

半导体无线电广播接收机 理论与计算基础

С. Г. 卡利赫曼
(苏) Я. М. 列文 合著
程相君 翻译

西北电讯工程学院

1973. 12.

前 言

近年来出版了许多关于无线电接收机设计问题的书籍。但是，尽管在无线电工业这个重要部门中有许多专家在工作，直到目前还没有专门讲电子管的和晶体管的无线电广播接收机计算的参考书了。本书是作为研究编写这种参考书的初次尝试提供给读者的。

该书系统地叙述了全波段半导体无线电广播接收机的理论和工程计算方法问题，涉及到了包括天线和低频放大器在内的接收机所有元件的设计。书中有专门章节是关于接收机不可缺少的天线和低频放大器部份的，照作者的意见，这能大大减轻设计者的困难，使他不必要再去找好多参考书和杂志论文。

在编写过程中，磁天线和电天线、频率选择、宽频带射频放大和变换、频率的电调谐、低电平信号检波、抗干扰性、各种不稳定因素影响的条件接收机参数的稳定等某些理论问题，就比一些专题文章有了进一步发展。上述理论研究和有独创意义的分析方法，对其它与无线电技术相近的领域也是有意义的。

书中包括有简化计算的图、曲线和表格。

书中除根据МЭК和МККР的建议给出的接收机主要参数的定义以外，还初步叙述了按场进行测量这些参数的方法。

第三、四、七章是由С.Г.卡利赫曼编写的；第五、八、九章由Я.М.列文编写的（8-2节是在Я.М.列文参与下由М.У.班克编写的），第一、二、六、十章由С.Г.卡利赫曼和Я.М.列文共同编写的。

本书供从事无线电工业的工作人员和无线电技术高等学校的学生阅读。

作者对评论者教授、科学技术博士Н.И.奇斯佳科夫表示感谢，并在本书最后校对时采纳了他的宝贵意见。

作者对读者的批评意见和建议也将表示感谢。所有意见请寄：莫斯科中心、奇斯托普鲁德大街2号“邮电”出版社。

本书系根据苏联邮电出版社 (ИЗДАТЕЛЬСТВО «СВЯЗЬ») 出版的卡利赫曼和列文 (С. Г. КАЛИХМАН, Я. М. ЛЕВИН) 合著《半导体器件无线电广播接收机理论与计算基础》(ОСНОВЫ ТЕОРИИ И РАСТЕТА РАДИОВЕЩАТЕЛЬНЫХ ПРИЕМНИКОВ НА ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПРИБОРАХ) 1969 年莫斯科版译出。

本书由程相君同志翻译，负责校对的有刘国梁，陆心如，万心平，郑继禹等同志，刘国梁负责总校。

由于水平有限，译文会有许多错误和不妥之处，望读者批评指出。

本书呈总字 451 部队印刷所印刷，在此表示感谢

84 文版入 73.4357-980

毛主席語录

学习有两种态度。一种是教条主义的态度，不管我国情况，适用的和不适用的，一起搬来。这种态度不好。另一种态度，学习的时候用脑筋想一下，学那些和我国情况相适合的东西，即吸取对我们有益的經驗，我們需要的是这样一种态度。

目 录

前 言

第一章 无线电广播接收机的参数及其确定方法

§ 1—1 接收机参数	(1)
§ 1—2 确定接收机参数方法	(4)
1-2-1 电天线系数	(4)
1-2-2 磁天线接收	(5)

第二章 半导体器件参数

§ 2—1 引言	(9)
§ 2—2 特性参数	(9)
§ 2—3 物理等效电路参数	(11)
2—4 特性参数的函数关系	(14)

第三章 无线电接收机的室外天线和室内天线

§ 3—1 关于无线电广播接收天线的一般知识	(18)
§ 3—2 无线电广播波段	(19)
§ 3—3 室外电天线及其与接收机输入端的匹配	(20)
3-3-1 波段电抗补偿方法的设想	(20)
3-3-2 用等效二端网络近似天线的电抗	(21)
3-3-3 天线与馈线的匹配系统	(23)
§ 3—4 室内铁淦氧天线	(26)
3-4-1 作用原理	(26)
3-4-2 铁心的导磁系数与线圈及铁心的尺寸间的函数关系	(28)
3-4-3 线圈的导磁率	(30)
3-4-4 在电感量给定时铁淦氧天线有效高度的解析式	(32)
3-4-5 天线绕组间的耦合系数	(33)
3-4-6 电感量的调整范围	(34)
3-4-7 天线有效高度与铁心的线性尺寸及铁心数目的关系	(36)
§ 3—5 室内环形天线	(38)
3-5-1 关于环形天线的一般知识	(38)
3-5-2 在电感量给定时环形天线有效高度的解析式	(38)
§ 3—6 多波段磁天线	(39)
3-6-1 设置多波段天线的方法	(39)

