

电动汽车用整车控制单元平台设计与开发

裴海灵, 谢勇波, 王文明, 李明哲, 盛 旺

(湖南南车时代电动汽车股份有限公司, 湖南 株洲 412007)

摘 要: 针对电动汽车种类繁多、对整车控制功能需求各异、缺乏整车控制单元平台的现状, 在对电动汽车控制功能进行深入分析的基础上, 以 32 位汽车级芯片和扭矩控制为核心, 设计开发了电动汽车整车控制单元软件和硬件平台, 大大提高了电动汽车整车控制单元的开发效率。

关键词: 电动汽车; 整车控制单元; 平台设计

中图分类号: U469.72 ; TP273

文献标识码: A

文章编号: 2095-3631(2012)02-0035-04

Design and Development of Platform for Electric Vehicle Control Unit

PEI Hai-ling, XIE Yong-bo, WANG Wen-ming, LI Ming-zhe, SHENG Wang

(Hunan CSR Times Electric Vehicle Co., Ltd., Zhuzhou, Hunan 412007, China)

Abstract: Aimed to the facts of electric vehicle such as various types, different requirements on control function and absence of vehicle control unit platform, a platform of hardware and software for electric vehicle control unit has been developed and designed with thoroughly analysis of its control functions for electric vehicle. This platform is based on the 32-bit single-chip MCU only for automobile and the technology of torque control. The development efficiency on vehicle control unit can be improved largely with this platform.

Key words: electric vehicle; vehicle control unit; platform design

0 引言

电动汽车是指由车载电源提供部分或全部动力, 用电机驱动车轮行驶, 符合道路交通、安全法规各项要求的车辆。整车控制单元(Vehicle Control Unit, VCU)是电动汽车控制系统的核心部件, 对汽车的正常行驶、再生能量回收、网络管理、故障诊断与处理、车辆的状态与监控等功能起着关键的作用, 其性能直接影响到整车性能。但目前对整车控制单元的开发仅停留在开发思想^[1]、具体车型应用^[2-6]和具体软硬件应用^[7-8]阶段, 仍未对整车控制单元进行平台化设计和开发。本文以 32 位汽车级芯片和扭矩控制为核心, 设计了电动汽车

整车控制单元软件和硬件开发平台, 避免了不同车型控制单元硬件的重复开发, 提高了控制单元软件模块的重用性和一致性, 将整车控制单元的开发由“设计”转化为“选择”, 大大提高了整车控制单元的开发效率。

1 电动汽车控制功能需求

电动汽车种类包括混合动力电动汽车(包括串联式、并联式、混联式等)、纯电动汽车、无轨电车及增程式电动汽车等。下面简要介绍各类车型动力系统及其控制功能需求, 动力系统示意图中虚线表示能量回收, 附件包括水泵、空调、空压机和助力转向等。

串联式混合动力电动汽车的动力系统如图 1 所示。发动机驱动附件和发电机, 发电机将所发出的电能储存在电池中(或直接用来驱动电机), 最后由电机(既用作电动机也可用作发电机)驱动后桥, 达到驱动整车的目的; 同时, 电机又可用于制动能量回收, 并将电能储存于电池中。

收稿日期: 2012-02-07

作者简介: 裴海灵(1979-), 男, 博士, 主要从事电动汽车整车控制单元的研究开发工作。

基金项目: 国家“863”项目(2011AA11A227)

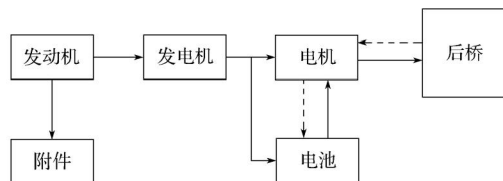


图1 串联式混合动力系统示意图

Fig. 1 Sketch map of series hybrid power system

并联式混合动力电动汽车的动力系统如图2所示。整车动力部分来源于电池，部分则由发动机提供，两部分动力通过动力耦合装置进行耦合；附件由发动机驱动。部分并联式混合动力电动汽车也采用发动机为电池充电方式。

