

无綫电接收設備

上 册

程 西 津 編

內 部 資 料

北京科学教育出版社

1961.8

无綫电接收設備

程西津編

上 册

北京科学教育出版社

1961.8

前 言

无綫电接收設備分为上下兩册出版，上册为高频接收机，下册为超高频接收机。

上册内容包括調幅高频接收机各級和全机的工作原理，电路組成，工程計算和測試，并密切結合实际。

下册内容包括超高频接收机各个方面，特別着重地講述了雷达接收机、脉冲通信接收机、电视接收机和調频接收机等理論分析和計算方法。

本書主要大部分材料是由有关各校的原有教材中选出，小部分是新編的，其中电视机和脉冲无綫电话接收机是由B.И西福罗夫著（陈炳南等譯）“超高频接收机”中借来，因時間仓促，未及征得譯者同意，謹在此致以謝意。

本書虽分为上下兩册，但各有其自己的独立系統，不过下册是在上册的基础之上編写的，虽然互相独立，而又互相联系的。

本書編写和整理時間，不过半月，因時間短促不允許作較大的修改，而且編者水平有錯誤之处，一定很多，請讀者不吝指出，以便改正。

1961年5月

目 录

第一章 无綫电接收机概論	
§1. 接收机在无綫电通信中的地位与作用	(1)
§2. 对无綫电接收机的要求——接收机的主要質量指标	(1)
§3. 无綫电接收机的方框图	(4)
思考題	(6)
第二章 无綫电接收机的輸入电路	
§1. 接收天綫	(7)
§2. 單諧振回路的主要参数	(8)
§3. 輸入电路概論	(11)
§4. 电容耦合輸入电路	(13)
§5. 电感耦合輸入电路	(16)
§6. 其他类型的輸入电路	(25)
本章小結	(26)
思考題和习題	(28)
本章参考資料	(29)
第三章 調諧放大器	
§1. 調諧放大器概述	(30)
§2. 直接耦合放大器	(33)
§3. 变压器耦合放大器	(35)
§4. 自耦变压器耦合放大器	(38)
§5. 調諧放大器的工作穩定性	(39)
§6. 調諧放大器的計算	(44)
本章小結	(52)
思考題和习題	(53)
本章参考資料	(54)
第四章 頻带放大器	
§1. 頻带放大器概論	(55)
§2. 單級双調諧頻带放大器	(59)
§3. 參差調諧頻带放大器	(64)
§4. 多級放大器	(66)
§5. 放大器的屏蔽和去耦	(72)
§6. 頻带放大器回路电容的选择	(77)
§7. 頻带放大器的計算	(79)

§ 8. 頻帶放大器通頻帶的控制	(84)
§ 9. 高频放大器的失真	(87)
本章小結	(91)
思考題和习题	(93)
本章參考資料	(93)
第五章 检波器	
§ 1. 检波的一般知識, 对检波器的要求	(95)
§ 2. 二极管检波器的工作原理	(98)
§ 3. 小信号检波的分析	(102)
§ 4. 大信号检波器——二极管检波器的分析	(103)
§ 5. 二极管检波器的实际电路	(119)
§ 6. 二极管检波器的元件选择与計算举例	(120)
§ 7. 多极管检波器	(122)
§ 8. 电报信号的检波	(125)
本章小結	(128)
思考題和习题	(130)
本章參考資料	(131)
第六章 变频器	
§ 1. 变频器的一般知識, 对变频器的要求	(132)
§ 2. 变频器的工作原理	(135)
§ 3. 变频器电路	(138)
§ 4. 变频器的分析	(143)
§ 5. 平衡混頻器与环形混頻器	(158)
本章小結	(161)
思考題和习题	(162)
本章參考資料	(163)
第七章 接收机电路	
§ 1. 接收机的統一調譜	(164)
§ 2. 接收机的波段划分	(169)
§ 3. 接收机的增益控制	(173)
§ 4. 接收机綫路举例	(182)
§ 5. 超再生接收机	(186)
本章小結	(194)
思考題和习题	(195)
本章參考資料	(196)
第八章 无綫电接收时的干扰	
§ 1. 干扰的种类及其一般性質	(197)
§ 2. 干扰来源及脉冲干扰对接收机的影响	(201)

§3. 起伏干扰的来源及其计算	(203)
§4. 噪声通过谐振回路	(213)
§5. 噪声系数	(217)
§6. 接收机的灵敏度	(226)
本章小结	(228)
思考题和习题	(230)
本章参考资料	(231)

第九章 接收机的测试和设计

§1. 技术指标的确定	(233)
§2. 方框图的拟定	(237)
§3. 接收机方框图计算举例	(241)
§4. 接收机特性的测试	(244)
本章小结	(250)
思考题和习题	(251)
本章参考资料	(251)

