

汽车线控制动技术及发展

林逸 沈沉 王军 任忠生

(北京理工大学)

【摘要】现代汽车制动控制技术正朝着线控制动控制方向发展,线控制动系统将取代以液压或气压为传统的制动控制系统。介绍了汽车线控制动技术的研究现状,对电子液压式制动系统和电子机械式制动系统的结构及工作原理进行了介绍和比较,并对电子机械式制动系统的关键部件及其性能特点进行了分析,论述了线控制动系统的关键技术及发展。

关键词:汽车 电子液压制动 电子机械制动

中图分类号:U463.5 文献标识码:A 文章编号:1000-3703(2005)12-0001-03

Automotive By-Wire Control Technology and Development

Lin Yi, Shen Chen, Wang Jun, Ren Zhongsheng

(Beijing Institute of Science and Technology)

【Abstract】By-wire brake control is the developing trend of modern automotive brake control technology, by-wire brake control systems will replace the typical hydraulic brake systems and air brake systems. Research situation of automotive by-wire brake control technology is introduced, and structure and working principle of the electronic hydraulic brake system and the electronic mechanic brake system are introduced and compared, and key components and characteristics of the electronic mechanic brake system are analyzed. Key technology and development of by-wire control brake systems are discussed.

Key words: Automotive, Electronic hydraulic brake, Electronic mechanic brake

1 前言

汽车制动系统直接影响汽车的行驶安全性能。随着高速公路的发展、车速的提高及车流密度的日益增大,为保证行车安全,汽车制动系统的控制变得更加重要。

随着电子技术和网络技术的发展,出现了更加高效、节能的线控技术(x-by-wire)。结合线控技术和汽车制动系统而形成的线控制动(BBW)系统,将传统液压或气压制动执行元件改为了电驱动元件,具有可控性好、响应速度快的特点,具有良好的发展前景。

2 汽车线控制动技术的发展现状

线控制动技术已成为国外企业和研究机构的研究热点。2002年福特汽车公司的Focus FCV制动系统采用了制动踏板与制动系统非机械方式连接的线控制动。在1999年法兰克福车展上, Bosch公司展出了被认为是电子机械制动系统(EMB)前身的电子液压制动系统(EHB)。此后, Bosch和Daimler-Chrysler公司开始研究用于商业的EHB系统。摩托

罗拉公司进行了嵌入式软件方面的研究。目前已有的一些厂商将EHB系统应用于汽车的批量生产中,如2004年奔驰CLK敞篷版、SL500等。

从20世纪90年代开始,一些著名的汽车电子零部件厂商陆续进行了与EMB相关的研究, Bosch、Siemens和Continental Teves等3家公司都取得了各自的研究成果,并申请了一系列专利^[1]。Continental Teves公司已经有了比较成型的试验品,推出了几代电子机械式制动执行器。TRW也在进行线控制动控制系统的研究。目前EMB系统仍在试验阶段,并无批量装车的产品进入市场,只是在概念车上应用,如2002年Acura Dn-X概念车。2004年5月21日,澳大利亚的PBR International Limited公司宣布开发出澳大利亚的第一款线控制动汽车。目前国内在这方面的研究刚刚起步。

3 线控制动系统工作原理及分类

线控制动系统分为EHB系统和EMB系统^[2,3]两类。

3.1 EHB系统

EHB系统是电子与液压系统相结合所形成的

多用途、多形式制动系统，由电子系统提供柔性控制，液压系统作为备用系统提供动力，以确保当系统的电子部分出现故障时还能保证系统的制动能力。EHB系统可以看作是EMB系统的一个先期产品，不会得到长期应用，因为它不具备完全电子制动的优点，图1为EHB系统示意图。在EHB系统中，制动踏板和制动器之间的液压连接是断开的。带有踏板感觉模拟器和电子传感器的电子踏板模块代替了传统的制动踏板。驾驶员的意图通过“线”传递到液压单元——整合的电子控制单元(ECU)，而车轮制动与传统的制动一样。EHB系统的电子控制单元接收与制动踏板连接的传感器信号，正常工作情况下备用阀关闭，控制器通过由液压泵驱动的电机进行制动。当控制器处于故障模式时，备用阀打开，常规液压制动系统起作用，进行制动。