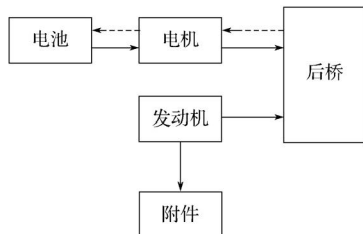


图2 并联式混合动力系统示意图

Fig. 2 Sketch map of parallel hybrid power system

混联式混合动力电动汽车的动力系统如图3所示，它集中了串联式混合动力系统和并联式混合动力系统的优点，既可采用串联模式驱动，也可采用并联方式驱动。附件由发动机驱动。

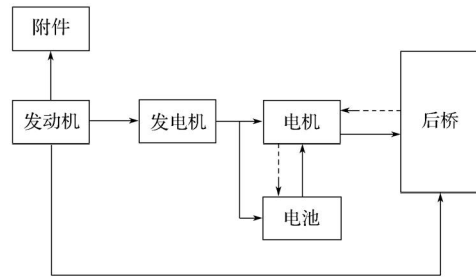


图3 混联式动力系统示意图

Fig. 3 Sketch map of combined hybrid power system

纯电动汽车的动力系统如图4所示。相对于混合动力电动汽车具有两套动力设备的状况而言，纯电动汽车动力方式较为简单。无论何种工况，整车都由电池为电机供电进行驱动。通常采用外接电源为电池充电。由于电池是整车唯一的能量来源，因此所有的附件均由电池驱动。

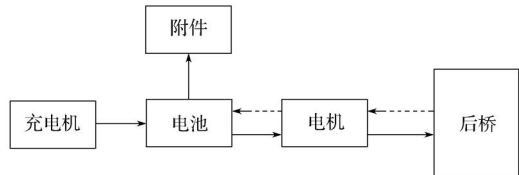


图4 纯电动动力系统示意图

Fig. 4 Sketch map of pure electric power system

无轨电车的动力系统如图5所示，其特点是不仅可

从线网取电供电驱动后桥，而且可通过线网给电池充电。当无轨电车通过无线网路段时，可由电池为电机供电用以驱动后桥。所有的附件同样均采用电驱动。

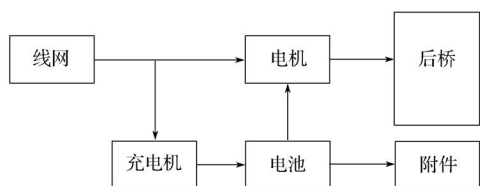


图5 无轨电车动力系统示意图

Fig. 5 Sketch map of trolleybus power system

增程式电动汽车的动力系统如图6所示，其动力输出集串联式电动汽车和纯电动汽车的优点于一体。与纯电动汽车相比，它兼具了行驶里程不受限制的优点；与串联式混合动力系统相比，其系统的APU功率较小，因此其附件多由电池驱动。

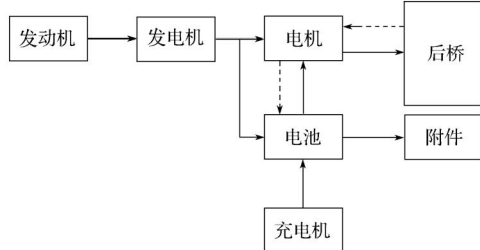


图6 增程式电动汽车动力系统示意图

Fig. 6 Sketch map of extended-range power system

2 软件控制平台

综上所述，各类电动汽车整车控制单元的控制对象不外乎电池、电机、发电机和发动机4种部件，但系统配置因车型种类而异，故所控制的部件亦不同，因此完全具有对电动汽车控制软件进行平台设计的基础。

2.1 扭矩控制

无论电动汽车为何种类型，均可先根据整车运行工况计算得到整车需求扭矩，然后再根据整车配置及工作模式对其扭矩需求进行分割，最后针对各部件的特性对其进行控制。图7示出整车控制单元软件功能模块，包括扭矩计算、扭矩分割、空调控制、热管理、发动机控制、电机控制、发电机控制、机械传动控制、能源系统控制、仪表盘控制以及故障检测及处理等。所有控制功能都基于扭矩计算进行，因此扭矩计算模块是整车控制核心所在。

