

跟我学



跟我学维修丛书

修

陶宏伟 主编

收录机



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

TN912.220.7
T317

大型火电厂生产技术人员培训系列教材

火电厂过程控制

张栾葵 孙万云 编著

中国电力出版社
www.cepp.com.cn



内 容 提 要

本书围绕火力发电厂大型单元机组自动控制全面介绍机、炉协调控制系统, 锅炉燃烧控制系统, 汽温控制系统, 给水控制系统以及汽轮机旁路控制系统。全书一方面基于物理概念阐述火电厂过程控制的本质和特点, 另一方面又基于控制系统理论介绍了系统设计与分析的基本方法。全书分8章, 附录部分为工程整定方法。

本书作为从事火力发电过程控制的工程技术人员的培训教材, 也可作为高等学校自动化专业的专业课教材。

图书在版编目 (CIP) 数据

火电厂过程控制/张栾英, 孙万云编著, -北京: 中国电力出版社, 2000.6

大型火电厂生产技术人员培训系列教材

ISBN 7-5083-0290-7

I. 火… II. ①张…②孙… III. 火电厂-过程控制-技术培训-教材 IV. TM62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2000) 第 06119 号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路 6 号 100044 <http://www.cepp.com.cn>)

北京梨园彩印厂印刷

各地新华书店经售

*

2000 年 7 月第一版 2000 年 7 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 10.25 印张 230 千字

印数 0001—5000 册 定价 20.00 元

版 权 专 有 翻 印 必 究

(本书如有印装质量问题, 我社发行部负责退换)

前言

随着电子技术的发展和人们物质文化生活水平的提高，家用电子产品在人们日常生活中的普及速度越来越快，范围越来越广，家电市场空前活跃。随之而来的家电产品的维修质量也越来越受到人们的关注。为了推广家电产品的维修技术，提高家电维修人员的素质，我们组织了一批理论水平较高、具有丰富实践经验的同志编写了《跟我学维修》丛书。该丛书是以培养应用型人才为宗旨，依据《中华人民共和国职业技能鉴定规范》中对初、中级家用电器维修工应知应会的知识要求，兼顾读者的实际情况而编写的。在编写过程中，力求内容实用，通俗易懂，原理阐述简明，操作过程明确具体，有很强的指导性和可读性。

本丛书适用于各类职业技能培训，可作为具有中学以上文化程度的读者自学家电维修技术，快速掌握家电维修操作技能时的参考书。

《跟我学修收录机》是《跟我学维修》丛书之一，全书详细介绍了各种收录机的基本原理、基本概念及维修思路、维修方法和维修实例。本书由陶宏伟同志主编，李晓东、陶松岳同志参加编写。

48086/05

目 录

前 言

第一章 调幅广播接收	1
第一节 无线电波的发射与接收	1
第二节 接收机的几项基本参数	5
第三节 输入电路和变频电路	7
第四节 中频放大电路	13
第五节 检波和自动增益控制电路	19
第六节 音频放大电路	22
第七节 收音机的整机电路	27
第八节 收音机的调试	32
习题	39
第二章 调频与立体声广播接收	41
第一节 立体声基本概念	41
第二节 调频广播的特点与调频立体声广播	44
第三节 调频与立体声接收机电路	51
第四节 调频/调幅立体声接收机	66
第五节 调频与立体声接收电路的调试	73
习题	75
第三章 录音机的基本原理	78
第一节 盒式磁带	78
第二节 磁头	82
第三节 录音原理	85
第四节 放音原理	90
第五节 抹音原理	93
第六节 机芯的组成和工作原理	94
习题	111
第四章 磁带录音机的基本电路与收录机的构成	113
第一节 录音机的基本电路	113
第二节 电源与指示电路	123

第三节	音频功率放大电路·····	126
第四节	磁带放音机整机电路分析·····	129
第五节	立体声收录机的构成·····	132
第六节	录音机的调整与指标·····	138
习题	·····	145
第五章	常用维修方法 ·····	147
第一节	维修常识·····	147
第二节	检修故障的思维方式·····	150
第三节	检修故障的基本原则·····	155
第四节	检修故障的常用方法·····	157
习题	·····	162
第六章	调频/调幅立体声收录机的维修 ·····	164
第一节	调频/调幅立体声收录机共用电路故障检修·····	164
第二节	调幅收音电路故障检修·····	171
第三节	调频立体声收音电路故障检修·····	178
第四节	录、放音电路故障检修·····	183
第五节	机械类故障检修·····	190
习题	·····	198
附表 1	调幅广播收音机基本参数及测量条件 ·····	200
附表 2	调频广播收音机基本参数及测量条件 ·····	203

第一章 调幅广播接收

调幅广播在人类广播史上占有重要的历史地位,作为调幅广播接收的工作物接收机,既可以以独立的形式存在于调幅收音机,也可以以部分电路的形式存在于收录机、组合音响中。因此,调幅广播接收机具有品种繁多、拥有量大的特点。本章将介绍无线电波的发射与接收、调幅广播接收机的几项基本参数,接收机的工作原理及调试方法。掌握本章的内容,对维修工作来说是非常必要的。

