



CH13 變壓器之原理構造與等效電路

13-2 變壓器的構造

隨堂練習解答

P268

- (C) 1. 變壓器鐵心採用矽鋼片的原因為
(A)鐵損大 (B)電阻大 (C)激磁電流小 (D)飽和磁通密度小。
- (D) 2. 有關變壓器鐵心採用外鐵式、內鐵式之比較，下列何者正確？
(A)外鐵式用於低電流及低電壓 (B)內鐵式用於低電流及低電壓
(C)外鐵式用於低電流及高電壓 (D)內鐵式用於低電流及高電壓。
- 解** 內鐵式適用於低電流及高電壓、外鐵式適用於大電流及低電壓

P270

- (C) 1. 有關變壓器高、低壓側繞組的敘述，下列敘述何者錯誤？
(A)高壓側繞組匝數較多 (B)低壓側繞組電流較大
(C)線徑粗的是高壓側繞組 (D)匝數少的是低壓側繞組。
- (D) 2. 變壓器中絕緣油之目的為
(A)防止潮濕 (B)防止雷擊 (C)防止噪音 (D)絕緣及冷卻。

13-3 變壓器的感應電勢

隨堂練習解答

課本 P274

1. 範例 01 中，廠商研發出最大磁通量為 10^{-2} Wb 之新型鐵心，欲設計相同規格變壓器，則(1)一次側繞組匝數 (2)二次繞組匝數分別為何？

解
$$N_1 = \frac{E_1}{4.44 f \phi_m} = \frac{3330}{4.44 \times 50 \times 10^{-2}} = 1500 \text{ 匝}, \quad N_2 = \frac{N_1}{a} = \frac{1500}{15} = 100 \text{ 匝}$$

- (D) 2. 有一部 220 V / 110 V 理想變壓器，若高壓側外加 110 V 交流電，則低壓側電壓為多少？ (A) 440 V (B) 220 V (C) 110 V (D) 55 V。

$$\text{解 } a = \frac{V_1}{V_2} = \frac{220\text{V}}{110\text{V}} = 2, \quad a = \frac{V_1}{V_2} \Rightarrow 2 = \frac{110\text{V}}{V_2} \Rightarrow V_2 = 55\text{V}$$

13-4 理想變壓器的特性

隨堂練習解答

P276

- (D) 1. 有一單相降壓變壓器匝數比為 500 / 100，若負載電流為 5 A，則一次側的電流為多少？ (A) 25 (B) 10 (C) 5 (D) 1。

$$\text{解 } a = \frac{N_1}{N_2} = \frac{I_2}{I_1} \Rightarrow \frac{500}{100} = \frac{5\text{A}}{I_1} \Rightarrow I_1 = 1\text{A}$$

- (B) 2. 有一部 220 V / 110 V 單相變壓器，有關繞組敘述何者錯誤？
 (A)匝數多的是高壓繞組 (B)線徑粗的是高壓繞組
 (C)低壓繞組電流大 (D)高壓繞組電流小。

P278

- (D) 1. 某 240 V / 120 V，480 VA 單相理想變壓器，若一次側外加電壓為 240 V，則二次側所接之負載電阻不得小於

(A)120Ω (B)90Ω (C)60Ω (D)30Ω 以免變壓器過載。

$$\text{解 } a = \frac{240\text{V}}{120\text{V}} = 2, \text{ 當 } V_1 = 240\text{V} \text{ 時, } V_2 = 120\text{V}, \text{ 二次側額定電流 } I_2 = \frac{480\text{VA}}{120\text{V}} = 4\text{A},$$

$$\text{二次側額定負載電阻為 } R_2 = \frac{120\text{V}}{4\text{A}} = 30\Omega$$

- (B) 2. 有一部理想變壓器，輸入電源電壓為交流 100 V，負載端有一個 30 歐姆的電燈泡，已知負載電流為 2 A，則此電源電流為

(A) 3 A (B) 1.2 A (C) 0.6 A (D) 0.3 A。

$$\text{解 } V_2 = I_2 R_2 = 2 \times 30 = 60\text{V}, \text{ 匝數比 } a = \frac{V_1}{V_2} = \frac{I_2}{I_1} \Rightarrow \frac{100}{60} = \frac{2\text{A}}{I_1} \Rightarrow I_1 = 1.2\text{A}$$

