



中等专业学校教学用书

無線电基础

上册

M. B. 阿馬列茨基著

人民教育出版社



中華人民共和國教育部審定

無線電基礎

上 冊

周自齊 編 吳仲賢 校

人民教育出版社

中等專業學校教學用書



無 線 電 基 礎

上 冊

M. B. 阿馬列茨基著

張世璜等譯

人民教育出版社

本書係根據蘇聯國立電訊書籍出版社 (Государственное издательство литературы по вопросам связи и радио) 出版的阿馬列茨基 (М.В. Амалицкий) 著 “無線電基礎” (Основы радиотехники) 1949 年版譯出的。原書經蘇聯郵電部審定為通訊中等技術學校教科書。

全書分上下兩冊。上冊計分八章，首論單迴路的振盪原理，包括單迴路的自由振盪和串聯、並聯迴路中的強迫振盪；次論耦合電路中的強迫振盪；再論具有分佈常數的電路的理論。此外並敘述了迴路元件的計算原理和濾波器的理論。

參加本書上冊翻譯和校訂工作的為郵電部張世璣、蕭篤堃、沈成衡、翁龍年、梁承德、湯國權、梅國修、鍾保安、李朔生、趙大和等同志。

本書原由高等教育出版社出版。自 1960 年 4 月 1 日起，高等教育出版社奉命與人民教育出版社合併，統稱“人民教育出版社”。因此本書今後用人民教育出版社名義繼續印行。

無 線 電 基 礎

上 冊

М. В. 阿馬列茨基著

張世璣等譯

人民教育出版社出版 高等學校教學用書編輯部
北京宣武門內承恩寺 7 號

(北京市書刊出版業營業許可證出字第 2 號)

中央民族印刷廠印裝

新華書店發行

統一書號 15010·72 開本 850×1168 1/32 印張 7 12/16 字數 135,000 印數 14001—29,000

1955 年 12 月北京第 1 版 1960 年 7 月北京第 8 次印刷 定價 (5) 0.80

上 册 目 錄

第一章 緒論	1
§ 1. 無線電技術發展的簡短概論	1
§ 2. 現代無線電通訊原理	15
§ 3. 振幅調制的分析	21
§ 4. 關於頻率調制的基本概念	27
§ 5. “無線電基礎”課程的目的	29
第一章習題	33
第一章研究題	33
第二章 迴路中的自由振盪	35
§ 1. 理想迴路中的自由振盪	35
§ 2. 實際迴路中的自由振盪	38
§ 3. 衰減的對數減量	45
§ 4. 自由振盪過程的延續時間	47
第二章習題	48
第二章研究題	49
第三章 串聯迴路中的強迫振盪	50
§ 1. 在穩定情況下的強迫振盪	50
§ 2. 電壓諧振的條件	51
§ 3. 迴路的參數	53
§ 4. 未穩定狀態下的強迫振盪	54
§ 5. 諧振曲線	53
§ 6. 串聯迴路的通頻帶	63
§ 7. 根據諧振曲線求衰減的對數減量	67
第三章習題	68
第三章研究題	70
第四章 並聯迴路中的強迫振盪	71
§ 1. 諧振時並聯迴路的阻抗	71

