

超外差收音机

苏联 E. A. 列維欽著

戴 熾 侗 譯

人民邮电出版社

苏联
业余无线电
丛书

Е. А. ЛЕВИТИН

СУПЕРГЕТЕРОДИН

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО

МОСКВА 1954 ЛЕНИНГРАД

內 容 提 要

本書以敘述物理概念的方式來介紹超外差收音機的基本知識。先是敘述超外差接收方法的特點。然後逐次系統地分析了超外差收音機中的各級——高頻輸入級、中頻級、中頻放大級、檢波級等的工作，同時並舉出了這些電路級的各種典型電路。另外還專有一章對自動增益控制作了較詳細的研討。

本書適於已經明瞭各種簡單收音機工作原理，並已獲得自製經驗的業餘無線電愛好者們閱讀。

超 外 差 收 音 機

著 者：蘇 聯 Е. А. 列 維 欽

譯 者：戴 熾 侗

出版者：人 民 郵 電 出 版 社

北京東四6條13號

(北京市書刊出版業營業許可證出字第〇四八號)

印刷者：北 京 市 印 刷 一 廠

發行者：新 華 書 店

開本 787×1092 1/32

印張 4 頁數 66

印刷字數 78,000 字

印數 12,301—27,305 冊

1956年7月南京第一版第一次印刷

1958年6月北京第二次印刷

統一書號：15045·4413—無103

定 價：(9) 0.44 元

目 錄

緒 言	(1)
第 一 章 超外差收音機電路的組成部分	(15)
第一節 變頻.....	(15)
第二節 中頻放大器.....	(19)
第三節 檢波器.....	(32)
第四節 低頻放大器.....	(34)
第 二 章 變 頻	(35)
第一節 變頻器.....	(38)
第二節 本機振盪器.....	(45)
第三節 變頻級的電路.....	(56)
第四節 迴路的統調.....	(62)
第 三 章 中頻放大器	(73)
第一節 中頻數值的選擇.....	(73)
第二節 中頻放大器的電路.....	(79)
第三節 頻帶放大器.....	(81)
第四節 通頻帶的調節.....	(89)
第 四 章 檢 波	(92)
第 五 章 自動增益控制	(101)
第一節 簡單的自動增益控制電路.....	(103)

第 二 節	延遲式自動增益控制的電路.....	(108)
第 三 節	放大式自動增益控制的電路.....	(112)
第 四 節	無雜音調諧電路.....	(114)
第 六 章	超外差收音機的全部電路	(119)
第 一 節	低頻放大器.....	(119)
第 二 節	準確調諧指示器.....	(121)
第 三 節	收音機的典型電路.....	(124)

緒 言

在1895年的時候，A·C·波波夫發明了世界上的第一部無線電收音機。但此後還經過了多年頑強的努力，才使得無線電成爲廣大羣衆的財富。

革命前的俄國是沒有自己的無線電工業的。只有在偉大的十月社會主義革命以後，在B·H·列寧的直接指示之下，祖國的無線電工業才開始發展起來。在幾個五年計劃的年代中，無線電工業已經變成爲工業中的一個強大部門了。各種無線電技術部門的蘇聯學者和研究者所做的工作，使無線電技術中的，特別是在無線電接收方面的一些最複雜的問題解決了。這樣就爲無線電的蓬勃發展創造了條件。今天，無線電收音機已成爲現代無線電設備中最爲大衆化的一種機器，它的數量以數百萬計。

由於黨和政府的關懷，在我們國家內已經達到了最大規模的無線電化。無線電廣播已經普及到蘇聯全部遼闊的領土上。把新聞和消息從首都傳送到俄國的邊遠地區，需要經過幾星期甚至幾個月的時代早已經過去了。無線電克服了距離。一個小小的無線電收音機，就可以使蘇維埃的人們通過看不見的導線，和他們自己國家中主要的中心城市保持着經常的聯系，很

清楚地知道所有那些激動人心的事件。無線電還給邊遠地區帶來了文化。

根據有歷史意義的十九次黨代表大會所提出的任務來說，無線電的作用是大大地增大了。在黨代表大會的決議中曾規定了許多巨大的措施，用以進一步提高我國人民的文化水平。這些措施中就包括有進一步地開展無線電化；增大無線電廣播站的功率；以及增加供居民用的無線電收音機的生產。

在國家無線電化的過程中，蘇聯的無線電業餘家們起了不小的作用。他們用自己的雙手裝配了大量的收音機，從最簡單的礦石機，直到複雜的各種多管的收音機，其中還應用了無線電技術中最新的成就。從事於無線電收音機裝配的業餘家們，一般都並不滿足於他們在無線電這一技術部門中獲得的初次的成功，他們總還在不斷地力圖改進自己所裝配的設備，把它們做得更完善。

