

CH4 單相感應電動機

CH4-1 單相感應電動機之原理.....	1
(一) 雙旋轉磁場理論.....	1
(二) 單相感應電動機之轉矩分析.....	3
(三) 正轉磁場與反轉磁場之比較.....	3
(四) 單相感應電動機之功率計算.....	4
(五) 單相感應電動機之起動方法.....	5
(六) 二相旋轉磁場之原理.....	5
(七) 單相感應電動機與三相感應電動機之比較：.....	8
CH4-2 單相感應電動機之分類.....	10
(一) 分相式單相感應電動機.....	10
(二) 電容起動式單相感應電動機.....	14
(三) 運轉電容式(永久電容式)單相感應電動機.....	15
(四) 雙值電容式單相感應電動機.....	18
(五) 蔽極式單相感應電動機.....	19
(六) 串激電動機(萬用馬達).....	20
(七) 單相推斥式電動機.....	24
(八) 各種單相感應電動機比較.....	26
CH4-3 單相感應電動機之速率控制.....	27
(一) 抗流圈降壓調速法.....	27
(二) 線圈調速法.....	28

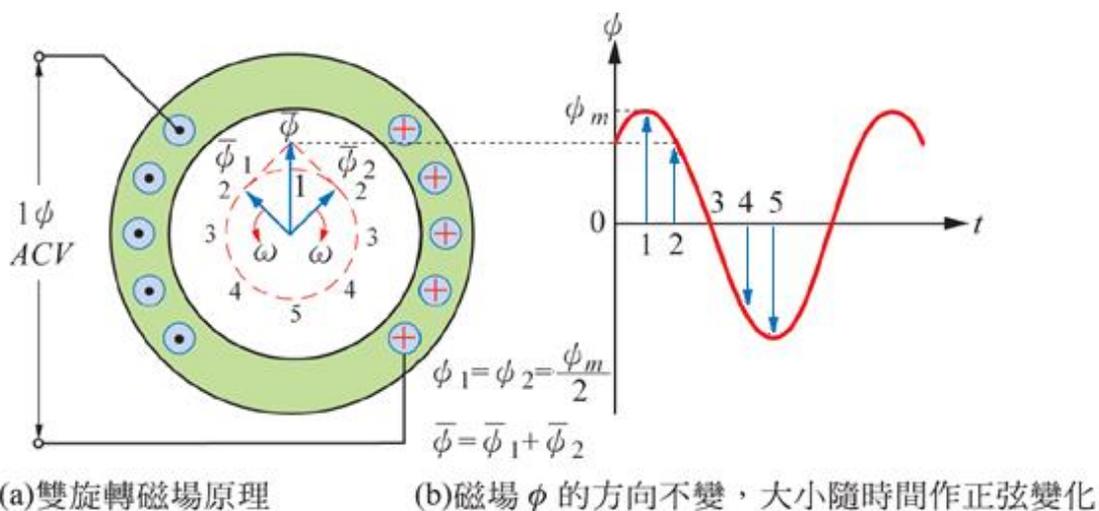
CH4 單相感應電動機

CH4-1 單相感應電動機之原理

目前室內用電大多仍為單相電源，因此單相感應電動機廣泛運用在一般場合。

(一) 雙旋轉磁場理論

- (1) 單相感應電動機，定部有單相繞組，通有單相交流電源，會產生「單相交變(交替變化)磁場」，其位置不變，大小隨時間作正弦變化，而磁場上的任何一點皆可以用雙旋轉磁場理論來解釋，也就是由兩個大小相等、旋轉方向相反的旋轉磁場來組成，如下圖之 ϕ_1 與 ϕ_2 。
- (2) 單相交變磁場雖然位置不變(磁場位置只有兩種情況)，但磁場大小可以分解成兩個大小相等之旋轉磁場。這兩個旋轉磁場的大小等於交變磁場之最大磁通量的一半($\phi_1 = \phi_2 = \frac{\phi_m}{2}$)，且兩者旋轉方向相反。



圖(1) 雙旋轉磁場理論

(3) 當轉子以 N_r 轉速旋轉時，假設 ϕ_1 為正轉向之旋轉磁場，則其轉差率：

$$S_1 = \frac{N_s - N_r}{N_s}$$

(4) 當轉子以 N_r 轉速旋轉時，假設 ϕ_2 為逆轉向之旋轉磁場，則其轉差率：

$$S_2 = \frac{N_s - (-N_r)}{N_s} = 2 - S_1$$

※例題演練 1：單相感應電動機，其單相繞組所產生的交變磁場為：

- (A) 位置固定，大小隨時間作正弦變化。
- (B) 位置改變，大小固定。
- (C) 位置與大小均不變。
- (D) 位置改變，大小隨時間作正弦變化。

Ans : A

※例題演練 2：單相感應電動機，其定部線圈中若通以正弦電流時，將產生大小相等，方向相反之兩相旋轉磁場，設轉部對於正轉旋轉磁場之轉差率為 S ，則其對反轉磁場之轉差率為 (A) S (B) $1-S$ (C) $2-S$ (D) $3-S$

Ans : C

※例題演練 3：有一四極，60Hz，1710rpm 之單相感應電動機，求此正轉磁場轉差率及反轉磁場轉差率各為若干？

Ans : $S_1=0.05$; $S_2=1.95$

※例題演練 4：三相感應電動機，空載運轉時，若一相突然斷線，則轉速：

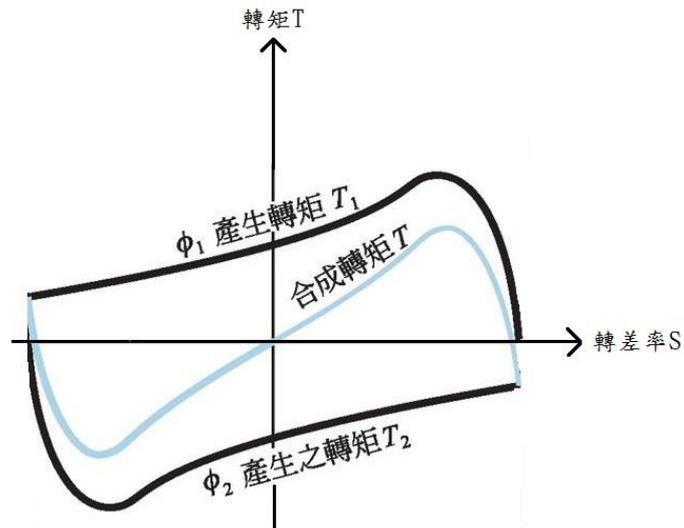
- (A) 減慢 (B) 增快 (C) 不變 (D) 不一定

Ans : C

【詳解】：三相感應電動機一相斷線，則變為單相感應電動機。因三相感應電動機無載轉速約為同步轉速 N_s ，而單相感應電動機無載轉速也約等於同步轉速 N_s ，因此三相感應電動機一相斷線，轉速幾乎不變。