§ 2. 失調不大時並聯迴路的等效阻抗	77
§ 3. 總路的電流和迴路支路的電流	80
§ 4. 並聯迴路的特殊情況	83
§ 5. 分給並聯迴路的電功率	84
§ 6. 並聯迴路的諧振曲線・通頻帶	85
§ 7. 並聯迴路的濾波作用	88
第四章習題	98
第四章研究題	94
第五章 耦合电路中的强迫振盪	96
§ 1. 耦合類型・耦合係數	96
§ 2. 以一個等效迴路來代替兩個耦合迴路	99
§ 3. 諧振條件・耦合頻率	104
§ 4. 複雜耦合時耦合係數的確定	109
§ 5. 在次級迴路中最大電流的獲得	110
§ 6. 臨界耦合	115
§ 7. 兩個耦合迴路的通頻帶	117
§ 8. 耦合电路內電功率的平衡	119
§ 9. 耦合电路的自由振盪	124
§ 10. 電振盪耦合系統與機械振動耦合系統的比較	128
§ 11. 有關耦合电路理論的各種應用	131
第五章習題	133
第五章研究題	134
第六章 迴路元件的計算原理	136
§ 1. 迴路元件是振盪电路的基礎	136
§ 2. 趨膚效應	137
§ 3. 導線在高頻工作時的計算	140
§ 4. 線圈電感的計算	143
§ 5. 線圈中損耗電阻的計算	146
§ 6. 互感數值的計算・變感器	149
§ 7. 線圈的設計原理	151
§ 8. 固定電容器及可變電容器	156
§ 9. 電容器中損耗電阻的計算	162
§ 10. 電容器設計原理	164

§ 11. 線圈和电容器的各种应用.....	167
第六章習題.....	168
第六章研究題.....	169
第七章 具有分佈常數的电路的理論	170
§ 1. 一般概念、電報方程的推演.....	170
§ 2. 電報方程的解.....	173
§ 3. 負荷阻抗等於特性阻抗的傳輸線.....	175
§ 4. 均勻線上能量移動的過程.....	178
§ 5. 衰減常數和相移常數.....	181
§ 6. 特性阻抗.....	183
§ 7. 波長和傳播速度.....	185
§ 8. 從均勻傳輸線終端的電波反射.....	187
§ 9. 在不同負荷時的理想傳輸線.....	190
§ 10. 傳輸線的輸入阻抗。傳輸線上的諧振現象.....	201
§ 11. 不均勻的傳輸線.....	210
§ 12. 具有分佈常數的電系統和機械系統之間的比較.....	212
第七章習題.....	214
第七章研究題.....	215
第八章 濾波器	216
§ 1. 濾波器的類別及工作原理.....	216
§ 2. 濾波器的特性阻抗.....	222
§ 3. 衰減常數和相移常數.....	223
§ 4. 通低頻濾波器.....	226
§ 5. 通高頻濾波器.....	228
§ 6. 通帶頻濾波器.....	229
§ 7. 止帶頻濾波器.....	233
第八章習題.....	233
第八章研究題.....	234
習題答案	235

第一章 緒論

§ 1. 無線電技術發展的簡短概論

从古到今最偉大的發明——無線電——是在我們國內產生的。無線電是俄國學者亞歷山大·斯捷潘諾維奇·波波夫(Александр Степанович Попов)發明的。他於1895年5月7日(新曆)在聖彼得堡俄國物理化學學會的物理組大會上公開的表演了自己的“檢雷器”——這是一個檢示雷電的儀器。這就是第一個用天線的無線電接收裝置,因此,我們就把1895年5月7日定為無線電技術的誕生日。

我們研究一下圖1所示的線路,對波波夫檢雷器的工作原理就清楚了。導線 A 掛在地面上(天線),其下端經粉末檢波器 K 接地,粉末檢波器是一個鍍有兩電極的玻璃管,其間充滿細金屬粉末。這種粉末檢波器在一般情況下具有較大的電阻。選擇供給粉末檢波器電源的電池 B 的電壓,使得繼電器 P_1 電路中的電流不足以吸動銜鐵 H 而使接觸點 a 閉合。當有電磁波,例如所謂雷電,作用於導線 A 時,則在導線中所引起的振盪使微小的火花出現於粉末之間,因此,粉末集結成塊,結果粉末檢波器的電阻減小。輔助繼電器 P_1 電路中的電流增大,吸動銜鐵 H ,使接點 a 閉合。於是第二繼電器 P_2 的電磁鐵電路接通了,吸動固定在鈴 L 的小錘 M 上的銜鐵,而鈴聲說明了粉末檢波器有電流通過。

