

陳遠琛編譯

華聯出版社印行

目次

第1章 交流馬達控制	1
起動器	2
分數馬力馬達用的按鈕開關起動器	2
磁力全壓起動器	6
過載繼電器的需要量	11
按鈕合	12
降壓起動器	32
分圈式起動器	51
鼓形起動器	56
多速起動器	57
速止交流起動器	60
故障的檢查與修理	64
第2章 直流馬達控制	67
手動控制器	69
接於開動馬達上的三點起動箱	69
接於複勵馬達上的四點起動箱	70
四點調速變阻器	73
四點起動箱與調速變阻器	74
接於三點與四點起動箱的可逆馬達	76
過載繼電器	83
直流磁力接觸器	88

全壓磁力起動器.....	92
全壓可逆起動器.....	94
降壓起動器.....	99
反電勢起動器.....	100
鎖定起動器.....	103
定時磁力起動器.....	109
定時機械起動器.....	114
鼓形控制器.....	121
故障的檢查與修理.....	123
第3章 直流發電機、同步馬達和同步發電機、自整角機馬達 的電子控制.....	125
直流發電機.....	126
直流發電機的運行.....	126
他勵發電機.....	127
自勵發電機.....	128
串勵發電機.....	129
並勵發電機.....	129
複勵發電機.....	130
差複勵馬達.....	131
間極.....	132
複勵馬達改接成發電機.....	132
發電機電壓的調節.....	133
發電機電壓和電流的測量方法.....	134
複勵發電機的並聯.....	134
直流發電機故障的檢查與修理.....	136
同步馬達與發電機.....	137
勵磁式轉子的同步馬達.....	138
同步馬達的運行.....	139
繞組.....	139
無電刷同步馬達.....	140
非勵磁轉子的同步馬達.....	142

電鐘同步馬達.....	142
同步發電機.....	144
無電刷同步發電機.....	145
自整角機	147
自整角機的構造.....	148
自整角機的運行.....	148
使用電子管的馬達電子控制線路	151
電子管的原理.....	151
半波整流.....	153
全波整流.....	154
充氣管.....	155
三極管.....	157
閘流管.....	158
光電管.....	162
第 4 章 固態馬達控制	166
半導體的基本原理	166
原子與電子	167
半導體	169
P-N二極管	171
反向偏壓與正向偏壓.....	172
P-N二極管整流器（硅或鍺）	174
半波整流.....	176
經過濾波的直流電.....	177
全波整流.....	178
齊納二極管.....	180
晶體管	182
晶體管與三極管的比較.....	187
晶體管電路的三種接法.....	188
單結晶體管.....	188
硅可控整流器	192
硅可控整流器的特性.....	192

硅可控整流器的工作原理	195
硅可控整流元件的觸發	197
半波相位控制	198
全波相位控制	199
電阻觸發電路	200
電阻電容觸發電路	202
RC時間常數	203
單結晶體管觸發電路	203
硅可控整流器在馬達控制方面的應用	206
交直流兩用馬達的控制	208
帶有反饋的半波控制電路	208
改良的半波控制電路	210
調速範圍更廣的控制電路	214
帶反饋的全波直流控制電路	215
不帶反饋的全波控制電路	216
具有同步環節的全波控制電路	217
不帶反饋的並勵馬達控制電路	218
並勵馬達全波控制電路	219
並勵馬達的半波控制電路	220
各種電力控制電路	222
全波控制電路	223
點火電路	226
利用晶體管實現同步化	229
單相馬達	230
三相傳動裝置	231
電動機-發電機組傳動裝置	233
三相靜態傳動裝置	236

第一章 交流馬達控制

爲了實現既定的生產過程，拖動生產機械的馬達必須按照一定的規律工作，因此如何控制馬達就成爲十分重要的問題。

各種不同的生產機械的運動，對馬達的運轉提出哪些要求呢？一般說來有如下幾個要求：（1）起動，（2）改變旋轉速度（3）改變旋轉方向，（4）制動。自動控制系統中的控制器（Controller）就是用來控制馬達的起動、調速、反轉和制動的。此外，控制器還能對馬達提供過熱保護（Overheating protection）、過載保護（Overload protection）和欠壓保護（Under-voltage protection）等。

