

類別：電機(一)

科目：1.電力系統與電機機械 2.電磁學

陳銘/楊柏老師解題

注意 事項	<p>1. 本試題共 2 頁(A4 紙 1 張)。</p> <p>2. 可使用本甄試簡章規定之電子計算器。</p> <p>3. 本試題分 6 大題，每題配分於題目後標明，共 100 分。須用藍、黑色鋼筆或原子筆在答案卷指定範圍內作答，不提供額外之答案卷，作答時須詳列解答過程，於本試題或其他紙張作答者不予計分。</p> <p>4. 本試題採雙面印刷，請注意正、背面試題。</p> <p>5. 考試結束前離場者，試題須隨答案卷繳回，俟本節考試結束後，始得至原試場或適當處所索取。</p> <p>6. 考試時間：120 分鐘。</p>
----------	---

一、某三相 765 kV、60 Hz 輸電線長 400 公里，每相輸電線電感為 0.88 mH/km、每相輸電線電容為 0.0126  $\mu$ F/km，假設輸電線無耗損，請計算：(2 題，每題 5 分，共 10 分)

(一) 輸電線突波阻抗  $Z_c$  ( $\Omega$ ，計算至小數點後第 1 位，以下四捨五入)。

(二) 輸電線突波阻抗承載 SIL (MW，計算至整數位，以下四捨五入)。

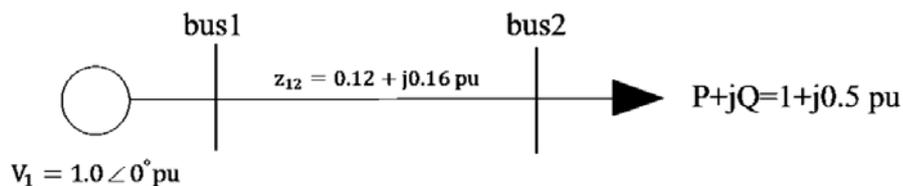
<p>1. 《考題難易》：★(最難 5 顆★)</p> <p>2. 《解題關鍵》：熟悉突波阻抗 <math>Z_c</math> 與突波阻抗承載 SIL 之定義</p> <p>3. 《命中特區》：第二章第二節【範例 7】</p>
--

【解】

$$(一) Z_c = \sqrt{\frac{0.88 \times 10^{-3}}{0.0126 \times 10^{-6}}} = 264.3 \Omega$$

$$(二) SIL = \frac{|V_L|^2}{Z_c} = \frac{(765k)^2}{264.3} = 2214 MW$$

二、如【圖 1】所示為一雙匯流排系統，發電機連接於匯流排 1，且  $V_1 = 1.0 \angle 0^\circ$  pu；匯流排 2 負載吸收  $(1+j0.5)$  pu 之功率；輸電線阻抗  $z_{12} = 0.12 + j0.16$  pu。請利用牛頓-拉弗森法(Newton-Raphson)，以初始估計值  $V_2^{(0)} = 1.0 \angle 0^\circ$  pu，執行二次疊代，請計算：(2 題，每題 10 分，共 20 分)



【圖 1】

(一) 第一次疊代後  $\delta_2^{(1)}$  為多少弧度(radian，1 弧度=57.3°；計算至小數點後第 1 位，以下四捨五入)？

(二) 第二次疊代後  $|V_2^{(2)}|$  為多少 pu (計算至小數點後第 4 位，以下四捨五入)？

1. 《考題難易》：★★★(最難 5 顆★)
2. 《解題關鍵》：熟悉電力潮流分析 4 種迭代法
3. 《命中特區》：第三章第二節【範例 18】

【解】

(一)第一次迭代

$$1. Y_{BUS} = \begin{bmatrix} 5\angle -53.13^\circ & 5\angle 126.87^\circ \\ 5\angle 126.87^\circ & 5\angle -53.13^\circ \end{bmatrix}$$

