

一、配合題[填入最適合答案之代號，答對1分，答錯倒扣1分，未答0分，共10%]

- L 1.引起自感應或互感應現象其主要原因是根據_____原理。
 G 2.載有電流變化之線圈，其附近會產生電磁場變化(此為電磁效應)，但亦會使線圈本身交連到此一來自於自身磁場變化，致使內部產生一反抗電勢來阻止線圈電流變化所引起的電磁變化，此一現象稱之為_____。
 D 3.敘2，此一反抗電勢的形成可根據_____敘述而知。
 H 4.依法拉第電磁感應定律知道，線圈電感器之自感電勢寫成 $V = -N(\Delta\phi/\Delta t)$ ，當此線圈載有電流I，則其自感電勢又可寫成 $V = -L(\Delta I/\Delta t)$ ，此式之推導源自於_____。
 M 5.兩相鄰載有電流之線圈，當其中一線圈電流產生變化，其附近亦會產生磁場變化，致相鄰另一線圈交連到，而產生感應電勢，此現象稱之為_____。
 F 6.變壓器主要原理是法拉第電磁感應定律及兩線圈互感作用，互感作用之所以形成，主要是變壓器之疊片鐵心的_____作用。
 H 7.線圈電感量之基本定義是 $L = N\phi/I$ (單位是亨利(H))，指的是線圈中通上每單位電流，所造成與線圈本身所交連之總磁力線數，此亦是_____之定義。
 I.B 8. 鐵損內容是_____。
 K 9.電動機轉子線圈會旋轉，可由_____的原理可知。
 M 10. 單相交流感應馬達其轉子與定子線圈之關係即屬於_____現象。
 參考答案: A. 磁屏蔽 B. 磁滯損失 C. 互感係數 D. 楞次定律 E. 自感電勢 F. 磁路耦合 G. 自感應 H. 自感係數 I. 渦流損失 J. 互感電勢 K. 磁力矩 L. 法拉第電磁感應定律 M. 互感應 N. 耦合係數

二、選擇題(答對一題得2分，答錯倒扣1分，未答者不倒扣，共10分)

- E 1.下列敘述有關於電動機，何者正確?甲.單相交流感應電動機之定子與轉子線圈係由外部交流電來產生交變磁極發生交互作用而轉動。乙.單相交流感應電動機轉子部是外接AC電源。丙.直流電動機轉子線圈內電流實際是交流。丁.鼠籠式繞組是一封閉短路繞組。 A.甲 B.乙丙 C.甲丁 D.乙丁 E. 丙丁
 B 2.下列敘述有關於單相交流感應馬達何者錯誤?甲.其定子部的交變磁極變化頻率即是外部交流電頻率。乙.以六極式為例其定子部的旋轉磁場變化轉速為1800R.P.M。丙.其定子部係由外部交流電來產生交變磁極，轉子部則因為此一定子交變磁極而感應出轉子磁極。丁.馬達傳動負載愈大，其轉差率愈大。 A.甲乙 B.乙 C.甲丙 D.丙丁 E.丁
 C 3.已知空心螺旋管線圈電感器之電感值 $L = \frac{\mu_0 N^2 A}{\ell}$ (μ_0 是空氣導磁係數， N, A, ℓ 分別是螺旋管之線圈匝數、截面積、長度)該式之產生主要由以下那些個公式定義推導而來。甲. 洛蘭定律 $F = NI = \Phi R$ 。乙.線圈電感器之電感定義 $L = \frac{N\phi}{I}$ 。丙. 磁阻定義 $\mathcal{R} = \frac{L}{\mu A}$ 。丁. 螺旋管之電磁效應 $\phi = \frac{\mu NIA}{\ell}$ 。 A.甲乙 B. 丙丁 C. 乙丁 D.甲丙 E. 乙丙
 E 4.下列有關於交直流發電機之敘述何者錯誤?甲.事實上兩者內部線圈導體均產生交流之感應電流。乙.直流發電機須有換向器，其作用是將線圈導體內部電流整合成對外部輸出直流電流。丙.交流發電機輸出之電壓波形是正弦波交流。丁.發電機的輸出電壓隨其驅動轉速成正比增加。 A.甲 B.乙 C.丙 D. 丁 E.無
 A 5.不論是電阻R、電感L或電容C在推導其串聯總值等效公式 R_T, L_T, C_T ，其根據的已知條件是 甲.電路元件串聯時流經電流均相等。乙. 克西荷夫電壓定律(在一迴路中電路元件之電壓升和等於電壓降和)。丙.克西荷夫電流定律(流入電路節點電流之和等於流出之和)。丁. 電路元件並聯時跨於其上之電壓均相等。 A.甲乙 B.乙丙 C. 甲丁 D. 丙丁

