

1. 平均值：將交流電轉換為直流電的數值，對稱交流波形，取正半週期計算
2. 有效值：將交流電與直流電通過相同電阻，若其平均功率相同，此直流電大小為交流電的有效值

(1)又稱為方均根值(rms)

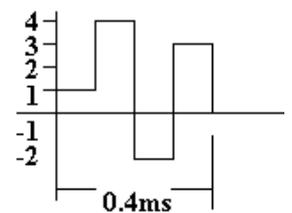
$$(2) \text{有效值} = \sqrt{\frac{V_1^2 \times t_1 + V_2^2 \times t_2 + \dots + V_n^2 \times t_n}{T}}$$

3. 常見波形的平均值、有效值

波形種類	方波	正弦波	三角波
平均值（半週）	V_m	$\frac{2V_m}{\pi} \approx 0.636V_m$	$\frac{V_m}{2} = 0.5V_m$
有效值	V_m	$\frac{V_m}{\sqrt{2}} \approx 0.707V_m$	$\frac{V_m}{\sqrt{3}} \approx 0.577V_m$

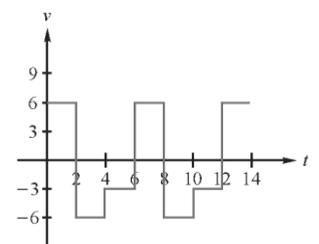
1. 一正弦交流電壓之有效值為 220V，則此正弦波形之峰對峰值為
(A)622V (B)440V (C)312V (D)220V

2. 如圖所示，週期為 0.4ms 的波形，其電壓的有效值(RMS)為
(A) $\sqrt{30}/2V$ (B) $\sqrt{22}/2V$ (C) $\sqrt{10}/2V$ (D) $\sqrt{6}/2V$



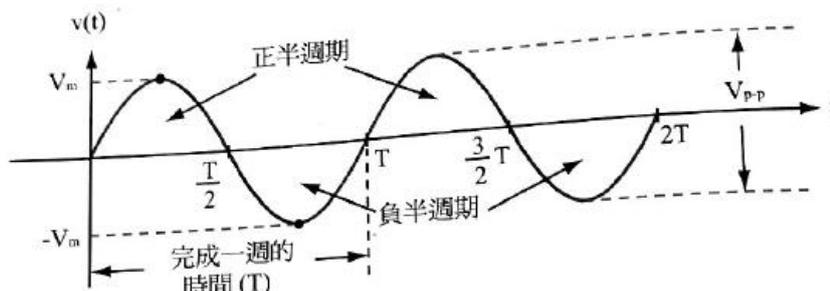
範例練習

1. ()某正弦波電壓之平均值為 10V，則其有效值為 (A)9.1V (B)10.1V (C)11.1V (D)12.1V
2. ()一正弦交流電壓之峰對峰值為 283V，則此正弦波形之有效值約為 (A)283V (B)200V (C)157V (D)100V
3. ()交流三角波電壓之峰對峰值為 30V，則此正弦波形之有效值約為 (A)15V (B)7.5V (C)8.6V (D)10.6V
4. ()如圖所示， a 為平均值， b 為有效值，則 a 、 b 的電壓各為多少？
(A) $a = -1, b = 3\sqrt{2}$ (B) $a = -1, b = 2\sqrt{3}$ (C) $a = -1, b = 3\sqrt{3}$
(D) $a = -1, b = 2\sqrt{2}$ 。



4. 正弦波瞬間值：交流電壓或電流對時間的函數，以 $v(t)$ 或 $i(t)$ 表示

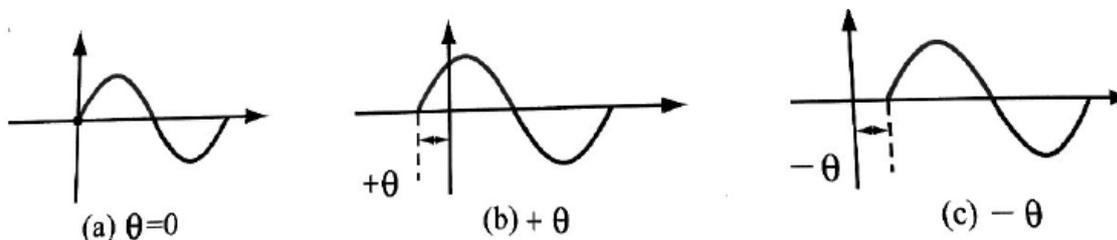
(1) $v(t) = V_m \sin(\omega t + \theta)$



(2) 角速度 ω ：每秒經過的度數(rad/s)

$\omega = \underline{\hspace{2cm}} = \underline{\hspace{2cm}}$

(3) 相角 θ ：波形起始點相對於參考座標角度



5. 相位關係：兩弦波比較相位必須注意

- (1) 頻率相同 (2) 函數相同 (3) 正負號相同

3. 一交流正弦波，最大值 20V，週期 20ms，相角 $+30^\circ$ ，請寫出電壓瞬間方程式

4. 交流正弦波瞬間方程式為 $v(t) = 10\sin(377t - 60^\circ)V$ ，當時間 $t = 1/180$ s，電壓的瞬間值為多少

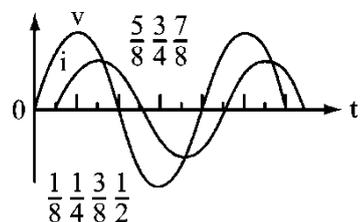
範例練習

1. () 設電流相位角為 0，頻率為 400Hz，電壓超前電流 30° ，電壓有效值為 220V，試寫出瞬時電壓公式？ (A) $220\sin(400t+30^\circ)V$ (B) $220\sin(800\pi t+30^\circ)V$ (C) $220\sqrt{2}\sin(800t+30^\circ)V$ (D) $220\sqrt{2}\sin(800\pi t+30^\circ)V$

2. () 有一正弦波電流一般式表示成 $i(t) = 100\sin(377t - 60^\circ)A$ ，求當 $t = \frac{1}{240}$ 秒時之瞬間電流值為何？ (A) 85.2A (B) 50A (C) 86.6A (D) 100A

3. () 如圖，請問 v 與 i 之相位差為 (A) 30° (B) 45° (C) 53° (D) 60°

4. () 以直流電表測量有效值為 100 伏特的正弦交流電壓，則電壓指示為多少？ (A) 0V (B) 100V (C) 50V (D) $100\sqrt{2}$ V



