

## 7. 起動

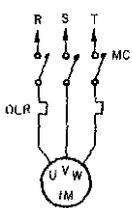
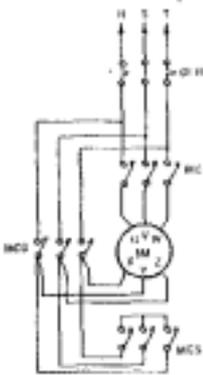
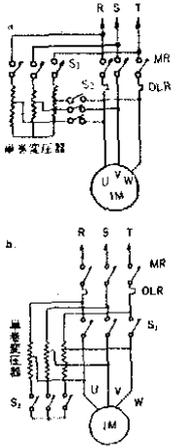
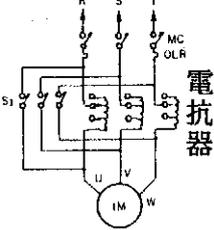
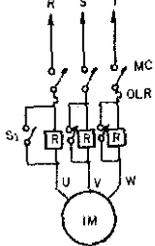
### 7-1 起動方式之選擇方法

將電源電壓(額定電壓)直接加諸於三相感應電動機時,起動電流所流通之電流約為全載電流之 500~700%,而產生之起動轉矩約為 150~200%左右。因此在起動時會帶給對方機械很大之衝擊,並且當電源容量不大時,由於起動電流之關係,電壓降會增加,導致明顯之電壓擺動,引起連接同一電源之其他負載之機能故障等現象會發生。另一方面,為了減少起動電流,將電壓降低固然可以達到目的,但必然地亦會導致電動機轉矩之下降,並且會拉長起動時間。

鼠籠形感應電動機有種種之起動方式,然在做決定時必須考慮下列幾點。

- (1) 電源容量。
- (2) 所容許之起動電流以及與起動、加速轉矩之調和及起動時間。
- (3) 對於對方機械所造成之起動時之衝擊。
- (4) 有關電動機之起動時之規格、規定。

至於起動方式之種類,其主要之方法可列舉如下(表 7-1)。

起動項目方法	全壓起動	降壓起動				
		Y- 起動	起動補償器起動	電抗器起動	一次電阻起動	
內容	將電源(額定)電壓直接加諸於電動機	起動時將電動機之線圈作 Y 之結線,使加諸於各線圈之電壓為 $1/\sqrt{3}$ , 起動後,於額定轉數之 70~90%時切換為 結線。	a. Compensator 起動 將加於一次線圈之電壓利用單卷變壓器減壓之。 b. Korndorfer 起動 起動時以變壓器減壓,其次將變壓器之中性點切離而成為電抗器最後短路之,以全電壓加之。	將電抗器串聯介入於電動機之一次側而減壓之。	將電阻插入於電動機之一次側而減壓之。	
結線圖						
諸特性	起動電流	1	1/3	$\frac{m_1}{100}^2$	$\frac{m_2}{100}$	$\frac{m_3}{100}$
	起動轉矩	1	1/3	$\left(\frac{m_1}{100}\right)^2$	$\left(\frac{m_2}{100}\right)^2$	$\left(\frac{m_3}{100}\right)^2$

加速性	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 加速轉矩最大</li> <li>· 起動時衝擊大</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 轉矩之增加小</li> <li>· 最大轉矩小</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 轉矩之增加稍小</li> <li>· 最大轉矩稍小</li> <li>· 圓滑之加速</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 轉矩之增加大</li> <li>· 最大轉矩大</li> <li>· 圓滑之加速</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 轉矩之增加大</li> <li>· 最大轉矩大</li> <li>· 圓滑之加速</li> </ul>
適用等	如電源容量足夠時，一般最常用。	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 一般 5.5kW 以上之電動機，可以無載或實負載起動者。</li> <li>· 減壓起動方法最為一般。</li> <li>· 工作機，有離合器之作業機械等。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 起動電流須特加抑制者</li> <li>· 大容量電動機。</li> <li>· 泵浦、風扇、鼓風機、離心分離機等。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 二次方降低轉矩負載。</li> <li>· 紡織機械等之緩和起動用等。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 二次方降低轉矩負載。</li> <li>· 小容量電動機 (7.5kW 以下)。</li> </ul>

註：1.  $m_1$ ：單卷變壓器之分接頭電壓 (%)