我們知道，交流馬達在全壓（Full voltage）下起動時，它的起動電流（Starting current）比額定電流（Rated current）要大1~5倍。設計成在全壓下起動的馬達，可以承受起動時的衝擊，不會由於電流過大而造成損壞。但是，對於容量很大的馬達而言，一般需要設法減小起動電流，否則可能危及馬達拖動的生產機械，而且在電網中造成的擾動也可能影響到接在同一線路上的其它馬達的運行。

對於小型馬達，或者對於那些負載可以承受起動時的衝擊，而且起動時不致在電網中造成有害的擾動的馬達，可以採用手動或自動起動開關（Hand-operated or automatic starting switch）來控制馬達。這種開關使馬達直接接在線路上，因此稱爲全壓（直接）起

動器 (Across-the-line starter or full-voltage starter)。

在大型馬達的情況下，當其中的起動轉矩 (Starting torque) 必須逐漸增加，或者初始的起動電流會影響線路電壓時，就需要在線路內加入某種裝置，借以減小起動電流。這種裝置可以是電阻器 (Resistance unit) 或自耦變壓器 (Autotransformer)。用這種方法來起動馬達的控制器稱為降壓起動器 (Reduced-voltage starter)。

下面將介紹幾種常用的控制器：用在小型馬達中的按鈕開關起動器 (Push-button switch starter)、磁力全壓起動器 (Magnetic across-the-line starter)、降壓電阻起動器 (Reduced-voltage resistance starter)、補償起動器 (Compensator starter，又稱自耦變壓器起動器)、星形-三角形起動器 (Wye-delta starter)、鼓形起動器 (Drum starter)、分線圈起動器 (Part-winding starter)、雙速控制器 (Two-speed controller) 和反相序制動控制器 (Plugging and braking controller) 等。

起 動 器

分數馬力馬達用的按鈕開關起動器

這是一種簡單的開關，它把馬達直接接到電源線上。在開關上有兩個按鈕，一個用來起動馬達，另一個用來使馬達停轉。按下「起動」按鈕，便使開關裏的觸點閉合，從而把馬達接到電源線上。按下「止動」按鈕，便使觸點分開，從而使通往馬達的電路被切斷。這種形式的開關示於圖1-1中。

普通的按鈕開關起動器帶有與電源線串聯的熱過載裝置 (Thermal overload device)。當過載電流持續流過一個短時間，熱過載裝置就會切斷通往馬達的電路。圖1-2所示的一種過載裝置是由一個裏面含有合

