

中等专业学校用書

# 无綫电工程学教程

上册

H·M·伊久莫夫 著  
刘錫成 冯子贵 译  
肖可達 校

國防工業出版社

本書系根据伊久莫夫 (Н.М.Изюмов) 著“無線电工程学教程” (Курс радиотехника) 譯出。原書为苏联陸軍通信学校的教科書。

本書分上下兩册出版。上册內容共分三章，第一章闡述了無線电通信和無線电器械的一般概念；其次兩章詳細地討論無線电台的各个元件及其工作。

本書可供軍事通信学校作教科書，也可作为中等通信技術学校的主要參考資料。

Н.М.Изюмов  
КУРС  
РАДИОТЕХНИКИ  
Военное Издательство  
Военного Министерства Сѳюза сср  
Москва-1950

本書系根据苏联軍事出版社  
一九五〇年俄文版譯出

無線电工程学教程

上 册

(苏) 伊久莫夫 著  
劉錫成、馮子貴 譯  
肖 可 达 校

\*

國防工业出版社 出版

北京市書刊出版业营业許可証出字第 074 号  
机械工业出版社印刷厂印刷 新华书店發行

850×1168 耗 1/32·8<sup>1</sup>/<sub>2</sub> 印張·223,500 字

一九五七年八月第一版

一九五八年七月北京第三次印刷

印数: 3,301—4,350 册 定价 (10) 1.50 元

# 目 录

引 言 .....	1
第一章 无綫电通信和无綫电器械的一般概念 .....	1
第二章 电磁振蕩和电磁波 .....	10
1. 閉合振蕩迴路 .....	10
自由振蕩 .....	10
無綫电电路的元件 .....	18
振蕩衰耗 .....	26
强迫振蕩 .....	30
迴路元件与交变电动势电源的串联。电压諧振 .....	31
迴路元件与交变电动势电源的并联。电流諧振 .....	42
2. 耦合电路 .....	49
概述 .....	49
耦合形式 .....	50
耦合系数 .....	51
耦合对能量从初級迴路轉移到次級迴路的影响 .....	54
耦合度 .....	58
耦合电路的調諧 .....	59
改变供給耦合电路的發生器的頻率 .....	61
寄生耦合和它的消除 .....	69
可变电感器 .....	71
波長計 .....	73
3. 具有分布参数的系統內的振蕩 .....	76
关于綫段內的自由振蕩的概念 .....	76
長綫內的行波 .....	81
对称振动物子上的駐波 .....	86
对称振动物子的諧振和調諧 .....	92
不对称振动物子 .....	95

兩綫式傳輸綫中的振蕩过程 .....	99
空腔諧振器內的振蕩 .....	107
关于波導管的概念 .....	113
4. 天綫裝置 .....	118
一般概念 .....	118
电磁能的輻射 .....	119
空間电磁波 .....	125
不对称天綫的类型 .....	130
对称天綫的类型 .....	136
厘米波天綫的概念 .....	147
5. 無綫电波的傳播 .....	151
根据傳播性質將無綫电波劃分成各种波段 .....	151
無綫电波的理想和实际的傳播条件 .....	152
大气对無綫电波傳播的影响 .....	155
短波傳播的特点 .....	159
利用空間波通信时波長的選擇 .....	164
米波、分米波和厘米波傳播的特点 .....	168
無綫电通信上采用的各种波段 .....	171
<b>第三章 电子仪器</b> .....	<b>177</b>
6. 热电子發射 .....	177
7. 二極管 .....	179
二極管的工作原理及其構造 .....	179
陰極的構造与工作 .....	183
二極管陽極电路中的物理过程。电子管的特性曲綫 .....	189
二極管的参数 .....	191
应用二極管來作为交变电流整流器 .....	194
8. 三極管 .....	197
电子管中第三電極的作用 .....	197
三極管的特性曲綫 .....	198
三極管的参数 .....	200
三極管構造与参数的关系 .....	205
按陽極电压的特性曲綫的概念 .....	206

