

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

上 冊

В. К. ПОПОВ 著

鍾 兆 琥 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



電力驅動基礎

上冊

B. K. 波 波 夫 原 著

B. II. 安 德 烈 耶 夫
B. Γ. 德 明 尼 可 夫 改寫第二版

Ю. А. 薩 比 寧

鍾 兆 琥 譯

龍 門 聯 合 書 局

本書係根據蘇聯國立動力出版社(Государственное энергетическое издательство)出版的已故波波夫(В. К. Попов)教授原著、而由安德烈耶夫(В. П. Андреев)、德朗尼可夫(В. Г. Дранников)和薩比寧(Ю. А. Сабинин)三人改寫的“電力驅動基礎”(Основы электропривода)1951年第二版譯出。原書經蘇聯高等教育部審定為動力工程學院系和電機工程學院系用教科書。

本書介紹了電力驅動理論底基本知識並且綜合地研究了與各種不同用途的電力驅動系統底性能、它底選擇和實際應用有關的全部問題。本書同時可供電機工程師在實際工作中參考之用。

電力驅動基礎

上 冊

ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОПРИВОДА

В. К. ПОПОВ 原 著

鍾 兆 琥 譯

★版權所有★

龍 門 聯 合 書 局 出 版

上海南京東路61號101室

新華書店華東總分店總經售

上海南京西路1號

文 明 印 刷 所 印 刷

上海西康路337弄106號

1954年3月初版 印數0001—7000冊

定價 8,000

上海市書刊出版業營業許可證出029號

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，對譯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

序

自從本書第一版出版以來，在電力驅動方面出現了許多與電工學底技術進展有關的新的趨勢。在電力驅動底實踐中採用了連續控制法，採用了電力擴大機，引用了過渡歷程底分析與計算法。這些新的傾向在工業用電力驅動底設計和運行等實際工作中推行得很廣。在另一方面，許多原理和規則已經變成陳舊而失去其現實性。由於這種關係，本書第一版已經在許多地方不能適應電力驅動底現代技術水平。在教研室同人們之前和已故 B. K. 波波夫教授底學生之前提出了改寫本書另出一個新版本的任務。

在寫新版本的時候，教研室同人們擬定了下列各原則作為工作底基礎：

1. 保留本書底原來結構與敘述方法。這種結構與敘述法是以波波夫教授——列寧格勒工業大學內的電力驅動學說底創造者——積累的豐富底講學經驗為基礎的。

2. 用闡明戰後五年期內獲得推行的新的電力驅動系統的材料來充實這本書。

3. 把本書篇幅簡縮到使它能作為教科書之用。

4. 修訂書中所用術語使之適合現代要求。

依照上述方針，第一、第三、第四、第七各章由斯大林獎金獲得者 B. И. 安德烈耶夫改寫；第二、第六、第八三章由 B. Г. 德朗尼可夫改寫；第五章和第九章由 Ю. А. 薩比寧改寫。第一版底第九章和第十章簡縮了許多並且合併成一章，第十一章則全部刪去。

參加改寫本書的工作的各著者歡迎一切旨在改進本書以後各版的批評和建議。來信請寄：列寧格勒，涅夫斯基大街 28 號，國立動力出版社列寧格勒分社（Ленинград, Невский, 28 Л. О. Госэнергоиздата）

以加里寧命名的列寧格勒工業大學“電力之工業應用”講座

目 錄

第 一 章

概 論

1-I. 蘇聯電力驅動事業底發展簡史.....	1
2-I. “電力驅動”底定義.....	6

第 二 章

從許可發熱和瞬時過載底觀點選擇電動機容量

1-II. 選擇電動機容量的一般門徑.....	8
2-II. 決定電機底額定容量和過載容量(功率)的因素.....	10
3-II. 電動機在持續的不變負載下的發熱.....	17
4-II. 機器溫度在任何負載下的變化.....	24
5-II. 運轉狀態底分類.....	29
6-II. 負載長期不變或極少變動時電動機容量底選擇.....	30
7-II. 等效電流法、等效轉矩法和等效功率法.....	33
8-II. 爲變動的運轉狀態按平均損耗選擇電動機容量.....	43
9-II. 適用於短期負載的電動機容量選擇法.....	45
10-II. 適用於重覆短期負載的電動機容量選擇法.....	48
11-II. 合閘連續係數變更時,重覆短期運轉的電動機底容量之 更正.....	52
12-II. 構造形式對於冷却條件和發熱時間常數的影響.....	57