13-5 實際變壓器的特性

隨堂練習解答

P283

- (C) 1. 在變壓器的等效電路中，下列何者代表變壓器的鐵損？
 (A)一次線圈電阻 (B)二次線圈電阻 (C)激磁電導 (D)漏磁電抗
- (C) 2. 正常供電中的變壓器，鐵心內的交鏈磁通，下列敘述何者正確？
 (A)由一次側繞組單獨產生
 (B)由二次側繞組單獨產生
 (C)由一、二次側繞組共同產生
 (D)依情況有時一次側、有時二次側單獨產生。

P285

- (D) 1. 變壓器正常通電後，當負載無載時，下列敘述何者最正確？
 (A)一次側電壓為 0 (B)一次側電流為 0
 (C)二次側電壓為 0 (D)二次側電流為 0。
 ● 解 無載時二次側電流為 0，二次側電壓等於應電勢，一次側會有微量的激磁電流，一次側電壓等於電源電壓
- (A) 2. 將正常工作的變壓器負載由無載逐漸增至滿載，下列敘述何者錯誤？
 (A)一次側電流增加 (B)二次側電流增加
 (C)二次側電壓增加 (D)變壓器溫度上升。
 ● 解 負載逐漸增加，一次側電壓等於電源電壓維持不變，二次側電流增加，使得一次側電流也增加，二次側電壓受到壓降會產生變動

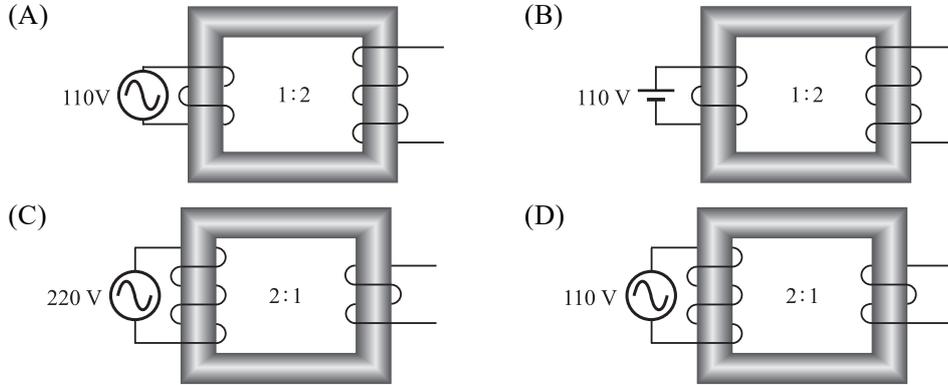
自我評量解答

課本 P291

一、選擇題

- 13-1 (C) 1. 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。
 ● 解 變壓器為一種將交流電能轉換成交流電能的靜止電機

(B) 2. 下列接法何者可能造成 110 V / 220 V 變壓器燒毀？



解 變壓器用於相同電壓之直流電會燒毀

13-2 (A) 3. 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。

解 鐵心含矽主要目的為減少磁滯損，可提高導磁係數

(D) 4. 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。

解 外鐵式鐵心，鐵心在外側，繞組在內側，散熱差，但壓制應力佳用，於低壓大電流；內鐵式鐵心，鐵心在內側，繞組在外側，散熱佳，但壓制應力差，用於高壓小電流

(D) 5. 變壓器中絕緣油之目的為何？

- (A)防止潮濕 (B)減少用銅量 (C)降低噪音 (D)絕緣及冷卻。

13-3 (C) 6. 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。

解 $E = 4.44 fN\phi_m \Rightarrow \phi_m = \frac{E_1}{4.44 fN_1} = \frac{2200}{4.44 \times 50 \times 1000} = 0.01 \text{Wb}$

- (B) 7. 有一部 50 Hz 變壓器，鐵心面積為平方公尺，最大磁通密度為 0.6 韋伯/平方公尺，若初級線圈為 500 匝，則其初級線圈感應電勢為何？

(A)444 伏特 (B)333 伏特 (C)222 伏特 (D)111 伏特。

解 $E = 4.44 f N \phi_m = 4.44 \times 50 \times 500 (5 \times 10^{-3} \times 0.6) \cong 333V$

- 13-4 (A) 8. 有一部 30 kVA，3000 V / 100 V 變壓器，求高壓側與低壓側額定電流各為何？

(A) 10 A，300 A (B) 100 A，300 A
(C) 300 A，100 A (D) 300 A，10 A。

解 $S = VI \Rightarrow I_1 = \frac{S}{V_1} = \frac{30kVA}{3000V} = 10A$ ， $I_2 = \frac{S}{V_2} = \frac{30kVA}{100V} = 300A$

- (B) 9. 單相變壓器的匝數比 $a = \frac{N_1}{N_2}$ ，其中 N_1 為一次側繞組的匝數， N_2 為二次側繞組的匝數。若 V_1 表示一次側電壓， V_2 表示二次側電壓， I_1 表示一次側電流， I_2 表示二次側電流；假設此為理想變壓器，則下列關係何者正確？

