

中央人民政府高等教育部推薦
高等學校教材試用本

電力驅動基礎

下冊

В. К. НОПОВ 著

鍾兆璠 譯



龍門聯合書局

中央人民政府高等教育部推薦 高等學校教材試用本的說明

充分學習蘇聯的先進經驗，根據國家建設需要，設置專業，培養幹部，是全國高等學校院系調整後的一項重大工作。在我國高等學校裏，按照所設置的專業試用蘇聯教材，而不再使用以英美資產階級教育內容為基礎的教材，是進一步改革教學內容和提高教學質量的正確方向。

一九五二年九月二十四日人民日報社論已經指出：‘蘇聯各種專業的教學計劃和教材，基本上對我們是適用的。它是真正科學的和密切聯繫實際的。至於與中國實際結合的問題，則可在今後教學實踐中逐漸求得解決。’我們現在就是本着這種認識來組織人力，依照需要的緩急，有計劃地大量翻譯蘇聯高等學校的各科教材，並將陸續向全國推薦，作為現階段我國高等學校教材的試用本。

我們希望：使用這一試用本及今後由我們繼續推薦的每一種試用本的教師和同學們，特別是各有關教研組的同志們，在教學過程中，對課本的內容和譯文廣泛地認真地提出修正意見，作為該書再版時的參考。我們並希望各有關教研組在此基礎上逐步加以改進，使能結合中國實際，最後能編出完全適合我國需要的新教材來。

中央人民政府高等教育部

目 錄

第 五 章

電力驅動底過渡狀態和負載曲線

1-V. 研究電力驅動底過渡狀態和負載曲線的實際意義·····	187
2-V. 各種工作機底靜態力矩底性質·····	188
3-V. 關於電氣化機組運轉穩定性的基本概念·····	193
4-V. 過渡狀態研究底特點·····	196
5-V. 有直線律機械特性的電力驅動在恆定靜態力矩下的過渡狀態·····	199
6-V. 有直線律機械特性的電力驅動底運動方程式以相對單位計算時的解法·····	204
7-V. 有直線律機械特性的電力驅動在 $M_c = \text{const}$ 時的起動狀態·····	206
8-V. 有直線律機械特性的電力驅動在 $M_c = \text{const}$ 時的制動狀態·····	209
9-V. 有直線律機械特性的電力驅動在尖峯負載下的過渡狀態·····	214
10-V. 飛輪質量在帶尖峯負載的驅動中的功用·····	223
11-V. 帶轉差率調整器的驅動·····	226
12-V. 帶均衡鋼索的礦井提昇機底電力驅動底負載圖和鉋床 ➡ 與可逆轉軋鋼機負載圖底特點·····	231
13-V. 有直線律機械特性的電力驅動在靜態力矩隨速率變化時的機械過渡狀態·····	239

14-V. 驅動底運動方程式用圖解和圖示—解析法取積分的基 本方法。比例原則	244
15-V. 靜態力矩與行程有關時, 具有直線律機械特性的電力 驅動底過渡歷程與負載曲線圖	251
16-V. 有直線律機械特性的電力驅動在靜態力矩與時間有關 時的過渡狀態和負載圖	261
17-V. 用分激直流電動機的電力驅動在 $M_c = \text{const}$ 時的電氣 機械過渡狀態	267
18-V. 分激電動機在突加負載下的動態轉速降及使後者減小 的方法	279
19-V. 直流電機電樞繞組底自感係數之最簡單的測定法	284
20-V. 用串激和複激直流電動機的電力驅動在 $M_c = \text{const}$ 和 $M_c = f(n)$ 時的機械過渡狀態	286
21-V. 用串激和複激電動機的電力驅動設備在 $M_c = f(L)$ 時 的機械過渡狀態	295
22-V. 當飛輪力矩是變量時, 負載曲線和過渡狀態計算底特 點	299
23-V. 電力驅動在 $M_c = f(v, L)$ 時的負載圖	304
24-V. 直流電動機驅動裝置內電氣機械過渡狀態方程式底圖 示—解析法	306
25-V. 綜論感應電動機驅動裝置底過渡狀態	314
26-V. 利用簡化機械特性方程式分析鼠籠型電動機在 $M_c = 0$ 時的過渡狀態	318
27-V. 利用精確的機械特性方程式(以相對單位表示)分析鼠 籠型電動機在 $M_c = \text{const}$ 時的過渡狀態	324
28-V. 在過渡狀態中鼠籠型電動機轉子電路內和固定子電路 內的損耗	329
29-V. 感應電動機電力驅動底能耗制動	334
30-V. 鼠籠型電動機在重複短期運轉狀態下每小時可容許的	

