104 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、一電力系統,除了參考匯流排之外有 2 個匯流排,依匯流排①與匯流排②的順序,得知該系統之匯流排抗矩陣 Z_{bus} 如下：

㈠現在由滙流排①經一個阻抗為 i2 標么的分支延伸到新的匯流排③,依照匯流排①、匯流排②與匯流排③的順序,寫出新的匯流排阻抗矩陣 $Z_{bus\,(3)}$

㈡假設㈠的擴建計畫因為土地法無法徵收而效棄,改為由參考匯流排經一個阻抗為 j2 標么的分支延伸到新的匯流排④,依照匯流排①、匯流排②與匯流排④的順序,寫出新的匯流排阻抗矩陣 $Z_{bus\,(4)}$

$$Z_{bus}=\begin{array}{c} \\ (1) \\ (2) \end{array}\begin{array}{c} \begin{array}{cc} (1) & (2) \end{array} \\ \begin{bmatrix} j3 & j2 \\ j2 & j5 \end{bmatrix} \end{array}(\text{標么})$$

【擬答】：

㈠新匯流排 3 經由 $j1.2$ 接至既有匯流排 1，則

電流 I_3 注入匯流排 1 使原來的電壓 V_1 增加 I_3Z_{11}；且 V_3 比新的電壓 V_1 高出 $I_3\times j2$，即：

$$V_{1.new}=V_{1,orig}+I_3Z_{11}$$

$$V_3=V_{1(orig)}+I_3\times\left(Z_{11}+j2\right)=I_1Z_{11}+I_2Z_{12}+I_3\times\left(Z_{11}+j2\right)$$

則新的匯流排阻抗矩陣

$$Z_{new(3)}=\begin{bmatrix} j3 & j2 & j3 \\ j2 & j5 & j2 \\ j3 & j2 & j3+j2 \end{bmatrix}=\begin{bmatrix} j3 & j2 & j3 \\ j2 & j5 & j2 \\ j3 & j2 & j5 \end{bmatrix}$$

㈡由於未與網路中的其他匯流排相接，所以當電流 I_P 注入此新匯流排時，對原來匯流排電壓皆不會影響。

此新匯流排的電壓為 I_pZ_p。由矩陣所表示之方程式為：

$$\begin{bmatrix} V_2 \\ V_3 \\ \vdots \\ V_n \\ V_P \end{bmatrix}=\begin{bmatrix} & & & 0 \\ & & & 0 \\ & Z_{bus}(orig) & & \vdots \\ & & & 0 \\ 0 & 0 & .. \; 0 & Z_b \end{bmatrix}\begin{bmatrix} I_2 \\ I_3 \\ \vdots \\ I_n \\ I_p \end{bmatrix}$$

因此新的匯流排阻抗矩陣為

$$Z_{new(4)}=\begin{bmatrix} j3 & j2 & 0 \\ j2 & j5 & 0 \\ 0 & 0 & j2 \end{bmatrix}$$

二、有一條輸電線,特性阻抗 100Ω,電源電壓 $100v$,忽略電源內部阻抗,輸電線末端負載阻抗 100Ω,假設電波由輸電線一端傳到另一端所需的時間為 T：

㈠假設在 $t=0$ 時,此電源加到此輸電線上,求 $t=1.5T$ 時負載端的電壓值。

㈡假設故障導致此輸電線兩端的斷路器都跳脫,在 $t=0$ 時電源端的斷路器成功復閉,但負載端的斷路器卻壞掉無法復閉,求 $t=1.5T$ 時負載端的電壓值。

【擬答】：

㈠反射係數有二：

1. 送電端的反射係數為 　　*2.* 受電端的反射係數為

$$\rho_S = \frac{0-100}{0+100} = -1 \qquad \rho_R = \frac{100-100}{100+100} = 0$$

顯然電波至末端負載並未有反射波，且負載阻抗恰為特性阻抗，因此沿線電壓大小相同，故

$t = 1.5T$ 時負載端的電壓為 100V

㈡負載端的斷路器壞掉無法復閉，負載端的阻抗值為∞，因此反射係數為

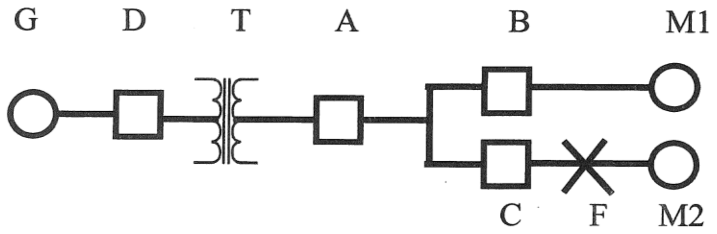
$$\rho_R = \frac{\infty-100}{\infty+100} = 1$$

