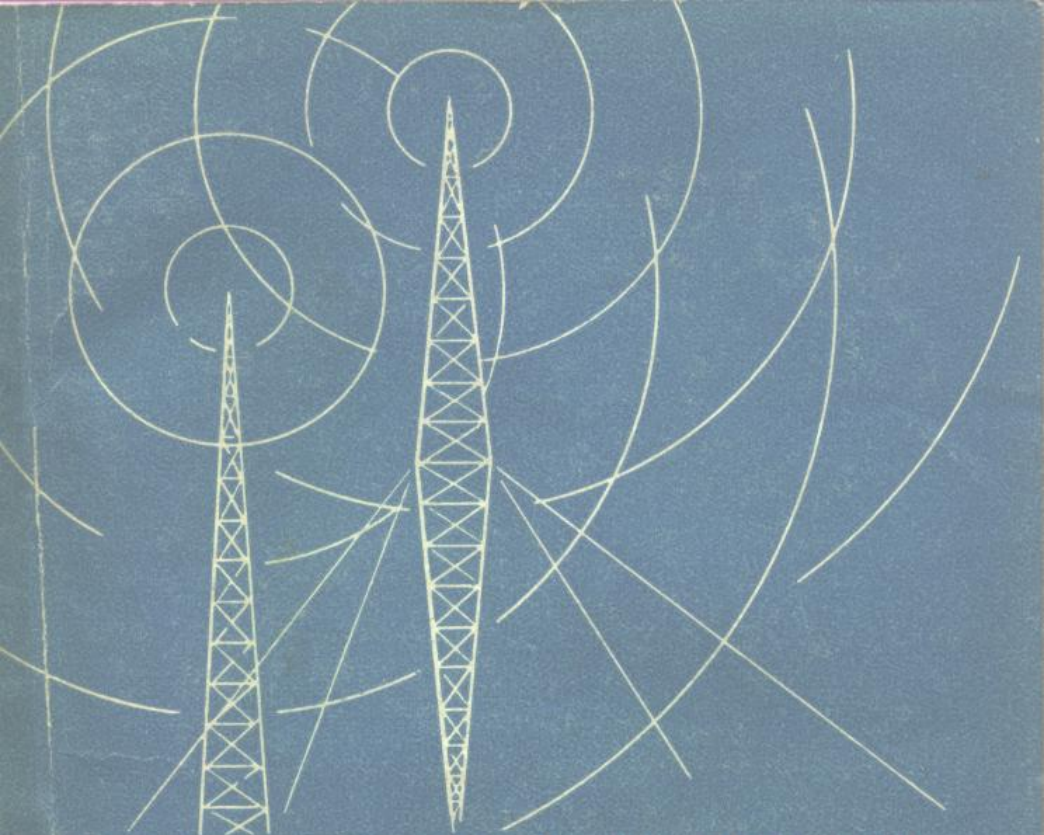




调幅调频接收机的设计

苏联 K. A. 舒茨科依著

張鴻懿 余玲 張鍾 譯

人民邮电出版社

調幅調頻接收机的設計

苏联 K. A. 舒茨科依

張 鴻 聽
余 玲 譯
張 鈞

人民郵電出版社

К. А. ЩУЦКОЙ
ПРОЕКТИРОВАНИЕ
РАДИОПРИЕМНИКОВ
АМПЛИТУДНО-
И
ЧАСТОТНО-МОДУЛИРОВАННЫХ
СИГНАЛОВ
ГОСЭНЕРГОИЗДАТ 1958

本書首先敘述了調幅和調頻的無線電接收機的一般原理、結構和對這些接收機的主要要求。其次介紹了設計無線電接收機的技术要求，以及怎樣選擇接收機各部分的電路。然後討論了接收機各部分電路的計算方法。

本書可以作為中等無線電技術學校學生的參考書，也可以供高等學校無線電接收專業的學生，以及從事無線電接收機設計工作的工程技術人員參考。

調幅調頻接收機的設計

著者：蘇聯 К. А. 舒茨科 依
譯者：張鴻慈 余玲 張鈺
出版者：人民郵電出版社
北京東四六條13號
(北京市書刊出版業登記證出字第0四八號)
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 7 6/32 頁數 115
印刷字數 166,000字