第一章 无线电接收机概論

§1. 接收机在无线电通信中的地位与作用

无线电发射出去的信号需要用一种设备把它接收下来，接收无线电信号的设备，称为无线电接收设备。无线电接收设备必须具有三个组成部分，即天线、接收机与终端设备。

天线的作用是从外界电磁场中获取高频能量，将它变成高频电流或电压，并输送到接收机的输入端。

接收机的作用是把接到的高频信号进行放大，变成低频的电流或电压，并用它来推动终端设备。

终端设备是把低频的信号电流或电压加以利用。它可以是耳机、扬声器、印字电报机或者其他的器件。

必须指出，天线中感应的电动势除去有用信号以外，还包含许许多多的干扰成分，在某些情况下，（例如干扰的频率接近于接收机调谐的频率），它就会和信号一起进入接收机而形成干扰。此外，即使在完全没有外部干扰的情况下，接收机里仍然会产生有害的噪声电流。我们通常把这种噪声称为接收机的内部噪声，它也形成干扰。

接收机在接收无线电信号的时候必须完成以下三个任务：

第一，从各种各样的信号与干扰之中选出需要的信号，这一任务，在接收机里是靠谐振系统来完成的。

第二，把已经调制的高频信号变换成低频的信号，此低频信号的性质与波形和发射机中调制信号的性质与波形完全一样。例如在接收调幅信号时，它与已调高频信号的包络形状完全一样，图 1—1 是变换前后高频信号与低频信号的波形。在接收机中完成这个任务的部分称为检波器。

第三，放大外来信号的功率。天线上获得的信号功率通常是很小的，有时约为 $10^{-12} \sim 10^{-14}$ 瓦，而终端机件在正常工作时所需要的功率却比较大，有时达到几瓦，这样，接收机的最大功率放大量可以达到 10^{15} 倍，因此需要用许多级放大器完成这个任务。



图 1—1 信号波形图

§2. 对无线电接收机的要求——接收机的主要质量指标

对无线电接收机的要求是根据它的用途而提出的，归纳起来有以下几个主要要求：

1. 灵敏度 一部接收机在接收信号的时候是不是灵敏，要看它能不能接收到微弱的信号，如果一部接收机只能够接收到很强的信号那么它就是不灵敏的，相反的，如果它能够把很微弱的信号也接收到，那么它就是很灵敏的。因此接收机的灵敏度可以说明接收机接收微弱信号的能力。

在接收机正常工作时（例如输出功率一定时）天线上必需的感应电动势称为接收机的灵敏度。必需的感应电动势愈小，也就是说接收微弱的信号的能力愈强，接收机的灵敏度也愈高。

由于接收机的用途不同，灵敏度的要求也不同，接收电话时灵敏度约为几个到十几个微伏，接收电报时灵敏度约为几个微伏。

要想得到高的灵敏度，接收机中应该有足够大的放大量，因为在输出功率一定时，放大量愈大，天线上需要的感应电动势愈小，当然灵敏度也就愈高。但是在放大量增加的同时，接收机的内部噪声也随着被放大了，在外来信号很弱的情况下，噪声可能把信号埋没掉，因而使接收机不能正常工作，为了保证接收机的正常工作，其输出的信号电压必须比噪声电压大一定倍数（通常称之为信号噪声比）。

从上面的讨论可以看出，无限制地提高接收机的放大量并不能够无限制地提高接收机的灵敏度，灵敏度的极限受内部噪声的限制。或者说，接收机的最高灵敏度是由接收机的内部噪声决定的。

综合以上所谈的，我们可以得到一个灵敏度的完整定义如下：在满足输出功率的要求，并维持信号噪声比一定时，接收天线上所需要的小感应电动势称为接收机的灵敏度。

例如，有两部接收机，它们的输出功率都等于15毫瓦，输出端的信号噪声比都等于4（电压比），其中一部接收机在天线上需要的感应电动势 $E_A = 10$ 微伏，另一部接收机只需要 $E_A = 3$ 微伏，那么后一部接收机的灵敏度高于前一部。

一般接收机都是在一个波段范围内工作的，把接收机调谐在不同的频率上，其灵敏度也不相同，所以常常用灵敏度曲线表示接收机的灵敏度（图1-2）

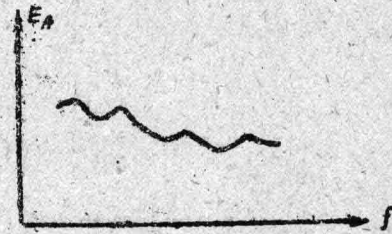


图1-2 接收机的灵敏曲线

2. 选择性 接收机要在许许多多的信号与干扰之中把有用的信号选择出来，这种选择信号的能力称为接收机的选择性。

当接收机在接收信号的过程中，它的调谐频率附近常常有许多干扰信号，这些干扰信号有强的也有弱的，假若接收机能够把很强的干扰信号也抑制掉，那么它的选择性就很高，相反地，如果较弱的干扰信号也会在接收机中形成干扰，那么它的选择性就很低。