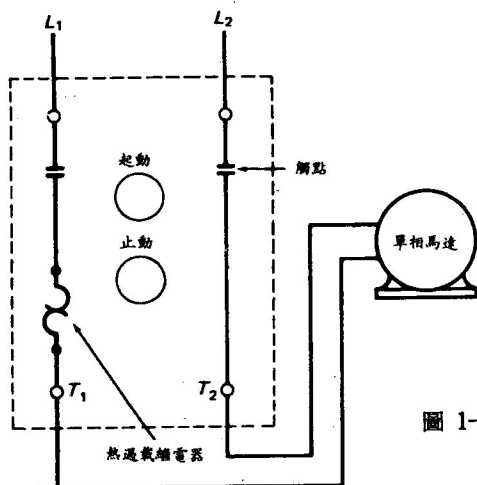


圖 1-1 單相馬達所接的按鈕開關起動器

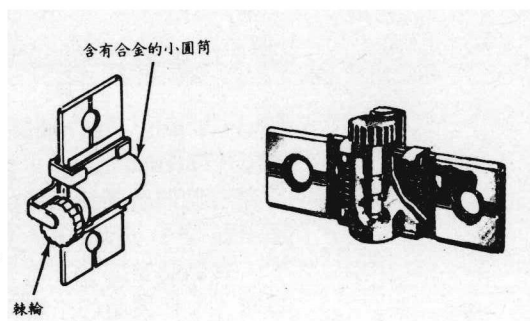


圖 1-2 熔化合金型熱敏繼電器

金的小圓筒構成。遇到持續過載的情況，合金就會熔化。有一根連着棘輪(Ratchet wheel)的小軸與合金嵌在一起。當按下起動按鈕時，小軸的位置由一個棘輪銜接的彈簧所固定。如果過載裝置有過多的電流通過，圓筒裏的合金將會熔化，而使起動按鈕跳到斷開位置，於是馬達從電源線中被切斷。要重新起動馬達，需要等數秒鐘，待合金硬化後才行。

分數馬力馬達所用的另一種開關是普通的連動型

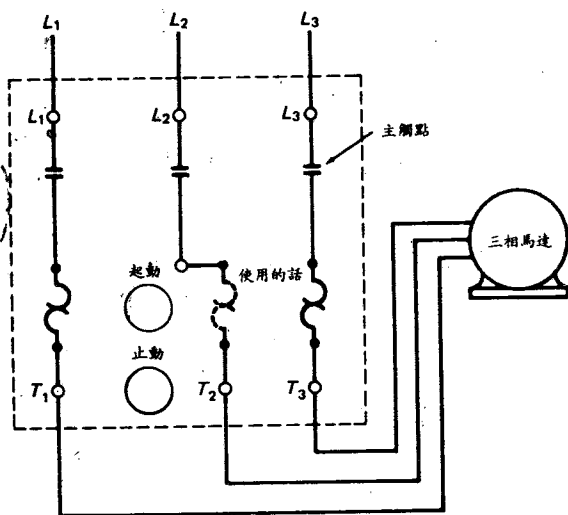


圖 1-3 連接於三相馬達的按鈕開關起動器

(Snap action type) 開關。這種開關含有一個熱敏繼電器 (Thermal relay)，能起過載保護作用。有一個電阻絲繞制的線圈與馬達的一根引線串聯，當有過多的電流通過時，線圈就會發熱。在線圈裏面有一焊錫薄片，遇熱時會熔化。當焊錫薄片熔化時，有一個彈片跳開，而使開關的主觸點斷開。

這些起動器大多數能用於單相、二相和三相馬達上。圖1-1表示的是按鈕起動器與單相馬達的接線圖。而圖1-3則表示這種起動器接到三相馬達的線路圖。在圖1-1中，當起動按鈕按下時， L_1 和 L_2 的觸點就閉合，從而把馬達跨接在電源線上。如果發生過載情況，熱敏繼電器便使釋放機構跳開，於是觸點斷開，馬達就停車。要使釋放機構復位，一般需要按下止動按鈕。如果馬達在正常運轉時需要讓它停車，按下止動按鈕便使觸點斷開。圖1-4是幾種手動起動器的實

