

基于单片机的电动车电液复合制动系统控制器

刘兵, 孙泽昌, 王猛

(同济大学新能源汽车工程中心, 上海 201804)

摘要: 研究了一种新型电动车电液复合制动系统, 并在此基础上进行了控制器硬件和软件设计。硬件电路包括对传感器信号进行处理的信号处理电路和对执行器(电磁阀和电机)进行驱动的驱动放大电路, 软件设计包括对输入信号的分析、驾驶员制动意图的识别和为达到理想制动力而对执行器的精确控制。

关键词: 单片机; 电液复合制动系统; 一体式主缸; 电磁阀

中图分类号: U463.55

文献标识码: B

文章编号: 1674-7720(2012)22-0019-04

Electro-hydraulic braking system controller of electric-vehicle based on SCM

Liu Bing, Sun Zechang, Wang Meng

(Clean Energy Automotive Engineering Center, Tongji University, Shanghai 201804, China)

Abstract: The hardware and software of controller based on a new type of electro-hydraulic braking system of electric-vehicle are developed in this paper. The hardware circuit consists of the signal processing circuit for processing of corresponding sensor signals and the drive amplifier for corresponding actuators (solenoid and motor), the software design consists of data processing for input signals, identification of braking intention and control strategy for precise actuator control to achieve ideal braking force.

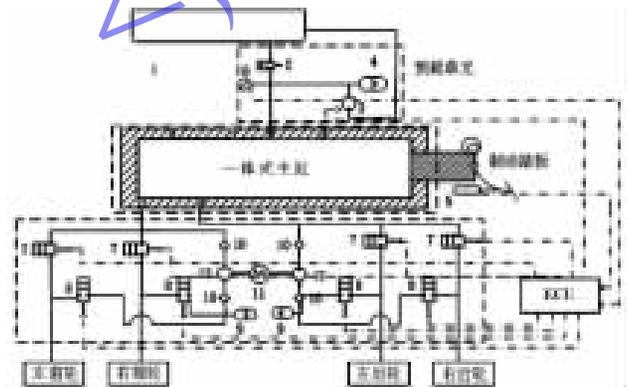
Key words: SCM; electro-hydraulic braking system; integrated master cylinder; solenoid

随着当今节能环保要求的提高, 汽车行业面临巨大挑战。电动汽车以其部分或全部电机驱动和制动能量回收等特点正好满足了节能环保的要求。制动时, 电动机可以作为发电机产生制动力的同时回收制动能量。但是, 由于电机特性的限制, 制动时提供的再生制动力有限, 在制动减速度较大以及紧急制动时, 仍然需要液压制动系统提供制动力, 所以往往要根据不同的制动需求, 利用电动机再生制动力和液压制动单独或者共同提供制动力。电液复合制动系统就是指这种根据制动需求, 通过再生制动和液压制动单独或共同提供制动力的系统。

1 一种新型电液复合制动系统

目前电液复合制动的关键技术主要由丰田、博世和大陆等大型汽车整车及零部件厂商所掌握, 其他汽车厂商很难突破它们的技术壁垒。对此, 本文设计了一种新型电液复合制动系统, 该系统具有集助力、制动踏板感觉模拟、踏板位移传感器于一体的一体化主缸, 独立的四通道轮缸压力主动控制。该新型电液复合制动系统的设计方案如图 1 所示。

图 1 中, 预载单元与储液室通过一个常开的预载电



1-储液室; 2-预载电磁阀; 3-高压泵; 4-高压蓄能器; 5-踏板位移传感器; 6-压力传感器; 7-升压阀; 8-减压阀; 9-低压蓄能器; 10-检测阀; 11-回液泵电机; 12-回液泵。

图 1 新型电液复合制动系统结构图

磁阀相连, 当预载电磁阀关闭时, 可通过高压泵提高预载单元中的液体压力。预载单元与一体式主缸仅在制动状态下接通。液压执行单元为 8 个电磁阀(4 个升压阀和 4 个减压阀), 其中, 每个车轮对应一个常开的升压阀和一个常闭的减压阀, 其布置与常规 ABS 的结构相同。该新型电液复合制动系统的制动过程包含 3 种状态: 初

