



Chapter 2

壓縮機之啓動



單元目標

- ◆ 實習 2.1 單相壓縮機三線頭判斷
- ◆ 實習 2.2 壓縮機之啓動
- ◆ 實習 2.3 壓縮機之啓動—熱線式啓動繼電器
- ◆ 實習 2.4 壓縮機之啓動—電流磁力式啓動繼電器
- ◆ 實習 2.5 壓縮機之啓動—電壓磁力式啓動繼電器
- ◆ 實習 2.6 壓縮機之啓動—固態式 PTC 啓動繼電器



實習 2.1 單相壓縮機三線頭判斷

學習目標

以正確又安全之方法判斷單相壓縮機 $R(M)$ 、 S 、 C 三線頭。

相關知識

單相 110V 或 220V 壓縮機，無論是密閉式或半密閉式，內部皆有一與壓縮機同軸運轉之單相分相式感應電動機，由於分相式感應電動機有一運轉線圈(running coil)或稱主線圈(main coil)與啓動線圈(starting coil)，因此連接至機殼外部有三個線頭，這三個線頭為 $R(M)$ 、 S 、 C 三線頭。

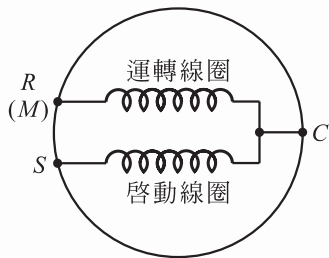


圖 2.1 壓縮機馬達內部線圈

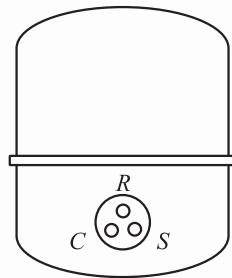


圖 2.2 壓縮機三線頭

- (1) $R(M) \sim C$ ：為運轉線圈(running coil)或稱為主線圈(main coil)，線圈線徑較粗，內電阻最小。
- (2) $S \sim C$ ：為啓動線圈(starting coil)，線圈線徑較細，匝數較多，內電阻較大。
- (3) $R(M) \sim S$ ：為啓動線圈，與運轉線圈串聯，因此內電阻最大。由上述分析，壓縮機馬達線圈之內電阻相互關係為 $RC < SC < RS$ 。

一、壓縮機三線頭之判斷法

壓縮機馬達線圈各有不同之內電阻，可以下述四種方法來判斷其 $R(M)$ 、 S 、 C 三線頭。

- (1) 電阻判斷法。
- (2) 直流電流判斷法。
- (3) 交流電流判斷法。
- (4) 燈泡亮度判斷法。

1. 電阻判斷法

(1) 使用器具及設備

- ① 歐姆表或三用電表。
- ② 各式密閉式及半密閉式壓縮機 1 個

(2) 實習方法

- ① 將三用電表或歐姆表之選擇開關調到 $\Omega \times 1$ 位置檔。
- ② 將三用電表之兩測試棒短路，使電表作零歐姆的歸零調整。
- ③ 以電表之二測試棒測量壓縮機馬達之三線頭任意兩線頭間之電阻值，並記錄之，可得三組不同之電阻值。

④ 結果判斷：

壓縮機馬達線圈之電阻值 RC 最小， SC 其次， RS 最大，亦即電阻值 $RC < SC < RS$ 。

⑤ 注意事項：

壓縮機馬達線圈之內電阻，一般最大不超過 20Ω ，因此電表一定選用 $\Omega \times 1$ 檔，否則不能判斷。

⑥ 判斷例：

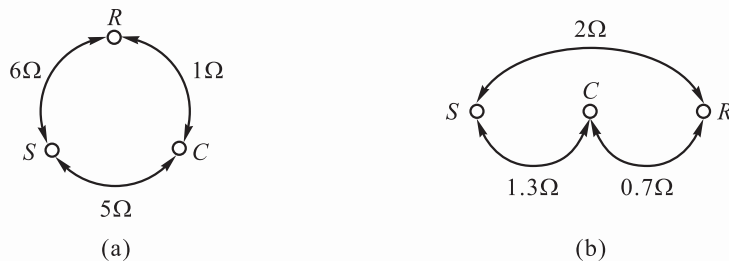


圖 2.3 電阻判斷法，判斷壓縮機馬達三線頭

(3) 討論：

- ① 假若所測量的電阻值幾乎相等或接近零，其不能判斷之原因：
 - ① 三用電表 $\Omega \times 1$ 檔之內電阻燒毀，因此形成以 $\Omega \times 10$ 或高電阻檔測量。
 - ② 壓縮機馬達線圈燒毀或短路。
- ② 壓縮機之馬力數與電阻有何關係。
 - ① 壓縮機馬力數愈大，線圈之線徑愈粗、內電阻愈小，甚至小至 1Ω 以下。
 - ② 壓縮機馬力數愈小，線圈之線徑愈細、內電阻愈大。例如 $1/8$ HP 壓縮機之 RC 電阻不超過 10Ω 。

2. 直流電流判斷法

(1) 使用器具及設備

- | | | |
|----------|---------|-----|
| ① 直流電流表 | DC 0~1A | 1 只 |
| ② 圓六號乾電池 | 大型 1.5V | 1 只 |
| ③ 各式壓縮機 | | 若干個 |

(2) 實習方法

- ① 如圖 2.4，將乾電池與直流電流表串接，兩端各留 A、B 兩測試線。
- ② 將 A、B 兩測試線，挾接於壓縮機馬達任意兩線頭，並記錄其電流值，得三組不同之電流值。
- ③ 結果判斷

電流值 RC 最大，SC 次之，RS 最小，亦即：

$$DCA : RC > SC > RS$$

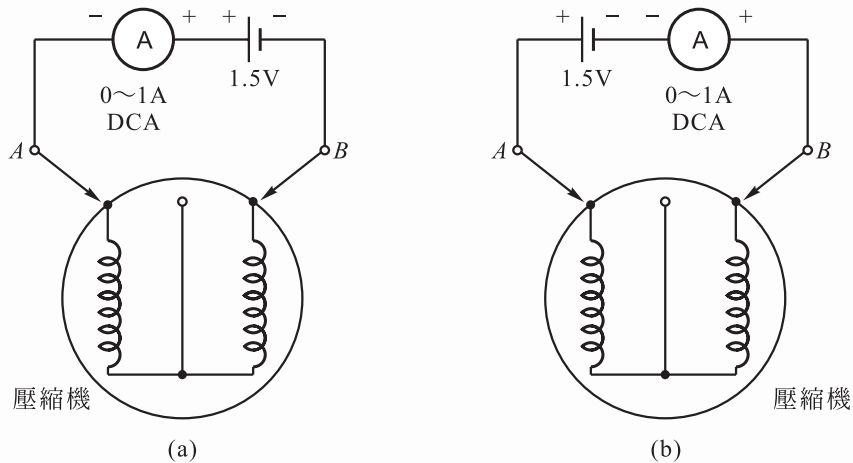


圖 2.4 直流電流判斷法二種不同接線法

④ 判斷例：

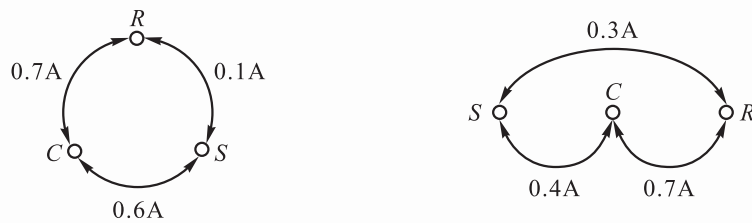


圖 2.5 直流電流法判斷線頭

⑤ 注意事項：

- ① 直流電源一定採用 DC 1.5V 圓六號乾電池。
- ② 電池不能使用 1 號、2 號或 3 號小電池。
- ③ 測試時間愈短愈好，否則電池將於短時間內耗盡電能。
- ④ 接線時應特別注意電池之極性，將電池之正極接電流計之正端，或將電池之負極接電流計之負端。

(3) 討論：

- ① 若採用之直流電源為 6V 以上之蓄電池會如何？
將燒毀直流電流表或壓縮機馬達線圈。
- ② 若採用 1 號、2 號或 3 號小電池，結果如何？
電池將在短時間內耗盡電能而無法測量。
- ③ 若電源線路接成圖 2.6，結果如何？
直流電流表指針反轉，無法判讀指示值。

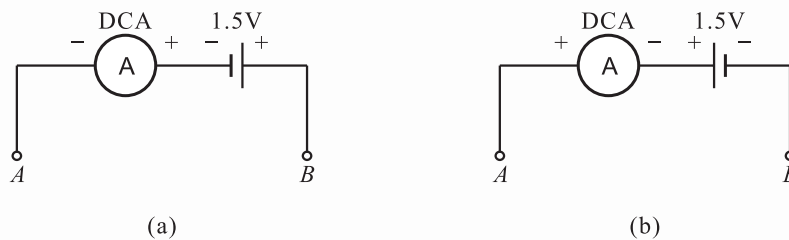


圖 2.6 錯誤之接線法

3. 交流電流判斷法

(1) 使用器具及設備

- | | | |
|------------------|--------------------|-----|
| ① 夾式電流表 | Clamp Meter AC 10A | 1 只 |
| 或交流電流表 | AC 0~10 A | 1 只 |
| ② 自耦變壓器(含輸出側電壓表) | 110V | 1 只 |
| ③ 各式壓縮機 | | 若干個 |

(2) 實習方法

- ① 如圖 2.7 所示接線，將自耦變壓器一次側接 110V 電源，二次側串接一安培表或夾式電流表。
- ② 自耦變壓器二次電壓調低於 50V 以下。

- ③ 將二次側之兩測試線接於壓縮機馬達之任意兩線頭上，得三組電流值並記錄之。
- ④ 結果判斷：交流電流值 $ACA : RC > SC > RS$ 。
- ⑤ 注意事項
- ❶ 無論壓縮機為 1ϕ 110V 或 1ϕ 220V，判斷線頭時，二次電壓不能太高，以免燒毀壓縮機。
 - ❷ 測試時間不可太長，以能讀出電流值之時間即可。

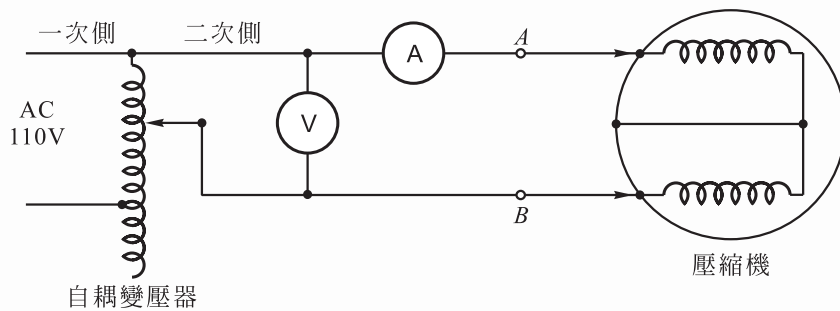


圖 2.7 交流電流判斷法

(3) 討論：

- ① 若二次電壓太高，測試時間太長，結果如何？
嚴重者將燒毀壓縮機馬達。
- ② 夾式電流表之指針固定開關有何功能？
 - (a) 指針 ON 動作狀態。
 - (b) 指針 OFF 靜止狀態。

