

三维动态频谱仪简介*1)

三维动态频谱仪小组

(中国科学院物理研究所)

频谱分析方法是处理信号、获取声信号特征的重要方法之一,它通常是将信号表示为强度或幅度的频率函数;然而实际上,许多信号的频谱是随时间变化的,为了反映信号的这种特征,需将信号用幅度或强度、频率、时间三维空间曲面或这曲面的采样数字矩阵来表示,三维动态频谱仪或实时频谱仪就是基于此种要求进行设计制造的。

一、仪器简单原理

整机方框图如图1所示。

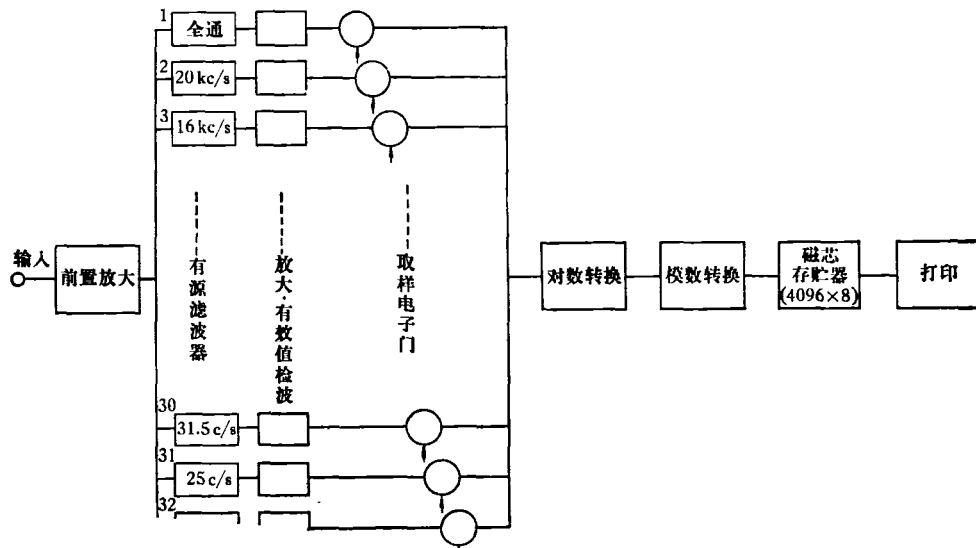


图1 三维动态频谱仪方框图

需分析的声信号转换为电信号后经输入放大器,进入并行联接的32个带通滤波器(包括全通通道),每个通道后跟随放大器、有效值检波器和RC平滑网络,RC平滑网络起平滑数据和减少起伏的作用。RC平滑网络时间常数分正弦和无规二档,视不同分析信号选择。然后用32路采样信号,由全通通道、最高频率通道至最低频率通道依次循环扫描,每扫一遍所需时间为12.5毫秒。采样后输出信号加到对数放大器,将输出转换成以分贝表示的对数脉冲。再经模数转换器转换成七位二——十进制编码脉冲存入磁芯存储器。

* 1972年8月17日收到。

1) 本仪器系由中国科学院物理研究所三维动态频谱仪小组同天津红光无线电厂协作研制。

磁芯存储器内的数据可用打印机按扫描同样次序打印成表。为使打印数据更为直观起见,分析数据在某一数值以上和以下,分别用红黑不同颜色数字区别,色标区分的数值可任意选择。为了自动分析信号,本仪器设有越限启动装置,并设有过载指示、自动采样、手动采样、地址码指示氖灯和数值指示氖灯等,使分析更为方便,同时也便于检查仪器是否正常工作。

二、仪器主要技术指标

1. 频率范围 20 赫—20 千赫。按 1/3 倍频程分割,共 31 个带通滤波器。滤波器通带起伏小于 1 分贝,倍频程阻带衰减大于 40 分贝。
2. 对数放大器 动态范围 40 分贝,误差小于 ± 1 分贝;动态范围 45 分贝,误差小于 ± 2 分贝。
3. 数据分析速度 80 次/秒;40 次/秒;20 次/秒;10 次/秒;5 次/秒;2.5 次/秒;1.25 次/秒;手动采样。
4. 检波电路及时间常数 检波电路适合复杂波形有效值检波(对方形波、正弦波、无规噪声和峰值因子在 5 以下的各种矩形脉冲进行实验,使测量误差较小)。时间常数视不同信号分正弦和无规二档。
5. 显示方法 用宽行电传打字机,按三维频谱打印成数字矩阵。
6. 存储器容量 4096×8 比特。

三、仪器分析能力的讨论

为了对仪器分析结果的置信程度进行分析;也就是信号频谱随时间变化分析结果的正确程度如何,有必要讨论一下频带和时间的划分问题,这个问题对分析结果有最重要的影响。

1. 频带划分

频带划分应根据信号的性质来选择,对一般无规过程(包括噪声、语声、爆炸声等),用 1/3 倍频程滤波器较为适宜,本仪器就采用 1/3 倍频程滤波器在声频频段进行频带分割。

