

高等学校教学用书

無線电技術

И. Н. 拉姆拉烏著

高等教育出版社

电子学研究所图
73-45
318
C44

高等学校教学用书



無線電技術

П. Н. 拉姆拉烏 著
班冀超 潘恂如 譯



330524

本書係根據蘇聯國立鐵道運輸出版社 (Государственное транспортное железнодорожное издательство) 出版的拉姆拉烏 (П. Н. Рамлау) 所著的“無線電技術”(Радиотехника) 1950年增訂版譯出的。

本書內容敘述無線電技術原理、無線電發射及接收設備，並闡明超高頻技術、電視及雷達的基本原理。

本書原著經蘇聯高等教育部審定為鐵道運輸學院“電信、自動控制及遠程控制”專業教科書。

本書由北京鐵道學院班冀超、潘恂如合譯。

無 綫 電 技 術

П. Н. 拉姆拉烏著

班冀超 潘恂如譯

高等教育出版社出版

北京琉璃廠一七〇號

(北京市書刊出版業營業許可證出字第〇五四號)

京華印書局印刷 新華書店總經售

書號 15010·93 開本 8'0×1168 1/16 印張 13 8/16 插頁 1 字數 340,000

一九五四年八月北京第一版

一九五七年二月北京第六次印刷

印數 8,001—9,500

定價 (10) ¥ 2.00

著者序言

這本書是鐵道運輸學院“電信、自動控制及遠程控制”專業的無線電技術教科書，因此，講述的次序和內容是根據教學大綱編定的。

按照教學計劃，在學習無線電技術的時間是有限的情況下，把基本原理提出來是很必要的，在這個基礎上來研究無線電設備和無線電通信整個問題才有可能。當闡述這些基本原理時，提出的任務是把無線電的物理基礎和無線電信元件設計及運用的實際問題結合起來。選擇這個課程各部分的材料時，考慮了無線電信在運輸上的特點。

現在這本書和1946年所出版的迥乎不同，因為在戰後五年計劃的年代裏蘇聯無線電技術的蓬勃發展、無線電信作用的加大和鐵路上無線電設備的急劇增加，當本書準備出新版時，這些因素使原有材料有完全修改的必要了。

這一版在講述方法方面也 and 前一版不同。考慮讀者們的意見和作者本人在列寧格勒信號通信電工學院講授這門課程多年的經驗，得出結論，就是當證明一系列公式時，有必要把中間推導的過程比較詳細地列出來。爲了說明書裏主要部分的計算公式，舉出了很多計算例題。闡述調制問題、調頻波的接收和天線的饋線這些章大加擴充。講述低頻放大的問題時還討論了負回授耦合。

這本書加進了許多新的章目，在這些章裏討論最近幾年無線電技術獲得很大發展的那些部分。

因為超高頻技術和脈衝技術對於鐵路運輸作用很大，特別用幾章來研究這些問題。考慮到運輸上廣泛地採用最新式無線電設備，來創造各種通信，這本書又加進了討論無線電轉播通信線、電視基礎及雷達原理這些新的章目。

本書在不同的章裏介紹了鐵路運輸所用的標準無線電機。在單獨一章裏詳細地分析了機車 ЗР-1 型無線電台的線路和作用原理。

當敘述鐵路運輸所用的無線電機時，著者考慮了關於運輸上無線電設備的設計和管理問題打算另出版一本書。

本書採用蘇聯科學院所推薦的合理化實用單位制（米-仟克-秒），這種制度最近數年在無線電技術書裏廣為應用。

書內所舉例題是助教斯維爾德里欽科（Д. Я. Свєрдличєнко）編輯的。

讀者對本書可能有的缺點的任何批評和指正，著者將衷心接受。

拉姆拉烏（П. Н. Рамлау）

目 錄

著者序言

緒 論	1
1. 無線電歷史概述	1
2. 基本概念	5
第一章 振盪電路	9
§ 1. 振盪電路內的瞬變過程	9
§ 2. 振盪電路內電流波形的分析	12
§ 3. 對數減幅率的量法	16
§ 4. 波長的測法	19
§ 5. 諧振電路的元件	20
1. 總要求	20
2. 諧振電路的電容	20
3. 諧振電路的電感	22
§ 6. 減幅波發生器	24
第二章 二極管及三極管的基本特性	26
§ 1. 電子學基本概念	26
§ 2. 二極管的構造	27
§ 3. 二極管的特性	29
§ 4. 真空管整流器	32
§ 5. 三極管的基本特性	39
第三章 無線電發射裝置	45
§ 1. 概論	45
§ 2. 他激的電子管發生器	45
1. 振盪電路在穩態時的特性	45
2. 電子管發生器	47
3. 第一類振盪	50

