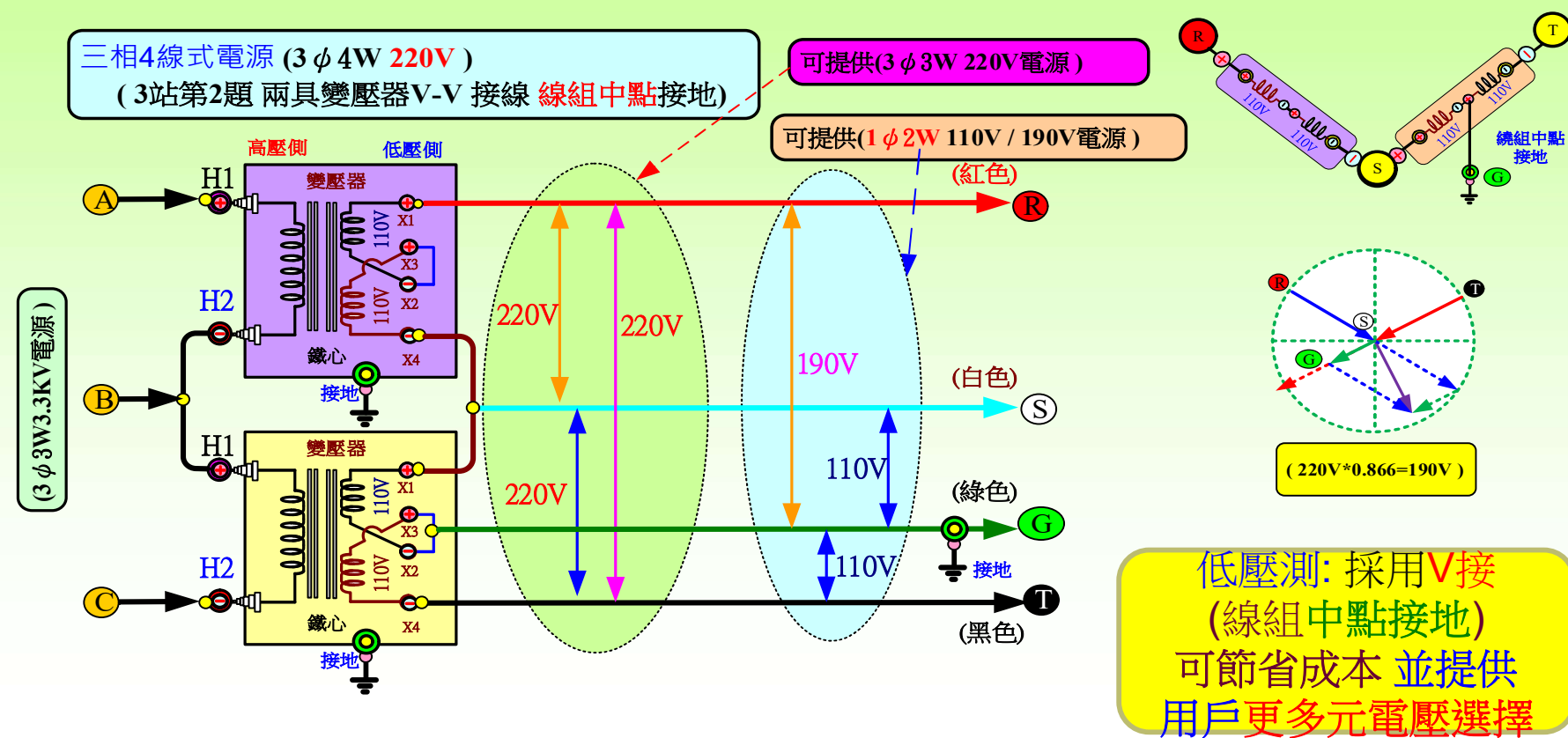


授課教師：大葉大學電機系 許貴序 老師

壹-17、什麼要採用單相或三相不同電源？

三相電源

台灣電力公司之供電方式：(三相四線式 2具變壓器接線圖)



授課教師：大葉大學電機系 許貴序 老師

壹-18、為何要採用單相或三相不同電源來配電？

單相電源的優點:

- 1.與三相電相比，單相電最主要的特點是輸出功率不是常數（功率振盪），其電壓在 0° 和 180° 時是零，在 90° 和 270° 時達到峰值。而三相電的總功率則是常數，因此，三相發電機可以穩定地運作。
- 2.三相變壓器的成本亦比單相變壓器低。只需要多50%的材料，則可提供原來3倍的輸出功率。
- 3.因此，三相電無論在發電及輸電都有明顯優勢。但對於商業和住宅用戶，單相電已能滿足一般的用電需求。

三相電源的優點:

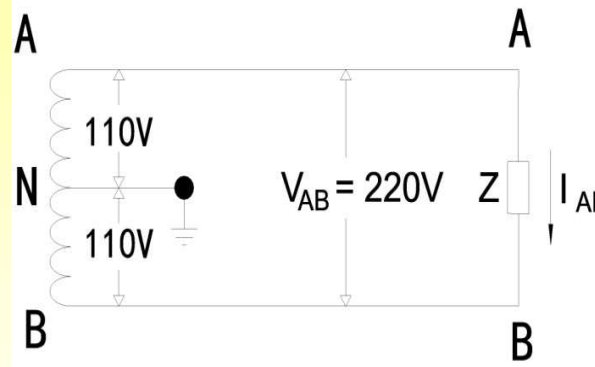


授課教師：大葉大學電機系 許貴序 老師

實證-1、單相3線式 平衡負載電流

單相3線式 AB 相間電流

一個單相負載10KW，功率因數pf為0.8，分別接於1 ϕ 3W 220 - 110 V之A、B兩條火線之間，試求導線之電流？



10KW PF0.8

$$I_{AB} = (10 \text{ KW} / 0.8) / 0.22 \text{ KV} = 56.82 \text{ A} \quad (\text{由A經Z流向B})$$
$$I_N = 0 \text{ A} \quad (\text{負載平衡})$$

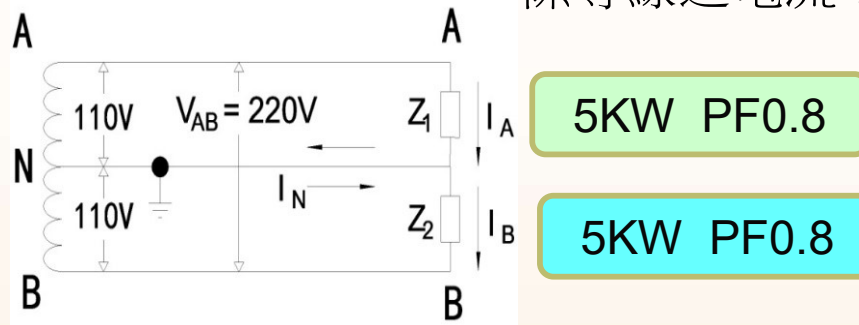


授課教師：大葉大學電機系 許貴序 老師

實證-2、單相3線式 平衡負載電流

單相3線式 平衡負載

兩個單相負載5 KW和5 KW，功率因數pf均為0.8，分別接於1 ϕ 3W 220 - 110 V之火線A、B與中性線N之間，試求每條導線之電流？



$$I_A = (5 \text{ KW} / 0.8) / 0.11 \text{ KV} = 56.82 \text{ A (由A經Z1流向N)}$$

$$I_B = (5 \text{ KW} / 0.8) / 0.11 \text{ KV} = 56.82 \text{ A (由B經Z2流向N)}$$

克希荷夫電流定律：在任何一個電路中，流入某一節點的電流之和“等於”流出該節點的電流之和，亦即某一節點的電流向量和為零。

$$I_A = I_B + I_N$$

$$I_N = I_A - I_B = 56.82 - 56.82 = 0 \text{ A (負載平衡，因 } I_A = I_B, \text{ 故 } I_N = 0)$$

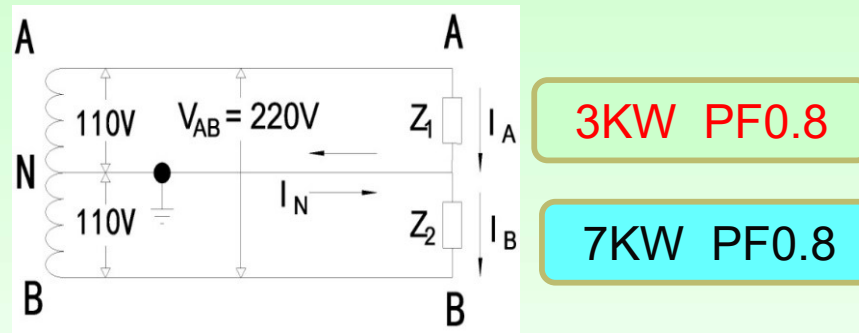


授課教師：大葉大學電機系 許貴序 老師

實證-3、單相3線式 不平衡負載電流

單相3線式 不平衡負載

兩個單相負載 **3 KW** 和 **7 KW**，功率因數 pf 均為 0.8，分別接於 $1\phi 3W$ 220 - 110 V 之火線 A、B 與中性線 N 之間，試求每條導線之電流？



$$I_A = (3 \text{ KW} / 0.8) / 0.11 \text{ KV} = 34.09 \text{ A} \quad (\text{由A經} Z_1 \text{流向N})$$

$$I_B = (7 \text{ KW} / 0.8) / 0.11 \text{ KV} = 79.55 \text{ A} \quad (\text{由B經} Z_2 \text{流向N})$$

克希荷夫電流定律：在任何一個電路中，流入某一節點的電流之和
“等於”流出該節點的電流之和，亦即某一節點的電流向量和為零。

$$I_A = I_B + I_N$$

$$I_N = I_A - I_B = 34.09 - 79.55 = -45.46 \text{ A} \neq 0 \text{ A} \quad (\text{負載不平衡，因} I_A < I_B \\ , \text{故} I_N \text{ 流動方向為由右而左})$$



授課教師：大葉大學電機系 許貴序 老師

實證-4、3相3線式 不平衡負載電流

3相3線式 平衡負載

某三相負載**10KW**，**功率因數pf為0.8**，接於3 ϕ 4W 380 - 220 V之A、B、C三條火線之間，試求導線之線電流？

$$I_L = (10 \text{ KW} / 0.8) / (\sqrt{3} * 0.38 \text{ KV}) = 18.99 \text{ A}$$

(由A、B、C分別經 $Z/3$ 流向N)

$$I_A = I_B = I_C = I_L$$

相電流

$$I_{AN} = I_A = 18.99 \text{ A}, I_{BN} = I_B = 18.99 \text{ A}, I_{CN} = I_C = 18.99 \text{ A}$$

$$I_{AN} + I_{BN} + I_{CN} + I_N = 0$$

$$I_N = -I_{AN} - I_{BN} - I_{CN} = -18.99\angle 0^\circ - 18.99\angle 120^\circ - 18.99\angle 240^\circ$$

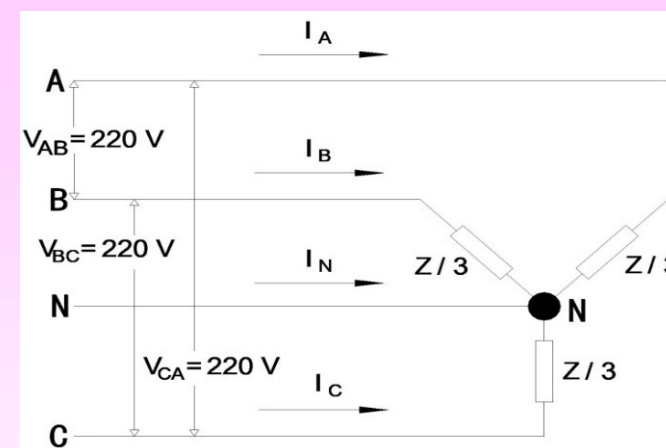
$$= - (18.99\cos 0^\circ + j 18.99\sin 0^\circ) - (18.99\cos 120^\circ + j 18.99\sin 120^\circ) - (18.99\cos 240^\circ + j 18.99\sin 240^\circ)$$

$$= - (18.99 + j 0) - (-9.495 + j 16.45) - (-9.495 + j -16.45)$$

$$= (-18.99 - j 0) + (9.495 - j 16.45) + (9.495 + j 16.45)$$

$$= (-18.99 + 9.495 + 9.495) + j (-16.45 + 16.45)$$

$$= 0 + j 0 = 0 \text{ A (負載平衡，三相設備)}$$



平衡10KW PF0.8



授課教師：大葉大學電機系 許貴序 老師

實證-5、3相3線式 不平衡負載電流

3相3線式 不平衡負載

三個單相負載2 KW、3 KW和5 KW，功率因數pf分別為0.6、0.7、0.8，接於3 ϕ 4W 380 - 220 V之A、B、C火線與中性線N之間，試求每條導線之線電流？

$$I_{AN} = (2 \text{ KW} / 0.6) / (0.22 \text{ KV}) = 15.14 \text{ A} \quad (\text{由A經} Z_1 \text{流向N})$$

