

ELECTRICAL
ENGINEERING
ELECTRICAL
ENGINEERING
ELECTRICAL
ENGINEERING

電動機控制系統

許溢适 編著



正文書局

電動機控制系統

許溢适 編著

正文書局

七十一一年七月十日出版

電動機控制系統

每冊定價二五〇元

版權所有・翻印必究

出版者：正 文 書 局

台北市重慶南路一段五十九號

編著者：許 溢 适

發行人：黃 開 禮

印刷所：正 文 書 局

發行所：正 文 書 局

台北市和平東路二段三五一號

電話：〈02〉7081406

門市部：正 文 書 局

台北市重慶南路一段五十九號

電話：〈02〉3813712

〈02〉3813713

〈02〉3813714

郵局劃撥帳號：5 9 6 1

分銷處：各地各大書局

出版登記證：局版台業字六一八號

電動機控制系統

序 言

近年科技進步非常驚人，工程人員所負責任也愈益重大，譯者曾在日本三菱電機，三菱重工研究實習，接觸此一方面科技書籍甚多，特選擇其中最好者譯成中文，供我國工商界及學生參考，期能對讀者有所助益。

本書共500多頁分十三章，專門說明電動機的控制。任何工廠、家庭或學校機關皆使用得到電動機，電動機在工業上所佔的地位可想而知，故在工專電機科課程標準已列入電動機的控制及實習，本書在這方面資料非常新，舉凡一般控制，電力變換控制，起動、停止、制動、速度控制，特殊控制，保護與順序控制，反饋控制，皆詳細說明，不只是傳統的控制，尚包括電子及電子計算機控制，而且闡專章說明鐵鋼廠電動機控制（第十章），製紙廠的電動機控制（第十一章），上下水道施工的電動機控制（第十二章），工作機械的電動機控制（第十三章），故本書乃是電動機控制最完整的著作。相信對國內工程界有相當參考價值。

譯者所用名詞皆為工程界常用之名詞，及教育部公佈的標準電機工程名詞，另外有一些則是新的譯名。惟學海無涯，尚祈學者先進多賜指教是幸。

許溢适 謹識於台北

電動機控制系統

目 錄

第一章 電動機控制系統的概要

1.1 電動力應用的概要	1
1.2 電動機控制系統的沿革	3
1.2.1 放大器	3
1.2.2 控制系統	4
1.3 電動機控制系統的選擇	5
1.4 電動機控制系統的展望	6

第二章 電動機與傳動裝置的種類與特性

2.1 電動機的概要	9
2.1.1 電動機的種類	9
2.1.2 電動機的原理、構造	10
2.1.3 電動機的轉矩特性與運轉的安定性	10
2.1.4 電動機的特性一般	12
2.2 直流電動機	13
2.2.1 直流電動機的種類	14
2.2.2 直流電動機的端子記號	16
2.2.3 直流電動機的基本特性	17

2.2.4	起動特性	22
2.2.5	直流電動機的暫態特性	22
2.2.6	直流電動機的特點與用途	23
2.3	感應電動機	23
2.3.1	感應電動機的種類	26
2.3.2	感應電動機的基本特性	26
2.3.3	感應電動機的起動特性	32
2.3.4	其他的特性	34
2.3.5	單相感應電動機	37
2.3.6	感應電動機的特點與用途	38
2.4	同步電動機	39
2.4.1	同步電動機的種類	40
2.4.2	同步電動機的基本特性	41
2.4.3	同步電動機的起動、同步化特性	45
2.4.4	其他的特性	49
2.4.5	同步電動機的特點與用途	49
2.5	交流整流子電動機	50
2.5.1	交流整流子電動機的種類	50
2.5.2	舒勒格形 3 相分激電動機	52
2.5.3	定子給電形 3 相分激電動機	56
2.5.4	縱續接續形 3 相分激電動機	57
2.5.5	交流整流子電動機的特點與用途	57
2.6	特殊電動機	58
2.6.1	伺服電動機	58
2.6.2	轉矩電動機	59
2.6.3	磁阻電動機	60

