

中等專業學校教學用書

電 工 學

В. С. ПОПОВ Н. Н. МАНСУРОВ

С. А. НИКОЛАЕВ 著

林海明 譯

高等教育出版社

中等專業學校教員用書



電 工 學

B. C. 波波夫 H. H. 曼蘇羅夫
C. A. 尼柯拉葉夫著
林海明譯

高等教育出版社

本書係根據蘇聯國立動力出版社（Государственное энергетическое издательство）1954年出版的波波夫（В. С. Попов）、曼茲羅夫（Н. Н. Мансуров）、尼柯拉葉夫（С. А. Николаев）合著的“電工學”（Электротехника）第三版（修訂版）譯出的。原書經蘇聯文化部中等專業學校司批准為中等技術學校非電工專業的電工學教科書。

書中敘述了下列各問題：1. 直流電路和交流電路的基本原理與計算，2. 電測定，3. 電機及其維護，4. 電力驅動，5. 電照，6. 電力網的計算與敷設，7. 電鍍與電熱。

本書也可供在生產崗位上與各種電工問題有接觸的工程技術人員參考之用。

電 工 學

書號97(譯92)

波 波 夫 著
林 海 明 譯

高等教育出版社出版

北京城隍廟一七〇號

（北京市書刊出版業營業許可證出字第〇五四號）

新華書店上海發行所總經售

商務印書館印刷廠印刷

上海天潼路一九〇號

開本88×1092 1/25 印張19 4.5/12.5 字數 388,000

一九五四年九月上海第一版

印數1—10,000

一九五四年九月上海第一次印刷

定價 洋 19,000

原 序

我們祖國在共產黨和蘇維埃政府的領導下，已經由落後的農業國轉變為強大的工業國。在第十四次黨代表大會以後的二十八年中，工業產品的年產量增高到二十九倍。鋼鐵生產量增高到二十一倍，煤的生產量到十九倍，發電量到四十五倍。重新建立了一系列的工業部門——化學工業、汽車工業、航空工業等等。我們的社會主義農業在發展上獲得了巨大的成就。蘇聯——這是一個強大的社會主義國家，充滿着創造力量，順利地沿着建設共產主義社會的道路向前邁進。

蘇聯共產黨第十九次代表大會以在我國建成共產主義的具體鬥爭綱領，武裝了黨和全體蘇維埃人民。黨和政府認為自己的最重要的責任之一，是在高度技術的基礎上，不斷提高和改進社會主義生產，以求充分滿足整個社會日益增長的物質和文化需要。

在高度技術的基礎上，國民經濟所有各部門中生產的不斷增長，與電氣化的發展具有不可分的聯繫。應用電能量可以提高勞動生產率，改進生產工具，並使生產過程機械化和自動化。

為了順利地完成所提出的任務，需要有高度技術水平的幹部，特別是在自己的專業範圍內和在電工技術方面有着很好修養的技術人員。

本書是中等技術學校非電工專業的電工學教本。書中內容與文化部所審定的教學大綱相符合。

中等技術學校教師和學生們所提的意見，在本書第二版內都已經加以考慮。並為了簡化本書的內容起見，第一章、第二章和第六章作了

很多的修改。

作者向所有對本書第一版提出意見的讀者們致以深刻的謝意，特別向仔細審閱原稿並給予寶貴指示的 M. A. 彼烈卡林 教授、M. D. 那霍特金 講師和 B. D. 蘇爾古巧夫 表示感激。

讀者們對第二版的一切意見及建議，請寄到 莫斯科閘岸街十號 國立聯力出版社。

作 者

導 言

電工學的研究對象是電能量的產生、傳送和利用。

電能量的最重要特性之一是它的通用性；任何形式的能量（機械能量、熱能量、化學能量等）都可以容易而方便地轉換成電能量，相反地，電能量也可以容易而方便地轉換成機械能量、熱能量、化學能量等。這些能量轉換在現代設備中進行時損耗很小。