第一节 无线电波的发射与接收

一、什么是无线电波

电磁学基本知识表明:在通有交变电流的导线周围,有变化的磁场存在,磁场随时间变化时,又产生电场,电场随时间变化时引起磁场,这样磁场和电场不断地互相交替产生,就形成了向四周空间传播的电磁场。这种向四周空间传播的电磁场我们称之为电磁波。无线电波是电磁波的一种,一般地说,频率从几十千赫至几十万兆赫的电磁波都称为无线电波。

二、无线电波的传播

无线电波在空间传播的速度与光速相同,为 $3 \times 10^8 \text{ m/s}$ 。电波在一个振荡周期 T 内传播的距离叫做波长。波长、频率和无线电波传播速度的关系可用下式表示:

$$\lambda = \frac{c}{f}$$

式中: λ 为波长; c 为传播速度; f 为频率。

如果 c 的单位是 m/s , f 的单位是 Hz , 则波长的单位是 m 。由公式可知,频率越高,波长越短;频率越低,波长越长。

例: 频率为 1500 kHz 的无线电波,其波长为多少?

解:

$$\lambda = \frac{3 \times 10^8}{1500 \times 10^3} = 200(\text{m})$$

一般来说,频率相差很大的无线电波,其传播规律不同,应用也不同,所以通常把无线电波分成几个波段。表 1-1 列出了按波长划分的波段名称、相应的波长范围和它们的主要用途。

表 1-1

波 段 的 划 分

波段名称	波长范围	频率范围	频段名称	用 途
超长波	$10^4 \sim 10^5 \text{m}$	30~3kHz	甚低频 VLF	海上远距离通信
长波	$10^3 \sim 10^4 \text{m}$	300~30kHz	低频 LF	电报通信
中波	$2 \times 10^2 \sim 10^3 \text{m}$	1500~300kHz	中频 MF	无线电广播
中短波	$50 \sim 2 \times 10^2 \text{m}$	6000~1500kHz	中高频 IF	电报通信、业余者通信
短波	10~50m	30~6MHz	高频 HF	无线电广播、电报通信和业余者通信
米波	1~10m	300~30MHz	甚高频 VHF	无线电广播、电视、导航和业余者通信
分米波	1~10dm	3000~300MHz	特高频 UHF	电视、雷达、无线电导航
厘米波	1~10cm	30~3GHz	超高频 SHF	无线电接力通信、雷达、卫星通信
毫米波	1~10mm	300~30GHz	极高频 EHF	电视、雷达、无线电导航
亚毫米波	1mm 以下	300GHz 以下	超级高频	无线电接力通信

无线电波从发射端的天线到达接收端的天线一般有三条途径：一是沿地球表面传播，叫地面波，见图 1-1 (a)；二是在空间沿直线传播，叫空间波，见图 1-1 (b)；三是依靠电离层的折射和反射传播，叫天波，见图 1-1 (c)。

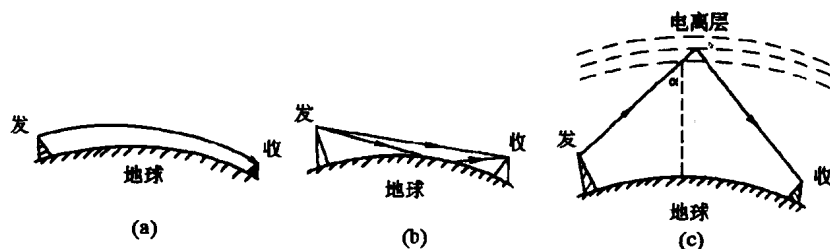


图 1-1 电波的传播途径

(a) 地面波；(b) 空间波；(c) 天波

电离层是距离地球表面几十到几百公里空气中的气体，由于太阳光的辐射而发生电离，形成的大气层。昼夜间、一年四季中随着太阳活动的变化，电离层的厚度和高低都在变化。

电离层具有反射无线电波的性质，但反射能力与无线电波的波长有关。波长越短，反射的角度就越大，无线电波的损失也越小；但当波长短到米波以下（频率在 30MHz 以上）时，电波就会穿过电离层而不能反射到地面上。波长越长，反射角度越小，电离层吸收的多，无线电波损失就越大。

无线电波沿地球表面传播时，与电离层传播相反，波长越短，遇到障碍后绕射能力越强，地面对它的吸收越小，损耗也越小，传播的距离就较远。

根据上述特点，长波无法靠电离层反射来传播，只能沿地球表面传播，多用于电报通信、导航等。短波虽然绕射能力较弱，但能被电离层折射和反射，可以利用天波传播。短波段可用于无线电广播、电报通信等。在收听短波广播时，经常遇到声音忽大忽小的情况，这就是无线电波的“衰落”现象。造成衰落的原因是由于电离层的不稳定和电波的干

扰现象，使到达收音机天线的电波强弱产生变化。中波段的无线电波波长介于长波和短波之间，传播的特点也介于两者之间，白天电离层变低，反射的距离很近，主要靠地面波传播。中波段主要用于无线电广播。当无线电波沿地球表面传播时，其能量随着传播距离的变大而逐渐减弱，较远的地方就收不到中波电台广播。到了夜间，同样的反射角，由于电离层变高，传播的距离就变远。白天收不到的中波电台，到了夜间却能收到，就是这个原因。波长比短波更短的无线电波称为超短波，我国的调频广播就是用超短波发射的。在超短波段，无线电波遇到障碍后，绕射能力更弱，而且它能穿过电离层，不能被电离层反射，只能在空间沿直线传播，因此它的传播距离近于视线距离。

