

99 年特種考試地方政府公務人員考試試題

等 別：三等考試

類 科：電力工程

科 目：電力系統

一、考慮圖 1 的三相系統，在匯流排#2 處， $S_{3\phi base} = 100\text{MVA}$ ， $V_{Lbase} = 345\text{kV}$ ，以變壓器額定為基底，兩變壓器阻抗百分比分別為 $\bar{Z} = (1 + j8)\%$ 與 $\bar{Z} = (1 + j7)\%$ 。

(一)試求所有匯流排的基底。

(二)將所有數據轉換為標么值，並標示於圖 1 的單相等效電路上（請於試卷上作答）。

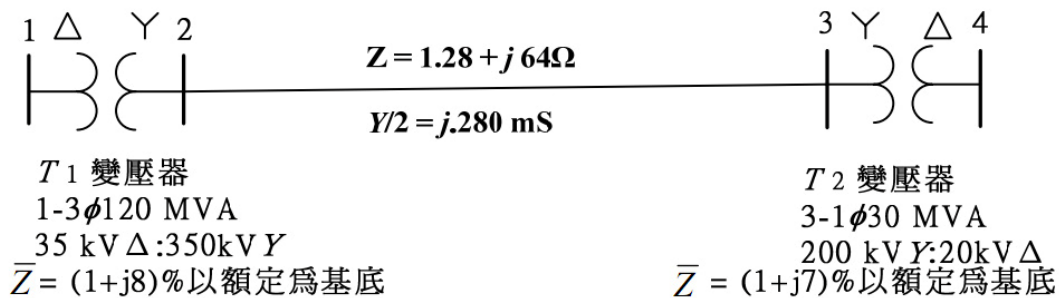


圖 1

【擬答】：

(一)1. 匯流排 1 之基底為

$$S_{3\phi base} = 100\text{MVA}$$

$$V_{Lbase} = 345\text{k} \times \frac{35}{350} = 34.5\text{kV}$$

$$I_{Lbase} = \frac{100\text{M}}{\sqrt{3} \times 34.5\text{k}} = 1673.479\text{A}$$

$$Z_{1base} = \frac{34.5^2}{100} = 11.9025\Omega$$

2. 匯流排 2 與 3 之基底相同，為

$$S_{3\phi base} = 100\text{MVA}$$

$$V_{Lbase} = 345\text{kV}$$

$$I_{Lbase} = \frac{100\text{M}}{\sqrt{3} \times 345\text{k}} = 167.3479\text{A}$$

$$Z_{2,3base} = \frac{345^2}{100} = 1190.25\Omega$$

3. 匯流排 4 之基底為

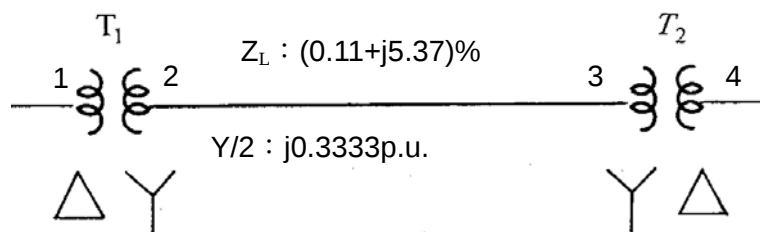
$$S_{3\phi base} = 100\text{MVA}$$

$$V_{Lbase} = 345\text{k} \times \frac{20}{200} = 34.5\text{kV}$$

$$I_{Lbase} = \frac{100\text{M}}{\sqrt{3} \times 34.5\text{k}} = 1673.479\text{A}$$

$$Z_{4base} = \frac{34.5^2}{100} = 11.9025\Omega$$

(二)如圖所示：



$$T1 : (90.857 + j6.86)\% \quad T2 : (0.3734 + j2.6138)\%$$

其中

$$1. Z_{T1} = (0.01 + j0.08) \times \frac{100}{120} \times \left(\frac{35}{34.5} \right)^2 = (90.857 + j6.86)\%$$

$$2. Z_L = \frac{1.28 + j64}{1190.25} = (0.11 + j5.37)\%$$

$$3. \frac{Y}{2} = \frac{j0.280m}{\frac{1}{1190.25}} = j0.3333 p.u.$$

$$4. Z_{T2} = (1 + j7)\% \times \frac{100}{90} \times \left(\frac{200}{345} \right)^2 = (0.3734 + j2.6138)\%$$

二、考慮圖 2 所示之同步發電機正序簡化等效電路，在額定輸出端電壓與 0.8 落後功因之運轉條件下，電抗 $X_d = 0.7$ 標么（以發電機額定表示）。試求發電機輸出的實功率、無效功率、發電機內部電壓的大小與相角。

