



CH17 特殊變壓器

17-1 自耦變壓器(autotransformer)

隨堂練習解答

課本 P375

- (A) 1. 有一部 5 kVA、240 V / 480 V 的單相變壓器連接成 240 V / 720 V 的自耦變壓器，則輸出容量為何？ (A) 7.5 kVA (B) 10 kVA (C) 15 kVA (D) 30 kVA。

解 匝數比 $a = \frac{\text{共用}}{\text{非共用}} = \frac{240}{480} = 0.5$ ，

自耦變壓器輸出容量變成 $S_A = S(1+a) = 5\text{kVA}(1+0.5) = 7.5\text{kVA}$

- (B) 2. 額定為 10 kVA、220 V / 110 V 的雙繞組單相變壓器，改接成 330 V / 220 V 的降壓型自耦變壓器，則自耦變壓器的傳導容量為何？

(A) 30 kVA (B) 20 kVA (C) 15 kVA (D) 10 kVA。

解 匝數比 $a = \frac{\text{共用}}{\text{非共用}} = \frac{220}{110} = 2$ ，

自耦變壓器輸出容量 $S_A = S(1+a) = 10\text{kVA}(1+2) = 30\text{kVA}$ ，

傳導容量 $S_D = S_A - S = 30 - 10 = 20\text{kVA}$

- (D) 3. 下列何者不是自耦變壓器的特點？

- (A)漏磁電抗可減少
- (B)容量可提高
- (C)效率可提高
- (D)變壓比越高、性能越佳。

17-2 比壓器

隨堂練習解答

課本 P377

- (A) 1. 有關比壓器的連接方式，下列敘述何者正確？
 (A)一次側與線路並聯，二次側連接電壓表
 (B)一次側與線路串聯，二次側連接電壓表
 (C)一次側與線路並聯，二次側連接電流表
 (D)一次側與線路串聯，二次側連接電流表。
- (B) 2. 比壓器的電壓比為 30:1，低壓側之電壓表指示為 110 伏特時，高壓側電壓為何？
 (A) 33 kV (B) 3.3 kV (C) 330 V (D) 33 V。

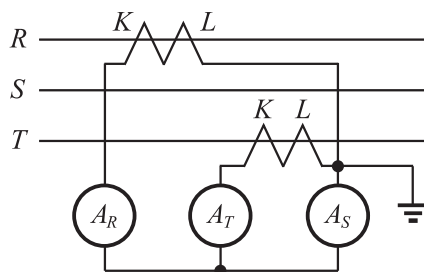
解 $a = 30 = \frac{V_1}{110V} \Rightarrow V_1 = 3300V = 3.3kV$

17-3 比流器

隨堂練習解答

課本 P381

- (B) 1. 使用 200 A / 5 A 的比流器(C.T.)量測三相平衡系統之線路電流，若一次側貫穿匝數 1 匝，當二次側的安培表讀值為 2 安培，線路電流為何？
 (A) 100 A (B) 80 A (C) 40 A (D) 20 A。
- 解 變流比 $\frac{200A}{5A} = \frac{I_1}{2A} \Rightarrow I_1 = 80A$
- (A) 2. 如圖為三相平衡電源系統，已知電源電流 $i_R = i_S = i_T = 40$ A，比流器變流比為 50 A/5 A，則 A_R 與 A_S 與 A_T 安培表指示值分別為何？
 (A) 4 A、4 A、4 A (B) 4 A、4 A、8 A
 (C) 5 A、5 A、5 A (D) 5 A、5 A、10 A。



解 變流比為 50/5，因此二次側電流 $i_r = i_s = i_t = 4A$ ， $A_R = i_r = 4A$ ， $A_T = i_t = 4A$ ， $A_S = i_r + i_t = 4\angle 0^\circ + 4\angle 120^\circ = 4\angle 60^\circ$ ，也指示 4A