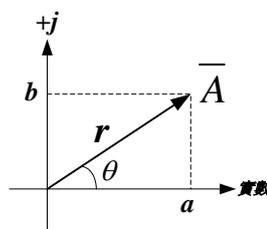
6. 直角座標與極座標的轉換

(1) 直角座標： $\bar{A} = \underline{\hspace{2cm}}$

(2) 極座標： $\bar{A} = \underline{\hspace{2cm}}$

(3) 直角坐標轉極座標： $\bar{A} = \sqrt{a^2 + b^2} \angle \tan^{-1} \frac{b}{a}$

(4) 極坐標轉極座標： $\bar{A} = r \cos \theta + jr \sin \theta$



7. 極座標運算

(1) 加減法：需換為直角座標

(2) 乘除法：大小相乘除，角度相加減

8. 正弦波相量表示法

(1) $v(t) = V_m \sin(\omega t + \theta_v)$ → $\bar{V} = \underline{\hspace{2cm}} = \underline{\hspace{2cm}}$

(2) $i(t) = I_m \sin(\omega t + \theta_i)$ → $\bar{I} = \underline{\hspace{2cm}} = \underline{\hspace{2cm}}$

5. 對下列座標進行座標轉換，並進行相量運算

(1) $\bar{A} = \sqrt{3} + j$

(2) $\bar{B} = 20 \angle -37^\circ$

(3) $\bar{A} + \bar{B}$

(4) $\bar{A} \times \bar{B}$

(5) $\frac{1}{\bar{A}}$

6. $i(t) = 100 \sin(\omega t + 30^\circ)$ ，其相量表示式為？

範例練習

1. () 若 $\bar{A} = 10\sqrt{2} \angle 45^\circ$ 、 $\bar{B} = 10\sqrt{2} \angle -45^\circ$ ，則 $\bar{A} + \bar{B} =$ (A)20 (B)j10 (C)10+j10 (D)10 - j10

2. () $3 \angle 20^\circ \times 5 \angle -30^\circ =$ (A)15 $\angle -10^\circ$ (B)-15 $\angle 50^\circ$ (C)15 $\angle -50^\circ$ (D)15 $\angle -600^\circ$

3. () 某電壓 $v(t) = 10 \sin(377t + 30^\circ)$ V，表示這個正弦波的條件，下列何者正確？

(A)峰值電壓為 377V (B)相位角為 10° (C)角速度為 377 rad/s (D)相位角為 377°

4. () 電壓 $v(t) = 100\sqrt{2} \sin 120t$ 伏特之有效值為 (A)90V (B)100V (C)10V (D)120V

5. () 複數 $\bar{Z} = -3 - j4$ 化為極座標型式為 (A)5 $\angle -126.9^\circ$ (B)5 $\angle 126.9^\circ$ (C)5 $\angle -53.1^\circ$ (D)5 $\angle 53.1^\circ$

6. () 若 $\bar{A} = 141 \sin(\omega t - 23^\circ)$ ，則 \bar{A} 的有效值波形相量式為 (A)141 $\angle -23^\circ$ (B)100 $\angle -23^\circ$ (C)141 $\angle +23^\circ$ (D)100 $\angle +23^\circ$

1. 交流電路：電源電壓 $v(t) = V_m \sin(\omega t + \theta)$ ，相量式 $\bar{V} =$ _____

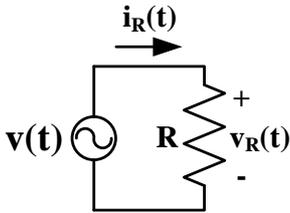
(1) 純電阻電路：如圖一，阻抗 $\bar{R} =$ _____， $\bar{I}_R =$ _____

(2) 純電感電路：如圖二，阻抗 $\bar{X}_L =$ _____， $\bar{I}_L =$ _____

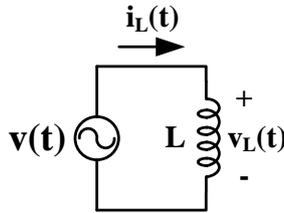
(3) 純電容電路：如圖三，阻抗 $\bar{X}_C =$ _____， $\bar{I}_C =$ _____

溫馨小提示

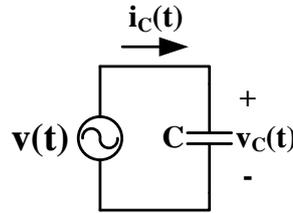
CIVIL 公民的，市民的
電容：I 領先 V 90 度
電感：V 領先 I 90 度



圖一



圖二



圖三

1. 如圖一，電阻 $R = 20\Omega$ ，電源電壓 $v(t) = 100\sqrt{2} \sin(\omega t + 30^\circ)V$ ，求(1) $i_R(t)$ (2) \bar{I}

2. 如圖二，電感 $L = 50mH$ ，流經電感電流 $i(t) = 10\sqrt{2} \sin(1000t + 30^\circ)A$ ，求(1) X_L (2) $v(t)$ (3) \bar{V}

3. 在負載元件兩端，加上 $v(t) = 10\sqrt{2} \sin(100t)V$ 電源電壓，設流過此元件之電流為 $i(t) = 10\sqrt{2} \sin(1000t + 90^\circ)A$ ，求(1)負載元件 (2)負載元件阻抗 (3)負載元件大小

1. () 有一電感器 $X_L = 26\Omega$ ，接於 $e(t) = 208\sin(10^6 t)V$ ，請問此電路電流的方程式為
(A) $8\sqrt{2} \sin(10^6 t - 90^\circ) A$ (B) $8\sin(10^6 t) A$ (C) $8\sin(10^6 t + 90^\circ) A$ (D) $8\sin(10^6 t - 90^\circ) A$
2. () 有一純電容電路，接於 110V、60Hz 的交流電壓源，流經電容器上的電流為 2.2A，則電容值為 (A) $0.02\mu F$ (B) $5 \times 10^{-2}\mu F$ (C) $50\mu F$ (D) $53\mu F$
3. () 50Hz、10 伏特之交流電源連接至一 2Ω 理想電容器，若電源頻率降為 10Hz，則電路上之電流變為 (A) 1.0A (B) 2.5A (C) 5.0A (D) 10.0A
4. () 一電容器電容抗為 50Ω ，電源角頻率 1000rad/s ，則電容量 (A) 10 (B) 12 (C) 15 (D) $20\mu F$
5. () 在交流電路中，下列何者關於電阻、電容及電感等三種基本元件的描述有誤？
(A) 純電容與純電感電路都不消耗能量 (B) 電感器的端電壓領先電流相角為 90 度
(C) 電阻器的端電壓領先電流相角為 45 度 (D) 電容器的端電壓落後電流的相角為 90 度

2. RC 串聯電路：

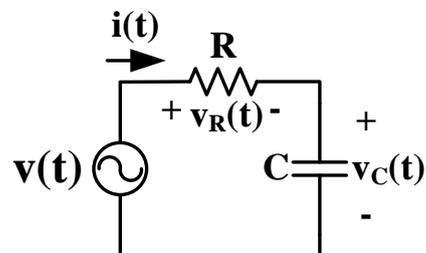
串聯時，_____ 相等，電路阻抗 (\bar{Z}) = _____

(1) 電流 $\bar{I} = \underline{\hspace{2cm}} = \underline{\hspace{2cm}} = \underline{\hspace{2cm}}$