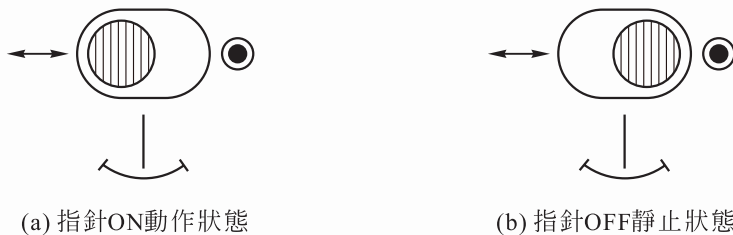


圖 2.8 夾式電流表指針固定開關之功能

4. 燈泡亮度判斷法

(1) 使用器具及設備

- ① 燈泡 110V 100W 或 110V 60W 1 個
- ② 各式壓縮機 若干個

(2) 實習方法

- ① 如圖 2.9 方式接線。
- ② 以兩測試線測量壓縮機馬達任意兩線頭，可得三種不同燈泡亮度。

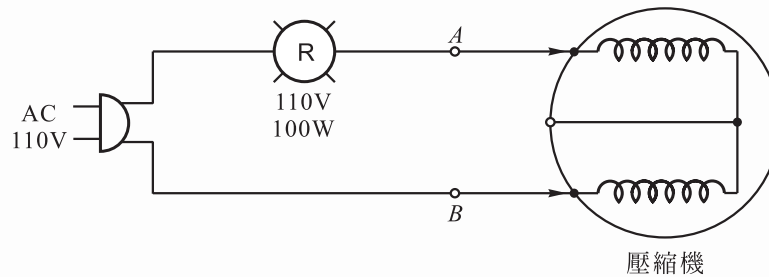


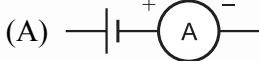


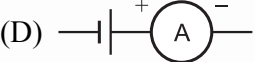
圖 2.9 燈泡亮度判斷法

③ 結果判斷：

燈泡亮度 $RC > SC > RS$ 。

亦即 RC 最亮， SC 次之， RS 最暗。

學 後 評 量

- () 1. 壓縮機馬達之運轉線圈線頭代號為何?
(A)RS (B)RC (C)SC (D)MS。
- () 2. 壓縮機馬達三線頭ABC, 以歐姆表測量所得之結果 $AB = 0.8\Omega$, $BC = 0.2\Omega$, $CA = 0.6\Omega$ 則三線頭為何?
(A)RSC (B)SRC (C)RCS (D)CSR。
- () 3. 電阻判斷壓縮機三線頭, 三用表應選擇何檔?
(A) $\Omega \times k$ (B) $\Omega \times 10$ (C) $\Omega \times 1$ (D) $\Omega \times 10k$ 。
- () 4. 直流電流法判斷壓縮機三線頭, 其結果應為何?
(A) $RC > SC > RS$ (B) $RC < SC < RS$ (C) $RS < RC < SC$ 。
- () 5. 夾式電流表欲使指針在動作ON狀態, 應將指針固定開關撥於何位置?
(A)⊙ (B)↔ (C)中間。
- () 6. 下列接線何者是正確的
- (A)  (B) 
- (C)  (D) 。



實習 2.2 壓縮機之啟動

學習目標

瞭解電容分相式單相壓縮機馬達之啟動法。

相關知識

單相壓縮機馬達一般皆為電容分相式電動機，亦即在啟動繞組中串聯了電容器，靠電容器來剖相，產生旋轉磁場，馬達才會啟動，其轉矩、功率因素及運轉效率都比分相式電動機好。

1. 電容分相式單相感應電動機之分類

(1) 電容啟動式感應電動機

又稱為啟動電容式，將啟動電容器 C_s 與啟動線圈 $S-C$ 及啟動開關 S_w 串聯，然後和運轉線圈 $R-C$ 並聯，如圖 2.10 所示，啟動電容器採用交流電解質電容器，當啟動完後，由啟動開關 S_w 作用，切離電源，其啟動轉矩很高，適用於電冰箱、冰櫃等冷凍設備。

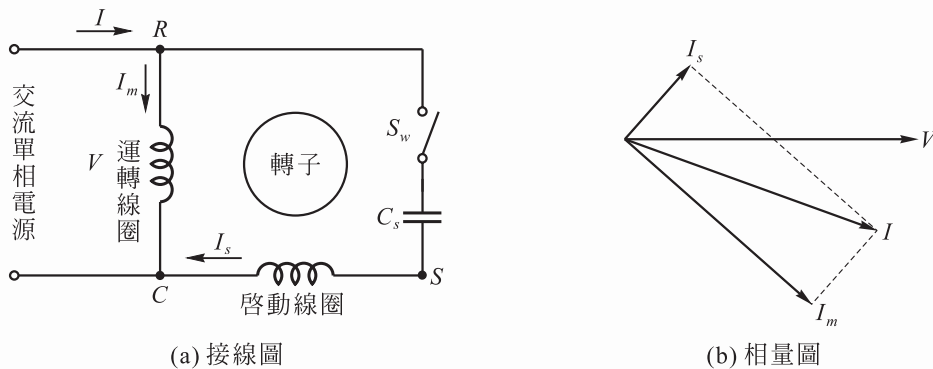
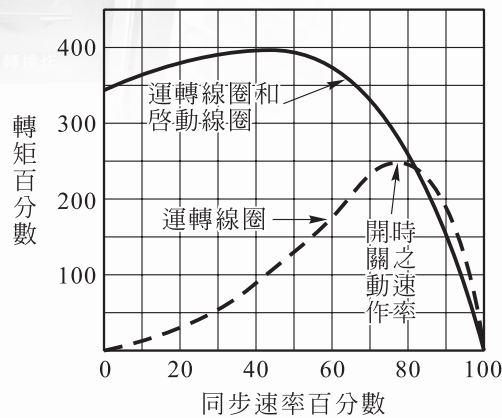


圖 2.10 啟動電容式感應電動機

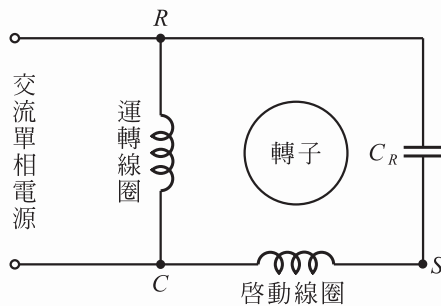


(c) 特性曲線

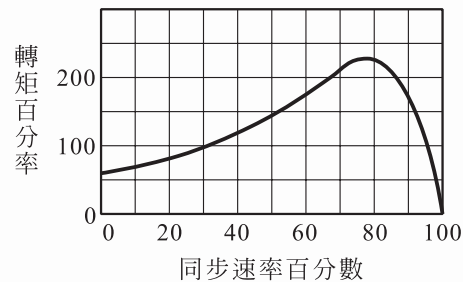
圖 2.10 啓動電容式感應電動機(續)

(2) 電容啓動兼運轉式感應電動機

又稱永久電容式或運轉電容式，此式由一運轉電容器 C_R 與啓動線圈 $S-C$ 串聯而後並聯於運轉線圈上，而沒有啓動開關，因此無論馬達在啓動或運轉中該運轉電容器永遠接在電路中，如圖 2.11 所示，因此運轉電容器之質料必須採用耐壓較高之浸油式電容器。其啓動轉矩較小，因此只適用於壓縮比較小之窗型冷氣機，如旋轉式壓縮機或新型 4 極往復式壓縮機。



(a) 接線圖



(b) 特性曲線圖

圖 2.11 運轉電容式感應電動機

(3) 啓動運轉電容式感應電動機

由兩個並聯電容器與啓動線圈串聯，因此又稱為雙電容式感應電動機，運轉電容器 C_R 採用耐壓較高，低容量之浸油式電容器，啓動電容器 C_S 採用高容量的交流電解質式電容器，啓動的時候運轉電容器 C_R 與啓動電容器 C_S 並聯，其電容量 $C = C_R + C_S$ ，其啓動轉矩最大，得到最好的啓

動特性，當啟動後，馬達轉速達一定值後，啟動開關 S_w 將啟動電容器 C_s 切離電路，運轉電容器 C_R 繼續作用得到最良好之運轉特性，如圖 2.12 所示，因此很適合於需要大啟動轉矩之往復式壓縮機，如舊型窗型冷氣機使用。

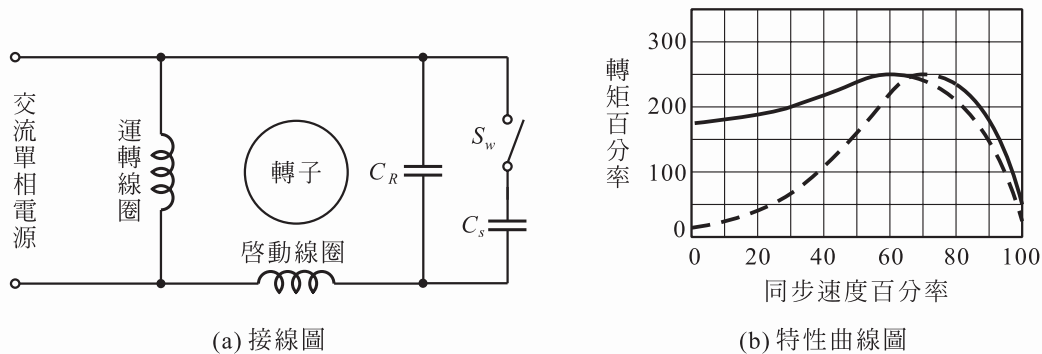


圖 2.12 啟動運轉電容式感應電動機

2. 啟動繼電器的種類

(1) 熱線式啟動繼電器(hot wire starting relay)

熱線式啟動繼電器適用於電容啟動式感應電動機之壓縮機馬達，具有啟動及過載保護的功能。

(2) 電流磁力式啟動繼電器(amperage magnetic type relay)

電流磁力式啟動繼電器適用於電容啟動式壓縮機馬達，如電冰箱、冰櫃等冷凍設備，它只具有啟動功能而無過載保護功能，因此需另接一過載保護器。

(3) 電壓磁力式啟動繼電器(voltage magnetic type relay)

電壓磁力式啟動繼電器適用於啟動運轉雙值電容式之壓縮機馬達電路，亦適用於啟動電容式之啟動電路使用，如使用往復式壓縮機之舊型窗型冷氣機需要較大啟動轉矩之場合皆使用電壓式啟動繼電器，它具有啟動功能，但無過載保護功能，因此需另接一過載保護器。

(4) 固態式 PTC 啟動繼電器(solid-state positive temperature coefficient starting relay)

固態式 PTC 啟動繼電器由陶質材料製成，適用於啟動電容式之啟動電路使用，亦適用於運轉電容式及啟動運轉雙值電容式之壓縮機馬達電

路。但此型式之電路不適合於啟動、停止太過於頻繁之系統，即 ON-OFF 周期很短之冷凍系統來使用。

3. 過載保護器(overload protectors)

過載保護器用於保護壓縮機或馬達之過電流、過載或過熱保護裝置。

(1) 過載保護器的分類

① 二端子式(2 terminal type)

內有雙金屬片，具有過熱保護作用，雙金屬片在常溫時 1-2 接點成通路，當受熱時，1-2 接點彎曲而斷路。

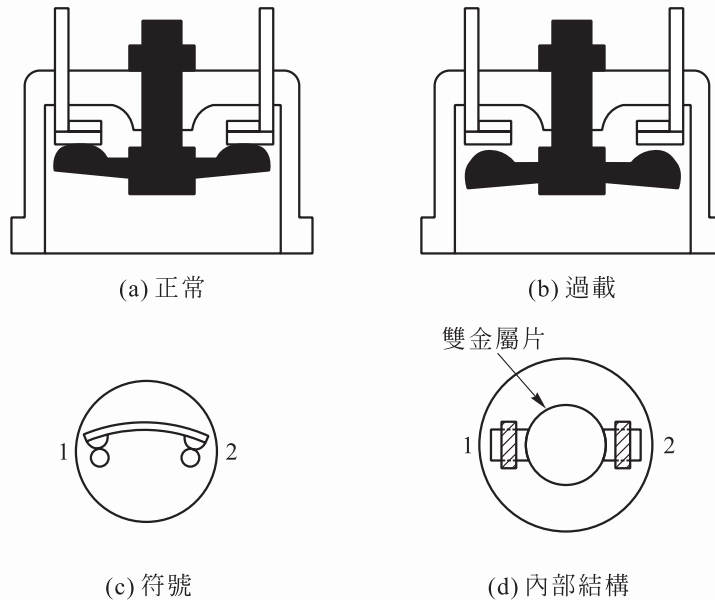


圖 2.13 二端子式過載保護器

② 三端子式(3 terminal type)