(二) 單相感應電動機之轉矩分析

起動時，正轉磁場 ϕ_1 產生之轉矩與逆轉磁場 ϕ_2 產生之轉矩，兩者大小相等，方向相反，因此互相抵消，使得單相感應電動機無法自行起動。



圖(2) 單相感應電動機轉矩特性曲線

(三) 正轉磁場與反轉磁場之比較

	正轉磁場	反轉磁場
旋轉方向	正方向	反方向
產生的轉矩	正方向轉矩	反方向轉矩
轉差率	S	2-S
轉子頻率 f_r	Sf_1	$(2-S)f_1$
正轉起動後磁場	變大	變小
正轉起動後轉矩	變大	變小

(四) 單相感應電動機之功率計算

(1) 輸入功率 $P_i = VI \cos\theta$

(2) 效率 $\eta = \frac{\text{輸出功率 } P_o}{\text{輸入功率 } P_i}$

(3) 輸出功率 $P_o = P_i \times \eta = VI \cos\theta \eta$

※例題演練 1: 某一單相感應電動機在輸出功率為 1 馬力時, 其輸入交流電壓為 200V, 電流為 6A, 功率因數為 0.8 滯後, 試求效率為多少?

Ans : 77.7%

※例題演練 2: 有一 4 極, 60Hz, 110V, $\frac{1}{4}$ 馬力之單相感應電動機, 其效率為 0.6, 功率因數為 0.8, 若起動電流為滿載電流的 5 倍, 試求起動電流為若干?

Ans : 17.6A

※例題演練 3: 某 4 極, 60Hz 之單相感應電動機, 外加 110V 交流電源, 輸入電流為 13A, 輸入功率為 1250W, 轉速為 1738rpm, 輸出轉矩為 5N·m, 試求 (1)功率因數 (2)輸出功率 (3)效率

Ans : (1) 0.874 ; (2) 909.95W ; (3) 72.8%

(五) 單相感應電動機之起動方法

(1) 第一種方法：

以外力使轉子轉動起來，轉子將產生順外力方向的轉矩，而使得單相感應電動機旋轉起來。

※例如：電風扇插電後無法運轉，但是用手撥，便能轉動起來。

(2) 第二種方法：

單相感應電動機原本只有運轉繞組(主繞組)，其產生之磁場為單相交變磁場，但是交變磁場位置不變，不會旋轉，所以要裝上「起動繞組(輔助繞組)」幫忙產生二相旋轉磁場，以提供起動轉矩。

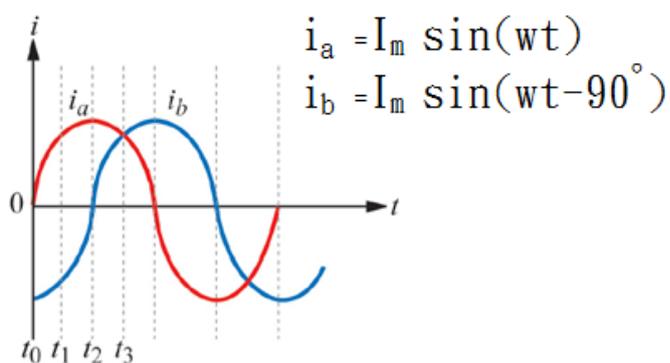
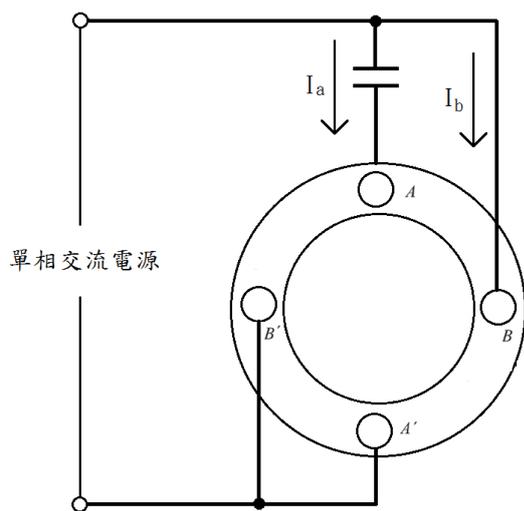
(3) 注意事項：

1. 起動繞組要裝設在與運轉繞組相差 90 度電機角的地方。
2. 流過起動繞組的電流與流過運轉繞組的電流的相位不能一樣，若兩者電流同相，則無法起動，為了避免此狀況，一般將起動繞組串聯一電容器，並且在繞製起動繞組時，要繞的比運轉繞組還少匝(使得電感較小)，當起動繞組電流超前運轉繞組的電流 90 度電機角時，單相感應電動機最容易起動。

起動繞組電流超前運轉繞組電流 90 度電機角時，代表：完美起動

(六) 二相旋轉磁場之原理

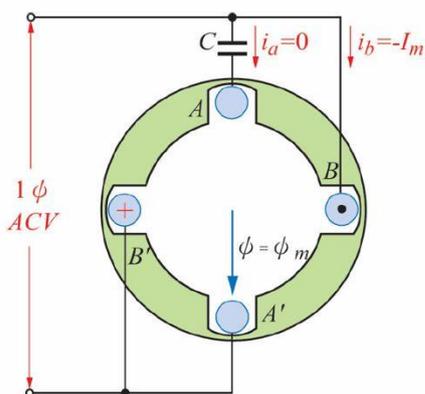
- (1) 假設起動繞組(A、A')串聯一電容器，且裝設在與運轉繞組(B、B')相差 90 度電機角的地方，如下圖(3)所示。
- (2) 假設單相感應電動機為完美起動，流經起動繞組的電流與運轉繞組的電流相差 90 度電機角，如下圖(4)所示。



圖(3) 空間間隔 90 度電機角

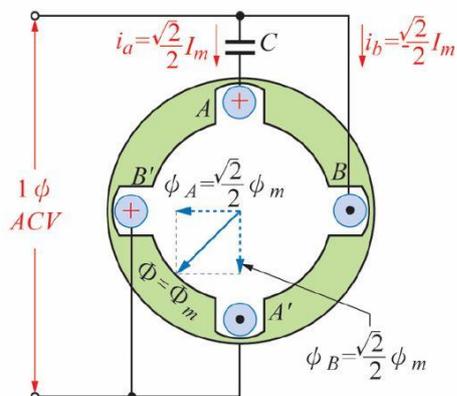
圖(4) 兩個繞組的電流相差 90 度電機角

(3) 如圖(4)所示，當 $t = t_0$ 的時候， $i_a = 0$ 、 $i_b = -i_m$ ，假設電流為正代表流入，負的代表流出，合成磁場如圖(5)所示。



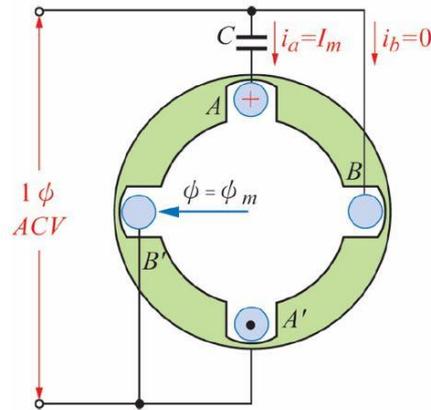
圖(5) $t = t_0$ 瞬間之合成磁場

(4) 如圖(4)所示，當 $t = t_1$ 的時候， $i_a = \frac{1}{\sqrt{2}}i_m$ 、 $i_b = -\frac{1}{\sqrt{2}}i_m$ ，合成磁場如圖(6)所示。



