

数字式 调幅中波发射机

ShuzishiTiaofuZhongboFasheji

张丕灶 刘 峰 刘传忠 编著
张建安 张海樱 王亚坤

厦门大学出版社

数字式调幅中波发射机

张丕炆 刘 峰 刘传忠

张建安 张海樱 王亚坤

编 著

毛厚德 主审

厦门大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

数字式调幅中波发射机/张丕灶等编著. —厦门:厦门大学出版社,2002.2

ISBN 7-5615-1949-4

I. 数… II. 张… III. 数字调制-应用-中频-调幅发射机:广播发射机 IV. TN839

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 091653 号

厦门大学出版社出版发行

(地址:厦门大学 邮编:361005)

<http://www.xmupress.com>

xmup@public.xm.fj.cn

三明地质印刷厂印刷

2002 年 9 月第 1 版 2002 年 9 月第 1 次印刷

开本:787×1092 1/16 印张:20.5 字数:524 千字

定价:40.00 元

本书如有印装质量问题请直接寄承印厂调换

序 言

世界已经进入了数字化、信息化、网络化时代,广播电视技术也随之获得了飞跃地发展。仅从调制技术的进步就可以得到验证。20 世纪 70 年代以前,乙类板调一直居主导地位。20 世纪 80 年代出现了脉冲宽度调制(PDM)和脉冲阶梯调制(PSM)。20 世纪 90 年代又出现了数字式调制(DM)和幅相调制(APM)。幅相调制有两种机型,一种是模块式广播发射机(M²W),另一种是精确相位脉冲多参数调制(MPM-P³)广播发射机。但这些调制方式尽管先进,仍属于模拟调幅广播。调制技术的进步,新元器件的生产,使发射机向一大(大功率),三高(高效率、高质量、高稳定)和三化(固态化、数字化、自动化)的方向发展。

时代在前进,技术在发展,设备在更新,从事广播技术工作的机务人员必须与时俱进,学习新知识,通晓新理论,掌握新技术。

继《全固态 PDM 中波广播发送系统原理与维护》一书出版之后,作者又有新作《数字式调幅中波发射机》献给广大读者。作者通过绪论、音频限制放大器和音频输入板、数字音频基础、A/D 转换、调制编码器、射频系统、电源系统、控制器、故障处理及显示和其他电控电路等 10 章系统地讲解了数字技术基础理论知识,详细地分析了数字式调制全固态中波广播发射机的电路工作原理,对广大机务员熟悉和掌握这类发射机会有很大的帮助。该书由浅入深、通俗易懂、图文并茂,图表资料丰富,对从事广播发射机维护的工作人员(包括西新工程所涵盖的各省市自治区广电系统的科技人员)来说是一本难得的好书,是一本值得精读的书,也可供工科大专院校相关专业的师生参考。

中国老科技工作者协会广播电影电视分会
副理事长兼秘书长、教授级高工

刘洪才

2002 年 5 月 18 日

刘洪才

前 言

随着生产技术和工艺的日益完善,数字式调幅中波发射机的整机价格不断下降,目前国内生产厂家已不再生产 10 kW 以上的 PDM 固态机,数字式调幅发射机已占领了大中型中波发射机生产主流地位,并在许多电台投入使用。为了使中波台的技术人员更好地掌握数字式调幅发射机的使用、维护技术,我们编写了这本书。

本书是《全固态 PDM 中波发送系统原理与维护》的姐妹篇,有关 MOSFET 及由其组成的丁类放大器、功率合成、输出网络、并机网络、电源、监控基础、天馈系统等共性问题,我们已在该书作了比较详细的介绍,这里不再重复。本书侧重于分析数字式调幅中波发射机的基本工作原理和基本电路,并提供了机器中所用的 MOSFET 和集成电路的相关技术资料,以便读者深入理解电路的原理。

本书由福建省广播电视传输发射中心组织编写,作为中波台机务人员培训教材,由张丕灶、刘峰、刘传忠、张建安、张海樱、王亚坤编著。第二章、第三章由张建安执笔,第四章、第五章、第八章由张丕灶、张海樱执笔,第一章、第六章、第七章由刘峰执笔,第九章、第十章由刘传忠执笔,附录由王亚坤执笔,全书由张丕灶统稿、主编。本书编写时参考过的教科书及有关资料见书末的主要参考文献。在此,谨向有关作者致以衷心的感谢。

