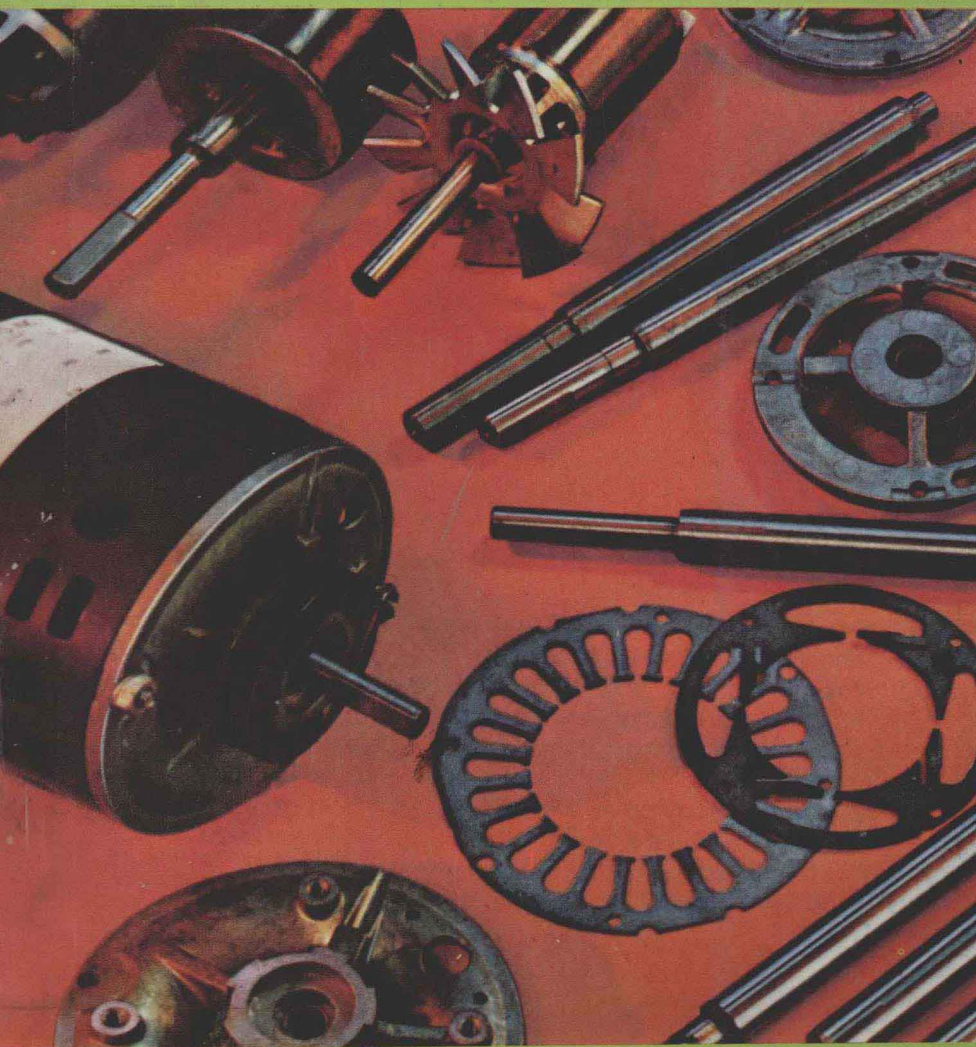


現代電動馬達

MODERN ELECTRIC MOTORS



趙仲平編著・香港萬里書店出版

現代電動馬達

趙仲平編著

香港萬里書店出版

內容簡介

本書選擇最新資料，介紹現代工業廣泛應用的各類型馬達的形式、特性與及有關標準數據以供各業人士參考。

內容包括交流、直流、通用分數馬力馬達；交流、同步、直流整數馬力馬達；各種限定用途與專用馬達，例如齒輪馬達、離合與制動馬達、扭力馬達、伺服馬達、儀器馬達、綫性感應馬達等。此外，馬達的調速轉動、控制及防護器等亦作詳細討論。

