



中等专业学校教学用书

电 力 网

上 册

苏联 A.Я. 利亚布柯夫著

水利电力出版社

TM727
2-2/1.

15.103
28
V.1C.

中等專業學校教學用書

電力網

上 冊

苏联 А.Я. 利亞布柯夫教授著

曹义讓 張凤祥譯 張鍾俊校訂

苏联电站部教育司推荐作为动力专科学校教材



水利电力出版社

內 容 提 要

本書共計十四章，分上下兩冊出版。上冊包括第一章至第七章，主要論述電力網的基本概念和地方電力網、區域電力網以及輸電綫路的电气計算。

本書理論部分用大量計算例題加以闡明。

本書為中等動力專科學校的教科書，但也可作為高等學校非电工或動力系的教材，同樣也可作為初次參加電力網工作的工程師與技術員的參考書。

А. Я. РЯБКОВ

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СЕТИ

ГОСЭНЕРГОИЗДАТ МОСКВА 1955

電 力 網 上 冊

根據蘇聯國立動力出版社1955年莫斯科增訂第3版翻譯

曹義讓 張鳳祥譯 張鍾俊校訂

*

75D18

水利電力出版社出版(北京西郊科學路二里路)

北京市書刊出版業營業許可證出字第106號

水利電力出版社印刷廠印刷 新華書店發行

*

787×1092 1/32 開本 * 9% 印張 * 174 千字 * 定價(第19類) 0.97 元

1954年4月北京第1版 1956年8月北京第2版

1959年8月北京第6次印刷(19.671-21.940冊)

原出版者的話

已故之A.Я.利亞布柯夫教授所著之“電力網”一書，由國立動力出版社以第三版做為遺著出版。

本版書中的很大一部分材料系作者本人修改及增補的手稿，由於作者不幸逝世，其中還有一部分未能準備好發表。

在準備再版A.Я.利亞布柯夫教授之著作時，曾多次邀請了A.A.格拉祖諾夫教授參加。特別是他曾審閱並修訂了第十四章“電力網架空綫路的機械部分”。

所有本書的其餘各章，除第十三章外，均由B.H.斯捷潘諾夫教授對原稿作了審閱。

編輯部除校訂全書之外，還担负起了復審及繼續原稿中未完成的部分，修改了部分材料及編寫第十三章等工作。在完成上述工作及校訂全書之時，出版社認為不可以將A.Я.利亞布柯夫教授的教授方法做任何改變，所以教材的敘述次序基本上保留他曾經採用過的或由作者所擬定的次序。

“電力網”一書的第一第二版，均作為中等動力專科學校的教科書；目前書店已售完，這就決定了必須出版經過修改及補充的第三版本書。

所有對本版的批評和意見，請寄至莫斯科水閘河岸街十號，國立動力出版社。

第二版原序

本書為作者所著並於1945年出版之教科書“電力網和輸電綫路”一書的增訂版。

修訂和增訂該教科書的原因，是由於新的教學大綱和教學法的要求，以及出現了一些新的規程標準的緣故。

書中各章所述均為基本知識，其中大部分用例題來說明。

本書的第11-2、12-11、12-16各節(例題)和12-17節^①，為科學技術碩士，副教授Г.М.羅扎諾夫所寫。

在修訂本教科書時，曾考慮了莫斯科動力技術學校教師И.Л.巴爾坎，Ф.Ф.沃蘭佐夫，В.М.馬什塔柯夫及Н.А.波波夫等工程師的意見，著者特對他們表示謝意。

如有對本書的批評意見，請寄至莫斯科水閘河岸街十號，國立動力出版社。

А.Я.利亞布柯夫教授

^① 為第三版書的第12-2、14-11、14-16各節(例題)和14-18節。——譯者

A. Я. 利亞布柯夫 傳略

1954年1月14日，卓越的电气工程学者、教育家、苏联首批發电厂和电力網建設的参加者，阿列克山德爾·雅柯夫列維奇·利亞布柯夫教授逝世了。

A. Я. 利亞布柯夫於1890年生於莫斯科。1917年在莫斯科高等工業學院畢業後，被留在教研室準備從事教育工作。自1918年起，阿列克山德爾·雅柯夫列維奇·利亞布柯夫開始了教學工作，並在1921年獲得教授稱號。二十多年來，他在許多著名的高等學校中領導教研室的工作，其中包括莫斯科動力學院的電力網及電力系統教研室和莫斯科中等動力技術學校的發电厂及電力網教研室。