北京广播器材厂总工程师毛厚德同志审阅了全部书稿,并提出许多宝贵的修改意见,中国老科技工作者协会广播电影电视分会副理事长兼秘书长、教授级高工刘洪才同志为本书撰写了序言;我们在编写的过程中得到了北京广播器材厂和上海广播科学研究所技术人员的帮助;厦门 202 台陈建中、张剑飞、何连成,201 台胡金水等同志为我们提供了许多技术资料;在本书编写和出版的过程中得到福建省广播电视局和厦门大学出版社的大力支持和帮助;在此对他们表示衷心的感谢。

泉州 401 台吴秋水、吴清福、黄晓铭、杨柏馥、黄美娥、陈贻体,泉州人民广播电台杨元华等同志为本书的编写、画图、校对做了大量工作,在此表示诚挚的谢意。

由于作者学识水平有限,疏漏谬误之处在所难免,敬请读者批评指正,来函请寄福建省泉州市 77 号信箱张丕灶收。邮编:362000,电话:0595-2582254,传真:0595-2590829。

编著者

二〇〇一年十月

目 录

第一章 绪论	1
一、DX 系列中波发射机	1
二、M ² W 系列中波发射机	3
三、数字式调制新技术	7
第二章 音频限制放大器和音频输入板	12
第一节 音频限制放大器	12
一、概述	12
二、工作原理(原理图 PF2. 809. 016DL)	13
三、使用方法	17
第二节 音频输入板概述	18
第三节 音频信号处理电路	19
一、音频输入和贝塞尔滤波器	19
二、平衡—不平衡转换	20
三、最大载波功率设置电路(N7B、R27)	21
第四节 自动功率补偿电路	21
第五节 数字电位器及功率控制	23
一、数字电位器概述	23
二、AD7525KN	24
三、功率控制码的输入与锁存	25
第六节 PDM 补偿与抖动电路	26
一、PDM 补偿	26
二、抖动电路	27
第七节 PA 关断电路	30
第八节 音频输入板电源及其他电路	30
一、音频输入板电源	30
二、(音频+直流)取样电路	31
三、音频选通电路(D13、D15D 和 V2)	31
第三章 数字音频基础	32
第一节 音频信号数字化的基本概念	32
一、概述	32
二、取样	34
三、量化	35
四、编码	35
第二节 量化噪声	36
第三节 抽样的频谱	39

一、理想抽样的频谱	39
二、与抽样有关的误差	41
第四节 D/A 转换器	44
一、D/A 转换器的基本工作原理	44
二、D/A 转换器的转换精度、转换速度	47
三、DAC08 和 AD565	48
第五节 A/D 转换器	50
一、A/D 转换的一般步骤	50
二、取样—保持电路	52
三、逐次渐近型 A/D 转换器	52
四、A/D 转换器的转换精度和转换速度	55
五、AD1671	56
第六节 只读存储器(ROM)	61
一、固定 ROM	61
二、PROM	62
三、EPROM	62
四、2716EPROM	63
第四章 A/D 转换板	66
第一节 编码脉冲形成	66
第二节 A/D 转换	67
一、音频复合信号输入电路	67
二、A/D 转换(N1)	68
三、数据锁存与缓冲驱动	69
四、A/D 转换时序	69
第三节 大台阶同步和音频还原电路	70
一、大台阶同步形成	71
二、音频还原电路	72
第四节 故障检测电路	73
一、电源重起动((C41、R16、D12F、D12A、V13)	74
二、时钟故障检测电路((D14A)	75
三、A/D 转换检测电路(D13A)	75
四、A/D 转换故障检测电路(D14B)	75
五、A/D 板稳压电源(N2、N16、N18、N19、N20、N21)	75
第五章 调制编码器	77
第一节 关于编码的讨论	77
一、总体方案	77
二、二进制台阶编码	78
三、大台阶编码	79
第二节 调制编码器概况	81
第三节 二进制台阶数字音频电路	83

