



國立水里高級商工職業學校  
National Shui-Li Vocational High School of Commerce and Industry

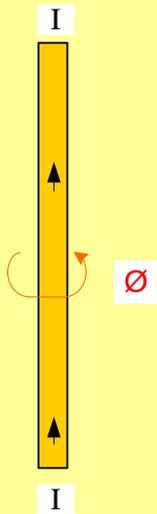
優質、樸實、卓越學府  
培養有教養、有競爭力人才  
校址：553南投縣水里鄉南湖路2號

# 水里商工變壓器裝修丙級 課程教材

王異麟老師編撰

# 電感器

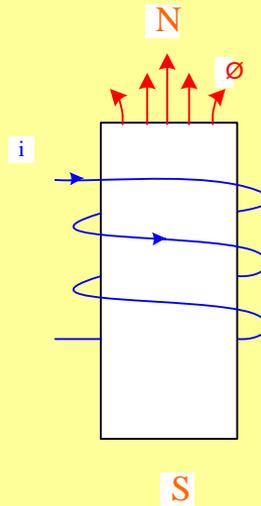
## 安培右手定則



帶有電流之導體，  
周圍會產生一磁場

大姆指：電流方向  
四指：磁力線方向

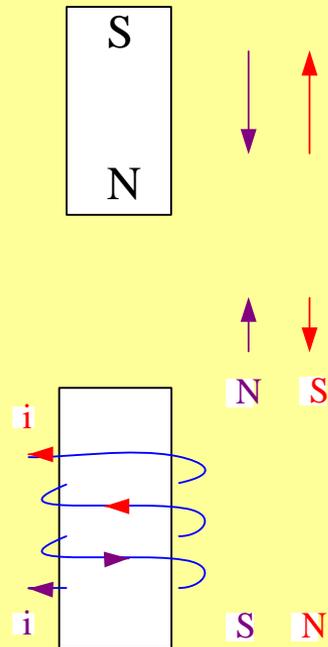
## 安培右手螺旋定則



導線通一電流，  
鐵心會產生一磁場

大姆指：磁力線方向  
四指：電流方向

## 楞次定律



磁鐵靠近，產生反抗力，線圈上N下S

磁鐵離開，產生吸引力，線圈上S下N

$$e = -N \frac{\Delta\phi}{\Delta t}$$

$$\Downarrow \Delta t \rightarrow 0$$

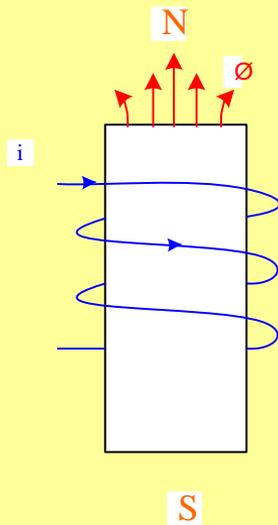
$$e = -N \frac{d\phi}{dt}$$

(由此可見：必需要有磁通變化才會有感應電勢)

電感器 (Inductor)：用導線捲繞成線圈狀而具有電感性質的電路元件。

$L$ ：電感值 (Inductance) 單位：H (亨利)

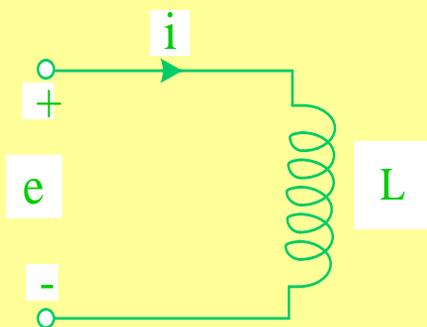
$L$ ：電感值 定義：一線圈在每一單位電流之變化量，使此線圈產生磁鏈變化



$$L = N \frac{d\phi}{di}$$

電感量與匝數有關. 匝數 $\uparrow$ . 電感量 $\uparrow$

L、e、i之關係



$$e = L \cdot \frac{di}{dt}$$

$$\Rightarrow \frac{di}{dt} = \frac{1}{L} \cdot e$$

$$\Rightarrow di = \frac{1}{L} \cdot e \cdot dt$$

$$\Rightarrow \int di = \int \frac{1}{L} \cdot e \cdot dt$$

$$\Rightarrow i = \frac{1}{L} \int e \cdot dt$$

楞次定律→

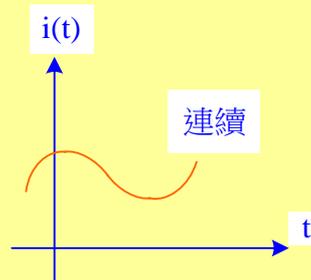
$$e = -N \frac{d\phi}{dt} \cdot \frac{di}{di}$$

$$= -N \cdot \frac{d\phi}{di} \cdot \frac{di}{dt}$$

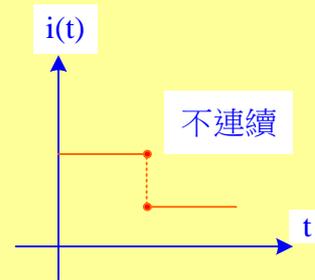
L

$$\therefore e = L \cdot \frac{di}{dt}$$

……電感器之微分式



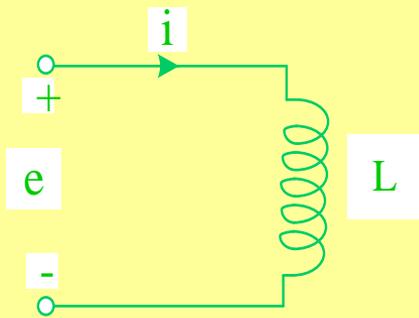
……電感器之積分式



……可積函數必定為連續函數

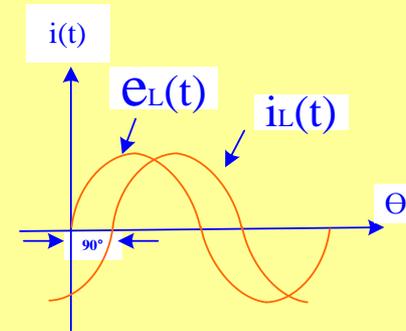
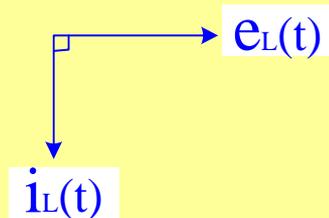
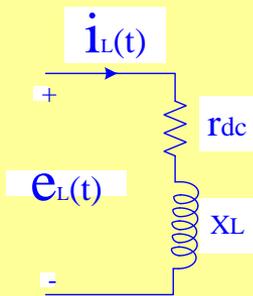
∴在電感器電路中，電流必定為連續函數

影片



$$\begin{aligned}
 e_L(t) &= L \cdot \frac{di_L(t)}{dt} \\
 &= L \cdot \frac{d}{dt} (\text{Im} \sin \omega t) \\
 &= L \cdot \text{Im} \cdot \cos \omega t \cdot \omega \\
 &= \text{Im} \cdot \sin(\omega t + 90^\circ) \cdot \omega L \\
 &= \text{Im} \cdot \sin(\omega t + 90^\circ) \cdot X_L
 \end{aligned}$$

等效



在電感器電路中電流落後電壓90°

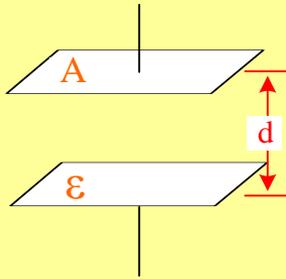
$X_L$ ：電感對電流的阻力，電感抗（inductive reactance）【 $\Omega$ 】

$X_L = \omega L = 2\pi fL$  【 $\Omega$ 】

電感器在直流電路當中可視同短路

# 電容器

電容器 (Capacitor)：兩導體間，隔有絕緣之介質，有儲存電能或電荷之作用



$$C = \epsilon \frac{A}{d}$$

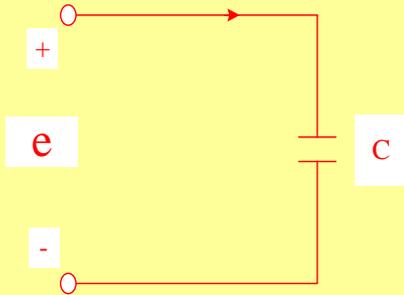
C：電容值，單位：F（法拉）  
A：面積， $\text{m}^2$   
d：距離， $\text{m}$   
 $\epsilon$ ：介電係數， $\text{F/m}$

使兩極體有電位差就能儲存電量

C：電容值 定義：電容器兩金屬板間每單位電位差能儲存的電量

$$C = \frac{Q}{V}$$

C、e、i之關係



$$\therefore C = \frac{Q}{V}$$

Q = Ce...左右同時對t作微分

$$\frac{dQ}{dt} = C \frac{de}{dt}$$

$$i = C \frac{de}{dt}$$

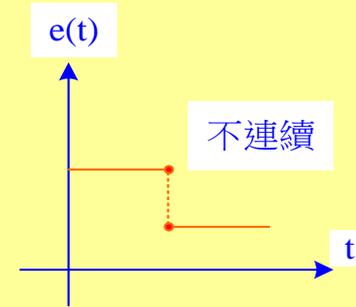
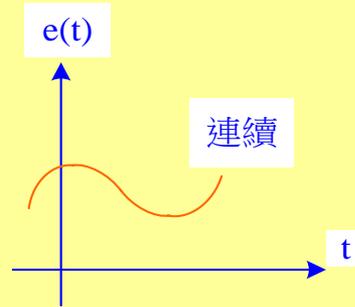
.....電容器微分式

$$i = C \frac{de}{dt}$$

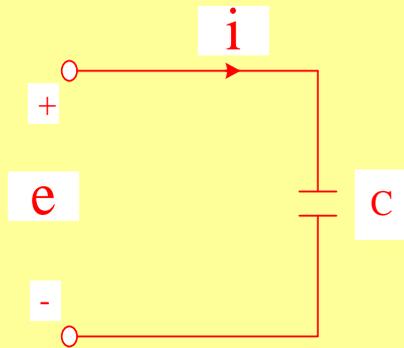
$$\int de = \int \frac{1}{C} idt$$

$$\Rightarrow e = \frac{1}{C} \int idt$$

.....電容器積分式

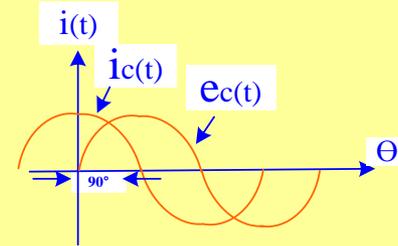
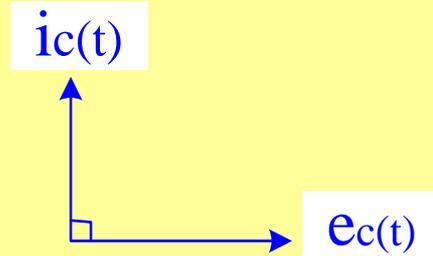
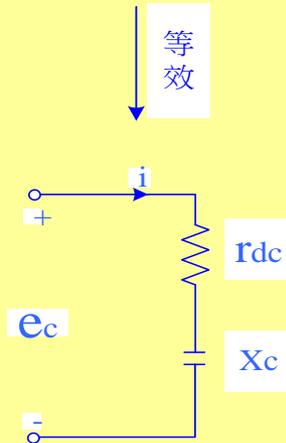