自我評量解答

課本 P385

一、選擇題

17-1 (B) 1. 關於自耦變壓器，下列敘述何者正確？

- (A) 體積小、成本高、但效率較普通變壓器低
 (B) 體積小、成本低、但效率較普通變壓器高
 (C) 體積大、成本高、但效率較普通變壓器高
 (D) 激磁電流比普通變壓器高。

解 自耦變壓器優點包括：體積小、成本低、激磁電流小、效率高，主要缺點為絕緣不易、不適用高壓

(C) 2. 有一部單相 10 kVA、220 V / 110 V 雙繞組變壓器，接成 220 V / 330 V 的升壓型自耦變壓器，則自耦變壓器的額定輸出容量為何？

- (A) 50 kVA (B) 40 kVA (C) 30 kVA (D) 15 kVA。

解 自耦變壓器匝數比 $a = \frac{\text{共用}}{\text{非共用}} = \frac{220}{110} = 2$ ，

自耦變壓器輸出容量變成 $S_A = S(1+a) = 10\text{kVA}(1+2) = 30\text{kVA}$

(D) 3. 原為雙繞組 1 kVA、110 V / 10 V 變壓器接成自耦式變壓器，將 120 V 之電源變電供給之 110 V 負載，此時所能供給的額定容量為多少 kVA？

- (A) 9 (B) 10 (C) 11 (D) 12。

解 未共用繞組 10V，共用繞組 110V，匝數比 $a = \frac{110}{10} = 11$

雙繞組變壓器接成自耦變壓器， $S_A = 1\text{kVA} \times (1+11) = 12\text{kVA}$

(B) 4. 有一台 10 kVA、2400 V / 240 V、60 Hz 單相變壓器，接為 2640 V / 240 V 之自耦變壓器，則自耦變壓器高壓側的額定電流應為何？

- (A) 3.79 A (B) 4.17 A (C) 41.7 A (D) 45.8 A。

解 原來輸出容量為 10kVA，變壓比 $a = \frac{240}{2400} = \frac{1}{10}$

接成升壓自耦變壓器容量變成 $S_A = \left(1 + \frac{1}{10}\right) \times 10 = 11\text{kVA}$

高壓側額定電流 $I_H = \frac{S_A}{V_H} = \frac{11\text{kVA}}{2640\text{V}} = 4.17\text{A}$

(D) 5. 同上題，自耦變壓器低壓側的額定電流應為何？

(A) 3.79 A (B) 4.17 A (C) 41.7 A (D) 45.8 A。

解 低壓側額定電流 $I_L = \frac{S_A}{V_L} = \frac{11\text{kVA}}{240\text{V}} = 45.8\text{A}$

(B) 6. 有一部 60 Hz，200 V / 100 V 單相變壓器，改接成 300 V / 100 V 自耦變壓器後容量變為 30 kVA，則原本變壓器的容量為何？

(A) 10 kVA (B) 20 kVA (C) 30 kVA (D) 40 kVA。

解 未共用繞組 200V，共用繞組 100V，匝數比 $a = \frac{100}{200} = \frac{1}{2}$ ，

自耦變壓器容量 $S_A = S(1+a) \Rightarrow 30 = S(1+\frac{1}{2}) \Rightarrow S = 20\text{kVA}$

(C) 7. 某一負荷容量為 120 kVA、550 V / 660 V 之自耦變壓器係由普通雙繞組變壓器改接而成，則此雙繞組變壓器之定額為

(A) 120 kVA、660 / 550 V

(B) 120 kVA、660 / 110 V

(C) 20 kVA、550 / 110 V

(D) 20 kVA、660 / 550 V。

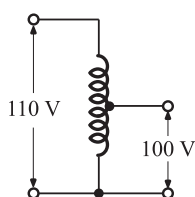
解 雙繞組變壓器改接成 550V/660V、120kVA 之自耦變壓器

其中未共用繞組(二次側)110V，共用繞組(一次側)550V

匝數比 $a = \frac{110}{550} = \frac{1}{5}$ ， $120\text{kVA} = S(5+1)$ ，可得原來雙繞組變壓器容量為 20kVA

