

103 年特種考試交通事業鐵路人員考試試題

等 別：員級鐵路人員考試

類 科：機檢工程、電力工程、電子工程

科 目：基本電學

一、某一白熾燈泡的額定電壓及功率為 110 伏特(V) 及 100 瓦特(W)。試問：

(一)此白熾燈泡在額定電壓下所消耗的實功率、虛功率及視在功率各為多少?其功率因數為多少?

(二)當外加電壓分別為 120V 及 100V 時，其所消耗的實功率分別為多少?

(三)假設此白熾燈泡均運轉在額定電壓下，且為節能減碳，此燈泡由原本每日使用 5 小時，減為每日使用 4 小時，則每月(以 30 日計)可因此節省用電多少度?

【擬答】：

(一)純電阻電路，在額定電壓下

實功率 $P = \text{額定功率} = 100\text{W}$

虛功率 $Q = 0\text{VAR}$

視在功率 $S = P = 100\text{VA}$

功率因數 $\text{PF} = 1$

(二)

$$P = \frac{V^2}{R} \Rightarrow 100 = \frac{110^2}{R}$$

$$\Rightarrow R = \frac{110^2}{100} = 121\Omega$$

a. 外加 $V_1 = 120\text{V}$

$$P_1 = \frac{V_1^2}{R} = \frac{120^2}{121} = \frac{14400}{121} \approx 119.01\text{W}$$

$\Rightarrow$ 因超過額定電壓及功率易燒毀

b. 外加 $V_2 = 100\text{V}$

$$P_2 = \frac{V_2^2}{R} = \frac{100^2}{121} = \frac{10000}{121} \approx 82.64\text{W}$$

(三)在額定電壓下 $\Rightarrow P = 100\text{ W}$

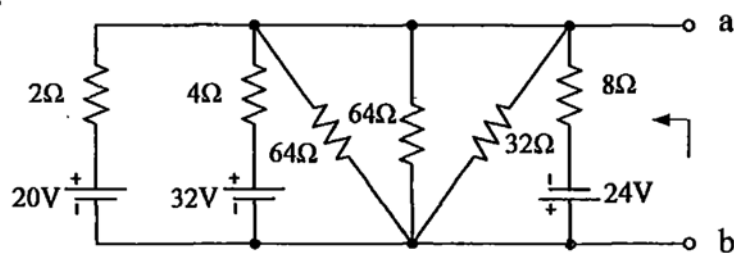
$W = P_t$

$$W_1 = \frac{100}{1000} \times 5 \times 30 = 15\text{度}$$

$$W_2 = \frac{100}{1000} \times 4 \times 30 = 12\text{度}$$

則 $W_1 - W_2 = 3\text{度} \Rightarrow$ 可省下 3 度電

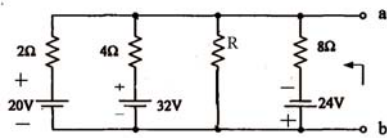
二、圖一所示直流電路，試求 a、b 兩端點間的戴維寧等效電路。



圖一

【擬答】：

化簡原圖



$$R = 64 // 64 // 32 = 16\Omega$$

$$(\rightarrow) R_{th} = 2 // 4 // 16 // 8 = \frac{16}{15}\Omega$$

$$(\rightarrow) V_{th} \quad \text{設 } V_b = 0V$$

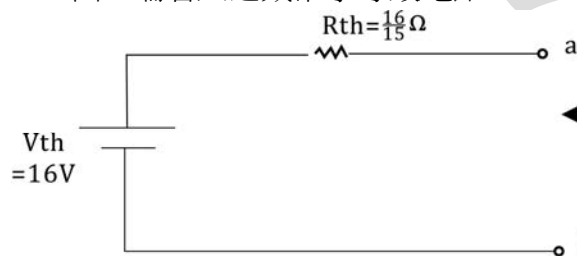
$$V_a = (2 // 4 // 16 // 8) \cdot \left(\frac{20}{2} + \frac{32}{4} - \frac{24}{8} \right)$$

$$\Rightarrow \frac{15}{16} V_a = 15$$

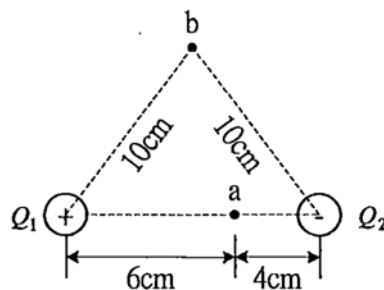
$$\Rightarrow V_a = 16V$$

$$\text{則 } V_{th} = V_{ab} = 16V$$

$\therefore$ 由ab端看入之戴維寧等效電路



三、在空氣中兩個點電荷 Q_1 及 Q_2 的帶電量分別為 10×10^{-9} 庫倫(C) 及 -10×10^{-9} C，兩電荷相距 10 公分(cm)，如圖二所示，試求圖中 a 與 b 兩點的電場強度。