可積分函數必定為連續函數  
 ∴在電容器電路中，電壓必定為連續函數



$$\begin{aligned}
 i_c(t) &= C \cdot \frac{de_c(t)}{dt} \\
 &= C \cdot \frac{d}{dt}(V_m \sin \omega t) \\
 &= C \cdot V_m \cdot \cos \omega t \cdot \omega \\
 &= \omega C \cdot V_m \cdot \cos \omega t \\
 &= \frac{V_m \cdot \cos \omega t}{\frac{1}{\omega C}} = \frac{V_m \cdot \sin(\omega t + 90^\circ)}{X_c}
 \end{aligned}$$

等效



在電容器電路中電壓落後電流**90°**

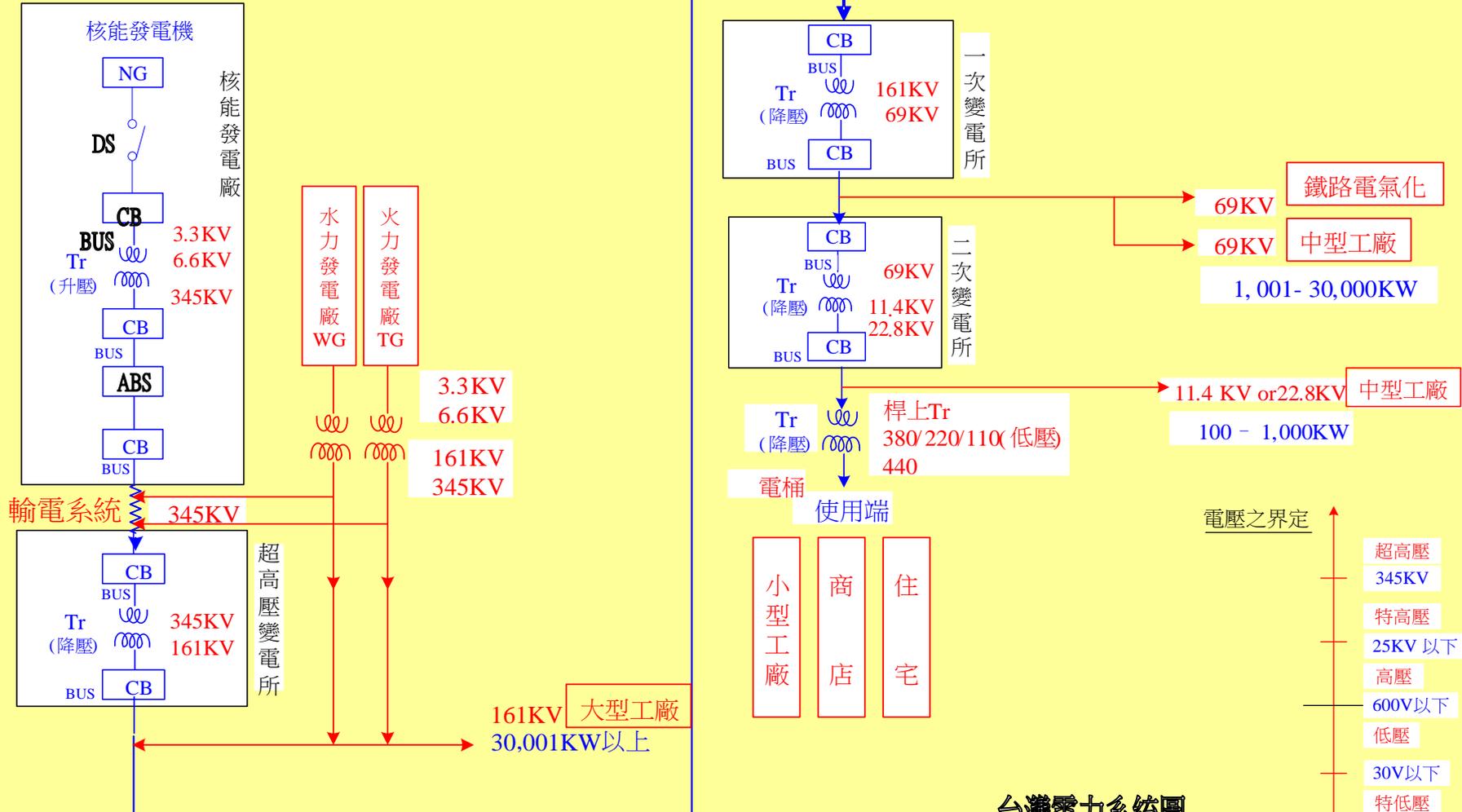
$X_c$ ：電容電路對電流的阻力，電容抗（Capacitive Reactance）

$$X_c = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi f C} \text{ 【}\Omega\text{】}$$

電容器在高頻電路當中可視同開路

# 台灣輸配電系統

## 電力傳輸 3Ø3W

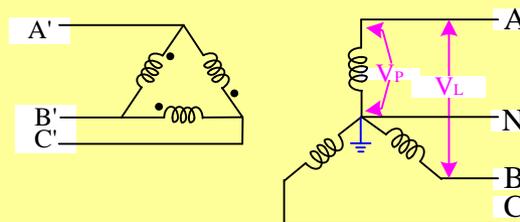
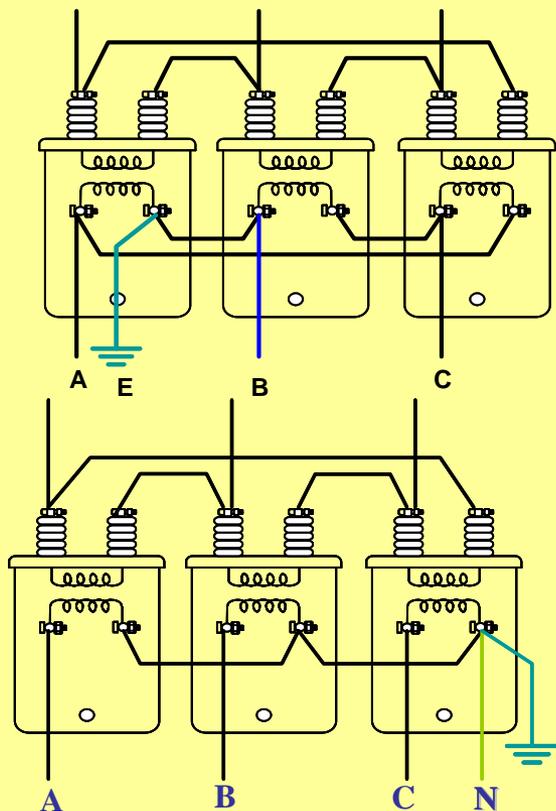


台灣電力系統圖

# 三相變壓器

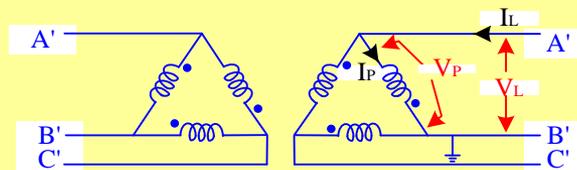
- 一具三相：優點：體積小、成本低。缺點：散熱較差，故障需停機。
- 三具單相：優點：散熱佳，一具故障  $\Delta$  可改V型接線。缺點：體積大、成本高。

三相三線：適用動力之用電場所，A-B-C均為220V或440V。



三角形(Delta- $\Delta$ )  $\left\{ \begin{array}{l} I_L = \sqrt{3}I_P, V_L = V_P \\ \text{線電流落後相電流} 30^\circ \end{array} \right.$

三相四線：適用動力(或大型照明)之用電場所，A-B-C均為三相380(208)V、ABC-N均為單相220(120)V。



星形(Star-r)  $\left\{ \begin{array}{l} V_L = \sqrt{3}V_P, I_L = I_P \\ \text{線電壓超前相電壓} 30^\circ \end{array} \right.$