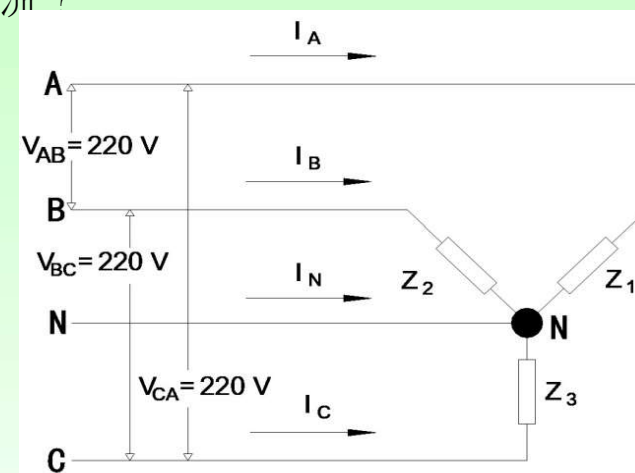
$$I_{BN} = (3 \text{ KW} / 0.7) / (0.22 \text{ KV}) = 19.48 \text{ A} \quad (\text{由B經} Z_2 \text{流向N})$$

$$I_{CN} = (5 \text{ KW} / 0.8) / (0.22 \text{ KV}) = 28.41 \text{ A} \quad (\text{由C經} Z_3 \text{流向N})$$

$$I_A = I_{AN} = 15.15 \text{ A}, I_B = I_{BN} = 19.48 \text{ A}, I_C = I_{CN} = 28.41 \text{ A}$$

$$I_{AN} + I_{BN} + I_{CN} + I_N = 0$$

$$\begin{aligned} I_N &= -I_{AN} - I_{BN} - I_{CN} = -15.15 \angle 0^\circ - 19.48 \angle 120^\circ - 28.41 \angle 240^\circ \\ &= -(15.15 \cos 0^\circ + j 15.15 \sin 0^\circ) - (19.48 \cos 120^\circ + j 19.48 \sin 120^\circ) - (28.41 \cos 240^\circ + j 28.41 \sin 240^\circ) \\ &= -(15.15 + j 0) - (-9.74 + j 16.87) - (-14.21 - j 24.6) \\ &= (-15.15 - j 0) + (9.74 - j 16.87) + (14.21 + j 24.6) \\ &= (-15.15 + 9.74 + 14.21) + j (-16.87 + 24.6) \\ &= 8.8 + j 7.73 = 11.71 \angle 41.3^\circ \quad (\text{負載不平衡，發生在單相設備}) \end{aligned}$$



授課教師：大葉大學電機系 許貴序 老師

貳-1、變壓器的分類

變壓器的分類:

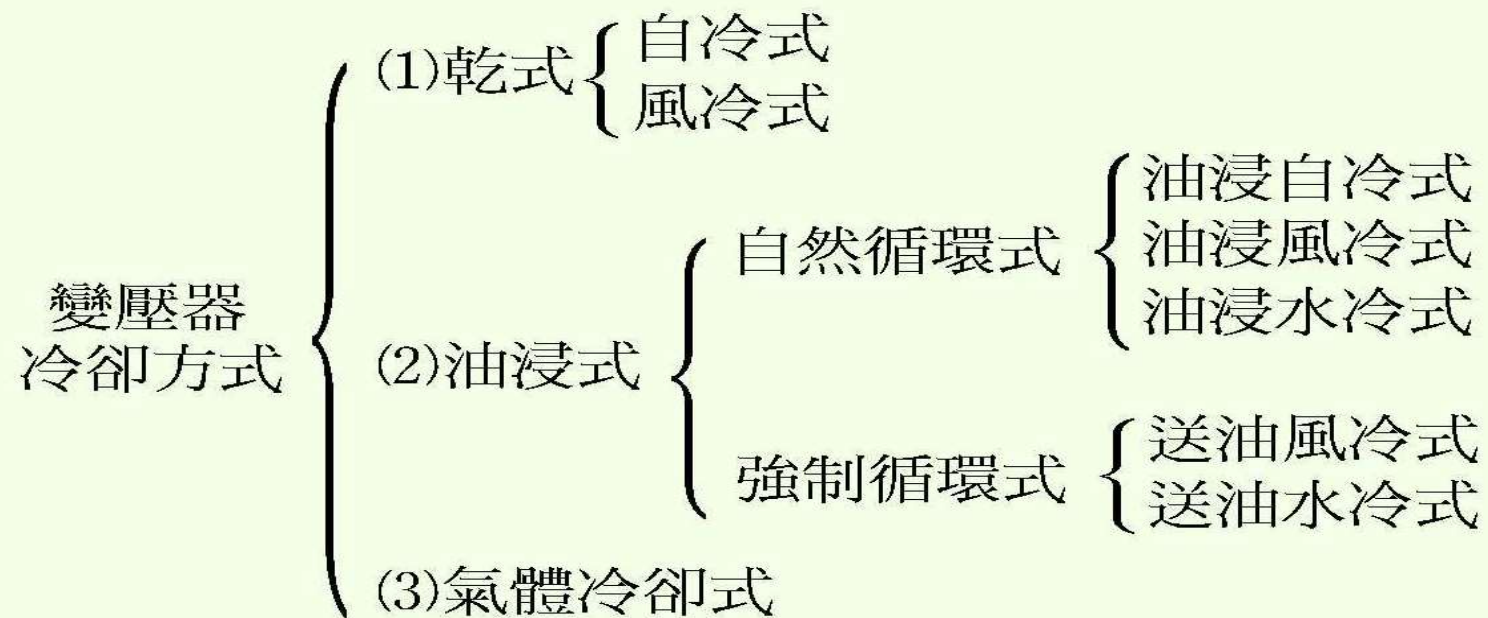
- 1、按用途分類：有電力變壓器、特種變壓器（電爐變、整流變、工頻試驗變壓器、調壓器、礦用變、音頻變壓器、中頻變壓器、高頻變壓器、衝擊變壓器、儀用變壓器、電子變壓器、電抗器、互感器等）。
- 2、按結構分類：有雙繞組變壓器、三繞組變壓器、多繞組變壓器、自耦變壓器。
- 3、按冷卻方式分類：有油浸式變壓器、乾式變壓器。
- 4、按冷卻方式分類：有自然冷式、風冷式、水冷式、強迫油循環風（水）冷方式、及水內冷式等。
- 5、按鐵芯或線圈結構分類：芯式變壓器（插片鐵芯、C型鐵芯、鐵氧體鐵芯）、殼式變壓器（插片鐵芯、C型鐵芯、鐵氧體鐵芯）、環型變壓器、金屬箔變壓器、輻射式變壓器等。
- 6、按電源相數分類：單相變壓器、三相變壓器、多相變壓器。
- 7、按導電材質分類：有銅線變壓器、鋁線變壓器及半銅半鋁、超導等變壓器。
- 8、按調壓方式分類：可分為無勵磁調壓變壓器、有載調壓變壓器。
- 9、按中性點絕緣水平分類：有全絕緣變壓器、半絕緣（分級絕緣）變壓器。



授課教師：大葉大學電機系 許貴序 老師

貳-2:變壓器的分類

變壓器的冷卻分類：

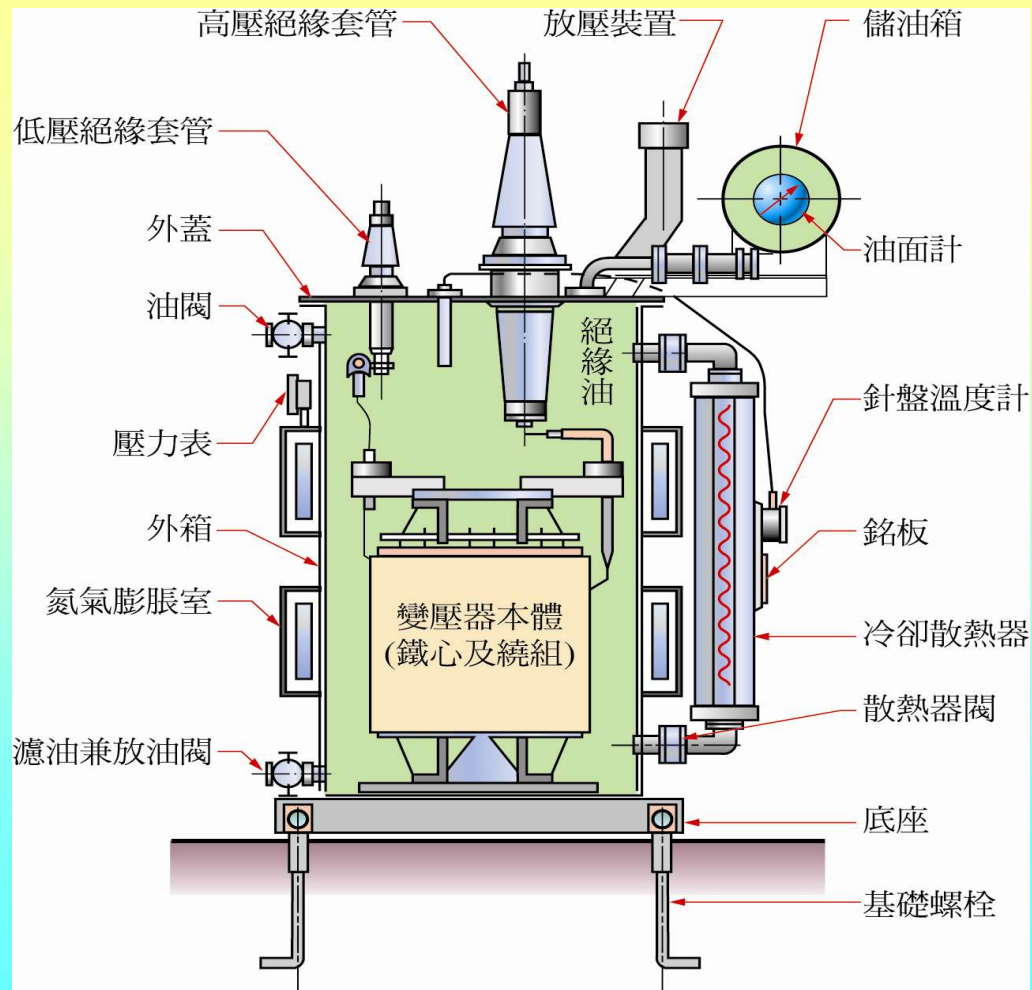


變壓器冷卻分類圖示



授課教師：大葉大學電機系 許貴序 老師

貳-3、配電變壓器結構分解圖

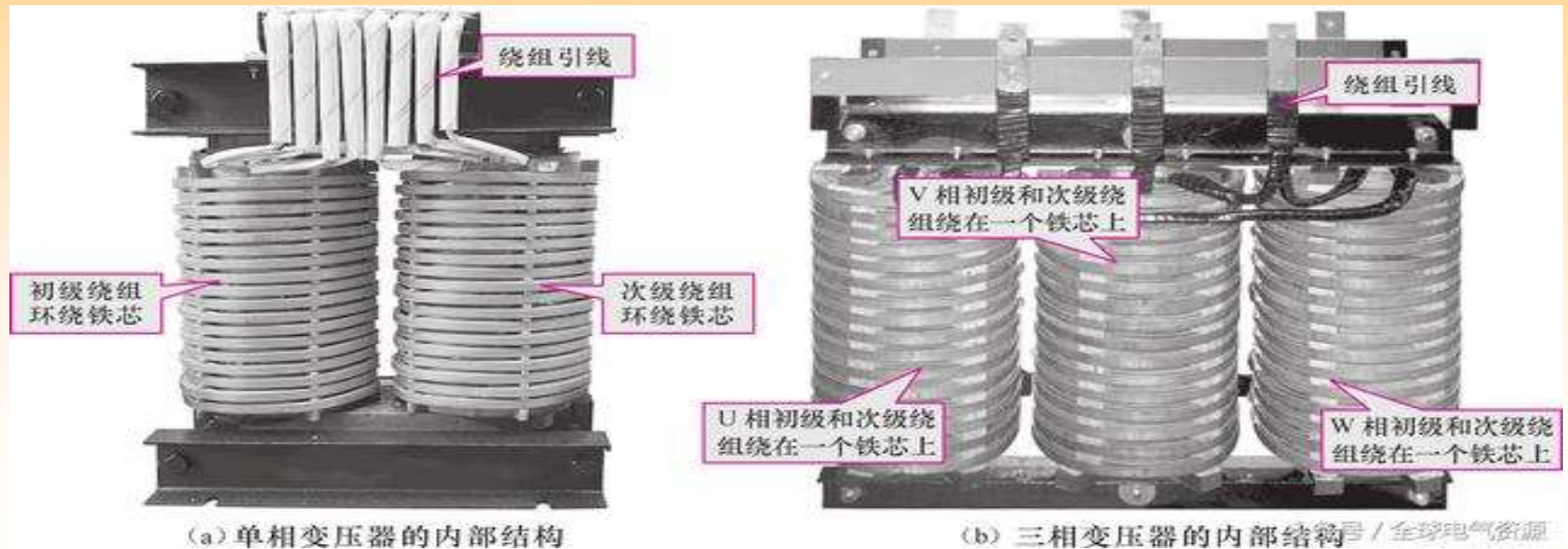


授課教師：大葉大學電機系 許貴序 老師

貳-4:電力變壓器的構造分析

單相變壓器和三相變壓器的內部結構比較:

常用的變壓器鐵芯有多種類型，典型的結構分別為**口字形**和**日字形**，如圖2-3所示。為了減小渦流和磁滯損耗，鐵芯通常選用**磁導率較高**、相互絕緣、厚度在0.35~0.5mm的**矽鋼片疊合而成**，有的變壓器鐵芯也選用高磁導率的坡莫合金、鐵氧體等材料製成。