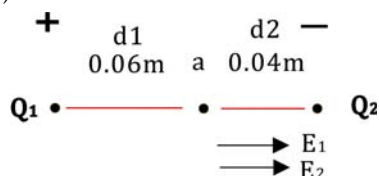


圖二

【擬答】：

設 a、b 皆為單位正電荷，則

(一)



$$E_1 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q_1}{d_1^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{10 \times 10^{-9}}{(0.06)^2}$$

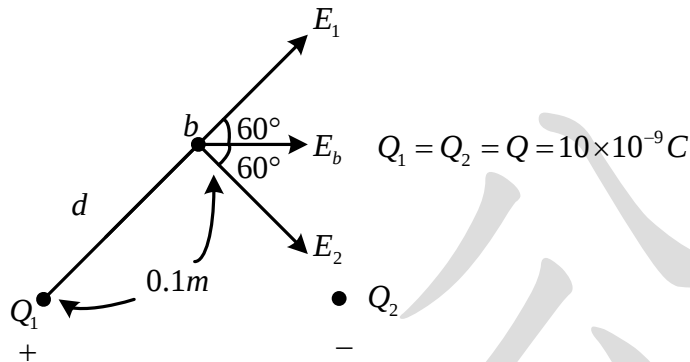
$$= \frac{90}{36 \times 10^{-4}} = 25000 \text{ N/C}$$

$$E_2 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q_2}{d_2^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{10 \times 10^{-9}}{(0.04)^2}$$

$$= \frac{90}{16 \times 10^{-4}} = 56250 \text{ N/C}$$

$$\text{則 } E_a = E_1 + E_2 = 81250 \text{ N/C}$$

(二)

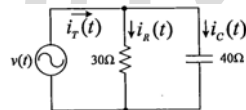


$$E_1 = E_2 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{d^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{10 \times 10^{-9}}{(0.1)^2}$$

$$= \frac{90}{10^{-2}} = 9000 \text{ N/C}$$

$$\text{則 } E_b = E_1 = E_2 = 9000 \text{ N/C}$$

四、圖三所示交流電路中，電源電壓的瞬時表示式為 $v(t) = V_m \cos \omega t$ 伏特(V)，若電源電壓的有效值為 100V，頻率為 60 赫芝(Hz)，而電阻器及電容器的阻抗值如圖中所示。試求：



圖三

【擬答】：

$$V_{rms} = 100V \Rightarrow V_m = \sqrt{2} V_{rms} = 100\sqrt{2} V$$

$$f = 60 \text{ Hz} \Rightarrow \omega = 2\pi f = 377 \text{ rad/s}$$

(一)

$$V(t) = 100\sqrt{2} \cos 377t \text{ 伏特}$$

$$\bar{V} = V_{rms} \angle \theta = 100 \angle 0^\circ \text{ 伏特}$$

(二)

$$\bar{i}_R = \frac{\bar{V}}{R} = \frac{100 \angle 0^\circ}{30 \angle 0^\circ} = \frac{10}{3} \angle 0^\circ \text{ A} = \frac{10}{3} \text{ A}$$

$$\Rightarrow i_R(t) = \frac{10}{3} \sqrt{2} \cos 377t \text{ A}$$

$$\bar{i}_C = \frac{\bar{V}}{X_C} = \frac{100 \angle 0^\circ}{40 \angle -90^\circ} = \frac{5}{2} \angle 90^\circ \text{ A} = j \frac{5}{2} \text{ A}$$

$$\Rightarrow i_C(t) = \frac{5}{2} \sqrt{2} \cos(377t + 90^\circ) \text{ A}$$

$$\bar{i}_T = \bar{i}_R + \bar{i}_C = \frac{10}{3} \angle 0^\circ + \frac{5}{2} \angle 90^\circ = \frac{10}{3} + j \frac{5}{2}$$

$$= \sqrt{\left(\frac{10}{3}\right)^2 + \left(\frac{5}{2}\right)^2} \angle \tan^{-1} \frac{\frac{5}{2}}{\frac{10}{3}}$$

$$= \frac{25}{6} \angle 36.9^\circ \text{ A}$$

$$\Rightarrow i_T(t) = \frac{25}{6} \sqrt{2} \cos(377t + 36.9^\circ) \text{ A}$$

(三)

$$Q_Z = Q_V - Q_{IT} = -36.9^\circ$$

$$\text{功率因數 PF} = \cos \theta_Z = 0.8$$

$$\text{實功率 } P = |\bar{V}| |\bar{i}_T| \cos \theta_Z = 100 \times \frac{25}{6} \times 0.8 = \frac{1000}{3} \text{ W}$$

$$\text{虛功率 } Q = |\bar{V}| |\bar{i}_T| \sin \theta_Z = 100 \times \frac{25}{6} \times 0.6 = 250 \text{ VAR}$$

五、某三相平衡負載採 Δ 結線，如圖四所示，每相阻抗 $Z_L = 12 \angle 60^\circ$ 歐姆(Ω)。若外加三相平衡

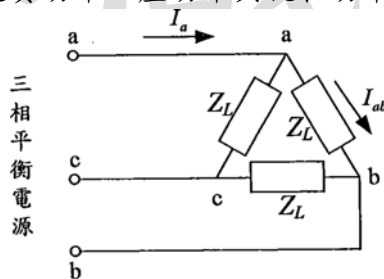
電壓為正相序，且 a 相電壓的瞬時式與相量式分別為 $V_a(t) = \frac{240\sqrt{2}}{\sqrt{3}} \cos 377t \text{ V}$ 及