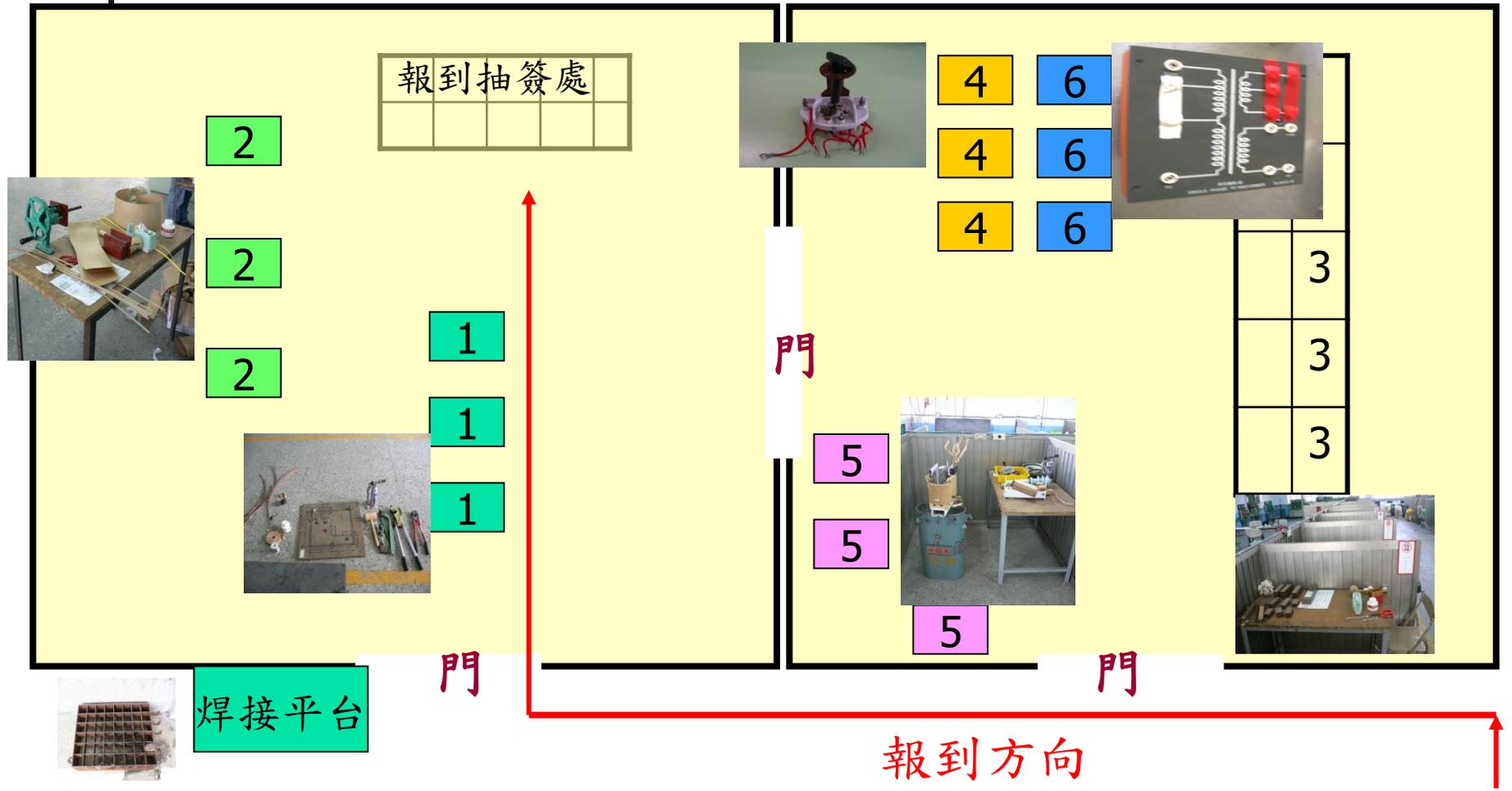


# 考試規則講解

---

- 變壓器丙級檢定上下午各一場，每場18人
- 依考生名冊抽籤決定工作崗位
- 檢定時間2小時

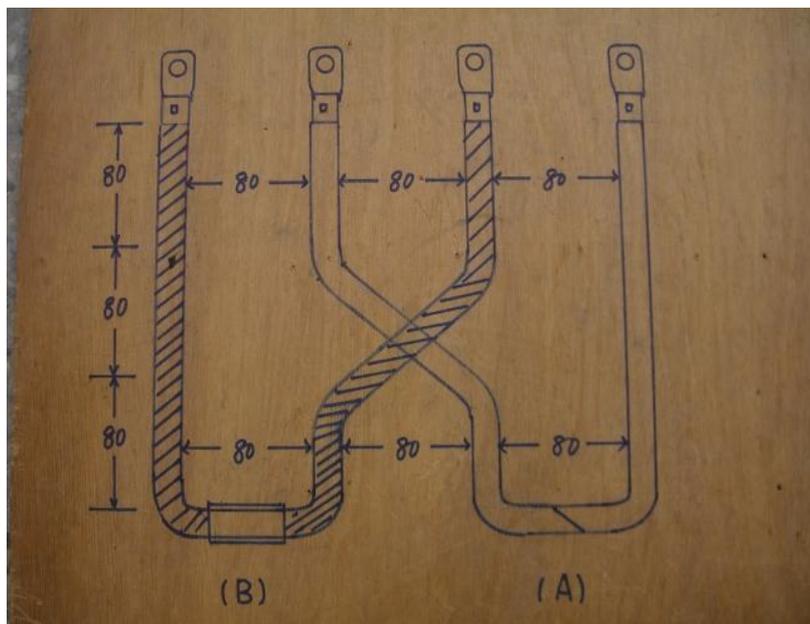
# 變壓器丙級檢定位置圖(二F)



# 變壓器裝修丙級檢定

## 第一題 基本工作 實體

1. A部份以銀焊連接，B部份以焊錫連接
2. B部份以皺紋紙帶1/2重疊包紮
3. 交叉處以棉紡帶或皺紋紙帶纏繞固定

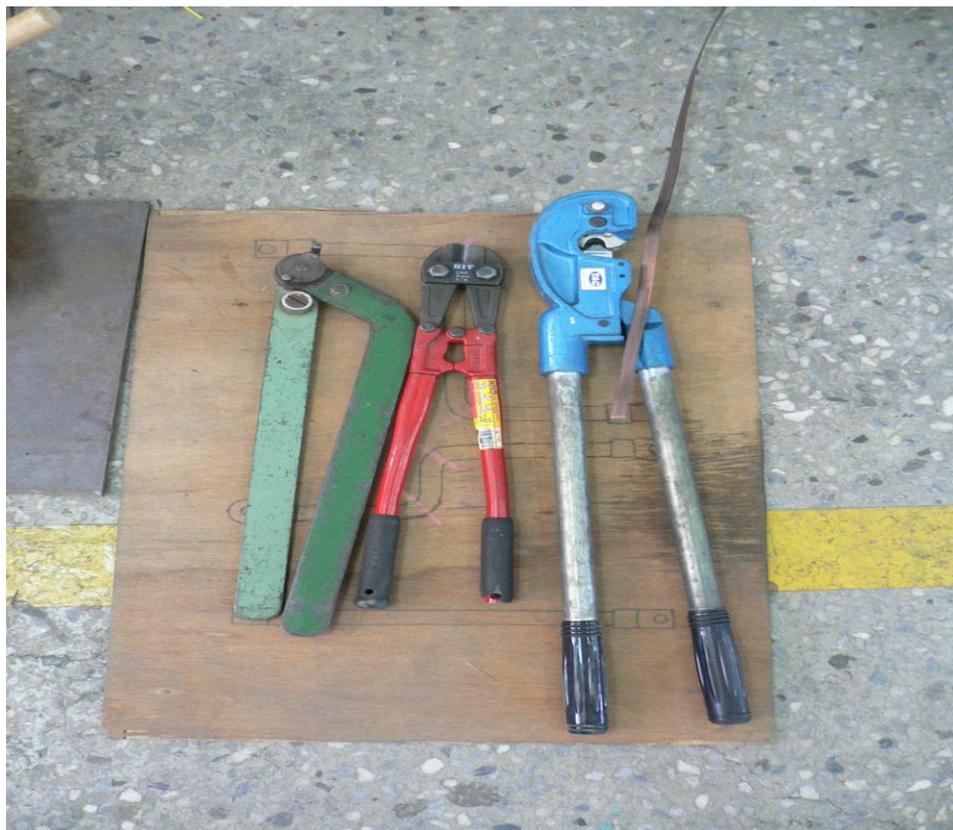


木模

成品

# 變壓器裝修丙級檢定

## 第一題 基本工作



各式工具

# 變壓器裝修丙級檢定

## 第一題 焊接平台



焊接平台

# 變壓器裝修丙級檢定

## 第二題

## 線圈製作



1. 將木模置於繞線機上鎖緊螺絲，用絕緣紙包上木模，再以膠帶固定。
2. 將紙包平角銅線包上黃色套管，剪一塊棉帶作為固定用。
3. 紙包平角銅線捲繞於木模上，並以塑膠槌調整間距，直到繞製(20匝)，再包上絕緣紙繼續繞製第二層(20匝)
4. 線圈引出線必須加以絕緣並以棉紡固定
5. 上下層必須放置絕緣紙一層. 始端與終端須同一側。
6. 將層間絕緣紙捲繞於低壓側線圈計四層後以膠帶固定。
7. 將漆包線包上黃色套管，剪一塊棉帶作為固定用。
8. 開始轉動繞線機，並以塑膠槌調整間距，繞製每層(40匝)，再包上絕緣紙繼續繞製第一層(40匝)，第二層、第三層、第四層。
9. 最後一圈再包上套管，並以棉帶包紮固定即完成
10. 高低壓絕緣製作、紙包平角銅線與漆包線及最後一層，絕緣紙需包四層，其餘皆一層。