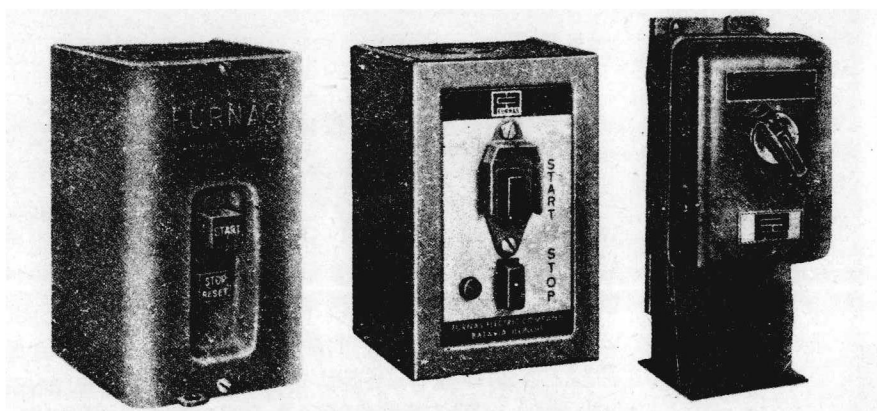


圖 1-4 幾種手動起動器

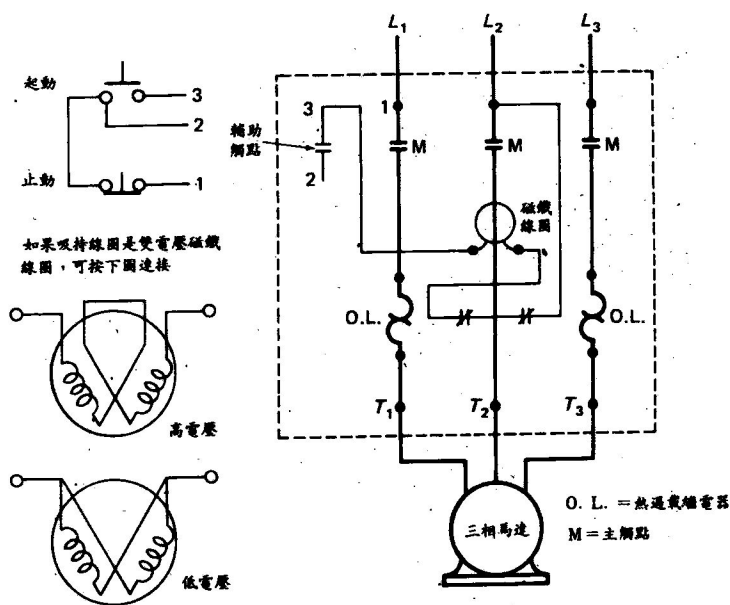


圖 1-5 磁力全壓起動器接於三相馬達

物外形圖。

磁力全壓起動器

把馬達直接接到電源線的起動器稱為全壓起動器或直接起動器(Full-voltage starter)。如果這種起動器是靠磁力操作的，它就叫做磁力全壓起動器(Magnetic full-voltage starter)。圖1-5和1-6表示用來操作三相馬達的磁力起動器。圖1-7是控制線路中常用的圖形符號。圖1-6的線路中有三個常開主觸點(Normally open main contacts)，當它們閉合時就把馬達直接接到電源線上。此外還有一個磁力吸持線圈(Magnetic holding coil)，當它得電之後能使主觸點閉合，而且使一個常開的輔助觸點閉合，以維持電流不斷經過吸持線圈。主觸點和輔助觸點之間，一般是用絕緣連桿連接起來的，以使吸持線圈得電之後，所有觸點都閉合。很

