



CH6 感應電動機之試驗運用與維護

6-1 感應電動機之試驗

隨堂練習解答

課本 P131

- (C) 1. 測量三相感應電動機定子繞組直流電阻時，當電動機接成 Y 接時，在兩線端間測得電阻為 $2\ \Omega$ ，若改為 Δ 接，則在兩線端間量得之電阻值應為
(A) $1/3\ \Omega$ (B) $1/2\ \Omega$ (C) $2/3\ \Omega$ (D) $3/2\ \Omega$ 。

解 Y 接時兩線間電阻 $R_Y = 2\ \Omega$ ，則每相電阻值 $r_1 = 1\ \Omega$ ，將其改接成 Δ 接後

$$R_{\Delta} = (r_1 + r_1) // r_1 = \frac{2}{3}\ \Omega$$

隨堂練習解答

課本 P137

- (A) 1. 三相感應電動機的無載實驗，主要目的為何？
(A)求等效電路中的激磁導納 (B)求等效電路中的等效阻抗
(C)測試轉速特性 (D)測試轉差率。
- (B) 2. 有關三相感應電動機堵轉(堵住)試驗，敘述何者正確？
(A)轉軸轉速為零，定子側繞組之電壓為額定電壓，以量測其電流及功率
(B)轉軸轉速為零，定子側繞組之電流為額定電流，以量測其電壓及功率
(C)轉軸轉速為額定轉速，定子側繞組之電壓為額定電壓，量測電流及功率
(D)轉軸轉速為額定轉速，定子側繞組之電流為額定電流，量測電壓及功率。

隨堂練習解答

課本 P141

(C) 1. 三相感應電動機於負載試驗時，若增加其負載，則下列何者正確？

(A)轉矩減小 (B)轉速增加 (C)轉差率增大 (D)同步速率減少。

解 感應電動機負載增加時轉速略為下降，轉矩上升，由於同步速率不變，因此轉差率增大

6-2 感應電動機之運用與維護

隨堂練習解答

課本 P144

(A) 1. 有一間金屬加工廠有 100 kW 之負載，平均功率因數為 0.7，倘若負載與電壓不變下，利用電容器將功率因數改善為 0.9，則線路損失可以降低為原來的幾倍？

(A)49/81 (B)7/9 (C)81/49 (D)9/7。

解 負載 $P = VI \cos \theta$ ， $\cos \theta \uparrow \left(\frac{0.9}{0.7}\right)$ ，線路電流 $I \downarrow \left(\frac{0.7}{0.9}\right)$ ，線路損失 $P = I^2 R$ 成平方倍下降為 $\left(\frac{0.7}{0.9}\right)^2 = \frac{49}{81}$ 倍

(B) 2. 有一台單相 220 V、60 Hz，消耗功率為 12 kW 之冷氣主機，原本平均功率因數為 0.6 落後，如果將功率因數改善到 0.8，應裝多少 kVAR 的電容器？

(A)6 kVAR (B)7 kVAR (C)12 kVAR (D)16 kVAR。

解 $Q_C = P(\tan \theta_1 - \tan \theta_2) = 12 \times \left(\frac{0.8}{0.6} - \frac{0.6}{0.8}\right) = 7 \text{ kVAR}$

隨堂練習解答

課本 P146

(A) 1. 三相感應電動機無載運轉中，若其中一條電源線斷路，電動機運轉情況變為 (A)負載電流變大 (B)原速繼續運轉 (C)速度加快 (D)立即停止。

解 三相感應電動機無載運轉時電流較低，若發生一條電源線斷路，就只剩下單相運轉，此時電流增加、轉速略降、噪音增加

- (B) 2. 三相鼠籠式感應電動機當接電源時不能起動，若以外力向右撥動即向右轉，向左轉撥動即向左轉，則其原因是
 (A)轉子沒有電 (B)一線斷路 (C)二線斷路 (D)三線短路
- 解 三相感應電動機若是一條線斷路，就如同單繞組的單相感應電動機，無法起動但是以外力起動後可以開始旋轉
- (D) 3. 可能造成運轉過程中電動機電流高於正常值的原因，下列何者為非？
 (A)缺少潤滑油 (B)負載太大 (C)皮帶緊 (D)皮帶鬆。