電能很容易傳送到遙遠的地方，並以任何大小的部分——從幾十瓦（電燈）到幾萬仟瓦（大型電動機）——分配給用戶。

傳送電能量的便利性解決了與工業的配置有關的問題。現在，工廠通常都位於原料產地附近，而發電站則大多靠近燃料蘊藏地或在河流旁邊。電能量從發電站送到工廠及其他用戶時利用架空線路或電纜線路。

電能量在國民經濟所有各部門中的應用，使得技術操作過程發生重大的變化。十九世紀各工廠中用來驅動工作機器的中心或分組蒸汽原動機，被每部工作機器專用的電動機取而代之了。在這個基礎上，產生了現代的大規模連續生產，電氣化引起新式工作機器的發展，這些機器都是複雜的機組，其中同時應用大量的電動機（多電動機驅動）。這些電動機與工作機器安裝在一起，而成爲後者在構造上不可缺少的部份。祇有在電氣化的基礎上，才能夠創造那些成功地應用在我國許多企業中的自動連續生產方法。

電的應用直接改變了許多技術操作過程。電鋸，電解，獲致高溫，

高頻淬火，以及電話、電報和無線電通訊，汽車與飛機發動機的點火，都是在直接應用電能量的基礎上實現的。

現代生產的一個特點是自動化。控制和操縱工作照例都由電自動器擔任。這些自動器為解除人類的繁重的體力勞動和單調乏味的生產過程的管理工作創造着條件。

我國的電氣化開始於偉大的十月社會主義革命之後。在推翻了地主和資本家的政權以後，工人階級在共產黨的領導下掌握了政權，着手建設社會主義社會。列寧曾經指出，國家電氣化是社會主義勝利的最重要的條件。他在一九二〇年極明確地表述了電氣化的意義：“共產主義——這就是蘇維埃政權加上全國電氣化”。

列寧所提出的幾項基本原則是：

1. 以使用電能量為基礎，在技術上革新國民經濟所有各部門。
2. 建設大型發電站，以供電給全國各區。
3. 這些發電站應利用就近地區的燃料和水力。
4. 建造高壓輸電線路。
5. 合理地配置電力事業於全國領土上。

在這些原則的基礎上，根據列寧的倡議，制定了我們祖國的電氣化計劃——ГОЭЛРО（俄國電氣化國家委員會）計劃。列寧稱這計劃為黨的第二綱領。這計劃規定在十年到十五年內建成總容量為1,500,000 仟瓦的三十個發電站。

在共產黨與蘇維埃政府的領導下，這計劃在極短的有歷史意義的期限——十年——內完成了。由於這計劃的勝利而提前的完成，由於發展蘇聯國民經濟的五年計劃的完成和超額完成，我國就電氣化的水平來說，在戰前年代已經達到世界上諸首要地位之一。

在偉大的衛國戰爭中，蘇聯不僅在軍事和政治方面，而且也在經濟方面，都顯示出比資本主義國家優越的地方。我國的動力工業雖然在

偉大的衛國戰爭期間受到德國法西斯侵略者的嚴重破壞，可是却比戰前更為強大了。

偉大的衛國戰爭以後，由於國民經濟順利恢復和發展的結果，電氣化的水平大大地超過了戰前，還在一九五〇年，發電量已經比一九四〇年超過 87% 而達到 920 億仟瓦時，發電站的總容量在一九五〇年已達到 2,250 萬仟瓦，而在一九四〇年祇有 1,100 萬仟瓦。

蘇聯人民建成了社會主義以後，在共產黨和蘇聯政府的領導下，已經着手解決新的歷史任務——建成共產主義社會。

蘇聯共產黨第十九次代表大會，以在我國建成共產主義的具體鬥爭綱領，武裝了黨和全體蘇維埃人民，我們的黨和政府認為自己最重要的責任之一，是在高度技術的基礎上，不斷提高和改進社會主義生產，以求充分滿足整個社會日益增長的物質和文化需要。

生產在高度技術基礎上的不斷增長，與電氣化的發展具有不可分的聯繫。電能量的廣泛應用，使生產工具得以改進，使勞動生產率提高許多倍，使勞動強度減輕，使國民經濟所有各部門中生產過程的機械化和自動化可以擴大，而在黑色和有色冶金、金屬加工、化學工業等方面，可以改善和採用新的技術操作過程。在加工製造業中，為了採用新的具有高度生產效率的技術過程——成品的電加熱，電鋸，金屬加工的電火花，金屬淬火和高頻電流加熱——電能量正得到廣泛的利用。