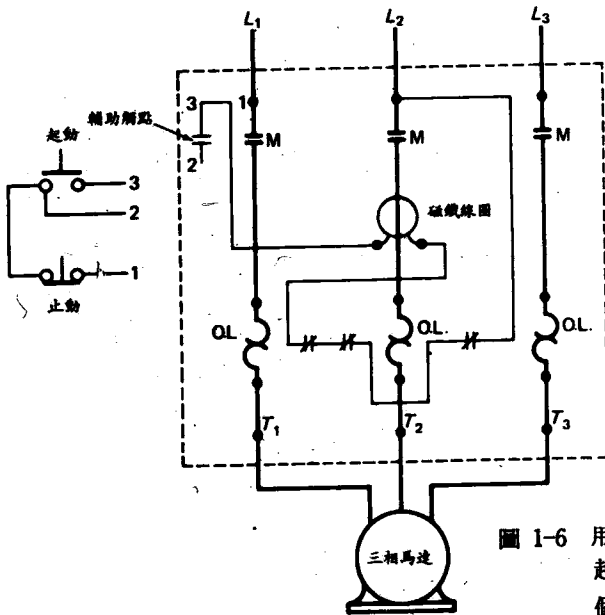


圖 1-6 用於三相馬達的磁力全壓
起動器。注意線路中有 3
個過載繼電器。

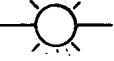
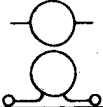
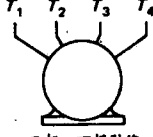
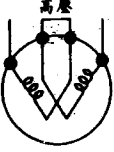
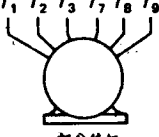
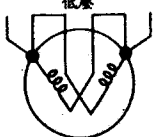
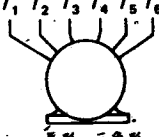
繼電器與輔助觸點	接觸器觸點	按鈕	馬達與指示燈
 常閉	 常開	 單路常開	 指示燈 用字母符號表示顏色
 常閉	 常開	 單路常開	 三相
 時控斷開	 過載繼電器	 雙路	 單相不可逆
 時控閉合	定時觸點 	雜項  電源或控制電路保險絲	 工作繞組 起動繞組 三相可逆
 雙重壓磁鐵線圈	 延時閉合的常開觸點	 電阻器	 二相，四根引線
 高壓 雙重壓磁鐵線圈	 延時斷開的常開觸點	 控制變壓器 單電壓	 部分繞組
 低壓 雙重壓磁鐵線圈	 延時斷開的常開觸點	 控制變壓器 雙電壓	 星形—三角形

圖 1-7 控制線路中常用的一些圖形符號

明顯，只要線圈有很小的電流透過，就可以操作任何大小的磁力開關。起動器經常裝有雙電壓線圈(Dual-voltage coil)，以便能在高壓或低壓下工作。這種線圈分成兩個部分，高壓下工作時兩部分串聯起來，低壓下工作時兩部分並聯起來。

值得注意的是，圖 1-5 的線路中只有兩個過載繼電器；而多數的三相起動器含有三個過載繼電器，如圖 1-6 所示。稍後我們將說明採用兩個或三個過載繼電器的道理。

交流磁力起動器的吸持線圈是由脈動電流 (Pulsating current) 勵磁的，因此它的吸力並非恒定的，而是根據電流的頻率交替變化的，這樣就會造成觸點的振動。爲了消除這種現象，可在鐵芯上安裝一個屏蔽線圈 (Shading coil)，以產生相位不同的磁通。屏蔽線圈是一個很小的單匝銅圈，嵌在鐵芯尖端的小部位內，它與罩極馬達中的罩極圈作用相同。在屏蔽線圈中產生的感應電流，即使在電源電流改變方向時，也足以使鐵芯吸持起動器的觸點。圖 1-8 是磁力起動器的全貌。

磁力起動器比手動起動器優越之處，在於它只要通過按一下按鈕來操作，而這個按鈕可以位於起動器和馬達之外某一距離處。在高壓下運行或需要從一個或多個地方對馬達進行遙控，採用磁力起動器就顯得安全和方便。

過載繼電器 幾乎所有的磁力起動器都配有過載裝置，以使馬達免受過大電流的影響。磁力起動器採用兩種形式的過載繼電器，它們分別靠磁力或熱力而動作。熱敏過載繼電器可分爲雙金屬型 (Bimetallic type) 和焊罐型 (Solder-pot type)。