現代的電子管收音機是一種複雜的裝置。因此無線電業餘家們在着手學習和設計這種機器的構造時，必需很好地瞭解它的工作原理，對於收音機電路中所有基本組成部分的意義和作用，應具有明確的概念。

這本書的目的，就是幫助那些已經具備有無線電基礎知識，並對直接放大式收音機有一些實際裝配經驗的業餘家，使他們瞭解更複雜一些的收音機，即現時應用得最普遍的超外差收音機的工作原理。

書中敘述的是收聽無線電廣播用的超外差收音機的材料。無線電廣播收音機不僅需要完全保證能清晰地收聽語言，而且還要能藝術地播送出歌曲和音樂。這種收音機的技術任務就是保證可靠地接收無線電廣播，並且能在最小的失真情況下把收到的廣播聲音重發出來。

無線電廣播收音機的工作質量，決定於其中所有組成部分（包括高頻和低頻的放大器、揚聲器、機盒等）的工作質量。收音機中低頻部分的電路對重發廣播聲音的質量有很大的影響。如果要使這一部分工作得好，就需要使收音機中檢波器能給出沒有失真的音頻電壓。而送到檢波器來檢波的電壓，又是從收音機的高頻部分來的。這個高頻部分的主要作用，就是從接收天線上由於受很多無線電台電波的作用而產生的多數信號中，選擇出我們需要接收的信號，並把它放大到能使檢波器正常工作所需要的水平。

這本書只討論在無線電廣播用超外差收音機高頻部分中所發生的主要物理過程。對超外差收音機來說，這一部分就是最特殊的地方。

至於超外差收音機中的低頻部分（包括低頻放大器的前置級和末級），以及這種收音機中的電源部分（整流器），都和直接放大式收音機中相應部分的工作情況一樣。因此在超外差收音機上述這些部分中所發生的物理過程，並不是這種收音機所特有的，所以本書中不再加以討論。

首先，我們來簡單地講一下對無線電廣播收音機的主要要求，一些最主要的參數或特性的意義，以及它們在收音機工作中所起的作用。

無線電收音機的主要作用，就是把最初在無線電廣播電台送話器前所產生的聲音重發出來。重發這個聲音的任務是直接由揚聲器來完成的，而收音機則是來供給揚聲器工作所需要的電功率。在收音機中，全部的元件都參與了產生這個電功率的工作，雖然在完成這個任務時，每一元件是起着不同的作用。

我們所最感興趣的，就是收音機主要特性和收音機高頻部分工作情況的關係。這個高頻部分是指從天綫輸入端開始，直到包括檢波級為止的這一段。對收音機中這一部分來講，具有決定意義的指標首先就是靈敏度和選擇性，而選擇性又必需和頻率特性緊密聯系着來討論。

靈敏度 收音機接收微弱信號，即遠距離電台信號的能力，由收音機的靈敏度來決定。而收音機的靈敏度就決定於收音機中從輸入端到輸出端所有各級增益的總和。但是，收音機中總的增益在整個接收系統各不同部分中，並不是可以任意分配的。例如，若低頻增益太大，就可能在收音機輸出端產生強烈的雜音；若接收來的信號在檢波以前放大得不夠，那末在微弱信號的檢波過程中，就會產生過份的失真；假若高頻部分的增益太大，又會使收音機工作不穩定，容易引起自激，以及等等。因此，關於收音機中總增益在所有各不同部分間的分配間

題，是有重大意義的。

選擇性 無線電收音機從作用在接收天線上所有不同頻率的電磁波中，選擇出它所調諧的某一頻率電波的能力，稱為收音機的選擇性。收音機所以有選擇性，是因為利用了其中振盪迴路的諧振現象。

應當注意，被接收來的無線電話信號的頻率成份是十分複雜的。其中包括有發射電台的載波頻率，以及用音頻調制載頻時所形成的邊頻。每一個音頻都有一個對應的邊頻。音頻的音調愈高，邊頻頻率與載波頻率相差就愈遠。當廣播語言或音樂時，由於各種不同頻率的音頻波同時作用於載波，就相應的形成了一連串的邊頻，稱為邊頻帶。為了使廣播不致失真，收音機就要能接收這一整個邊頻帶，並且使它得到同等程度的放大。