选择信号的任务是利用谐振系统完成的，谐振特性愈尖锐，选择性也愈好。因此选择性的好坏可以用接收机的谐振曲线来估计，图1-3a是接收机的谐振曲线，或者称为选择性曲线。

设接收机的调谐频率与外来信号的频率谐振时，要保持接收机正常的输出功率，天线上

的感应电动势 $E_A = E_{A0}$ ，如果外来信号的频率（相当于干扰信号）与接收机的调谐频率离开一个频率 Δf ，同样地要保持接收机正常的输出功率，则 E_A 必须增加，在离谐相同的条件下 E_A 越大则曲线越陡，选择性也越好，〔图 1—3a〕中的实线比虚线的选择性要好〕。

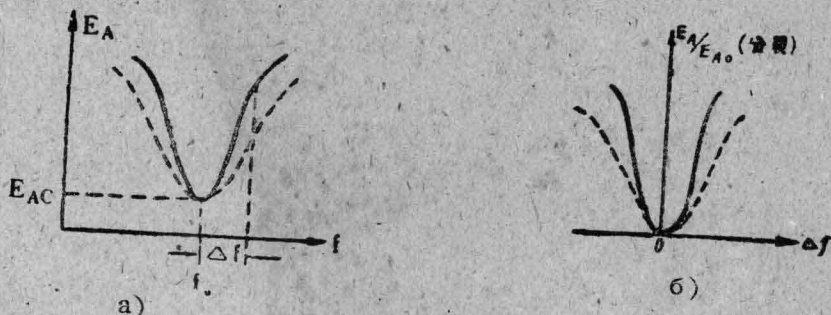


图 1—3 接收机的选择性曲线

为了便于比较，选择性曲线常常用图 1—3b 的方法表示，这里横座标用离谐量 Δf 为单位，纵座标用 E_A 与 E_{A0} 的比值为单位（取对数）。

应该注意：用谐振曲线来表示选择性的好坏是不完全的，因为在干扰与信号同时进入到接收机的时候，接收机里常常产生某些复杂现象。这些现象与简单地把干扰电压加起来是大不相同的，这些问题在以后还要讨论。

对通讯接收机来说，选择性的要求是非常重要的。因为同时工作的无线电台是非常多的，这些电台的频率与架设位置常常受到某些条件的限制而不能离的太远，所以接收天线上的干扰电压很可能远远大于信号电压，譬如说大几百倍、几千倍甚至几万倍。

3. 保真度 接收机输出端的电压（或电流）波形可能与输入端高频电压的包络形状不同，产生这种现象的原因是由于接收机在接收信号过程中产生了失真。接收机的失真越小，则它的保真度越高。

接收机产生失真的原因是很多的，失真的性质和低频放大器一样可以分为频率失真、相位失真与非线性失真。在接收无线电话时，只有频率失真与非线性失真产生影响，下面我们也只介绍这两种失真。

频率失真是用接收机的频率特性曲线来衡量的（图 1—4）。它说明接收机输出电压 $U_{B_{Mx}}$ 与输入电压的调制频率 F 之间的关系。在测量这条曲线的时候，接收机输入电压的振幅与调制系统应该是固定不变的。

在理想情况下，接收机的频率特性曲线是一条和横座标轴平行的直线，这时候，频率失真是没有的。实际上这种理想曲线是不可能的而且是不需要的，在接收无线电话时，这条曲线只要在 300~3000 赫的频率范围内比较平直就足够了。

非线性失真是由于接收机中某些元件的非线性作用产生的。它使得接收机的输出端不但有调制频率的基波，而且还产生调制频率的谐波。非线性失真的程度，和低频放大器一样，可以用非线性失真系数 K_f 表示

$$K_f = \sqrt{\frac{U_2^2_{B_{Mx}} + U_3^2_{B_{Mx}} + \dots}{U_1^2_{B_{Mx}}}}$$

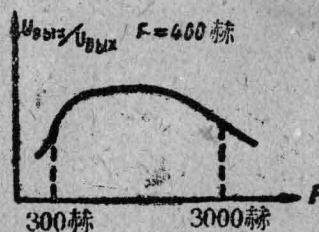


图 1.4. 接收机的频率特性曲线

式中 U_{1BHX} 、 U_{2BHX} 、 U_{3BHX} 是输出电压的基波，二次谐波，三次谐波的有效值。

4. 频率稳定度与刻度的准确性

在通讯接收机中，为了能够很快地沟通联络，要求接收机的频率刻度非常准确，只要发射机的工作频率已经知道了，把接收机刻度放到相应的位置就可以收到信号，另外也要求接收机的振荡频率非常稳定。这样就可以尽量地减小接收机的通频带，而且在接收信号的过程中，不会因为频率产生偏移而经常调谱。在质量很高的接收机中，为了满足上述要求。常常把调谱机构与振荡器的稳频设备作的很复杂，具体方法和发射机所用的差不多。