接通次數	336
31-V. 鼠籠型感應電動機電力驅動在變頻率下的運轉	339
32-V. 感應電動機在突加負載下的動態穩定性	343
33-V. 同步電動機電力驅動底過渡狀態	344
34-V. 同步電動機在突加負載下的動態穩定性	347

第 六 章

直流電動機底調整性能

1-VI. 調整工作機速率的意義。在速率可調整時電動機容量選擇底特點	349
2-VI. 直流電動機底轉速調整法	354
3-VI. 分激直流電動機底速率調整	355
4-VI. 用多線制調整電動機轉速法	357
5-VI. 電動機以串-並聯接至電源	357
6-VI. 以昇壓發電機調整電動機速率	358
7-VI. 直流電動機由單獨發電機(發電機-電動機制)饋電時的轉速調整法	359
8-VI. 用串激電機組成的發電機-電動機制調整電動機轉速	366
9-VI. 用三繞組發電機的發電機-電動機制	367
10-VI. 帶電力擴大機的發電機-電動機制	371
11-VI. 用電子-離子器械調整直流電動機底速率	391
12-VI. 直流電動機底各種調整法底簡略比較以及它們底應用範圍	404
13-VI. 發電機-電動機制底快速激磁法	406
14-VI. 發電機激磁過程底遲延	413
15-VI. 發電機-電動機制中的過渡狀態	413
16-VI. 電動機底制動	423

17-VI. 發電機磁場自減時的電動機制動	426
18-VI. 帶電力擴大機的電力驅動底過渡歷程	427
19-VI. 發電機-電動機制中過渡狀態底圖示-解析計算法	431

第七章

交流電動機底調整性能

1-VII. 緒論	438
2-VII. 用轉子電路內的電阻調整感應電動機底速率	438
3-VII. 把繞組改接成不同的磁極對數來調整感應電動機底 速率	440
4-VII. 用改變頻率的方法來調整感應電動機底速率	443
5-VII. 特種感應電動機(雙轉子、高頻率、弧形固定子)	446
6-VII. 整流子交流電動機底應用範圍	449
7-VII. 感應電動機與整流子電機縱續串聯裝置底應用範圍, 它們底運轉原理和主要型式	450
8-VII. 感應電動機與直流電機底縱續串聯	457
9-VII. 帶電動-發電接流機組的感應電動機與直流電機底縱 續串聯	462
10-VII. 感應電動機與從固定子方面激磁的補償整流子電機 底縱續串聯	465
11-VII. 縱續串聯設備底前途	469

第八章

電動機恆定速率底維持及其旋轉底整步

1-VIII. 維持速率恆定問題底實際意義	471
2-VIII. 用碳塊調整器使直流電動機速率維持恆定	472

3-VIII. 用水力調整器使直流電動機速率維持恆定	473
4-VIII. 用離子-電子器械使直流電動機速率維持恆定	474
5-VIII. 利用電力擴大機作為速率調整器	480
6-VIII. 利用電動機激磁電流輔助調整的發電機-電動機制 在速率調整幅度很寬時的特點	485
7-VIII. 用自整步機和碳塊調整器維持速率恆定的系統	486
8-VIII. 用三相差動機維持轉速恆定的系統	488
9-VIII. 電動機底協調旋轉	490
10-VIII. 若干台電動機在一根軸上運轉	492
11-VIII. 關於同步聯繫的基本概念	494
12-VIII. 以輔助的三相同步電機作電動機整步之用	496
13-VIII. 以輔助的三相異步電機作異步驅動電動機底整步之 用	498
14-VIII. 用變阻器聯繫異步電動機底轉子使其整步	507
15-VIII. 論整流子直流電動機及交流電動機底整步	509
16-VIII. 論追蹤電力驅動和精確停止	511

