

第 1 章 變壓器之原理及構造

1. 應電勢產生原理：

$$(1) \text{ 瞬間應電勢： } E = -N \frac{\Delta \phi}{\Delta t}。$$

$$\text{若 } \phi = \phi_m \sin(\omega t), E = E_m \sin(\omega t - 90^\circ)$$

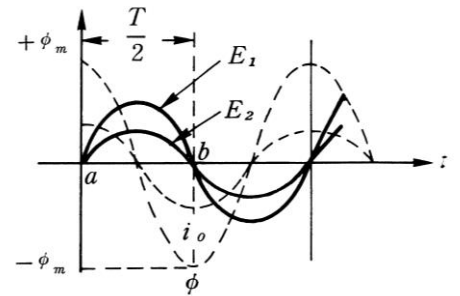
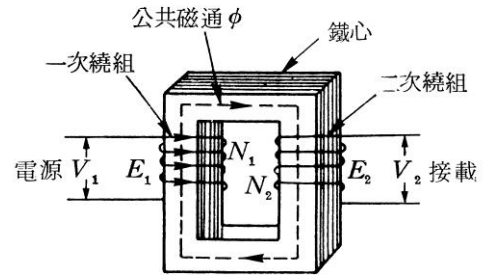
即：應電勢落後磁通：_____。

$$(2) \text{ 應電勢最大值 } E_m = 2\pi f N \phi_m。$$

$$(3) \text{ 應電勢有效值 } E_{rms} = \frac{E_m}{\sqrt{2}} = \frac{2\pi}{\sqrt{2}} f N \phi_m = 4.44 f N \phi_m。$$

$$(4) \text{ 應電勢平均值 } E_{av} = \frac{2E_m}{\pi} = \frac{1}{1.11} E_{rms} = 4 f N \phi_m。$$

(5) 一般額定電壓，皆以_____值為準。



2. 理想變壓器之條件：

- (1) 銅損=0。 (2) 鐵損=0。
 (3) 漏電抗 X=0。 (4) 效率 $\eta = 1$ 。
 (1) 電壓調整率 $\varepsilon = 0$ 。

3. 變壓器之一次、二次轉換：

(1) 電壓轉換：

$$E_1 = 4.44 f N_1 \phi_m ; E_2 = 4.44 f N_2 \phi_m$$

$$\rightarrow \frac{E_1}{E_2} = \frac{N_1}{N_2} = a$$

(2) 電流轉換：

$$S_1 = E_1 I_1 = E_2 I_2 = S_2$$

$$\rightarrow \frac{I_1}{I_2} = \frac{E_2}{E_1} = \frac{1}{a}$$

(3) 阻抗轉換：

$$V_1 = a V_2 ; I_1 = \frac{1}{a} I_2$$

$$\rightarrow Z_2' = \frac{V_1}{I_1} = a^2 \frac{V_2}{I_2} = a^2 Z_2$$

同理 $r_2' = a^2 r_2 ; x_2' = a^2 x_2$ 二次轉換至一次，阻抗增為原來之_____倍。

例 1：某一單相變壓器， $f=60\text{Hz}$ ， $V_1=2300\text{V}$ ， $N_1=4800$ 匝，則最大磁通 ϕ_m 為若干韋伯

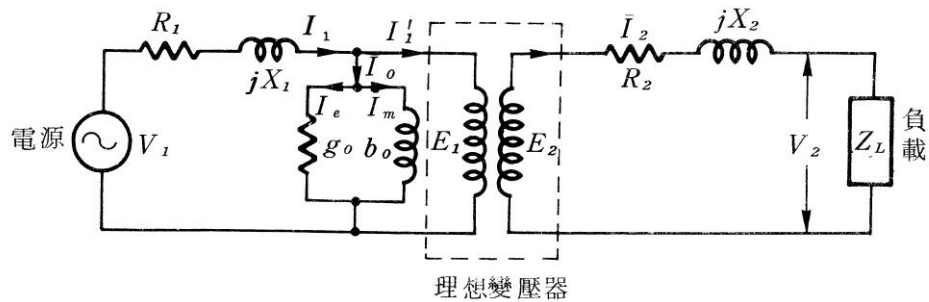
(A) $0.18 \times 10^{-3} \text{Wb}$ (B) $0.81 \times 10^{-3} \text{Wb}$ (C) $1.8 \times 10^{-3} \text{Wb}$ (D) $8.1 \times 10^{-3} \text{Wb}$ (88 推甄)

例 2：變壓器的匝數比為 $22/3$ ，若無載時在高壓側量測電壓為 110 伏特，則在低壓側量測電壓為多少？ (A) 110 伏特 (B) 75 伏特 (C) 45 伏特 (D) 15 伏特 (90 統測)

例 3：一單相變壓器鐵心之最大磁通量為 0.025 韋伯，今欲將其用以將 220V，50Hz 之交流

電源降為 110V，以供給 110V，220VA 之電器使用，則一次繞組之匝數 N_1 及額定電流 I_1 為何 (A) $N_1=40$ 、 $I_1=4A$ (B) $N_1=40$ 、 $I_1=1A$ (C) $N_1=20$ 、 $I_1=4A$ (D) $N_1=20$ 、 $I_1=1A$ 。

