

基于 CAN 总线纯电动汽车整车控制器设计

王佳¹, 蔡志标¹, 杨建中¹

(1.上海海马汽车研发有限公司, 上海 浦东 201201;)

摘要: 整车控制器很好地解决了纯电动汽车线束复杂, 故障诊断困难的问题。本文实现了纯电动汽车整车控制器的四个基本功能: 汽车驱动控制、再生制动能量回馈控制、CAN 总线网关、整车故障诊断功能。另外, 本文详细介绍了整车控制器的系统结构, 硬件设计及软件开发。本文为整车控制器开发打下了良好的基础。

关键词: 整车控制器; CAN 总线; 再生制动; 故障诊断

Design for Center-Controller of Electric Vehicle Based on CAN Bus

Wang Jia¹, Cai Zhi-biao¹, Yang Jian-zhong¹

(1. Shang Hai Haima Automobile R&D Co.,LTD., Pudong, Shanghai 201201, China;)

Abstract: Center-controller is a good solution for complexity of wiring harness and the difficulty of fault diagnosis on the electric vehicle. The paper defines four basic functions of center-controller which are vehicle's driving control, the feedback control of reborn breaking power, the gateway of CAN bus, and the fault diagnosis. Otherwise, the paper introduces the system structure of center-controller, hardware design and software exploitation. The paper is good for the exploitation of the center-controller.

Key words: center-controller, CAN bus, reborn breaking, fault diagnosis

0. 引言

CAN 总线是德国 BOSCH 公司在 20 世纪 80 年代初为解决汽车中众多的控制与测试仪器之间的数据交换而开发的一种通信协议。由于 CAN 总线具有突出的可靠性、实时性和灵活性, 因而得到了业界的广泛认同和运用, 并在 1993 年正式成为国际标准和行业标准, 被誉为“最有前途的现场总线”之一。以 CAN 为代表的总线技术在汽车上的应用不但减少了车身线束, 也提高了汽车的可靠性。在国外现代轿车的设计中, CAN 已经成为必须采用的技术, 奔驰、宝马、大众、沃尔沃及雷诺等汽车都将 CAN 作为控制器联网的手段。由于纯电动汽车动力平台部件之间通讯较多, 导致线束复杂, 给整车布置以及故障诊断带来困难。应用 CAN 总线网络可以很好的解决上述问题。

整车控制器基本功能是对驾驶员的一些操作指令及传感器信号进行数据采集, 根据车辆运行状况, 控制驱动马达及外围执行机构的安全、稳定、科学的工作。对于纯电动汽车来说, 加速踏板、制动踏板、档位开关、动力电池等等部件都会影响到驱动电机的运行状态, 因此需要整车控制器来收集处理这些指令, 并排出优先级, 从而向电机控制器发出正确的指令。总之, 电动汽车整车控制器可以很好的管理和协调电动汽车动力平台部件的工作, 以满足车辆行驶功能和要求。

1. 整车控制器主要功能

1.1 汽车驱动控制

汽车驱动控制包括数据采集及驾驶控制策略的实现, 数据采集包括: CAN 总线信号传递及外围传感器信号如: 制动踏板、油门踏板、点火开关等模拟量及数字量信号。整车控制器根据数据

采集信号，利用科学合理的控制策略，明确、安全地表达驾驶员操作指令及操作目的。

1.2 制动能量的回馈优化控制

再生制动系统是电动汽车独有的，在减速制动时将车辆的部分动能转化为电能，转化的电能储存在储存装置中，最终增加车辆的续驶里程。如果储能器已经被充满，再生制动就不能够实现，所需的制动力就只能由常规的液压系统来提供。现在几乎所有的电动汽车都安装了再生制动系统，实现能量回收。

一般而言[1]，当电动汽车减速、在公路上放松加速踏板巡航或踩下制动踏板刹车时，再生制动系统启动。正常减速时，再生制动的力矩通常保持在最大负荷状态；电动汽车高速巡航时，其驱动电机一般是在恒功率状态下运行，驱动力矩与车速成反比。因此，恒功率下驱动电机的转速越高，再生制动能力就越低。另一方面，当踩下制动踏板时，驱动电机通常运行在低速状态。由于在低速时，电动汽车的动能不足以为驱动电机提供能量来产生最大的制动力矩，因而，再生制动能力也会随着车速降低而减小。