始状态、工作状态和失效状态。

(1)初始状态。预载电磁阀打开,预载单元与储液室连通,此时两者压力相同。预载单元和一体式主缸不接通,ECU 和液压控制单元均处于断电状态。

(2)工作状态。ECU 上电,预载电磁阀关闭,升压阀关闭,由于预载单元和储液室以及一体式主缸断开连接,高压泵将使预载单元压力升高至一定高压。驾驶员产生制动动作时,一体式主缸的机械结构使得预载单元与一体式主缸接通,此时预载单元中的高压经一体式主缸传至升压阀。ECU 根据制动踏板位移信号判断驾驶员的制动意图并计算需要多大制动力,再将其传输给整车管理系统(VMS);VMS 根据电机控制策略计算出再生制动力和液压制动力,并将该信息传输回 ECU;ECU 经过信息处理发送 PWM 波给执行器(即液压执行单元),使执行器按照一定频率开启,并因此产生液压制动力。另外,通过 ECU 控制液压控制单元还能实现 ABS 和 ESP 功能。制动结束后,系统将恢复至 ECU 上电状态,为下一次制动做好准备。

(3)失效状态。若电气系统失效(例如突然掉电),则 ECU 断电,所有执行器都将处于初始状态。随着制动踏板位移的进一步加大,制动踏板将与一体式主缸的机械结构直接接通,因此可以进行常规制动。

2 控制器硬件设计

由于该新型电液复合制动系统所需处理的信号量大,且驱动执行器多,因此考虑使用双 PCB 板设计。板一设计为双 MCU,其中,MCU1 用于信号采集和处理,MCU2 用于算法计算和通信,两个 MCU 之间通过 SPI 连接;板二负责给传感器供电和信号处理以及执行器驱动。系统硬件设计方案如图 2 所示。由于篇幅有限,本文主要针对信号输入、MCU 和信号输出进行说明。

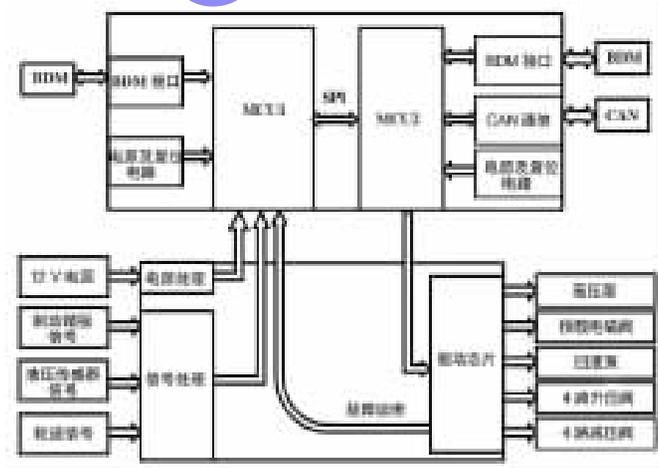


图 2 新型电液复合制动系统控制器硬件设计方案

2.1 信号输入

输入信号主要包括制动踏板位移信号、液压传感器压力信号和轮速信号。这些信号都必须通过相应电路对

其进行去噪和放大等处理才能传输至 MCU1。

2.1.1 踏板位移信号和液压传感器信号

制动踏板位移信号由踏板位移传感器发出,液压传感器信号由布置在液压管路中的液压传感器发出。位移信号和液压信号均为 0~5V 的电压信号,因此可以用相同的处理电路对两种信号进行处理。传感器信号首先通过一个防静电二极管去除静电,随后通过由两个电容和一个电阻组成的 π 型滤波电路进行低通滤波,由 OPA2340 芯片形成的电压跟随器能将滤波信号转换为标准的电压信号,将该信号传输至板一 MCU1 的 A/D 转换口进行 A/D 转换。相应的信号处理电路如图 3 所示。