(A) 8. 如圖(1)所示為 110 V / 100 V 降壓自耦變壓器，滿載時可以供給 3300 VA、100 V 之負載，試求自耦變壓器之感應容量和傳導容量分別為多少 VA？

(A) 300、3000 (B) 300、3300 (C) 3000、300 (D) 3300、300。



圖(1)

解 匝數比 $a = \frac{\text{共用}}{\text{非共用}} = \frac{100}{10} = 10$ ，

自耦變壓器的輸出容量變成 $S_A = S(1+a) \Rightarrow S = \frac{3300\text{VA}}{11} = 300\text{VA}$ (感應功率)，

傳導功率 $= S_A - S = 3300 - 300 = 3000\text{VA}$

- (C) 9. 一部 220 V / 55 V 理想降壓自耦變壓器，二次側供電給 55 V、2.2 kW 的負載，則下列敘述何者錯誤？

- (A) 負載電流 40 A (B) 串聯繞組流過的電流 10 A
(C) 共同繞組流過的電流 60 A (D) 串聯繞組端的電壓 165 V。

解 220/55V 自耦變壓器，共用(並聯)繞組 55V，非共用(串聯)繞組電壓 165V

$$\text{負載電流 } I_L = \frac{S_A}{V_L} = \frac{2.2\text{kW}}{55\text{V}} = 40\text{A}$$

$$\text{串聯繞組流過的電流 } I_H = \frac{S_A}{V_H} = \frac{2.2\text{kW}}{220\text{V}} = 10\text{A} ,$$

$$\text{共用繞組流過的電流} = 40 - 10 = 30\text{A}$$

- (D) 10. 將一部 5 kVA、240 V / 480 V 單相變壓器改接成 240 V / 720 V 自耦變壓器後，若負載電壓為 720 V，當供給 80 % 負載且功率因數為 0.8 落後時，自耦變壓器輸出功率約為何？ (A) 1.8 kW (B) 2.8 kW (C) 3.8 kW (D) 4.8 kW。

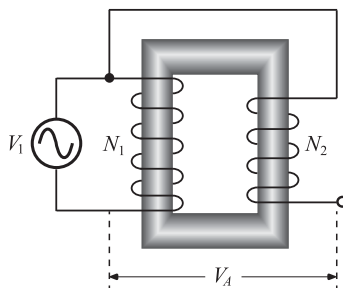
解 匝數比 $a = \frac{\text{共用}}{\text{非共用}} = \frac{240}{480} = 0.5$ ，

$$\text{自耦變壓器的輸出容量 } S_A = S(1 + a) = 5\text{kVA}(1 + 0.5) = 7.5\text{kVA} ,$$

$$\text{輸出功率 } P_A = S_A \times \cos \theta = (7.5\text{kVA} \times 0.8) \times 0.8 = 4.8\text{kW}$$

- (A) 11. 有一部理想變壓器依據圖(2)連接後，一次側匝數為 N_1 ，二次側匝數為 N_2 ，一次側外加電壓 V_1 ，則 V_A 兩端電壓應為何？

- (A) $\frac{N_1 - N_2}{N_1} V_1$ (B) $\frac{N_1 + N_2}{N_1} V_1$ (C) $\frac{N_1 - N_2}{N_2} V_1$ (D) $\frac{N_1 + N_2}{N_2} V_1$ 。



圖(2)

解 依據匝數比可得二次側電壓 $V_2 = V_1 \times \frac{N_2}{N_1}$ ；

依據線圈繞製方向可知變壓器為減極性，

因此當一次側通電後(下+上-)時，二次側電壓極性(下+上-)，

$$V_A \text{ 為一次側電壓減去二次側電壓，因此 } V_A = V_1 - V_2 = V_1 - \left(\frac{N_2}{N_1}\right)V_1 = \left(\frac{N_1 - N_2}{N_1}\right)V_1$$