1959年11月北京第一版
1959年11月北京第一次印刷
印數 1—2,700 冊

統一書號：15045·總1086-無295

定價：(10) 0.94 元

序 言

接收机的設計是以闡述無線电接收机和它的各級工作原理的無線电接收設備的教科書为基础的。由于教科書里沒有談到設計無線电接收机的特点，所以學生們在選擇接收机的电路、在各級間分配參量、計算各級和綜合特性曲綫的时候，就遇到了很大的困难。

中等無線电工業技术學校的學生們需要有这样的一本参考書，它应当包括有選擇無線电接收机电路的一般方法、分配各級參量的标准、闡述選擇各級电路的一般方法和它們的全部計算过程，以及計算綜合特性曲綫的方法。本書就是企圖滿足这方面的要求的一个嘗試。

書里列举了計算調幅和調頻的超外差接收机就是通信接收机、干綫通信用接收机和广播接收机的方法。

本書沒有談到直接放大式接收机的計算問題，因为目前很少使用它們。但是書里引用的資料可以用来計算用二極管檢波器的直接放大式接收机。

低頻放大器的計算通常是單獨討論的，因此書里只談了这类放大器的初步計算方法。

作者在关于放大器穩定度問題的許多著作里提出了穩定增益系数的条件，本書在計算接收机的放大級的时候，引用了上述条件。

鏡頻波道的選擇性是采用一般教科書里所沒有的公式來計算的。因此，在附录里給出了輸入裝置和高頻放大器等对鏡頻波道的選擇性的公式的推导。

本書闡述問題的方式是力求使學生能根据給与他們的技术課題独立地來選擇和討論接收机和各級的电路，能进行全部計算并求出接收机的主要特性曲綫。

作 者

目 录

序言

第一章 調幅和調頻無線电接收机的概述和对它們的主要要求	1
1-1 調幅和調頻無線电接收机的概述	1
1-2 对調幅和調頻接收机的主要要求	6
第二章 設計無線电接收机的技术要求及其初步計算	16
2-1 設計專業通信無線电接收机的技术要求	16
2-2 設計無線电广播接收机的技术要求	18
2-3 無線电接收机电路类型的选择	20
2-4 电子管类型的选择	21
2-5 中頻的选择	22
2-6 通頻帶的計算	24
2-7 实际灵敏度的計算	28
2-8 增益系数的計算及其在接收机各系統的分配	31
2-9 选择性和通頻帶不均匀性的指标在各系統間的分配	37
2-10 射頻系統的回路衰減和級数的确定	41
2-11 中頻系統的回路衰減和級数的确定	49
2-12 自动增益調整的初步計算	54
2-13 低頻系統級数的确定	55
2-14 無線电接收机簡圖的組成	56
2-15 通信接收机的初步計算举例	58
第三章 輸入裝置的計算	67
3-1 輸入裝置概述	67
3-2 輸入电路的选择	69
3-3 用頻帶工作的輸入回路的計算	71
3-4 用固定頻率工作的輸入回路的計算	74

3-5	自耦变压器耦合的輸入裝置的計算	74
3-6	变压器耦合的輸入裝置的計算	78
3-7	串联电感耦合的輸入裝置的計算	80
3-8	諧振綫耦合的輸入裝置的計算	82
3-9	使回路具有最小噪声系数的变換系数和輸入裝置的傳輸系数的計算	86
3-10	回路和天綫用电容耦合的輸入裝置的計算	87
3-11	回路和天綫用內电容耦合的輸入裝置的計算	89
3-12	回路和天綫用电感耦合的輸入裝置的計算	93
3-13	回路与天綫用双电容和电感耦合的双回路輸入裝置的計算	98
3-14	对等于中頻的干扰頻率的选择性的計算和阻抗陷波器的計算	102
第四章 高頻放大器的計算		107
4-1	概述	107
4-2	电路的选择	108
4-3	計算高頻放大級的原始数据	111
4-4	自耦变压器耦合的放大級的計算	112
4-5	直接耦合的放大級的計算	116
4-6	串联电感耦合的放大級的計算	119
4-7	共柵極和直接耦合的放大級的計算	121
4-8	共柵極和諧振綫耦合的放大級的計算	124
4-9	变压器耦合的放大級的計算	128
4-10	桥接电路耦合的放大級的計算	130
4-11	放大級的电阻和旁路电容器的計算	134
4-12	射頻系統的增益系数、諧振曲綫和对鏡頻波道的选择性的計算	136
4-13	应用負回授来提高放大級对等于中頻頻率的选择性	139
第五章 中頻放大器的計算		140
5-1	概述	140