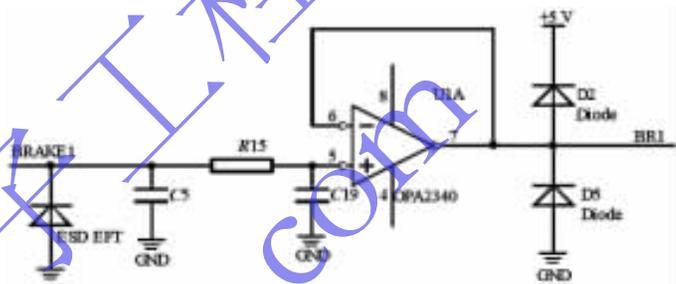


图 3 踏板位移和液压传感器信号处理电路

2.1.2 轮速信号

轮速信号由轮速传感器发出,其主要形式为正弦波交流信号。因此,需要对该信号进行处理,转换成标准的 TTL 电平再输入至板一中 MCU1 的脉冲计数器。控制器使用定时和计数的方法测得轮速,并且通过相邻两次测速的时间间隔求出车轮制动加速度^[1]。车速计算公式为:

$$v = \frac{2\pi NR}{n_p \Delta t} \quad (1)$$

式中, Δt 为计数器完成一次计数所用的时间间隔, N 为 Δt 时间内的脉冲数, R 为车轮半径, n_p 为车轮转一周的过程中轮速传感器所发出的脉冲数。轮速信号处理电路如图 4 所示。先通过二极管对轮速信号进行整流,去除负电流;随后通过比较器 LM139 产生与信号频率相应的标准脉冲电压信号,通过单稳态触发器 74HC123 去除抖动;最后,通过反相器 74HC14 将所得信号整形,即可得到标准的 TTL 电平脉冲信号。

2.2 MCU

电液复合制动系统控制器需要对数据进行实时处理,由于数据量大,对数据处理速度要求很高,因此,MCU1 和 MCU2 均选用飞思卡尔 MC9S12XDT512 控制器芯片。该芯片为 16 bit 高性能芯片,除了强大的运算能力外,其还含有 16 路 A/D 转换通道、8 路脉冲计时器和 8 路 PWM 波输出,刚好符合控制器的高性能要求。

2.3 控制输出

ECU 的输出信号主要用于控制预载电磁阀的通断,控制高压泵的电机转动使预载单元内的液体压力上升到一定高压范围,控制升压阀和减压阀的开启频率和回液泵电机的运转。因此,通过 MCU2 的普通 IO 口控制预

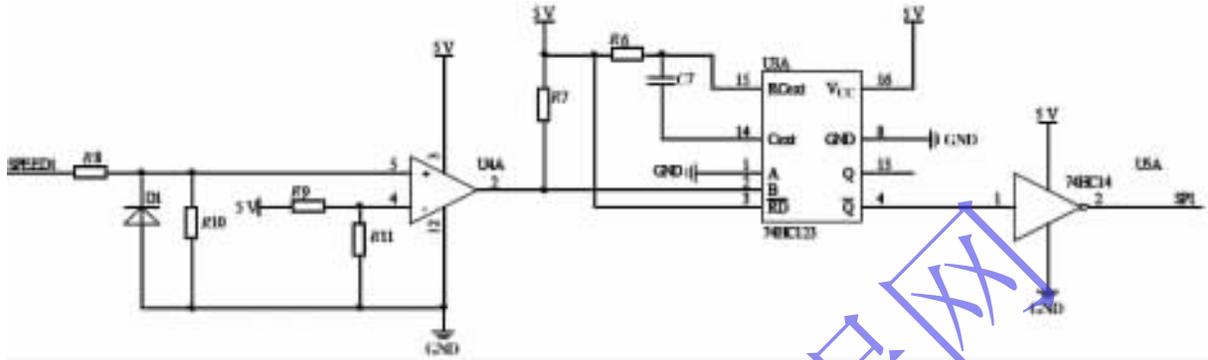


图 4 轮速信号处理电路

载电磁阀的通断和高压泵电机、回液泵电机的运转,通过 MCU2 的 PWM 口控制升压阀和减压阀的开启频率。电磁阀驱动芯片选用 TLE6216^[2],电机的驱动芯片选用 BTS6144^[3]。二者均有相应的电流或电压反馈,以对电机和电磁阀进行故障识别,因此,将故障识别信号输入板一的 MCU1 进行判断。电机驱动电路如图 5 所示。图中,芯片 BTS6144 的 IN 口为驱动信号输入端;OUT 口输出经放大的功率信号,用于驱动电机;IS 口输入电机电流的反馈信号。