(2) 電壓 $\bar{V} = \underline{\hspace{2cm}}$

(3) 歐姆定律、分壓定則如同直流電路

(4) 相位關係：電源電壓 \bar{V} _____ \bar{I} ，稱電容性電路



4. 如上圖所示，電源電壓 $v(t) = 100\sqrt{2} \sin(1000t + 30^\circ)V$ · $R = 6\Omega$ · $C = 125\mu F$ 求(1)總阻抗 (2)電源電流 \bar{I} (3)電容電壓 \bar{V}_C

3. RL 串聯電路：

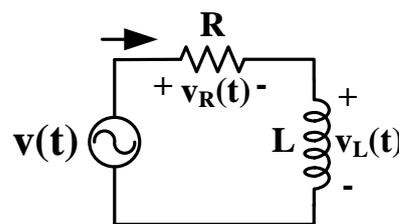
串聯時，_____ 相等，電路阻抗 (\bar{Z}) = _____

(1) 電流 $\bar{I} = \underline{\hspace{2cm}} = \underline{\hspace{2cm}} = \underline{\hspace{2cm}}$

(2) 電壓 $\bar{V} = \underline{\hspace{2cm}}$

(3) 歐姆定律、分壓定則如同直流電路

(4) 相位關係：電源電壓 \bar{V} _____ \bar{I} ，稱電感性電路



5. 如上圖所示， $R = 3\Omega$ · $X_L = 4\Omega$ · 電感電壓 $v_L(t) = 100\sqrt{2} \sin(377t + 90^\circ)V$ · 求(1)電源電流 \bar{I} (2)電源電壓 $v_s(t)$

4. RLC 串聯電路：

串聯時，_____相等，電路阻抗 (\bar{Z}) = _____

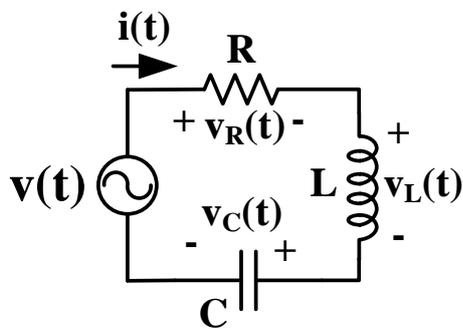
(1) 電流 $\bar{I} = \underline{\hspace{2cm}} = \underline{\hspace{2cm}} = \underline{\hspace{2cm}} = \underline{\hspace{2cm}}$

(2) 電壓 $\bar{V} = \underline{\hspace{2cm}}$

(3) 歐姆定律、分壓定則如同直流電路

(4) 相位關係：

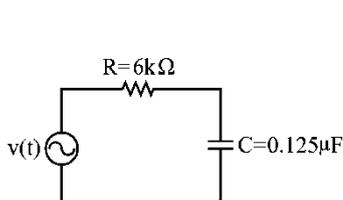
- $X_L > X_C$ ，電源電壓 \bar{V} _____ \bar{I} ，稱_____性電路
- $X_L < X_C$ ，電源電壓 \bar{V} _____ \bar{I} ，稱_____性電路
- $X_L = X_C$ ，電源電壓 \bar{V} _____ \bar{I} ，稱_____性電路



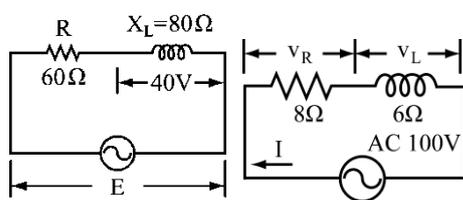
6. 如上圖所示， $R = 4\Omega$ ， $X_L = 5\Omega$ ， $X_C = 2\Omega$ ，電感電壓 $\bar{V} = 100\angle 0^\circ\text{V}$ ，求(1)總阻抗 (2) 電源電流 \bar{I} (3)電容電壓 \bar{V}_C

範例練習

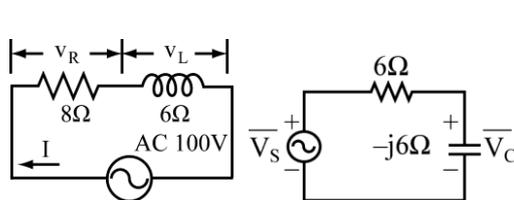
1. () 如圖一電路，交流電壓 $v(t) = 100\sqrt{2}\sin(1000t)\text{V}$ ，求電路電流？
(A) $10\angle -53^\circ\text{mA}$ (B) $10\angle 53^\circ\text{mA}$ (C) $10\angle -37^\circ\text{mA}$ (D) $10\angle 37^\circ\text{mA}$
2. () 如圖二之交流電路， $R = 60\Omega$ ， $X_L = 80\Omega$ ， X_L 兩端之電壓為 40V 時，電源之電壓 E 為多少？
(A) 30V (B) 40V (C) 50V (D) 60V
3. () 有一電路電壓 $v(t) = 100\sin(\omega t + 60^\circ)\text{V}$ ，電流 $i(t) = 20\sin(\omega t + 60^\circ)\text{A}$ ，則此電路可視為
(A)電阻器 (B)電感器 (C)電容器 (D)線圈
4. () 如圖三，電路中的總阻抗為 (A) $14\angle 53^\circ\Omega$ (B) $14\angle 37^\circ\Omega$ (C) $10\angle 53^\circ\Omega$ (D) $10\angle 37^\circ\Omega$
5. () 如圖四， $\bar{V}_S = 100\angle 0^\circ\text{V}$ ，電壓 \bar{V}_C ？(A) $50\angle 45^\circ$ (B) $50\angle -45^\circ$ (C) $70.7\angle 45^\circ$ (D) $70.7\angle -45^\circ\text{V}$
6. () 如圖五所示電路，a、b 二端之總阻抗為(A) $2 + 8j\Omega$ (B) $2 - 8j\Omega$ (C) $2 + 4j\Omega$ (D) $2 - 4j\Omega$
7. () 承上電感電流為 $5\angle 0^\circ$ ，電阻上壓降為 (A) $20\angle 0^\circ$ (B) $10\angle 0^\circ$ (C) $10\angle 90^\circ$ (D) $20\angle 90^\circ\text{V}$



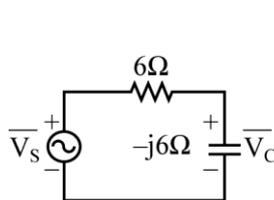
圖一



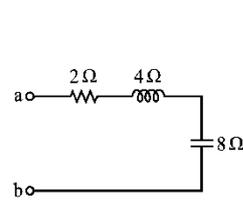
圖二



圖三



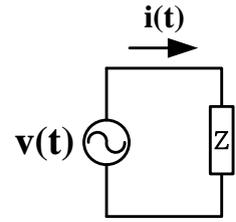
圖四



圖五

1. 瞬間功率：電源電壓 $v(t) = V_m \sin(\omega t + \theta_v)$ · 電流 $i(t) = I_m \sin(\omega t + \theta_i)$