4. 第二類振盪	56
5. 電子管發生器的線路	64
6. 多管發生器	66
7. 各種振盪電路	68
8. 電子管發生器板極耦合電路	73
9. 電子管發生器的柵極迴路	75
10. 超激電壓制	78
§ 3. 電子管振盪器——自激的發生器	79
1. 振盪的過程	79
2. 頻率的穩定	84
§ 4. 多級線路	90
1. 多級線路構造的原理	90
2. 中和線路	91
3. 倍頻器	93
4. 簾柵管	98
5. 五極管	102
§ 5. 調制及操縱	106
1. 高頻電流的控制	106
2. 調制的結果	106
3. 聲頻的放大	110
4. 柵極調幅	112
5. 板極調幅	117
6. 各種調幅法的比較	122
7. 已調波的放大	123
8. 調幅時對電路參數的要求	126
9. 調相及調頻	127
10. 無線電報——操縱法	134
§ 6. 發射裝置的電源	137
1. 板極電源	137
2. 柵極電源	139
3. 絲極電源	140
4. 集中、鎖閉及信號	141

5. 充氣管整流器	142
§ 7. PK-0.5型電台	146
第四章 發射天線	1. 0
§ 1. 概論	150
§ 2. 天線上電流及電壓的分佈	150
§ 3. 天線共振的調整	158
§ 4. 電磁能的輻射	159
§ 5. 長波天線的種類	164
§ 6. 長波天線的輻射電阻及效率	167
§ 7. 天線的波阻抗及電容	173
§ 8. 短波天線的特性	181
§ 9. 饋電線	190
§ 10. 短波天線的種類	199
§ 11. 天線桿的構造	203
第五章 電磁能的傳播	204
§ 1. 概論	204
1. 電磁波傳播的情況	204
2. 無線電的干擾	206
3. 受信地點的場強度	203
§ 2. 長波的傳播	209
§ 3. 短波的傳播	211
1. 地波的利用	211
2. 天波的傳播	211
3. 遠距離通信	212
第六章 接收天線	215
§ 1. 概論	215
§ 2. 長波接收天線	215
1. I形天線	215
2. 框形天線	217
3. 無線電測角器	219
§ 3. 短波接收天線	219

第七章 無線電接收裝置	223
§ 1. 概論	223
§ 2. 接收機輸入裝置	225
1. 輸入裝置的基本指標	225
2. 諧振電路頻率略微去諧時的阻抗	226
3. 輸入裝置的傳遞係數及選擇性	229
§ 3. 高頻放大器	235
1. 板極直接接到諧振電路的放大器	235
2. 放大器的穩定性	237
3. 板路用電感或自耦電感器耦合的諧振電路的放大器	241
4. 板極用雙諧振電路的放大器	245
5. 高頻級的調整	251
§ 4. 檢波器	252
1. 檢波的種類	252
2. 晶體檢波器	253
3. 二極管檢波器	257
4. 柵極檢波	259
5. 板極檢波	260
6. 再生作用	261
7. 差頻檢波器	265
8. 超外差式接收機	266
9. 調頻波的檢波法	275
10. 超再生檢波器	280
§ 5. 低頻放大器	281
1. 概論	281
2. 功率放大器	281
3. 電壓放大器	291
4. 負回授	301
§ 6. 接收機線路的元件	308
1. 光學的調諧指示器	308
2. 自動靈敏度調節	308
3. 電源	311

4. 接收機的線路	812
§ 7. 擴音裝置	817
第八章 2KP-1 型無線電台	329
第九章 超高頻技術	337
§ 1. 概論	337
§ 2. 諧振器和波導	337
§ 3. 三極管超高頻振盪器	348
§ 4. 磁控管振盪器	354
§ 5. 超短波天線	360
§ 6. 超短波的傳播	364
§ 7. 超高頻接收機	367
第十章 脈衝技術	374
§ 1. 概論	374
§ 2. 形成脈衝的方法	376
1. 概述	376
2. 限制法	376
3. 微分法	379
4. 積分法	381
§ 3. 強大功率脈衝的發生	384
第十一章 無線電轉播通信線	389
§ 1. 時間選擇的原理	389
§ 2. 脈衝調制的種類	391
§ 3. 播送的次序和通路的劃分	394
§ 4. 無線電轉播通信線的一般性質	396
第十二章 電視基本原理	398
§ 1. 圖像的傳播	398
§ 2. 圖像的接收	405
第十三章 雷達原理	410
§ 1. 基本原理	410
§ 2. 雷達的梗概圖	414
§ 3. 指示器的種類	416
附錄 伯魯格教授函數表	418