三、无线电波发射的基本原理

我们知道，利用天线可以把电磁场向空中辐射，形成无线电波。但是天线长度必须与电波波长相对应，才能有效地发射，而且只有频率相当高的电磁场才具有辐射能力。音频信号频率较低，辐射能力很差，不能直接发射，因此必须利用频率较高的无线电波才能传送信号。我们把无线电发射机中产生的高频振荡信号作为“载波”，将音频信号通过某种方式装载到高频载波中去，这个过程叫调制。调制有调幅、调频和调相三种方式。经过调制以后的高频信号叫做已调信号。利用传输线可把已调信号送到发射天线，发射到空间去。经过调制以后可以使广播信号有效地发射，而且不同的发射机可以采用不同的“载波”频率，使彼此互不干扰。

对于无线电广播来说，一般载波都是正弦波，即：

$$u_c(t) = U_{cm}\sin(\omega_c t + \theta)$$

式中： U_{cm} 为高频载波的振幅； ω_c 为高频载波的角频率； θ 为高频载波的初相位； $u_c(t)$ 为高频载波的瞬时值。

如果分别使高频载波的振幅、角频率、相位三种量按另外某个信号的规律而变化，我们就可以得到三种不同的调制方式，即调幅、调频和调相。

一台广播发射机应该包括四个部分：一是声音的变换与放大，这一部分可称为音频部分；二是高频振荡的产生、放大、调制和高频功率放大，统称高频部分；三是天线与传输线；四是直流电源部分。图 1-2 是调幅广播发射机的方框图，图中未绘出直流电源部分。

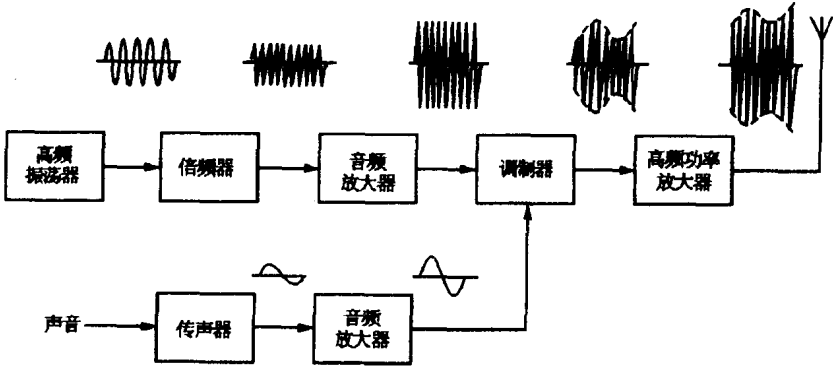


图 1-2 调幅广播发射机方框图

传声器和音频放大器的作用是：把声音转换成调制器所需的一定强度的音频电信号。高频振荡器的作用是产生高频正弦振荡，即载波，它的频率叫做载频。例如中央人民广播电台的第一套节目频率是 540kHz，就是指它的载频是 540kHz。在广播发射机中，高频振荡器所产生的高频振荡频率不一定就是所需要的载波频率，而可能是后者的若干分之一，它的功率一般也比较小，因此需要用倍频器把频率提高到所需要的数值，再用高频放大器放大到调制器所需的强度。调制器的作用是将音频信号调制到载波信号上，输出已调信号。高频功率放大器将已调信号进行放大，由传输线送至天线，实现电波的发射。

四、调幅波

所谓调幅是使高频载波的幅度随音频信号的变化而变化，而载波的频率不发生变化的调制方式。为了表示方便，我们用单一频率的音频信号去调制高频载波，得到的调幅波表示式为：

$$u(t) = (1 + m \sin \Omega t) \sin(\omega_c t + \theta)$$

式中： Ω 为音频角频率； m 为调幅系数； $\sin(\omega_c t + \theta)$ 含义与上式中相同。

在图 1-2 中，声音经传声器转换成音频信号，用此音频信号经放大后改变发射机中高频载波的振幅就是调制。声音越大，高频载波的振幅变化也越大。利用这种调制方式得到的已调波，我们叫做调幅波。一般长、中、短波广播采用调幅（AM）方式。图 1-3 绘出了调幅波波形图。

