

无綫电接收設備

，Ф. 巴尔康、B. K. 日丹諾夫編

丁子明 張海超譯

內 容 簡 介

本书在苏联适合于航空无线电技术学校作“无线电接收设备及低频放大器”一課的教科书。书中阐述了近代无线电接收机的高频通道問題以及低频振荡的放大問題。

书中着重叙述了雷达接收机的工作問題。

每一章內都有对在无线电接收机电路元件中所发生的物理过程的描述、研究这些現象的数学分析以及某些必需的接收机电路元件的計算。

为了巩固学生的知識，在許多章內都編有习题和例题。

本书适合于我国各无线电电机制造厂的中級技术人員以及中等技术学校的学生作参考书。

Радиоприемные устройство

В. Ф. Баркан, В. К. Жданов

Обorongиз 53 1956

*

无线电接收設備

丁子明、張海超譯

*

国防工业出版社 出版

北京市书刊出版业营业許可證出字第 074 号

国防工业出版社印刷厂印刷 新华书店北京发行所发行

*

787×1092 $\frac{1}{16}$ 印張 16 $\frac{1}{2}$ 391 千字

1963 年 5 月第一版 1963 年 5 月第一次印刷 印数 0,001—6,200 册

統一书号: 15034·667 定价: 10-4) 2.40 元

序 言

本书是根据现行的培养航空工业部門无綫电技术人員的教学計劃和教学大綱編写的。

电子学和放大設備在飞机設備系統中的广泛应用，要求对低頻放大器的工作进行比較詳細的研究。因此，在“无綫电接收設備”課程教学大綱中，不仅应包括关于接收机高頻系統工作的部分，而且还应包括許多关于低頻放大器的工作問題。

