

110 年公務人員高等考試三級考試試題

考試別：高等考試
等 別：三等考試
類科別：電力工程
科 目：電機機械

古正信老師

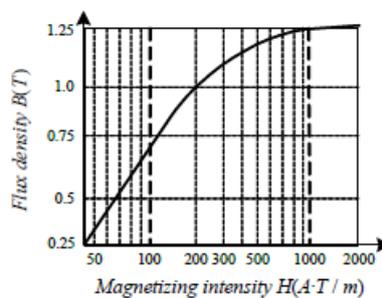
一、一個方型鐵芯磁路平均長度 60 cm，截面積 150 cm²，鐵芯上繞有一組 200 匝線圈，鐵芯激磁特性區線如圖一所示。(每小題 5 分，共 20 分)

(一)計算線圈需多少安培電流才能在磁路產生 0.015 韋伯 (Wb) 磁通。

(二)計算此時鐵芯的相對導磁係數 (relative permeability) μ_r 。

(三)計算此時線圈電感量 L 。

(四)計算此時線圈儲能多少焦耳。



圖一、鐵芯激磁特性區線

【解題關鍵】

1. 《考題難易》★★

2. 《破題關鍵》 $NI = \oint Hdl$ ，導磁係數 $\mu_0\mu_r = \mu = \frac{dB}{dH}$ ，電感量 $L = \frac{\mu AN^2}{\ell}$ ，線圈儲能 $W = \frac{1}{2}LI^2$

3. 《使用學說》：安培定理，電感儲能

【擬答】

(一)

$$\text{磁通為 } 0.015 \text{ 韋伯時磁通密度為 } \frac{0.015}{\frac{150}{(100)^2}} = 1 \text{ Wb/m}^2$$

查圖一，得 $H = 200 (A-T/m)$

$$200 \times I = NI = \oint Hdl = 200 \times 0.6 = 120, \quad I = 0.6 \text{ A}$$

(二)

$$\mu_0\mu_r = \mu = \frac{dB}{dH} = \frac{1}{200}, \quad \text{此時鐵芯的相對導磁係數 } \mu_r = \frac{1}{\mu_0} = \frac{1}{200} = \frac{1}{4\pi \times 10^{-7}} = \frac{12500}{\pi}$$

$$\text{(三)線圈電感量 } L = \frac{\mu AN^2}{\ell} = \frac{1}{200} \times \frac{150}{100^2} \times 200^2 = 5 \text{ 亨利}$$

$$\text{(四)線圈儲能 } W = \frac{1}{2}LI^2 = \frac{1}{2} \times 5 \times 0.6^2 = 0.9 \text{ 焦耳。}$$

公職王歷屆試題 (110 高考)

二、對於直流串激電動機：(每小題 5 分，共 10 分)

(一)試繪出直流串激電動機的等效電路。

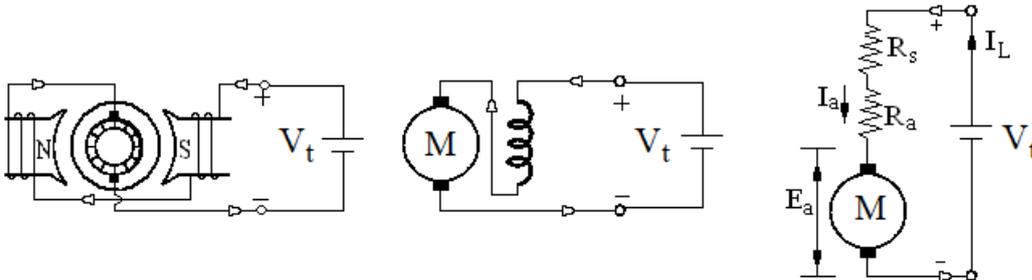
(二)試以公式說明此電動機為何具有高啟動轉矩特性。

【解題關鍵】

1. 《考題難易》★
2. 《破題關鍵》直流電動機轉矩特性。
3. 《使用學說》直流串激電動機轉矩與電樞電流平方成正比(磁極未飽和時)

【擬答】

(一)直流串激電動機的等效電路



(二)