自我評量解答

課本 P147

一、選擇題

- 6-1 (B) 1. 使用直流壓降法測量三相感應電動機繞組之電阻時，若此感應電動機為 Δ 接線，且從任意兩線間測量之電阻為 4Ω ，則此電動機每相繞組之電阻為多少？
 (A) $4/3\Omega$ (B) 6Ω (C) 9Ω (D) 12Ω 。
- 解 $r_{\Delta} = (r_1 + r_1) // r_1 \Rightarrow 4\Omega = \frac{2}{3}r_1 \Rightarrow r_1 = 6\Omega$
- (B) 2. 欲測量三相感應電動機之鐵損，應進行下列哪一種試驗？
 (A)直流電阻試驗 (B)無載試驗 (C)堵住試驗 (D)負載試驗。
- (C) 3. 有關三相感應電動機之無載試驗，下列敘述何者正確？
 (A)轉軸之轉速為零，定子側繞組之電流為額定電流，以量測其電壓及功率
 (B)轉軸之轉速為零，定子側繞組之電壓為額定電壓，以量測其電流及功率
 (C)轉軸轉速為額定轉速，定子側繞組電壓為額定電壓，量測其電流及功率
 (D)轉軸轉速為額定轉速，定子側繞組電流為額定電流，量測其電壓及功率。
- (C) 4. 三相感應電動機之無載試驗中，會造成瓦特表反轉的原因，乃由於何種因素所造成？ (A)電壓低 (B)電流小 (C)功率因數太低 (D)功率因數太高。
- (A) 5. 欲測量三相感應電動機之銅損，應進行下列哪一種試驗？
 (A)堵住試驗 (B)直流電阻試驗 (C)負載試驗 (D)無載試驗。

- (C) 6. 關於三相感應電動機之堵住試驗，下列敘述何者正確？
 (A)將轉子堵住，調整定子電壓為額定值，測量輸入功率及電流
 (B)調整轉速及定子輸入電流為額定值，測量輸入功率及電壓
 (C)可計算相關阻抗
 (D)可測量鐵損並計算激磁導納。
解 三相感應電動機之堵住試驗是將轉軸堵住使其不轉動($S = 1$)，於定子繞組加入額定電流，主要目的測量電動機銅損並可計算相關阻抗
- (B) 7. 三相感應電動機使用動力計作負載實驗時，若電動機之電源保持在定電壓及定頻率下，由輕載而漸增為滿載時，其效率
 (A)下降 (B)上升 (C)維持不變 (D)先下降後上升。
解 三相感應電動機無載時效率很低，負載增加效率逐漸上升，當變動損等於固定損時效率最大
- (A) 8. 感應電動機負載試驗過程中，由輕載而漸增為滿載，下列敘述何者錯誤？
 (A)轉差率降低 (B)輸入功率上升 (C)轉矩上升 (D)功率因數提高。
解 感應電動機負載增加轉子轉速下降，轉差率上升
- 6-2** (D) 9. 三只電力電容器接成 Y 接，並聯接於三相感應電動機的電源側，主要目的為何？
 (A)減少電動機輸出轉矩 (B)降低電動機轉軸轉速
 (C)減少電源側的有效功率 (D)減少電源側的無效功率。
- (C) 10. 在臺灣地區，電力公司對於用戶總功率因數之最低要求為
 (A) 0.5 (B) 0.75 (C) 0.8 (D) 0.95。
- (B) 11. 下列何者不是改善功率因數所能得到的利益？
 (A)減少線路電流 (B)增加電壓調整率
 (C) 減少線路損失 (D)增加線路容量。
- (C) 12. 某電力用戶某月 kWh 表與 kVARH 表各指示 20,000 kWh 與 10,000 kVARH，則此用戶平均功率因數為
 (A)0.71 (B)0.80 (C)0.89 (D)0.95。
解 $\cos \theta = \frac{P}{S} = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q^2}} = \frac{20000}{\sqrt{20000^2 + 10000^2}} = 0.895$