# 變壓器裝修丙級檢定

## 第二題

## 線圈製作 實體



成品



繞線機

# 變壓器裝修丙級檢定

## 第二題 線圈製作工作台

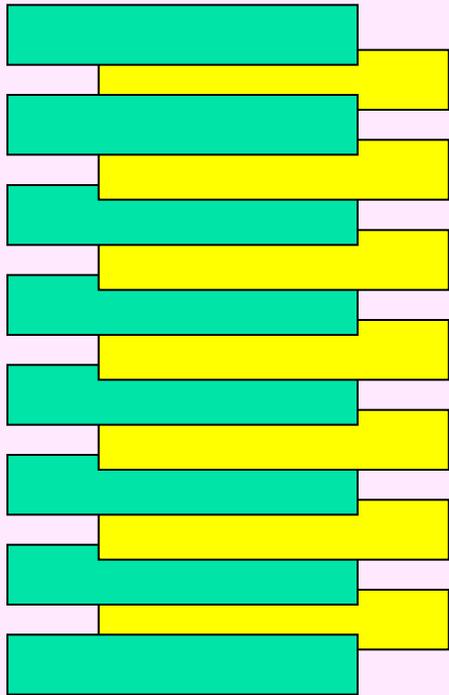


# 變壓器裝修丙級檢定

## 第三題 鐵心製作

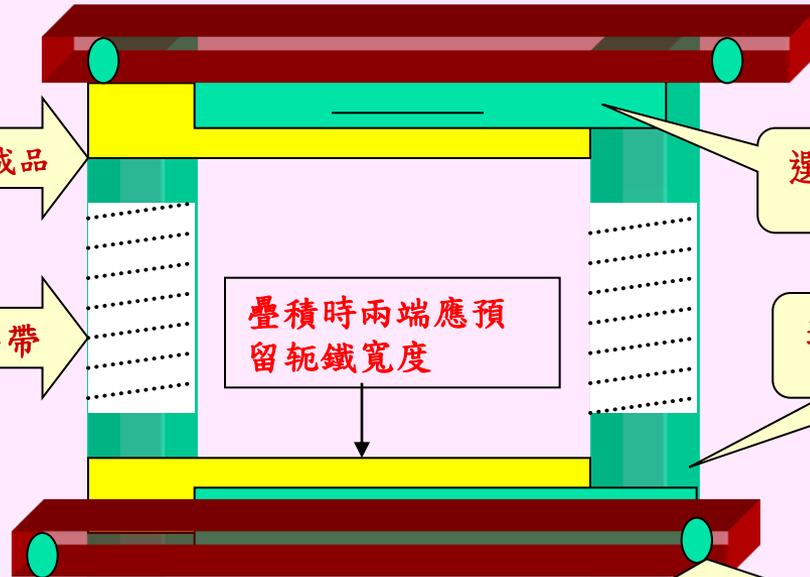
交插 疊200片

此項成品疊二組  
再用棉帶1/2重  
疊包紮固定綁緊



二組成品

綁棉帶



選擇適當尺寸  
插於中間

選擇適當尺寸  
插於中間

最後上下兩邊以角鐵內墊絕緣紙用螺絲鎖緊，再作激磁電流測試

# 變壓器裝修丙級檢定

## 第三題 鐵心製作 實體



成品

# 變壓器裝修丙級檢定

## 第三題 鐵心製作 工作台



# 變壓器裝修丙級檢定

## 第四題 附件組裝

### (一)高壓側切換器組裝

1. 依檢定單位提供之設備及材料組裝高壓切換器一只
2. 組裝完成之切換器能順利移動，接觸位置並保持良好接觸

### (二)高壓套管組裝

1. 依檢定單位提供之設備及材料組裝高壓套管二只
2. 套管之引出線與夾線頭使用錫焊連接，並以紙套管加以絕緣

### (三)低壓套管組裝

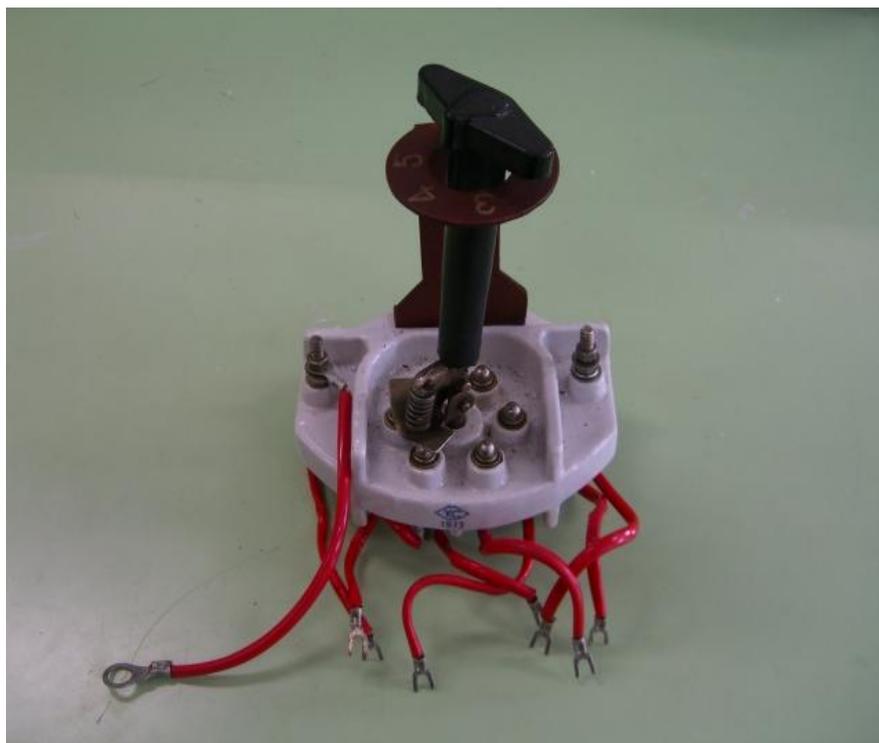
1. 依檢定單位提供之設備及材料組裝低壓套管三只
2. 各套管之零件位置須相同

# 變壓器裝修丙級檢定

## 第四題 附件組裝

### (一)高壓側切換器組裝

1. 依檢定單位提供之設備及材料組裝高壓切換器一只。
2. 組裝完成之切換器能順利移動，接觸位置並保持良好接觸。

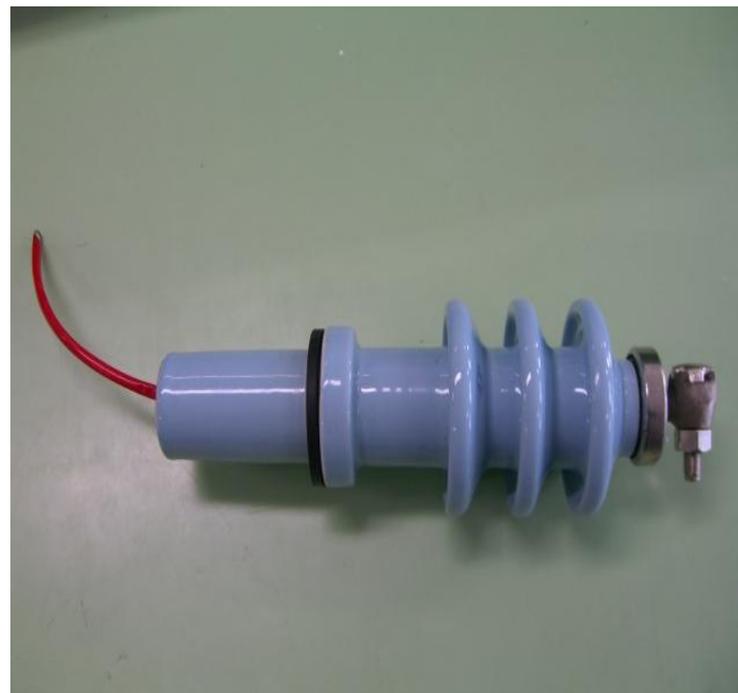


# 變壓器裝修丙級檢定

## 第四題 附件組裝

### (二)高壓套管組裝

1. 依檢定單位提供之設備及材料組裝高壓套管二只
2. 套管之引出線與夾線頭使用錫焊連接，並以紙套管加以絕緣



# 變壓器裝修丙級檢定

## 第四題 附件組裝

### (三)低壓套管組裝

1. 依檢定單位提供之設備及材料組裝低壓套管三只
2. 各套管之零件位置須相同



# 變壓器裝修丙級檢定

## 第五題 心體裝配及裝殼

### (一)心體裝配

1. 鐵心夾件、線圈壓木、接地銅片之安裝
2. 二次線圈連接及絕緣包紮
3. 二次線圈出口線絕緣包紮
4. 二次線圈做單相三線式結線
5. 一次側分接頭切換器安裝
6. 一次線圈出口線及分接頭引線之端子壓接、加絕緣套管及裝配

