

109 年公務人員特種考試警察人員、一般警察人員考試及 109 年特種考試交通事業鐵路人員考試試題

考試別：鐵路人員考試

等 別：高員三級考試

類科別：電力工程

科 目：電機機械

一、圖一中參數如下：圖一中參數如下： $N_1 = 100$ 匝、 $N_2 = 200$ 匝、

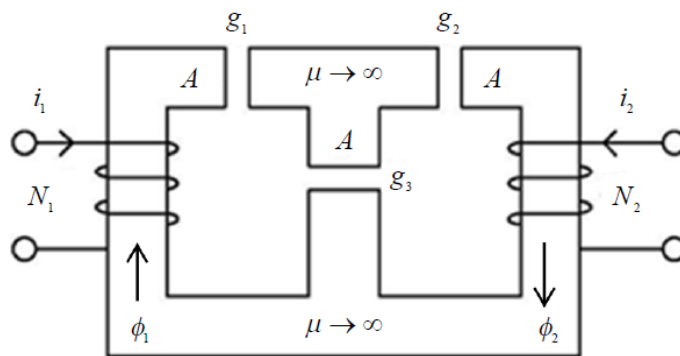
$g_1 = g_2 = 1\text{mm}$ 、 $g_3 = 2\text{mm}$ 、 $i_1 = 1\text{A}$ 、 $i_2 = 2\text{A}$ 、 $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}\text{H/m}$ 、鐵心材料的導磁係數 μ 接近無窮大，磁路截面積 A 為 200mm^2 。假設忽略漏磁通與邊緣磁通，計算：

(一) 磁通量 ϕ_1 與 ϕ_2 。(7 分)

(二) N_1 與 N_2 繞組的自感與兩繞組間的互感。(7 分)

(三) 儲存在該系統的總磁能。(7 分)

(四) 當 $g = 0$ 時，此時 N_1 與 N_2 兩繞組間的互感變為多少？(4 分)



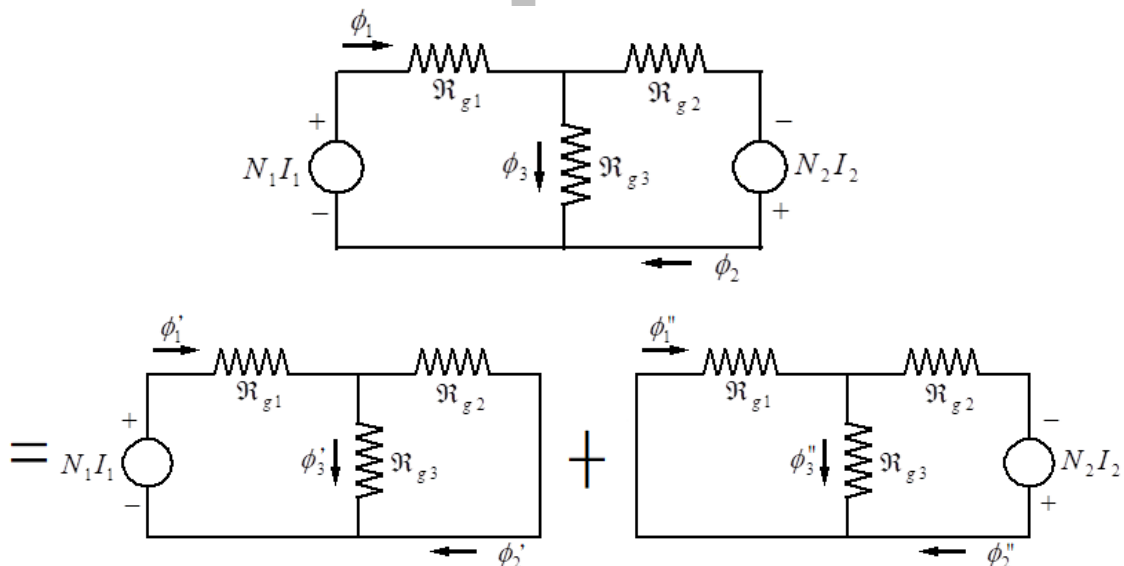
圖一

《考題難易》★★★

《破題關鍵》霍普金森定律 (磁路歐姆定律)、能量

【擬答】

(一)



公職王歷屆試題 (109 鐵路人員考試)

$$\mathfrak{R}_{g1} = \mathfrak{R}_{g2} = \frac{0.001}{4\pi \times 10^{-7} \times \frac{200}{10^6}} = 3978.873k \text{ NI/Wb}$$

$$\mathfrak{R}_{g3} = \frac{0.002}{4\pi \times 10^{-7} \times \frac{200}{10^6}} = 7957.747k \text{ NI/Wb}$$

$$\phi'_1 = \frac{N_1 I_1}{\mathfrak{R}_{g1} + (\mathfrak{R}_{g2} // \mathfrak{R}_{g3})} = \frac{100 \times 1}{3978.873k + (3978.873k // 7957.747k)} = 15.0796 \text{ mWb}$$

$$\phi'_2 = \phi'_1 \times \frac{\mathfrak{R}_{g3}}{\mathfrak{R}_{g2} + \mathfrak{R}_{g3}} = 10.0531 \text{ mWb},$$