在本书中将敘述在飞机无綫电設備中所应用的近代无綫电接收机中各个級的工作的物理过程。

本书是以作者在无綫电专业中等技术学校中多年讲课所采用的讲义为基础編写而成的。

本书各章中在教学方法上的安排是完全相同的：无綫电接收机电路元件中物理过程的說明、所研究过程的数学分析、在必要的地方有計算例題、簡單結論、复习題和典型習題。

数学分析通常以得到技术計算中所需要应用的基本关系公式为止。

在个别地方，作者也引用了預先未經过詳細数学分析的計算公式和計算順序。

在分析无綫电接收机电路工作时，作者所应用的数学方法并没有超出航空中等技术学校数学課的範圍。

本书这种安排方法可以使學生在进行課堂討論以前复习讲课材料过程中以及在独立进行計算时感到方便。

第一章至第八章闡述接收設備的一般原理，在第九章“雷达接收机”中，學生可以了解到超高頻信号接收的特点。

超高頻接收之所以必須加以詳細敘述，是因为在各个实用的无綫电技术部門中超短波已經日益获得广泛的应用。

在以后的四章中，研究低頻放大級、視頻信号放大級的工作問題以及接收机輔助設備的工作。

在第十四章中闡述半导体器件在現代接收机中应用的基本知識。

在第十五章和第十六章中，研究飞机上通訊接收机的电路、雷达接收机的典型电路以及长波、中波和短波接收机的計算方法。这两章是學生学习本課程的結束章节。

第一章、第十四章和第十五章是两位作者合写的。

第二章、第三章、第六章、第七章、第八章、第九章和第十六章是B. Ф. 巴尔康工程师編写的。

第四章、第五章、第十章、第十一章、第十二章和第十三章是B. K. 日丹諾夫工程师編写的。

作者謹向列宁格勒航空仪表中等技术学校技术科学博士H. И. 齐思加可夫及全体同志表示謝意，他們所提出的寶貴指示和建議对于本书編写工作有很大的帮助。

目 录

序言	5	§ 29 变频电路	77
第一章 无线电接收设备的一般概念	7	§ 30 超外差接收的特点	82
§ 1 无线电接收设备的应用及分类	7	§ 31 超外差接收机回路的同轴调谐	85
§ 2 调幅的基本概念	8	第七章 无线电接收时的干扰和减小	
§ 3 无线电接收机的基本指标	9	干扰影响的方法	92
§ 4 无线电接收机的方框图	12	§ 32 干扰的一般概念	92
§ 5 无线电接收技术发展史	14	§ 33 大气干扰	92
§ 6 研究无线电接收电路的方法	17	§ 34 工业干扰	94
第二章 无线电接收机的输入电路	20	§ 35 内部噪声	94
§ 7 输入电路的一般概念	20	第八章 调频振荡的接收	98
§ 8 天线与回路之间存在电容耦合的输入电路	21	§ 36 接收调频振荡的一般概念	98
§ 9 天线与回路之间存在电感耦合的输入电路	24	§ 37 限幅器	101
§ 10 与天线存在电感-电容耦合的输入电路	27	§ 38 频率检波器	101
第三章 高频放大器	29	第九章 雷达接收机	105
§ 11 高频放大器的一般概念	29	§ 39 雷达和雷达接收机的一般概念	105
§ 12 谐振放大器	30	§ 40 雷达接收机的通频带	108
§ 13 高频放大器的稳定性	36	§ 41 雷达接收机的灵敏度	110
§ 14 具有带通滤波器的放大器	39	§ 42 超高频电子管	112
第四章 检波	48	§ 43 超高频雷达接收机的振荡回路	117
§ 15 检波的一般概念	48	§ 44 雷达接收机的方框图	119
§ 16 平方律检波	50	§ 45 米波和分米波波段的输入电路	121
§ 17 直线性检波	51	§ 46 超高频放大器	124
§ 18 二极管检波器电路	55	§ 47 米波和分米波波段内的变频器	129
§ 19 板极检波	59	§ 48 厘米波波段中的变频器	132
§ 20 阴极检波	60	§ 49 米波和分米波接收机的中频放大器	140
§ 21 栅极检波	61	§ 50 厘米波接收机的中频放大器	143
§ 22 晶体检波器	62	§ 51 视频检波器	144
第五章 再生接收和超再生接收	65	第十章 低频电压放大器	148
§ 23 再生接收的一般概念	65	§ 52 低频电压放大器概述	148
§ 24 再生接收理论	67	§ 53 电阻耦合放大器	154
§ 25 回授调整电路	67	§ 54 扼流圈放大器	164
§ 26 超再生接收原理	67	§ 55 变压器耦合放大器	165
§ 27 超再生接收机电路	71	§ 56 电阻-变压器耦合放大器	169
第六章 超外差接收	73	第十一章 低频功率放大器	172
§ 28 关于超外差接收机的一般概念和变频原理	73	§ 57 低频功率放大器概述	172
		§ 58 末级频率特性曲线	174
		§ 59 三极管单边功率放大器工作的分析	176
		§ 60 三极管功率放大器的工程计算	180

§ 61 五极管单边功率放大器	183
§ 62 五极管和束射四极管功率放大器的 技术计算	185
§ 63 功率放大器的推挽电路	189
§ 64 推挽级的计算特点	192
§ 65 倒相电路	194
§ 66 负回授在低频放大器中的应用	196
第十二章 视频放大器	201
§ 67 视频放大器概述	201
§ 68 视频放大器电路	204
§ 69 视频放大器的输出级	213
§ 70 视频放大器输出级的工程计算	216
第十三章 无线电接收机的辅助设备	219
§ 71 接收机手动调节和自动调节概述	219
§ 72 人工增益调节	220
§ 73 自动增益调节	222
§ 74 通频带的调节	229
§ 75 自动频率微调	231

第十四章 半导体器件在无线电接收 机中的应用	237
§ 76 半导体器件概述	237
§ 77 半导体三极管放大器	240
§ 78 半导体变频器	242
§ 79 半导体三极管直接放大式接收机电路	244
第十五章 无线电接收机电路	247
§ 80 飞机通讯接收机电路	247
§ 81 飞机上用厘米波雷达接收机的电路	249
第十六章 长波、中波和短波超外差 接收机设计原理	252
§ 82 设计无线电接收机概述	252
§ 83 设计的技术条件	252
§ 84 无线电接收机的预先计算	253
§ 85 最后计算	259
参考文献	263

