

VHF/UHF电视差转机原理与电路分析

ISBN 7-302-04815-5 出版社

VHF/UHF

电视差转机原理与电路分析

孙庆有 陈建国 编著

VHF/UHF

电视差转机原理与电路分析

孙庆有 陈建国 编著

人民邮电出版社

内容摘要

本书是一本关于电视差转机的技术读物。主要内容有：电视差转机的构成及主要技术要求、接收放大器、接收混频器、中频放大器及自动增益控制（AGC）电路、发射混频器、本振与倍频电路、晶体管高频线性功率放大器、电子管高频线性功率放大器、电视差转机整机电路分析以及主要技术指标的测试方法等。

本书理论联系实际，深入浅出，通俗易懂，适合于从事电视差转台（站）的技术人员阅读，也可供大专院校师生和有关技术人员参考。

ZHF/UP

电视差转机原理与电路分析

Dianshi Chazhuanji Yuanli yu Dianlu fenxi

孙庆奎 陈建国 编著

责任编辑：贾安坤

人民邮电出版社出版

北京东长安街27号

北京兴华印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

开本：787×1092 1/16 1990年6月 第一版

印张：11 页数：88 1990年6月北京第1次印刷

字数：267 千字 插页：3 印数：1-11 000册

ISBN7-115-04235-7/TN·357

定价：4.30 元



前 言

随着我国广播电视事业的发展,为进一步扩大电视覆盖面积,近几年来中小型电视差转台(站)应运而生,迅猛发展。

为了适应这一发展,满足广大电视差转台(站)技术人员学习和掌握电视差转技术的需要,我们在多年讲授电视发送技术以及从事UHF电视差转机研制的基础上,编写了这本《VHF/UHF电视差转机原理与电路分析》,力求理论联系实际,深入浅出。本书可供从事电视差转技术的工作人员学习参考,也可供电视差转技术培训班作教材使用。

全书共分五章。第一章主要介绍了电视差转机的构成及主要技术要求;第二章对接收单元中的接收放大器、接收混频器、中频放大器以及自动增益控制(AGC)电路进行了分析,并结合实例加以说明;第三章对发射单元中的发射混频器、本振电路、VHF/UHF晶体管高频线性功率放大器以及电子管高频线性功率放大器的工作原理、特点进行了介绍,并结合实际电路进行了分析;第四章为整机电路分析部分,着重分析了GSZ-3/5型I/II波段50W差转机、CDC II型I/II波段50W差转机、TDC-50-I型IV/V波段50W差转机以及GSZ-11型50W V-U差转机等电路;第五章主要对电视差转机的测试方法进行了必要的介绍。

在编写过程中,我们得到了北京广播学院王明臣、韩宪柱副教授、陈洪诚工程师的帮助和支持,在此谨表示感谢。

限于我们的水平,书中内容难免有不妥之处,恳请读者批评指正。

编者

-一九八九年三月于北京

目 录

第一章 绪论	(1)
第一节 电视差转机的构成	(1)
一、一次变频式电视差转机	(1)
二、二次变频式电视差转机	(3)
第二节 对电视差转机的技术要求	(5)
一、噪声问题	(5)
二、群时延失真	(6)
三、微分增益 (DG) 失真	(8)
四、微分相位 (DP) 失真	(8)
五、互调失真	(9)
第二章 接收单元	(12)
第一节 接收放大器	(12)
一、输入滤波器	(12)
二、低噪声放大器	(16)
三、接收放大器电路举例	(24)
第二节 接收混频器	(24)
一、一般振荡器简介	(25)
二、晶体振荡器	(28)
三、倍频器	(31)
四、传输线变压器	(34)
五、接收混频器电路	(36)
六、接收混频器实际电路举例	(39)
第三节 中频放大器	(39)
一、宽带中放电路	(40)
二、自动增益控制 (AGC) 电路	(42)
三、中频放大器电路举例	(46)
第三章 发射单元	(48)
第一节 发射混频器	(48)
一、发射混频器的特点	(48)
二、UHF 频段带通滤波器	(49)
三、发射混频器实际电路举例	(51)

第二节 本振电路.....	(52)
一、本振电路的特点.....	(52)
二、晶振电路.....	(53)
三、阶跃二极管倍频器.....	(54)
四、发射单元本振电路举例.....	(55)
第三节 晶体管高频线性功率放大器.....	(56)
一、高频大功率晶体管的特点.....	(56)
二、对晶体管高频线性功率放大器的要求及特点.....	(59)
三、高频大功率晶体管工作点和负载线的确定原则.....	(61)
四、匹配电路.....	(63)
五、功率合成.....	(69)
六、直流馈电和偏置电路.....	(78)
七、晶体管高频线性功率放大器的调整.....	(81)
八、VHF频段晶体管高频线性功率放大器电路举例.....	(83)
第四节 UHF频段晶体管功率放大器.....	(83)
一、UHF频段晶体管功率放大器的特点.....	(83)
二、微带线基本知识.....	(85)
三、UHF频段晶体管功率放大器.....	(90)
四、UHF频段晶体管功率放大器电路举例.....	(95)
第五节 电子管高频线性功率放大器.....	(97)
一、电子管的基本知识.....	(97)
二、发射电子管的特点.....	(99)
三、电子管高频功率放大器工作原理.....	(101)
四、输入回路和输出回路.....	(107)
五、环行器简介.....	(110)