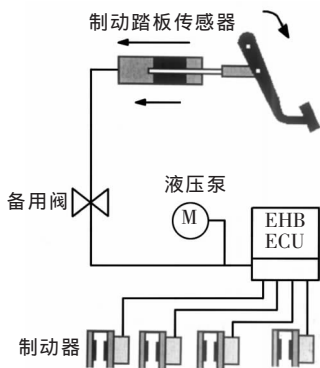


图1 EHB系统示意

3.2 EMB系统

EMB系统去除了油压系统，由电机产生制动力，其值受电子控制器的控制。EMB系统的电子控制器根据电子踏板模块传感器的位移和速度信号，并且结合车速等其它传感器信号，向车轮制动模块的电机发出信号，控制其电流和转子转角，进而产生所需的制动力，达到制动的目的。在EMB系统中，常规制动系统中的液压系统(主缸、真空增压装置、液压管路等)均被图2所示的电子机械系统所代替，而液压盘和鼓式制动器的调节器被电机驱动装置所代替。由于没有备用的机械或液压系统，EMB系统的可靠性变得非常重要，要求系统具有备用的电源(在主电源失效时工作)和冗余的通讯链路(连接制动踏板的三重冗余链路)。

EMB系统原液压系统和EHB系统相比，它的控制器采用了高可靠度的总线协议，控制系统采用冗余设计。为减小空间，电子元件可以安装在EMB调节器内。

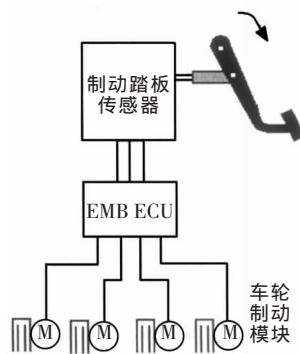


图2 EMB系统示意

4 EMB系统关键部件和性能特点

4.1 EMB系统的关键部件

汽车EMB系统主要由车轮制动模块、中央电子控制单元和电子踏板模块等组成，其控制框图^[4]如图3所示。

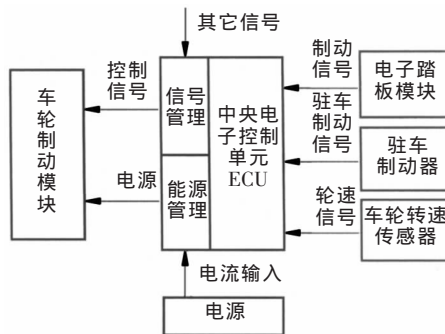


图3 EMB系统控制框图

4.1.1 车轮制动模块

车轮制动模块由制动执行器、制动执行器ECU等组成。其中，制动执行器有两种设计方案：一是集成了力或力矩传感器；二是无集成力或力矩传感器。第一种方案可省去对制动力或制动力矩的计算，使系统变得更准确、可靠。但力或力矩传感器价格昂贵，而且集成困难。第二种方案需要根据电流或电机转子转角来估算制动夹紧力。但由于外界环境温度的变化及磨损的影响，不可能只根据电流或电机转子转角来计算夹紧力，需将两者结合起来才能收到好的效果。图4为Continental Teves第三代电子机械式盘式制动执行器。该执行器采用了电机内置的结构，它的最大特点就是模块化，整个机构又分为驱动部分(电机)、行星齿轮减速部分及行星滚子螺旋传动部分(把旋转运动变成丝杠的直线运动)^[5-6]。

4.1.2 中央电子控制单元

中央电子控制单元的作用为：接收制动踏板发出的信号，控制制动器制动；接收驻车制动信号，控

制驻车制动,接收车轮传感器信号,识别车轮是否抱死、打滑等;控制车轮制动力,实现防抱死和驱动防滑。由于未来车辆中各种控制系统,如卫星定位、导航系统、自动变速系统、转向系统、悬架系统等控制系统与制动控制系统高度集成,所以中央电子控制单元还要兼顾这些系统的控制。

