

[文章编号] 1671-802X(2006)04-0091-02

汽车主动悬架控制技术的发展

应艳杰, 陈家玮

(浙江万里学院电信学院, 浙江 宁波 315100)

[摘要] 本文综述了主动悬架发展,着重论述了各种控制方法在汽车主动悬架控制中的应用,探讨了在汽车主动悬架发展中所面临的问题以及汽车悬架控制的发展方向。

[关键词] 主动悬架;控制理论;综述

[中图分类号] TP13;U461

[文献标识码] B

·1 汽车悬架系统发展概况

悬架是车架与车桥之间一切传力装置的总称,它的主要功用是传递作用在车轮和车架之间的力和力矩,缓冲由不平路面传给车架或车身的冲击力,并衰减由此引起的振动,以保证汽车能平顺行驶。

衡量悬架性能好坏的主要指标是汽车行驶的平顺性(即乘坐舒适性, Ride Comfort)和操纵稳定性(Handling Stability),但这两个方面是相互排斥的性能要求。由于被动悬架的刚度和阻尼系数是固定的,无法根据不同的使用要求自适应地改变,在结构设计上只能是满足平顺性和操纵稳定性之间矛盾的折衷。

为克服这个缺陷,国外在五十年代提出了主动悬架(Active Suspension)的概念^[1]。主动悬架的特点是能根据外界输入或车辆本身状态的变化进行动态自适应调节。主动悬架包控制单元和力发生器,力发生器的作用下使悬架的特性得到控制,如同改变了悬架的刚度和阻尼系数,其中最关键的是控制算法的优劣。

·2 常见的主动悬架控制方法

·2.1 最优控制

最优控制是通过建立系统的状态方程,提出控制目标和加权系数,再应用控制理论求解所设目标下的最优控制规律。应用于悬架控制的最优控制方法主要有线性最优控制(Linear Optimal Control)、 H_∞ 最优控制和最优预见控制(Preview Control)等三种。线性最优控制是建立在系统较为理想模型基础上,采用受控对象的状态响应与控制输入的加权二次型作为性能指标,同时保证受控结构动态稳定性条件下实现最优控制。常见的是把LQ(Linear Quadratic 线性二次型)控制理论和LQG(Linear Quadratic Gaussian 线性二次高斯型)控制理论应用于车辆悬架系统实现最优控制^[2,3]。控制是设计控制器在保证闭环系统各回路稳定的条件下,使相对于噪声干扰的输出取极小的一种最优控制法,利用该理论设计的控制器具有很强的鲁棒性,因此对于汽车悬架这样一个复杂系统来说具有很大的优势,但是利用该方法设计控制器具有一定的保守性^[4,5]。预见控制是在考虑了车轮处路面激励相关性基础上的最优控制。它利用超声波传感器将车辆前方路面谱特性信息预先传给悬架系统,使参数的调节与实际需要同步。一般预测的距离是一定的,因此预测提前时间取决于车速,这样必然具有时变性。目前预见控制仍以线性时不变系统为对象,而车辆参数的时变性和非线性对系统性能的影响,还未见文献加以研究^[6,7]。

·2.2 自适应控制

目前理论上比较成熟,应用上比较广泛的自适应控制系统有两种。一种是模型参考自适应系统,另一种是自校正系统。前者由参考模型,实际对象,减法器,调节器和自适应机构组成。后者主要由两部分组成,一个是参数估计器,另一个是控制器。参数估计器得到控制器的参数修正值,控制器计算控制动作^[8]。

应用于车辆悬架振动控制的自适应控制方法主要有自校正控制和模型参考自适应控制两类控制策略。自校正控制是一种将受控对象参数在线识别与控制器参数整定相结合的控制方法,如文献^[9]。模型参考自适应控制的原理是当外界激励条件和车辆自身参数状态发生变化时,被控车辆的振动输出仍能跟踪所选定的理想参考模型,如文献^[10]。