图8示出扭矩计算模块方框图。扭矩计算时，司机目标扭矩（整车起动时采用起动扭矩计算模块）通过加速踏板位置和车速信息同时考虑离合器信号和变速器信息（若有）计算得到，根据储能单元状态确定发电机需求扭矩和附件需求扭矩，在此基础上计算得到整车

需求扭矩值。

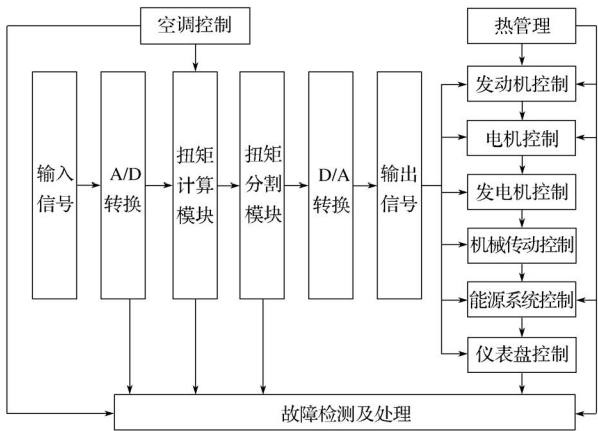


图7 整车控制器功能模块
Fig. 7 Function module of vehicle control unit

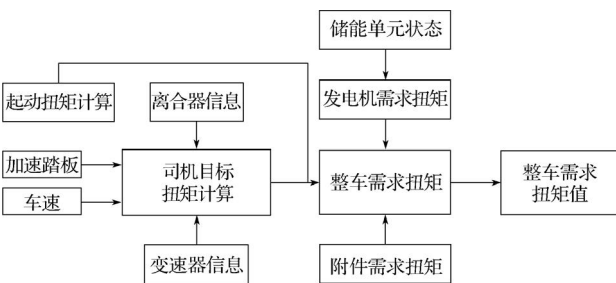


图8 扭矩计算模块图
Fig. 8 Module of torque calculation

起动扭矩计算(图9)时,首先考虑整车的型式以及储能单元的状态,然后选择起动方式,再根据不同的起动方式计算起动扭矩,最后根据冷却水温(或气温)和大气压力对其进行修正。

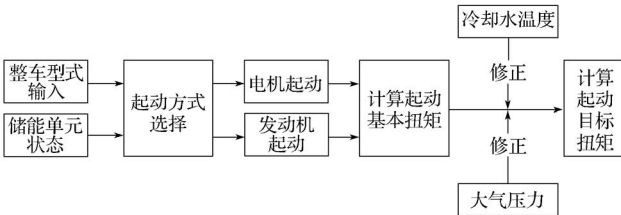


图9 起动扭矩计算模块
Fig. 9 Module of start torque calculation

扭矩分割模块(图10)主要根据整车需求扭矩值、整车型式和储能单元状态确定所需扭矩是由发动机、电机单独提供还是由两者共同提供。若所需扭矩是由发动机和电机共同提供,则需计算出二者各自承担的比例。

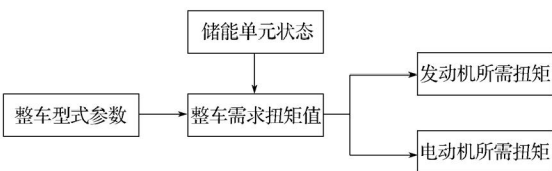


图10 扭矩分割模块
Fig. 10 Module of torque division

2.2 整车通信

CAN总线方式具有传输速率高、成本低、错误处理和检错机制可靠等特点。为保证数据传输的安全性、可靠性和低传输出错率,本平台控制单元采用集通信、标定和诊断3大功能于一体的CAN总线方式进行整车控制器与各部件之间的通信(图11)。

