

实用电工丛书

交流电机及 整流设备

田 春 蔭
黃 煥 焜 編 譯

商 務 印 書 館



實用電工叢書

交流电机及整流設備

田黃 俞曾 春煥 國繼 蔭焜 順鐸 編譯
校訂

商務印書館



交流电机及整流设备提要——此書是实用电工叢書第五种，系根据1946年美国柯尼电工学校(Coyne Electrical School)出版的該校技術人員編著的“实用电工叢書”(Applied Practical Electricity)第四册編譯而成。共分十二章：第一章交流电动机总論，第二章單相交流电动机，第三章多相感应电动机，第四章同步电动机，第五章特种交流电动机，第六章功率因数的改善，第七章交流电动机的控制器，第八章同步变流机，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。現代电力系统大部分是交流的，但在許多特殊場合需用直流时，通常是用整流设备把交流变为直流。此書是講各种交流电机、整流设备以及許多有关事項。內容扼要而切实用。

实用电工叢書
交流电机及整流设备

田春蔭 黃煥焜編譯

商務印書館出版

北京東總布胡同10號

〔北京市書刊出版業營業許可證出字第107號〕

新華書店總經售

商務印書館上海廠印刷

統一書號15017·57

1954年7月初版

開本787×1092 1/32

1956年5月3版

字數171,000

1959年3月上海第5次印刷

印數18,501—22,500

印張97/16

定價(10) 1.20

實用電工叢書序

這部叢書，是浙江大學的幾位同志在課餘時間中依照柯尼氏電氣技術學校所編著的應用電工叢書而編譯的，惟在內容方面則稍有增刪。這部叢書的主要優點，在於非常實用，不涉高深理論，以很淺近的解釋來說明各種電機電器的運行原理，以及電機電器的維護與修理。因此它不僅是學習電氣技術者的良好的自學資料，同時也可作為其他工程工作人員在工作中查考之用。我想這部叢書的出版，對於科學技術知識的普及和解決工作中的問題，一定可以起一些作用。為了使這部叢書的收效更大，內容更充實而適合於我國情況起見，希望讀者能多多提供意見，以為修訂時的參考。

編 者

實用電工叢書總目

電學與磁學原理	陳津侯編譯 楊傑校訂
直流電機	黃煥焜編譯 曾繼鐸 俞國順校訂
交流電路與同步發電機	馬大強編譯 黃煥焜校訂
變壓器	馬大強編譯 黃煥焜校訂
交流電機及整流設備	田春蔭等編譯 俞國順等校訂
電機繞組	馬大強編譯 曾繼鐸校訂
屋內佈線	曾繼鐸編譯 馬大強校訂
電燈	沈慶核編譯
電表	黃煥焜等編譯 曾繼鐸校訂
電話淺說	陳津侯編譯 楊傑校訂
電氣信號	陳津侯編譯 楊傑校訂
電廠設備	曾繼鐸編譯
汽車用電設備	沈達寬編譯 梁守榮校訂
電冰箱	馬元驥編譯 徐紀楠校訂
電冰箱的修理	馬元驥編譯 徐紀楠校訂
空氣調節裝置	馬元驥編譯 徐紀楠校訂

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

第八章 同步變流機 163

1. 同步變流機的構造	165
2. 運用原理	166
3. 同步變流機的特性	167

4. 電樞連接法	168
5. 磁場連接法	170
6. 激磁	171
7. 磁場強度對電壓及功率因數的影響	172
8. 直流輸出電壓的控制、電壓比	173
9. 變壓器跟變流機的連接法	174
10. 同步變流機的開動	176
11. 直流電壓的建起	178
12. 改正極性的方法	178
13. 變流機的附件	180
14. 舉刷機構	180
15. 電樞振盪器	181
16. 過速保護設備	182
17. 遮弧器與電弧障壁	184
18. 飛弧繼電器及溫度繼電器	185
19. 滅除軸承電流用的輔助電刷	185
20. 維護及運用	186
第九章 整流器	187
1. 振動式整流器	188
2. 電解式整流器	190
3. 燈泡式整流器	193
4. 氧化銅整流器	198
5. 汞弧整流器	201
6. 汞弧整流器的開動(啓弧)	203
7. 玻璃外殼的汞弧整流器的維護和試驗	205
8. 電力整流器	205
9. 電力整流器的接線和電路	209
10. 整流器的運用性能——電壓、效率、和功率因數	214
11. 整流器運用時應注意的事項	217
第十章 裝置和維護	219