農業生產的進一步發展將在高度技術的基礎上實現，這種高度技術的動力基礎就是電氣化，電能量的應用使我們可以廣泛採用具有高度生產效率的電動拖拉機，電動打穀機，飼料加工和運送的電動裝置，電力灌溉和人造雨設備等。

生產的增長和新技术的採用使提高社會成員的文化水平成為必要，因為新的技術需要更高的文化和更多的知識。

有歷史意義的蘇聯共產黨第十九次代表大會擬定了蘇聯進一步電

氣化的偉大任務。

蘇聯共產黨第十九次代表大會在關於一九五一年到一九五五年的第五個蘇聯發展五年計劃的指示中指出：“在電氣化方面，要保證發電站容量的高速度增長，以期更充分地滿足國民經濟和居民日常生活對電能量的日益增長的需要，並增加動力系統中的儲備容量。

在五年中，所有發電站的總容量應增加一倍左右，其中水力發電站的總容量應增加約二倍。有幾個大的水電站應開始送電，其中包括 210 萬仟瓦的古比雪夫水電站以及總容量為 191 萬 6 仟瓦的卡馬、高爾基、明基卡烏爾、烏斯特-卡緬諾勒哥爾斯克和其他等水電站，應架設並使用古比雪夫與莫斯科之間的輸電線路。

應展開斯大林格勒、卡霍夫卡和諾沃西比爾斯克三水電站的建設工程，並開始建設許多新的大水電站——伏爾加河上的契鮑克薩利水電站，卡馬河上的沃特金斯克水電站，伊爾提拖河上的布克塔馬水電站和其他等等。

應開始進行利用安加拉河動力資源的工作……

爲了切實改善南部地區、烏拉爾和庫茲巴斯的電力供應，應保證大大增加這些地區的各區和各工廠的火力發電站的容量。爲了保證對城市和各區的電力供應，除了建立大型發電站以外，還要建立一些小型的和中型的發電站”。

科學家、發明家和工程師們在電工技術的發展方面貢獻了巨量的精力和創造性的勞動。對於這一個科學和技術領域的建立，俄國人的作用是顯著的，他們在電工技術發展的各個階段中，起着領導的作用。

祖國科學的奠基人、天才的科學家 M. B. 羅蒙諾索夫和院士黎赫曼在十八世紀時就開始在電氣現象的本質和利用電氣現象爲祖國謀福利方面進行了一系列的富有成果的研究工作，這些工作一直到現在還在繼續着。

一八〇二年，俄國院士 B. B. 彼得洛夫得到了電弧，研究了電流對金屬和液體所起的作用和真空中的放電現象。

俄國院士 Э. X. 楞次對電磁現象作了深刻的理論研究和實驗研究，結果在很大程度上弄清楚了這一問題，確立了決定感應電動勢方向的楞次定律。他並且研究了電流的熱效應並確立了楞次-焦耳定律。

俄國院士 B. C. 耶柯比和 Э. X. 楞次一起，成功地解決了在實用上很重要的把電能量轉換成機械能量的問題。耶柯比院士在一八四〇年發現了電鑄術，並使它得到廣泛的實際應用。

在電工技術的進一步發展上，傑出的俄國電工專家、電燭（一八七六年）和變壓器的發明者 П. H. 耶柏羅契柯夫所起的作用是特別偉大的。耶柏羅契柯夫燭和 A. H. 羅賓根所發明的白熾燈（一八七三年）——最初的電光源——為電能量的應用開闢了新的廣闊的園地，有力地推動了整個電工技術的發展。就在這幾年中，H. H. 白那爾多斯和 H. Г. 司拉維耶諾夫研究出電弧的新的實際應用，以銲接和切削金屬，引起了一系列技術部門的操作過程的改革。