无綫电接收設備

，Ф. 巴尔康、B. K. 日丹諾夫編

丁子明 張海超譯

內 容 簡 介

本书在苏联适合于航空无线电技术学校作“无线电接收设备及低频放大器”一課的教科书。书中阐述了近代无线电接收机的高频通道問題以及低频振荡的放大問題。

书中着重叙述了雷达接收机的工作問題。

每一章內都有对在无线电接收机电路元件中所发生的物理过程的描述、研究这些現象的数学分析以及某些必需的接收机电路元件的計算。

为了巩固学生的知識，在許多章內都編有习题和例题。

本书适合于我国各无线电电机制造厂的中級技术人員以及中等技术学校的学生作参考书。

Радиоприемные устройство

В. Ф. Баркан, В. К. Жданов

Обorongиз 53 1956

*

无线电接收設備

丁子明、張海超譯

*

国防工业出版社 出版

北京市书刊出版业营业許可證出字第 074 号

国防工业出版社印刷厂印刷 新华书店北京发行所发行

*

787×1092 1/16 印張 16 1/2 391 千字

1963 年 5 月第一版 1963 年 5 月第一次印刷 印数 0,001—6,200 册

統一书号: 15034·667 定价: 10-4) 2.40 元

目 录

序言	5	§ 29 变频电路	77
第一章 无线电接收设备的一般概念	7	§ 30 超外差接收的特点	82
§ 1 无线电接收设备的应用及分类	7	§ 31 超外差接收机回路的同轴调谐	85
§ 2 调幅的基本概念	8	第七章 无线电接收时的干扰和减小	
§ 3 无线电接收机的基本指标	9	干扰影响的方法	92
§ 4 无线电接收机的方框图	12	§ 32 干扰的一般概念	92
§ 5 无线电接收技术发展史	14	§ 33 大气干扰	92
§ 6 研究无线电接收电路的方法	17	§ 34 工业干扰	94
第二章 无线电接收机的输入电路	20	§ 35 内部噪声	94
§ 7 输入电路的一般概念	20	第八章 调频振荡的接收	98
§ 8 天线与回路之间存在电容耦合的输入电路	21	§ 36 接收调频振荡的一般概念	98
§ 9 天线与回路之间存在电感耦合的输入电路	24	§ 37 限幅器	101
§ 10 与天线存在电感-电容耦合的输入电路	27	§ 38 频率检波器	101
第三章 高频放大器	29	第九章 雷达接收机	105
§ 11 高频放大器的一般概念	29	§ 39 雷达和雷达接收机的一般概念	105
§ 12 谐振放大器	30	§ 40 雷达接收机的通频带	108
§ 13 高频放大器的稳定性	36	§ 41 雷达接收机的灵敏度	110
§ 14 具有带通滤波器的放大器	39	§ 42 超高频电子管	112
第四章 检波	48	§ 43 超高频雷达接收机的振荡回路	117
§ 15 检波的一般概念	48	§ 44 雷达接收机的方框图	119
§ 16 平方律检波	50	§ 45 米波和分米波波段的输入电路	121
§ 17 直线性检波	51	§ 46 超高频放大器	124
§ 18 二极管检波器电路	55	§ 47 米波和分米波波段内的变频器	129
§ 19 板极检波	59	§ 48 厘米波波段中的变频器	132
§ 20 阴极检波	60	§ 49 米波和分米波接收机的中频放大器	140
§ 21 栅极检波	61	§ 50 厘米波接收机的中频放大器	143
§ 22 晶体检波器	62	§ 51 视频检波器	144
第五章 再生接收和超再生接收	65	第十章 低频电压放大器	148
§ 23 再生接收的一般概念	65	§ 52 低频电压放大器概述	148
§ 24 再生接收理论	67	§ 53 电阻耦合放大器	154
§ 25 回授调整电路	67	§ 54 扼流圈放大器	164
§ 26 超再生接收原理	67	§ 55 变压器耦合放大器	165
§ 27 超再生接收机电路	73	§ 56 电阻-变压器耦合放大器	169
第六章 超外差接收	73	§ 57 低频功率放大器	172
§ 28 关于超外差接收机的一般概念和变频原理	73	§ 58 低频功率放大器概述	172
		§ 59 三极管单边功率放大器工作的分析	176
		§ 60 三极管功率放大器的工程计算	180

§ 61 五极管单边功率放大器	183
§ 62 五极管和束射四极管功率放大器的 技术計算	185
§ 63 功率放大器的推挽电路	189
§ 64 推挽級的計算特点	192
§ 65 倒相电路	194
§ 66 負回授在低頻放大器中的应用	196
第十二章 視頻放大器	201
§ 67 視頻放大器概述	201
§ 68 視頻放大器电路	204
§ 69 視頻放大器的輸出級	213
§ 70 視頻放大器輸出級的工程計算	216
第十三章 无綫电接收机的輔助設備	219
§ 71 接收机手动調节和自动調节概述	219
§ 72 人工增益調节	220
§ 73 自动增益調节	222
§ 74 通頻带的調节	229
§ 75 自动頻率微調	231

第十四章 半导体器件在无綫电接收 机中的应用	237
§ 76 半导体器件概述	237
§ 77 半导体三极管放大器	240
§ 78 半导体变频器	242
§ 79 半导体三极管直接放大式接收机电路	244
第十五章 无綫电接收机电路	247
§ 80 飞机通訊接收机电路	247
§ 81 飞机上用厘米波雷达接收机的电路	249
第十六章 长波、中波和短波超外差 接收机設計原理	252
§ 82 設計无綫电接收机概述	252
§ 83 設計的技术条件	252
§ 84 无綫电接收机的預先計算	253
§ 85 最后計算	259
参考文献	263

序 言

本书是根据现行的培养航空工业部門无綫电技术人員的教学計劃和教学大綱編写的。

电子学和放大設備在飞机設備系統中的广泛应用，要求对低頻放大器的工作进行比較詳細的研究。因此，在“无綫电接收設備”課程教学大綱中，不仅应包括关于接收机高頻系統工作的部分，而且还应包括許多关于低頻放大器的工作問題。