$$\phi''_2 = \frac{N_2 I_2}{\mathfrak{R}_{g2} + (\mathfrak{R}_{g1} // \mathfrak{R}_{g3})} = \frac{200 \times 2}{3978.873k + (3978.873k // 7957.747k)} = 60.3186 \text{ mWb}$$

$$\phi''_1 = \phi''_2 \times \frac{\mathfrak{R}_{g3}}{\mathfrak{R}_{g1} + \mathfrak{R}_{g3}} = 40.2124 \text{ mWb}$$

$$\phi_1 = \phi'_1 + \phi''_1 = 55.292 \text{ mWb}, \phi_2 = \phi'_2 + \phi''_2 = 70.3717 \text{ mWb}$$

(二)

$$N_1 \text{ 自感: } L_1 = \frac{N_1 \phi'_1}{I_1} = \frac{100 \times 15.0796 \times 10^{-3}}{1} = 1.50796 \text{ H}$$

$$N_2 \text{ 自感: } L_2 = \frac{N_2 \phi''_2}{I_2} = \frac{200 \times 60.3186 \times 10^{-3}}{2} = 6.03186 \text{ H}$$

$$\text{互感: } \frac{N_1 \phi''_1}{I_2} = M_{21} = M_{12} = \frac{N_2 \phi'_2}{I_1} = 2.01062 \text{ H}$$

(三)

由題意 $\mu \approx \infty$ ，鐵芯磁阻為零，磁能存於氣隙中：

$$W = \sum \frac{B^2}{2\mu} A \times l = \sum \frac{\phi^2}{2\mu A} \times l = \frac{\phi_1^2}{2\mu A} \times l_1 + \frac{\phi_2^2}{2\mu A} \times l_2 + \frac{\phi_3^2}{2\mu A} \times l_3$$

$$\phi_3 = \phi_1 + \phi_2 = 55.292 - 70.3717 = -15.0797 \text{ mWb}$$

$$W = \frac{(55.292 \times 10^{-3})^2}{2 \times 4\pi \times 10^{-7} \times \frac{200}{10^6}} \times 0.001 + \frac{(70.3717 \times 10^{-3})^2}{2 \times 4\pi \times 10^{-7} \times \frac{200}{10^6}} \times 0.001 + \frac{(-15.0797 \times 10^{-3})^2}{2 \times 4\pi \times 10^{-7} \times \frac{200}{10^6}} \times 0.002 \text{ W} = 1683.9434$$

焦耳

(四)

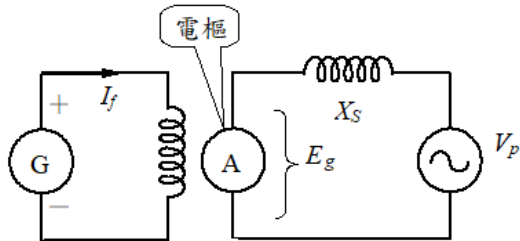
當 $g = 0$ ，又由題意 $\mu \approx \infty$ ，互感 $M \approx \infty$

二、有一部 208V、Y 型連接同步電動機從 208 V 無限匯流排以單位功因 (Unity power factor) 汲取 100 A 的電流，在此條件的場電流 (Field current) 為 2 A，且同步電抗為 0.4Ω (忽略電樞電阻)。假設線性開路特性 (Linear open-circuit characteristic)，請問該電動機在功因 0.8 超前運轉下需要多少場電流？(25 分)

《考題難易》★

《破題關鍵》同步機等效電路、內感應電勢與激磁成正比

【擬答】



單位功因時每相內感應電勢 $\frac{208}{\sqrt{3}} - 100 \times j0.4 = 126.5754 \angle -18.4222^\circ$

功因 0.8 超前時每相內感應電勢 $\frac{208}{\sqrt{3}} - 100 \angle 36.87^\circ \times j0.4 = 147.5995 \angle -12.5213^\circ$

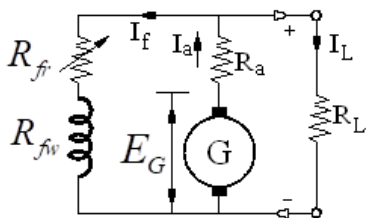
$\frac{I_f}{2} = \frac{147.5995}{126.5754}$, $I_f = 2.3322 \text{ A}$

三、有一部 20 kW、200 V、1800 rpm 並激式直流發電機(電樞電阻 $R_a = 0.1\Omega$ 、場繞組電阻 $R_{fw} = 150\Omega$)，該發電機在滿載時承載 1 A 的場繞組電流。假設滿載時的旋轉損耗為 1.2 kW，計算：(每小題 5 分，共 25 分)：

- (一)滿載時所產生的電壓。
- (二)滿載時的場變阻器電阻值(Field rheostat resistance)。
- (三)滿載時的電樞功率。
- (四)滿載時的發電機輸出功率。
- (五)發電機的效率。

《考題難易》★★
《破題關鍵》直流分機發電機等效電路

【擬答】



- (一)