因為粉末檢波器中的金屬粉末在電磁波作用以後,對下一個電波的接收不靈敏了,А.С.波波夫採取了一種構造,使小錘 M 在

粉末檢波器上敲打，振動了粉末，因而恢復了粉末的灵敏度，在波波夫所採用的構造中(圖 1)，由於在小錘 M 敲打鈴 P 時，電磁鐵 P_2

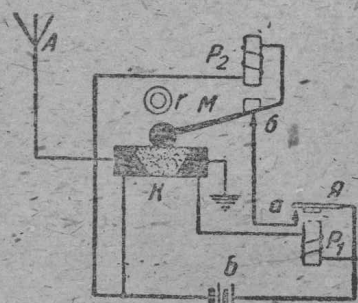


圖 1

的電路在 δ 點斷路，因而小錘落到粉末檢波器上並振動了粉末。後來，亞力山大·斯捷潘諾維奇用電報機代替了電鈴，這樣，就由檢雷器得到無線電報接收機。

A. C. 波波夫的發明一方面是理論探討與實驗研究在電磁波領域的成就，另一方面，一般說來是無線

電技術發展的基礎，特別說來是無線電報通信發展的基礎。

E. 馬克斯威爾創立了用在無線電通信方面的電磁波的一般理論。他的理論也被 H. 赫茲 (1887 年) 與 H. H. 列別捷夫 (1895 年) 用實驗証實了。

馬克斯威爾說出了，並在理論上建立了關於電磁波存在的假設，這種電磁波以光速在空中傳播。在 1864 年馬克斯威爾所發表的，關於光的電磁理論的學說，深深的改變了並推廣了物理現象的概念。這個理論的本質就是它認為光是電磁波的一種特殊形式，光譜是電磁波譜分段中的一個，無線電波也屬於電磁波譜。

赫茲的實驗使用了所謂偶極子 A (圖 2) 作為無線電波的發射器，其長短與波長可以相比的 (實驗之波長為數十厘米)。

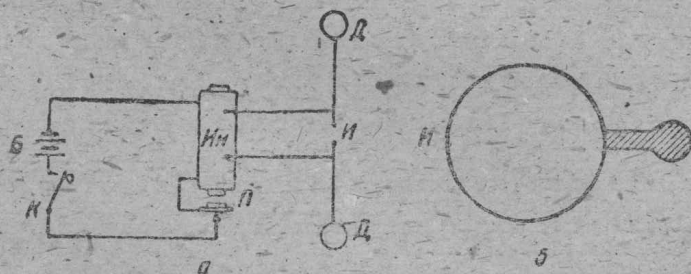


圖 2

偶極子的電源為感應線圈 H_n 。當電鍵 K 接通時，斷續器 Π 就交替地將感應線圈的初級電路（電池 B 是連接在初級電路裏）接通和切斷。同時，在次級線圈的接線柱上產生了高電壓，因為次級線圈的圈數較初級線圈多得多。由於次級線圈的接線柱與偶極子的火花隙 Π 相連，偶極子儲存了能量，其數量由其電容量與火花隙的擊穿電壓決定。當火花隙被擊穿並產生使偶極子電路閉合之火花後，在偶極子電路中即產生頻率等於偶極子的固有頻率的電振盪。這種振盪在偶極子附近產生電磁擾動，它以光速在空間傳播。為了發現電磁擾動，赫茲使用了一種所謂“諧振器”的儀器，它是一個具有幾個十分之一毫米火花隙 Π 的金屬環（圖 26）。發射設備的工作是由“諧振器”火花隙所產生的小火花所發現的。