2. 電力潮流方程式為

$$P_2 = 5|V_2| \cos(126.87^\circ - \delta_2) + 3|V_2|^2$$

$$Q_2 = -5|V_2| \sin(126.87^\circ - \delta_2) + 4|V_2|^2$$

3. Jacobian Form 為基

$$J = \begin{bmatrix} \frac{\partial P_2}{\partial \delta_2} & |V_2| \frac{\partial P_2}{\partial |V_2|} \\ \frac{\partial Q_2}{\partial \delta_2} & |V_2| \frac{\partial Q_2}{\partial |V_2|} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 5|V_2| \sin(126.87^\circ - \delta_2) & 5|V_2| \cos(126.87^\circ - \delta_2) + 6|V_2|^2 \\ 5|V_2| \cos(126.87^\circ - \delta_2) & -5|V_2| \sin(126.87^\circ - \delta_2) + 8|V_2|^2 \end{bmatrix}$$

4. 將  $V_2 = |V_2| \angle \delta_2 = 1 \angle 0^\circ$  代入，則

$$J(0) = \begin{bmatrix} 4 & 3 \\ -3 & 4 \end{bmatrix} \rightarrow [J(0)]^{-1} = \begin{bmatrix} 0.16 & -0.12 \\ 0.12 & 0.16 \end{bmatrix}$$

$$P_2^{(0)} = 5 \times \cos 126.87^\circ + 3 \times 1^2 = 0 \text{ p.u.}$$

$$Q_2^{(0)} = -5 \times \sin 126.87^\circ + 4 \times 1^2 = 0 \text{ p.u.}$$

故

$$\Delta P_2^{(0)} = -1 - [0] = -1$$

$$\Delta Q_2^{(0)} = -0.5 - [0] = -0.5$$

(5) 因為

$$\begin{bmatrix} \Delta P_2 \\ \Delta Q_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\partial P_2}{\partial \delta_2} \Delta \delta_2 + |V_2| \frac{\partial P_2}{\partial |V_2|} \frac{\Delta |V_2|}{|V_2|} \\ \frac{\partial Q_2}{\partial \delta_2} \Delta \delta_2 + |V_2| \frac{\partial Q_2}{\partial |V_2|} \frac{\Delta |V_2|}{|V_2|} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\partial P_2}{\partial \delta_2} & |V_2| \frac{\partial P_2}{\partial |V_2|} \\ \frac{\partial Q_2}{\partial \delta_2} & |V_2| \frac{\partial Q_2}{\partial |V_2|} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta \delta_2 \\ \frac{\Delta |V_2|}{|V_2|} \end{bmatrix}$$

則

$$\begin{bmatrix} \Delta \delta_2^{(0)} \\ \frac{\Delta |V_2^{(0)}|}{|V_2^{(0)}|} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.16 & -0.12 \\ 0.12 & 0.16 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} -1 \\ -0.5 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -0.1 \\ -0.2 \end{bmatrix}$$

故

公職王歷屆試題(110 經濟部所屬事業機構)

$$\delta_2^{(1)} = 0 - 0.1 = -0.1 \text{ rad} = -0.1 \times 57.3^\circ = -5.7^\circ$$

$$|V_2|^{(1)} = |V_2|^{(0)} \times \left( 1 + \frac{\Delta |V_2|^{(0)}}{V_2} \right) = 1.0 \times (1 - 0.2) = 0.8$$

$$\text{則 } V_2^{(1)} = 0.8 \angle -5.7^\circ$$

(二)第二次迭代

將  $V_2 = |V_2| \angle \delta_2 = 0.8 \angle -5.7^\circ$  代入，則

$$J(1) = \begin{bmatrix} 2.9458 & 1.1340 \\ -2.7060 & 2.1742 \end{bmatrix} \rightarrow [J(1)]^{-1} = \begin{bmatrix} 0.2295 & -0.1197 \\ 0.2856 & 0.3140 \end{bmatrix}$$

$$P_2^{(1)} = 5 \times 0.8 \times \cos(126.87^\circ + 5.7^\circ) + 3 \times 0.8^2 = -0.7860 \text{ p.u.}$$

$$Q_2^{(1)} = -5 \times 0.8 \times \sin(126.87^\circ + 5.7^\circ) + 4 \times 0.8^2 = -0.3858 \text{ p.u.}$$

故

$$\Delta P_2^{(2)} = -1 - [-0.7860] = -0.2140$$

$$\Delta Q_2^{(2)} = -0.5 - [-0.3858] = -0.1142$$

則

$$\begin{bmatrix} \Delta \delta_2^{(2)} \\ \frac{\Delta |V_2|^{(2)}}{V_2^{(2)}} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.2295 & -0.1197 \\ 0.2856 & 0.3140 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} -0.2140 \\ -0.1142 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.0354 \\ -0.0970 \end{bmatrix}$$

