

基于 Matlab 的汽车音响抗干扰滤波设计

王荣海

(绵阳职业技术学院 信息工程系, 四川 绵阳 621000)

摘要:针对汽车音响的干扰问题,提出了一种抗干扰滤波器的设计方法,通过对汽车怠速异响噪声特性的分析和滤波设计,有效地消除了噪声信号对音响系统的干扰,保证了良好地聆听效果,仿真结果证明了该方法的有效性。

关键词:汽车音响; Simulink; 滤波器; FDATool; Matlab

中图分类号: TP273

文献标识码: A

文章编号: 1006-0707(2013)10-0083-03

Design of Filter in Auto Audio Based on Matlab for Anti-interference

WANG Rong-hai

(Department of Information Engineering, Mianyang Vocational and Technical College, Mianyang 621000, China)

Abstract: Auto audio system works in the complex electronic environment of automotive body, and various interference signals seriously affect normal working of auto system and actual application effect, so it is necessary to suppress and eliminate interference signal. Digital filter as an effective technology has been widely applied in many fields such as automotive electronics, communication and automatic control, and it is important part of electronic information technology. This paper discusses the anti-interference problem of auto audio system, and designs the filter used in auto audio system by Matlab tool. The simulation results show the effectiveness of the method.

Key words: auto audio; Simulink; filter; FDATool; Matlab

随着人们生活水平的提高和改善,汽车越来越多地进入大众的日常生活中,同时汽车音响系统的运用与普及,也使得汽车在交通代步这一基本功能基础上得以扩充,成为了移动中的影音娱乐厅,带给人们更多的生活情趣和享受,而随着我国汽车产业的兴起,汽车多媒体技术也迅猛地发展起来^[1]。目前,汽车音响正处于中国经济良性健康发展和中国汽车工业快速发展的好时期^[2]。

汽车音响系统运行于汽车车体复杂电子的环境中,汽车发动机的干扰,汽车电线束的电磁感应等都会严重影响音响系统的正常工作和实际使用效果,因此在汽车音响系统设计和改装过程中,需要对各种干扰信号进行有效地消除和抑制。

数字滤波技术将是滤除噪声的有效手段,是电子信息技术的重要组成部分。在汽车电子线路、通信、语言声学等领域广泛应用^[3],本文对汽车音响抗干扰技术进行了探讨,重

点介绍了数字滤波在汽车音响抗干扰技术中的应用,并利用计算机仿真技术和 Matlab 工具^[4]进行了汽车音响系统的滤波器设计,仿真结果证明了该方法的有效性。

1 干扰分析及参数设计

1.1 汽车干扰分析

汽车音响系统在使用过程以及升级改造过程中,常会因为电磁干扰以及各种不可预测噪声的产生^[5,6],使实际听音效果下降,音质变差,无法正常收听甚至是造成电子线路的损坏。

产生干扰的原因很多,从干扰来源的角度来讲,通常车内噪声源包括进排气系统噪声、传动系统噪声、发动机噪声、冷却系统噪声、空压机和附属设备噪声等。

从噪声侵入主系统的途径来讲,汽车噪声有以下几种

类型:

1) 汽车中的干扰信号通过电源系统线路,如音响主机以及功放电源线路等进入音响主系统所引发的干扰,即线路侵入型。

2) 由于电磁感应作用,干扰信号通过汽车中各种类型线束混入主系统,从而产生干扰,即电磁感应型。

3) 汽车中其他电子系统和设备的运行,对音响系统所造成的直接干扰,即直接干扰型。

运用频谱分析法、传递路径分析法、声强成像方法和声全息法等,可根据干扰的不同来源、构成与途径,对汽车噪声特性及构成进行分析,并采取相应的处理措施。

对于汽车线路中的干扰信号,可加接用于抑制干扰的隔离电阻,从而减弱和消除外加电流所带来的干扰;同时也可以考虑在线路中加接旁路电容,用于干扰信号的抑制,从而达到抗干扰的目的。如果在音响系统线路中利用滤波器进行干扰信号的滤除,则可以获得更优异的抗干扰效果。

以某型汽车为例,该型汽车经实际测量发现其怠速异响噪声的主要频率范围为 210 ~ 400 Hz,这一频段的噪声接近音乐中入声的频率范围,对汽车音响聆听效果构成干扰和影响,破坏良好声场环境的形成,现拟设计一个滤波器,对该频段的噪声进行处理。

1.2 抗干扰滤波参数设计

对于音响系统而言,还原完美的声场效果非常重要,而汽车内的音乐聆听环境非常不规则,不同角度的喇叭安置位置所产生的不同相位和时延会影响声场的还原和缔造,在选择滤波器设计方法时,为了尽可能地降低对原音场的破坏,选择 FIR 型滤波器,从而设计出相位线性的滤波器。