一、低六位数字信号控制过程·····	83
二、削波(限幅)电路·····	83
第四节 大台阶编码·····	84
一、只读存储器 EPROM·····	85
二、数据锁存与选通电路·····	85
三、PA 关断(“数据清零”)信号输入·····	86
第五节 编码输出驱动器·····	86
一、DS0026·····	87
二、功放开关控制原理·····	88
三、B ₋ 电压值对开关速度的影响·····	89
第六节 编码器电控电路与电源·····	90
一、功放联锁电路·····	90
二、合电源复位·····	92
三、关功放电路·····	93
四、电源·····	94
第六章 射频系统 ·····	95
第一节 高频前级·····	95
一、振荡器·····	95
二、数字式频率合成激励器·····	98
三、缓冲放大器·····	108
四、前置驱动板和功放推动板·····	109
五、推动级电源稳压器·····	110
六、推动级合成母板 A14·····	116
七、射频激励分配板·····	118
第二节 高频放大器单元·····	119
一、概述·····	119
二、基本工作原理·····	119
三、高频放大器单元电路说明·····	122
四、放大器不工作时,合成变压器初级电流的通路·····	123
五、关于要求零激励切换功放的分析·····	124
第三节 数字式调幅发射机功放模块特性的讨论·····	127
一、讨论前提·····	128
二、功放特性的讨论·····	128
第四节 射频功率合成母板和输出网络·····	132
一、概述·····	132
二、工作原理·····	132
三、功率合成与数字式调幅·····	135
四、输出网络·····	136
第五节 输出取样板和输出监测板·····	137
一、概述·····	137

二、基本电路原理分析	138
三、发射机的 VSWR 保护	139
四、入射/反射功率取样	142
五、“检波音频”输出	144
六、调制检测取样电路	144
七、+5 V、-5 V 稳压器	145
第六节 高前多用表 A23	145
一、概述	145
二、工作原理	145
第七章 电源系统	147
第一节 概述	147
第二节 交流电源电路	147
第三节 低压电源	149
一、整流滤波电路	150
二、电源分配板 A39	150
第四节 高压电源	151
一、整流滤波电路	152
二、保险装置板与电压采样	154
第五节 风机和冷却检测器	155
一、风机	155
二、风接点 S7 及温控开关 S2	155
第六节 主电源启动电路	155
一、门开关联锁	156
二、电源启动电路	156
第七节 直流稳压器板	158
一、概述	158
二、线性稳压集成电路 UC3834	158
三、+5 V 稳压电源	160
四、调制 B-电源	161
五、主整接触器驱动电路(E2、V3;E4、V6)	163
六、联锁电路	164
第八章 控制器	166
第一节 概述	166
第二节 开关机控制	168
一、开关机控制逻辑	168
二、基本电路说明	168
三、主要逻辑流程的分析	173
第三节 功率控制	180
一、功率控制信号的来源及锁存	180
二、功率控制逻辑	182

三、功率控制基本电路说明	183
第四节 控制器故障保护电路	199
一、控制器故障保护执行电路	199
二、联锁保护电路	200
第五节 模拟测量缓冲器和电源稳压器	204
一、模拟测量缓冲/驱动器(N54、N55、N56)	204
二、控制器板的稳压电路	205
三、+5 VB 后备电源及检测电路	207
四、供电中断恢复后的自动开机逻辑	208
第九章 故障处理及显示	210
第一节 概述	210
一、故障分类	210
二、各类故障方框图说明	210
第二节 第一类故障——停播	214
一、复位电路	214
二、第一类故障检测保护电路	218
第三节 第二类故障——发射机关机/重开一次	225
一、概述	225
二、第二类故障检测电路	227
三、第二类故障逻辑处理和锁存电路	231
四、第二类故障状态锁存显示电路	232
第四节 第三类故障——降低发射机的输出功率	233
一、概述	233
二、基本单元电路分析	234
第五节 第四、五、六类故障和其他显示电路	244
一、第四类故障——关功放	244
二、第五类故障——调制编码器清零	248
三、第六类故障——显示故障	249
四、其他显示电路	252
第十章 其他电控电路	253
第一节 外部接口板	253
一、概述	253
二、基本电路分析	255
第二节 开关显示板	258
一、本控工作命令输入及显示电路	258
二、仪表测量电路	259
三、开关显示板稳压电源	264
第三节 风机、功放温度监测	266
一、风机转速、功放板温度监测电路	266
二、风压、功放板温度监测电路	267

附录	268
一、常用逻辑符号表	268
二、中波固态机常用 MOSFET 的参数和特性曲线	270
三、基本运算电路	276
四、DX 系列中波发射机集成电路介绍	279
五、DX 系列中波发射机部分电路板代号名称对照表	314
主要参考文献	315

第一章 绪 论

数字式调幅发射机的基本类型有两种,一是 DX 系列发射机,二是幅相调制发射机。目前国内厂家生产的大都是 DX 系列发射机,本书以后各章节所涉及的都是 DX 系列发射机,并且主要以 10 千瓦机为样机介绍电路。各厂家生产的 DX 系列数字化调幅中波发射机电路基本相同;电路板的代号也相同;各元件的编号也基本一致,通常元件序号相同,只是前缀字母有差异,只要稍加注意,也很容易看出。我们在叙述中所用元件的编号是北广厂 TBM-413 型发射机的编号。其他厂家电路不同之处,本书也予指出并作相应的介绍。

