

109 年公務人員特種考試警察人員、一般警察人員考試及 109 年特種考試交通事業鐵路人員考試試題

考試別：鐵路人員考試

等別：高員三級考試

類科組：電力工程

科目：電力系統

一、一部 60 Hz 同步發電機藉由純電感性線路連接到一個無限匯流排上，發電機慣量常數 $H = 5\text{MJ/MVA}$ 和直軸暫態電抗 $X'_d = 0.3j$ 標么，如圖 1 所示，其他電抗值是以共同基值標記在圖上。發電機送出實功率 $P = 0.8$ 標么和虛功率 $Q = 0.074$ 標么到電壓 $V = 1.0$ 標么之無限匯流排上。一個三相故障發生在傳輸線的中點(F)，以隔離故障導線方式清除故障，試決定臨界清除角。(25 分)

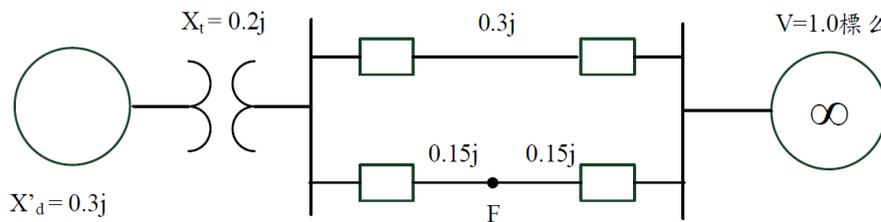


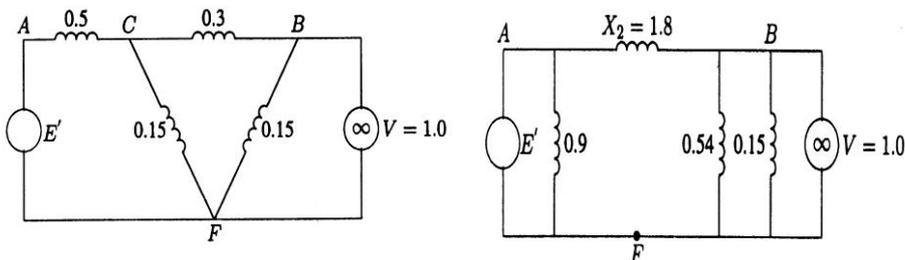
圖 1

【擬答】：

$$\text{電流為 } I = \frac{S^*}{V^*} = \frac{0.8 - j0.074}{1.0 \angle 0^\circ} = 0.8 - j0.074$$

$$\text{因此激磁電壓 } E_a = 1.0 \angle 0^\circ + (j0.65)(0.8 - j0.074) = 1.17 \angle 26.387^\circ$$

故障點發生於中點，如圖所示：



右圖為 $Y \rightarrow \Delta$ 之等效電路。

$$X_2 = \frac{0.5 \times 0.3 + 0.5 \times 0.15 + 0.3 \times 0.15}{0.15} = 1.8 \text{ pu.}$$

因此故障期間的電力角曲線為

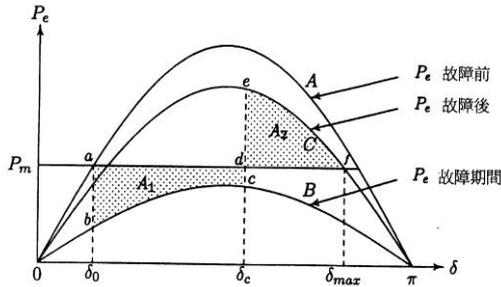
$$\frac{1.17 \times 1.0}{1.8} \sin \delta = 0.65 \sin \delta$$

當隔離故障線路後，電力角曲線為

$$\frac{1.17 \times 1.0}{0.3 + 0.2 + 0.3} \sin \delta = 1.4625 \sin \delta$$

$$\delta_{\max} = 180^\circ - \sin^{-1} \left(\frac{0.8}{1.4625} \right) = 146.838^\circ = 2.5628 \text{ rad}$$

