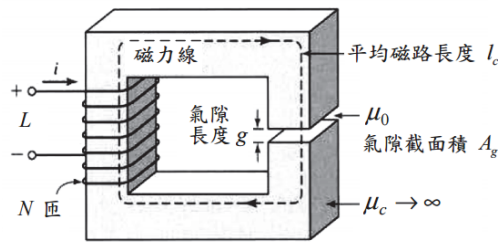


104 年公務人員高等考試三級考試試題

類 科：電力工程
科 目：電機機械

- 一、如圖一所示之磁路，假設鐵心之導磁為無窮大 ($\mu_c \rightarrow \infty$)，平均磁路長度 $l_c = 20\text{cm}$ ，氣隙長度 $g = 0.2\text{cm}$ ，氣隙截面積 $A_g = 5\text{cm}^2$ ，氣隙之導磁率 (permeability) 為 $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{H/m}$ ，繞組之匝數 $N = 500$ 匝，
- (一) 試求該繞組的電感值 L 。(5 分)
- (二) 若繞組通以一直流電流 $i = 5\text{A}$ ，則氣隙中儲存的磁能為何？(10 分)



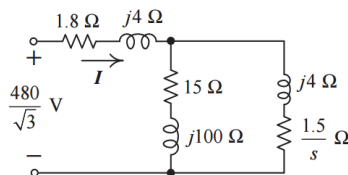
圖一

【擬答】

$$(一) L = \frac{N^2}{\mathfrak{R}} = \frac{N^2}{\mathfrak{R}_c + \mathfrak{R}_g} = \frac{N^2}{\frac{l_c}{\mu_c A_c} + \frac{l_g}{\mu_0 A_g}} = \frac{500^2}{0 + \frac{0.2 \times 10^{-2}}{4\pi \times 10^{-7} \times 5 \times 10^{-4}}} = 0.07854 \text{ H}$$

$$(二) W = \frac{1}{2} L \times I^2 = \frac{1}{2} \times 0.07854 \times 5^2 = 0.98175 \text{ J}$$

- 二、一部 480V (線電壓)、四極、Y 接、60Hz、額定輸出 10kW 之三相感應電動機，其每相等效電路及參數如圖二所示。當此電動機以外力帶動，以 1900rpm 高於同步轉速運轉，即運轉於發電機模式 (generator mode) 時，
- (一) 計算轉差率 S 之值。(5 分)
- (二) 計算線電流 I (大小及相角)。(10 分)
- (三) 此感應發電機送入電源的三相有效功率。(5 分)
- (四) 此感應發電機從電源吸收的三相無效功率。(5 分)



圖二

【擬答】

(一)

$$\text{同步轉速 } N_s = \frac{120}{P} \times f = \frac{120}{4} \times 60 = 1800 \text{ rpm}$$

$$\text{轉差率 } S = \frac{1800 - 1900}{1800} \times 100\% = \frac{-1}{18} \times 100\% = -5.556\%$$

(二)

$$\text{線電流 } I_L = \frac{480}{\sqrt{3} \left[1.8 + j4 + \left(15 + j100 \right) // \left(\frac{1.5}{\frac{-1}{18}} + j4 \right) \right]} = -8.713 - j5.659 = 10.389 \angle -147^\circ \text{ A}$$

(三)

$(-I_L)^*$: 送入電源之線電流共軛複數

$$S = \sqrt{3} V_L \times (-I_L)^* = \sqrt{3} \times 480 \times (-10.389 \angle -147^\circ)^* = \sqrt{3} \times 480 \times (-10.389 \angle 147^\circ)$$

$$S = 7243.852 - j4704.804 \text{ VA}$$

送入電源的三相有效功率 7243.852 W

(四)

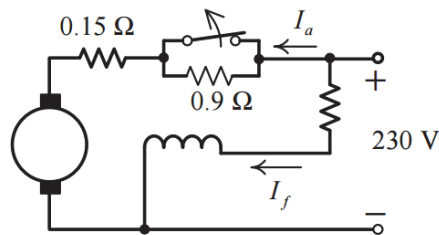
感應發電機送入電源的三相無效功率 $(-4704.804) \text{ VAR}$

故此感應發電機向電源吸收的三相無效功率為 4704.804 VAR

三、如圖三所示，一部 230V 之直流並機電動機之電樞電阻為 0.15Ω ，當該電動機由 230V 之直流電源供電時，電樞電流為 75A。如果負載轉矩及磁場電阻的設定都保持不變，在插入一 0.9Ω 之外加電阻與電樞串聯之後，(每小題 10 分，共 20 分)

(一) 計算該電動機之電樞電流。

(二) 計算該電動機之轉速為原轉速的百分比。



圖三 直流並激電動機之等效電路

【擬答】

(一)

轉矩 $T = k\phi I_a$ ，由題意知：轉矩與場電阻不變，表示 T 及 ϕ ，即電樞電流亦將不會變
 電動機之電樞電流 $I_a = 75 \text{ A}$

(二)

電動機原來之電樞反電勢 $E = 230 - 0.15 \times 75 = 218.75 \text{ V}$

公職王歷屆試題 (104 高考)

