



CH1 三相感應電動機之原理

1-2 三相旋轉磁場

隨堂練習解答

課本 P11

- (C) 1. 某三相平衡感應電動機，定子接三相平衡電源，其每相繞組於氣隙中所建立之磁動勢最大值為 F_m ，試問三相繞組於氣隙中所建立之合成磁動勢最大值為多少？

(A) $6F_m$ (B) $3F_m$ (C) $3/2F_m$ (D) $1/4F_m$ 。

- (A) 2. 交流電機定子繞組通電後所產生之三相旋轉磁場，下列敘述何者錯誤？

(A) 三相合成磁通大小隨時間呈現正弦變化

(B) 旋轉磁場速度與外加之電流頻率成正比

(C) 磁極數目加倍，旋轉磁場速度減半

(D) 改變電源相序，旋轉磁場方向隨之改變。

解 三相旋轉磁場合成磁通大小不變，為每相繞組之磁動勢最大值為 1.5 倍

- (C) 3. 某三相、6 極感應電動機，電源頻率為 60Hz，則其旋轉磁場轉速何者正確？

(A) 2400 rpm (B) 1200 rps (C) 1200 rpm (D) 1200 rad/sec。

解 $n_s = \frac{120f}{P} = \frac{120 \times 60}{6} = 1200 \text{rpm} = 20 \text{rps} = 40\pi \text{ (弧度/秒)}$

隨堂練習解答

課本 P14

- (C) 1. 實習工廠中有一台三相感應電動機，銘牌上標示為 6 極、60 Hz，轉差率 3%，測量電動機滿載運轉時的轉子轉速，下列量測數值何者最有可能？

(A) 36 rpm (B) 54 rpm (C) 1164 rpm (D) 1200 rpm。

解 $n_r = (1-S) \frac{120f}{P} = (1-0.03) \times \frac{120 \times 60}{6} = 1164 \text{rpm}$

- (A) 2. 同上題，這一台電動機的轉差速率為何？
 (A)36 rpm (B)54 rpm (C)1164 rpm (D)1200 rpm。

解 轉差速率 = $n_s - n_r = 1200 - 1164 = 36\text{rpm}$

自我評量解答

課本 P15

一、選擇題

- 1-2 (B) 1. 目前臺灣電力公司在臺灣地區的電力系統，其電源電壓頻率為多少？
 (A)50 Hz (B)60 Hz (C)100 Hz (D)400 Hz。

解 我國目前電源頻率為60Hz

- (C) 2. 交流電機之極數為 P ，則電機角為 θ_e 與機械角 θ_m 之關係為
 (A) $\theta_m = \frac{P}{2}\theta_e$ (B) $\theta_m = \frac{P}{4}\theta_e$ (C) $\theta_e = \frac{P}{2}\theta_m$ (D) $\theta_e = \frac{P}{4}\theta_m$ 。

- (C) 3. 空間位置相差 120° 電機角的三組繞組，欲產生旋轉磁場，三組繞組之電流須
 (A)同相 (B)相差 90° 電機角
 (C)相差 120° 電機角 (D)相差 180° 電機角。

解 三相繞組之電流相隔 120° 電機角

- (A) 4. 感應電動機轉子旋轉方向與旋轉磁場方向
 (A)相同 (B)相反 (C)無關 (D)視電源相數而定。
 (D) 5. 感應電動機之公式 $n_s = \frac{120f}{P}$ 中，下列敘述何者錯誤？

- (A) f 係指電源頻率 (B) P 係指該機極數
 (C) n_s 係指旋轉磁場轉速 (D)極數愈少，轉速愈低。

解 f 係指外加電源頻率

- (D) 6. 某三相、6 極感應電動機，電源頻率為 60 Hz，則旋轉磁場轉速為多少？
 (A)7200 rpm (B)3600 rpm (C)1800 rpm (D)1200 rpm。

解 三相6極60Hz 感應電動機，同步轉速 $n_s = \frac{120f}{P} = \frac{120 \times 60}{6} = 1200\text{rpm}$

- (B) 7. 三相感應電動機在正常運轉下，若電源電壓的頻率 f_e 其單位為 Hz，此電動機轉軸之機械轉速 N_r 其單位為 rpm，極數為 P ，滑差率(轉差率)為 S ，則下列何者正確？

