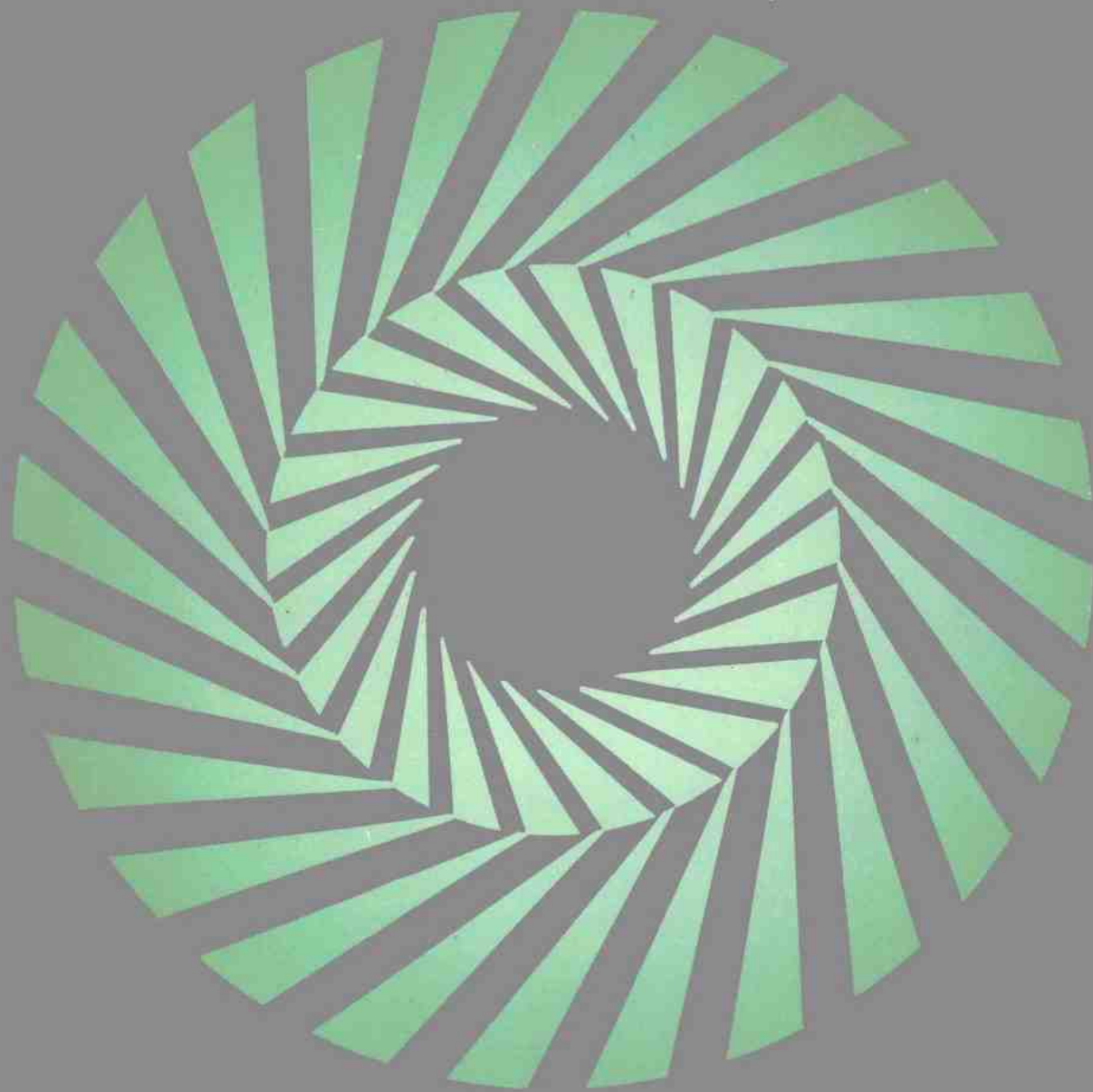


控制用電動機應用(續篇)

