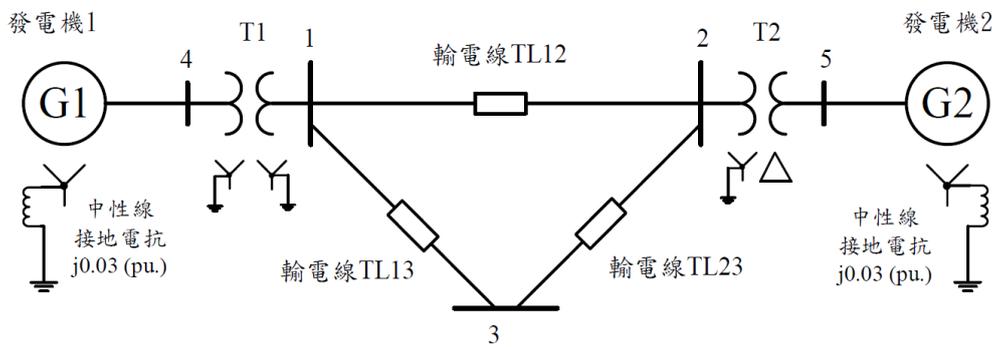


111 年特種考試地方政府公務人員考試試題

等 別：三等考試
 類 科：電力工程
 科 目：電力系統

陳銘老師 解題

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 100MVA，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 (MVA)	額定電壓 (kV)	正相序阻抗 X_1 (pu.)	負相序阻抗 X_2 (pu.)	零相序阻抗 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。

1. 《考題難易》：★★★
2. 《解題關鍵》：熟悉相序網路的畫法與計算
3. 《命中特區》：第 4 章 4-3 非對稱故障 Q10

【擬答】：

G1/G2/TL12 不須修正相序阻抗，需修正下列相序阻抗

$$X_{T1} = 0.05 \times \frac{100}{150} = 0.0333 \text{ pu.} \quad X_{T2} = 0.05 \times \frac{100}{120} = 0.0417 \text{ pu.}$$

T_{L13} 與 T_{L23} 修正

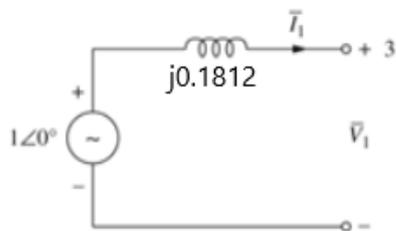
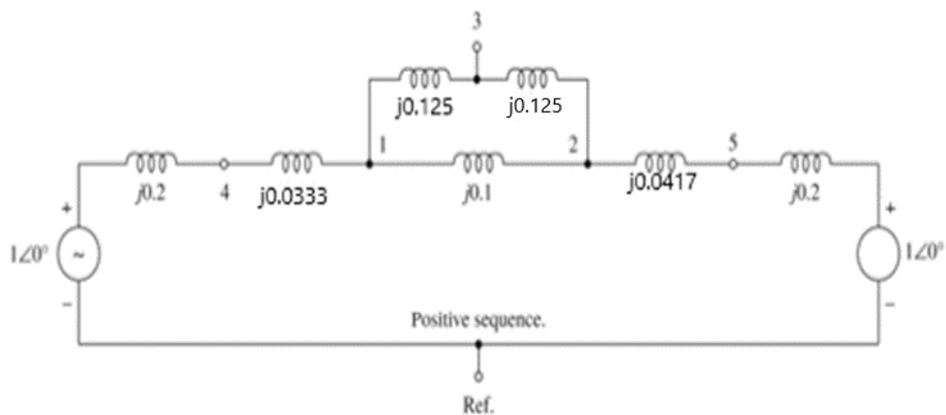
公職王歷屆試題 (111 地方特考)

$$X_{1(TL13)} = X_{1(TL23)} = X_{2(TL13)} = X_{2(TL23)} = 0.1 \times \frac{100}{80} = 0.125 p.u.$$