下面介绍 DX 系列数字式调幅中波发射机的基本原理,使读者对该系列发射机有个整体概念,以便在阅读本书各章节时,能更好地理解各系统的原理。

一、DX 系列中波发射机

(一) DX 系列中波发射机的基本原理

为了便于初次接触 DX 系列机的读者理解该机的基本原理,这里我们将用一种不够严密的方式来叙述。

DX 系列数字化调幅发射机的基本原理是:首先用一个直流电压和音频信号叠加在一起,形成复合音频信号,然后用 A/D 转换器对这个复合音频信号进行不断的快速计量,测出复合音频信号的大小,比如某瞬间复合音频信号的计量值为 90 mV,则在高末级相应加上 90 个单位的高频电压(比如加 900 V 高频电压),由于复合音频信号的计量和高频电压的增减都是通过电子线路完成的,速度很快,达到每秒几十万次,因此,高频载波的大小就随复合音频信号的大小变化而变化,从而实现幅度调制,如图 1.1 所示。从图中可以看出,直流分量控制的是载波的电平、音频分量控制的是调幅度。在发射机实际电路中,对复合音频信号的计量由 A/D 转换器完成,采用的是二进制数,并用这个二进制数

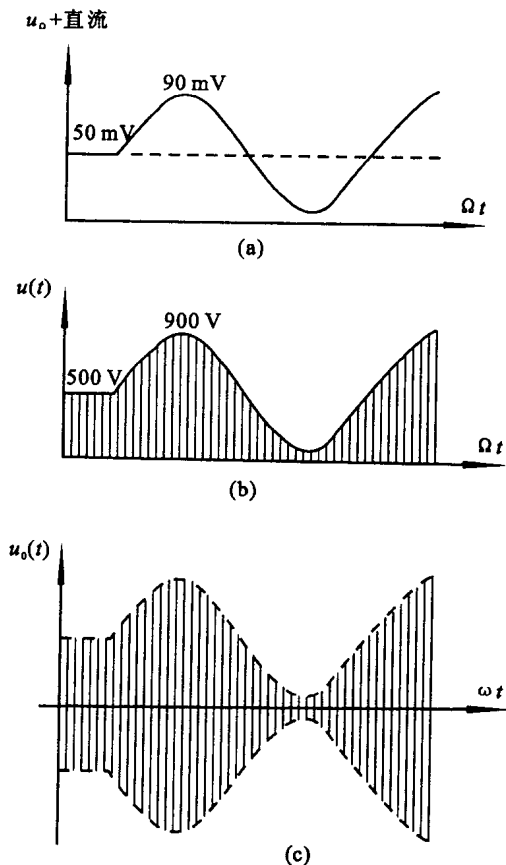


图 1.1 DX 系列中波机基本原理图

通过调制编码器去控制末级功放模块的通断,末级功放模块采用等压功放和二进制功放模块相结合的办法实现载波电压阶梯数和复合音频信号电压阶梯数的对应相等,各模块功放电压经合成、滤波,即成为调幅波。通过改变高频电压单位的电压值就可以改变发射机的额定输出功率。

(二) 10 kW DX 系列中波发射机简介

10 kW DX 系列中波发射机的方框图如图 1.2 所示,该机采用了先进的数字化调幅技术和功率合成技术,性能指标优良,远高于部颁甲级标准,整机效率可达 84% 以上,结构简单,便于维护、控制、监测,安全措施完善。

