

經濟部所屬事業機構 103 年新進職員甄試試題

類別：台電、台糖、台水、中油

類組：電機(甲)

科目：1.電力系統 2.電機機械

一、某三相、60Hz、345kV輸電線長300公里，每相輸電線電感及電容分別為0.97mH/km、0.0115μF/km，且假設輸電線無損耗，試求：

(註： $\pi=3.14$ ，且弧度換算為度數或度數換算為弧度時均計算至小數點後第2位，以下四捨五入，另三角函數請參考【附表】選擇最靠近之值。)

(一)試求輸電線

1. 相位常數 β (rad/km，計算至小數點後第6位，以下四捨五入) (3分)

2. 突波阻抗 Z_c (Ω ，計算至小數點後第2位，以下四捨五入) (3分)

3. 傳播速度 v (km/s，計算至小數點後第2位，以下四捨五入) (2分)

4. 輸電線波長 λ (km，計算至小數點後第2位，以下四捨五入) (2分)

(二)當輸電線末端為開路，且送電端施加345kV(線電壓)，試計算受電端線電壓(計算至小數點後第2位，以下四捨五入)。(5分)

(三)若為維持無載受電端線電壓為額定值(即345kV)，則須於受電端裝設多少Mvar的三相並聯電抗器(計算至小數點後第2位，以下四捨五入)? (5分)

擬答：

$$(一) \beta = \omega \sqrt{LC} = 377 \times \sqrt{0.97 \times 0.0115 \times 10^{-9}} = 0.001259 \text{ rad/km}$$

$$Z_c = \sqrt{\frac{0.97 \times 10^{-3}}{0.0115 \times 10^{-6}}} = 290.43 \Omega$$

$$v = \frac{1}{\sqrt{LC}} = 2.99 \times 10^5 \text{ km/s}$$

$$\lambda = \frac{v}{f} = 4983.33 \text{ km}$$

$$(二) \beta l = 0.001259 \times 300 = 0.3777 \text{ rad} = 21.64^\circ$$

$$V_R = \frac{345 \text{ k}}{\sqrt{3}} = 199.186 \text{ k} \angle 0^\circ : I_R = 0$$

所以代入

$$\begin{bmatrix} V_S \\ I_S \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos 21.64^\circ & j290.43 \times \sin 21.64^\circ \\ j \frac{1}{290.43} \times \sin 21.64^\circ & \cos 21.64^\circ \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 199.186 \text{ k} \angle 0^\circ \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} 0.9295 & j107.1106 \\ j1.2698 \times 10^{-3} & 0.9295 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 199.186 \text{ k} \angle 0^\circ \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 185.143 \text{ k} \\ j252.926 \end{bmatrix}$$

則

$$V_{S(L)} = \sqrt{3} \times 185.143 \text{ k} = 320.68 \text{ kV}$$

(三)當 $V_S = V_R$ 時，若 $\frac{V_R}{I_R} = jX_L$ ，則

$$V_S = \left[\cos \beta l + \frac{Z_C}{X_L} \sin \beta l \right] V_R$$

$$I_S = \left[-\frac{1}{Z_C} \sin \beta l X_L + \cos \beta l \right] I_R$$

當 $V_S = V_R$ 時，所需補償之電抗器之值為

$$X_L = \frac{\sin \beta l}{1 - \cos \beta l} \times Z_C = \frac{\sin 21.64^\circ}{1 - \cos 21.64^\circ} \times 290.43 = \frac{0.3688}{1 - 0.9295} \times 290.43 = 1519.2991 \Omega$$

$$Q_{3\phi} = \frac{V_L^2}{X_L} = \frac{(345k)^2}{1519.2991} = 78.34 \text{ MVAR}$$

二、有一台最大輸出功率為 $P_{\max} = 2 \text{ p.u.}$ 的發電機，其慣量 $M = \frac{H}{\pi f_0} = 0.03 \text{ p.u.}$ ，經由一純電感性輸電線