則瞬間功率 $p(t) = v(t) \times i(t)$



$$p(t) = V_m \sin(\omega t + \theta_v) \times I_m \sin(\omega t + \theta_i) \quad (\text{利用積化和差})$$

$$= \frac{V_m I_m}{2} [\cos(\theta_v - \theta_i) - \cos(2\omega t + \theta_v + \theta_i)]$$

$$= \frac{V_m}{\sqrt{2}} \times \frac{I_m}{\sqrt{2}} [\cos(\theta_v - \theta_i) - \cos(2\omega t + \theta_v + \theta_i)]$$

【積化和差】
 $\sin \alpha \times \sin \beta = \frac{1}{2} [\cos(\alpha - \beta) - \cos(\alpha + \beta)]$

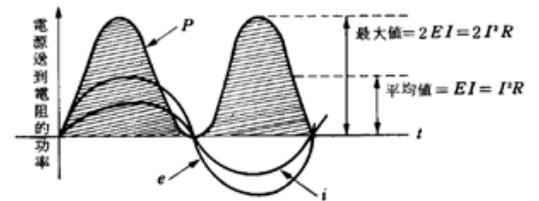
$$= V_{rms} \times I_{rms} [\cos \theta - \cos(2\omega t + \theta_v + \theta_i)] \quad (\theta = \theta_v - \theta_i)$$

- (1) 瞬間功率的頻率為電壓電流的_____倍
- (2) $\cos(2\omega t + \theta_v + \theta_i) = -1$ 時可獲得_____功率 $P_{max} = \underline{\hspace{2cm}} = P + S$
- (3) $\cos(2\omega t + \theta_v + \theta_i) = 1$ 時可獲得_____功率 $P_{min} = \underline{\hspace{2cm}} = P - S$

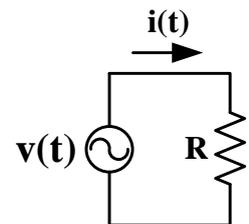
1. 交流電路中，電壓 $v(t) = 100\sqrt{2} \sin(314t - 30^\circ)V$ · 電流 $i(t) = 20\sqrt{2} \sin(314t + 30^\circ)A$ · 求
 (1) 最大功率及最小功率分別為多少？ (2) 瞬間功率的頻率為？ (3) $t=0.01$ 秒瞬間功率為？

2. 平均功率：又稱_____、_____

- (1) $P = \underline{\hspace{2cm}}$
- (2) 單位為瓦特
- (3) 為電路中_____消耗的功率 · $P = I^2 R$



2. 如圖純電阻交流電路， $R=50\Omega$ · 當接於電壓 $v(t) = 100\sqrt{2} \sin(377t)V$ 之電源電壓時，試求
 (1) θ (2) P (3) P_{max} (4) P_{min} (5) f_p



3. 某電路電源電壓 $v(t) = 100\sin(200t + 23^\circ)V$ ，電流 $i(t) = 100\sin(200t - 30^\circ)A$ ，試求平均功率

4. 有一 RC 串聯電路接於電源 $v(t) = 50\sqrt{2}\sin 100t$ V，其中 $R=15\Omega$ ，當電路電流為 2A 時，實功率 P 為多少瓦特？

範例練習

- () 某負載的電流 $\bar{I} = 20\angle 37^\circ A$ ，端電壓 $\bar{E} = 100\angle 90^\circ V$ ，則此瞬間最小功率為
(A)-800W (B)-1000 W (C)-1200 W (D)-1400 W
- () 加在一電路上之電壓為 $v(t) = 110\sin(\omega t + 30^\circ)V$ ，通過之電流為 $i(t) = 5\sin(\omega t + 60^\circ)A$ ，試求其平均功率？ (A)275W (B)238W (C)389W (D)550W
- () 有一交流電路，已知其功率方程式為 $p(t) = 1000 - 2000\cos(628t + 30^\circ)W$ ，則當 $t=0.005$ 秒時的瞬間功率為 (A)1000W (B)1732W (C)2732W (D)3000W
- () 有一交流電源 $v(t) = 100\sqrt{2}\sin(377t + 10^\circ)V$ ，接於 20Ω 的電阻兩端，求電阻消耗的平均功率為多少？ (A)2000W (B)1000W (C)707W (D)500W
- () 交流電路中，平均功率是指一個交流週期中瞬間功率的平均值，若將 100V、60Hz 之正弦交流電壓加於 50Ω 的純電阻兩端，則下列敘述何者錯誤？ (A)瞬間功率之頻率為 60Hz (B)瞬間功率最大值為 400W (C)瞬間功率最小值為 0 (D)平均功率為 200W
- () RL 並聯電路， $R = 75\Omega$ 、 $X_L = 100\Omega$ ，接於 300V 的電源，則平均功率為 (A)900W (B)1200W (C)1500W (D)1800W
- () 有一交流電路 $e = 100\sqrt{2}\cos 377t$ ， $i = 10\sqrt{2}\sin(377t + 53.1^\circ)$ ，求功率方程式 P = ?
(A)1000 - 1000cos754t (B)800 - 1000cos(377t + 53.1°) (C)800 - 1000cos(754t + 143.1°)
(D)600 - 1000cos(754t + 53.1°)
- () 有一交流電路，已知功率方程式為 $p(t) = 1000 - 2000\cos(628t + 30^\circ)W$ 。下列敘述何者錯誤？
(A)功率因數 P.F.=0.5 (B)瞬時功率頻率 $f_p = 100Hz$ (C)最大功率發生於 $t = \frac{1}{240}$ 秒
(D)電源電壓的相角為 30°

3. 視在功率

(1) 電壓電流的有效值乘積，稱為視在功率，符號 S ，單位為_____

(2) $S = \underline{\hspace{2cm}} = \underline{\hspace{2cm}} = \underline{\hspace{2cm}}$

5. 某交流電路， $\bar{V} = 10\angle 60^\circ V$ ， $\bar{I} = 10\angle 15^\circ A$ ，試求該電路視在功率？

4. 虛功率：又稱_____功率、_____功率，代號 Q

(1) 理想電容器或電感器並不會消耗電能，而是儲存電能

(2) 在一週期內將能量進行轉移的值，稱為虛功率，單位為_____

(3) $Q = \underline{\hspace{2cm}}$

(4) 電感性為正，電容性為負

6. 某交流電路， $v(t) = 10\sqrt{2} \sin 377t V$ ， $i(t) = 5\sqrt{2} \sin(377t - 60^\circ) A$ ，試求該電路 S 、 P 、 Q ？

