

# 111 年特種考試地方政府公務人員考試試題

等 別：四等考試

類 科：電力工程

科 目：電工機械概要

古正信老師解題

一、某一台 100 仟伏安的變壓器在額定電壓下，鐵損為 1200 瓦特；在滿載只考慮銅損與鐵損下，效率為 0.98。請回答以下問題：

(一)請說明銅損發生的原因。(5 分)

(二)請說明鐵損發生的原因。(5 分)

(三)請說明變壓器效率的計算方式。(5 分)

(四)當這個變壓器在額定電壓下功率因數為 0.8 落後的負載時，試求滿載的銅損。(10 分)

## 【解題關鍵】

1. 《考題難易》★

2. 《破題關鍵》效率與鐵損銅損之關係

3. 《使用法條》or 《使用學說》 $\eta = \frac{P_o}{P_o + P_i + P_c} \times 100\%$

## 【擬答】

分為無載損與負載損。

無載損：

鐵損  $\Rightarrow$  發生於鐵心=磁滯損+渦流損。

銅損 (一般情況忽略)  $\Rightarrow$  一次繞組，是由激磁電流所引起的電阻損，值很小，可忽略。

介質損 (一般情況忽略)  $\Rightarrow$  絕緣物，(除高壓變壓器外，一般不計)。

雜散無載損 (一般情況忽略)  $\Rightarrow$  變壓器各部固定螺栓等。

負載損：銅損  $\Rightarrow$  一、二次繞組，與負載電流之平方成正比與電壓無關。

(一)銅損：指變壓器各繞組，因導線(繞組)流過電流產生熱能量的耗損。不論導線的材質是銅或是其他金屬(例如鋁)，導線上的損失都稱為銅損。變壓器的銅損與負載電流之平方成正比與電壓無關。

(二)鐵損：鐵損是其能量損失之一，可分為磁滯損與渦流損。渦流損原因是指磁通發生交變時，鐵芯亦會產生感應電動勢，進而產生感應電流，此感應電流在鐵心內呈旋渦狀流動，稱之為渦流；感應電流通過鐵芯電阻上產生的損耗就是渦流損耗。磁滯損原因是指變壓器鐵心在磁性材料上的磁滯現象造成之鐵損。當交流電源正負交變時，磁性材料會因激勵源正負的變化，內部磁分子也跟隨交變轉動，磁分子正負轉動的過程中需時間，造成磁分子相對於激勵源有延遲的現象，加上磁分子因相互摩擦產生功的率消耗，這種損失會因為每秒磁性的反轉次數成正比，也就是磁滯損失跟電樞鐵心在磁場旋轉的速度成正比。

(三)變壓器效率  $\eta = \frac{P_o}{P_o + P_i + P_c} \times 100\%$ ，其中  $P_o$  表示變壓器輸出功率， $P_i$  表示變壓器的鐵損，

$P_c$  表示變壓器的銅損。

(四)  $98\% = \frac{100kVA \times 0.8}{100kVA \times 0.8 + 1200 + P_c} \times 100\%$ ，銅損  $P_c \approx 432.65 \text{ W}$

## 公職王歷屆試題 (111 地方特考)

二、關於同步發電機，請說明以下問題：

(一)為了使同步發電機之輸出波形為正弦波（減少諧波成分），請說明電樞繞組的方式。（10分）

(二)一台四極、60Hz 三相同步發電機，定子共有 144 槽，試求其分布因數。（15 分）

### 【解題關鍵】

1. 《考題難易》★★

2. 《破題關鍵》節距因數可改善電壓波形，消除多次諧波

3. 《使用法條》or 《使用學說》分佈因數  $K_d = \frac{\text{分佈繞組感應電勢}}{\text{集中繞組感應電勢}} = \frac{\sin \frac{m\alpha}{2}}{m \cdot \sin \frac{\alpha}{2}}$

### 【擬答】

(一)同步發電機感應電勢  $E_{rms} = K_w \times 4.44 N f \phi_m = K_d \times K_p \times 4.44 N f \phi_m$ ，其中  $K_w$ ：繞組因數、 $K_d$ ：分布因數、 $K_p$ ：節距因數。

對第  $n$  次諧波而言，線圈節距因數為： $K_{pn} = (-1)^{\frac{n-1}{2}} \sin \frac{n\beta\pi}{2}$ ， $n \in N$ ，若選用某一個短節

距角  $\beta$  使  $\sin \frac{n\beta\pi}{2} = 0$ ，即  $\frac{n\beta\pi}{2} = k\pi$ ， $k \in N$ ，（ $k=0$  會造成基本波值為 0，故 0 除外），

$E_{nrms} = K_d \times 0 \times 4.44 N f \phi_m$ ，將使得該  $n$  次諧波感應之電壓值為 0，例如對三次諧波而言，