將 1.0 p.u. 的電功率輸送至無限匯流排。當發電機輸出端發生故障，造成電壓降至零，但故障排除後，系統即再恢復至原來的運轉情況，試求：

(註： $\pi = 3.14$ ，且徑度換算為度數或度數換算為徑度時均計算至小數點後第 2 位，以下四捨五入，另三角函數請參考【附表】選擇最靠近之值。)

(一) 此系統的平衡點 δ_0 (rad，計算至小數點後第 2 位，以下四捨五入)。(5 分)

(二) 此系統的故障臨界清除角 δ_{cr} (rad，計算至小數點後第 2 位，以下四捨五入)。(5 分)

(三) 此系統的故障臨界清除時間 t_{cr} (秒，計算至小數點後第 2 位，以下四捨五入)。(5 分)

擬答：

$$(一) P_e = \frac{V_1 \times V_2}{X} \sin \delta = P_{\max} \times \sin \delta \Rightarrow 1 = 2 \times \sin \delta \Rightarrow \delta_0 = 30^\circ = 0.52 \text{ rad}$$

(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} ，

臨界清除時間 $\delta_{cr} = \cos^{-1} [(\pi - 2\delta_0) \sin \delta_0 - \cos \delta_0]$ ，則

$$\delta_{cr} = \cos^{-1} [(\pi - 2 \times 0.52) \sin 30^\circ - \cos 30^\circ]$$

$$= \cos^{-1} [1.051 - 0.866] = 79.63^\circ = 1.39 \text{ rad}$$

(三) 臨界消除時間 $t_{cr} = \sqrt{\frac{4H(\delta_{cr} - \delta_0)}{\omega_s P_m}}$ ，則

$$t_{cr} = \sqrt{\frac{4H(\delta_{cr} - \delta_0)}{\omega_s P_m}} = \sqrt{\frac{4 \times 0.03 \times \pi \times f \times (1.39 - 0.52)}{2 \times \pi \times f \times 1}} = 0.23 \text{ s}$$

三、有四座火力發電廠，單位為元/MWh 的燃料成本函數分別為：

(註：發電量計算結果請取實際值，不得為近似值。)

$C_1(P_1) = 200 + 15P_1 + 0.2P_1^2$ 元/MWh，且最大發電量為 100MW、

$C_2(P_2) = 250 + 17P_2 + 0.1P_2^2$ 元/MWh，且最大發電量為 150MW、

$C_3(P_3) = 400 + 12P_3 + 0.2P_3^2$ 元/MWh，且最大發電量為 160MW、

$C_4(P_4) = 500 + 2P_4 + 0.05P_4^2$ 元/MWh，且最大發電量為 200MW；

若忽略輸電線耗損，試求當系統總負載為 500MW 時，在符合經濟調度下，則 P_1 、 P_2 、 P_3 發電廠的發電量各為多少？

擬答：

(一) 燃料遞增成本如下：

$$IC_1 = 15 + 0.4P_1; IC_2 = 17 + 0.2P_2; IC_3 = 12 + 0.4P_3; IC_4 = 2 + 0.1P_4$$

則

$$15 + 0.4P_1 = 17 + 0.2P_2 = 12 + 0.4P_3 = 2 + 0.1P_4 = \lambda$$

$$P_1 + P_2 + P_3 + P_4 = 500$$

$$\lambda = \frac{500 + \frac{15}{0.4} + \frac{17}{0.2} + \frac{12}{0.4} + \frac{2}{0.1}}{\frac{1}{0.4} + \frac{1}{0.2} + \frac{1}{0.4} + \frac{1}{0.1}} = 33.625$$