熱敏繼電器的例子如圖 1-9 (a) 和 (b) 所示。這種雙金屬型的繼電器含有一個與電源線串聯的小型加熱線圈或片條，當有電流通過時，它就會發熱，所發

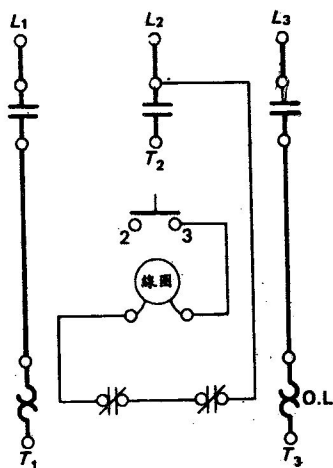
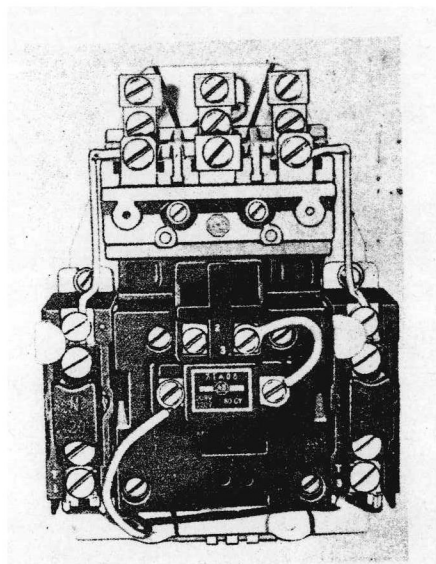


圖 1-8 三相馬達用的磁力起動器

的熱量取決於電流的大小。有一個由兩種金屬構成的雙金屬片裝在線圈隣近或直接裝在線圈裏面。雙金屬片的一端被固定，另一端可以自由活動。由於兩種金屬的膨脹系數不同，所以受熱時雙金屬片會彎曲。在正常情況下，雙金屬片的自由端使控制電路的兩個觸點保持閉合。當出現過載情況時，加熱線圈使雙金屬片受熱，它於是彎曲，而把兩個觸點斷開，吸持線圈的電路也就被切斷，馬達便停下來。雙金屬型過載繼電器通常靠手動復位之外，還設計成能自動復位。有些過載繼電器採取了周圍溫度補償措施，以便在繼電器的環境溫度與馬達不同的情況下，也能提供過載保護。許多雙金屬型過載繼電器靠一個復位選擇器槓桿(Reset selector lever)的定位便能由手動復位轉變成自動復位。當操作不便或沒有經常的人員檢視情況下，需要採用自動復位。有些過載繼電器是自由釋放的