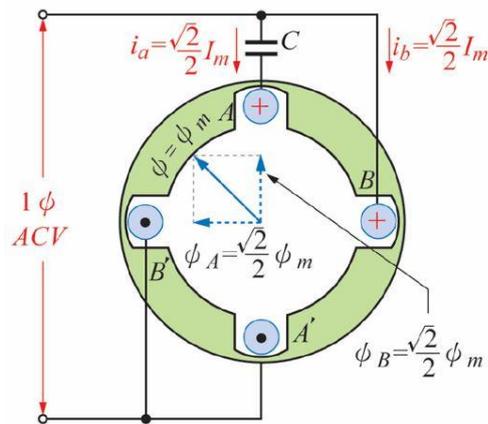
圖(6) $t = t_1$ 瞬間之合成磁場

(5) 如圖(4)所示，當 $t = t_2$ 的時候， $i_a = i_m$ 、 $i_b = 0$ ，合成磁場如圖(7)所示。



圖(7) $t = t_2$ 瞬間之合成磁場

(6) 如圖(4)所示，當 $t = t_3$ 的時候， $i_a = \frac{1}{\sqrt{2}}i_m$ 、 $i_b = \frac{1}{\sqrt{2}}i_m$ ，合成磁場如圖(8)所示。



圖(8) $t = t_3$ 瞬間之合成磁場

(7) 兩相旋轉磁場之合成磁動勢大小為為每相繞組所產生最大值的 1 倍，其大小不隨位置所改變。

合成磁場強度 $H = H_m$
合成磁動勢 $F = F_m$

(8) 兩相旋轉磁場的轉向，是由電流超前之繞組轉向電流落後之繞組，故任意對調其中一相繞組的兩端接線，即可使磁場反轉。

※例題演練 1：某單相感應電動機，定子外加單相交流電源，每相繞組於氣隙中所建立之磁動勢為 F_m ，試問兩相繞組於氣隙中所建立之合成磁動勢為多少？

(A) F_m (B) $1.5F_m$ (C) $3F_m$ (D) $6F_m$

Ans：A

【注意】三相感應電動機合成磁動勢為每相繞組的 1.5 倍

※例題演練 2：單相感應電動機之起動繞組與運轉繞組設置的位置，應相差多少電工角？(A) 30 度 (B) 60 度 (C) 90 度 (D) 120 度

Ans：C

※例題演練 3：若要使單相感應電動機完美起動，則起動繞組之電流與運轉繞組之電流相差幾度電機角時最易起動？(A) 30 度 (B) 60 度 (C) 90 度 (D) 120 度

Ans：C

※Q&A：為何兩相旋轉磁場是相差 90 度而不是 180 度？

Ans：若兩相旋轉磁場相差 180 度，將使合成磁場大小為脈動，且極性做交替變化。

(七) 單相感應電動機與三相感應電動機之比較：

	單相感應電動機	三相感應電動機
相同容量下，體積	較大	較小
效率	較差	較佳
功率因數	較差	較佳
運轉噪音	較多	較少
轉子構造	只有鼠籠式	鼠籠式/繞線式
容量	110V，最高 1hp 220V，最高 3hp	較大

※例題演練 1：有關單相感應電動機之敘述下列何者錯誤？ (A)單相感應電動機運轉效率較三相感應電動機差 (B)單相感應電動機運轉噪音較三相感應電動機大 (C)單相感應電動機較三相感應電動機便宜 (D)相同容量下，單相感應電動機之體積較三相感應電動機小

Ans：D

※例題演練 2：單相感應電動機之轉子採用 (A)鼠籠式 (B)繞線式 (C)鼠籠式與繞線式 (D)不一定

Ans：A

※例題演練 3：以 110V 供電之單相感應電動機，其最大馬力數以多少為原則？

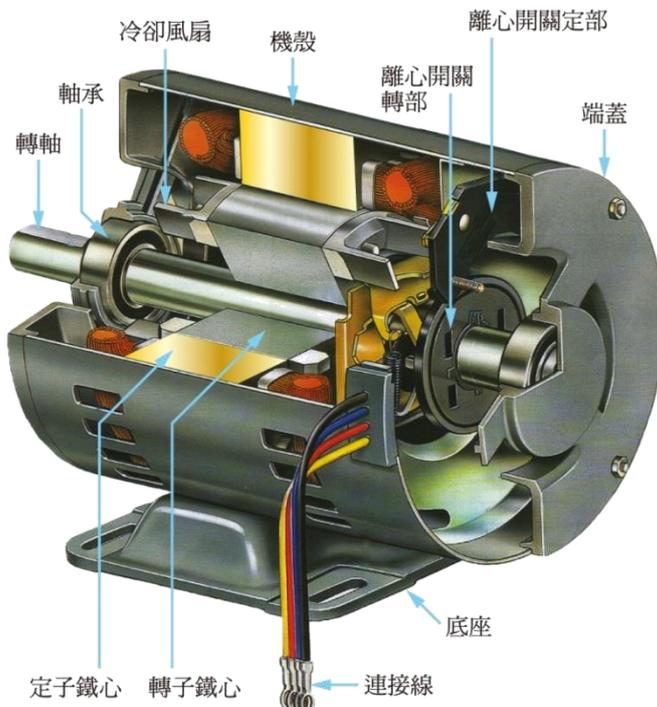
(A)1h.p. (B)2h.p. (C)3h.p. (D)4h.p.

Ans：A

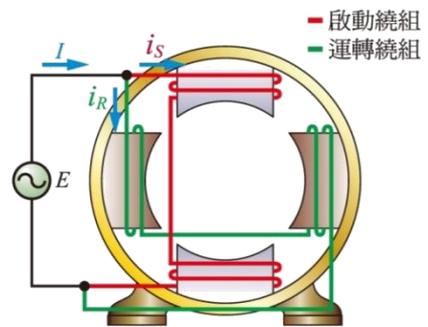
※例題演練 4：以 220V 供電之單相感應電動機，其最大馬力數以多少為原則？

(A)1h.p. (B)2h.p. (C)3h.p. (D)4h.p.