II. H. 列別捷夫在其卓越的實驗中使用了可以工作在毫米波（ $\lambda = 6$ 毫米）的小型儀器。

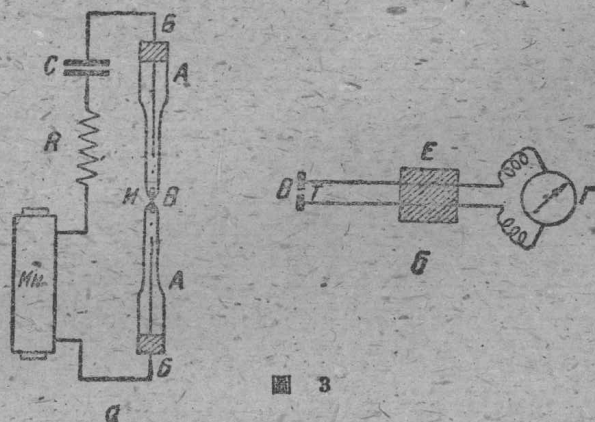


圖 3

II. H. 列別捷夫用圖 3a 所示的電路作為電磁振盪的激勵器。用兩只鉛製圓柱體（每只長 1.3 毫米，直徑 0.5 毫米）做成的振子 B 是發射器，它們鉗在玻璃管 A 內。振子由感應線圈靠着火花來充電，而火花是從導線 Γ 跳到鉛圓柱體上。電容器 C 與大電阻 R 阻礙了感應線圈用振子放電。振子位於圓柱形反射器的焦點上（高 20

毫米，孔徑 12 毫米，焦距 6 毫米），將振子與反射器放在煤油池中，從煤油池中放出的光線經過雲母窗射到空氣中。

И. И. 列別捷夫的檢波器（其線路如圖 36 所示）是兩個各長 3 毫米的振子 B 所組成的系統，放在拋物線形反射器的焦點上（其高 20 毫米，孔徑 12 毫米，焦距 1.4 毫米）。振子彼此相對的兩端鉗着鋼與康銅製成的兩個小圈，這兩個小圈組成熱偶 T （圖中未畫）。這只熱偶經過振子與鉗在熱偶上的彈性導線，連接在靈敏的電流計 I 上，上述導線固定在膠木片 E 上，並拉緊熱偶的兩個小圈，以保證它們之間的接觸。當諧振器受到激勵的時候，在每一振盪中諧振器都經過熱偶導線部分地放電，其熱量可由很靈敏電流計的首次偏轉測出。

Г. 赫茲與 И. И. 列別捷夫用自己的實驗證明了馬克斯威爾關於光波與電磁波同一性質的理論的正確性。

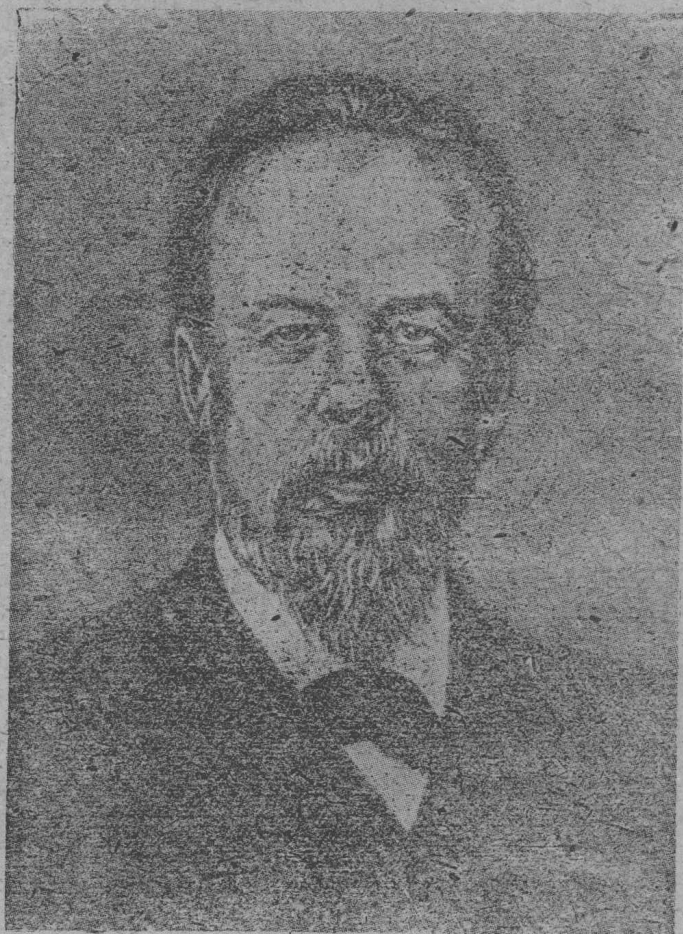
A. C. 波波夫是最初普及電磁波實驗並探求其实际使用的一位。他首先開闢了這條道路，在 1895 年 5 月 7 日公開的表演了世界上第一只無線電接收機，簡稱為“檢雷器”，因為他的接收機接收由雷電形成的電磁波。就在這一年，波波夫開始了發射機的實驗，並使用垂直天線，使信號的發射達到 60 米的距離，這就是第一個無線電報。