第四章 整机电路分析..... (112)

第一节 GSZ-3/5型 I / II 波段50W差转机电路分析..... (112)

一、高频放大器(接收放大器).....	(112)
二、下变频器(接收混频器、中频放大器).....	(113)
三、发射混频器.....	(115)
四、本振倍频器.....	(118)
五、晶体管功率放大器.....	(120)
六、VHF电子管(FC-620)功率放大器.....	(121)

第二节 CDC-I型 I / II 波段50W差转机电路分析..... (124)

一、接收放大器.....	(124)
二、接收混频器.....	(126)
三、中频放大器.....	(127)
四、发射混频器.....	(128)
五、晶体管功率放大器.....	(132)

六、VHF电子管(FC-620)功率放大器	(134)
第三节 TDC-50-I型V/V波段50W差转机电路分析	(137)
一、接收放大器	(137)
二、接收混频器	(137)
三、中频放大器	(137)
四、晶振倍频器	(137)
五、本振输出器	(137)
六、发射混频器	(139)
七、UHF晶体管功率放大器	(141)
八、UHF电子管功率放大器	(146)
第四节 GSZ-11型50W V-U(分米波)差转机电路分析	(147)
一、高频放大器	(147)
二、下变频器	(147)
三、本振倍频器	(147)
四、发射混频器	(147)
五、UHF晶体管功率放大器I	(148)
六、UHF晶体管功率放大器II	(148)
七、UHF电子管功率放大器	(149)
第五章 电视差转机的测试方法	(150)
第一节 测试条件	(150)
一、环境条件	(150)
二、电源电压	(150)
三、预热	(150)
四、假负载	(151)
五、接插件的连接	(151)
第二节 测试信号和术语	(151)
一、高频图像信号	(151)
二、视频调制度	(151)
三、全黑高频图像信号	(151)
四、阶梯波叠加副载波信号(D_2)	(152)
五、平场信号K	(152)
六、输入电平	(152)
第三节 测试方法	(152)
一、输入和输出匹配的测试	(152)
二、输出功率	(153)
三、自动增益控制(AGC)范围	(154)
四、频率的测试	(155)
五、振幅频率特性	(155)
六、群时延频率特性	(155)

七、微分增益 (DG) 和微分相位 (DP)	(156)
八、互调	(158)
九、噪声系数	(158)
十、视频信杂比	(159)
十一、电源干扰	(159)
附录 I 电视差转机通用技术要求	(160)
附录 I 国产GSZ和CDC系列电视差转机技术指标	(164)

第一章 绪论

电视差转机是一种差转式的电视转播设备，也称为电视中继设备。它包括接收和发射两部分，其功能是：将接收到的主台（或称骨干台）某频道的电视节目，经过差转机的频率变换、放大后，再用另一频道发射出去，以供用户收看电视节目。由于这种设备避免了解调和调制，信号质量易于保证，设备也可简化，因此在国内外都被大量采用。特别是在我国，国土辽阔，山区甚多，这种电视差转技术，已成为扩大电视覆盖面积的主要手段之一。

本章仅就电视差转机的构成和技术要求，加以叙述。

第一节 电视差转机的构成

电视差转机的类型很多，就其发射功率而言，可以分为不同功率等级的电视差转机。但是，由于电视差转机通常多用于中小城镇以及边远山区，所以它的发射功率常常是以中小功率为主，一般为几瓦到几百瓦。按照工作频率范围来分，既有工作在Ⅰ、Ⅲ波段（即米波段）的，称为VHF电视差转机；又有工作在Ⅳ、Ⅴ波段（即分米波段）的，称为UHF电视差转机。但是，不管功率等级如何，工作在哪个波段上，从频率变换的方式来看，归纳起来可以把电视差转机主要分成两类：即一次变频方式和二次变频方式两类电视差转机。

为了使读者对电视差转机的构成有个初步认识，下面我们将依次对这两类电视差转机加以介绍。

一、一次变频式电视差转机

一次变频式电视差转机，是由接收天线、输入滤波器、低噪声高频放大器、本振与混频器、带通滤波器、高频线性功率放大器以及发射天线等部分构成的。其方框图如图1-1所示。

一次变频式电视差转机的工作过程是这样的：由接收天线将主台某频道的电视射频信号接收下来，通过输入滤波器，将所接收频道以外的其他频率成分滤除掉，让所接收频道的信号顺利通过，送入低噪声高频放大器。这里采用低噪声高频放大器，原因在于接收天线接收到的信号比较微弱，如果高频放大器本身的噪声信号比较大，甚至与接收到的信号可比拟，那么，虽然接收到的信号通过放大器可以放大到一定的电平，但是噪声信号也同样被放大到一定电平。这样，噪声将与接收到的信号混在一起，会严重影响收看效果。因此，需要采用低噪声高频放大器，以便将放大器本身的噪声降至最小程度，而把所接收到的有用信号放大到一定的电平，这样才能收到好的效果。