$m_2$ ：起動電抗器之分接頭電壓 (%)

$m_3$ ：起動電阻之分接頭電壓 (%)

2. 起動補償器之起動電流係將激磁電流忽視之 (實際上會增大 10~20% 左右)

### 7-2 起動時之電壓降及電源容量

當大的起動電流流通時，會引起明顯之電壓下降，且對所需電源容量，配線尺寸大小，保護裝置等之決定有很大之影響，因此，在事前對於電動機之起動特性有了解之必要。

#### (1) 起動輸入特性

鼠籠形電動機之起動輸入特性，根據 JIS C 4210-1983 [一般用低壓三相籠形感應電動機] 時如表 7-1 所示，其起動輸入 (KVA) 與額定出力 (KW) 之比有所規定。此值所表示者係指不採用起動裝置時之起動輸入特性。

起動輸入特性得以式 (7-1) 表示之。

起動輸入 (KVA) 與額定出力 (KW) 之比

$$= \frac{\sqrt{3} \times E \times I_{st} \times 10^{-3}}{P_R \times 10^{-3}} \text{ (kVA/kW)} \dots \dots \text{式(7-1)}$$

E：額定電壓 (V)， $I_{st}$ ：起動電流 (A)， $P_R$ ：額定出力 (kW)

表 7-1 對於額定出力 kW 之起動輸入 Kva

(JIS C 4210)

額定出力 kW	對於額定出力 kW 之起動輸入 kVA kVA/kW
0.2~5.5	13 以下
7.5~22	12 以下
30~37	11 以下

備註：額定出力 0.2kW 及 0.4kW 僅為全閉形而已。

又，如果已知起動輸入特性 (KVA/KW) 之值，即可由式 (7-1) 求出電動機之起動電流。

#### (2) 起動時之電壓下降

如前所述，鼠籠形電動機流通大的起動電流時會引起電源之電壓下降。電動機有直接接續於發電機及經由變壓器而接續之情況。接續於發電機之情況時，雖然會產生瞬間電壓下降，然由於自動電壓調整器等電壓會回復。但是在變壓器之

情況時，只要電流有流通時電壓不會回復。

電壓下降係由變壓器電纜等之阻抗 (Impedance) 所引起，可由下式之簡略計算求出之。

$$E_d = E_1 \times \frac{Z_m}{\sqrt{(R_m + R_s)^2 + (X_m + X_s)^2}} \text{ (V)} \dots\dots\dots \text{式(7-2)}$$

$E_d$ : 電壓下降時之電動機端電壓 (V)

$E_1$ : 起動時之初期電壓 (V)

$Z_m$ : 電動機之起動時阻抗 ( )

$R_m$ : 電動機之起動時電阻 ( )

$X_m$ : 電動機之起動時電抗 ( )

$R_s$ : 變壓器、電纜等回路之電阻 ( )

$X_s$ : 變壓器、電纜等回路之電抗 ( )

電壓下降會導致接續於其同一電源之電動機、控制器具、照明器具等之故障，故須加注意。

容許電壓降一般在經由變壓器接續之情況時希能控制在 15% 以下為宜。電壓降大時，必須採取減小電動機起動電流之起動方式，或加大變壓器容量等之對策。

### (3) 變壓器容量之決定方法

電動機之變壓器容量一般係依據下式。

$$\text{電壓器容量 (kVA)} = \frac{\text{電動機出力 (kW)}}{[\text{電動機之功因}] \times [\text{電動機之效率}]}$$

但是，實際上係依據變壓器本身之特性或電動機及負載所容許之電壓降加以計算。然因該計算稍嫌繁雜，故在此，於圖 7-1 表示於事先做如下條件設定時之電動容量與變壓器二次電壓之關係。

1) 起動電流為額定電流之 5.5 倍

2) 電源之短路容量

變壓器組容量 (KVA)	短路容量 (MVA)
10~300	25
500~1,000	50
1,500~3,000	100

註：Transformer Bank (變壓器組)