4. 實際變壓器之等效電路及轉換：



(1) 等效電路：

漏抗：實際變壓器，當加載後必有部分漏磁通產生而產生漏磁電抗。

無載電流 (I_o) (又稱：空載電流)：可分兩部分：有功電流(I_m)及無功電流(I_g)。

$$I_o = I_e + jI_m ; I_o = \sqrt{I_e^2 + I_m^2} ; I_e = I_o \cos \theta ; I_m = I_o \sin \theta$$

(2) 二次轉換一次(忽略 I_o)：

$$\text{一次等值電阻：} R_{O1} = R_1 + a^2 R_2$$

$$\text{一次等值電抗：} X_{O1} = X_1 + a^2 X_2$$

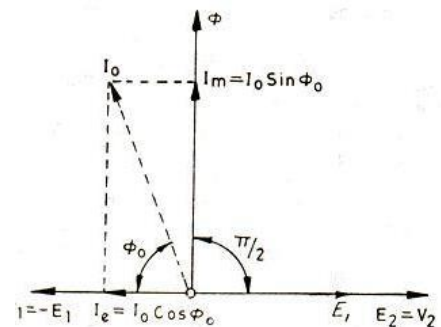
$$\text{一次等值阻抗：} Z_{O1} = \sqrt{R_{O1}^2 + X_{O1}^2}$$

(3) 一次轉換二次：

$$\text{二次等值電阻：} R_{O2} = R_2 + (1/a^2) R_1$$

$$\text{二次等值電抗：} X_{O2} = X_2 + (1/a^2) X_1$$

$$\text{二次等值阻抗：} Z_{O2} = \sqrt{R_{O2}^2 + X_{O2}^2}$$



5. 標么值(P.U 值)：

定義：標么值 = 實際值 / 基準值

$$(1) I_{PU} = \frac{I}{I_b} ; R_{PU} = \frac{R}{R_b} ; X_{PU} = \frac{X}{X_b} ; Z_{PU} = \frac{Z}{Z_b} \text{ 或 } (R, X, Z)_{PU} = \frac{(R, X, Z)S_b}{V_b^2}。$$

$$(2) \text{百分比 } R\% = R_{PU} \times 100\% = \frac{I_{b1} R_{O1}}{V_{b1}} \times 100\%$$

(3) 不同基準標么值轉換：

$$Z_{PU(new)} = Z_{PU(old)} \times \left[\frac{V_{b(old)}}{V_{b(new)}} \right]^2 \frac{S_{b(new)}}{S_{b(old)}}。$$

