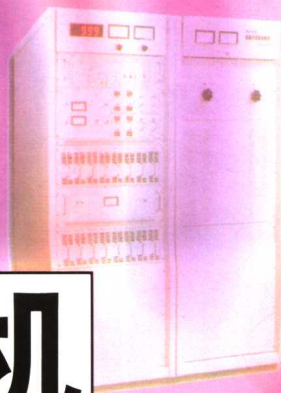


中波广播发射台值机员岗位培训教材

全固态

中波广播发射机

使用与维护



陈晓卫 主编

蒋泽汉 主审

中国广播电视出版社

中波广播发射台值机员岗位培训教材

全固态中波广播发射机 使用与维护

陈晓卫 主编
蒋泽汉 主审

中国广播电视出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

全固态中波广播发射机使用与维护/陈晓卫主编. - 北京: 中国广播电视出版社, 2002.9

中波广播发射台值机员岗位培训教材

ISBN 7-5043-3954-7

I. 全… II. 陈… III. ①中频-广播发射机: 固态发射机-使用-技术培训-教材
②中频-广播发射机: 固态发射机-维修-技术培训-教材 IV. TN838

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2002) 第 064318 号

全固态中波广播发射机使用与维护

主 编:	陈晓卫
责任编辑:	萧 歌
封面设计:	张一山
责任校对:	张莲芳
监 印:	戴存善
出版发行:	中国广播电视出版社
电 话:	86093580 86093583
社 址:	北京复外大街 2 号 (邮政编码 100866)
经 销:	全国各地新华书店
印 刷:	廊坊人民印刷厂
装 订:	涿州市西何各庄新华装订厂
开 本:	787×1092 毫米 1/16
字 数:	190 (千) 字
印 张:	8.75
插 页:	1
版 次:	2002 年 9 月第 1 版 2002 年 9 月第 1 次印刷
印 数:	6000 册
书 号:	ISBN 7-5043-3954-7/TN·265
定 价:	17.00 元

(版权所有 翻印必究·印装有误 负责调换)

《中波广播发射台值班员岗位培训教材》

编 委 会

主 任 刘爱清

副主任 刘洪才

编 委 李绍新 孙长禧 萧 歌

目 录

第一章 中波广播发射机概述	(1)
第一节 引言	(1)
第二节 中波广播发射机的发展简史	(2)
第三节 中波广播发射系统的基本组成	(3)
第四节 中波广播发射机调制原理概述	(5)
第二章 10kW 中波数字调制广播发射机及其原理	(10)
第一节 数字调制 (DAM) 发射机的技术特点和系统组成	(10)
第二节 数字调制 (DAM) 原理	(11)
第三节 10kW TSD-10 中波广播发射机及其操作	(19)
第三章 10kW 中波数字调制广播发射机的系统分析和工作原理	(27)
第一节 射频系统	(27)
第二节 数字音频系统	(38)
第三节 监测控制系统	(47)
第四节 电源供电系统	(61)
第五节 数字调制发射机常见故障的判断与应急处理	(66)
第四章 1kW 中波脉宽调制广播发射机	(86)
第一节 脉宽调制 (PDM) 发射机系统及基本原理	(86)
第二节 TS-01B 全固态 PDM 中波发射机概述	(90)
第三节 全固态 PDM 发射机的运行、维护与故障处理	(94)
第五章 中波广播发射机的运行环境	(97)
第一节 发射机正常工作的必要条件	(97)
第二节 天线、馈线和调配网络	(100)
第六章 中波广播发射机的基本维护	(114)
第一节 常用仪器仪表应用	(114)
第二节 日常维护与注意事项	(130)
后 记	(134)

第一章 中波广播发射机概述

第一节 引言

2000年下半年以来,在以江泽民同志为核心的党中央的亲切关怀下,国家广播电影电视总局在全国广电系统实施“西新工程”和“中一工程”,扩大了广播电视的覆盖面,明显改善了广大中、西部地区以至全国各地的收听、收看效果,增加了广播电视新闻宣传的力度,使党中央的声音能及时传达到千家万户,丰富了广大人民群众的精神文化生活。全固态中波广播发射机以其效率高、音质美、运行与维护成本低、工作稳定可靠,得到了全国各广播发射台技术同仁的首肯。

