

103 年公務人員高等考試三級考試試題

類 科：電力工程

科 目：電力系統

一、有一 250km、500kV、60Hz 三相未經補償的輸電線路，已知正序串聯電抗 $x = j0.35\Omega/km$ 及正序並聯導納 $y = j4.4 \times 10^{-6} S/km$ 。若線路損失忽略不計，試求：

(一)線路的突波阻抗 Z_C 、ABCD 參數及波長 λ (以 km 表示)。

(二)當此線路的送電端以額定電壓送電，受電端加上此線路的突波阻抗為負載，則受電端電壓大小為多少伏特？

【擬答】：

$$\text{(一)} Z_C = \sqrt{\frac{z}{y}} = \sqrt{\frac{0.35 \angle 90^\circ}{4.4 \times 10^{-6} \angle 90^\circ}} = 282.038 \Omega$$

$$\gamma = \sqrt{0.35 \angle 90^\circ \times 4.4 \times 10^{-6} \angle 90^\circ} = j1.241 \times 10^{-3}$$

$$\lambda = \frac{2\pi}{\beta} = \frac{2\pi}{1.241 \times 10^{-3}} = 5.063 \times 10^3 \text{ km}$$

$$\text{無損耗線時} \begin{bmatrix} V_S \\ I_S \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \beta l & jZ_C \sin \beta l \\ j\frac{1}{Z_C} \sin \beta l & \cos \beta l \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_R \\ I_R \end{bmatrix}$$

則 ABCD 參數為

$$[T] = \begin{bmatrix} \cos 1.241 \times 10^{-3} \times 250 & j282.038 \times \sin 1.241 \times 10^{-3} \times 250 \\ j\frac{1}{282.038} \sin 1.241 \times 10^{-3} \times 250 & \cos 1.241 \times 10^{-3} \times 250 \end{bmatrix}$$

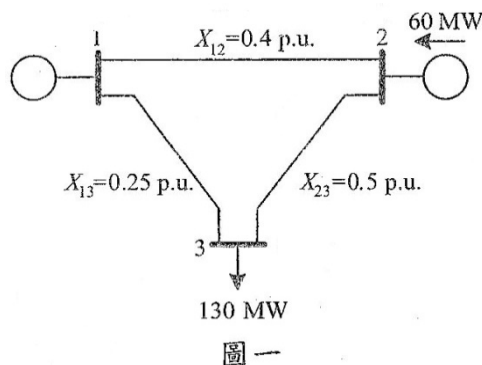
$$= \begin{bmatrix} 0.9523 & j86.1053 \\ j0.0011 & 0.9523 \end{bmatrix}$$

$$\text{(二)} \frac{500k}{\sqrt{3}} \angle 0^\circ = 0.9523V_R + j86.1053 \times \frac{V_R}{282.038} = V_R \times (0.9523 + j0.3053)$$

$$\text{則 } V_R = \frac{\frac{500k}{\sqrt{3}} \angle 0^\circ}{0.9523 + j0.3053} = \frac{288.675k}{1 \angle 17.775^\circ} = 288.675k \angle -17.775^\circ$$

所以受電端電壓大小為 $288.675k \times \sqrt{3} = 500kV$

二、圖一為一具有 3 個匯流排的簡化系統。請利用直流電力潮流(DC power flow)，求得相位角 δ_2 ， δ_3 (以 radians 表示) 及實功率潮流量 P_{12} ， P_{23} ， P_{13} ， P_1 (以 MW 表示)。假設所有匯流排上的電壓大小為 1.0 p.u.，且相位角 $\delta_1 = 0$ 。系統是以 100MVA 為基準值。



【擬答】：

(一)導納矩陣為

公職王歷屆試題 (103 高普考)

$$Y_{bus} = \begin{bmatrix} -j6.5 & j2.5 & j4 \\ j2.5 & -j4.5 & j2 \\ j4 & j2 & -j6 \end{bmatrix}$$