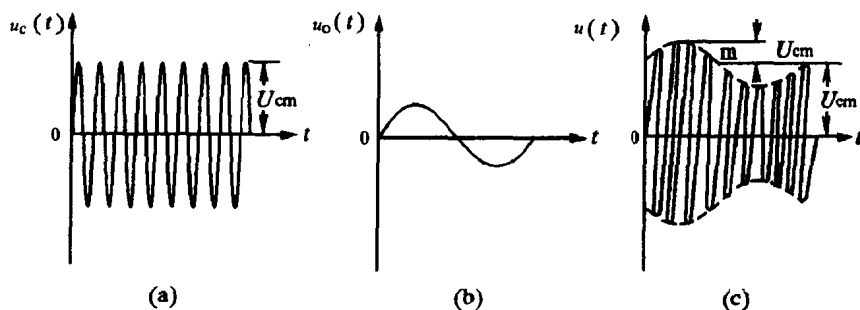


图 1-3 调幅波波形图

(a) 高频信号；(b) 音频信号；(c) 调幅信号

调幅信号的频带宽度与音频调制信号的频率有关，为音频调制信号最高频率的两倍。自 1978 年 11 月 23 日起，全世界中波广播的频道间隔统一规定为 9kHz，也就是说，音频调制信号最高频率也只能为 4.5kHz。我们知道，音频的频率范围是 20Hz~20kHz，这实际上也是调幅中波广播不能进行高质量的声音重放的一个原因，需要另想办法解决。

五、无线电波的接收

由发射机发出的无线电波，经过传播途径到达接收机天线，转变为感应电势，从天线感应出的不同频率的已调波信号中选出所需信号的任务由接收机的输入电路承担。而输入电路选出的信号，仍是已调波信号，不能用它去直接推动耳机或扬声器还原成声音，还必须把它恢复成音频信号。这种从已调波信号中拾取音频信号的过程，叫做解调（在调幅接

收机中常称检波，在调频接收机中称鉴频)。图 1-4 是简单的调幅接收机的原理框图。这种最简单的调幅接收机灵敏度很低，只能收听当地强电台的信号。我们给出此图的目的是为了使读者认识到天线和解调在接收中的重要性，从而更深刻地体会无线电波接收的实质。

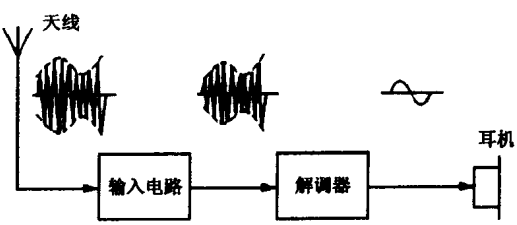


图 1-4 简单调幅接收机方框图

为了接收微弱的电台信号和提高接收机的接收质量，还需采取很多措施，例如超外差式调幅收音机不仅要有天线和检波部分，还要有变频、中频放大等部分；而超外差式调频接收机则要用限幅器和鉴频器代替检波部分，其他部分原则上没有区别。

为了保证接收机有足够的灵敏度和选择性，现代的广播接收机，不论是收音机还是收录机，不管是调幅接收还是调频接收，几乎都采用了超外差原理。所谓外差是指把高频载波信号变换成固定中频载波信号的过程。图 1-5 为超外差式调幅接收机的方框图。

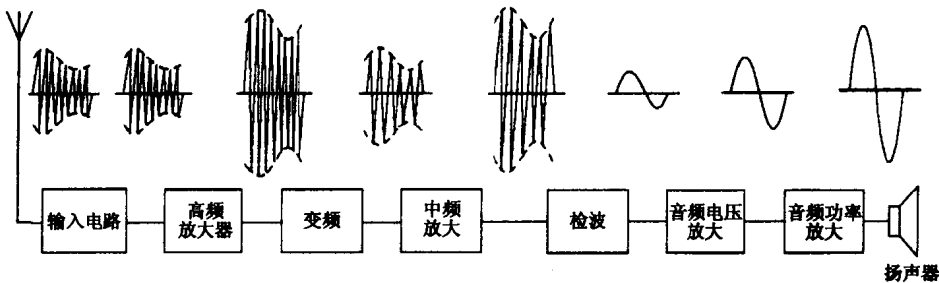


图 1-5 超外差式调幅接收机方框图

从天线感应得到的电台载波调幅信号，经输入电路的选择（有的再经过高频放大）进入变频器。变频器中的本机振荡频率信号与接收到的电台载波频率信号在变频器内经过混频作用，得出一个与接收信号调制规律相同但又固定不变的较低频率的调幅信号，混频后得到的这个载频称为中频。经中频放大后得到的中频信号仍是调幅信号，必须用检波器（解调器）把原音频调制信号解调出来，滤去残余中频分量，再由低频（音频）电压放大器、功率放大器放大后送到扬声器发出声音。

在接收机中，将从天线而来经过输入电路后的高频信号直接进行放大的电路称为高频放大器。在超外差式接收机中，如果有高频放大器，就一定置于输入电路与变频器之间。

我国规定中频频率为：调幅广播 465kHz(日本、欧美等国为 455kHz)；调频广播 10.7MHz。

超外差式接收机的特点是灵敏度高、选择性好。其各部分电路的组成和原理，我们将在后面介绍。

第二节 接收机的几项基本参数

一、频率范围

频率范围是指接收机所能接收的广播电台信号的频率宽度，一般称为波段，用频率单

位千赫 (kHz) 或兆赫 (MHz) 来表示, 有时也用波长单位米 (m) 来表示。接收机的频率范围是在进行产品设计时确定的, 并体现在接收机所能接收的波段上。一个波段就是一个频率范围, 一般调幅广播中波只设一个波段, 其频率范围按国家标准 (GB9374—87) 规定为 526.5~1606.5kHz, 短波为 2.3~26.1MHz, 可分为一个或几个波段。具体划分及频率范围在产品标准中的规定, 可参照本书附表 1。