5-2	电路的选择	141
5-3	滤波器回路电容量的选择和电感量的计算	142
5-4	滤波器第一回路的耦合电路的选择	144
5-5	计算中频放大级的原始数据	145
5-6	具有带通滤波器的放大级的计算	146
5-7	具有调到不同中频的两个串联带通滤波器的放大级的 计算	147
5-8	具有可变通频带的放大级的计算	148
5-9	集中选择级的计算	151
第六章 变频器的计算		154
6-1	概述	154
6-2	电路的选择	155
6-3	原始数据	155
6-4	复合管变频器的计算	156
6-5	具有单独本机振荡器的变频器的计算	159
6-6	本机振荡器电路的选择	160
6-7	回路统调的计算	166
6-8	扩展调谐的计算	172
6-9	在分波段任何点上的扩展调谐的计算	175
6-10	产生交扰哨声的频率的确定	177
6-11	中频系统的增益系数、谐振曲线和对相邻波道的选 择性的计算	178
第七章 二极管检波器的计算		180
7-1	概述	180
7-2	二极管检波器的计算	181
7-3	半导体检波器	185
7-4	阴极射线调谐指示器工作状态的计算	186
7-5	未调制电报信号的听觉接收	188
第八章 频率检波器的计算		189
8-1	概述	189

8-2	頻率檢波器電路的選擇.....	190
8-3	限幅器的計算.....	191
8-4	鑑頻器的計算.....	198
8-5	比例檢波器的計算.....	202
第九章 自動增益調整的計算.....		206
9-1	延遲式自動增益調整電路的計算.....	206
9-2	延遲和放大自動增益調整整流器輸出電壓之直流 分量的自動增益調整電路的計算.....	211
9-3	被調整管的帘柵極和控制柵極的電源.....	215
第十章 接收機的綜合特性曲線的計算.....		215
附錄.....		219
	在大失諧時對鏡頻波道的選擇性.....	219
	參考文獻.....	223

第一章 調幅和調頻無線電接收机的

20

概述和对它們的主要要求

1-1. 調幅和調頻無線電接收机的概述

無線電接收設備是由下列部分組成的：

1. 天綫饋綫裝置；
2. 無線電接收机；
3. 終端机。

本書所闡述的只是超外差式無線電接收机的計算和設計方法。天綫饋綫裝置和終端机的計算和設計不包括在無線電接收机的設計任務之內。

調幅和調頻無線電接收机分为兩大类：專業接收机和广播接收机。

專業無線電接收机是用来接收無線電报信号、無線電話信号或者用来接收這兩种信号。它分为干綫接收机和通信接收机。

干綫無線電接收机用于远距离無線電通信（莫斯科——伯力，莫斯科——巴庫等）。这种接收机都是固定式的，并且安裝在工業干扰电平很小的城郊的專門無線電接收中心內。

为了可靠地通信，在晝夜的不同时刻应当使用不同的波长，而接收机本身是用兩付或三付分集式天綫〔天綫間的距离为 $(5-10) \lambda$ 〕来进行接收的。它們的輸出端接到一个負載上。用分集式天綫接收时，可避免信号的衰落，因为当一付天綫的信号場强減小的时候，另一付天綫的信号場强增加，因此負載上的信号值差不多是不变的。

干綫接收机是固定式的。它們的綫路和結構比較复杂，能够保証在远距离上进行可靠的無綫电通信。它們的工作波段通常是3—25兆赫。干綫接收机灵敏度的單位用微伏来表示。無綫电话信号的通頻帶是4—5千赫，而無綫电报信号的通頻帶小于1千赫。

通信接收机可以用于不同距离上的通信。利用这类接收机可以进行飞机与飞机、飞机与机場、船艦与船艦、船艦与港口之間的無綫电通信。

通信接收机安装在飞机、船艦和汽車等上面。

通信接收机的工作波段是1—500兆赫。在近距离进行通信的时候，使用高于20—30兆赫的頻率，而在远距离进行無綫电通信的时候，使用比較低的頻率。

不需要进行調譜来寻找的通信使用具有固定頻率和晶体振荡器的無綫电接收机来完成。

根据不同的用途，通信接收机的灵敏度用几个微伏和几十微伏来表示。

广播接收机按照它的电气指标和声学指标分成好几級。高质量接收机应当具有下列特点：灵敏度高(大約25到50微伏)；选择性好；通頻帶是可变的；高、低音频能分別单独調整，并且能發出立体声（这一点可以在接收机机匣的前面和側面裝几个电动揚声器来实现）。