第三章

電力驅動底動力學基礎

1-III. 電力驅動底運動方程式·····	66
2-III. 靜態力矩和應力底推算·····	72
3-III. 旋轉運動底飛輪質量折合到同一轉軸·····	74
4-III. 飛輪質量從前進運動折合到旋轉運動以及相反的折合·····	76
5-III. 在折合靜態和動態力矩以及靜態應力和動態應力時計 入傳動損耗·····	78
6-III. 帶曲柄傳動的機構內的等效力和等效飛輪力矩底折合 法·····	86
7-III. 電力驅動底起動和制動時間以及工作機元件在此時間 內走過的距離·····	94
8-III. 電力驅動起動時的能量損耗·····	97
9-III. 電動機底額定轉速對於其飛輪力矩和起動時損耗的影 響·····	102
10-III. 電動機與工作機構間變速比之選擇·····	103

第四章

電動機底機械特性

1-IV. 概論·····	107
2-IV. 相對值在機械特性計算中的運用·····	108
3-IV. 分激直流電動機底機械特性·····	112
4-IV. 分激電動機在電樞有分路時的機械特性·····	124
5-IV. 串激直流電動機底機械特性·····	131
6-IV. 串激電動機底機械特性計算法·····	133

7-IV. 複激直流電動機底機械特性	143
8-IV. 異步(感應)電動機底機械特性	145
9-IV. 感應電動機底制動	153
10-IV. 線繞轉子感應電動機底特種制動法	161
11-IV. 同步電動機底機械特性	166
12-IV. 整流子交流電動機底機械特性	168
主要參考文獻	171
第一章參考文獻	172
第二章參考文獻	173
第三章參考文獻	173
第四章參考文獻	174
中俄文譯名對照	177
俄文下角(註脚)一覽	182
單位縮寫法	185

第一章

概論

1-1. 蘇聯電力驅動事業底發展簡史

電動機和電力驅動底歷史，我們有充分權利算作是從俄國科學院院士雅可比 (В. С. Якоби) 底研究工作開始的。雅可比根據旋轉運動原理創造的第一具直流電動機在 1834—1838 年間曾被用來推動一隻快艇。雅可比底快艇在涅瓦河上 (在列寧格勒——譯者) 載乘客 10 至 12 人，發揮了高達每小時 4.8 公里的速度。

電機學和電力驅動底理論在拉契諾夫 (Д. А. Лачинов) 於 1880 年發表的“電氣機械功能” (Электромеханическая работа) 這部巨著裏得到了進一步發展。在這部巨著中，拉契諾夫討論了電機效率、電動機由發電機饋電的條件等問題，並且按激磁方法給電機分類。在電力驅動理論中，或者照拉契諾夫自己底講法，在“電力運動”這門課目中，他從機械特性底觀點討論了電動機底性能，定出了串激直流電動機和並激直流電動機底機械特性方程式。

契可烈夫 (В. Н. Чиколев) 在 1882 年用電動機來驅動一架縫紉機，在 1886 年又用電動機驅動通風機，使電力驅動獲得進一步的實際應用。

多利沃-多勃羅沃爾斯基 (М. О. Доливо-Добровольский) 在 1891 年發明的線繞轉子和鼠籠型轉子異步電動機 (在我國通稱感應電動機——譯者)，對於電力驅動底發展具有特別重大的意義。那時候他已經製成了雙鼠籠感應電動機。