在阿列克山德爾·雅柯夫列維奇的親自參與下，在蘇聯各高等學校中建立了“電力網及電力系統”和“發电厂”兩門課程，他是最早開始研究這些課程中各種複雜問題的人之一。

在發电厂方面，A. Я. 利亞布柯夫於1932年完成了蘇聯配電裝置書籍方面的第一本著作“現代發电厂及變電所的電氣配電裝置”。這本著作在蘇聯發电厂和變電所的建設中曾被廣泛地應用。

A. Я. 利亞布柯夫教授的主要研究工作是在電力網方面。1930年，他的著作“高壓電力輸電綫路的電氣計算”問世了。該書首次在蘇聯有系統地並創造性地制訂了綫路的計算方法。該書再版了三次，並長期地成為蘇聯工程技術人員和科學工作者的必讀之書。

在電力網方面，A. Я. 利亞布柯夫教授為高等學校和中等技術

學校的學生寫了九本教科書。他的著作“電力網”一書在各加盟共和國內和在各人民民主國家中被譯成數種文字出版。

阿列克山德爾·雅柯夫列維奇的全部著作之所以這樣特別寶貴，是因為在這些著作中包含了作者本人豐富的工程經驗。他曾直接參加過什切羅夫斯基、高里科夫斯基和其他區域發電廠的設計工作，以及烏拉爾和頓巴斯區域電力網的設計工作。為了表揚他的卓越活動，政府授予了A.Я.利亞布柯夫以列寧勳章及其他獎章。

阿列克山德爾·雅柯夫列維奇是一個十分熱心的教育家，他培養了大量的蘇聯工程師和科學工作者。他的形象——一個謙虛而有才能的工作者、無限忠誠於我們祖國的最優秀的同志——將長期地保留在熟識他的人們的心中。

M.Г.契利庚，A.A.格拉祖諾夫，B.H.斯捷潘諾夫，B.A.捷列舍夫，П.Г.格魯勤斯基，B.A.維尼柯夫，H.A.米利尼柯夫，M.B.羅加利-列威斯基，Г.М.羅札諾夫，Л.А.索平達特金娜，Л.А.茹柯夫，H.Д.阿尼西蒙諾等。

（譯自蘇聯“電站”雜誌1954年第2期）

目 錄

原出版者的話

第二版原序

A. Я. 利亞布柯夫 傳略

第一章 緒論	1
1-1. 電力網與電力傳輸的發展簡史及其在蘇聯的現狀	1
1-2. 基本概念	5
1-3. 電力網的電壓	10
1-4. 對電力網的要求及計算	14
第二章 關於建設電力網與綫路的基本知識	16
2-1. 電力網的架空綫路	17
2-2. 電力網的電纜綫路	42
2-3. 屋內綫路	52
第三章 綫路和變壓器的等效網絡、阻抗和導納	53
3-1. 電力網綫路的等效網絡	56
3-2. 綫路的有效電阻	57
3-3. 綫路的電抗	58
3-4. 綫路的電導	62
3-5. 綫路的電容性電納	66
3-6. 變壓器的等效網絡	70
3-7. 變壓器的電阻及電抗	72
3-8. 變壓器的電導及電納	77
3-9. 蘇聯國家標準中變壓器數據的運用	78
第四章 電力網中的電能損耗	82
4-1. 基本概念和定義	82
4-2. 電力網綫路中電能損耗的決定	89
4-3. 變壓器中電能損耗的決定	94
4-4. 送電成本	97