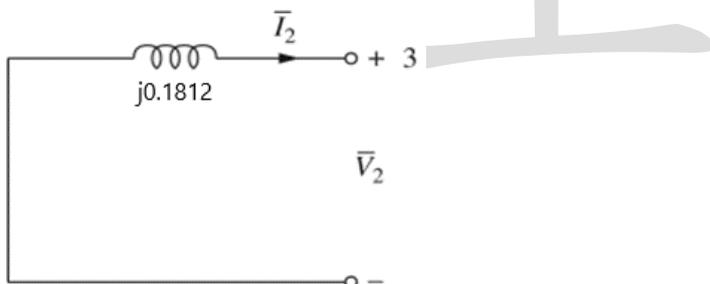
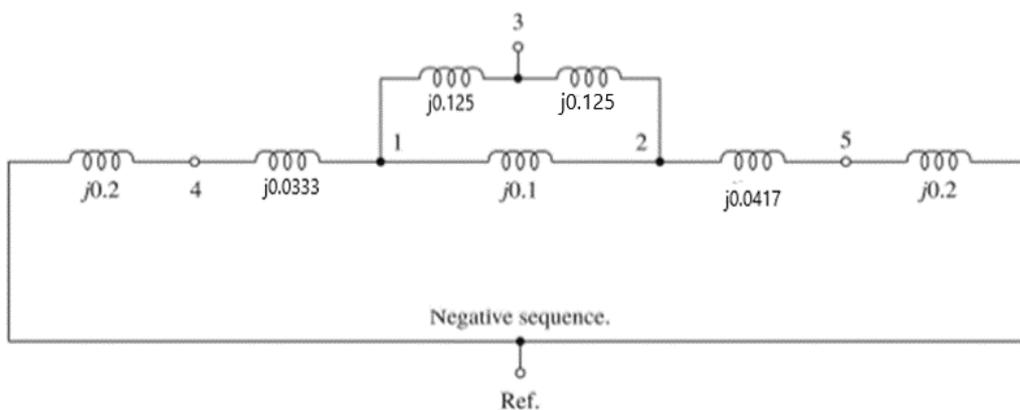
$$X_{0(TL13)} = X_{0(TL23)} = 0.3 \times \frac{100}{80} = 0.375 p.u.$$