三、填充題(30分)

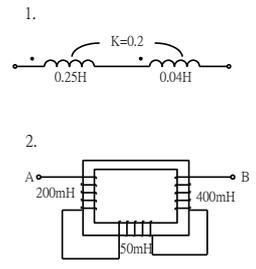
- 1、參考右圖，求出總電感值 = 0.33。 [2%]
 2.參考右圖，已知三線圈間的耦合係數為0.4，求A.B端間的總電感 = 0.392 [3%]
 3. 如右圖所示，當磁鐵遠離線圈時，
A(填A或B)端感應正電勢 [1%]
 4. 如右圖所示，標出B線圈的電阻R之電流方向 [2%，全對才算]
 (1) 當開關S關上時：b→a (2)當S關上後可變電阻R減小時：b→a。
 5. 簡述兩線圈互感M之實驗求法：(4%)

$$\text{Step 4. } L_{\text{大}} = L_1 + L_2 + 2M, \quad L_{\text{小}} = L_1 + L_2 - 2M$$

$$L_{\text{大}} - L_{\text{小}} = 4M, \quad M = (L_{\text{大}} - L_{\text{小}})/4$$

- Step 1. 先將兩線圈串聯，測量時電感值 L_A
 Step 2. 其中一線圈反接，測量其電感值 L_B
 Step 3. 比較 L_A 與 L_B 大小

- 6.參考問答題中第3題之圖，若 $N_1=500$ 匝，流經200mA電流時，產生 10^8 條磁力線，在 $N_2=1000$ 匝線圈會有 8×10^7 條線通過，求(1)線圈1及2之耦合係數 $K = \underline{0.8}$ ，(2)線圈1自感 $L_1 = \underline{2500}$ (H)，(3)線圈1與2的互感 $M = \underline{4000}$ (H)，(4)線圈2的自感 $L_2 = \underline{10000}$ (H) [4%]
 7.有一對耦合線圈自感分別為 $L_1=4\text{mH}$ 、 $L_2=25\text{mH}$ 、耦合係數0.4，假如2號線圈有2500，同時1號線圈電流為 $i_1 = 20 \cdot \sin(400t)$ (A)，求出(1)1、2號線圈之感應電勢 $V_1 = \underline{32 \cos(400t)}$ (V)， $V_2 = \underline{32 \cos(400t)}$ (V)，(2)1號線圈匝數 $N_1 = \underline{1000}$ 所產生磁力線 $\phi = \underline{8 \times 10^{-5} \sin(400t)}$ (Wb)，(3)2號線圈所交鏈到1號線圈之磁力線 $\phi_{21} = \underline{3.2 \times 10^{-5} \sin(400t)}$ (wb) [10%]
 8.交流同步電動機與感應電動機的最大不同點是交流同步電動機：其轉子線圈外加一直流電源，其會因電磁效應所產生之磁極隨定子線圈磁場改變而同步轉動；感應電動機：其轉子線圈為一封閉式繞組且無外加電源，其定子線圈因通上交流電而產生交變磁場，因此轉子線圈產生感應電流及感應磁場，進而產生感應轉矩，兩者不同地方為感應電動機其定子磁場磁極交變速率與轉子轉速之間有速差存在，交流同步電動機則無。(4%)



四.問答.公式推導(50%)

1.請說明法拉第電磁感應定律之意義內容?繪圖說明有那些相關實驗可證明該定律所指的現象(10%)?

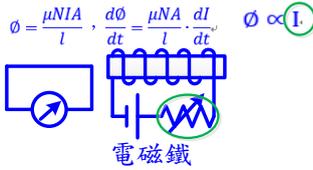
當線圈或導體感應到磁場變化時或與外加磁場間有相對運動，線圈或導體上會有感應電壓(流)產生，寫成 $e = N \frac{\Delta\phi}{\Delta t}$

1. 與外加磁場間有相對運動



有相對運動會使檢流計偏轉，證明有感應電勢存在

2. 無相對運動僅改變電磁鐵線圈電流造成磁場變化率



$$\phi = \frac{\mu N I A}{l}, \frac{d\phi}{dt} = \frac{\mu N A}{l} \frac{dI}{dt} \quad \phi \propto I$$

2. 交流電機設備(如馬達)如何造成渦電流?為何需要防止?有何防止的方法及原因?(10%)

交流電機設備因線圈電流改變，鐵心感應到線圈電流改變所造成磁場變化，因鐵心為一導體，因法拉第電磁感應定律緣故，使鐵心自身產生感應電流，但鐵心與外部並未形成迴路，此電流會留在鐵心內形成一環狀電流，此稱為渦電流。