·2.3 模糊控制和神经网络控制

自90年代以来,模糊控制方法被应用在车辆悬架系统中^[11]。^[12]神经网络是一个由大量处理单元(神经元)所组成的高度并行的非线性动力系统,其特点是可学习性和巨量并行性,故在车辆悬架振动控制中有广泛的应用前景。文献^[13]是把神经网络控制方法用于非线性悬架动力系统的识别和实施最优控制。研究表明用神经网络控制的非线性悬架系统,和用传统的LQ调节器控制的悬架相比具有更好的性能。还可以应用神经网络理论设计车辆主动悬架系统的动力补偿型控制器^[14]。

本文采用模糊系统和神经网络融合的方法研究车辆悬架半主动振动控制系统^[15]。该文把两种控制规则(Karnopp 和 SM)同时导入网络,用模糊系统表示规则和知识,进行1/4车辆模型的半主动悬架系统振动分析,以车身垂直振动加速度和其变化率(Jerk)组合的评价函数(EV)最小为目标,优化层间权重的学习算法决策控制量。该文的学习算法尚有较大的改进余地,但已初步说明模糊神经网络型综合智能控制方法用于车辆悬架的振动控制具有强大的生命力。

·3 汽车悬架控制的发展和工作展望

车辆悬架振动控制系统的研究和开发是车辆动力学与控制领域的国际性前沿课题。随着相关学科和高新技术的迅猛发展,今后的目标逐渐转移为研究开发一类控制有效、能耗低、造价合理的车辆悬架振动控制系统。目前,由于电子与通讯技术的发展,集成控制研究逐渐兴起^[16,17],如德国博世公司以底盘为系统,将悬架作为其组成部分的集成控制器的开发,合肥工业大学陈

★[收稿日期] 2006-04-30

[作者简介] 应艳杰(1981-),安徽界首人,硕士,浙江万里学院讲师,主要研究方向为:汽车电子,现代控制理论与应用;
陈家玮(1985-),浙江宁波人,浙江万里学院电信学院本科生。

无畏老师所进行的汽车电动助力转向与主动悬架控制系统的研究等等,集成控制是未来悬架系统控制的发展方向。

[参考文献]

- [1] 王国丽等. 车辆主动悬架技术的现状和发展趋势. 兵工学报. 2000, Vol. 21(增刊), 80-83
- [2] HuHX, LohNK, CheokKC. Frequency-shaping optimal parametric LQ control with application. Signal Process and System Control Factory Automation IECON Proceedings. 1990. 142-147
- [3] Ray, Laura R. Robust linear-optimal control laws for active suspension systems. Advanced Automotive Technologies - 1991 American Society of Mechanical Engineers, Design Engineering Division, 1991, 40: 291-302
- [4] Jun Wang, David A. Wilson, George D. Halikias. Robust-Performance Control of Decoupled Active Suspension Systems Based on LMI Method. Proceedings of the American Control Conference, Arlington, 2001, VA June 25-27
- [5] 王莹, 方敏, 陈无畏. 基于4自由度的电液主动悬架控制. 汽车工程. 2004, 26(1)
- [6] 李治国, 金达锋等. 基于预测控制和频率成型性能指标的主动悬架控制策略研究. 汽车工程. 2002, 24(5)
- [7] 孙鹏远, 陈虹等. 汽车主动悬架的约束预测控制. 吉林大学学报(信息科学版). 2002, 20(2)
- [8] 喻凡, 罗哲. 车辆自适应悬架控制方法的研究. 农业工程学报. 1998, 14(3): 38-42
- [9] Vallurupalli S, Osman MOM, Dukkipatti RV. Adaptive control of an active suspension. Transportation Systems-1992, ASME, Dynamical Systems and Control Division, 1992, 44: 89-96
- [10] AlleyneA, HedrickJK. Nonlinear adaptive control of active suspensions. IEEE Transactions on Control Systems Technology, 1995, 3(1): 94-101
- [11] 陈无畏等. 基于串联型模糊神经网络的汽车半主动悬架的研究. 汽车工程. 2000, 22(2): 104-108
- [12] 陈士安等. 汽车主动悬架四自由度模糊控制系统. 汽车工程. 2001, 23(6): 375-380.
- [13] ShiotsukaT, EgamiM, NagamatsuA et al. Design and control of dynamic compensator-type controller using neural network. Transactions of the Japan Society of Mechanical Engineers, Part C, 1994, 60(572): 1296-1302
- [14] 张庙康. 车辆悬架模糊神经网络半主动振动控制系统的研究. 振动、测试与诊断, 1996, 16(2): 18-24
- [15] PalkovicsL, VenhovensPJTh. Investigation on stability and possible chaotic motions in controlled suspension system. Vehicle System Dynamics, 1992, 21(5): 269-296
- [16] Y. Ghoneim, W. Lin, et al. Integrated chassis control system to enhance vehicle stability. International Journal of Vehicle Design, 2000, 23(1/2): 124-144.
- [17] Liu Zhaodu, Liang Pengxiao, Huhai, Qi Zhiqian, Investigation of the Integrated ABS/ASR/ACC System for Road Vehicles. IPC2001E240