滿載時負載電流 $I_L = \frac{20kW}{200V} = 100A$ ，電樞電流 $I_a = I_f + I_L = 1 + 100 = 101A$

產生的電壓 $E_G = 200 + 101 \times 0.1 = 210.1V$
- (二)

磁場電阻值=場繞組電阻值+場變阻器電阻值

$\frac{200}{1} = R_{fw} + R_{fr} = 150 + R_{fr}$ ，場變阻器電阻值 $R_{fr} = 50\Omega$
- (三)

滿載時的電樞功率 $= E_G \times I_a = 210.1 \times 101 = 21.2201 kW$
- (四)

由題意知，滿載時的發電機輸出功率 $= 20 kW$
- (五)

發電機輸入功率 $= 21.2201kW + 1.2kW = 22.4201 kW$

發電機的效率 $\eta = \frac{20kW}{22.4201 kW} \times 100\% = 89.2057\%$

公職王歷屆試題 (109 鐵路人員考試)

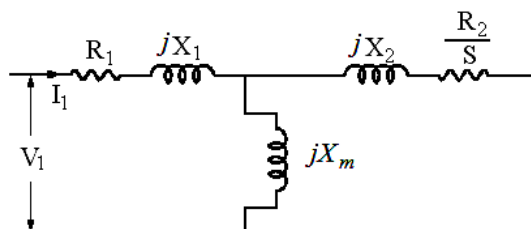
四、有一部三相 60 Hz、460 V、50 hp、1180 rpm 繞線式轉子感應電動機具以下參數： $R_1 = 0.191\Omega/$ 相、 $R_2 = 0.0707\Omega/$ 相、 $X_1 = X_2 = 0.754\Omega/$ 相、 $X_m = 16.9\Omega/$ 相、忽略 R_c 。請計算該電動機的：
(每小題 5 分，共 25 分)

- (一) 啟動轉矩 (Starting torque)。
- (二) 滿載轉差率 (Full-load slip)。
- (三) 滿載轉矩 (Full-load torque)。
- (四) 氣隙功率 (Air-gap power)。
- (五) 最大轉矩 (Maximum torque)。

《考題難易》★★

《破題關鍵》三相感應電動機轉矩公式、輸入減去定子銅損等於氣隙功率。

【擬答】



感應電動機每相等效電路

(一)

由題意轉速為 1180 rpm，得同步轉速為 1200 rpm

$$T_{start} = \frac{q}{\omega_s} \cdot \frac{V_1^2}{(R_1 + R_2)^2 + (X_1 + X_2)^2} \cdot R_2$$

$$T_{start} = \frac{3}{2\pi \times \frac{1200}{60}} \times \frac{\left(\frac{460}{\sqrt{3}}\right)^2}{(0.191 + 0.0707)^2 + (0.754 + 0.754)^2} \times 0.0707 = 50.8202 \text{ 牛頓-米}$$

(二)

$$\text{滿載轉差率 } S = \frac{1200 - 1180}{1200} = \frac{1}{60}$$

(三)(題目未說明所求為滿載電磁轉矩或滿載輸出轉矩，兩者皆計算如下)

$$T_m = \frac{q}{\omega_s} \cdot \frac{V_1^2}{\left(R_1 + \frac{R_2}{S}\right)^2 + (X_1 + X_2)^2} \cdot \frac{R_2}{S}$$

$$T_m = \frac{3}{2\pi \times \frac{1200}{60}} \times \frac{\left(\frac{460}{\sqrt{3}}\right)^2}{\left(0.191 + \frac{0.0707}{\frac{1}{60}}\right)^2 + (0.754 + 0.754)^2} \times \frac{0.0707}{\frac{1}{60}} = 325.7811 \text{ 牛頓-米}$$

$$\text{滿載輸出轉矩 } T_o = \frac{50 \times 746}{2\pi \times \frac{1180}{60}} = 301.8549 \text{ 牛頓-米}$$

(四)

$$I = \frac{\frac{460}{\sqrt{3}}}{\left(0.191 + \frac{0.0707}{\frac{1}{60}}\right) + j(0.754 + 0.754)} = 56.7181 \angle -18.7871^\circ \text{ A}$$

$$\text{輸入功率} = \sqrt{3} \times 460 \times 56.7181 \times \cos 18.7871^\circ = 42782.1403 \text{ W}$$

$$\text{定子銅損} = 3 \times (56.7181)^2 \times 0.191 = 1843.3083 \text{ W}$$

$$\text{氣隙功率} = 42782.1403 - 1843.3083 = 40938.832 \text{ W}$$

(五)

$$\text{最大轉矩 } T_{\max} = \frac{1}{\omega_s} \cdot \frac{0.5qV_1^2}{R_1 + \sqrt{R_1^2 + (X_1 + X_2)^2}}$$
$$T_{\max} = \frac{1}{2\pi \times \frac{1200}{60}} \cdot \frac{0.5 \times 3 \times \left(\frac{460}{\sqrt{3}}\right)^2}{0.191 + \sqrt{0.191^2 + (0.754 + 0.754)^2}} = 492.055 \text{ 牛頓-米}$$

公
職
王