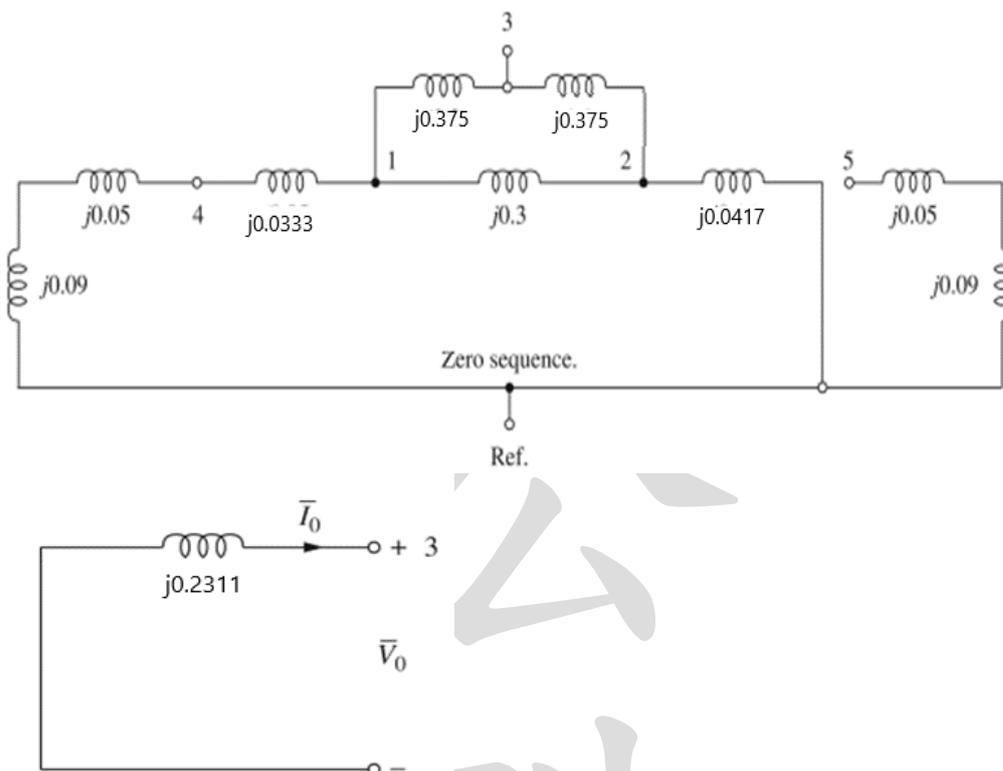
相序網路圖如下

(一)正序相序網路



(二)負序相序網路





志光 保成 學儒

真的有輕鬆考取的方法!

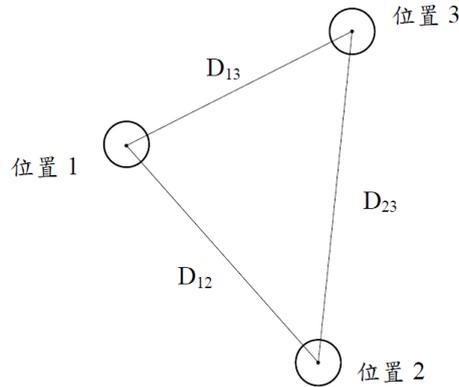
掌握上榜 8 大招

<p>法科架構班 結合實務例子 建構法科概念</p>	<p>扎實正規班 完整堂數 循序漸進</p>	<p>工科全科班 公職+國營 一次到位</p>	<p>作文實戰班 強化寫作架構 理清邏輯概念</p>
<p>主題題庫班 主題教學 考點分析</p>	<p>精華總複習 掌握考點 增強實力</p>	<p>全真模擬考 比照真實考試 檢視應考實力</p>	<p>考前關懷講座 名師最終提點 觀念更加清晰</p>

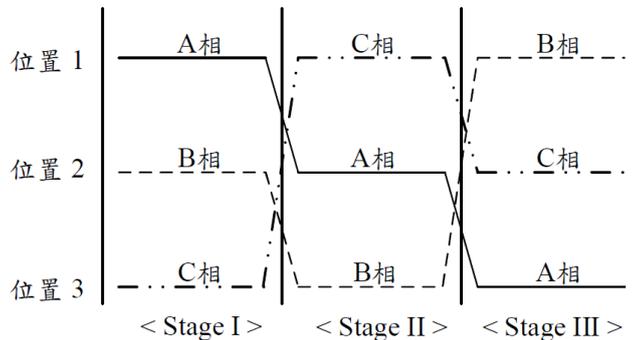
二、三相平衡電力以不等間距形式排列之輸電線路傳輸，如圖二 (a) 所示，若相電壓分別為 V_{an} 、 V_{bn} 、 V_{cn} ，線電壓分別為 V_{ab} 、 V_{bc} 、 V_{ca} ，輸電線之導體半徑為 r (單位公尺)，各位置間距分別為 D_{12} 、 D_{23} 、 D_{13} (單位公尺)。

(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

1. 《考題難易》：★★★★
2. 《解題關鍵》：瞭解傳輸參數之證明
3. 《命中特區》：第 2 章 2-1 第四重點證明

【擬答】：

(一)當然為了維持每相對中性線之電容要相同，因此要换位。

1. 第一區段：a 在位置 1，b 在位置 2，c 在位置 3。

$$V_{ab(I)} = \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \left(q_a \ln \frac{D_{12}}{r} + q_b \ln \frac{r}{D_{12}} + q_c \ln \frac{D_{23}}{D_{13}} \right)$$

2. 第二區段：a 在位置 2，b 在位置 3，c 在位置 1。

$$V_{ab(II)} = \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \left(q_a \ln \frac{D_{23}}{r} + q_b \ln \frac{r}{D_{23}} + q_c \ln \frac{D_{13}}{D_{12}} \right)$$

3. 第三區段：a 在位置 3，b 在位置 1，c 在位置 2。

$$V_{ab(III)} = \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \left(q_a \ln \frac{D_{13}}{r} + q_b \ln \frac{r}{D_{13}} + q_c \ln \frac{D_{12}}{D_{23}} \right)$$

