

技术通讯

多通道动态测试分析系统

张令弥 张春宁

(南京航空航天大学振动所,南京,210016)

DEVELOPMENT AND APPLICATIONS OF MULTI-CHANNEL DYNAMIC TEST & ANALYSIS SYSTEM (DTAS)

Zhang Lingmi, Zhang Chuning

(Institute of Vibration Engineering, Nanjing University of Aeronautics and Astronautics, Nanjing, 210016)

动态测试、信号处理、模态试验、环境试验、状态监测、故障诊断的核心手段是动态测试分析仪器或系统。

南京航空航天大学振动工程研究所对当今国际先进动态信号分析系统,如美国惠·普公司的 HP3562A、3565S、3566/67, ZONIC 公司的 System7000、WCA, 科学亚特兰大公司的 SD380, 丹麦必凯公司的 BK2032、3550 和日本小野测器的 CF930/940、350/360 等进行仔细分析。自行设计研制了多通道动态测试分析系统(DTAS), 并成功应用于航空、航天工业一系列重大型号的振动试验, 进行了大量推广工作。

DTAS 多通道动态测试分析系统由多通道测试硬件、PC 微机和 NAI-DSA 动态信号分析软件组成。具有现代动态信号分析仪器的频域、时域、幅值域分析的全部功能。除了能进行随机、周期、瞬态信号处理和系统动态特性分析外, 还可用于声学信号分析(如 1/3 倍频程)和特征信号分析(如三维谱图、倒频谱等)。DTAS 基本系统配上相应应用软件(如 NAI-MODAL 和 NAI-RVC)还可构成完整的多通道振动模态分析系统, 或振动台随机振动控制系统。

DTAS 系统硬件由模拟输入信号适调、数据采集和高速信号处理、多功能信号源三大功能模板及机箱组成。每个测量通道具有独立的程控电荷、电压放大器和固定截止频率的模拟抗混滤波器。采用现代高速数字信号处理器(DSP)TMS320C25 与 PC 微机构成主从/并行系统, 完成 2~8 通道高速数据采集、信号触发、过载检测、实时数字滤波以及加窗、FFT 等信号预处理。信号源可产生随机、瞬态随机、周期随机、快速正弦扫频、脉冲、正弦以及用户自定义等激励信号。

DTAS 系统软件由在 PC 机上运行的主控软件 NAI-DSA、以及采集与信号处理驱动、信号源驱动和动态信号分析辅助驱动三个库组成, 后者由测试硬件中数字信号处理器的程序和数据组成。

NAI-DSA 采用多窗口、下拉式菜单设计, 具有“仪器化”的风格。它由硬件参数设置、测量参数设置、分析显示、辅助功能、数据文件管理等模块组成。完成测试硬件控制、测量过程管理、测量分析数据管理、系统标定、自检与诊断等功能。

作为高性能动态测试分析系统, 在研制中解决了两项关键技术, 即抗混滤波和细化分

1993年6月15日收到, 1993年12月20日收到修改稿。

析。

抗混滤波器是一种高性能的低通滤波器,有模拟和数字两种实现方式。模拟滤波器又分无源、有源和开关电容三类。对于无源和有源滤波器,需采用高精度阻容元件,调试困难。若要划分多个分析频带,则需使用多个滤波器,元件量大,可靠性差。开关电容滤波器使用方便,截止频率可调,但谐波失真较大,受钟频干扰。数学滤波器具有高稳定性和高可靠性,用它作抗混滤波器精度高、频率分挡精细,并且在此基础上可实现细化分析(ZOOM)功能。

数字信号处理器 TMS320C25 的指令特别适合实现 FIR 滤波器。采用非递归结构,32 位累加器能保证中间结果无误差。对于 12 位 A/D,16 位字长保证信号经过滤波后具有更大的动态范围。此外,对称结构的 FIR 滤波器还具有线性相位特性。

我们研制出以 DSP 为核心的数据采集和高速信号处理模板与 PC 机构成主从/并行系统,实现实时数字滤波和实时细化功能,其主要性能指标达到:

①实时速率 用一片 TMS320C25 实现数字滤波。实时滤波带宽双通道为 20kHz,8 通道为 5kHz。

②频率带宽 最大带宽等于实时速率,最小带宽为 1Hz,最高频率分辨率可达 0.625MHz(即 8 通道细化 5 000 倍,双通道细化 20 000 倍)。ZOOM 方式中心频率分辨率为 1Hz。

③数字滤波器特性 通带波动 0.05dB;倍分析带宽外衰减 -80dB,斜率为 -140 dB/Oct。

④动态范围 80dB。

DTAS 多通道动态测试分析系统研制成功两年来,进行了大量应用推广工作,取得良好社会、经济效益。主要应用有:轰六丁飞机加挂电子吊舱飞行振动信号处理;轰六丁飞机机翼地面振动试验;长征二号捆绑式运载火箭地面振动试验;某型战略导弹及喷管振动模态试验;运 12 飞机及歼八 II 飞机带油箱飞行颤振试验;歼八 II 飞机外挂随机振动环境试验;长江三峡重力坝抗震动态特性试验;南京汽车厂道路模拟机随机振动控制;马鞍山钢铁公司炼铁厂大型球磨机振动故障诊断。

DTAS 动态测试分析系统已通过中国计量科学研究院和国防科工委第一计量测试研究中心检测,全部技术指标达到“动态信号分析仪”和“随机振动试验系统”的国家计量检定规程中高级档要求。

系统中有关软件及硬件已通过部、省级鉴定,分别获得部、省级科技进步一等奖、二等奖和国家科技进步三等奖。