(A) $N_r = (1+S) \frac{120}{P} f_e$ (B) $N_r = (1-S) \frac{120}{P} f_e$
 (C) $N_r = \frac{120}{P} f_e$ (D) $N_r = (2-S) \frac{120}{P} f_e$ 。

解 $n_r = (1-S)n_s = (1-S) \frac{120f_e}{P}$

- (A) 8. 三相 6 極感應電動機，電源電壓為 220 V，頻率為 50 Hz，若在額定負載下，滑差率(轉差率)為 5%，則電動機滿載時轉軸轉速為何？

(A)950 rpm (B)1000 rpm (C)1050 rpm (D)1200 rpm。

解 $n_s = \frac{120 \times 50}{6} = 1000 \text{rpm}$ ， $n_r = (1-S)n_s = (1-0.05) \times 1000 \text{rpm} = 950 \text{rpm}$

- (B) 9. 三相 4 極的感應電動機，接 50 Hz 電源，測量出轉速為 1410 rpm，則其轉差率為多少？

(A)3% (B)6% (C)12% (D)22%。

解 $n_s = \frac{120 \times f}{P} = \frac{120 \times 50}{4} = 1500 \text{rpm}$ ， $S = \frac{n_s - n_r}{n_s} = \frac{1500 - 1410}{1500} = 0.06 = 6\%$

- (A) 10. 有一部三相感應電動機，其銘牌標示摘錄如下：0.25 hp、450 VAC、60 Hz、6 P。若其滿載轉速為 1140 rpm，請問起動瞬間轉差率為多少？

(A)1 (B)0.95 (C)0.05 (D)0。

解 起動瞬間轉子轉速為 0，轉差率為 1

- (C) 11. 三相 4 極 50 Hz 感應電動機，正常運轉中轉子速率最可能為

(A)2000 rpm (B)1500 rpm (C)1450 rpm (D)50 rpm。

解 $n_s = \frac{120 \times f}{P} = \frac{120 \times 50}{4} = 1500 \text{rpm}$

正常運轉中，轉子轉速略低於同步轉速，最有可能為 1450 rpm

- (C) 12. 三相 60 Hz 感應電動機，滿載轉速每分鐘 1140 轉，試問極數及轉差為多少？
 (A)2 極，0.68 (B)4 極，0.37 (C)6 極，0.05 (D)8 極，-0.27。

解 (1) 感應電動機 $n_r < n_s$ ，故 $P = \frac{120 \times f}{n_r} = \frac{120 \times 60}{1140} = 6.31$ (取整數、6 極)，

$$n_s = \frac{120f}{P} = \frac{120 \times 60}{6} = 1200 \text{rpm}$$

$$(2) S = \frac{n_s - n_r}{n_s} = \frac{1200 - 1140}{1200} = 0.05 = 5\%$$

- (D) 13. 三相 6 極感應電動機的三組繞組，彼此置於定子槽內應相互間隔多少機械角？ (A)120° (B)90° (C)60° (D)40°。

解 三相繞組需相隔 120° 電工角，換算為機械角

$$\theta_e = \frac{P}{2} \theta_m \Rightarrow 120^\circ = \frac{6}{2} \theta_m \Rightarrow \theta_m = 40^\circ$$

- (B) 14. P 極感應電動機中，其旋轉磁場之每秒轉數等於電流頻率 f 之每秒週數的
 (A) $\frac{P}{2}$ 倍 (B) $\frac{2}{P}$ 倍 (C) P 倍 (D) $2P$ 倍。

解 $n_s = \frac{120f}{P} \text{rpm} = \frac{2f}{P} \text{rps}$

- (C) 15. 感應電動機之轉子電流是藉由
 (A)電刷傳遞 (B)直接傳導 (C)電磁感應 (D)感應與傳導皆有。

解 感應電動機的轉子與電源沒有連接，轉子電流是依據阿拉哥原理感應而得

- (B) 16. 有關三相感應電動機之敘述何者錯誤？
 (A)旋轉磁場磁動勢峰值為每相定子激磁繞組的 $\frac{3}{2}$ 倍
 (B)又稱非同步機，因其轉子轉速恆大於旋轉磁場之同步轉速
 (C)欲改變轉子轉向，僅需將三相接線中之二條線對調即可
 (D)旋轉磁場同步轉速與電源頻率成正比，與定子極數成反比。