電力網(綫路)
第11章

4-5. 電力網綫路導綫与電纜的經濟截面	100
第五章 按發熱条件選擇導綫与電纜	103
5-1. 導綫的發熱与冷卻	103
5-2. 導體發熱的極限容許溫度	105
5-3. 裸綫發熱的計算	107
5-4. 按容許負荷表選擇導綫与電纜	110
5-5. 按發熱条件選擇熔斷器和電纜与導綫的截面	113
第六章 開式地方電力網的电气計算	122
6-1. 地方電力網計算的特点	122
6-2. 直流綫路中电压降与導綫截面的決定	124
6-3. 末端帶有負荷三相綫路中电压損耗的決定	127
6-4. 沿綫路帶有几个負荷时三相綫路电压損耗的決定	131
6-5. 帶有均匀分佈負荷綫路中电压損耗的決定	136
6-6. 分支電力網中电压損耗的決定	138
6-7. 具有零綫綫路中电压損耗的決定	139
6-8. 当導綫截面沿綫不变时, 按給定电压損耗決定導綫和電 纜的截面	145
6-9. 按最少導電金屬使用量決定導綫与電纜的截面	150
6-10. 在給定电压損耗下, 按全綫各段电流密度恆定条件, 決 定導綫和電纜的截面	158
6-11. 計算时可以不考慮感抗的地方電力網	161
6-12. 鋼綫敷設的地方電力網綫路的計算	163
第七章 閉式地方電力網的电气計算	169
7-1. 概述	169
7-2. 兩端供电的電綫路	171
7-3. 复雜閉式電力網	183
7-4. 閉式地方電力網中導綫和電纜截面的決定	190
7-5. 選擇复雜閉式電力網中導綫截面的概念	191
7-6. 閉式電力網中降壓变壓器对功率分佈和电流分佈的影响	193

附 錄

第一章 緒 論

1-1. 電力網與電力傳輸的發展簡史及其在蘇聯的現狀

隨着各種用電器具的發明、巨型發電廠的建設以及將電能自發電廠輸送及分配到用戶的電力網的發展，已可能在國民經濟事業中廣泛地應用電能，並在日常生活中消費電能。在這一門科學技術領域中，我國的科學家及工程師們曾有過許多技術上的成就。B.B.彼特羅夫於1802年發現了電弧現象，這對以後電氣照明和電焊的發展及其他技術上的應用，起了很大的作用。B.C.雅柯比於1834年制成了世界上第一台電動機，並在1842年制出了俄國第一架相當於發電機的磁電機。A.H.洛迪金於1873年發明了白熾燈的電氣照明。П.Н.雅勃洛奇柯夫於1876年發明了命名為“雅勃洛奇柯夫燭”的弧光燈照明。1889年M.O.杜利沃-杜布羅伏里斯基發明了三相發電機及電動機，並從此奠定了三相電流的應用。

我國的科學家們在發展電力網及遠距離送電綫路方面，具有重大的貢獻。1874年俄國工程師Ф.А.庇羅茨基在彼得堡進行了一公里長輸電綫路的首次試驗，並於1880年在該處出現了世界上第一輛用與大地絕緣的軌道供電的電車。為了解決遠距離輸送電能的問題，俄國科學家Д.А.拉企諾夫的工作有着極其重要的意義。他於1880年在最老的俄國技術期刊“電”上發表了一篇卓越的、定名為“電氣機械的功能”的論文。在這一論文里他首創了長距離傳輸電力的理論。在此以後，法國科學家及發明家M.傑普烈才於1882年實現了以1500—2000伏電壓從密斯巴赫發電廠到慕尼黑距離為五十七公里、發電機容量為3馬力的直流輸電。

1876年П.Н.雅勃洛奇柯夫發明了變壓器，使長距離輸電學的

發展進入另一階段。1882年在莫斯科舉行的全俄工業展覽會上，И.Ф.烏薩金採用了他自己構造的變壓器供電給雅勃羅奇柯夫燭。

長距離輸電學的進一步發展與著名的俄國工程師 М. О. 杜利沃-杜布羅伏里斯基的名字是分不開的，他於 1891 年做成了馬思河上法蘭克福城當時最大的、電壓為 28 000 伏、長一百七十公里的三相交流架空送電綫。

通過 М. О. 杜利沃-杜布羅伏里斯基的工作所顯示出來的高壓三相交流電在技術上及經濟上的巨大優點，引起了規模更大的三相送電綫及電力網的廣泛建設。直流電力網則僅在電車和小型用電器具的供電以及生產過程必需使用直流電時方才採用。