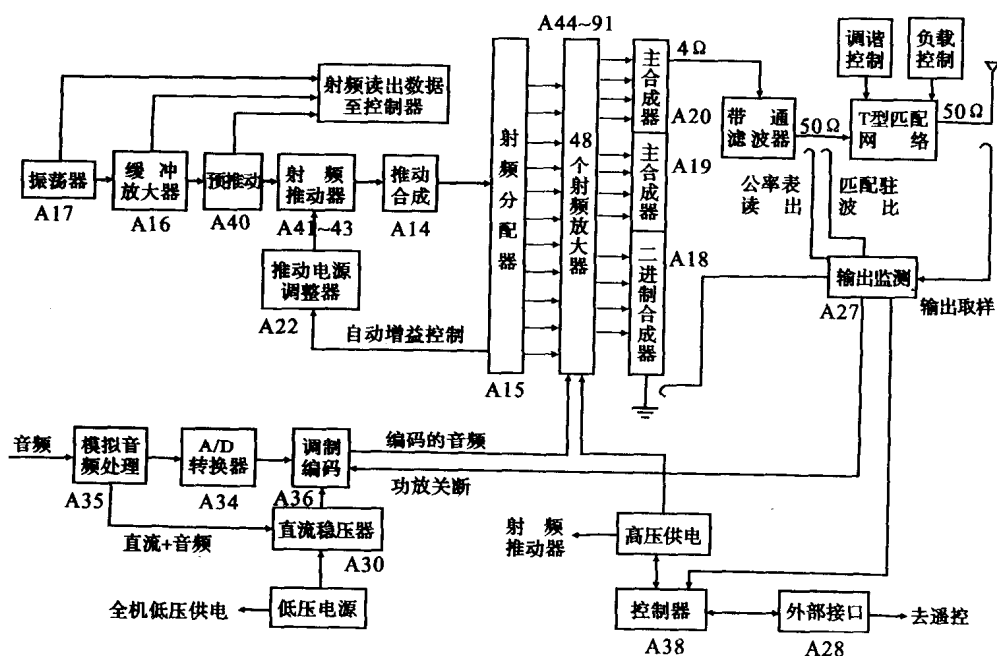


图 1.2 DX 系列 10 kW 数字调制中波广播发射机方框图

数字式调制:数字式调制分三步进行:第一步,音频输入信号在模数变换器中转化为数据地址码(12 位的序列);第二步,将来自 A/D 转换器的数据在调制编码器中寻址,产生功放部分所需的控制信号;第三步,用调制编码器的控制信号来控制 RF 放大器的合断。这些独立的射频放大器是在一个射频功率合成器中进行功率合成的。射频放大器与合成器共同构成功率放大器。功放部分的调幅输出是通过接通数目不同的独立射频放大器产生的。

高频通路:振荡器产生发射机工作载频,经缓冲放大、前级推动至分配器后,由分配器分支成若干同相的高频输出,送到各高频功放单元。

音频通路:音频信号先经贝塞尔滤波器,然后与直流信号和抖动信号相加。其中音频信号决定调制电平,直流信号决定了载波功率,抖动信号用于 PDM 补偿。上述复合信号在高速 A/D 中进行模数转换,用与载波频率相当的采样率对音频进行信号取样,转化成 12 Bit 的数据信号。在调制编码器中用上述数据信号作为地址码在预先设计好的 EPROM 中转换为对应的各个开关的控制信号,以控制 48 个射频功放的合/断。其中高六位用于控制等压台阶功放,低六位用于控制二进制电压台阶功放。等压台阶功放的通断规则是先进后出,后进先出。这是 DX 系

列机的不足,而 M^2W 机在这一点上有所改进。

功率合成:各射频功放单元的输出分别接到各自磁芯变压器的初级,全部变压器次级串联起来后接到输出回路和地之间。

输出回路:输出网络包括一个巴特沃兹带通滤波器和一个“T”网络,前者让载频和有用的上下边频通过,并对各次谐波和杂频信号进行衰减,作为“平滑滤波器”或“还原滤波器”使用,后者可在一定范围内对发射机的负载进行匹配。T 网络的并联臂除作阻抗匹配外,还串谐于载波的三次谐波,构成一个三次谐波的陷波器,以加强对三次谐波的抑制。

DX 系列有 10 kW、25 kW、50 kW、200 kW、600 kW 等不同功率等级的发射机,不同功率等级的发射机的原理都相似,其低周部分的差别只是在调制编码器所控制的功放板的数目不相同,其高周的差别主要是:功放板所用 MOSFET 的型号和个数不同,前级激励的功放板数量和末级功率合成的功放板数量不同,此外,功率输出端的带通滤波和阻抗变换所使用的网络形式有差异。

二、 M^2W 中波发射机

模块式中波发射机是由 Modular Medium Wave Transmitter 意译而来,取前三个单词的第一个字母作为这种制式的名称并写作 M^2W ,它由汤姆卡斯特(Thomcast)公司生产。

(一) 主要特点

模块式中波发射机的主要特点是:

(1) 全固态大台阶功率合成射频放大系统与包络间量化失真的补偿方式采用幅相调制的方法。

(2) 用互补对称式金属氧化物半导体控制元件(C-MOS)5 V 信号电压去控制模块,发射机去掉了 RF 中间级。每一个功率模块均有自己的控制系统和保护装置。

(3) 全机只用一种功率模块。该模块特性为宽带,换频时(中波频段内)不用改变模块元件。

(4) 功率模块的运行采用滚动循环的方式,热负荷一致,热负荷系数小,有利于增强运行的可靠性。

(5) 采用大规模集成电路,全微机控制,全机只用几种印刷板形成控制系统。有利于生产和备件。设计中尽量减少接线,减少接插件,有利于模块标准化。印刷板采用先进技术(如高温喷焊等)制作。

(6) 内置监测设备(BITE Built in Test Equipment)。除少数电源用电磁开关外,控制回路去掉了常用的继电器、电表,而代之以计算机(处理器),用设在机器上的人机接口彩色触摸屏对发射机进行控制,改变了机器设置习惯。

(7) 适用先进的运行方式,多工运行方式为调幅立体声 C-QUAM,广播数据系统(RDS),即 ADMS。最近兴起的数字音频广播 DAB,在 AM 频段进行同播,在三种方案中天波 2000 (SKY WAVE 2000)是 Thomcast 开发的 COFDM 多载波方式。 M^2W 机运用该方式也有便利之处。