### 3) 變壓器阻抗 (Impedance)

變壓器組容量 (KVA)	阻抗 (%)
10~50	3
75~150	4
200~500	5
750~2,000	5.5
3,000~10,000	6

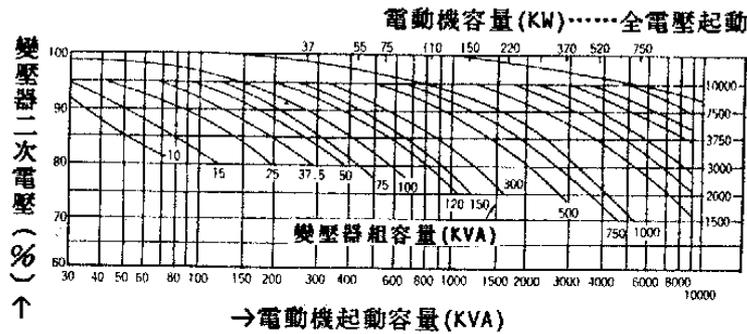


圖 7-1

### 7-3 電纜 (Cable) 所造成之電壓降

選定電動機之配線電纜時，檢討電纜之容許電流、機械強度及電壓下降為其重點。

在決定接續於電動機之電纜尺寸時，請以電纜中流通之線電流在電纜之容許電流以下來做選定。

依電動機之起動方式，其流通於電纜中之線電流則如下。

a. 全電壓起動，電抗器 (Reactor) 起動，Korndorfer 起動方式

電纜之線電流 = 電動機之電流

b. Y- 起動方式

電纜之線電流 =  $\frac{\text{電動機之電流}}{\sqrt{3}}$

電動機之端電壓，因電纜之阻抗而發生電壓降，以致於較電源電壓為低。此電纜所造成之電壓降，在三相 3 線式時得以下式求出其近似值。

a. 全電壓起動，電抗器起動，Korndorfer 起動

$$\Delta e = \sqrt{3} \times I \times l \times k \times \left( \frac{235+t}{255} \right) \times 10^{-3} \times \cos \theta \text{ (V)} \dots \text{式(7-3)}$$

b. Y- 起動

$$\Delta e = \frac{2 \times I \times l \times k \times \left( \frac{235+t}{255} \right) \times 10^{-3} \times \cos \theta}{\sqrt{3}} \text{ (V)} \dots \text{式(7-4)}$$

e: 電壓降 (V)    I: 電動機電流 (A)    COS : 電動機功因

l: 電纜之長度 (m)    k: 電纜電阻 ( /km at 20 )    t: 電纜之溫度 ( )

此電壓降大時對於電動機之特性會有影響，故請限制在 2% 以下。為了使電壓降盡量減小起見，必須使電纜之線徑加粗。尤其是配線距離長時，其電壓降會增大，故須謹慎考慮。

200V 級三相鼠籠形感應電動機之配線之概略情況如表 7-2 所示。使用 F 種絕緣等高溫絕緣材料之電動機，因其端子箱內之溫度亦比較高，故其使用之配線用電纜或絕緣綁帶 (Tape) 須採用耐熱性良好之材料。

表 7-2 電動機之配線

出力 (kW)	超過刻度電流計 (A)	配線之最小粗度 (銅) *註 1	接地線之最小粗 度(銅)	手邊(現成)保險 絲容量(A) *註 2	手邊開閉器容量 (A) *註 2
0.2	5	1.6mm	1.6mm	15	15
0.4	5	1.6mm	1.6mm	15	15
0.75	5	1.6mm	1.6mm	15	15
1.5	10	1.6mm	1.6mm	15	15
2.2	10	1.6mm	1.6mm	20	30
3.7	15	2.0mm	2.0mm	30	30
5.5	30	2.6mm	2.6mm	50 (30)	60 (30)
7.5	30	3.2mm	2.6mm	75 (50)	100 (60)
11	60	14mm <sup>2</sup>	14mm <sup>2</sup>	100 (50)	100 (100)
15	60	22mm <sup>2</sup>	14mm <sup>2</sup>	100 (100)	100 (100)
18.5	100	30mm <sup>2</sup>	14mm <sup>2</sup>	150 (100)	200 (100)
22	100	38mm <sup>2</sup>	14mm <sup>2</sup>	150 (100)	200 (100)
30	150	50mm <sup>2</sup>	22mm <sup>2</sup>	200 (150)	200 (200)
37	200	80mm <sup>2</sup>	22mm <sup>2</sup>	200 (150)	200 (200)

註：1. 配線之最小粗度係表示金屬管收容 3 條配線時。

2. 保險絲 (Fuse) 為 B 種保險絲，( ) 內之數字表示採用起動器時。