故

$$\delta_2^{(2)} = -0.1 + (0.0354) = -0.0646 \text{ rad} = -0.0646 \times \frac{180}{\pi} = -3.70^\circ$$

$$|V_2|^{(2)} = |V_2|^{(1)} \times \left( 1 + \frac{\Delta |V_2|^{(1)}}{V_2} \right) = 0.8 \times (1 - 0.0970) = 0.7224$$

$$\text{則 } V_2^{(2)} = 0.7224 \angle -3.70^\circ$$

三、一部三相 480V、4 極、60 Hz、25 馬力、Y 接線的感應電動機，其換算到定子側的單相阻抗分別為  $R_1=0.64\Omega$ 、 $R_2=0.33\Omega$ 、 $X_1=1.1\Omega$ 、 $X_2=0.46\Omega$ 、 $X_M=26\Omega$ ，且總旋轉損失為 1000 W(包含鐵損)。在額定電壓時，其轉差率為 2.2%，請計算：(2 題，每題 10 分，共 20 分)

註： $\pi=3.1415$

(一)定子電流  $I_1$ (計算至小數點後第 3 位，以下四捨五入)。

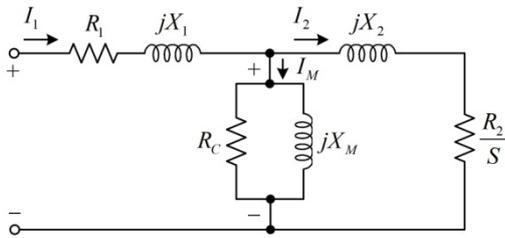
(二)輸出轉矩  $T_m$ (計算至小數點後第 2 位，以下四捨五入)。

- |   |
|---|
| <p>1. 《考題難易》：★★★★★(最難 5 顆★)</p> <p>2. 《解題關鍵》：定子電流、輸出轉矩</p> <p>3. 《命中特區》：感應電動機的功率及轉矩</p> |
|---|

公職王歷屆試題(110 經濟部所屬事業機構)

【解】

(一)



$$\bar{Z}_s = R_1 + jX_1 + [jX_M // (\frac{R_2}{0.022} + jX_2)]$$

$$= 13.959 \angle 33.798^\circ$$

$$\bar{I}_1 = \frac{\frac{480}{\sqrt{3}} \angle 0^\circ}{13.959 \angle 33.798^\circ} = 19.853 \angle -33.798^\circ \text{ (A)}$$

(二)

$$P_{in} = 3V_p I_p \cos \theta = 13716.106 \text{ (W)}$$

$$P_g = P_{in} - P_{C_1} = 13716.106 - [3 \times (19.8525)^2 \times 0.64] = 12959.392 \text{ (W)}$$

$$P_m = (1 - S)P_g = (1 - 0.022)P_g = 12674.285 \text{ (W)}$$

$$N_r = N_s(1 - S) = \frac{120f}{P}(1 - S) = 1760.4 \text{ (rpm)}$$

$$P_o = P_m - P_{\text{旋}} = 11674.285 \text{ (W)}$$

$$T_o = \frac{P_o}{\omega_r} = 63.33 \text{ (N-m)}$$

四、有一均執導線，其截面之圓半徑  $R=0.6\text{mm}$  且該導線長度  $l=10^2\text{m}$ ，若導線兩端師家電為  $V=8\text{V}$  後，電流值  $I=0.18\text{A}$  導線材質之電子移動率為  $g=1.6 \times 10^{-2}\text{m}^2/\text{V-s}$ ，請計算：(2 題，每題 10 分，共 20 分)

註： $\pi=3.1415$

(一)導線材質的電導率  $\sigma$  (計算結果請以  $10^6$  表示，並計算至小數點後第 4 位，以下四捨五入)。

(二)導線內的電子飄移速度  $v$ 。

1. 《考題難易》：★★★★★(最難 5 顆★)