- (B) 13. 三相，220 V、60 Hz、6 極、10 hp 之電動機，其滿載功率因數為 0.6 落後，今欲將功率因數提高至 0.8 落後時，所須加入電容器之總容量為
(A)7460 VAR (B)4352 VAR (C)2983 VAR (D)2238 VAR。
 解 $Q_c = P(\tan \theta_1 - \tan \theta_2) = 7460\left(\frac{0.8}{0.6} - \frac{0.6}{0.8}\right) = 4352\text{VAR}$
- (A) 14. 三相感應電動機空載運轉中，若一線之保險絲熔斷，則其他兩線之電流將
(A)增大 (B)減少 (C)相等 (D)立刻降為 0。
- (D) 15. 一部三相感應電動機在無載運轉時，其電流甚大，且有嗡嗡聲，倘無機械構造毛病，則最可能的故障原因？
(A)無熔絲開關跳脫 (B)轉速過高 (C)線圈短路 (D)單相運轉。
- (B) 16. 電容起動式單相電動機故障為「無法起動」但用手轉動轉軸時，便可使其運轉，試問下列何者不是這故障之原因？
(A)起動繞組斷線 (B)行駛繞組斷線
(C)電容器損壞 (D)離心開關之接線脫落。

二、問答與計算題

1. 說明感應電動機無載試驗的目的與做法。

解 感應電動機無載試驗的目的與做法分別為：

- (1) 目的：求得鐵損、無載電流，並依據結果計算無載狀態下的功率因數以及激磁等效電路，與變壓器的開路試驗類似。
- (2) 做法：電動機轉軸端不加負載，調整電壓調整器輸出電壓，使其達到電動機額定電壓後，將線電壓 V_L 、線電流 I_L 及輸入功率 P_T 指示值記錄起來，再將試驗結果帶入公式計算後可得相關數據。

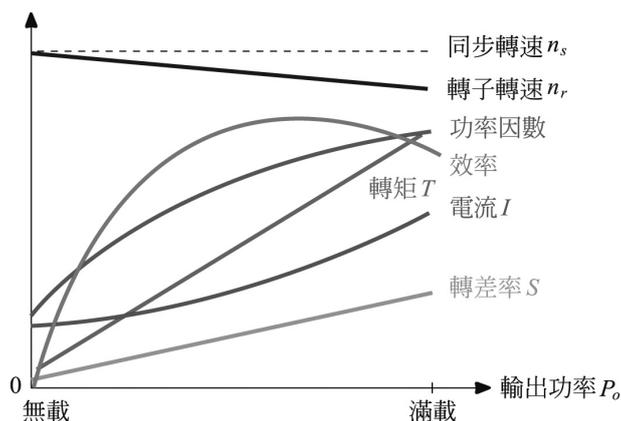
2. 說明感應電動機堵住試驗的目的與做法。

解 感應電動機堵住試驗的目的與做法分別為：

- (1) 目的：求得銅損，並依據結果計算堵住狀態下的功率因數及每相繞組等效電阻、電抗，與變壓器的短路試驗類似。
- (2) 做法：接線方式與無載試驗相同，將電動機軸端利用老虎鉗或是動力計使其無法轉動(堵住)後，將電壓調整器輸出電壓由 0 開始逐漸增加，當電流表指示值等於電動機額定電流後，將線電壓 V_L 、線電流 I_L 及輸入功率 P_T 指示值記錄起來。再將試驗結果帶入公式計算後可得相關數據。

3. 畫出感應電動機運轉特性曲線。

解 感應電動機運轉特性曲線如下，當負載由無載開始逐漸增加時，同步轉速 n_s 維持不變，轉子轉速 n_r 下降，轉差率 S 增加，向電源取用的電流 I 增加，轉矩 T 增加，功率因數增加。效率先增加，當負載增加到變動損失等於固定損失時效率最高，倘若負載再增加，由於變動損失持續變大，效率反而降低。



4. 利用電容器改善功率因數的優點有哪些？

解 提升功率因數後由於線路電流下降，因此線路壓降減少，線路損失降低，送電效率提高，系統容量增加；此外若是功率因數超過 80% 者還可以獲得電價優惠，因此大型用戶必須配合負載大小選用適當容量之電容器。

5. 有一部三相 2 極，10 hp 感應電動機，接三相 200 V，60 Hz 電源，滿載時測得線電流為 30 A，功率因數為 0.8，轉子轉速為 3420 rpm，求滿載時