等級比較低的接收机相应地有比較低的电气指标和声学指标。

广播接收机有下列的結構样式：

1. 落地式（只有电唱收音兩用接收机）；
2. 台式（电唱收音兩用接收机和接收机）；
3. 汽車用的接收机；

4. 携帶式 (旅行用接收机)。

所有的現代广播接收机都用鍵式波段开关, 波段如下:

長波	150—415 千赫 (2000—722.9米),
中波	520—1600 千赫 (577—187.5米),
短波	3.95—12.1兆赫 (75.9—24.8米),
超短波 (VKB)	64.5—73 兆赫 (4.65—4.11米)。

为了調譜接收机方便起見, 把短波和超短波的波段各分为两个或者三个扩展波段。

高級广播接收机的中頻在長波、中波、短波时是465千赫, 在超短波时是8.4兆赫; 較低等級的广播接收机的中頻則是110—115千赫。

在長波、中波和短波上进行广播时, 采用調幅制, 而在超短波上采用調頻制。因此, 現代广播接收机應該能够接收調幅信号和調頻信号。广播接收机的电源用交流电或者用蓄电池和干电池。

現代調幅和調頻接收机通常都采用超外差式电路。这种电路可以分为两种: 一次变频电路和二次变频电路。

一次变频的超外差接收机具有可以放大不同頻率电压的三个系統:

1. 由輸入裝置和高頻放大器組成的射頻系統 (放大信号的載頻电压);

2. 由变频器和中頻放大器組成的中頻系統 (放大中頻电压);