緒 論

1. 無線電歷史概述

1895年5月7日俄國學者波波夫(А. С. Попов)在俄國物理化學協會的會議上表演了世界上第一架無線電接收機，他稱之為雷記錄器，用它來證明接收由雷電所造成的無線電信號的可能性。表演完畢之後，波波夫說：“在結論上我可以表明這樣的希望，就是我的儀器再加改良之後，可用它向遠方傳送信號，問題祇是在如何找到有充分能量的振盪電源了”。

1895年5月7日這一天是無線電的誕辰。

無線電的發明是人類歷史上許多最重要的發明之一，這些發明在技術的發展上創造了新的時代。為了紀念這個有歷史意義的節日，在蘇聯規定五月七日為無線電節，每年都來慶祝它。

波波夫對他自己的發明繼續研究。1896年3月24日表演了世界上第一個無線電報，傳送距離約250米。

1897年波波夫在全國鐵道電氣技術工作者代表大會上做了“關於無線的電報”的報告。同年，在波波夫的報告之後，在俄國技術協會的電氣技術部會員大會上初次提出了用無線電報於鐵路信號的可能性的問題。

所以波波夫也是運輸用的無線電技術的創始人。

無線電發展的第一個階段實際解決了加遠通信距離的問題。在那

個時候，認為無線電的基本優點是沿傳送路線不需要任何建築物。因此，無線電主要用在通過不可達到的地區的通信。最初無線電台是用在船舶之間及船舶和海岸之間的通信。波波夫所建立的第一個實際無線電信就是船舶和海岸之間的通信。

以上所說的無線電優於有線電之點：全部建築物和機器的集中，和祇在通信線的兩端才需要電源，這些也確定了這種新通信法的軍事價值。在那個時候，電花是主要的高頻電源，但它僅能得到阻尼很強的振盪，而且效率很低。

在偉大的十月社會主義革命之後，無線電才開始有廣泛的發展。

列寧和斯大林——蘇維埃國家的奠基和組織者——對無線電的作用一向給很高的評價。

1917年10月7日，蘇維埃政權建立的第一天，“阿芙樂爾”號巡洋艦的無線電台發送出列寧起草的著名宣言：“告俄國公民書”，書上宣佈資產階級臨時政府已被推翻，國家政權轉到無產階級手中。

由列寧簽署的人民委員會“關於無線電事業的集中”的命令是蘇聯無線電建設的開端。這個命令規定把許多強力電台從軍事機關移交給郵電人民委員部，由它來配合各部門所經營的全部無線電技術業務。1918年12月2日，列寧簽署第二件關於無線電的命令，即“關於郵電人民委員部無線電實驗室和製造廠的決定”。其中規定了建立尼斯城（Нижгород）無線電實驗室，這是蘇聯第一個無線電方面的科學研究院。

蘇聯學者們在尼斯城無線電實驗室的工作對無線電技術的發展有重大意義。這個實驗室曾出版“無線的電報和電話”雜誌，常任編輯是列伯金斯基（В. К. Лебединский）教授。這個雜誌刊載蘇聯無線電專家們的工作，這些工作奠定了蘇聯學者在各種無線電技術領域內的優先地位。

在1922年尼斯城無線電實驗室領導人彭奇-伯魯也維奇（М. А.

Бонч-Бруевич) 教授按照列寧的指示，在莫斯科建立了當時世界上功率最大的廣播電台，名為“共產國際”。從那個時候起，蘇聯無線電台的數目和電力就不斷地增加。

在斯大林五年計劃期間，無線電技術獲得特別大的發展。按照斯大林同志的指示，建立宏大的無線電工業。在這個期間，蘇聯工廠勝利地掌握了無線電複雜設備的製造，而使無線電傳播更加完善的一系列理論和實際問題也被蘇聯學者和現場工程師研究出來了。用無線電向遠距離傳送圖像(電視)的問題也勝利地解決了。

蘇聯無線電信在質量方面和工作的連續性方面佔世界第一位。

蘇聯科學院通信院士明茲(А. Л. Минц)、摩德爾(З. И. Модель)教授，以及其他無線電工程師們，設計和建造了強力無線電台。發射機工程計算的基本原理是伯魯格(А. И. Берг)院士、克梁茲金(И. Г. Кляцкин)教授和科學院通信院士明茲研究出來的。