第 九 章

電力驅動設計底主要任務和驅動型式底選擇

1-IX. 電力驅動設計底步驟	515
2-IX. 電流種類底選擇	520
3-IX. 採用各種不同的可調整電力驅動制的技術-經濟範圍	521
4-IX. 不調整型交流電動機底選擇	525
主要參考文獻	534
中俄文譯名對照	542
俄文下角(註脚)一覽	551

第 五 章

電力驅動底過渡狀態和負載曲線

1-V. 研究電力驅動底過渡狀態和負載曲線的實際意義

驅動這一種或那一種工作機的電力驅動底運轉是以所謂負載曲線或負載圖來表徵的。這些曲線表示電動機底轉矩、它底功率、電流、速率和工作機已走過的行程與時間底函數關係，就是表示函數

$$M, P, I, n, L = f(t).$$

負載曲線可以用解析法表示，或用圖示法表示。負載曲線各段就是過渡歷程曲線。所謂過渡歷程是指電力驅動從一種狀態轉入另一種狀態的過程，就是從靜止到旋轉或倒過來從旋轉到靜止、從一種速率到另一種速率、從一種旋轉方向到另一種旋轉方向、從工作機底一種負載到另一種負載等等底轉變過程。過渡狀態對於電力驅動和工作機底運轉起着重大的作用，它底性質往往決定了工作機底生產率和工作機產品底質量。

電力驅動底過渡歷程進行的特徵對於某些工作機關係很小，但這樣的工作機為數極有限。屬於這一類機器的祇有某些很少起動的連續運轉的機器，以及生產過程異常簡陋，對於電力驅動不要求特殊精確性的工作機（例如碎石機、攪土機等等）。對於大多數的工作機來說，電力驅動底過渡歷程進行的特徵都有重大的意義。

生產過程首先應該儘可能在最短期內完成，以便該工作機能有最大的生產率。在起動和制動期間，工作過程往往不進行或以減低的速度進行。因此，起動和制動過程底縮短在很多情形下能夠把工作機底生產率提高很多。

工作機底構造往往在最大的可容許加速率、起動和制動底平滑性

等方面提出一定的要求；生產過程也常有這種要求。如加速率超過了機器可容許的限度，就可能造成過大的機械應力，甚至損壞機件或生產廢品，因而造成生產率底降低（紡織機、造紙機、印刷機、冷軋鋼機等等）。在許多場合，可容許的加速率底大小從安全觀點看來也是極重要的（例如礦井提昇機、乘客升降機）。上述情況決定了對電動機底轉矩曲線形狀和最大許可轉矩所提出的特殊要求。同時，獲得最適宜的加速率的問題是與對於電動機和工作機之間的運動關係提出的一定要求、也就是與選擇減速器底最合算的變速比的要求有關的。

在大部分時間內是在過渡狀態中運轉的某些電力驅動中（在重複短期運轉的機器上），起動和制動期內消耗的能量是有重要的意義的。很明顯，這種能量消耗應該儘可能降至最小量。

從上所述可以明白研究過渡狀態和負載曲線的巨大的實際意義。它們底分析使我們能瞭解電力驅動底詳細性狀、進行正確的選擇和計算、確定電動機底機械（運轉和制動）特性底最適當的配合、獲得工作機底最大生產率和電動機底最完善利用。

過渡狀態底理論和實驗研究也使我們能搞清楚電動機起動和制動底自動化底最完善的原理。研究過渡狀態的結果常常會發現需要改變工作機底構造、重新檢查電機底參數或更改驅動底自動控制接線圖。過渡狀態和負載曲線底研究是電力驅動理論底基礎。

2-V. 各種工作機底靜態力矩底性質

很明顯，電力驅動底性狀不僅與電動機本身底性能有關，也與工作機底性能有關。因此，如要分析過渡狀態，就需知道電動機和工作機底機械性能。由機械特性決定的電動機機械性能我們在第四章內已經討論過。這裏我們將說到各種工作機按其機械性能的主要分類。

根據工業部門、根據被加工材料底性能以及根據生產過程實行的分類是不能符合這裏所提問題底目的的。不同工業部門中所用個別機械底電力驅動計算法可能是相同的。因此，我們按靜態力矩隨某些因素變化的性質來對工作機進行分類。

在不同的生產機器內，在製造一定的產品時，能影響靜態力矩的各因素就是：速率、行程和時間。很明顯，速率底影響是與管理生產過程的方法、並部分地與工作機底性能有關的。行程底影響決定於機器底運動學結構或與其一定的位置有關。時間底影響往往是由於生產過程底性質、被加工的材料底性能變動而來的。