3-6-2	两波段单根磁棒的铁淦氧天线	(39)
3-6-3	四波段的双磁棒铁淦氧天线	(44)
3-6-4	有公共激励源的多波段天线	(46)
3-6-5	携带式接收机的铁淦氧天线和环形天线的效率比较	(47)
§ 3-7	圆方向图的磁天线	(48)
3-7-1	全向磁天线的原理	(48)
3-7-2	天线回路间的临界耦合法	(49)
3-7-3	带有移相器的两波道天线	(53)
§ 3-8	室内拉杆天线	(54)
3-8-1	超短波接收机的对称天线	(55)
3-8-2	超短波广播的非对称天线	(57)
3-8-3	短波接收机的非对称天线	(59)

第四章 接收机输入电路

§ 4-1	对接收机输入电路提出的要求	(61)
§ 4-2	调幅广播波段的单回路输入电路	(62)
4-2-1	回路与天线和负载为复杂耦合的通用电路	(62)
4-2-2	场传输系数	(62)
4-2-3	回路与晶体管为复耦合的带铁淦氧天线的输入电路	(67)
4-2-4	铁淦氧天线回路与晶体管之间为变压器耦合的输入电路	(72)
4-2-5	铁淦氧天线回路与晶体管之间为内电容耦合的输入电路	(73)
4-2-6	回路与晶体管之间为变压器耦合和内电容耦合输入电路的频率特性的比较	(74)
4-2-7	拉杆天线与回路为电容耦合时的输入电路	(75)
4-2-8	拉杆天线与回路为自耦变压器耦合的输入电路	(77)
§ 4-3	超短波调频广播的单回路输入电路	(78)
4-3-1	外调谐天线激励的窄带电路	(78)
4-3-2	室内不调谐天线的窄带电路	(81)
4-3-3	内调谐天线的窄带电路	(82)
4-3-4	通用宽带电路	(82)
§ 4-4	调幅广播波段的双回路输入电路	(84)
4-4-1	预选器电路	(84)
4-4-2	场传输系数	(84)
4-4-3	双回路滤波器的工作频带	(86)
4-4-4	耦合元件的计算	(88)
§ 4-5	接收机调谐的频率特性	(90)
4-5-1	调谐度盘不均匀性的概念	(90)
4-5-2	用直线频率式电容器的预选器中度盘的不均匀性	(91)

4-5-3 采用直线容量式电容器时度盘的不均匀性	(92)
4-5-4 用调谐环形天线工作时预选器元件计算的特点	(93)
§ 4-6 输入电路的选择性	(96)
4-6-1 单回路预选器中干扰信号衰减的频率关系	(96)
4-6-2 寄生调谐频率上的衰减	(98)
4-6-3 镜像波道频率上的衰减	(100)
4-6-4 双回路预选器中干扰信号衰减的频率关系	(104)
§ 4-7 调幅接收机的场灵敏度	(105)
4-7-1 接收机灵敏度的一般表示式	(105)
4-7-2 带有单回路和双回路预选器的接收机	(106)
4-7-3 带公共激励源的多波段天线的噪声系数	(108)
§ 4-8 调频接收机的场灵敏度	(111)

第五章 放大器的偏置电路

§ 5-1 引言	(113)
§ 5-2 小功率放大器的偏置电路	(113)
5-2-1 晶体管通用偏置电路	(113)
5-2-2 基电极电流的温度稳定性公式	(118)
5-2-3 参数 B_{CT} 、 I_{K0} (I_{B0}) 变化时晶体管工作状态的稳定性	(121)
5-2-4 放大级偏置电路的计算方法	(122)
§ 5-3 两级直接耦合放大器的偏置电路	(126)
5-3-1 直接耦合放大器的分析	(126)
5-3-2 电路元件值的确定	(140)
§ 5-4 末级 AB 类推挽功率放大器偏置电路	(141)
5-4-1 末级 AB 类推挽放大器的工作特点和稳定电路的组成	(141)
5-4-2 用热敏电阻稳定输出级工作点	(143)
5-4-3 用二极管稳定输出级工作点	(146)
5-4-4 用直接耦合前置放大器的电流稳定输出级工作点	(149)
§ 5-5 不同直流电路的放大器对电源电压变化的稳定性	(149)
5-5-1 电源电压变化时晶体管工作状态的稳定	(150)
5-5-2 对电源电压变化稳定的接收机线路组成方法	(152)
5-5-3 用单独的电池向基极电路供电	(153)
5-5-4 借助于非线性元件向基极电路供电——稳压器和 稳定电路的计算	(153)
5-5-5 基极电路和集电极电路的供电稳压器	(155)