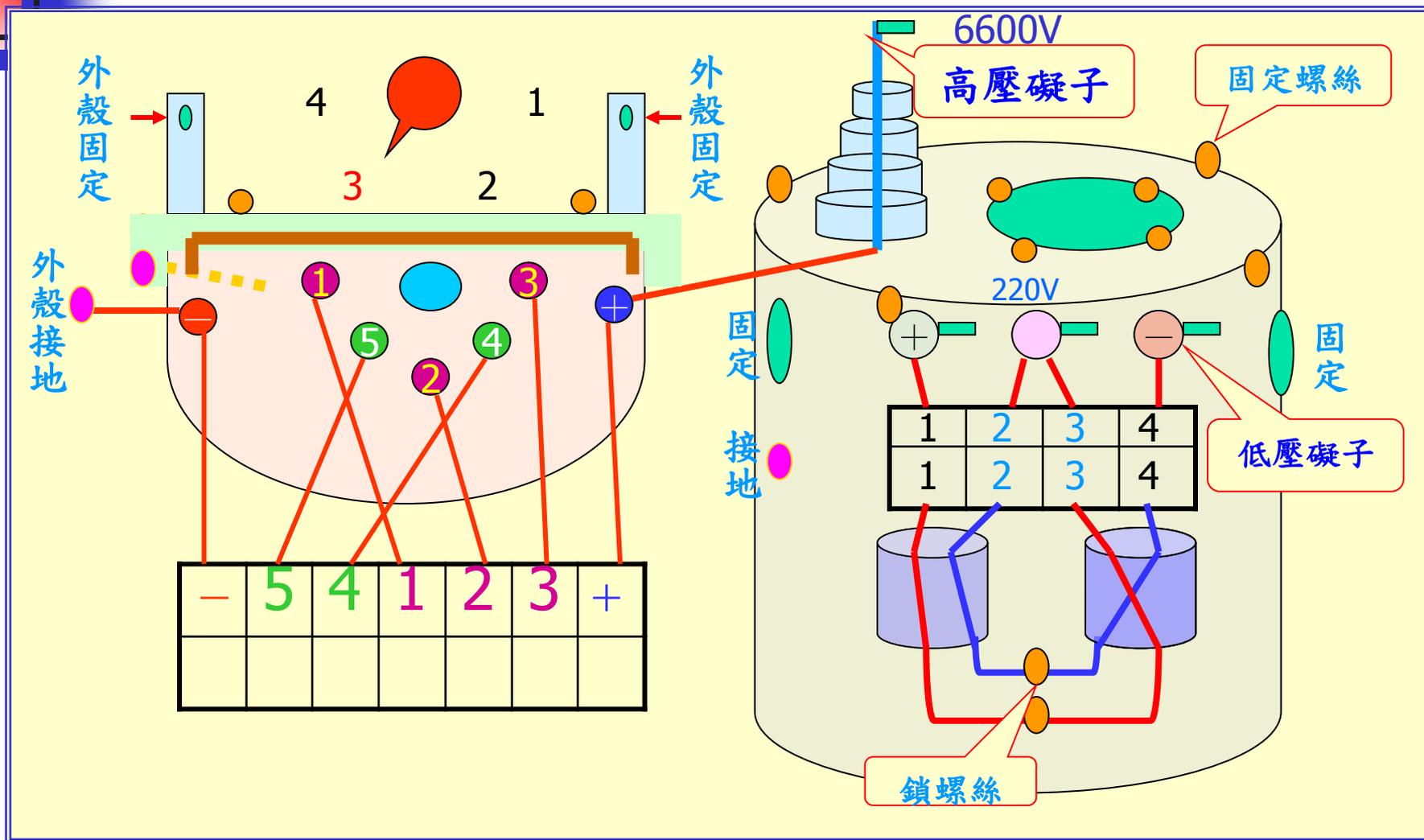
### (二)裝殼

1. 將心體吊入變壓器桶內並固定
2. 裝配一次側及二次側套管
3. 接一次側及二次側引線
4. 接一次側接地線
5. 固定上蓋及手孔完成裝配

# 變壓器裝修丙級檢定

## 第五題

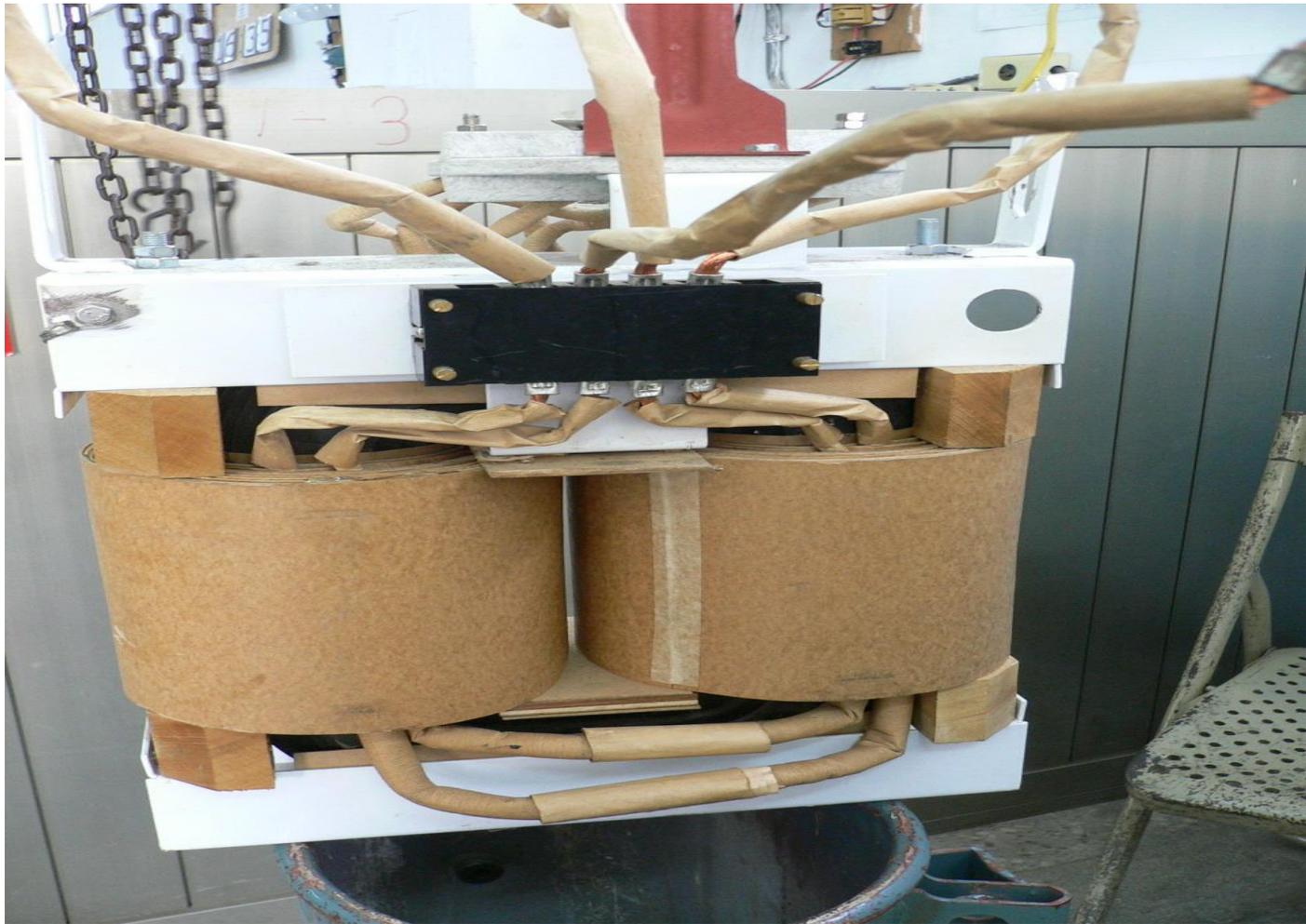
單相變壓器組立、心體裝配



# 變壓器裝修丙級檢定

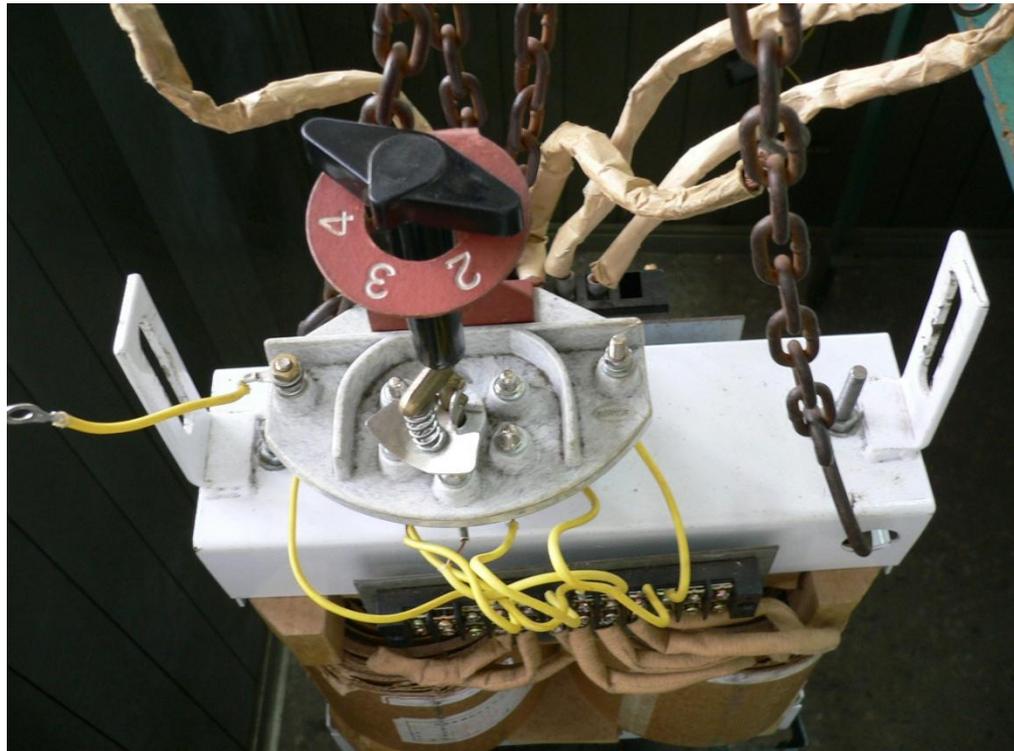
## 第五題

單相變壓器組立、心體裝配、實體



# 變壓器裝修丙級檢定

## 第五題 單相變壓器組立、心體裝配、實體



# 變壓器裝修丙級檢定

## 第五題

裝統實體



成品



# 第六題 特性試驗

---

## (一)絕緣電阻測試

1. 以高阻計測試各變壓器之絕緣電阻
2. 記錄各絕緣電阻值於記錄表

## (二)電壓比試驗

1. 以三用電表測試各變壓器之一次側電壓與二次側電壓
2. 換算一次側電壓與二次側電壓之電壓比並記錄於記錄表

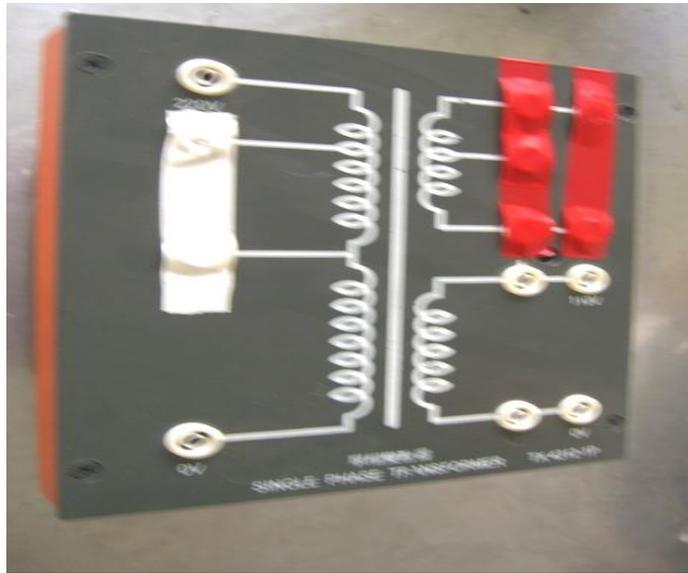
## (三)激磁電流測試

1. 以電流表測試各變壓器之激磁電流
2. 記錄各變壓器之激磁電流於記錄表

## (四)極性試驗

1. 依標準變壓器比較法，測試第一台變壓器之極性並填入於記錄表
2. 依直流電流感應法法，測試第二台變壓器之極性並填入於記錄表
3. 依交流電壓加檢法，測試第三台變壓器之極性並填入於記錄表