直流電動機轉矩 $T = K\phi_s I_a$ ，又串機場磁通與電流成正比 $\phi_s = kI_a$ ，即 $T = KkI_a^2$

啟動時電樞反電勢 $E_a = 0$ ， $I_a = \frac{V_t - E_a}{R_s + R_a} = \frac{V_t}{R_s + R_a}$ 有最大值，

由 $T = KkI_a^2$ 得知，啟動時有高啟動轉矩

公職王歷屆試題 (110 高考)

三、下表為一個單相、50 kVA、60 Hz、2,400/240 V 配電變壓器的短路 (SC) 與開路 (OC) 實驗測試結果。

	電壓(V)	電流(A)	功率(Watt)
開路實驗，在一次側進行	$V_{OC}=2,400$	$I_{OC}=0.541$	$P_{OC}=186$
短路實驗，在一次側進行	$V_{SC}=168$	$I_{SC}=20.8$	$P_{SC}=650$

(一)繪出轉換到一次側的等效電路，計算其中各電路元件參數，並標示於等效電路上。(10分)

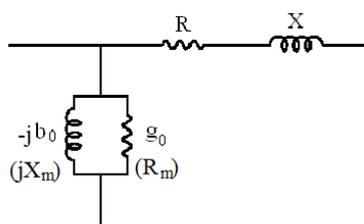
(二)若此變壓器二次側操作在全載、功率因數 0.8 落後、端電壓 240 V，試計算此變壓器的效率與電壓調整率 (V.R.%)。(15分)

【解題關鍵】

1. 《考題難易》★★
2. 《破題關鍵》變壓器等效電路，電壓調整率
3. 《使用學說》 $\varepsilon\% = p \times \cos \theta + q \times \sin \theta \%$

【擬答】

(一)



$$\text{阻抗 } Z = \frac{V_{SC}}{I_{SC}} = \frac{168}{20.8} = \frac{105}{13} = 8.0769 \Omega$$

$$\text{電阻 } R = \frac{P_{SC}}{I_{SC}^2} = \frac{650}{20.8^2} = \frac{625}{416} \approx 1.5024 \Omega$$

$$\text{電抗 } X = \sqrt{\left(\frac{V_{SC}}{I_{SC}}\right)^2 - \left(\frac{P_{SC}}{I_{SC}^2}\right)^2} = \sqrt{\left(\frac{105}{13}\right)^2 - \left(\frac{625}{416}\right)^2} \approx 7.936 \Omega$$

$$\text{激磁導納 } y_0 = \frac{I_{OC}}{V_{OC}} = \frac{0.541}{2400} \approx 0.0002254167 \text{ S}$$

$$\text{激磁電導 } g_0 = \frac{P_{OC}}{V_{OC}^2} = \frac{186}{2400^2} = 0.00003229167 \text{ S}$$

$$R_m = 30967.7419 \Omega$$

$$\text{激磁電納 } b_0 = \sqrt{\left(\frac{I_{OC}}{V_{OC}}\right)^2 - \left(\frac{P_{OC}}{V_{OC}^2}\right)^2} = \sqrt{0.0002254167^2 - 0.00003229167^2} = 0.00023 \text{ S}$$

$$X_m = 4484.2975 \Omega$$

(二)

$$\varepsilon\% = p \times \cos \theta + q \times \sin \theta \%$$

$$p = \frac{IR}{V} \times 100 = \frac{20.8 \times 1.5024}{2400} \times 100 = 1.30208$$

$$q = \frac{IX}{V} \times 100 = \frac{20.8 \times 7.936}{2400} \times 100 \approx 6.87787$$

$$\text{電壓調整率 } \varepsilon\% = p \times \cos \theta + q \times \sin \theta\% = (1.30208 \times 0.8 + 6.87787 \times 0.6)\% \approx 5.1684\%$$

$$\text{電源端電壓} = 1.051684 \times 2400 = 2525.0416 \text{ V}$$

$$\text{激磁鐵損} = \frac{2525.0416^2}{30967.7419} \approx 205.7233 \text{ W}, \text{ 銅損} = 20.8^2 \times 1.5024 \approx 649.9983 \text{ W}$$

$$\text{效率 } \eta = \frac{50 \text{ kVA} \times 0.8}{50 \text{ kVA} \times 0.8 + 205.7233 + 649.9983} \times 100\% = 97.9055\%$$

公職王歷屆試題 (110 高考)

