

文章编号: 1672-6413(2008)02-0083-02

基于MATLAB 的汽车振动系统仿真

张春红

(上海师范大学 机械电子工程学院, 上海 200234)

摘要: 建立了汽车的振动模型, 应用MATLAB 中的Simulink, 分析了某国产汽车系统的隔振效果, 对汽车的设计具有一定的参考作用。

关键词: Simulink; 汽车振动模型; 仿真

中图分类号: U 461.4 TB391.9

文献标识码: A

0 引言

汽车的隔振效果在很大程度上取决于汽车振动系统参数的选择, 合理确定汽车系统各个参数对汽车振动的影响, 对汽车的设计制造是很有必要的。

1 路面模型

汽车行驶过程中, 不同等级的路面以及不同的行驶速度, 路面的不平度激励是不同的。路面模型是路面不平度激励随路面等级及汽车行驶速度变化的数学描述。前轮所受到的路面随机激励数学模型为:

$$\dot{q}_f(t) + \alpha v q_f(t) = w(t) \quad (1)$$

其中: v 为汽车行驶速度; α 为与路面等级相关的路面常数, 对于 B 级路面取 $\alpha = 0.130 \text{ s/m}$; $q_f(t)$ 为前轮激励高程时间样本; $w(t)$ 为零均值白噪声随机信号, 其协方差满足:

$$E[w(t)w(\tau)] = 2\alpha v \rho^2 \delta(t - \tau) \quad (2)$$

其中: $\delta(t - \tau)$ 是一个位于 $t = \tau$ 点的单位冲击信号, $\delta(t - \tau) = \begin{cases} 1 & t = \tau \\ 0 & t \neq \tau \end{cases}$; $w(\tau)$ 为 τ 时刻随机信号; ρ 为由路面不平度功率谱密度决定的常数, 对于 B 级路面取 $\rho = 0.003 \text{ m}$ 。

后轮所受路面的随机激励满足如下关系^[1]:

$$\dot{q}_r(t) = -\frac{2v}{a+b} q_r(t) + \left(\frac{2v}{a+b} + \alpha v \right) q_f(t) - w(t) \quad (3)$$

其中: a 为前车轮中心到簧载质量质心的距离; b 为后车轮中心到簧载质量质心的距离; $q_r(t)$ 为后轮激励高程时间样本。

2 汽车振动模型

图 1 为 4 自由度汽车振动系统力学模型, 由此可

得到下面的 4 个微分方程:

$$m_1 \ddot{y}_1 = -K_{t1}(y_1 - q_f) + K_1(y_3 - a\theta - y_1) + C_1(\dot{y}_3 - a\dot{\theta} - \dot{y}_1) \quad (4)$$

$$m_2 \ddot{y}_2 = -K_{t2}(y_2 - q_r) + K_2(y_3 + b\theta - y_2) + C_2(\dot{y}_3 + b\dot{\theta} - \dot{y}_2) \quad (5)$$

$$M \ddot{y}_3 = -K_2(y_3 - y_2 + b\theta) - C_2(\dot{y}_3 - \dot{y}_2 + b\dot{\theta}) - K_1(y_3 - a\theta - y_1) - C_1(\dot{y}_3 - a\dot{\theta} - \dot{y}_1) \quad (6)$$

$$J \ddot{\theta} = aK_1(y_3 - a\theta - y_1) + aC_1(\dot{y}_3 - a\dot{\theta} - \dot{y}_1) - bK_2(y_3 + b\theta - y_2) - bC_2(\dot{y}_3 + b\dot{\theta} - \dot{y}_2) \quad (7)$$

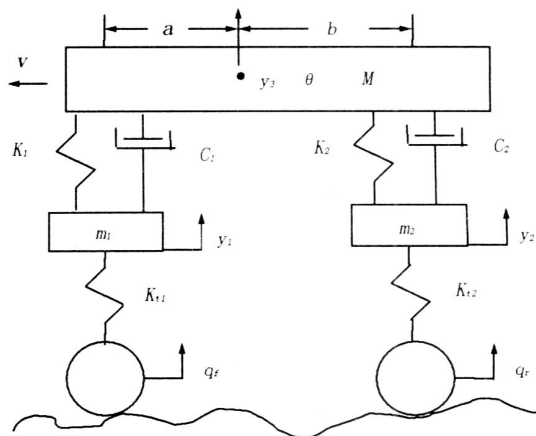


图 1 4 自由度汽车振动系统力学模型

其中: M 为汽车簧载质量; m_1 、 m_2 分别为前、后轴非簧载质量; K_1 、 K_2 分别为前、后悬架等效刚度; C_1 、 C_2 分别为前、后减振器等效阻尼系数; K_{t1} 、 K_{t2} 分别为