內有雙金屬片及電熱絲，雙金屬片將因受熱而彎曲使 1-2 接點斷路，受熱源為壓縮機過熱之外殼或電熱絲通過超值之運轉電流，因此具有過熱、過電流及過載之保護功能。

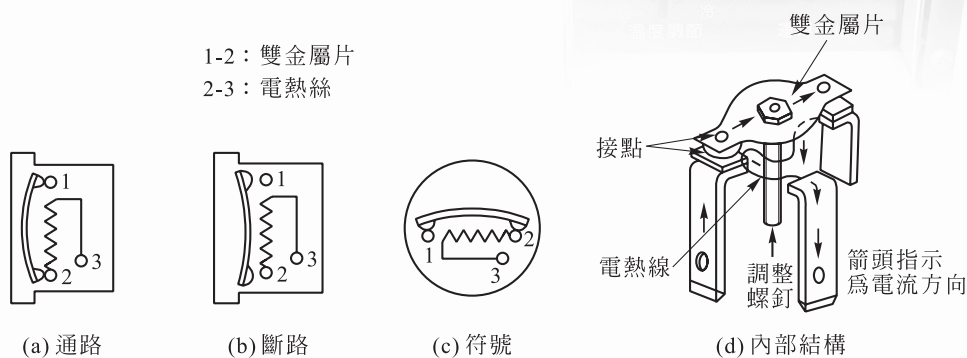


圖 2.14 三端子式過載保護器

(2) 動作特性

- ① 過載保護器要緊貼在壓縮機外殼上，才具有壓縮機過熱之保護作用。
- ② 壓縮機因過熱，過載或過電流時，雙金屬片 1-2 接點經過一段時間即因受熱而跳開，壓縮機即停止運轉。雙金屬片 1-2 接點經過 2~3 分之冷卻又自動復歸，因此最適合於使用毛細管控制之小型冷凍空調系統。因為小型冷凍系統於停機後系統內部之高低壓力經由毛細管需要 2~3 分之時間，系統壓力才趨於平衡，壓縮機才容易啟動。
- ③ 過載保護器之容量要配合壓縮機之容量。
 - ❶ 過載保護器容量小於壓縮機容量時，壓縮機啟動後，1-2 接點瞬間即斷路，壓縮機停止運轉，2-3 電熱絲亦可能燒毀。
 - ❷ 過載保護器之容量大於壓縮機容量時，則將失去任何保護功能。

(3) 三端子式之使用法

- ① 使用 1、2、3 三接點：具有過載過熱及過電流保護作用。
- ② 使用 1、2 二接點：具有過熱保護作用。
- ③ 使用 1、3 二接點：具有過載、過熱及過電流保護作用。

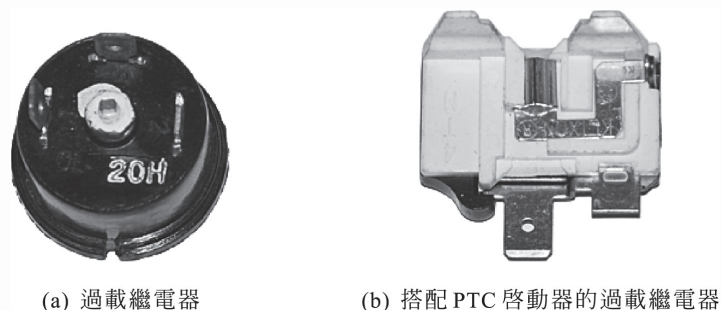


圖 2.15 過載保護器的種類

實習內容

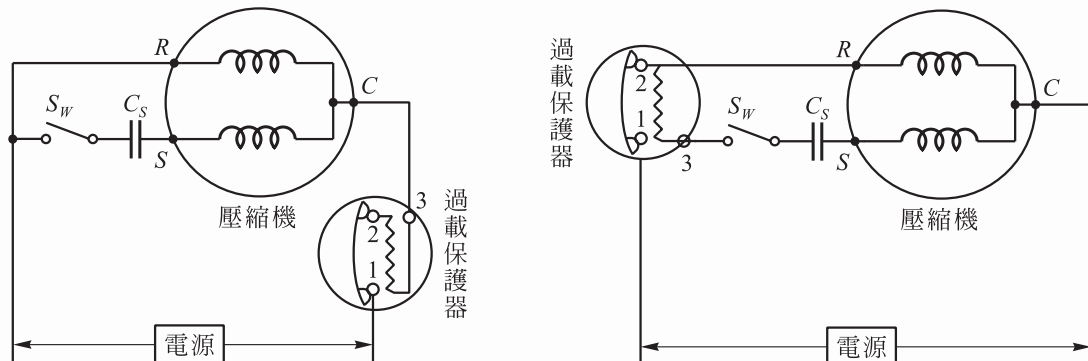
1. 使用器材

(1)	各式壓縮機	110V 及 220V	1/8 HP~1 HP	若干
(2)	啓動電容器	電解電容 220V	75 μ F, 100 μ F, 150 μ F	各 1
(3)	運轉電容器	浸油式電容器	440VAC 3 μ F~7.5 μ F	若干
(4)	過載保護器	1/8 HP~1 HP		若干
(5)	夾式電流表			一組

2. 實習步驟

(1) 啓動電容式壓縮機~人工觸接啓動

- ① 接圖 2.16 所示接線。
- ② 檢查電源電壓，是否合乎壓縮機銘板電壓值。
- ③ 以夾式電流表測量壓縮機啓動後之運轉電流。
- ④ 啓動電容器 C_S 與啓動線圈串接之啓動開關由人工觸接代替，壓縮機啓動後將其斷路。



(a) 過載保護器使用1、3二接點

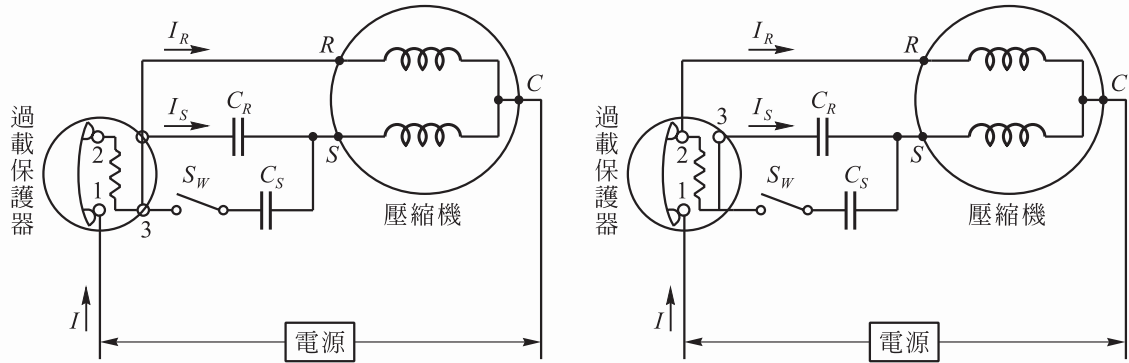
(b) 過載保護器使用1、2、3三接點

圖 2.16 啓動電容式壓縮機人工觸接啓動

(2) 啓動運轉電容式壓縮機~人工觸接啓動

- ① 按圖 2.17(a)所示接線，啓動電容器 C_S 與人工接觸開關 S_W 串連後再與運轉電容器 C_R 並聯，而後串接於啓動線圈 $S-C$ 串聯。
- ② 過載保護器使用 1、3 二接點，串接在壓縮機上。
- ③ 以人工觸接啓動開關 S_W ，壓縮機啓動後，切斷 S_W 。
- ④ 以夾式電流表測量總電流 I ，運轉線圈電流 I_R 及啓動線圈電流 I_S 。

- ⑤ 再將線路改接成圖 2.17(b)所示接線。
- ⑥ 人工啟動壓縮機。
- ⑦ 測量總電流 I ，運轉線圈電流 I_R 及啟動線圈電流 I_S 。



(a) 過載保護器使用1、3二接點

(b) 過載保護器使用1、2、3三接點

圖 2.17 啟動運轉電容式壓縮機人工觸接啟動

3. 討論

- (1) 運轉電容器 C_R 與啟動電容器 C_S 有何不同？
 - ① 運轉電容器 C_R ：壓縮機無論在啟動或運轉狀態皆有電流通過。因此耐電壓要高、電容量要小，採用浸油式電容器，外型體積較大，如 370~440 VAC 5 μ F。
 - ② 啟動電容器 C_S ：只有在壓縮機啟動的時候通電使用，因此耐壓較低，電容量較大，採用電解質電容器外型體積較小，如 110 VAC 100 μ F 或 220 VAC 150 μ F。
- (2) 運轉電容器 C_R 與啟動電容器 C_S 接線位置互換，結果如何？
 - ① 啟動時，由於時間短，無任何異常現象。
 - ② 啟動後，壓縮機運轉，運轉電流比正常時高，經過數分鐘後，啟動電容器由於持續通電，耐壓不足，而後爆炸。
- (3) 過載保護器使用 1、3 二接點及使用 1、2、3 三接點，有何不同？
 - ① 使用 1、3 二接點時，電流全部經過電熱絲 2~3，因此過載保護器容量較大。
 - ② 使用 1、2、3 三接點時，只有啟動線圈電流通過電熱絲，因此同一容量壓縮機，過載保護器可選用容量較小者。

學 後 評 量

- () 1. 下列何者為運轉電容器？
(A)電解質電容器 (B)浸油式電容器 (C)體積較小 (D)耐壓較低。
- () 2. 下列何者為運轉電容器？
(A)60 VAC 100 μ F (B)110 VAC 75 μ F
(C)220 VAC 150 μ F (D)440 VAC 5 μ F。
- () 3. 迴轉式壓縮機採用何種馬達？
(A)啓動電容式 (B)運轉電容式 (C)啓動運轉電容式。
- () 4. 過載保護器必須緊貼在壓縮機外殼上是保護壓縮機如何？
(A)過載 (B)過電流 (C)過熱。
- () 5. 過載保護器最適合用於何種控制冷媒量之冷凍系統？
(A)恆壓膨脹閥 (B)毛細管 (C)恆溫膨脹閥。
- () 6. 過載保護器之1-2接點為下列何者？
(A)雙金屬片接點 (B)電熱絲 (C)雙金屬片和電熱絲串聯接點。