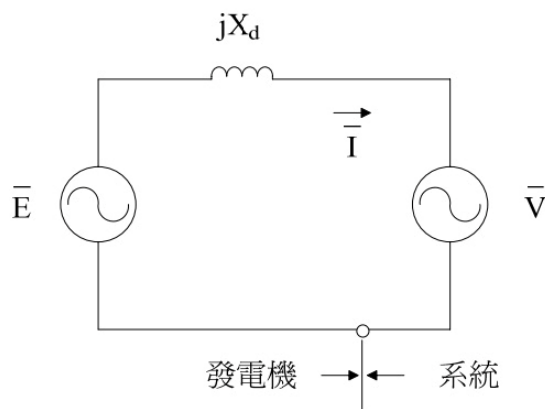


圖 2

【擬答】：

本題未提供負載之功率為何？因此僅假設功率為 $1.0 p.u.$

$$(一) \text{ 電流 } I = \frac{1.0}{1.0 \times 0.8} \angle -\cos^{-1} 0.8 = 1.25 \angle -36.87^\circ$$

(二)

$$E_a = 1.0 \angle 0^\circ + (j0.7) \times (1.25 \angle -36.87^\circ) = 1.525 + j0.7$$

$$= 1.678 \angle 24.656^\circ p.u.$$

(三) 發電機輸出的功率為

$$S = E_a I^* = (1.678 \angle 24.656^\circ) (1.25 \angle 36.87^\circ) = 2.0975 \angle 61.526^\circ$$

$$= 1.0 + j1.8438 p.u.$$

公職王歷屆試題 (99 地方政府特考)

三、考慮二部發電機組之資料如下；

機組	$P_{\min} (MW)$	$P_{\max} (MW)$	成本函數 $C_i (\$/h)$
1	25	150	$0.01P_{G1}^2 + 2P_{G1} + 100$
2	30	200	$0.004P_{G2}^2 + 2.6P_{G2} + 80$

若二部機組供應之負載為 $P_L = 282MW$ ，試求 P_{G1} 與 P_{G2} 。

【擬答】：

(1) 每部機組之遞增成本：

$$IC1 = \frac{dC_1}{dP_{G1}} = 0.02P_{G1} + 2$$

$$IC2 = \frac{dC_2}{dP_{G2}} = 0.008P_{G2} + 2.6$$

(2) 當兩部負載機組為 282MW 時：

則

$$IC1 = IC2 \Rightarrow 0.02P_{G1} + 2 = 0.008P_{G2} + 2.6 \text{-----(1)}$$

$$P_{G1} + P_{G2} = 282 \text{-----(2)}$$

故

$$P_{G1} = 102MW, P_{G2} = 180MW$$

皆在發電機限制範圍內，因此合理。

四、考慮圖 3 之系統，其資料如下：

項目	MVA 額定	電壓額定	X_1	X_2	X_0
G1	100	25kV	0.2	0.2	0.05
G2	100	13.8kV	0.2	0.2	0.05
T1	100	25 / 230kV	0.05	0.05	0.05
T2	100	13.8 / 230kV	0.05	0.05	0.05
TL12	100	230kV	0.1	0.1	0.3
TL13	100	230kV	0.1	0.1	0.3
TL23	100	230kV	0.1	0.1	0.3

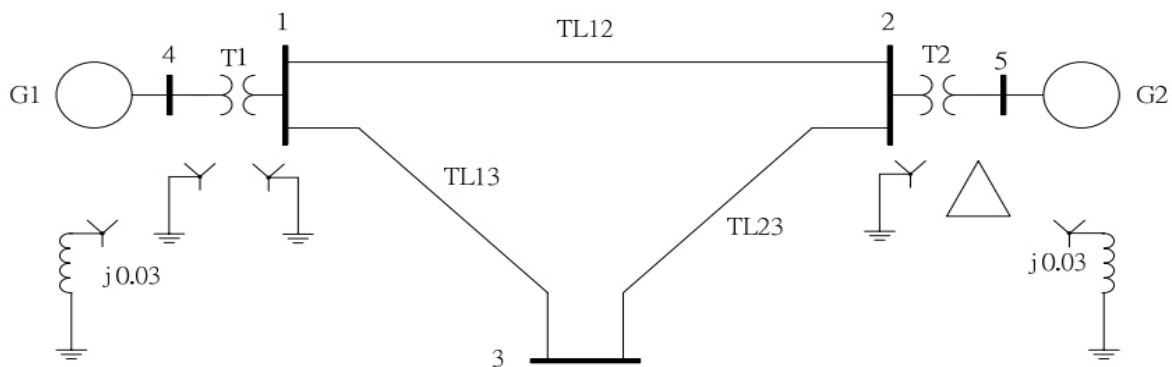
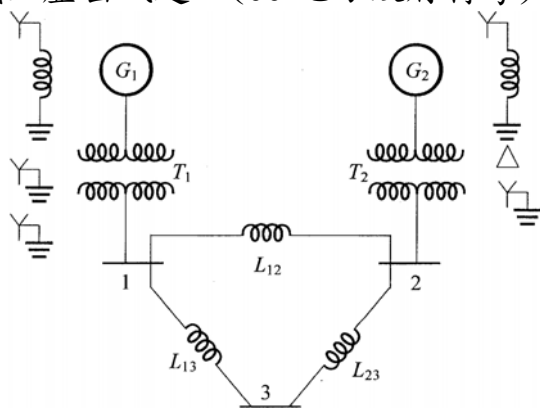