決定臨界清除角的等面積法則如圖所示：



則

$$P_m (\delta_c - \delta_0) - \int_{\delta_0}^{\delta_c} P_{2\max} \sin \delta d\delta = \int_{\delta_c}^{\delta_{\max}} P_{3\max} \sin \delta d\delta - P_m (\delta_{\max} - \delta_c)$$

將上式兩邊同時積分，則

$$\cos \delta_c = \frac{P_m (\delta_{\max} - \delta_0) + P_{3\max} \cos \delta_{\max} - P_{2\max} \cos \delta_0}{P_{3\max} - P_{2\max}}$$

所以

$$\cos \delta_c = \frac{0.8(2.5628 - 0.46055) + 1.4625 \cos 146.838^\circ - 0.65 \cos 26.388^\circ}{1.4625 - 0.65} = -0.15356$$

則

$$\delta_c = \cos^{-1}(-0.15356) = 98.834^\circ$$

二、如圖 2 所示，三相成束導線，每束二根，間距 $d = 400 \text{ mm}$ ，每根導線半徑為 16 mm ，三相導線呈水平排列，線間距為 7 m ，求每線對中性線每相每公里 60 Hz 的容抗，線路 100 km 的容抗值。(25 分)

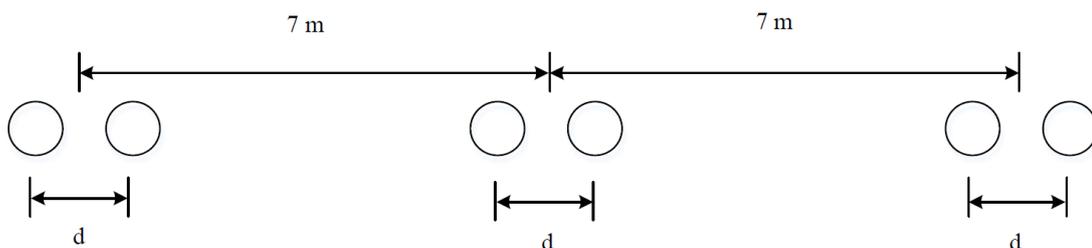


圖 2

【擬答】：

(1) $GMD = \sqrt[3]{7 \times 7 \times 14} = 8.8194m$

(2) $R_b^c = \sqrt{40 \times 1.6} = 8cm = 0.08m$

(3) $C = \frac{2\pi \times 8.85p}{\ln\left(\frac{8.8194}{0.08}\right)} = 1.3361 \times 10^{-12} F/m = 1.3361(nF/km)$

(4) 每線對中性線每相每公里 60 Hz 的容抗值為

$$\frac{1}{377 \times 1.3361 \times 10^{-9}} = 1.9853 \times 10^6 \Omega / km / phase$$

(5) 線路 100km 的容抗值為

$$1.9853 \times 10^6 \times 100 = 1.9853 \times 10^8 \Omega / phase$$

三、請用母線阻抗矩陣演算法 (ZbusMethod) 求出以下電力系統網路 (如圖 3 所示) 之母線阻抗矩陣。圖中的阻抗值皆為標么值。(25 分)

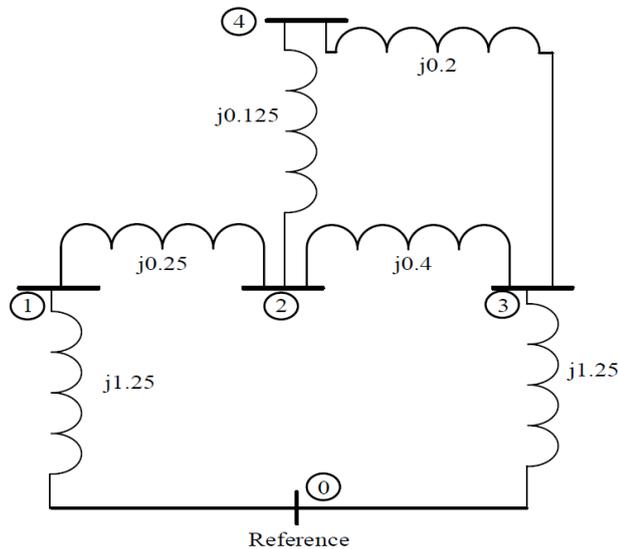


圖 3

【擬答】：

$$Y_{bus} = \begin{bmatrix} -j4.8 & j4 & 0 & 0 \\ j4 & -j14.5 & j2.5 & j8 \\ 0 & j2.5 & -j8.3 & j5 \\ 0 & j8 & j5 & -j13 \end{bmatrix}$$