1. 發電機和電動機的安裝	219
2. 控制器和開關設備的裝置	220
3. 導管和導體	222
4. 拉引導線的方法	223
5. 變壓器	225
6. 電氣維護	230
7. 檢查程序和維護記錄	231
8. 檢查記錄、測量氣隙	233
9. 工具和儀表	236
10. 接地檢查器	237
11. 維護工作所需的備件	239
12. 安全和防火	241

第十一章 軸承和軸承的故障 245

1. 鋼珠和鋼柱軸承	246
2. 鋼珠和鋼柱軸承的潤滑	248
3. 套筒軸承	248
4. 軸承的裝置	250
5. 電動機和發電機的重裝	253
6. 潤滑作用	254
7. 防塵封口蓋	255
8. 換置軸承潤油	256
9. 新軸承的破裂	256
10. 軸承潤油的損耗	258
11. 軸承過熱	259
12. 軸承凝固	260
13. 端蓋的拆裝	261
14. 軸	262
15. 鍵、鍵槽、皮帶盤、和齒輪	264
16. 氣隙	265

第十二章 定子和轉子的故障 267

1. 過載和單相運行.....	270
2. 電動機過熱的原因.....	271
3. 用高阻表試驗絕緣.....	274
4. 介電試驗.....	275
5. 單相電動機的故障.....	275
6. 試驗單相分相電動機.....	277
7. 開動一只新的電機時應注意的事項.....	279
8. 試驗電表的用途.....	280
9. 清潔的重要性.....	281
10. 控制器.....	282
11. 鼠籠轉子的故障.....	283
12. 線繞轉子的故障.....	284
13. 次級電阻器的故障.....	285
14. 次級電阻器故障的檢查.....	287

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

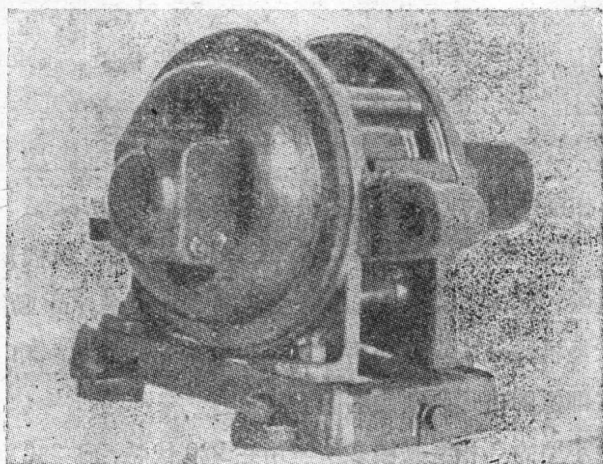


圖 1. 普通式樣的 5 馬力感應電動機。

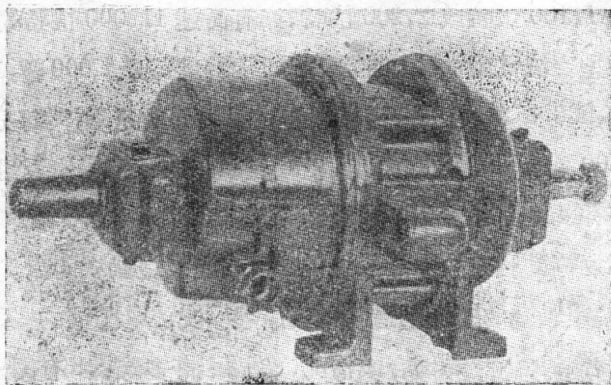


圖 2. 全封蔽式感應電動機。

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。

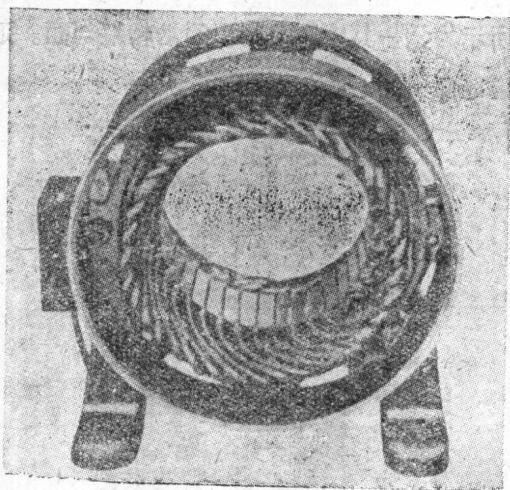


圖 3. 感應電動機的定子。

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