3. 由低頻放大器組成的低頻系統 (放大低頻电压)。

二次变频的超外差接收机有四个系統。它的中頻系統被分为: 1) 第一中頻系統, 2) 第二中頻系統。

圖 1-1 是一次变频的超外差接收机的簡圖。被天綫接收的

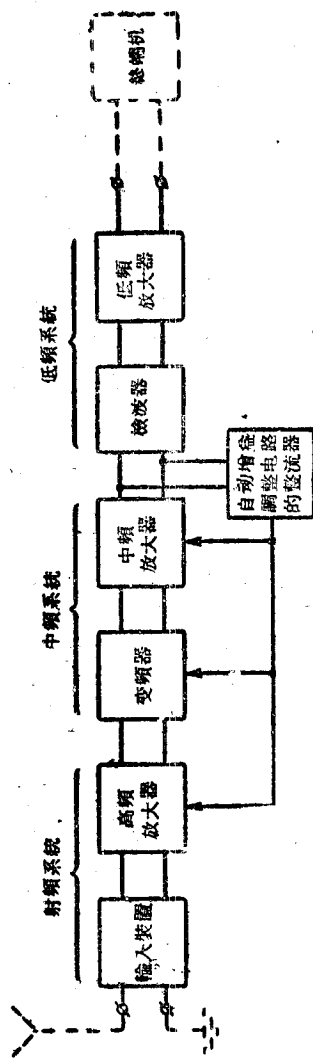


圖 1-1 一次變頻的超外差式接收機的簡圖

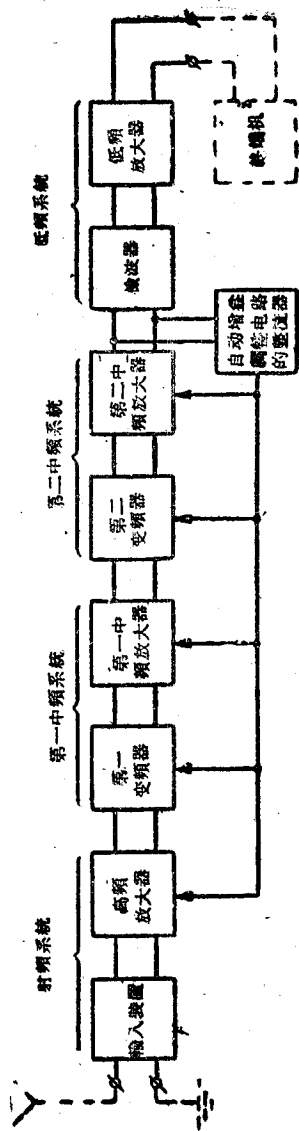


圖 1-2 二次變頻的超外差式接收機的簡圖

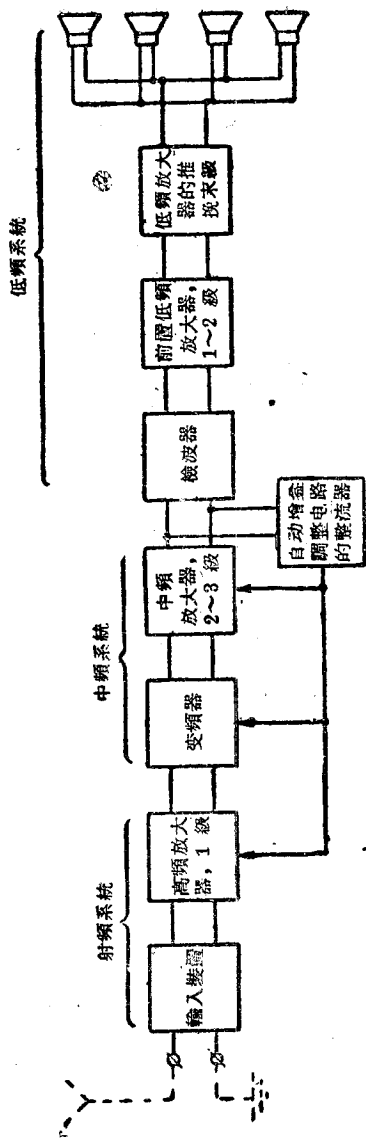


圖 1-3 高質量廣播接收機的簡圖

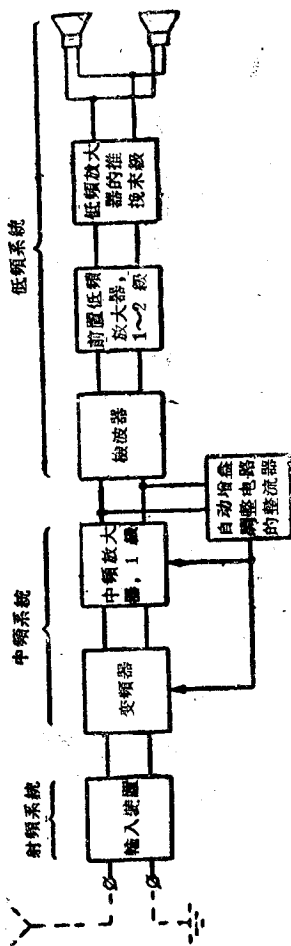


圖 1-4 中等廣播接收機的簡圖

信号的載頻在这个电路中变成中頻（它对一切被接收的頻率都是一样的）。

当对鏡頻波道的選擇性提出很高的要求时，則采用二次变频电路（圖1-2）。天綫所接收的信号的載頻在这个电路中由第一变频器把它变成第一中頻（它比第二中頻大許多倍）。第二变频器有一个用固定頻率工作的本机振蕩器，它把第一中頻变成較低的中頻——第二中頻。这样一来，由于第一中頻高，所以对鏡頻波道的選擇性好，又由于第二中頻低，所以对相隣波道的選擇性也很好。因此采用二次变频电路，可以利用高中頻和低中頻的优点。

但是二次变频电路有以下缺点：可能产生大量的交扰哨声和由第二变频器产生的第二个鏡頻波道。实际上这种电路是很少使用的。

广播接收机大都采用一次变频电路。高質量的广播接收机必定有一級高频放大器，兩、三級中頻放大器和能帶动三、四个电动式揚声器的推挽末級。

高質量广播接收机簡圖如圖 1-3 所示。

中等接收机和便宜的普及型接收机沒有高频放大器。它們有一級中頻放大器和帶动一、二个电动式揚声器的單臂末級。这类接收机的簡圖如圖 1-4 所示。

1-2. 对調幅和調頻接收机的主要要求

对任何無線电接收机的主要要求如下，灵敏度高；選擇性好；接收頻帶多；輸出功率或輸出电压高；保真度好；自动增益調整性能好；工作穩定可靠；用电节省；操縱方便；絕緣强度和机械强度高；体积小，重量輕，成本低和适宜于大量生产和成批生产。