在本书中将敘述在飞机无綫电設備中所应用的近代无綫电接收机中各个級的工作的物理过程。

本书是以作者在无綫电专业中等技术学校中多年讲课所采用的讲义为基础編写而成的。

本书各章中在教学方法上的安排是完全相同的：无綫电接收机电路元件中物理过程的說明、所研究过程的数学分析、在必要的地方有計算例題、簡單結論、复习題和典型習題。

数学分析通常以得到技术計算中所需要应用的基本关系公式为止。

在个别地方，作者也引用了預先未經过詳細数学分析的計算公式和計算順序。

在分析无綫电接收机电路工作时，作者所应用的数学方法并没有超出航空中等技术学校数学課的範圍。

本书这种安排方法可以使學生在进行課堂討論以前复习讲课材料过程中以及在独立进行計算时感到方便。

第一章至第八章闡述接收設備的一般原理，在第九章“雷达接收机”中，學生可以了解到超高頻信号接收的特点。

超高頻接收之所以必須加以詳細敘述，是因为在各个实用的无綫电技术部門中超短波已經日益获得广泛的应用。

在以后的四章中，研究低頻放大級、視頻信号放大級的工作問題以及接收机輔助設備的工作。

在第十四章中闡述半导体器件在現代接收机中应用的基本知識。

在第十五章和第十六章中，研究飞机上通訊接收机的电路、雷达接收机的典型电路以及长波、中波和短波接收机的計算方法。这两章是學生学习本課程的結束章节。

第一章、第十四章和第十五章是两位作者合写的。

第二章、第三章、第六章、第七章、第八章、第九章和第十六章是B. Ф. 巴尔康工程师編写的。

第四章、第五章、第十章、第十一章、第十二章和第十三章是B. K. 日丹諾夫工程师編写的。

作者謹向列宁格勒航空仪表中等技术学校技术科学博士H. И. 齐思加可夫及全体同志表示謝意，他們所提出的寶貴指示和建議对于本书編写工作有很大的帮助。

第一章 无线电接收设备的一般概念

§1 无线电接收设备的应用及分类

为了不用导线而能将有用信号发射到一定距离，必须在无线电通讯线路的发射设备中进行调制。所谓调制就是有用信号对发射机高频振荡的振幅、频率或相位的作用过程。所产生的高频调制振荡通常由发射天线以电磁波形式发射出去，以光速在空间传播。

在接收的地方电磁波的能量被接收天线接收，输向接收机的输入端。在接收机中，从所接收到的高频调制信号当中分离出有用调制信号。被分离出来的有用信号输向终端设备，使终端设备进行工作。

通常以耳机、扩音器、记录装置、电子射线管和其他种类的指示器作为终端设备。

接收天线所得到的电磁波能量随着无线电接收机远离无线电发射机的程度而减少，因此，无线电接收机应该保证可以接收较弱的信号。

无线电接收设备的应用

目前，采用无线电来发射有用信号已经被广泛地用于各种目的，其中主要是用于无线电通讯、无线电广播、无线电导航、无线电定位和无线电遥控。

无线电通讯 在一定距离内发射和接收电话信号和电报信号。无线电通讯是固定目标与活动目标（如舰艇、飞机、坦克等）通讯的唯一的一种方式。利用传真电报信号（发射固定影像）也可以实现无线电通讯。

无线电广播 是无线电通讯中的一种，在这种情况下，发射电台可以向许多无线电听众进行广播。

现代无线电广播不仅可以用于广播语言和音乐，而且还可以传送影像。

无线电导航 是利用中心无线电台所发射的无线电话信号和无线电报信号来引导活动目标（飞机、舰艇）的方法。无线电导航可以引导飞机和舰艇返回基地，可以确定活动目标所在的位置和解决其他一系列导航任务。无线电导航在第二次世界大战中曾获得广泛应用。它可以保证在复杂的气象条件下使用空军和海军。

无线电定位 是无线电技术的一个部门，在第二次世界大战时期获得了广泛的发展，利用无线电定位可以确定目标（飞机或舰艇的座标），在没有视觉能见度时，可以对飞机和舰艇进行瞄准射击，可以对地球表面进行平面扫描，并可以解决各种导航任务。

无线电遥控 不应用导线可以操纵位于一定距离以内的各种机械。

无线电接收设备的分类

目前所应用的各种类型的无线电接收机通常可以分为下列两种基本类别：无线电广播接收机和专用接收机。

无线电广播接收机 用于接收播音节目和电视节目。根据苏联国家标准 ГОСТ 5651-51，无线电广播接收机分成四级，每级接收机的特点是指标不同。质量指标最好的是第一级接收机。