所有的工作機按其靜態力矩可能有的變化特徵來說，可以分成五類。

第一類 屬於這一類的是靜態力矩實際保持恆定的機械。最典型的可以拿起重機底電動機為例。掛在吊鉤上的重量在吊起和放落時是不變的。起重鼓輪上的靜態力矩等於荷重重量與鼓輪半徑底乘積，它也保持不變。在吊鉤上有一定的荷重時，移動整個起重機機身（橋）或空中吊運車的應力也保持不變，因為這個力決定於橋或吊運車底重量以及滑動的和滾動的摩擦係數。因此，正常的橋式起重機屬於恆定靜態力矩的一類機械。

連續搬運器如運輸帶每一公尺上的荷重是恆定的，也有同樣性質的靜態力矩，因為這裏也是這樣：電動機應有的轉矩決定於負荷底恆定重量和恆定的摩擦係數。

大多數軋鋼機也應該屬於這一類機械，雖然軋輥力矩從一次通過到另一次通過是在不斷變化的，並且通過與停息（即軋輥空轉的時間——譯者）是經常交替着的。在金屬通過軋輥一次的時間內，使金屬變形所需的應力實際上保持不變。

鉋床也應當包括在恆定靜態力矩的機械內。鉋床在鉋台底一次行程內也有恆定的靜態力矩，在前進行程內為一個值，在返回行程內為另一個值。許多其他有 $M_c = \text{const}$ 的機械列在表 1-V 底第一欄內。

第二類 屬於這一類的是靜態力矩與速率有關的機械。首先這是運轉過程基本上決定離心力的工作機。通風機就是典型的例子。吸取和壓縮空氣所需的力是與轉速平方成正比的。因為除這些力之外還有軸承裏的摩擦，而後者產生恆定的力矩成分 M_0 。所以通風機底靜態力矩為：

$$M_c = M_0 + k_2 n^2. \quad (1-V)$$

離心式水泵(抽水機)有同樣的性能。在這一場合, M_0 決定於離心式水泵必須克服的靜態水頭(壓力)。以後能夠看到, 活塞式水泵並不屬於這一類機械, 雖然它底生產任務與離心式水泵完全相同。在離心式水泵內, 液體是靠離心力傳送的, 在活塞式水泵內, 它是靠壓力傳送的。這樣看來, 機器在生產上的用途還不能在所有場合中完全決定靜態力矩底性質。

屬於靜態力矩隨速率變化的機械的還有螺旋槳, 它在水裏所做的功與通風機在空氣裏所做的功相似。

這裏也包括紡織機械——紡條機, 它底任務是拉長並絞編紡條。速率底增加引起與空氣摩擦有關的補充阻力。

這一類機械還包括各工業部門(化學、製糖、金屬加工、紡織)所用的離心機。

在一般情形下, 在不同的工作機內靜態力矩與速率間可能有各種各樣不同的關係, 但是它們都可以用下列方程式表示:

$$M_c = M_0 + (M_{nom} - M_0) \left(\frac{n}{n_{nom}} \right)^{\alpha-1}, \quad (2-V)$$

其中 M_0 —額定負載下的恆定摩擦力矩;

M_{nom} —額定負載下的工作機力矩;

α —表示力矩隨速率變化的特徵的係數。

實際上 α 是在 1 到 3 的範圍內, 並且可能是整數, 也可能是分數。在機器速率很高——有時達每分鐘 10000 至 20000 轉的時候, 經驗證明 α 能增高到 6。

屬於第二類的各種最典型的機械名稱列在表 1-V 底第二欄內。

第三類 屬於這一類的是靜態力矩與行程有關的機械。這一類機械為數很多。屬於這一類的可以拿切割金屬的剪為例, 它底力矩隨曲柄底角度變化, 如圖 14-III 所示。應當歸入這一類的, 還有各種活塞式機器(其負載隨活塞行程變化)、織布機、剪、壓榨機、鍛機和彎鐵機。從表 1-V 看得出, 礦井提昇機依照它們底不同構造可以歸入第一類, 也