(二)採用直流電力潮流法

$$P_i = \sum_j P_{ij} = \sum_j \frac{1}{X_{ij}} (\theta_i - \theta_j)$$

$$\text{則 } B_x = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 4.5 & -2 \\ 0 & -2 & 6 \end{bmatrix}, \text{ 且 } \delta_1 = 0$$

$$\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 4.5 & -2 \\ 0 & -2 & 6 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \delta_1 \\ \delta_2 \\ \delta_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} P_1 \\ P_2 \\ P_3 \end{bmatrix}$$

其中

$$P_1 = 130M - 60M = 70MW = 0.7 : P_2 = 60MW = 0.6 : P_3 = -130MW = -1.3$$

$$\begin{bmatrix} \delta_1 \\ \delta_2 \\ \delta_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ -0.2695 \\ -0.3065 \end{bmatrix}$$

由匯流排 1 至匯流排 2 的實功率為

$$P_{12} = \frac{1 \times 1}{0.4} (0 + 0.2695) = 0.6738 p.u. = 67.38 MW$$

由匯流排 2 至匯流排 3 的實功率為

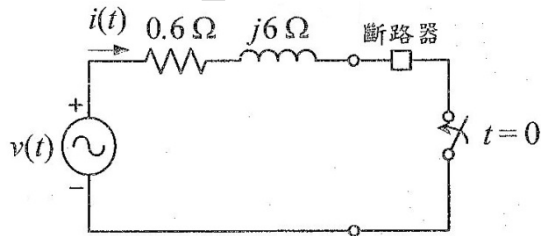
$$P_{32} = \frac{1 \times 1}{0.5} (0.3065 - 0.2695) = 0.074 p.u. = 7.4 MW$$

由匯流排 1 至匯流排 3 的實功率為

$$P_{13} = \frac{1 \times 1}{0.25} (0.3065 - 0) = 1.226 p.u. = 122.6 MW$$

三、圖二為一模擬發生直接短路故障的簡化電路。已知電路的 $v(t) = 13\sqrt{2} \sin(\omega t + \alpha)$ kV，並且具有最大的直流補償電路，而斷路器於故障發生 ($t=0$) 後 3 個週波啟斷。試求：

- (一)故障電流之交流成分的均方根值。
- (二)在 0.5 週波時，流向斷路器之均方根瞬時電流。
- (三)斷路器在啟斷時之非對稱故障電流的均方根值。



圖二

【擬答】：

$$\Leftrightarrow 0.6i + L \frac{di}{dt} = \sqrt{2} \times 13 \sin(\omega t + \alpha) \text{ (kV)}$$

則其故障電流為

公職王歷屆試題 (103 高普考)

$$i = \frac{\sqrt{2}V}{|Z|} [\sin(\omega t + \alpha - \theta) - \sin(\alpha - \theta) \cdot e^{-\frac{R}{L}t}]$$

$$= \sqrt{2}I [\sin(\omega t + \alpha - \theta) - \sin(\alpha - \theta) \cdot e^{-\frac{R}{L}t}]$$

$$= \sqrt{2} \frac{V}{|z|} [\sin(\omega t + \alpha - \theta) - \sin(\alpha - \theta) e^{-\frac{R}{L}t}] = I_{asy}$$

交流成分的均方根值為 $\frac{13k}{\sqrt{0.6^2 + 6^2}} = 2.156kA$

(二) 在 $t = 0.5T = \frac{1}{120} s$ 時

$$i\left(\frac{1}{120}\right) = 3.049k \sin\left(377 \times \frac{1}{120} + \alpha - 84.29^\circ\right) - 3.049k \sin(\alpha - 84.29^\circ) e^{-\frac{0.6}{6/377} \times \left(\frac{1}{120}\right)}$$

$$= 3.049 \sin(\alpha + 95.71^\circ) - 3.049 \sin(\alpha - 84.29^\circ) \times 0.73$$

$$= 3.049 \sin(\alpha + 95.71^\circ) - 2.223 \sin(\alpha - 84.29^\circ) (kA)$$

(三) 3 個週波啟斷

$$i\left(\frac{1}{720}\right) = 3.049k \sin\left(377 \times \frac{1}{720} + \alpha - 84.29^\circ\right) - 3.049k \sin(\alpha - 84.29^\circ) e^{-\frac{0.6}{6/377} \times \left(\frac{1}{120}\right) \times 6}$$

