

108 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：電機機械

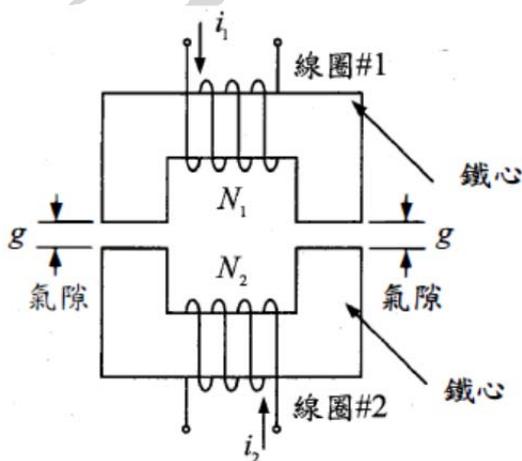
一、由兩塊鐵心及兩個線圈組合磁路示意如下圖，線圈#1 的匝數 $N_1=200$ 匝，線圈#2 的匝數 $N_2=300$

匝，每塊鐵心的磁路平均長度為 $\ell_c=20\text{cm}$ ，鐵心的截面積 A_c 與氣隙的截面積 A_g 相等，

$A_c=A_g=4\text{cm}^2$ ，鐵心的導磁係數為 $\mu_c=100\mu_0$ ，氣隙的導磁為 $\mu_0=4\pi\times 10^{-7}\text{H/m}$ ，每個氣隙的間距為 $g=2\text{mm}$ 。若忽略線圈的漏磁及氣隙的邊緣效應，試求：

(一)此兩線圈的自感及互感。(10 分)

(二)若線圈的電流 $i_1=10\text{A}$ ， $i_2=5\text{A}$ 時，計算鐵心的磁通密度及此系統總儲存能量。(10 分)



1. 《考題難易》★★★★

2. 《破題關鍵》

$$L = \frac{N^2}{\mathfrak{R}} = \frac{N^2}{\mathfrak{R}_c + \mathfrak{R}_g}, \quad Li = N\phi, \quad \phi = \frac{N \times i}{\mathfrak{R}_c + \mathfrak{R}_g}, \quad \mathfrak{R} = \frac{l}{\mu A}, \quad M = M_{21} = M_{12} = \frac{N_2 \phi_{12}}{i_1} = \frac{N_1 \phi_{21}}{i_2},$$

$$W = \frac{1}{2} L_1 i_1^2 + \frac{1}{2} L_2 i_2^2 + M i_1 i_2$$

【擬答】

(一)

$$L = \frac{N^2}{\mathfrak{R}} = \frac{N^2}{\mathfrak{R}_c + \mathfrak{R}_g}, \quad Li = N\phi, \quad \phi = \frac{N \times i}{\mathfrak{R}_c + \mathfrak{R}_g}, \quad \mathfrak{R} = \frac{l}{\mu A}$$

$$\phi_1 = \frac{200 \times i_1}{\frac{0.2 \times 2}{100 \times 4\pi \times 10^{-7} \times \frac{4}{100^2}} + \frac{0.002 \times 2}{4\pi \times 10^{-7} \times \frac{4}{100^2}}} = 1.2566371 \times 10^{-5} i_1$$

$$\phi_2 = \frac{300 \times i_2}{\frac{0.2 \times 2}{100 \times 4\pi \times 10^{-7} \times \frac{4}{100^2}} + \frac{0.002 \times 2}{4\pi \times 10^{-7} \times \frac{4}{100^2}}} = 1.8849556 \times 10^{-5} i_2$$

$$L_1 = \frac{N_1 \phi_1}{i_1} \approx 2.5133 \text{ mH}$$

$$L_2 = \frac{N_2 \phi_2}{i_2} \approx 5.6549 \text{ mH}$$

$$M = M_{21} = M_{12} = \frac{N_2 \phi_{12}}{i_1} = \frac{N_1 \phi_{21}}{i_2} = 3.7699 \text{ mH} \quad (\text{兩線圈磁通方向相同，故為正值})$$

$$(\text{二}) \phi = \phi_1 + \phi_2 = 1.2566371 \times 10^{-5} \times 10 + 1.8849556 \times 10^{-5} \times 5 \approx 2.1991 \times 10^{-4} \text{ Wb}$$

$$\text{磁通密度：} B = \frac{2.1991 \times 10^{-4} \text{ Wb}}{\frac{4}{100^2}} = 0.5498 \text{ Wb/m}^2$$

$$\text{總儲存能量：} W = \frac{1}{2} L_1 i_1^2 + \frac{1}{2} L_2 i_2^2 + M i_1 i_2$$

$$W = \frac{1}{2} \times 2.5133 \times 10^{-3} \times 10^2 + \frac{1}{2} \times 5.6549 \times 10^{-3} \times 5^2 + 3.7699 \times 10^{-3} \times 10 \times 5$$

$$W \approx 0.38485 \text{ 焦耳}$$

二、某一台三相變壓器的線電壓額定為 13.8kV：380 V，額定容量為 500 kVA，額定頻率為 60Hz，在額定電壓及頻率操作的鐵心損失為 4kW。當低壓側繞組接三相短路，高壓側繞組接三相電源，在高壓側測量數據：線電壓為 315V，線電流為 20.9 A，總實功率為 6kW。若低壓側繞組接三相負載，負載為額定電壓及頻率，且總實功率為 300kW，功率因數為 0.8 滯後，試求此三相變壓器的效率及電壓調整率。(答案的數值寫至小數點後第三位) (20 分)