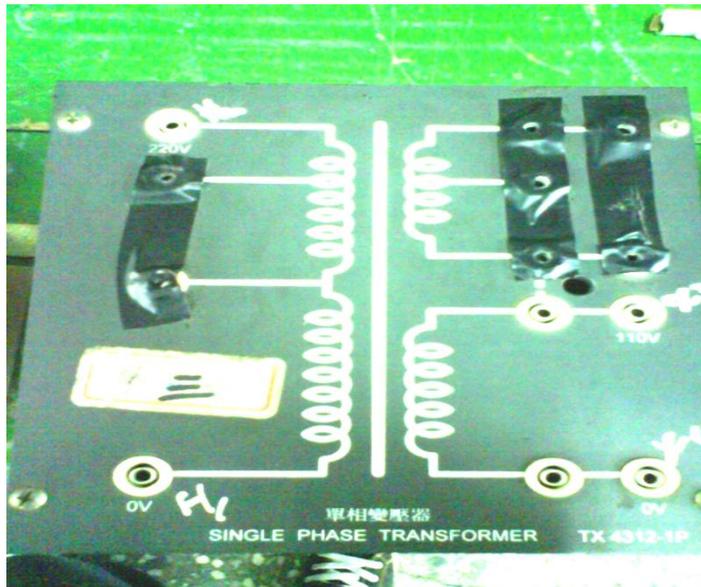
第一台



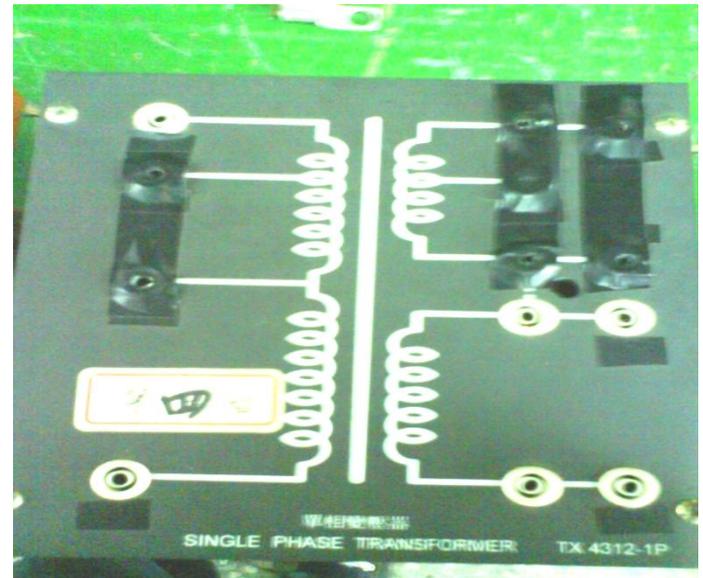
第二台



第三台



第四台

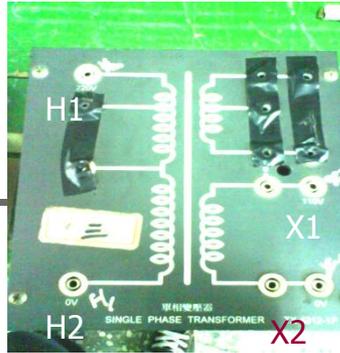


# 絕緣電阻

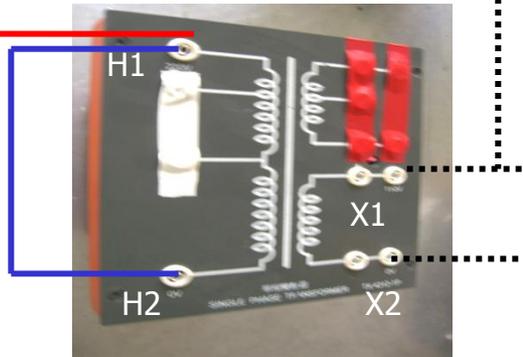
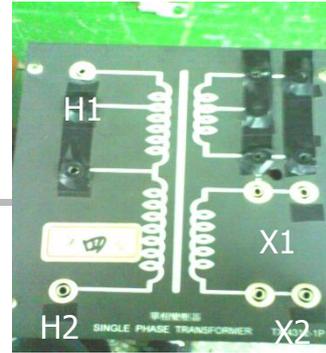
第二台



第三台



第四台



1. 將H1 H2短路，X1 X2短路(例P-S)
2. 使用絕緣電阻測試計(高組計)Line至於第一點P點，Earth置於第二點按下測試按鈕記錄絕緣電阻值。

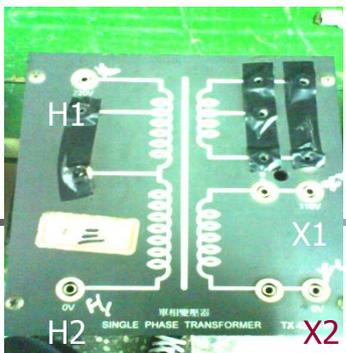
P-E	$\infty \Omega$	$\infty \Omega$	$\infty \Omega$	$\infty \Omega$
S-E	$\infty \Omega$	$\infty \Omega$	$\infty \Omega$	$\infty \Omega$
P-S	$\infty \Omega$	$\infty \Omega$	$\infty \Omega$	$\infty \Omega$

# 電壓比測試接線

第二台



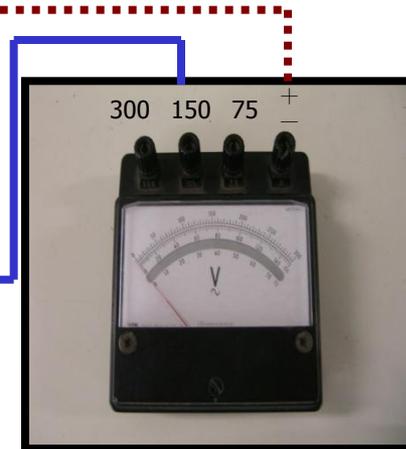
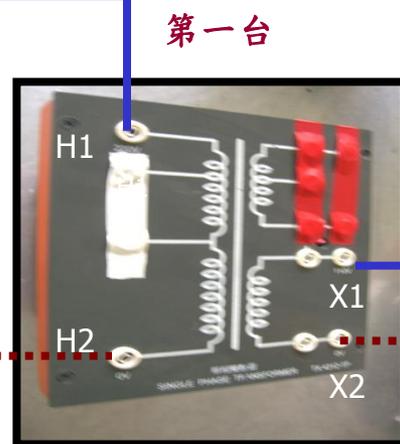
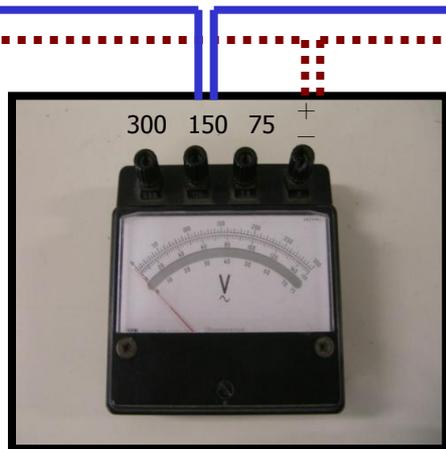
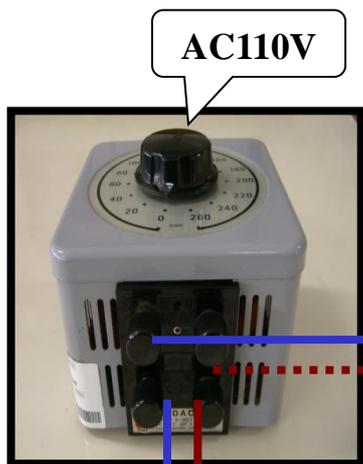
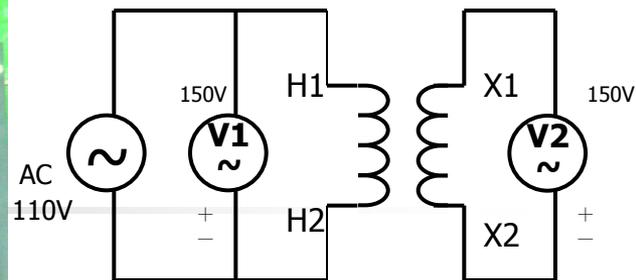
第三台



第四台



電壓比接線



AC110  
V

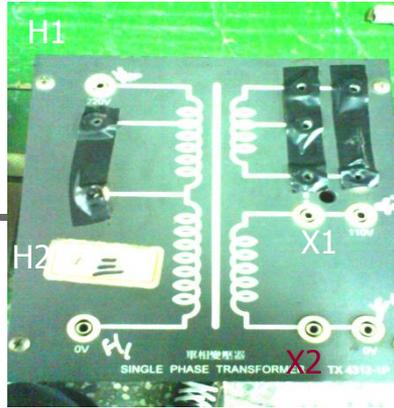
一次側電壓	110V	110V	110V	110V
二次側電壓	55V	22V	55V	55V
電壓比	2 : 1	5 : 1	2 : 1	2 : 1

# 激磁電流

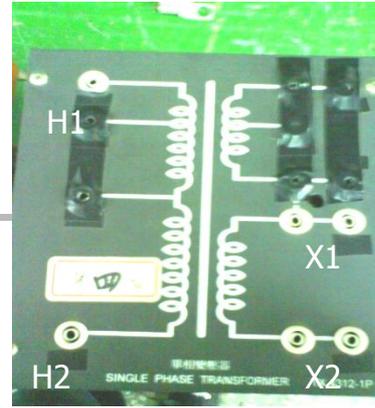
第二台



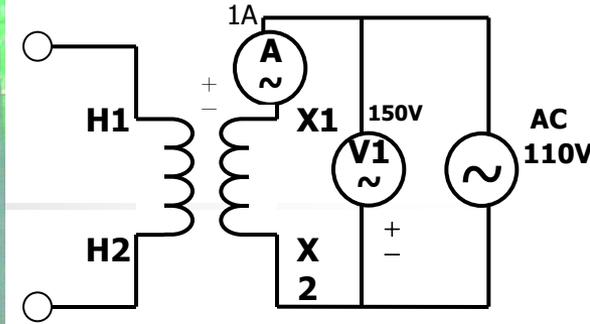
第三台



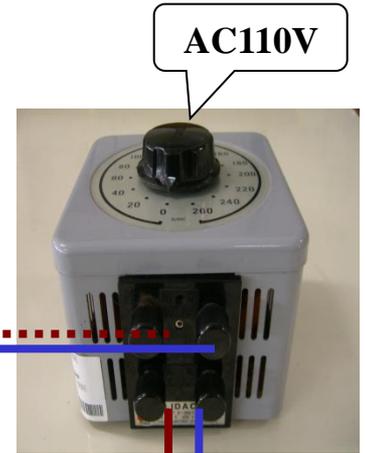
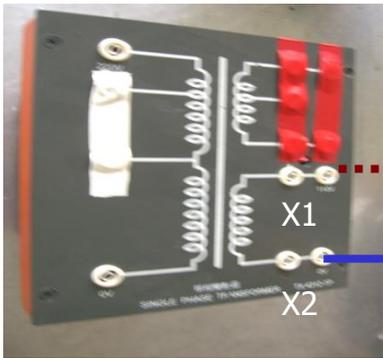
第四台