資料來源：引用於公開網站

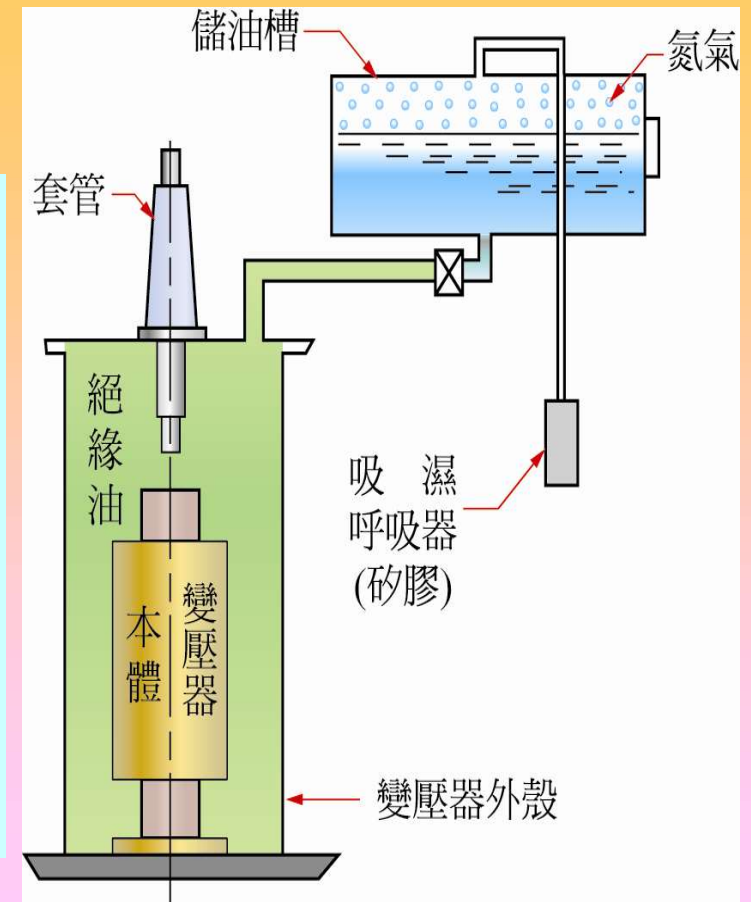


授課教師：大葉大學電機系 許貴序 老師

貳-5：變壓器絕緣油之特性

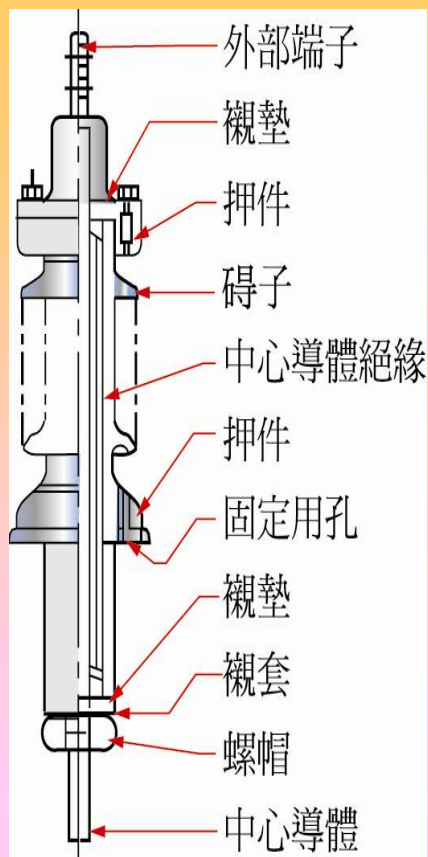
絕緣油應具備下列條件：

- 1. 絕緣耐力大。
- 2. 引火點高，蒸發量少。
- 3. 粘度低而冷卻作用良好。
- 4. 凝固點低。
- 5. 不含酸性，對金屬不產生腐蝕作用。
- 6. 電氣及化學性能穩定。

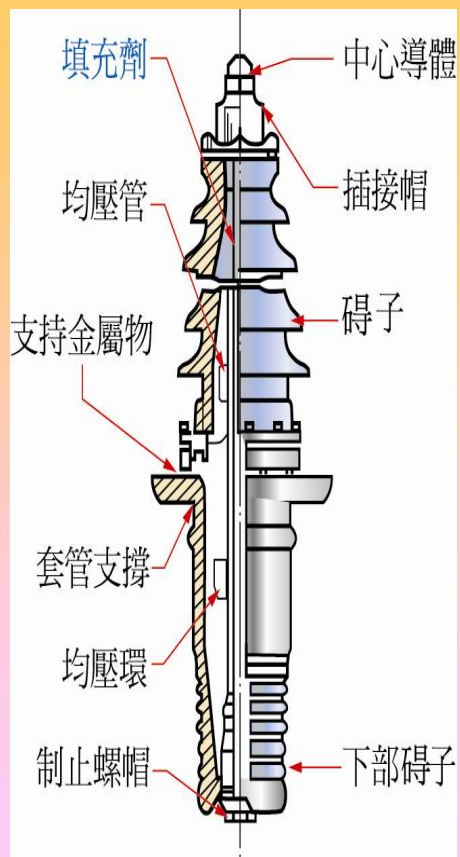


授課教師：大葉大學電機系 許貴序 老師

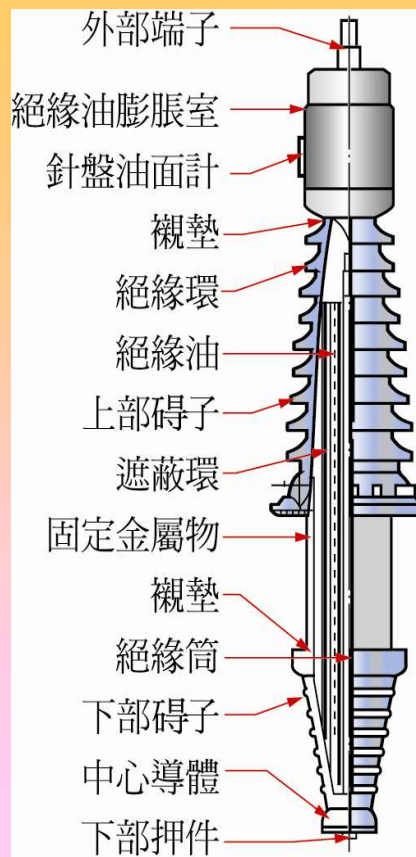
貳-6：變壓器變壓器絕緣套管



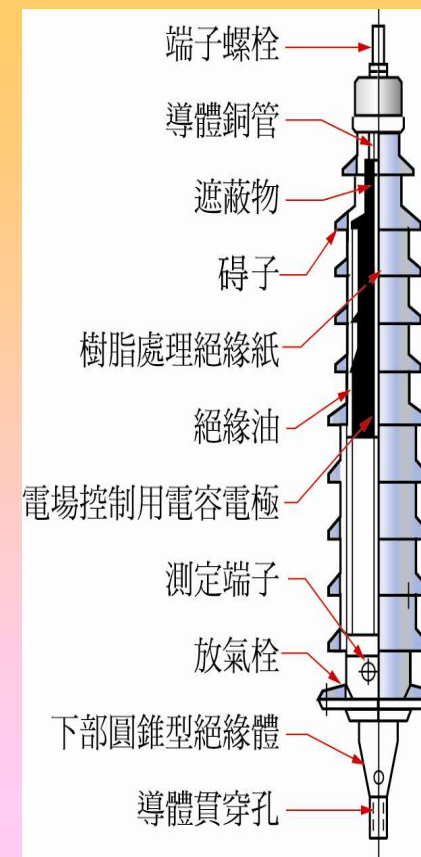
A. 單一型



B. 填劑型



C. 充油式



D. 電容式



授課教師：大葉大學電機系 許貴序 老師

貳-7、電力變壓器的構造

三相電力變壓器的構造：

主要由變壓器的箱體、高壓絕緣套管、低壓絕緣套管、油枕、散熱管組成。

鐵芯和繞組是變壓器中最主要的部件，構成了變壓器的器身。



图4 油枕与散热管

头条号 / 电力腐



图1 三相电力变压器外观

头条号 / 电力腐

資料來源：引用於公開網站



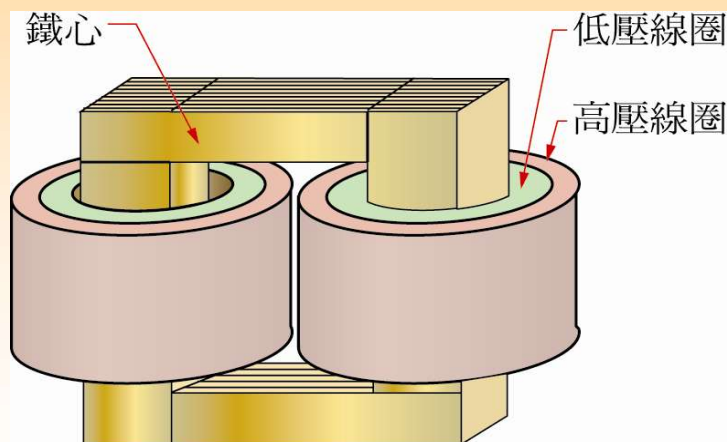
授課教師：大葉大學電機系 許貴序 老師

貳-8：電力變壓器的構造分析

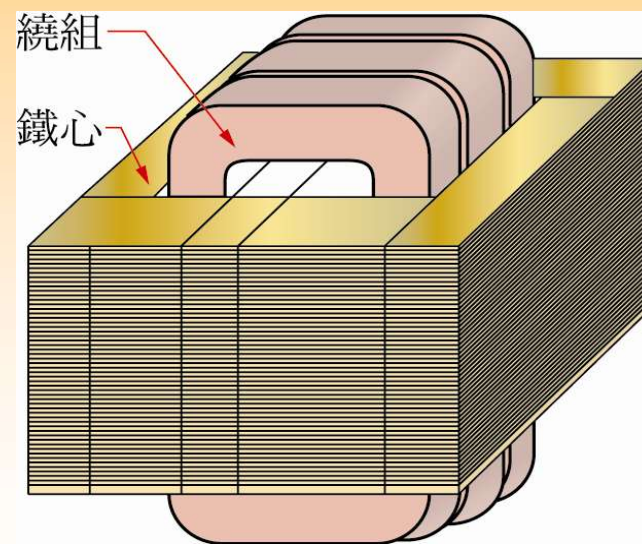
變壓器之鐵心

此變壓器鐵心材料必須符合下列特性：

1. 高導磁係數
2. 鐵心損失小
3. 機械强度高
4. 易於加工
5. 廉價經濟



內鐵式變壓器構造圖

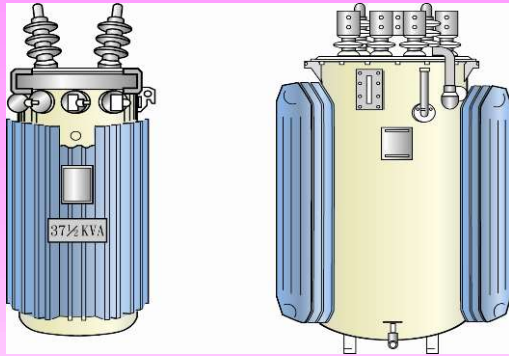


內鐵式變壓器構造圖

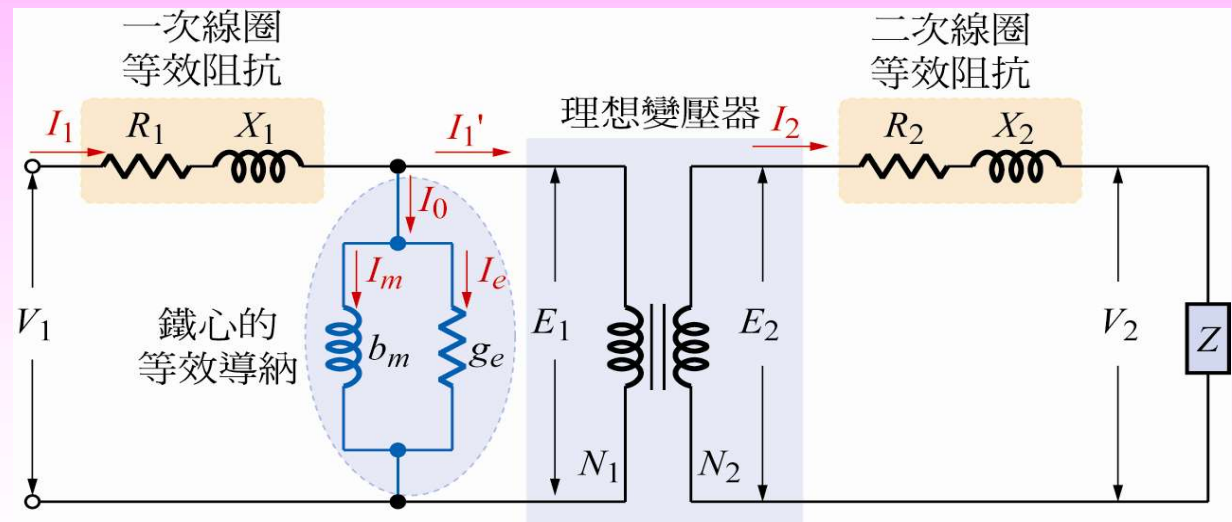
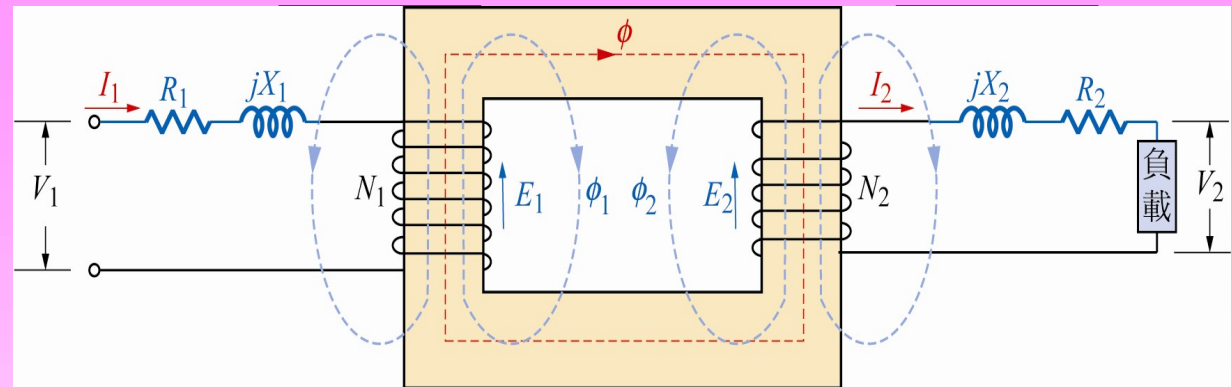