第六章 高频系统

§ 6-1 高频放大器	(159)
-------------------	---------

6-1-1 基本原理	(159)
6-1-2 谐振放大器	(160)
6-1-3 宽频带放大器	(169)
6-1-4 非谐振放大器	(170)
6-1-5 电阻耦合放大器	(171)
6-1-6 晶体管链接放大器	(172)
§ 6-2 电调谐的振荡回路	(173)
6-2-1 电子控制频率方法的优点	(173)
6-2-2 回路电容和质量因数与控制电压的关系	(174)
6-2-3 在有变容二极管的回路中频率变化的同步	(176)
6-2-4 变容二极管的状态稳定性和温度稳定性	(181)
§ 6-3 高频放大器中的非线性失真	(183)
6-3-1 输入电压包络的失真	(183)
6-3-2 交叉调制	(189)
6-3-3 $2f_{H1}-f_{H2}$ 型干扰	(190)
§ 6-4 变频器	(191)
6-4-1 晶体管变频器参数	(191)
6-4-2 二极管变频器参数	(194)
6-4-3 变频器和本机振荡器电路	(198)
§ 6-5 本振回路和预选器回路的跟踪统调	(201)
6-5-1 基本理论原理	(201)
6-5-2 各种跟踪电路的等效性	(207)
§ 6-6 变频器中的非线性失真	(209)
6-6-1 输入电压包络失真	(209)
6-6-2 交叉调制	(212)
§ 6-7 副波道接收	(213)
6-7-1 现代晶体管广播接收机抗干扰性的实用图	(213)
6-7-2 本机振荡器谐波频率上的变换效率	(214)
6-7-3 预选器具有各种铁淦氧天线绕组转换电路时其传输系数的频率特性	(216)

第七章 中频系统

§ 7-1 中频系统的各种组成方法	(225)
§ 7-2 宽频带阻抗变换	(226)
7-2-1 基本原理	(226)
7-2-2 变压滤波器电路	(226)
7-2-2 极限变压系数的频率关系	(234)
§ 7-3 LC 回路集总选择性系统	(235)

7-3-1 带通网络型式	(235)
7-3-2 放大器的频率特性	(235)
7-3-3 网络的固有衰减	(238)
A. III_3 型网络衰减	(238)
1. $A=0$	(238)
2. 截止频率上的衰减	(239)
3. 在远离谐振频率上的衰减	(239)
B. III_4 型网络中的衰减	(239)
7-3-4 由于与负载的失配而引起的衰减	(241)
7-3-5 多节滤波器结构	(250)
7-3-6 平衡集总选择性滤波器	(252)
§ 7-4 用压电和机电滤波器的集总选择性系统	(254)
7-4-1 压电滤波器	(254)
7-4-2 机电滤波器	(256)
7-4-3 压电机械滤波器 (简称压机滤波器——译者注)	(258)
§ 7-5 分配选择性系统	(261)
7-5-1 同频调谐的单回路放大器	(262)
7-5-2 参差调谐单回路放大器	(262)
7-5-3 双回路放大器	(263)
7-5-4 非谐振放大器	(264)

第八章 调幅和调频信号检波器

§ 8-1 调幅信号检波	(266)
8-1-1 晶体管接收机振幅二极管检波器的工作特点	(266)
8-1-2 末调信号和调频信号的指数二极管检波器参数	(266)
8-1-3 中频放大——检波器系统的传输系数	(276)
1. 中频放大器末级的通频带不变的条件	(278)
2. 检波器输出电压不变的条件	(278)
3. 中频放大器输入电压不变的条件	(279)
8-1-4 检波器非线性失真	(282)
8-1-5 周围煤质温度和二极管特性制造差别对检波电 路工作的影响	(286)
8-1-6 稳定检波电路参数的方法	(287)
8-1-7 检波器与中频放大器和低频放大器的匹配	(289)
获得最小非线性失真条件	(289)
末级中频放大器以及它与检波器耦合元件的计算	(289)
8-1-8 用二极管检波器的调幅信号的检波	(290)
8-1-9 设计中频放大——检波——低频放大级的某些习题及其解法	(294)