與 П. H. 耶柏羅契柯夫同時，另一位偉大的俄國電工專家——M. O. 多利沃-多勃羅沃利斯基——對電工技術的發展也起了巨大的作用。他發明了三相異步電動機、三相發電機、三相變壓器（一八八九年），解決了用三相電流輸電的一些基本問題，這一切對於電工技術的發展和電能量的應用都是歷史上最巨大的推動力量。

無線電的發明（一八九五年）和稍後無線電定位器（雷達）原理的發現，也屬於俄國發明家 A. C. 波波夫教授。

我國電工技術先驅者們的偉大功績，過去和現在都是全蘇聯人民的榜樣。

國民經濟的技術上的進步與蘇維埃科學的成就有極密切的聯繫。在過去的時間內，我國在科學和技術的各個方面都有極重大的發現和

發明。成千的蘇聯科學家、工程師和技師們，由於他們在科學和技術方面的傑出的工作、發明和成就，被授予斯大林獎金獲得者的稱號。

科學和技術的不斷進步，是進一步發展社會主義社會的生產力和在我國建立共產主義的物質技術基礎的決定性條件之一。掌握新技術並把它最好地應用在國民經濟所有部門中，是共產主義建設的極重要的經濟和政治任務之一。

展開在我國科學家、發明家、工程師和技師們面前的無限發展可能，黨和政府對他們的重視和關懷，鼓舞着所有的蘇聯工程師和技師們為我們社會主義祖國的福利，為它的繁榮和強盛而不倦地工作。

目 錄

原 序	i
導 言	ix

第一章 電 場

1-1. 基本概念	1
1-2. 電壓與電位	2
1-3. 導體與電介質	4

第二章 直 流 電 路

2-1 電流	6
2-2. 電動勢	8
2-3. 電路	9
2-4. 歐姆定律	13
2-5. 電阻與電導	14
2-6. 電能量轉換做熱能量	18
2-7. 歐姆定律在電路上的應用	20
2-8. 電阻的串聯	21
2-9. 克希荷夫第一定則	23
2-10. 電阻的並聯	23
2-11. 電阻的混聯	26
2-12. 複雜電路的計算、克希荷夫第二定則	27
2-13. 原電池與蓄電池	31
2-14. 原電池與蓄電池連接成電池組	38

第三章 電 磁

3-1. 電流的磁場	40
------------------	----

3-2. 磁感應	41
3-3. 磁通	43
3-4. 帶電流的平行導體的相互作用	44
3-5. 導磁係數	46
3-6. 磁場強度, 全流定律	48
3-7. 鐵磁體的磁化與反復磁化	51
3-8. 磁路的計算	54
3-9. 電磁鐵	56
3-10. 電磁感應	58
3-11. 電能量與機械能量的轉換	63
3-12. 渦流	64
3-13. 自感應	66
3-14. 磁能量	68

第四章 交變電流

4-1. 交變電流的週期與頻率	70
4-2. 交變電動勢的產生	71
4-3. 相位與相位差	75
4-4. 正弦量的圖示	77
4-5. 電流與電壓的有效值	80
4-6. 含電阻與電感的交變電流電路	82
4-7. 交變電流的功率	88
4-8. 含電阻與電感的分支電路	91
4-9. 電容	94
4-10. 含電容的交變電流電路	97
4-11. 振盪電路	100
4-12. 串聯諧振(電壓諧振)	103
4-13. 並聯諧振(電流諧振)	105
4-14. 功率因數與它的意義	108

第五章 三相電流

5-1. 三相電流的產生	111
--------------	-----

5-2. 發電機繞組的星形接法	113
5-3. 發電機繞組的三角形接法	116
5-4. 用電器的星形接法	118
5-5. 用電器的三角形接法	122

第六章 電測定與儀器

6-1. 概述	127
6-2. 電測定儀器的分類	128
6-3. 儀器的測定機構	133
6-4. 電流的測定	140
6-5. 電壓的測定	146
6-6. 功率測定	150
6-7. 單相與三相電路內電能量的測定	158
6-8. 電阻測定	162
6-9. 非電量的電測法	169