$\bar{V}_a = \frac{240}{\sqrt{3}} \angle 0^\circ \text{ V}$ 。試寫出或求出：

(一)外加電壓 b 及 c 相的瞬時式及相量式。

(二)相電流 $i_{ab}(t)$ 、 $i_{bc}(t)$ 與 $i_{ca}(t)$ 及線電流 $i_a(t)$ 、 $i_b(t)$ 與 $i_c(t)$ 的瞬時式及相量式。

(三)此三相平衡負載所消耗的總實功率、虛功率與視在功率及其功率因數。



圖四

【擬答】：

$$\bar{V}_a = \frac{240}{\sqrt{3}} \angle 0^\circ = \frac{240}{\sqrt{3}} \text{ V}$$

(一)正相序

$$Q_a = 0^\circ \Rightarrow \theta_b = -120^\circ, \theta_c = 120^\circ$$

$$\text{則 } V_b(t) = \frac{240\sqrt{2}}{\sqrt{3}} \cos(377t - 120^\circ) \text{ 伏特,}$$

$$\bar{V}_b = \frac{240}{\sqrt{3}} \angle -120^\circ \text{ 伏特} = \frac{-120}{\sqrt{3}} - j120 \text{ V}$$

$$V_c(t) = \frac{240\sqrt{2}}{\sqrt{3}} \cos(377t + 120^\circ) \text{ 伏特,}$$

$$\bar{V}_c = \frac{240}{\sqrt{3}} \angle 120^\circ \text{ 伏特} = \frac{-120}{\sqrt{3}} + j120 \text{ V}$$

(二)

$$\overline{V}_{ab} = \overline{V}_a - \overline{V}_b = \frac{240}{\sqrt{3}} + \frac{120}{\sqrt{3}} + j120 = \frac{360}{\sqrt{3}} + j120 = 240\angle 30^\circ \text{V}$$

$$\overline{V}_{bc} = \overline{V}_b - \overline{V}_c = -j240 = 240\angle -90^\circ \text{V}$$

$$\overline{V}_{ca} = \overline{V}_c - \overline{V}_a = \frac{-360}{\sqrt{3}} + j120 = 240\angle 150^\circ$$

$$\text{則 } \overline{I}_{ab} = \frac{\overline{V}_{ab}}{\overline{Z}_L} = \frac{240\angle 30^\circ}{12\angle 60^\circ} = 20\angle -30^\circ \text{A} \Rightarrow i_{ab}(t) = 20\sqrt{2}\cos(377t - 30^\circ)\text{A}$$

$$\overline{I}_{bc} = \frac{\overline{V}_{bc}}{\overline{Z}_L} = \frac{240\angle -90^\circ}{12\angle 60^\circ} = 20\angle -150^\circ \text{A} \Rightarrow i_{bc}(t) = 20\sqrt{2}\cos(377t - 150^\circ)\text{A}$$

$$\overline{I}_{ca} = \frac{\overline{V}_{ca}}{\overline{Z}_L} = \frac{240\angle 150^\circ}{12\angle 60^\circ} = 20\angle 90^\circ \text{A} \Rightarrow i_{ca}(t) = 20\sqrt{2}\cos(377t + 90^\circ)\text{A}$$

$$\overline{I}_a = \overline{I}_{ab} - \overline{I}_{ca} = 20\angle -30^\circ - 20\angle 90^\circ = 10\sqrt{3} - j30 = 20\sqrt{3}\angle -60^\circ \text{A}$$

$$\Rightarrow i_{a(t)} = 20\sqrt{6}\cos(377t - 60^\circ)\text{A}$$

$$\overline{I}_b = \overline{I}_{bc} - \overline{I}_{ab} = 20\angle -150^\circ - 20\angle -30^\circ = -20\sqrt{3} = 20\sqrt{3}\angle 180^\circ \text{A}$$

$$\Rightarrow i_{b(t)} = 20\sqrt{6}\cos(377t + 180^\circ)\text{A}$$

$$\overline{I}_c = \overline{I}_{ca} - \overline{I}_{bc} = 20\angle 90^\circ - 20\angle -150^\circ = 10\sqrt{3} + j30 = 20\sqrt{3}\angle 60^\circ \text{A}$$

$$\Rightarrow i_{c(t)} = 20\sqrt{6}\cos(377t + 60^\circ)\text{A}$$

$$(三) \text{PF} = \cos \theta_{ZL} = \cos 60^\circ = 0.5$$

$$P_T = 3 \times 240 \times 20 \times \cos 60^\circ = 7200 \text{W}$$

$$Q_T = 3 \times 240 \times 20 \times \sin 60^\circ = 7200\sqrt{3} \text{VAR}$$

$$S_T = 3 \times 240 \times 20 = 14400 \text{VA}$$