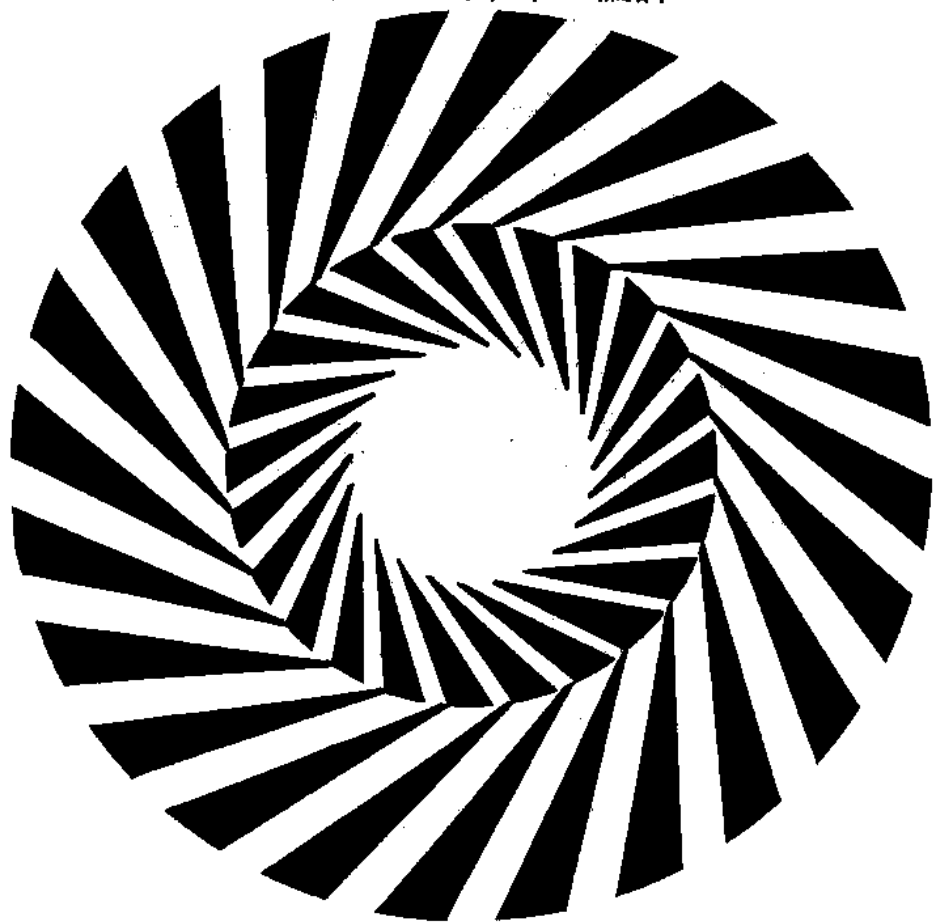
許中平·劉錦坤 編譯



全華科技圖書股份有限公司 印行

控制用電動機應用(續篇)

許中平·劉錦坤 編譯



全華科技圖書股份有限公司 印行

譯者序

控制用電動機的種類很多，本書係繼承上冊，繼續說明各種控制用電動機的特徵與控制法。共分三部分並舉出實際的應用例來說明。

第一部分包括最近控制用電動機要求的性能，各種控制用電動機的特徵與選擇，電動機控制用LSI的特徵與控制法。

第二部分包括控制用電動機爲了活用的微算機語言，順序控制，反饋控制。

第三部分包括各種電動機的活用例，精密機器的應用例，產業機器的應用例，AV機器的應用例。

故下冊爲綜合電動機電腦及應用於機器的說明。並無高深的數學式，一般程度的技術人員皆容易接受，也可作工專高職學生參考之用，或用作專題製作的材料。本書因具這樣多的優點，故譯者利用課餘翻譯供各界技術人員及學生參考之用。唯譯者所知有限，疏漏之處在所難免，敬請諸位先進賜予指教，即感激不盡。