第七章 直流電機

7-1. 直流電機的構造與主要元件	177
7-2. 電樞繞阻的裝置	182
7-3. 直流電機各種工作情況	192
7-4. 直流電機電樞內的電動勢	194
7-5. 直流電機的轉矩與功率	195
7-6. 電樞反應	196
7-7. 電流的換向	199
7-8. 直流發電機的类型	204
7-9. 他激發電機	205
7-10. 並激發電機	208
7-11. 串激發電機	211
7-12. 複激發電機	213
7-13. 發電機的並聯運用	214
7-14. 直流電動機	216
7-15. 並激電動機	220

7-16. 串激電動機	224
7-17. 複激電動機	226
7-18. 直流電機的損失	228
7-19. 特種直流電機的應用範圍	231

第八章 變壓器

8-1. 變壓器的構造與工作原理	236
8-2. 變壓器繞組內的電動勢	241
8-3. 空載時的變壓器	242
8-4. 有負載時的變壓器	244
8-5. 變壓器的功率與效率	248
8-6. 三相變壓器	250
8-7. 變壓器的並聯運用	253
8-8. 變壓器電壓的調節與自耦變壓器	254
8-9. 儀用變壓器	256
8-10. 多繞組變壓器	262
8-11. 電熔變壓器與電鋸變壓器	263

第九章 異步電動機

9-1. 異步電動機的構造與主要元件	264
9-2. 異步電動機的工作原理	268
9-3. 定子繞組與轉子繞組的構造	272
9-4. 異步電動機的工作過程	277
9-5. 異步電動機的轉矩	280
9-6. 異步電動機的啓動	285
9-7. 電動機旋轉方向的改變	290
9-8. 短路式異步電動機的特種型式	290
9-9. 異步電動機的轉速調節	293
9-10. 單相異步電動機	296
9-11. 弧形定子	301
9-12. 異步電動機功率因數的改進方法	302
9-13. 異步電動機的損失及效率	303

第十章 同步電機

- 10-1. 同步電機的構造、主要元件與運用 306
10-2. 同步電機的並聯運用 316
10-3. 同步電動機 321
10-4. 同步電動機的損失與效率 327

第十一章 電機的維護

- 11-1. 概述 328
11-2. 換向器與滑環的維護 328
11-3. 電刷與刷握 330
11-4. 軸承的維護 331
11-5. 電機絕緣電阻的測定 333
11-6. 電機的烘乾 334
11-7. 變阻器的維護 335

第十二章 整流器與放大器

- 12-1. 概述 336
12-2. 電動發電機組與單電樞換流機 336
12-3. 固體整流器 337
12-4. 兩極管 341
12-5. 三極管與陰極射線管 345
12-6. 氣體內的電流 348
12-7. 充氣管 350
12-8. 開流管 351
12-9. 汞弧整流器 353

第十三章 電力驅動與控制器械

- 13-1. 概述 360
13-2. 持續運用下電動機容量的選定 361
13-3. 短時運用下電動機容量的選定 363
13-4. 重複短時運用下電動機容量的選定 363
13-5. 電機的發熱與冷卻 365
13-6. 電動機的控制設備 371

13-7. 兩刀開關	371
13-8. 啓動變阻器與調節變阻器	373
13-9. 控制器	374
13-10. 熔斷保護器與自動開關	375
13-11. 接觸器	377
13-12. 繼電器	379
13-13. 光電管與光電繼電器	381
13-14. 生產操作的自動化	384
13-15. 控制高壓電動機的器械	389
13-16. 接地與接中線的保護裝置	393

第十四章 電 焊 與 電 熱

14-1. 電 焊	396
14-2. 電 熱	401
14-3. 間接作用的電阻爐	401
14-4. 感應爐	403
14-5. 電弧爐	409

第十五章 電 照

15-1. 照明的基本概念	411
15-2. 光源	415
15-3. 照明設備	418
15-4. 電照的計算	421

第十六章 發 電、輸 電 與 配 電

16-1. 發電與輸電概述	428
16-2. 導線的計算	438
16-3. 用於圖表上的規定符號	447
16-4. 戶內佈線	450
16-5. 電照設備的維護	462