(二) 基本工作原理

M^2W 模块化中波发射机方框图见图 1.3,它由信号处理系统、功率放大器、电源、输出滤波器、监控系统和冷却系统等六部分组成。

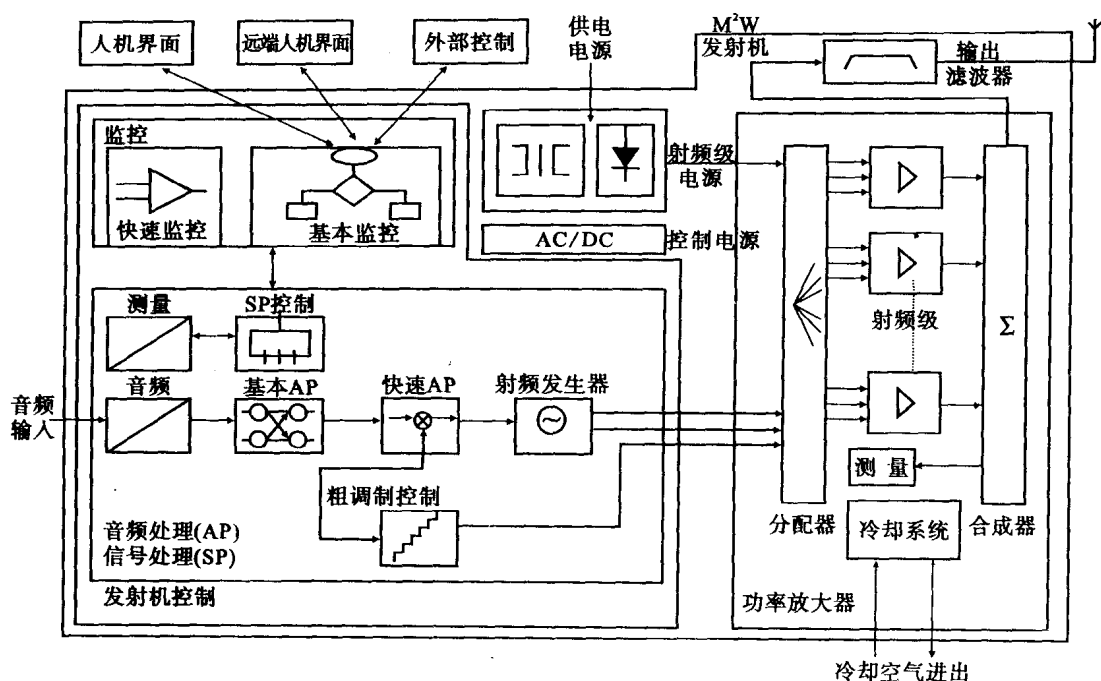


图 1.3 M²W 模块化中波广播发射机方框图

1. 信号处理系统

信号处理系统包括音频接口、基本音频处理、快速音频处理、粗调幅阶梯控制、射频发生器和预分配器等部分。输入到音频接口的音频模拟信号包含一定的直流分量，音频信号控制调幅，直流信号确定载波电平，此外，还有高频信号输入作为取样控制电压。音频模拟信号通过 A/D 转换形成 16 Bit 的数字化信号并予锁存。接着，由数字信号处理器对输入的数字信号进行滤波，并可加工成具有浮动载波功能或调幅立体声功能的数字化音频信号。从基本音频处理电路输出的信号送到快速音频处理电路进一步加工，把 16 Bit 数字信号的高 7 位和低 9 位分离成两路信号。高 7 位转化为相应的拉合闸信号加到粗台阶调幅(CSM)控制器，控制功放模块的合闸或拉闸，并决定合上功放模块的总数。所有的功放模块的拉合闸都受控于先进先出存储器，先进先出的规则是：合上的功放模块是拉开时间最长的，而拉开的功放模块则是合上时间最长的，其循环通断的开关频率是 100 千赫。采用先进先出的规则正是吸取了 PSM 机先进先出的优点而弥补了 DX 系列机先进后出的缺陷。低 9 位数字信号输入到射频振荡器，其输出信号分为 FC+ 和 FC- 两路。这两路信号在输出前已受低 9 位数字信号的控制而产生相应的相移，FC+ 产生超前相移，FC- 产生滞后相移，用这种相移对粗调幅阶梯的量化误差进行补偿，射频振荡器以后的预分配器，起缓冲作用，以适应后面众多的负载。

2. 功率放大器和滤波

和 DX 系列发射机相似，M²W 机的高频功率也是由一系列射频功率放大器组成，每个功率放大器称为一个功放板，功率为 1.25 kW，四块功放板组成一个 5 kW 的功率模块，2 个模块组成 10 kW 机，依此类推，20 个功放模块组成 100 kW 机。

每个模板都用 8 只场效应管，每组两个，构成桥 H 功放的四个臂，每个功放模板的输入信

号有三路,一路是粗调幅阶梯控制信号,两路是射频激励信号 FC+ 和 FC-。这三路信号从功率放大器内的分配器分配而来。所有功放模板的输出都在功率合成器中合成,合成后的总功率经过滤波器滤除谐波、杂频信号后由发射机输出。

3. 冷却、监控和电源设备

对功率放大器和整机都采用强制风冷。50 kW 以下机器的抽风机装在机内功放模块背后,每个模块用一台风机。50 kW 以上机器只用一台大风机对机房进行冷热风交换。

监控系统对整部发射机进行控制管理,它用一个设在机器上的人机接口彩色触摸屏对发射机实行本地控制。触摸屏是按菜单方式进行选择的,当要对机器进行控制时,调出控制菜单,用手触摸对应方块,就可以控制发射机进行开机、关机、改变工作方式、选用浮动载波等操作。当对机器进行监测时,可以调出监测菜单,直接读出机器的各种状态,如输出功率高低、驻波比大小、功放模块工作是否正常以及有无报警信号等。当要改变控制参数和监测参数时,调出设置菜单,针对所需改变的项目进行设置。在监控系统中,具有完善的硬件设置,可以进行快速监测,同时由微处理器担负一些基本参数的监测,它还可以对快速监测所用的硬件进行控制。在信号处理系统中,把发射机的全部检测信号汇集起来,并且加给一个单独的 digital 信号处理器进行处理,然后送到监测系统用于屏幕显示。

发射机的外线电源有两路,都是低压电源。主供电电源是 3 相 4 线 380 V,它通过变压器、整流器和滤波器获得 300 V 直流电压,为功率放大器的各个功放模板供电。除了主供电电源外,还有另一路 220 V 的外线电源,它通过变压器、整流器、滤波器和稳压器获得多路直流电压,为控制电路中的各种晶体管和门电路供电。

(三) 调制方式的比较

数字式调幅中波发射机都是根据音频信号的瞬时值启动不同数量的射频功率放大器单元,通过功率合成直接产生和音频信号相对应的调幅波。射频功率放大单元,在 DX 系列中称功率模块(Power Block),简称 PB。而在 M²W 机中称为射频级(RF Stage,简称 ST)。依据音频包络的瞬时值,由高比特位数字信号启动的模块使调制波形呈明显的台阶状,DX 系列机称大台阶,M²W 机称粗台阶调制。

大台阶与音频包络间存在着明显的量化失真,对失真的补偿方式,DX 系列机和 M²W 机采用了不同的方式,其原理如图 1.4 所示。



图 1.4 补偿方式原理图

1. DX 系列机补偿方式

DX 机补偿方式如图 1.4(a),在大台阶的基础上,用二进制加权放大的方式进行补偿。二进制加权放大器包括 E 的 $\frac{1}{2}$ 、 $\frac{1}{4}$ 、 $\frac{1}{8}$ 、 $\frac{1}{16}$ 、 $\frac{1}{32}$ 、 $\frac{1}{64}$ 等。图 1.4(a)为用 $\frac{E}{2}$ 和 $\frac{E}{4}$ 进行补偿的情况,经过滤