現代電動馬達

趙仲平編著

出版者：萬里書店有限公司
香港北角英皇道486號三樓
電話：5-632411 & 5-632412

承印者：金冠印刷有限公司
香港北角英皇道499號六樓B座

定價：港幣十六元

版權所有 * 不准翻印

(一九七九年十月印刷)

目 次

1. 小型通用感應馬達	1
馬達的選擇	1
分數馬力馬達	3
感應馬達	4
感應馬達的類型	4
電路連接	18
2. 小型通用直流馬達	20
永久磁鐵馬達	22
串激式馬達	24
並激式馬達	26
複激式馬達	27
無電刷直流馬達	28
低慣性直流馬達	30
扭力馬達	32
馬達的轉速控制	33
小型直流馬達的應用	35
馬達的規範	38

馬達的附件	39
馬達特性	40
3. 通用馬達與推斥馬達	42
通用式馬達	42
通用馬達的構造	43
通用馬達運轉於交流電源上	45
補償式通用馬達	48
通用馬達的逆轉	49
通用馬達的定額與絕緣	52
通用馬達的壽命	54
通用馬達的外殼與裝置	55
減速器	59
推斥式馬達	60
標準推式馬達	60
推斥馬達的逆轉	62
推斥起動馬達	63
推斥感應馬達	65
4. 整數馬力鼠籠馬達	69
鼠籠感應馬達的一般構造	69
整數與分數馬力、單相與多相馬達	71
感應馬達運轉原理	71
馬達的轉差	73
馬達的轉矩和起動特性	74
鼠籠馬達的分類	76
雙鼠籠感應馬達	78
三相感應馬達的定子和轉子	80
機械構造	83
馬達特性和應用	84
星形和三角形接法	91
多速鼠籠馬達	96
5. 三相鼠籠馬達的起動和控制	101
馬達的起動	101
起動器和控制器	102
直接起動	103
液壓起動	112

逆轉和變速	123
速停控制	128
6. 整馬力異步感應馬達	131
綫繞轉子馬達	131
綫繞轉子馬達的優缺點	132
綫繞轉子馬達的特性和應用	133
綫繞轉子馬達的控制設備	136
面板式控制器	136
多開關起動器	141
鼓式控制器	143
鼓式控制器電路	144
磁力控制器	151
磁力控制器電路	151
單相整數馬力馬達	157
7 同步馬達	161
基本構造及原理	162
三相旋轉磁場	164
馬達的轉速	168
同步馬達的型式	170
磁滯馬達	171
同步感應式馬達	173
永久磁鐵馬達	176
磁阻馬達	179
直流激磁同步馬達	180
同步馬達的構造	183
8. 同步馬達的特性和起動控制	188
馬達轉矩	188
起動和拖入同步	191
激磁和功率因數	196
追逐和拖出同步	200
同步馬達基本連接和起動	201
各種起動方法	203
起動控制電路	206
9. 直流馬達的結構和型式	216
基本構件	217

馬達磁框	217
定子磁極和電樞鐵芯	220
電樞綫圈連接型式	220
絕緣材料	222
換向器和電刷裝置	223
大型馬達	226
大型馬達電樞結構和絕緣	227
大型馬達的換向器和電刷裝置	229
大型馬達的軸承和通風	232
直流馬達激磁型式	233
間極作用和接法	237
直流馬達特性	239
10. 直流馬達的特性和控制	242
並激馬達	242
串激馬達	246
複激馬達	249
永磁式馬達	251
馬達的逆轉	252
馬達的起動	257
馬達的調速	259
並激磁場控制	261
電樞電阻控制	262
電樞電壓控制	263
「華特利奧蘭」控制	264
半導體電子開關文件傳動	266
多電壓控制	268
特別控制方法	268
11. 直流馬達的起動和控制	270
起動器和控制器的種類	271
面板式控制器	271
三點式起動器和兩點式起動器	272
四點式起動器	274
面板式起動和調速控制器	275
多開關控制器	278
面板式控制器和逆轉電路	278

鼓式控制器	■	280
磁力控制器	■	284
定時磁力控制器	■	286
二步加速定時磁力控制器	■	289
限流加速起動器	■	290
反電勢加速起動器	■	291
12. 確定用途與特別用途馬達	■	293
確定用途馬達	■	294
特別用途馬達	■	303
13. 附錄	■	312
足裝式交流馬達尺寸		
交流馬達溫度極限		
單相及三相分數馬力馬達典型特性曲綫		