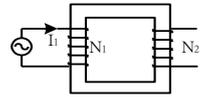
因鐵心電阻及焦耳定律 $P = I^2 R t$ 之故，產生熱會破壞線圈絕緣。此種因鐵心電磁感應所引起之熱損失無法為設備所用稱為渦流損失。

解決方法：將鐵心分割成絕緣處理片狀後，疊積而成

原因：鐵心內感應電勢是不變，但是鐵心電阻會增加，有效降低鐵心內渦電流，而功率損失 $P = I^2 R t$ ，Ex. $R \rightarrow 100R, I \rightarrow \frac{I}{100} \therefore I^2 R t \Rightarrow \frac{1}{100} I^2 R t$

3. 參考右圖，依交流變壓器基本原理，說明升壓或降壓變壓器與一次側，二次側線圈匝數有何關係?[以兩線圈之耦合係數為0.8為例][5%]

一次側線圈通一交流電源，依法拉第電磁感應定律磁路耦合，所以二次側線圈會有感應電勢。



$k = 0.8$ 耦合 $\rightarrow \phi_{21} = 0.8\phi_1$

$$V_1 = N_1 \frac{d\phi_1}{dt}, V_2 = N_2 \frac{d\phi_{21}}{dt}, \frac{V_2}{V_1} = \frac{N_2 \cdot 0.8 \frac{d\phi_1}{dt}}{N_1 \frac{d\phi_1}{dt}} = 0.8 \frac{N_2}{N_1}$$

If $V_2 > V_1$ 為升壓 $\rightarrow 0.8N_2 > N_1$

If $V_2 < V_1$ 為降壓 $\rightarrow 0.8N_2 < N_1$

4. 線圈1有 N_1 匝，線圈2有 N_2 匝，兩線圈同置於一磁路上，磁路之磁阻(R)為一定。當兩線圈之幾何形狀相同，所處之介質相同，則 $M_{21} = M_{12} = M$ ， $K_1 = K_2 = K$ ，請推導此兩線圈之互感 $M = K \sqrt{L_1 \cdot L_2}$ ， L_1 : 線圈1之自感， L_2 : 線圈2之自感(5%)

$$M_{12} = N_1 \frac{\phi_{12}}{I_2} \dots (1), M_{21} = N_2 \frac{\phi_{21}}{I_1} \dots (2)$$

$$k = \frac{\phi_{21}}{\phi_1} = \frac{\phi_{12}}{\phi_2} \quad \phi_{21} = k\phi_1, \phi_{12} = k\phi_2$$

$$(1) \times (2) \rightarrow M^2 = N_1 \frac{\phi_{12}}{I_2} \times N_2 \frac{\phi_{21}}{I_1} = N_1 \frac{k\phi_2}{I_2} \times N_2 \frac{k\phi_1}{I_1} = k^2 \frac{N_1\phi_2}{I_2} \cdot \frac{N_2\phi_1}{I_1} = k^2 L_1 L_2, \quad M = k \sqrt{L_1 \cdot L_2}$$

5. 由下列圖一至圖九的關聯邏輯性，判別那些圖為發電機原理?哪些圖是電動機原理，依序填入圖號、圖中現象說明代號、應用定律或判斷法則代號及相關公式推導。(10%)[代號部份必須全對才計分]

發電機			
圖號	說明	判斷法則 應用定律	相關公式推導
七	H	O	$e = N \frac{\Delta\phi}{\Delta t}$
三	B	OP(Q)	$-e = N \frac{\Delta\phi}{\Delta t}$
二	E	T	無
六	B	OPT(Q)	$e = NBA\omega \cdot \sin(\omega t)$

電動機			
圖號	說明	判斷法則 應用定律	相關公式推導
四	N	無	$\vec{F} = q\vec{v} \times \vec{B}$
八	K	無	$\vec{F} = I\vec{l} \times \vec{B}$
一	D	R	無
五	J	QRS	$\vec{T} = I\vec{A} \times \vec{B}$
九	J	QRS	

A、可用以決定線圈在交連磁場變化時所產生的感應電勢(流)方向，結果是左出(+)右進(-)。

B、可用以決定線圈在交連磁場變化時所產生的感應電勢(流)方向，結果是左進(-)右出(+)。

C、分別以食指、中指為導體運動及外加磁場的方向，而姆指方向即決定導體電流方向。

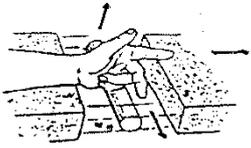
D、分別以食指、中指為外加磁場及導體電流的方向，而姆指方向即決定導體運動方向。

E、分別以姆指、食指為導體運動及外加磁場的方向，而中指方向即決定導體內感應電流方向。

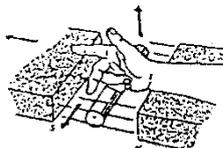
F、分別以中指、食指為導體內感應電流及外加磁場的方向，而姆指方向即決定導體運動方向。