許中平
劉錦坤

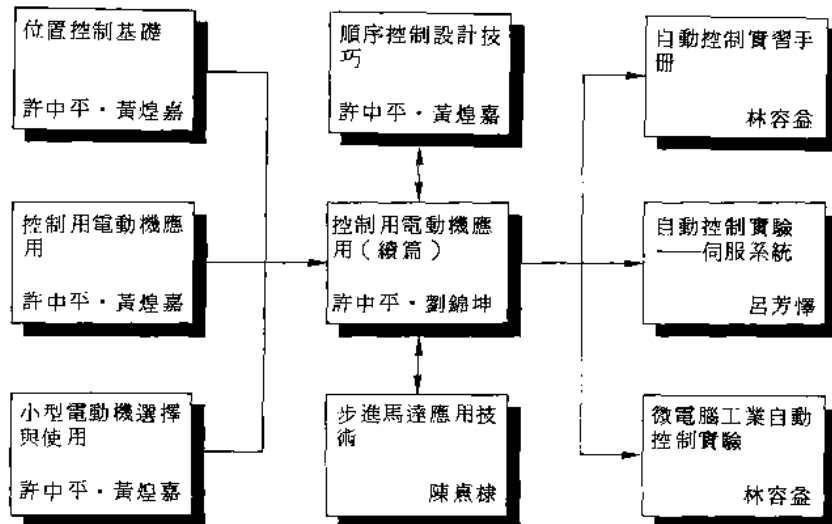
謹識於台北

編輯部序

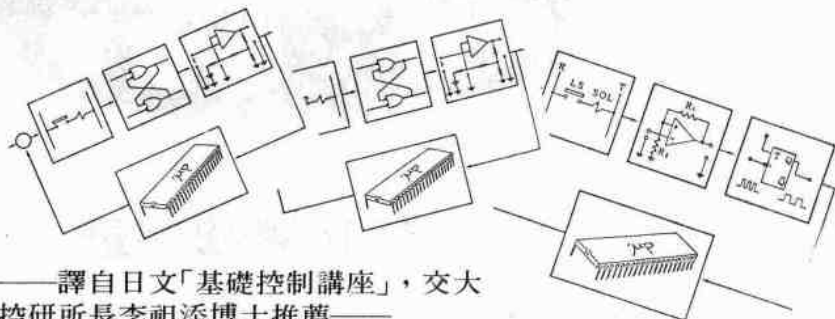
「系統編輯」是我們的編輯方針，我們所提供給您的，絕不只是一本書，而是關於這門學問的所有知識，它們由淺入深，循序漸進。

本書乃控制用電動機應用的續篇，書中承上冊，繼續說明各種控制用電動機的特徵與控制法，並分三部份舉出實際的應用例來說明，第一部份包括最近控制用電動機要求的性能，第二部份包括控制用電動機能夠活用的微算機語言，第三部份包括各種電動機的活用例，精密機器的應用例、產業機器的應用例等，是現場電機技術員的最佳參考書。

同時，為了使您能有系統且循序漸進研習電機方面叢書，我們以流程圖方式，列出各有關圖書的閱讀順序，以減少您研習此門學問的摸索時間，並能對這門學問有完整的知識。若您在這方面有任何問題，歡迎來函連繫，我們將竭誠為您服務。



一本可以無師自通的教材 學習自動化的先鋒



——譯自日文「基礎控制講座」，交大
控研所長李祖添博士推薦——

編號653·663·673控制電路(Ⅰ)·(Ⅱ)·(Ⅲ) 林崧銘編著

(Ⅰ)順序控制/20K/288頁/190元

(Ⅱ)電子控制與數位控制/20K/416頁/260元

(Ⅲ)微電腦控制/20K/424頁/260元

本書要目：

653 控制電路Ⅰ

1. 控制電路概述(種類、構造、操作)。
2. 繼電器順序控制(介紹傳統的工業控制)。
3. 無接點順序控制(以半導體、普通邏輯AND、OR、NOT等構成順序控制)。

663 控制電路Ⅱ

4. 電子控制(電晶體、SCR、TRIAC、運算放大器之控制電路)。
5. 數位控制(數位邏輯IC控制電路)。

673 控制電路Ⅲ

6. 微電腦控制——基礎篇(以微電腦做邏輯電路部或控制部)。
7. 微電腦控制——應用篇(以微電腦做邏輯電路部或控制部)。

- 本書共分三冊，一系列介紹自動控制系統的三大重要部份——檢出部、邏輯電路、操作部，全書由簡單的基本知識開始，逐一介紹控制電路的發展歷程，包括傳統的繼電器順序控制、無接點順序控制，到最新的數位控制、微電腦控制，讀者可循序學習，並學以致用，在工廠上實際運用。
- 本書有豐富的圖表照片，只要具備電子學之基本知識，無論初學者或有經驗的工作者皆由本書中獲益。



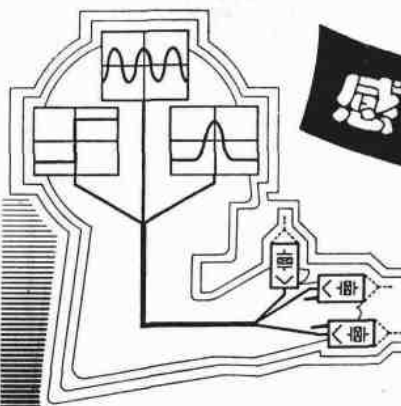
全華科技圖書股份有限公司

台北市龍江路76巷20-2號2樓(台北總公司)

電話：581-1300·581-1390 郵撥：0100836-1

工業自動化最重要的一環

感測、轉換器



感測與轉換器

江明崇編譯/編號803 / 20K / 288頁 / 210元

—本書要目—

➔工業自動化已成現代工業必走的道路，而感測是控制領域的重要環節。其原理乃經由感測得知物理現象，再以轉換器轉換成可接受處理之信號，進而得以控制機件，因而達成自動化之目的。

➔本書譯自 Robert G. Seippel 博士所著之「Transducers, Sensors, & Detectors」針對自動化工業中，最重要的察覺器、探測器、轉換器，敘述其原理、構造、製造程序、特性及應用，是技術人員在選擇使用工業感測元件之最佳參考書。

