

文章编号:1000-582X(2005)01-0090-03

基于电惯量的汽车惯性式制动试验系统的设计*

盛朝强, 谢昭莉

(重庆大学 自动化学院, 重庆 400030)

摘要:传统的汽车惯性式制动试验系统采用机械惯量盘模拟汽车运动惯量,这种系统体积大、惯量调整困难、自动化程度不高,针对这些问题,提出了基于电惯量的汽车惯性式制动试验系统的设计思想。该设计通过对机械惯量数学模型的分析,提出了用控制算法控制电动机,使它的输出惯量能模拟机械式惯量盘的惯量,即用“电惯量”代替“机械惯量”。文中用 MATLAB 软件对系统性能进行了仿真研究并作了可行性的分析,研究结果表明设计是可行的。

关键词:惯性式制动试验系统;机械惯量;电惯量

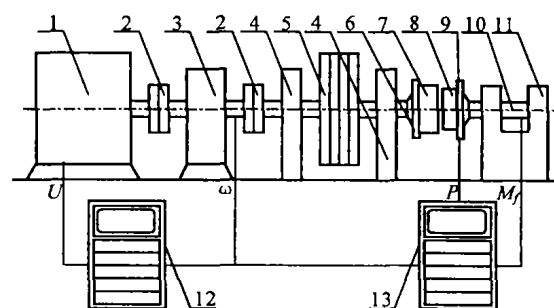
中图分类号:TP276

文献标识码:A

制动系统是汽车的重要系统,为了保障汽车的行车安全,各国都在汽车的制动性能、结构和试验评价方法方面制定了相应的法规和标准。目前,国内外的制动试验系统普遍采用机械方式,用大型惯量盘的旋转惯量模拟汽车直线运动的惯量。这种大型惯量盘制造费用高,不仅安装、调整不方便,而且调整惯量也不连续。针对该问题,提出了基于电惯量的汽车惯性式制动试验系统的设计思想,其关键点是用电动机按照一定的控制算法输出力矩和转速来模拟机械惯量,即用“电惯量”代替“机械惯量”,这样不仅设备占地少,投资少,而且调试方便,能连续调整。但该方案,硬件投资大,控制复杂,为减小投资风险,在实际研发前利用仿真技术对方案进行可行性分析和研究是十分必要的。

1 机械惯性式制动器试验系统数学模型

图1为机械惯性式制动试验系统结构图^[1],该系统主要由可调速电动机、电动机调速系统、惯量盘、制动器及制动器试验控制系统组成。由电动机调速系统控制电动机带动惯量盘转动,当惯量盘的转速到达设定值时就切断电动机电源,然后由制动器试验控制系统控制制动器对惯量盘进行制动。



1—可调速电机;2—联轴节;3—减速箱;4—支承座;5—惯量盘;6—主动轴法兰;7—试件(制动鼓);8—试件(制动蹄);9—从动轴法兰;10—从动轴;11—从动轴座;12—电动机调速系统;13—制动器试验系统

图1 机械惯性式制动器试验系统结构图

根据机械动力学原理,可建立如下力矩平衡方程式^[2]:

$$M(t) - M_f(t) - f\omega = J \frac{d\omega}{dt} \quad (1)$$

式中: $M(t)$ 为电动机输出力矩, $M_f(t)$ 为制动器的制动力矩, f 为粘性摩擦系数, ω 为转速, J 为旋转物体的转动惯量。

由于制动器的制动试验是在无动力条件下完成的,即当转速到达一定值 ω_0 后,切断电动机电源,此时

* 收稿日期:2004-08-04

基金项目:重庆市应用基础项目研究资助项目(7994-1);重庆大学骨干教师资助(2003A31)

作者简介:盛朝强(1963-),男,重庆人,重庆大学教师,硕士。研究方向:汽车配件试验台研究开发、汽车电子产品研究开发。

相当于电动机输出力矩 $M(t)$ 为零;另外在制动阶段,机械系统转动摩擦力矩相对于制动力矩小得多,可以忽略不计。在上述条件下,可得机械惯性式制动器试验系统的数学模型如下:

$$J \frac{d\omega}{dt} + M_f(t) = 0 \quad (2)$$

根据标准 QC/T479-1999《货车、客车制动器台架试验方法》和标准 QC/T564-1999《轿车制动器台架试验方法》的要求,归纳起来,制动器台架试验可分解为两类试验:

试验 1:恒制动力矩试验:设初始速度为 ω_0 ,制动器试验系统通过调节制动管压 P 使制动力矩 $M_f(t)$ 为常量 M_f ,即:

$$\frac{d\omega}{dt} = -\frac{M_f}{J} \quad (3)$$

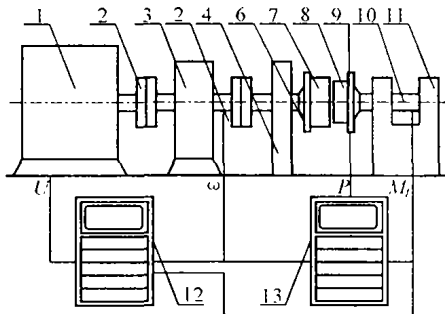
试验 2:恒减速度试验:设初始速度为 ω_0 ,制动器试验系统通过调节制动管压 P 使减速度为常量 C ,即:

$$\frac{d\omega}{dt} = -C \quad (4)$$

由式(3)(4)可以看出:试验 1 和试验 2 除被控制量不同以外,其数学本质是相同的,即通过制动器试验系统控制制动器使惯量盘的减速度保持不变,为此,只讨论试验 1 的情况。

2 电惯量制动器试验系统的分析

图 2 为电惯量制动器试验系统结构图,与图 1 比较可以看出,电惯量制动器试验系统和机械惯性式制动器试验系统的主要区别是:电惯量制动器试验系统取掉体积庞大的机械惯量盘;电动机在电惯量模拟控制系统的控制下模拟机械惯量盘。图 3 给出了电惯量模拟控制系统的控制方框图。



1—可调速电机;2—联轴节;3—减速箱;4—支承座;
6—主动轴法兰;7—试件(制动鼓);8—试件(制动蹄);9—从动轴法兰;10—从动轴;11—从动轴座;
12—电惯量模拟控制系统;13—制动器试验控制系统

图 2 电惯量制动器试验系统结构图

从图 3 中可以看出,制动力矩 $M_f(t)$ 经电惯量模

型运算后得到电惯量模拟转速 ω_d ,它和电动机实际转速 ω 的差经电惯量控制器处理后得到电机的控制信号 U ,它控制电机模拟机械惯量盘。

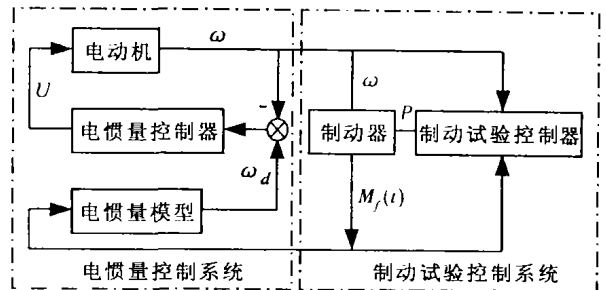


图 3 电惯量模拟制动系统控制方框图

2.1 电惯量的数学模型

将机械惯量盘的数学模型(2)作为目标模型,并进行拉氏变换可得电惯量的输入输出模型:

$$\omega_d(s) = -\frac{1}{J}M_f(s) \quad (5)$$

其中: $\omega_d(s)$ ——电惯量模拟转速; $M_f(s)$ ——制动力矩

2.2 电惯量模拟控制系统的控制策略及算法

无论是经典控制理论,还是现代控制理论,研究的主要目标是被控对象,即一旦对象的精确数学模型或合适的简化模型得以建立,系统的控制问题便可以迎刃而解。

在实际应用中,要精确了解电动机及控制器等被控对象的数学模型非常困难,由于被试产品的不确定性,因此,基于数学模型的控制算法就不适用。针对被控对象的这一特点,本系统引用了改进的仿人智能控制算法^[3-5]:

$$U_n = \begin{cases} |U_{\max}| & |e| \geq M \\ U_{0(n-1)} + K_p e_n & |e| < M \text{ and } e \cdot \dot{e} > 0 \text{ or } \dot{e} = 0, e \neq 0 \\ U_{0n} = kK_p \sum_{i=1}^n e_{ni} & |e| < M \text{ and } e \cdot \dot{e} < 0 \text{ or } e = 0 \end{cases}$$