母線阻抗矩陣 $Z_{bus} = Y_{bus}^{-1}$

其中

$$\begin{vmatrix} -j4.8 & j4 & 0 & 0 \\ j4 & -j14.5 & j2.5 & j8 \\ 0 & j2.5 & -j8.3 & j5 \\ 0 & j8 & j5 & -j13 \end{vmatrix} = -j4.8 \times \begin{vmatrix} -j14.5 & j2.5 & j8 \\ j2.5 & -j8.3 & j5 \\ j8 & j5 & -j13 \end{vmatrix} - j4 \begin{vmatrix} j4 & 0 & 0 \\ j2.5 & -j8.3 & j5 \\ j8 & j5 & -j13 \end{vmatrix}$$

$$= -j4.8 \times (j389.6) - j4 \times (-j331.6) = 543.68$$

所以

$$Z_{bus} = Y_{bus}^{-1} = \begin{bmatrix} j0.7166 & j0.6099 & j0.5334 & j0.5805 \\ j0.6099 & j0.7319 & j0.6401 & j0.6966 \\ j0.5334 & j0.6401 & j0.7166 & j0.6695 \\ j0.5805 & j0.6966 & j0.6695 & j0.7631 \end{bmatrix}$$

四、如圖 4 所示三母線電力系統單線圖，母線 1 為匱乏母線 (Slack Bus)、母線 2、3 皆為負載母線。若負載母線之初始值假設為 $1.0 \angle 0^\circ$ 標么，請用高斯-賽德法 (Gauss-Seidel Method)，執行一次疊代，找出母線 2、3 的電壓 (標么) 及角度，圖中的阻抗值皆為標么值且以 100MVA 為基準。(25 分)

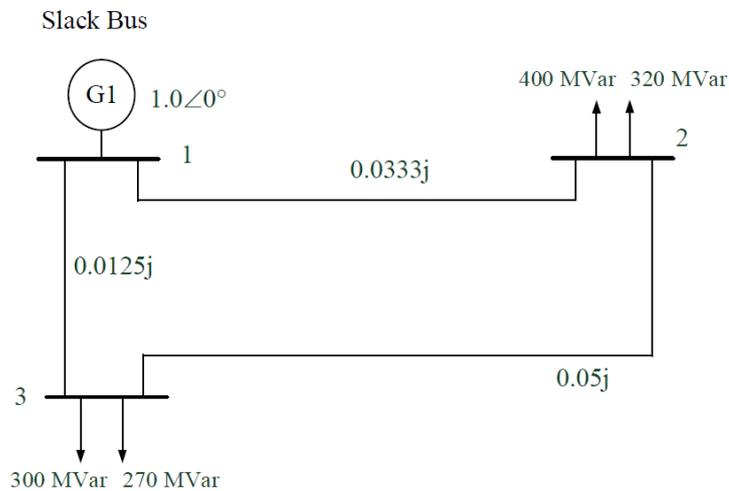


圖 4

【擬答】：

$$Y_{bus} = \begin{bmatrix} -j110 & j30 & j80 \\ j30 & -j50 & j20 \\ j80 & j20 & -j100 \end{bmatrix}$$

$$V_i = \frac{1}{y_{ii}} \left[\frac{S_i^*}{V_i^*} - \sum_{k=1, k \neq i}^n y_{ik} V_k \right]; i = 2, 3, \dots, n$$

$$V_2^{(1)} = \frac{\frac{-4 + j3.2}{1.0} - j30 \times 1.0 - j20 \times 1.0}{-j50} = 0.936 - j0.08$$

$$V_3^{(1)} = \frac{\frac{-3 + j2.7}{1.0} - j80 \times 1.0 - j20 \times (0.936 - j0.08)}{-j100} = 0.96 - j0.046$$