與此同時，大量電力的長距離傳輸，引起了採用更高送電電壓的需要。

1908—1910 年間，出現了第一條電壓為 110 仟伏的送電綫路。它的成功証明了長距離送電應用高電壓的優點，並推動了以後送電電壓的再次提高。不久，又建成了 154 仟伏電壓的輸電綫路。以後，在本世紀二十年代之初，220 仟伏的送電綫路也建造成功了。三十年代的末期，最高的送電電壓達到了 287 仟伏。

在十月革命以前的俄國，發電廠和電力網的發展是十分落后的。最早的一批三相交流發電廠，為 1893 年建築於諾沃羅斯基的發電廠，1896 年建設於彼得堡的發電廠及 1901 年建設於莫斯科的發電廠。

1902 年 П. Э. 克拉松以三相電流 20 000 伏電壓實現了巴庫油田的電氣化。不久在布良斯克工廠及頓巴斯相繼出現了同樣的電壓。

俄國第一條 70 仟伏電壓的送電綫路系於 1914 年由克拉松工程師建成。綫路由泥炭地區的“電力傳輸”發電廠（該發電廠在重建後命名為“П. Э. 克拉松發電廠”）引出，全長七十公里。

1913 年俄國所有發電廠的總容量為 1 098 000 瓩。在發電量

方面，俄國佔全世界第十五位。按人口平均，每人每年总用电量只有 8 瓩小时。

十月革命以后，我國廣泛地展开了送电綫路和配电网的建設。在1920年的第八次全俄蘇維埃代表大會上，通过了全國电气化計劃。該計劃是由列寧發起的，由國家組成的委員會擬訂，用以使俄國走向全國电气化。

委員會吸收了电工學界最著名的科學家與專家多人參加工作（Г.М. 克爾日然諾夫斯基院士，Г.О. 格拉弗齊奧院士，А.В. 文捷爾院士，В.Е. 魏傑聶耶夫院士，И.Г. 阿列克山德羅夫院士，К.И. 申費爾院士等）。

В.И. 列寧和 И. В. 斯大林對於全國电气化計劃極為重視，為了使計劃實現，在計劃開始的第一天起，他們都親自領導着我國电气化事業的大規模建設。

全國电气化計劃是蘇聯電力工業發展的轉折點，並成為我國社會主義經濟科學地計劃的基礎。按照該計劃，在10—15年間，將要建設總容量達 1 750 000 瓩的區域發電廠，以及與它們配合的送电綫路和電力網。

在全國电气化計劃中，必須解決电气化方面完全新的問題。如何建立區域性動力系統，便是這些問題之一；這些系統與資本主義國家的不同，必須按一定的計劃建設，而非自流地發展。

還在1918年國內戰爭的時期，在В.И. 列寧的倡議之下，就開始建築了伏爾加河流上第一座巨型區域水電站（現稱 В.И. 列寧水力發電站）及 110 仟伏的送电綫路。

1922年喀什爾區域發電廠建設成功了，並且用 110 仟伏電壓首次實現了 120 公里的電力傳輸。

1925年，由以В.И. 列寧為名的巨型火力發電廠引出的 110 仟伏送电綫路開始投入運行。

在此以後，其它一系列的巨型區域發電廠與 110 仟伏電壓之

電力網也逐漸建立起來。

全國電氣化計劃業已提前完成。在1930年新建的發電廠總容量已達到2 100 000 瓩。

五年計劃年代的特點，則是以更大的規模建設發電廠與高壓電力網，這些發電廠與電力網組成了巨大的動力系統。

蘇聯最大的亦即歐洲最大的水力發電廠——第聶伯水力發電廠及其龐大的154 仟伏高壓電力網，於1932年投入運行。

由斯維爾斯克水力發電廠引出的蘇聯第一條220 仟伏送電綫路，於1933年投入運行。在以後的年代里，220 仟伏電壓被採用於許多其他的送電綫路上。

到了1935年，即全蘇國家電氣化計劃的第十五年，該計劃已被超額完成了近三倍之多。

新的發電廠和電力網一直在繼續建設着，並在以後的時期中發展了祖國的國民經濟。

在偉大衛國戰爭開始的時候，蘇聯已經有了很發達的電力網事業。高壓電力網的長度達數萬公里。由於法西斯侵略而帶來的無數破壞，在短期內就被英勇的蘇聯人民消除了，全部破壞的建設於1951年初即被全部恢復。