可以歸入第三類。在很多情形下面數 $M_c = f(L)$ 不能以解析法(數學公式)表示而祇能以曲線表示(圖示法)。

表 I-V. 某些工作機按靜態力矩性質的分類

$M_c = \text{const}$	$M_c = f(v)$	$M_c = f(L)$	$M_c = f(v, L)$	$M_c = f(t)$
橋式起重機 (a)起重 (6)吊運車 (n)橋 乘客升降機 單軌搬運車 搬運帶 熱軋與冷軋的 壓延機: (a)非逆轉 的 (6)逆轉的 軋鋼機軋底 夾緊裝置 帶均衡尾鋼索 的礦井提昇 機 齒床 許多帶旋轉運 動的金屬切 削車床 造紙機 各工業部門底 研光機 印花布機 鞣革、加脂、格 子等轉鼓 (製革工業)	通風機 引風機 離心泵 離心壓縮機 離心機 螺旋槳 高架起重機 紡紗機	帶曲柄傳動的 機械 昇降搖床 彈簧機 傾卸機 熱身 推下機 自動卸貨車 活塞泵 活塞壓縮機 帶不均衡鋼索 的礦井提昇 機 繞索鼓半徑變 動的礦井提 昇機 搖動搬運器 搖臂車床(石 油工業) 挖土機 掘式肩斗吊車 氣鑽 彎頭機 各種曲柄壓榨 機 各種剪 鍛機	電氣機關車 吊橋 螺旋槳 舵	木料碾碎機 (又稱磨木 機) 磨床 球磨 磨糖機 去肉機(製革 工業) 木屑 夾板鏈 橡膠工業用混 合軋軋 穿孔車床 旋轉鑽探機 機槍機 追蹤系統

第四類 這一類包括靜態力矩既與速率又與行程有關的機械。這一類機械底最典型例子是電力運輸工具——電氣機關車、城市電車。

當電車或電氣列車沿軌道運動時，車輛感受到各種不同的阻力：

1. 摩擦力，視荷重重量而定，在每一次行車期間並不變化。
2. 在軌道彎曲處和轉轍處輪緣與軌頭間的附加摩擦力。很明顯，這些力與車輛已通過的行程有關。
3. 重量造成的力，當列車上坡時是正的，下坡時是負的。這些力也是與車輛已通過的行程有關的。

4. 最後，列車運動時遇到的空氣阻力完全決定於運動速率。這樣看來，在這一場合， $M_c = f(v, L)$ 。

屬於第四類的還有船上的掌舵裝置、某些吊橋機構。表 1-V 底第四欄內列着許多第四類機械。依據機械底型式，這一類 M_c 底特性能以曲線圖示或以算式表示。

第五類 屬於這一類的首先是在擾動力作用下運轉的工作機，這種擾動力按一定規律隨時間變化。這裏有各種不同的追蹤系統，其中包括了在行船搖動時用來鎮定船上各種機械底位置的追蹤系統。

某些工作機，其靜態力矩由於被加工的材料底性能是隨時間變化的，我們也把它們歸入第五類。在這種場合擾動力往往帶有偶然性。試舉木料碾碎機——造紙工業用的機構——為例。它底任務是用旋轉的石磨把木料碾成木漿，後者經過再一次碾細後送去造紙。裝在一個專用的豎井中的木料用鎖鏈連續不斷地供應給碾碎機，鎖鏈同時把木料壓緊在石磨上。由於木料底形狀並不是正規的，它有枝節並且一般總是不均勻的，碾碎機底負載就不斷地變化。為了避免太突出的尖峯負載，木料輸送由特殊的調整器控制，後者實際上是電動機主電路內的電流調整器。電動機負載實際上並不能表示為時間底函數。它與時間底函數關係完全是偶然的。根據這些理由，我們祇能按照在實驗研究中獲得的平均數據繪成的曲線來計算木料碾碎機產生的靜態力矩。