1. 小型通用感應馬達

馬達的選擇

每一種型式的馬達，都有其構造特點和工作特性。因此選用馬達時，需考慮到使用上的各種要求：例如電氣方面、機械方面和經濟方面。

對於設備或產品所需的馬達，應盡可能選用標準馬達。而各廠家所出產的標準馬達，其物理與電器特點都有列出。根據設備或產品所需馬達的條件來選擇或設計，不但可節省時間，並且還可減輕成本。

通常，工作特性優良的馬達，成本往往稍高；有時一方面的特性較優，而另一種特性則較差。在經濟方面，例如某種產品的壽命很短，當選用馬達時就不必要求使用年限很長的馬達；或者該設備的馬達安裝位置有充裕的空間，則不必選擇體積小而動力大的高價馬達。

有時爲了滿足特別要求而從標準馬達中選取時，亦可在各類型馬達中找尋近似的，在可能範圍內，對要求稍作調整，以折衷式來選用，也是一可行的方法。

在必要時，亦可將標準馬達的設計稍爲調整或變更，使某一性能特別顯著，以便合乎產品所需的馬達條件。

在不得已的情況下，才將特殊的性能規範與及外型尺寸等列出，向馬達廠定製。這類專用性馬達的製造成本，當然比數量龐大的標準馬達高出很多，並且出廠（起貨）日期亦較長遠。這兩方面都是對電器製造廠或以電動馬達爲動力的各種設備製造廠所不利的。

選擇馬達時的考慮因素，最主要的爲下列各點：

1. 馬達所用的電源（交流或直流、交流屬多相還是單相、交流電源的頻率大小、電壓大小等。）
2. 輸出馬力和轉矩。
3. 轉速。
4. 起動轉矩。
5. 加速轉矩。
6. 過載轉矩。
7. 服務因數（工作因數）。
8. 溫升限度。
9. 機械要項（機殼型式、底座安裝方式、傳動接合方式、軸承型式等）。
10. 轉動方向（單向或雙向）。
11. 對無綫電的干擾。
12. 運轉時的雜聲。
13. 效率。
14. 功率因數。

分數馬力馬達

動力小於馬力 (H.P.) 的馬達稱為「分數馬力馬達」(Fractional-horsepower motors)；動力為 1 馬力或超過 1 馬力的馬達則稱「整數馬力馬達」(Integral-horsepower motors)。分數馬力馬達有時又稱為「小型馬達」。一般用途的小型馬達亦稱「分數馬力通用馬達」(FHP General-purpose motors)。

由於工業的發展與及家用電器的日益增加，使小型馬達獲得甚為廣大的市場，因而小型馬達的產量也日益提高。它的應用範圍相當廣泛，從電動玩具、風扇、小型抽風機、電風筒、電冰箱、電唱機、錄音機、電鐘、洗衣機、吸塵機、榨果汁機、攪拌機、電鬚鉋等家庭電器用具，以至工業及日常所用的手提電鑽、手提工具、小型切削機床與磨具，辦公室所用的電動打字機、晒印機，工商業的數據處理設備與及工業自動控制系統，都使用這些小型馬達。

某些較大的分數馬力馬達，在設計、構造和性能上與整數馬力馬達相似，但動力較小的馬達，則與整數馬力馬達完全不相同。

為了統一分數馬力通用馬達產品，以滿足生產的經濟性、互換性與及基本性能等，使製造廠及用戶有所依據，有些國家的電業製造廠聯會亦已制定一套標準。亦有一些廠家有其產品標準，以供用戶選訂時參考。

某一種通用馬達(General-purpose motor) 都有其一定的應用範圍，因而在選用時必須明確各要項，例如馬達適用的電源、電壓、輸出動力、轉速與及外形尺寸等。分數馬力馬達除按電源分類之外，還可按其他特點予以區分：例如單相交流馬達的起動方式、直流馬達繞組與電樞的连接型式、負荷與轉速的變動關係等。通常，分數馬力馬達都按所用電源而分為交流