(1) 輸入功率、(2) 輸出功率、(3) 轉差率、(4) 轉矩、(5) 效率分別為多少？

解 (1) 輸入功率 $P_{in} = \sqrt{3}V_L I_L \cos \theta = \sqrt{3} \times 200 \times 0.8 = 8313 \text{ W}$

(2) 滿載時輸出功率 $P_o = 10 \text{ hp} = 7460 \text{ W}$

(3) $n_s = \frac{120 \times 60}{2} = 3600 \text{ rpm}$ ，轉差率 $S = \frac{3600 - 3420}{3600} = 0.05$

(4) 輸出轉矩 $T_o = \frac{60 P_o}{2 \pi n_r} = \frac{60 \times 7460}{2 \times 3.14 \times 3420} = 20.8 \text{ nt-m}$

(5) 效率 $\eta = \frac{P_o}{P_{in}} = \frac{7460}{8313} = 0.897 = 89.7\%$

6. 某工廠為三相、220 V、60 Hz 的電源系統，倘若負載平均每小時耗電度為 15 kWh，無效電度為 20 kVARH，如擬改善功率因數為 0.95，則需加裝的電容器(1)吸收的虛功率、(2)電容量分別為多少？

解 (1) 改善前： $\cos \theta_1 = \frac{P}{S} = \frac{15}{\sqrt{15^2 + 20^2}} = 0.6$ ， $\sin \theta_1 = \sqrt{1 - 0.6^2} = 0.8$

改善後： $\cos \theta_2 = 0.95$ ， $\sin \theta_2 = \sqrt{1 - 0.95^2} = 0.31$

(2) $C = \frac{Q_c}{2\pi fV^2} = \frac{15105}{2\pi \times 60 \times 220^2} = 828\mu\text{F}$

7. 某工廠有一台 220 V、60 Hz、5 hp 之單相感應電動機，其滿載功率因數為 0.8 落後，並聯 153.4 μF 電力電容器改善功率因數，則(1)電容器之容量為何、(2)改善後功率因數為多少？

解 (1) $Q_c = 2\pi fV^2C = 2\pi \times 60 \times 220^2 \times 153.4 \times 10^{-6} = 2.8\text{kVAR}$

(2) 電動機 $P_o = 5\text{hp}$ ， $\cos \theta = \frac{P_o}{S} \Rightarrow S = \frac{5 \times 746}{0.8} = 6.25 \times 746$

$Q_L = S \times \sin \theta = 6.25 \times 746 \times 0.6 = 2.8\text{kVAR}$ ，

由於 $Q_c = Q_L$ ，因此功率因數為 1。

鍛鍊本解答－嚴選精華

- 6-1 1. 感應電動機繞組電阻試驗時，先依據接線方式並配合歐姆定律計算出每相繞組電阻值，再利用電阻溫度係數公式，換算實際運轉時(75°C)的電阻值。
2. 感應電動機無載試驗時，軸端不加負載任其空轉($S \doteq 0$)，外加額定電壓，目的為求得鐵損、無載電流，並依據結果計算無載功率因數以及激磁等效電路，與變壓器的開路試驗類似。
3. 感應電動機堵轉試驗時，將軸端鎖住無法轉動($S = 1$)，外加額定電流，目的為求得銅損，並計算堵轉狀態下的功率因數及每相繞組等效電阻、電抗，與變壓器的短路試驗類似。
4. 感應電動機負載試驗可測得電動機在不同負載時的電流、輸入功率、轉速與轉矩等特性，並依結果可計算轉差率、功率因數、輸出功率與效率。
5. 為了方便操作與控制，負載試驗大多利用動力計來模擬外部負載。

- 6-2 6. 感應電動機在無載與輕載時功率因數與效率都 很差，必須依據負載選擇適當容量的電動機，可獲得較佳的運轉性能。
7. 依據台電公司規定契約容量 20 仟瓦以上用戶，每月用電平均功率因數必須超過 80%，否則會加收電費。電容器以改善功率因數至 95% 為原則。
8. 利用電容器提升功率因數的優點包括：線路電流 下降，壓降與損失 減少，送電效率 提高，系統容量 增加 以及電價優惠。
9. 功率因數由 $\cos\theta_1$ 提升為 $\cos\theta_2$ ，所加裝電容器吸收的虛功率為：
 $Q_c = Q_1 - Q_2 = \frac{P(\tan\theta_1 - \tan\theta_2)}{2\pi f V^2}$ ，電容器電容量為： $C = \frac{Q_c}{2\pi f V^2}$ 。