7. 一 RC 串聯電路，接於電源 $v(t) = 40\sqrt{2} \sin 100t V$ ，其中 $R = 8\Omega$ ，電路電流為 $4A$ ， Q 為？

5. 純電容之電功率

(1) 電容之相位角： $\theta = \underline{\hspace{2cm}}$ ($\theta_v = 0^\circ$, $\theta_i = 90^\circ$)

(2) 瞬間功率： $p(t) = VI[\cos \theta - \cos(2\omega t + \theta_v + \theta_i)] = VI[\cos(-90^\circ) - \cos(2\omega t + 0^\circ + 90^\circ)]$
 $= VI \cos(2\omega t + 90^\circ) = VI \sin 2\omega t$

(3) 最大功率： $P_{\max} = VI(\cos \theta + 1) = \underline{\hspace{2cm}}$

(4) 最大功率： $P_{\max} = VI(\cos \theta + 1) = \underline{\hspace{2cm}}$

(5) 虛功率： $Q_L = VI \sin \theta = \underline{\hspace{2cm}}$

8. 20Ω 電容器與 $100V$ 交流電壓源串聯，計算(1)瞬間最大功率 (2)平均功率 (3)虛功率

6. 純電感之電功率

(1) 純電感之相位角： $\theta = \underline{\hspace{2cm}}$ ($\theta_v = 0^\circ$, $\theta_i = -90^\circ$)

(2) 瞬間功率： $p(t) = VI[\cos\theta - \cos(2\omega t + \theta_v + \theta_i)] = VI[\cos 90^\circ - \cos(2\omega t + 0^\circ - 90^\circ)]$
 $= -VI \cos(2\omega t - 90^\circ) = -VI \sin 2\omega t$

(3) 最大功率： $P_{\max} = VI(\cos\theta + 1) = \underline{\hspace{2cm}}$

(4) 最大功率： $P_{\max} = VI(\cos\theta + 1) = \underline{\hspace{2cm}}$

(5) 虛功率： $Q_L = VI \sin\theta = \underline{\hspace{2cm}}$

9. 交流純電感電路， $L=10mH$ ，電路電流 $i(t) = 2\sqrt{2} \sin(300t - 30^\circ)A$ ，計算(1)瞬間功率 $p(t)$
(2)瞬間最大功率 (3)虛功率

範例練習

- () 單相負載的電壓降 $v_L(t) = 200\sqrt{2} \sin(377t)V$ ，負載電流 $i_L(t) = 10 \sin(377t - 30^\circ)A$ ，此負載之平均功率 P_L 及虛功率 Q_L 分別為何？ (A) $P_L = 1000\sqrt{2} \cos 30^\circ$ ， $Q_L = 1000\sqrt{2} \sin 30^\circ$
(B) $P_L = 1000 \cos 60^\circ$ ， $Q_L = 1000 \sin 60^\circ$ (C) $P_L = 1000\sqrt{2} \cos 60^\circ$ ， $Q_L = 1000\sqrt{2} \sin 60^\circ$
(D) $P_L = 2000\sqrt{2} \cos 30^\circ$ ， $Q_L = 2000\sqrt{2} \sin 30^\circ$
- () 某負載的電流， $\bar{I} = 20 \angle 37^\circ A$ ，端電壓 $\bar{V} = 100 \angle 90^\circ V$ ，則負載的視在功率 S 為多少伏安(VA)？
(A)2000 (B)1600 (C)1200 (D)1000
- () 有一電路其電壓為 $\bar{E} = 100 \angle 60^\circ V$ 、電流 $\bar{I} = 10 \angle 7^\circ A$ ，則電路的虛功率為 (A)1000VAR
(B)600VAR (C)1500VAR (D)800VAR
- () 有一交流電路， $v(t) = 20 \sin(100t + 10^\circ)V$ ， $i(t) = 5 \sin(100t - 50^\circ)A$ ，電路之功率 Q 等於
(A)25VAR (B)12.5VAR (C)50VAR (D) $25\sqrt{3}$ VAR
- () 某元件兩端電壓為 $100\sqrt{2} \sin(377t + 30^\circ) V$ ，流過的電流為 $100\sqrt{2} \sin(377t - 30^\circ) V$ ，則視在功率為 (A)20000VA (B)2000VA (C)10000VA (D)1000VA

7. 複數功率

- (1) 視在功率若採用複數平面上的相量式來表示，就稱作複數功率
- (2) 交流電路的視在功率(S)、平均功率(P)、虛功率(Q)之相量呈三角形，稱功率三角形

① 以電壓為基準， $\bar{V} = V\angle 0^\circ$ ， $\theta = \theta_i - \theta_v$ ， $\bar{S} = \bar{V}^* \bar{I} = V\angle -\theta_v \times \angle \theta_i = VI\angle \theta_i - \theta_v$

(電容性電路取+，電感性電路取-)

② 以電流為基準， $\bar{I} = I\angle 0^\circ$ ， $\theta = \theta_v - \theta_i$ ， $\bar{S} = \bar{V} \bar{I}^* = V\angle \theta_v \times \angle -\theta_i = VI\angle \theta_v - \theta_i$

(電感性電路取+，電容性電路取-)

***電機相關課程大多以電流為基準

8. 功率因數：負載所消耗的實功率(P)和電源傳送的視在功率(S)之比值 $PF = \frac{P}{S} = \frac{VI \cos \theta}{VI}$

- (1) 純電阻電路， $PF=1$ ， VI 同相位
 - (2) 純電感電路， $PF=0$ ，電流超前電壓 90 度，超前功因
 - (3) 純電容電路， $PF=0$ ，電流落後電壓 90 度，落後功因
 - (4) RC 負載時， $0 < PF < 1$ ，電流超前電壓 θ 度，超前功因
 - (5) RL 負載時， $0 < PF < 1$ ，電流落後電壓 θ 度，落後功因
9. 功率因數對交流電路的影響
- (1) 電源電壓 V 及平均功率 P 不變時，功率因數越高，電源電流(I)越少，可減少線路傳輸過程中的損失
 - (2) S 不變的情況，功率因數越高代表電源能提供負載消耗的平均功率(P)越多，虛功率(Q)越少

10. 某單相交流電路，若電源供應的視在功率 $\bar{S} = 1000\angle 60^\circ VA$ ，試求該電路之 (1)P (2)Q

11. 某單相交流電路，當加入 $\bar{V} = 20 - j10V$ 電源電壓時，若產生 $\bar{I} = 10 + j5A$ 之電源電流，試求 (1) \bar{S} (2)P (3)Q (4)PF

10. 串並聯電路的電功率

(1) 總實功率 $\overline{P_T} = \overline{P_1} + \overline{P_2} + \dots + \overline{P_n}$

(2) 總虛功率 $\overline{Q_T} = \overline{Q_1} + \overline{Q_2} + \dots + \overline{Q_n}$ (電感器為+jQ, 電容器-jQ)