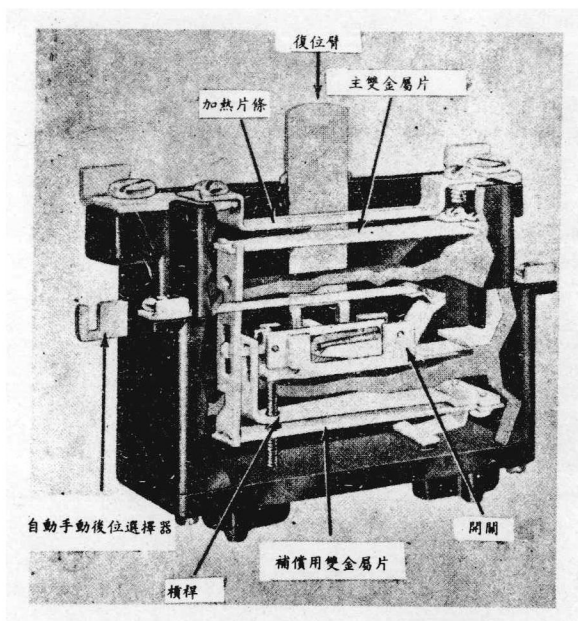


圖 1-9(a) 雙金屬型過載繼電器

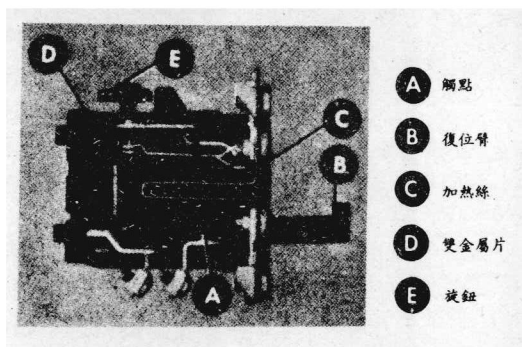


圖 1-9(b) 雙金屬型過載繼電器

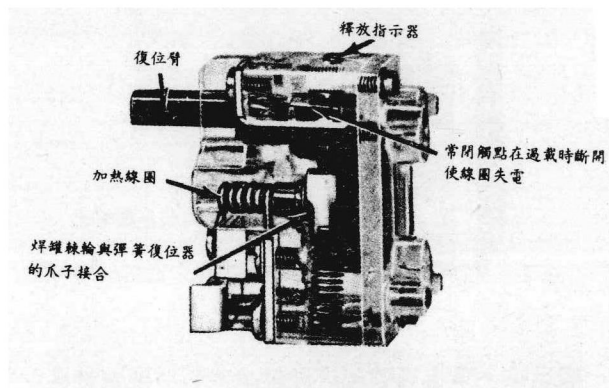


圖 1-10 易熔合金過載繼電器

(Trip free)。這意味着在過載發生過程中，起動器觸點不能再閉合，以免使馬達受損。

焊罐型熱敏繼電器是由易熔的合金元件(Eutectic alloy element)、加熱線圈、常閉觸點和復位按鈕所組成（見圖1-10）。易熔合金元件含有在某一特定的溫度下能立即從固態變成液態的焊料(Solder)。加熱線圈通有電源線電流，它圍繞着上述熱敏元件。當加熱線圈所經過的電流過大時，它所產生的熱量使熱敏元件中的易熔合金熔化，從而使圓筒裏的小軸和轉輪組件得以轉動，並把常閉觸點斷開。這樣就使吸持線圈電路被切斷，於是主觸點斷開，馬達就從電源中切除掉。為了使馬達再行起動，等焊料冷卻後把復位按鈕按下。這種繼電器是靠手動復位，而且是自由釋放的。這個重要的保護特點能避免在持續過載情況下把馬達強行投入運轉。一般喜歡採用這種類型的繼電器，因為需要使繼電器復位將引起人們對過載原因的注意，而且能消除對馬達進行自動的再起動時對工作人員可能造成的傷害。

過載繼電器的需要量

電氣運行規程一般明確規定用來保護交流單相、二相和三相馬達和直流馬達所需要的過載裝置數量。

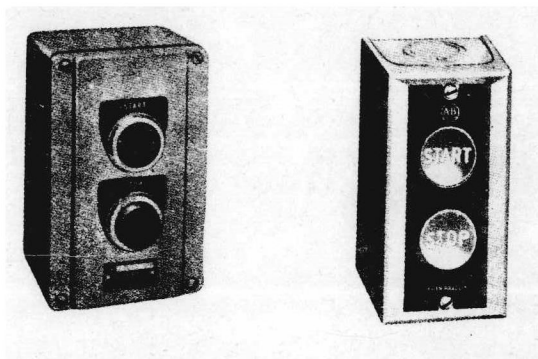


圖 1-11 起止按鈕台

一般說來，單相馬達和直流馬達需要一個過載裝置，二相和三相馬達則需要兩個。但是，在某些情況下，例如馬達是裝設在孤立的、難於通達的地點，或者是裝設在有經驗的運行人員不常到的地方，除非採用了其它認可的保護手段，否則需要用三個過載裝置來保護三相馬達。此外，在電源功率不穩定，或無各相之間可能出現顯著不平衡的場合，也都需要採用三個過載裝置來保護三相馬達。星形-三角形連接的變壓器當原邊有一相開路，或者單相馬達與三相馬達並聯，這些都將造成不平衡情況。採用單相和三相馬達的組合設備一般都要用三個過載裝置。

三相控制器通常有兩個過載繼電器，但有可能在其中接一個加熱線圈而變成三線圈過載保護裝置。此外也有帶三個過載裝置的標準型三相起動器。

按鈕台

磁力起動器是通過按鈕台(Push-button station)控制的。最普通的按鈕台上面有起止按鈕，如圖1-11所示。當按下起動按鈕時，兩個常用觸點就閉合；而當按下止動按鈕時，兩個常閉觸點就斷開。手指壓力去掉後，由於彈簧的作用，使按鈕都恢復原位。經過按鈕台去操作磁力開關時，需要把吸持線圈接到按鈕台的觸點上，以使起動按鈕按下時，吸持線圈得電，而