其中: K_p ——比例增益系数; k ——抑制系数; M ——Bang - Bang 控制误差限; U_n ——第 n 步控制输出; e_n ——第 n 步误差; e_{ni} ——第 i 次误差极值。

仿人智能控制以人对控制对象的观察、记忆、决策等智能行为为基础,根据系统偏差 e 及偏差的变化趋势 \dot{e} 来确定控制策略。当系统误差增大($e \cdot \dot{e} > 0$)或保持不变($\dot{e} = 0, e \neq 0$),仿人智能控制采取闭环比例控制,使系统误差停止增加;当系统误差减小($e \cdot \dot{e} < 0$)或为零($e = 0$),仿人智能控制采取开环保持控制,并不断累积系统误差极值,修改保持控制值,调节控制量,使系统误差保持在允许范围;当系统误差大于设定误差限($|e| \geq M$),仿人智能控制采取开环 Bang - Bang 控制,使系统误差迅速减小。

从以上算法分析可以看出:仿人智能控制研究的主要目标是控制器本身如何模仿人脑的结构和行为功能,即建立控制器的知识模型,通过控制器自身的智能行为去对付对象及其环境的各种变化,而不必考虑对象数学模型的建立。

3 仿真研究

以中国一汽-大众汽车有限公司生产的 BORA 轿车为例,有关技术参数如下:

轴距:2 513 mm

空车质量:1 310 kg

满载质量:1 860 kg

轮胎型号:195/65 R15 91 V

在初始速度 50 km/h 下进行制动,根据文献[1]的有关公式可计算出:

汽车等效惯量: $J = 20 \text{ kg} \cdot \text{ms}^2$

初始角速度: $\omega_0 = 44 \text{ rad/s}$

制动力矩: $M_f = 180 \text{ kg} \cdot \text{m}$

为方便研究,取电动机数学模型参数为:

$$\frac{\omega(s)}{U(s)} = \frac{1}{s + 5.2} \quad (6)$$

控制器参数取:

$K_p = 100, k = 0.02, +U_{\text{MAX}} = 380, -U_{\text{MAX}} = 0, M = 0.04$ 。

利用 Mathworks 软件公司开发的数值计算工具 MATLAB^[6]对图 3 的基于电惯量的汽车惯性式制动试验系统进行了仿真,仿真结果如图 4~图 6 所示,其中横坐标是时间,纵坐标是角速度。

图 4 为惯性式制动试验系统恒制动力矩试验机械惯量盘输出曲线,作为电惯量的目标模型,它实际上是一条在恒定制动力矩作用下的恒减速度曲线。

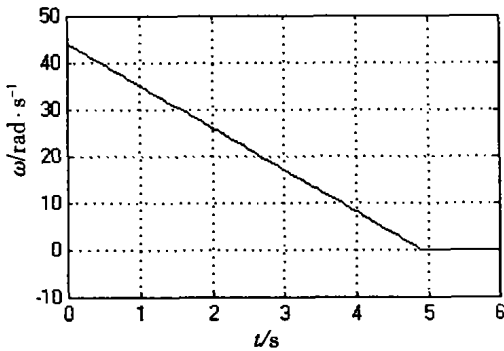


图 4 机械惯量盘输出曲线

图 5 为电动机模拟惯量盘制动试验系统恒制动力矩试验的电惯量输出曲线,其中电惯量控制器利用仿人智能控制算法,和图 4 比较可以看出,电惯量很准确地模拟了机械惯量,完全可以替代机械惯量。