假若用 f 來表示載波頻率；用 F 來表示調制頻率。那麼邊頻的頻率就是 $f + F$ 和 $f - F$ 。當無線電廣播時，要能傳送整個聲音頻帶，約自最低的50週到最高的10千週，這時邊頻在載波兩邊形成了寬為±10千週，即總共寬為20千週的邊頻帶。所有這些頻率，在發射機中必需都發射出去，而收音機也必需全部完好的把它們接收下來。在收音機中經過檢波以後，所有的邊頻又重新轉變為相應的聲音頻率。

收音機中每一個振盪迴路的諧振曲線愈尖銳，它的選擇性就愈好。

因此，如果要使收音機具有很高的選擇性（調諧很尖銳），振盪迴路的諧振曲線就必需很尖銳（很窄，如圖 1 所示）。在這種情況下，所有其他的電台，只要它們的載波頻率與所接收電台的載波頻率相差很多，它們的信號就會有強烈的衰減。比起所收電台信號要微弱得多，以致這些電台的廣播實際上是收聽不到的。但是在另一方面，諧振特性曲線也必需有足夠的寬

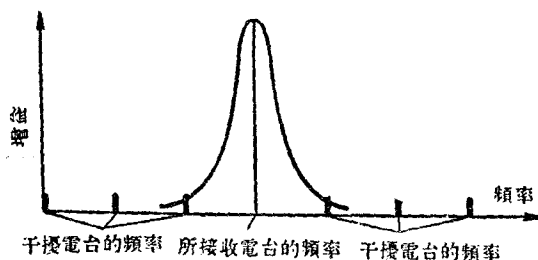


圖 1. 無線電收音機的諧振特性曲線

度，使收音機的迴路不僅能通過載波，而且也能沒有衰減地通過那些在調制過程中所產生的全部邊頻，如果不是這樣，那末接收來的無線電廣播在重發時就會有失真。假若我們希望使接收的廣播愈逼真，邊頻頻帶就應當愈寬，因為這時頻帶要包括整個音頻頻譜。無線電收音機理想的諧振曲線應該是長方形的（如圖 2 曲線 A）。在這種情況下，收音機無衰減的通過了全部所需要的頻帶，同時對那些載波頻率不在這個曲線範圍內的其他電台信號，就完全接收不到。但事實上不可能做成這樣一個具有長方形諧振曲線的收音機。實際上收音機諧振曲線形

狀如圖 2 曲線 *B* 所示。這根曲線的缺點是容易看出來的。如果要使收音機能通過足夠寬的頻帶而沒有嚴重的衰減，就必需把這個曲線的上部部分大大的加寬。但是這樣一來，就不可避免的使曲線下部部分也大大地加寬了。因此就使得由其他電台所形成的干擾的影響增加，即降低了收音機的選擇性。所以，現代優等收音機諧振曲線的形狀必需儘可能的接近於理想情況（長方形）。在這種情況下，既能保證有足夠寬的通頻帶，同時又能有很好的選擇性，即對所有干擾電台的信號都有很大的衰減。

要使得諧振特性曲線具有所需要的形狀，在不同型式的收音機中，可分別採用各種不同的方法。以後我們就會看到，超外差收音機在這一方面是有着相當大的可能性的。

頻率特性 整個收

音機（從天綫輸入端起到輸出端的揚聲器止）的頻率特性，是表示收音機對音頻頻譜中各不同頻率放大的均勻性如何。因此根據頻率特性曲線的形狀，就可以知道無綫電收音機是否能很好地播送聲音（或者不好，即有失真）。在收音機中對重發廣

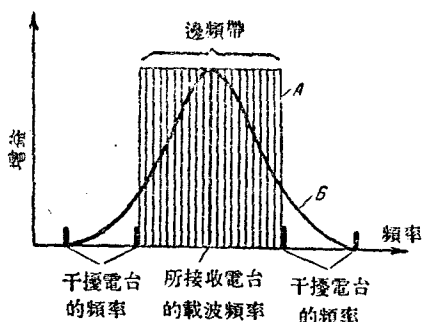


圖 2. 理想的長方形諧振特性曲線 (A) 和普通的諧振特性曲線 (B)

播聲音的質量影響最大的，就是用來把檢波以後所得出的低頻電壓加以放大的低頻部分以及揚聲器。同時，所收到的無線電廣播聲音的質量，在頗大的程度上也和收音機高頻部分的工作有關，首先要看在檢波以前的全部通頻帶中的電波在這一高頻部分中放大的均勻程度如何。

從以上對諧振特性曲線的討論中我們知道，當收音機調節到與所收電台諧振時，收音機對全部發射出來的頻率並不都給以同樣的放大。只有在準確的諧振頻率（即電台的載波頻率）上增益最大，在這個頻率的兩邊，離開這個頻率漸遠，增益將逐漸減少。換句話說，對不同邊頻的放大是不同的，因此對不同的音頻的放大也就不一致了。