17-2 (B) 12. 比壓器的額定電壓比為 30 : 1，低壓側之電壓表指示為 110 V 時，則高壓側電壓為 (A) 33 kV (B) 3.3 kV (C) 330 V (D) 33 V。

(B) 13. 比壓器應用時，一次側與待測線路並聯，二次側要連接多個儀表時，儀表間的接線應該採用 (A) 串聯 (B) 並聯 (C) Y 接 (D) Δ 接。

(D) 14. 有關比壓器之敘述，下列何者正確？

(A) 比壓器之二次側額定電壓為 110 V，且二次側須短路或接於電流表

(B) 比壓器之二次側額定電流為 5 A，且二次側須開路或接於電壓表

(C) 比壓器之二次側額定電流為 5 A，且二次側須短路或接於電流表

(D) 比壓器之二次側額定電壓為 110 V，且二次側須開路或接於電壓表。

(D) 15. 由三個單相比壓器組成的接地比壓器(GPT)，比壓器二次側繞組的接法方式為何？ (A) Y 接 (B) Δ 接 (C) V 接 (D) 開 Δ 接。

解 接地比壓器 GPT 二次側需接電壓表，因此採用開 Δ 接法

(A) 16. 三相不接地系統，以 GPT(接地比壓器)搭配指示燈作為接地故障檢測，若是 S 相發生完全接地事故時，則 R 相、S 相、T 相指示燈的狀態為何？

(A) S 相燈熄滅，R、T 相燈全亮 (B) S 相燈全亮，R、T 相燈熄滅

(C) S 相燈閃爍，R、T 相燈熄滅 (D) S 相燈全亮，R、T 相半亮。

解 故障(S 相)燈會由半亮變熄滅，正常相(R 相、T 相)的燈會由半亮變全亮

17-3 (D) 17. 系統中更換電壓表及電流表時，比壓器 PT 及比流器 CT 二次側應先行處置為

(A) PT、CT 皆短路

(B) PT 短路、CT 開路

(C) PT、CT 皆開路

(D) PT 開路、CT 短路。

解 如果採用活線作業來更換電表時，PT 不可以短路因此必須先將其開路，CT 不可以開路因此必須先將其短路

(D) 18. 使用貫穿式比流器時，當一次側貫穿為 1 匝時之變流比為 100 : 5，若是將一次側貫穿成 2 匝時，變流比變為何？

(A) 200 : 5 (B) 100 : 10 (C) 50 : 10 (D) 50 : 5。

解 一次側貫穿為 1 匝時 $\frac{N_1}{N_2} = \frac{I_2}{I_1} \Rightarrow \frac{1}{N_2} = \frac{5A}{100A} \Rightarrow N_2 = 20T$ ，比流器二次側電流維持 5A 不變，一次側貫穿成 2 匝時，

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{I_2}{I_1} \Rightarrow \frac{2}{N_2} = \frac{5A}{I_1} \Rightarrow I_1 = 50A$$

(B) 19. 若將比流器 CT 二次側短路，其一次側的電流為何？

(A) 增大 (B) 不變 (C) 減小 (D) 先增大後減小。

解 比流器一次側的電流為線路電流，二次側電流會依據匝數比轉換而來，短路不會造成影響

- (D) 20. 100 A / 5 A 比流器，一次側貫穿匝數為 2 匝，現比流器二次側接 50 / 5 安培表，則此比流器一次側之貫穿匝數應修正為 (A) 1 (B) 2 (C) 3 (D) 4。

解 $\frac{N_1}{N_2} = \frac{I_2}{I_1} \Rightarrow \frac{2}{N_2} = \frac{5A}{100A}$ ，可求出比流器匝數 $N_2 = 40$ 匝

比流器改接 50/5 安培表， $\frac{N_1}{N_2} = \frac{I_2}{I_1} \Rightarrow \frac{N_1}{40} = \frac{5A}{50A}$ ，一次側貫穿匝數 $N_1 = 4$ 匝