2.6.4	永久磁鐵式同步電動機	60
2.6.5	磁滯電動機	61
2.6.6	自整角電動機	61
2.6.7	制動器電動機	64
2.6.8	線性電動機	65
2.7	傳動裝置	66
2.7.1	軸聯軸器	66
2.7.2	機械式傳動裝置	67
2.7.3	電磁式傳動裝置	72

第三章 電力變換控制系統

3.1	電力變換機器的種類	78
3.1.1	迴轉形變換機	78
3.1.2	靜止形電磁變換機	82
3.1.3	電子管式變換器	86
3.1.4	半導體整流器	87
3.2	半導體整流器及其迴路理論	87
3.2.1	矽二極體	87
3.2.2	閘流體	89
3.2.3	高速交換閘流體	90
3.2.4	逆導通閘流體	91
3.2.5	雙向三極體	92
3.2.6	其他的電力用變換之件	92
3.2.7	交流→直流變換迴路（整流迴路）	93
3.2.8	直流→交流變換迴路（他激式反用變流器）	97
3.2.9	轉流迴路	98

3.2.10	直流→直流變換迴路(截尾波迴路).....	101
3.2.11	直流→交流變換迴路(自激式反用變流器).....	104
3.2.12	交流→交流變換迴路(循環變流器).....	108
3.2.13	交流→交流變換器(電壓控制).....	109
3.3	直流電動機的控制用電力變換器.....	109
3.3.1	閘流體柳納德.....	110
3.3.2	截尾波方式.....	114
習題		115

第四章 電動機及其驅動系統 解析的基礎

4.1	概要.....	117
4.2	電動機運動力學的基礎.....	117
4.2.1	單位系統.....	117
4.2.2	直線運動與迴轉運動.....	118
4.2.3	主要量及其單位.....	118
4.2.4	運動系統的基本式.....	120
4.3	電動機的選定.....	124
4.3.1	電動機的容量額定選定順序.....	124
4.3.2	依負載轉矩容量的決定.....	125
4.3.3	加減速時間, 過負載轉矩的核對.....	126
4.3.4	熱容量的核對.....	126
4.3.5	電動機的溫度上升.....	127
4.4	靜特性與安定度.....	129
4.5	自動控制.....	130
4.5.1	自動控制與電動機控制.....	130

4·5·2	自動控制之目的與方式·····	131
4·5·3	方塊圖與轉移函數·····	132
4·5·4	控制系統與波德圖·····	136
4·5·5	利用波德圖安定判別與安定化·····	139
習 題	·····	140

第五章 電動機的起動、停止、制動

5·1	概要·····	143
5·1·1	電動機的起動特性與起動方式·····	143
5·1·2	起動與負載的關係·····	144
5·1·3	起動與電源的關係·····	144
5·1·4	停止及制動·····	144
5·2	直流電動機的起動、停止、制動·····	145
5·2·1	基本式·····	145
5·2·2	起動·····	146
5·2·3	停止·····	151
5·2·4	制動·····	151
5·3	感應電動機的起動與制動·····	154
5·3·1	感應電動機的起動·····	154
5·3·2	鼠籠形感應電動機的起動方式·····	158
5·3·3	繞線形感應電動機的起動方式·····	162
5·3·4	制動方式·····	165
5·3·5	單相感應電動機的起動方式·····	169

5.4 同步電動機的起動、停止、制動	172
5.4.1 起動方式	173
5.4.2 同步化方式	176
5.4.3 無刷同步電動機	177
5.4.4 重負載起動用同步電動機	179
5.4.5 停止及制動	182
5.5 交流整流子電動機的起動、停止、制動	182
習題	183