二、噪限灵敏度

人们在选择接收机时, 总是要先听一听能收到多少个电台的广播。收到的台越多, 表明接收能力越强, 灵敏度越高; 反之, 它的灵敏度就低。

接收机的灵敏度取决于电路总增益的大小。接收机正常工作时, 扬声器应输出一定的功率, 而且应保持一定的信噪比 (信号电压与噪声电压之比)。收音电路内部不可避免地存在噪声, 如果输出噪声很大, 通过音频放大后, 扬声器输出的噪声覆盖了有用信号, 就无法正常收听, 因而在 GB9374—87 调幅广播接收机基本参数中, 将噪限灵敏度作为衡量接收机灵敏度的标准。

噪限灵敏度 (旧称信噪比灵敏度或有限噪声灵敏度) 表示在规定信噪比为 26dB (分贝) 的条件下, 接收微弱信号的能力。其定义为: 当规定输出信噪比为 26dB 时, 为了在输出端取得规定的标称输出功率, 在输入端所需的最小信号强度或场强。信号强度以微伏 (μV) 计, 场强以毫伏/米 (mV/m) 计。这些数字越小, 表示灵敏度越高。它是评价接收机质量的重要指标之一。

三、单信号选择性

选择性表示接收机能从天线接收到的各种复杂信号中选出有用信号而抑制其他干扰信号的能力。我们在收听一个广播电台的节目时, 有时会同时听到另一个电台的声音, 这就表示该机的选择性差。

选择性是指在接收机输出标称输出功率的条件下, 偏调的干扰输入电平与调谐信号输入电平之比, 用 dB 表示。dB 数越大, 表示选择性越好。为了明确选择性的概念, 统一称为单信号选择性。现规定国产 C 类调幅广播接收机, 偏调 $\pm 9\text{kHz}$ 的单信号选择性在 10dB 以上; B 类机为 16dB 以上; A 类机达 30dB 以上。

四、镜像抑制

镜像抑制也称假像抑制, 是指接收机抑制镜像干扰的能力。产生镜像干扰的原因将在变频电路中说明。

镜像抑制是以镜像干扰频率信号的接收灵敏度与真像频率信号 (接收的广播电台信号) 的接收灵敏度之比值换算成 dB 数来表示的。dB 数越大, 表示接收机对镜像干扰的抑制能力越强。一般情况下, 中波段的镜像抑制性能比短波段好, 一个波段内的低端比高端好。所以, 衡量这一参数指标的优劣, 通常是在每个波段的高端标称频率点进行测量的。

五、自动增益控制特性

为了避免接收机在接收微弱信号电台和近地强信号电台时输出音量大小变化悬殊, 一般超外差式接收机都具备自动增益控制电路, 自动增益控制英文缩写为 AGC。

自动增益控制特性常用 dB 表示。在国家标准 GB9374—87 中, 当输出信号电平变化

10dB 时输入信号电平的变化, C 类机为 20dB, B 类机为 30dB, A 类机为 40dB。也就是说, 当输出信号电平变化为一定值时, 允许输入信号电平变化范围越大, 就表示自动增益控制特性越好。

六、整机频率特性

频率特性也称频率响应, 是指接收机在音频范围内的增益特性。一般将在接收机功率放大输出端测出的电压频率特性称为整机电压频率特性; 若再包括扬声器后测量的输出电压, 就称为整机声压频率特性。

由于接收机对各种音频频率的增益不同而造成的频率特性不均匀, 称为频率失真。一般接收机在没有音调控制电路的作用时, 在功放输出端测得的电压频率特性曲线只有在中音频附近(500~2000Hz)才较为平坦, 高、低音频处都向下弯。通常, 在接收机的电压频率特性曲线中最高点和最低点输出电压的比值, 称为不均匀度, 用 dB 表示。整机频率特性可以用在规定的均匀度条件下, 频率从多少到多少来表示。例如, 国产 C 类机整机频率特性规定, 当电压不均匀度上限为 12dB、下限为 6dB 时, 频率为 200~2500Hz(大口径扬声器)或 250~2500Hz(中口径扬声器)或 400~2500Hz(小口径扬声器), 见附表 1。

频率特性好的接收机, 不论是高频或低频, 都能按原来的强度发音。如果高频增益正常, 而低频增益低, 听起来低音不足, 则称为低频特性(响应)不好; 反之, 高频增益低, 听起来声音发闷, 则称为高频特性(响应)不好。由于人的听觉本身对高音和低音都有衰减, 因此在高档接收机中都加有高、低音控制电路, 可以在一定范围内对高音或低音进行提升或衰减, 以弥补整机的频率特性和人耳听觉上的不足, 也能满足使用者对不同频率声音的偏爱。

七、输出功率

输出功率是指接收机输出的音频信号的功率, 通常以 mW(毫瓦)、W(瓦)为单位。输出功率和失真有密切关系。同样一台接收机, 输出功率越大时, 失真也大。因此, 输出功率分为最大有用功率和标称功率。