三極管的应用 .....	208
9. 五極管 .....	210
对于用于高频放大器的电子管的要求 .....	210
四極管的性能 .....	213
五極管和集射管的構造 .....	217
五極管的特性曲线和参数 .....	224
1. 复合管 .....	229
11. 气体放电管的概念 .....	232
冷陰極放电管 .....	233
充气二極管和閘流管 .....	236
12. 光电仪器和电子射綫仪器 .....	239
光电元件 .....	239
电子示波器 .....	240
电子分配器 .....	246
光电顯象管 .....	248
13. 米波和分米波用的电子管 .....	250
輸入阻抗 .....	250
引入綫电感的影响 .....	254
电子惰性 .....	255
具有盤形引入綫的三極管 .....	257
晶体二極管和三極管 .....	259

# 目 录

第四章 无线电发射装置 .....	263
14. 发射机的分类和组成部分 .....	263
15. 发生高频振荡的物理过程 .....	265
最简单线路中的自激过程 .....	265
回路接入阳极电路中 .....	268
阳极电源供给发生器线路的方法 .....	269
16. 他激电子管发生器 (功率放大器) .....	273
功率放大级的功用和线路 .....	273
他激发生器的工作过程 .....	275
发生器电子管的动态特性曲线。	
在无截止的振荡方式下发生器的功率和效率 .....	280
阳极交流电压的选择 .....	283
阳极电流具有截止的发生器的工作 .....	286
在具有截止的工作方式下发生器的功率和效率 .....	286
高次谐波的滤去 .....	293
高次谐波的利用 .....	294
在栅极电路内获得负偏压的方法 .....	295
17. 自激电子管发生器 .....	299
保证自激的条件 .....	299
三点式线路 .....	303
用电容反馈的线路 .....	305
分米波发生器 .....	308
速调管 .....	309
磁控管 .....	314
18. 发射机频率的稳定性 .....	319
影响发射机频率稳定性的因素 .....	319
频率稳定法 .....	321
电子耦合电路 .....	327

利用石英穩定頻率.....	331
19. 发射机电磁振蕩的控制 .....	323
通報时电磁振蕩的控制(鍵控)。鍵控方法.....	336
通話时振蕩的控制(調制)。調制系統.....	340
調幅.....	341
調頻.....	359
20. 发射机綫路 .....	365
发射机的分类.....	365
輸出級綫路.....	367
小功率无綫电報話兩用发射机綫路.....	374
双載电報发射机的綫路.....	376
米波发射机綫路.....	377
分米波发射机.....	379
厘米波发射机.....	381
<b>第五章 无綫电接收裝置 .....</b>	<b>381</b>
21. 接收裝置的任务及其組成 .....	384
22. 接收机的輸入电路 .....	388
接收天綫.....	388
接收机輸入电路的功用及其綫路.....	393
超高频接收机內的輸入电路.....	399
輸入电路的選擇性.....	401
23. 高频电压的放大.....	406
放大級的功用和类型.....	406
諧振放大器.....	407
高频电压放大器的自激和其防止方法.....	416
具有接地柵極的放大器.....	417
行波电子管.....	419
頻带放大器.....	421
24. 檢波 .....	425
檢波器的用途.....	425
二极管檢波.....	425
柵極檢波.....	432
阳極檢波.....	430
調頻信号的檢波.....	438

无线电报信号的检波.....	441
25. 再生 .....	447
再生级的功用.....	447
再生级的工作.....	448
再生器线路的变形.....	452
超再生线路.....	454
26. 低频放大 .....	458
低频放大级的功用和对它的要求.....	458
电压放大级线路.....	459
接收机的末级线路.....	467
脉冲放大器的概念.....	473
27. 无线电接收的干扰及其防止 .....	476
干扰的分类.....	477
局外发射机的干扰.....	477
天电干扰.....	478
工业干扰.....	482
接收机的内部噪声.....	484
28. 接收机的电路 .....	487
接收机的主要质量指标.....	487
直接放大的接收机.....	488
超外差式接收的原理.....	491
超外差式线路举例.....	508
結束語 .....	517



