



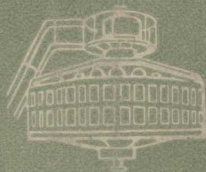
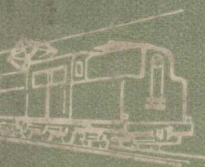
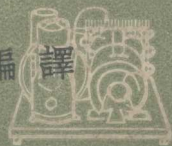
實用電工叢書



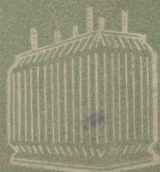
交流電機及 整流設備

上 冊

田 春 蔭
黃 煥 焜
編 譯



商 務 印 書 館



王國松主編



實用電工叢書

交流電機及整流設備

上 冊

田黃	春煥	蔭焜	編	譯
俞曾	國繼	順鐸	校	訂

商務印書館



交流電機及整流設備提要——此書是實用電工叢書第五種，係根據1946年美國柯尼電工學校 (Coyne Electrical School) 出版的該校技術人員編著的「實用電工叢書」(Applied Practical Electricity) 第四冊編譯而成。分上下兩冊，共十二章：第一章交流電動機總論，第二章單相交流電動機，第三章多相感應電動機，第四章同步電動機，第五章特種交流電動機，第六章功率因數的改善，第七章交流電動機的控制器，第八章同步變流機，第九章整流器，第十章裝置和維護，第十一章軸承和軸承故障，第十二章定子和轉子的故障。現代電力系統大部份是交流的，但在許多特殊場合需用直流時，通常是用整流設備把交流變為直流。此書是講各種交流電機、整流設備以及許多有關事項。內容扼要而切實用。

實用電工叢書
交流電機及整流設備
(全二冊)
田春蔭 黃煥焜編譯

★版權所有★
商務印書館出版
上海河南中路二一一號
(上海市書刊出版業營業許可證出字第〇二五號)
新華書店總經售
商務印書館印刷廠印刷
上海天通菴路一九〇號
(60314.1)

1954年7月初版	開本 787×1092 1/32
1956年5月3版	字數 171,000
1956年5月上海第1次印刷	印數 8,001—11,000
印張 9 12/16	定價(10) 洋 1.20

上 冊 目 錄

第一章 交流電動機總論	1
1. 交流電動機的類型	2
2. 額定電壓和額定速率	3
3. 電動機的主要構造及轉動原理	3
4. 電動機的性能	6
5. 同步速率	7
6. 轉差率	8
7. 轉矩: 開動轉矩、滿載轉矩和崩潰轉矩	9
8. 效率和功率因數	10
9. 額定馬力、電壓和頻率	11
10. 額定電流	12
第二章 單相交流電動機	15
1. 剖相式電動機	15
2. 剖相式電動機的原理	16
3. 轉子的構造	17
4. 電容器式剖相電動機	19
5. 蔽極式電動機	20
6. 推拒式電動機	23
7. 推拒式電動機的運用原理	24
8. 補償繞組	24
9. 推拒感應式電動機	25
10. 交流串激電動機	28
11. 單相電動機的開動	29
第三章 多相感應電動機	31
1. 運用原理	31

2. 鼠籠式電動機的性能	32
3. 開動轉矩	33
4. 功率因數和效率	35
5. 控制感應電動機速率的因素	36
6. 一般的應用	37
7. 滑環式電動機	39
8. 用外電阻開動和控制速率	41
9. 內電阻電動機	44
10. 滑環式電動機的特性	44
11. 次級電阻對於開動轉矩的影響	45
12. 滑環式電動機的開動電流	48
13. 滑環式電動機的用途	49
第四章 同步電動機	50
1. 構造和激磁	51
2. 阻尼繞組	52
3. 運用原理	52
4. 崩潰轉矩	55
5. 追逐	56
6. 同步電動機的連接法	57
7. 同步電動機的開動	59
8. 改變磁場激磁以調節功率因數	60
9. 開動補償器和保護裝置	61
10. 同步電動機的性能和優點	62
11. 同步電動機的用途	63
12. 超同步電動機	64
第五章 特種交流電動機	66
1. 雙鼠籠電動機	66
2. 運用原理	67
3. 裝用“壅塞條”的雙鼠籠電動機	68