按照接收机的特定用途还可以提出許多补充要求；例如要求能在 $-60-+60^{\circ}\text{C}$ 的溫度变化下工作；在气压降低的条件下工作；以及良好的防潮性能等。

实际灵敏度和額定灵敏度 实际灵敏度是指，足以使輸出端得到超过接收机固有噪声功率（或电压）若干倍的額定功率（或电压）的天綫中的最小电动势数值。

短波和超短波接收机用实际灵敏度来表示。

使輸出端得到額定功率或电压的天綫最小电动势叫做接收机的“額定灵敏度”或簡称为“灵敏度”。

中波和長波接收机用額定灵敏度来表示。

接收机的实际灵敏度（微伏）等于

$$E_A = \frac{1}{8} \sqrt{R_A B (N + t_A - 1) \gamma}, \quad (1-1)$$

式中 R_A ——天綫电阻，欧姆；

B ——接收机的噪声帶，兆赫；

N ——接收机的噪声系数；

$t_A = \frac{T'_A}{T}$ ——天綫的相对噪声溫度；

T'_A ——天綫的有效噪声溫度；

T ——天綫的室內溫度；

γ ——輸出端的信号功率与噪声功率之比。

在表 1-1 中所列举的是为保証可靠地接收所必須的功率比

$$\gamma = \left(\frac{P_{ca}}{P_{in}} \right)_{\text{обл.}}$$

天綫的相对噪声溫度 $t_A = \frac{P_A}{P} = \frac{T'_A}{T}$ 表示；天綫的額定噪声功率比室溫条件下等效天綫的額定噪声功率大若干倍。

t_A 值与輸入頻率有关，也和定向天綫对宇宙射綫源的定向

表 1-1

接 收 种 类	γ	γ , 分貝
無線电报:		
听觉接收	0.5—4.0	3—6
用波紋机接收	4—25	6—14
印字接收	10—100	10—20
調幅通信的無線电话	15—100	12—20
調幅無線电广播	50—10 ³	17—30
調頻無線电广播	3—10	5—10

有关。

t_A 在 30—120 兆赫频率上的平均值可以用近似的經驗公式求出来

$$t_A = \frac{1.8 \times 10^6}{f^2 (\text{兆赫})} \quad (1-2)$$

如果频率大于 120 兆赫, t_A 的值可以認為等于 1。

不同频率的噪声系数的近似值列入表 1-2 中。

表 1-2

工作频率 f , 兆赫	工作波长 λ , 米	N	N , 分貝
≤ 30	≥ 10	2—5	3—7
60	5	4—6.5	6—8
100	3	6.5—16	8—12
600	0.5	10—32	10—15

天綫在特高频时的阻抗, 半波天綫通常是 70 欧姆; 而环形天綫約为 300 欧姆。反射器和檢波器的存在降低了天綫的阻抗。

各种类型的天线阻抗列在表 1-3 中。

表 1-3

天 线 类 型	天线阻抗, 欧姆
半波天线	70
带反射器的半波天线	60
带反射器和天线引向器的半波天线	20—30
环形天线	300
带反射器的环形天线	250
带反射器和检波器的环形天线	80—120

在波段内接收机灵敏度的变化是由于下列各种数值的变化而引起的：输入装置传输系数的变化；高频放大级的增益系数的变化（分波段内回路的谐振阻抗随频率的增高而增大）和本机振荡器电压幅度的变化（这种变化使变频器的变频跨导发生相应的变化）。

在接收已调制波信号时，输出功率和输出电压与调制系数有关。因此，我们在标准调制系数 $m=0.3$ 和调制频率 $F=400$ 赫（广播接收机），或 $F=400$ 赫，或 1000 赫（干线接收机和通信接收机）时确定灵敏度。因为接收机的输出电压与调制系数成正比，而功率与输出电压的平方，即调制系数的平方成正比，所以在 $m=1$ 时功率将是最大。因此，与标准调制系数 $m=0.3$ 相应的输出电压等于

$$U_{\text{вых}} = 0.3(U_{\text{вых}})_{\text{нннн}}$$

而正常的输出功率等于

$$P_{\text{вых}} = 0.3^2(P_{\text{вых}})_{\text{нннн}} \approx 0.1(P_{\text{вых}})_{\text{нннн}}$$

于是，接收机的正常功率等于额定功率的十分之一。

为了得到不失真的接收，必须把 $U_{\text{ан.0}} = 2—5$ 伏的中频电