(感應)、直流、通用(交流或直流均可應用)三大類，而各類亦分有各種型式。

感應馬達

感應馬達(Induction motor)是交流馬達的主要形式；它的轉子(Rotor)和定子(Stator)之間沒有實際線路的連接；是靠定子線圈通過交變電流所產生的旋轉磁場感應轉子，使兩者互相作用而旋轉的；而轉子的磁場是由定子的交流電經感應作用而產生的。

這種馬達的構造最為簡單，定子由矽鋼疊片構成(見圖1)，並採用鼠籠式轉子(Squirrel-cage rotor)，它亦由鐵心疊成，鐵心的周圍有縱槽，用鋁條、銅條或其他導體嵌入或鑄入槽內。在轉子的兩端，以短路環將各縱槽的導體連通。圖2和圖3表示單相交流感應馬達的典型構造。

分數馬力感應馬達與其他小型馬達一樣，輸出動力從746瓦(W)，即1馬力以至千分瓦之間。類型有三相交流、二相交流、單相交流與同步馬達、限定範圍和專用馬達。對後者三種則在另篇介紹。

小型馬達亦可按其主要用途來予以分類，例如送風機馬達、燃油器馬達、電冰箱馬達、壓縮機馬達、電唱機馬達或時鐘馬達等。某些製造廠家亦以這些用途來表示其產品的主要特色。這類馬達可列入限定用途馬達(Definite-purpose motors)的範圍之內，該類馬達將於以後介紹。

感應馬達的類型

不列入限定用途和專門用途的通用感應馬達，亦

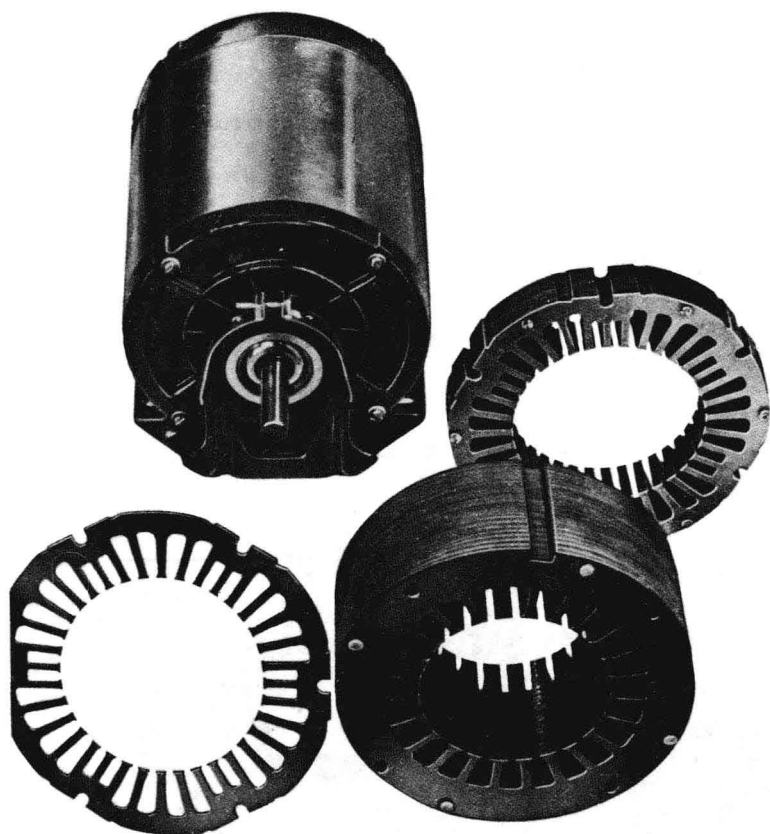


圖1. 馬達和它的定子矽鋼疊片

可分為多相馬達與單相馬達兩大類。多相分數馬力馬達差不多完全限於工業上的應用，而採用交流電源的分數馬力感應馬達，極大部份是用於家庭方面，因而需用單相電源來運轉，並且它的電壓亦不宜超過 250V。

最普通的單相馬達 (Single-phase motors) 有分相式、電容起動式、永久分相電容式和單極式等多種。各種型式的多速馬達亦可列為一種。至於同步式及其他各種型式則在以後另行介紹。