圖 3

以 $S_{3\phi base} = 100MVA$ 為基底，試求匯流排 #3 發生單相接地故障（接地故障阻抗為零）時，發電機 G_1 和 G_2 端點的電壓和電流。

【擬答】：

如圖所示：



(一)先將三個 Δ 型網路化成等效Y型：

$$1. \text{正序} : Z_Y = j\frac{1}{3} \quad 2. \text{負序} : Z_Y = j\frac{1}{3} \quad 3. \text{零序} : Z_Y = j1$$

(二)戴維寧等效阻抗如下：

$$Z_{ag1} = Z_{ag2} = [j0.2 + j0.05 + j0.033] // [j0.2 + j0.05 + j0.033] + j0.033 = j0.1745$$

$$Z_{ag0} = [j0.1 + j0.05 + j0.05 + j0.09] // [j0.1 + j0.05] + j0.1 = j0.1989$$

(三)故障電流

$$\frac{1}{3} I_f = \frac{1.0}{j0.1745 + j0.1745 + j0.1989} = -j1.8265 \text{ p.u.}$$

(四)發電機G1端點的電壓與電流值：

$$I_{a1(G1)} = I_{a2(G1)} = -j1.8265 \times \frac{1}{2} = -j0.91325$$

$$I_{a0(G1)} = -j1.8265 \times \frac{0.15}{0.15 + 0.29} = -j0.6227$$

發電機G1端點的a相電流值為

$$I_{a(G1)} = I_{a(G0)} + I_{a(G1)} + I_{a(G2)} = -j2.4492 \text{ p.u.} \times \frac{100M}{\sqrt{3} \times 25k} = -j5656.19A$$

$$\text{而 } V_{1-1} = 1.0 \angle 0^\circ - (-j0.91325) \times j0.2 = 0.81375 \text{ p.u.}$$

$$V_{1-2} = 0 - (-j0.91325) \times j0.2 = -0.18265 \text{ p.u.}$$

$$V_{1-0} = 0 - (-j0.6227) \times j0.14 = -0.0872 \text{ p.u.}$$

發電機G1端點的a相電壓值為

$$V_{1(G1t)} = V_{1(G1t)-1} + V_{1(G1t)-2} + V_{1(G1t)-0} = 0.5439 \text{ p.u.} \times 25k = 13.5975kV$$

(五)發電機G2端點的電壓與電流值：

$$I_{a1(G2)} = I_{a2(G2)} = -j1.8265 \times \frac{1}{2} = -j0.91325$$

$$I_{a0(G2)} = -j1.8265 \times \frac{0.29}{0.15 + 0.29} = -j1.2038 \text{ p.u.}$$

發電機G2端點的a相電流值為

$$I_{a(G2)} = I_{a(G2)-1} + I_{a(G2)-2} + I_{a(G2)-0} = -j3.0303 \text{ p.u.} \times \frac{100M}{\sqrt{3} \times 13.8k} = -j12677.86A$$

而

$$V_{2-1} = 1.0 \angle 0^\circ - (-j0.91325) \times j0.2 = 0.81375 \text{ p.u.}$$

$$V_{2-2} = 0 - (-j0.91325) \times j0.2 = -0.18265 \text{ p.u.}$$

$$V_{2-0} = 0 - (-j1.2038) \times j0.05 = -0.0602 \text{ p.u.}$$

發電機G2端點的a相電壓值為

$$V_{2(G2t)} = V_{2(G2t)-1} + V_{2(G2t)-2} + V_{2(G2t)-0} = 0.5699 \text{ p.u.} \times 13.8k = 7.865kV$$

五、考慮圖 4 之系統，以下所有之參數皆以標么值表示：

$$\begin{aligned} X_1 &= 0.4 & E'_q &= 1.2 \\ X_2 &= 0.2 & P_m &= 1.5 \\ X_3 &= 0.2 & X'_d &= 0.2 \\ E &= 1.0 \end{aligned}$$