(1) 最大有用功率。逐步开大接收机的音量, 使失真度达到 10% 时的输出功率。

(2) 标称输出功率。指产品设计的输出功率值, 即保证在一定的失真时的输出功率值, 也称额定功率。

附表 1 列出了国产调幅广播接收机基本参数及测量条件(GB9374—87)。

第三节 输入电路和变频电路

一、输入电路的作用

从天线到接收机第一级放大器输入端之间的电路称为输入电路。它的作用是从天线感应来的各种信号中把需要的信号选择出来, 并传送到接收机的第一级放大器或变频器, 而把其他不需要的信号有效地加以抑制。

接收机的输入电路是由初级调谐线圈和可变电容器串联构成的, 如图 1-6(a) 所示。调谐线圈 L 一般绕在铁氧体磁棒上, 这就是通常所说的磁性天线。输入电路是利用等效

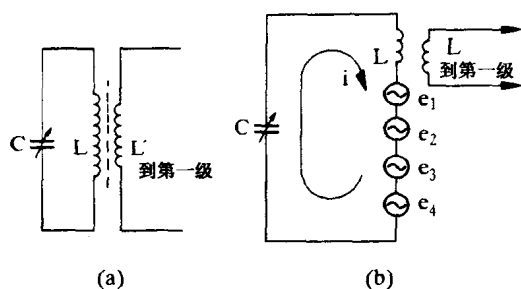


图 1-6 输入电路

串联谐振现象来选择所需要的信号。当天线接收到空中各个不同频率的无线电波时，都会在调谐线圈中产生感应电动势，并产生一定的电流。调节可变电容器 C 使电路与某一频率 f 的信号 E 发生谐振。根据串联谐振特性，电路对信号 E 所呈现的阻抗为最小，则电路电流也就最大，因而能在调谐线圈两端得到一个频率为 f 的较大的信号电压。此电压通过绕在同一磁棒上的次级线圈 L' 的耦合，传送到接收机的第一级输入端。而其他频率的信号，因未发生谐振，电路对它们呈现的阻抗就大，相应地电路电流也小。故只有频率为 f 的信号被选出来，其他频率的信号都被有效地加以抑制，如图 1-6 (b) 所示。

调节 LC 组成的输入电路，使它对欲接收的信号发生谐振的过程叫调谐，也就是通常所说的选台。有时也称输入电路为调谐电路。

二、输入电路的种类

接收机的输入电路一般可分为磁性天线输入电路和使用外接天线的输入电路两种。

1. 磁性天线输入电路

图 1-7 是晶体管接收机中典型的中波段磁性天线输入电路。它是由可变电容器 $C1a$ 、微调补偿电容器 $CT1$ 以及绕在磁棒上的调谐线圈 $L1$ 和耦合线圈 $L2$ 组成的。磁棒具有很高的导磁率，起着汇集电磁波的作用。磁棒与套在它上面的调谐线圈 $L1$ 构成磁性天线。空中各种频率的电磁波穿过磁棒时，在调谐线圈 $L1$ 上感应出强弱和频率各不相同的电动势。利用串联谐振电路的选频作用，把选出的信号通过 $L2$ 的耦合传送到接收机的第一级。为了保证输入电路的频率覆盖范围，同时考虑到输入电路元件及分布电容的不一致性，可在可变电容器两端并联一只小容量的微调电容 $CT1$ 进行补偿。它主要在高端起补偿作用，而对低端影响较小（在波段低端时，可变电容器动片全部旋进，电容量最大， $CT1$ 与它相比可以忽略）。

磁性天线具有方向性，当电磁波的方向与磁性天线轴线垂直，且与交变磁力线（虚线）平行时，感应电动势最大。参见图 1-8 (a)、(b)。

用于广播接收机的国产天线磁棒分 AY 型（圆形）、AB 型（扁形）两类，它们通常采

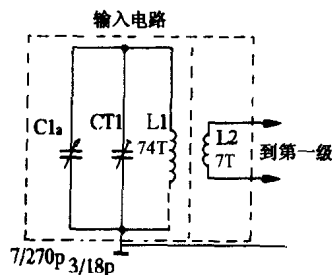


图 1-7 磁性天线输入电路

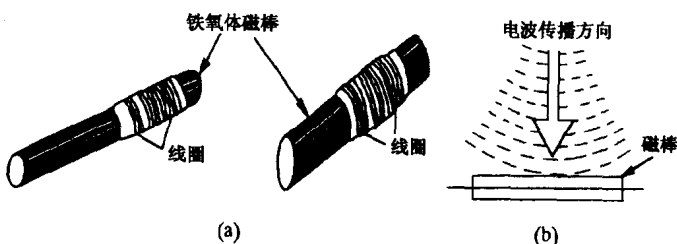


图 1-8 磁性天线

用 R260、R400（中波用）、R90（中短波两用）、R60（短波用）材料。其中，适用于中波的磁棒由锰锌铁氧体（呈黑色）制成，中、短波两用和短波磁棒由镍锌铁氧体（呈棕色）制成。