电磁阀驱动电路如图 6 所示。图中,PWM 口为驱动

信号输入端,OUT 口输出经放大的电磁阀驱动信号,ST 口输入电磁阀电流的状态反馈信号。

3 控制器软件设计

液电复合制动系统控制器软件基于 C 语言设计,其主要包括两个单元:制动意图识别单元和液压制动控制单元。

3.1 制动意图识别

制动工况主要分为紧急制动和一般制动。制动意图识别通过对制动踏板角位移和制动踏板角速度的处理实现。以制动踏板角速度作为目标制动工况识别的参数,先对两种工况设置特定的踏板角速度阈值(80°/s),在一段较短时间内对踏板角速度取平均值,若该平均值在阈值内,则判定汽车进入相应制动工况;以制动踏板角位移作为目标制动强度识别的参数,先设定一个踏板角位移判断阈值(5°),超过该阈值说明制动行为已经发生。另外,针对每个工况制定一个查询表,表中包含踏板角位移和相应目标制动减速度的对应信息,当制动行为发生时,通过查询该表就可以计算出目标制动减速度。制动意图识别程序流程图如图 7 所示。

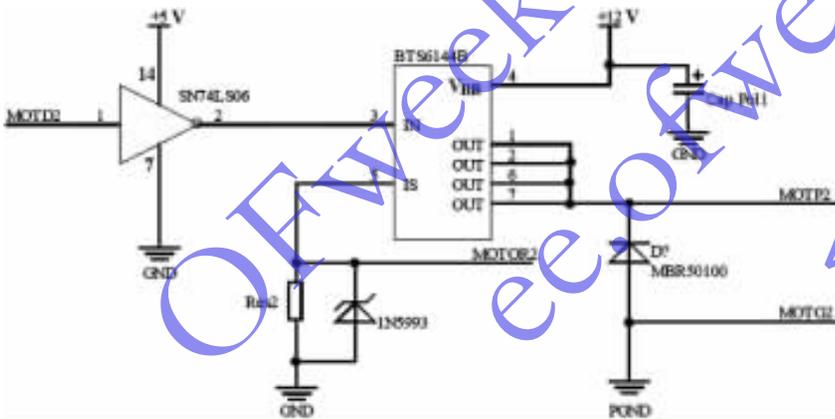


图 5 电机驱动电路

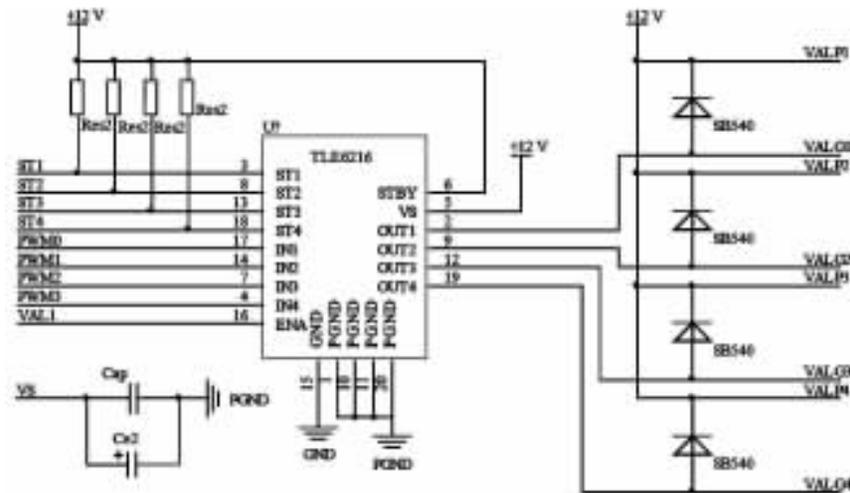


图 6 电磁阀驱动电路

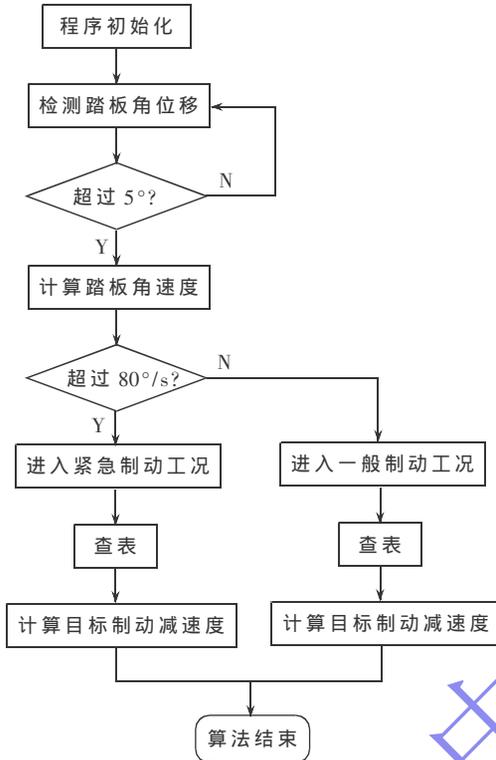


图 7 制动意图识别程序流程图

3.2 液压制动控制

在采用盘式制动器的情况下,制动力和制动轮缸压力具有一定的正比关系^[4]。因此,控制相应制动轮缸内的液体压力就能控制车轮上的制动力。

电液复合制动系统 ECU 通过调节 PWM 波脉宽来控制升压阀和减压阀的开闭频率,从而调节制动轮缸中的压力大小。设定 PWM 波脉宽调节时间间隔为 40 ms,即每隔 40 ms 进行一次 PWM 波脉宽调节,并制定一个查询表,该表包含 PWM 波脉宽和轮缸目标压差间的相互关系。一体式主缸压力控制在 13 MPa,对应最大制动力的轮缸最大压力为 0.9 MPa,一般情况下进行 3 次 PWM 波脉宽调节便可达到目标压力。若目标压差大于