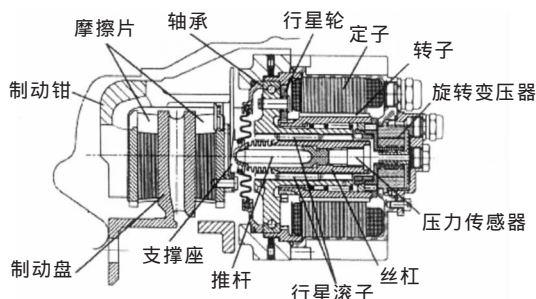


图4 Continental Teves 第三代电子机械式盘式制动执行器结构

4.1.3 电子踏板模块

EMB系统取消了传统液压制动系统中机械式传力机构和真空助力器,取而代之的是踏板模拟器。它将作用在踏板上的力和速度转化为电信号,输送到中央ECU。踏板模拟器的输入输出特性曲线应很好地符合驾驶员的驾驶习惯,并根据人体工程学设计,以提高舒适性和安全性。目前已经应用的EHB系统相对以前制动系统的最大改进就是采用了踏板模拟器,有效地提高了制动响应速度。

4.2 EMB的性能特点

与传统的液压制动系统相比,EMB系统有如下优点^[7,8]:

a. 由于制动执行器和制动踏板之间无液压和机械连接,大大减少了制动器的作用时间,进而有效地缩短了制动距离。

b. 安装更简单、快速,无需制动液,有利于环保,也有助于提高系统的再利用性,同时也减轻了系统的质量。

c. 无常规制动系统的真空增压器,减少了所需的空间,机罩下的布局更加灵活。

d. 制动踏板可调,舒适性和安全性更好。

e. 在ABS模式下踏板无回弹振动,几乎无噪声。

f. 可实现所有制动和稳定功能,如ABS、EBD、TCS、ESP、BA、ACC等。

g. 可方便地与未来的交通管理系统联网。

h. 可方便地集成附加功能,如电子驻车制动。

一些高级的车辆控制系统,如主动巡航控制系统可以很简单地通过数据总线与制动系统相连,而

其它一些简单的功能只需额外的软件或传感器连接到制动系统即可。

线控制动系统目前还存在一些问题,如由于汽车外部环境的变化和磨损引起的制动执行器效率变化不定给控制带来一定的困难等。

5 线控制动系统的关键技术

汽车制动系统的发展方向是去除整个液压系统,且没有机械或液压后备系统的纯粹线控制动系统。由于没有备用系统,系统的可靠性要求更高,并且必须是能容错的;另外还要求系统要具有与现有系统一样的制动性能,且系统的使用寿命要长、易于维护、价格便宜、适合批量生产等。因此,线控制动系统需要具有可靠的能源来源、容错的通信协议及一些硬件的冗余控制等。下面是线控制动系统的一些关键技术。

a. 执行器的能量需求。鼓式制动需100W的功率,而盘式制动则需要1kW。12V的车辆电气系统难以支持执行电气制动的高功率需求。因此,建立42V电压系统十分重要,同时需要解决高电压带来的安全问题^[9]。

b. 容错的要求。在完全取消了液压元件的系统中,没有独立的后备执行系统。虽然许多技术能提高容错系统的安全性,但根本的方法还是提供后备系统。当节点或电子控制单元出现故障时,在不破坏现有系统完整性的情况下,启用后备装置。容错程度应随应用场合不同而不同,但重要的传感器和控制器都应该有备份。另外,系统中每一个节点之间的串行通信必须支持容错。容错就需要开发相应的通信协议,因为现在车辆应用的一些普通通信系统,如CAN等都不能满足容错的要求,所以需要开发一种新型的通信协议。目前世界上对协议研究的比较多,有TTP/C、FlexRay、TTCAN等几种。

c. 制动执行器的要求。装用电机控制的制动执行器,要求高性价比的半导体具有较好的高温性能,以承受在制动执行器附近产生的高温。另外,需要开发质量轻、价位低的车辆制动器,而且由于轮毂尺寸的限制,它们的尺寸也需要满足设计要求。

d. 抗干扰处理。车辆在运行过程中会有各种干扰信号,目前常用的抗干扰控制系统有对称式和非对称式两种。对称式抗干扰控制系统是用两个相同的CPU和同样的计算程序处理制动信号;非对称式抗干扰控制系统是用两个不同的CPU和不同的