1. 引言：轉換器、察覺器、探測器
2. 轉換器的運動機械化
3. 力轉換器：應變計、負荷囊及稱量囊
4. 振動：加速度、位移和速度
5. 固體察覺器：晶體、陶瓷及積體式察覺器
6. 機器的監督：近接及電源
7. 電流：流量、位面和壓力
9. 光電探測
10. 溫度察覺器
11. 氣象察覺器

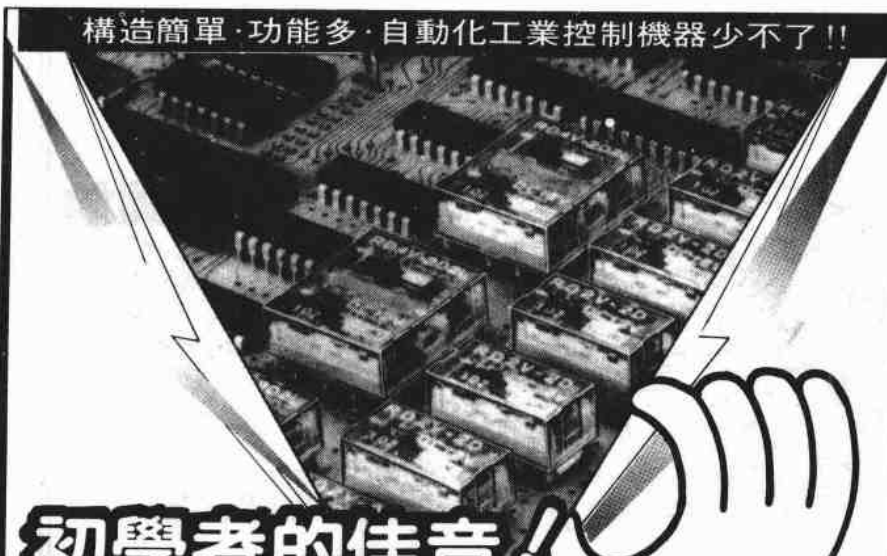


全華科技圖書股份有限公司

台北市龍江路76巷20-2號2樓(台北總公司)

電話：581-1300·581-1390 郵撥：0100836-1

構造簡單·功能多·自動化工業控制機器少不了!!



初學者的佳音! 電機技術員保養修護的 好幫手! 電驛入門

編號854/蔡木村·吳士峰編譯/25K/184頁/120元

※本書譯自小野孝治原著之「よくわかるリレー」一書，為學習電驛（繼電器）之最佳入門書籍。主要內容包括電驛之基本介紹，有接點電驛（電磁電驛）、無接點電驛（固態電驛 SSR）、特殊電驛（保持電驛、步進電驛、複合電驛）等之原理、構造及用途，此外，電驛相關製品、布爾代數應用於電驛回路邏輯等，亦皆在本書敘述之列。

※本書圖文並茂，深入淺出，由基礎到應用說明詳實清楚，是高工、工專及職訓班之教學，或各階層電機技術人員設計、保養、維護使用之最佳參考書。

● 本書要目 ●

1. 電驛入門
2. 電磁電驛
3. 無接點電驛
4. 特殊電驛
5. 電驛關連的製品
6. 電磁電驛應用回路
7. 索引



全華科技圖書股份有限公司

台北市龍江路76巷20-2號2樓(台北總公司)

電話：581-1300·581-1390 郵撥：0100836-1

推展科技中文化，

帶動工業升級，

全華願與您同勉 共努力——



全華科技圖書股份有限公司

台北市龍江路76巷20-2號2樓(台北總公司)

電話：581-1300-581-1390 郵政：0100836-1

【工業電子・自動控制】

1145	電力電子學	270
1023	固態工業電子學	280
0320	閘流體實用手冊	210
0402	工業電子技能檢定	320
0641	轉換器介面手冊	160
0670	檢測器原理與使用	150
0803	感測器原理與使用	210
1003	感測器原理與應用技術	140
0587	察覺器(Sensor)原理與應用	260
1012	程序控制與轉換器使用技術	240
1162	工程量測	290
0939	光電元件應用技術	150
0329	家庭電器電子控制	140
0378	直流馬達速度控制、伺服系統	180
0220	圖解自動控制	140
0653	控制電路(1)-順序控制	190
0663	控制電路(2)-電子控制與數位控制	260
0673	控制電路(3)-微電腦控制	260
1055	電機自動控制	170
0893	可程式控制器原理與應用	190
0285	電機順序控制設計與實例(上)	140
0310	電機順序控制設計與實例(下)	90