I. 计算方法	(294)
II. 计算方法	(300)
III. 计算方法	(304)
IV. 计算方法	(308)
V. 计算方法	(311)
§ 8—2 调频信号的检波	(315)
8-2-1 输入未调信号时频率检波器的工作	(316)
8-2-2 调频信号检波器参数	(317)
1. 调幅度 m 的确定	(317)
2. 对于低频电流而言与频率检波器等效的调幅信号检波器	(318)
3. 频率检波器的传输系数	(321)
8-2-3 调幅的抑制	(322)
8-2-4 频率检波器中的非线性失真和附加调谐	(323)

第九章 低频放大器

§ 9—1 晶体管的电路接法	(325)
§ 9—2 RC 耦合 A 类放大器	(331)
9-2-1 在发射极电路中用电阻稳定的放大级	(331)
放大器集电极电流和直流负载电阻的计算	(331)
放大级的效率	(332)
最低频率范围内放大级的频率特性	(333)
放大级参数的计算	(335)
9-2-2 发射极电路中电阻未被电容旁路的放大级	(336)
9-2-3 用自偏压的放大级	(337)
§ 9—3 直接耦合 A 类放大器	(340)
§ 9—4 变压器耦合 A 类放大器	(343)
9-4-1 放大级集电极电流和耦合变压器变压系数的计算	(344)
9-4-2 放大级在低频段的频率特性	(345)
9-4-3 放大级参数的计算	(346)
§ 9—5 变压器耦合 AB 类推挽放大器	(347)
9-5-1 输出变压器的变压系数和绕组电感的确定	(348)
9-5-2 放大级工作状态的计算	(349)
9-5-3 放大级参数的计算	(350)
9-5-4 推挽放大级输入电路偏压的选择和分压器的计算	(352)
§ 9—6 无输出变压器的 AB 类推挽放大器	(353)
9-6-1 以有中心点的扬声器为负载的输出级	(354)
9-6-2 负载并联的输出放大级	(355)
9-6-3 按桥式线路组成的输出级	(358)

§ 9-7 低频放大器各级中的非线性失真.....	(361)
9-7-1 AB类推挽放大级的谐波系数.....	(362)
9-7-2 末级推挽放大级中晶体管对的选择标准.....	(364)
§ 9-8 低频放大器中的回授.....	(365)
第十章 接收机中的控制	
§ 10-1 自动增益控制 (AGC).....	(371)
10-1-1 控制一级增益的自动增益控制线路.....	(371)
10-1-2 控制两级增益的自动增益控制线路.....	(377)
10-1-3 采用可控非线性元件的自动增益控制线路.....	(378)
§ 10-2 中频放大电路中的通频带控制.....	(379)
文 献.....	(382)

第一章 无线电广播接收机的参数 及其确定方法

§1-1 接收机参数¹⁾

表征接收机特性的有以下主要参数:

接收机的场灵敏度当标准调制信号作用于接收天线,接收机调谐在信号频率上,在给定的信噪比的条件下接收机输出标准功率时,则在该标准调制信号接收点的场强便是接收机的场灵敏度。这时,如果接收机的增益足够高,同时满足两个条件,则灵敏度就受噪声的限制。在增益不足的情况下灵敏度就受增益的限制。在无线电广播中,为了测量灵敏度而采用以下标准值:

调制信号:载波调制深度 $m = 0.3$, 调制频率 $F = 400$ 或 1000 赫[在调频情况下调制深度 $m = 0.3$ 相应的频偏为 15 千赫(峰值频偏 50 千赫)和 22.5 千赫(峰值频偏 75 千赫)];

测试功率 P_{CT} : 输出功率 $P_{MAX} > 150$ 毫瓦的接收机, $P_{CT} = 50$ 毫瓦; $P_{MAX} \leq 150$ 毫瓦的接收机, $P_{CT} = 5$ 毫瓦;