2. 时间分割

在本仪器中,时间分割实际上是通过平滑网络的时间常数来体现。对既定的频带分割需用相应的时间常数来与之适应。众所周知,滤波器建立时间与滤波器带宽成反比,对 1/3 倍频程滤波器来说,高频通道建立时间短,低频通道建立时间长。一般说来,正弦信号经滤波器后(通带中),约需 10 个周期才能建立起来。时间常数小于滤波器建立时间,对正弦分析信号来说是不够的。对分析白噪声来说,信号经平方检波网络后,除直流分量外尚有差频存在,形成起伏误差,理论上说,时间常数应无穷大才能获得真正的平均值,但是时间常数太大,信号的动态变化就被抹煞了,而时间常数太短,起伏误差太大。可以证

明,幅值起伏的标准误差 σ 为

$$\sigma = 1/2\sqrt{BT},$$

上式 B 为带通滤波器带宽, T 为 RC 平滑网络有效平均时间 $2RC$ 。在这仪器中,时间常数分二档:一档是分析周期信号用,时间常数为 160 毫秒—3 毫秒,由于一般信号决非单频的正弦信号,分析结果起伏误差较大,用录音机放送信号进行分析时,重复性较差,需要加大时间常数弥补此缺陷;另一档是分析无规信号用,时间常数为 21.8 秒—21.7 毫秒,自由度 BT 值约为 200 或更大些,使起伏误差控制在 5% 以下,这种固定置信度系统用来分析无规信号较为适宜。

3. 数据采集速度

频带的划分取决于待分析信号的特性,时间常数的选择既依赖于信号特性又需和频带划分相适应,而数据采集速度则和上述因素都有关系。总的说来,采样速度要适应信号动态变化的快慢。对 1/3 倍频程带宽分割而言,高频通道建立时间短,平滑时间常数小,低频通道则相反。如果信号高频动态变化较快,高频通道能够反映出这种变化,要求采样速度高。对低频,由于平滑时间常数较大,即使信号较快的动态变化(实际不可能有较快变化,否则含有高频成分,不会落入低频通道中),也受到较大时间常数的限制,不需要较高的采样速度。

三维动态频谱仪比采用黑白图象来表征信号的语图仪动态范围大、精度高,能获得定量的分析结果。图 2 为用 1/3 倍频程滤波器分析汉语语音数码三(女声)的分析结果。可以看出,信号首先是高频成分,然后是低频成分,反映了信号频谱的动态特性。

```

26 00 00 07 21 22 20 03 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 02 02 00 00 00 00 00
24 00 00 04 14 20 15 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 01 01 01 00 02 00 00 00
27 00 00 07 17 20 18 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 02 01 00 00 06 00 00 00
26 00 00 06 17 25 20 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 03 00 00 00 09 00 00 00
28 00 00 04 15 23 15 02 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 04 00 02 00 12 00 00 00
32 00 00 00 00 08 06 23 20 20 17 27 26 20 26 23 31 17 20 28 18 03 00 00 02 00 02 00 15 00 00 00
40 00 00 08 02 10 06 29 29 31 20 34 29 26 31 40 28 21 06 29 22 02 03 00 02 00 01 00 17 00 00 00
44 00 00 02 02 16 13 34 33 32 27 40 36 32 38 46 28 17 00 29 23 01 04 00 02 00 00 18 00 00 00
44 00 00 07 07 11 06 28 36 36 28 40 34 33 38 43 26 12 00 29 20 00 03 00 03 00 00 20 00 00 00
45 00 00 02 10 10 10 31 32 32 30 38 36 31 38 43 26 12 02 29 16 00 02 00 04 00 00 21 00 00 00
45 00 00 04 04 11 13 32 32 30 25 38 32 28 40 44 28 12 04 29 16 00 00 00 04 00 00 22 03 00 00
44 00 00 05 12 14 04 27 29 30 24 35 25 23 40 44 29 13 03 30 14 00 00 00 04 00 00 23 07 00 00
43 00 00 09 12 14 08 30 25 28 23 33 25 22 36 32 30 12 04 29 12 00 00 00 02 01 01 01 22 08 00 00
38 00 00 04 15 12 07 27 20 22 20 27 20 13 26 23 30 20 06 30 14 00 00 00 01 00 00 22 08 00 00
36 00 00 02 06 07 01 12 07 08 04 18 08 02 12 14 10 08 02 28 17 01 00 00 02 00 00 21 07 00 00
30 00 00 00 01 00 00 00 00 00 14 03 00 00 06 00 00 00 27 23 03 01 00 04 00 00 21 08 00 00
24 00 00 00 00 00 00 00 00 00 06 00 00 03 06 00 00 00 21 25 02 02 00 04 00 00 21 08 00 00
24 00 00 00 01 03 00 00 00 00 02 00 00 00 00 00 00 18 24 01 01 00 04 00 00 20 08 00 00
23 00 00 00 00 02 00 00 00 00 00 00 00 00 00 02 00 08 22 00 00 00 03 00 00 18 08 00 00
12 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 01 10 00 00 00 02 00 00 18 08 00 00

```

图 2 汉语语音数码三(女声)分析结果

现在在水声学、语言声学、振动和噪声、次声等科研和工程领域中,用信号的动态频谱(即实时频谱)来分析信号的特征,受到较多的重视,三维动态频谱仪将在上述各领域中得到较多的应用。