收音機中對不同的頻率有不同的增益，就引起所接收的無線電廣播聲音失真。為了使這種失真降低到最小，收音機的諧振曲線必需具有這樣的形狀，即使得我們所需要的、被接收電台的頻帶，都位在該特性曲線頂部高度為其最大高度 0.7 倍處的範圍以內（如圖 3 虛線所示）。諧振曲線這一部分的寬度就稱為收音機的通頻帶。在這個頻帶中最邊沿二邊頻的增益與載波（諧振）頻率的增益比起來，只不過

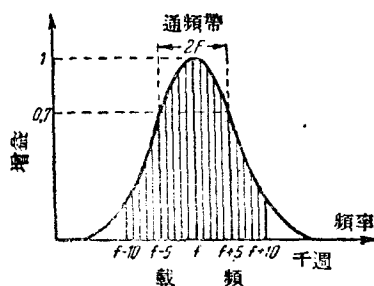


圖 3. 通頻帶

降低到為載波的 $\frac{7}{10}$ ($0.7:1 = \frac{7}{10}$)。

這樣我們就可以假定：凡不致衰減到為諧振頻率的 $\frac{7}{10}$ 以下的全部頻率，都能相當好地通過諧振迴路。

因此，與這一通頻帶中最遠邊頻相當的最高聲音頻率，就要比最低的音頻（由離開載波很近的那一邊頻取得的）弱一些，即為它的 $\frac{7}{10}$ 。假若收音機（迴路）的諧振曲綫很窄，那麼離載波還很近的邊頻波通過它時，就已經會衰減到為載波的 $\frac{7}{10}$ 。因此，收音機的頻率特性對兩邊的高頻率將有嚴重的限制，這就引起聲音質量顯著的降低，使廣播的音質失真，因為音質（或音色）是決定於高音頻的。

所以收音機中的高頻部分對低頻特性有着重大的影響，在評定各種不同的收音機電路的工作時應當考慮到這一點。

暫時我們只提到收音機的這三個指標，因為它們是最能表現收音機的特徵和最主要的參數。現在我們就依據以上對靈敏度和選擇性所作的見解，來簡短地分析一下無線電收音機的電路結構。

如前所述，在無線電收音機中所進行的主要過程，就是把接收來的高頻信號放大，從中檢拾出低（音）頻率電波，再把低頻波的功率提高到使揚聲器正常工作所需要的水平。根據收音機的級別和功用，其中有一些收音機擴展了高頻部分；另一些擴展了低頻部分；而第三類則力圖使這兩部分同時都擴充。

目前接收無線電廣播，都是用直接放大式收音機和超外差

式收音機。

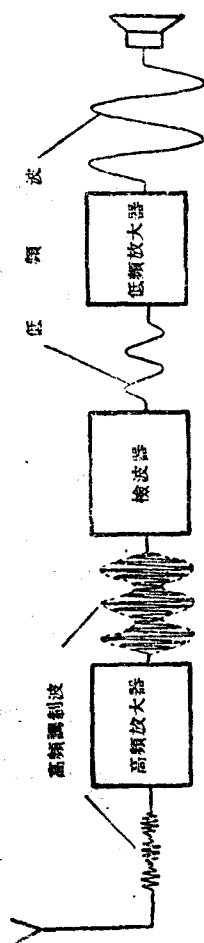


圖 4. 直接放大式收音機的作用圖

直接放大法的實質是這樣的：從天綫進入到收音機中的信號，在稱之為高頻放大器的這一部分中放大，然後這個放大了的電波在電路的檢波元件中被檢波，此後，檢拾出來的低（音）頻波再在收音機的低頻部分中予以放大（如圖 4）。在電子管較少的直接放大式收音機中，我們知道還應用了回授。回授的應用使得振盪迴路的損耗減少，結果就增加了收音機的靈敏度和選擇性。

直接放大方式的特點，就是接收進來的電波一直到檢波為止，都是在一個頻率——信號頻率上來進行放大的。收音機中的全部振盪迴路都要調諧到這一個頻率。

收音機的靈敏度是決定於其中放大級的數目、放大電子管及諧振迴路的質量。收音機的選擇性就只決定於諧振迴路的數目和質量。

要利用上述直接放大的方法來得

到較高的增益是很困難的。因為用來放大同一頻率電波的電路元件數目太多，就有產生寄生回授和使收音機自激的危險。

第二個困難就是在每次換收其他電台時，要同時調節所有用在高頻放大器中的迴路，把它們都調諧到這個電台的頻率。要把三、四個以上的振盪迴路同時都調諧在一個頻率，在技術上是十分困難的。因此調諧和調整多迴路直接放大式收音機是一件十分複雜的事情。同時，收音機諧振曲線的形狀也不夠好，增加調諧迴路的數目使特性曲線的上部部分變窄，而其下部部分仍然太寬，因此曲線的兩邊降落得不夠陡峭，從選擇性的觀點來說這是不夠好的。