0258	最新電工法規	150
0287	電工常識	230
0481	電工機械器具材料之識別	160
0854	電學入門	120
1027	定時器入門	120
0561	保護電路之認識與測試	120
0160	實用家庭電器修護(上)	130
0183	實用家庭電器修護(下)	150
0837	發電機組原理與實務	270
1033	順序控制設計技巧	140
0680	數位IC控制	150
0544	IC式電機控制	110
1075	小型電動機選擇與使用	180
1211	數位式電機控制	近期出書
0988	位置控制基礎	130
00228	電機設計(合)	320
0377	特殊電機	140
0119	馬達控制	240
1021	直流電動機控制電路設計	150
0513	步進馬達原理與應用	150
0994	步進馬達應用技術	160
0456	圖解控制盤裝配	140
0633	低壓工業配線	270
02648	配線設計(合訂本)	240
0023	工業配電	240
1079	工業雷射及應用	近期出書

【電工・電機】

● 上列書價若有調整，請以最新目錄為準 ●

K



第1章 機電整合時代 的控制用電動機

1. 最近對於控制上所使用的電動機性能上的要求	2
① 容易使用的程度	2
② 體積小、重量輕	4
③ 可靠性高	4
④ 按照性能的用途	5
2. 各種控制用電動機的特徵與選擇上應考慮的因素	11
① 控制用電動機的性能及市場供需	12
② 各種控制用電動機的最適當容量範圍	13
③ 特殊控制用電動機及其特徵	14
④ 控制用電動機對性能的要求與評價標準	15
⑤ DC 伺服與AC 伺服之比較	18
⑥ 選擇的基準以及未來的趨勢	20
3. 電動機控制用的LSI特徵與控制方法	23
① DC 電動機控制用LSI	24
② 無刷電動機	30
③ 步進電動機	32
④ 以位置決定控制用的IC	37
⑤ 最近的電動機控制動向	40

第2章

應用微算機 的電動機控制

1. 活用控制用電動機的微算機語言

42

- ① 微算機的誕生與發展 42
- ② 控制用微算機應具備的功能 44
- ③ 程式語言 45
- ④ 組譯器與帕司卡 (PASCAL) 53
- ⑤ 程式語言的問題與將來的動向 58

2. 順序控制

61

- ① 使用微算機之目的 61
- ② 機能與控制的形態 62
- ③ 微算機的結構 62
- ④ 基本上的程式 65
- ⑤ PIO 與資料的處理 69

3. 反饋控制

71

- ① 微算機應用的背景 71
- ② 反饋控制的構成 71
- ③ 全數位控制DC 伺服電動機 77

第3章

控制用電動機 的活用例

1. 各種電動機的活用例

83

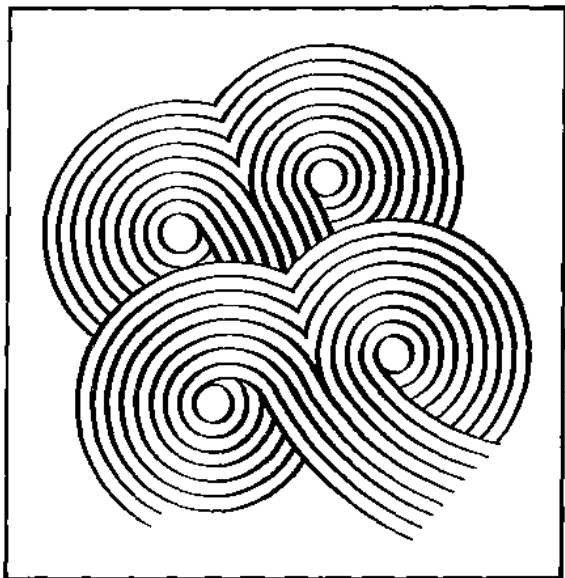
- ① 利用鼠籠型感應電動機與轉換器做變速運動 83
- ② 使用步進電動機作驅動裝置的系統 87
- ③ AC 伺服電動機 92
- ④ 線型電動機 94

2. 精密機器的應用例	96
① IC 合接器的位置決定控制	96
② 三元次座標的位置控制測定機	101
③ CNC 精密車床的主軸及工作台傳送控制	102
3. 產業機器的應用例	110
① 利用PC（可程式控制器）來做塗裝機的位置決定控制	110
② 產業用機器人的應用	123
③ 開孔單元的加工軸傳送控制	130
④ 放電加工的台與頭的傳送控制	139
⑤ 金屬線放電加工機的金屬線傳送與張力控制	143
4. AV機器的應用例	157
① 錄像磁碟重現裝置的磁碟驅動控制	157
② 匣式走帶器的磁帶傳送控制	166
③ 電唱機的電動機控制	173
④ VTR 的精密控制用電動機	181
⑤ 軟磁碟驅動裝置的磁碟驅動控制	190