授課教師：大葉大學電機系 許貴序 老師

貳-9：變壓器的等效電路分析



鐵損通常放在左邊（主線圈）
ge代表鐵損
bm代表磁阻

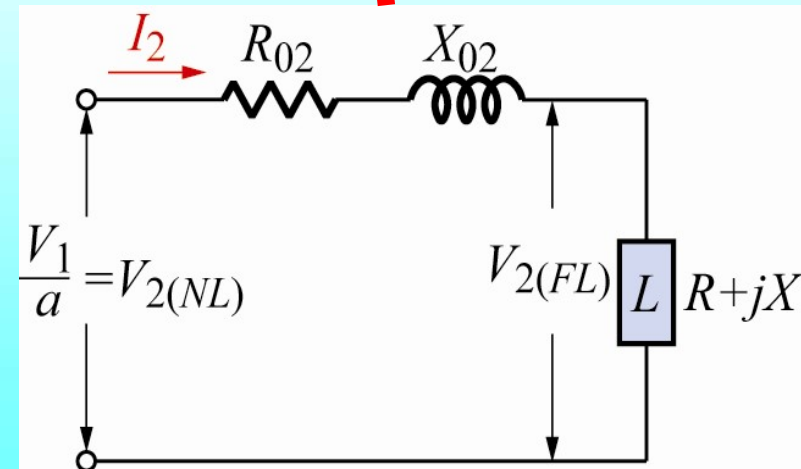
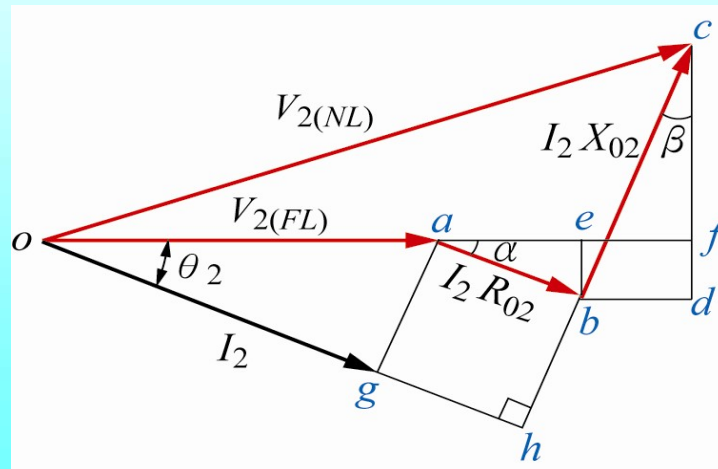
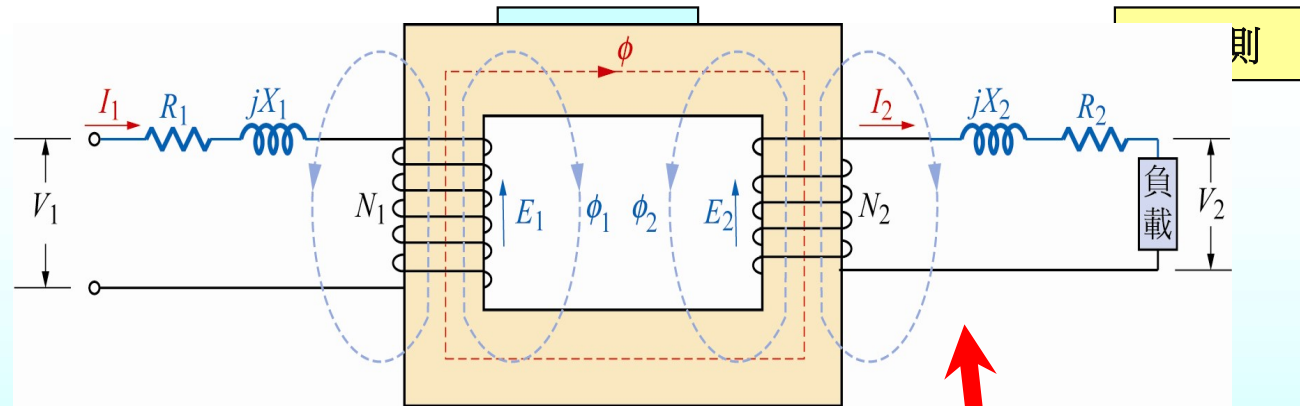


資料來源：台電網站 [超連結](#)



授課教師：大葉大學電機系 許貴序 老師

貳-10：變壓器的等效電路分析



折算至二次側之等效電路及相量圖

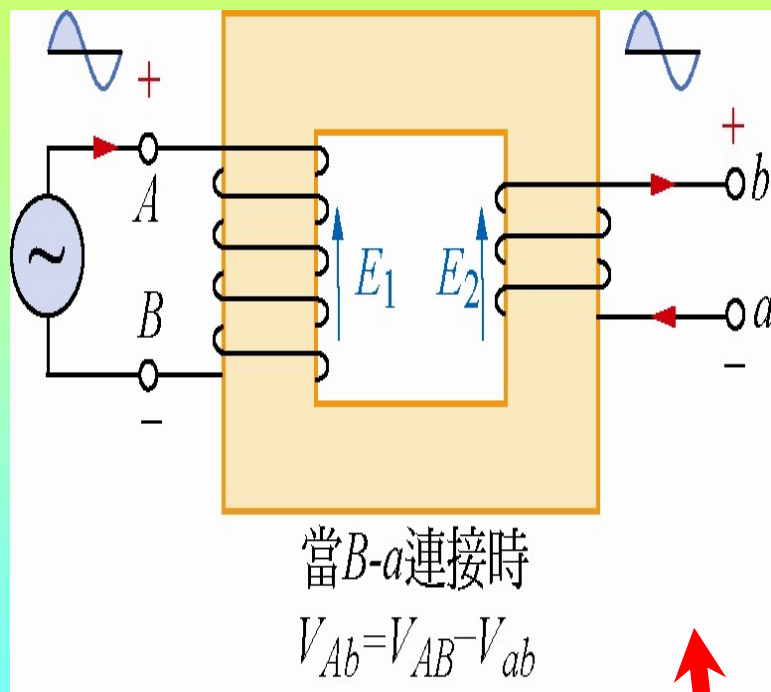


授課教師：大葉大學電機系 許貴序 老師

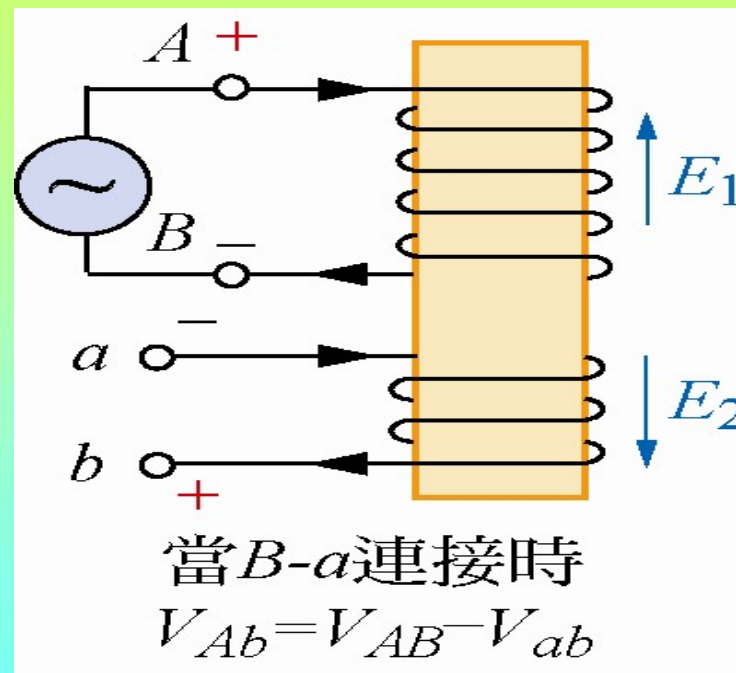
貳-11:變壓器的連結法

變壓器之極性

(加極性、減極性)



