

控制算法、底盘技术与路面适应性研究

宋朝忠

深圳市易成自动驾驶技术有限公司

DOI:10.12238/ems.v4i8.6047

[摘要] 近年来,随着电子控制系统与智能底盘控制技术的发展,底盘系统已逐渐由机械控制向电子控制方向发展。汽车底盘技术是汽车电子技术的重要组成部分,它是指汽车的发动机、变速箱、转向器和制动系统等各部分通过合理地组合构成一个相对独立的总成,并按照一定的工艺要求,将这些总成装配在一起,组成具有一定功能的完整汽车底盘。底盘技术是汽车电子技术的重要组成部分,是一门多学科交叉的综合性技术。

[关键词] 电子技术; 底盘系统; 混合动力汽车

中图分类号: TN1 **文献标识码:** A

Research on Control Algorithms, Chassis Technology, and Road Adaptability

Chaozhong Song

Shenzhen Echiv Autonomous Driving Technology Co., Ltd

[Abstract] In recent years, with the development of electronic control system and intelligent chassis control technology, chassis system has gradually developed from mechanical control to electronic control. Automotive chassis technology is an important part of automotive electronic technology, which refers to the engine, gearbox, steering and braking system of the car through a reasonable combination to form a relatively independent assembly. And according to certain process requirements, these assemblies are assembled together to form a complete automobile chassis with certain functions. Chassis technology is an important part of automotive electronic technology and is a multidisciplinary comprehensive technology.

[Key words] electronic technology; chassis system; hybrid electric vehicle

1 电子控制算法

电子控制系统是随着计算机技术、传感器技术、电子控制技术以及现代控制理论的发展而形成的一门新的学科。它综合了现代电子技术、计算机技术和控制理论等。电子控制系统是一个非线性、时变和强耦合的复杂系统,具有很强的非线性。为了使汽车在复杂多变的环境下稳定工作,必须采用先进的电子控制算法,并将其应用到汽车底盘电子控制中。

在底盘系统中,应用最多的电子控制算法主要有模糊算法、神经网络算法、自适应算法、专家系统和自适应神经模糊推理系统等。其中,模糊推理是最基本、最常用的一种控制器设计方法。模糊逻辑控制器能够根据输入信号对输出信号进行合理地组合和分解,进而得到不同类型的输出信号,并能够在系统输出结果中保留各种类型的输出信号。其优点是设计简单、控制精度高、鲁棒性好,但也存在着动态性能差等缺点。

神经模糊推理系统是一种能够处理非线性问题的智能控制器。其基本原理是用一组神经元模拟人类大脑中神经细胞之间信息传递与处理过程,用神经网络模拟人脑神经元之间信息传

递与处理过程。神经模糊推理系统把模糊规则和模糊逻辑方法相结合,既具有模糊控制对系统建模简单和鲁棒性强的特点,又具有神经网络自学习、自适应等特点。

自适应神经模糊推理系统(ANFIS)是一种基于模糊逻辑的新型控制器设计方法。其核心思想是把神经网络和模糊逻辑有机地结合起来,对神经网络输入变量进行模糊化处理,通过模糊规则实现对神经网络输出变量的调整,并将调整后的输出变量作为神经网络输入变量。自适应神经模糊推理系统(ANFIS)将输入与输出之间建立起一种映射关系,进而利用该关系进行反馈控制,以达到对被控对象进行精确控制的目的。与传统PID控制方法相比,自适应神经模糊推理系统具有良好的稳态性能、动态性能和鲁棒性能。但该算法只能对线性系统进行控制,因此也不能应用于非线性系统。

自适应神经网络控制算法是一种在一定程度上可以解决非线性问题的新型控制方法,是自适应系统发展的一个重要方向。自适应神经网络控制算法原理是以神经网络为基础,在学习过程中将神经网络中不确定信息作为输入信号,并在网络内部形

成自适应规律;当网络进行训练时,其输出误差信号以一定方式输入给神经网络控制器,以此来调整网络参数和权值;当学习完成后,新的参数被确定下来后再将其输入给神经网络控制器进行训练;如此循环往复不断进行下去。因此自适应神经网络控制算法可以将不确定信息作为输入信号用于控制器设计。同时自适应神经网络控制算法可以根据实际情况进行自适应调整,具有良好的鲁棒性和较强的抗干扰能力。虽然该算法存在着一定的缺陷和不足,但随着神经网络理论及算法研究技术的不断发展与完善,它将成为未来底盘系统电子控制技术发展的重要方向之一。

2 底盘技术

底盘系统由动力总成系统、传动系统、转向系、制动系、转向器、悬架系统、车身与车身附件以及底盘动力传动装置等部分组成。底盘各部分通过动力总成和传动系统把发动机的功率转换为各种形式的机械能,通过传动系统转换成车轮所需的驱动力矩,并经悬架和转向系统将其传递到车轮,保证车辆行驶过程中具有足够的稳定性、操纵稳定性和行驶平顺性。