$$\Rightarrow P_1 = 46.5625MW; P_2 = 83.125MW; P_3 = 54.0625MW; P_4 = 316.25MW$$

顯然 P_4 已超過最大發電量，則 $P_4 = 200MW$

(二)重新修正如下：

$$15 + 0.4P_1 = 17 + 0.2P_2 = 12 + 0.4P_3 = \lambda$$

$$P_1 + P_2 + P_3 = 300$$

$$\lambda = \frac{300 + \frac{15}{0.4} + \frac{17}{0.2} + \frac{12}{0.4}}{\frac{1}{0.4} + \frac{1}{0.2} + \frac{1}{0.4}} = 45.25$$

$$\Rightarrow P_1 = 75.625MW; P_2 = 141.25MW; P_3 = 83.125MW$$

四、甲、乙兩具同步發電機採並聯運轉供給負載，負載電流1500A，功率因數為0.8（滯後），

(一)當兩具同步發電機提供相同實功，且甲機負載電流1000A時，試求：

(1)甲機之功率因數。(5分)

(2)乙機之負載電流。(5分)

(二)當甲機提供實功為乙機之2倍，且乙機負載電流為500A時，試求：

(1)甲機之負載電流。(5分)

(2)乙機之功率因數。(5分)

擬答：

$$(一) P_1 + P_2 = 2P_1 = P_L$$

$$I_1 + I_2 = I_L$$

$$2|V||I_1|\cos\theta_1 = |V||I_L|\cos\theta_L, |I_1|\angle -\theta_1 + I_2 = |I_L|\angle -\theta_L$$

$$2 \times 1000 \times \cos\theta_1 = 1500 \times 0.8$$

$$1. \cos\theta_1 = 0.6 \text{ (落後)}$$

$$2. I_2 - 1500 \angle -\cos^{-1} 0.8 - 1000 \angle \cos^{-1} 0.6 = 608 \angle -9.46^\circ$$

$$|I_2| = 608A$$

$$(二) P_1 + P_2 = 2P_L + P_2 = P_L$$

$$I_1 + I_2 = I_L$$

$$3|V||I_2|\cos\theta_2 = |V||I_L|\cos\theta_L, I_1 + I_2 \angle -\theta_2 = |I_L|\angle -\theta_L$$

$$3 \times 500 \cos\theta_2 = 1500 \times 0.8$$

$$\cos\theta_2 = 0.8 \text{ (落後)}$$

$$1. I_1 = 1500 \angle -\cos^{-1} 0.8 - 500 \angle \cos^{-1} 0.8 = 1000 \angle -36.87^\circ$$

$$|I_1| = 1000A$$

$$2. \cos\theta_2 = 0.8 \text{ (落後)}$$

五、一具額定電壓210V之直流分激電動機，其電樞電阻0.2Ω，場電阻420Ω，當電動機負載為2kW

時其轉速為1200rpm，機械損失及摩擦損失視為定值80W，忽略碳刷壓降與電樞反應，且電動機操作於磁化曲線線性區，試求：

(註：計算至小數點後第3位，以下四捨五入。)

(一)此電動機之效率。(5分)

(二)在同轉速下欲將負載提升至2.5kW，輸入電壓應提高至多少？(5分)

公職王歷屆試題 (經濟部所屬事業機構 103 年新進職員甄試試題)

(三)若輸入電壓維持額定電壓210V，場電阻應更改為多少才能在同轉速下將負載提升至5kW？

(5分)

擬答：

$$\eta = \frac{P_o}{P_{in}}$$

$$P_{內部} = P_m + P_{摩擦} = 2K + 80 = 2080W = E_a I_a = (210 - 0.2I_a)I_a$$

$$0.2I_a^2 - 210I_a + 2080 = 0, I_a = 10A (1040A 為不合理想)$$

$$P_{in} = P_{內部} + P_{a(銅)} + P_{f(銅)} = 2080 + 10^2 \times 0.2 + \frac{210^2}{420} = 2205W$$

$$(一) \eta = \frac{2K}{2205} = 0.907$$

$$(二) P_o' = 2.5k \Rightarrow P_{內部}' = 2.5 + 80 = 2580W = E_a' \cdot I_a' = (V_t' - 0.2I_a') \cdot I_a'$$