Vehicle active suspension technology and development

Ying Yan-jie, Chen Jia-wei

Abstract: This article provides an overview of the development on active suspension and the applications of control theories to active suspension. The problems in the development of vehicle active suspension and the future of vehicle suspension control are all discussed in this paper.

Key words: active suspension; control theory; overview

(上接第94页) 系统的功能。MCGS提供丰富的设备驱动程序通过 Active DLL 把设备驱动挂接在系统中,配置简单、速度快、可靠性高;提供强大的网络功能,可以把 TCP/IP 网、RS-485/422/423 网、Modem 网结合在一起构成大型的监控系统和管理系统;提供开放的 OLE 接口,允许用户使用 VB 来快速编制各种设备驱动构件、动画构件和各种策略构件,通过 OLE 接口,用户可以方便地定制自己特定的系统。

3. 组态软件的发展方向

目前看到的所有组态软件都能完成类似的功能,随着计算机技术、网络技术的飞速发展,组态软件必将得到快速的发展。

(1) 组态软件也出现了分布式、网络化的趋势,比如组态软件直接支持 Internet 远程访问功能已成为一个基本要求。

(2) 随着以工业 PC 为核心的自动控制集成系统技术的日趋完善和工程技术人员的使用组态软件水平的不断提高,用户对组态软件的要求已不像过去那样主要侧重于画面,而是要考虑一些实质性的应用功能,如软件 PLC、先进过程控制策略等。

(3) 组态软件向小型化发展主要是满足嵌入式计算机在控制系统中的应用。应该注意的是,组态软件的小型化并意味其功能的弱化,这对组态软件的开发提出了更高的要求。

(4) 组态软件与管理信息系统或领导信息系统的集成必将更加紧密,并很可能以实现数据分析与决策功能的模块形式在组态软件中出现。

4. 结束语

经过近20年的发展,未来的组态软件将是提供更加强大的分布式环境下的组态功能、全面支持 ActiveX、扩展能力强、支持 OPC 等工业标准、控制功能强、并能通过 Internet 进行访问的开放式系统。

[参考文献]

- [1] 自动化网论坛 <http://bbs.zidonghua.com.cn/thread.php?fid=26>.
- [2] 欧金成, 欧世乐等. 组态软件的现状与发展[J]. 工业控制计算机 2002. 15(4).
- [3] 倪昊. 工业控制组态软件的产品对比及发展趋势[J]. 测控技术. 2000. 19(9).
- [4] 中国工控网 <http://www.gongkong.com>

Current situation and development of configuration software

Zhong Wei-hong, Guan Hong-wei

Abstract: This paper introduces the history, current situation and development of configuration software, and simply introduces kinds of domestic and foreign configuration softwares.

Key words: configuration software; monitor system; industrial control software