波波夫在 1897 年之初，實現了喀琅施塔得海岸與艦艇間的通信，距離為 640 米。

在 1899 年初，當 A. C. 波波夫的好友 И. И. 雷布金創始了用電報耳機接收無線電報信號的不久以後，就實現了距離為 50 公里的通信。

最後，為了實用上的目的，無線電報通信的卓越使用是在 1900 年初。1899 年秋季，新艦艇“阿普拉克新海軍上將”號在高哥蘭德島附近觸礁。為了組織救護工作的目的，委託 A. C. 波波夫用

無線電保證陸地與高哥蘭德島的聯系。1899年10月20日，A. C. 波波夫抵芬蘭海岸的考特卡城，其好友 И. И. 雷布金在高哥蘭德島。1900年1月14日破冰船“葉爾馬克”把可以拆卸的小屋和天線



A. C. 波波夫。(1859—1906年)

桿送到高哥蘭德島。1月24日早晨樹立了高達48米的天線桿，就在這一天與距離44公里的考特卡港的無線電台進行了通信。從考特卡發來的第一封電報（在1900年1月24日14點鐘）被高哥蘭

德的無線電台收到了。這封電報是發給“葉爾馬克”的船長，通知他在拉溫沙里附近有載着漁夫的裂冰，並命令立即拯救這些人們脫險。破冰船“葉爾馬克”立即馳往出事地點，並救護了裂冰上的27個漁夫。這樣，在無線電剛開始發展的時期，俄羅斯的發明已經以人道的目的開始為人類服務了。世界上首創的無線通信工作繼續到了四月，直至“阿普拉克新海軍上將”號艦艇脫險時為止。在這條線路工作期內發送了410封公務電報，其中最長的有108字。

A. C. 波波夫在創造及發展無線電技術與無線電報的事業上，功績是極其偉大的。他首先使用天線並創造了適合於實際接收信號的儀器組合。以 A. C. 波波夫的儀器接收信號，具有足夠的靈敏度和穩定度。

考慮到接收的信號強度很弱，A. C. 波波夫在該儀器上安裝了繼電器，該繼電器在信號的影響下，對本地的電源起作用；同時，從而使印碼機動作起來。使用這種方法波波夫實際上是把信號放大了。

從一開始，A. C. 波波夫就注意到了無線電技術中諧振現象的重大意義，力求做到接收與發射天線的最佳調諧，並做出了第一個測量儀器。

儘管 A. C. 波波夫在科學的面前在人民的面前具有不可估計的功績，沙皇制度的條件影響了無線電的發展歷史。沙皇政府的官僚主義與保守心理阻礙了無線電發明的進展。在協助 A. C. 波波夫進行工作方面，沙皇政府的官僚們實際上什麼也沒做。儘管波波夫不斷的和堅持的建議，技術幹部的培養沒有進行，也更沒有組織本國無線電儀器的生產。但是，即使在革命前俄羅斯的這種極其困難的工作條件下，A. C. 波波夫還是實現了自己的發明，在無線電技術的發展上和無線電通信距離的增加上，每年都得到更多的成就。

不能說在沙皇的俄羅斯任何人都不得曉得無線電的重要和A. C. 波波夫發明的可貴意義。進步的俄羅斯的科學與技術工作者，例如C. O. 馬加羅夫上將，極其了解愛國者科學家發明的重大意義，並給予極大的幫助，但在當時，決定祖國的命運的和決定國內發生的各事件的命運的，不是他們，更不是人民的代表。