绕在磁棒上的线圈会直接影响接收机的性能指标，所以要求有一定的 Q 值。通常中波线圈都用多股漆包线合成的纱（丝）包线绕制，短波线圈则用镀银铜绕制。

线圈的 Q 值不仅与多股线的股数和每股线的线径有关，还与所采用的骨架材料和线圈在磁棒上的位置有关。频率较高时，线圈骨架会产生介质损耗，使 Q 值降低。所以，目前接收机线圈骨架多采用聚苯乙烯等材料制成，以减小损耗。另外，线圈靠近磁棒中部时，其电感量较大，磁棒引入的损耗较大， Q 值较低；线圈靠近磁棒两端时，其电感量减小，引入的损耗减小很多，因而 Q 值反而增加。所以，线圈一般都安置在磁棒的两端。

2. 使用外接天线的输入电路

在接收远地电台时，为了提高接收机的灵敏度，经常使用磁性天线输入电路加外接天线，尤其在短波波段，一般都设有拉杆天线或外接天线插孔。

外接天线不能直接接入输入电路，因为外接天线对地是一个很大的电容，直接接入输入电路相当于并联一个电容，将使输入电路失谐或收不到高端的电台，而且天线的损耗电阻会使电路损耗增大，并使选择性变差。

下面介绍几种实用的外接天线电路。

（1）电容耦合式。图 1-9 是实际的中波波段电容耦合式外接天线输入电路。外接天线接收到的电台信号经过 C_a 的耦合，传输到调谐电路，经调谐电路选出的信号，通过 L_a 与 L_1 耦合传送到第一级。为了避免天线对电路的影响，耦合电容 C_a 选得很小，通常在几到几十皮法（ pF ）之间。

（2）电感耦合式。图 1-10 是实际的短波波段电感耦合式外接天线输入电路。外接天线所收到的电台信号经过耦合线圈 L_a 与 L_1 的互感作用，把信号耦合到调谐电路，然后传送到第一级。耦合线圈与调谐线圈绕在同一磁棒上，通常称 L_a 为天线线圈。

（3）电感、电容耦合式。图 1-11 是实际的短波波段电感、电容耦合式输入电路。它既有电感耦合，又有电容耦合，所以也称混合式输入电路。

比较这三种形式的电路可知，电容耦合式在波段频率的低端容抗较大，使低端灵敏度

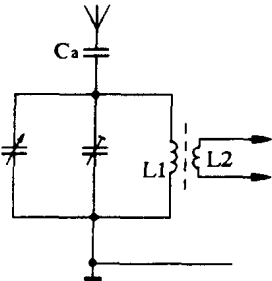


图 1-9 电容耦合式

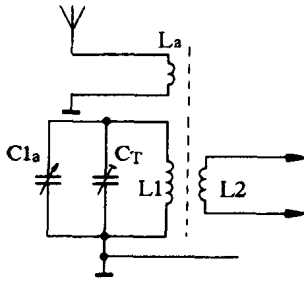


图 1-10 电感耦合式

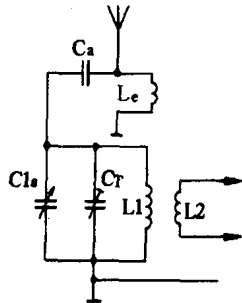


图 1-11 电感、电容耦合式

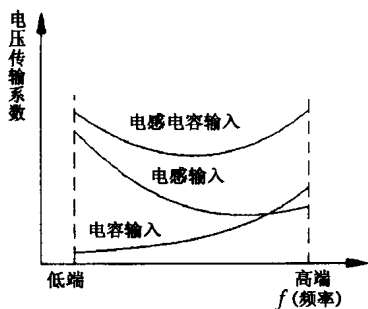


图 1-12 电压传输特性

低，高端灵敏度高，电感耦合式与上述相反。这两种电路电压传输都不均匀，但是结构比较简单；电感、电容耦合式是前两种耦合式互相取长补短的结果，在整个频段内电压传输较均匀，但调整比较麻烦。它们的电压传输特性如图 1-12 所示。

三、变频器的作用和工作原理

1. 变频器的作用

变频器是超外差式接收机的重要组成部分。它的主要作用是变换频率，即将输入变频器的已调制的高频信号变成已调制的中频信号。变频前与变频后的调制规律不变。对调幅信号而言，包络形状和原来一样，改变的只是载波的频率，如图 1-13 所示。

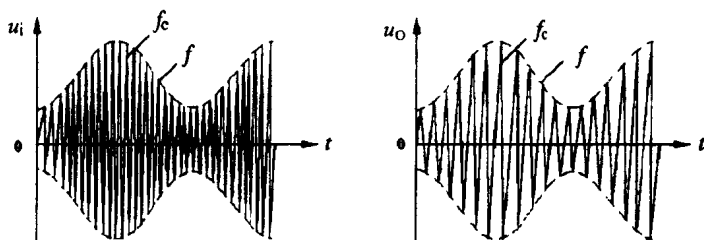


图 1-13 变频器的输入与输出波形

变频器的主要作用是将天线接收来的电台信号频率变换成一个较低的频率中频，然后送到下级进行中频放大、解调，并且对每个电台的频率，不论它的频率是多少（当然是在相应的中波或短波的频率范围之内），一律变换成相同的中频。怎样才能完成这样的任务呢？我们知道，由于输入信号的频率较高，而变换后的频率为中频，实质上变频是一个“降频”过程，也就是说产生了新的频率，这只有依靠非线性器件才能完成。

