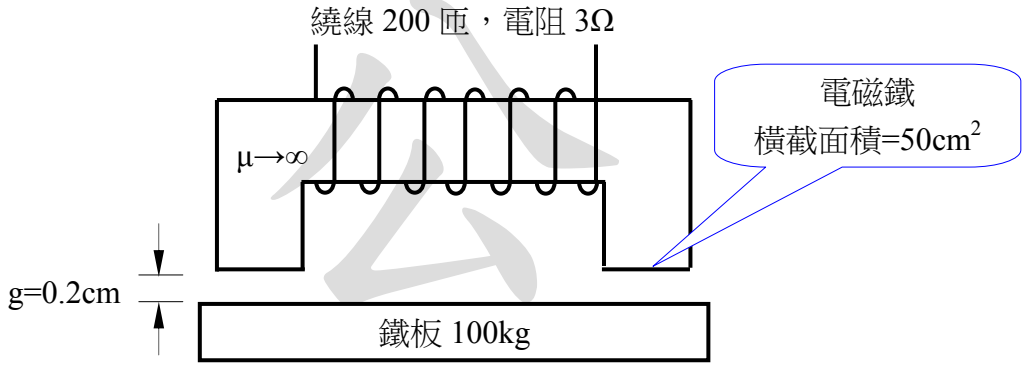
102 年公務人員高等考試三級考試試題

類 科：電力工程
科 目：電機機械

一、設有一「冂」型電磁鐵，截面積為 $50cm^2$，其上繞有 200 匝的線圈，線圈總電阻值為 3Ω。將該電磁鐵用來舉起一100 公斤重的厚鐵板，電磁鐵與厚鐵板的兩接觸面因鐵板表面粗糙而形成兩處長度為 $0.2cm$ 的氣隙。設自由空間的導磁係數 μ_0 為 $4\pi\times10^{-7}\ H/m$，若不計電磁鐵以及厚鐵板的磁阻，試求應施加於電磁鐵線圈的最小電壓值。

【擬答】：



$$Hl = NI \quad \Rightarrow \quad H = \frac{200\times I}{2g}$$（忽略鐵心磁阻）

$$W = \frac{1}{2}BH\,v = \frac{1}{2}\mu_0 H^2 A(2g)$$

$$= \frac{1}{2}\times 4\pi\times10^{-7}\times\left(\frac{200\times I}{2\times0.002}\right)^2\times0.005\times2\times0.002 = 0.01\pi I^2$$

$$F = \frac{dW}{dg} \quad \Rightarrow \quad 100\times9.8 = \frac{0.01\pi I^2}{0.002}$$

$$I = 7.9 \quad A$$

$$I = \frac{V}{R} \quad \Rightarrow \quad 7.9 = \frac{V}{3} \quad \Rightarrow \quad \therefore V = 23.7 \text{ 伏特}$$

註：此題與志光系列 古正信 電工機械 p12-22 隨堂練習 1 相同

二、考慮旋轉電機（直流機、交流機）的兩種繞組：電樞繞組、磁場繞組。試說明該兩種繞組的功能並比較直流機與交流機在裝設該兩種繞組位置的差異，以及分析兩種交流機（同步發電機、感應電動機）在轉子構造、轉子繞組、機械轉速的不同。

【擬答】：

直流機：

磁場繞組：經由直流電流激磁產生磁場，提供電動機及發電機所需之磁通。一般直流機磁場繞組裝置於定子上。

電樞繞組：直流發電機電樞繞組導體與磁場產生相對運動，依據佛萊銘右手定則感應電勢，經由換向器及電刷引出電能提供外界使用。直流電動機電樞導體流過負載電流，此電流與磁場作用，依據佛萊銘左手定則產生轉矩轉動。一般直流機電樞繞組裝置於轉子上。

交流機：

電樞繞組：感應電動機與同步電動機相同，電樞繞組接上交流電源，提供穩定的旋轉磁場，此旋轉磁場轉速 n 與磁極數成反比與頻率成正比關係如 $n = \frac{120}{P}\times f$，$P$ 代表極數、f 代表頻率。同步發電機電樞繞組則是與轉