蘇聯共產黨第十九次代表大會關於1951—1955年蘇聯發展第五個五年計劃的指示；決定了進一步發展蘇聯的電氣化事業。在指示中是這樣寫的：“在五年期間，發電廠的總發電容量要增加到約兩倍，而水力發電廠的容量則增加到約三倍，……”以及“使巨型的水力發電廠投入運行，其中包括發電容量為二百一十萬瓩的古比雪夫水力發電廠和總發電容量為一百九十一萬六千瓩的卡馬、高爾基、明基卡烏爾、烏斯特-卡曼諾戈爾斯克及其他的水力發電廠。完成古比雪夫-莫斯科輸電綫路的建築，並投入運行。

展開斯大林格勒、卡霍夫和諾沃西比爾斯克水力發電廠的建

設工作，並着手建設新的巨型水力發電廠：伏爾加河上的契鮑克薩利水力發電廠，卡馬河上的沃特金斯克水力發電廠，伊爾提斯河上的布克塔馬水力發電廠以及其他等等。

着手進行開發安加拉河動力資源的工作，以便在利用廉價電力和當地原料的基礎上發展制鋁工業、化學工業、採礦工業及其他工業部門”。

在過去這段時間內，許多上述發電廠已經投入運行。

1955年1月舉行的蘇聯共產黨中央委員會全體會議着重指出，現時的主要任務仍和過去一樣，還是繼續發展重工業。共產黨這時正遵循着В.И.列寧關於大力發展國家重型機器工業及電氣化事業的學說。在廣泛電氣化基礎上發展的重工業，是我國強大國防力量及全部國民經濟的堅固基礎，是蘇聯人民物質福利不斷增長的泉源。

蘇聯的動力，已完成了偉大的發展路程，從帝俄時代遺留下來很低的水準起，發展到了蘇聯國民經濟建設各部門巨大的飛躍的現代化水平。

在這一時期內，在設計機構和施工機構以及運行工作者的面前，提出了有關電力網與電力系統的理論與實際方面的新的技術問題。

蘇聯電工學工作者們，不僅需要研究這些新的問題，而且需要很快地提出工程上的解決辦法，因為國家的電力工程建設迫切地需要這些辦法。

其結果是在過去這段時期內，蘇聯在電力網電氣部分與機械部分的許多問題方面和電力系統運行與穩定性問題方面，創造了新的獨特的理論上和工程上的解決辦法。

1-2. 基本概念

現代的工業用電、市政用電及其他電力用戶所需要的電力，

是由生產電能的火力和水力發電廠所供給的。發電廠可以位於用戶附近，但也可能相距很遠。在任何情況下，電能是自發電廠經過電綫輸送給用戶的。但如果用戶距離發電廠很遠，則電力的傳輸不得不用升高電壓的辦法。這樣，在發電廠與用戶之間，就必須建立升壓和降壓變電所。

從經濟觀點來看，把發電廠設置在燃料（煤、泥炭、石油、水）蘊藏地區或其附近，較為有利。因為用電綫來輸送電力，一定比用鐵路將燃料運輸到發電廠去較為便宜。因此，大型發電廠照例是直接建設在燃料蘊藏的地方。