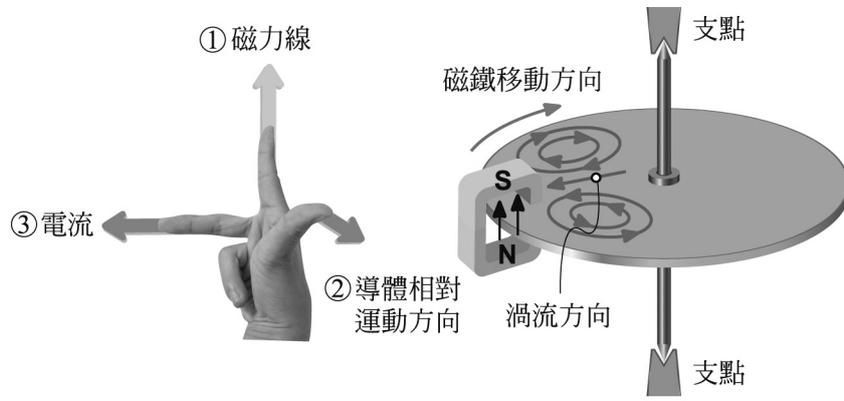
解 感應電動機又稱非同步機，因其轉子轉速恆低於旋轉磁場之同步轉速

二、問答題

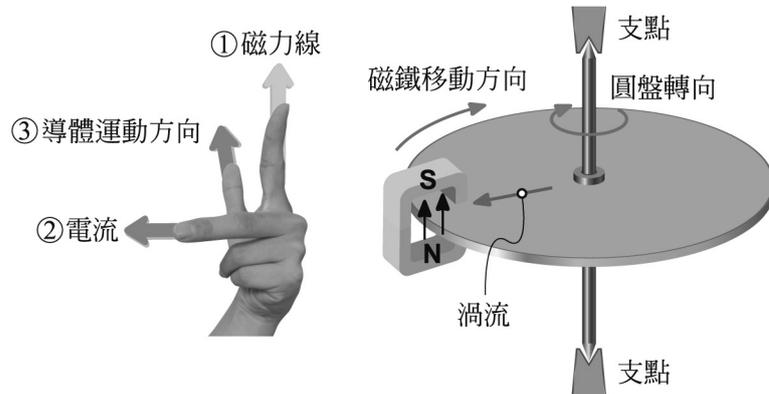
1. 畫圖說明阿拉哥圓盤的動作原理。

解 如圖(a)所示，當磁鐵沿著銅製圓盤以順時針方向旋轉，磁力線會切割圓盤，由於圓盤相對運動方向為逆時針，依據發電機(弗萊明右手)定則，銅盤產生感應電勢，並形成如圖(a)所示之渦流。

如圖(b)所示，圓盤內的渦流與磁力線作用產生作用力，根據電動機(弗萊明右手)定則，銅盤形成轉矩，並追隨磁場以順時針方向開始旋轉

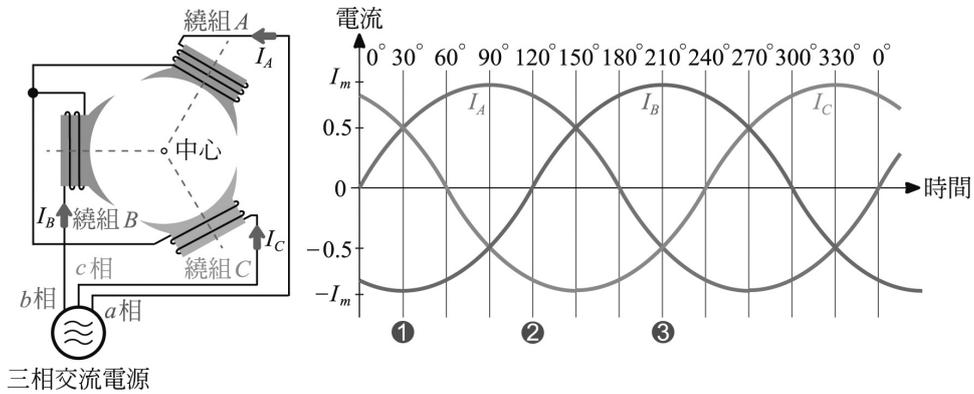


(a) 圓盤中的渦流方向



(b) 圓盤旋轉方向

2. 將三相感應電動機加入如圖(1)所示之平衡三相電流，參考課本圖 1-6 的說明，分別畫出時間①、②、③合成磁通的位置與大小，並據以判斷電動機轉向為何？



圖(1)