(a)內鐵式



(b)外鐵式

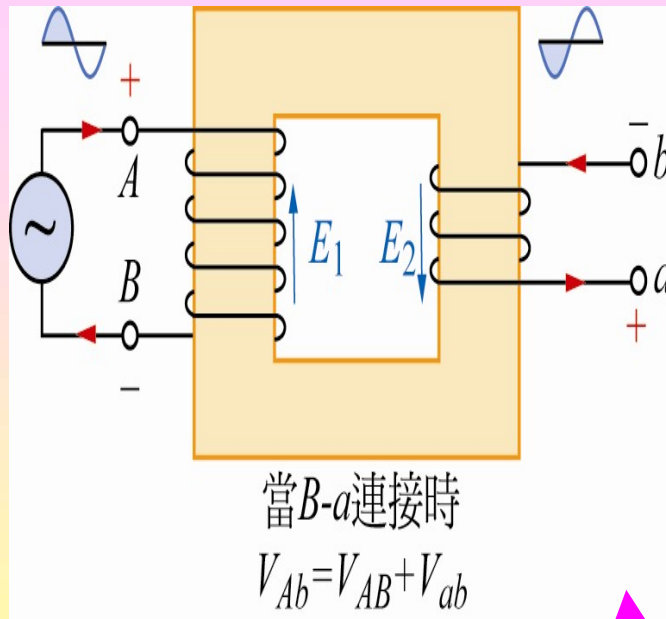
減極性變壓器的標示



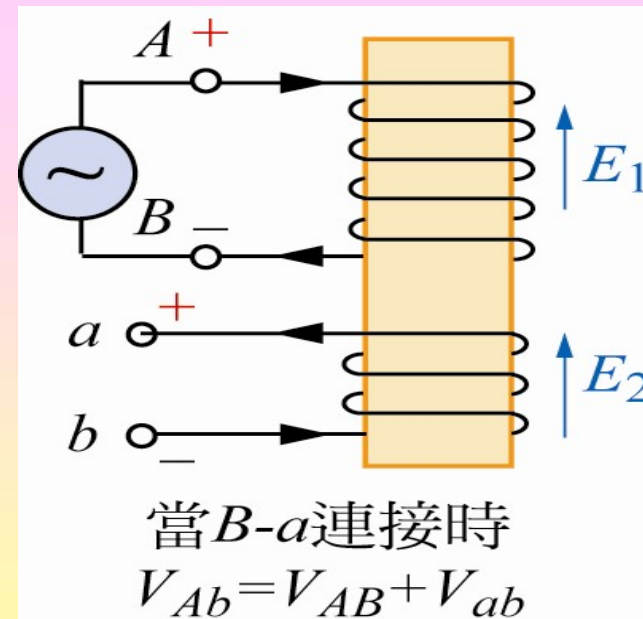
授課教師：大葉大學電機系 許貴序 老師

貳-12：變壓器的連結法

變壓器之極性



(a)內鐵式



(b)外鐵式

加極性變壓器的標示

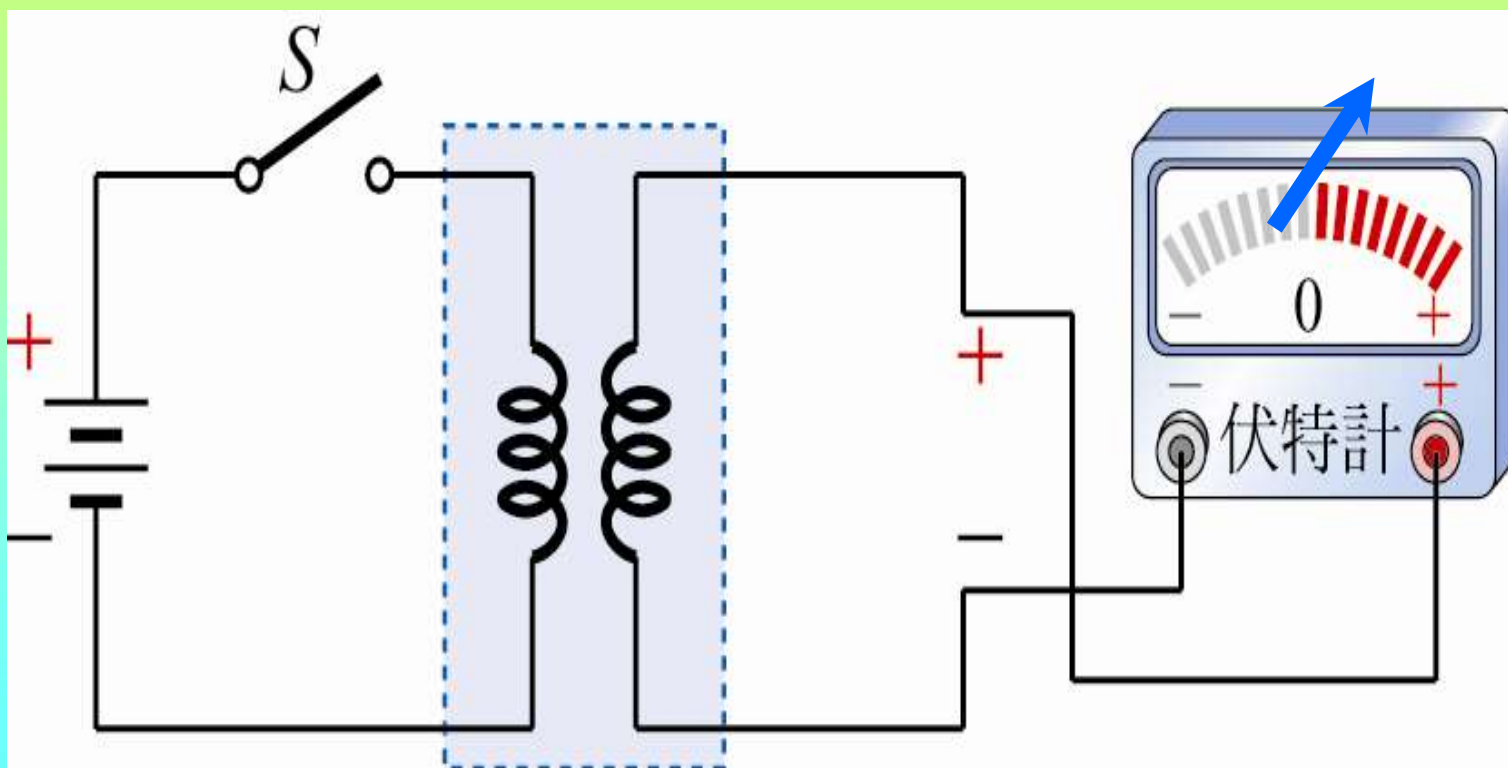


授課教師：大葉大學電機系 許貴序 老師

貳-13：變壓器極性的判定

直流判定法

向**正方向**偏轉，表示該變壓器為**減極性**



授課教師：大葉大學電機系 許貴序 老師

貳-14 :常用變壓器極性表示法

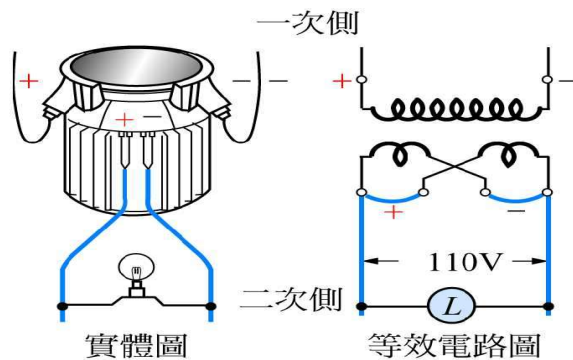
表 12-1 常用變壓器極性表示方法

使用國 符 號		台灣地區	美 國	日 本	北 歐
減極性	高壓側				
	低壓側				
加極性	高壓側				
	低壓側				

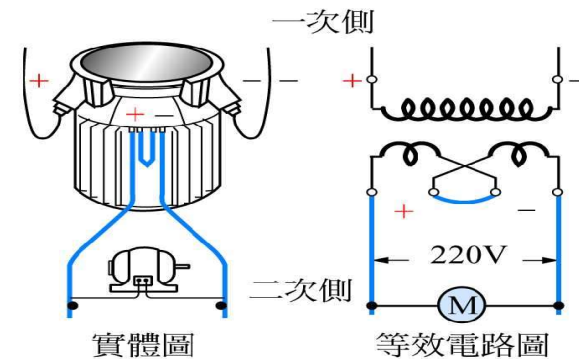


授課教師：大葉大學電機系 許貴序 老師

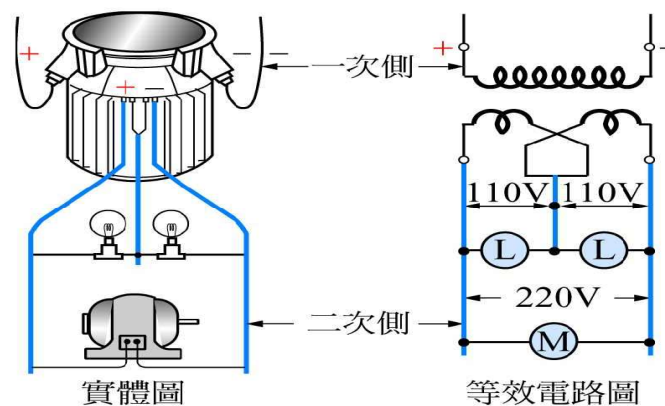
貳-15:單相變壓器之接線



(a) 單相二線 110V



(b) 單相二線 220V



(c) 單相三線式 110V / 220V

圖 12-6 單相變壓器的各種接線

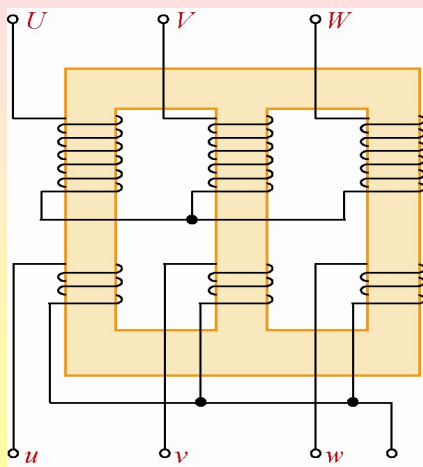


授課教師：大葉大學電機系 許貴序 老師

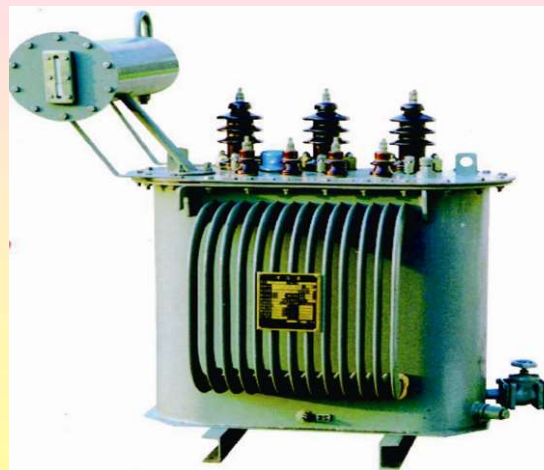
貳-16：三相變壓器之連接線

以三具單相變壓器進行三相連接供電三相電源，其優點是：

1. 由於其三具獨立，散熱容易；
2. 當其中一具故障時，另外兩具還可接成V型接線，繼續供給部分用電，無須全面停電；
3. 備用容量較三相變壓器為小；缺點是：較佔空間、設備成本高。



(a)原理圖



(b)實體圖



授課教師：大葉大學電機系 許貴序 老師

貳-17 : 三相變壓器之連接線

Y-Y接線

$$V_{2L} = \sqrt{3} \times V_{2P} = \sqrt{3} \times \frac{V_{1P}}{a} = \sqrt{3} \times \frac{1}{a} \times \frac{V_{1L}}{\sqrt{3}} = \frac{1}{a} \times V_{1L} \text{ (伏特)}$$

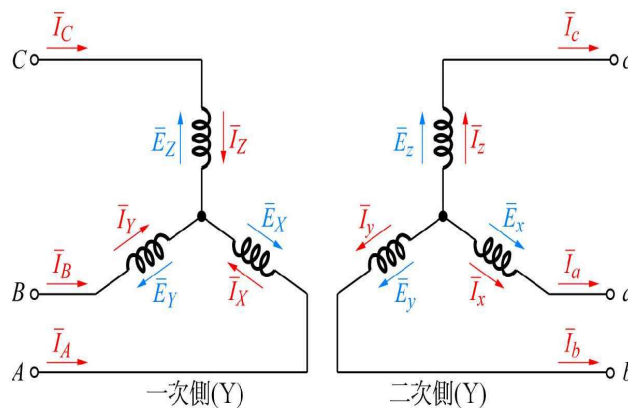
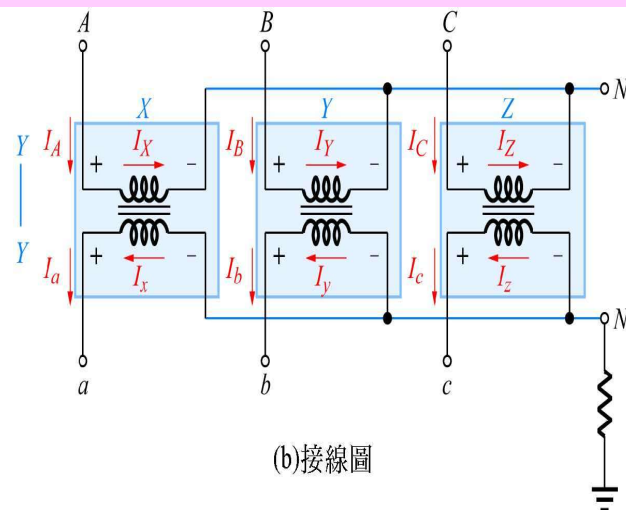
公式 12-1

$$I_{2L} = I_{2P} = a \times I_{1P} = a \times I_{1L} \text{ (安培)}$$

公式 12-2

$$P = 3 \times V_P \times I_P \times \cos\theta = \sqrt{3} \times V_L \times I_L \times \cos\theta \text{ (瓦特)}$$

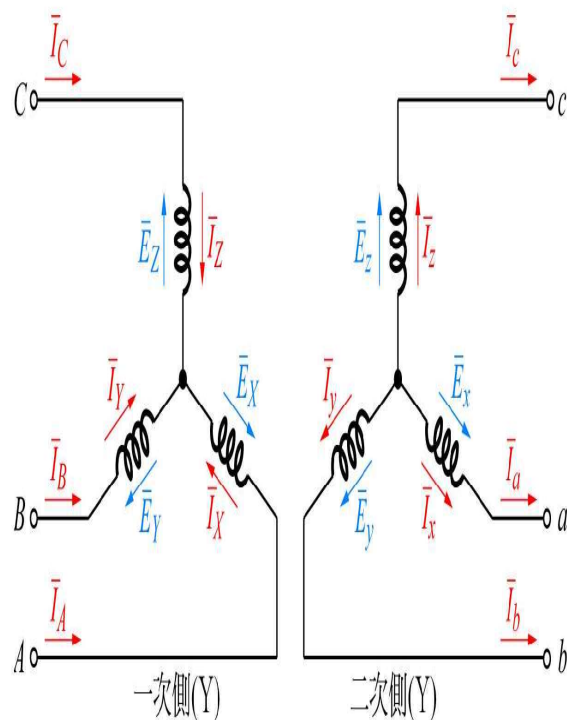
公式 12-3



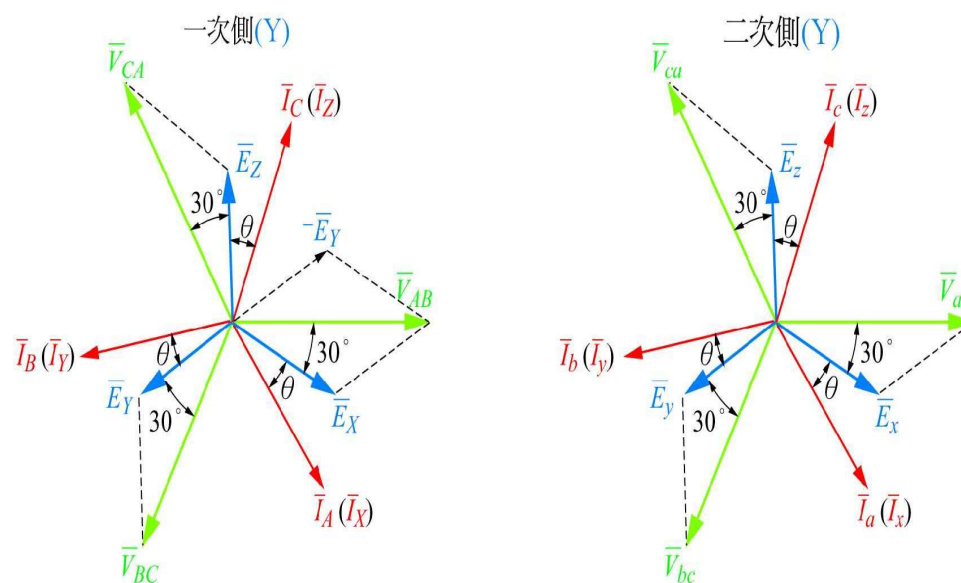
授課教師：大葉大學電機系 許貴序 老師

貳-18 : 三相變壓器之連接線

Y-Y接線向量圖示



(c) 電壓電流方向圖



註： $\bar{V}_{AB} = \bar{E}_X - \bar{E}_Y$
 $\bar{V}_{BC} = \bar{E}_Y - \bar{E}_Z$
 $\bar{V}_{CA} = \bar{E}_Z - \bar{E}_X$