从信号传播的质量看,中波广播以其信号传输稳定、接收成本低廉、听众广泛的特点,仍然是目前我国声音广播的主要手段之一。随着科学技术的发展,即使在不久的将来开通数字声音广播,中波广播发射仍然不失为一种有效的传媒手段,现有的全固态中波广播发射机通过局部改造,仍能继续发挥其巨大的潜能。

近几年来,全固态中波广播发射机逐步取代了真空电子管发射机成为主流,大大地节省了发射台的日常运行费用和能源消耗,提高了安全播出质量,降低了停播率,减轻了机房工作人员的劳动强度。通过全固态中波广播发射机的广泛运用,机房技术人员的业务技术能力将得到大幅度的提高,既锻炼了技术队伍,又提升了业务水准。从这种意义上说,其重要性可能比省钱、省力更强。

21世纪是信息产业蓬勃发展的时代,信息技术深入到各行各业。作为传播媒体的广播电视,以计算机技术、数字技术和网络技术为代表的信息技术的应用比比皆是。这就要求工作在广播电视战线上的同志们,在搞好日常运行和维护工作的同时,努力学习,不断地钻研新技术,逐步提高自身的业务技术水准,摸索出符合当地发射台实际情况且行之有效的工作方法。只有这样,才能立足于本职,运用好、维护好新型的全固态中波广播发射机,真正实现安全优质播出。

本教材侧重于机房值班人员的培训。由于在“西新工程”和“中一工程”中,主要替代更新的发射机类型是10kW的数字调制(DAM)广播发射机和1kW的脉宽调制(PDM)广播发射机,所以我们在此将上海明珠广播电视科技有限公司生产的10kW TSD-10中波数字调制广播发射机作为主要范例进行讲解,附带介绍TS-01B 1kW全固态中波脉宽调制广播发射机。教材内容侧重于介绍发射机的基本构造、工作原理、工作流程、日常使用与维护及其注意事项。力求做到通俗易懂、简洁实用,以定性讲解为主,避免繁琐的理论推导。在学习本教材时,可与发射机的技术说明书结

合起来,效果会更好。希望这本教材能起到抛砖引玉的作用,通过学习将有助于各发射台的日常运行和维护工作。

第二节 中波广播发射机的发展简史

中波广播是一种以地面波的绕射传输为主、电离层的反射波传输为辅的传播方式。发射机的功率越大,直接传输距离就越远。在中波频段的信号传输中,多径干扰的影响较弱,所以中波广播信号比较稳定,而且调幅波的解调方法简便,接收机的成本低,便于普及和运用。

20世纪,中波广播发射机经历了突飞猛进的发展:从真空电子管到晶体管、功率场效应管的更新换代;电路结构从分立器件向模块化和集成电路的变化;控制检测从继电器等有触点向逻辑电路、时序控制转化,正逐步向计算机实时控制、远程监测和计算机管理方向发展。

20世纪20年代出现了真空电子管广播发射机。电子管发射机经历了从栅极调制、帘栅极调制、板极调制的发展变化。70年代出现了脉宽调制,发射机的各项技术指标得到很大的提高,至今仍然有不少发射台在使用。但从本质上讲,各种真空电子管发射机的工作方式仍属于模拟调制的范畴。电子管发射机还存在着难以克服的各种线性和非线性失真、自激振荡、整机效率低,以及电子管寿命短、发射机的运行成本高等缺陷。

20世纪70年代,世界上出现了应用功率场效应管的脉宽调制发射机。1990年,上海市广播科学研究所研制成功我国第一台全固态的中波PDM广播发射机,而且是多频率的10kW广播发射机。在上海人民广播电台投入广播运行后,为上海人民广播电台发射台的安全播出发挥了积极的作用。80年代中期,美国哈利斯公司生产出数字调制的中波发射机。90年代我国也研制生产了数字调制发射机。从此,中波广播发送设备的音频系统及其调制方式发生了深刻的变化。从模拟调制向数字调制的转变,使整机效率、电声指标、稳定性和可靠性等方面都取得了长足的进步。近几年在市场经济的推动下,上海明珠广播电视科技有限公司生产出从1kW~100kW各种功率等级的DAM和PDM发射机,并形成系列化、规模化的生产能力,产品不仅遍及祖国各地和宝岛台湾,而且已经走向世界。国内的同行厂家之间,既互相学习又互相竞争,同时还互相促进,在建设与发展我们国家民族的广播设备产业上,大家都付出了辛勤的劳动,发挥了各自的力量,为我国中波广播发射设备的更新换代、迎接入世的考验都发挥了极其重要的作用。