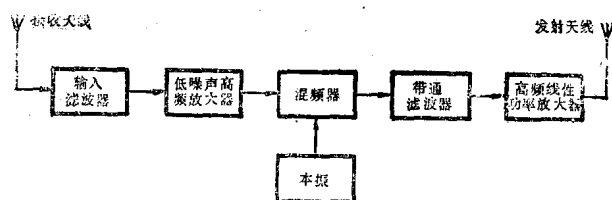


图1-1 一次变频式电视差转机方框图

经过低噪声高频放大器，将接收到的微弱信号放大之后，送至混频器，以实现频率变换。欲实现频率变换（即变频），需要有两个信号输入混频器：一个是由低噪声高频放大器送来的电视射频信号；另一个是电视差转机内产生本机振荡（简称本振）信号。这两个信号共同作用于混频器将会产生出许多频率的信号，其中包括我们所需要的欲发射频道的信号。为了取出有用信号，并将其他无用信号滤除掉，在混频器之后设有输出滤波器。

经输出滤波器将所需要的信号取出后，送至高频线性功率放大器，使之放大到一定等级的功率，最后由发射天线发射出去。这里所说的高频线性功率放大器，是指在不产生失真或失真很小的前提下对信号进行功率放大，使之达到一定功率等级的高频放大器。通常，电视差转机的功率等级在100瓦以下者，采用晶体管高频线性功率放大器，或采用功率合成得到；而功率等级在100瓦以上者，采用电子管高频线性功率放大器获得，晶体管高频线性功率放大器仅作为它的激励级。对于电子管功率放大器，还需配备一套控制系统及保安装置，以便按照一定顺序供给电子管工作所需的电压，确保电子管安全工作以及维护人员的人身安全。

对于一次变频式电视差转机来说，只需经过一次频率变换就可以实现将接收频道的射频信号变换成另一频道的射频信号。那么，变换成另一频道的射频信号，在什么情况下，才能符合电视标准规定的频谱位置（即伴音载频高于图像载频6.5MHz）呢？

设 f_{v1} 为接收频道的图像载频； f_L 为本振频率； f_{v2} 为变换成另一频道的图像载频，则由变频理论有如下的关系式：

$$f_{v2} = f_{v1} \pm f_L \quad (1-1)$$

当我们选择适当的本振频率，即可得到正确的频谱位置。

由公式（1-1）可知，当接收到的图像载频为 f_{v1} ，欲变到比 f_{v1} 高的另一个载频 f_{v2} ，则式（1-1）中取加号，即

$$f_{v2} = f_{v1} + f_L \quad (1-2)$$

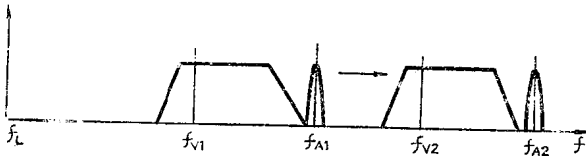


图1-2 接收频道向高频道变换示意图

$$f_{A2} = f_{v2} + 6.5\text{MHz}$$

用图表示，如图1-2所示。图中， f_{A1} 为所接收频道的伴音载频，它比图像载频高6.5MHz； f_{A2} 为经变换后的另一频道伴音载频。由于

$$f_{A1} = f_{v1} + 6.5\text{MHz}$$

同理，如果接收到的图像载频为 f_{v1} ，欲变到比 f_{v1} 低的另一个载频 f_{v2} ，则式（1-1）中应取减号，即

$$f_{v2} = f_{v1} - f_L \quad (1-3)$$

这时，本振频率 f_L 的选择，应使 f_L 低于接收频道图像载频。这样，若将接收频道向低频道变换，则可用图1-3所示的示意图来表示。

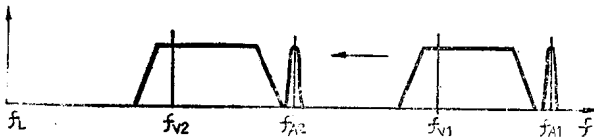


图1-3 接收频道向低频道变换示意图

最后，还需说明，一次变频式电视差转机虽然只经过一次频率变换，电路结构较为简单，但为了确保差转后发射频道射频信号的频谱位置符合电视标准，需选择比接收频道图像载频低的本振频率。这时本振信号中的谐波分量，将会向外辐射，从而造成对接收频道或其他频道的干扰。例如，由2频道（频率

范围为56.5MHz~64.5MHz)差转为4频道(频率范围为76MHz~84MHz),本振频率应选择为19.5MHz。而本振信号的三次谐波则为58.5MHz,这个频率成分落在接收频道的频率范围之内,造成对接收频道的干扰。又如,由2频道差转6频道(频率范围为167MHz~175MHz),本振频率应为110.5MHz。这时本振信号的二次谐波为221MHz,它落在12频道(频率范围为215MHz~223MHz)的频率范围之内,从而造成对12频道的干扰。一次变频式电视差转机会造成收发干扰,是这种方式的 最大缺点。