前、后轮胎等效刚度; J 为簧载质量绕质心转动惯量; y_1 、 y_2 分别为前、后轴非簧载质心位移; y_3 为簧载质心位移; θ 为簧载质量转角。

3 MATLAB 仿真

表1为某国产轿车的整车技术参数, 利用仿真工具箱(Simulink), 得到在该系统参数和路面激励下簧载质量转角和簧载质心位移的输出曲线, 见图2、图3。

表1 某国产轿车的整车技术参数

参数	数值	参数	数值
M (kg)	975.37	C_1 (N·s/m)	2546.5
m_1 (kg)	98	C_2 (N·s/m)	2480.6
m_2 (kg)	98	K_H (N/m)	604685.4
K_1 (N/m)	45482.2	K_2 (N/m)	985865
K_2 (N/m)	52288.2	a (m)	1.1135
b (m)	1.5415	J (Kg·m ²)	863.2

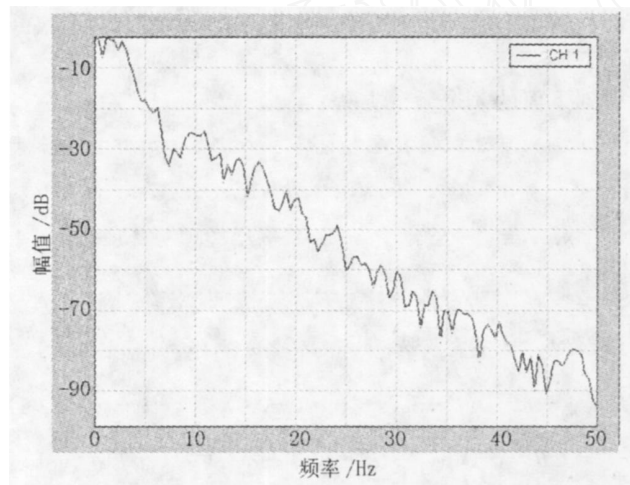


图2 簧载质量转角的频率-幅值输出曲线

由于人体的共振峰值一般处于4Hz~6Hz频率区间, 人体对在4Hz~8Hz的垂直振动是最敏感的。从图2、图3中可知, 当振动频率为5Hz时, 幅值接近-20dB, 也就是说, 当振动频率为5Hz时, 隔振效果达到了90%。

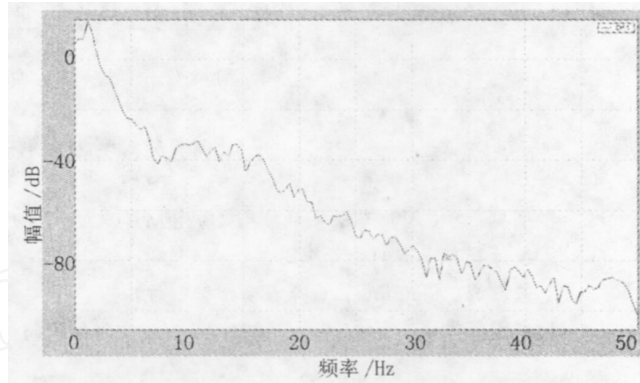


图3 簧载质心位移的频率-幅值输出曲线

4 结论

通过MATLAB的Simulink仿真, 可以看到这款国产轿车的振动系统参数可以达到良好的隔振效果。在进行振动系统设计时, 可以通过选择合理的振动系统参数, 在一定程度上提高汽车的舒适性。

参考文献:

- [1] 檀瑞华, 陈鹰, 姚东方, 等. 路面随机激励下的汽车振动仿真[J]. 振动、测试与诊断, 2000, 20(2): 119-122
- [2] 李向华. 应用矩阵实验室(MATLAB)软件进行汽车振动非线性仿真[J]. 湖北汽车, 2002(3): 17-20
- [3] 王仲范, 李向华. 汽车振动参数灵敏度的分析[J]. 湖北汽车, 2002(1): 32-36

Study on Automobile Vibration System Based on MATLAB

ZHANG Chun-hong

(College of Mechanical & Electronic Engineering, Shanghai Normal University, Shanghai 200234, China)

Abstract: Automobile vibration model has been set up with Simulink in MATLAB in the article. Taking a car made in China as example, this article has studied the effect of vibration isolation, which should have a certain reference for the design of automobile.

Key words: Simulink; automobile vibration model; simulation

(上接第82页)

参考文献:

- [1] 陈立平, 张云清, 任立群, 等. 机械系统动力学分析及ADAMS应用教程[M]. 北京: 清华大学出版社, 2005
- [2] 张曙, U Heisel. 并联运动机床[M]. 北京: 机械工业出版社, 2003
- [3] 高猛, 李铁民, 郑浩峻, 等. 并联机床铰链制造误差的补偿[J]. 清华大学学报(自然科学版), 2003, 43(5): 617-620

Effect of Hooke's Joint Error on the Position of Working Platform of Parallel Machine Tool

GUO Dong-ming, HOU Shou-quan, BAI Jing, LI Jian-hua, GAO Shu-hua, WANG Bo

(College of Mechanical Engineering, Inner Mongolia University of Technology, Huhhot 010051, China)

Abstract: Based on the virtual prototype, the effect of Hooke's Joint error on the position of working platform of parallel machine tool is analyzed in the paper. The study is about two conditions, one kind of situation has the error in one direction, another kind of situation has the error in three directions.

Key words: parallel machine tool; Hooke's Joint; error analysis