(d) 相量圖

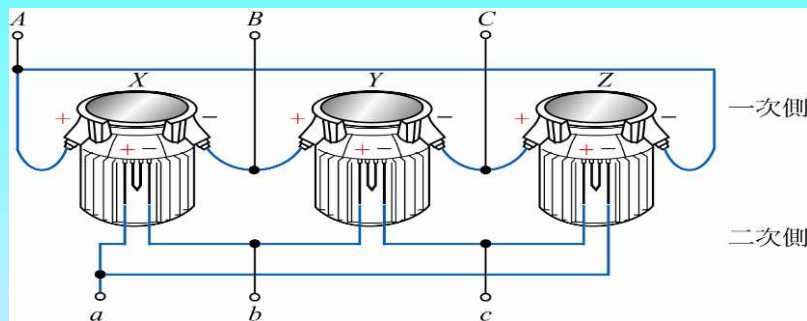
圖 12-8 Y-Y 接線



授課教師：大葉大學電機系 許貴序 老師

貳-19 : 三相變壓器之連接線

△-△ 接線法

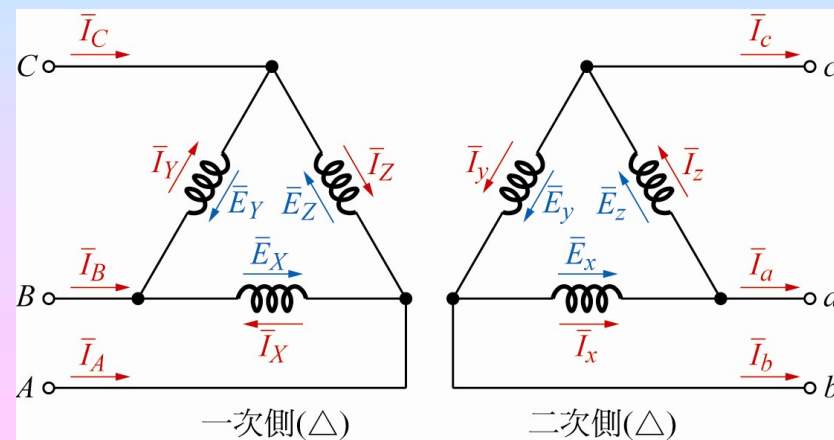
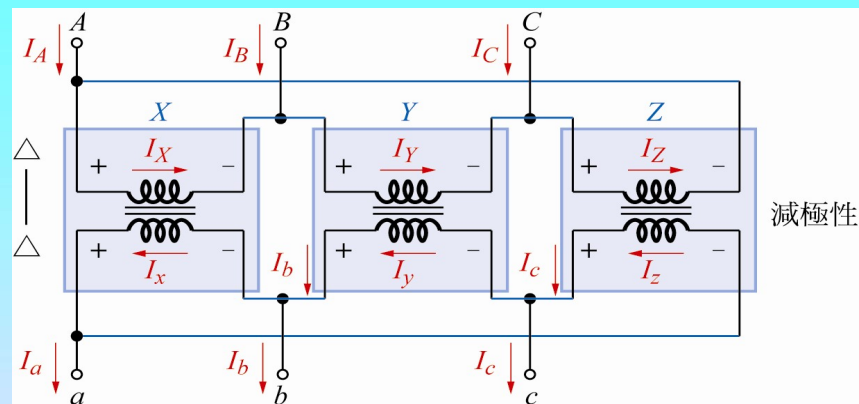


$$I_{2L} = \sqrt{3} \times I_{2P} = \sqrt{3} \times a \times I_{1P} = \sqrt{3} \times a \times \frac{1}{\sqrt{3}} \times I_{1L} = a \times I_{1L} \text{ (安培)}$$

公式 12-5

$$P = 3 \times V_P \times I_P \times \cos\theta = \sqrt{3} \times V_L \times I_L \times \cos\theta \text{ (瓦特)}$$

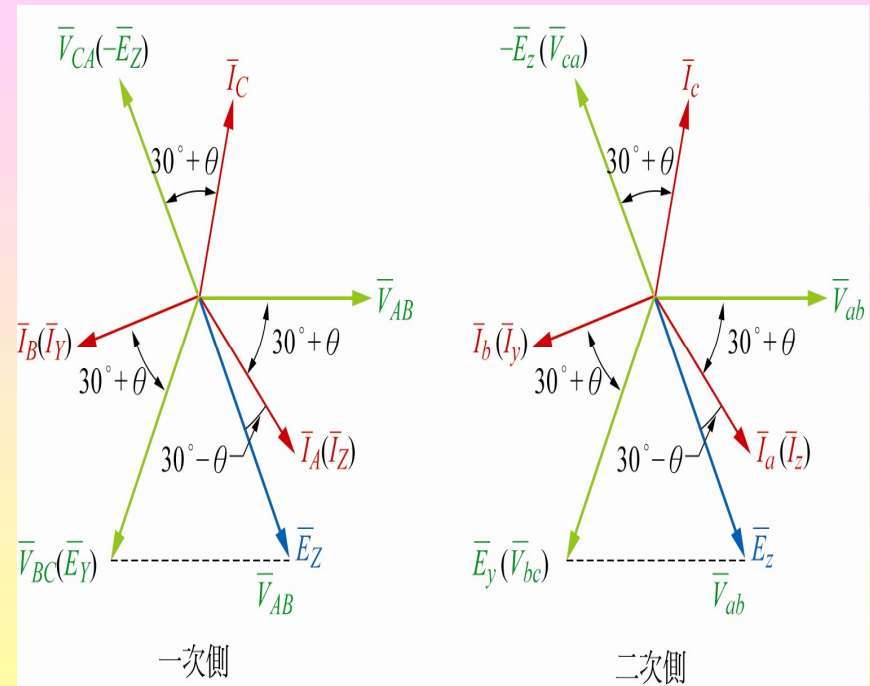
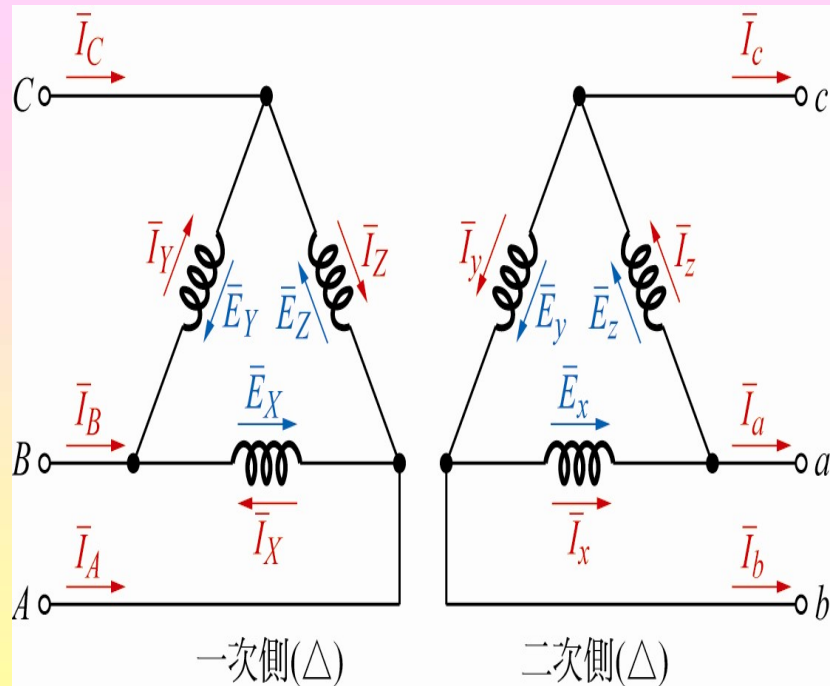
公式 12-6



授課教師：大葉大學電機系 許貴序 老師

貳-20 : 三相變壓器之連接線

Δ - Δ 接線向量圖示



授課教師：大葉大學電機系 許貴序 老師

貳-21 :三相變壓器之連接線

Y-△ 接線法

$$V_{2L} = V_{2P} = \frac{1}{a} \times V_{1P} = \frac{1}{a} \times \frac{1}{\sqrt{3}} \times V_{1L} = \frac{V_{1L}}{\sqrt{3}a}$$

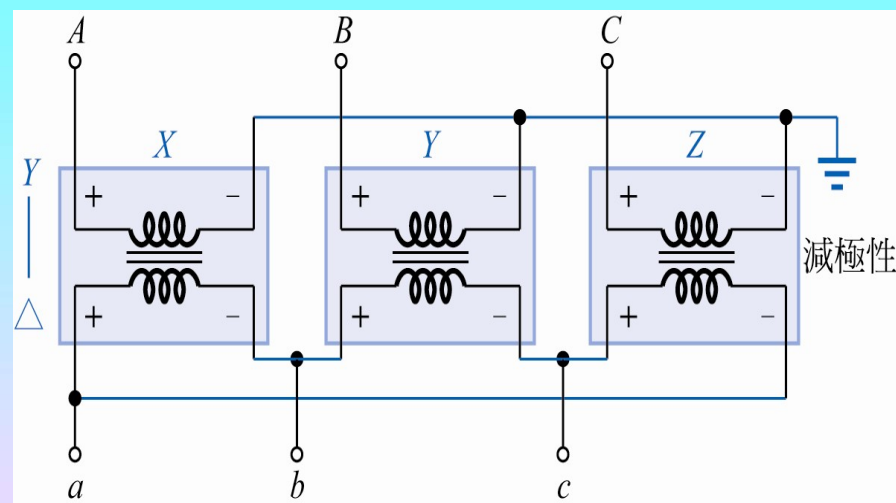
公式 12-7

$$I_{2L} = \sqrt{3} \times I_{2P} = \sqrt{3} \times a \times I_{1P} = \sqrt{3} \times a \times I_{1L}$$

公式 12-8

$$P = 3V_P I_P \cos\theta = \sqrt{3}V_L I_L \cos\theta$$

公式 12-9



授課教師：大葉大學電機系 許貴序 老師

貳-22 : 三相變壓器之連接線

Δ -Y 接線法

$$V_{2L} = \sqrt{3} \times V_{2P} = \sqrt{3} \times \frac{V_{1P}}{a} = \frac{\sqrt{3}}{a} \times V_{1L}$$

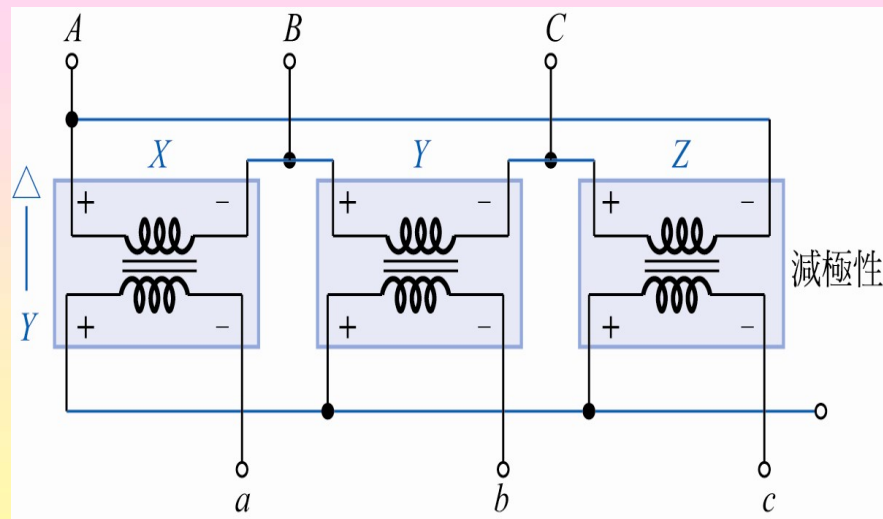
公式
12-10

$$I_{2L} = I_{2P} = a \times I_{1P} = \frac{a}{\sqrt{3}} I_{1L}$$

公式
12-11

$$P = 3V_P I_P \cos\theta = \sqrt{3} V_L I_L \cos\theta$$

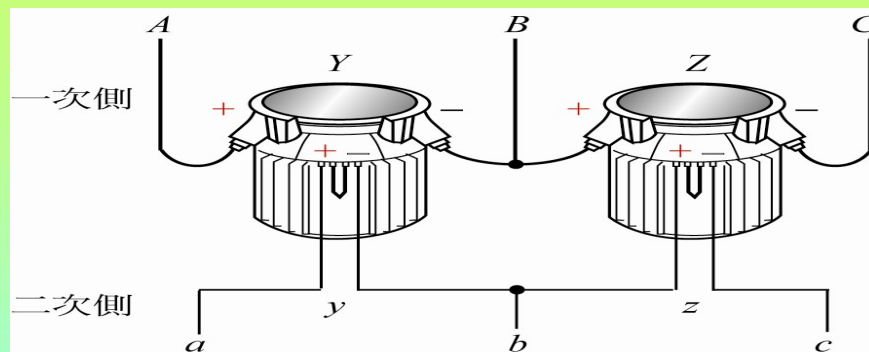
公式
12-12



授課教師：大葉大學電機系 許貴序 老師

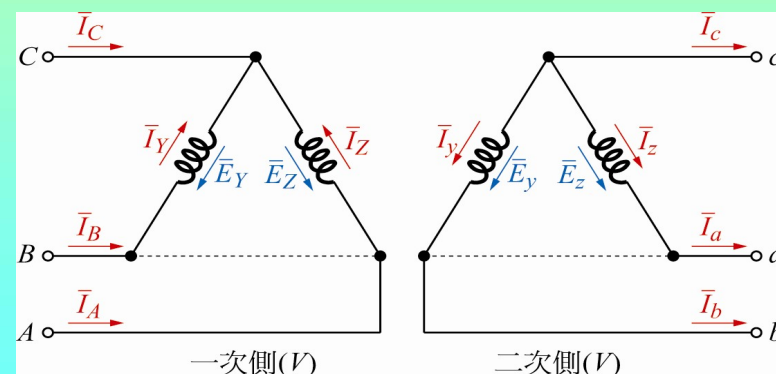
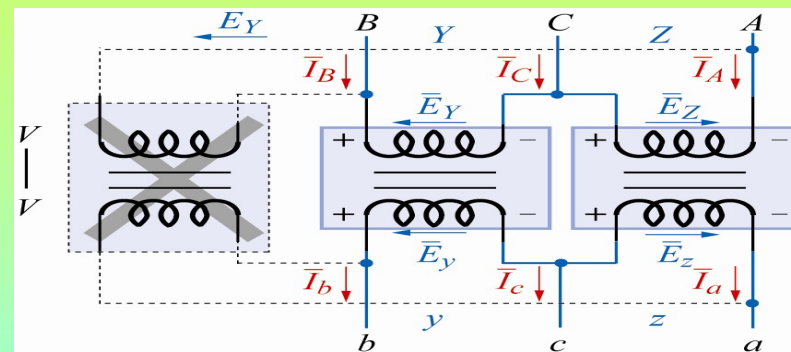
貳-23：變壓器的等效電路分析