信噪比: 调幅和调频接收机分别为 20 分贝和 26 分贝。

接收机的选择性: 接收机的选择性系指它从干扰信号中分离出调谐频率上的有用信号的能力。为估计选择性而采用的是单一信号法和多信号法。用单一信号法测得的选择性(所谓单一信号线性选择性),要求有一个其电平不足以引起非线性效应的输入信号,并且有用信号和干扰信号不能同时作用。为表征单一信号线性选择性而引入以下参数:

1. 邻近波道信号的衰减(对于调幅在波段中邻近波道的频率偏离调谐频率 ± 9 千赫或 ± 10 千赫;而对于调频在波段中偏离 ± 180 千赫或 ± 300 千赫)。

2. 镜象波道的衰减。当本振频率高于接收的频率时,镜象波道的频率向高于调谐频率的方向偏移两个中频;如果本振频率低于接收的频率时,则向低频方向偏移两个中频。

3. 中频信号的衰减。

4. 副波道信号的衰减。可能在以下频率 f_{π} 上出现副波道:

$$f_{\pi} = \frac{mf_{\pi} \pm f_{\pi n}}{n},$$

1) 相应的参数及其确定方法的标准,是由一系列文件(国行全苏标准,标准器,技术条件)规定的。但是在这些文件中规定的参数的电压测量,不能够直接估计在给定的场强下接收信号的效率。因此在本书中,除根据МЭК和МКРР(国际无线电咨询委员会)建议作出的接收机主要参数的定义以外,还叙述了按场进行测量这些参数的方法,这些方法到目前为止,在文献中还没有适当的阐明。

式中 m 和 n ——任意整数； f_r ——本振频率； $f_{\text{中}}$ ——中频。

上述 1~4 各点的参数分别决定于邻近波道、中频波道、镜像波道和副波道等频率上的输入电平与输出功率为 50 毫瓦（对于 $P_{\text{中频}} \leq 150$ 毫瓦的接收机为 5 毫瓦）时接收机调谐频率上的输入电平之比值。

5. 接收机谐振曲线斜坡的平均斜率，决定于给定电平（-6 分贝和 -26 分贝）两点之间接收机谐振曲线的斜率。

但是在实际条件下输入信号电平可能相差很大，而且可能同时有几个信号加到接收机上。这样，放大级的非线性现象就可能严重地影响接收机的选择性了。因此除了单一信号线性选择性以外，还规定出一些决定接收机有效选择性的参数。接收机的有效选择性应理解成：接收机从电平足以引起非线性效应的干扰信号中，分离出工作频率上的一定输入电平的有用信号的能力。此时要求有用信号和干扰信号同时作用。有效选择性是由阻塞、邻近波道选择性和互调等测量来估计的¹⁾。

调谐到有用信号频率的接收机，同时还加有频率相近的干扰信号时，就要发生阻塞效应。由于各级过载和自动增益控制 (AGC) 的作用，它要使有用信号的输出电压发生变化（一般是降低，国际无线电咨询委员会建议变化 3 分贝和 6 分贝左右）。阻塞是用引起输出电压变化的干扰信号电平与给定的有用信号输入电平的比值来表示的。

回路的选择性低以及交叉调制都对邻近波道的选择性有影响。对邻近波道的选择性是用邻近波道频率上调制的干扰信号电平与给定的有用信号电平之比值来表示的。这邻近干扰信号在接收机输出端产生的电压比起同时加入的相同调制深度的有用信号所得到的电压要低一些（国际无线电咨询委员会建议的电平大致为 20~30 分贝）。

当有用信号的载波和频率相近的已调制的干扰同时存在时，由于放大级中的非线性过程就要产生交叉调制。它的表现是将调制从高频干扰移到有用信号载频上去了。

有交叉调制时，接收机输出端就要出现频率等于干扰的调制频率的低频电压。只要把有用信号去掉，这个电压就消失。交叉调制是用调制的干扰信号电平与给定的有用信号电平之比值来表示的。这干扰信号在接收机输出端产生的电压比同样调制深度的有用信号所得到的电压是要低的（国际无线电咨询委员会建议的电平大致为 20~30 分贝）。

互调是当接收机调谐到接收给定电平的有用的载波信号时，在其输出端有电压出现的一种效应，它是由于有相同电平的未调制的干扰信号 ($f_{\text{中}1}$ 和 $f_{\text{中}2}$) 同时加在接收机上形成的。干扰信号的频率 ($f_{\text{中}1}$ 和 $f_{\text{中}2}$) 满足以下关系：