4. 變速交流電動機	69
5. 特性	70
6. 同步感應電動機	73
7. 線路和運用原理	74
8. 超前功率因數和功率因數的調整	76
9. 特種封蔽式電動機	77
第六章 功率因數的改善	79
1. 同步電動機作容電器用	80
2. 靜電容電器	81
3. 靜電容電器的構造	83
4. 靜電容電器的運用	84
5. 容電器的裝置地點	88
6. 調整電動機的負載或改變電動機的型類以改善功率因數	90
7. 改善功率因數的設備的選擇	91
8. 所需容電器的適當大小的決定	92
9. 例題	93
10. 圖解法	96
11. 改善功率因數所造成的節省	97
12. 用同步電動機改善功率因數而同時拖動機械負載	98
13. 決定容電器的所需容量的計算表	102
14. 例題	103
15. 配合鼠籠式電動機用容電器容量表	106
第七章 交流電動機的控制器	107
1. 便利與安全	108
2. 過載,延時及無壓防護裝置	108
3. 全壓或直接開動	109
4. 熱控及磁力過載繼電器	111
5. 直接開動器的接線法	114
6. 交流電動機的反電勢	115

7. 交流控制器中減低電壓的方法.....	116
8. 電阻開動器.....	117
9. 碳堆電阻開動器.....	120
10. 電路及運用.....	122
11. 自動式碳堆電阻開動器.....	125
12. 電路及運用.....	126
13. 接觸器及過載繼電器的構造.....	128
14. 補償器或自耦變壓器開動器.....	130
15. 用補償器開動電動機的步驟.....	131
16. 保護設備.....	134
17. 電路及運用.....	134
18. 開動電壓的調準.....	137
19. 自動遙控開動器.....	138
20. 電路及運用.....	140
21. 控時元件和過載繼電器.....	142
22. 自動開動器及印刷機控制器.....	144
23. 去離子熄弧器.....	145
24. 鼓式控制器.....	146
25. 開動、反轉和速率控制.....	149
26. 鼓式控制器的接線法.....	150
27. Y— Δ 開動器.....	155
28. 控制器的裝置.....	156
29. 控制器的維護.....	159
30. 油浸接觸器用的油.....	161
31. 保護用繼電器和輔助電路.....	161
32. 緩衝筒和定時限裝置.....	162

第一章 交流電動機總論

發電廠發出的電能的極大部分，是在製造廠中變為機械能而用作動力的。這種從電能變為機械能的工作，大部分是用交流電動機來完成的。

各種交流電動機的容量(馬力數)，大小相差很遠。目前造成的交流電動機的容量，小的甚至有在 $\frac{1}{1000}$ 馬力以下的，大的在 60,000 馬力以上；如果需要的話，它們還可以造得更大。

交流電動機有各種不同的類型，它們的性能幾乎能適應各種機械設備的需要。有幾種新型的交流電動機的起動轉矩，比一般電動機的大，它們並有較大的速率控制範圍和其他我們所希望的性能，這些性能過去以為是祇能在直流電動機中獲得的。

鼠籠式感應電動機是交流電動機中用得最多的一種，它的優點是：速率近乎不變；沒有整流子和電刷，因此可免除一切火花和火災的危險，並可減少摩擦部分。

交流電動機用起來是平靜而安全的，它的速率高而控制方便。倘如我們要開動或停止一組幾千馬力的電動機，只要撤

一下自動遙控裝置的按鈕開關，電動機就會自動地開動起來或停止下來。所以交流電動機是一種合於理想的動力設備。因此它們迅速地代替了蒸氣機、汽油機和其他舊式工場中所用動力形式的地位；實際上，所有新式的工廠完全是用電動機來供給動力的。千百萬只交流電動機在機器製造工廠、木工場、鋸木廠、汽車工廠以及其他各種工廠中使用着。

電動機也大量地應用在各種船舶上，例如戰艦上用巨大的電動機來轉動它的推進器，同時也有許多小電動機用來操縱船上的航行設備，商船上爲了裝卸貨物用許多電動機來運用起重機、升降機、運送機等。在甲板上用的許多中型或小型電動機，爲了避免鹽水及其蒸汽的侵害，是封蔽在不漏水、不漏氣的特製機殼中的。在新式的郵船中差不多具有多至幾百具中型或大型的電動機，以及許多風扇及其他設備用的小型電動機。

其他在礦場或建築工地也採用了大量的電動機，例如挖掘機中用強力的電動機來操作挖掘泥土及岩石的工作和挖掘機中用的巨大的吸取唧筒。

電動機的裝置和維護，是採用電動機時所不能避免的工作。這工作的好壞會直接影響到我們對於電動機的使用的，我們如果能很好掌握這方面的知識，對於我們的任務的完成與發展將具有極重大的意義。在後面我們也要加以研究和討論。