只有某些單獨的小型工業發電廠，或所謂熱電廠（ТЭЦ），才是例外。後者也可能是大型的發電廠，因為蒸汽與熱水通常不能輸送得太遠。

根據技術經濟的考慮，許多發電廠常用送電綫（經過變電所）互相聯系，以便並列運行來供給公共負荷。

這種用電力網綫路相互聯系的發電廠、變電所和用電器具的總體，叫做動力系統。

動力系統的一部分，包括發電機、配電裝置、升壓和降壓變電所、電力網的綫路與用電器具等，叫做電力系統。

動力系統與電力系統的區別，在於後者不包括系統中的熱力或水力部分；也就是說，不包括有關原動機和供給原動機動力的部分。

電力系統的一部分，包括變電所和各種不同電壓的綫路，叫做電力網。電力網是依照電壓來區分的。

電力網的用途是從生產電能的地方，輸送並分配電能到要用电的地方去。

電力網是由導綫體系組成的，導綫之間應妥當地絕緣，並裝備有進行開關操作、計量、變壓及調整電壓等時應用的器械和儀表。

所以廣義的電力網不僅包括了網內的綫路，並且也包括變電所和所有的電氣設備。

在發展電氣化的初期，多數地區建立了許多高壓(110 及 200 仟伏)綫路，將電能自區域發電廠傳輸至大型用戶。這種輸電系統是由升壓與降壓變壓器和連接它們的架空綫路或電纜綫路所組成。這許多設備總稱為電力傳輸系統。現在電力傳輸系統大部分並不孤立地運行，而是互相聯繫起來形成高壓電力網。僅在特高電壓時才建設單獨的電力傳輸系統，例如電壓為 400 仟伏的古比雪夫-莫斯科電力傳輸系統。但是這樣的超高壓輸電系統今後亦將形成電力網，將我國全部包括進去，成為“全蘇聯合高壓電力網”。

因此，將電能從大型區域發電廠供給用戶，需要通過各種不同電壓的電力網來實現。

電力網可以依照其不同的特徵分為許多種。例如，直流和交流電力網，低壓和高壓電力網，市政的、工廠的與農村的電力網等等。

但是為了便於以後研究電力網的計算方法，可將電力網分成下列兩類。

1. 地方電力網(市政、工廠、農村電力網等)，其供電半徑一般不超過 15—30 公里，電壓不超過 35 仟伏。

2. 區域電力網，包括孤獨的輸電系統(正確地說，就是只有一座發電廠的區域電力網)和具有許多發電廠的電力系統中的電力網，其電壓主要為 110 仟伏及以上。

必須指出，35 仟伏電壓的電力網正好介乎上述兩種電力網之間，它可以屬於地方電力網，也可以屬於區域電力網。

此外，在同一電壓的電力網中又有兩種不同的綫路，一種是將電力自電源側(發電廠或變電所)送到配電中心(ПН)；另一種是將電能直接引到個別的用户(降壓變壓器或用戶引入綫端)。

第一种线路的总体称为供电网，而第二种线路的总体则称为配电网。

但并非所有的电力网，都可明确地划分为这些部分。

为了更好地说明电力网的各种不同类型，在圖 1-1 中表示出了电力系统的各个元件，該圖只以系統圖的形式來表明，並沒有按线路比例尺及以不同电压电力网來供电的地区面積的比例尺來表明。

电力自巨型水力发电厂送出，經過升压变电所和长达 300 公里的 220 千伏送电线路及降压变电所，到达 110 千伏的区域电

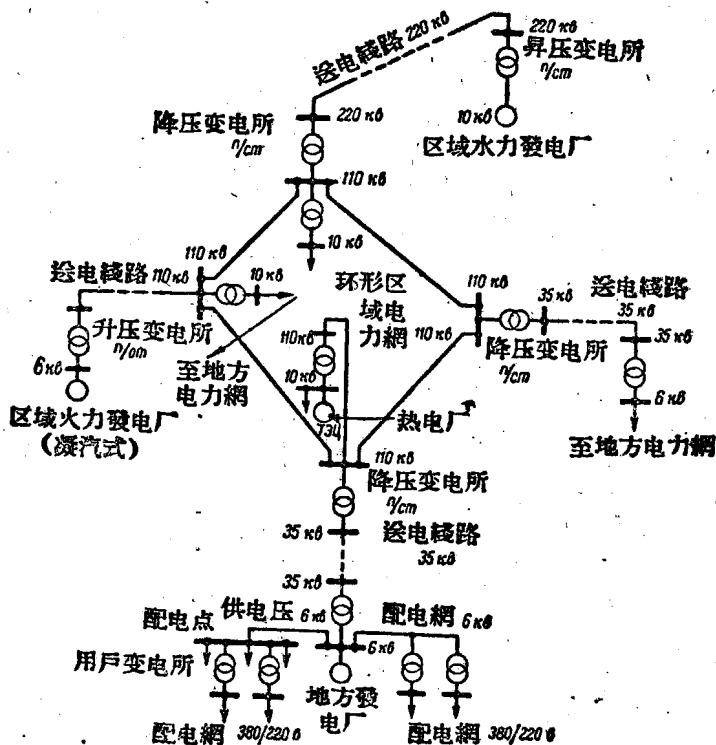


圖 1-1 电力系统圖