在接收技術方面，西弗洛夫(В. И. Сифоров)教授、思列泊雅恩(Л. Б. Слепян)教授和克力勞夫(Н. Н. Крылов)教授的工作最為重要。

無線電信的質量在很大程度上決定於天線技術的水平。天線的基本理論是蘇列依金(М. В. Шулейкин)教授、科學院通信院士庇斯托爾科爾斯(А. А. Пистолькорс)和達達林諾夫(В. В. Татаринов)教授研究出來的。

在無線電波傳播方面，主要的工作屬於維金斯基(Б. А. Введенский)院士、彭奇-伯魯也維奇教授和科學院通信院士蘇金(А. Н. Шукин)。

現在我們來看看蘇聯無線電技術在最近幾年的許多成就。

越來越短的波的掌握問題是現代無線電技術最重要問題之一。在這個領域內必須提出來聶曼(М. С. Нейман)教授關於體積振盪電路的研究工作。磁控管是在分米及厘米波段發生強大振盪的主要儀器，這是一種用磁場來控制電子流的電子管。應該回憶，在世界上多腔磁控

管是馬寧洛夫(Д. Е. Маляров)和阿力克西耶夫(Н. Ф. Алексеев)最先提出的,它是現代無線電探向設備(即雷達)的基本儀器。由於採用超短波之故,不能以普通雙股饋線或同軸饋線的方法把發射機的能量傳輸到天線上,或把接收天線的能量傳輸到接收機內,因為饋線的效率隨波長之減短急劇地變壞。爲了傳輸能量,提出採用波導(即截面是圓形或矩形的金屬筒)。在超短波傳播這一方面,研究出了新的、確切的理論。超短波接收機的原理是西弗洛夫教授研究出來的。

防止干擾是無線電技術一個重要問題。這一方面最近作了很多工作,其中應該提出科學院通信院士蘇金關於限頻電路的研究,和依周茂夫(Н. М. Изюмов)教授關於脈衝信號接收原理的研究工作。

爲了克服接收電報時信號衰落的現象,研究出來複頻接收機。在這種接收機裏,當發射機按鍵時收到某一個頻率,不按鍵時收另一頻率。此種接收法顯著地提高了接收的可靠性。

蘇聯科學思想的這些成就,是展開在蘇聯無線電專家面前的那些鉅大可能的明顯標誌。

無線電在蘇聯起着很重要的作用。它是傳播知識,提高廣大人民羣衆的政治、文化水平的普遍工具;遙遠的省區和地方的聯系,船舶及飛機的領航,以及氣象報告等等,都廣泛地以無線電爲工具。

在蘇聯偉大的衛國戰爭期間,無線電起了非常大的作用。由無線電傳播斯大林同志的演說,和前線情況的每天報道,這些對於蘇聯每個人民都有非常重大的意義。

無線電在蘇聯蓬勃的發展,爲無線電更廣泛地使用於鐵路運輸創造了全部先決條件。

站內調度廣泛地採用無線電,以便加速車輛的編組,更有效地使用調度機車,因而加速了車輛的周轉。按照蘇聯戰後五年計劃,每個駝峯調車場都用無線電聯絡。運行中的機車用無線電通信的問題被解決了,因而在司機和值班站長或列車調度員之間保證了可靠的雙方通信。

這種通信的特點是有線和無線配合運用。列車無線電的採用可以提高行車速度，造成車輛和機車周轉加速的可能。所以列車無線電的經濟效果是很大的。

在鐵道部和鐵路網最遠之點之間也建立了無線電信。

蘇聯鐵路運輸在無線電設備方面佔世界第一位。

無線電用在運輸時，考慮了無線電技術最近的成就，特別是在超短波方面的成就。

2. 基本概念

無線電技術是電氣技術的一部分，它的目標是研究和實際使用電磁振盪，以使用輻射無線電波的方法來傳遞消息。無線電所用的電磁振盪它的頻率約由每秒 10^4 週到 10^{10} 週。 10^5 — 10^4 週以下的頻率不用於無線電信，因為事實和理論都證明，對於低頻電磁能的輻射效果不大。頻帶的最高界限是這樣限定的：即當頻率很高時，強大振盪的產生遇到了大家所熟知的困難。憑藉無線電波所實現的通信主要是傳遞電報或語聲信號（語言或音樂）。也可用無線電來傳遞靜的或動的圖畫；無線電技術較新的一支是雷達。