为了在指标相同情况下,得到最少的滤波器阶数,同时通带最大衰减最小,阻带最小衰减最大,确定选用的滤波方法为等波纹最佳逼近设计法。

综上所述,考虑各方面的因素,滤波设计参数设定如下:滤波器类型:FIR 型带阻滤波器;滤波器设计方法:equiripple;采样频率(F_s):4 kHz;通带下限截止频率:210 Hz;下阻带截止频率:220 Hz;上阻带截止频率:390 Hz;通带上限截止频率:400 Hz;通带最大衰减:1 dB;阻带最小衰减:80 dB。

2 数字滤波器

数字滤波器是数字信号处理的关键部分之一,被广泛应用于雷达信号处理、数字通信等领域的各个环节中^[7]。总体来讲,数字滤波器分为有限冲激响应滤波器(FIR)和无限冲激响应滤波器(IIR)两大类。

2.1 FIR 滤波器

FIR (finite impulse response) 滤波器即有限长单位冲激响应滤波器^[8],是数字信号处理系统中一种重要的应用,这种滤波器的特点是在保证任意幅频特性的同时又具有严格的线性相频特性,而其单位抽样响应为有限长,因此它在任何情况下都为稳定系统。因为具备这些特性,FIR 滤波器在电子通信、语音处理、图像处理和模式识别等各个领域都有着

广泛的应用。

FIR 滤波器对应的差分方程为

$$y(n) = \sum_{i=0}^{N-1} b_i x(n-i), n \geq 0 \quad (1)$$

经 Z 变换后,FIR 滤波器的传递函数为

$$H(z) = \frac{Y(z)}{X(z)} = \sum_{i=0}^{N-1} b_i z^{-i} \quad (2)$$

FIR 滤波器的结构框图如图 1 所示。

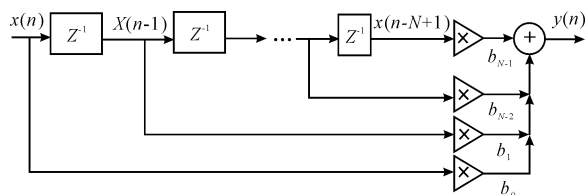


图 1 FIR 滤波器结构框图

2.2 滤波器设计步骤

一般来说,滤波器的设计要经过确定指标、逼近和仿真实现等几个步骤^[9]。

1) 确定指标。设计滤波器的第一步是根据实际工程需要确定滤波器的技术指标。在很多应用中,数字滤波器常用来实现选频操作,因此滤波器的指标形式一般是在频域中给出幅度和相位响应。

2) 逼近。技术指标确定后,就可以建立目标的数字滤波器模型,采用数字滤波器的设计方法,设计出实际滤波器模型来逼近所给定的指标。

3) 计算机仿真和性能分析。经过以上 2 步,通过计算机仿真设计软件,可得到以差分方程、系统函数或脉冲响应描述的滤波器,根据此描述分析频率特性和相位特性,验证设计结果是否满足指标要求。

3 滤波器设计

3.1 FDATool 设计滤波器

在 Matlab 命令窗中输入 fdatool 命令调出 Filter Design & Analyze Tool 工具箱,其设计特性如图 2 所示,再按设计要求对各项参数进行设置,设计完成后查看各项性能指标,并进行对应的分析。

经处理以后,系统生成对应的滤波器,其对应的幅频和相频曲线如图 3 所示。

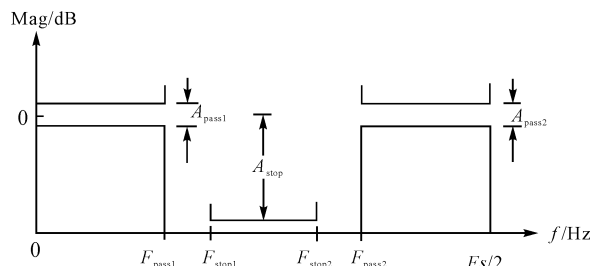


图 2 FDATool 工具箱滤波器特性

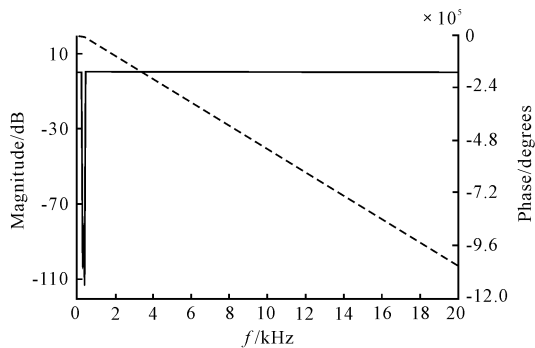


图3 滤波器幅/相频特性曲线

3.2 系统 Simulink 仿真与分析

进入 Matlab 的 Simulink 仿真环境,将已设计好的滤波器文件导入 Digital Filter Design 中,建立仿真测试平台,如图 4 所示。