$$= 3.049 \sin(\alpha - 54.29^\circ) - 3.049 \sin(\alpha - 84.29^\circ) \times 0.152$$

$$= 3.049 \sin(\alpha + 95.71^\circ) - 0.463 \sin(\alpha - 84.29^\circ) (kA)$$

四、有一區域電力系統包含兩部火力發電機組，以經濟調度方式運轉。已知這些機組的運轉成本函數及不等式限制條件為：

$$C_1 = 8P_1 + 7 \times 10^{-3} P_1^2 \$ / hr, \quad 300 \leq P_1 \leq 1000 MW$$

$$C_2 = 9P_2 + 8 \times 10^{-3} P_2^2 \$ / hr, \quad 200 \leq P_2 \leq 600 MW$$

若輸電損失忽略不計，且負載需求為 1400MW。在以經濟調度方式運轉下，試求：

(一) 忽略不等式限制條件下之各機組功率輸出、遞增運轉成本及總運轉成本。

(二) 考慮不等式限制條件下之各機組功率輸出、遞增運轉成本及總運轉成本。

【擬答】：

$$\rightarrow 8 + 0.014P_{G1} = 9 + 0.016P_{G2} = \lambda \text{-----(1)}$$

$$\lambda = \frac{1400 + \frac{8}{0.014} + \frac{9}{0.016}}{\frac{1}{0.014} + \frac{1}{0.016}} = \frac{2533.93}{133.9286} = 18.92$$

$$P_{G1} + P_{G2} = 1400 \text{-----(2)}$$

解上式聯立可得

$$P_{G1} = 780 MW; P_{G2} = 620 MW$$

$$C_1 = 8 \times 780 + 7 \times 10^{-3} \times 780^2 = 10498.8$$

$$C_2 = 9 \times 620 + 8 \times 10^{-3} \times 620^2 = 8655.2$$

(二) P2 已超過，故

$$P_{G1} = 800 MW; P_{G2} = 600 MW$$

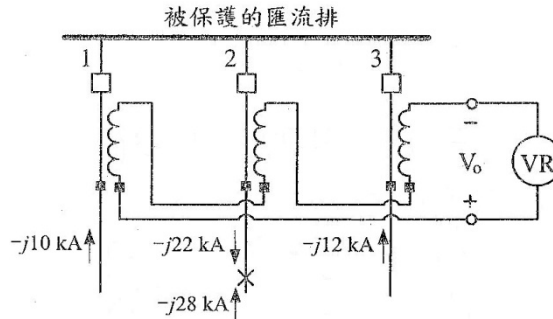
$$C_1 = 8 \times 800 + 7 \times 10^{-3} \times 800^2 = 10880$$

$$C_2 = 9 \times 600 + 8 \times 10^{-3} \times 600^2 = 8280$$

$$\lambda_1 = 8 + 0.014 \times 800 = 19.2$$

$$\lambda_2 = 9 + 0.016 \times 600 = 18.6$$

- 五、圖三為一利用線性耦合器的匯流排差動保護，VR 代表電壓電驛，線性耦合器具有標準值 $X_m = 5m\Omega$ 。假如在保護區外的電力線 2 上發生三相故障引起故障電流，如圖三所示。
- (一)試求 V_0 。
 - (二)若電力線 2 的外部故障改發生於電力線 1 上之相同位置時，試求 V_0 。
 - (三)又若這種故障發生於電力線 2 到電力線 3 之間受保護的匯流排上，試求 V_0 ，並說明其動作情形。



圖三

【擬答】：

(一) $V_0 = (28k + 22k) \times 5m = 250V$

(二) $V_0 = (40k - 22k) \times 5m = 90V$

(三) $V_0 = (32k + 22k) \times 5m = 270V$

差動保護法是發變電所匯流排保護之主要型式，其流進保護電驛動作電路中的差電流，若事故點位於匯流排保護區間中，則流進保護電驛動作線圈中的差動電流不為零，保護電驛可利用此合成電流產生電驛接點動作之轉矩，迅速跳脫相關斷路器，並將事故點自系統中隔離，保障正常設備可繼續運轉，並維持系統穩定供電。