近几年,国内外开展了中波数字音频广播的研究和实验广播。全固态中波广播发射机的应用,不但大大地提高了目前中波模拟音频广播的质量,而且为今后数字音频广播的推广和应用提供了较坚实的硬件基础。

第三节 中波广播发射系统的基本组成

一、中波广播发射机

与其它发射机一样，中波广播发射机一般由四部分构成：射频系统、音频调制系统、控制监测系统、电源供电和冷却系统。

1. 射频系统

(1) 激励信号源（振荡器或频率合成器）：产生本机的载频；对来自外部或备份的载频激励信号进行自动切换。为发射机提供高稳定的载频信号。

(2) 驱动前级（射频末前级或叫中放级）：将激励源输出的载频信号放大至足以推动功率放大器的射频功率信号，保证射频功率放大器安全高效地工作。

(3) 功率放大级（射频末级）：模块化的射频功率放大器在调制信号的作用下，产生发射机所需的射频功率信号。

(4) 功率合成器：将功放模块产生的射频功率信号合成，实现发射机调幅波的射频功率输出，即产生大功率调幅广播信号。

(5) 机内网络：一般由带通滤波器和调配网络两部分构成。带通滤波器的任务是：滤除不需要的音频带外谐波和杂波成分，完成功率合成器与额定输出阻抗的阻抗匹配。调配网络的任务是：对偏离额定输出阻抗的天、馈线系统进行阻抗微调，使电压驻波比值接近最佳值，保证发射机能安全正常地运行。

2. 音频调制系统

(1) 在数字调制发射机中，音频调制系统主要包括三部分：音频处理器、模/数转换器、调制编码器。

音频处理器将音频信号叠加上控制射频输出功率的直流信号，并进行一些必要的模拟量的自动补偿。

模/数转换器通过 A/D 转换器将连续变化的模拟信号，转变成为离散的数字信号，即二进制码的数字音频信号。

调制编码器将二进制的数字音频信号转换为确定射频功率放大模块开启个数的二进制码的控制信号，从而确定在此取样周期中射频输出功率电平的大小。

(2) 在脉宽调制发射机中，音频调制系统亦由三部分组成：调制推动、调制器、低通滤波器。

调制推动（脉持头）将模拟音频信号转换成为脉冲宽度调制信号。

调制器将脉宽调制脉冲信号进行功率放大。

低通滤波器又将脉宽调制脉冲信号解调成大功率模拟音频电压，以此作为射频功率放大器的电源电压，实现对功率放大器的射频输出电压进行幅度调制，获得典型的调幅广播信号。

3. 控制监测系统

(1) 开/关机控制程序电路，按时序进行开/关机过程控制。

(2) 故障检测与保护电路, 将故障分成各种类型, 分门别类地排除。

(3) 人身安全保护电路, 通过门连锁和放电棒实施人身安全保护。

4. 电源供电和冷却系统

(1) 高压整流电源及其滤波器, 为射频功率放大器提供直流高压电源。

(2) 低压整流电源及其滤波器 (稳压电源), 为发射机的微功率的前级各部分提供低压电源。

(3) 中小功率发射机的冷却均采用强迫风冷, 完成发射机内部功率器件的散热, 保证发射机工作的安全性和稳定性。

5. 计算机监测控制系统

根据用户要求, 发射机可选配单板计算机的监测控制器, 它与机房内的计算机主机一起可构成计算机实时控制系统, 或者组成机房管理系统, 还可以经过计算机网络进行远程监测和控制网络。

二、中波发射台广播发射系统的配置

在广播发射台的机房中, 除了广播发射机外, 还必须有以下配置: 音频前端接收和处理系统, 电源变电、配电系统, 控制监控系统, 天、馈线系统, 机房的接地系统。它们与发射台的安全、优质播出和稳定、可靠地工作都是密不可分的。在有些发射台的运行中, 前者和后两者的重要性容易被忽视, 必须提醒大家认真对待。

1. 音频前端设备

包括卫星接收和解调器、光纤接收与解调器、微波接收与解调器、音频处理器 (或限制放大器)。

除了音频处理设备外, 其它都属于信号传输设备。它们的作用是: 从远处播出中心送来的含有节目内容的超高频的卫星或微波信号或光信号中, 解调出需要的节目信号, 送至发射机的音频系统输入接口。也有些电台是通过调频波段进行节目传送的。