在攪土機、碎石機、球磨（在此磨中滾動着磨碾材料的鋼球）、在揉捏橡膠的軋軋機（又稱煉膠機）內、在去皮裏的機器（去肉機）內，都有這樣性質的過程。

3-V. 關於電氣化機組運轉穩定性的基本概念

在設計電力驅動的時候，它必須這樣選擇，使整個電氣化機組能完全穩定地運轉。一種機器裝置底穩定性應當理解為它底某種性能，這種性能使它在由於工作機負載底變化或其他原因（外施電壓、激磁電流等底變化）而失去了原有的平衡狀態之後，能在最短期內恢復平衡狀態。電氣化機組底穩定性底條件是由工作機、電動機和控制電動機的器械底特性和參數共同決定的。全面地研究電力驅動底穩定性問題是相當複雜的事，並且超出了這門課程底範圍。在大多數場合，問題底詳細研究往往歸納為對於闡明系統底行為的 n 階線性微分方程運用穩定性準則之一，例如古爾維茨制、米哈伊洛夫制等等。這些準則規定出上述微分方程底通積分內的個別指數函數逐漸減少至零的條件。在滿足這些條件時，過程重新恢復穩定狀態。

這裏我們將以最簡單的形式討論電力驅動底穩定性問題。這種討論將僅適用於電動機和工作機底靜態特性而不涉及動態力學。

電力驅動底平衡狀態決定於等式 $\frac{d\omega}{dt} = 0$ ，也就是 $M_o = M_c$ 。

當工作機底負載 M_c 變動的時候，或者當電動機轉矩 M_o 變動的時候，這一平衡就遭到破壞，而電力驅動將遵循驅動底基本運動方程式運轉（參閱第三章）：

$$M_o - M_c = J \frac{d\omega}{dt}.$$

電動機底轉矩永遠是速率底函數：

$$M_o = f(\omega).$$

至於靜態力矩則從前一節已可知道，它與許多因素有關。很明顯，依據 M_c 變化性質之不同，電力驅動底穩定條件也將有所差別。這裏我們將僅限於討論一種情形，即當靜態力矩僅與速率有關 $M_c = \varphi(\omega)$ 時的情形。在這情形下，運動方程式改寫成：

$$f(\omega) - \varphi(\omega) = J \frac{d\omega}{dt}. \quad (3-V)$$

假定當電力驅動脫離平衡狀態的時候，運動方程式內各量，其原值為 M_{o1} , M_{c1} 和 ω_1 者，獲得了正的或負的增量 ΔM_o , ΔM_c 和 $\Delta \omega$ 。在新的條件下將有

$$M_o = M_{o1} + \Delta M_o; \quad M_c = M_{c1} + \Delta M_c; \quad \omega = \omega_1 + \Delta \omega.$$

把轉矩和速率底新值代入運動方程式中，並且顧到在原来的穩定狀態中 $M_{o1} = M_{c1}$ ，則得：

$$\Delta M_o - \Delta M_c = J \frac{d(\Delta \omega)}{dt}.$$

如取很短的一段時間來討論，我們可以假定 M_o 和 M_c 在某一段內按直線律變化。那時候

$$\Delta M_o = \frac{dM_o}{d\omega} \Delta \omega; \quad \Delta M_c = \frac{dM_c}{d\omega} \Delta \omega$$

而運動方程式將變成

$$\left(\frac{dM_o}{d\omega} - \frac{dM_c}{d\omega} \right) \Delta \omega = J \frac{d(\Delta \omega)}{dt}.$$

取積分則得：

$$\Delta \omega = \Delta \omega_n e^{\frac{1}{J} \left(\frac{dM_o}{d\omega} - \frac{dM_c}{d\omega} \right) t},$$

其中 $\Delta \omega_n$ —破壞平衡時最初的角速率變化。

因為 J 永遠是正值，所以電力驅動穩定性底條件（就是 $\Delta \omega$ 化成最小值的條件）要求

$$\psi = \frac{dM_o}{d\omega} - \frac{dM_c}{d\omega} < 0. \quad (4-V)$$

這時候，表徵變量 $\Delta \omega$ 的指數函數將逐漸衰減。 ψ 這個量在這一場合可以稱為穩定性係數。

這樣看來，穩定條件是由電動機和工作機底特性曲線與縱軸間的相對傾斜角決定的：

$$\frac{dM_o}{d\omega} = \operatorname{tg} \gamma_o; \quad \frac{dM_c}{d\omega} = \operatorname{tg} \gamma_c.$$

如須保證運轉底穩定性，應該是

$$\psi = \operatorname{tg} \gamma_o - \operatorname{tg} \gamma_c < 0. \quad (5-V)$$