激磁電流測試



第一台



二次激磁電流

0.67A

0.78A

0.64A

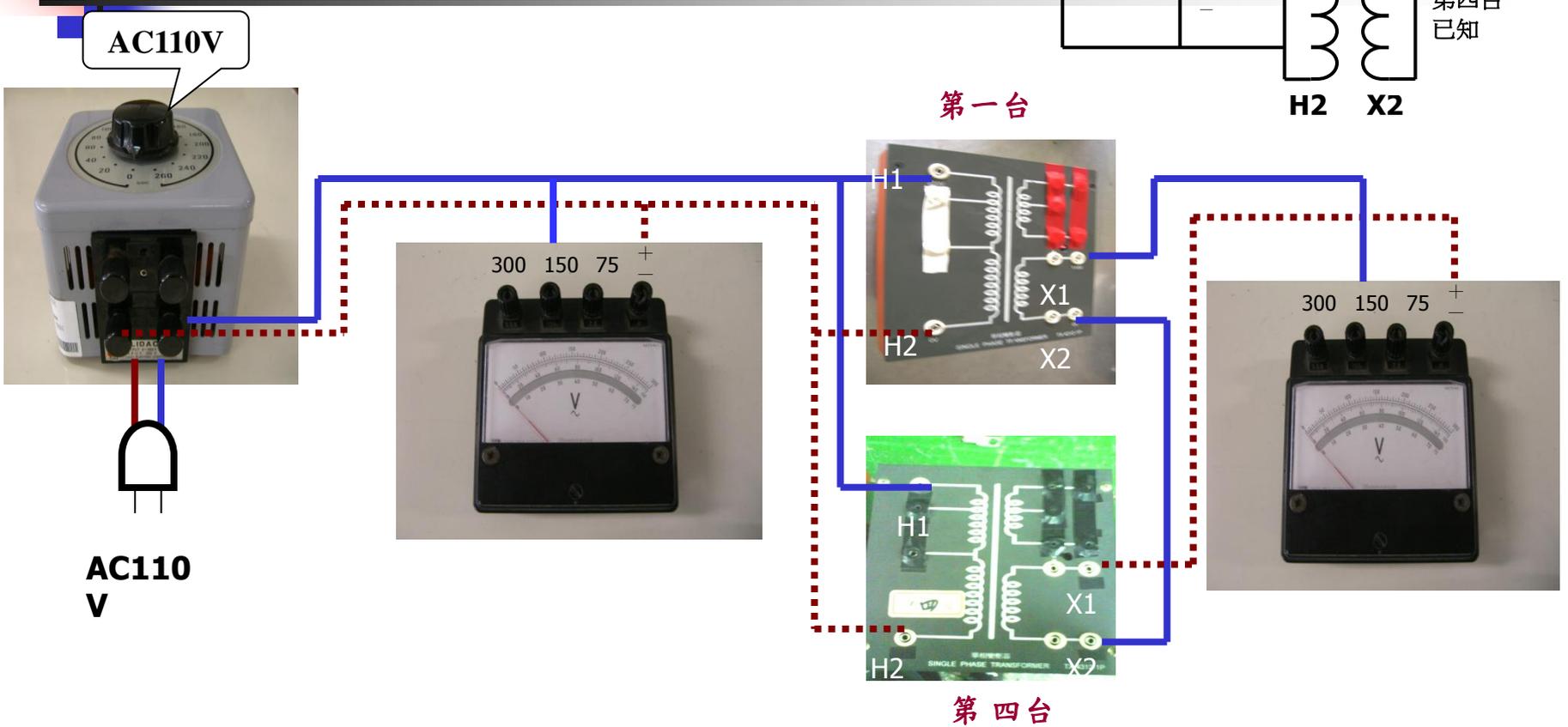
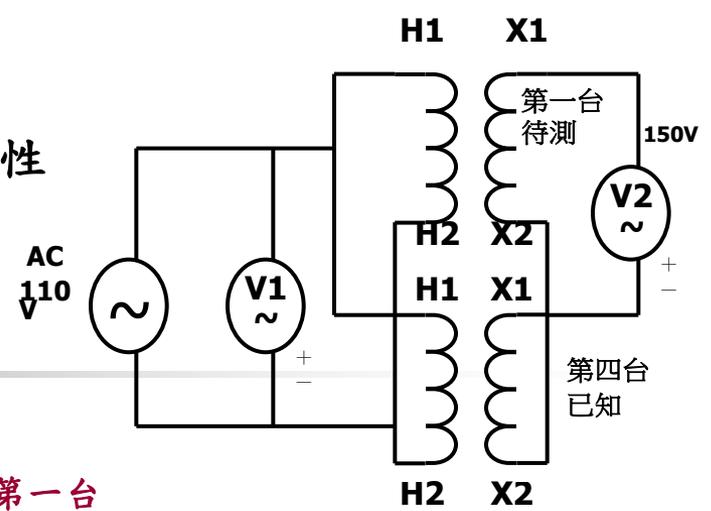
0.72A

AC110  
V

# 極性試驗

## 1. 依標準變壓器比較法，測試第一台變壓器之極性

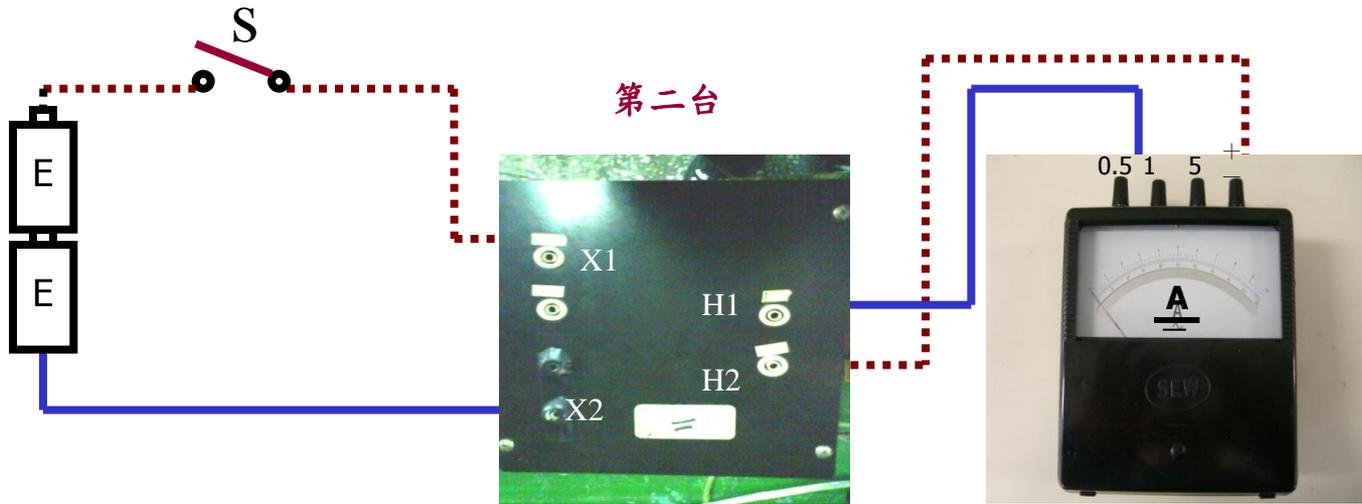
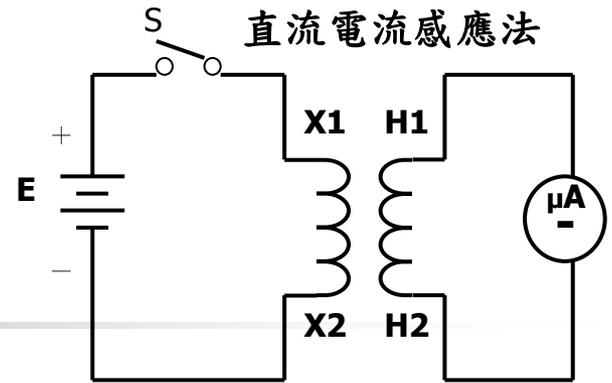
1. 若V2不動 則已知變壓器和待測變壓器同極性
2. 若V2=2V1 則已知變壓器和待測變壓器異極性



變壓器極性	同極性(電壓比試驗法)	減極性(直流法感應法)	減極性(交流法加減法)	同極性(標準法比較法)
試驗電壓	V1 = 110V V2 = 0V		V1 = 110V V2 = 55V	

# 極性試驗

2. 依直流電流感應法，測試第二台變壓器之極性

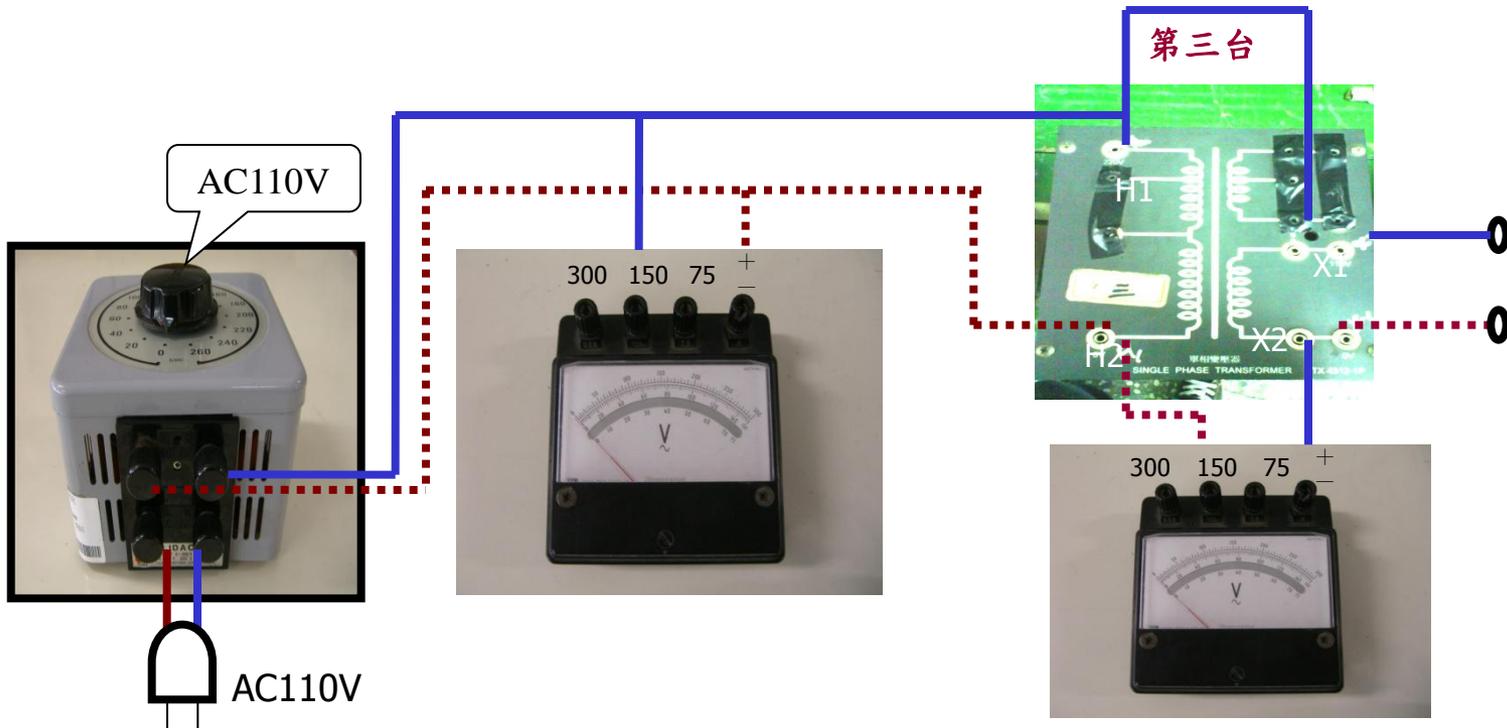
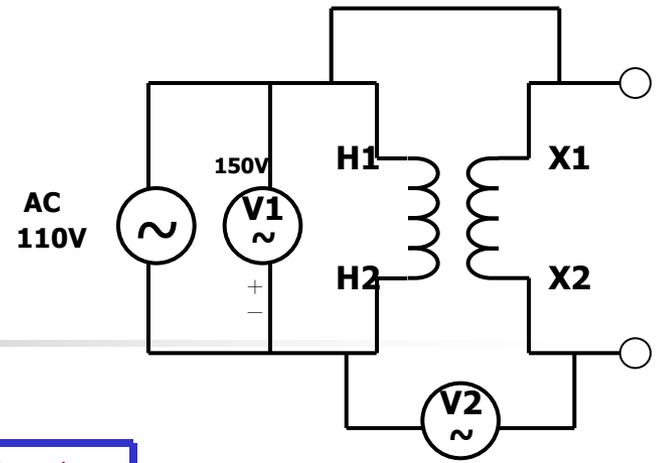