V-V 接線法



$$\begin{aligned}
 P_V &= P_Y + P_Z = VI \cos(30^\circ + \theta) + VI \cos(30^\circ - \theta) \\
 &= VI(\cos 30^\circ \cos \theta + \sin 30^\circ \sin \theta + \cos 30^\circ \cos \theta - \sin 30^\circ \sin \theta) \\
 &= VI(2 \cos 30^\circ \cos \theta) \\
 &= \sqrt{3} VI \cos \theta \text{ (瓦特)}
 \end{aligned}$$

公式
12-13



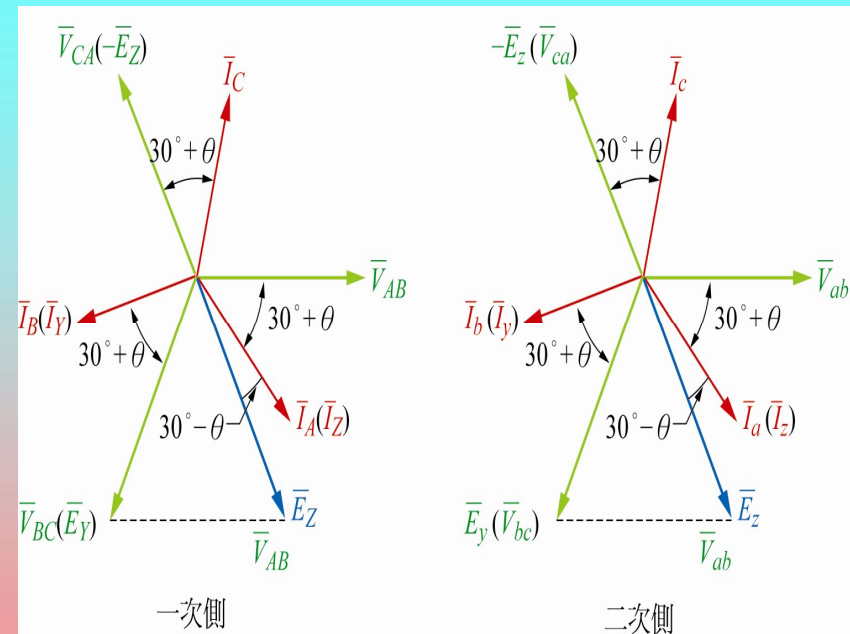
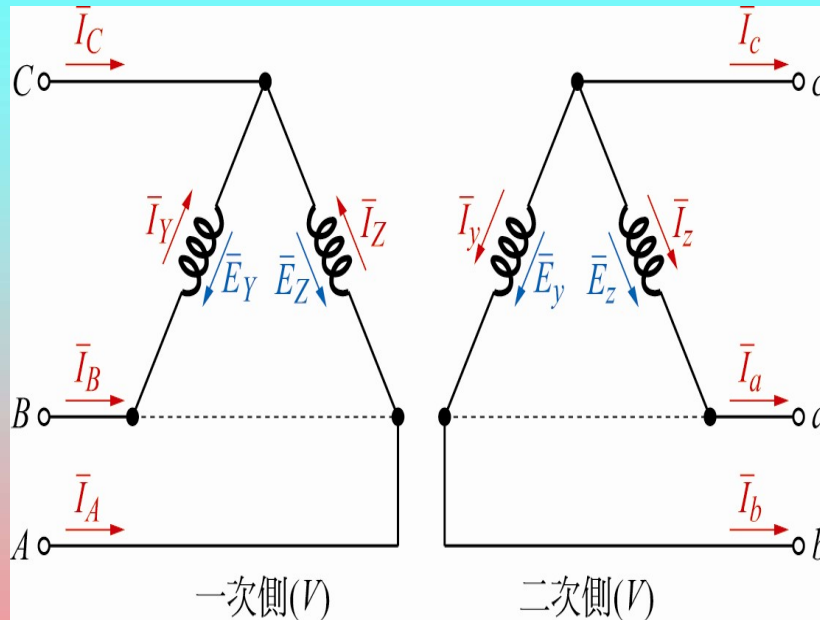
折算至二次之等效電路及相量圖



授課教師：大葉大學電機系 許貴序 老師

貳-24：變壓器的等效電路分析

V-V 接線向量圖示



V 形接線之利用率 = $\frac{\text{實際輸出容量}}{\text{原有容量}}$

$$= \frac{\sqrt{3}VI}{2VI} = \frac{\sqrt{3}}{2} = 0.866$$

公式
12-14

V-V 接的輸出容量 = $\frac{P_V}{P_\Delta} = \frac{\sqrt{3}VI}{3VI} = \frac{1}{\sqrt{3}} = 0.577$

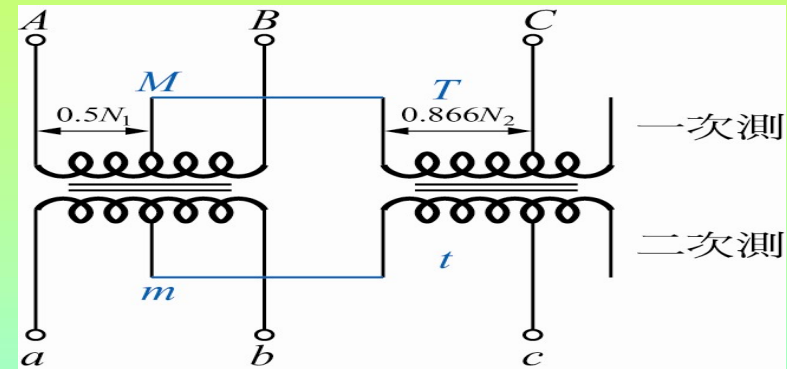
公式
12-15



授課教師：大葉大學電機系 許貴序 老師

貳-25 : 變壓器的等效電路分析

T-T 接線法



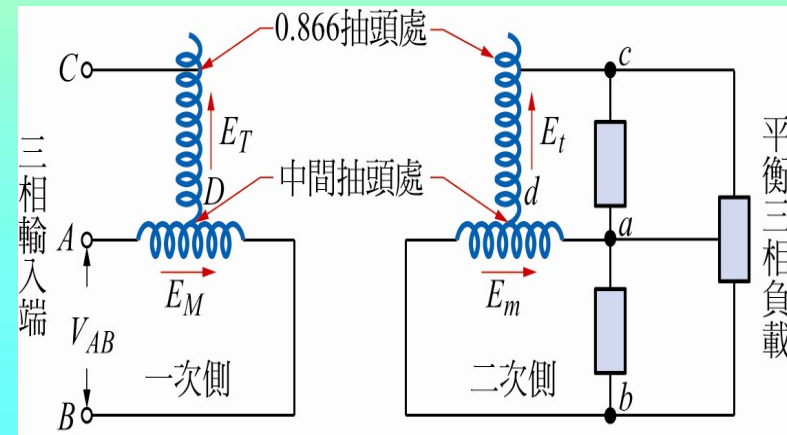
T形接成輸出功率為： $P_T = \sqrt{3} V_2 I_2$ (瓦特)

公式
12-20

T形接線之利用率 = $\frac{\text{實際輸出容量}}{\text{原有容量}}$

公式
12-21

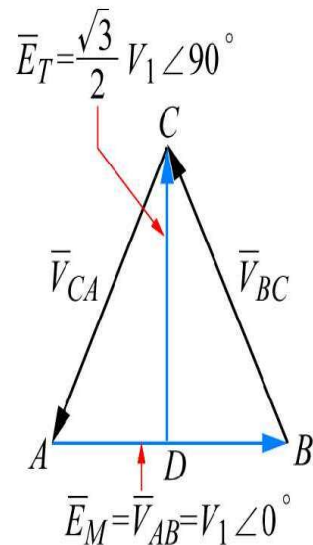
$$= \frac{\sqrt{3} V_2 I_2}{V_2 I_2 + 0.866 \times V_2 I_2} = \frac{\sqrt{3}}{1.866} = 0.928$$



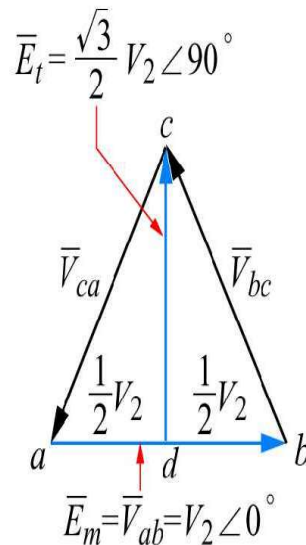
授課教師：大葉大學電機系 許貴序 老師

貳-26：變壓器的等效電路分析

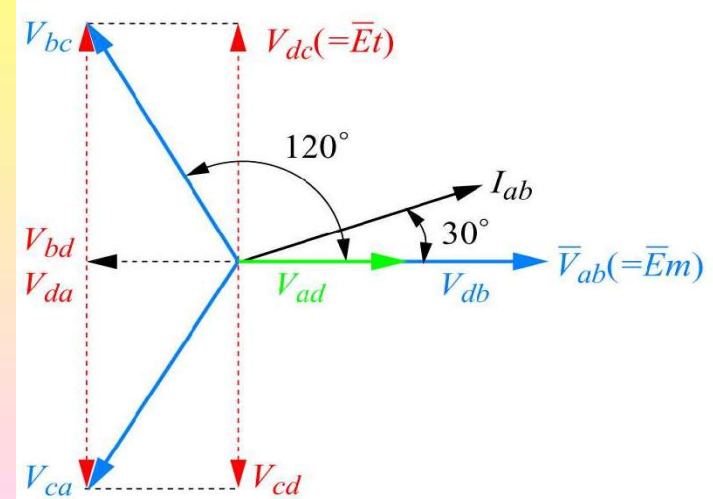
T-T 接線向量圖示



(a)一次側（對照圖 12-13）



(b)二次側（對照圖 12-13）



(c)二次側線電壓

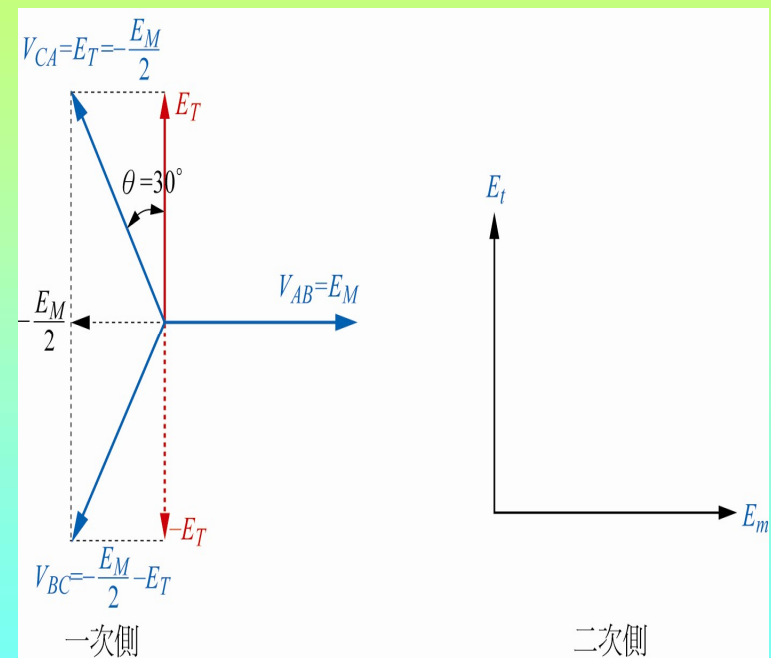
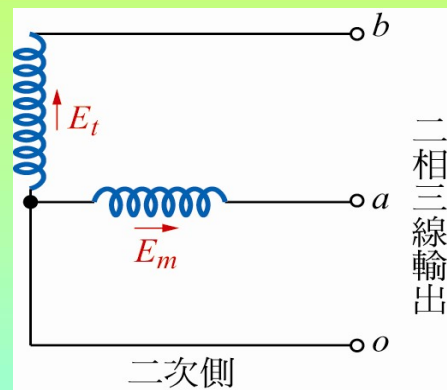
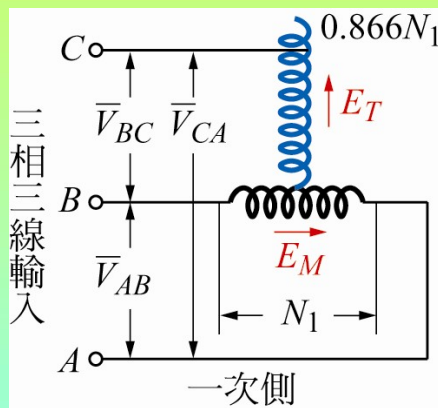
↑ 圖 12-14 三相 T - T 連接相量