4. 此時導體 a 與 b 間之平均值為

$$\begin{aligned} V_{ab} &= \frac{1}{3} (V_{ab(I)} + V_{ab(II)} + V_{ab(III)}) \\ &= \frac{1}{6\pi\epsilon} \times \left(q_a \ln \left(\frac{D_{12}D_{13}D_{23}}{r^3} \right) + q_b \ln \left(\frac{r^3}{D_{12}D_{13}D_{23}} \right) + q_c \ln \left(\frac{D_{12}D_{13}D_{23}}{D_{12}D_{13}D_{23}} \right) \right) \\ &= \frac{1}{2\pi\epsilon} \times \left(q_a \ln \frac{\sqrt[3]{D_{12}D_{13}D_{23}}}{r} + q_b \ln \frac{r}{\sqrt[3]{D_{12}D_{13}D_{23}}} \right) \end{aligned}$$

同理從導體 a 到導體 c 之電壓為

$$V_{ac} = \frac{1}{2\pi\epsilon} \times \left(q_a \ln \frac{\sqrt[3]{D_{12}D_{13}D_{23}}}{r} + q_c \ln \frac{r}{\sqrt[3]{D_{12}D_{13}D_{23}}} \right)$$

5. 利用下列式子

$$V_{ab} = \sqrt{3}V_{an} (0.866 + j0.5), V_{ac} = -V_{ca} = \sqrt{3}V_{an} (0.866 - j0.5)$$

$$\Rightarrow V_{ab} + V_{ac} = 3V_{an}$$

且

$$q_a + q_b + q_c = 0$$

則

$$\begin{aligned} 3V_{an} &= \frac{1}{2\pi\epsilon} \times \left(2q_a \ln \frac{\sqrt[3]{D_{12}D_{13}D_{23}}}{r} + (q_b + q_c) \ln \frac{r}{\sqrt[3]{D_{12}D_{13}D_{23}}} \right) \\ &= \frac{1}{2\pi\epsilon} \times \left[2q_a \ln \frac{\sqrt[3]{D_{12}D_{13}D_{23}}}{r} - q_a \ln \frac{r}{\sqrt[3]{D_{12}D_{13}D_{23}}} \right] = \frac{1}{2\pi\epsilon} \times 3q_a \times \ln \frac{\sqrt[3]{D_{12}D_{13}D_{23}}}{r} \\ \Rightarrow V_{an} &= \frac{1}{2\pi\epsilon} \times q_a \times \ln \frac{\sqrt[3]{D_{12}D_{13}D_{23}}}{r} \\ \therefore C_n &= \frac{q_a}{V_{an}} = \frac{2\pi\epsilon}{\ln \frac{\sqrt[3]{D_{12}D_{13}D_{23}}}{r}} = \frac{2\pi\epsilon}{\ln \left(\frac{GMD}{GMR} \right)} \end{aligned}$$

(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如下

$$\begin{aligned} V_{an} &= \frac{1}{2\pi\epsilon} \times q_a \times \ln \frac{\sqrt[3]{D_{12}D_{13}D_{23}}}{r} = \frac{1}{2\pi\epsilon} \times q_a \times \ln \frac{D}{r} \\ \therefore C_n &= \frac{q_a}{V_{an}} = \frac{2\pi\epsilon}{\ln \frac{D}{r}} \end{aligned}$$