底盘控制主要包括发动机控制和驱动控制,其功能是根据驾驶员所要求的性能,选择最佳动力总成和传动方式。为了保证车辆具有良好的动力性、操纵稳定性和行驶平顺性,要求车辆具有一定的抗侧倾能力以及较强的制动性能。

底盘控制技术主要包括整车控制技术(车辆动力学模型)、底盘各部件协调控制技术(车身姿态控制技术)等。底盘控制技术是现代汽车自动化技术的基础,是汽车整体设计的重要组成部分。底盘控制技术是指为完成汽车所需功能而将各总成零部件及相关部分进行合理组合,最终形成具有一定功能的底盘总体方案。

2.1 汽车底盘控制的基本方法

底盘控制是汽车设计中最重要技术之一,是通过对汽车底盘系统进行有效地控制,实现对车辆性能全面提升。底盘控制的目的是使汽车具有良好的动力性能、操纵稳定性、行驶平顺性和乘坐舒适性,满足各种工况下汽车行驶的要求。底盘控制的方法主要有:滑模变结构控制、最优控制、鲁棒控制、自适应控制等。

滑模变结构控制(SMC)是一种近似于理想控制器的主动悬架控制方法,它通过设计一个能对系统进行建模并使之满足某种性能指标要求的控制器来实现对车辆悬架系统进行主动控制,以获得最优的车辆动力学性能。其优点是设计简单、鲁棒性强、适用范围广,在汽车悬架系统中得到广泛应用。最优控制是一种通过计算得出系统达到稳定所需条件下最优或次优解,并以此作为整个控制器设计依据。它在汽车悬架系统中的应用主要体现在对车辆悬架的刚度和阻尼进行优化,以提高车辆操纵稳定性。最优控制广泛应用于车辆系统设计中,可以说没有最优控制就没有现代汽车工业。

鲁棒控制(RCM)是一种能够解决不确定性和干扰问题的智能控制方法,它根据干扰输入与输出之间存在的某种关系来设

计控制器,这种关系可以通过调整参数来获得,该方法能够使得系统在受到干扰时能够保持原有的特性,有效解决了传统模型预测控制算法所存在的缺陷。鲁棒控制在汽车底盘系统中应用较少,其主要应用于汽车车身姿态以及底盘动力传动系统等。

2.2 底盘系统的综合设计

底盘系统的综合设计需要综合考虑汽车在行驶过程中的性能要求,需要对汽车各部分进行合理的功能分配,从而满足汽车各方面的需求。底盘系统的功能分配一般有两种方法,一种是将底盘系统划分成不同的子系统,各个子系统地进行设计;另一种方法是将整个底盘系统作为一个整体来考虑,用总线或分布式控制技术将各个子系统连接起来。在这两种方法中,前者比较容易实现,而后者对整个系统的集成要求较高。另外,底盘系统的功能分配还要考虑汽车在行驶过程中所需的安全性、舒适性及环保性等方面要求,这就需要将各个子系统合理地结合起来,从而实现汽车安全、舒适及环保性能。

3 悬架系统

传统悬架系统通过对车轮的转角进行调整,并对弹簧、减震器等附件进行匹配来实现汽车的平顺性和操纵稳定性。随着电子技术的发展和运用,越来越多的先进传感器和信号处理技术被应用到悬架系统中来提高车辆行驶的平顺性和操纵稳定性。目前,较先进的主动控制悬架系统可实现对车轮转角、车身姿态、轮胎压力等参数进行实时测量,并根据测量结果进行快速准确地控制与调节。同时还可通过反馈系统对车辆状态进行实时监测,从而提高悬架系统的安全性和稳定性。

3.1 主动悬架系统

主动悬架系统是指通过控制器对悬架的参数进行实时调整,以改善车辆行驶平顺性和操纵稳定性的一种新型悬架系统。主动悬架系统通过传感器实时检测车轮转角、车身姿态等参数,并通过控制器对这些参数进行处理,根据不同的工况对悬架参数进行调整,以满足不同工况下对车辆性能的要求。

与传统主动悬架系统相比,主动悬架系统可将车身高度、悬架动挠度、车轮转角等参数控制在较小的范围内,从而有效地降低车身高度和轮胎垂直载荷,改善车辆的平顺性和操纵稳定性。目前,国内外已有大量关于主动悬架系统的研究,如Housseau等人通过改进模糊控制算法实现了在不同路面状况下主动悬架系统的自适应调节。

3.2 半主动悬架

半主动悬架通过调节悬架阻尼的方法来抑制车身垂直加速度,进而改善车辆的行驶平顺性。半主动悬架通过控制弹簧刚度或减震器阻尼的方式,控制悬架阻尼力的变化,从而调节车身垂直加速度。其关键在于如何将车身垂直加速度的变化转换为路面激励输入到控制器中。传统的主动悬架系统大多采用被动减震器,它是由一种可以自由变形的弹性元件和一组可调弹簧组成,当车轮跳动时,弹性元件便会产生变形,从而引起震动。同时,由于传感器能够实时采集悬架系统的状态信息,因此通过传感器获取的信息能对悬架系统进行实时控制。另外,电子控制