(A) $a = \frac{V_2}{V_1}$ (B) $a = \frac{I_2}{I_1}$ (C) $a = \frac{V_2 + V_1}{V_1}$ (D) $a = \frac{I_1}{I_2}$ 。

解 變壓器匝數比 $a = \frac{N_1}{N_2} = \frac{V_1}{V_2} = \frac{I_2}{I_1} = \sqrt{\frac{Z_1}{Z_2}}$

- (D) 10. 單相變壓器的高壓側線圈有 800 匝，低壓側線圈有 40 匝，若高壓側額定電壓為 220 伏特，低壓側額定電流為 4 安培，則此變壓器的額定容量為何？

(A)440 VA (B)160 VA (C)88 VA (D)44 VA。

解 $a = \frac{N_1}{N_2} = \frac{V_1}{V_2} \Rightarrow \frac{800}{40} = \frac{220V}{V_2} \Rightarrow V_2 = 11V$ ，容量 $S = V_2 I_2 = 11V \times 4A = 44VA$

- (D) 11. 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) $\left(\frac{N_1}{N_2}\right)^2 R$ 。

解 變壓器匝數比 $a = \frac{N_1}{N_2} = \frac{V_1}{V_2} = \frac{I_2}{I_1} = \sqrt{\frac{Z_1}{Z_2}} \Rightarrow a^2 = \frac{Z_1}{Z_2} \Rightarrow Z_1 = a^2 Z_2$

亦即二次繞組轉換至一次側時要乘以 $a^2 = \left(\frac{N_1}{N_2}\right)^2$ 倍

- (A) 12. 有一部單相 2400 V / 240 V 變壓器，若高壓側的電阻為 50 Ω，則等效至低壓側的電阻值為何？ (A)0.5 Ω (B)5 Ω (C)500 Ω (D)5000 Ω。

解 $a = \frac{V_1}{V_2} = \sqrt{\frac{R_1}{R_2}} \Rightarrow \frac{2400V}{240V} = \sqrt{\frac{50\Omega}{R_2}} \Rightarrow R_2 = 0.5\Omega$

(B) 13. 有一部變壓器初級線圈電壓為 3150 V 時，次級線圈電壓為 105 V，下列敘述何者錯誤？

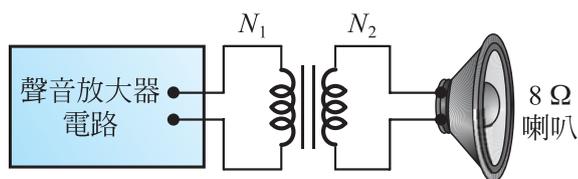
- (A)若次級線圈匝數為 80 匝，則初級線圈匝數為 2400 匝
- (B)當初級線圈電壓增加到 3300 V，則次級線圈電壓為 120 V
- (C)為使次級線圈電壓為 100 V，初級線圈電壓應為 3000 V
- (D)初級與次級線圈阻抗比等於匝數之平方比。

解 $a = \frac{3150V}{105V} = 30$ ，當初級線圈電壓增加到 3300V，則次級線圈電壓為

$$a = \frac{3300V}{30} = 110V$$

(C) 14. 如圖(1)所示之聲音放大器電路，其輸出阻抗為 32 kΩ，喇叭的阻抗為 500 Ω，若欲將最大功率傳輸到喇叭上，則變壓器的匝數比 $N_1 : N_2$ 為何？

- (A)9 : 1 (B)8 : 1 (C)3 : 1 (D)2 : 1。



圖(1)

解 $a = \frac{N_1}{N_2} = \sqrt{\frac{Z_1}{Z_2}} = \sqrt{\frac{32}{8}} = \sqrt{4} = 2$

13-5 (C) 15. 在變壓器的等效電路中，下列何者代表變壓器的鐵損？

- (A)一次線圈電阻 (B)二次線圈電阻
- (C)激磁電導 (D)漏磁電抗。

解 變壓器等效電路圖中一次線圈電阻為 R_1 與二次線圈電阻 R_2 代表的是變壓器的銅損，激磁電導 G_e 代表的為鐵損值，漏磁電抗為 B_m 代表的磁化時所需要的電流