专用接收机 用于无线电通讯线路、无线电定位和无线电导航等装置中。专用无线电接收机又可根据下列基本特征加以区分。

根据接收电路的种类 可以分为直接放大式接收机、再生式接收机、超再生式接收机和超外差式接收机。

根据接收信号波段 可以分为：长波接收机、中波接收机、短波接收机和超短波接收机。

根据工作种类 可以分为电话接收机、电报

接收机、电视接收机、定位接收机等等。

根据所接收信号的调制方法可以分为：用于接收具有调幅信号、调频信号、调相信号或脉冲调制信号的接收机。

根据安装位置，接收机可以分为在固定情况下工作的接收机和在运动情况下工作（例如在飞机上、舰艇上和坦克上等）的接收机。

根据通讯线路的距离可以分为用于通讯干线上工作的接收机和用于中等距离上和短距离上工作的接收机。

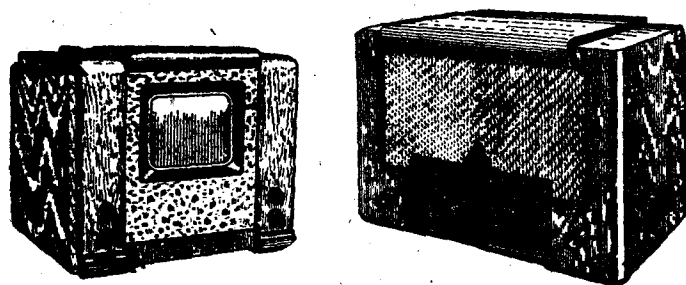


图1.1 电视接收机和广播接收机的外形。

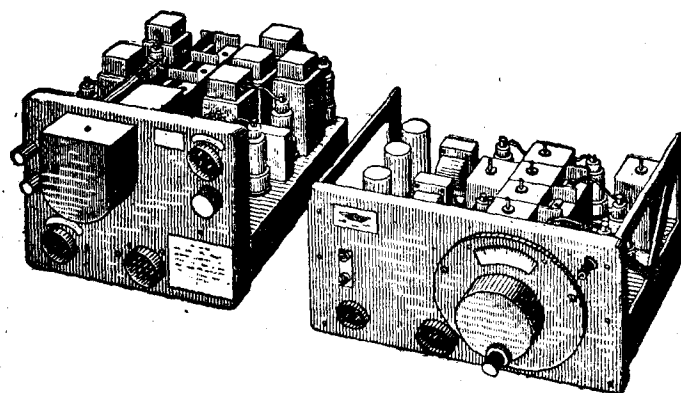


图1.2 机上无线电通讯接收机和机上无线电导航接收机的外形。

图1.1和图1.2上所示的是各种无线电接收机的外形：电视接收机、无线电广播接收机、机上通讯接收机和机上无线电导航接收机。

§2 调幅的基本概念

为了利用高频振荡来将低频振荡（例如音频振荡）传送到一定的距离之外去，通常采用

调制方法，即改变高频振荡的方法。

在调幅（AM）时，高频振荡的振幅随着时间不同按发射信号的变化规律而变化，但是这时频率和相位是保持不变的。

我们来研究一下调幅时所发生的过程。以频率为 F （图1.3a）的单音信号形式存在的低频振荡作用到从振荡器得来的高频振荡 f （图1.3b）。因此，高频振荡振幅便开始随着时间按着低频规律变化，

$$U_{\Sigma} = U_m + \Delta U_m \cos \Omega t,$$

式中 U_{Σ} ——被调振荡振幅；

U_m ——载频振荡振幅；

ΔU_m ——与调制信号振幅成正比的高频振荡振幅的最大增量；

$\Omega = 2\pi F$ ——调制信号角频率。

高频调幅振荡如图1.3c所示。

有时被调振荡的振幅可以由下列方程确定：

$$U_{\Sigma} = U_m (1 + m \cos \Omega t).$$

式中 $m = \frac{\Delta U_m}{U_m}$ ——调制系数。

高频调制振荡瞬时值通常可以表示为

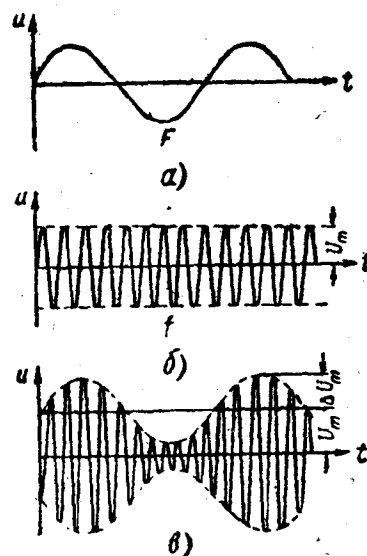


图1.3 高频调幅振荡的产生。

$$u = U_m(1 + m \cos \Omega t) \sin \omega t. \quad (1.1)$$

将括号展开，进行三角变换后，可得

$$\begin{aligned} u &= U_m \sin \omega t + m U_m \cos \Omega t \sin \omega t \\ &= U_m \sin \omega t + \frac{1}{2} m U_m \sin(\omega - \Omega)t \\ &\quad + \frac{1}{2} m U_m \sin(\omega + \Omega)t. \end{aligned}$$

第一項代表振幅为 U_m ，角频率为 $\omega = 2\pi f$ 的載頻振蕩，第二項和第三項叫做旁頻振蕩，它的振幅为 $\frac{1}{2} m U_m$ ，频率为

$$\omega - \Omega = 2\pi(f - F) \text{ 和 } \omega + \Omega = 2\pi(f + F).$$

例如，如果調制信号频率 $F = 3000$ 赫，載頻振蕩 $f = 800$ 千赫，則調制結果便可以得到频率为

$f - F = 797$ 千赫和 $f + F = 803$ 千赫的旁頻振蕩。

应用频率为 F 的一个純音調进行調制时，調幅振蕩頻譜的图解示于图1.4 a，图中的綫段表示載頻振蕩和旁頻振蕩，綫段的长短和振幅成正比。

在研究由許多个单音 $F_1, F_2, F_3, \dots, F_{\max}$ 組成的复杂电话信号时，可以証明：高频調幅振蕩可用載頻 f 和許多旁頻 $f \pm F_1, f \pm F_2, f \pm F_3, \dots, f \pm F_{\max}$ 等来表示。