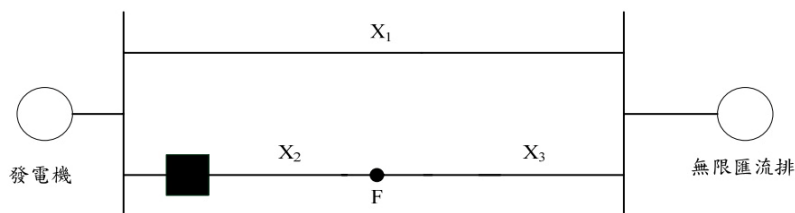


圖 4

其中 E'_q 為故障時之發電機反電勢， P_m 為發電機之輸入機械功率， X'_d 為發電機之直軸暫態電抗， E 為無限匯流排之電壓大小。

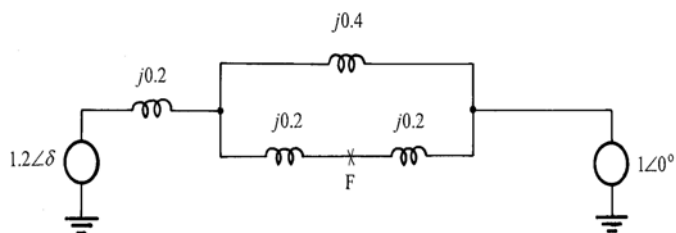
假設在圖 4 中的 F 點發生平衡三相接地故障，試問：

(一) 若故障未移除，發電機能穩定嗎？

(二) 在功率角 $\delta = \delta_c = 60^\circ$ 時，斷路器打開清除故障，系統會穩定嗎？請說明。

【擬答】：

如圖所示：



在電路未發生故障時，電功率角方程式為

$$P_e = \frac{1.2 \times 1}{0.4} \sin \delta = 3 \sin \delta \quad (\text{故障前})$$

$$\text{其中 } X = 0.2 + 0.4 // (0.2 + 0.2) = 0.4$$

平衡時

$$P_e = P_m = 1.5 = 3 \sin \delta \Rightarrow \delta = 30^\circ$$

(一) F 點發生平衡三相接地故障，則先使用 Y 化成 Δ 型求 X 值

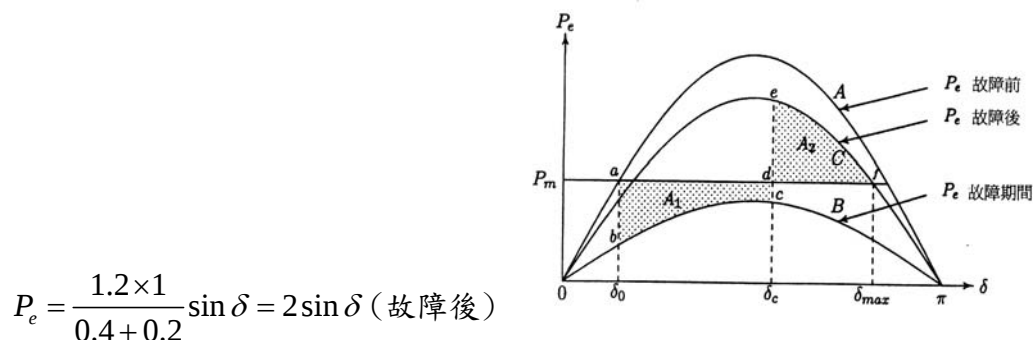
$$X = \frac{0.2 \times 0.2 + 0.2 \times 0.4 + 0.2 \times 0.4}{0.2} = 1.0$$

則電功率角方程式為

$$P_e = \frac{1.2 \times 1}{1.0} \sin \delta = 1.2 \sin \delta \quad (\text{故障期間})$$

在 $P_m = 1.5$ 時，已 $P_m > P_{e(\max)}$ ，故發電機無法穩定，須將故障排除。

(二) 當將故障點清除後，電功率角方程式為



$$P_e = \frac{1.2 \times 1}{0.4 + 0.2} \sin \delta = 2 \sin \delta \quad (\text{故障後})$$

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

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

$$\begin{aligned}\cos \delta_c &= \frac{1.5(2.2935 - 0.5236) + 2.0 \cos 131.41^\circ - 1.2 \cos 30^\circ}{2.0 - 1.2} \\ &= \frac{2.6549 - 1.3229 - 1.0392}{1.8} = 0.1627 \Rightarrow \delta_c = 80.64^\circ\end{aligned}$$

其中

$$\delta_{\max} = 180^\circ - \sin^{-1}\left(\frac{1.5}{2.0}\right) = 131.41^\circ = 2.2935 \text{ rad}$$

故在 60 度打開系統仍會穩定。