二、二次变频式电视差转机

二次变频式电视差转机,是由接收天线、输入滤波器、低噪声高频放大器、第一本振与混频(又称为接收混频)、带通滤波器 I、带有自动增益控制(AGC)的中频放大器、第二本振与混频(又称为发射混频)、带通滤波器 II、高频线性功率放大器以及发射天线构成的。其方框图如图1—4所示。

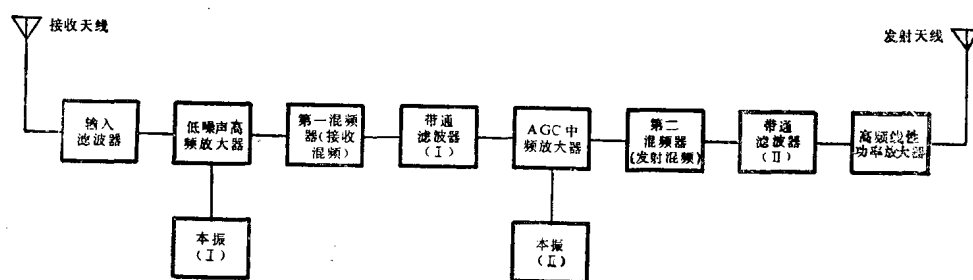


图1-4 二次变频式电视差转机方框图

二次变频式电视差转机的工作过程是:由接收天线接收到主台某频道的电视射频信号,经输入滤波器滤除掉所接收频道以外的其它信号后,再由低噪声高频放大器放大到一定电平,送至第一混频器。在第一混频器中,由经低噪声高频放大器送来的信号和本振 I 产生的振荡信号,共同作用产生出我们所要求的固定中频信号*,再由带通滤波器取出送给AGC中频放大器。这里采用固定中频的优点是:易于提供较高的中频增益,便于实现自动增益控制(AGC)。而且当有必要对信号失真进行校正时,在中频部分实现也是方便的。经中频放大器放大后,可以输出一个电平维持不变的中频信号。

这一中频信号与由本振 II 产生的振荡信号同时送至第二混频器,以实现频率变换使之成为我们要发射频道的射频信号。然后利用带通滤波器 II 的作用,滤除不需要的信号,选取出有用信号,再经过高频线性功率放大器将其放大到一定的功率,最后由发射天线,以电磁波的形式辐射出去。

由上述工作过程可见,二次变频式电视差转机与一次变频式电视差转机相比较,一个明显的特点是采用了固定中频的方法,而且为了将接收频道的信号变换成另一频道发射出去,

*注:按我国电视标准规定,新的中频图像载频为38MHz,从1990年开始使用。目前电视差转机采用的中频图像载频为37MHz。这里为叙述方便起见,仍以37MHz来进行介绍,以下同。

是经过两次频率变换来实现的。所以把这种差转机称为二次变频式电视差转机。

在二次变频式电视差转机中, 如何保证要发射的频道信号能够符合电视标准规定的射频频谱位置呢?

我们在第一混频中, 选择本振 I 的振荡频率为:

$$f_{L1} = f_{V1} + f_{IV} = f_{V1} + 37\text{MHz} \quad (1-4)$$

式中, f_{V1} 为接收频道的图像载频; f_{IV} 为固定中频图像载频 ($f_{IV} = 37\text{MHz}$)。若经变频后取其差频, 得到中频图像载频为:

$$f_{IV} = f_{L1} - f_{V1} = 37\text{MHz}$$

中频伴音载频为:

$$f_{IA} = f_{L1} - (f_{V1} + 6.5\text{MHz}) = 30.5\text{MHz}$$

则得到如图1-5所示的中频信号频谱特性。

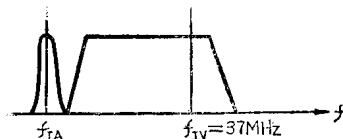


图1-5 中频信号频谱特性

由图可见, 将接收频道的射频信号, 经过第一变频变换成中频后, 使伴音载频和图像载频的位置发生了倒置, 即变成了伴音载频低于图像载频6.5MHz。为了使要发射的射频信号能够保证伴音载频高于图像载频6.5MHz, 这就要求在第二次变频中, 选择本振 II 的振荡频率 f_{L2} 为要发射频道图像载频 f_{V2} 与中频图像载频 f_{IV} 之和, 即

$$f_{L2} = f_{V2} + f_{IV} = f_{V2} + 37\text{MHz} \quad (1-5)$$

则发射频率

$$f_{V2} = f_{L2} - f_{IV} = f_{L2} - 37\text{MHz}$$

$$f_{A2} = f_{L2} - f_{IA} = f_{V2} + 6.5\text{MHz}$$

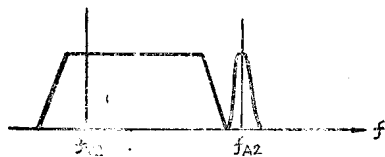


图1-6 第二次变频后的频谱特性

式中, f_{A2} 为欲发射频道的伴音载频。这样就可以得到符合电视标准规定的射频频谱特性, 如图1-6所示。

由一次变频式电视差转机的介绍可以想到, 二次变频式电视差转机会不会也造成干扰呢? 回答是肯定的。但是, 由于这种方式选择的本振 I 振荡频率是高于接收频道图像载频的, 所以本振 I 振荡信号的谐波不会干扰