1. $f_{\text{中}1} - f_{\text{中}2} = f_{\text{中}}$, $f_{\text{中}1} > f_{\text{中}2}$, $10 \text{ 千赫} < |f_{\text{中}2} - f_c| \ll f_c$ 。
2. $f_{\text{中}1} + f_{\text{中}2} = f_{\text{中}}$, $f_{\text{中}1} > \frac{1}{2} f_{\text{中}}$, $f_{\text{中}2} > f_{\text{中}2}$, $10 \text{ 千赫} < |f_{\text{中}1} - f_{\text{中}2}| \ll f_{\text{中}}$ 。
3. $f_{\text{中}1} - f_{\text{中}2} = f_c$, $f_{\text{中}1} > f_{\text{中}2}$, $10 \text{ 千赫} < |f_{\text{中}2} - f_c| \ll f_c$ 。
4. $f_{\text{中}1} + f_{\text{中}2} = f_c$, $f_{\text{中}1} > \frac{1}{2} f_c > f_{\text{中}2}$, $10 \text{ 千赫} < f_{\text{中}1} - f_{\text{中}2} \ll f_c$ 。

1) 所讨论的估计有效选择性的方法是对调幅接收机而言的，关于将上述方法推广到调频接收机中的可能性的问题还正在研究。

$$5. \quad f_{\Pi 1} + f_{\Pi 2} = f_{3K}, \quad f_{\Pi 1} > \frac{1}{2} f_{3K} > f_{\Pi 2}, \quad 10 \text{ 千赫} < |f_{\Pi 2} - f_{3K}| \ll f_{3K}.$$

$$6. \quad 2f_{\Pi 1} - f_{\Pi 2} = f_c, \quad 10 \text{ 千赫} < |f_{\Pi 1} - f_c| \ll f_{c0}.$$

在所有上述情况下，测量时干扰信号的频率应该这样选择：即只存在一个被调制的干扰信号时，低频输出电压小到可以忽略。

互调是用两个干扰信号的输入电平与有用信号输入电平之比值来表示的。这两个干扰信号在接收机输出端产生的电压要比调制深度为 30% 的有用信号产生的电平低一些（国际无线电咨询委员会建议的电平约为 20~30 分贝）。

接收机的频率稳定度 接收机的频率稳定度就是指开机后的长时间内，有气候和机械的影响以及电源电压变化时，不用微调而能保持输出信号的质量不变的能力。

频率稳定度表征的是由于自热、温度、湿度、电源电压等变化以及机械影响引起调谐频率的漂移。

自动增益控制 (AGC) 作用 自动增益控制的作用就是指接收机输入信号电平在给定的范围内变化时，使输出端电压保持在给定的范围内的能力。

接收机的整机频率特性（声压的保真度曲线）接收机的整机频率特性就是调制深度和已调制的输入信号大小都不变时，接收机音响系统产生的声压与调制频率之间的关系。声压频率特性的不均匀性是以给定的频率范围内声压的最大值与最小值之比来决定的。

接收机整机的声压谐波系数 声压谐波系数就是音响系统产生的声压谐波的有效值与基波和谐波声压有效值之比。

谐波系数按以下公式来求：

$$K_H = \sqrt{\frac{A_2^2 + A_3^2 + A_4^2 + \dots}{A_1^2 + A_2^2 + A_3^2 + A_4^2 + \dots}}$$

式中 A_1 ——与基波声压相对应的电压； A_2 、 A_3 、 A_4 ……——与谐波声压相对应的电压（电压是在测量微音器的放大器输出端用谐波分析仪进行测量的）。

额定输出功率 额定输出功率就是——一定类型的接收机在保证得到给定的平均声压并且声压谐波系数不超过给定值时，确定的输出功率。

最大输出功率 最大输出功率就是使电压谐波系数等于给定值时接收机的输出功率。在许多情况下，都把最大输出功率理解成信号出现截止时输出功率的极限值。

供电的经济性 在表征接收机供电的经济性时，常用如下参数：

《静止》电流——没有信号时电源供给接收机的电流。

接收机效率——最大输出功率与该状态下接收机消耗的功率之比：

$$\eta = \frac{P_{\text{вых макс}}}{P_{\text{порт}}};$$

耗电量——这个参数对携带式接收机尤为重要。它表征的是接收机由一组电池供电正常工作的持续性。因为在无线电广播发送的时间内，平均消耗的电源能量与 $P_{\text{вых}} = 0.2 P_{\text{вых макс}}$ 时消耗的能量等效，因此电能的消耗就应在这个输出电平上计算。