复杂无线电话信号的頻譜如图1.4 b所示，在这种情况下，发射机将辐射載頻振蕩和由 $f - F_{\max}$ 到 $f + F_{\max}$ 的旁頻振蕩的整个頻譜 $f - F_{\max}$ 和 $f + F_{\max}$ 組成发射机頻带，頻带宽

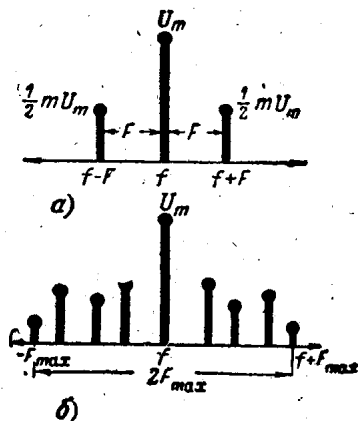


图1.4 簡單調幅振蕩和复杂調幅振蕩的頻譜。

度等于 $2F_{\max}$ 。

在組成复杂信号的各振幅之間存在着一定的自然关系，只有当这些組成复杂信号的振幅关系在整个无线电通訊通路中保持不变的时候，也就是說，只有在接收机和发射机元件中保持不变的时候，才能准确地重現出低頻信号。

§3 无线接收机的基本指标

所有无线电接收設備都应该滿足一定的要求，这些要求将使接收机能直接用到一定的目的中。对各种不同功用的无线电接收机所提出来的技术要求大致包括下列指标：輸出功率、輸出电压、灵敏度、选择性和通頻带、頻段以及保真度。

无线接收机的輸出功率和輸出电压

无线接收机供給末級裝置的功率叫做輸出功率。輸出功率的大小由末級裝置——揚声器、电报設備继电器、自动控制裝置等等的类型决定。

对于具有特殊功用的接收机，特别是对于以电子射綫管作为輸出裝置的电视接收机和雷达接收机，通常給出的不是輸出功率而是輸出电压。

輸出电压的大小与接收机的功用有关，約为零点几伏到几十伏和几百伏之間。

无线接收机的灵敏度

无线接收机的灵敏度由接收机終端机件上有正常輸出功率(或正常輸出电压)时加到接收机輸入端上的信号的大小来决定。因此，在輸入端上所得到的能保証正常接收的有用信号的电动势愈小，則灵敏度愈高。灵敏度通常用微伏 (μV) 測量。能否得到較高的灵敏度，通常与接收机各級的放大性能有关。

实际上，較高的接收机灵敏度只有在接收机輸出端固有噪声电平小于信号电平时才可能得到。

信号电压应超过噪声电平的大小，通常根据接收信号的性质来加以确定。

无线电接收机的通频带及选择性

加到无线电接收机输入端上的有用信号是一个频谱，该频谱与接收机调制过程有关。

接收带有各种不同旁频的有用信号，也就是同时接收一定的频带，是无线电接收机的任务之一。在这种情况下，必须使信号频谱振幅之间的自然比值保持不变，这种情况只有当接收机的灵敏度在一定频带内恒定不变时才有可能获得。

接收机的另一个重要任务是需要从输入到天线路的各种信号当中分离出被接收电台的有用信号。

无线电接收机能够从各种频率不同的信号当中分离出被接收电台有用信号的能力，称为无线电接收机的选择性。

为了同时满足允许所接收电台的旁频频谱均匀通过，而不允许其他电台信号通过，理想接收机的选择性曲线应该具有矩形形状（图 1.5 a）。

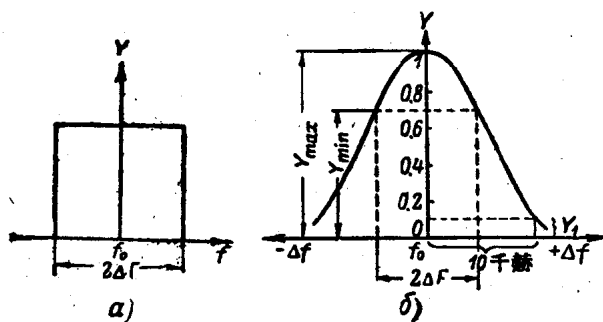


图 1.5 无线电接收机的选择性曲线。

f_0 ——接收信号的载频。矩形的宽度相当于接收信号的频带宽度 $2\Delta F$ 。在通频带以外的其他信号不应被接收。

与接收机振荡系统谐振特性有关的实用无线电接收机选择性曲线的形状可能如图 1.56 所示。横坐标为接收机振荡系统相对于谐振频率的失谐数值，纵坐标为接收信号强度的相对