鍛鍊本解答－大顯身手

課內題

詳解請參考自我評量解答 P6-3~6-7

課外題

一、精選題

- (C) 1. 使用直流壓降法測量三相感應電動機定子繞組的電阻時，若電動機為 Y 接線，從任意兩線間測量的電阻為 6Ω ，今將電動機定子繞組改成 Δ 接線後，再以直流壓降法測量任兩線的電阻，測量出來的電阻值為多少？
 (A) 6Ω (B) 3Ω (C) 2Ω (D) 1Ω 。

解 設每相的電阻值為 r

Y 接線時 $R_Y = 2r$ ， $6 = 2r$ ， $r = 3\Omega$

Δ 接線時 $R_\Delta = r//2r$ ， $R_\Delta = \frac{3 \times 6}{3 + 6} = 2\Omega$

(D) 2. 有關三相鼠籠式感應電動機作轉子堵住實驗，下列敘述何者錯誤？

- (A) 定子側輸入額定電流
 (B) 轉子側，使用外力，使其無法轉動(即 $S = 1$)
 (C) 可測量滿載銅損
 (D) 可測量每相激磁導納。

解 激磁導納由開路實驗測得

(D) 3. 有一台三相 4 極、60Hz、220V、Y 接線感應電動機，進行無載試驗時，電壓表指示值 220V，電流表指示值 1.5A，兩個瓦特計指示值分別為 420W 及 77W(反轉)，以下敘述何者錯誤？

- (A) 鐵損為 434W (B) 每相鐵損電流為 0.9A
 (C) 每相磁化電流為 1.2A (D) 每相激磁導納為 $6.8 \times 10^{-3} \text{S}$ 。

解 $P_o = \sqrt{3} V_L I_o \cos \theta_o$

$$420 - 77 = \sqrt{3} \times 220 \times 1.5 \times \cos \theta_o, \quad \cos \theta_o = 0.6$$

$$I_e = I_o \times \cos \theta_o = 1.5 \times 0.6 = 0.9 \text{A}, \quad I_m = I_o \times \sin \theta_o = 1.5 \times 0.8 = 1.2 \text{A}$$

$$Y_o = \frac{1.5}{\frac{220}{\sqrt{3}}} = 11.8 \times 10^{-3} \text{S}$$

二、情境題

(A) 4. 小明有一台三相、4 極、220V、60Hz 的感應電動機，在運轉時消耗功率為 12kW，功率因數為 0.6 落後，因功率因數太低，在電費的部份會被台電加成計算，因此小明希望改善功率因數到 0.8，則小明須並聯約多少 kVAR 的電容器？
 (A) 7kVAR (B) 10kVAR (C) 12kVAR (D) 16kVAR。

解 $\cos \theta_1 = 0.6, \quad \tan \theta_1 = \frac{4}{3}$

$$\cos \theta_2 = 0.8, \quad \tan \theta_2 = \frac{3}{4}$$

$$Q_C = P \times (\tan \theta_1 - \tan \theta_2) = 12 \text{k} \times \left(\frac{4}{3} - \frac{3}{4} \right) = 7 \text{kVAR}$$

- (A) 5. 在實習工場的庫房中，有兩台製造商相同、額定電壓相同、輸出功率相同，但大小不同的二台感應電動機，兩台運轉時功率因數也相同，若只看大小是否能分辨哪一台是三相感應電動機，哪一台是單相感應電動機？

(A)能，大台的是單相感應電動機，小台的是三相感應電動機

(B)能，大台的是三相感應電動機，小台的是單相感應電動機

(C)不能，感應機的大小無法判斷是單相還是三相感應電動機

(D)不能，感應機的大小不一定。

●解 單相感應機輸出功率 $P_o = VI \cos \theta$

三相感應機輸出功率 $P_o = \sqrt{3}VI \cos \theta$

若輸出功率、額定電壓、功率因數相同時，三相感應機之電流比較少，因此三相感應電動機較小台