

等 別：三等考試  
類 科：電力工程  
科 目：電力系統  
考試時間：2 小時

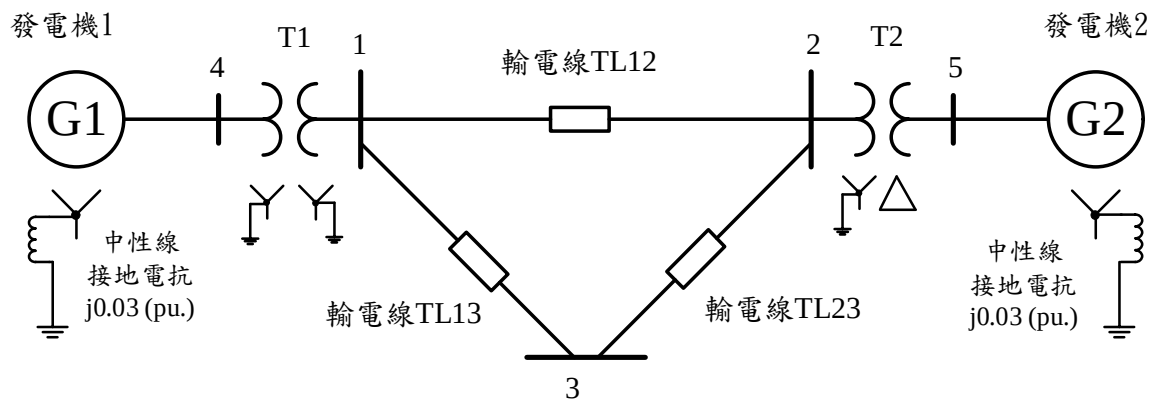
座號：\_\_\_\_\_

※注意：(一)可以使用電子計算器。

(二)不必抄題，作答時請將試題題號及答案依照順序寫在試卷上，於本試題上作答者，不予計分。

(三)本科目除專門名詞或數理公式外，應使用本國文字作答。

- 一、五個匯流排系統網路架構如圖一所示，系統上各元件之資料列於表一，表中各相序阻抗標么值之原基準值為該元件之額定電壓與額定容量值。設在匯流排 2 以 100 MVA，230 kV 為系統的基準值，各發電機的中性線接地電抗標么值係以各發電機的額定容量作為基準值，試將系統上各元件轉換到同一基準值下，並繪出系統正相序、負相序與零相序等效標么值網路圖（須標示各元件之標么值）。（25 分）