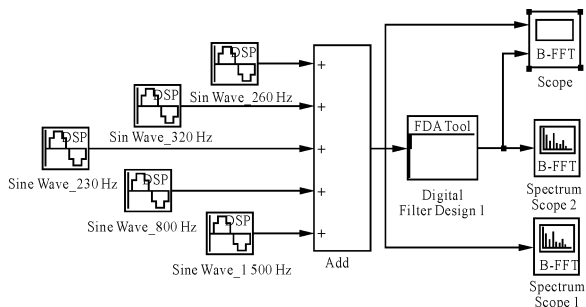


图4 Simulink 滤波器测试系统结构

滤波器测试信号由正弦波信号复合而成,包含 230 Hz, 260 Hz, 320 Hz, 800 Hz 和 1 500 Hz 等不同频率,测试信号通过 Digital Filter Design 的滤波器,在输出端,为了显示和对比滤波前后的不同,连接上了双通道的滤波器和频谱仪。

图 5 和图 6 分别显示了测试信号的时域信号波形以及对应的频谱,通过观察此信号经过滤波处理后的变化,可以得到滤波器的设计效果。

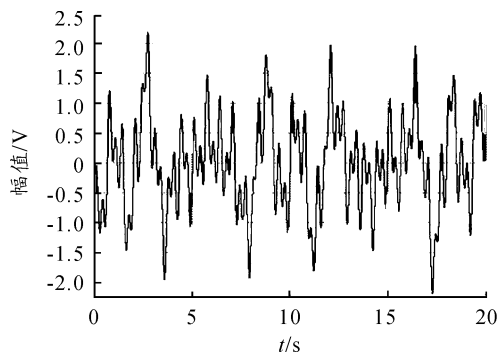


图5 测试信号波形

图 7 和图 8 分别显示了滤波输出信号的时域信号波形以及对应的频谱,与测试信号的时域波形和频谱进行对比,可以看到频率分别为 230 Hz、260 Hz 和 320 Hz 的信号被滤

波器滤除,而 800 Hz 和 1 500 Hz 的信号得以保留,所设计的滤波器效果良好。

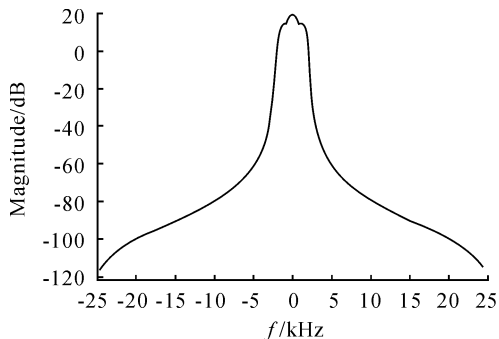


图6 测试信号频谱

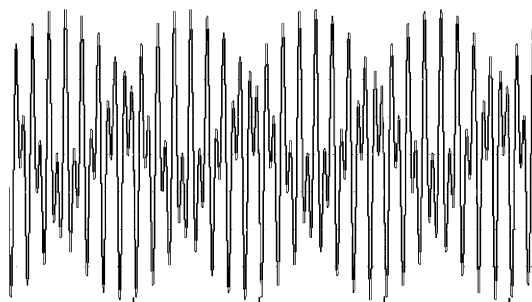


图7 滤波输出信号波形

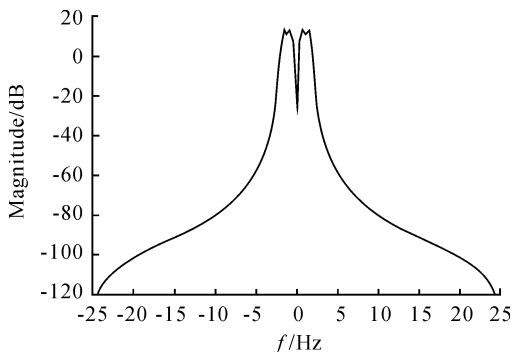


图8 滤波输出信号频谱

4 结束语

随着电子技术的应用与发展,汽车已经不只是一种代步工具,更是人们生活和工作范围的延伸。汽车音响系统作为汽车功能的一种重要的扩展,已经越来越广泛地得以应用。对于汽车音响系统而言,抗干扰技术的有效应用非常重要,本文介绍了一种抗干扰滤波器的设计方法,通过对汽车怠速异响噪声特性的分析和滤波设计,有效地消除了噪声信号对音响系统的干扰,保证了良好地聆听效果,仿真结果证明了该方法的有效性。

(下转第 101 页)