2. 变频器的工作原理

变频器由混频器、本机振荡器及中频谐振回路三个部分组成，如图 1-14 所示。利用本机振荡器产生等幅振荡信号，与外来高频信号一同加到混频器上，其输出端将出现许多频率分量，有原输入信号的载频、载频与本振频率的和、载频与本振频率的差……，我们需要的是这个差频信号，即中频。

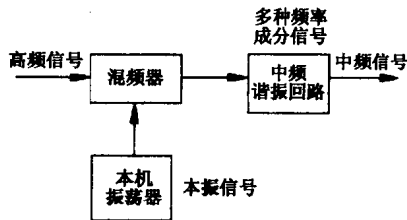


图 1-14 变频器的组成

在接收机中所采用的本振频率一般多是高于（少数低于）外来信号频率一个中频。为了保持外来信号频率和本振频率的差值固定为中频不变，一般用接收机的调谐控制旋钮来调节一个同轴可变的调谐电容器，对于电调谐接收机则是通过改变变容二极管的容量，使得本振回路和输入电路的调谐一起进行。这样，当外来信号频率改变时，本机振荡器频率也改变一个相等的量，以保证输出端的差频（中频）保持不变。

中频谐振回路的作用是从各种频率中选出中频而滤去其他频率成分，再送到中放电路。

混频器采用的非线性器件可以由晶体管（集成电路内部也是由晶体管组成的）担任。

本机振荡器可以是独立的，也可以由作混频用的非线性器件组成。

四、变频电路

变频电路可分为自激式和他激式两种。如果非线性器件本身既产生本振信号，又实现频率变换，则称为自激式变频器；如果非线性器件本身仅实现频率变换，本振信号由其他器件产生，则称为混频器，包括本振器件在内的整个电路，称为他激式变频器。

由于自激式变频电路用一只晶体管兼作振荡和混频的作用，所以本振和混频相互牵制比较大。当晶体管处于本振最佳工作状态时，对混频就不一定是最佳工作状态；反之，当混频处于最佳工作状态时，对本振就不一定是最佳工作状态。要同时使两者都处于最佳工作状态是比较困难的。在实际调整时，只能在本振和混频这两者的最佳工作状态之间进行折衷。因此，自激式变频器一般稳定性较差，也不便调整，但它使用元件少，比较简单，所以在普通分立元件接收机中仍被采用。

他激式变频电路的本振和混频分别是由两只晶体管来完成的，因此，混频增益高，噪声低，振荡频率稳定，波段内均匀性好，调整也比较方便。但使用的晶体管和其他元件较多，电路比较复杂，所以他激式变频器一般用于较高级的接收机中。随着集成电路技术的发展，电路复杂的矛盾已得到较好地解决，因此在集成电路接收机中，广泛采用的是他激式模式。

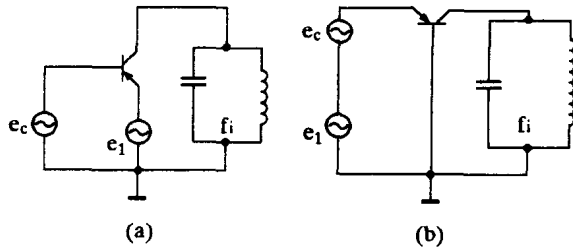


图 1-15 变频电路的基本形式

不管是自激式或他激式变频器都是将高频信号的本振信号加到变频器中混频。变频电路的基本形式见图 1-15。

图 1-15 (a) 的电路对高频信号而言为共发射极电路形式，对本振信号来说是共基极电路。这种电路由于高频信号和本振信号分别加在晶体管的 b、e 两极上，因而互相影响较小，在调幅接收机中应用较多。

图 1-15 (b) 为共基极电路形式，其变频增益与工作频率有关，频率较低时增益也低，频率在几十兆赫以上时增益则较大。故在超高频电路（如调频接收机）中，经常被采用。

图 1-16 是实用自激式变频电路。电路中使用的是等容（ $C_{1a} = C_{1b}$ ）双联可变电容器，为了使本振频率比信号频率正好高一中频，加了垫整电容器 C7。在单波段收音机中，有的采用差容（ $C_{1a} >$

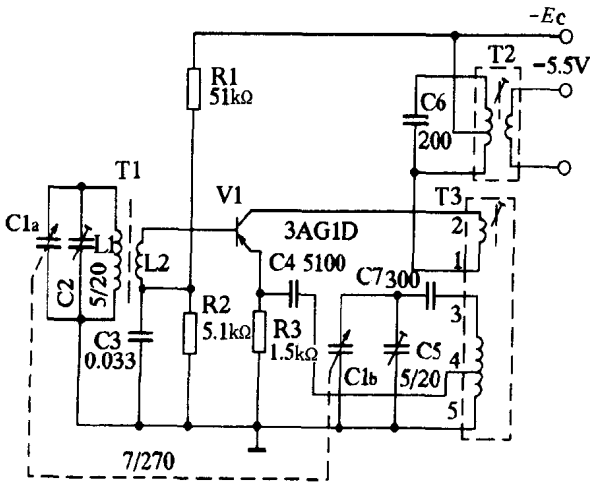


图 1-16 自激式变频电路