5. 波段复盖

波段复盖的要求分两点：(1) 在给定的波段范围内，接收机可以调谱到任何一个频率；(2) 接收机调谱到任何一个频率其主要质量指标都要符合技术要求。

除去以上的主要要求以外，对无线电接收机可能还提出许多其他要求，例如，体积小，重量轻，用电节省，操纵方便，工作稳定可靠等等，这些要求在某种情况下可能是很重要的，在以后有关章节中还要详细讨论。

§ 3. 无线电接收机的方框图

在1914年以前，矿石接收机是无线电接收的主要形式，后来由于电子管的出现，无线电接收技术得到了飞跃的进步，接收机的电路也由简单到复杂，由低级到高级地不断地得到发展和改进。

1. 直接检波式接收机。图1-5是直接检波式接收机的方框图，及其有关部分的电压波形，其中输入电路是用谐振电路组成的，它可起到选择信号的作用；检波器把高频信号变成低频信号，经过低频放大器的放大，就得到需要的输出功率来推动终端设备——耳机。

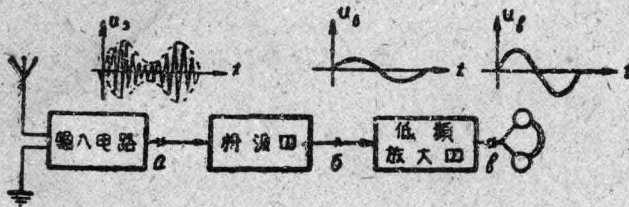


图1-5 直接检波式接收机方框图及其有关部分的电压波形

这种接收机的电路是最简单的，但是它具备了三个基本作用，即选择信号，变换信号与放大信号等，所以它可以接收无线电信号。不过它的质量是很低的。首先，它的回路数目很少（只有输入电路里面包括谐振回路），也就是说，选择信号的能力是不强的；其次，在检波器前面没有放大器，因而加到检波器上的高频电压也很小，容易引起检波器的非线性失真（以后要详细分析）。为了克服这些缺点，在输入电路与检波器之间可以增加高频放大器。这样的接收机叫做高频放大式接收机。

2. 高频放大式接收机的方框图。如图1.6所示。这里，高频放大器是由电子管与谐振回路组成的，它一方面提高了接收机选择信号的能力，另一方面也放大了检波器以前的高频信号，因此，这种接收机的质量比直接检波式接收机有所提高。但是性能仍不够好，因为在信号频率比较高的情况下，高频放大器的选择性比较差，放大量也比较低，所以高频放大式接收机

現在很少採用。

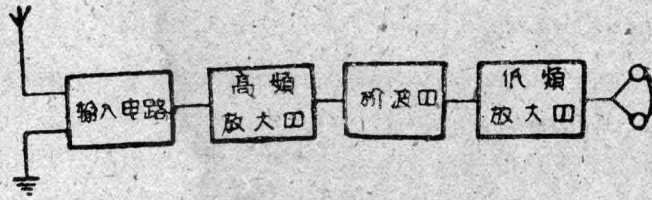


图1-6 高频放大式接收机方框图

3. 超外差式接收机方框图。图1-7是超外差式接收机的方框图，及其各部分的电压波形，它与高频放大式接收机不同的地方是在高频放大器与检波器之间增加了两个部分：变频器与中频放大器。

变频器的作用是把外来的高频信号变成固定而较低的中频信号，尽管载波频率由可变的高频变成固定的中频，但是信号的包络形状不应该变化（见图1.7）。

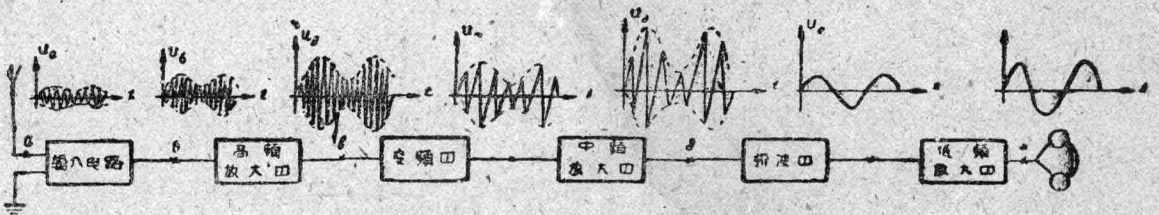


图1-7 超外差式接收机方框图及其各部分的电压波形

由于中频放大器的工作频率较低，而且固定不变，所以它的选择性与放大量都可以作得较高。

超外差接收机中，输入电路、高频放大器，变频器与中频放大器都包含有谐振回路，因此它不仅有很高的灵敏度，而且有很高的选择性。这样就克服了直接检波式与高频放大式接收机的许多缺点，为现代接收机中应用最广的电路。