2. 《解題關鍵》：電導率、電子漂移速度

3. 《命中特區》：漂移電流

【解】

(一)

$$R = \frac{V}{I} = \frac{8}{0.18} = 44.44\Omega$$

$$\therefore R = \frac{l}{\sigma A}$$

$$44.44 = \frac{100}{\sigma(0.6 \times 10^{-3})^2 \times \pi}$$

$$\Rightarrow \sigma = \frac{100}{44.44 \times (0.6 \times 10^{-3})^2 \times \pi} = 1.9897 \times 10^6$$

(二)

$$J = \frac{I}{A}$$

$$\Rightarrow J = \frac{0.18}{(0.6 \times 10^{-3})^2 \times \pi}$$

$$\therefore J = nqv$$

$$\therefore v = \frac{J}{nq} = 88.42 \times 10^3$$

五、平面波位於真空中之相速度  $v_0 = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$ ，若平面波在介電係數  $\epsilon = 9\epsilon_0$  的介質中且該平面波頻率為 500 MHz，請計算：(計算至小數點後第 1 位，以下四捨五入)。(2 題，每題 10 分，共 20 分)

註： $\pi = 3.1415$ ，導磁係數  $\mu = \mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$

(一) 平面波於介質中的波長  $\lambda$  (單位：公尺)。

(二) 平面波於介質中的介質特性阻抗  $Z_c$  (單位： $\Omega$ )。

1. 《考題難易》：★(最難 5 顆★)

2. 《解題關鍵》：知道均勻平面波參數公式即可解題

3. 《命中特區》：第 7 章第 1 節範例 4

【解】

$$\text{(一)} v = \frac{1}{\sqrt{\mu_0 \times 9\epsilon_0}} = \frac{3 \times 10^8}{3} = 1 \times 10^8 \text{ (m/s)}$$

波長

$$\lambda = \frac{v}{f} = \frac{10^8}{500M} = 0.2 \text{ m}$$

(二) 介質特性阻抗  $Z_c$  為

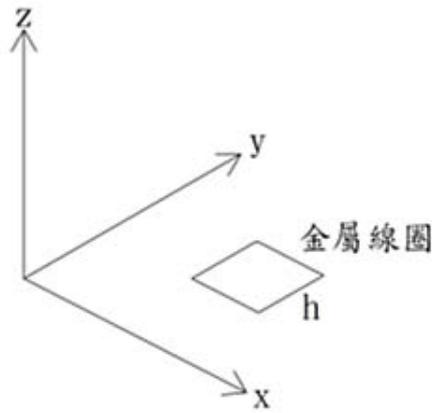
$$\eta = \sqrt{\frac{\mu_0}{9\epsilon_0}} = \frac{377}{\sqrt{9}} = 125.67 \Omega$$

六、環境中存在一均勻低頻磁場  $\vec{B} = \hat{z}B_0 \sin \omega t$ ， $\hat{z}$  為 z 軸的單位向量如【圖 2】所示。若將一正方形封閉金屬線圈置放於該低頻磁場當中，該金屬線圈邊長為 h 公尺，電阻為  $R\Omega$ ，請計算：

(2 題，每題 5 分，共 10 分)

(一) 金屬線圈之平均消耗功率  $P_{av}$ 。

(二) 金屬線圈所承受的總磁力  $\vec{F}_{total}$ 。



【圖 2】

1. 《考題難易》：★★★★★(最難 5 顆★)

2. 《命中特區》：第 6 章第 1 節立即練習 1

【解】

$$\Rightarrow \phi = BS = B_0 \sin \omega t \times h^2 \Rightarrow V_{ind} = -\frac{d\phi}{dt} = -\omega B_0 \cos \omega t \times h^2$$

$$\therefore I_{ind} = \frac{V_{ind}}{R} \Rightarrow I_{ind} = -\frac{\omega}{R} B_0 \cos \omega t \times h^2$$

$$P_{AV} = \frac{1}{2} \times |I_{ind}|^2 \times R = \frac{1}{2} \times \left( -\frac{\omega}{R} B_0 \times h^2 \right)^2 \times R = \frac{B_0^2}{2R} \omega^2 h^4$$

(二) 總磁力為 0，因為  $\vec{F}_t = \int_c \vec{I}_in \vec{dl} \times \vec{B}$ ，且為封閉迴路， $\int_c \vec{I}_in \vec{dl} = 0$