变化。

不难看出：当曲线为这种形状时，边界旁频强度将小于靠近载频的旁频强度。在许多情况下，边界旁频的稍许衰减，对于接收机输出端有用信号的重现并无显著影响。因此接收机高频部分的通频带又叫频率范围，在这个范围内接收振荡频谱的衰减不应超过给定的数值。图 1.56 上的通频带读数是在假定电平为 $Y = 0.7$ 时取用的。

利用所列举的曲线可以判定接收机的选择性。在失谐已经给定的情况下， Y 值愈小，则该频率信号的强度愈小，因而，接收电台信号便在很大程度上超过了干扰电台的信号。因此 Y 值可以作为在失谐给定时说明接收机选择性的标准。

通讯接收机和广播接收机的选择性，通常在失谐 $\Delta f = 10$ 千赫时加以确定。因为频率相邻的电台的载频根据国际协定应间隔 10 千赫。

图 1.56 为当 $Y_1 = 0.1$ 时的接收机选择性数值的直接概念。 Y_1 说明邻近电台信号强度为接收电台信号强度的十分之一。

在现代无线电通讯和广播接收机中，邻近电台信号的衰减已达到 10~200 左右。

当选择性很强时，要接收机能保证获得很宽的通频带是很困难的。由谐振曲线可以看出，这两种要求是相互矛盾的：通频带加宽可能损坏选择性，相反的，通频带变窄可能改善选择性。只有将接收机谐振曲线改为矩形形状才能同时满足这些要求。为了判断并比较各种振荡系统谐振曲线近于矩形的程度，引用矩形系数概念最为适宜。图 1.6 所示的是电平为 0.7 时，带有相同通频带 $2\Delta f_{0.7}$ 的各种振荡系统的谐振曲线，在通频带以外的曲线斜率则各有不同。

矩形系数 一定条件电平上的通频带与电平为 0.7 的通频带间的比值称为矩形系数，

$$K_n = \frac{2\Delta f}{2\Delta f_{0.7}} = \frac{\Delta f}{\Delta f_{0.7}}$$

通常应用这样的假定电平来确定矩形系数，该假定电平相当于信号衰减 10 倍和 100 倍，

也就是相当于电平为 $\Delta f_{0.1}$ 和 $\Delta f_{0.01}$ 时的信号衰减。因此可以表示为

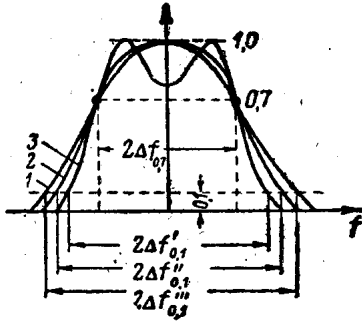


图1.6 通带相同的各种振荡系统的谐振曲线。

$$K_{\pi 0.1} = \frac{\Delta f_{0.1}}{\Delta f_{0.7}} \text{ 和 } K_{\pi 0.01} = \frac{\Delta f_{0.01}}{\Delta f_{0.7}} \quad (1.2)$$

矩形系数通常大于 1, K_{π} 值越接近于 1, 谐振曲线愈接近矩形。

图 1.6 所示的曲线 3 最接近矩形, 最小的 K_{π} 值相当于这条曲线。

无线电接收机的频段

在现代无线电技术中, 通常应用频率在 10 千赫到 100000 兆赫范围内的电磁振荡, 相当于波长为 30000 米到 3 厘米。根据苏联标准 (OCT) 7768, 这个频率的各个分段都给予一定名称, 如表 1.1 所示。

表 1.1

波 长	频 率	波 段 名 称
3000米以上	100千赫以下	长波 (ДВ)
3000~200米	100~1500千赫	中波 (СВ)
200~50米	1500~6000千赫	中短波 (ПВ)
50~10米	6~30兆赫	短波 (КВ)
10~1.0米	30~300兆赫	米波
1~0.1米	300~3000兆赫	分米波
10~1厘米	3000~30000兆赫	厘米波
		超短波 (УКВ)

根据主要功用, 在无线电接收机中可以考虑只接收一个波段或几个波段的振荡。无线电广播和通讯接收机通常应用几个波段, 电视接收机、雷达接收机及其他具有特殊功用的接收机主要用于接收单独一种频率的信号, 因此又称为固定调谐接收机。接收机在给定波段内能

保证接收信号的能力可以用波段复盖来判定。用于某一给定波段的接收机, 在全波段范围内应该保证具有一定的灵敏度和选择性。

无线电接收机的保真度

无线电接收机的保真度可以用无线电接收机在输出端重现输入端被调信号包络的能力来说明。接收机所接收的信号通常连续通过含有许多线性或非线性元件的电路, 因此在接收过程中便会产生失真, 使信号在输出端的准确重现受到破坏。

无线电接收机中的失真通常分为下列各种: 频率失真、非线性失真和相位失真。

频率失真 是通频带中放大不均匀的结果, 因此使复杂信号振幅间的自然比值遭到破坏。通常利用频率失真系数来判定频率失真的情况, 频率失真系数表示通频带边界上的信号的衰减程度。