- (B) 21. 一部含有 PT 和 CT 之單相瓦特計，已知 PT 和 CT 之變換比各為 3300V / 110 V 和 100 A / 5 A，若瓦特計讀數為 60 W，則該電路之實際使用功率為何？
(A) 60 kW (B) 36 kW (C) 12 kW (D) 6 kW。

解 PT 變換比為 30 倍，CT 變換比為 20 倍，總計 600 倍，
實際使用功率 $600 \times 60W = 36kW$

- (A) 22. 下列有關變壓器之敘述，何者正確？

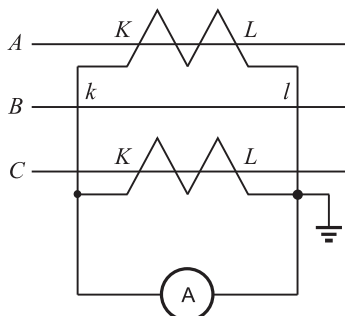
- (A) 比流器在使用時二次側不得開路
(B) 多台單相變壓器並聯時，每一台變壓器容量一定要相等
(C) 自耦變壓器具有電氣隔離之效果
(D) 內鐵式比外鐵式變壓器更適用於低電壓高電流場合。

解 變壓器並聯時，每台容量不用相等、自耦變壓器高低壓繞組相連接，需要注意隔離，外鐵式變壓器較適用於低電壓高電流

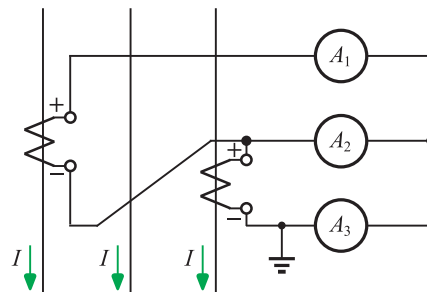
- (D) 23. 如圖(3)所示利用 200 A / 5 A 之 CT 測量三相平衡電路線路電流，已知電流表讀數為 3 A，則一次線路電流為何？

- (A) 600 A (B) 240 A (C) 180 A (D) 120 A。

解 電流表 $A = 3A = i_a + i_c$ ，由於平衡電路因此比流器二次側各線電流也為 3A，變流比為 200/5，可得一次側電流為 $3A \times 40 = 120A$



圖(3)



圖(4)

(B) 24. 三個電流計與二個比流器測定三相平衡負載，電流結線方式如圖(4)所示，則各電流計之讀值為

(A) $A_1 = \sqrt{3}I$ 、 $A_2 = I$ 、 $A_3 = I$ (B) $A_1 = I$ 、 $A_2 = \sqrt{3}I$ 、 $A_3 = I$

(C) $A_1 = I$ 、 $A_2 = I$ 、 $A_3 = \sqrt{3}I$ (D) $A_1 = I$ 、 $A_2 = I$ 、 $A_3 = I$ 。

解 三相電流由左而右分別為 R 、 S 、 T 相，比流器的電流由正端流出後流回自己的負端， A_1 測定 R 相電流 ($A_1 = \bar{I}_R$)， A_3 測定 T 相電流 ($A_3 = \bar{I}_T$)， A_2 測定 T 相減 R 相電流 ($A_2 = \bar{I}_T - \bar{I}_R = \sqrt{3}\bar{I}_T$)

二、問答題

1. 一台 25 kVA，2200 V / 220 V 之單相變壓器連接成 2420 V / 220 V 降壓自耦變壓器，當負載功率因數為 0.95，滿載效率為 0.98，試求此自耦變壓器：

(1) 容量為多少 kVA、(2) 輸出功率為多少、(3) 總損失為多少？

解 (1) 匝數比 $a = \frac{\text{共用}}{\text{非共用}} = \frac{220}{2200} = 0.1$

容量 $S_A = S(1+a) = 25\text{kVA}(1+0.1) = 27.5\text{kVA}$

(2) 輸出功率 $P_A = S_A \times \cos\theta = 27.5\text{kVA} \times 0.95 = 26125\text{W}$