(3) 總視在功率 $\overline{S_T} = \overline{S_1} + \overline{S_2} + \dots + \overline{S_n} = \overline{P_T} + j\overline{Q_T}$ · $|\overline{S_T}| = \sqrt{\overline{P_T}^2 + \overline{Q_T}^2}$

(不可使用大小直接相加)

12. RLC 串聯電路, $R=3\Omega$ 、 $X_L=8\Omega$ 、 $X_C=4\Omega$, 若流經電流 $i(t) = 10\sqrt{2} \sin 377tA$, 試求該電路之

(1)P (2) Q_L (3) Q_C (4)Q (5)S (6)PF

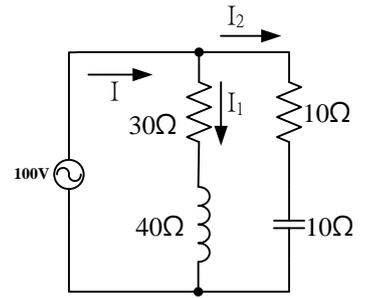
13. RLC 並聯電路, $R=3\Omega$ 、 $X_L=2\Omega$ 、 $X_C=4\Omega$, 當加入電源電壓 $\overline{V} = 12\angle 36.9^\circ V$, 試求該電路之

(1)P (2) Q_L (3) Q_C (4)Q (5)S (6)PF

練習題

1. 有一交流電路電壓為 $\overline{E} = 80 - j60$ 伏特, 電路電流 $\overline{I} = 10\angle 37^\circ$ 安培, 則其視在功率為
2. 某交流電路的 $v(t) = 200\sqrt{2} \sin(377t)V$, $i(t) = 10\sqrt{2} \sin(377t - 37^\circ)A$, 則下列有關此電路之有效功率(P)、無效功率(Q)、視在功率(S)及功率因數(PF)
3. $R = 4\Omega$, $X_L = 3\Omega$, $X_C = 6\Omega$, 三者串聯接於 $100\angle 0^\circ V$ 的交流電壓源, 試求: (1)總阻抗 (2)線路電流 (3)各元件的壓降 (4)電路的性質 (5)平均功率 (6)虛功率 (7)功率因數。
4. 某交流電路的電源電壓 $\overline{E} = 40 + j30V$, 電路電流 $\overline{I} = 4 - j3A$, 試求: (1)電路總阻抗 \overline{Z} (2)複數功率 \overline{S} (3)平均功率 P (4)虛功率 Q (5)視在功率 S。
5. RC 並聯交流電路, 若電路中 $\overline{I_R} = 9\angle 0^\circ A$, $\overline{I_C} = 12\angle 90^\circ A$, 試求該電路之(1)S (2)P (3) Q_C (4)PF

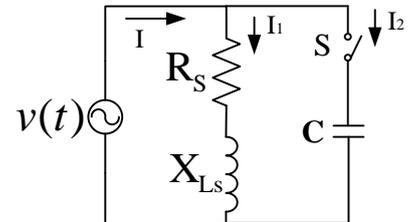
14. 如圖所示，試計算電路 (1)總電流 (2)總實功率 (3)總虛功率



11. 功率因數改善

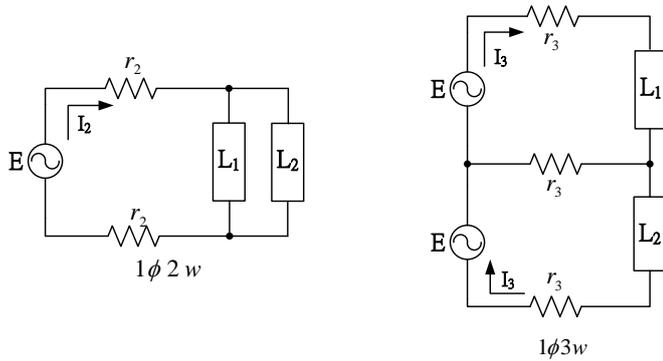
- (1) 電感性電路若要改善功率因數，可並聯一_____。
- (2) 並聯電容器，可抵消虛功率，使視在功率下降，而實功率不變，故可提高功率因數，同時減少_____的提供。
- (3) 利用 $Q_C = \frac{V^2}{X_C}$ ， $X_C = \frac{1}{\omega C}$

15. 如圖所示，平均功率 240W，功率因數 PF=0.8， $v(t) = 100\sqrt{2} \sin 1000t$ V 若並聯一電容器使功率因數為 1，則電容器應為多少法拉？



16. 某工廠負載 240kW，功率因數 PF=0.6，若改善功率因數為 0.8，需並聯電容之虛功率為多少？

1. 單相三線制(1φ3w) v. s. 單相二線制(1φ2w)



(1) 電源提供_____相同，使用相同的饋電線(_____)，單相三線制的_____及_____較小
電流 I

$$E \times I_2 = 2 \times E \times I_3 \Rightarrow \text{_____}, \text{ 所以令 } I_2 = I, I_3 = 2I$$

壓降 V

$$\begin{cases} V_{r(2w)} = 2 \times I_2 \times r_2 = 4Ir \\ I_3 \times r_3 \leq V_{r(3w)} \leq 2 \times I_3 \times r_3 \Rightarrow Ir \leq V_{r(3w)} \leq 2Ir \end{cases} \Rightarrow \frac{Ir}{4Ir} \leq \frac{V_{r(3w)}}{V_{r(2w)}} \leq \frac{2Ir}{4Ir} \Rightarrow \text{_____} \leq \frac{V_{r(3w)}}{V_{r(2w)}} \leq \text{_____}$$

損失 P_{loss}

$$\begin{cases} P_{loss(2w)} = I_2^2 \times r_2 \times 2 = (2I)^2 \times r \times 2 = 8I^2r \\ 2 \times I_3^2 \times r_3 \leq P_{loss(3w)} \leq 3 \times I_3^2 \times r_3 \Rightarrow 2I^2r \leq P_{loss(3w)} \leq 3I^2r \end{cases} \Rightarrow \frac{2I^2r}{8I^2r} \leq \frac{P_{loss(3w)}}{P_{loss(2w)}} \leq \frac{3I^2r}{8I^2r} \Rightarrow \text{_____} \leq \frac{P_{loss(3w)}}{P_{loss(2w)}} \leq \text{_____}$$

(2) 若兩系統饋電線_____相同，單相三線制節省_____

用銅量 ($r_2 \neq r_3$)

$$\begin{cases} P_{loss(2w)} = I_2^2 \times r_2 \times 2 = (2I)^2 \times r_2 \times 2 = 8I^2r_2 \\ I_3^2 \times r_3 \times 2 \leq P_{loss(3w)} \leq I_3^2 \times r_3 \times 3 \Rightarrow 2I^2r_3 \leq P_{loss(3w)} \leq 3I^2r_3 \end{cases}$$