1. 交流電動機的類型 由於任務和電源的不同，交流電動機造成許多不同的式樣或型類。其中最常用到的爲推拒式、感

應式和同步式。推拒式的電動機祇有在單相電路中運用，而感應式和同步式電動機則有單相的、2 相的和 3 相的。

單相電動機的大小，除了少數較大的之外，通常為 $\frac{1}{2}$ 馬力至 10 馬力。他們一般是運用在 110 伏特、220 伏特、或 440 伏特的電路上。2 相電動機在我們祖國是不用的，祇在某些國家的少數舊式工廠和工場中還用着。大多數的交流電動機是 3 相的。3 相電動機的大小每具自 $\frac{1}{2}$ 馬力至數千馬力不等。

• 2. 額定電壓和額定速率 額定電壓就是指電動機應該運用的電壓，而額定速率是電動機應該轉多少速率。電動機在製造時就是根據這些定額和馬力數來設計的。額定電壓和額定速率平常都標明在電動機的名牌上。

中小型的 3 相電動機多是運用在 220 伏特、或 380 伏特電路上的，但是許多幾百馬力以上的大型電動機，他們運用的電壓可以是 1,100 伏特或 2,200 伏特，亦有高達 11,000 伏特的。

中型交流電動機的額定速率，通常約為每分 1,000 轉，1,500 轉或 3,000 轉等等；大型電動機運用在較低的速率，為每分 200 轉至 600 轉不等；小型單相推拒式或串激式電動機的運用速率則有每分 4,000 轉至 12,000 轉的幾種。

高速電動機的馬力要比同樣尺寸的低速電動機的大。

3. 電動機的主要構造及轉動原理 交流電動機的機殼，爲了要適合各種運用的場合或情況，做成了許多式樣：有開敞式、防護式及防滴式、全封蔽式等。圖 1 所表示的就是一具普通式

樣的 5 馬力 3 相 220 伏特感應電動機。圖 2 所示的則是一具全封蔽式的交流電動機，這種式樣的機殼可以避免灰塵及髒物侵

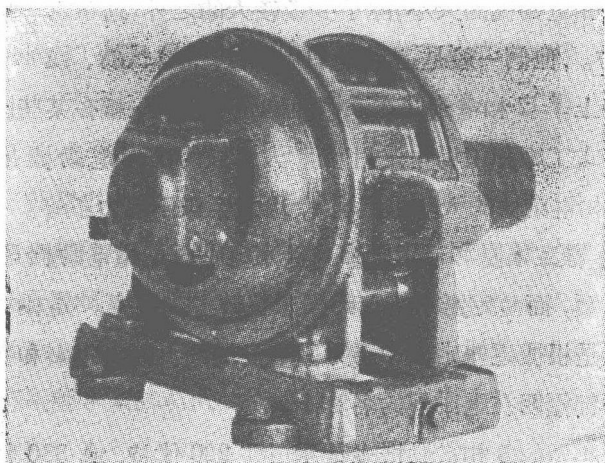


圖 1. 普通式樣的 5 馬力感應電動機。

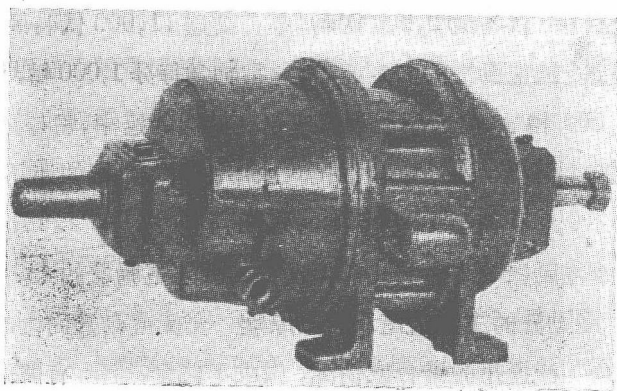


圖 2. 全封蔽式感應電動機。

入電動機的繞組，所以這種電動機適用於灰塵特多的地方，如紗廠等。

交流電動機的定子通常多是連接供電線路而輸入電流的部分。這電流在一感應電動機的定子繞組中通過時，就會沿定子的內周產生一旋轉磁場。這旋轉磁場的磁通便割切轉子上的導電條或繞組，導電條或繞組中因感應作用產生一副電流（又稱轉子電流），這電流所生的磁通與定子的旋轉磁場間相互作用產生一轉力，這就是使電動機轉動的力。又叫做電動機的轉矩。圖3所示的就是一個感應電動機的定子。