1

**機電整合時代的
控制用電動機**

1 最近對於控制上所使用的電動機性能上的要求



有關機電整合的時代，自動控制的部分必需要使用到電動機。也有人稱為致動器，廣義的致動器即為電動機。

現在使用的電動機有使用流體（油壓式）的致動器，與使用電氣式的致動器。因電氣電動機易於使用的理由，油壓式電動機有被電氣電動機所取代的傾向。

控制用的電氣式電動機（現在通稱為電動機），以下列對於性能上的要求，列舉如下：

(1) 易於使用

(2) 體積小，重量輕。

(3) 可靠性高

(4) 對於用途上要求具高可控性。即

① 如位置控制的伺服機構和定時裝置均需要高的精確度。位置決定精確高。

② 如捲帶記錄器（tape recorder）或電唱機，安靜而且轉矩適中。

③ 溫度不易上升，且效率高。

欲滿足這些要求並不容易。唯有諸位技術人員的獻身努力，逐年實現性能的提高。現就各項目來加以討論。

容易使用的程度

容易使用的程度為主要的因素。即簡單而容易使用為第一條件。有關 AC 電動機，步進電動機，DC 電動機等就容易使用的程度來解說。

1. 單相 AC（交流）電動機

不論工廠，公司或家庭皆容易取得交流電為單相交流電源，利用此種電源運轉者有單相 AC 電動機。

控制用的電動機以電容器啟動式電動機為主流。而構造極簡單的蔽極式電動機，此蔽極式電動機僅可做為運轉方向一定的電動機，但此種電動機的損失大且效率低。

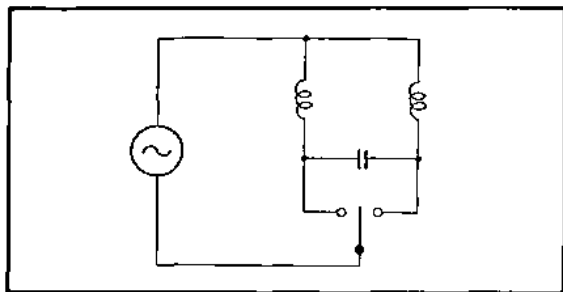


圖 1.1 利用 1 個開關來改變轉動方向的電容式啟動電動機

電容器啟動式電動機具啟動電流小而啟動轉矩大可容易地做反轉故為正逆轉電動機（參圖 1.1），根據這些的理由單相 AC 電動機在工廠的自動機器裏頻繁地被使用。

2. 步進電動機

X - Y 繪圖機或軟式磁碟所用的磁頭裝置，乃依據位置來決定使用的步進電動機（步進電動機也稱為步級電動機，階動電動機，脈波電動機，但英文並無使用脈波電動機）。

有關步進電動機的特徵大致分以下列幾點說明：

- (1) 步進電動機必須以電子電路來加以驅動，且要加上緩衝電路來驅動步進電動機。
- (2) 步進電動機又稱為步階電動機，所以要適當的加入脈衝信號，才能以一定的角度轉動。因此連續輸入脈衝時，則旋轉的角度與輸入脈衝數成正比。
- (3) 如沒有輸入脈衝時，轉子保持一定的位置維持靜止狀態，如此好比要轉子轉動的

外力，有如相當大的電阻。

- (4) 由以上可知步進電動機，在起動及停止的特性較為優越，如此控制便可開回路電路控制，而不必做複雜性的反饋電路控制，使得電路大為簡單。

基於這些特點，則只需要給予位置的資料就能忠實地執行控制。此種電動機古代之所以不使用，乃因近代的大型積體電路（LSI）或微處理機所代表的數位電子電路的興起。步進電動機的驅動信號，我們可以很容易的使用微處理機來製作，以達成我們所需要的控制。

3. DC（直流）電動機

在設計高速響應的伺服系統時，最簡單的電動機為 DC 伺服電動機，以使用電晶體式伺服放大器來驅動的方式。DC 電動機（激磁方式使用永久磁鐵的 DC 電動機）具有下面所列的優點。

- (1) 轉矩與電流成正比與其他的參數無關。

$$T = K_T I$$

上式中， T ：轉矩 (1.1)

K_T ：轉矩常數

I ：電流

- (2) 旋轉的方向利用端電壓來控制，如電動機反接則旋轉的方向也改變。此為只 DC 電動機所具備的特質。
- (3) 轉矩與轉速關係，可用下面簡單的關係式表示。