1. 《考題難易》★★★

2. 《破題關鍵》標么值、 $\varepsilon\% = (p \times \cos \theta + q \times \sin \theta) \times 100\%$

【擬答】

$$\text{一次電流額定值：} I_H = \frac{500 \text{ kVA}}{\sqrt{3} \times 13.8 \text{ kV}} \text{ A}$$

$$\text{鐵損標么值 } P_{S_{pu}} = \frac{4 \text{ k}}{500 \text{ k}} = 0.008 \text{ pu}$$

短路時各標么值：

$$V_{S_{pu}} = \frac{315 \text{ V}}{13.8 \text{ kV}} = \frac{21}{920} \text{ pu}, \quad I_{S_{pu}} = \frac{20.9}{500 \text{ kVA}} = 1 \text{ pu}, \quad P_{S_{pu}} = \frac{6 \text{ k}}{500 \text{ k}} = 0.012 \text{ pu}$$

$$\text{滿載銅損標么值：} P_{cu} = 0.012 - \left(\frac{315}{13.8 \text{ k}} \right)^2 \times 0.008 = 0.01199583176 \text{ pu}$$

$$\frac{IR}{V} = 0.01199583176, \quad \frac{IX}{V} = \sqrt{\left(\frac{21}{920} \times 1\right)^2 - 0.01199583176^2} = 0.01941984207$$

$$\text{效率: } \eta\% = \frac{\frac{300k}{500k}}{\frac{300k}{500k} + 0.008 + \left(\frac{300}{500}\right)^2 \times 0.01199583176} \times 100\% = 97.799\%$$

電壓調整率:

$$\varepsilon\% = \frac{\frac{300k}{500k} \times 0.8}{500k} \times (0.01199583176 \times 0.8 + 0.01941984207 \times 0.6) \times 100\% \approx 1.594\%$$

三、某一台三相、4 極、Y 接的永磁式同步電動機，每相的等效同步電感為 10mH，在轉速為 2400 轉/分時的感應電勢為 320V(線電壓)，忽略電樞電阻及旋轉損失。若三相電源的線電壓為 380V，輸出總功率為 10kW，且轉速為 2400 轉/分，試求三相電源的頻率、電動機輸入電流及輸入的功率因數。(20 分)

1. 《考題難易》★★(1.5 顆星)

2. 《破題關鍵》 $N_s = \frac{120}{P} \times f$ 、 $P = \frac{E \times V}{X} \times \sin \delta^\circ$

【擬答】

$$\text{頻率: } N_s = \frac{120}{P} \times f, \quad f = 80 \text{ Hz}$$

$$10kW = 3 \times \frac{\frac{320}{\sqrt{3}} \times \frac{380}{\sqrt{3}}}{2\pi \times 80 \times 10 \times 10^{-3}} \times \sin \delta$$

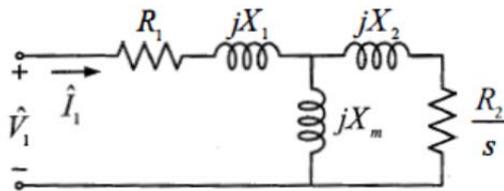
$$\text{轉矩角 } \delta = 24.41655^\circ$$

$$\text{輸入電流: } I = \frac{\frac{380}{\sqrt{3}} - \frac{320}{\sqrt{3}} \angle -24.41655^\circ}{j2\pi \times 80 \times 10 \times 10^{-3}} = 18.28795 \angle -33.8201^\circ \text{ A}$$

$$\text{輸入電流: } = 18.28795 \text{ A}$$

$$\text{功率因數: } = \cos(33.8201^\circ) \approx 0.831$$

四、某一台三相、Y 接、460V (線電壓)、60Hz、6 極的感應電動機，每相定子的等效電路如下圖所示，若 $R_1=1.25\Omega$ 、 $X_1=X_2=1.60\Omega$ ， $X_m=60.0\Omega$ ，忽略鐵心損失及旋轉損失，試求在額定電壓及頻率操作，電磁功率為 12kW，滑差率為 0.042，計算電動機的電磁轉矩，以及下圖中轉子側的等效電阻 R_2 。(20 分)