第六章 電動機的速度控制方式

6.1 概要	187
6.2 直流電動機的速度控制	188
6.2.1 電樞串聯電阻控制方式	189
6.2.2 可變電壓控制方式	190
6.2.3 激磁控制	192
6.3 感應電動機的速度控制	194
6.3.1 二次電阻控制方式	195
6.3.2 極數變換方式	198
6.3.3 1次電壓控制方式	198
6.3.4 2次激磁控制方式	202
6.3.5 1次頻率控制	211
6.4 同步電動機的速度控制	217
6.4.1 MG方式	217
6.4.2 反用變流器方式	219
6.4.3 循環反用變流器方式	222
6.4.4 無整流子電動機	223

6.5 利用傳動變速裝置的速度控制.....	226
6.5.1 利用渦流聯軸器的速度控制.....	226
6.5.2 利用磁性鐵粉離合器的轉矩控制.....	227
6.6 特殊電動機的速變控制.....	228
6.6.1 線性感應電動機的速度控制.....	228
6.6.2 制動器電動機的速度控制.....	228
習 題.....	230

第七章 電動機的特殊控制方式

7.1 概要.....	231
7.2 負載分擔控制.....	232
7.2.1 串激直流電動機的負載分擔.....	234
7.2.2 直流分激電動機的負載分擔.....	234
7.2.3 感應電動機的負載分擔.....	235
7.3 尖峯負載與轉差率調整.....	236
7.4 過負載與同步電動機的失步.....	238
7.5 電源擾亂時有關交流電動機的安定運轉限界.....	240
7.5.1 同步電動機.....	242
7.5.2 感應電動機的安定度.....	244
7.6 同步電動機的角變交換.....	246
7.6.1 適當相位投入裝置.....	246
7.6.2 無刷電動機的適當相位投入.....	247
7.6.3 脈動電力控制.....	248
7.7 功因、無效電力控制.....	250
7.7.1 功因控制.....	250
7.7.2 無效電力控制.....	251

7.8 緩衝起動	253
7.9 同步、整速運轉	256
7.9.1 功率自整角電機	256
7.9.2 利用共同2次電阻的同步運轉	258
7.9.3 利用同電動機的同步運轉	259
7.9.4 利用可變速電動機的同步運轉	259
習題	261

第八章 電動機的保護與順序控制系統

8.1 概要	263
8.1.1 電動機保護概要	263
8.1.2 順序控制系統概要	264
8.2 電動機的保護	264
8.2.1 感應電動機的保護	264
8.2.2 同步電動機的保護	269
8.2.3 直流電動機的保護	271
8.3 順序控制系統	271
8.3.1 電動機群控制系統	272
8.3.2 電動機群的基本控制方式	272
8.3.3 綜合控制	274
8.3.4 電動機群的基本控制方式	277
8.4 順序控制系統的例	279
8.4.1 利用可變程序方式的控制	279
8.4.2 利用掃描方式的控制	280

習 題	283
-----------	-----

第九章 電動機的反饋控制

9·1 概要	285
9·2 控制系統的構成元件與特點	286
9·3 反饋控制系統的解析	295
9·4 反饋控制系統的例	300
9·4·1 直流電動機的速度控制	300
9·4·2 交流電動機的速度控制	310
9·4·3 電流控制	313
9·4·4 張力控制	314
9·4·5 位置控制	322
9·4·6 程序控制	325
9·4·7 負載平衡控制	327
9·4·8 急速可逆控制	330
9·4·9 整速控制	333
9·4·10 自動板厚控制	336
9·4·11 處理控制	342
9·4·12 自動減速其他	349
9·4·13 計算機控制	352
習 題	356