音频处理器的作用是进行发射前的音频预处理, 一般有动态压缩和限幅功能, 将动态变化范围很大的节目信号压缩到一个适宜的范围内, 既能提高发射机的平均调制度, 又能确保发射机不会产生瞬时过调。优秀的音频处理器还具有音频预加重功能、削波失真的补偿功能和非对称输出功能, 用于补偿收音机的音频频响特性, 提高广播播出信号的响度和音质, 最大可能地挖掘发射机安全优质播出的潜能。

2. 电源供电设备

包括高压配电柜、高压变压器、调压器、低压配电柜。

高压配电设备的主要功能是, 将供电电网输送来的万伏以上的高压转换成所需要的三相 380 伏的交流电电源电压, 为中波广播发射机房提供安全可靠的动力能源。

低压配电柜, 完成对机房各种用电设备主要是发射机的电源分配和主备切换、量电和监控的任务。

调压器在电网供电电压不稳定的地区, 对稳定电压的作用尤为重要。这是中波发射机房的所有设备能否正常工作的必要条件。否则, 发射机就难于维持正常的工作状态。

3. 控制检测设备

包括控制台、调制器监视仪、载波/音频报警器、监听放大器。不少发射台还配备了计算机实时监测控制系统。

较完备、有效的监控设施有助于值机人员在控制室内就能地全面了解机房设备和发射机的运行状况，及时正确地判断和处置各种设备故障，使发射机始终处于良好的工作状态。

4. 天、馈线系统

包括发射天线及地网、天线调配网络、射频传输线（馈线）。有时还需配置馈线调配网络。

天、馈线系统的作用是将发射机输出的射频功率信号高效、低耗地发向空中，传向四面八方。特别是在我国的大多数发射台中，经常面对发射频率多、频率间隔近的复杂情况，因此，网络设计不仅要考虑阻抗匹配和天调网络的频率响应带宽，而往往更主要的是考虑如何排除邻频干扰和减少边带驻波比，这是使用全固态中波广播发射机带来的新课题。

(1) 发射天线及其地网：应有合适的天线电气高度和良好的地网，具有较高的天线增益和合适的工作带宽是无线电发射的必要条件。通常情况下，天线馈线的维护质量、地网导电性能以及可靠地连接尤为重要，这直接关系到发射机是否能够稳定、可靠和有效地进行发射。

(2) 调配网络的设计：全固态发射机的调配网络与以往电子管发射机相比要求更高。除了考虑元器件电气性能有充足的富裕量和载波点上的阻抗匹配外，还必须有良好的通带特性和阻带特性，要求能够做到带内平坦、带外陡峭。这是因为我国大多数发射台都是多频率、密分布，抑制邻频的射频倒送是必须认真面对的问题。

此外，应有良好的防雷措施，保障发射机和机房设备的安全性运行。

5. 接地系统

主要指的是信号传输设备、音频处理设备、发射机、天馈线系统的接地与屏蔽。机房的接地系统的优良与否，直接影响广播发射机的技术指标，甚至还会严重影响发射机安全稳定的工作。

第四节 中波广播发射机调制原理概述

一、调幅广播的基本概念

1. 载波、通频带

载波是传输音频信号的载体。通过发射天线，载波能够将声音信号有效地发射出去。

载波又称为载频。国家标准规定中波广播的载波频段为 531 ~ 1602kHz，即波长为 564.97 ~ 187.27 米。中波广播的最小载波频率间隔规定为 9kHz。因此，调制音频带宽应为 $\pm 4.5\text{kHz}$ 。这样，中波频段的实际带宽为 526.5 ~ 1606.5kHz。

只有当天线的有效长度与工作波长可比时,才能有效地辐射电磁波。对于直立式中波天线来讲,其有效高度 $H = 0.53\lambda$ 时辐射效率最高,最低高度 $H > 0.25\lambda$ 才能有效辐射电磁波。