所接收的频道。为了说明这一问题, 我们仍以2频道差转4频道为例, 这时本振 I 的振荡频率应为:

$$\begin{aligned} f_{L1} &= f_{V1} + f_{IV} = 57.75\text{MHz} + 37\text{MHz} \\ &= 94.75\text{MHz} \end{aligned}$$

显然, 其二次谐波频率为189.5MHz, 这一频率成分, 将远远离开了接收频道的频率范围。但是它对8频道(频率范围为183MHz~191MHz)有影响。对此, 应设法尽量减少它的影响, 通常可通过选择适当的中频频率来加以避免。目前国外有的电视差转机中频图像载频定为38.9MHz, 就是考虑了这一因素。此外, 还应注意到, 本振 I 振荡信号的基波分量, 从能量的角度来看, 总是大于谐波分量的。为了减少本振 I 造成的干扰, 应考虑不采用由高频道差转为低频道的办法。原因是本振 I 的基波分量造成的干扰较严重, 例如采用8频道差转2频道的情况, 根据上述介绍可知, 本振 I 的振荡频率应为222.25MHz, 显然会干扰12频道(频率范围为215MHz~223MHz)。

总之, 二次变频式电视差转机由于采用了固定中频的方法, 易于提供较高的中频增益, 便于实现自动增益控制, 并且避免了本振 I 对接收频道的干扰, 传输质量易于保证, 所以目前多数的电视差转机都采用这一方式。

第二节 对电视差转机的技术要求

电视差转机在转播电视节目中,传输图像和伴音信号质量的好坏,除考虑电视差转台址的选择、接收天线的架设等因素外,主要取决于电视差转机本身各项性能的优劣。而电视差转机各项性能的优劣,又是通过所规定的技术指标来衡量的。为此,对电视差转机的技术要求,都有较详细的技术指标规定,如广播电视部《电视差转机通用技术要求》(见附录 I),以及电视差转机生产厂家产品说明中给出的技术指标(见附录 I)。

这里,为了使读者对电视差转机的技术要求有个大致的了解,我们仅就电视差转机的主要性能加以介绍。

电视差转机的主要性能集中表现在噪声和失真(包括线性失真和非线性失真)两个方面。其中失真又表现为群时延失真、微分增益(DG)失真、微分相位(DP)失真和互调失真的大小上,所以下面就这些问题分别加以叙述。

一、噪声问题

噪声问题,是电视差转机技术要求中一个重要的问题。

我们知道,任何一种电子设备都存在有噪声问题。对于电视差转机来说,也不例外。通常,除了外部干扰以外,电视差转机内部也会产生各种干扰。内部干扰又可分为人为的和固有的两种。像供电电源滤波不佳产生的50Hz干扰和由寄生反馈造成自激引起的干扰等,就属于人为的内部干扰。实际上,这些干扰都属于不正常的故障,原则上可以通过合理设计和正确调整加以消除。另一种是电视差转机本身固有的,通常是由各级电路内所含大量带电微粒的不规则运动造成的起伏型噪声,我们把它称为电视差转机的内部噪声。这种内部噪声的电平愈高,对电视差转机的收转质量影响也就愈大。

由于内部噪声的存在,对电视差转机的实际灵敏度,就必须考虑噪声的影响。所谓实际灵敏度,是指在保持电视差转机输出端得到额定信号功率和一定的信噪比的条件下,接收端所需的信号最小电压,通常用微伏作单位。因此,内部噪声电平愈高,输出端的信噪比就愈低,实际灵敏度也就愈低;反之,内部噪声电平愈低,输出端的信噪比就愈高,实际灵敏度也就愈高。此外,即使接收场强已满足收转条件,如果内部噪声电平较高,则由于噪声干扰的影响,并不能得到满意的收转效果,特别是在多次收转的情况下,由于噪声的积累,影响更为严重。

由此可见,对电视差转机噪声的要求,是内部噪声要小。这一要求反映在技术指标中,是采用噪声系数NF来衡量的。噪声系数是指电视差转机输入端信号噪声功率比与输出端信号噪声功率比的比值,即

$$NF = \frac{P_{s1}/P_{n1}}{P_{s2}/P_{n2}} \quad (1-6)$$

式中, P_{s1} 为输入端信号功率; P_{n1} 为输入端噪声功率; P_{s2} 为输出端信号功率; P_{n2} 为输出端噪声功率。将式(1-6)用分贝数表示:

$$NF(\text{dB}) = 10 \lg \frac{P_{s1}/P_{n1}}{P_{s2}/P_{n2}} \quad (1-7)$$

式(1-7)表示信号通过电视差转机后, 信号噪声比变坏的程度。

实际上, 为测量噪声系数方便起见, 设 K_p 为电视差转机的功率增益, 且 $P_{s.o.} = K_p P_{s.i.}$ 或 $P_{n.o.} = K_p P_{n.i.}$, 则噪声系数可以表示为:

$$NF = \frac{P_{s.o.}}{P_{n.i.}} \quad (1-8)$$

式中, $P_{s.o.}$ 为总输出噪声功率等效在输入端的数值。用分贝数表示则为:

$$NF(\text{dB}) = 10 \lg \frac{P_{s.o.}}{P_{n.i.}} \quad (1-9)$$

所以, 噪声系数又可以定义为: 电视差转机内部产生的, 在输出端的全部随机杂波功率折合成为输入端的等效热杂波功率后, 与输入端的固有热杂波功率之比, 用分贝数来表示。

根据技术指标规定, 要求电视差转机的噪声系数为:

I、II 波段: 不大于7dB

IV、V 波段: 不大于9dB

二、群时延失真

为了不失真地转播电视节目, 对电视差转机来说, 除要求振幅频率特性在所传送信号的频率范围内平坦外, 对相位频率特性的线性也有一定的要求。由于相位频率特性直接测量十分困难, 所以对相位的失真, 一般是根据群时延频率特性的变化来确定的。

群时延失真属于一种线性失真, 它主要是由滤波器引入的。这种失真对电视图像质量将造成不良的影响。如在传输黑白电视节目中, 会使重现的图像画面产生镶边和浮雕效应的过渡失真; 在传输彩色电视节目中, 将会造成亮度信号(大部分能量集中在低频频谱的低端)和色度信号(大部分能量集中在彩色副载频4.43MHz附近)重合不好现象, 犹如彩色印刷中套色不准那样的失真。为此, 对电视差转机的技术要求中, 对群时延特性要有一定的要求。

所谓时延是指信号通过传输通道所需要的传播时间。如有一个单频正弦信号通过某网络时, 设网络的输入、输出电压分别为 u_1 和 u_2 , 如图1-7所示。一般可写为:

$$\frac{u_2}{u_1} = k e^{-j\varphi} \quad (1-10)$$

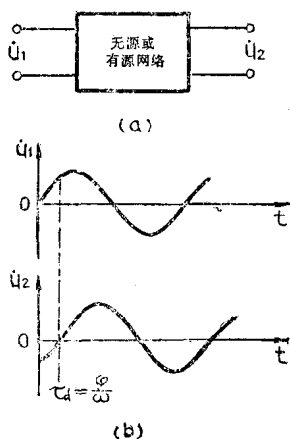
式中, k 为网络的传输系数; φ 为输出电压相对于输入电压在相位上迟后的角度。则信号的传播时间 τ_d 由下式确定:

$$\tau_d = \frac{\varphi}{\omega} \quad (1-11)$$

式中, ω 为信号的角频率。式(1-11)所确定的 τ_d , 称为相位时延, 简称相时延。在一般情况下, τ_d 是频率的函数, 即

$$\tau_d(\omega) = \frac{\varphi(\omega)}{\omega} \quad (1-12)$$

图1-7 网络方框图及电压波形示意图



这就是说, 某频率处的相时延就是该频率处相位频率特性曲线上的相位移与该角频率之比。

当输入信号为已调幅波时, 则由振幅调制理论可知, 已调幅波的数学表达式可写为:

$$u_1 = U_1(1 + m \cos \Omega t) \cos \omega t$$

$$= U_1 \cos \omega t + \frac{1}{2} m U_1 [\cos(\omega + \Omega)t + \cos(\omega - \Omega)t] \quad (1-13)$$

式中, m 为调幅度。若网络的相位频率特性在 $\omega \pm \Omega$ 范围内是线性变化的, 则已调幅波通过网络后的信号 u_2 可写为:

$$\begin{aligned} u_2 &= K U_1 [1 + m \cos(\Omega t - \Delta \varphi)] \cos(\omega t - \varphi) \\ &= K U_1 \cos(\omega t - \varphi) + \frac{1}{2} m K U_1 \{ \cos[(\omega + \Omega)t - (\varphi + \Delta \varphi)] \\ &\quad + \cos[(\omega - \Omega)t - (\varphi - \Delta \varphi)] \} \\ &= K U_1 \cos \omega(t - \frac{\varphi}{\omega}) + \frac{1}{2} m K U_1 \{ \cos[\omega(t - \frac{\varphi}{\omega}) + \Omega(t - \frac{\Delta \varphi}{\Omega})] \\ &\quad + \cos[\omega(t - \frac{\varphi}{\omega}) - \Omega(t - \frac{\Delta \varphi}{\Omega})] \} \end{aligned} \quad (1-14)$$

式中, φ 、 $(\varphi + \Delta \varphi)$ 、 $(\varphi - \Delta \varphi)$ 分别为载频及上下边频通过网络后的相移; $\frac{\varphi}{\omega}$ 为载频分量