在 $t = 1.5T$ 時負載端的電壓值為 $V_R = 100 + 1\times 100 = 200V$

三、某一電力系統如圖一，由發電機 G 經由變壓器 T 供電給電動機 $M1$ 與 $M2$，如果在 F 發生接地故障：

㈠比較故障點 F 與斷路器 C 流過的故障電流大小並說明原因。

㈡假設由斷路器 C 動作必須切斷的故障電流為 I_C，若是由斷路器 A 動作必須切斷的故障電流為 I_A，比較 I_A 與 I_C 的大小，並說明原因。



圖一

【擬答】：

㈠故障點 F 的故障電流為 $I_f^{"} = \dfrac{1.0}{Z_{th}} = \dfrac{1.0}{(X_G + X_T)//X_{M1}^{"}//X_{M2}^{"}}$，

斷路器 C 之故障電流為 $I^{"} = \dfrac{1.0}{X_G + X_T} + \dfrac{1.0}{X_{M1}^{"}}$

顯然故障點 F 的故障電流大於斷路器 C 之故障電流。

㈡斷路器 C 需啓斷的故障電流(對稱短路電流)是在電動機 M1 為暫態電抗 $X_M^{'}$，而 $X_{M1}^{"} < X_M^{'}$，則

$$I_C = \frac{1.0}{X_G + X_T} + \frac{1.0}{X_{M1}^{'}}$$

此時斷路器 A 需啓斷的故障電流為

$$I_A = \frac{1.0}{X_G + X_T}$$

因此 $I_C > I_A$

四、某一條一般線路常數為 A1、B1、C1、D1 的輸電線，在其末端串接另一條一般線路常數為 A2、B2、C2、D2 的輸電線，求串接後整體等效一般線路常數的：

㈠ A 參數

㈡ B 參數

【擬答】：

$$T = \begin{bmatrix} A_1 & B_1 \\ C_1 & D_1 \end{bmatrix}\begin{bmatrix} A_2 & B_2 \\ C_2 & D_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A_1A_2 + B_1C_2 & A_1B_2 + B_1D_2 \\ A_2C_1 + C_2D_1 & B_2C_1 + D_1D_2 \end{bmatrix}$$

㈠ $A = A_1A_2 + B_1C_2$

㈡ $B = A_1B_2 + B_1D_2$

五、用牛頓勞福森(Newton-Raphson)求解 $X^2+Y^2-\frac{1}{2}=0, X+Y=0$，初始值 $X(0)=1$，$Y(0)=-1$：

㈠第 1 次疊代
㈡第 2 次疊代。
（過程與答案限制只能以分數表示）

【擬答】：

$$f_1(X,Y)=X^2+Y^2-\frac{1}{2}=0$$

$$f_2(X,Y)=X+Y=0$$

Jacobian Form 為 $J=\begin{bmatrix}\frac{\partial f_1}{\partial X} & \frac{\partial f_1}{\partial Y}\\ \frac{\partial f_2}{\partial X} & \frac{\partial f_2}{\partial Y}\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}2X & 2Y\\ 1 & 1\end{bmatrix}$

㈠將初始值代入上式，則

$$f\left(X^{(0)},Y^{(0)}\right)=\begin{bmatrix}f_1\\ f_2\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}\frac{3}{2}\\ 0\end{bmatrix},\quad J^{(0)}=\begin{bmatrix}2 & -2\\ 1 & 1\end{bmatrix}\Rightarrow\left[J^{(0)}\right]^{-1}=\frac{1}{4}\begin{bmatrix}1 & 2\\ -1 & 2\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}\frac{1}{4} & \frac{1}{2}\\ -\frac{1}{4} & \frac{1}{2}\end{bmatrix}$$