解 時間為①位置($\theta = 30^\circ$)時：電流 $I_A = \frac{1}{2}I_m$ ， $I_B = -I_m$ ， $I_C = \frac{1}{2}I_m$ ，A 相繞組磁勢

$$H_A = \frac{1}{2}H_m；B 相繞組磁勢 $H_B = -H_m$ ；C 相繞組磁勢 $H_C = \frac{1}{2}H_m$ ，$$

三組繞組合成後的磁勢為單一繞組最大值的 1.5 倍，即($H_T = 1.5H_m$)。

時間為②位置($\theta = 120^\circ$)時：電流 $I_A = \frac{\sqrt{3}}{2}I_m$ ， $I_B = 0$ ， $I_C = -\frac{\sqrt{3}}{2}I_m$ ，

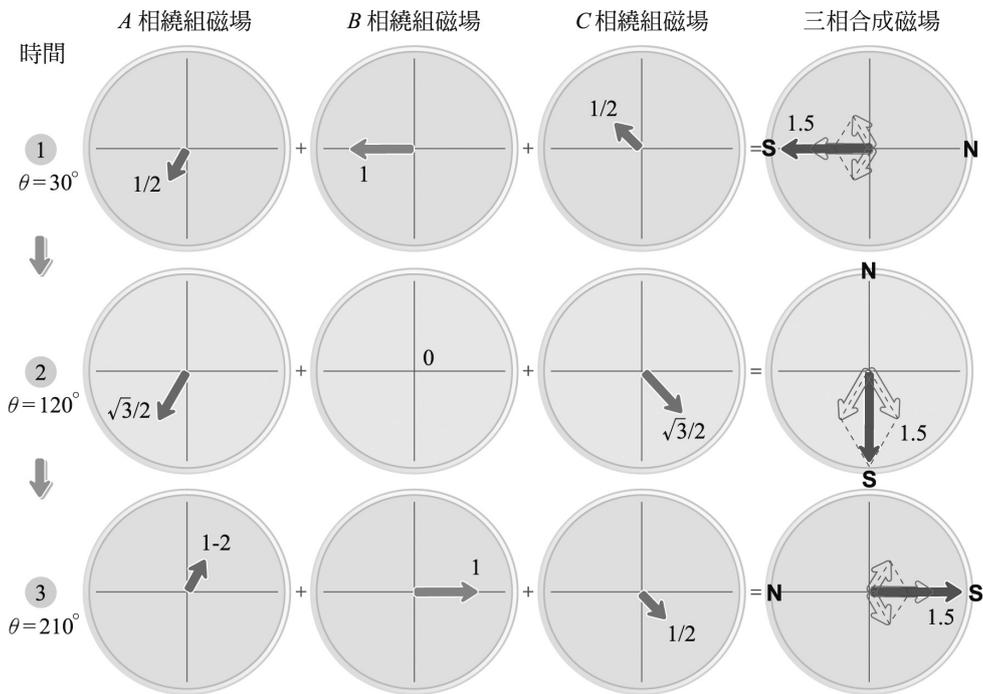
$$A 相繞組磁勢 $H_A = \frac{\sqrt{3}}{2}H_m$ ；B 相繞組磁勢 $H_B = 0$ ；C 相繞組磁勢 $H_C = -\frac{\sqrt{3}}{2}H_m$ ，$$