若選用  $\beta = \frac{2}{3}$ ，得到  $K_{pn} = (-1)^{\frac{n-1}{2}} \sin \frac{n\beta\pi}{2} = (-1)^{\frac{3-1}{2}} \sin \frac{3 \times \frac{2}{3} \pi}{2} = 0$ ，就能消除 3 次諧波電壓。

(二)  $\alpha = \frac{4 \times 180^\circ}{144} = 5^\circ$ ，分佈因數  $K_d = \frac{\sin \frac{m\alpha}{2}}{m \cdot \sin \frac{\alpha}{2}} = \frac{\sin \frac{144}{3 \times 4} \times 5^\circ}{\frac{144}{3 \times 4} \times \sin \frac{5^\circ}{2}} \approx 0.9552$

三、交流電動機用途很廣，常在日常生活周遭出現，請回答下列關於交流電動機的問題：

(一)若以轉速特性來區分，交流電動機可分為那些種類，並說明其應用。（5 分）

(二)請比較並說明直流電動機與交流電動機的工作原理。（10 分）

(三)一部 200V、20HP、60Hz 的三相四極感應電動機，無載時以 1700 轉/分運轉，在滿載時以 1680 轉/分運轉。請計算無載與額定負載的轉差率。（10 分）

### 【解題關鍵】

1. 《考題難易》★★

2. 《破題關鍵》交直流電動機與流電動機原理、轉差率

3. 《使用法條》or 《使用學說》 $s = \frac{N_s - N_r}{N_s} \times 100\%$

### 【擬答】

(一)轉速特性來區分，交流電動機大概可分為以同步轉速運轉得同步電動機及轉速會因負載而變化且會略低於同步轉速的感應電動機。感應電動機與同步電動機均可以驅動負載，亦可用來改善功率因數。在一定頻率下，同步機有恒定的轉速，與負載及電壓無關。感應電動機的轉速則與頻率及電壓有關，並略受負載影響。輸出功率及轉矩：同步電動機與電壓成正比，感應電動機則是與電壓平方成正比。

同步電動機之運用：

## 公職王歷屆試題 (111 地方特考)

1. 擔任機械負載。
2. 改善線路之功率因數。
3. 調整線路電壓。
4. 作為計時器、唱盤、磁帶之驅動器。

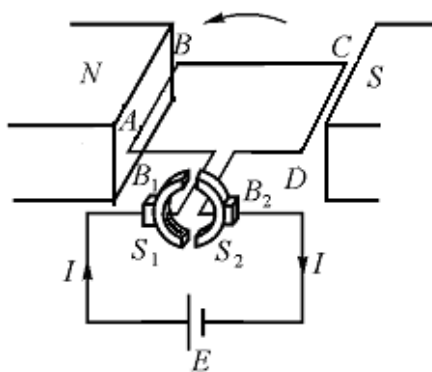
### 感應電動機：

1. 擔任機械負載。
2. 感應發電機。

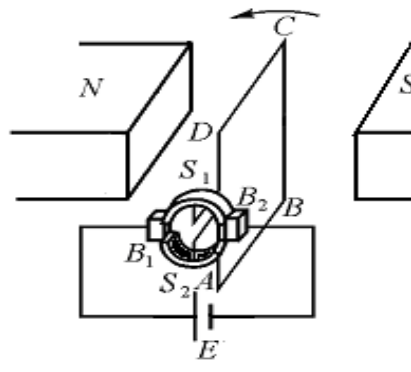
(二)

### 直流電動機工作原理：

基本直流電動機如下圖所示圖(1)中載流線圈邊 AB 及 CD 垂直切割磁力線，產生最大轉矩。由佛萊銘左手機定則知，線圈以逆時針方向旋轉。當線圈旋轉至如圖(2)之 90 度位置時，線圈平面與磁場方向垂直，轉矩為零。由於慣性作用使得線圈越過中性面，此時線圈邊 AB 與 CD 開始互換方向，即 AB 趨近 S 極，CD 趨近 N 極，同時電刷接觸到另一換向片，導致線圈中的電流反向流動，進而產生逆時針方向的轉矩，以持續旋轉直至 180 度位置。由此類推，利用線圈與換向片同時自動換向，可產生同一方向的轉矩，使線圈 ABCD 得以繼續轉動，此為直流電動機旋轉的原理。



圖(1)



圖(2)

### 三相感應電動機運轉原理：

定部通以互隔  $120^\circ$  電工度的三相電流產生旋轉磁場。

轉子導體因定部旋轉磁場切割，轉子導體產生感應電流。

感應電流切割旋轉磁場產生電磁力，使轉子循旋轉磁場的方向轉動。

### 同步電動機的原理：

係利用磁性相異互相吸引的原理，於定子電樞繞組加入多相交流電源，而形成與電源頻率同步之旋轉磁場。轉子則通以直流，使磁極激磁。磁化的磁極與旋轉磁場互相吸引鎖住使

轉子隨旋轉磁場之牽引，以同步轉速運轉，其轉速為  $N_s = \frac{120}{P} f$ 。

(三)