单元中的执行器具有输出控制信号并可根据车身垂直加速度变化情况进行调节以达到更好地抑制车身垂直加速度的目的。

3.3 混合动力悬架

混合动力悬架系统由传统的被动悬架和主动悬架组成,在传统的被动悬架系统中,动力总成输出的能量被发动机所吸收,而在主动悬架系统中,多余的能量又通过其他装置进行了释放,使悬架系统始终处于平衡状态。混合动力悬架可通过对发动机的制动能量进行回收、利用等手段,实现汽车能量的高效利用。

4 转向系统

转向传动机构主要包括液力传动、液力—机械耦合装置和液压—机械耦合装置。液压—机械耦合装置通常包括转向器泵组和回正器组两部分。

4.1 转向系统发展历程

汽车转向系统的发展经历了三个阶段:

手动转向系统。在这一阶段,车辆的操纵完全依靠驾驶员的直接操纵来实现。通常方向盘只有 $3^{\circ}\sim 5^{\circ}$ 的转角,转矩也只有几牛·米,车辆转向时驾驶员以较大的力气用手推动方向盘来实现转向。这一阶段是汽车转向系统最原始、最简单的形式。

电动助力转向系统是在手动转向系统的基础上发展起来的,它是利用电动机产生力矩来辅助驾驶员操纵方向盘,使汽车保持正常行驶方向,其结构与手动转向系统基本相同。

液压助力转向系统是在电动助力转向系统基础上发展起来的,它是在方向盘上装有一个由电动机驱动的液压泵,由它提供动力来带动方向盘转动,从而使驾驶员获得一定的助力,提高了汽车操纵稳定性和行驶安全性。由于其结构比较复杂,成本较高,目前只在高档轿车上采用。

在20世纪90年代之前,液压助力转向系统一直占据主导地位;90年代之后电子控制技术得到了快速发展,同时电动助力转向系统也得到了广泛应用。

4.2 主要结构和工作原理

汽车转向系统的主要结构有:转向器、转向轴、转向机构(主要由齿轮式齿条、齿条和齿轮齿条组合、多连杆机构等组成),以及电控液压助力转向系统。

转向器是汽车转向系统的动力部件,它的主要作用是:①使汽车实现直线行驶时的前轮转向;②实现汽车在方向盘操纵时的后轮转向;③控制转向轮的转角,以改善汽车的操纵性能。

(1)当驾驶员操纵方向盘时,转向盘的转动轴带动齿轮齿条

转动,齿轮齿条上安装着齿轮齿条,它们在驾驶员操纵下,一起转动。这就改变了齿轮齿条啮合点与转向盘上的转动轴之间的相对位置,从而实现了前轮在方向盘上的直线行驶和后轮在方向盘上的后轮行驶。

(2)当驾驶员换手时,齿轮齿条逐渐退回到初始位置。

5 底盘路面适应性

路面适应性是指在不同的道路状况下,汽车能够发挥其应有的功能。路面适应性主要包括行驶平顺性、稳定性、转向操纵灵活性和制动性等。根据驾驶模式的不同,路面适应性可分为自动驾驶模式和半自动驾驶模式。在半自动驾驶模式下,汽车能够根据车辆状态进行自动选择路面,自动进行转向和制动控制。而在自动驾驶模式下,驾驶员需要通过对路况信息进行分析判断,然后通过控制单元进行信息交互,并进行决策后进行操作。

6 结束语

控制算法、底盘技术和路面适应性研究是汽车工程领域的重要研究方向之一。这些研究旨在改善汽车的操控性能、安全性和乘坐舒适度,以及提高汽车对不同路面条件的适应性。这些研究对于汽车制造商和汽车工程师来说都非常重要。通过不断的研究和创新,他们可以改进汽车的操控性能,提高驾驶安全性,同时提供更加舒适的乘坐体验,使汽车在各种路面条件下都能够表现出色。

[深圳市科创委项目]

项目编号:JSGG20201103093402007,项目名称:重2021095 5G群体智能无人专用车系统关键技术研发。

[参考文献]

[1]曲植.汽车底盘制动系统的结构组成和主要故障诊断的分析[J].时代汽车,2021,No.351(03):174-175.

[2]秦宪涛,王培强,陈现燕.汽车底盘制动系统的改进设计分析[J].才智,2013,(09):260.

[3]程金涛.阐述专用汽车底盘制动系统的改进设计[J].科技与创新,2016,No.50(02):113-114.

[4]寇良朋.嘉兴有轨电车制动系统的设计[J].装备制造,2021,No.178(04):5-9+30.

作者简介:

宋朝忠(1975--),男,汉族,山东人,本科,从事自动驾驶技术的研究及开发。