加入 0.9Ω 後電動機之電樞反電勢 $E' = 230 - (0.15 + 0.9) \times 75 = 151.25 \text{ V}$

因轉速與反電勢的關係為 $E = k\phi n$ ，得：

$$\frac{151.25}{218.75} = \frac{k\phi n'}{k\phi n}, \quad \frac{n'}{n} = 0.69143 = 69.143\%$$

電動機之轉速為原轉速的 69.143%

四、一部 20kVA、2400/240V、60Hz 之單相配電變壓器，其開路及短路試驗之紀錄如下表所示：(每小題 10 分，共 20 分)

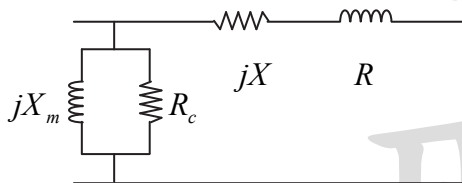
	電壓(V)	電流(A)	功率(W)
高壓側開路，自低壓側所測得之數據	240	1.066	126.6
低壓側短路，自高壓側所測得之數據	57.5	8.34	284

(一)繪出該變壓器低壓側之等效電路，並標註所有電路元件之阻抗歐姆值。

(二)當此變壓器供應額定電壓、功因 0.8 落後的滿載電流時，其效率為何？

【擬答】

(一)



開路試驗得到的數據為低壓側數據：

$$g_0 = \frac{P_o}{V_o^2} = \frac{126.6}{240^2}, \quad R_c = \frac{1}{g_0} = 455 \text{ } \Omega$$

$$y_0 = \frac{I_o}{V_o} = \frac{1.066}{240} = 4.44167 \times 10^{-3}$$

$$b_0 = \sqrt{(4.44167 \times 10^{-3})^2 - \left(\frac{126.6}{240^2}\right)^2} = 3.85974 \times 10^{-3}, \quad X_m = \frac{1}{b_0} = 259 \text{ } \Omega$$

短路試驗得到的數據為高壓側數據：

$$R_H = \frac{P_s}{I_s^2} = \frac{284}{8.34^2} = 4.0831 \text{ } \Omega$$

$$Z_H = \frac{V_s}{I_s} = \frac{57.5}{8.34} = 6.8945 \text{ } \Omega$$

$$X_H = \sqrt{(6.8945)^2 - (4.0831)^2} = 5.5554 \text{ } \Omega$$

折算到低壓側數據：

$$a = \frac{2400}{240} = 10$$

$$R = \frac{4.0831}{10^2} = 0.040831 \text{ } \Omega$$

$$X = \frac{5.5554}{10^2} = 0.05554 \text{ } \Omega$$

(二)

公職王歷屆試題 (104 高考)

當此變壓器供應額定電壓、功因 0.8 落後的滿載電流時，其效率為：

$$\eta = \frac{20kVA \times 0.8}{20kVA \times 0.8 + 126.6W + 284W} \times 100\% = 97.498\%$$

五、一部 14 極、三相 Y 接、額定 120MVA、13.2kV、60Hz、功因 0.8 落後，水輪驅動之凸極式同步發電機，其每相之直軸及交軸電抗分別為 $X_d = 0.62 \Omega$ 及 $X_q = 0.4 \Omega$ 。所有的轉動損失皆可忽略，當此發電機在額定條件下，(每小題 10 分，共 20 分)

(一) 計算發電機的功率角 (power angle) δ 。

(二) 計算每相的電樞電壓 (excitation voltage) E_a 。

【擬答】

(一)

$$I_A = \frac{120MVA}{\sqrt{3} \times 13.2kV} \angle -\cos^{-1} 0.8 = 5248.64 \angle -36.87^\circ$$

$$E_A'' = V_\phi + R_A I_A + jX_q I_A = \frac{13.2kV \angle 0^\circ}{\sqrt{3}} + 0 + j0.4 \times 5248.64 \angle -36.87^\circ = 8880.6972 + j1679.5648$$

$$E_A'' = 9038.126 \angle 10.71^\circ$$

$$\text{功率角 } \delta = 10.71^\circ$$

(二)

$$I_d = I_A \times \sin(\theta + \delta) \angle (\delta - 90^\circ) = 5248.64 \times \sin(36.87^\circ + 10.71^\circ) \angle (10.71^\circ - 90^\circ) = 3874.65 \angle -79.29^\circ$$

$$I_q = I_A \times \cos(\theta + \delta) \angle (\delta) = 5248.64 \times \cos(36.87^\circ + 10.71^\circ) \angle (10.71^\circ) = 3540.52 \angle 10.71^\circ$$

$$E_A = V_\phi + jX_d I_d + jX_q I_q = \frac{13.2kV \angle 0^\circ}{\sqrt{3}} + j0.62 \times 3874.65 \angle -79.29^\circ + j0.4 \times 3540.52 \angle 10.71^\circ$$

$$E_A = 9718.274 + j1837.974 = 9890.55 \angle 10.71^\circ \quad V$$