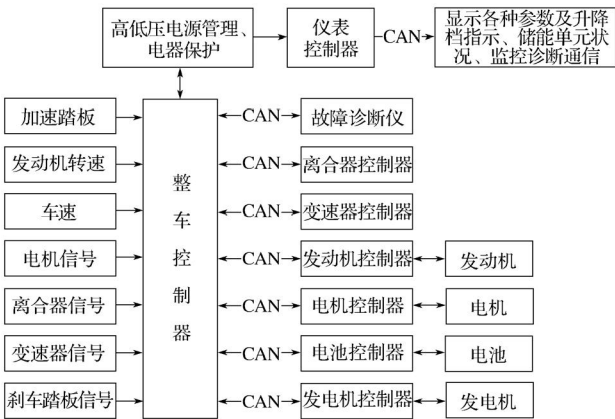


图11 整车控制器与各部件间的通信
Fig. 11 Communication between vehicle control unit and all parts

2.3 故障检测及处理

故障检测分为部件故障检测和系统故障检测两类。部件故障检测在一通电时就进行,通过采集到的信号判断部件是否出现故障及故障可能的种类并在相应的故障位置位,通过故障位信息向整车控制单元报告;整车控制单元接到部件的故障报告后,经故障信息库对故障进行解析,通过仪表盘指示灯或者开发的故障显示系统向司乘人员示意,同时根据故障等级通过整车控制软件进入相应的故障模式。故障处理流程如图12所示。

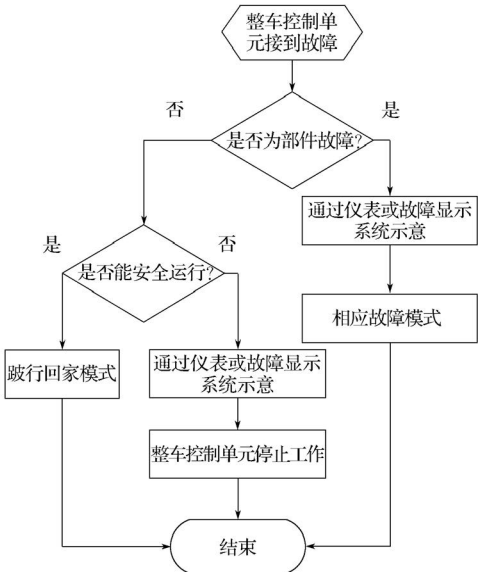


图12 故障处理流程图
Fig. 12 Flowchart for fault treatment

系统故障的检测贯穿在整个控制策略运算过程中,

对每一个信号及关键的中间运算结果都进行判断，一旦出现故障，则马上通过相应故障位置位向控制器报告。控制单元接到系统故障后，通过故障信息库对故障进行诊断，若整车仍可安全运行，则进入跛行回家模式，对发动机和电机的输出扭矩进行限制；若无法保证整车安全运行，则通过仪表盘指示灯或开发的故障显示系统向司乘人员示意，同时对整车控制单元置位使其停止工作。

3 硬件平台

由上述分析得到控制单元平台硬件的最小需求（表1）。本文设计的整车控制单元硬件平台使用 Freescale 公司 32 位汽车级芯片作为单片机。平台硬件电路主要包含以下部分：（1）电压范围为 9~36 V 的供电系统；（2）14 路模拟量输入电路；（3）21 路开关量输入电路；（4）2 路频率量输入电路；（5）4 路模拟量输出电路；（6）20 路开关量驱动输出电路（4 路 PWM 低边输出，4 路低边开关，12 路高边开关）；（7）4 路 CAN 通信系统；（8）延时断电电路；（9）数字核心电路。

表1 硬件需求情况表
Tab.1 Requirements of hardware

项 目	参 数	备注及要求
CPU 主频	>40 MHz	32 位主流汽车级芯片
RAM 容量	>128 kB	
ROM 容量	>1 MB	
FLASH 容量	>2 MB	
铁电存储器容量	1 MB	
CAN 通讯接口	>4 路	
I/O 口	>30 路	
接插件	至少 100 针	电流>1 A
驱动线束直径	2 mm ²	
信号线束直径	0.5~1.0 mm ²	
整车控制器		四层板设计