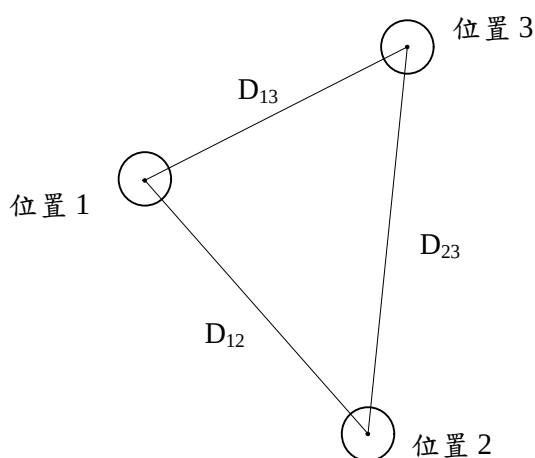
圖一、五個匯流排系統網路架構

表一、系統元件參數

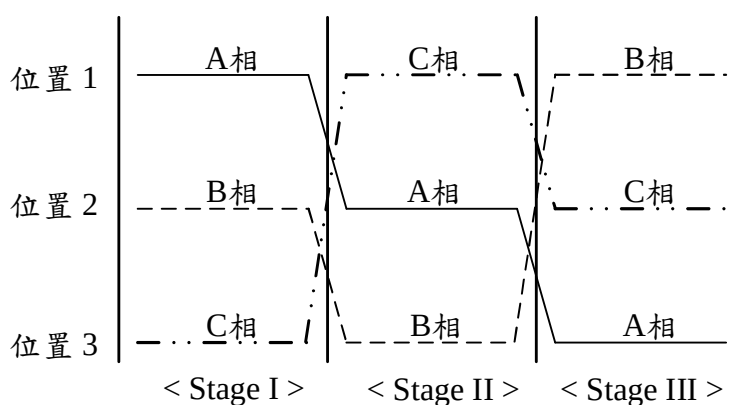
| 系統元件 | 額定容量<br>(MVA) | 額定電壓<br>(kV) | 正相序阻抗<br>$X_1$ (pu.) | 負相序阻抗<br>$X_2$ (pu.) | 零相序阻抗<br>$X_0$ (pu.) |
|------|---------------|--------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| G1   | 100           | 25           | 0.2                  | 0.2                  | 0.05                 |
| G2   | 100           | 13.8         | 0.2                  | 0.2                  | 0.05                 |
| T1   | 150           | 25/230       | 0.05                 | 0.05                 | 0.05                 |
| T2   | 120           | 13.8/230     | 0.05                 | 0.05                 | 0.05                 |
| TL12 | 100           | 230          | 0.1                  | 0.1                  | 0.3                  |
| TL13 | 80            | 230          | 0.1                  | 0.1                  | 0.3                  |
| TL23 | 80            | 230          | 0.1                  | 0.1                  | 0.3                  |

註：各相序阻抗之基準值為該設備之額定電壓與額定容量值。

- 二、三相平衡電力以不等間距形式排列之輸電線路傳輸，如圖二（a）所示，若相電壓分別為  $V_{an}$ 、 $V_{bn}$ 、 $V_{cn}$ ，線電壓分別為  $V_{ab}$ 、 $V_{bc}$ 、 $V_{ca}$ ，輸電線之導體半徑為  $r$ （單位公尺），各位置間距分別為  $D_{12}$ 、 $D_{23}$ 、 $D_{13}$ （單位公尺）。
- （一）輸電線路經過如圖二（b）之導體换位（Transposition）後，試推求出線電壓與各相導體電荷量之關係式後，再推導出各相之線對地電容，並寫出線路之 GMD（Geometric mean distance）。（註：假設任一時刻各位置導體上電荷量之總和為零）（20 分）
- （二）若各導體位置為等間距排列時，相電壓與單相電容之表示式又為何？（5 分）



圖二（a）、不等間距形式排列之輸電線路



圖二（b）、導體换位示意圖

三、圖三所示為四個匯流排電力系統，並考慮以 100 MVA 為系統基準值。試回答下列問題：

(一) 請求出系統導納矩陣 (Y Matrix)，以及 Bus 2 與 Bus 3 的實功率方程式。(13 分)

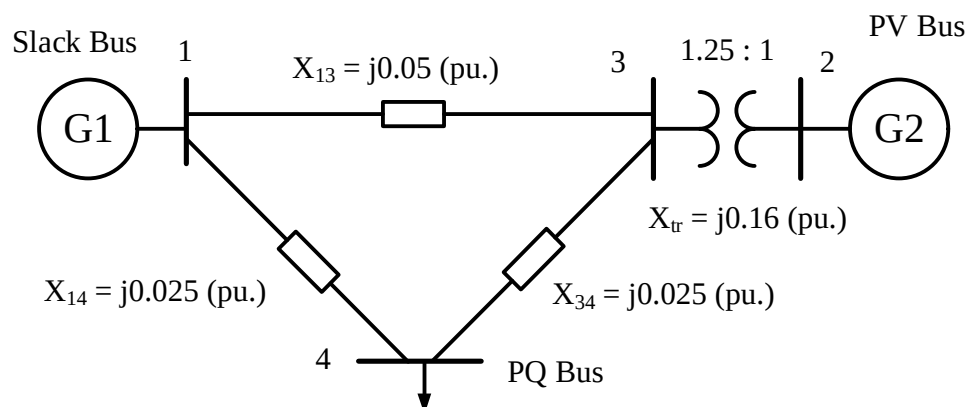
變壓器的模型如下 ( $a$  為變壓器匝數比)：

$$\begin{bmatrix} I_2 \\ I_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} y_{tr} & -y_{tr}/a \\ -y_{tr}/a & y_{tr}/a^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_2 \\ V_3 \end{bmatrix}$$

(功率方程式請展開並將已知電壓與導納值代入，但匯流排角度以  $\delta_2$ 、 $\delta_3$ 、 $\delta_4$  等表示即可)