最后应该指出，超外差式接收机除去上述的主要优点外，也存在一些缺点，其中比较明显的是它的电路比较复杂，而且在某些特定频率上，它容易受到干扰电台的影响，为了解后一个问题，让我们先研究一下超外差式接收机的选择性问题。

在接收信号的过程中，如果干扰的频率靠近信号的频率，则干扰与信号会一起进入接收机而形成干扰，我们把这种干扰叫做邻道干扰，要抑制这种干扰，应该设法改进接收机的选择性曲线。理想的选择性曲线是矩形，如图1-8的实线所示。在这种情况下，不管什么样的邻道干扰，只要它的频率没有落到通频带之内，都不可能进到接收机中去。所以矩形的选择性曲线其抑制邻道干扰的能力最



图1-8 接收机的选择性曲线

强。实际上，矩形的选择性曲线是不可能作到的，但是在工作频率固定（不需要经常的调谐）的情况下，我们可以采用比较复杂的电路，使它的选择性曲线接近于理想的矩形（图1-8的

虛綫所示)。当然在超外差式接收机的中頻放大器里是允許这样作的。因此，我們說超外差式接收机的选择性（对鄰道干扰說的）最好。

假若干扰的頻率等于超外差式接收机的中頻頻率，这时候，干扰电压如果漏过接收机的前几級而进到中頻放大器去，那么，不管接收机的諧振曲綫是不是矩形，干扰的影响是不可能去掉的。我們把这种干扰称为中頻干扰（它是超外式接收机特有的干扰），要抑制中頻干扰，必須提高接收机变频器以前的选择性，使干扰电压不能够漏到中頻放大器去。

此外，在变频器里，要把外来信号变成中頻信号，必須輸入一振荡电压。此振荡电压的頻率和外来信号的頻率差一級中頻，譬如說

$$f_r - f_c = f_{np}$$

其中 f_r 是振荡頻率， f_c 是信号頻率， f_{np} 是中頻頻率。这时候变频器的輸出端就可以得到中頻的信号（道理在以后要詳細分析）。

假如有一个特定干扰漏到接收机的变频器里去，它的頻率等于 $(f_r + f_{np})$ ，那么經過变频器以后，也可以得到一个中頻信号，其关系是

$$(f_r + f_{np}) - f_r = f_{np}$$

我們把这种干扰称为鏡象干扰。其頻率关系如图 1—9 所示。它也是超外差式接收机的特有的干扰。要抑制这种干扰，改进中頻放大器的选择性是没有用的只有設法提高变频器以前（輸入电路与高频放大器）的选择性，使鏡象干扰进不到接收机的变频器里去。

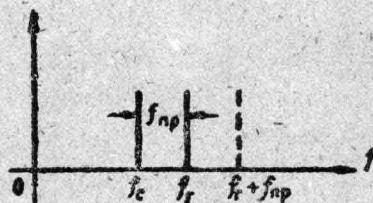


图1—9

鏡象頻率信号頻率与振荡頻率的关系

根据上面的分析，可以得出以下的結論：

1) 在任何接收机中，鄰道干扰都是存在的，超外差式接收机中，因为有了中頻放大器，所以抑制鄰道干扰的能力可以大大提高。

2) 中頻干扰与鏡象干扰只有在超外差式接收机中才产生（以后还要指出，实际上不止这两种干扰），而且要抑制这种干扰必須依靠輸入电路与高频放大器的选择性。这是超外差式接收机的缺点。

思 考 題

- (1) 无綫电接收机怎样才能完成收信任务？
- (2) 无綫电接收机有那些質量指标？它們的定义是什么？怎样表示它們的好坏？
- (3) 超外差接收机的方框图組成和各級作用是什么？为什么它的灵敏度和选择性可以比高频放大式接收机的好？
- (4) 什么叫做鏡象干扰和中頻干扰？怎样减弱这两种干扰的影响？

第二章 無線電接收機的輸入電路

接收機的輸入電路是接收機的第一個電路，有些書上把它叫做預選器。差不多任何接收機，連最簡單的礦石接收機都有輸入電路。本章討論輸入電路的設計方法，其中着重討論電感耦合輸入電路，因為這種電路在短波接收機中用得最多。