音频信号是通过空气的振动向外传送的。它在空气中很快被衰减,不可能远距离传输,要实现音频信号的远距离传输就要通过中介媒体——载波。

通频带是广播信号不失真传输所需要的射频频率的宽度。双边带传输的中波调幅广播所需要的通频带是调制音频信号带宽的两倍。

实际上,目前执行的部颁标准要求发射机的 -1dB 的音频带宽都大于 8kHz ,而全固态发射机则大于 10kHz ,这是为了在播送音乐节目时有较高的保真度。通常所指的带宽是 -3dB 的带宽,这样带宽就大得更多。我们在设计天线及发射机的调谐网络或滤波器网络时,都必须考虑要有足够的带宽。否则,对于全固态发射机来讲,边带驻波比过大,同样会产生保护,造成发射机工作的不稳定。

事实上,电子管发射机也存在同样的问题,只是设计电子管发射机时没有考虑进行电压驻波比的保护罢了。因为电子管自身的工作电压很高,对于驻波比产生的反射电压一般可以承受。但是,反射造成的频率响应、失真度和附加调制的负面影响是不可避免的。

为保证发射机机内网络和天线调配网络在上下边带内有很好的平坦度,在工程设计上,采用了 $\pm 50\text{kHz}$ 的 -3dB 带宽,以保证 $\pm 10\text{kHz}$ 内频响小于 $\pm 0.05\text{dB}$,同时也减小了输出网络的边带驻波比。

我国发射台的发射频率间隔往往很小。一般要求最近的两个频率间隔不应小于 100kHz ,否则,难以兼顾频率响应和驻波比两个方面的问题,网络的设计要求和制造成本也将大大增加。

2. 调制、包络

将音频信号加载到载波上的处理过程称为调制。调制有多种方式:调频、调相和调幅。其中,调幅就是中波声音广播采用的方式。

调幅就是用音频信号去调制载频电压的幅度,使载频电压的幅值随音频电压变化,如图 1-4-1 所示。

载频振荡电压幅值随音频信号变化的外包线称为包络,实际上就是载频信号每一周期的峰谷跟随音频变化的轨迹。

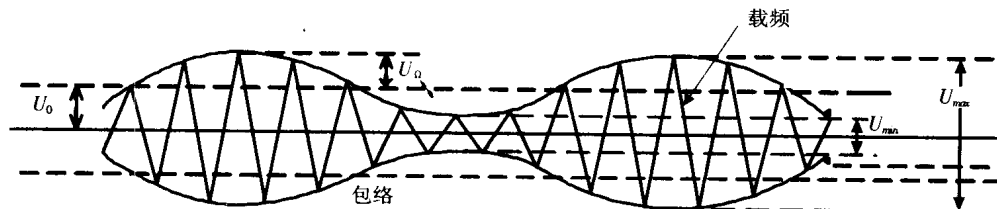


图 1-4-1 调幅波

3. 幅度调制、调幅度

(1) 调幅波的数学表达式

设一个射频振荡电压（即载频）的角频率为 $\omega = 2\pi f_0$ ，其瞬时值可表示为：

$$u_0(t) = U_0 \cos(\omega t + \theta_0)$$

式中： $u_0(t)$ ——载波电压的瞬时值； U_0 ——载波电压振幅； $\omega = 2\pi f_0$ ——载波的角频率； θ_0 ——载波的初相角。

又设调制的音频电压的瞬时值为：

$$u_\Omega(t) = U_\Omega \cos(\Omega t + \theta)$$

式中： $u_\Omega(t)$ ——音频电压的瞬时值； U_Ω ——音频调制电压振幅； $\Omega = 2\pi F$ ——音频调制角频率； θ ——音频的初相角。

则射频振荡电压 $u_0(t)$ 因受角频率为 Ω 、振幅为 U_Ω 的音频电压调制，而形成的调幅波电压 $u(t)$ 的数学表达式为：

$$\begin{aligned} u(t) &= [U_0 + U_\Omega \cos(\Omega t + \theta)] \cos(\omega t + \theta_0) \\ &= U_0 [1 + m \cos(\Omega t + \theta)] \cos(\omega t + \theta_0) \end{aligned}$$