§1-2 确定接收机场参数的方法

1-2-1 电天线接收

如果接收机电天线工作，在电天线上有接地线（或地网）时，场灵敏度 E 可根据测得的接收机电压灵敏度 u_{rec} 利用如下公式算出：

$$E = \frac{u_{rec}}{h}, \quad (1-1)$$

式中 h ——天线有效高度。

在便携式接收机中用的是拉杆天线，没有接地线。接收效率不仅决定于天线本身的参数（ h , C_A , R_A ），还与接收机外壳对地的电容 $C_{корп}$ ，电流通过它形成闭合回路

（图1-1）有关。在波长为10米和更长的波段范围内，其中 $\frac{l}{\lambda} < 0.1$ （ l ——鞭状天线

长度， λ ——波长），天线的有效高度 $h = \frac{l}{2}$ ，输入阻抗的电阻分量与电抗分量相比较小，可以忽略。此时可以把电容 $C_{экв}$ 当作为等效天线，而电容

$$C_{экв} = \frac{C_A C_{корп}}{C_A + C_{корп}}. \quad (1-2)$$

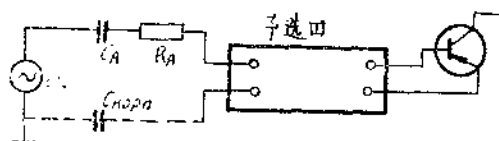


图1-1 拉杆天线与接收机预选器耦合的等效电路

C_A 和 $C_{корп}$ 的计算方法将在3-8-3节中研究。按照这种方法，对于有室内拉杆天线的典型便携式广播接收机进行计算，得出了以下五个由外壳最大尺寸确定的等效天线的基本数值（表1-1）。

表1-1

接收机外壳最大尺寸，毫米	110+140	140+165	165+210	210+270	270+350
$C_{экв}$, 微微法	3,0	3,6	4,5	5,6	6,8

按表1-1确定的天线电容，与3-8-3节的计算公式相比较，其误差不超过15%。

在计算电压灵敏度时，信号 u_{rec} 经表1-1决定的电容 $C_{экв}$ 加到接收机的输入端。此时拉杆天线应与接收机电路断开。因为在大多数情况下不希望这样断开，故建议采用如下实际中应用的测量方法：标准信号产生器的电压经串联电容 $C_{посл}$ 加到接收机的

输入端，拉杆天线处于收缩状态。 $C_{\text{послед}}$ 的数值由如下公式确定：

$$C_{\text{послед}} = C_{\text{экв}} - C_{\text{амин}}, \quad (1-3)$$

式中

$$C_{\text{амин}} = \frac{l_{\text{мин}}}{2l_{\text{п}} \left(\frac{l_{\text{мин}}}{r} - 0.307 \right)},$$

$l_{\text{мин}}$ ——天线收缩后的剩余长度（第一节长度）

r ——天线管的平均半径。

在这些条件下，接收机的场灵敏度

$$E = \left(1 - \frac{C_{\text{амин}}}{C_{\text{экв}}} \right) \frac{u_{\text{гсс}}}{h}, \quad (1-4)$$

$$h = \frac{l_{\text{макс}}}{2},$$

式中 $l_{\text{макс}}$ ——天线拉长后的最大长度。

用类似的方法，也可以确定用鞭状天线工作的超短波波段的场灵敏度。在该情况下，正如 3-8-2 节指出的，等效天线可用 $R_{\text{вх}}$ 、 $L_{\text{аэ}}$ 和 $C_{\text{аэ}}$ [公式 (3-110)~(3-113)] 的串联电路表示。在测量电压灵敏度时，内阻为 $R_{\text{ген}}$ 的标准信号产生器要用一个电阻 $R_{\text{н}}$ 分路，其数值为

$$R_{\text{н}} = \frac{R_{\text{ген}} R_{\text{вх}}}{R_{\text{ген}} - R_{\text{вх}}}. \quad (1-5)$$

信号经 $L_{\text{аэ}}$ 和 $C_{\text{аэ}}$ 电路加到输入端，并按照其数值计算接收机的电压灵敏度 $u_{\text{пр}}$ ：

$$u_{\text{пр}} = u_{\text{гсс}} \frac{2R_{\text{н}}}{R_{\text{ген}} + R_{\text{н}}}. \quad (1-6)$$