§1. 接收天綫

在接收機第一個電子管的輸入端和接收天綫之間的電路，叫做輸入電路，如圖 2—1 所示。因此，接收天綫不屬於輸入電路的範圍。

接收天綫是用來“收集”空間電磁波能量，使之成為接收機的輸入信號。我們可以認為，接收天綫是接收機的信號電源。

用什麼天綫作為接收天綫，要根據接收機的用途和其頻率範圍來決定。例如，通信干綫用的短波接收機通常使用定向天綫，行波天綫，菱形天綫和平面相同天綫等；無線電測向用的接收機則使用環形天綫，或環形天綫與鞭狀天綫組合的天綫；長波、中波及短波專用接收機常用最簡單的單導綫天綫；超短波雷達接收機主要是用引向天綫，拋物面天綫，喇叭天綫，縫形天綫和介質天綫等。

接收天綫的主要性能指標是阻抗，效率，方向係數，增益係數，方向性，有效高度和有效面積。

接收天綫的阻抗，在一般情況下，是由電阻和電抗兩部分組成，即

$$Z_A = R_A + jX_A$$

它也就是同一天綫用作發射天綫時的阻抗。 R_A 和 X_A 是隨工作頻率而變的。

其他指標也和作為發射天綫時的相同。

接收天綫在開路時，所接收的信號的電場強度 E 在天綫中感應一最大等效電動勢 E_A ， E_A 和 E 的比叫做接收天綫的等效高度 h_0 。因此，如果已知接收地點的信號場強 E 和接收天綫的等效高度 h_0 ，就可以求出接收天綫中的信號電動勢 E_A ，即

$$E_A = E h_0 \quad (2.1)$$

天綫的有效高度 h_0 ，也和 X_A ， R_A 等一樣，都是隨接收機的工作頻率而變的。

從以上說明可以看出，不管接收天綫的形式如何，工作頻率如何，我們可以認為，接收天綫等效於一個信號電動勢 E_A 和阻抗 Z_A 串聯的電路，如圖 2—2 所示。

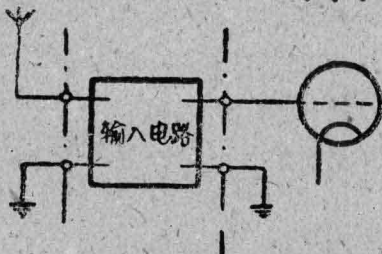


圖 2—1 輸入電路的位置

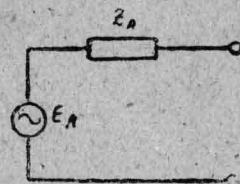


圖 2—2 接收天綫的等效電路

§2. 单諧振回路的主要参数

接收机的輸入电路基本上是諧振回路組成的，在未討論輸入电路以前，我們將諧振回路的主要参数簡單介紹如下。

在接收无綫电信号时，如何选择出所需要的信号，同时抑制其他干扰，这是接收机的首要任务之一。接收机是靠什么来完成这一任务呢？我們知道，所有的接收机都是按載波頻率来选择信号的，这种方法叫做頻率选择。为了达到頻率选择的目的，广泛地利用了諧振系統。最簡單的諧振系統就是諧振回路。除了用單諧振回路以外，还有用两个互相耦合的諧振回路組成的諧振系統，有时也有用三个、四个或更多的回路組成的諧振系統。

一般接收机的輸入电路基本上属于单諧振回路，所以这里只介紹单諧振电路的有关問題。

图2.3是一个单諧振回路，当加于回路的电动势的頻率变化时，只有在电动势頻率等于回路的自然頻率的情况下，电路中的电流为最大。在其他頻率时，电流都减小。而且离开諧振頻率越远，回路中的电流越小。回路中电流随頻率变化的关系如图2.4所示。这种现象叫做諧振现象，利用諧振现象可以完成頻率选择的作用。