(2) 调幅度的定义

调幅度：音频调制电压的振幅与载波电压的振幅之比，它表征的是已调波的调制深度。

$$\text{定义：调幅度 } m = \frac{U_\Omega}{U_0}$$

二、中波调幅广播信号的频谱

1. 调幅广播信号的频谱

中波广播传输的信号是幅度随调制音频信号的大小而变化的载波信号，即调幅信号。如上所述，调幅信号的数学表达式为：

$$\begin{aligned} u(t) &= U_0 [1 + m \cos(\Omega t + \theta)] \cos(\omega t + \theta_0) \\ &= U_0 \left\{ \underbrace{\cos(\omega t + \theta_0)}_{\substack{\uparrow \\ \text{载波}}} + \underbrace{\frac{1}{2} m \cos[(\omega - \Omega)t + (\theta_0 - \theta)]}_{\substack{\uparrow \\ \text{下边频}}} + \underbrace{\frac{1}{2} m \cos[(\omega + \Omega)t + (\theta_0 + \theta)]}_{\substack{\uparrow \\ \text{上边频}}} \right\} \end{aligned}$$

中波调幅信号的频谱见图 1-4-2。从频谱可看出，上下边带是以载波为点对称的双边带频谱。图 1-4-2 (a) 为单音频调制的频谱图；图 1-4-2 (b) 为多音频调制的频谱图。

2. 调幅信号的功率分布

在单音频调制， $M = 1$ （即调幅度为 100%）时，上、下边频电压幅度是载频电压的 $\frac{1}{2}$ 。

通过计算可知：此时，上、下边频的平均功率之和是载频功率的 $\frac{1}{2}$ 。即：

$$\text{调幅波在音频周期内的平均功率：}\bar{P}_0 = P_0 \left[1 + \frac{(m)^2}{2} \right]$$

调幅波在音频周期内的峰包功率: $P_{0m} = P_0(1 + m)^2$

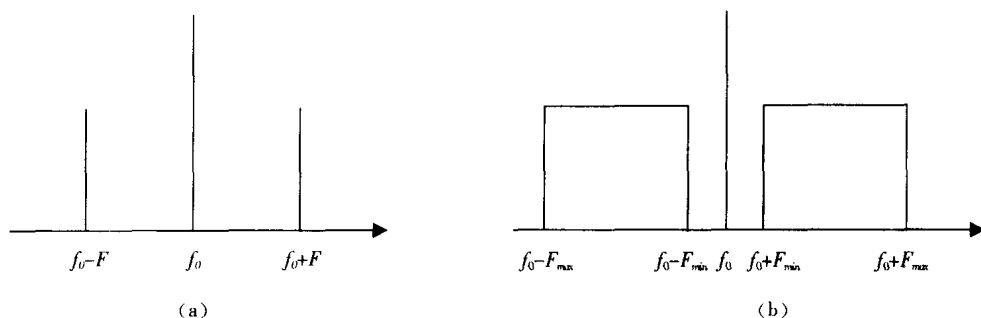


图 1-4-2 调幅广播的频谱分布图

二式中: P_0 ——发射机输出的载波功率; $\bar{P}_0$ ——音频周期内的平均功率; P_{0m} ——调制度为 m 时的峰包功率。

参见图 1-4-2。在声音调制时, 国际电联规定调幅广播频带宽度为 9kHz, 我国也作出相应规定中短波广播载频频率间隔为 9 kHz, 即每个广播频率的上、下边带之和。

而实际上, 中波广播的双频带带宽是 9kHz 的两倍以上, 在网络设计时必须注意到这个事实。

三、中波广播发射机的调制方式的分类与特点

目前, 国内的全固态中波广播发射机的调制方式主要分为模拟调制和数字调制两大类。

1. 模拟调制

(1) 阳极调幅 (亦称板极调幅): 音频放大采用线性放大方式, 常用于电子管发射机。阳极调幅发射机的调幅器的各级功率放大器采用的是乙类推挽放大电路, 放大的信号是模拟音频信号。射频功率放大器受调幅器的大功率的音频的调制。因此, 对电路的对称性、放大器的线性、元器件的一致性要求高; 需要配备大功率的灯丝变压器、调幅变压器和阻流圈; 整机效率低, 10kW 发射机最高也只有 40%, 日常的运营费用高; 为了维护技术指标, 经常需要更换电子管、调整工作状态。

(2) 脉宽调制 (PDM): 音频放大采用脉宽调制方式, 在电子管和全固态发射机中都有应用。脉宽调制器将音频小信号转换成调宽脉冲信号, 并进行丁类功率放大, 最后通过椭圆函数的低通滤波器还原成大功率的音频电压信号, 去调制末级射频放大器。所以, 调制射频功率放大器输出的仍然是线性的音频功率电压。从严格意义上讲, 脉宽调制仍然属于板调机模拟调制的范畴, 依然存在使用有源器件可能产生的线性和非线性失真。