四、一部三相、460 V、60 Hz、4 極、Y 接線感應電動機有以下等效到定子側的單相等效電路參數，包含鐵芯損失的總旋轉損失為 1 kW。R₁=0.3Ω，R₂=0.3Ω，X₁=1.0Ω，X₂=1.0Ω，X_M=25Ω 若此感應電動機操作轉差率為 3%，試計算：(每小題 5 分，共 25 分)

- (一)轉子轉速多少 rpm?
- (二)轉子感應電流頻率多少 Hz?
- (三)定子電流與功率因數 (power factor)。
- (四)轉子輸出轉矩多少 kg-m?
- (五)感應電動機效率。

【解題關鍵】

- 1. 《考題難易》★★
- 2. 《破題關鍵》轉差率與各參數的關係
- 3. 《使用學說》轉矩、效率之計算

【擬答】

(一)

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

$$\text{轉子轉速 } N_r = N_s (1-s) = 1800 \times (1-3\%) = 1746 \text{ rpm}$$

(二)

$$\text{轉子感應電流頻率 } f_2 = s \times f_1 = 3\% \times 60 = 1.8 \text{ Hz}$$

(三)

$$I = \frac{\frac{460}{\sqrt{3}}}{0.3 + j1 + (j25) // \left(\frac{0.3}{3\%} + j1 \right)} = 27.1926 \angle -31.199^\circ$$

$$\text{定子電流 } I = 27.1926 \text{ A}$$

$$\text{功率因數} = \cos(31.199^\circ) \approx 0.8554$$

(四)

$$\text{每相轉子等效電流 } I_r = 27.1926 \angle -31.199^\circ \times \frac{j25}{j25 + \frac{0.3}{3\%} + j1} \approx 24.4039 \angle -10.1615^\circ \text{ A}$$

$$\text{輸出轉矩 } T_o = \frac{3 \times 24.4039^2 \times \frac{1-3\%}{3\%} \times 0.3 - 1kW}{2\pi \times \frac{1746}{60}} = 89.31553768 \text{ N-m}$$

$$\text{輸出轉矩 } T_o = \frac{89.31553768}{9.8} \approx 9.11383 \text{ kg-m}$$

$$\text{(五)感應電動機效率 } \eta = \frac{3 \times 24.4039^2 \times \frac{1-3\%}{3\%} \times 0.3 - 1kW}{\sqrt{3} \times 460 \times 27.1926 \times \cos(31.199^\circ)} \times 100\% \approx 88.12\%$$

志光學儒保成 工科人專屬學習規劃

精心安排完整豐富的上榜課程

工科考試所需要的資源，我們通通幫你準備好了

<p>法科架構班</p> <p>學校沒教的，我們教給你！名師精解法科知識，結合實務例子，助你建構法科概念。</p>	<p>扎實正規班</p> <p>完整堂數規劃，循序漸進學習，讓您深度修習工科各專業學科知識。</p>	<p>作文實戰班</p> <p>作文再也不是理工人的痛！透過專業老師的輔導，快速強化您的寫作架構、邏輯概念。</p>
<p>主題題庫班</p> <p>主題式教學，搭配各類試題演練，進行考點分析及破題要點訓練，讓您短時間各科實力倍增。</p>	<p>全國全真模擬考</p> <p>檢視應考實力、訓練臨場反應、掌握最新考題趨勢，全程比照考試時程，模擬考場實戰氛圍，讓您能以平常心應考！</p>	<p>精華總複習</p> <p>考前重點總複習，精準掌握重要考點，讓您考前實力突飛猛進。</p>
<p>考前提要關懷講座</p> <p>名師考前最終提點，穩定你累積許久的實力，讓你的觀念更加清晰。</p>	<p>工科全科班</p> <p>公職+國營完善循環課程規劃，All in One課程一次到位，奠定穩固基礎、強化上榜實力。</p>	