4 控制用電動機應用（續篇）

$$T = K_T I = \frac{K_T}{R} (V - K_E N)$$

上式， R ：端子間電阻

V ：端電壓

K_E ：反電動勢常數

N ：轉速

此為伺服系統的設計時能極容易的製作。

圖1.2表示使用電晶體或線性伺服放大器之型式。

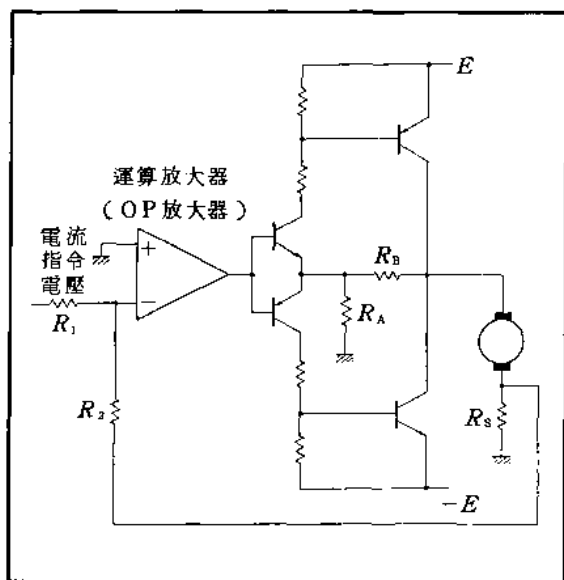


圖1.2 電流控制型的線型伺服放大器之一型式

■ 體積小，重量輕

型小而量輕，不外乎想求得優越的性能，過去一直朝此種目標，繼續的努力。要達到這

種結果，必須的條件為：

- (1) 使用鈔、鈷磁鐵等的稀土類磁鐵電動機。
- (2) 降低速度以達到所希望的轉矩。
- (3) 要有充分散熱裝置。

對於400W以下的電動機，以型小，量輕的DC電動機為主要考慮的對象。

■ 可靠性高

關於電動機的可靠性，有下列2點要素。

- (1) 要配件量少的電動機。
- (2) 不具有機械性的滑動部分。

首先對配件量的問題，討論如下：

某NC工作機的廠製品，使用傳統式的電動機方式的捲帶記錄器（tape recorder），在這裡所使用的絞盤驅動式電動機；為單相電容器啟動式電動機的一種磁滯電動機。此種電動機構造簡單，轉速與電源頻率及電動機極數的關係可用下列式表示之。

$$N = \frac{120 f}{P} \text{ (rpm)} \dots\dots\dots (1.3)$$

上式， f ：單相的頻率（Hz）

P ：極數

因具有定速調整的優點。雖然簡單且可靠性高，可從美國農村普遍採用此種方式的捲帶記錄器來看，到現在還是廣被人們喜歡使用。

這並不是一成不變的。傳統的方法為降低轉速而改用皮帶與滑輪。但是皮帶隨著使用年限的增加，性質會劣化。

為了解決這個問題，又有改用以體積小的無刷 DC 電動機做為直接驅動。我們可以從前些時候德國的巴普斯特公司採用感應電動機做為捲帶記錄器 (tape recorder) 的直接驅動，即為一個最好的例證了。

第2 關於滑動部分的問題，DC 電動機本身較不利。因為在正常的運轉中電刷與換向片間有滑動接觸，使電流做高速的變換，由於彼此之間的磨擦，因此發生火花，故缺乏可靠性。基於這樣的理由，於是近代才有以無刷 DC

電動機代替 DC 電動機來做為伺服電動機的產生。

無刷 DC 伺服電動機與傳統的 DC 電動機的比較，配件數雖增為原來的若干倍，但設計的複雜程度上可說是增為 10 倍以上。

按照性能的用途

在這裡以典型的事例加以說明。首先用 DC 伺服電動機與步進電動機的參數項目來比較。

1. DC 伺服電動機

表 1.1 各種 DC 伺服電動機的參數比較

	符 號	SI 單位	槽 型	無 槽 型	外磁動圈	內磁動圈	印 刷 型	
轉 動 慣 量	J	$10^{-6} \text{kg} \cdot \text{m}^2$	2000	56.7	28	1.98	34	43
電氣性時間常數	τ_t	ms	10.1	1.1	0.4	—	0.06	0.043
機械性時間常數	τ_m	ms	28.5	4.7	1.3	10	37	8.0
轉 矩 常 數	K_t	$10^{-2} \text{N} \cdot \text{m/A}$	50.6	10	—	3.37	3.2	5.0
反電動勢常數	K	$10^{-2} \text{V} \cdot \text{s/rad}$	50.6	10	16.4	3.37	3.2	5.0
電 樞 電 阻	R	Ω	1.3	0.84	1.23	5.8	1.02	0.46
功 率 比 率	—	kW/s	2.9	6.1	40.8	—	0.15	1.3
連續額定轉矩	T	$10^{-1} \text{N} \cdot \text{m}$	2.4	5.9	10.8	②** 1.05	0.72	2.38
額 定 轉 數	N	rpm*	1000	3000	4000	③** 5100	4000	4000
額 定 輸 出	P_0	W	250	185	200	14	30	100
額 定 電 壓	V	V	60	40.5				
備 註					轉子的外側永久磁鐵	轉子的內側永久磁鐵	肥粒鐵磁鐵	阿力可磁鐵