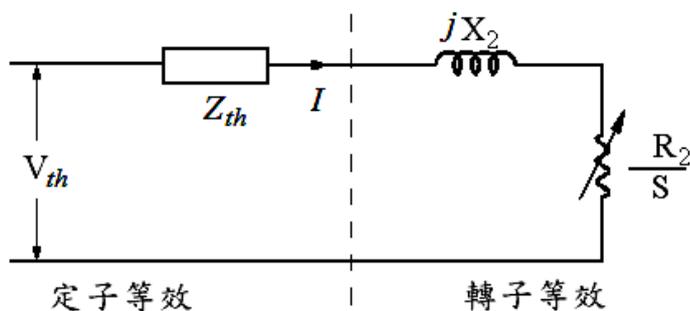


1. 《考題難易》★★★★
 2. 《破題關鍵》感應機等效電路

【擬答】

$$\text{轉速 } N_r = N_s(1-S) = \frac{120}{P} f \times (1-S) = \frac{120}{6} \times 60 \times (1-0.042) = 1149.6 \text{ rpm}$$

$$\text{電磁轉矩: } T = \frac{12\text{kW}}{2\pi \times \frac{1149.6}{60}} = 99.6795 \text{ N-m}$$



$$V_{th} = \frac{\frac{460}{\sqrt{3}} \times (j60)}{1.25 + j1.6 + j60} = 258.63 \angle 1.1625^\circ$$

$$Z_{th} = \frac{(1.25 + j1.6) \times j60}{1.25 + j1.6 + j60} = 1.97725 \angle 53.164^\circ$$

$$\text{流過 } \frac{R_2}{S} \text{ 的電流 } I = \frac{258.63 \angle 1.1625^\circ}{1.97725 \angle 53.164^\circ + j1.6 + \frac{R_2}{S}}$$

$$I^2 \frac{R_2}{S} = \frac{12\text{kW}}{1-0.042} = 12526.096, \quad |I| = \sqrt{\frac{12526.096}{\frac{R_2}{S}}} \text{ 帶入下式}$$

$$|I| = \left| \frac{258.63 \angle 1.1625^\circ}{1.97725 \angle 53.164^\circ + j1.6 + \frac{R_2}{S}} \right|$$

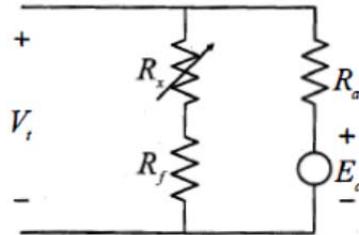
$$\text{求得 } \frac{R_2}{S}, \quad S = 0.042 \text{ 解出 } R_2$$

公職王歷屆試題 (108 年地方政府特考)

五、某一台分激式直流電動機(DC shunt motor)的激磁場繞組的電阻 $R_f=100\Omega$ ，電樞電阻 $R_a=0.25\Omega$ ，等效電路如下圖所示，圖中 E_a 感應電動勢或反電動勢， R_x 為串聯於激磁場繞組， R_x 可調整範圍為 0Ω 至 100Ω 。當電動機端電壓 V 為 $120V$ ，電樞電流為 $8A$ ，則轉速為 1200 轉/分。忽略電樞反應及鐵心的磁飽和，試求：

(一)若電動機端電壓 V_t 為 $120V$ 、 $R_x=0\Omega$ 、電磁轉矩為 $50N\cdot m$ ，計算電動機的電樞電流及轉速。(10 分)

(二)若電動機端電壓 V_t 為 $100V$ ，調整串聯電阻 R_x 使轉速為 1500 轉/分、電磁功率為 $5kW$ ，計算此串聯電阻 R_x 的值。(10 分)



1. 《考題難易》★★★

2. 《破題關鍵》 $E = k\phi\omega$ 、 $T = k\phi I_a$

【擬答】

(一)

$$120 - 8 \times 0.25 = k\phi\omega = k\phi \times 2\pi \times \frac{1200}{60}, \quad k\phi = \frac{59}{20\pi}$$

$$50 = k\phi I_a = \frac{59}{20\pi} \times I_a, \quad I_a = \frac{1000\pi}{59} \text{ A}$$

$$120 - \frac{1000\pi}{59} \times 0.25 = k\phi\omega = \frac{59}{20\pi} \times 2\pi \times \frac{N}{60}$$

$$N = 1084.9644 \text{ rpm}$$

(二)

$$5kW = E_b I_a = (100 - I_a \times 0.25) \times I_a, \quad I_a = 58.57864 \text{ A}$$

$$E_b = 85.35534 \text{ V}$$

$$\frac{k\phi\omega}{k\phi'\omega'} = \frac{120 - 8 \times 0.25}{85.35534}, \quad \frac{\phi \times 1200}{\phi' \times 1500} = \frac{118}{85.35534}, \quad \frac{\phi}{\phi'} = 1.72807$$

$$1.72807 = \frac{\phi}{\phi'} = \frac{I}{I'} = \frac{\frac{120}{100}}{\frac{100}{100 + R_x}}, \quad R_x = 44.006 \text{ } \Omega$$