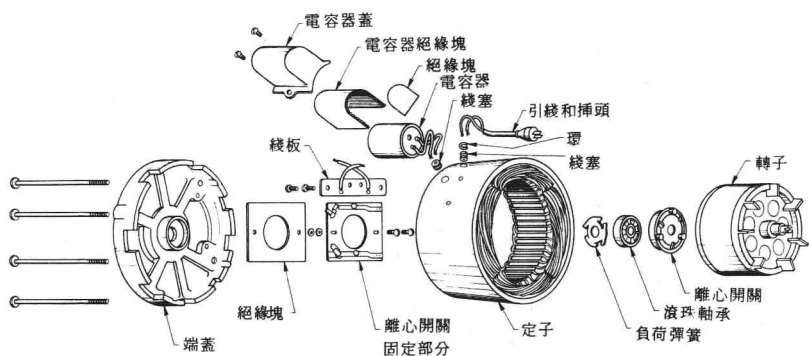


圖2. 單相交流感應馬達的拆開圖

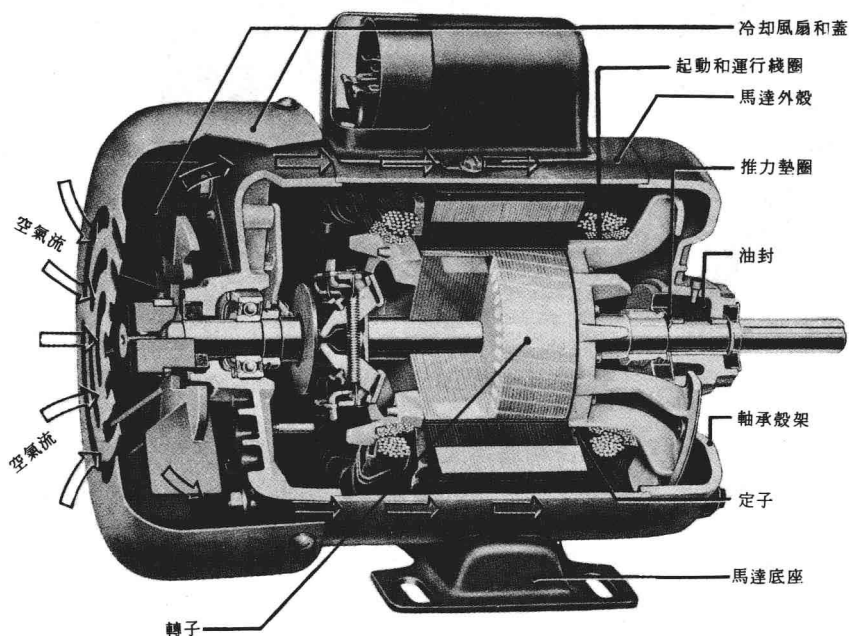


圖3. 單相交流式感應馬達的剖開圖

分相式馬達

分相馬達 (Split-phase motors) 的轉子由矽鋼片疊成，片的外周沖有許多橢圓形綫槽。槽中注入熔融的鋁作為導體，鋁導體連同端環（及散熱風扇）鑄為一完整的鋁鑄件；亦可採用銅綫與銅端環互相鉚成；或注以熔銅為導體，使成一鼠籠式轉子。

定子亦由矽鋼片疊成，在內圓周圍開有綫槽，經絕緣後，嵌入綫圈。分相馬達的定子綫圈 (Stator-winding) 可分為兩組：一組稱為主綫圈或主繞組 (Main winding)，亦可稱為運行綫圈或運行繞組 (Running winding)，作運轉用；另一組稱為副綫圈或輔助繞組 (Auxiliary winding)，亦可稱為起動綫圈或起動繞組 (Start winding)，是在馬達開始通電時，使兩組綫圈之間發生一相位差而獲致起動的。圖 4 是分相馬達的簡圖。