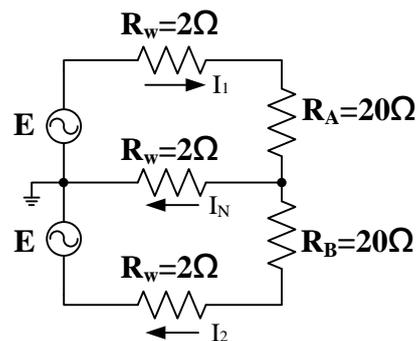
若 $P_{loss(2w)} = P_{loss(3w)}$ ，討論極端值

$$\begin{cases} 8I^2r_2 = 2I^2r_3 \\ 8I^2r_2 = 3I^2r_3 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} 4r_2 = r_3 \\ 8r_2 = 3r_3 \end{cases} \Rightarrow \frac{8}{3} \leq \frac{r_3}{r_2} \leq 4 \Rightarrow \frac{8}{3} \leq \frac{A_2}{A_3} \leq 4 \text{ (單條導線)} \Rightarrow \frac{16}{9} \leq \frac{A_2}{A_3} \leq \frac{8}{3} \text{ (全部導線)}$$

$$\Rightarrow \text{_____} \leq \frac{Cu_{(r3)}}{Cu_{(r2)}} \leq \text{_____} \text{ (單條導線)} \Rightarrow \text{_____} \leq \frac{Cu_{(r3)}}{Cu_{(r2)}} \leq \text{_____} \text{ (全部導線)}$$

(3) 單相三線制可提供較高負載電壓

17. 如圖所示，1Φ3W 中 $E=110V$ ，試計算(1)線路電流 I_1 、 I_N 、 I_2 (2)傳輸線路總功率損失



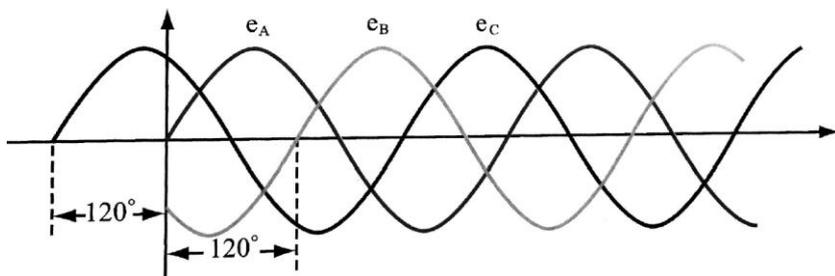
2. 三相電源

(1) 將三組線圈置於磁場中，相隔_____度旋轉，產生三組正弦波電源

(2) $e_A(t) = V_m \sin \omega t \Rightarrow \overline{E}_A =$ _____

$e_B(t) = V_m \sin(\omega t - 120^\circ) \Rightarrow \overline{E}_B =$ _____

$e_C(t) = V_m \sin(\omega t + 120^\circ) \Rightarrow \overline{E}_C =$ _____



(3) 相序：各相繞組以逆時針旋轉，通過固定點的順序

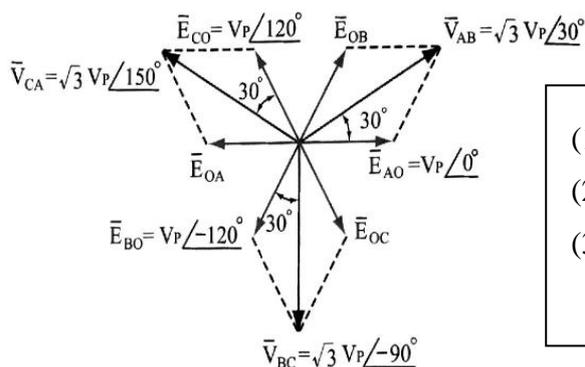
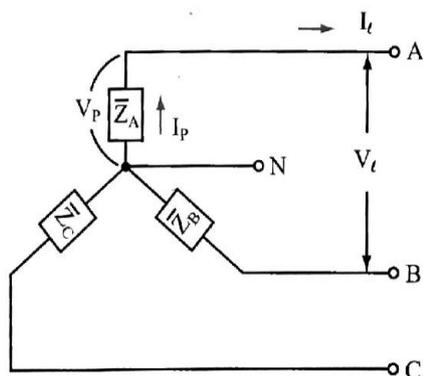
正相序：_____ 逆相序：_____

3. 三相連接方式

(1) 三相中任一阻抗的端電壓(電流)，稱為相電壓(電流)

(2) 三相中任二線間的電壓(電流)，稱為線電壓(電流)

(3) Y形連接

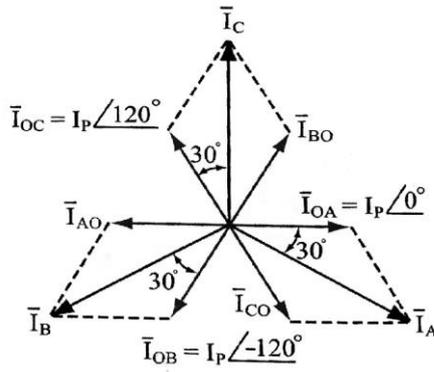
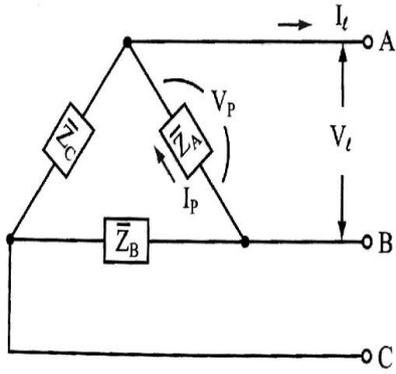


(1) $V_L =$ _____ V_p

(2) $I_L =$ _____ I_p

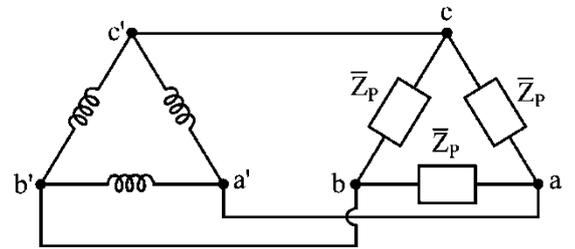
(3) 線電壓 _____
相電壓 _____

(4) Δ形連接

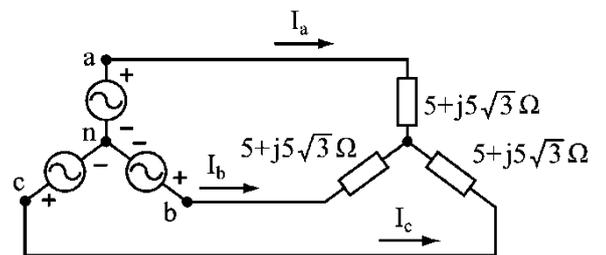


- | |
|--|
| (1) $V_L = \underline{\hspace{2cm}} V_p$ |
| (2) $I_L = \underline{\hspace{2cm}} I_p$ |
| (3) 線電流 $\underline{\hspace{2cm}}$ |
| 相電流 $\underline{\hspace{2cm}}$ |