實習 2.3 壓縮機之啟動—熱線式啟動繼電器

學習目標

瞭解熱線式啟動繼電器(hot wire starting relay)之啟動特性及接線方法。

相關知識

1. 熱線式啟動繼電器之外型圖

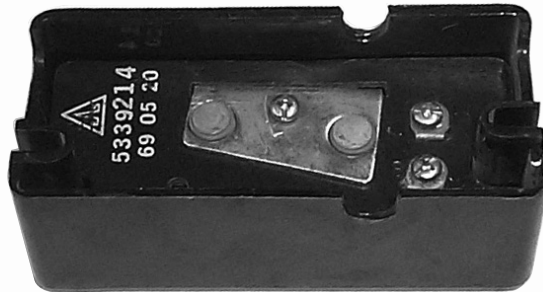


圖 2.18 熱線式啟動繼電器

2. 熱線式啟動繼電器實際接線圖

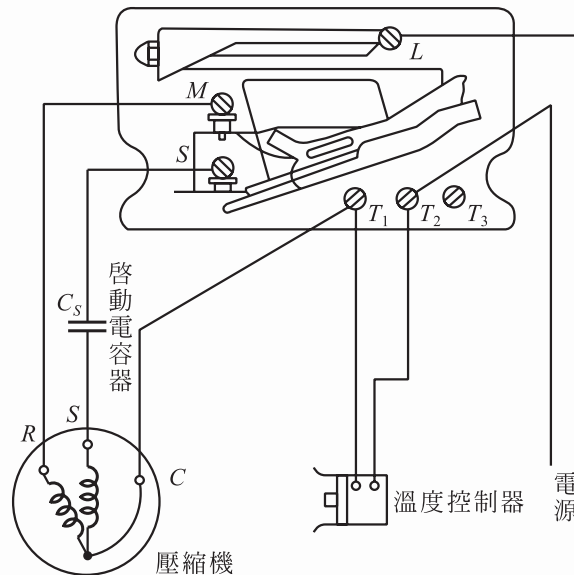


圖 2.19 熱線式啟動繼電器實際接線圖

3. 熱線式啓動繼電器之規格及容量

編號	馬力 (HP)	試驗電流 (A)	電壓 (V)	頻率 (Hz)
5516719	1/10	3.35	115/230	50/60
5516714	1/8	2.75	115/230	50/60
5396588	1/8	4.25	115/230	50/60
537113	1/8	4.80	115/230	50/60
5530194	1/6	6.5	115/230	50/60
5516705	1/6-1/5	5.40	115/230	50/60
5339211	1/5	2.15	230	50/60
5339214	1/4	7.20	115/230	50/60
5339215	1/3	10.00	115/230	50/60
5516706	1/4	8.30	115/230	50/60
5344451*	1/4	8.30	115	50/60

4. 動作特性

- (1) 壓縮機啓動時，其啓動電流約爲 6 倍之運轉電流，利用此電流通過熱線式啓動繼電器之電熱絲，電熱絲因發熱而延長，改變其張力達到啓動之目的。
- (2) 熱線式啓動繼電器內部之 *S* 接點及 *M* 接點彈力不相等，壓縮機啓動時，電熱絲發熱而膨脹，*S* 接點先行跳開，啓動完畢，壓縮機電流降低。
- (3) 假若壓縮機過電流運轉，電熱絲繼續發熱，*M* 接點次而彈開，則壓縮機停止運轉。
- (4) *S* 及 *M* 接點由一絕緣連桿連動，*S* 接點可單獨彈開而 *S* 及 *M* 接點亦可同時彈開，冷卻後，電熱絲收縮，接點自動復歸。
- (5) 在正常情況下壓縮機由啓動至運轉狀態時
 - ① *S* 接點跳開。
 - ② *M* 接點不動作。
- (6) 壓縮機不啓動時，由於大的啓動電流繼續通過電熱絲，故電熱絲急速膨脹伸長，*S* 及 *M* 接點同時跳開。
- (7) 壓縮機過電流運轉時
 - ① *S* 接點先跳開。
 - ② *M* 接點再跳開，壓縮機停止運轉。

實習內容

1. 使用器材

- | | |
|---------------------|-----|
| (1) 各種不同容量之壓縮機 | 若干個 |
| (2) 各種不同容量之熱線式啟動繼電器 | 若干個 |
| (3) 各種不同容量之啟動電容器 | 若干個 |
| (4) 夾式電流表 | 一個 |

2. 接線方法

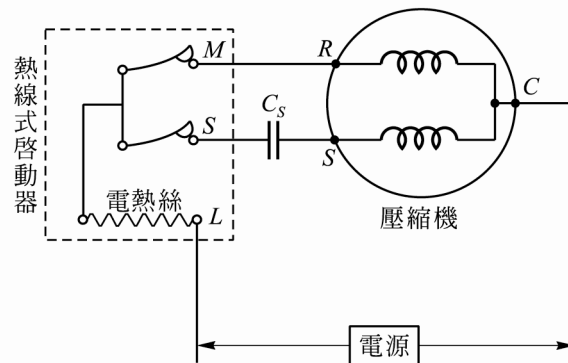


圖 2.20 熱線式啟動繼電器接線方法

3. 實習步驟

- (1) 判斷壓縮機之三線頭 R 、 S 、 C 。
- (2) 選用與壓縮機容量相同之熱線式啟動繼電器，按圖 2.20 方式接線，啟動壓縮機，測量運轉電流並觀察熱線式啟動繼電器之動作。
- (3) 第二次選用熱線式啟動繼電器之容量小於壓縮機容量，重新接線，啟動壓縮機，記錄運轉電流及動作特性。
- (4) 第三次選用熱線式啟動繼電器之容量大於壓縮機容量者重新接線，啟動壓縮機，但壓縮機運轉時間不得超過 30 秒，因為壓縮機無法正常啟動運轉。

4. 注意事項

- (1) 熱線式啓動繼電器一般只適用在 1/3 HP 以下，馬力數較小之壓縮機使用，由於動作靈敏度及精確度不高，目前已逐漸減少使用。
- (2) 熱線式啓動繼電器底部，除了有 LMS 三控制接點外，另有 T_1, T_2, T_3 三接點，它作為接線端子之用。
- (3) 若熱線式繼電器容量大於壓縮機容量時，通電試驗時時間宜短，否則將燒毀壓縮機。

5. 討論

- (1) 熱線式啓動繼電器之容量為何要配合壓縮機之容量？
 - ① 若熱線式啓動繼電器之容量小於壓縮機容量時，則壓縮機啓動後 S 接點跳開，過大之電流繼續通過電熱絲，而後 M 接點亦跳開，壓縮機停止運轉。
 - ② 若熱線式啓動繼電器之容量大於壓縮機容量時，壓縮機啓動後， S 接點無法跳開，壓縮機繼續在啓動狀態，若時間太長，將燒毀壓縮機之啓動線圈。
- (2) 熱線式啓動繼電器除了具有啓動作用外，是否具有過載保護功能？
 - ① 熱線式啓動繼電器在正常啓動情況下， S 接點跳開，具有啓動功能。
 - ② 當壓縮機過電流或過載運轉或不啓動時， M 接點亦跳開，因此具有過電流及過載保護功能。
 - ③ 當壓縮機運轉過熱時，不具有過熱保護之作用。

學 後 評 量

- () 1. 如圖2.20所示， C_s 應選用下列何者？
(A)370 VAC 5 μ F (B)220 VAC 100 μ F (C)運轉電容器 (D)浸油式電容器。
- () 2. 壓縮機無法啟動時，熱線式啟動器之接點為何？
(A) M 點跳開 (B) S 點跳開 (C) M 點先跳開再 S 點跳開 (D) S 、 M 點同時跳開。
- () 3. 關於熱線式啟動繼電器的敘述，下列何者不正確？
(A)具有過載保護 (B)具有過熱保護 (C)具有過電流保護 (D)具有不啟動保護之功能。
- () 4. 熱線式啟動繼電器之容量若小於壓縮機容量時，則壓縮機將如何？
(A)壓縮機無法啟動 (B)壓縮機啟動後無法正常運轉
(C)壓縮機啟動後即停止運轉 (D)不影響。
- () 5. 熱線式啟動繼電器容量若大於壓縮機容量時，則壓縮機將如何？
(A)無法啟動 (B)啟動後即停止運轉 (C)持續啟動狀態 (D)燒毀運轉線圈。



實習 2.4 壓縮機之啟動—電流磁力式啟動繼電器

學習目標

1. 瞭解電流磁力式啟動繼電器(ampere magnetic type relay)之動作特性及壓縮機之啟動方法。

相關知識

1. 電流磁力式啟動繼電器之結構

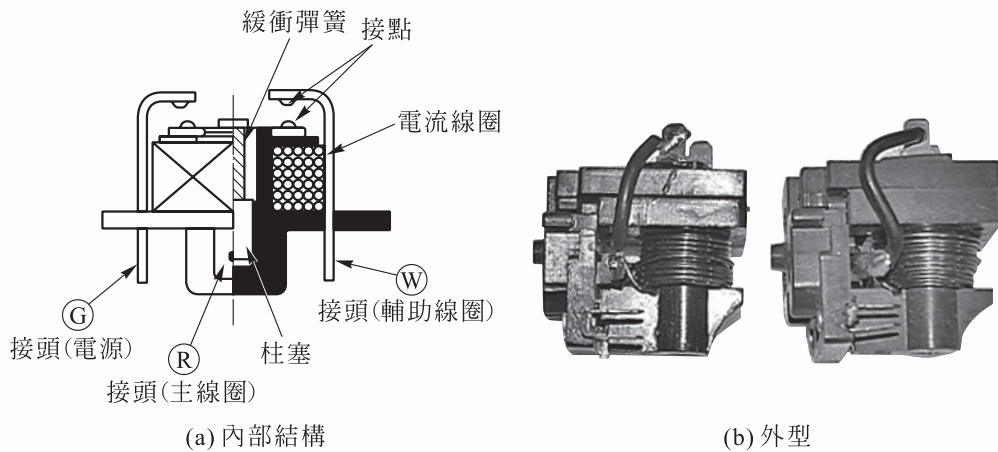


圖 2.21 電流磁力式啟動繼電器

2. 電流磁力式之形式

(1) 三線頭式

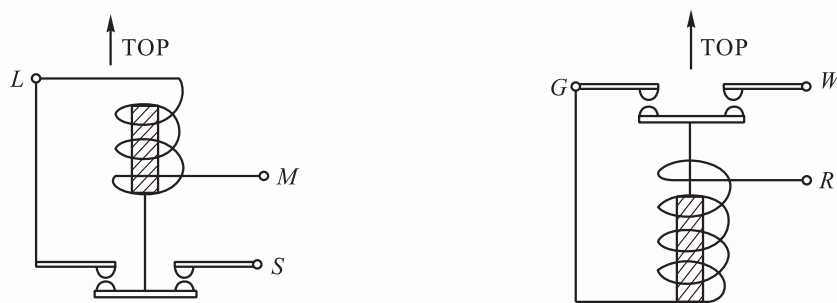


圖 2.22 三線頭式電流磁力式啟動繼電器

(2) 四線頭式

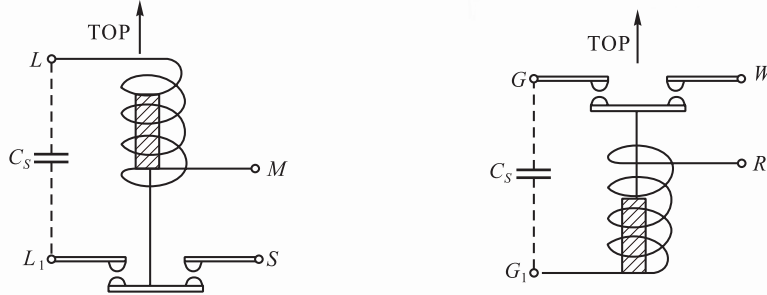


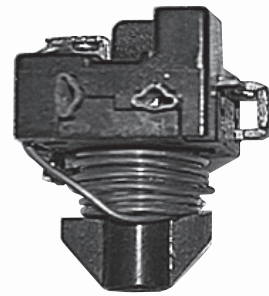
圖 2.23 四線頭式電流磁力式啟動繼電器

3. 電流磁力式啟動繼電器之分類

- (1) 托架式(bracket type)
- (2) 插入式(push-on type)