6. 變壓器之種類與構造：

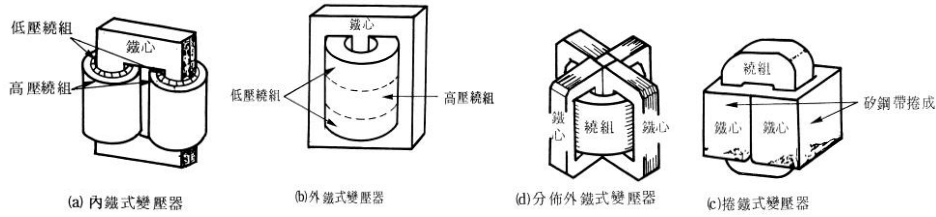
(1) 變壓器之鐵心：

①一般變壓器使用 0.35mm 厚 S 級方向性冷壓延鋼片疊成，含矽量 4%，表面塗以絕緣皮膜，以防止過流產生。

②鐵心應具備條件：

(a)飽和磁通密度高 (b)導磁係數大 (c)激磁電流小 (d)鐵損小

(2) 變壓器之種類：以鐵心分：



①內鐵式：二電氣回路，一磁氣回路的銅機械。

②外鐵式：一電氣回路，二磁氣回路的鐵機械。

③分布外鐵式：磁氣回路為多路，機械應力大，可歸為外鐵式

④捲鐵式變壓器：目前配電變壓器採用，亦為外鐵式的一種，高導磁、高效率。

⑤內鐵式與外鐵式之比較：

(a) 內鐵式用銅量多稱銅機械；外鐵式用鐵量多稱鐵機械

(b) 內鐵式磁路長；外鐵式磁路短

(c) 內鐵式絕緣及散熱佳

(d) 外鐵式機械應力佳

(e) 內鐵式用於高電壓低電流；外鐵式用於低電壓高電流

(3) 變壓器之繞組：

①小型變壓器線圈採圓漆包線，大型變壓器線圈採紙絕緣平板銅線。

②線圈絕緣採用 A 級絕緣材料。

③捲繞方式可分為：直捲及型捲

④繞組形狀可分：圓筒狀(小電流內鐵式)、螺旋狀(大電流內鐵式)及圓盤狀(外鐵式)。

(4) 變壓器之冷卻及絕緣：

①變壓器使用絕緣油目的有二：_____ 及_____。

②絕緣油應具備之條件：

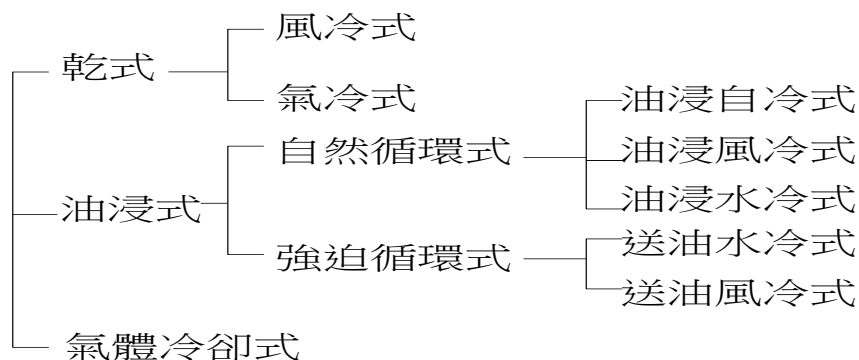
(a)絕緣耐力大 (b)引火點高 (c)比重輕、粘度低、冷卻作用良好

(d)化學性質安定、高溫時不產生污物 (e)凝固點低 (f)品質不易變質

③呼吸作用：

變壓器依負載會熱漲冷縮，變壓器內一部份空氣會進出於大氣中稱之為呼吸作用。可用裝設呼吸器、儲油箱或氬密封加以改善。

④變壓器依絕緣油冷卻方式可分：



- 例 1：一般而言，外鐵式變壓器適用於下列何種場所？(A)低電壓、小電流 (B)低電壓、大電流 (C)高電壓、大電流 (D)高電壓、小電流（89 二專）
- 例 2：製作變壓器，如選用厚度較薄之矽鋼片，則對降低下列那一種損失最具效益？(A)渦流損 (B)銅損 (C)雜散損 (D)介質損（90 統測）
- 例 3：變壓器鐵心材料矽鋼片，下列敘述何者錯誤 (A)導磁係數愈高愈好 (B)飽和磁通密度愈高愈好 (C)厚度愈厚愈好 (D)機械強度愈強愈好（88 二專）

歷屆試題：

- 102 年：關於變壓器的敘述，下列何者正確？(A) 變壓器可提高電壓，亦可提高電流，所以變壓器可視為一功率放大器 (B) 變壓器之銅損可由短路測試求得 (C) 變壓器可改變輸入電壓之頻率 (D) 固定電源電壓下，變壓器之負載越大，鐵損越大。
- 101 年：下列有關變壓器之敘述，何者正確？(A) 變壓器為一種將機械能轉換成交流電能的裝置 (B) 變壓器為一種將直流電能轉換成交流電能的裝置 (C) 變壓器為一種將交流電能轉換成交流電能的裝置 (D) 變壓器為一種將太陽能轉換成交流電能的裝置。
- 101 年：一額定為 220V / 110V、60 Hz 的單相變壓器，若高壓側輸入電壓 220V、120 Hz 的電源，且在低壓側無負載的狀況下，下列有關此單相變壓器的敘述，何者正確？(A) 低壓側電壓為 110V (B) 低壓側電壓降低為 55V (C) 低壓側電壓增加為 220V (D) 鐵心可能磁飽和。
- 100 年：變壓器依線圈與鐵心的配置有外鐵式、內鐵式及捲鐵式等三種配置方式，下列敘述何者正確？(A) 外鐵式適用於低電流及低電壓之變壓器 (B) 內鐵式適用於低電流及低電壓之變壓器 (C) 外鐵式適用於低電流及高電壓之變壓器 (D) 內鐵式適用於低電流及高電壓之變壓器。
- 97 年：變壓器矽鋼片鐵心含矽的主要目的為何？(A) 提高導磁係數 (B) 提高鐵心延伸度 (C) 提升絕緣 (D) 減少銅損。
- 96 年：變壓器一次側繞組加一正弦波電源，會產生正弦波的磁通，但主要因何種效應，使得激磁電流不為正弦波？(A)導線集膚效應 (B)漏磁效應 (C)磁場干擾效應(D)鐵心飽和與磁滯效應。
- 96 年：一電壓比為 5000 V / 500 V 之理想變壓器，高壓側激磁電流為 0.5 A，無載損失為 1500 W，則其磁化電流為多少？(A) 0.3 A (B) 0.4 A (C) 0.5 A (D) 0.6 A。
- 95 年：單相變壓器一次側繞組為 N_1 匝，二次側繞組有 N_2 匝。假設此為理想變壓器，在二次側接有負載電阻 R ，若將此負載換算為一次側之等效電阻，其值為何？(A) $\frac{N_2}{N_1} R$ (B) $\left(\frac{N_2}{N_1}\right)^2 R$ (C) $\frac{N_1}{N_2} R$ (D) $\left(\frac{N_1}{N_2}\right)^2 R$ 。
- 95 年：有一台 2200 V / 200 V，50 Hz 之單相變壓器，高壓側繞組的匝數為 1000 匝，試求鐵心最大磁通量約為多少？(A) 0.0001 韋伯 (B) 0.001 韋伯 (C) 0.01 韋伯 (D) 0.1 韋伯。