4 平台上位机开发

上位机软件主要对程序、MAP 及变量进行监控和管理，其界面如图 13 和图 14 所示。具体功能如下：

- （1）提供软件编辑及编译环境。可在上位机进行程序的编写，并在编写完成后进行编译，形成程序目标文件；
- （2）管理标定参数。对程序中的标定参数（常数及 MAP 图）进行编辑、管理，并可生成参数目标文件；
- （3）提供上位机监控、数据记录、参数标定工具软件。可通过 CAN 卡连接对下位机进行变量监控、自定义数据记录和常量标定；
- （4）烧写下位机程序及参数。可将上位机工具生成

的程序目标文件、参数目标文件烧写入下位机中。

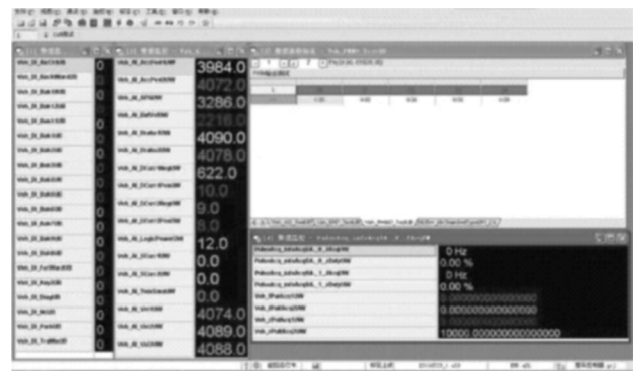


图 13 上位机监控变量功能界面图
Fig. 13 Interface of variable monitoring function for host computer



图 14 上位机程序烧写功能界面图
Fig. 14 Interface of program downloading function for host computer

5 平台的实现

在整车控制单元软硬件平台的基础上，对串联混合动力、并联混合动力、混联式混合动力、纯电动、增程式电动汽车及无轨电车的整车控制单元进行了开发。在开发具体车型的控制单元时，针对不同的功能进行模块选择，通过设置相应状态位屏蔽不需要的功能，在一定程度上避免了各类型式车型电控单元的重复开发，大大提高了开发效率。实车运行监控数据表明，利用该平台开发的各车型均能安全稳定运行，完全达到了各车型整车控制单元开发的要求。

6 结语

本文根据电动汽车的需求设计了整车控制单元软硬件及上位机平台，在成功开发整车控制单元平台的基础上，对各种电动车的控制单元进行了开发。结果表明，利用整车控制单元平台开发各车型的整车控制单元更加简单、高效，为整车控制单元的开发提供了一种新思路。

（下转第 62 页）

C3游隙深沟球轴承后,空载试验温升降为15 K。改型后首批生产4台样机,自2009年投入运用,至今未见轴承异常情况发生,运行情况良好。

3.2 正确设计预紧力

为使轴承良好运行,工作游隙的设计十分重要。根据一般准则,球轴承的工作游隙应为零,或者有轻微的预紧;但对于圆柱滚子和球面滚子轴承,在运作时必须留有一定的剩余游隙(即便游隙很小)^[7]。为了防止由于惯性力矩所引起的滚动体相对于内圈和外圈滚道的滑动、降低运行噪音、提高轴承刚性和运行精度,有些运用场合需给轴承施加预负荷。适当的预载荷有利于轴承的载荷分布,进而利于使用寿命的延长;而一旦预紧力过大,摩擦力及其产生的热量随之增大,加剧滚动体及滚道的磨损,导致轴承寿命降低,因此保持正确的预紧量非常重要^[8]。

预紧力 F_0 的大小应根据载荷情况和使用要求来确定,针对不同类型的轴承, F_0 可按照文献[9]中公式来计算。斜槽定子的轴向磁场力 F_{ma} 存在时, F_{ma} 将沿轴线方向作用在轴承内圈或外圈上,与其他预紧装置施加的力一起合成 F_0 。因此,斜槽定子电机轴承预紧力设计时,应先对斜槽定子磁场产生的 F_{ma} 进行计算,并将计算结果应用到预紧力 F_0 的计算中。

.....