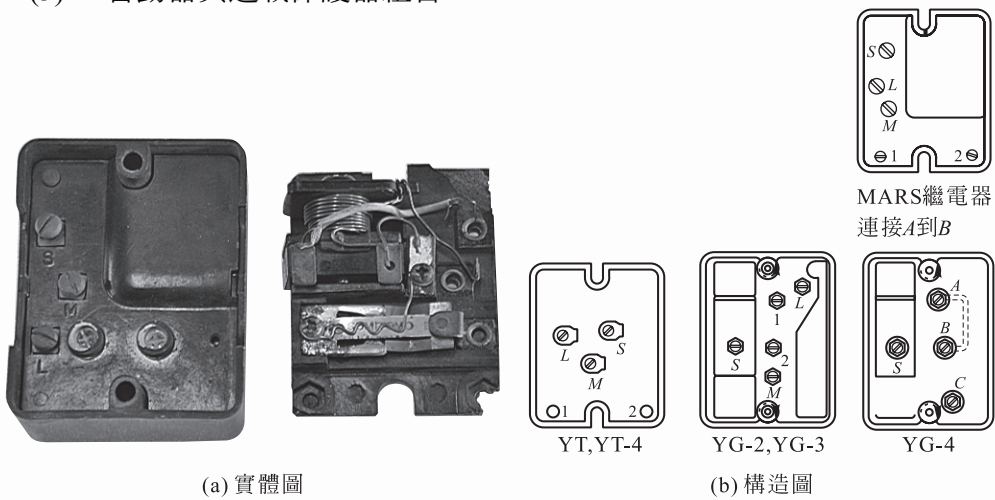
(a) 托架式



(b) 插入式

圖 2.24 托架式電流磁力式啟動繼電器

(3) 啟動器與過載保護器組合



(a) 實體圖

(b) 構造圖

圖 2.25 電流式啟動器與過載保護器之組合式繼電器

4. 接線圖

(1) 三線頭接線圖

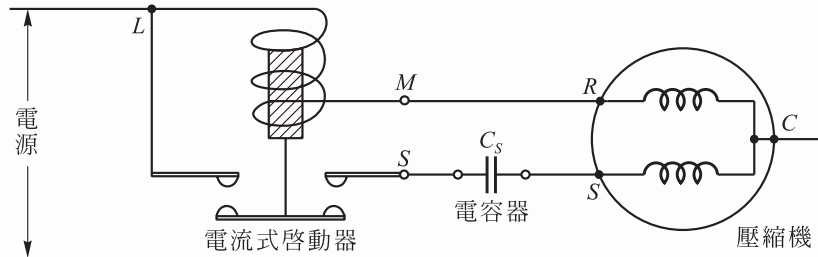


圖 2.26 電流磁力式啓動繼電器三線頭接線圖

(2) 四線頭接線圖

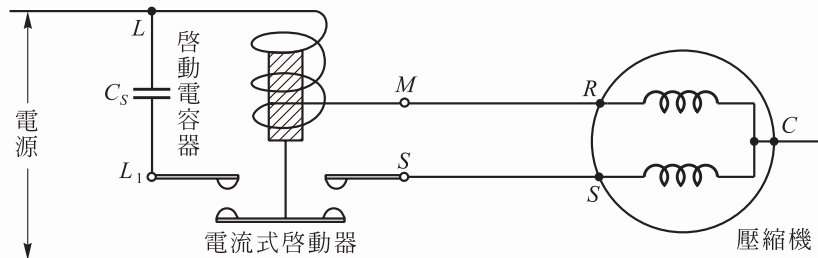


圖 2.27 電流磁力式啓動繼電器四線頭接線圖

5. 動作特性

- (1) 電流磁力式繼電器是由一組電流線圈及重力接點所構成之常開 NO 接點。因此啓動器有方向性，一定要放正，亦即箭頭所指示之“TOP”頂端要朝上，否則啓動器之接點將變成閉路接點。
- (2) 當壓縮機馬達啓動的時候，大的啓動電流通過吸磁線圈，產生一作用力，將原為開路之啓動接點吸上，瞬間啓動壓縮機。
- (3) 壓縮機馬達啓動後，電流逐漸降低，因此啓動器吸磁線圈作用力減少，啓動接點又被釋回，回復原有開路狀態，此時壓縮機正常運轉。
- (4) 電流磁力或啓動繼電器只有啓動作用而無過載保護作用，因此在線路上需另接過載保護器。

實習內容

1. 使用器材

- | | |
|---------------------------|-----|
| (1) 電流磁力式啓動繼電器 1/8~1/3 HP | 若干個 |
| (2) 過載保護器 1/8~1/3 HP | 若干個 |

- (3) 啟動電容器 220 V 75 μ F~200 μ F 若干個
- (4) 壓縮機 110 V 1/8~1/3 HP 若干個
- (5) 夾式電流表 一組

2. 接線圖

- (1) 過載保護器使用 1、2 接點，只有過熱保護作用。

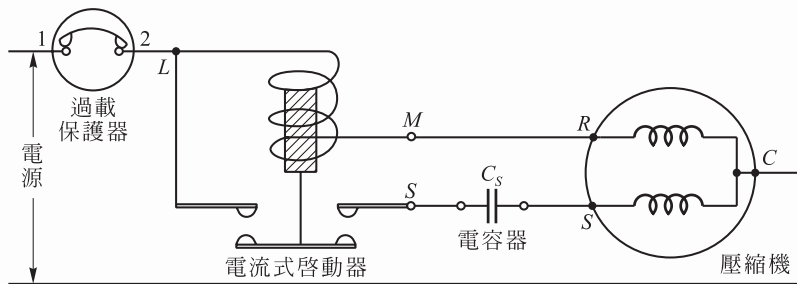


圖 2.28 過載保護器使用 1、2 接點

- (2) 過載保護器使用 1、3 接點，具有過熱、過載及過電流保護的作用。

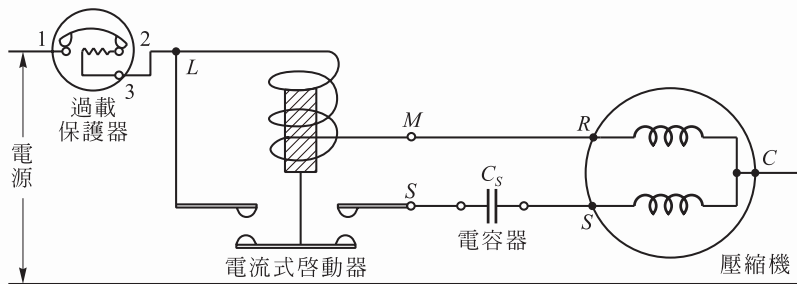


圖 2.29 過載保護器使用 1、3 接點

- (3) 過載保護器使用 1、2、3 接點，具有過熱、過載及過電流保護，電流磁力式繼電器為四線頭式。

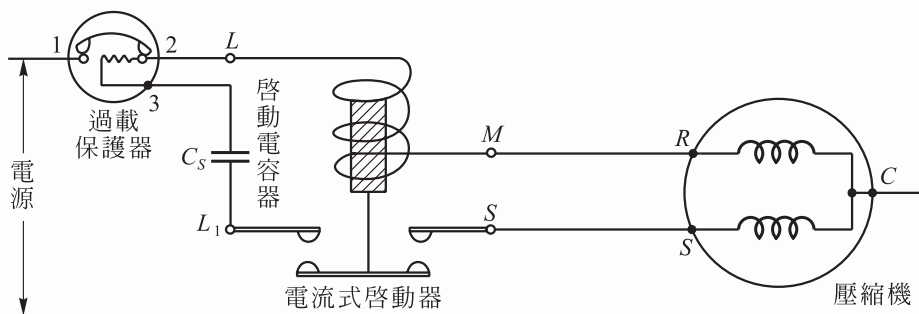


圖 2.30 過載保護器使用 1、2、3 接點

3. 實習步驟

- (1) 選擇壓縮機容量、過載保護器容量及啓動繼電器容量皆相同者，按圖 2.28、圖 2.29 或圖 2.30 所示之接線，應用夾式電流表測量其運轉電流。
- (2) 選擇電流式啓動繼電器容量小於壓縮機容量，而過載保護器容量與壓縮機容量相同者，如啓動器 1/8 HP，壓縮機及過載保護器皆為 1/4 HP。由於啓動器容量比壓縮機小，因此在送電後，啓動器永遠處於啓動狀況電流無法降低，約 30 秒左右，過載保護器即跳脫。假若未跳脫，即應停止送電運轉，並記錄其電流。
- (3) 選擇電流式啓動器容量大於壓縮機容量，而過載保護器容量與壓縮機容量相同者，如啓動器 1/3 HP，壓縮機及保護器皆為 1/6 HP，由於啓動器容量大於壓縮機，壓縮機之啓動電流無法使開路之啓動接點吸上而變成閉路接點。因此壓縮機永遠無法啓動，過載保護器應立即跳脫。

4. 電流式啓動繼電器之檢修

- (1) 以三用電表之歐姆表測量正立之啓動器 GRW 各點，好的啓動器 GR 點互通， W 點不通。
- (2) 以三用電表之歐姆表測量倒立之啓動器 GRW 各點，好的啓動器 GRW 各點互通。
- (3) 如係常開接點接觸不良，可用手上下搖動之，再測量其接觸情形，如圖 2.31 (b) 所示，將螺母 L 拆下，即可見其內部情形。

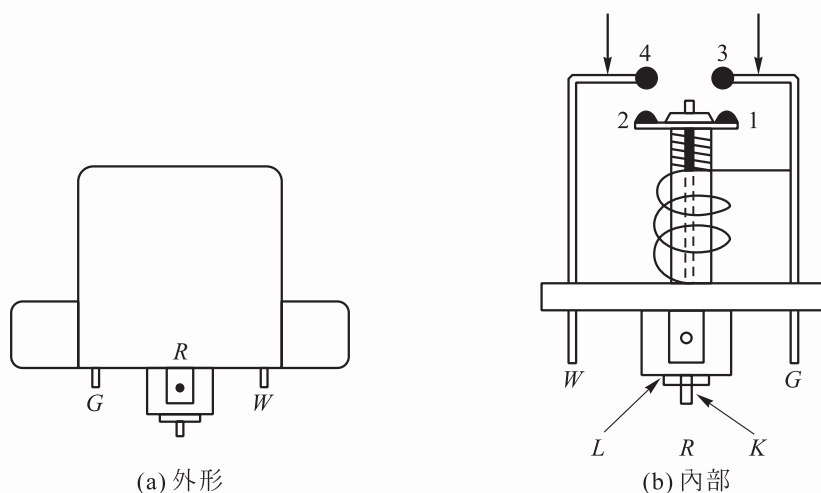


圖 2.31 檢修電流磁力式啓動繼電器

- (4) 以砂紙輕磨 1、2、3、4 各接觸點，並用白紙再將接點處理乾淨，使其接觸良好。
- (5) 將 3、4 箭頭指示之兩端，向內輕輕彎曲，使之接觸適宜為止。
- (6) 將外殼套於本體上，固定 K 軸，然後旋緊螺母 L ，再以三用電表量其接點是否正常。

5. 電容器之檢驗

- (1) 檢驗電容器前，先以起子將電容器兩端點短路放電。
- (2) 將三用電表撥在 $R \times 1 \text{ k}\Omega$ 檔。
- (3) 將測試棒分別置於電容器兩端，觀察指針偏轉情形，如電容器正常，應具有充放電作用，指針之偏轉如圖 2.32 所示，先偏轉至①位置後，再回到②位置。
- (4) 若電容器短路，則指針偏轉至①位置後，固定不動，不會再回至②位置，電阻為 0Ω 。
- (5) 若電容器斷路，則指針不偏轉，永遠停留在原來 $\infty\Omega$ 位置。