2. 数字调制

数字幅度调制 (DAM), 完全取消了调制级, 它将音频模拟信号经过模数转换、调制编码后产生数字音频信号。用这数字信号去控制开启或关闭一系列射频功放模块, 以功率合成的方式在末级的合成变压器中实现高电平数模转换, 并通过带通滤波

器的滤波产生调幅已调波。从严格意义上讲，只要有足够的功率放大器的个数，就能克服前面两种调制方式发射机的缺陷。若说失真，只能是模数转换芯片的转换精度或电源容量不足会可能造成线性失真。由于取消了调幅器，射频功放各级都工作在丁类开关状态，MOS 场效应管损耗小，整机效率比以往任何一种调制方式的中波发射机都高。数字调幅发射机在控制和保护系统以及末级输出网络的独特设计，又使它的稳定性、可靠性以及电声指标都优于其它中波广播发射机。

数字调制的指标优于阳极调幅和脉宽调制的。表 1-4-1 将脉宽调制与数字调制作了比较。

表 1-4-1

性能对照表

序号	参数	10kW PDM 电子管发射机	TS-10C 10kW PDM 场效应管发射机	HARRIS DX-10 场效应发射机	TSD-10 10kW DAM 场效应管发射机	TSD-10 型 实测指标
1	工作 频率	531 ~ 1602kHz	531 ~ 1602kHz	531 ~ 1602kHz	531 ~ 1602kHz	531 ~ 1602kHz
2	输出 功率	$\geq 10\text{kW}$	$\geq 10\text{kW}$	$\geq 10\text{kW}$	$\geq 10\text{kW}$	$\geq 10\text{kW}$
3	负载 阻抗	50、75、150、 230 Ω	50、75、150、 230 Ω	50 Ω	50、75、150、 230 Ω	50 Ω
4	效率	40%	70 %	$\geq 85\%$	$\geq 85\%$	$\geq 88\%$
5	频率 精度	$< \pm 1\text{Hz}$	$< \pm 1\text{Hz}$	$< \pm 2\text{Hz}$	$< \pm 1\text{Hz}$	$< \pm 0.5\text{Hz}$
6	频率 响应	$< \pm 1\text{dB}$ 50 ~ 10kHz $M = 0.5$	$< \pm 1\text{dB}$ 50 ~ 10kHz $M = 0.5$	$< \pm 1\text{dB}$ 50 ~ 10kHz $M = 0.95$	$< \pm 1.0\text{dB}$ 30 ~ 10kHz $M = 0.95$	$\sim 0.5 \sim 0.2\text{dB}$ 30 ~ 15kHz $M = 0.95$
7	失真 度	$\leq 4.0\%$ 50 ~ 10kHz $M = 0.9$	$\leq 2.0\%$ 50 ~ 10kHz $M = 0.9$	$\leq 1\%$ 50 ~ 10kHz $M = 0.95$	$\leq 1.0\%$ 30 ~ 10kHz $M = 0.95$	$\leq 0.5\%$ 20 ~ 15kHz $M = 0.95$
8	信噪 比	$\geq 58\text{dB}$	$\geq 60\text{dB}$	$\geq 65\text{dB}$	$\geq 65\text{dB}$	71.5dB
9	载波 跌落	$\leq 4\%$	$\leq 2\%$	$\leq 1\%$	$\leq 1\%$	$< 0.2\%$
10	调制 能力	100% (10kW)	100% (10kW)	125% (11kW) 140% (10kW)	125% (11kW) 140% (10kW)	130% (11kW) 150% (10kW)

* 采用高稳定度和高精度的频率合成器的激励信号源,运用高效率低功耗的丁类射频功率放大器和功率合成器。

* 自身完备的各类控制、检测和保护系统,极大地提高了发射机工作的稳定性和可靠性,明显减少机房维护经费和人力。

* 在音频数字处理系统、控制检测系统采用大量低功耗的数字集成电路,射频系统采用高效的丁类开关电路和功率合成器,电源系统采用了高效低功耗的 R 型电源变压器和十二相全波整流器,使整机效率有了很大的提高,大大地节省了运行开支。