(上接第38页)

参考文献:

- [1] 孙立宁,穆春阳,杜志江,等. 基于V+v开发模型研制双轴并联混合动力客车整车控制器[J]. 吉林大学学报:工学版, 2009,39(4): 1012-1018.
- [2] 王洲. 并联式混合动力车整车控制单元的开发[J]. 西华大学学报, 2008,27(4): 34-37.
- [3] 储著林,石春,窦曼莉,等. 串联混合动力城市客车整车控制器设计与实现[J]. 电子测量技术, 2011,34(11): 9-13.

.....

(上接第50页)

4 结语

TEC3000平台运用效果稳定可靠,为交流传动电气系统的故障定位、性能完善提供了数据支撑和分析手段。该技术平台不仅实现了既有平台的功能扩展,而且还能满足新的用户需求,提升了平台的实用性和可维护性,对变流系统的故障处理及诊断具有较强的指导

4 结语

永磁电机在采用定子斜槽削弱齿槽转矩的同时会对轴承产生附加轴向负荷,其大小与电磁转矩大小和斜槽角有关,方向与电机旋转方向和斜槽角方向有关。轴向负荷的存在,一定程度上将影响轴承的使用寿命,而合理的轴承结构设计,可以减小定子斜槽产生的轴向负荷对轴承的影响,延长轴承的使用寿命。

参考文献:

- [1] 唐任远. 现代永磁电机[M]. 北京:机械工业出版社,1997.
- [2] 汪旭东,许孝卓,封海潮,等. 永磁电机齿槽转矩综合抑制的方法研究现状及展望[J]. 微电机, 2009,42(12): 64-70.
- [3] 王勇. 工业电机中的滚动轴承噪声[J]. 电机与控制应用, 2008,35(6): 38-41,43.
- [4] 檀力华,郭永红. 船用大型高速柴油发电机轴承专题研究[J]. 防爆电机, 2006,132(5): 7-9,35.
- [5] 陈世坤. 电机设计[M]. 2版. 北京:机械工业出版社,1994.
- [6] 维德曼 E,克伦贝格尔 W. 电机结构[M]. 北京:机械工业出版社,1976.
- [7] 窦锋,寇鹏,王斌. 轴承的游隙及游隙的选择[J]. 机械设计与制造, 2009(4): 264-265.
- [8] 姜韶峰,刘正士,杨孟祥. 角接触球轴承的预紧技术[J]. 轴承, 2003(3): 1-4.
- [9] 王雪清. 轴承使用时的预紧情况分析[J]. 轴承, 2001(2): 15-18.

-
- [4] 左义和,项昌乐,闫清东. 混联混合动力车辆整车控制器设计[J]. 微计算机信息, 2010,26(11): 1-3.
 - [5] 罗水平. 纯电动汽车整车控制器开发的探讨[J]. 海峡科学, 2010(12): 64-67.
 - [6] 张亚明,何洪文,张晓伟. 混合动力汽车整车控制器开发[J]. 中北大学学报, 2009,30(6): 530-535.
 - [7] 陈汉顺,罗禹贡,李克强,等. 基于CAN的多能源动力总成控制单元开发[J]. 汽车工程, 2006,28(1): 32-37.
 - [8] 郝甲晨,王旭东,吴晓刚. 基于TC1766的混合动力汽车整车控制器的开发[J]. 自动化技术与应用, 2011,30(11): 12-15.

.....

意义。

参考文献:

- [1] 郑蓓林,俞利明. 基于ARM微处理器的故障记录系统[J]. 现代电子技术, 2006(2): 85-87.
- [2] 张曙光. CRH2型动车组[M]. 北京:中国铁道出版社,2007.
- [3] 史济建,俞瑞钊. 专家系统实现技术[M]. 杭州:浙江大学出版社,1995.