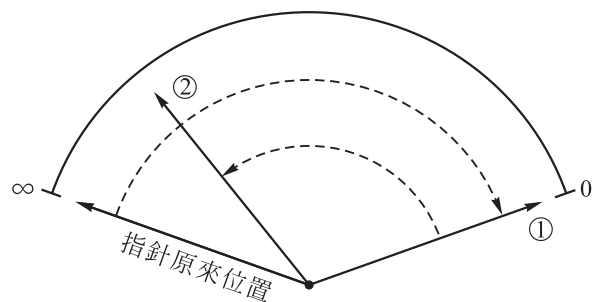


圖 2.32 電容器之檢驗

6. 注意事項

- (1) 電流式啟動繼電器應擺正，亦即箭頭所指之頂端“TOP”朝上。否則壓縮機通電後永遠在啟動狀況。
- (2) 若壓縮機馬達不啟動或過載運轉時，大電流持續通過啟動器線圈，啟動接點持續通路，導致燒毀壓縮機馬達。因此電流磁力式啟動繼電器只有啟動作用而無過載保護之作用。因此在線路上需另外串接過載保護器。

7. 討論

- (1) 電流磁力式啟動繼電器之容量與壓縮機之容量不配合時有何現象？
 - ① 若啟動器之容量小於壓縮機之容量，則啟動接點持續呈通路狀態，最後將燒毀壓縮機馬達之啟動線圈。
 - ② 若啟動器之容量大於壓縮機之容量，則壓縮機啟動的時候，啟動接點吸不上來，壓縮機無法啟動，嚴重者將燒毀壓縮機之運轉線圈。

(2) 電流磁力式啓動繼電器必須配合一過載保護器，因此有套組式之電流磁力式啓動器兼過載保護裝置。

① 插入式(push-on type)

① 國際牌(National)。

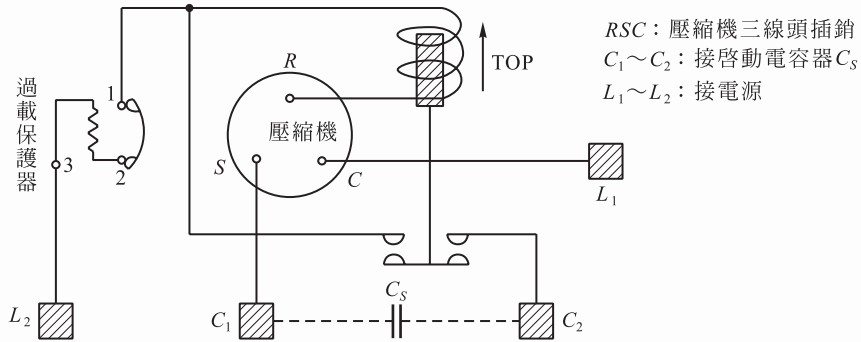


圖 2.33 國際牌啓動器套組

② 義大利(Italy)。

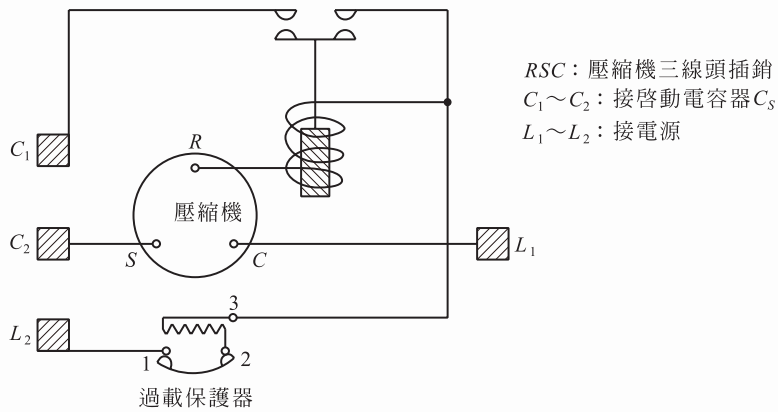


圖 2.34 義大利啓動器套組

② 托架式(bracket type)——三洋牌

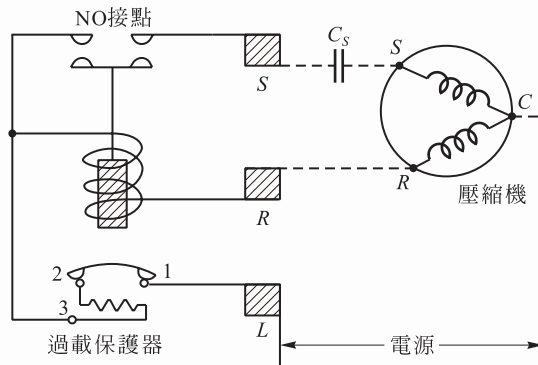


圖 2.35 三洋牌啓動器套組

學 後 評 量

- () 1. 電流磁力式啟動繼電器之啟動接點為一組
(A)NC接點 (B)NO接點 (C)b接點 (D)c接點。
- () 2. 電流磁力式啟動器
(A)只有過載保護功能 (B)具有啟動及保護功
(C)只有啟動功能 (D)具有過熱保護功能。
- () 3. 電流磁力式啟動器容量若大於壓縮機容量時
(A)壓縮機無法啟動 (B)燒毀啟動線圈 (C)可以啟動 (D)燒毀電容器。
- () 4. 檢驗電容器時
(A)三用電表置於 $\Omega \times 1$ 檔
(B)好的電容器指針偏轉至 0Ω 位置
(C)好的電容器指針不偏轉，指示 $\infty\Omega$
(D)電容器有充放電現象。
- () 5. 過載保護器使用1、2、3三接點時
(A)選用三線頭式電流啟動器
(B)選用四線頭式電流啟動器
(C)沒有過熱保護功能
(D)沒有過載保護功能。



實習 2.5 壓縮機之啟動—電壓磁力式啟動繼電器

學習目標

1. 瞭解電壓磁力式啟動繼電器(voltage magnetic type relay)之動作特性及壓縮機之啟動方法。

相關知識

1. 電路符號

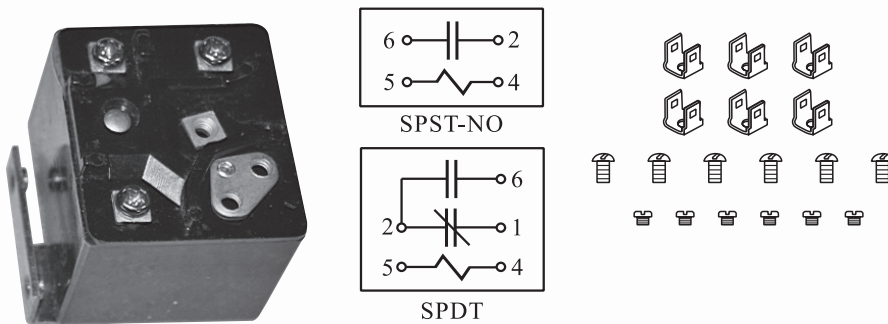


圖 2.36 電壓磁力式啟動繼電器之符號

- (1) 1-2 接點為一組常閉 NC 接點。
- (2) 2-5 接點為一組電壓吸磁線圈。

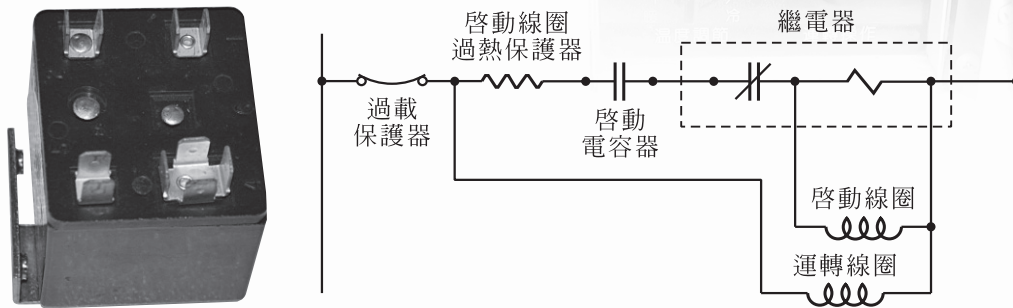
2. 美國奇異公司(GE)電壓磁力式啟動繼電器

- (1) 型式分類
 - ① 螺絲旋入式(screw on type)
 - ② 插銷式(push on type)



(a) 螺絲旋入式

圖 2.37 電壓磁力式繼電器



(b) 插銷式

圖 2.37 電壓磁力式繼電器(續)

(2) 規格及動作特性

編號	馬力數 (HP)	額定電壓 (V)	線圈電壓 (V)	動作電壓 (V)	釋放電壓 (V)
A2M3	1/3, 1/2, 3/4	115	168 V	140~153	20~45
A2K2	1/4, 1/3, 1/2, 3/4	115	168 V	120~134	20~45
A2P3	1/3, 1/2, 3/4	115	168 V	159~172	20~45
A3A3	1, 1-1/2, 1-3/4	230	332 V	243~271	40~90
A3B3	1-1/2, 1-3/4, 2	208/230	332 V	261~290	50~100
A3C2	3/4, 1, 1-1/2, 2	208/230	332 V	280~309	55~100
A3D3	3/4, 1	230	332 V	299~327	50~100
A3R3	1/2, 3/4, 1, 1 1/2	115	332 V	171~184	40~90
A4A3	2, 3, 4, 5	230	502 V	239~268	60~135
A4D3	1-1/2, 2, 3, 4, 5	230	502 V	295~324	60~135
A5C2	1/2, 3/4, 1	230	235 V	278~306	35~77
A5P3	1/4, 1/3, 1/2	115	233 V	159~172	35~77
A6A3	2, 3	230	420 V	242~272	60~121
A6B3	2, 3	230	420 V	262~290	60~121
A6F2	3/4, 1, 1-1/2	230	420 V	328~356	60~121
A6U2	3, 3-1/2, 4, 5	230	420 V	204~233	60~121
A6V2	2-1/2, 3, 3-1/2, 4, 5	230	420 V	223~252	60~121
A7M3	1/4, 1/3, 1/2	115	130 V	139~153	15~35
B7M5	B, W	115	130 V	139~153	15~35
A10S3	3/4, 1, 1-1/2	115	375 V	180~195	40~105

- ① 線圈電壓(continuous coil voltage)：壓縮機運轉中，啟動繼電器吸磁線圈持續通電之線圈電壓。

- ② 動作電壓(pick-up voltage)，啟動繼電器 1、2 常閉接點被吸開斷路時之線圈最低電壓。
- ③ 釋放電壓(drop-out voltage)：1、2 常閉接點斷路後再被釋放回復閉路狀態之接點時的電壓。