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

(一) 請求出系統導納矩陣 (YMatrix)，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)：

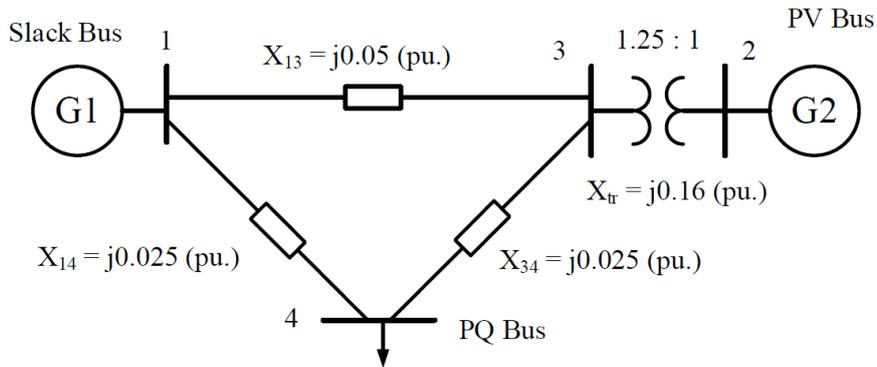
$$\begin{bmatrix} I_2 \\ I_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} y_{tr} & -y_{tr}/a \\ -y_{tr}/a & y_{tr}/a^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_2 \\ V_3 \end{bmatrix}$$

公職王歷屆試題 (111 地方特考)

(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 δ_2 、 δ_3 、 δ_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

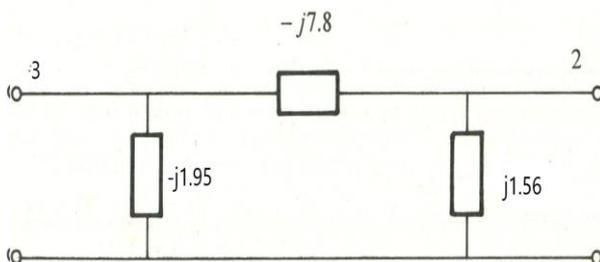
表二、系統匯流排預設資料

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

1. 《考題難易》：★★★★
2. 《解題關鍵》：熟悉導納矩陣與 N-R 迭代法
3. 《命中特區》：第 3 章 3-2 電力潮流分析 第六重點 N-R 法

【擬答】：

(一)變壓器 bus3, bus2 之等效線路為



$$Y_{bus2,3} = \begin{bmatrix} -j6.24 & j7.8 \\ j7.8 & -j9.75 \end{bmatrix}$$

系統導納矩陣 (YMatrix) 為

$$Y_{bus} = \begin{bmatrix} -j60 & 0 & j20 & j40 \\ 0 & -j6.24 & j7.8 & 0 \\ j20 & j7.8 & -j69.75 & j40 \\ j40 & 0 & j40 & -j80 \end{bmatrix}$$

$$P_2 = \text{Re} [V_2^* I_2] = \text{Re} \left[(|V_2| \angle -\delta_2) (-j6.24 |V_2| \angle \delta_2 + j7.8 |V_3| \angle \delta_3) \right] = 7.8 |V_2| |V_3| \cos(\delta_3 - \delta_2 + 90^\circ)$$

$$= 7.8 |V_2| |V_3| \sin(\delta_2 - \delta_3)$$

$$P_3 = \text{Re} [V_3^* I_3] = \text{Re} \left[(|V_3| \angle -\delta_3) (-j20 \times 1.0 + j7.8 |V_2| \angle \delta_2 - j69.75 |V_3| \angle \delta_3 + j40 |V_4| \angle \delta_4) \right]$$

$$= 20 |V_3| \cos(90^\circ - \delta_3) + 7.8 |V_2| |V_3| \cos(90^\circ + \delta_2 - \delta_3) + 40 |V_3| |V_4| \cos(90^\circ + \delta_4 - \delta_3)$$

$$= 20 |V_3| \sin(\delta_3) + 7.8 |V_2| |V_3| \sin(\delta_3 - \delta_2) + 40 |V_3| |V_4| \sin(\delta_3 - \delta_4)$$

(二) 亞可比矩陣 (Jacobian matrix)