(二) 若以牛頓拉夫森 (Newton-Raphson) 法求解電力潮流問題，系統匯流排預設資料如表二所示，請寫出執行疊代時所需之亞可比矩陣 (Jacobian matrix) (以偏微分項表示即可，無須計算實際數值)、電壓與角度誤差向量以及實功率與虛功率誤差向量。(12 分)

提示：
$$\begin{bmatrix} \Delta P \\ \Delta Q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} J_1 & J_2 \\ J_3 & J_4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta \delta \\ \Delta V \end{bmatrix}$$



圖三、四個匯流排電力系統

表二、系統匯流排預設資料

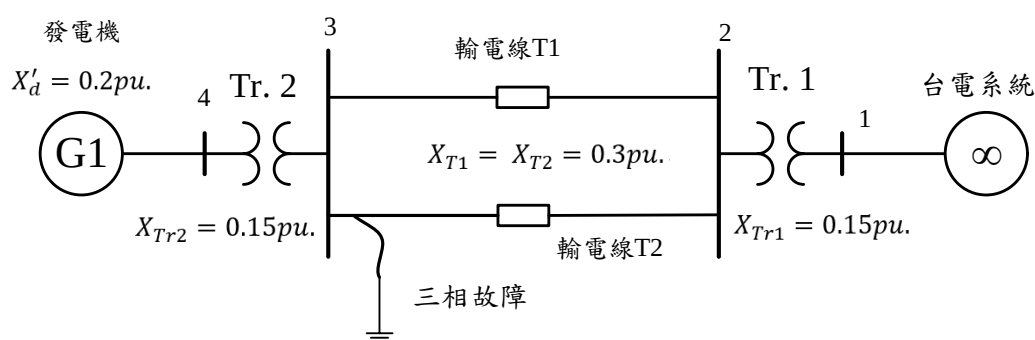
| Bus編號 | Bus屬性 | 預設電壓(pu.) | 預設相角(度) |
|-------|-------|-----------|---------|
| 1     | Slack | 1.0       | 0       |
| 2     | PV    | 1.0       | 0       |
| 3     | PQ    | 1.0       | 0       |
| 4     | PQ    | 1.0       | 0       |

四、圖四為發電機經由變壓器、輸電線路與台電系統併聯發電之系統單線圖，當一個暫時性的三相故障發生在輸電線 T2 接近 Bus 3 處，假設故障被清除後，輸電線路結構未變動。

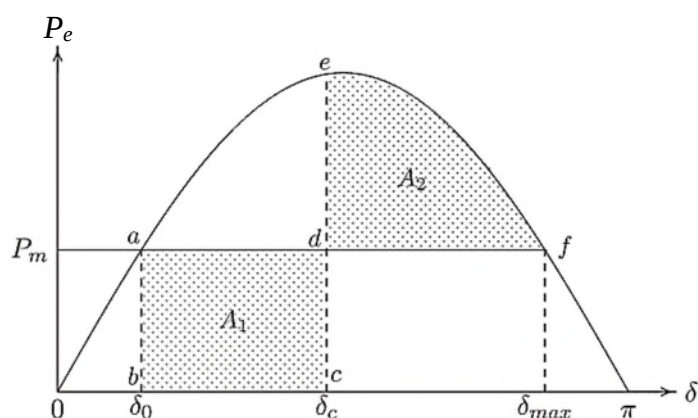
(一)試參考圖五並利用搖擺方程式 (swing equation)、功率角方程式 (power angle equation) 與等面積法則 (equal-area criterion) 推導出使系統穩定之臨界清除角 (critical clearing angle) 與臨界清除時間 (critical clearing time)。(12 分)

(圖五中  $\delta_0$  為系統初始穩定運轉點角度， $\delta_c$  為臨界清除角度， $\delta_{max}$  為系統最大運轉點角度， $P_e$  為電磁功率， $P_m$  為渦輪機的機械功率，且  $P_e = P_{max} \sin \delta$ 。)

(二)系統頻率為 60 Hz，發電機 G1 之慣量常數 H 為 5 MJ/MVA，若發電機供給實功率 0.8 pu. 與虛功率 0.074 pu. 至台電系統無限匯流排 (Bus 1，電壓 1.0 pu.，角度 0 度) 上，試求臨界清除角和臨界故障清除時間。(13 分)



圖四、四個匯流排系統網路架構



圖五、功率角方程式曲線與等面積法則示意圖