(A) 16. 變壓器的一次側輸入額定電壓，激磁電流會含有鐵損電流的成分，鐵損電流造成變壓器鐵心發熱，試問鐵損電流的相位為何？

- (A)與輸入電壓同相 (B)超前輸入電壓 90 度
- (C)落後輸入電壓 90 度 (D)落後輸入電壓 180 度。

解 鐵損電流造成鐵心發熱為電阻性，與輸入電壓同相

(B) 17. 有一部電壓比為 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。

解 無載功率因數 $\cos \theta_0 = \frac{P_{oc}}{V_{oc} I_{oc}} = \frac{1500}{5000 \times 0.5} = 0.6$

$$\sin \theta_0 = \sqrt{1 - \cos^2 \theta_0} = \sqrt{1 - 0.6^2} = 0.8, \text{ 磁化電流 } I_m = I_0 \sin \theta_0 = 0.5 \times 0.8 = 0.4 \text{ A}$$

(C) 18. 有一部單相變壓器於無載時，測得電壓為 200 V，電流為 1 A，功率因數為 0.6，試求此變壓器無載時消耗功率為何？ (A)200 W (B)180 W (C)120 W (D)60 W。

解 $P_{oc} = V_{oc} I_{oc} \cos \theta_0 = 200 \times 1 \times 0.6 = 120 \text{ W}$

(A) 19. 變壓器通電後，磁力線直接經由氣隙與本身線圈交鏈，而不與相鄰之線圈交鏈者，稱為何？ (A)漏磁通 (B)交鏈磁通 (C)公共磁通 (D)互感磁通。

(B) 20 變壓器一、二次側電壓有相角差，主要是由下列哪一個因素造成？

(A)線圈電阻 (B)漏磁 (C)鐵損 (D)絕緣。

解 變壓器造成一、二次側產生相位差的原因主要是因為漏磁電抗

(D) 21. 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，使得激磁電流非為正弦波？

(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。

解 受到變壓器鐵心飽和與磁滯效應的影響，造成激磁電流不隨著電源電壓變動，因此激磁電流波形為非正弦波

(B) 22. 有一部 50 kVA，1200 V / 120 V 單相變壓器，折算至高壓側等效阻抗為 Ω ，當高壓側加入額定電壓，低壓側連接電感性負載 Ω 時，高壓側之電流為何？ (A)1 A (B)1.2 A (C)2.4 A (D)3.6 A。

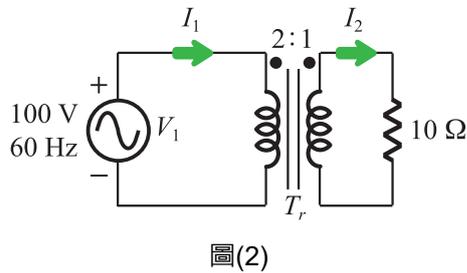
解 高壓側總阻抗 $Z_{T1} = Z_{e1} + a^2 Z_L = (20 + j50) + 10^2 (5.8 + j7.5) = 600 + j800 = 1 \text{ k}\Omega$

$$I_1 = \frac{V_1}{Z_{T1}} = \frac{1200 \text{ V}}{1 \text{ k}\Omega} = 1.2 \text{ A}$$

二、計算題

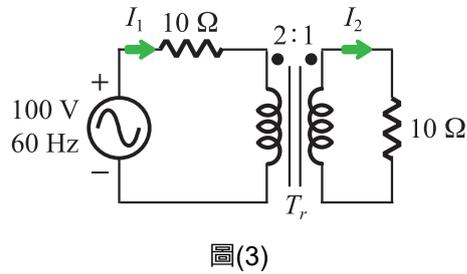
1. 如圖(2)所示為一部理想變壓器，求：(1)一次側電流 I_1 、(2)二次側電流 I_2 、(3)一次側輸入功率 P_1 、(4)二次側輸出功率 P_2 分別為何？

解 $V_2 = \frac{V_1}{a} = \frac{100\text{V}}{2} = 50\text{V}$
 $I_2 = \frac{V_2}{R_2} = \frac{50\text{V}}{10\Omega} = 5\text{A}$
 $I_1 = \frac{I_2}{a} = \frac{5\text{A}}{2} = 2.5\text{A}$
 $P_1 = V_1 I_1 = 100 \times 2.5 = 250\text{W}$
 $P_2 = V_2 I_2 = 50 \times 5 = 250\text{W}$



2. 如圖(3)所示為一部理想變壓器，求：(1)一次側電流 I_1 、(2)二次側電流 I_2 、(3)一次側輸入功率 P_1 、(4)二次側輸出功率 P_2 分別為何？