# 第一章 無綫電通信和無綫電器械 的一般概念

“無綫電通信”這個名詞的意思就是“利用輻射來通信”，也就是說不依賴導綫的通信（無導綫的通信）。電能是以**電磁波**的形式由發射機向空間輻射出去，並在地面上傳播着，然後作用在通信員的接收機上。因此，要想實現通信員之間的互相通信，每一無綫電台必須由**發射機**和**接收機**組成。在小功率的無綫電台中，發射機和接收機安裝在同一機殼內，而在大功率無綫電台中，它們是單獨的設備。

發送時輻射電磁能，而接收時吸收電磁能的裝置稱為**天綫**。天綫在大多數情況下，是一根導綫（或幾根導綫），它的一端

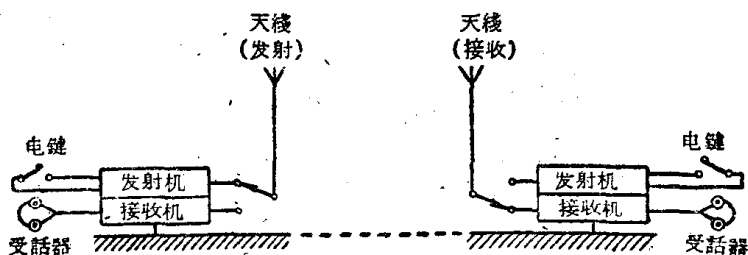


圖 1 無綫電報通信的原理圖

（經絕緣後）固定於地面上的天綫杆上，而另一端則視其需要可連接到發射機或接收機上。圖 1 表示無綫電通信的原理圖。

**發射機**。發射機的主要功用是產生饋給天綫的高頻電流。只有高頻電流的電磁能（頻率從數十萬到數十億周/秒）才可能輻射到遙遠的空間。這一特點就是無綫電技術與其他各門電工技術不同的地方：無綫電技術是一門關於高頻交變電流的技術。

向空間輻射電磁能時，在發射機中必須這樣來控制高頻電流

振蕩，就是使通信員在接收机上能收到無線電報的电文或对方無線電報務員發出的語声。在拍發無線電報時，發射机中高频电流振蕩是利用莫尔斯电鍵來控制的；把交变电流送到天綫上，于是电磁波即以信号組——莫尔斯符号形式（圖2）向空間輻射。在發送無線電話時，交变电流不断地送到天綫上，但电流强度或它的頻率，是利用声音作用在發射机微音器上的方法來改变的。利用电鍵來控制高频电流振蕩称为**鍵控**，而利用微音器來控制振蕩称为**調制**。大多数發射机都可利用电鍵和微音器來工作。

發射机只有在得到某一直流或交流电源饋电的情況下，才可能完成它的基本任务（產生高频电流），因为能量是不能自行產生的。一般都采用乾電池、蓄電池或發电机來作为發射机的电

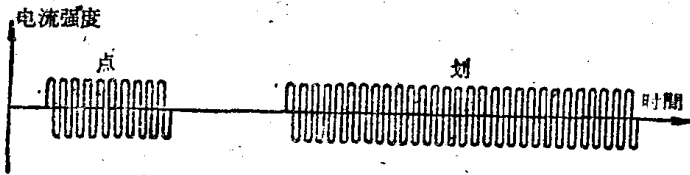


圖2 無線電報信号

源。

在發射机里，把直流电能量轉換为高频电流能量是靠一些重要的裝置來完成的：即**电子管和振蕩电路**，它們實質上構成了發射机的綫路。电子管的型式和数量决定了發射机的**功率**，而振蕩电路决定了它所產生的振蕩**頻率**。振蕩电路是由电容器和自感綫圈組成的；改变电容器的电容，能使發射机**調到各种不同的頻率**上。

**能量的輻射**。假設我們把發射机的电鍵撇下，于是高频电流饋給天綫系統（圖3）。天綫系統連接在無線电台的兩個接綫柱上：一个接綫柱上連接天綫本体（懸挂在地面上的導體或金屬棒），而另一个接綫柱上連接**地綫**或者是鋪展在地面上的綫網，即所謂**平衡器**（在小型無線電台中，电台的金屬壳体可起平衡器的作用）。交变电流在天綫系統中不斷地向上和向下循環着，因而在天綫垂直導體的周圍便形成交变的**電場和磁場**其力綫方向取