多利沃-多勃羅沃爾斯基、亞布洛契可夫 (П. Н. Яблочков)、烏薩琴 (И. Ф. Усагин) 用自己底勞績創造了變壓器。

雖然俄國的科學家、工程師和生產先進者在世界電工學底發展史中起了主導的作用，但是他們底卓越的思想在帝俄底條件下不能獲得工業上的應用。工業企業底電氣化、電力驅動底發展和運用是在與電力生產和電力分配底舊的和頹廢的方法作長期鬥爭的條件下以緩慢的速度進行的。從雅可比院士創造第一具電動機的時候起，經過了半個世紀以上的時間，電動機才在工業中獲得了應用。

直至十九世紀末期為止，工業中的動力來源基本上是水力發動機（水輪機）和蒸汽機，而最通行的驅動法乃是天軸。在這種驅動制中，一個中心發動機藉繩索或皮帶之助轉動了個別車間或整個工廠的所有工作機。

在年青的蘇維埃共和國內，國民經濟電氣化底問題完全按照新的方法提了出來。對於電氣化底發展，以及對於電氣化與技術進步傾向之間的關係所作的深刻的馬克思主義的研究，使烏·伊·列寧能作出天才的結論：電氣化是新的社會制度——社會主義——底技術和物質基礎。列寧指出了，徹底的電氣化乃是決定一個正在建設社會主義的國家底被毀壞了的經濟之恢復以及保證這個國家底生產力之進一步發展的主要環節。

在1920年，在蘇維埃經濟受到戰爭底巨大破壞的條件下，全俄電氣化計劃（即 ГОЭЛРО 計劃——譯者）、被列寧稱為“黨底第二綱領”的國民經濟電氣化計劃，在列寧底直接領導下擬訂了出來。為了解決與全國電氣化有關的新的問題，在1921年遵照列寧底指示成立了國立實驗電工學院，在1929年又把它改組成全蘇電工學院（ВЭИ）^①。這個學院底最初領導者是克魯格（К. А. Круг）、庫列巴金（В. С. Кулебакин）、與菲爾（К. И. Шенфер）和西羅丁斯基（Л. И. Сиротинский）。

全國工業化底第一個斯大林五年計劃規定在各個不同的工業部門建設為數衆多的企業，首先是建立許多冶金工廠。為了實現這個計劃，必須使生產過程廣泛機械化並且運用電力驅動。這又首先要求急速增加電機底生產量，並且組織複雜的電氣控制器械底生產。電氣工業

① Всесоюзный электротехнический институт 底縮寫，是一個實驗研究機構——譯者。

底首要工廠——以基洛夫命名的“電力”(Электросила)工廠、以斯大林命名的哈爾科夫電氣機械製造廠(ХЭМЗ)^①和以基洛夫命名的“迪那莫”(Динамо)製造廠——熟習地掌握了冶金工業用的、造紙機底、起重運輸機械底、礦井設備底電力驅動以及許多其他複雜的驅動。

舉例說，1931年“電力”工廠製成了第一套蘇聯自製的可逆轉開坯軋鋼機用的配有7000馬力電動機的電力驅動設備。1932年ХЭМЗ廠製成了控制第一部蘇聯自製的可逆轉開坯機用的自動設備。1933年ХЭМЗ廠開始生產最複雜的電力驅動底一種——現代煉鐵爐(俗稱高爐——譯者)加料系統底自動化電力驅動。以後該廠又設計了軋鋼機底許多機構(押軸螺絲、熱剪、翻轉機輥軸運送機)底電力驅動。以後又設計了冷軋機底電力驅動。