0,则常闭阀关闭,针对常开阀查表并对其进行相应 PWM 波控制;若目标压差小于 0,则常开阀关闭,针对常闭阀查表并对其进行相应 PWM 波控制。

另外,电液复合制动系统 ECU 还将通过电机和电磁阀驱动芯片的反馈信号判断系统是否发生故障。若发生故障,则让所有执行器处于初始状态,利用一体式主缸的机械结构进行常规制动。由于篇幅限制,本文不进行详细描述。

本文针对一种新型电液复合制动系统进行控制器设计。在硬件电路方面,对相应传感器信号进行了处理,并对相应执行器进行了驱动设计;在软件控制方面,对各信号进行了数据分析和驾驶员制动意图判断,并对执行器进行了较为精确的控制。软、硬件均能达到电动汽车电液复合制动系统的数据处理和um控制要求,为整个系统的实车验证打下了坚实基础。

参考文献

- [1] 邹素瑞,岳继光,苏永清,等.基于 MC9S12DP256B 的客车 ABS 控制器设计[J].电子技术应用,2006,32(10):102-104.
- [2] 刘佃瑞,邱绪云.一种大型车辆防抱死控制器设计及仿真[J].重型汽车,2008(4):6-8.
- [3] 杨其校,刘昭度,齐志权,等.汽车 ABS 电机故障诊断[J].仪器仪表学报,2005,26(z1):771-772.
- [4] 谭川.电液复合制动系统制动力分配方法研究[D].上海:同济大学中德学院,2007.

(收稿日期:2012-08-25)

作者简介:

刘兵,男,1986 年生,硕士研究生,主要研究方向:汽车电子。

孙泽昌,男,1953 年生,教授,主要研究方向:汽车电子。

王猛,男,1986 年生,博士研究生,主要研究方向:汽车电子、液压传动。