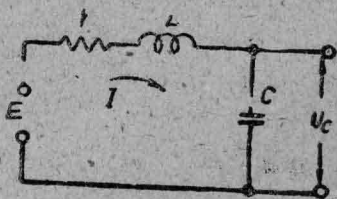


图2.3 单諧振回路

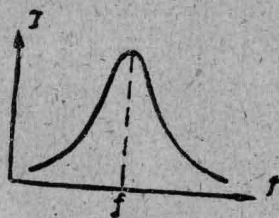


图2.4 串联諧振曲綫

下面我們分析和頻率选择有关的几个参量：

图2.3是L、C和r組成的諧振回路，設加于回路的正弦电动势为E，則回路电流等于

$$I = \frac{E}{\sqrt{r^2 + (\omega L - \frac{1}{\omega C})^2}} \quad (2.2.)$$

将方程式(2.2)画成曲綫，就得到图2.4所示的电流I和頻率的关系曲綫。

1. 电压传输系数

回路的电压传输系数K是指输出电压和外加电动势的比，如图2.3，如果以电容C两端电压为输出电压，則得

$$K = \frac{U_C}{E}$$

由图2.3可見， $U_C = I \frac{1}{\omega C}$ ，所以 U_C 随頻率变化的情况也基本上和I的变化情况相似。

由(2.2)式，当

$$\omega L = \frac{1}{\omega C}$$

时, I 为最大, 以 I_0 表示

$$I_0 = \frac{E}{r} \quad (2.3.)$$

这时称为谐振, 谐振时的频率以 f_0 表示,

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

通常电压传输系数是指谐振时的电压传输系数 K_0 , 在谐振时,

$$U_c = \frac{E}{r} \cdot \frac{1}{\omega_0 C} = \frac{E}{r} \omega_0 L$$

所以
$$K_0 = \frac{\omega_0 L}{r} = Q$$

式中 Q 称为回路的质量因数, 它代表在谐振时, 电抗支路上的电压和串接在回路中的电动势的比值。

2. 谐振曲线

谐振曲线就是回路电流 I 和频率的关系曲线, 将 (2.2) 式除 (2.3) 式, 得

$$A(f) = \frac{I}{I_0} = \frac{r}{\sqrt{r^2 + (\omega L - \frac{1}{\omega C})^2}} \quad (2.4.)$$

这时, 谐振曲线的最大值为 1。若将 (2.4) 式加以变换, 可以得到更方便的谐振曲线的方程式。

$$A(f) = \frac{1}{\sqrt{1 + (\frac{\omega L - \frac{1}{\omega C}}{r})^2}}$$

而
$$\frac{1}{r} (\omega L - \frac{1}{\omega C}) = \frac{\omega_0 L}{r} (\frac{\omega}{\omega_0} - \frac{\omega_0}{\omega})$$

$$\frac{\omega}{\omega_0} - \frac{\omega_0}{\omega} = \frac{(\omega + \omega_0)(\omega - \omega_0)}{\omega \omega_0}$$

现在讨论在谐振频率附近即 $\omega - \omega_0 = \Delta\omega$ 很小的情况, 则

$$\frac{\omega}{\omega_0} - \frac{\omega_0}{\omega} \approx \frac{2\Delta\omega}{\omega_0} = \frac{2\Delta f}{f_0}$$

因此, 谐振曲线的方程可以写成

$$A(f) = \frac{1}{\sqrt{1 + (Q \frac{2\Delta f}{f_0})^2}} = \frac{1}{I_0}$$

或写作
$$A(f) = \frac{1}{\sqrt{1 + X^2}} \quad (2.5)$$

式中
$$X = Q \frac{2\Delta f}{f_0}$$

叫做广义失谐。由 (2.5) 式可以看出, 在谐振频率相同时, 谐振曲线的尖锐程度决定于质量因数 Q , 质量因数 Q 越大, 曲线越尖锐。如图 2.5 所示, 图中画出了两个不同质量因数的

回路的諧振曲線， $Q_2 > Q_1$ 。

3. 通頻帶

設 $A(f) = \frac{I}{I_0} = \frac{1}{d}$ ， d 是諧振曲線由最大值下降的倍數，簡稱諧振曲線的衰減倍數，則

$$2\Delta f = \frac{f_0}{Q} \sqrt{d^2 - 1}$$

$2\Delta f$ 是諧振曲線衰減到某一電平 $\frac{1}{d}$ 時的頻帶寬度。

當 d 等於 $\sqrt{2}$ 時， $2\Delta f = B$ 稱為諧振曲線的通頻帶，

$$B = \frac{f_0}{Q}$$

$$Q = \frac{j_0}{B} = \frac{j_0}{2\Delta f} \dots d = \sqrt{2} \quad (2.6.)$$

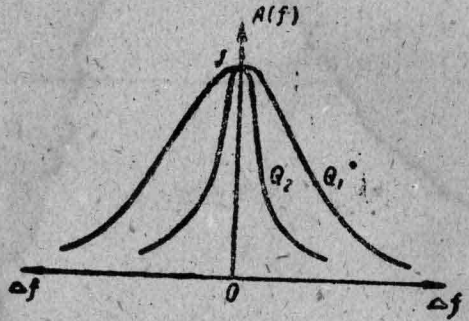


圖2.5 質量因數對諧振曲線的影響

由 (2.6) 式可見，通頻帶和諧振頻率成正比，和回路的質量因數成反比。

4. 諧振阻抗

如圖2.6，回路的阻抗為 Z_k ，在諧振時， $Z_k = R_0$ 叫做回路的諧振阻抗。

$$Z_k = \frac{(r + j\omega L) \frac{1}{j\omega C}}{r + j(\omega L - \frac{1}{\omega C})} = \frac{L}{Cr(1 + j(\omega L - \frac{1}{\omega C})/r)}$$