109普考 電子工程 曾○維 一年考取

我是工科人，我工頂啦！

由於考試的題目非常靈活，參加題庫班，除了勤做考古題外，大量實作解說，很快速地強化我的考前記憶，每做一道題目馬上能判斷是在哪一章節，然後再進行解題。

■完整課程資訊詳洽全國志光·學儒·保成門市■

志光學儒保成

公職工科+國營事業

1+1 更有力 準備公職的同時，可報考國營事業考試，善用重疊考科，一次準備就能多次上榜！

上榜路徑大公開！一年內超過**8次**上榜機會！

<p>初等考</p> <p>1月</p> <p>●最容易上手的公職考試</p>	<p>關務特考</p> <p>4月</p> <p>●考科少於同職等考試</p>	<p>鐵路特考</p> <p>6月</p> <p>(110年因疫情延至9月)</p> <p>●佐級錄取率最高</p>	<p>高普考</p> <p>7月</p> <p>(110年因疫情延至10月)</p> <p>●主流考試，缺額眾多</p>	<p>調查局特考</p> <p>8月</p> <p>(110年因疫情延至10月)</p> <p>●三等月薪76,000起</p>
<p>地方特考</p> <p>12月</p> <p>●考科同高普考</p>	<p>自來水評價人員</p> <p>不定期舉辦</p> <p>●只考選擇題</p>	<p>台電考試</p> <p>不定期舉辦</p> <p>●考科少、好準備</p>	<p>中油僱員</p> <p>不定期舉辦</p> <p>●只考2科，多為選擇題</p>	<p>國營事業職員級</p> <p>不定期舉辦</p> <p>●國營退休潮，缺額多，工科類科競爭者少</p>

錄取率高

109年 工科錄取率 最高達**19.42%**

<p>電力工程</p> <p>高考 19.42% 普考 17.33%</p>	<p>電子工程</p> <p>高考 9.04% 普考 9.39%</p>	<p>機械工程</p> <p>高考 18.27% 普考 13.70%</p>	<p>資訊工程</p> <p>高考 12.92% 普考 10.47%</p>
---	---	---	---

公職王歷屆試題 (110 高考)

五、一部三相、1.5 MVA、2.3 kV、60 Hz、30 極、Y 接線凸極式轉子 (salient pole rotor) 同步電動機，直軸電抗為 $X_d=1.95\Omega$ /每相、交軸電抗為 $X_q=1.4\Omega$ /每相，電樞電阻忽略不計。此電動機以額定電壓、額定容量、功率因數 (power factor) 1.0 運轉，所有損失均不計。

(一)說明直軸電抗 X_d 為何大於交軸電抗 X_q 。(5 分)

(二)計算電樞感應電壓 (induced armature voltage, E_A) 與功率角 (power angle, δ)。(10 分)

(三)計算運轉輸出轉矩多少 N-m。(5 分)

【解題關鍵】

1. 《考題難易》★★★★

2. 《破題關鍵》同步電動機解法可將同步發電機感應電勢公式中之電流方向改為負號計算之

3. 《使用學說》同步電機交直軸電抗、感應電勢及端電壓之關係

【擬答】

(一)直軸電抗 X_d 位於凸級部分所形成磁路下之電感，與定子間之空氣隙小，磁阻較小電抗值較大。交軸電抗 X_q 位於兩凸級間之凹陷部分所形成磁路下的電感，與定子間之空氣隙大，磁阻較大電抗值較小。

(二)

由題意，電樞電阻忽略不計、功率因數為 1.0，得

$$I = \frac{1.5MVA}{\sqrt{3} \times 2.3kV} = 376.5327843$$

$$V \sin \delta = I_q \times X_q = (I_a \cos \delta) \times X_q, \quad \tan \delta = \frac{I_a \times X_q}{V} = \frac{376.5327843 \times 1.4}{\frac{2.3kV}{\sqrt{3}}} \approx 0.3969754254$$

$$\text{功率角 } \delta \approx 21.65186^\circ$$

$$V \cos \delta = E_A + I_a X_d = E_A + I_a (\sin \delta) \times X_d$$

$$\frac{2.3kV}{\sqrt{3}} \cos 21.65186^\circ = E_A + 376.5327843 \times (\sin 21.65186^\circ) \times 1.95$$

$$\text{電樞感應電壓 } E_A = 963.30328 \text{ V}$$

(三)

$$30 \text{ 極, } N_s = \frac{120}{30} \times 60 = 240 \text{ rpm}$$

$$\text{輸出轉矩 } T = \frac{3 \times 963.30328 \times 376.5327843 \times \cos 21.65186^\circ}{2\pi \times \frac{240}{60}} = 40241.10952 \text{ N-m}$$