此外，高頻的通頻帶寬度在同一波段內很不一致，在波段中高頻端的通頻帶比在低頻端的通頻帶寬得多。

應用了回授既可以大大地提高增益，同時也使得諧振特性曲線顯著的變窄。但是用這樣方法，主要僅使得特性曲線上部部分變窄，以致當增益達到可能達到的最大值時，會使通頻帶過份的縮窄。調諧有回授的直接放大式收音機時，難於得到穩定的再生，要轉換收音機的波段就更複雜一些，必需採用附加的控制設備等。

在接收較高的無線電頻率（例如短波）時，要用直接放大式的電路來同時得到高靈敏度和選擇性，並且保證重發時的高質量，事實上是不可能的。

直接放大的方法是歷史上用以完成足夠靈敏的無線電收音

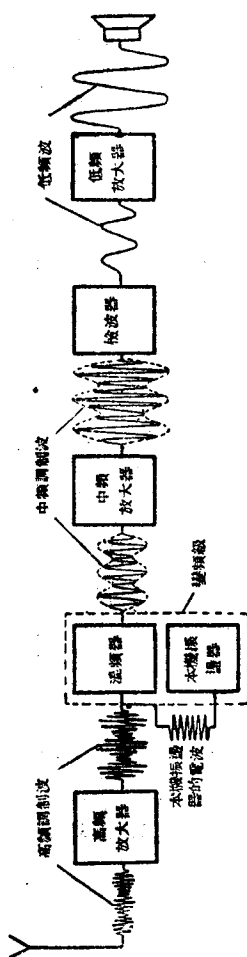


圖 5. 超外差收音機作用圖

機的第一個方法。

第二個接收的方法——超外差式接收方法出現得很遲。

超外差式接收方法的特點，就是進入到收音機中的電波，在它本身的頻率上受到的放大不是很大的。至於主要的放大，則是在它的頻率被變為所謂中頻之後來進行的。接收來的高頻電波，在收音機的變頻級中，與由本機的輔助振盪器所產生的電波，在所謂混頻器中相互作用的結果，就人為的造成了中頻波。這個變頻的過程，總使得任何頻率的信號，都轉變為同一預先確定的頻率，這個頻率就是上述的中頻（圖5）。

特別重要的，是在變頻的過程中，被改變（信號）的電波轉變成為中頻波，但是音頻的調制沒有任何變更。

超外差式接收方法將在下面第一章中較詳細的來討論。這裏我們

僅指出：由於變頻的結果，所接收的電波變成爲新的中頻電波；而調制的音頻仍然和信號載頻上的一樣。所以在收音機的變頻級以後對信號的進一步放大是在中頻上進行的。

超外差方法的優點就在於對高頻率電波的放大不像直接放大式那樣是在一個頻率上進行，而是先後在兩個不同的頻率上進行的——開始時是放大信號頻率，然後則是放大較低的中頻。這樣就使得檢波器爲止的穩定增益限度可以擴大，即可以得到相當大的總增益，而收音機沒有產生自激的危險。

超外差式接收方法的第二個特點，就是當收音機調節到任一電台（任一頻率）時，收音機的中頻總保持不變。因此收音機的中頻放大器就調一次，而且是永遠地調諧在同一頻率上，而與被接收電台的頻率無關。超外差收音機的這個特點，比起直接放大式收音機來，是一個重大的優點。因爲這樣就可以在中頻放大器中採用較多的振盪迴路，這些迴路只要在裝配和調節收音機的時候準確地調諧一次，以後在收音機工作過程中，當調諧到不同的電台時，如前所述，這些迴路就不要重新調諧了。在直接放大式收音機中，所有的諧振迴路每次都必需調諧到信號頻率，而且當它們調諧得不一致時，就會使整個收音機諧振曲線的形狀畸變，使增益降低，選擇性變壞。而實際上要把幾個調諧迴路平滑而且準確的同軸調諧，並且同時調諧在同一頻率，如前面所指出，是帶有巨大的技術上的困難的。

超外差式的又一優點，就是由於在中頻放大器中用了很多