讓我們先看一看電力驅動空轉的特殊情形。這時候應該存在着一個不等式

$$\frac{dM_o}{d\omega} < 0.$$

由此可知，為了空載時的穩定運轉，電動機底機械特性應該永遠是下傾的，就是說，電動機轉矩應該隨速率底增長而下降。正因為這種原因，有強烈電樞反應的分激直流電動機和差複激電動機，在空載和負載很小時一般不能穩定運轉。

當 $M_c \neq 0$ 的時候，穩定條件將為

$$\frac{dM_o}{d\omega} < \frac{dM_c}{d\omega}$$

或

$$\operatorname{tg} \gamma_o < \operatorname{tg} \gamma_c.$$

從這裏得出結論：如 $M_c = \text{const}$ ，那時候 $\operatorname{tg} \gamma_c = \frac{dM_c}{d\omega} = 0$ ，電動機底機械特性也應該是下傾的。如果工作機底靜態力矩是隨速率增長的，即使電動機底特性是上昇的，也會有穩定的運轉狀態，但是這時候對於平衡狀態點，電動機機械特性曲線上的切線與速率軸所成夾角底正切 ($\operatorname{tg} \gamma_o$) 應該小於靜態力矩曲線上的切線傾斜角底正切 ($\operatorname{tg} \gamma_c$)。

在圖 1-V 內，機械特性 $M_o' = f(\omega)$ 保證在點 A 上有穩定運轉。機械特性 $M_o'' = f(\omega)$ 與靜態力矩曲線 $M_c = \varphi(\omega)$ 在兩點相交，因而平衡底位置有兩個。但是穩定的平衡僅在點 C 上存在。點 B 相應於不穩定的平衡；祇

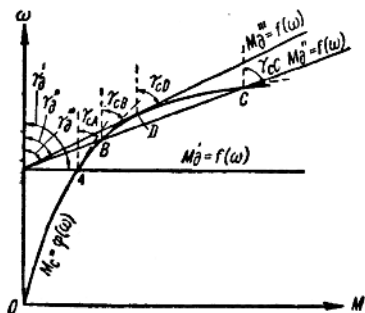


圖 1-V. 驅動穩定運轉和不穩定運轉底條件

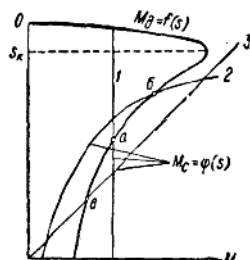


圖 2-V. 感應電動機在
 $s > s_k$ 時的穩定運轉條件

要速率有些微升高，電動機轉矩就會大於靜態力矩，驅動獲得正的動態轉矩而加速到點 C ，在這一點上將有穩定狀態。如速率略微降低一些，驅動將減速直至停止。機械特性 $M_g''' = f(\omega)$ 倘有不穩定平衡底一點 D 。圖 2-V 說明了為什麼在大多數情形下鼠籠型感應電動機底特性在 $s=1$ 到 $s=s_k$ 的一段是不穩定的，祇有當靜態力矩隨速率急劇增長的時候，才會有穩定狀態（點 b 和 c ）。譬如

說，在實驗室底條件下，如果負載是由分激直流發電機跨接在某一電阻上產生的（直線 s ），感應電動機在特性底不穩定部分上的穩定運轉就成為可能。

必須指出，上面所列的穩定性條件對於所有電動機都是必要的。但是在許多場合，這在以後，就可看到，上述條件還是不夠的，因為電動機底動態特性，由於其電路底自感作用，與靜態特性並不符合。當電動機受自動調整器作用底影響時，我們就會有最複雜的條件。

4-V. 過渡狀態研究底特點

電力驅動底過渡狀態底性質是與工作機底性能、所用電動機和機械傳動底型式、控制器械底動作原理和性能、以及機組底運轉狀態（起動、制動、接受和卸去負載等等）有關的。電力驅動過渡狀態底理論研究，如須估計到對過渡狀態起影響的所有因素，在很多情形下是有巨大困難的。我們常常會遇到非線性微分方程，這是不可能用解析法解答的。直至現在還沒有研究出電動機各參數底變化規律來。舉例說，電機底自感係數和互感係數隨電流和飽和變化的數學規律還沒有建立得足夠準確。這種情況使我們在許多場合下不能不利用實驗曲線或經驗係數和近似的圖解積分法。

沒有研究清楚的問題不僅存在於電動機和器械內，並且也存在於