(3) 效率 $\eta = \frac{P_o}{P_{in}} \Rightarrow P_{in} = \frac{26125}{0.98} = 26658\text{W}$

損失 $P_{\text{loss}} = 26658 - 26125 = 533\text{W}$

鍛鍊本解答－嚴選精華

17-1 1. 自耦變壓器只有一個繞組，其中有一部份繞組為一次側與二次側共用，因此又稱為 單繞組 變壓器。

2. 將容量為 S 的匝數比為 a 的雙繞組變壓器接成降壓自耦變壓器，輸出容量變為

$$S_A = S \left(1 + \frac{1}{a} \right)。$$

3. 將容量為 S 的匝數比為 a 的雙繞組變壓器接成升壓自耦變壓器，輸出容量變為

$$S_A = S(1+a)。$$

4. 自耦變壓器輸出容量(S_A)分成兩種：

一為和原來變壓器相同原理的 感應容量(S)，又稱為固有容量；

另外還有直接傳導的 傳導容量(S_D)：其關係為 $S_A = S + S_D$ 。

5. 自耦變壓器之優點：(1)輸出容量可以提升。(2)漏電抗、激磁電流及電壓調整率較同容量一般變壓器小。(3)鐵損、銅損較同容量變壓器小。(4)節省鐵線及鐵心材料。
6. 自耦變壓器之缺點：(1)高低壓繞組不分開，因此須做高度絕緣。(2)電壓比甚低，常用之範圍為1.05 : 1 到 1.25 : 1之間。(3)只適用於低電壓小電流之場所，如感應電動機之啟動補償器、日光燈的安定器等。
- 17-2** 7. 比壓器簡稱PT，二次側的額定電壓為110V，接線方法為一次側與待測線路並聯，二次側與伏特表並聯。
8. 比壓器功能為：(1)將高電壓降為低電壓。(2)擴大交流電壓表的使用範圍。(3)連接保護電驛。
9. 比壓器使用時需注意：(1)一次側加裝保險絲保護。(2)二次側絕不可短路。(3)二次側使用 2.0mm^2 紅色 絞線。
- 17-3** 10. 比流器簡稱CT，二次側額定電流為5A，接線方法為一次側與待測線路串聯，二次側與電流表連接。
11. 比流器的功能為：(1)將大電流降為小電流。(2)擴大電流表的使用範圍。(3)連接保護電驛。
12. 比流器的在使用時需注意：(1)二次側一端必須接地，以避免靜電感應。(2)二次側不能開路，若未接電流表時需使用導線短路。(3)比流器二次側使用 2.0mm^2 的黑色 絞線。

鍛鍊本解答－大顯身手

課內題

詳解請參考自我評量解答 P17-3～17-8

課外題

一、精選題

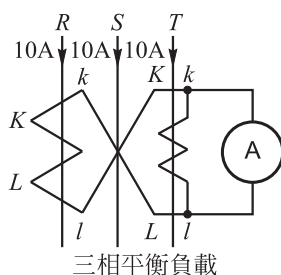
(A) 1. 下列對自耦變壓器之敘述如下，有幾項敘述為正確：

- I 漏電抗較小。
- II 高低壓繞組都不用做絕緣。
- III 效率較高。
- IV 可節省繞組材料之使用量。
- V 體積較同容量之變壓器小。

(A)5 項 (B)4 項 (C)3 項 (D)2 項。

解 II為錯誤，其他均為正確

(C) 2. 設 C.T 變流比為 10/5A，負載為三相平衡，如圖(1)所示連接時，電流表 A 之讀值為 (A)10A (B)5A (C) $5\sqrt{3}$ A (D)0A。



圖(1)