决于电流方向。圖3表示某一瞬間的磁場。它的環形力綫以每秒300,000千米( $3 \times 10^8$ 米/秒)的速度在空間傳播着。這就是電磁能的輻射。

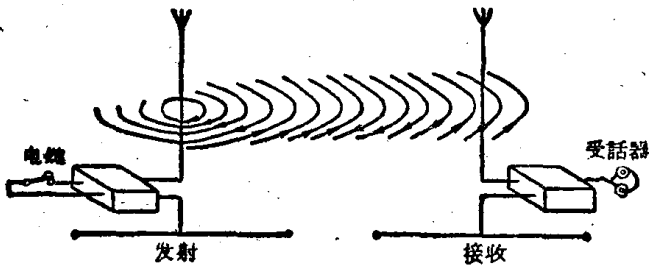


圖3 磁場的發射和接收

**接收機。**電磁能從簡單天綫均勻地向四周輻射。在此能量的傳播路徑上裝設通信員的無線電台，該台處於接收的狀態。由於發射機的電磁場力綫割切無線電接收台的天綫，結果在接收天綫上便感應交變的高頻電動勢，而使接收機中產生電流。因此，接收裝置吸收了電磁場的一部份能量。

接收機本身起着三種主要的作用。第一種作用是：由於接收機受到許多同時工作着的發射機對它的影響，因此它應該只選擇自己的通信對方來工作，因為所有其他發射機的工作都會干擾無線電台的接收。

和在發射機中一樣，接收機電路中也有振蕩電路；利用它可以得到選擇的特性，以保證消除或削弱干擾的可能性。用改變此等電路中的電容或電感的方法，可將它調到通信發射機天綫電流的固有頻率上。這時，接收機和所輻射的能量需要被接收的那具發射機之間建立了諧振；在這種情況下，通信員的可聞度上升，而其它電台的干擾作用便減弱了。

接收機的第二種作用是：將所接收的**信號放大**。接收天綫只要稍微距離通信發射機遠一些，就只能吸收發射機所輻射能量的極少部份。為使聽筒發出正常響度，靠這部份能量是不夠的，接收進來的信號可依靠連接在相應電路中並且由電池或換流器饋電。

的电子管來增强。接收机內振蕩信号的放大是多級（串級）進行的，即从一个真空管到另一个真空管；这种級越多，接收机对微弱信号越灵敏。在許多接收机內，灵敏度都可以調節，以改变听筒內的声音响度。

接收机的第三种作用是檢波。由于振幅放大的結果，信号电压可能达到相当大的数值；但是，高频电压甚至在振幅很大时，也不能使听筒發出声音。即使听筒的膜片每秒鐘能够完成几百万次的振动，而人的耳朵仍然是听不到的，因为大多数人都听不到振蕩頻率超过每秒 15000 次的声音。檢波器的功用是使高频电能轉換为低频（音頻）电能；經此轉換后，低频电流即饋給接收机听筒。在接收机中常用一个电子管作为檢波器。接收机中連接在天綫和檢波器間的各級，能增强高频信号，而連在檢波器后面的各級，能增强低频电压（所謂級就是电子管、負載及其附屬的其他輔助元件）。

**波長的概念。**在一个周期內，發射天綫上电流的大小和方向都在改变；与此相应地，电磁场的力綫方向也随之改变，如圖3所示。在空間傳播的交变的电场和磁场的綜合，称为**电磁波**。为了說明这个概念，我們可取水平軸（圖4）表示能量傳播的一个方向（輻射圓的一个半徑，亦即由發射天綫向各方發出的射綫）。取垂直軸表示电场强度，以  $E$  來代表。电场强度沿射綫的分布，