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

$$\text{無載時的轉差率 } s = \frac{N_s - N_r}{N_s} \times 100\% = \frac{1800 - 1700}{1800} \times 100\% = 5.5556\%$$

$$\text{額定負載時的轉差率 } s = \frac{N_s - N_r}{N_s} \times 100\% = \frac{1800 - 1680}{1800} \times 100\% = 6.6667\%$$

志光保成學儒  
**還想變更強** 學長姐推薦

# 工科題庫班

**解析** 題目觀念  
精選易錯題型  
加強觀念解析

**強化** 解題技巧  
以題目授課  
加強應考實力

**增快** 答題速度  
加強快速審題  
增加取分機會

**題庫班老師**會針對考題趨勢，整理一系列的考試重點，有著老師精選過後的考古題再加上老師帶過一遍，讓頭腦立刻有深刻的印象。

111年普考資訊處理 張○慧 **優秀考取**



四、關於分激式直流電動機，請說明以下問題：

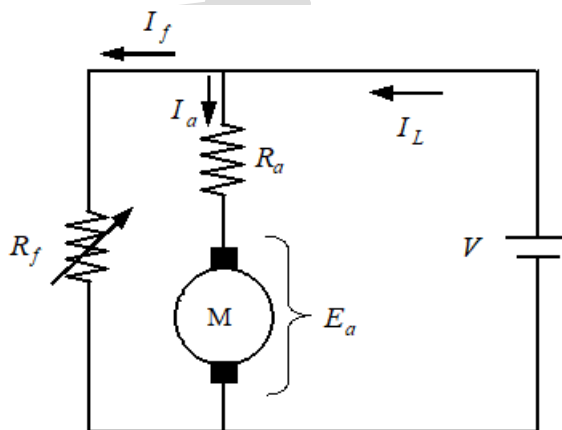
- (一)請畫出其等效電路並說明元件意義。(5 分)
- (二)請說明並畫出其轉速特性曲線(轉速與電樞電流)的特性。(5 分)
- (三)請說明並畫出其轉矩特性曲線(轉矩與電樞電流)的特性。(5 分)
- (四)一部 220 V 分激式直流電動機，電樞電阻為  $1 \Omega$ ，磁場電阻為  $100 \Omega$ 。在無載時轉速為 1500 轉/分，電樞電流 2 A，試求無載時激磁電流。(10 分)

**【解題關鍵】**

- 1. 《考題難易》★★
- 2. 《破題關鍵》分激式直流電動機等效電路、轉速、轉矩特性曲線
- 3. 《使用法條》or 《使用學說》歐姆定理

**【擬答】**

(一)分激式直流電動機等效電路



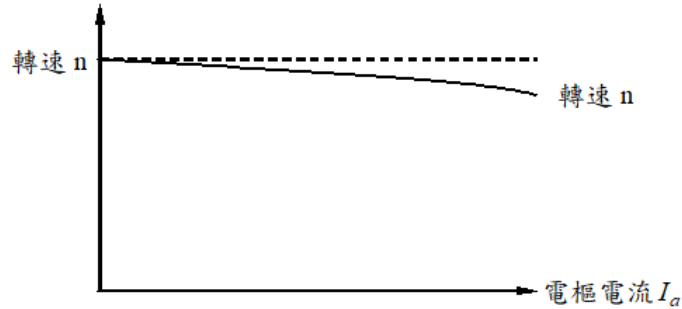
$V$ : 外加直流電壓源。 $I_L$ : 電動機輸入電流。 $I_a$ : 電樞電流。 $R_a$ : 電樞等效電阻。 $M$ : 電樞。  
 $E_a$ : 電樞反電勢。 $I_f$ : 激磁電流。 $R_f$ : 分激場等效電阻。

(二)轉速特性曲線(轉速與電樞電流)的特性：

由轉速公式  $n = \frac{E}{K\phi} = \frac{V - I_a R_a}{K\phi}$  知，分激式電動機轉速曲線會因電樞電流增加(負載增大)