波后恢复包络,实际电路是用六个二进制台阶补偿,而且还引进了抖动三角波进行PDM补偿。

2. M²W 机补偿方式

M²W 补偿方式如图 1.4(b)所示,其基本思路是瞬时电压 $V_{(u)}$ 经 N 个台阶后仍未达到包络波则再加一个台阶,做量化失真补偿。采用幅相调制的原理,让两个 $\frac{(N+1)E}{2}$ 分别相移 Φ_1 、 Φ_2 ,使第 $(N+1)E$ 总体压缩进行补偿。

(1) 幅相调制

幅相调制(Ampliphase Modulation)发明于 20 世纪 30 年代中叶,其原理的矢量图如图 1.5 所示。A、B 为两个相等的射频放大器。 Φ_1 、 Φ_2 为两个相等的夹角。 $\Phi_1 + \Phi_2 = 2\Phi$ 。 2Φ 为音频信号的函数。A、B 的矢量和为 C。

$2\Phi = 120^\circ$ 时, C 为载波状态; $2\Phi = 0^\circ$ 时 C 为已调波的正峰点; $2\Phi = 180^\circ$ 时为负峰零点。可见 2Φ 的变化可以调整矢量和 C 的大小变化。但 C 的大小虽有变化而不产生相移,因而幅相调制在双边带调制中并不产生调相。

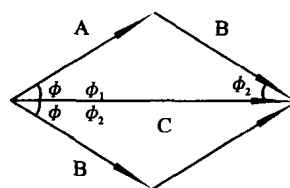


图 1.5 幅相调制矢量图

(2) CHIREIX 电路

幅相调制的实际电路是 CHIREIX 电路,为差相调制(Outphasing Modulation),其原理图请见图 1.6。

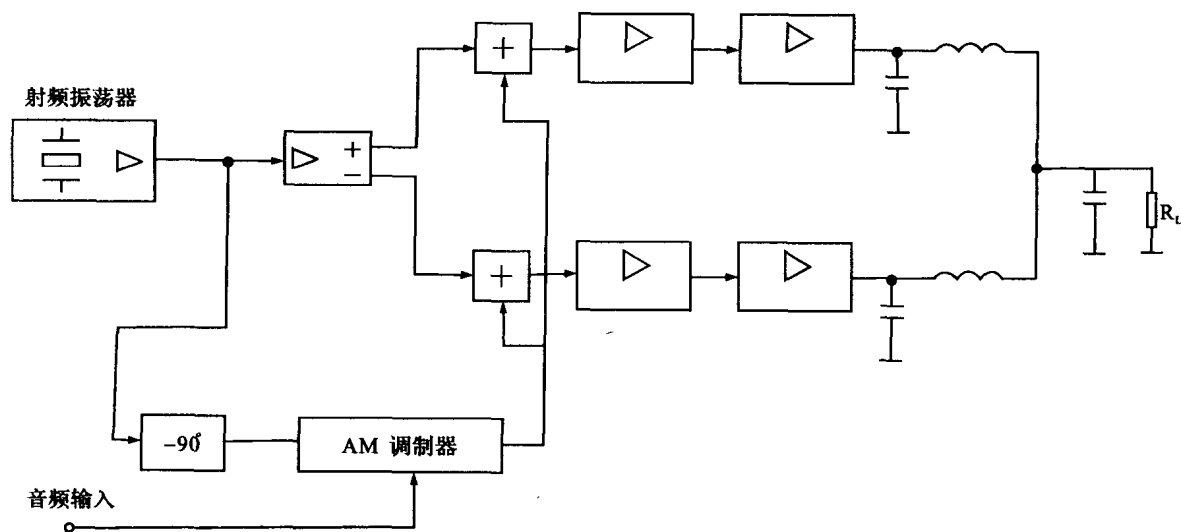


图 1.6 CHIREIX 差相调制原理图

(3) Φ 值的求法

M²W 机根据幅相调制原理,其矢量公式为

$$\vec{V}_{(u)} = \frac{(N+1)E}{2}(\Phi_1) + \frac{(N+1)E}{2}(\Phi_2) \quad (1-1)$$

而 $\Phi_1 = \Phi_2 = \Phi$, 该三角形为等腰三角形

$$\Phi = \cos^{-1} \frac{V_{(u)}/2}{(N+1)E/2} = \cos^{-1} \frac{V_{(u)}}{(N+1)E} \quad (1-2)$$