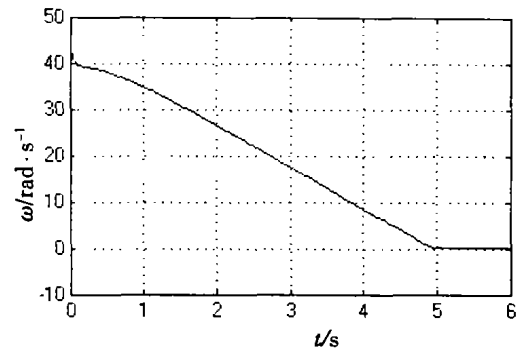


图 5 电惯量输出曲线

图 6 为在电惯量控制器输出叠加了最大幅值为 100,采样时间为 0.1 s 的随机干扰时的电动机模拟惯量盘制动试验系统恒制动力矩试验的电惯量输出曲线,从仿真曲线可以看出电惯量控制系统不仅能模拟机械惯量,还能有效抑制控制系统环内的干扰。

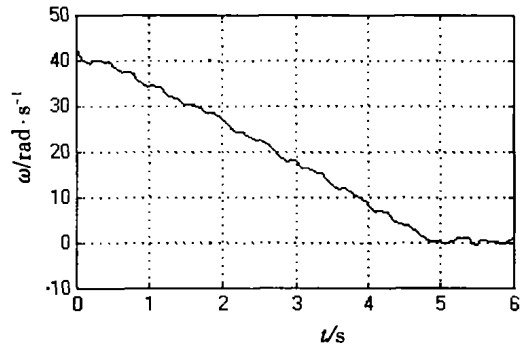


图 6 电惯量抗干扰输出曲线

4 结论

- 1) 用电动机可以模拟惯量盘,用“电惯量”代替“机械惯量”这个思路是可行的。
- 2) 仿真显示电惯量控制器系统采用先进的仿人智能控制算法具有较强适应性和抗干扰能力。
- 3) 研制出成本低,控制精度高,自动化水平高,占地少的汽车惯性式制动器试验台是可能的,这将提高我国的汽车制动器试验的水平。

参考文献:

- [1] 谢昭莉. 基于仿人智能控制的汽车制动器测试系统的设计与研究[D]. 重庆:重庆大学,2001.
- [2] 杨长能. 电机学[M]. 重庆:重庆大学出版社,1994.
- [3] 杨志,李太福,盛朝强,等. 基于仿人智能的复杂关联系统控制[J]. 重庆大学学报(自然科学版),2002,25(7):9-11.
- [4] 李祖枢,涂亚庆. 仿人智能控制[M]. 北京:国防工业出版社,2003.
- [5] 李士勇. 模糊控制、神经控制和智能控制论[M]. 哈尔滨:哈尔滨工业大学出版社,1997.
- [6] 薛定宇. 控制系统计算机辅助设计—MATLAB 语言及应用[M]. 北京:清华大学出版社,1996.

Income Smoothing Incentives from Voluntary Accounting Changes

LIU Bin, XU Jia, LIU Ren

(Department of Accountancy, College of Economics and Business Administration Chongqing University,
Chongqing 400030, China)

Abstract: 160 listed companies which had income smoothing with voluntary accounting policy changes during 1998 - 2002 were chosen as sample. The authors studied on the incentives of the income smoothing of listed companies by the paired match of sample firms and the control sample firms, and then through the mean test, Wilcoxon sign rank test and Logistic regression models. The results show that the income smoothing has a positive correlation with the firm size, price restriction and compensation contracts. It is also characterized by income increase.

Key words: voluntary accounting changes; income smoothing; incentives

(编辑 刘道芬)

(上接第 92 页)

Design of Automobile-inertia-brake-testing-system Based on Electrical-inertia

SHENG Chao-qiang, XIE Zhao-li

(College of Automation, Chongqing University, Chongqing 400030, China)

Abstract: The traditional Automobile-inertia -brake-testing-system adopts the Mechanical Inertia pan to imitate automobile the Moving Inertia. This kind of system volume is bigger than new one, more difficult in inertia adjusting, and lower in automation degree. Aiming at the problems, this paper puts forward the innovative design of Automobile-inertia-brake-testing-system based on electrical inertia. The mathematic model of the Mechanical Inertia is analyzed. To use the algorithm to control motor, the authors make the output inertia generated by the controlled motor can imitate the Mechanical Inertia, then apply electrical inertia to replace Mechanical Inertia. The simulation result shows that the design idea is correct and feasible, stronger in system robustness, lower in cost, more accurate in control quality, and higher in automation level.

Key words: inertia-brake-testing-system; mechanical inertia; electrical Inertia

(编辑 吕赛英)