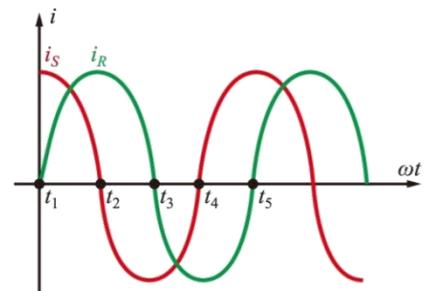
Ans：C



(a)單相感應電動機的構造



(b)運轉繞組與啟動繞組的配置位置



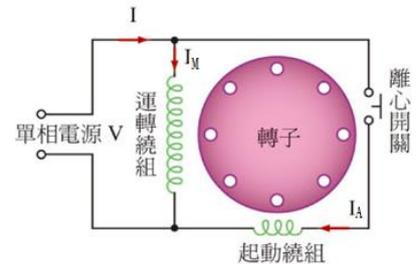
(c)運轉繞組與啟動繞組的電流波形 (理想狀況)

CH4-2 單相感應電動機之分類

(一) 分相式單相感應電動機

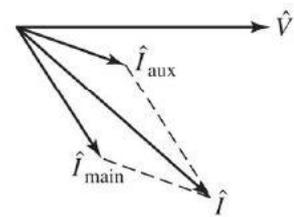
(1) 構造：

1. 定部裝設有行駛繞組(Main winding)與起動繞組(Auxiliary winding)，兩者在空間上相差 90 度電機角。



圖(9) 分相式單相感應電動機

2. 起動繞組的匝數比運轉繞組的匝數還少，使得起動繞組的電感量較小，使得起動繞組的電流超前運轉繞組的電流，因此能夠產生旋轉磁場，使得單相感應電動機可以起動。



圖(10) 兩繞組的電流相位比較

3. 起動繞組與運轉繞組比較：

	起動繞組	運轉繞組
匝數	匝數少	匝數多
線徑	線細	線粗
特性	電阻大，電感小	電阻小，電感大
置於	定部的外層	定部的內層

4. 離心開關：因為起動繞組耐壓低，不能久置於電路，因此當轉速到達 75% 同步轉速時，利用離心開關將起動繞組切離電路，以確保繞組不燒毀。

※例題演練 1：單相感應電動機之起動繞組與運轉繞組設置的位置，應相差多少電工角？(A) 30 度 (B) 60 度 (C) 90 度 (D) 120 度

Ans：C

※例題演練 2：有一 6 極，36 槽之單相感應電動機，若主繞組由第五槽開始繞製，為獲得真正 90 度相位差，則起動繞組應由下列何槽開始繞製？

(A) 第六槽 (B) 第七槽 (C) 第八槽 (D) 第九槽

【提示：起動繞組與運轉繞組在空間上要相差 90 度電機角】

Ans：C

※例題演練 3：分相式感應電動機，主繞組的電阻 R_M 和電感抗 X_M ，輔助繞組的電阻 R_A 和電感抗 X_A ，其大小關係為 (A) $R_M > R_A, X_M > X_A$ (B) $R_M > R_A, X_M < X_A$ (C) $R_M < R_A, X_M < X_A$ (D) $R_M < R_A, X_M > X_A$

Ans：D

※例題演練 4：有關電阻分相式電動機的特性，下列敘述何者不正確？(A) 起動繞組電阻較大 (B) 行駛繞組電感較大 (C) 起動繞組電流越前主繞組電流，產生分相 (D) 起動繞組置於定子線槽的內層。

Ans：D

※例題演練 5：分相式單相感應電動機，其起動繞組常使用細銅線，且匝數較少，其目的在於：(A) 增加電感，減少電阻，使其電流較主繞組電流為進相 (B) 減少電感，增加電阻，使其電流較主繞組電流為遲相 (C) 減少電感，增加電阻，使其電流較主繞組電流為進相 (D) 減少電感與電阻，使其電流較主繞組電流為進相

Ans：C

※例題演練 6：分相式電動機正常運轉中，起動繞組應該 (A) 切離主電路 (B) 與運轉繞組串聯 (C) 與運轉繞組並聯 (D) 短路。

Ans：A

※例題演練 7：分相式單相感應電動機無法自行起動，但用手轉動轉軸後，可使其正常運轉，此現象最可能之故障原因為：(A)行駛繞組斷線 (B)行駛繞組短路 (C)電源故障 (D)離心開關故障

Ans：D

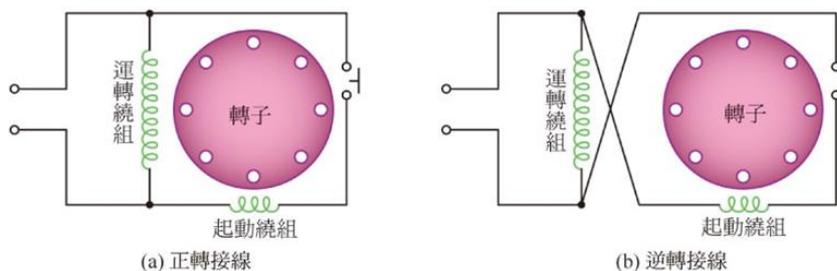
※例題演練8：交流110 伏抽水機送電後馬達不轉而發燙，其不可能的原因為 (A)起動線圈斷線 (B)運轉線圈斷線 (C)馬達之軸承機械故障 (D)起動線圈及運轉線圈均斷線

Ans：D

【詳解】不轉而發燙是因為：馬達內部部分線圈仍有通電但無法起動，其原因可能是起動線圈斷線、運轉線圈斷線、或軸承機械故障夾住不轉也有可能；但兩組線圈均斷線，即表示馬達不受電，所以現象是不轉也不會發燙。

(2) 轉向控制：

欲改變轉向的方法為：「將主繞組兩端的接線對調」或「將起動繞組兩端的接線對調」，重新啟動即反轉，兩個都改則不變。



9.

(3) 特性：

1. 起動時：因起動繞組之電流與運轉繞組之電流相位差不足 90 度，因此產生不完全的兩相旋轉磁場，使得起動轉矩小。
2. 優點：構造簡單，價格便宜。
3. 缺點：起動電流大，起動轉矩小。
4. 用途：電扇。

※例題演練 1:如要使分相式單向感應電動機之旋轉方向逆轉,可選用何種方法? (A)

運轉繞組兩端的接線維持不變,起動繞組兩端的接線相互對調

(B) 運轉繞組兩端的接線相互對調,而且起動組兩端的接線也要相互對調

(C) 運轉繞組與起動繞組的接線不變,由電源線兩端接線相互對調反接

(D) 電源線兩端接線相互對調,且運轉繞組兩端的接線相互對調,起動繞組兩端的接線也相互對調。

Ans : A

※例題演練 2:運轉中,將分相式感應電動機的起動繞組兩端反接,則其旋轉方向:

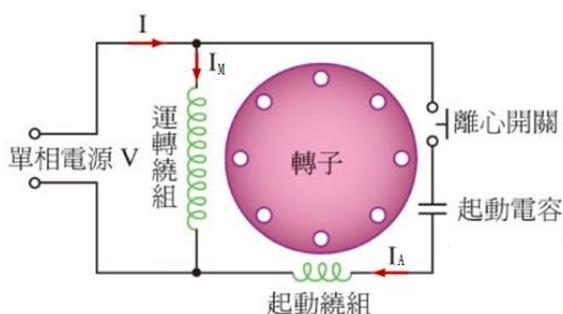
(A)反向運轉 (B)不變 (C)立即停止運轉 (D)不一定

Ans : B

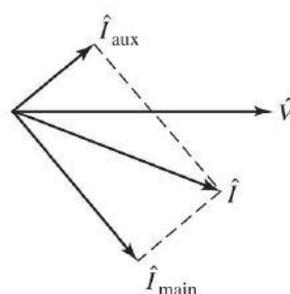
(二) 電容起動式單相感應電動機

(1) 構造：

1. 將起動電容器 C_s 與離心開關串聯，使得起動時，起動繞組電流與運轉繞組電流相差 90 度電機角。



圖(11) 電容起動式單相感應電動機



圖(12) 二繞組之電流相位

2. 起動電容器：採用乾式交流電解質電容，體積小，耐壓小，容量大，價格便宜。【因電容器容量大，使得起動轉矩大】

(2) 電容器大小：

令運轉繞組阻抗 $Z_m = R_m + jX_m$ ；起動繞組阻抗 $Z_A = R_A + jX_A$ ，欲使起動繞組之電流超前運轉繞組之電流 90 度，其電容器之大小為：

$$\text{電容抗 } X_c = \frac{R_m R_A}{X_m} + X_A$$
$$\text{電容 } C = \frac{1}{2\pi f X_c}$$

(3) 轉向控制：

與分相式單相感應電動機相同。

(4) 特性：

1. 起動時：
 - (a) 起動繞組電流與運轉繞組電流相差 90 度，是為完美起動。
 - (b) 因電容器容量大，所以起動轉矩大。
2. 優點：起動轉矩大，起動電流小，起動功因佳。
3. 用途：家用抽水機馬達、電冰箱壓縮機馬達。

※例題演練1：家庭用電冰箱的壓縮機馬達，通常採用 (A)蔽極式單相馬達 (B)分相式單相馬達 (C)電容起動式單相馬達 (D)推斥式單相馬達。

Ans : C

※例題演練2：電容起動式使用之電容特性為：(A)乾式直流電解質電容 (B)乾式交流電解質電容 (C)浸油式紙質電容 (D)陶質電容

Ans : B

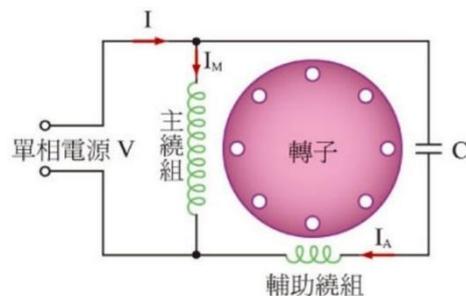
※例題演練3：一臺， $\frac{1}{2}$ hp、110V、60Hz 電容起動式感應電動機，已知行駛繞組的阻抗 $Z_M=3+j4$ 歐姆，起動繞組的阻抗 $Z_A=8+j3$ 歐姆，若欲使起動時，兩繞組電流相差90 度，所須電容器之容量為 (A)177 (B)295 (C)40 (D)88.3 μF 。

Ans : B

(三) 運轉電容式(永久電容式)單相感應電動機

(1) 構造：

1. 將運轉電容器 C_r 與起動繞組串聯，改善運轉功因，強調運轉特性。
2. 起動繞組與運轉繞組匝數、線徑完全相同，但線徑較分相式感應電動機來的細，因此電阻較大，使得起動電流較小。



圖(13) 運轉電容式單相感應電動機

3. 運轉電容器：

(a) 因無離心開關，運轉時，電容器仍與起動繞組串聯於線路上，因此電容器要選擇可長期運轉之電容器(耐壓高)。

(b) 採用浸油式紙質電容器，體積大，耐壓大，容量小，價格昂貴。

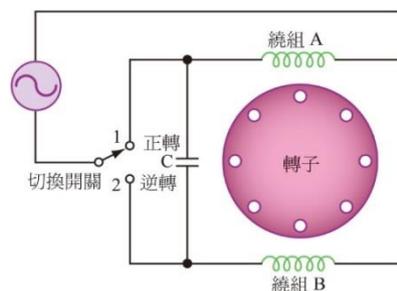
【因容量小，使得起動轉矩小，故僅適用於不需高起動轉矩之場所】

(2) 轉向控制：

1. 如圖(14)所示，採用電容切換法。

2. 當開關切於 1 時繞組 B 與電容串聯，因此繞組 B 為起動繞組，繞組 A 為運轉繞組， I_B 超前 I_A 90 度。

3. 當開關切於 2 時繞組 A 與電容串聯，因此繞組 A 為起動繞組，繞組 B 為運轉繞組， I_A 超前 I_B 90 度，馬達反轉。



圖(14) 電容切換法

(3) 轉速控制：鼠籠式轉子採用「改變磁極數」來控制轉速，詳細請看 CH3-10。

(4) 特性：

1. 起動時：

(a) 因起動繞組與運轉繞組線徑較細，使得電阻大，使得起動電流小。

(b) 因運轉電容器之電容量較小，其所產生的起動轉矩較小。

2. 優點：改善運轉時功因，運轉時安靜，效率高。

3. 缺點：起動轉矩小，電容器體積大且昂貴。

3. 用途：洗衣機馬達、抽排風機。

※例題演練 1：運轉電容式單相感應電動機之起動轉矩較小，其原因為 (A)串聯電容器使電抗增大，相位落後 (B)因電容器之損失使轉矩降低 (C)就起動之需求而言，串聯電容器之容量偏小 (D)就起動之需求而言，串聯電容器容量偏大

Ans：C

※例題演練 2：洗衣機之正反轉漩渦用馬達之主副圈之粗細? (A)主線圈粗，副線圈細 (B)主線圈細，副線圈粗 (C)主線圈一樣粗細 (D)不一定

Ans：C

※例題演練 3：關於洗衣機馬達之下列敘述何者錯誤?