A. C. 波波夫是熱愛自己祖國的，當他被邀請到國外工作的時候，他說：“我們俄羅斯人，所有我的知識，所有我的勞動，所有我的成就，我只有權力獻給我的祖國。儘管這裏不了解我，儘管有些人還譏笑我，但是我還是以生為俄國人而驕傲。如果當代的人不了解，那麼後代的人是會了解的，我對祖國的忠忱是多麼偉大，而新的通信工具不是在國外而是在俄羅斯發明又是多麼使我感到幸福”。

無線電技術發展的第一階段

一直到1904年為止，無線電技術的發展是沿着改進用火花直接送到天線上去的激勵振盪方法前進的。從1904年起，接到天線上的火花隙改為所謂中介迴路（見圖4），它包括電容 C 和電感 L ，並由感應線圈 H_H 作為其電源。當電容器 C 充電，其電位達到迴路火花隙 H 的擊穿電壓時，則產生火花，由火花而閉合的迴路 LC 就發生電振盪。火花隙

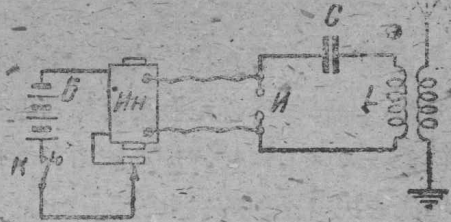


圖 4

被調整到：使火花的熄滅比感應線圈對電容器的充電要早得多。

中介迴路的振盪激勵了與其耦合的次級迴路，也就是說，激勵了天線迴路。接在迴路中的電容 C 較天線的電容大得多，這就有可能增大振盪的功率，而火花隙由天線迴路移到中介迴路，使天線

上振盪的衰減減小，並使接收機對該發射機的調諧更尖。

從 1905 年起，改用了特殊構造的放電器，這種放電器就在中介迴路的全部能量轉移到天線上的瞬間很快地將火花熄滅。因為天線迴路的衰減，在天線迴路中沒有火花隙時要比有火花隙時小，那末這樣就得到了衰減小的振盪。此外，用這種所謂衝擊激勵的方法也可以避免兩個振盪頻率的產生，這是由於中介迴路與天線之間的緊密耦合所引起的。

火花型無線電台可以發送長時間的或短時間的衰減振盪組，也就是說，只能發送點和劃。如圖 5 所示，短時間的減幅振盪組就是點，而長時間的就是劃。

諧振現象的利用是促成無線電技術進一步發展的有力工具。無論收訊台或發訊台的閉合迴路都可以用電感或電容的改變來調諧，天線的調諧是以改變導線的長短來進行的。後來，就用天線下端接入電容或電感的方法來調諧。

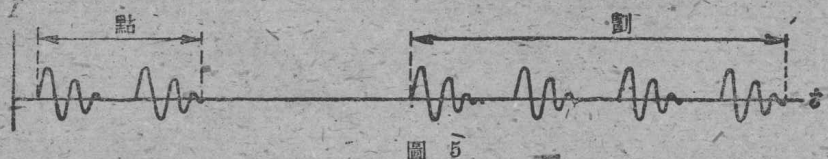


圖 5

下一步，擺在接收技術面前的就是用晶体检波器代替粉末檢波器，晶体检波器是金屬導線與礦體的結合或是兩種不同礦體的結合。導線與礦體的接點或兩種礦體之間的接點，對不同方向的電流表現着不同的導電性。

如果經過耳機流過一串高頻振盪，那麼耳機的膜片由於其惰性的原因不能隨着高頻的正負半波而動作，因而停留在靜止的狀態。如果高頻波預先經過檢波，也就是說切掉正的或負的半波（見圖 6），然後再送到耳機，則膜片將處在某一符號脈衝的作用下，並將對一連串的已整流的波有所反應。在這種情況下，耳機中將听