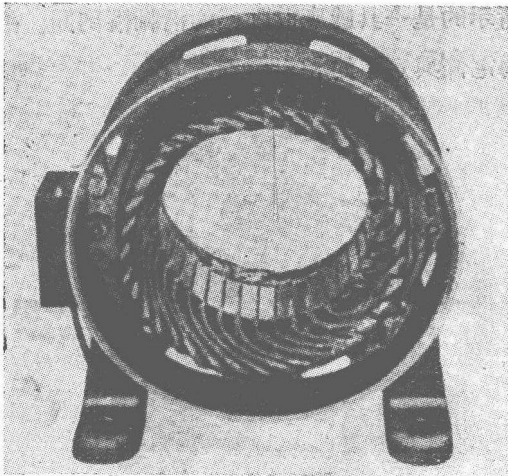


圖3. 感應電動機的定子。

圖4所示的是感應電動機的鼠籠式轉子。鼠籠式轉子中的導電條由兩端的端環彼此互相短接起來。有些感應電動機的轉

子上是用繞組代替鼠籠的。這樣的轉子叫做線繞轉子或相繞轉子，以後要加以詳細說明。

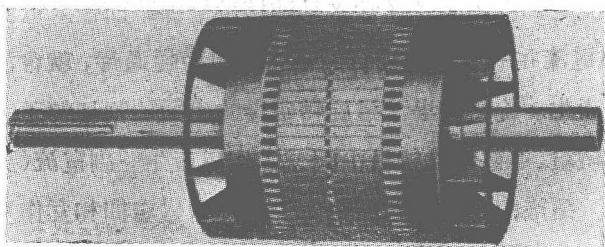


圖 4. 感應式電動機鼠籠式轉子。注意導電條埋在鐵心槽中的樣子，並注意轉子兩端的風扇。

圖 5 所示的是一具感應電動機的沿軸縱剖面。這圖表明轉子和轉子導電條與定子的相對位置。

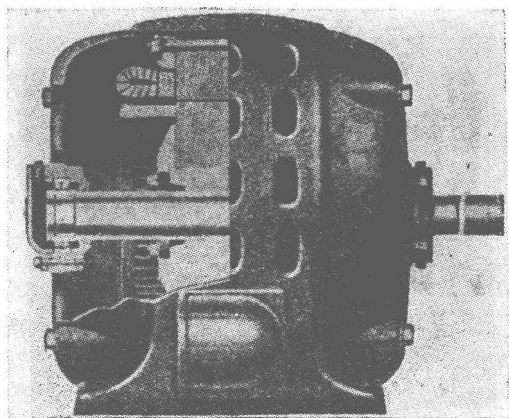


圖 5. 鼠籠式感應電動機的剖面圖。

4. 電動機的性能 各種不同式樣的交流電動機的性能，如

開動轉矩、滿載轉矩、崩潰轉矩、速率調整率、功率因數、效率等等各不相同。瞭解了各種電動機的性能，我們才能對各種電動機加以比較，再根據我們的需要來選擇一種適合於工作的電動機。因此，掌握了這種知識，對於我們的工作將具有很大的幫助。

電動機的特性，大部分是由設計人決定了的。同一型式上的電動機也可因製造上的差別而具有不同的性能。普通的電動機對於大多數動力上的要求是可以滿足的；至於任何某種特別的要求，則可以由設計人和製造人做成特別式樣的電動機來符合這些需要。

電動機的特性，有些在研究直流電動機時我們已經熟悉了的；有些則祇是在交流電動機方面才用到，這些我們還是第一次談到。在下面我們把幾種常見的交流電動機的性能、運用原理和用途加以詳細的說明，因此有幾個交流電動機方面常常用到的術語、名詞和普通公式，我們要先熟悉它。假如我們現在能把這些術語、名詞和公式仔細地搞清楚，那麼下面解釋各種電動機的時候，可以比較更容易了解些。