解 設 $I_R = 10\angle 0^\circ$ ， $I_T = 10\angle 120^\circ$ ，比流器變流比為 10 / 5A，因此二次側電流 $I_r = 5\angle 0^\circ$ ， $I_t = 5\angle 120^\circ$ ，兩具比流器反相並聯後與電流表連接，因此電流表指示為 R 相電流與 T 相電流之相量差，其指示值為 $5\angle 0^\circ - 5\angle 120^\circ = 5\sqrt{3}\angle -30^\circ$

(D) 3. 比流器的額定電流 $I_1 = 100A$ ， $I_2 = 5A$ ，一次側貫穿匝數為 2 匝，現比流器二次側接 50/5 安培計，則此比流器一次側之貫穿匝數應修正為何？

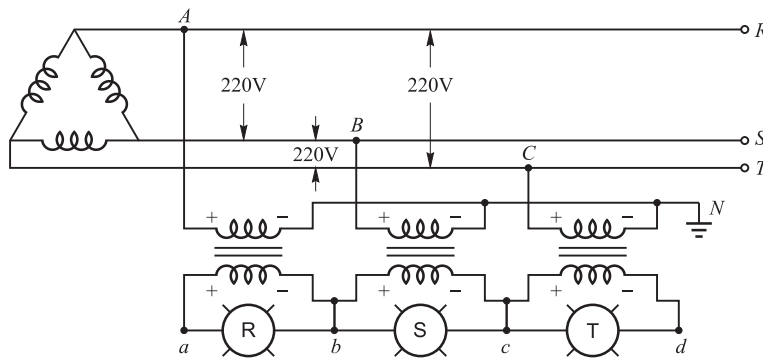
(A)1 匝 (B)2 匝 (C)3 匝 (D)4 匝。

解 比流器 $\frac{N_1}{N_2} = \frac{I_2}{I_1} \Rightarrow \frac{2}{N_2} = \frac{5A}{100A} \Rightarrow N_2 = 40$

當改成 50/5A 時， $\frac{N_1}{N_2} = \frac{I_2}{I_1} \Rightarrow \frac{N_1}{40} = \frac{5A}{50A} \Rightarrow N_1 = 4$ 匝

- (D) 4. 如圖(2)所示之三相不接地供電系統，以三只 220V/110V 的 PT 接成開三角(open $\triangle$)接線，以檢測接地故障，則線路和正常(未故障)且負載平衡下，PT 一次側電壓 V_{AN} 為 (A)380V (B)220V (C)190V (D)127V。

解 PT 一次側採用 Y 接線，因此 $V_{AN} = \frac{V_{AB}}{\sqrt{3}} = 127V$



圖(2)

- (B) 5. 承上題，設若 R 相接地，則指示燈 R.S.T 之指示狀態為

- (A) R 全亮；S，T 全熄
(B) R 全熄；S，T 全亮
(C) R 全亮；S 半亮，T 全熄
(D) R，S，T 全亮。

解 R 相接地， V_{ab} 為 0V， V_{bc} 為 110V， V_{ca} 為 110V，因此指示燈 R 全熄；S，T 全亮

鍛鍊本解答－高手過招

- (D) 1. 由一部 5kVA、240V/480V 的單相變壓器連接而成之 240V/720V 的自耦變壓器，若負載電壓為 720V，當供給 80% 負載且功率因數為 0.8 落後時，則輸出功率約為何？ (A)1.8kW (B)2.8kW (C)3.8kW (D)4.8kW。 【106 統測】

解 升壓自耦變壓器 $P_A = S(1+a) = 5kVA \times \left(1 + \frac{240}{480}\right) = 7.5kVA$

$$P_o = 7.5 \times 0.8 \times 0.8 = 4.8kW$$

- (C) 2. 額定為 10kVA、220V/110V 的雙繞組單相變壓器，改接成 330V/220V 的降壓型自耦變壓器，則自耦變壓器的額定輸出容量約為何？

- (A)50kVA (B)40kVA (C)30kVA (D)15kVA。

【105 統測】

解 $P_A = S(1+a) = 10k \times (1+a) = 30kVA$