TSD-10 中波广播发射机由四大部分组成:①射频系统;②数字音频处理系统;③监测控制系统;④电源供电系统。请参见整机系统方框图(图 2-1-1)。

第二节 数字调制(DAM)原理

随着数字技术的发展,用数字电路处理模拟信号的设备越来越多。数字技术处理有着其特有的优势。采用数字技术处理信号的前提条件,是要将模拟信号正确地转换成数字信号。我们把这种转换过程称为 A/D 转换(Analog to Digital 的缩写)。为了满足最终的模拟量输出,我们还要将经过处理的数字信号转换成模拟信号,这种变换简称为 D/A 转换(Digital to Analog 的缩写)。实现上述变换的相应电路分别称为 A/D 转换器(简称 ADC)和 D/A 转换器(简称 DAC)。这些部件是全固态中波数字调制发射机必不可少的核心部件。

一、A/D 转换器

在 A/D 转换器中,由于输入的模拟量在时间和数值上是连续的,而输出的数字信号在时间和数值上是离散的,所以在 A/D 转换时必须对输入的模拟量进行取样,然后把这些取样值转换成相应的数字输出。A/D 转换的全过程由取样、保持、量化、存储和传递五个步骤组成。在 TSD-10 全固态数字发射机中,A/D 转换器集成电路芯片中已经包含了取样、保持、量化和存储的全部电路。

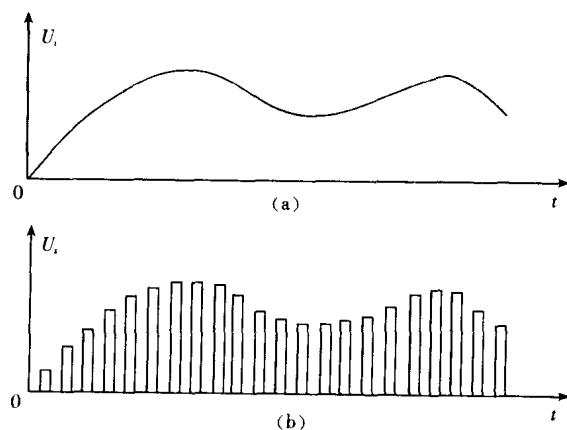


图 2-2-1 A/D 转换示意图

1. 取样定理

模拟信号代表了一个连续变化的物理量。在控制信号的作用下，将模拟量每隔一定时间取一次样，使时间上连续变化的模拟量变化为时间上离散的变化量，这个过程称为取样。控制信号称为取样脉冲。取样脉冲的频率 F_s 与输入信号 U_i 的最高频率分量的频率 F_{max} 必须满足：

$$F_s \geq 2F_{max}$$

上式称为取样定理。在满足上式的条件下，才能正确无误地用图 2-2-1 中所示的取样信号 U_s 来表示模拟信号 U_i 。

2. A/D 转换

见图 2-2-1。将连续变化的模拟量每隔一定时间取一次样，用有限的数字量来表示其数值的大小，使时间上连续变化的模拟量转换为时间上、数值上离散的变化量的过程，叫做模拟-数字转换，简称为 A/D 转换。

由于每次取样得到的取样电压转换为相应的数字信号都需要一定的时间，所以每次取样的结果必须保持到下一个取样脉冲到来的时刻，这个过程称为保持。可见，进行 A/D 转换时，所用的输入电压实际上是每次取样结束时的 U_i 值。

数字信号不仅在时间上是离散的，而且在数值大小变化上是不连续的。取样保持后得到的模拟信号虽然呈阶梯状但电平仍是连续变化的，还需要进行量化。将取样——保持后的电压化为某个规定的最小单位电压的整数倍的过程称为量化。所规定的最小单位电压称为量化单位。把量化的数值用二进制代码表示，称为编码。这个二进制代码就是 A/D 转换器的输出信号。

在 TSD-10 全固态数字发射机中所使用的 A/D 转换器芯片的主要技术指标见表 2-2-1。

表 2-2-1 TSD-10 采用的 A/D 转换器的技术指标

技术指标类型	技术指标参数
分辨率	12bit
相对精度	$\pm 0.5\text{LSB}$
转换速度	800ns
有无取样保持	有
输出有无数据寄存器	有

二、D/A 转换器

我们知道，数字量是由代码按数位组合起来的，每位代码都具有一定的“权”。为了把数字量转化为模拟量，应当把每一位代码按“权”的大小转化成相应的模拟