第十章 鐵鋼廠電動機控制系統

10·1 概要	359
10·2 鐵鋼廠的生產工程	360
10·2·1 原料處理	361
10·2·2 製銑設備	361

10.2.3	製鋼設備	362
10.2.4	壓延設備	363
10.3	鐵鋼廠的電動機	366
10.3.1	一般	367
10.3.2	可逆熱間壓延機用電動機	369
10.3.3	連續熱間壓延機用電動機	370
10.3.4	連續冷間壓延機用電動機	372
10.3.5	可逆冷間壓延機用電動機	373
10.3.6	壓延用感應電動機	373
10.3.7	壓延用補機電動機	374
10.3.8	製鐵補機用感應電動機	376
10.3.9	台驅動用感應電動機	377
10.3.10	製鐵用電動機的將來	377
10.4	壓延馬力的計算	378
10.4.1	壓延壓力計算式	378
10.4.2	壓延轉矩計算式	380
10.4.3	SPC法	381
10.4.4	HHT曲線	382
10.5	高爐送風設備	383
10.5.1	驅動用電動機	383
10.5.2	安定度與激磁裝置	384
10.5.3	起動方式	385
10.5.4	監視控制	386
10.6	高爐原料裝入設備	386
10.6.1	吊斗吊車式	386
10.6.2	皮帶運送機方式	389

10·7	燒結設備	390
10·7·1	原料配合比例控制	390
10·7·2	燒結機轉動的速度控制	391
10·8	製鋼設備	391
10·8·1	混銑車傾動裝置	391
10·8·2	轉爐傾動裝置	392
10·9	可逆熱間壓延設備	393
10·10	連續熱間壓延機設備	396
10·10·1	粗壓延機控制	396
10·10·2	加工壓延機控制	397
10·10·3	截除剪機	400
10·10·4	壓下裝置	402
10·10·5	支持機裝置	402
10·10·6	熱間壓延線台與下降盤捲器	404
10·10·7	自動板厚控制 (A. G. C)	405
10·11	線材壓延機設備	408
10·12	可逆冷間壓延機設備	411
10·13	連續冷間壓延機設備	413
10·13·1	冷間壓延工程	413
10·13·2	串列冷間壓延機的電氣驅動方式	414
10·13·3	自動板厚控制	416
10·13·4	電子計算機控制的適用	418
10·14	調質壓延設備	418
10·15	雙級減速壓延機設備	421
10·16	連續酸洗設備	422
10·17	電氣清淨設備	423

10·18 鍍鋅設備	424
10·19 連續燒鈍設備	426
10·20 連續電氣鍍錫設備	426
10·21 鋼管製造設備	429
習 題	430

第十一章 製紙廠的電動機控制系統

11·1 抄紙機	433
11·1·1 抄紙機的構成	433
11·1·2 抄紙機的驅動方式	434
11·1·3 抄紙機的驅動	435
11·2 捲揚機	439
11·3 捲紙表層塗料機	441
11·3·1 捲表層塗料機的構造	441
11·3·2 控制方式	443
11·4 超滾壓機	443
11·5 給電氣控制裝置影响的機械上主要原因	444
11·5·1 機械上的不平衡	444
11·5·2 扭轉振動	445

第十二章 上下水道施設の電動機控制系統

12·1 概要	449
---------------	-----

12.2 上下水道施設與電動機の用途	449
12.2.1 上下水道	449
12.2.2 下水道	451
12.3 水道用電動機の種類與形式	451
12.4 電動機の制御	452
12.4.1 制御方式	453
12.4.2 自動制御	457

第十三章 工作機械の電動機 控制系统

13.1 概要	469
13.2 工作機械の概要	469
13.2.1 工作機械の種類	469
13.2.2 負荷特性	472
13.2.3 運搬動作の種類與關係	473
13.2.4 操作、運轉方法	475
13.3 起重機用電動機の特性	476
13.3.1 電動機の適用規格	476
13.3.2 電動機の特性	477
13.4 電動機の制御方式	479
13.4.1 起重機電動機制御の概要	479
13.4.2 交流電動機の制御方式	479
13.4.3 直流電動機の制御	488
13.4.4 電氣制動方式	492