三組繞組合成後的磁勢為單一繞組最大值的 1.5 倍，即($H_T = 1.5H_m$)。

時間為③位置($\theta = 210^\circ$)時：電流 $I_A = -\frac{1}{2}I_m$ ， $I_B = I_m$ ， $I_C = -\frac{1}{2}I_m$ ，

$$A 相繞組磁勢 $H_A = -\frac{1}{2}H_m$ ；B 相繞組磁勢 $H_B = H_m$ ；C 相繞組磁勢 $H_C = -\frac{1}{2}H_m$ ，$$

三組繞組合成後的磁勢為單一繞組最大值的 1.5 倍，即($H_T = 1.5H_m$)，三組繞組合成後的磁通方向如下圖所示，可得旋轉磁場為順時針方向



3. 有一部 8 極 60 Hz 之三相感應電動機，其滿載轉速為 882 rpm，求此時(1)每分鐘同步轉速、(2)每秒鐘同步轉速、(3)同步角速度、(4)轉差速率、(5)轉差率、(6)旋轉磁場對轉子轉速、(7)旋轉磁場對定子轉速、(8)定子對轉子轉速分別為多少？

解 (1) 每分鐘同步轉速： $n_s = \frac{120f}{P} = \frac{120 \times 60}{8} = 900 \text{rpm}$

(2) 每秒鐘同步轉速： $n_s = \frac{900}{60} \text{rps} = 15 \text{rps}$

(3) 同步角速度： $\omega_s = \frac{4\pi f}{P} = \frac{4\pi \times 60}{8} = 30\pi = 94.2 \text{ (弧度/秒)}$

(4) 轉差速率： $n_s - n_r = 900 - 882 = 18 \text{rpm}$

(5) 轉差率： $S = \frac{n_s - n_r}{n_s} = \frac{900 - 882}{900} = 0.02 = 2\%$

(6) 旋轉磁場對轉子轉速： $n_s - n_r = 900 - 882 = 18 \text{rpm}$

(7) 旋轉磁場對定子轉速： $n_s - 0 = 900 \text{rpm}$

(8) 轉子對定子轉速： $n_r - 0 = 882 \text{rpm}$

鍛鍊本解答－嚴選精華

- 1-2 1. 三相感應電動機定子三組繞組位置互隔 120° 電機角，當三相電流通過定子的三組繞組時，會在定子內產生 旋轉 磁場。
2. 三相繞組成磁通之磁勢為單一繞組最大值的 1.5 倍。
3. 旋轉磁場的方向由 電流相序 與 繞組配置 方式決定；若將三相電源線中的 任意二條 對調，旋轉磁場方向相反，轉子跟著反轉。
4. 旋轉磁場的轉速稱為 同步轉速 n_s ，其值為 $n_s = \frac{2f}{P}$ (rps) = $\frac{120f}{P}$ (rpm)。
5. 感應電動機電源輸入瞬間，轉子由零開始加速，片刻後轉子才跟上旋轉磁場轉速，以 略低於 同步轉速 的速度持續旋轉。
6. 感應電動機轉子轉速 n_r 恆低於 同步轉速 n_s ，兩者差距稱為轉差或是滑差，即轉(滑)差速率 = $\frac{n_s - n_r}{n_s}$ ，轉差速率與同步轉速的比例稱為轉差率 $S = \frac{n_s - n_r}{n_s}$ 。
7. 感應電動機轉子轉速 $n_r = (1 - S)n_s = (1 - S)\frac{120f}{P}$ 。
8. 感應電動機起動瞬間，轉子轉速 $n_r = 0$ ，轉差率 $S = 1$ 。正常運轉中，轉子轉速 略低於 同步轉速 ($n_r < n_s$)， $0 < \text{轉差率} S < 1$ 。倘若因為外力導致轉子轉速等於同步轉速 ($n_r = n_s$) 時，轉差率 $S = 0$ 。

鍛鍊本解答－大顯身手

課內題

詳解請參考自我評量解答 P1-2~1-7

課外題

一、精選題【訂正】第 1~5 題範圍為第三章

- (D) 1. 有關感應電動機轉子之感應電勢與轉差率 S 的關係，下列敘述何者錯誤？
 (A) $S = 1$ 時，轉子之感應電勢為最大 (B) $S = 0$ 時，轉子之感應電勢為 0
 (C) 轉子轉速越低，轉子感應電勢越大 (D) 轉子轉速，不影響轉子感應電勢大小。