G、當線圈或導體感應到磁場變化時或與外加磁場間有相對運動，線圈或導體上會有感應電壓(流)產生，指針向左偏。

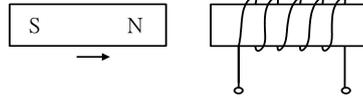
- H、當線圈或導體感應到磁場變化時或與外加磁場間有相對運動，線圈或導體上會有感應電壓(流)產生，指針向右偏。
- I、通上電流的線圈置入一均勻磁場中，會因為磁場間的交互作用而產生磁力矩，圖中結果是逆時針轉動。
- J、通上電流的線圈置入一均勻磁場中，會因為磁場間的交互作用而產生磁力矩，圖中結果是順時針轉動。
- K、載有電流的導體附近產生電磁場，若置入一外加磁場中，會產生交互作用電磁力，而使導體向右運動。
- L、載有電流的導體附近產生電磁場，若置入一外加磁場中，會產生交互作用電磁力，而使導體向左運動。
- M、一正電荷以速度V近入一均勻磁場中，會產生電磁力的交互作用，使正電荷改變原有運動方向，圖中結果是向下。
- N、一正電荷以速度V近入一均勻磁場中，會產生電磁力的交互作用，使正電荷改變原有運動方向，圖中結果是向上。
- O、法拉第電磁感應定律。 P、楞次定律。 Q、安培右手螺旋定則。 R、弗萊明左手定則。 S、磁力矩。T、弗萊明右手定則。



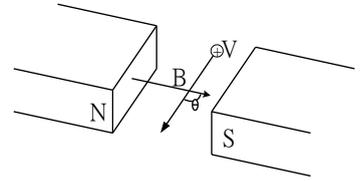
圖一



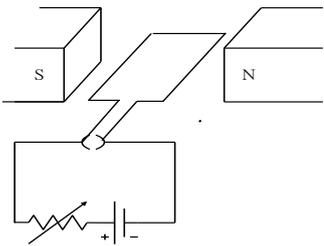
圖二



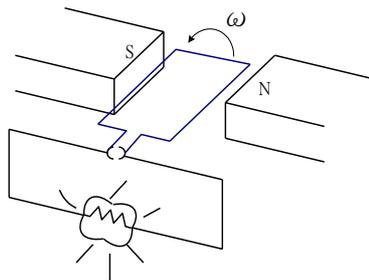
三



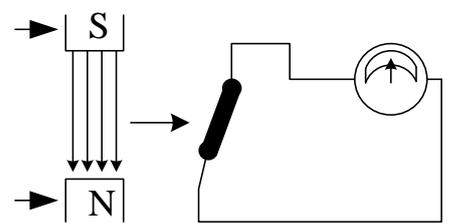
圖四



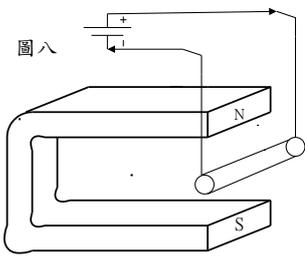
圖五



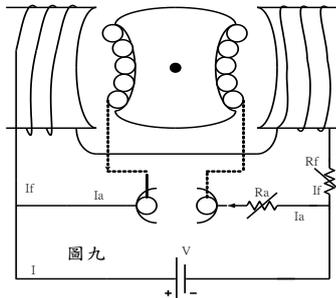
圖六



圖七



圖八



圖九

6. (1)說明直流馬達中換向器主要作用並指出圖一至圖九中那一個圖可幫助說明。(3%)

圖五、換向器主要功能為使導體線圈維持單一轉向，線圈左側電流為流入(電磁力向上)，線圈右側電流為流出(電磁力向下)，線圈形成順時針旋轉。當線圈左側轉到右側時，原電流由流入變換為流出；同理，當線圈右側轉到左側時，原電流由流出變換為流入，此種方式是為了使左側與右側導體的電磁力分別固定為向上及向下，以維持導體線圈為順時針旋轉。

7.(1)由圖一至圖九中，指出一圖來描述發電機中線圈之感應電流，如何抵抗外部磁場變化，此為楞次定律。(3%)

圖六、轉子線圈因外力驅動而逆時針旋轉，轉子線圈依法拉第電磁感應定律，產生一感應電流，此感應電流所造成的感應磁場與外加磁場會產生順時針方向的磁力矩，抵抗外界施力造成的磁場變化。此稱為楞次定律。

(2) 分別繪出直流發電機線圈感應電勢其原始輸出及並聯濾波電容C後之變化波形。(4%)