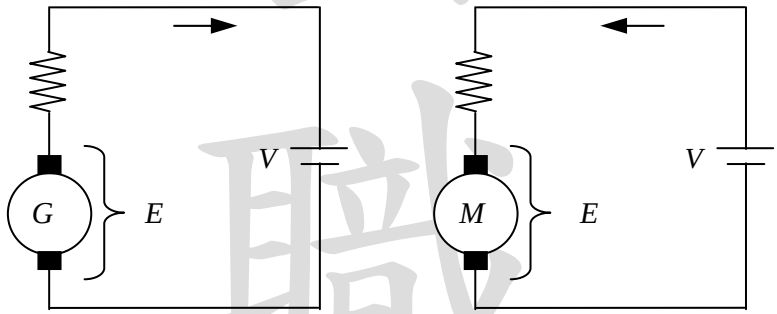
子磁場因相對運動，產生感應電勢提供電能給外界使用。一般交機電樞繞組裝置於定子上。

磁場繞組：一般交流機磁場繞組裝置於轉子上。同步機磁場繞組是由外加直流電源激磁(小型機亦可為永磁式)，磁極數需與旋轉磁場磁極數相同，經由直流電流激磁產生磁場，提供電動機及發電機所需之磁通。感應機之轉子則為鼠籠式轉子或為繞線式轉子，藉由定子旋轉磁場感應，產生感應電流，再與原定子旋轉磁場作用產生轉矩旋轉。

同步發電機與感應電動機的轉子構造與轉子繞組之差異如上所言，而機械轉速上同步發電機在穩態下則為同步轉速，感應機在正常運轉下轉速必小於同步轉速，一般而言，感應機轉速大多在接近同步轉速但不大於同步轉速之間。

三、設有一 $230V$ 外激式（separately excited）直流電機，其電動勢常數 $K=212.21V\cdot s/Wb\cdot rad$ 、電樞電阻 $R_a=0.278\Omega$ 每極之磁通為 $0.01Wb$。將端電壓 V_t 設定為 $230V$ 且電樞電流 I_a 設定為 $36A$ 情況下，試計算若作為發電機運轉時之轉速，若作為電動機運轉時轉速，以及若作為電動機輸出 $10HP$ 至機械負載時之旋轉損失。

【擬答】：



發電機時：$K\phi\omega=E=V+I_aR_a$，$212.21\times0.01\times\omega=230+36\times0.278$

$\omega=113.1$，$\omega=2\pi\times\dfrac{n}{60}$，轉速 $n=1080\quad rpm$

電動機時：$K\phi\omega=E=V-I_aR_a$，$212.21\times0.01\times\omega=230-36\times0.278$

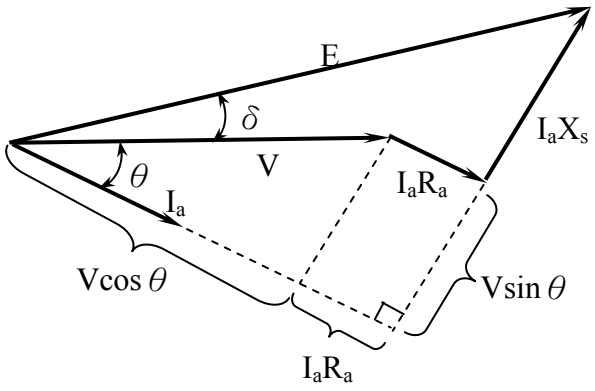
$\omega=103.667$，$\omega=2\pi\times\dfrac{n}{60}$，轉速 $n=989.95\quad rpm$