在採礦用電力驅動方面，ХЭМЗ廠設計了挖煤機，改良了礦井提昇機和許多其它機器底電力驅動。

冶金工業所用複雜的整套電力驅動底蘇聯式自動控制系統底創造，證明了我國(指蘇聯，下同——譯者)工業已完全掌握這一部門的電氣自動控制學。

在金屬切削機床底電氣化方面，“金屬切削機床科學實驗研究院”(ЭНИМС)^②曾有許多重要的貢獻。ЭНИМС和它底實驗基地——“機床構造”工廠——在1933年開始設計組合機床。這種設計工作底結果是製造出汽車製造業和許多其他工業部門所用的高生產率的專用機床。組合機床結構底改良和其電力驅動底改善都使我們能用這種機床來創造組合機床底自動生產路線，這又使建造自動化工廠成為可能。在這種工廠裏，從機器部件底澆鑄開始一直到包裝為止的整個生產過程是自動化的。

最近幾年來，仿形機床所用電力驅動底設計得到了巨大的成就。以加里寧命名的列寧格勒工業大學、ЭНИМС、列寧格勒市內的斯維爾

① Харьковский электромеханический завод 底縮寫——譯者。

② Экспериментальный научно-исследовательский институт металлорежущих станков 底縮寫——譯者。

德洛夫工廠和高爾基城底銑床工廠，對於仿形銑床電力驅動底設計都作了很大的貢獻。

ХЭМЗ 廠在 1934 年製成的造紙機底多電動機驅動，標誌着造紙業電氣化方面的巨大技術進步。ВЭИ、ХЭМЗ、“西北電力安裝”(Севзап-электромонтаж) 托辣斯、“電力驅動”托辣斯等機構作了許多研究工作，使能調整的驅動得到改良，使連續控制與連續調整能運用在這種驅動系統內，並且使利用電子管和閘流管調整速率的電力驅動系統得以產生。

“迪那莫”工廠在設計廠內運輸機構底新式電力驅動系統和水力工程底各種機械底自動控制系統這一方面底工作中曾經獲得很大的成就。

爲了滿足許多專用的自動化電力驅動(押軸螺絲底控制、仿形銑床底控制等等)底要求，我們底電器工業創造了同步旋轉式電力驅動系統和追隨式電力驅動系統。

在斯大林五年計劃年代中，規模巨大的設計機關如工業電氣化托辣斯(Электромпром)、國立冶金工廠設計學院(Гипромез)、國立機械設計學院(Гипромаш)、國立礦井設計學院(Гипрошахт)以及其他許多機關，都成功地設計了新的電力驅動系統。

許多工業部門底研究所和高等學校——列寧格勒工業大學、莫斯科動力學院、列寧格勒電工學院以及其他各學院——都在電力驅動及其自動化方面做了範圍廣大的科學研究工作。

電力驅動在蘇聯的不斷發展和改良，按其速度來說，大大超出了外國底電力驅動底發展。這樣迅速的發展與改進是以我國科學家創造電力驅動理論作爲應用科學底一個專門領域的這種工作作爲源泉的。

非常突出的是這樣的事實：電力驅動在資本主義國家內雖然有相當高度的發展，但那裏沒有成爲獨立的科學-技術課目的電力驅動理論。在那裏有關理論的問題是分散開來，在討論這種或那種機械理論底特殊問題時才順便附帶討論一下的。創造並發展電力驅動底一般性理論的功績完全屬於蘇聯科學家和工程師。

在電力驅動理論方面，最早的著作就是上面提起過的拉契諾夫底“電氣機械功能”。以拉契諾夫底著作為基礎，電機工程學院教授伏依拿羅夫斯基(П. Д. Войнаровский)在1900年出版了一份“電力傳輸和機械能底分配”(Электрическая передача и распределение механической энергии)課程底石印講義。在這份講義裏包含了電力傳輸、電力曳引和工業中的電力驅動各專業底萌芽。在電力傳輸被分出來作為獨立的課目以後，同一學院底教授德米特利耶夫(В. В. Дмитриев)在1903年出版了一本名稱相同的書，這本書底內容包括電力曳引和工業中的電力驅動，而在1915年他又出版了一本教科書：“工廠裏的機械能底電力分佈”(Электрическое распределение механической энергии на фабриках и заводах)。