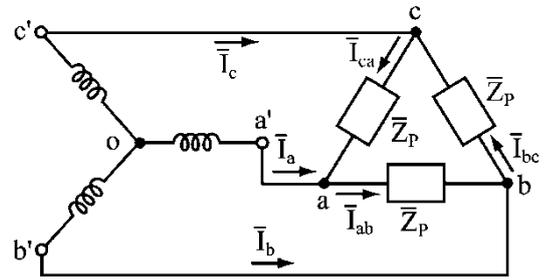
18. 如圖中所示 Δ-Δ 制，設其電源電壓相序為 a-b-c，線路電壓為 100V，每相阻抗 $\bar{Z}_p = 6 + j8\Omega$ ，試求：(1) 各相電流 (2) 線電流 (3) 總有效功率 (4) 總無效功率 (5) 總視在功率。



19. 如圖中所示 Y-Y 制，設其電源電壓相序為 a-b-c， $\bar{V}_{an} = 100\angle 0^\circ$ ，求：(1) 各相電流 (2) 線電流 (3) 總有效功率 (4) 總無效功率 (5) 總視在功率。



20. 如圖所示，Y 接三相發電機的相序為 a-b-c，其電源端的線電壓為 150V，而 Δ 接平衡負載每相阻抗 $\bar{Z}_p = 3 + j4\Omega$ ，試求：(1) 負載每相電流 (2) 線路電流 (3) 總有效功率 (4) 總虛功率 (5) 總視在功率 (6) 該系統之功率因數。



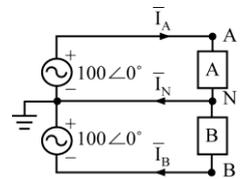
練習題

1. 在相同負載、距離得到相同功率， $1\phi 3W$ 可較 $1\phi 2W$ 節省線路用銅量 (A)25% (B)37.5% (C)62.5% (D)67.5%

2. 單相三線制與單相二線制比較，可得優點為 (A)減少輸電線路損失與壓降 (B)減少用銅量 (C)提高負載供電電壓 (D)以上皆是

3. 如圖，若 AB 兩負載平衡，下列敘述何者錯誤？

(A) $\bar{I}_A = \bar{I}_B$ (B) $\bar{I}_N = 0$ (C) $\bar{V}_{AN} = \bar{V}_{NB} = 100\angle 0^\circ$ (D) $\bar{V}_{AB} = 0$

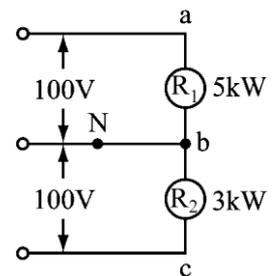


4. 某三相平衡電路之總實功率 P 為 1000W，線間電壓為 220V，功率因數為 0.8，則三相視在功率為多少 VA？ (A)1000VA (B)600VA (C)1250VA (D)800VA

5. 已知相序為 ABC，且 $\bar{V}_{ao} = 100\angle 0^\circ V$ ，則 (A) $\bar{V}_{co} = 100\angle -120^\circ V$

(B) $\bar{V}_{co} = 100\angle 120^\circ V$ (C) $\bar{V}_{bo} = 100\angle 180^\circ V$ (D) $\bar{V}_{bo} = 100\angle 120^\circ V$

6. 如圖為單相三線式電路，當中性線在 N 處斷線時，a、b 間電壓為若干伏特



7. 三相 Δ 型正相序發電機，下列何者錯誤？ (A)各線電壓落後其對應相電壓 30°

(B)各線電流落後其對應相電流 30° (C)各相電流相位差 120° (D)各線電壓相位差 120°

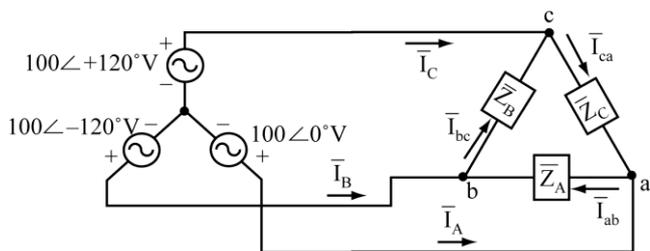
8. 平衡 Y 型連接中，設 V_p 代表相電壓， I_p 代表相電流， V_L 代表線電壓， I_L 代表線電流，則 $V_L =$

(1) _____ V_p ，且 V_L 超前 V_p (2) _____ 度，

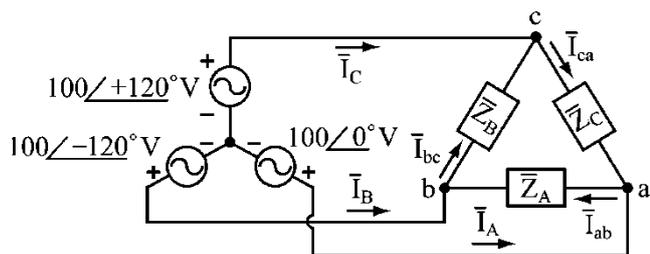
而 $I_L =$ (3) _____ I_p ，且 I_L 與 I_p 相角差為 (4) _____ 度，三相總視在功率 $S_T =$

(5) _____ VA。

9. 圖中，設 $\bar{Z}_A = \bar{Z}_B = \bar{Z}_C = 6 + j8$ ，則 $\bar{I}_{ab} = (1)$ _____ A， $\bar{I}_{bc} = (2)$ _____ A， $\bar{I}_{ca} = (3)$ _____ A， $\bar{I}_A = (4)$ _____ A， $\bar{I}_B = (5)$ _____ A， $\bar{I}_C = (6)$ _____ A。



10. 如圖中，設 $\bar{Z}_A = \bar{Z}_B = \bar{Z}_C = 6 + j8\Omega$ ，則 $\bar{I}_{ab} = (1)$ _____ A， $\bar{I}_{bc} = (2)$ _____ A， $\bar{I}_{ca} = (3)$ _____ A， $\bar{I}_A = (4)$ _____ A， $\bar{I}_B = (5)$ _____ A， $\bar{I}_C = (6)$ _____ A。



11. 有一電感性負載消耗功率為 200kW，無效功率為 200kVAR，如欲將其功率因數提高為 0.8，則應加裝並聯電容器容量為多少 VAR？
12. 功率因數 0.8，若欲使平均功率仍為 2400W，而功率因數改善至 1.0，則電源應並聯多大之電容器？
(電源之頻率 $f = 60\text{Hz}$ ，電壓 $E = 100$ 伏)