只有当标准信号产生器的负载与其内阻匹配 ($R_{\text{н}} = R_{\text{ген}}$)，其输出度盘是按负载上的电压进行刻度时，公式 (1-5) 才是正确的。如果标准信号产生器是按照开路状态 ($R_{\text{н}} = \infty$) 的电动势进行刻度时，则

$$u_{\text{пр}} = u_{\text{гсс}} \frac{R_{\text{н}}}{R_{\text{ген}} + R_{\text{н}}}. \quad (1-7)$$

使用鞭状天线的超短波接收机的场灵敏度

$$E = \frac{u_{\text{пр}}}{h},$$

式中 $u_{\text{пр}}$ 和 h 由式 (1-5)、(1-6) 和 (3-114) 确定。

当 $R_{\text{э}} > R_{\text{ген}}$ ($R_{\text{э}} = R_{\text{вх}}$) 时，应该与 $R_{\text{ген}}$ 串联一个附加电阻，其大小要满足等式 (1-5)。上述确定灵敏度的方法也适用于用不调谐的对称振子工作的接收机。在该情况下 $R_{\text{вх}}$ 、 $L_{\text{а}}$ 和 $C_{\text{а}}$ 的数值根据公式 (3-101)~(3-104) 确定。

对于对称半波振子，天线等效为纯电阻 $R_{\text{а}} = R_{\text{вх}} = 80 \Omega$ 。

1-2-2 磁天线接收

当接收机用室内磁天线（铁淦氧或环形的）工作时，场灵敏度是利用由一个或两个同

相激励的环形天线组成的辐射器来决定的。下面介绍由两种型式辐射器产生的场的特点和计算。

单匝环形天线 这种辐射器用于测量百米波和千米波范围内的场灵敏度。当环的周长远小于波长时，环可以当作磁偶极子来研究。在位于环电流轴线上并偏离偶极子中心的距离为 a 的点上，偶极子的场强

$$H = \frac{I_p}{2R} \frac{R^3}{(\sqrt{R^2 + a^2})^3}, \quad (1-8)$$

式中 $I_p = \frac{u_{\text{rec}}}{R_{\text{дог}}}$ —— 环电流； R —— 环的半径； $R_{\text{дог}}$ —— 与给环馈电的信号产生器串联的附加电阻。

利用表示式(1-8)和远区电场 E 与磁场 H 矢量之间的关系 $\left(\frac{E}{H} = 120\pi\right)$ ，求得

$$E \left(\frac{\text{伏}}{\text{米}} \right) = \frac{60 \cdot S u_{\text{rec}}}{R_{\text{дог}} (R^2 + a^2)^{\frac{3}{2}}}, \quad (1-9)$$

式中 S —— 环的面积。

对于矩形环，其等效半径 $R = R_0$ 由下式求得：

$$R_0 = \sqrt{\frac{S}{\pi}}.$$

当 R_0 的数值给定时，在离矩形环中心的距离为 a 的地方产生的场强

$$E \left(\frac{\text{伏}}{\text{米}} \right) = \frac{60 \cdot S u_{\text{rec}}}{R_{\text{дог}} \left(a^2 + \frac{S}{\pi} \right)^{\frac{3}{2}}}. \quad (1-10)$$

实际当中用的是正方形环，其面积 $S \text{ (米}^2\text{)} = 0.38^2$ ，它是由直径为 4.5~5 毫米的铜导线做成的。将 $a = 1$ 米、 $S \text{ (米}^2\text{)} = 0.38^2$ 的数值代入(1-10)式，解方程式的 $R_{\text{дог}}$ ，得

$$R_{\text{дог}} = \frac{60 \cdot S}{\left(a^2 + \frac{S}{\pi} \right)^{\frac{3}{2}}} \frac{u_{\text{rec}}}{E}. \quad (1-11)$$

为了场强读做方便，取

$$\frac{u_{\text{rec}}}{E} = 10$$

较合适。

这时

$$R_{\text{дог}} = \frac{60 \times 0.38^2}{\left(1 + \frac{0.38^2}{\pi} \right)^{\frac{3}{2}}} \times 10 = 80 \text{ 欧} \quad (1-12)$$

当 $R_{\text{дог}} = 80$ 欧和 $a = 0.42$ 米时， $\frac{u_{\text{rec}}}{E} = 1$ 。

由两个同相激励的环形天线组成的辐射器 它是由两个同相激励的环形天线组成