5. 同步速率 交流電動機的同步速率是指由電源供給的電流在定子中產生的旋轉磁場的速率。

同步電動機的旋轉速率是和定子的旋轉磁場的速率一樣的。所以同步電動機的速率，在供電線的頻率保持不變時，也是絕對不變的。

任何交流電動機的旋轉磁場的速率和同步電動機的運用速率，是由供電線的頻率和定子的極數來決定的。它們的關係可以用下面的式子表示出來：

$$S = \frac{120 \times f}{p},$$

式中， S = 同步速率，單位用每分轉數；

f = 頻率，單位用每秒週數；

p = 電動機的磁極數。

知道了電源頻率和電動機的極數時，我們就很容易利用這式子算出電動機的同步速率。

例如：有一 4 極電動機，運用在每秒 50 週的電路中，他的同步速率是： $S = \frac{120 \times 50}{4} = 1,500$ 轉，即它每分之轉數。

6. 轉差率 感應電動機決不能運用於真正的同步速率，轉子的旋轉速率必須比旋轉磁場的速率稍低，以便磁通割切轉子上的導體，感應出使電動機保持轉動所必需的電流。感應電動機的實在速率和同步速率之差，叫做電動機的轉差。轉差很少用到，通常多是用它對同步速率的百分數來表示的。這百分數叫做轉差率也叫做滑率。例如：有一 6 極感應電動機運用在每秒 50 週的線路上，它的同步速率是每分 1,000 轉，而滿載時的實在速率是每分 950 轉。那麼這電動機的轉差是 $1,000 - 950 = 50$ 轉/分；而轉差率是 $50 \div 1,000 = 0.05$ 或 5%。

$$\text{轉差率的百分值} = \frac{\text{同步速率} - \text{實在速率}}{\text{同步速率}}。$$

電動機的轉差率是跟着負載變化的。負載增加時，轉子便轉得稍慢使磁場割切轉子導體的速率增快，這樣轉子中的感應電流便增加了，因而發生較大的轉矩以適合負載的需要。

各種感應電動機的轉差率，按電動機的大小、型式和連結的負載而有不同，一般地說來，約自 2% 到 8%，大型電動機的轉差率要比中小型的小些。

7. 轉矩：開動轉矩、滿載轉矩和崩潰轉矩 我們已經學過轉矩這一名詞，他代表電動機所發生的扭轉力或轉動力。它的單位我們用磅-呎；20 磅-呎的轉矩意味着 20 磅的力加在半徑 1 呎的圓輪上所產生的旋轉力，或是 10 磅的力加在半徑 2 呎的輪上的旋轉力等等。

我們也已經學過：在選擇電動機的時候應該考慮到幾個重要階段的轉矩，就是滿載轉矩、開動轉矩和崩潰轉矩（或稱停頓轉矩）。

電動機的滿載轉矩常作為比較開動轉矩和崩潰轉矩的基數，開動轉矩和崩潰轉矩往往是用它們對滿載轉矩的百分數來表示的。例如，有一具電動機，它的滿載轉矩是 15 磅-呎，開動轉矩是 30 磅-呎，這樣我們就說開動轉矩是滿載轉矩的兩倍或 200%。滿載轉矩既是比較的基數，所以決定這一轉矩的數值，就顯得特別重要。電動機的滿載轉矩我們可以從下面這簡化了的公式求出：

$$T = \frac{5252HP}{Sr},$$

式中的 T 是滿載轉矩，單位用磅-呎；

HP 是電動機的額定馬力；

Sr 是電動機滿載時的速率，單位用每分轉數。

例如一具 10 馬力電動機的滿載速率是 1,450 每分轉，那麼它的滿載轉矩一定是：

$$\frac{5252 \times 10}{1450} = 36.2 \text{ 磅-呎。}$$

開動轉矩或開動時電動機的轉動力是很重要的。當選擇重載開動的電動機時，我們必需考慮到它的開動轉矩。普通感應電動機的開動轉矩，按電動機的設計和開動時所加的線電壓的不同，大約是滿載轉矩的 2 倍到 5 倍。感應電動機的開動轉矩跟開動時所加的線電壓的平方成正比。

崩潰轉矩就是電動機在額定電壓下能夠產生出來的最大轉矩。如果負載的反轉矩大於電動機的崩潰轉矩，電動機便不能保持一定的速率，卻要迅速地慢下來，直到停止轉動。換一句話說，崩潰轉矩就是表示電動機不致於停止轉動的最大過載能力。普通交流電動機的崩潰轉矩約是滿載轉矩的 1.5 倍到 3 倍。

電動機的開動轉矩、滿載轉矩和崩潰轉矩可以用制動試驗來決定。

8. 效率和功率因數 我們已經知道任何電動機的效率就是它的輸出功率對輸入功率的比，用算式來表示出來就是

$$\text{效率} = \frac{\text{輸出馬力數} \times 746}{\text{輸入瓦特數}}。$$