到声音,其週期由兩相隣電波的時間間隔 T 來決定。这样,對於在耳机中接收減幅波,必須要完成高頻波的檢波。檢波器和耳机是比粉末檢波器更灵敏的电磁波指示器。近代的接收机工作原理也是建立在檢波的应用上。

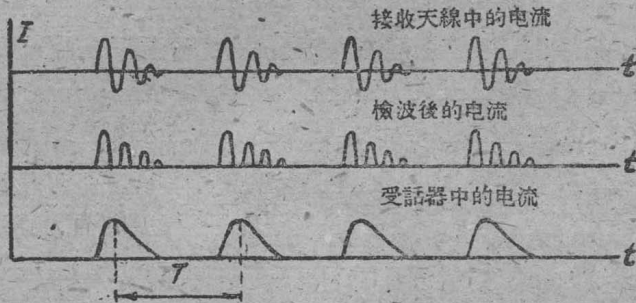


圖 6

用無線電作電話通訊的理想,必須要尋求獲得等幅高頻波的方法,因為減幅波不能使用於这样的目的。最早的等幅波是在1913年用电弧得到的。圖7表示电弧發生器的电路,电弧 A 是电离的間隙,它是一个可变的电阻,一端接到直流电源(一般是直流發電机),而另一端接到振盪迴路。振盪迴路的高頻电流加到直流电源上,產生了週期性燃熄的弧。在弧燃的瞬間,直流电流將迴路 LC 的电容器 C 充电,補償了它所有發射与熱損耗所決定的損耗。迴路中損耗的補償,支持了振盪的振幅。

扼制圈 L_p (圖7)是为了使高頻振盪与直流电源隔開。

上述裝置的振盪只能在电源功率很大時才能得到,而且电磁波是低頻的(長波的)。這點阻碍了电弧振盪器的進一步改進。

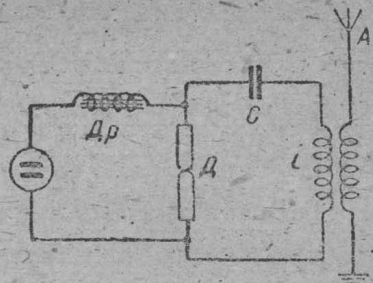


圖 7

後來，按照交流电机的一般工作原理製造了高频电机。但是這些电机也只能工作於很長的波長上，大約數萬米。此外，在高频电机的製造與使用上，遇到了極端的困難。例如，甚至是極長的波長，電樞的直線速度要達到每秒300米，這一事實已足夠說明這些困難了。對於比較短的波長，使用所謂倍頻器。

無線電技術的第一階段，說明了無線電通訊幾乎完全是無線電報。儘管在原理上無線電話用電弧和高频电机產生的等幅波是可能了，但是由於一系列的技術原因，這種以電弧振盪器和高频电机作基礎的通訊實際上沒有實現。

二極電子管的發明(1904年)和三極電子管的發明(1907年)有力地幫助了無線電技術的發展。

無線電在蘇聯

在發明家 A. C. 波波夫逝世以後，他的事業幾乎全部被忘掉了。在俄羅斯，除去海務部無線電報局之外，波波夫所創始的事業已落到外國人的手裏去了。外國公司的代理人甚至企圖否認 A. C. 波波夫在發明無線電上不容爭辯的優先權。

只有在偉大的十月社會主義革命以後，才產生了我們祖國的無線電技術。其發展的前幾年是在封鎖與國內戰爭的條件下進行的。

無線電發展史在蘇聯是緊密的與弗拉基米爾·伊里奇·列寧和約瑟夫·維薩里昂諾維奇·斯大林的名字相聯系着的。

B. II. 列寧天才地估計了無線電的價值，他預見了無線電不僅是一種卓越的通訊方式，而且是極重要的培養羣衆提高政治與文化水平的工具，他把無線電叫作“萬人大集會”，“沒有紙和沒有距離的報紙”。

按照 B. II. 列寧的指示，建立了尼熱哥羅德城無線電實驗室，