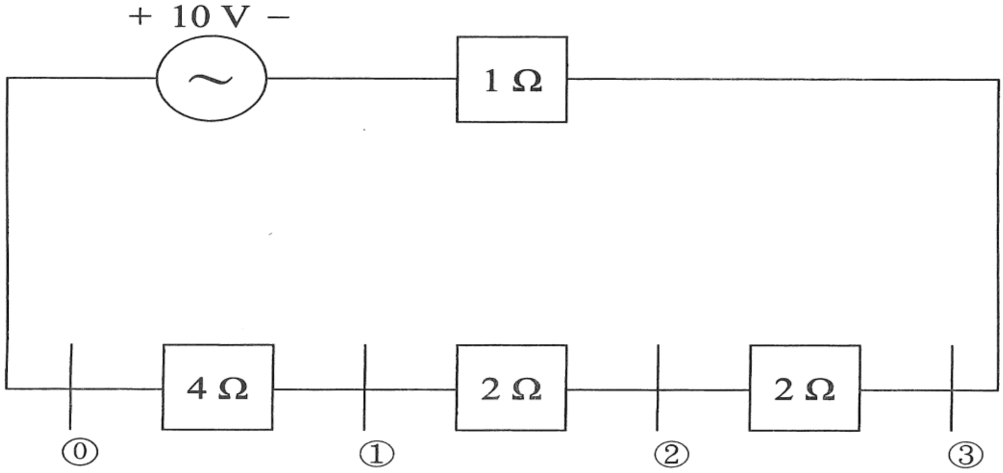
$$\begin{bmatrix}\Delta X^{(0)}\\ \Delta Y^{(0)}\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}\frac{1}{4} & \frac{1}{2}\\ -\frac{1}{4} & \frac{1}{2}\end{bmatrix}\begin{bmatrix}\frac{3}{2}\\ 0\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}\frac{3}{8}\\ -\frac{3}{8}\end{bmatrix}\Rightarrow\begin{bmatrix}X(1)\\ Y(1)\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}1\\ -1\end{bmatrix}+\begin{bmatrix}\frac{3}{8}\\ -\frac{3}{8}\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}\frac{11}{8}\\ -\frac{11}{8}\end{bmatrix}$$

㈡將第一次疊代值代入上式，則

$$f\left(X^{(1)},Y^{(1)}\right)=\begin{bmatrix}f_1\\ f_2\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}\frac{105}{32}\\ 0\end{bmatrix},\quad J^{(1)}=\begin{bmatrix}\frac{11}{4} & -\frac{11}{4}\\ 1 & 1\end{bmatrix}\Rightarrow\left[J^{(1)}\right]^{-1}=\frac{2}{11}\begin{bmatrix}1 & \frac{11}{4}\\ -1 & \frac{11}{4}\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}\frac{2}{11} & \frac{1}{2}\\ -\frac{2}{11} & \frac{1}{2}\end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix}\Delta X^{(1)}\\ \Delta Y^{(1)}\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}\frac{2}{11} & \frac{1}{2}\\ -\frac{2}{11} & \frac{1}{2}\end{bmatrix}\begin{bmatrix}\frac{105}{32}\\ 0\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}\frac{105}{176}\\ -\frac{105}{176}\end{bmatrix}\Rightarrow\begin{bmatrix}X(2)\\ Y(2)\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}\frac{11}{8}\\ -\frac{11}{8}\end{bmatrix}+\begin{bmatrix}\frac{105}{176}\\ -\frac{105}{176}\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}\frac{347}{176}\\ -\frac{347}{176}\end{bmatrix}$$

六、㈠寫出圖二電力系統的 $YV=I$，其中⓪為參考匯流排，V 矩陣由 V1、V2、V3 組，成分別表匯流排①②③與參考匯流排之間的電壓差，求 Y 矩陣及 I 矩陣。
㈡求出 Y 矩陣的下三角矩陣 L 以及上三角矩陣 U，使 Y=LU。
㈢利用 L 與 U 解出 V1、V2、V3。
（過程與答案限制只能以分數表示）



圖二

【擬答】：

㈠列出 KCL 方程式如下：

$$I_1=\frac{1}{4}V_1+\frac{1}{2}\times\left(V_1-V_2\right)=\frac{3}{4}V_1-\frac{1}{2}V_2$$

$$I_2=\frac{1}{2}\times\left(V_2-V_1\right)+\frac{1}{2}\times\left(V_2-V_3\right)=-\frac{1}{2}V_1+V_2-\frac{1}{2}V_3$$

$$I_3=1\times V_3+\frac{1}{2}\times\left(V_3-V_2\right)=-\frac{1}{2}V_2+\frac{3}{2}V_3$$