(下转第43页)

表是不能分解的,因此更换仪表总成,在举升机上挂D挡再试车,未出现故障现象。但将换下来的该仪表总成安装到其他车上试车,故障并不出现,这说明该仪表总成并无问题。所以判定故障原因是仪表总成中车速表的电磁干扰性能与故障车发动机爆震传感器的抗电磁干扰能力匹配不佳。

6 结束语

对任何一例涉及到爆震传感器故障码的故障,都应该根据具体问题具体分析,不能盲目的更换爆

震传感器。既依靠仪器,同时还应该根据结构原理深入分析,要从多方面查找故障原因。

参 考 文 献

- 1 宋福昌.汽车传感器识别与检测图解.北京:电子工业出版社,2003.
- 2 吴文琳.新型汽车电控系统应急维修.南昌:江西科学技术出版社,2000.
- 3 李峥.浅谈爆震传感器的故障检修.广东交通职业技术学院学报.2002(1)

(责任编辑 洪雨)

修改稿收到日期为2005年10月15日。

(上接第3页)

计算程序处理制动信号,两种方法各有优缺点。

另外,线控制动系统的软件和硬件如何实现部件化,以适应不同车型的需要,如何实现底盘的部件化,是关键的问题。只有将制动、转向、悬架、导航等系统进行综合考虑,从算法上部件化,建立数据总线系统,才能以最低的成本获得最佳的控制系统。

6 结束语

线控制动技术是一种全新的制动理念,它极大地提高了汽车的制动安全性。现代汽车制动控制技术正朝着线控制动控制方向发展,线控制动系统将取代以液压或气压为传统的传统制动控制系统。同时,随着其它汽车电子技术特别是超大规模尺寸不断减小集成电路的发展,电子元件的成本不断下降,汽车线控制动控制系统将与其他汽车电子系统,如电子悬架系统、主动式方向稳定系统、电子导航系统、无人驾驶系统等融合在一起成为综合的汽车电子控制系统。

参 考 文 献

- 1 张猛等.电子机械制动系统发展现状.机械科学与技术,

2005(2)

- 2 Sascha Semmler,Rolf Isermann,Ralf Schwarz et al.Wheel Slip Control for Antilock Braking Systems Using Brake-by-Wire Actuators.SAE 2003-01-0325
- 3 James Scobie,Mark Maiolani,Mark Jordan.A Cost Efficient Fault Tolerant Brake By Wire Architecture.Society of Automotive Engineers,2000
- 4 熊璐等.汽车电制动系统(BBW)现状和前景.上海汽车,2002(6)
- 5 Ralf Schwarz,Rolf Isermann,et al.Clamping Force Estimation for a Braking-by-Wire Actuator.SAE Paper 1999-01-0482
- 6 Ralf Schwarz,Rolf Isermann,et al.Modeling and Control of An Electromechanical Disk Brake.SAE Paper 980600
- 7 Joachim Langenwaller ,Bryan Kelly.Virtual Design of a 42 V Brake-by-Wire System.SAE Paper 2003-01-0305
- 8 Maria Bruce.Distributed Brake -By -Wire based on TTP/C. Department of Automatic Control Lund Institute of Technology Master Thesis, June 2002
- 9 陈励志.先进的底盘控制系统的发展趋势.汽车工程,2002(5)

(责任编辑 文楫)

修改稿收到日期为2005年10月16日。

招 收 学 员

学不完的好技术,走不完的致富路

随着我国公路建设的迅猛发展,工程机械数量猛增,尤其进口挖掘机的数量增加的最多,但专业维修人员紧缺。我厂特培训工程液压专业人才,经培训能使学员深入到专业液压理论领域,解决实际操作中的疑难问题,真正掌握挖掘机的故障分析、推理、判断技术。一技在手,可使您步入高薪阶层。

具有初中以上文化基础者均可报名

地址:长春市吉林大路顺风大市场内43栋19号

电话 0431-6512200 13214376688 13664308966

联系人:张永根