3. 接線圖

(1) 電壓磁力式啟動繼電器底部接線端子實際接線法。

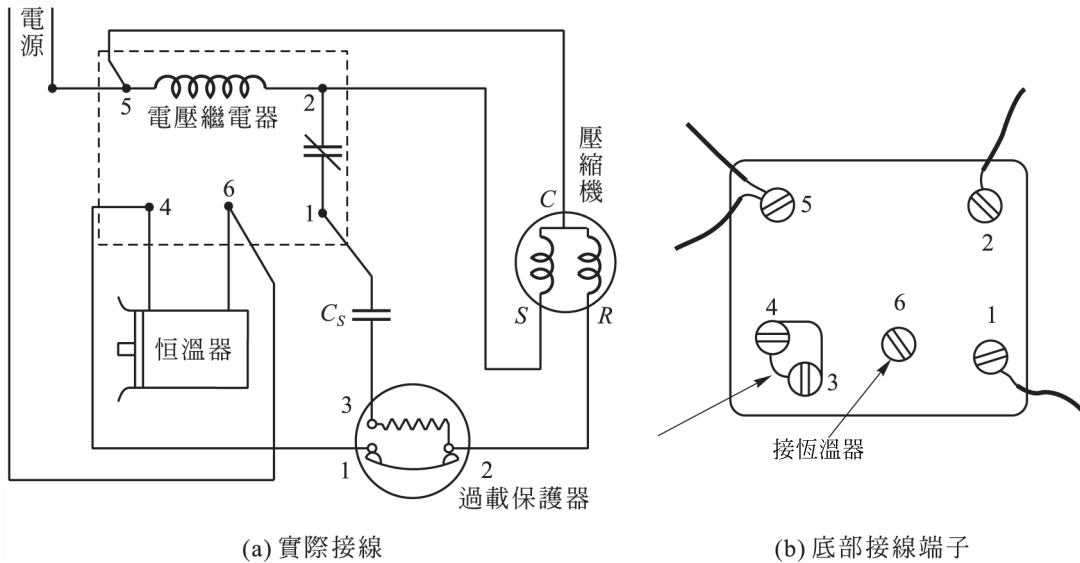


圖 2.38 電壓磁力式啟動繼電器接線法

(2) 啟動電容式壓縮機馬達接線法—使用於冷凍櫃或製冰角機。啟動電容式，僅適用於 A_7M_3 電壓磁力式繼電器使用。

① 過載保護器使用 1、3 二接點。

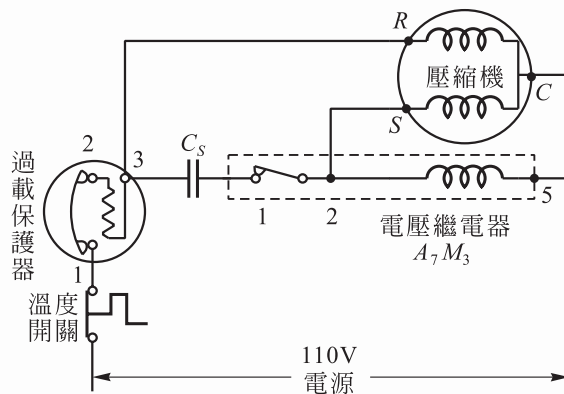


圖 2.39 啟動電容式壓縮機啟動接線法

② 過載保護器使用 1、2、3 三接點。

本線路圖僅適用於線圈電壓 130 V 之 A_7M_3 繼電器使用。

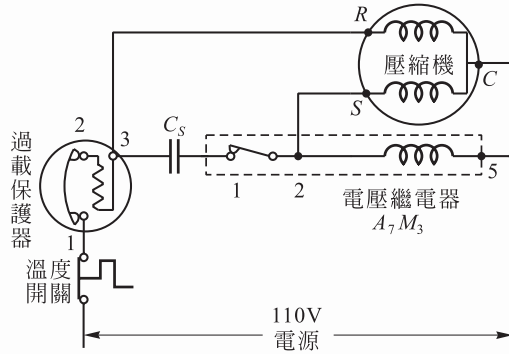


圖 2.40 啟動電容式壓縮機啟動接線法

(3) 啟動運轉電容式壓縮機馬達接線法—使用於往復式壓縮機之窗型冷氣機。

① 過載保護器使用 1、3 兩接點。

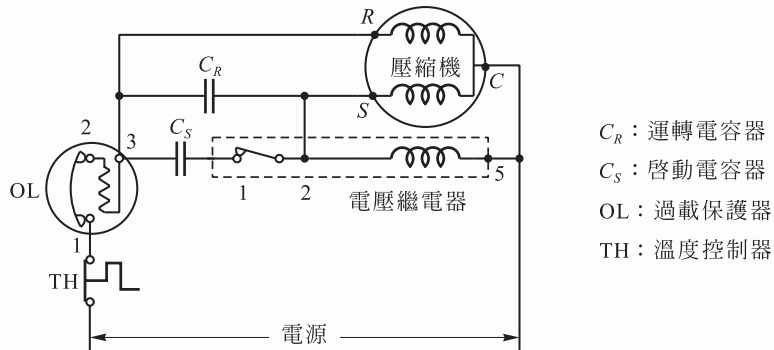


圖 2.41 啟動運轉電容式壓縮機啟動接線法

② 過載保護器使用 1、2、3 三接點之一。

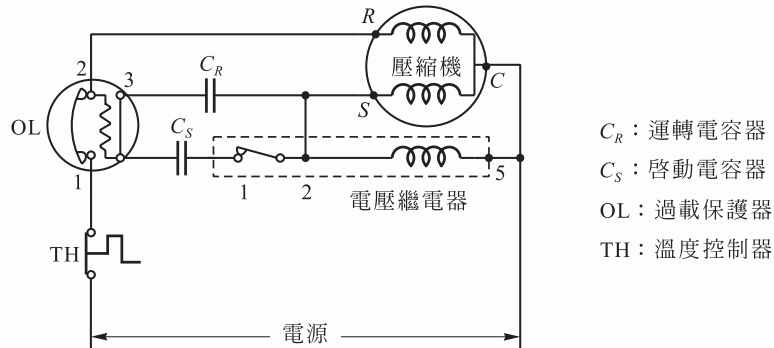


圖 2.42 啟動運轉電容式壓縮機啟動接線法(一)

③ 過載保護器使用 1、2、3 三接點之(二)。

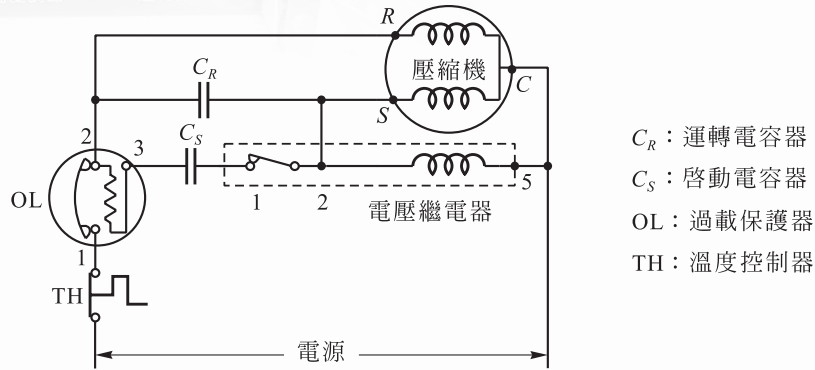


圖 2.43 啓動運轉電容式壓縮機啓動接線法(二)

實習內容

1. 使用器材

- | | | | |
|-----|------------|-------------------------------|-----|
| (1) | 電壓磁力式啓動繼電器 | | |
| (2) | 壓縮機 | 1/4 HP~1 HP | 若干個 |
| (3) | 過載保護器 | 1/4 HP~1 HP | 若干個 |
| (4) | 啓動電容器 | 110 V 75 μ F~200 μ F | 若干個 |
| (5) | 運轉電容器 | 380 VAC 5 μ F~7.5 μ F | 若干個 |
| (6) | 自耦變壓器 | 0~220 V | 1 個 |
| (7) | 伏特計 | 220 V | 1 個 |
| (8) | 指示燈 | 220 V 100 W | 1 個 |

2. 電壓磁力式啓動繼電器動作特性實驗

- (1) 按圖 2.44 所示接線。

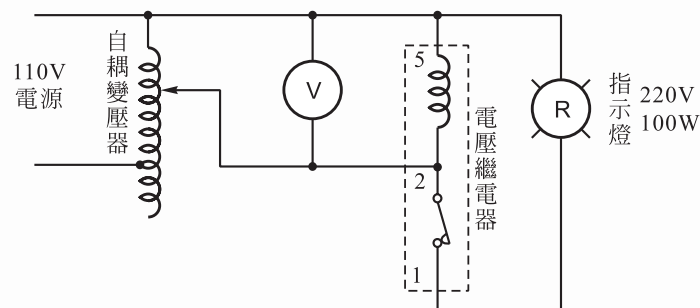


圖 2.44 電壓磁力式啓動繼電器動作特性實驗

- (2) 接通電源後，指示燈亮，表示 1、2 常閉接點通路。
- (3) 提高自耦變壓器二次側電壓至燈泡熄滅為止，此時 1、2 接點斷路；此時電壓即為吸磁動作電壓(pick-up)。
- (4) 降低自耦變壓器二次側電壓至燈泡再亮為止，此時 1、2 接點再度回復通路狀態，此電壓即為釋放電壓(drop-out)。

3. 啟動電容式壓縮機啟動接線實習

- (1) 按圖 2.39 及圖 2.40 所示接線。電壓繼電器僅 A_7M_3 式適用。
- (2) 電壓磁力式啟動繼電器之 2、5 吸磁線圈和壓縮機之啟動線圈並聯，1、2 常閉接點串聯啟動電容器 C_S 。
- (3) 動作特性
 - ① 壓縮機啟動的時候，由於啟動電流所產生的壓降因此啟動接點 1、2 仍成閉路。
 - ② 壓縮機啟動以後，吸磁線圈 2、5 兩端電壓會因電感與電容之電壓向量關係而提高 $\sqrt{3} \sim 2$ 倍之額定電壓，此電壓超過線圈之動作電壓而將啟動接點吸開而後斷路，壓縮機啟動完成。
 - ③ 壓縮機啟動後 1、2 接點斷路，吸磁線圈 2、5 係靠壓縮機之啟動線圈感應一電壓，繼續將啟動接點吸住。

4. 啟動運轉電容式壓縮機啟動接線實習

- (1) 按圖 2.41、圖 2.42 及圖 2.43 所示接線。
- (2) 運轉電容器 C_R 直接和啟動線圈 $S-C$ 串聯，啟動電容器 C_S 與電壓繼電器 1、2 常閉接點串聯後再與運轉電容器 C_R 並聯。吸磁線圈 2、5 接點與啟動線圈 $S-C$ 並聯。
- (3) 動作特性
 - ① 壓縮機啟動的時候，啟動電容器 C_S 與運轉電容器 C_R 並聯，總電容量 $C = C_R + C_S$ 。因此壓縮機有最大的啟動轉矩。
 - ② 壓縮機啟動以後，啟動接點 1、2 斷路，因此啟動電容器 C_S 斷路，運轉電容器 C_R 繼續與啟動線圈串聯，壓縮機有最好的運轉特性。

- ③ 壓縮機運轉中，電壓式啓動繼電器吸磁線圈兩端之電壓約爲額定電壓之 $\sqrt{3} \sim 2$ 倍，電壓向量圖如圖 2.45 所示。

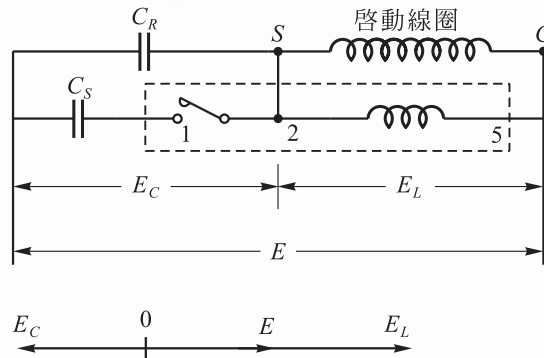


圖 2.45 壓縮機運轉中之電壓向量圖

5. 注意事項

- (1) 啓動電容器 C_S 與運轉電容器 C_R 位置絕對不可錯誤，否則啓動電容器 C_S 將在短時間內爆裂斷路。
- (2) 電壓繼電器之啓動接點爲一組常閉 NC 接點，使用前應用三用電表 $\Omega \times 1$ 檔測量，其電阻應爲零歐姆。
- (3) 電壓繼電器之吸磁線圈爲一組電壓線圈，內電阻很大，使用前應用三用電表 $\Omega \times k$ 檔測量其內電阻，並判斷是否線圈正常。
- (4) 吸磁線圈有 110 V 及 220 V 兩種規格，不可選用錯誤。
- (5) 電壓式啓動繼電器只有啓動作用，無過載保護作用，因此在線路上應串接一過載保護器。