則

$$[Y]=\begin{bmatrix}\frac{3}{4} & -\frac{1}{2} & 0\\ -\frac{1}{2} & 1 & -\frac{1}{2}\\ 0 & -\frac{1}{2} & \frac{3}{2}\end{bmatrix};\quad \begin{bmatrix}I_1\\ I_2\\ I_3\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}\frac{3}{4} & -\frac{1}{2} & 0\\ -\frac{1}{2} & 1 & -\frac{1}{2}\\ 0 & -\frac{1}{2} & \frac{3}{2}\end{bmatrix}\begin{bmatrix}V_1\\ V_2\\ V_3\end{bmatrix}$$

㈡將 L 的主對角元素定為 1，則

$$[Y]=\begin{bmatrix}\frac{3}{4} & -\frac{1}{2} & 0\\ -\frac{1}{2} & 1 & -\frac{1}{2}\\ 0 & -\frac{1}{2} & \frac{3}{2}\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}1 & 0 & 0\\ d & 1 & 0\\ e & f & 1\end{bmatrix}_L\begin{bmatrix}g & j & k\\ 0 & h & l\\ 0 & 0 & i\end{bmatrix}_U$$ ，則

$$L=\begin{bmatrix}1 & 0 & 0\\ -\frac{2}{3} & 1 & 0\\ 0 & -\frac{3}{4} & 1\end{bmatrix};U=\begin{bmatrix}\frac{3}{4} & -\frac{1}{2} & 0\\ 0 & \frac{2}{3} & -\frac{1}{2}\\ 0 & 0 & \frac{9}{8}\end{bmatrix}$$

㈢*1.*將 Y 分解 $Y=LU$ 後，因為 $I=YV$，代入可得 $I=LUV=L\left(UV\right)=Ly$，先求 y 值為

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ -\frac{2}{3} & 1 & 0 \\ 0 & -\frac{3}{4} & 1 \end{bmatrix}\begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ y_3 \end{bmatrix}=\begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ -\frac{10}{1} \end{bmatrix}\Rightarrow\begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ y_3 \end{bmatrix}=\begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ -10 \end{bmatrix}$$

2.接下來求 V：利用 $UV=y$，則

$$\begin{bmatrix} \frac{3}{4} & -\frac{1}{2} & 0 \\ 0 & \frac{2}{3} & -\frac{1}{2} \\ 0 & 0 & \frac{9}{8} \end{bmatrix}\begin{bmatrix} V_1 \\ V_2 \\ V_3 \end{bmatrix}=\begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ -10 \end{bmatrix}\Rightarrow\begin{bmatrix} V_1 \\ V_2 \\ V_3 \end{bmatrix}=\begin{bmatrix} -\frac{40}{9} \\ -\frac{60}{9} \\ -\frac{80}{9} \end{bmatrix}$$

七、某三相同步發電機可輸出最大功率為 3 標么，慣性常數 H=8(百萬焦耳/百萬伏安)，經由純電抗網路輸送 1.5 標么的功率到無限流排，不幸發生故障導致輸出降為零：

㈠每故障發生後 0.1 秒清除故障使用使系統恢復原來的運轉情況，求臨清除角。

㈡求臨界清除時間。

【擬答】：

㈠$\delta_{cr}=Cos^{-1}\left[(\pi-2\delta_0)\sin\delta_0-\cos\delta_0\right]$

其中

$3\sin\delta_0=1.5\Rightarrow\delta_0=30^0=\dfrac{\pi}{6}$

故臨界清除角為

$$\delta_{cr}=Cos^{-1}\left[\left(\pi-2\times\frac{\pi}{6}\right)\sin 30^0-\cos 30^0\right]=Cos^{-1}\left[\frac{2\pi}{3}\times\frac{1}{2}-\frac{\sqrt{3}}{2}\right]=79.56^0$$

㈡臨界清除時間為 $t_{cr}=\sqrt{\dfrac{4H(\delta_{cr}-\delta_0)}{\omega_s P_m}}=\sqrt{\dfrac{4\times 8\times(79.56^0-30^0)\times\frac{180^0}{\pi}}{377\times 3\times\frac{1}{2}}}=0.22s$