的相时延; $\frac{\Delta \varphi}{\Omega}$ 为已调幅波的包络经网络后所产生的时延, 称为包络时延。如图1-8所示。

由此可见, 已调幅波通过网络时, 出现了载频和包络两种时延。但是, 与图像质量关系密切的并不是相时延, 而是包络时延。因为包络是反映所传输的信号内容的。当网络在 $\omega \pm \Omega$ 范围内, 相位频率特性曲线是线性时, 可发现对于每一频率分量的时延都是 $\frac{\Delta \varphi}{\Omega}$, 则经过网络后虽然产生了包络时延, 但不出

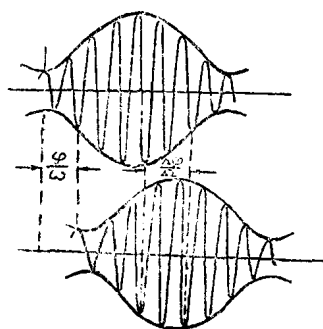


图1-8 相时延和包络时延示意图

现包络时延偏差, 即对各个频率分量的传播时间都一样。而实

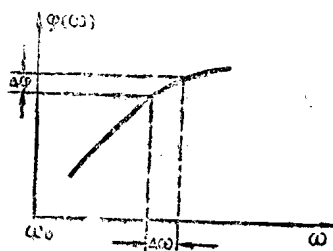


图1-9 实际相位频率特性示意图

际上, 网络的相位频率特性, 总是很难做到在传输频率范围内是线性的。如图1-9所示。这时, 只能在很窄的频率范围内近似地把相位频率特性曲线的一小段看作是直线, 该小段直线的斜率就等于这一小段频率范围内信号的传播时间, 用数学式表示为:

$$\tau_s = \frac{\Delta \varphi(\omega)}{\Delta \omega} \quad (1-15)$$

取 $\Delta \omega \rightarrow 0$ 的极限, 可得:

$$\tau_s = \lim_{\Delta \omega \rightarrow 0} \frac{\Delta \varphi(\omega)}{\Delta \omega} = \frac{d\varphi(\omega)}{d\omega} \quad (1-16)$$

这时, τ_s 表示以 ω 为中心无限窄的频带内, 信号合成波的包络通过网络的传播时间。通常由于包络是由群频信号组成的, 所以包络时延又称为群时延。

显然, 由式(1-16)确定的群时延 τ_s , 是图1-9所示的相位频率特性曲线各点的斜率, 且是频率的函数。不同频率处对应的相位频率特性曲线的斜率不同, 即群时延值不相等。正是由于这种原因, 就造成了所占频带内各个频率的群时延数值之间的偏差。偏差愈大, 使重现图像的群时延失真就愈大。所以, 我们所说的群时延失真就是指的这种群时延的偏差值。

为了保证图像信号的传输质量,通常都设法将通带内群时延偏差值控制在允许的范围。按照技术指标规定,相对于图像载频由 $-0.75\text{MHz}\sim+5.5\text{MHz}$,群时延的偏差为:

一级差转: $\pm 80\text{ns}$

二级差转: $\pm 50\text{ns}$

三、微分增益(DG)失真

我们知道,彩色全电视信号可看作是叠加在不同亮度电平上的不同振幅的副载波振荡。显然在电视差转机各级放大电路中,由于它的输入输出特性不可避免地存在非线性,这就使得位于不同亮度电平上的副载波振荡得到大小不同的放大,即出现了所谓微分增益失真。这种失真表现在重现彩色图像上,其彩色饱和度将随亮度电平的不同而变化。例如有一个演员,身穿深红色衣服,当在舞台上从高亮度地方走到低亮度地方时,深红色衣服将会变成浅红色衣服。可见,这种失真是影响彩色特性的一个重要技术指标。

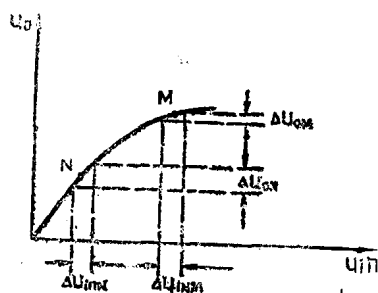


图1-10 输出输入传输特性

图1-10为电视差转机中某一放大级电路的输出输入传输特性曲线。图中: U_{i0} 为输入电压; U_o 为输出电压。由图可见,曲线上每一点的斜率就代表该点输出微变电压 ΔU_o 与输入微变电压之比,即 $\Delta U_o/\Delta U_{i0}$ 。这个比值的物理意义就是该点的微分增益。通常它是个复数,可用幅模和幅角来表示。显然,幅模表示仅反映微变增益的大小,所以称它为微分增益。例如图1-10中N点的微分增益为: $\Delta U_{oN}/\Delta U_{iN}$;M点的微分增益为: $\Delta U_{oM}/\Delta U_{iM}$ 。