這種馬達的兩組綫圈，一組的電阻較小而電抗較大，另一組綫圈的電阻較大而電抗較小，使在起動時產生二相的旋轉磁場。

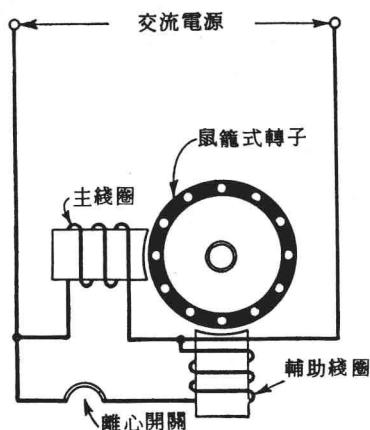


圖4. 分相馬達的簡圖

輔助繞圈產生扭矩使轉子起動和加速，當達到某一轉速時(約為正常轉速的80%)，轉子便能跟隨運行繞圈所產生的磁場交變，這時起動繞圈的電路必須斷開，以便馬達作正常的運轉。開斷輔助繞圈電路，可利用裝在馬達內部的離心開關 (Centrifugal switch) 的自動機構；或採用特殊的手動開關。這樣，馬達在正常運轉中就只有主繞圈通電。離心開關是一種自動開關，在轉子軸的一端裝着離心機構的旋轉部份，當轉子達到滿載轉速的70~80%時，就將定子端上的離心開關開斷。圖5表示離心開關和操作情形。

一些體積很小的馬達，由於位置所限而不能裝設離心開關時，便採用手動開關來使起動繞圈斷開。特殊的手動開關內部裝有兩隻分開的開關。其中之一可隨意扳動至「開」或「斷」的位置；另一隻則控制起動繞圈，每當人手從開關移去時，就藉彈簧力而自動跳開。

分相馬達的起動轉矩 (Starting torque) 視負載的額定馬力而定；高馬力馬達需有高值的起動轉矩。通常除軸裝式風扇或記錄機等之外，一般的起動轉矩較正常運轉時所需的轉矩為大。通常分相馬達的起動轉矩約為滿載轉矩的125~200%之間。對於需要更大起動轉矩的裝置，例如壓縮機或冰箱等，便不能採用這

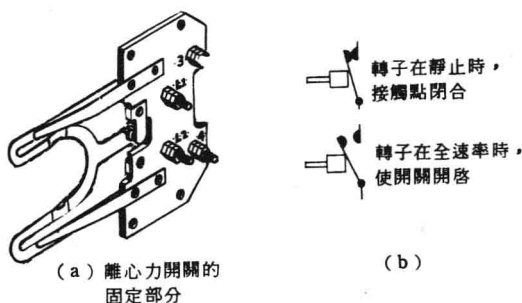


圖5. 離心開關和操作情形

種馬達。

分相馬達運轉穩靜，轉速亦較恆定；它的加速很快，可在一秒鐘內達到正常轉速。但起動電流甚大，一般為正常滿載電流的 6 ~ 7 倍，容易影響接在同一電路中的其他電器用具。

分相馬達的轉速是由定子繞圈的極數和電源頻率所決定。在 50 週的電源時，定子繞圈為二極的馬達，則每分鐘為 2,850 轉；四極為 1,420 轉；六極為 960 轉。

電容起動式馬達

電容起動馬達 (Capacitor-start) 是在單相感應運行的電動機中裝有一隻電容量很大的起動電容器，使與定子的起動繞圈串聯（見圖 6）。這電容器屬電解質電容器。在結構上，電容起動馬達與同樣馬力的分相馬達大致相同。

至於繞組方面，電容起動定子的起動繞圈的電阻比較分相式起動繞圈的電阻較小，圈數較多，所以效率較高。分相馬達起動時的旋轉磁場，兩繞組之間的

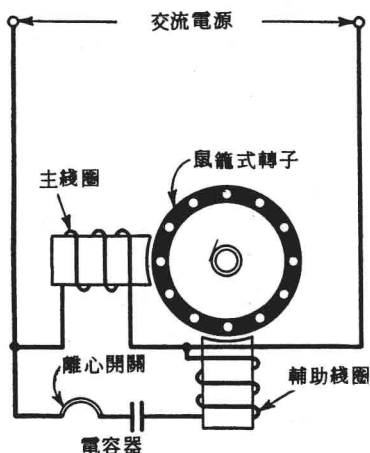


圖6. 電容起動馬達