- (A)採用電容切換法改變旋轉方向 (B)洗衣機馬達之兩繞組繞製須相同。
 (C)洗衣機馬達藉改變極數而變速 (D)洗衣機馬達採用電阻分相式

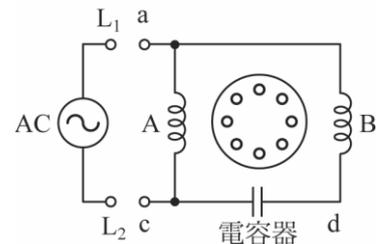
Ans：D

【詳解】

- (C) 單相感應電動機為鼠籠式，鼠籠式轉子藉由改變極數而變速。
 (D) 洗衣機馬達為運轉電容式。

※例題演練4：如下圖所示為一永久電容式單相感應馬達，此時若L₁與a點相接且L₂與c點相連接時，馬達為正轉；若欲使其反轉，則下列作法何者正確？

- (A)把電容器反接 (B)把L₁接到a且L₂接到d
 (C)把起動繞組B繞組斷線 (D)把L₁接到c且L₂接到a

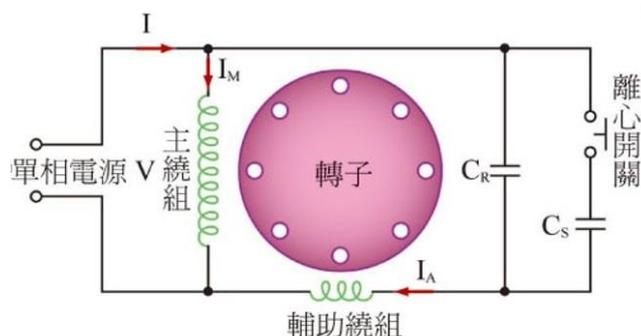


Ans：B

(四) 雙值電容式單相感應電動機

(1) 構造：

1. 如圖(15)所示，將電容起動式與運轉電容式合體，即為雙值電容式。
2. 起動時 C_r 與 C_s 並聯，使得等效電容量上升，使得起動轉矩大。



圖(15) 雙值電容式單相感應電動機

(2) 特性：

1. 起動時：等效電容量大，使得起動轉矩大。
2. 優點：起動轉矩大，起動電流小，運轉特性佳，效率高。
3. 缺點：昂貴。
3. 用途：空調用壓縮機馬達。

※例題演練 1：有關雙值電容式單相感應電動機之特性，下列敘述何者錯誤？

- (A) 雙值電容式感應電動機之運轉電容器容量較起動電容器容量小
- (B) 雙值電容式感應電動機之運轉電容器體積較起動電容器體積大
- (C) 雙值電容式運轉時，其啟動電容器仍與運轉電容器並聯
- (D) 雙值電容式常用於高功因之場合。

Ans : C

※例題演練 2：下列何種單相感應電動機之起動和運轉特性最佳？

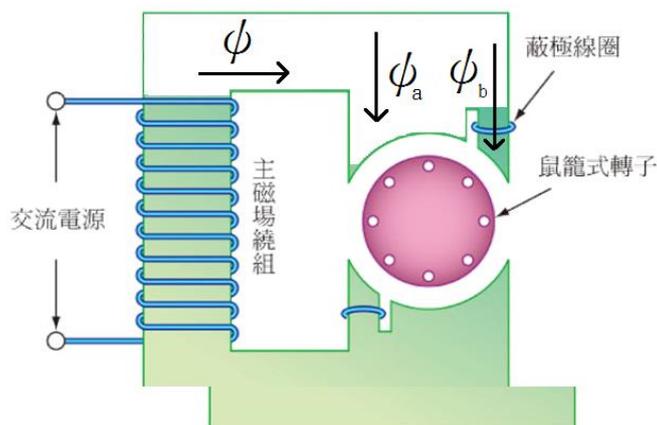
- (A) 分相式
- (B) 電容起動式
- (C) 電容運轉式
- (D) 雙值電容式

Ans : D

(五) 蔽極式單相感應電動機

(1) 構造：

1. 蔽極線圈(shading coil)：為一短路銅環。
 - (a) 用以幫助起動。
 - (b) 蔽極線圈的磁通 ϕ_b 落後主磁通 ϕ



圖(16) 蔽極式感應電動機

2. 旋轉方向：由未蔽極轉向被蔽極(磁通超前轉向磁通落後)

(2) 轉向控制：欲使蔽極電動機反轉，必須將整個磁極鐵心倒裝。

(3) 特性：

1. 起動轉矩：因主磁通 ϕ 與等效蔽極磁通 ϕ' 夾角不足 90 度，使得電動機以不完全之兩相旋轉磁場在旋轉，因此起動轉矩小。
2. 優點：構造簡單，非常便宜。
3. 缺點：起動轉矩小，功因低，運轉效率差。
4. 用途：吊扇、吹風機。

※例題演練 1：蔽極式單相感應電動機的蔽極線圈，其功能為 (A)減少漏磁 (B)幫助起動 (C)增加轉矩 (D)提高效率

Ans：B

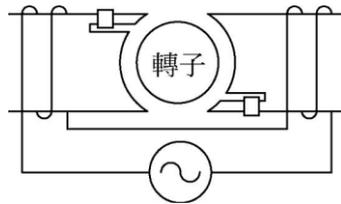
※例題演練 2：蔽極式單相馬達中蔽極部份之磁通較主磁通 (A)超前 (B)落後 (C)同相 (D)不一定

Ans：B

※例題演練 3：蔽極式單相馬達，其旋轉轉向為 (A)未蔽極轉向被蔽極 (B)被蔽極轉向未蔽極 (C)依電源而定 (D)轉向不定

Ans：A

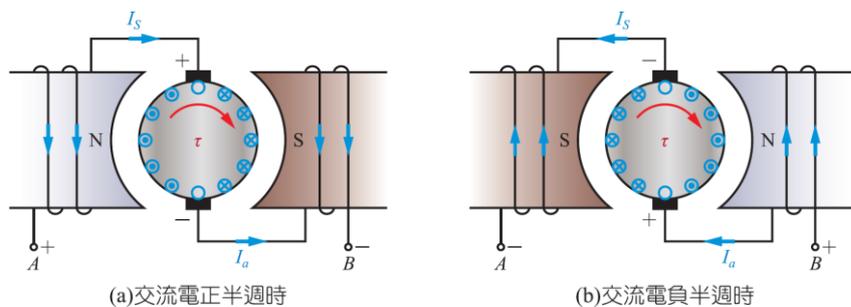
※例題演練4：如下圖所示之蔽極式電動機於接上交流電源後，將 (A)以順時方向旋轉 (B)以逆時方向旋轉 (C)無法起動 (D)可以起動，但轉向不定。



Ans：A

(六) 串激電動機(萬用馬達)

直流電動機中，僅有串激電動機適用於交流電源，因此稱為通用型電動機，亦稱為萬用馬達。單相交流電源不適用於分激式電動機，因分激場繞組的匝數多、電感大，故場電流 I_f 與電樞電流 I_a 間有很大的相角差；且其線徑細、電阻大，造成場電流小，場磁通 ϕ_f 亦很小，會使產生的轉矩 $T=K\phi I_a \cos\theta$ 下降到無法接受的程度。



圖(17) 串激電動機外接交流電源

※例題演練 1：下列何種電動機，改接交流電源，能正常運轉? (A)分激電動機 (B)串激電動機 (C)積複激式電動機 (D)差複激式電動機

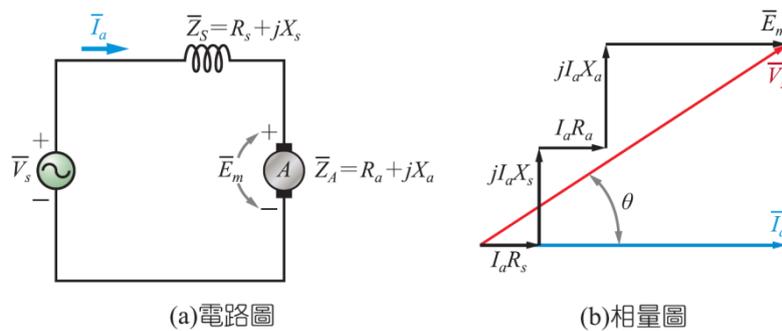
Ans : B

※例題演練 2：將串激電動機改接交流電源，將 (A)停止運轉 (B)反向運轉 (C)維持原轉向繼續運轉 (D)燒毀

Ans : C

(1) 等效電路與構造：

串激電動機外加交流電源後，相較於外加直流電源，多了串激場電抗 X_s 與電樞電抗 X_a ，使得運轉下的電動機功率因數及效率都很低，且電樞反應會在換向器上產生較大火花，故使用交流電源的串激式電動機，相較與串激式直流電動機，其構造在設計時應有如下的改善。