由此可见,当某级放大电路的输出输入特性曲线上N点、M点以及其他各点的微分增益都相等,即 $\Delta U_{oN}/\Delta U_{iN} = \Delta U_{oM}/\Delta U_{iM}$,则表明该放大器不产生微分增益失真;反之,若N点、M点以及其他各点的微分增益不相等,即 $\Delta U_{oN}/\Delta U_{iN} \neq \Delta U_{oM}/\Delta U_{iM}$,出现偏差,则产生微分增益失真,且这种偏差愈大,产生的微分增益失真愈严重。

微分增益失真,通常是采用电视差转机整个动态范围内的微分增益偏差相对值,用百分数来表示的,即以某电平处的微分增益(一般以黑色电平处的微分增益)作为参考,则微分增益偏差相对值可用下式表示:

$$\begin{aligned} \text{微分增益偏差相对值} &= \frac{\Delta U_o/\Delta U_{i0} - \Delta U_{o\text{黑}}/\Delta U_{i\text{黑}}}{\Delta U_{o\text{黑}}/\Delta U_{i\text{黑}}} \times 100\% \\ &= \frac{A - A_{\text{黑}}}{A_{\text{黑}}} \times 100\% \end{aligned} \quad (1-17)$$

式中: $\Delta U_o/\Delta U_{i0} = A$ 为某电平处的微分增益; $\Delta U_{o\text{黑}}/\Delta U_{i\text{黑}} = A_{\text{黑}}$ 为黑色电平处的微分增益。

对电视差转机微分增益失真的技术要求,按照技术指标规定为:

一级差转: 不超过 $\pm 10\%$

二级差转: 不超过 $\pm 5\%$

四、微分相位(DP)失真

在介绍微分增益失真时已经谈到,由于电视差转机系统中不可避免地存在着非线性,因

而有关放大电路输出输入特性曲线各点的微变增益将不同,并且用其幅模表示各点微分增益的大小。而微变增益的幅角则正是反映微分相位的。这里仍以图1-10为例,可得出N点的相角,用 φ_N 表示;M点的相角,用 φ_M 表示。同理还可以得到任一点的相角,用 φ 表示。这些相角就是反映各点的微分相位的,所以微分相位是用角度来衡量的。

同样道理,如果在输出输入特性曲线上对应的各点微分相位是相等的,即不出现偏差,就表明不产生微分相位失真;相反,若出现偏差,则意味着产生了微分相位失真。

我们知道,电视接收机中的4.43MHz基准振荡器是由电视差转机(或电视发射机)转发(或发送)的彩色脉冲串(即彩色同步信号)来同步的。在收转(或发送)过程中,副载波振荡相对于彩色脉冲串的相位应该不受亮度电平变动的影响。但是,正如前面所说,在收转系统中,由于非线性存在以及放大级输入阻抗的变动等*,造成输出输入特性曲线各点的微分相位不同,就出现了亮度电平变化时,彩色色调也变化的现象。这种副载波相对于彩色脉冲串的相位移随着亮度电平变化而发生变化,我们把它称为微分相位失真。

微分相位失真的大小,是用各点微分相位的偏差值来量度的。一般是以某点的微分相位(通常以黑色电平处的微分相位 $\varphi_{黑}$)作为参考用度数来表示,即

$$\text{微分相位偏差值} = \varphi - \varphi_{黑} \quad (1-18)$$

由此可见,微分相位失真是指电视差转机系统中整个动态范围内微分相位偏差值。按照技术指标规定为:

一级差转: 不超过 $\pm 5^\circ$

二级差转: 不超过 $\pm 3^\circ$

还需说明,微分相位失真,对于不同的电视制式,要求也有差异。如对PAL制来说,它对微分相位失真的敏感性较差,要求较低。

五、互调失真

互调失真,是电视差转机技术要求中一个十分重要的问题。因为这种失真表现在重现电视图像时,造成网纹干扰,并且失真愈严重,干扰也就愈严重,所以它将直接影响电视差转机的转播质量。

所谓互调失真,从广义上讲是指当两个或两个以上的正弦信号,通过非线性器件时,产生互相调制,在输出端出现许多的组合频率信号,且它的频率和振幅是输入信号频率和振幅的函数。这种由于互相调制产生的组合信号分量,称为互调分量(或称互调产物),它的存在将会造成严重的干扰,通常称为互调失真。

对电视差转机来说(单通道电视发射机也同样),由于图像载频信号、伴音载频信号和彩色副载频信号(此指经调制之后的彩色副载频信号)在同一个通道中传输,当通道中存在非线性(特别是功率放大级)时,同样会产生相互调制,从而出现这三个频率信号的互调分量,通常称为三音互调。电视差转机互调失真的大小,就是采用三音互调失真来衡量的。

根据理论分析可知,三音互调可以利用下列关系式进行讨论,即

$$u_o = k_1 u_{i0} + k_2 u_{i0}^2 + k_3 u_{i0}^3 + \dots \quad (1-19)$$

式中: u_o 为输出电压; u_{i0} 为输入总电压; k_n 为非线性系统的复杂的常数。

* 产生微分相位失真的原因很多,而且问题相当复杂,一般难于作定量计算。通常认为有放大级存在非线性、放大器输入阻抗的变动,图像调幅时伴随有寄生调相等几个主要原因。