授課教師：大葉大學電機系 許貴序 老師

貳-27：變壓器的等效電路分析

史考特接線法

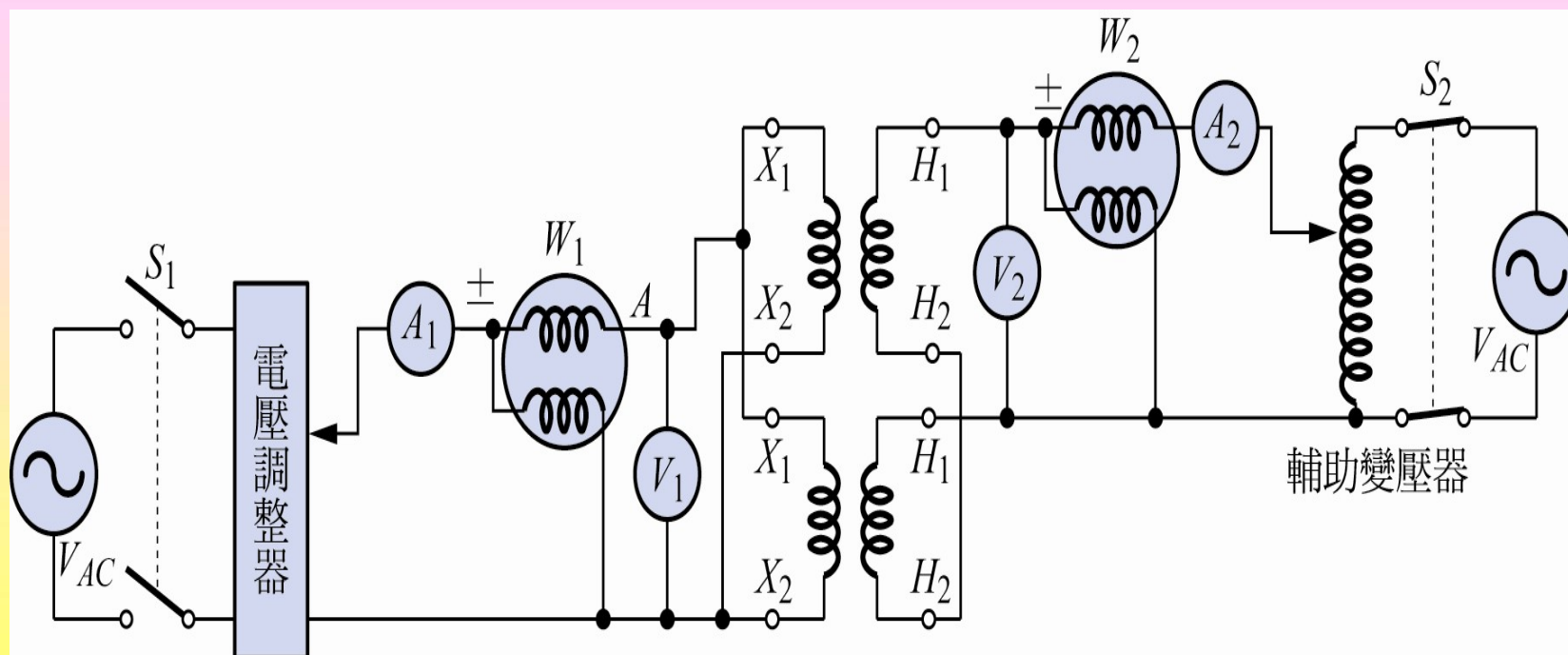


授課教師：大葉大學電機系 許貴序 老師

肆-1、課程單元：變壓器的測試與維護

變壓器的溫升試驗

實際負載試驗法
返饋負載法



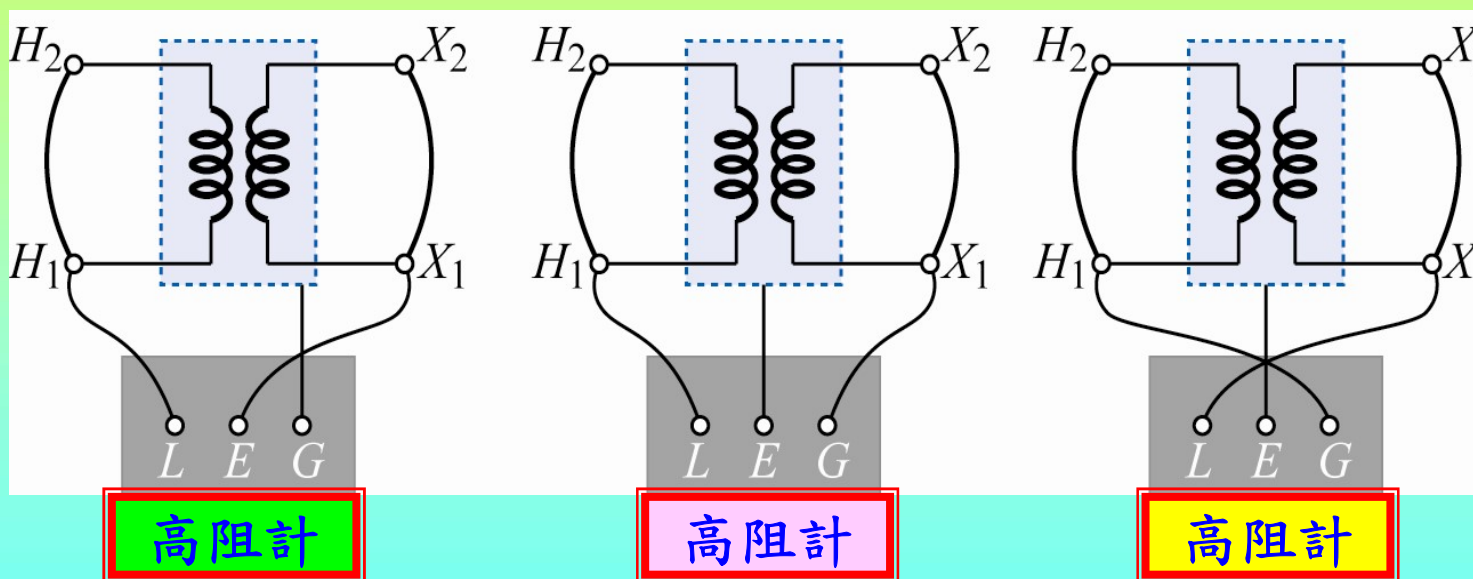
返饋負載法溫升試驗電路



授課教師：大葉大學電機系 許貴序 老師

肆-2、課程單元：變壓器的測試與維護

變壓器的絕緣電阻試驗



絕緣電阻的最低限度值 $R_x \geq \frac{(\text{額定電壓(V)})^2}{\text{額定容量(kVA)} \times 1000} (\text{M}\Omega)$

公式
13-2



授課教師：大葉大學電機系 許貴序 老師

肆-3、課程單元：變壓器的測試與維護

- 變壓器的絕緣油耐壓試驗
- 絕緣油溫升試驗

表 13-1 絕緣耐壓試驗

最高使用電壓	試驗電壓	試驗部分	試驗時間
7kV 級以下	最高使用電壓×2 (但 500V 為下限)	高、低壓繞組及外殼相互之間	10 分鐘
7kV~50kV	最高使用電壓×1.25	同上	同上
50kV 以上	最高使用電壓+13kV	同上	同上

最大容許溫升 = 平均溫度 - 周圍溫度

= (最高容許溫度) - (最高溫度與平均溫度之差) - (周圍溫度)

= 105 - 10 - 40 = 55°C

公式
13-3



授課教師：大葉大學電機系 許貴序 老師

肆-4、課程單元：變壓器的測試與維護

變壓器的絕緣材料等級

表 13-2 變壓器絕緣材料的等級表

級 別	最高容許溫度	所屬絕緣材料
<i>Y</i>	90℃	不經浸漬或浸於油中之棉纖維、絲、紙、及同類之有機材料。
<i>A</i>	105℃	經浸漬或浸於油中之棉纖維、絲、紙及同類之有機材料。
<i>E</i>	120℃	琺瑯、各種樹脂及棉、紙積層品。
<i>B</i>	130℃	各種無機材料，如雲母及石棉之砌成體，且與其他黏質連合者。
<i>F</i>	155℃	雲母、石棉、玻璃纖維等。
<i>H</i>	180℃	以雲母、石棉、玻璃纖維或類似無機材料混合矽質樹脂或其他具有同等性質之接著劑而製作。
<i>C</i>	超過 180℃	雲母、石棉、瓷器及石英等耐高溫之無機材料



授課教師：大葉大學電機系 許貴序 老師

肆-5、課程單元：變壓器的測試與維護

■ 變壓器的日常維護

表 13-3 定期檢查的項次

部 位	檢 查 項 目	次 數
繞 組	絕緣電阻測定	半年一次
	電力因數測定	1 年一次
絕 緣 油	破壞電壓測定	半年一次
	酸價測定	
	性能測檢	酸價測定有異狀時執行
	油的過濾	酸價測定有異狀時執行
負 載 時 分 接 頭 器 切 換	外部傳動機構	1 年一次
	切換開關	3 年一次
	限流電阻	6 年一次
	分接頭選擇器	10 年一次
	內部傳動機構	10 年一次
	電動操作機構	1 年一次
	各種保護裝置	
無 電 壓 分 接 頭 器 切 換	切換操作	1 年一次
	漏油檢查	
	連鎖裝置檢查	



授課教師：大葉大學電機系 許貴序 老師

肆-6、課程單元：變壓器的測試與維護

■變壓器的日常維護(續)

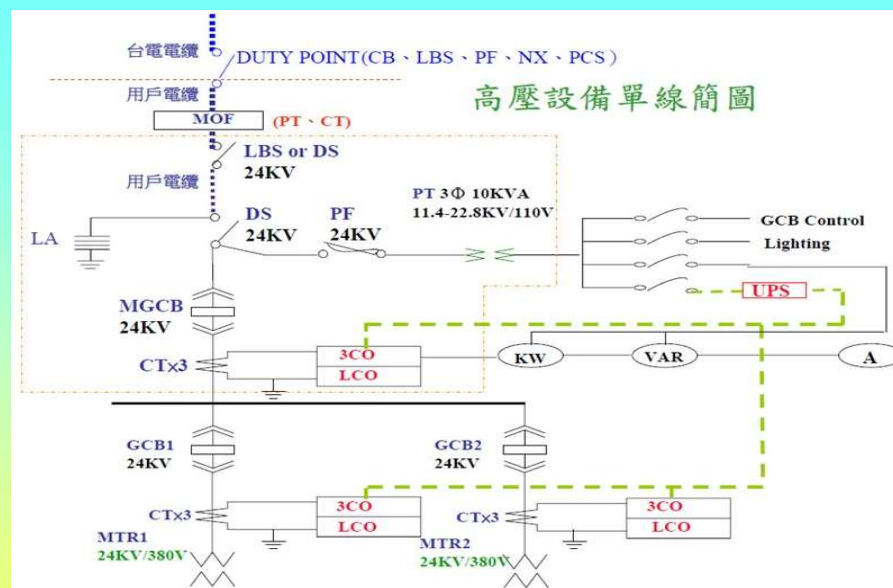
氮封裝置	氮封純度測定	半年一次
	氮封裝置檢查	2 年一次
儲油箱	開放型	3 年一次
	氮封型及密封型	5 年一次
套管	單一型	3 年一次
	含油密封型	5 年一次
	電容型	
冷卻裝置	冷卻扇	1 年一次
	油泵	
溫度計油面計	指示不良檢查	
	指示板清拭	
	警報接點檢查	
保護電驛	控制電路檢查	
	動作試驗	
放壓裝置	放壓板檢查	
	警報接點檢查	
	漏氣檢查	
外箱散熱器	塗裝表面檢查	
	漏油檢查	
	防震裝置檢查	



授課教師：大葉大學電機系 許貴序 老師

伍-4、課程單元：輸配電網安全與保護設施

配電系統安全與保護設備



授課教師：大葉大學電機系 許貴序 老師

伍-5 課程單元：電力系統未來發展與新能源



授課教師：大葉大學電機系 許貴序 老師

感謝聆聽、歡迎研修、敬請指教



讓我們共同努力

研究創新 務實專精

創造無限可能 造福群倫

一定要幸福喔！



授課教師：大葉大學電機系 許貴序 老師