* 轉數的單位用 rad/s 不比使用每分鐘轉速 (rpm) 來得自然。

** ② 為起動轉矩，③ 為無載轉數。

6 控制用電動機應用（續篇）

表1.1 為傳統各種DC電動機性能參數之比較。茲各參數的意義說明如下。控制用電動機相對關係的單位換算另有表示。

- (1) 轉動慣量 J ：也稱之為慣量。一般情形其值愈小愈好。轉動慣量的計算法可依據下式來求得。

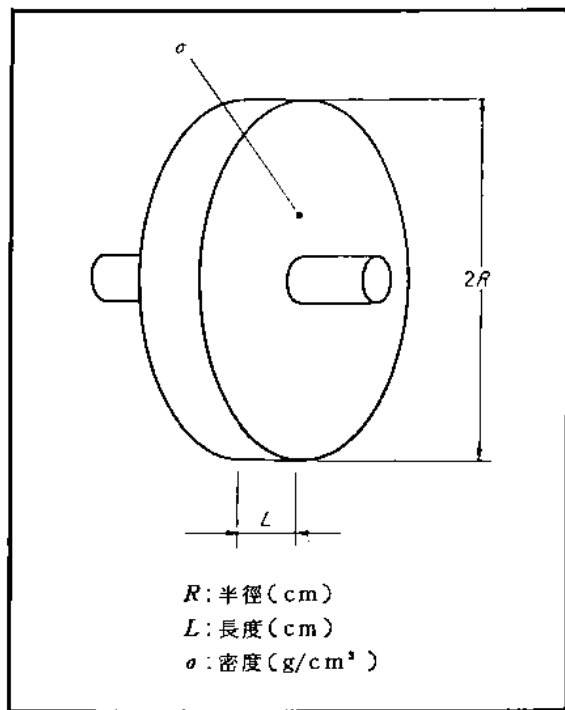


圖 1.3 慣量的計算圖

$$J = 1.602 \times 10^{-3} R^4 L \sigma \text{ (g} \cdot \text{cm}^2 \text{)} \cdots (1.4)$$

式中： R ：半徑 (cm)

L ：長度 (cm)

σ ：密度 (g/cm^3)

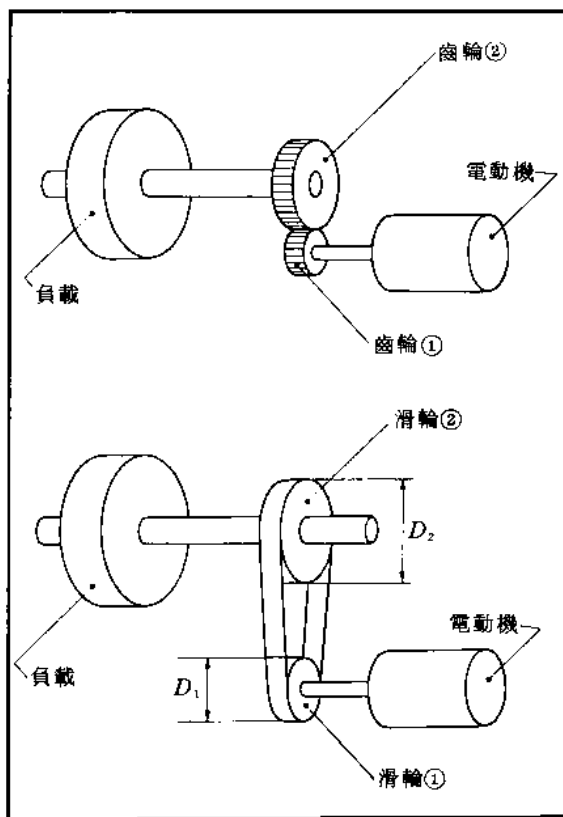


圖 1.4 伺服式電動機的驅動方式

伺服電動機的驅動方式如圖1.4所示。一般均使用齒輪式滑輪的減速方式。在這種情況下，電動機軸的轉動慣量可以下式來表示之。

$$J = \left(\frac{Z_1}{Z_2} \right)^2 J_2 + J_1 \cdots \cdots (1.5)$$

$$\text{或 } J = \left(\frac{D_1}{D_2} \right)^2 J_2 + J_1 \cdots \cdots (1.6)$$