在接收机选择性曲线上 (图1.56) 频率失真系数

$$M = \frac{Y_{\min}}{Y_{\max}}$$

表示边界旁频信号的衰减程度。

接收机低频部分同样也不能保证均匀放大。因此, 在接收机的整个系统中, 通频带边界频率的信号可能显著减弱。

接收机整个系统所接收的有用信号的高频衰减可能超过50%以上。

非线性失真 与被接收信号在经过带有非线性伏安特性电路 (电子管电路和带铁心电路) 过程中形状的变化情形有关。由于电子管特性曲线是非线性的, 故输出信号形状会发生畸变, 因而输出信号的频谱成分也发生变化。如图1.7所示, 当正弦电压作用在电子管栅极上时, 输出信号形状将产生畸变。正如大家所知, 各种非正弦形状的周期性振荡, 可以用基波正弦振荡和许多谐波之和来表示。因此, 在接收机输出端出现附加振荡——在输入端上所没有的谐波。图1.7所示的是非正弦电流分解为前三次谐波

的情形。

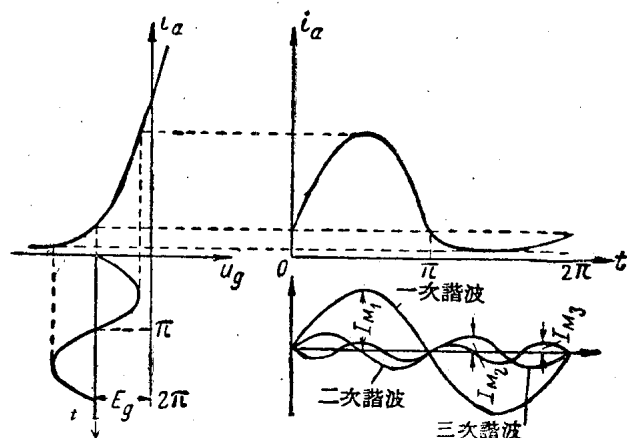


图1.7 由于电子管栅极特性曲线非直线性作用而产生的信号畸变。

在声音重现时，在声音的成分中将出现附加成分，音色发生失真。这种失真主要表现在接收设备的低频部分。非线性失真通常可以利用非线性系数来判定，利用非线性系数可以判断输出信号与正弦相差的程度

$$\gamma = \sqrt{\frac{I_{m2}^2 + I_{m3}^2 + \dots + I_{mn}^2}{I_{m1}^2}}, \quad (1.3)$$

式中 I_{m1} ——基波电流振幅；

I_{m2}, I_{m3}, I_{mn} ——高次谐波电流振幅。

通讯接收机和广播接收机的 γ 不能大于 10%。非线性失真对于电话信号的重现有很大影响。非线性失真对于电视信号和雷达信号接收的影响程度并不很大。

相位失真 是因非正弦信号谐波分量之间的相位关系遭到破坏而产生的。相位失真结果可使非正弦振荡波形发生畸变，说明产生相位失真的曲线图形如图 1.8 所示。

谐波之间相位移 φ 的出现使输出端振荡波形产生畸变。

相位失真对接收电视信号和雷达信号具有很大影响，在电子射线管的萤光屏上可能发生图像分裂，在应用调幅振荡时，相位失真对于接收电话信号没有影响。

除了上述指标之外，接收机应该满足许多与其构造有关的要求。这里首先是指尺寸和重

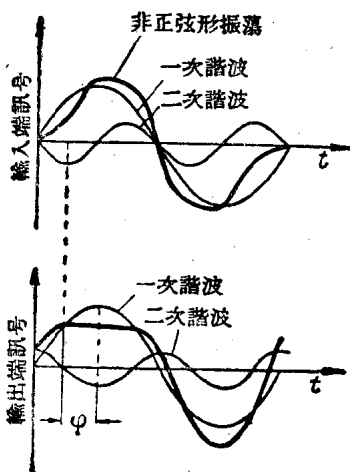


图1.8 由于信号谐波分量之间的相位关系遭到破坏而产生的信号畸变。

量要求、机械强度和电气强度上的要求，以及操纵方便上的要求。因为机上无线电设备工作条件很差，故必须对航空无线电接收机提出一些特殊的要求。航空接收机要求重量很轻、体积很小，这一点不需特别加以解释。机械强度由作用在机上设备的各种机械力、抖动和震动的作用情况决定。

现代飞机可以在相当高的高空中飞行，高气候条件改变很剧烈，因而使无线电设备的工作条件：湿度、大气压力和周围温度都要产生变化。因此，各种无线电零件的电气强度将减弱。所以航空接收机的电气强度应该显著地大于在地面条件下工作的接收机。

为了便于操纵起见，现代飞机接收机都制造成可以进行远距离操纵的接收机。在接收机由蓄电池供电时，对接收机电源的经济要求有着特殊意义。

§4 无线电接收机的方框图

从研究所谓方框图当中便可以得到关于无线电接收设备的一般概念，在方框图中线路的各个部分都用方框来表示，根据线路，无线电接收机可以分为直接放大式接收机和超外差式接收机。