而降低，唯當負載較大時，電樞電流增大，電樞反應會造成磁通減少，使得大負載時轉速會比假設磁通為定值時的情況高一些。

分激、外激式電動機轉速為略為下降之直線，如下圖所示。

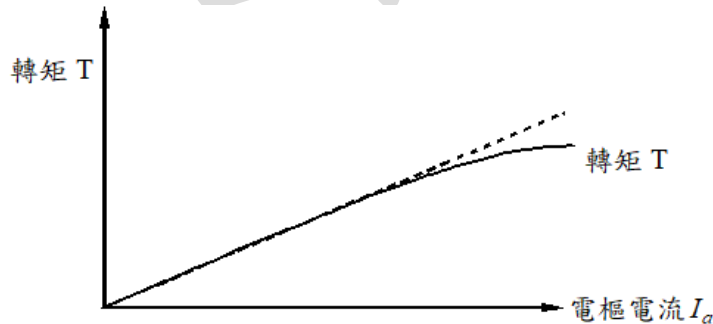


分激電動機轉速特性曲線

(三)轉矩特性曲線(轉矩與電樞電流)的特性：

由公式  $T = K \phi I_a$  知，分激式電動機轉矩曲線與負載電流成正比，唯當負載較大時，電樞電流增大，電樞反應會造成磁通減少，使得大負載時轉矩會比假設磁通為定值時的情況小一些。

分激、外激式電動機轉矩曲線為一上升直線，如下圖所示。



分激電動機轉矩特性曲線

(四)

由上方之等效電路知，激磁場電壓為電源電壓，激磁電流與負載無關

無載激磁電流為  $I_f = \frac{220}{100} = 2.2 \text{ A}$

志光 保成 學儒 機械工程 | 電子工程 | 電力工程 | 資訊處理

# 一起站上工科勝利頂點

👑 考取菁英 強勢佔榜 👑

<p><b>狀元</b></p> <p>【全國狀元】111高 考電子工程-洪○銓                  【竹苗區狀元】110地特四等電子工程-詹○凱                  【台北市狀元】110地特四等資訊處理-于 ○                  【台中市狀元】110地特四等電力工程-柯○訓                  【金門縣狀元】110地特四等資訊處理-吳○展</p>	<p><b>榜眼</b></p> <p>【全國榜眼】111普 考資訊處理-羅○昌                  【高雄市榜眼】110地特三等電力工程-江○展                  【高雄市榜眼】110地特四等電子工程-曾○富                  【台北市探花】110地特三等電力工程-黃○任                  【台北市探花】110地特五等電子工程-柯○輝</p>
--	--

【花東區第四】110地特三等資訊處理-羅○哲	【全國第七】111普 考電子工程-卓○倫	【全國第八】111普考電力工程-陳○璋
【桃園市第四】110地特三等資訊處理-丁○妮	【全國第七】111初 考電子工程-柯○輝	【全國第八】111普考電子工程-李○穎
【高雄市第四】110地特四等電力工程-盧○源	【桃園市第七】110地特三等電力工程-張○培	【全國第九】111普考機械工程-施○佑
【高雄市第六】110地特四等電力工程-蘇○禎	【全國第八】111高 考機械工程-江○禾	

👑 單一年度優秀考取 👑

高考資訊處理 賴○全; 高考資訊處理 郭○楷; 普考資訊處理 劉○廷; 普考資訊處理 賴○全; 高考電力工程 吳○顯; 高考電力工程 曾○倫; 高考電子工程 王○楷  
 高考資訊處理 黃○迪; 高考資訊處理 廖○仲; 普考資訊處理 張○偉; 普考資訊處理 張○慧; 高考電力工程 鄧○駿; 高考電力工程 吳○璿; 高考電子工程 莊○雪  
 高考資訊處理 張○偉; 高考資訊處理 羅○昌; 普考資訊處理 褚○華; 普考資訊處理 劉○銘; 高考電力工程 葛○宇; 高考電力工程 蔡○昇; 普考電子工程 馮○恩  
 高考資訊處理 郭○哲; 高考資訊處理 劉○廷; 普考資訊處理 李○庭; 普考資訊處理 陳○堂; 高考電力工程 陳○璋; 普考電力工程 吳○璿; 普考電子工程 蔣○霖  
 高考資訊處理 胡○斌; 高考資訊處理 李○庭; 普考資訊處理 陳○明; 普考資訊處理 廖○仲; 高考電力工程 王○甯; 普考電力工程 吳○哲; 高考機械工程 黃○榮  
 高考資訊處理 許○傑; 高考資訊處理 曾○理; 普考資訊處理 蔡○明; 高考電力工程 蔡○鎮; 高考電力工程 梁○豐; 普考電力工程 梁○豐; 普考機械工程 江○禾  
 高考資訊處理 陳○廷; 高考資訊處理 于 ○; 普考資訊處理 吳○翰; 高考電力工程 李○源; 高考電力工程 席○棠; 高考電子工程 卓○倫; 普考機械工程 金○璋  
 高考資訊處理 陳○明; 普考資訊處理 黃○迪; 普考資訊處理 曾○璋; 高考電力工程 丁○翔; 高考電力工程 吳○哲;