圖(18) 串激電動機外加交流電源之電路圖

1. 減少鐵損：定部、轉部均採用矽鋼片疊成。
2. 提高功率因數：欲提高功率因數 $\cos\theta$ (即 θ 相角減少)，須採強電樞、弱磁場的設計，其方法如下：
 - I. 降低電源頻率：可減少磁場繞組電抗 X_s 及電樞電抗 X_a 。
 - II. 減少串激場繞組每極匝數：串激場電抗 $X_s \downarrow$ ，降低電抗壓降。
 - III. 增加磁極數：使磁場強度不會減弱，使轉矩維持不變。
 - IV. 增加電樞繞組匝數：可增加其反電勢 E_a ，彌補弱磁場效應，維持輸出不變。
但須在定子磁極面的槽內增設補償繞組，來抵消電樞反應，否則電樞繞組的電抗壓降會增加。

- 3 **改善換向問題：**串激式交流電動機的串激場繞組所產生的磁場為交變磁場，可使正在換向的電樞繞組產生感應電勢，同時該電樞線圈正被電刷所短路，導致換向的電樞線圈產生短路電流，且該短路電流會使電刷與換向片間形成嚴重的火花現象，故須用如下的改善方法：
- I. **減少主磁極磁通：**即減少串激場繞組每極的匝數，但為了使轉矩不致下降，故需增加主磁極極數。
 - II. **在電樞線圈與換向片間的連線使用高電阻引線：**可限制電刷與換向片間的短路電流。
 - III. **裝設換向磁極：**換向磁極繞組與電樞串聯所產生的反方向磁動勢，可使換向線圈切割後感應換向，可抵消正在換向的電樞線圈所感應的電抗電勢，有效減低電刷與換向片間嚴重火花的產生。
- (2) **轉向控制：**改變場繞組兩端接線方向或改變電樞繞組兩端接線方向，兩個都改則不變。一般採單方向運轉，不改變轉向。
- (3) **特性：**
1. **運轉特性：**
 - I. 具有高啟動轉矩及可變速率的特性。
 - II. 負載增加，轉速降低。
 - III. 轉矩與電流之平方成正比。
 - IV. 負載↑，內部電抗壓降↑，使感應電勢↓，功因↓，與一般感應機相反。
 - V. 頻率越低，運轉性能越好。
 2. **優點：** 啟動轉矩大，功率因數及效率高。
 3. **缺點：** 價格昂貴。
 4. **用途：** 果汁機、縫紉機、吸塵器、手提式電鑽。

※例題演練 1：串激式交流電動機運用於何時，其功率因數最高？ (A)過載 (B)滿載 (C)輕載 (D)與負載大小無關。

Ans：C

※例題演練 2：有關串激式交流電動機的敘述，下列何者錯誤？ (A)依強電樞、弱磁場設計 (B)具高啟動轉矩 (C)電源頻率愈低，運轉特性愈佳 (D)滿載功率因數較輕載時高。

Ans：D

※例題演練 3：使用交流電源與直流電源的串激式電動機，就結構差異而言的敘述，下列何者有誤？ (A)每一磁極的匝數較多 (B)空氣隙較小，鐵心截面積較大 (C)電樞繞組匝數較多 (D)磁極數較多。

Ans：A

※例題演練 4：若要提高串激式交流電動機的功率因數，下列方法中何者無效？ (A)減少串激場繞組每極匝數，但增加總磁極數 (B)增加電樞繞組匝數 (C)降低電流頻率 (D)電樞線圈與換向片間的連線使用高電阻引線。

Ans：D

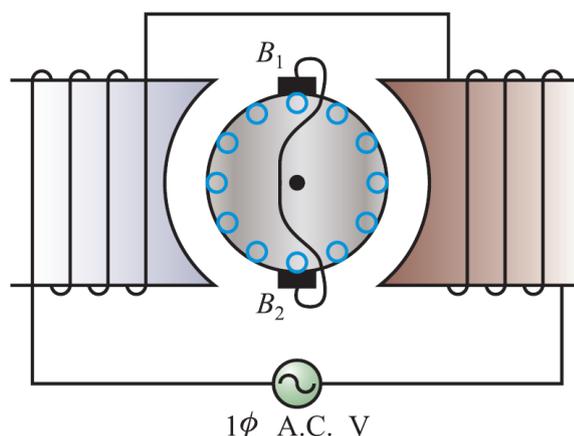
※例題演練 5：若要改善串激式交流電動機的換向問題，下列方法中何者無效？ (A)減少每個主磁極磁通 (B)電樞線圈與換向片間的連線使用高電阻引線 (C)裝設換向磁極 (D)採用補償繞組。

Ans：D

(七) 單相排斥式電動機

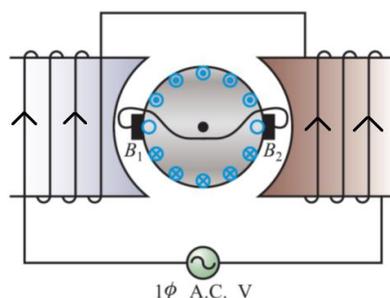
(1) 構造：

- I. 定部設有單相繞組，通有單相交流電源，會產生交變磁場。交變磁場切割轉部的電樞繞組，而感應出應電勢，電樞應電勢加在電刷的短路線圈上，而感應出電樞電流，進而產出與交變磁場同極性之電樞磁場，兩磁場因極性相同而產生相斥力，形成排斥轉矩，待轉子轉速接近額定轉速 75% 時，利用離心開關將所有換向片短路，如同鼠籠式轉子維持運轉，是為排斥式電動機。
- II. 改變轉矩大小：電刷的固定坐可移動，以改變刷軸與磁場的相對位置，進而改變電動機之轉矩大小。
 - (a) 刷軸與磁軸相互垂直：B₁、B₂ 間無感應電勢，因此無樞電流，無轉矩。



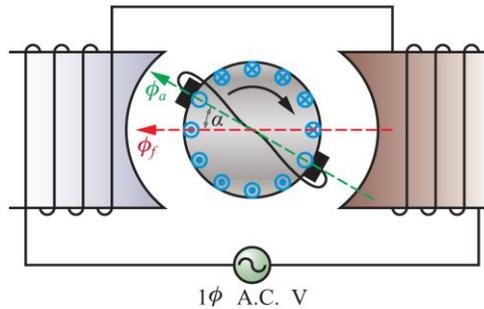
圖(19) 排斥式電動機-刷軸與磁軸垂直

- (b) 電刷軸與磁場極軸平行處：B₁、B₂ 間感應電勢最大，樞電流最大，轉矩互相抵消。



圖(20) 排斥式電動機-刷軸與磁軸平行

- (c) 電刷軸與磁場極軸相差 α 電機角：B1、B2 間產生感應電勢，且產生與刷軸同方向之電樞磁場 ϕ_a ，並與定子繞組所產生的交變主磁場 ϕ_f 相互排斥而形成轉矩，驅使轉子旋轉。(串激場繞組匝數少線粗，電感較小，因此 ϕ_f 領先 ϕ_a ，轉向由超前轉向落後，亦即極軸轉向刷軸。)