作為一門獨立課程而分出來的、照我們現在所理解的電力驅動理論，最早是在林開維奇(С. А. Ринкевич)在1925、1933和1938年和波波夫(В. К. Попов)在1932、1939、1945年發表的各著作中形成的。

在阿羅諾夫(Р. Л. Аронов)、莫羅佐夫(Д. П. Морозов)、郭洛宛(А. Т. Голован)底著作中，電力驅動理論獲得了進一步的發展。在波波夫、華西利耶夫(Д. В. Васильев)、卡桑采夫(И. Н. Казанцев)、布爾加可夫(В. А. Булгакова)、列爾納(А. Я. Лернер)、維希涅夫斯基(С. Н. Вешневский)等人底著作中，電力驅動底自動控制底問題得到了闡明。

許多蘇聯學者在他們底著作中討論了個別生產機器底電力驅動問題：莫羅佐夫、庫尼茨基(Н. П. Куницкий)——軋鋼機；郭洛宛——鍛機及壓模機；帕萊斯(С. А. Пресс)、索可洛夫(Т. Н. Соколов)——金屬切削機床；庫尼茨基、法切耶夫(А. В. Фатеев)——起重運輸機械。

希克烈亞爾斯基(Ф. Н. Шклярский)、烏曼斯基(В. В. Уманский)、士林(В. С. Тулин)和其他學者成功地研究了礦井中起重、礦井電氣化和採礦業電力驅動底問題。

俄羅斯科學家和蘇維埃科學家在電力驅動方面的著作是那麼多，我們在這裏想要列一簡略的名單都不可能。

在電力驅動專家們面前現在擺着巨大的任務。為了滿足偉大的共

產主義建設底需要，必須在最短的期限內設計出生產率高的建築機器底新的自動化電力驅動系統，用電力設備來裝配水電站底各種起重工程和機構（水壩閘門、航道閘門底起重機構等等）。特別是要以自動化電力設備裝配新運河和新水閘水利工程底為數衆多的各色各樣的機械。

我們底國民經濟將在最近期內從偉大的斯大林所倡議興建的強大水電站獲得大量的廉價電力，這為發展一系列的消耗大量動力的生產創造了先決條件。這種生產在蘇聯電機工程師面前提出了設計特種電力驅動系統的任務，這種電力驅動系統必須能滿足新的生產率強大的機器底需要。

蘇維埃電機工程師們在斯大林五年計劃年代內積累起來的豐富經驗使我們能夠確信，電力驅動方面的專家底強大隊伍，其中包括理論科學家也包括從事實際工作的工程師，將會勝利地解決在我國建設共產主義所提出來的新的重大和複雜的問題。

2-1. “電力驅動”底定義

電力驅動底任務是要驅使工作機構運動。

電力驅動應當理解為由三個最主要的環節構成的機械裝置，這三個環節是：(1)電動機；(2)控制電動機用的器械；(3)電動機與工作機之間的傳動裝置。

除了極少數的例外，電力驅動總包括有上述三個環節，雖然後兩者在個別情形下可能是很簡單的。譬如說，電動機與工作機之間的傳動可能只是一個連接靠背輪，而控制電動機的器械僅是一個簡單的刀形開關。在某種場合下，第三個環節（傳動）可能根本沒有。

現代機器製造業底主要趨勢是力圖提高工具機底生產率、改善其經濟指標、並且減輕其管理人員底勞動。達到上述目的的主要方法之一就是分散電力驅動，用許多特性能夠最完滿地適合要求的個別電力驅動來代替一個集中的電力驅動。電力驅動向工具機靠近就需要把工具機分解成許多簡單的部分，由單獨的電動機驅動。這就使工具機

底運動學結構得到最大的簡化。

在這樣簡化了工具機底運動學之後，就不可避免地要使其電力驅動複雜起來，用多電動機驅動來代替單電動機驅動。

由一個共同的生產循環聯合起來的帶有電力驅動的許多工作樞紐底組合，稱為電氣化機組。

依據電氣化生產機組底運轉條件，控制它的方法可能是自動的，可能是非自動的。在現代技術實踐中，非自動控制運用得極少。具有非自動控制的電力驅動稱為非自動化電力驅動，具有自動控制的電力驅動稱為自動化電力驅動。