解 $R_{e1} = R_1 + a^2 R_2 = 10 + 2^2 \times 10 = 50\Omega$
 $I_1 = \frac{V_1}{R_{e1}} = \frac{100\text{V}}{50\Omega} = 2\text{A}$
 $I_2 = a I_1 = 2 \times 2 = 4\text{A}$
 $V_2 = I_2 R_2 = 4 \times 10 = 40\text{V}$
 $P_1 = V_1 I_1 = 100 \times 2 = 200\text{W}$
 $P_2 = V_2 I_2 = 40 \times 4 = 160\text{W}$



鍛鍊本解答—嚴選精華

- 13-1** 1. 變壓器是利用 電磁效應 及 電磁感應 原理，改變電壓與電流大小的一種電機設備。
- 13-2** 2. 變壓器之主、副線圈判別是以線圈接上 電源 或 負載 來決定。接上 電源 之線圈，稱為一次線圈(一次側)或主線圈，以 P 表示；接上 負載 之線圈，稱為二次線圈(二次側)或副線圈，以 S 表示。
- 13-3** 3. 變壓器一、二次側應電勢分別為： $E_1 = 4.44N_1\phi_m f$ 、 $E_2 = 4.44N_2\phi_m f$ 。
4. 變壓器的一、二次側匝數 N_1/N_2 稱為 匝數比(a)，若：
 (1) 匝數比 $a > 1$ ，表示 $E_1 > E_2$ 稱為 降壓 變壓器，即一次側為 高壓側，二次側為 低壓側。
 (2) 匝數比 $a < 1$ ，表示 $E_1 < E_2$ 稱為 升壓 變壓器，即一次側為 低壓側，二次側為 高壓側。
- 13-4** 5. 理想變壓器匝數比： $a = \frac{V_1}{V_2} = \frac{E_1}{E_2} = \frac{I_2}{I_1} = \frac{N_1}{N_2}$ 。
- 13-5** 6. 變壓器一次側加入 額定交流電壓，二次側開路後，一次側繞組會產生很小的電流，約為額定電流的 2%~5%，稱為 激磁電流(I_0)。

- (D) 2. 單相變壓器一次側額定電壓 110 伏特，額定頻率 60 赫芝，今在一次側加 110 伏特 30 赫芝交流電源，則此單相變壓器
- (A)不受影響 (B)效率增加
(C)諧波減少 (D)鐵心可能飽和，效率降低。

解 $E = 4.44Nf\phi_m$ ，頻率 f 從 60Hz 降至 30Hz，若電壓值不變，磁通量 ϕ_m 會增多，造成鐵心飽和，效率降低

- (A) 3. 有一部 100kVA，2200/220V，50Hz 之變壓器，在無載時，一次繞組自 2200V 電源取用 440W 及 0.5A，則無載時功率因數與鐵損電流各為多少？
- (A)0.4、0.2A (B)0.4、0.02A (C)0.8、0.3A (D)0.8、0.03A。

解 $\cos\theta_0 = \frac{P_{oc}}{V_{oc}I_{oc}} = \frac{440}{2200 \times 0.5} = 0.4$ ，鐵損電流 $I_e = I_{oc} \times \cos\theta_0 = 0.5 \times 0.4 = 0.2A$

- (B) 4. 將電源 V_1 加到變壓器之初級線圈，而次級的線圈為開路，則初級線圈感應電壓 E_1 ，次級線圈感應電壓 E_2 ，端電壓 V_2 間的向量關係為



解 一、二次側繞組應電勢 E_1 、 E_2 與電源電壓 V_1 向量相差 180° ，次級線圈開路，端電壓 V_2 與 E_2 同相

- (C) 5. 變壓器的一次側施加輸入電壓，激磁電流會含有磁化電流的成分，磁化電流產生交鏈磁通於變壓器鐵心，試問磁化電流的相位為何？
- (A)磁化電流的相位與輸入電壓同相 (B)磁化電流的相位超前輸入電壓約 30°
(C)磁化電流的相位落後輸入電壓 90° (D)磁化電流的相位超前輸入電壓 90° 。

解 磁化電流產生交鏈磁通為電感性的成分，因此磁化電流相位落後輸入電壓 90°

鍛鍊本解答 – 高手過招

- (B) 1. 一台 2200V/220V、60Hz 之單相變壓器，高壓側繞組匝數為 1500 匝，則鐵心之最大磁通量約為何？

(A)55mWb (B)5.5mWb (C)0.55mWb (D)0.055mWb。 【107 統測】

解 $E_1 = 4.44 \times N_1 \times \phi_m \times f$ ， $\phi_m = \frac{2200}{4.44 \times 1500 \times 60} = 5.5 \times 10^{-3} \text{Wb} = 5.5 \text{mWb}$