圖(21) 推斥式電動機-刷軸與磁軸相差 α 度

(2) 轉向控制：

1. 電刷移動 180 度。

(3) 特性：

1. 優點： 啟動轉矩大，啟動電流小，最大轉矩 T_{max} 發生在刷軸與極軸間夾角約為 $15^\circ \sim 25^\circ$ 電機角處。
3. 缺點： 構造複雜、保養不易，逐漸被電容啟動式取代。
4. 用途： 吸塵器、電鑽、縫紉機、壓縮機。

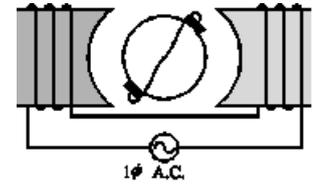
※例題演練 1：推斥式電動機的磁場繞組接單相交流電源，當電刷軸與極軸垂直時，電樞中 (A)無電流亦無轉矩 (B)有電流但無轉矩 (C)無電流但有轉矩 (D)有電流亦有轉矩。

Ans：A

※例題演練 2：推斥式電動機的磁場繞組接單相交流電源，當電刷軸與極軸水平時，電樞中 (A)無電流亦無轉矩 (B)有電流但無轉矩 (C)無電流但有轉矩 (D)有電流亦有轉矩。

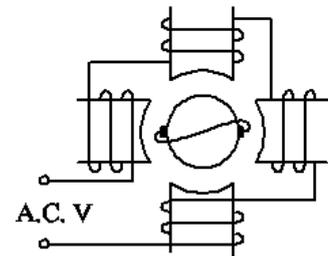
Ans：B

※例題演練 3：如下圖所示之推斥式電動機，其運轉特性應為下列何者 (A)無電流亦無轉矩 (B)朝順時針方向旋轉 (C)朝逆時針方向旋轉 (D)有電流但無轉矩。



Ans : C

※例題演練 4：如下圖所示之推斥式電動機，其轉向為 (A)逆時針 (B)順時針 (C)不轉 (D)不一定。



Ans : B

(八) 各種單相感應電動機比較

(1) 綜合比較：

	起動轉矩	起動電流	輸出馬力	價格	備註
分相式	第 4	500%-600%	35-200W	便宜	
電容起動	第 3		65-250W	稍貴	
運轉電容	第 5		200W ↓	稍貴	無離心開關
雙值電容	第 2		200-400W	昂貴	效率佳
蔽極式	第 6(最小)		65W ↓	最便宜	無離心開關，價格便宜 容量小、功因差、效率差
推斥式	第 1		100-750W	昂貴	無離心開關

(2) 起動轉矩由大到小排序：

推斥式 > 雙值電容式 > 電容起動式 > 分相式 > 運轉電容式 > 蔽極式

※例題演練 1：運轉電容式單相感應電動機與分相式單相感應電動機之比較，下列敘述何者錯誤？

- (A)運轉電容式電動機之功率因數較高
- (B)運轉電容式電動機之起動轉矩較大
- (C)運轉電容式電動機之起動電流較小
- (D)運轉式電動機不用離心開關

Ans：B

※例題演練 2：下列敘述何者正確？

- (A)雙值電容式常用於需變速，低功因之場合
- (B)雙值電容式之永久電容器的容量較起動電容器的容量大
- (C)蔽極電動機中蔽極部份之磁通較主磁通為落後
- (D)蔽極電動機之起動轉矩比其他單相感應電動機大

Ans：C

※例題演練 3：下列單相感應電動機中，何者起動轉矩最低？

- (A)分相式
- (B)電容起動式
- (C)運轉電容式
- (D)蔽極式

Ans：D

※例題演練 4：有關蔽極式單相感應電動機之敘述，下列何者錯誤？

- (A)價格便宜
- (B)構造簡單
- (C)蔽極線圈為短路銅環
- (D)效率佳

Ans：D

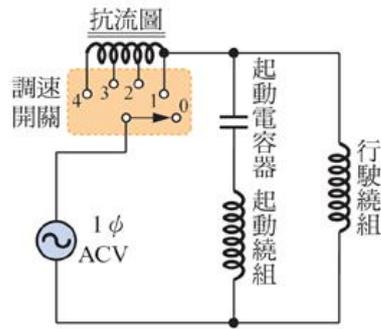
CH4-3 單相感應電動機之速率控制

單相感應電動機常用之速率控制法分別為：改變電源頻率、改變極數、抗流圈降壓調速法、線圈調速法，其中改變頻率與改變極數在三相感應電動機已談過。

(一) 抗流圈降壓調速法

- (1) 如圖(22)所示，將抗流圈與電源串聯，電壓會在抗流圈產生壓降，使得運轉繞組的電壓降低，使得轉速下降。

(2) 當開關切在 4，電動機以最低速度運轉；當開關切在 1，電動機以全壓速度運轉。



圖(22) 抗流圈降壓調速法

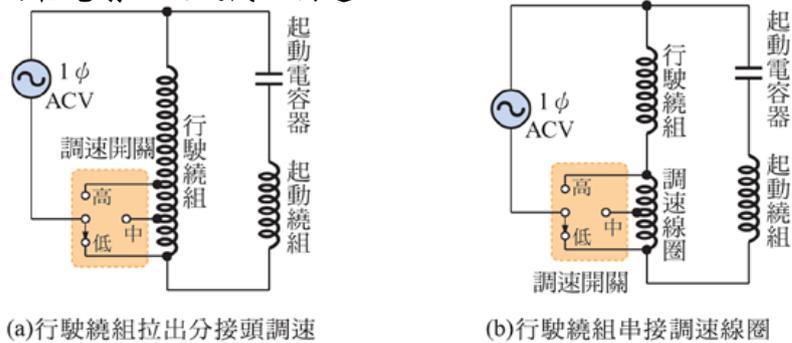
※例題演練：當電扇採用抗流線圈調速，試問電扇串聯之抗流圈越多，則電扇的速度越：(A)快 (B)慢 (C)不變 (D)不一定

Ans：B

(二) 線圈調速法

(1) 如下圖(23)所示，運轉繞組拉出好幾個接頭，當電源所跨接的運轉繞組匝數越少，則電動機轉速越快。

(2) 此法常應用在電扇、吹風機之調速。



圖(23) 線圈調速法

※例題演練：單相感應電動機從行駛繞組拉出好幾個分接頭作為調整速率之用，當電源電壓所跨接的行駛繞組匝數越少時，在相同負載下，其轉速越(A)快 (B)慢 (C)不變 (D)不一定

Ans：A