在許多情形下，很多因素造成了生產過程底複雜性，全部自動化就比較困難，因而只能把個別的生產過程改成人工操縱。

用這種控制法的電力驅動稱為半自動化電力驅動。各種起重運輸裝置底許多控制系統就是半自動控制底例子。類似的電力驅動是由司機員用一種倒閘開關，或者如我們所稱的指揮器械來控制的，指揮器械底接觸頭之閉合或開啓決定了控制電路內的繼電器和接觸器線捲底接通或斷路。

第二章

從許可發熱和瞬時過載底觀點 選擇電動機容量

1-II 選擇電動機容量的一般門徑

選擇電動機底容量時必須預先知道電動機本身底某些參數，沒有這些參數就不可能解決選擇容量的問題。舉例說，必須知道電動機飛輪力矩底大小，必須知道電動機底機械特性，也就是其轉速與轉矩之間的關係 $n=f(M)$ 等等。因此，在為某一工作機選擇電動機底容量時，實際上只能預先根據某些表徵電動機在生產機器上運轉的數據來暫定這一型或那一型（容量、尺寸）的電動機，然後再去審核它是否適合這一工作機。

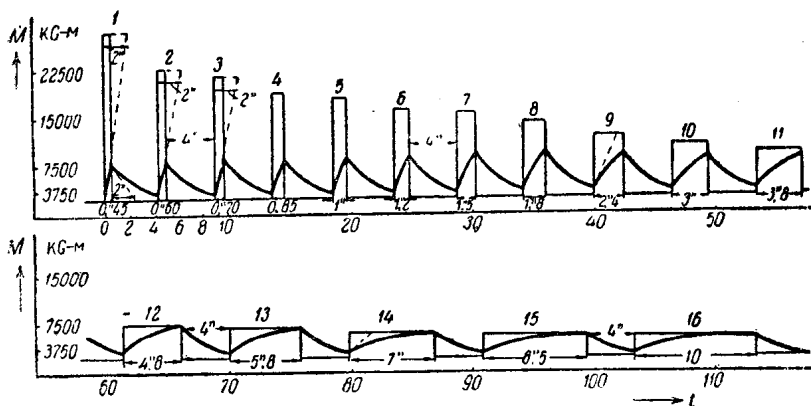
如果工作機長期地在不變的負載下運轉，電動機底容量就不難確定。

如果負載是變動的，選擇電動機底容量就要比在恆定負載時困難得多。

圖 1-II 內所示為不逆轉軋鋼機在一個循環內，就是說在一個鋼錠底軋輾時間內（在這一場合鋼錠通過軋輾 16 次）的轉矩曲線（細線）和驅動它的電動機底轉矩曲線（粗線）。其後則過程照樣重複。電動機底轉矩在時間上與軋鋼機底負載力矩並不一致，這一差別是飛輪質量底功造成的。

圖 2-II 內的曲線表示驅動鉋床的可逆轉直流電動機底電流和轉速變化底情形。

類似的曲線圖稱為負載圖或負載曲線。從各式各樣的負載圖中，



我們這裏將僅敘述上面提出的兩個例子。下面就要講到在理論上獲取表徵電動機運轉的負載曲線的方法。我們在這裏要來確定電動機底容量,如果某一循環地正規變化的工作機底負載曲線是已知的話。

倘若我們選取的電動機容量與曲線圖底最大功率相等，我們就會造成錯誤。電動機將不能充分滿載。如果按平均功率選取電動機，那也是一個嚴重的錯誤。電動機底容量將會太小，因此它會很快受到損壞或者其使用期限將大大縮短。只有當負載波動得十分小，不超出百分之幾的時候，我們才能根據平均功率來選取電動機的容量。