爲了闡明無線電通信的基本原理，我們來看看它的梗概圖（圖 1）。欲用無線電將信號從 A 點傳到 B 點，在 A 點必須備有高频電源，高频電源並必須以電報機械或微音器控制之，以便發送電報或電話信號。

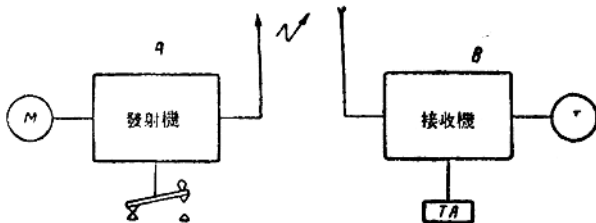


圖 1

發生和控制高頻電源的機器名爲無線電發射裝置或發射機。在發射機的輸出端把高頻電流引到導線上，圍繞導線產生電磁場。導線的功用是向空間輻射電磁能，亦即使電磁能從導線脫離。這個導線或一組導線名爲發射天線。

自由的電磁振盪離開導線之後，向遠處傳播，達到接收點 B 。在接收地點也裝有導線，此導線在過往的電磁波影響之下，感出高頻電勢。此導線或一組導線名爲接收天線。

在接收天線上，電勢的波幅極小，因爲能量在從發射點傳到接收點的過程中遭受了很大的衰減。收到的振盪它的波幅在普通情況是如此之小，以至不能直接使用。因此從接收天線輸出端獲得的高頻電流必須加以放大。

放大之後，最後的任務是分出所傳遞的信號，即當所接收的是電報時，則把高頻電流變成直流脈衝，而當接收語言或音樂時，則將高頻電流變成聲頻電流。

放大被收進來的振盪和分出所傳遞的信號，這些過程都在名爲接收機的裝置內進行之。接收電報信號時，把接收機輸出端的直流脈衝引到電報機內，接收電話時則把聲頻電流引到耳機或揚聲器內。

因此分析梗概圖可以作出結論，即研究無線電傳遞信號的過程時可以分爲七個主要問題：1)高頻電流的產生；2)高頻電流的控制；3)電磁波的輻射；4)電磁能的傳播；5)電磁波的接收；6)微弱振盪的放大；7)發送信號的分出。

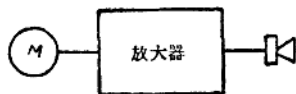


圖 2

在廣場上欲發生強大的聲音時，可用無線電技術的方法將語聲(或音樂)放大。語聲的放大可用微音器(又名傳話器)、聲頻放大器及揚聲器爲之(圖 2)。放大語聲的問題在本書內也要討論，因爲這種裝置在鐵路運輸上有它的實際用途。

爲了闡明無線電的價值，我們來談談有線和無線的特點。

在資本主義國家裏，一直到現在，佔有這兩種不同通信工具之一的公司彼此進行競爭。在蘇聯社會主義經濟中，這兩種電氣通信不是互相競爭互相排斥的兩個系統。相反地，無線電和有線電彼此相輔，各有其最適當的使用範圍。市內通話的特點，是在一個不太大的地區裏必須有大量的話路同時工作。按照通信技術目前發展的情況，要保證這種條件，只有用導線把電話網裏的用戶互相聯結起來才有可能。

因此市內通話最好用有線電。

長途電報和長途電話的特點是必須在彼此相距數百或數千公里的兩點之間傳遞信息。這些地點所需要的通話路數雖然隨着工業、農業、政治及文化生活的發展不斷增加，但究竟是有限度的，不能很大（和市內電話所需要的路數相比）。這種情況可用無線電來實現，也可以用有線電。

有線電信可以用架空線，也可以用電纜。

有線電信（不論用架空線或用電纜）的重大優點是能傳送數目很多的通路，各個通路在中途能夠很容易地分出來。

無線電有很多特點，由於這些特點，這種通信方式用在某些場合是頂合適的。

首先，無線電是活動目標例如飛機、輪船、列車等等通信的唯一工具；其次，無線電能夠越過不能接近的地區（在戰爭或封鎖時期），來進行通信。除此之外，無線電設備在戰時被破壞的可能性很小。由於這兩種情形，無線電有特殊的國防價值。

在和平時期，對於長途幹線的通信，無線電有不可代替的優點。這些優點是因為沒有導線之故，沒有導線就可以免去由於線路被破壞而致通信中斷的可能。換言之，無線電是最可靠的通信工具。

長途多路無線電信在目前只可用超短波以自動轉播（或中繼）的方法來實現。長途直達的多路無線電信現在還未研究出來。和有線電來比較，這是缺點。