$$J(x) = \begin{bmatrix} \frac{\partial P_2}{\partial \delta_2} & \frac{\partial P_2}{\partial \delta_3} & \frac{\partial P_2}{\partial \delta_4} & \frac{\partial P_2}{\partial |V_3|} & \frac{\partial P_2}{\partial |V_4|} \\ \frac{\partial P_3}{\partial \delta_2} & \frac{\partial P_3}{\partial \delta_3} & \frac{\partial P_3}{\partial \delta_4} & \frac{\partial P_3}{\partial |V_3|} & \frac{\partial P_3}{\partial |V_4|} \\ \frac{\partial P_4}{\partial \delta_2} & \frac{\partial P_4}{\partial \delta_3} & \frac{\partial P_4}{\partial \delta_4} & \frac{\partial P_4}{\partial |V_3|} & \frac{\partial P_4}{\partial |V_4|} \\ \frac{\partial Q_3}{\partial \delta_2} & \frac{\partial Q_3}{\partial \delta_3} & \frac{\partial Q_3}{\partial \delta_4} & \frac{\partial Q_3}{\partial |V_3|} & \frac{\partial Q_3}{\partial |V_4|} \\ \frac{\partial Q_4}{\partial \delta_2} & \frac{\partial Q_4}{\partial \delta_3} & \frac{\partial Q_4}{\partial \delta_4} & \frac{\partial Q_4}{\partial |V_3|} & \frac{\partial Q_4}{\partial |V_4|} \end{bmatrix}$$

誤差向量如下：

$$\Delta \mathbf{y}(i) = \begin{bmatrix} \Delta \mathbf{P}(i) \\ \Delta \mathbf{Q}(i) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mathbf{P} - \mathbf{P}[\mathbf{x}(i)] \\ \mathbf{Q} - \mathbf{Q}[\mathbf{x}(i)] \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} \mathbf{J1}(i) & \mathbf{J2}(i) \\ \mathbf{J3}(i) & \mathbf{J4}(i) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta \delta(i) \\ \Delta \mathbf{V}(i) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \Delta \mathbf{P}(i) \\ \Delta \mathbf{Q}(i) \end{bmatrix}$$

忘光保成學儒 **還想變更強** 學長姐推薦

工科題庫班

解析 題目觀念

精選易錯題型
加強觀念解析

強化 解題技巧

以題目授課
加強應考實力

增快 答題速度

加強快速審題
增加取分機會

題庫班老師 會針對考題趨勢，整理一系列的考試重點，有著老師精選過後的考古題再加上老師帶過一遍，讓頭腦立刻有深刻的印象。

111年普考資訊處理 張〇慧 **優秀考取**

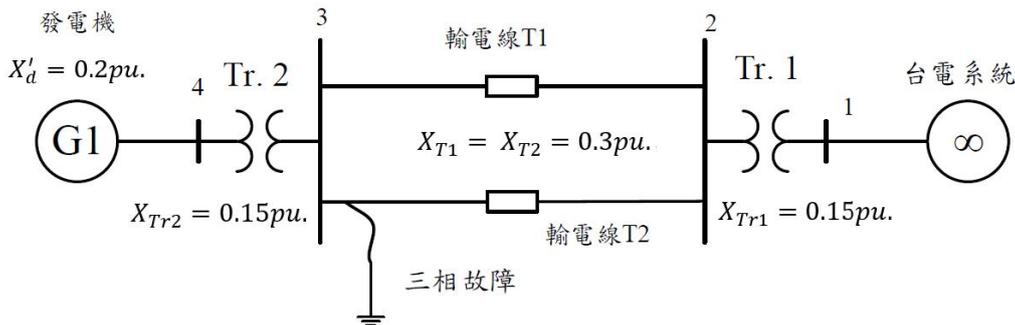
公職王歷屆試題 (111 地方特考)

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。

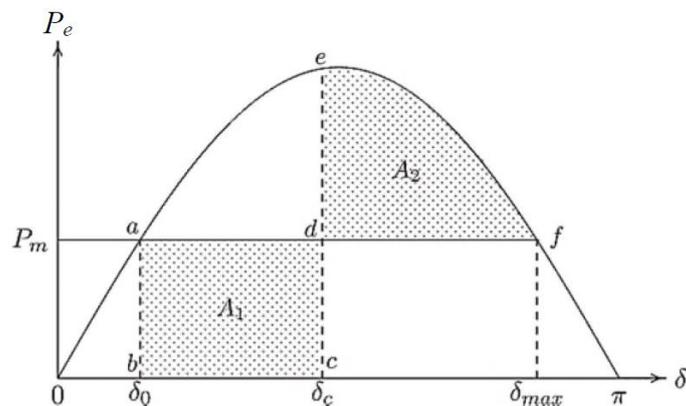
(一)試參考圖五並利用搖擺方程式 (swing equation)、功率角方程式 (power angle equation) 與等面積法則 (equal-area criterion) 推導出使系統穩定之臨界清除角 (critical clearing angle) 與臨界清除時間 (critical clearing time)。(12 分)