變壓器極性	同極性(電壓比試驗法)	減極性(直流法感應法)	減極性(交流法加減法)	同極性(標準法比較法)
試驗電壓	V1 = 110V V2 = 0V		V1 = 110V V2 = 55V	

# 極性試驗

依交流電壓加檢法，測試第三台變壓器之極性

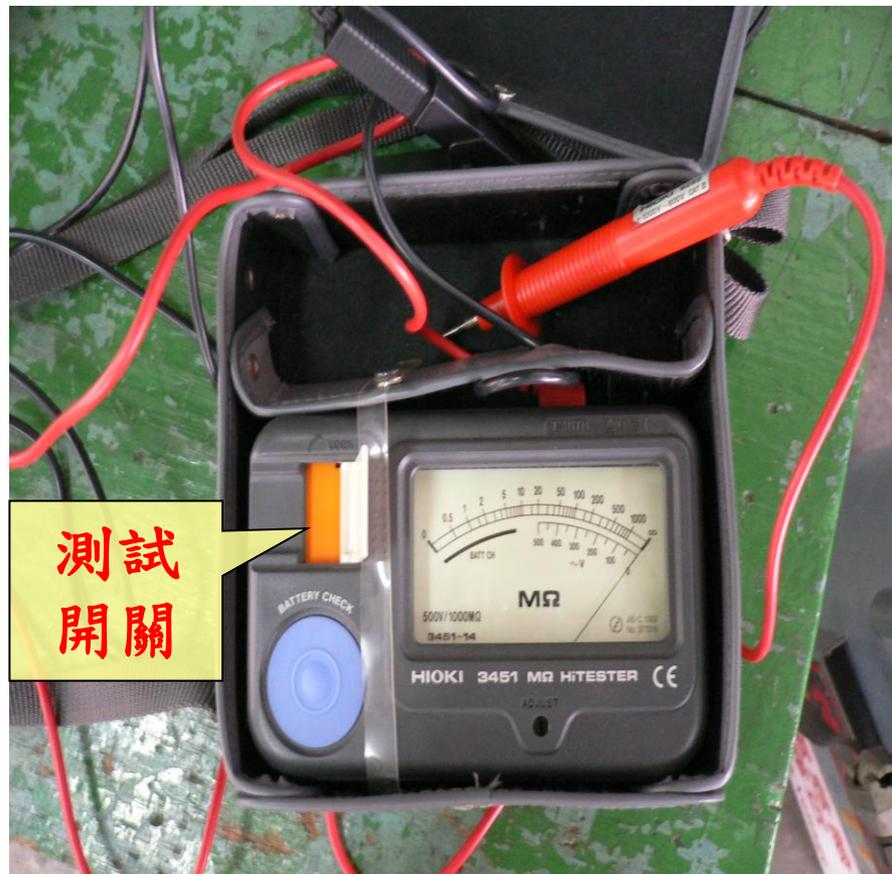
1. 若  $V2 > V1$  為加極性
2. 若  $V2 < V1$  為減極性



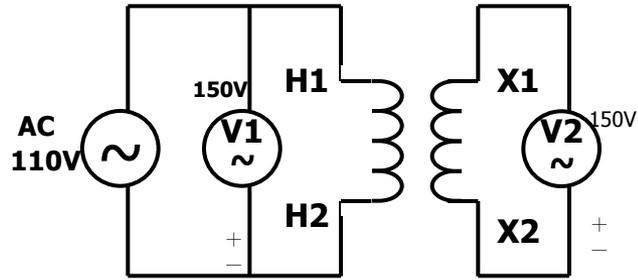
變壓器極性	同極性(電壓比試驗法)	減極性(直流法感應法)	減極性(交流法加減法)	同極性(標準法比較法)
試驗電壓	$V1 = 110V$ $V2 = 0V$		$V1 = 110V$ $V2 = 55V$	

# 變壓器裝修丙級檢定

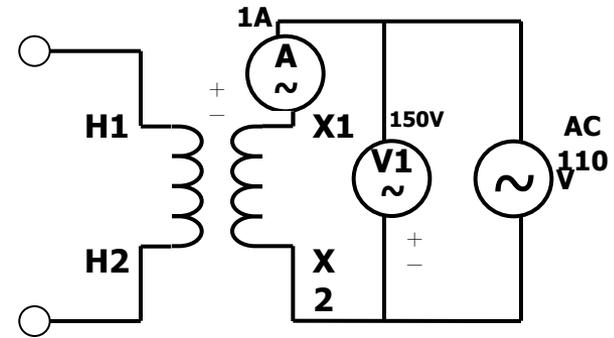
## 第六題 絕源電阻測試



### 電壓比接線

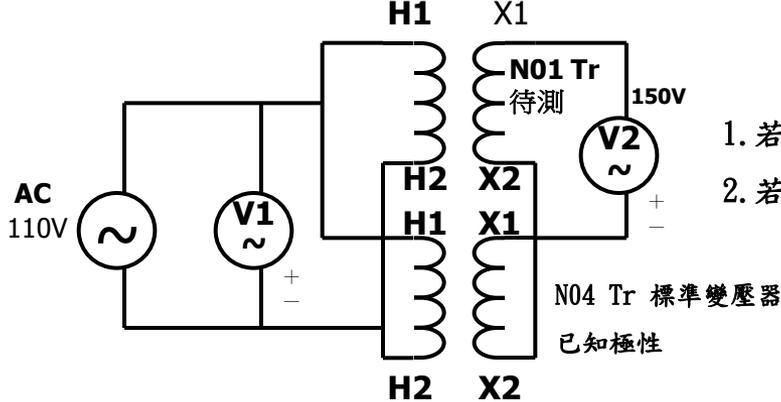


### 激磁電流測試



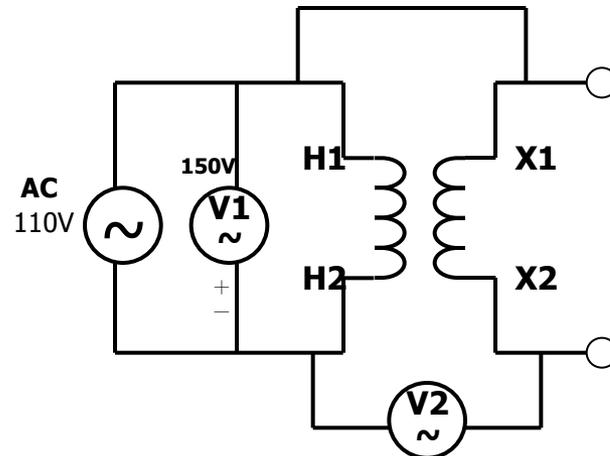
1. 從低壓側送110V 高壓開路

### 標準變壓器比較法



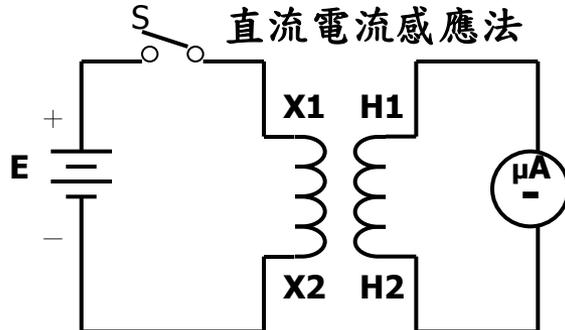
1. 若V2不動 則已知變壓器和待測變壓器同極性
2. 若V2=2V1 則已知變壓器和待測變壓器異極性

### 交流電壓加檢法



1. 若V2 > V1 為加極性
2. 若V2 < V1 為減極性

### 直流電流感應法



1. 順時偏轉 為減極性
2. 逆時偏轉 為加極性

考生姓名		工作崗位	
檢定編號		檢定日期	年 月 日

變壓器區分		第一台	第二台	第三台	第四台
絕緣電阻	P-E	$\infty \Omega$	$\infty \Omega$	$\infty \Omega$	$\infty \Omega$
	S-E	$\infty \Omega$	$\infty \Omega$	$\infty \Omega$	$\infty \Omega$
	P-S	$\infty \Omega$	$\infty \Omega$	$\infty \Omega$	$\infty \Omega$
一次側電壓		110V	110V	110V	110V
二次側電壓		55V	22V	55V	55V
電壓比		2 : 1	5 : 1	2 : 1	2 : 1
二次激磁電流		0.67A	0.78A	0.64A	0.72A
變壓器極性		同極性(電壓比試驗法)	減極性(直流法感應法)	減極性(交流法加減法)	同極性(標準法比較法)
試驗電壓		V1 = 110V V2 = 0V		V1 = 110V V2 = 55V	