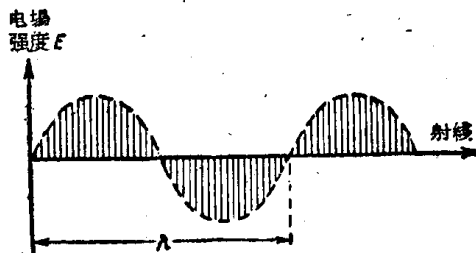


圖4 空間电场强度的瞬时值

在任何时刻都是波形的，因为电场是由正弦电流所產生的，并且在一定介質內以恆定的速度傳播。

磁场和电场是同时產生并同时傳播的，而且每一点上的磁场

强度都垂直于电场。圖 5 为电磁场强度的瞬时值的圖形，兩者永远分布在两个相互垂直的平面上<sup>①</sup>，脱离發射天綫后，电磁场随時間的增長沿射綫傳播。电磁能量（电磁波）傳播速度等于光速，在地面上接近于 300,000 仟米/秒 ( $3 \times 10^8$  米/秒)。

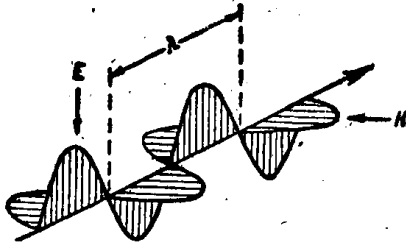


圖 5 空間电磁场强度的瞬时值

我們來研究圖 5 所示电磁场强度完成一整个变化周期的那一段。傳播着的电磁场，是在相当于天綫內电流变化一整个循环的時間內，亦即在一个周期內通过这段的。这段距离用字母  $\lambda$  來表示，我們称它为波長。波長用米來度量（比較短的波用分米和厘米來度量）。由圖 5 可以看出，波長就是在天綫电流的一个周期內电磁波所走过的距离。由此可見，饋給天綫的交变电流的周期越長，波長也越長，換句話說，交变电流頻率越低，电磁波越長。

波長与其振蕩頻率有一定的关系。如果知道了頻率  $f$ ，很容易就可求出波長  $\lambda$ 。事实也是如此，如果电磁场以  $U_0 = 300,000$  仟米/秒 ( $3 \times 10^8$  米/秒) 速度运动，則它在一个周期  $T$  內走过的距离是

$$\lambda = U_0 T = \frac{U_0}{f},$$

因为頻率  $f = \frac{1}{T}$ （即每秒周期数）。

①。圖 4 和 5 不是用力綫的形式來表示場（例如，圖 3 所示），而是表示場强度的分布，亦即沿所选取射綫的力綫『密度』。

例如，假設天綫上的交变电流的頻率 $f=1,000,000$ 周/秒( $10^6$ 赫芝)；这时由此天綫所輻射的波長是

$$\lambda = \frac{U_0}{f} = \frac{3 \times 10^8}{10^6} = 300 \text{米。}$$

因此，对于頻率 $f=10^6$ 周/秒的交变电流來講，波長是

$$\lambda = 300 \text{米。}$$

凡波長以千米和百米來度量的波称为**長波**；用十米來度量的波称为**短波**；最后，用1米和几分之一米來度量的波称为**超短波**。

上面已經講过，波長越短，則產生它的交变电流的頻率越高；下面我們就解一習題來檢查一下。

**習題** 計算并列出相当于波長：30厘米、3.6、30、60、100、600和1000米的頻率值表。

如果頻率 $f=10^5$ 周/秒試求波長。

城市交变电流的頻率究竟相当于何種波長呢？

在部隊的实用中，虽然也采用“波長”表示，但波長本身很少用米來度量。有时無線电台的刻度盤刻有規定波長的編号，亦即具有波与波相距25000周/秒(为了減少相互干擾)的波長編号。因此，嚴格地說規定波長的編号不是表示波長，而是表示頻率。

例如，№120規定波長相当于頻率為

$$f = 25000 \times 120 = 3,000,000 \text{周/秒} (3 \times 10^6 \text{赫芝})。$$

換算為米即得。

$$\lambda = \frac{U_0}{f} = \frac{3 \times 10^8}{3 \times 10^6} = 100 \text{米。}$$