(圖五中 δ_0 為系統初始穩定運轉點角度， δ_c 為臨界清除角度， δ_{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 5MJ/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

1. 《考題難易》：★★★
2. 《解題關鍵》：瞭解等面積法則
3. 《命中特區》：第 5 章 5-1 穩定度 範例 10

【擬答】：

(一)電流為

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

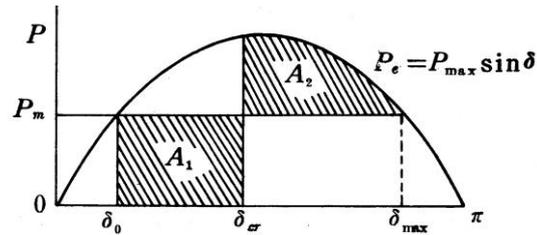
因此激磁電壓為

$$E_a = 1.0 \angle 0^\circ + (j0.65)(0.8 - j0.074) = 1.17 \angle 26.387^\circ$$

$$P_e = P_{max} \sin \delta = \frac{1.17 \times 1}{0.65} \sin \delta = 1.8 \sin \delta_0 = 0.8 \Rightarrow \delta_0 = 26.388^\circ = 0.46055 \text{ rad}$$

公職王歷屆試題 (111 地方特考)

(二)為了滿足穩定度等面積之準則，有一消除故障之臨界角稱為臨界清除角 δ_{cr} ，清除故障所需之對應臨界時間稱為臨界消除時間 t_{cr} ，如圖所示：



$$A_1 = \int_{\delta_0}^{\delta_{cr}} P_m d\delta = P_m \times (\delta_{cr} - \delta_0)$$

$$A_2 = \int_{\delta_{cr}}^{\delta_{max}} (P_{max} \sin \delta - P_m) d\delta = P_{max} (\cos \delta_{cr} - \cos \delta_{max}) - P_m (\delta_{max} - \delta_{cr})$$

因為 $A_1 = A_2$

所以

$$\cos \delta_{cr} = \frac{P_m}{P_{max}} (\delta_{max} - \delta_0) + \cos \delta_{max} = \frac{P_{max} \sin \delta_0}{P_{max}} (\pi - \delta_0 - \delta_0) + \cos \delta_{max}$$

則

$$\delta_{cr} = \cos^{-1} [(\pi - 2\delta_0) \sin \delta_0 - \cos \delta_0]$$

$$t_{cr} = \sqrt{\frac{4H(\delta_{cr} - \delta_0)}{\omega_s P_m}}$$

故

$$\delta_{cr} = \cos^{-1} \left[(\pi - 2 \times 0.46055) \times \frac{0.8}{1.8} + \cos 153.61^\circ \right] = 1.48 \text{ rad}$$

$$t_c = \sqrt{\frac{2H \times (\delta_c - \delta_0)}{\pi f P_m}} = \sqrt{\frac{2 \times 5 \times (1.48 - 0.46055)}{\pi \times 60 \times 0.8}} = 0.26 \text{ s}$$

志光 保成 學儒

我這樣做，一年連過4榜！

李○穎 111年度同時考取

普考電子工程	鐵路特考員級電子工程
中華電信線路建設及維運	台電僱員儀電運轉維護(中區)

選擇志光.保成.學儒，是因為資源多，時間上也比較好配合，而且還有配合疫情的遠距離教學，因此我報名了兩年班課程。
 <基本電學>和<電子儀表>題型變化不大，主要將課本裡的題型練到熟，就能應付大部分了。<電子學>和<計算機概論>算是我的大敵，解決方法就是多做題目。
 要上榜，就把常考的練到易如反掌，拿下有把握的分數。

你還有這些機會!!

鐵路特考 高普考 地方特考 自來水評價人員 台電僱員 中油僱員 中華電信 國營聯招職員級