6. 討論

- (1) 如何判別啓動電容器 C_S 與運轉電容器 C_R ？
 - ① 啓動電容器：體積較小、外型呈圓柱型，爲電解質電容器、耐壓較低、電容量較大。
如：220 V 100 μF 或 110 V 75 μF 。
 - ② 運轉電容器：體積較大、外型呈凹狀橢圓形柱型，爲浸油式電容器、耐壓較高、電容量較小。
如：370~440 VAC 5 μF 。



(a) 啟動電容器 (b) 運轉電容器

圖 2.46 啟動電容器與運轉電容器

- (2) 一般常犯的嚴重錯誤接線方式，如下所示，結果如何？
- ① 啟動電容器 C_S 與運轉電容器 C_R 位置相反，壓縮機可以正常啟動，但啟動後不久，啟動電容器 C_S 因持續作用而爆炸。(如圖 2.47)

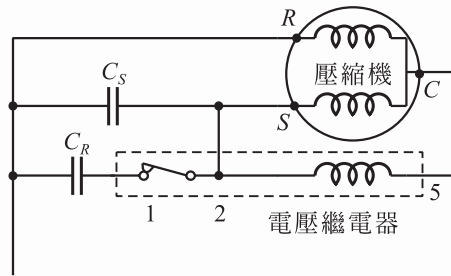


圖 2.47 啟動電容器與運轉電容器位置相反

- ② 運轉電容器 C_R 串聯在運轉線圈上，啟動電容器 C_S 串聯在啟動線圈上，壓縮機無法正常啟動與運轉。(如圖 2.48)

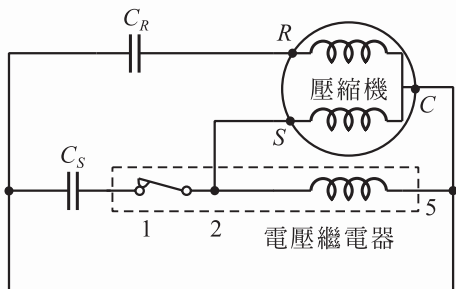


圖 2.48 運轉電容器串聯在運轉線圈

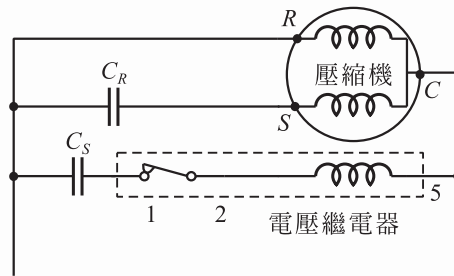


圖 2.49 電壓繼電器之吸磁線圈未並聯在啟動線圈上

- ③ 電壓繼電器之 2、5 吸磁線圈，未並聯在啟動線圈上，形成運轉電容式壓縮機，啟動器無功能。(如圖 2.49)

學 後 評 量

- () 1. 電壓繼電器之啓動接點應爲下列何者接點？
(A)常閉接點 (B)常開接點 (C)*a*接點 (D)NO接點。
- () 2. 壓縮機運轉中，電壓繼電器之吸磁線圈電壓爲額定電壓之幾倍？
(A)1倍 (B) $\sqrt{3}$ ~2倍 (C)3倍 (D)4倍。
- () 3. 電壓繼電器之吸磁線圈應與壓縮機之爲何？
(A)*R-C*串聯 (B)*S-C*串聯(C)*S-C*並聯 (D)*R-S*並聯。
- () 4. 下述何者正確？
(A)運轉電容器應與運轉線圈串聯
(B)運轉電容器應與啓動電容器並聯
(C)啓動電容器與啓動線圈並聯
(D)啓動電容器與啓動線圈串聯。
- () 5. 下述何者錯誤？
(A)電壓式繼電器應配合過載保護器使用
(B)運轉電容器與運轉線圈並聯
(C)電壓繼電器之啓動接點爲常閉接點
(D)啓動電容器 C_s 與繼電器之啓動常閉接點串聯。

學後評量解答

實習 2.1

1.(B) 2.(B) 3.(C) 4.(A) 5.(B) 6.(D)

實習 2.2

1.(B) 2.(D) 3.(B) 4.(C) 5.(B) 6.(A)

實習 2.3

1.(B) 2.(D) 3.(B) 4.(C) 5.(C)

實習 2.4

1.(B) 2.(C) 3.(A) 4.(D) 5.(B)

實習 2.5

1.(A) 2.(B) 3.(C) 4.(D) 5.(A)



實習 2.6 壓縮機之啟動—固態式 PTC 啟動繼電器

學習目標

1. 瞭解固態式 PTC 啟動繼電器(solid-state positive temperature coefficient starting relay)之動作特性及壓縮機之啟動方法。

相關知識

1. 接線圖

(1) 三線頭接線圖

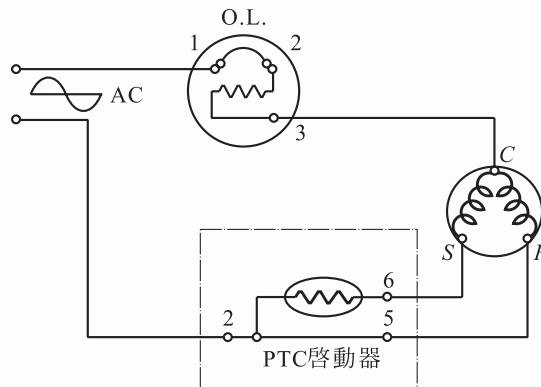
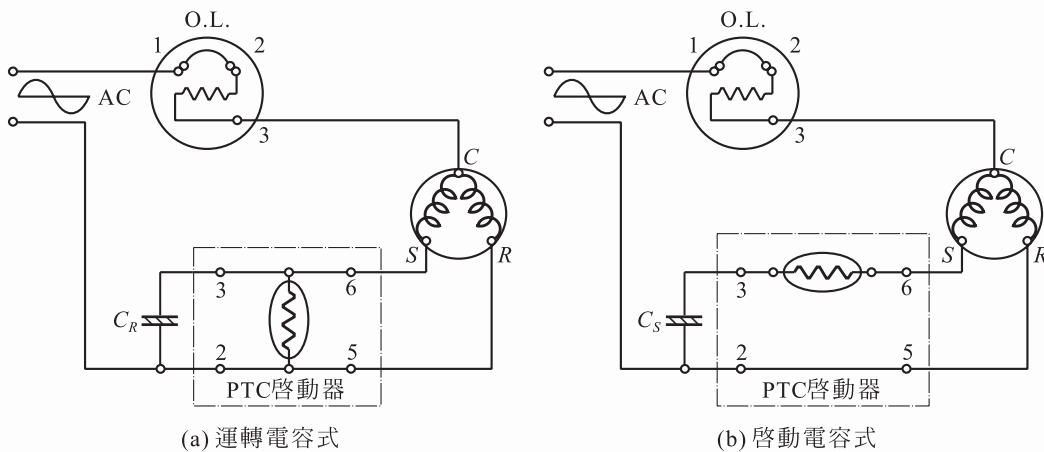


圖 2.50 PTC 啟動繼電器三線頭接線圖

(2) 四線頭接線圖



(a) 運轉電容式

(b) 啟動電容式

圖 2.51 PTC 啟動繼電器四線頭接線圖

(3) 五線頭接線圖

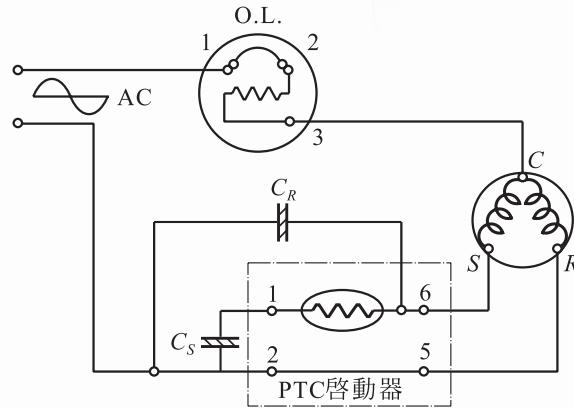


圖 2.52 PTC 啟動繼電器五線頭接線圖

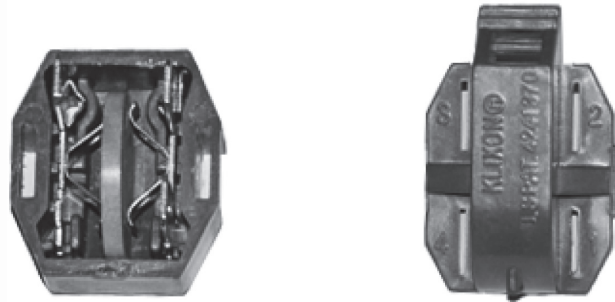



圖 2.53 5 點式 PTC 啟動器內部結構

2. 動作特性

固態式啟動繼電器，它係利用一只 PTC 陶質材料來做控制，所謂 PTC 指的是此材料為正溫度電阻係數，於常溫或無電流通過時，它的電阻很低，但當它通過壓縮機啟動電流溫度上升後便增加電阻，其電阻隨溫度上升而增加。當 PTC 生熱達到轉折溫度時，它的電阻會變得很高，在此狀況下幾乎成為自動切離電路之狀況，可視為斷路。只要電源不斷，微小的電流即足以維持 PTC 在高阻抗狀態，使啟動迴路近似斷路。當關掉電源時，PTC 切離電源而逐漸冷卻至周圍溫度，此時若壓縮機欲再啟動，需等候 PTC 降至正常溫度。因此，固態式啟動繼電器，不適合於啟動、停止太頻繁之電路使用。


實習內容
1. 使用器材

(1)	固態 PTC 啓動繼電器		若干個
(2)	壓縮機	1/8 HP~1/4HP	若干個
(3)	過載保護器	1/8 HP~1/4HP	若干個
(4)	啓動繼電器	110V VAC 75~200 μ F	若干個
(5)	運轉電容器	380 VAC 10~30 μ F	若干個
(6)	夾式電流表		一組

2. 實習步驟

- (1) 選擇壓縮機容量、過載保護器容量及固態式 PTC 啓動繼電器容量皆相同者，按圖 2.50、圖 2.51 或圖 2.52 所示之接線，應用夾式電流表測量其運轉電流及啓動電流。
- (2) 將電源關掉後再切入，此時 PTC 尚未冷卻，壓縮機無法啓動，測量其電流變化情形，過載保護器是否會跳脫。
- (3) 測量高溫之 PTC 冷卻至正常溫度後，需多少時間方能正常啓動壓縮機。

3. 注意事項

- (1) 固態式 PTC 接點不可誤接，否則將造成壓縮機啓動之困難，甚至無法啓動。
- (2) 若壓縮機馬達不啓動或過載運轉時，大電流持續通過啓動繼電器接點及壓縮機，導致壓縮機馬達燒毀。因此，PTC 啓動繼電器並無過載保護之功能，必須在線路上串接過載保護器。

4. 討論

- (1) 固態式 PTC 啓動繼電器之容量與壓縮機之容量不配合時有何現象？
- (2) PTC 工作溫度為幾 $^{\circ}$ C？若外界溫度過高時，它能否正常運作？
- (3) PTC 由高溫降至常溫使壓縮機能正常啓動所需之時間約為多少？