**規定波長的編号越大，其頻率越高，波長越短。**規定頻率(波長)的編号示于無線电台的調諧刻度盤上。

**習題** 無線电台的全部波段，以規定波長70~280為边界，試用周/秒和米示出此边界。

在無線电台的刻度盤上用每秒几万周(几十千周)來划分刻度(表示頻率)，是比較方便而又較新的方法。

**輔助接收机。無線電中心站。**無線電通信的實踐表明，收發兩用無線電台大部份時間都在從事接收，而只有少部份時間才是發送，為使發射機得到更充分的使用，收發兩用無線電台有時設有輔助接收机。

如果收發兩用無線電台與無線電通信網內的若干個通信員保持着联系，則輔助接收机可以分离出來接收非無線電通信網內的通信員的信號。

為了在發射機工作時可以在輔助接收机上實現沒有干擾的接收，后者得設置在稍微離開無線電台的地方；在這種情況下，與

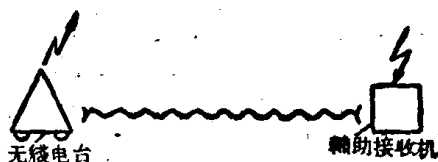


圖 6 具有輔助接收机的無線電台

無線電台間的联系是借電話綫來實現的(圖 6)。沿這條電話綫，接收机旁的值班無線電報務員，可以通過發射機來回答自己的通信對方。

如果工作條件要求將無線電通信集中起來，則可組織無線電中心站。無線電中心站就是集中起來進行共同工作的一定數量的無線電設備。圖 7 表示無線電中心站最常用的組織原理圖。如果

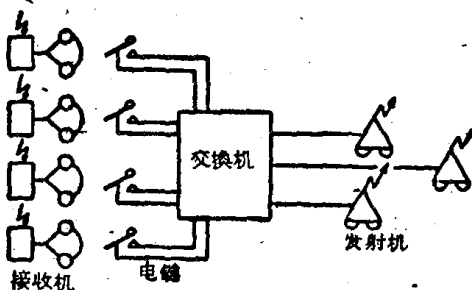


圖 7 集中控制的無線電中心站

按此种方式来组织无线电中心站，则接收机照例设置在离开发射机一定距离的地方，以避免干扰。

无线电中心站的接收机往往多于发射机，每个发射机都可以用任一接收机近旁的电键沿导线经交换机来控制。因此，在接收-键控站的接收机旁的值班无线电报务员只管通信，而在发射机旁的值班员只负责把发射机调到通信所必需的波长上，以及进行发射机的开和关。

无线电中心站工作的特点是无线电通信的可靠性（因为可以调换无线电设备），并且在使用上有许多的优点。

**无线电通信线。**利用无线电中继干线（简言之即所谓无线电通信线）来通信是无线电通信的最现代化的形式之一。无线电中继干线（图8）是一系列的收-发装置，其中两个是供通信员用的终端站，而其余的则为中继装置。这种装置通过接收和放大上一中继站发出的信号，然后向次一中继站发送出去的办法，以加大

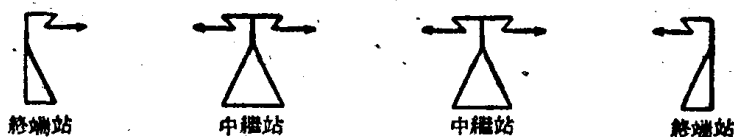


图8 无线电中继干线

通信距离。各个中继装置设置在相距数十千米的地方。无线电通信线都利用超短波（主要是利用分米波），这就给采用定向辐射天线提供了可能性，从而使无线电通信线的性质与有线长途通信相似。和有线通信线一样，无线电通信线也可以复用，亦即可容许若干对通信员同时工作。但是，架设无线电通信线比较快，同时需要消耗的人力和运输设备也比架设同样长度的有线通信线为少。无线电通信线的主要优点是，能够越过江河障碍和通过因某种原因而不能敷设有线通信线的地区来进行通信。无线电通信线可以是有线通信线的延续或者插入在有线通信线之间，或者单独完成通信任务。



\* \* \*

本章講述無綫電通信和無綫電器械的簡要知識。其次兩章討論無綫電台的各个元件及其工作。最后兩章詳細地分析發射机和接收机的全部电路及这些無綫電裝置整体的工作原理。

---