解 $E_{2r} = SE_2$ ，轉速越低， S 越大

- (C) 2. 有一台三相、4 極、50Hz 繞線式感應電動機，滿載時轉速為 1350rpm。使用示波器測量轉子端電壓波形，若示波器設定為每格 0.1 秒，轉子端電壓之波形一週期在示波器上顯示為幾格？

(A)1 格 (B)1.5 格 (C)2 格 (D)2.5 格。

$$\text{解 } N_s = \frac{120f}{P} = \frac{120 \times 50}{4} = 1500 \text{rpm}$$

$$S = \frac{N_s - N_r}{N_s} \times 100\% = \frac{1500 - 1350}{1500} = 0.1$$

$$f_2 = S f_1 = 0.1 \times 50 = 5 \text{Hz}$$

$$T = \frac{1}{f} = \frac{1}{5} = 0.2 \text{ 秒，一個 } 0.1 \text{ 秒，所以顯示 } 2 \text{ 格}$$

- (B) 3. 有關三相感應電動機之敘述，下列何者錯誤？

- (A)旋轉磁場之同步轉速與電源頻率成正比，與主磁極數成反比
 (B)旋轉磁場磁動勢為每相定子繞線產生磁動勢之 2/3 倍
 (C)欲改變轉子轉向，只需將三相電源中其中兩條對調即可
 (D)正常運轉時，轉子轉速小於旋轉磁場之同步轉速。

【訂正】將「三相感電動機」修改為「三相感應電動機」

解 旋轉磁場磁動勢為每相定子繞線產生磁動勢之 3/2 倍

二、情境題

- (A) 4. 在上電工機械課時，同學在討論三相感應電動機的基本原理，請問以下有幾位同學的觀念是錯誤的？

恩丞同學：旋轉磁場的同步轉速與電源頻率成正比，與定子極數成反比

楷家同學：要產生旋轉磁場三組繞組位置相差 120° 電工度，每相電流相差 120° 電工度

靖言同學：轉子的轉速越快，轉差率越大

譯駿同學：轉子側的電源頻率與轉差率成正比

憶嫻同學：轉子轉速等於同步轉速時，感應機的效率最高

(A)二位 (B)三位 (C)四位 (D)五位。

解 轉子的轉速越快，轉差率越小。正常運動時，轉子轉速不會等於同步轉速。

- (A) 5. 小仁同學在整理實習工場時，發現一台年代久遠的繞線式三相感應電動機，銘牌的標示如下：額定容量 1/2hp、額定電壓 220V、額定頻率 60Hz、滿載轉速 1140rpm、極數的標示已模糊不清，若將電動機加入 3 相 3 線 220V60Hz 之電壓後，轉子側電壓的轉差率為多少？
 (A)3Hz (B)4Hz (C)6Hz (D)8Hz。

【訂正】將原「頻率為多少？」改為「轉差率為多少？」

解 若 $P = 2$ 極， $N_s = \frac{120f}{P} = \frac{120 \times 60}{2} = 3600\text{rpm}$

若 $P = 4$ 極， $N_s = \frac{120f}{P} = \frac{120 \times 60}{4} = 1800\text{rpm}$

若 $P = 6$ 極， $N_s = \frac{120f}{P} = \frac{120 \times 60}{6} = 1200\text{rpm}$

若 $P = 8$ 極， $N_s = \frac{120f}{P} = \frac{120 \times 60}{8} = 900\text{rpm}$

滿載轉速接近同步轉速，但不超過同步轉速，因此得知 $P = 6$ 極

$$S = \frac{N_s - N_r}{N_s} \times 100\% = \frac{1200 - 1140}{1200} = 0.05$$

$$f_2 = S f_1 = 0.05 \times 60 = 3\text{Hz}$$

鍛鍊本解答－高手過招

- (D) 1. 若三相感應電動機發生轉子轉速等於同步速率時，則下列敘述何者正確？
 (A)產生最大轉矩 【106 統測】
 (B)轉子導體產生最大電流
 (C)轉子導體感應最大電動勢
 (D)轉子導體無法感應電動勢。

解 若轉子轉速等於同步轉速時，則定子與轉子無磁通量的變化，因此轉子無法產生感應電勢