電動機時電能轉換成機械能為 $E\times I_a=(230-36\times0.278)\times36=7919.712\quad W$

旋轉損為 $7919.712-10\times746=459.712\quad W$

四、設有一 Y 接、二極、$60Hz$、$13.8kV$、$10MVA$、功率因數 0.8 落後之同步發電機，其同步電抗為每相 10Ω，電樞電阻為每相 2.0Ω。此發電機與大型電力系統（無限匯流排）並聯運轉。試求此發電機運轉在額定運轉下之內電壓與轉矩角，以及若磁場電流為定值且可忽略電樞電阻情形下此發電機之最大輸出功率。

【擬答】：

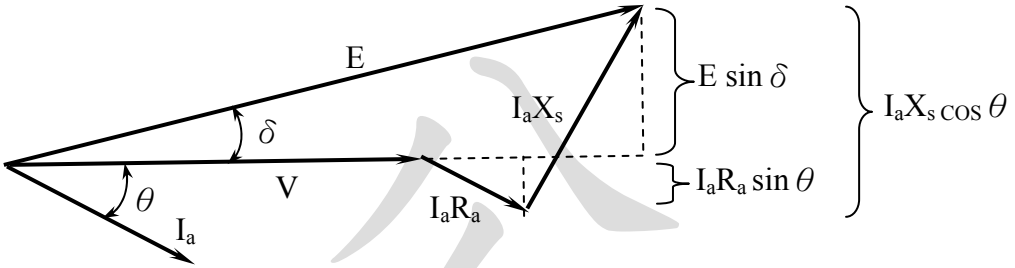


$$I_a = \frac{10MVA}{\sqrt{3}\times 13.8kVA} = 418.37 \quad A$$

$$E = \sqrt{(V\cos\theta + I_a R_a)^2 + (V\sin\theta + I_a X_s)^2}$$

$$= \sqrt{\left(\frac{13.8kV}{\sqrt{3}}\times 0.8 + \frac{10MVA}{\sqrt{3}\times 13.8kVA}\times 2\right)^2 + \left(\frac{13.8kVA}{\sqrt{3}}\times 0.6 + \frac{10MVA}{\sqrt{3}\times 13.8kVA}\times 10\right)^2}$$

內電壓為 $E = 11.504 \quad kV$



$E\sin\delta = I_a X_s \cos\theta - I_a R_a \sin\theta$ ， $11.504kV\times\sin\delta = 418.37\times 10\times 0.8 - 418.37\times 2\times 0.6$

$\sin\delta = 0.2473$ ，轉矩角為 $\delta = 14.32^o$

最大功率輸出 $P_{max} = 3\times\frac{V\times E}{X_s} = 3\times\frac{\frac{13.8kV}{\sqrt{3}}\times 11.504kV}{10} \approx 27.5 \quad MVA$

五、設有一 $50HP$ 、$460V$ 、$60Hz$ 、$865rpm$ 的三相感應電動機，連接至三相、$460V$ 、$60Hz$ 的電源，於額定輸出下運轉，此時輸入功率與輸入電流分別為 $43.75kW$ 與 $61A$。已知換算至定子側的每相等效電路參數 $R_1 = 0.15\Omega$，且在額定轉速時的旋轉損失為 $1050W$。試求此電動機滿載時的功率因數及效率、轉子銅損、鐵損。

【擬答】：

滿載時的功率因數 $\cos\theta = \frac{P}{S} = \frac{43.75kW}{\sqrt{3}\times 460\times 61} = 0.9$

滿載時效率 $\eta = \frac{50\times 746}{43.75kW}\times 100\% = 85.257\%$

總機械功率 $P_m = 50\times 746 + 1050 = 38350 \quad W$

轉子銅損 P_{c2} 與總機械能之比 P_m 為 $P_{c2} : P_m = s : (1-s)$

依常理判斷此電機同步轉速為 $900\ rpm$ ，故轉差為 $s = \frac{900-865}{900} = \frac{7}{180}$

轉子銅損 $P_{c2} : P_m = s : (1-s)$， $P_{c2} : 38350 = s : (1-\frac{7}{180})$ $P_{c2} = 1551.734 \quad W$

鐵損 $= 43.75kW - 3\times 61^2\times 0.15 - 1551.734 - 38350 = 2173.816 \quad W$