其中 $E_a' \propto \phi n \propto V_t / R_f \cdot n \cdot \alpha V_t$, $E_a' / E_a = V_t' / V_t$

$$E_a' = (210 - 0.2 \times 10) \times V_t' / 210 = 0.99V_t' = V_t' - 0.2I_a' \Rightarrow V_t' = 21I_a'$$

$$2580 = (21 - 0.2) (I_a')^2, I_a' = 11.137A, V_t' = 233.882V$$

輸入電壓應提高至223.882V

$$(三) P_o'' = 5k, P_{內部}'' = 5k + 80 = 5080 = (V_t'' - 0.2I_a'') \cdot I_a'' = E_a'' \cdot I_a'' \dots \textcircled{1}$$

$E_a \propto V_t / R_f$ ($\because n$ 相同)

$$\frac{E_a''}{E_a} = \frac{V_t'' / R_f''}{V_t / R_f} = \frac{420}{R_f''}, E_a'' = (210 - 0.2 \times 10) \cdot 420 / R_f'' = V_t'' - 0.2I_a'' = 210 - 0.2I_a'' \dots \textcircled{2}$$

$$\text{由 } \textcircled{1} 5080 = (210 - 0.2I_a'') \cdot I_a'', I_a'' = 24.77A (1025.2A \text{ 不合理想})$$

$$\text{代入 } \textcircled{2} R_f'' = \frac{208 \times 420}{210 - 0.2 \times 24.775} = 426.05\Omega$$

六、一具額定功率60kVA，變壓比2200 V/220 V之雙繞組單相變壓器，滿載情況下功率因數為0.95

(滯後)且效率為95%，將此變壓器接成變壓比2200 V/2420 V之升壓自耦變壓器，試求：

(一)此自耦變壓器之損失為多少(kW)？(5分)

(二)此自耦變壓器之容量為多少(kVA)？(5分)

(三)此自耦變壓器滿載下且功率因數為0.95(滯後)時，效率為何？(5分)

擬答：

(一)改接為自耦變壓器前後損失不變

$$\eta_{普通} = 0.95 = \frac{60K \times 0.95}{60K \times 0.95 + P_{loss}}, P_{loss} = 3k(W) = 3(kW)$$

$$(二) S_{quoto} = S_{自耦} = (1+a)S_{普通} = (1 + \frac{2200}{220}) \cdot 60 = 660kVA$$

$$(三) \eta_{quoto} = \frac{660K \times 0.95}{660K \times 0.95 + 3k} = 0.9952$$

【附表】

三角函數參考表

角度 (Deg)	sin	cos
21.55	0.3673	0.9301
21.56	0.3675	0.9300
21.57	0.3676	0.9300
21.58	0.3678	0.9299
21.59	0.3680	0.9298
21.60	0.3681	0.9298
21.61	0.3683	0.9297
21.62	0.3684	0.9296
21.63	0.3686	0.9296
21.64	0.3688	0.9295
21.65	0.3689	0.9295
⋮	⋮	⋮
79.55	0.9834	0.1814
79.56	0.9834	0.1812
79.57	0.9835	0.1810
79.58	0.9835	0.1809
79.59	0.9835	0.1807
79.60	0.9836	0.1805
79.61	0.9836	0.1803
79.62	0.9836	0.1802
79.63	0.9837	0.1800
79.64	0.9837	0.1798
79.65	0.9837	0.1797
⋮	⋮	⋮
150.15	0.4977	-0.8673
150.16	0.4976	-0.8674
150.17	0.4974	-0.8675
150.18	0.4973	-0.8676
150.19	0.4971	-0.8677
150.20	0.4970	-0.8678
150.21	0.4968	-0.8679
150.22	0.4967	-0.8679
150.23	0.4965	-0.8680
150.24	0.4964	-0.8681
150.25	0.4962	-0.8682