通常質量因數 $Q \gg 1$ ，即 $r \ll \omega_0 L$ ，故在諧振頻率附近，可以寫成

$$Z_k = \frac{L}{Cr(1 + jX)} \quad X = \frac{\omega L - \frac{1}{\omega C}}{r}$$

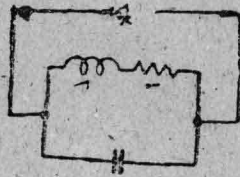


圖2.6 諧振回路

諧振時， $X = 0$ ，所以諧振阻抗

$$R_0 = \frac{L}{Cr} = \frac{\omega_0 L}{\omega_0 Cr} = \frac{(\omega_0 L)^2}{r} = \frac{\rho^2}{r} = \rho Q = \frac{\rho}{d} = \frac{\omega_0 L}{d}$$

式中 $\rho = \omega_0 L = \frac{1}{\omega_0 C} = \sqrt{\frac{L}{C}}$ ，叫做回路的特性阻抗。

5. 回路質量因數 Q

回路質量因數 Q 的定義已在前面有所說明，實際上，根據公式

$$Q = \frac{\omega_0 L}{r}$$

经过简单的变换以后，得

$$Q = 4\pi \frac{\frac{1}{2} L I^2}{T_0 I^2 r}$$

式中 I 是流过线圈的电流， $T_0 = \frac{1}{f_0}$ 是电流的周期，根据上式，质量因数是线圈中的能量和每周消耗的能量之比的 4π 倍。由上式可见质量因数决定于回路中能量的损耗，若全面考虑回路的损耗，则应包括线圈中的损耗，线圈铁心中的损耗，屏蔽罩中的损耗，电容器介质中的损耗，连接导线和电子管座中的损耗等。这些损耗中以线圈本身的损耗为最大，其它损耗在大多数情况下都不大。可以认为线圈的能量损耗就是回路的能量损耗，所以回路的质量因数就是线圈的质量因数。如果回路中还有其他损耗，例如回路两端并联有电阻，那么回路的质量因数便不能以线圈的质量因数来代表，而要用考虑了所有的能量损耗后的等效质量因数 Q 来表示。

通常回路的质量因数的数值约为 $50 \sim 300$ ，若采用铁合金磁物作铁粉心，使得在线圈匝数较少时也可以得到较大的电感量，则线圈中的损耗可以减小，从而提高了质量因数 Q 值，可达 $150 \sim 300$ 。

§3. 输入电路概论

前面已经说明，输入电路是接收天线或其馈线的输出端和接收机的第一个电子管输入端之间的电路。

输入电路的第一个作用是把天线上的信号电压传送到接收机第一个电子管的输入端；第二个作用是减弱作用于第一个电子管输入端的干扰电压。

要完成第一个作用，接收天线和输入电路之间应该有适当的耦合，以便于信号的传输。要完成第二个作用，输入电路应该具有选择性，因此输入电路是由谐振回路构成，可以说：输入电路是由耦合元件和谐振回路组成的。

由于耦合形式的不同，输入电路有很多线路形式，接收天线与回路间用电容耦合的电路，叫做电容耦合输入电路，如图2.7所示，图中 C_{cB} 是耦合电容。

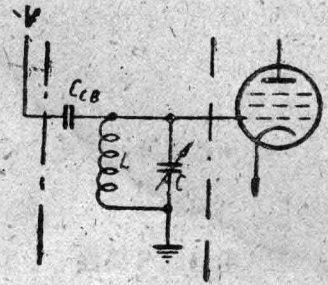


图2.7 电容耦合输入电路

接收天线或其馈线与回路间以互感耦合的电路，叫做电感耦合输入电路，如图2.8和2.9所示。其中 L_{cB} 是耦合线圈的电感，回路依靠电感 L 与 L_{cB} 之间的互感 M 来耦合。图2.8线路

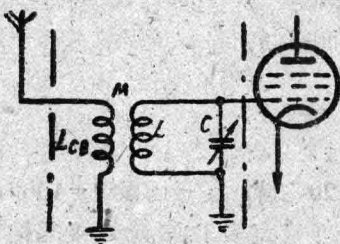


图2.8 电感耦合输入电路（不对称天线）

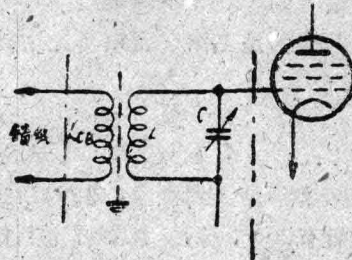


图2.9 电感耦合输入电路（双馈天线）