电动汽车的再生制动力矩通常不能像传统燃油车中的制动系统一样提供足够的制动减速度，所以，在电动汽车中，再生制动先于液压制动系统存在。只有当再生制动以达到最大制动能力而且不能满足制动要求时，液压制动才起作用。如右图所示。

再生制动系统，关键在于再生制动与液压制动之间的协调问题。主要表现在：

(1) 为了使得驾驶员在制动时有一种平顺感，液压制动力矩应该可以根据再生制动力矩的变化进行控制，最终使得驾驶员获得希望的总力矩。

(2) 由于在电动汽车上没有发动机驱动液压泵，所以需要有一个电动泵提高液压。液压制动力矩是电控的，将产生的液压传到制动轮缸上。系统采用双管路制动，当其中一条管路失效时，另一条管路必须提供足够的制动力。

(3) 为了使得车辆能够稳定的制动，前后车轮上的制动力必须很好的平衡分配。

为了实现上述要求，再生制动系统结构如下图所示。驾驶员踩下制动踏板以后，电动泵使制动液产生所需的制动力。制动控制与电动机控制协同工作，确定电动汽车上的再生制动力矩和前后轮上的液压制动力。

电动汽车上的总制动力矩是再生制动力矩与液压制动力矩之和和他们之间的比例关系如下图所示：当制动踏板力较小时，只有再生制动力施加到车轮上，并且与制动踏板力成正比。而非驱动

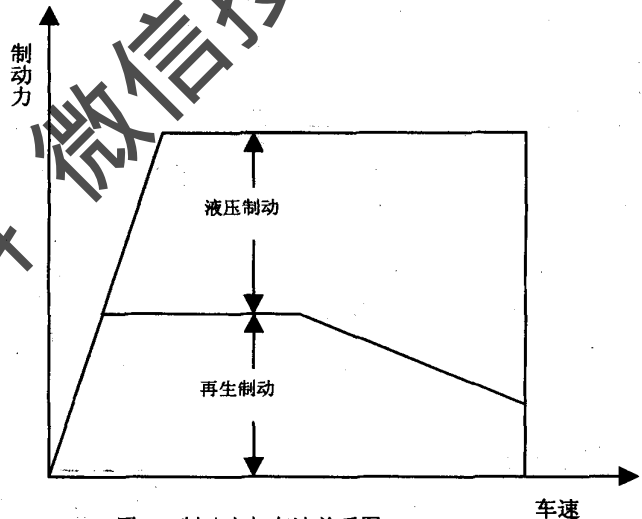


图1 制动力与车速关系图

Fig.1 Relationship between breaking power and speed

车轮上的力由液压系统提供，液压制动力也与制动踏板力成正比。当制动踏板力超过一定值时，最大再生制动力矩全部加在驱动轮上，同时液压制动力矩也作用在驱动轮上，以获得所需的制动力矩。

由于改变现有车辆液压制动系统及其控制器调整难度较大，所以在不改变原有液压制动系统的基础上，引入能量回收系统，并尽量保证整个制动系统的平顺性。

当驾驶员踩下一段行程制动踏板时，在刹车灯亮的同时触发电动机转换为能量回收模式的信号，此时主控制器根据现有的车速条件及电池状态给电机控制器发出指令即电动机制动的输出力矩。随着踏板行程加大，该制动力矩会随之改变。当驾驶员感觉电动制动力矩不能满足制动要求时，继续踩下制动踏板，液压制动系统也会随之起作用。具体功能框图如下图所示。

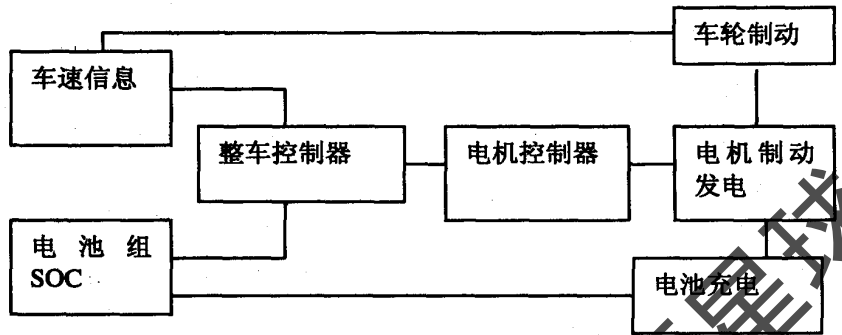


图 2 再生制动功能框图
Fig.2 Function figure of reborn breaking

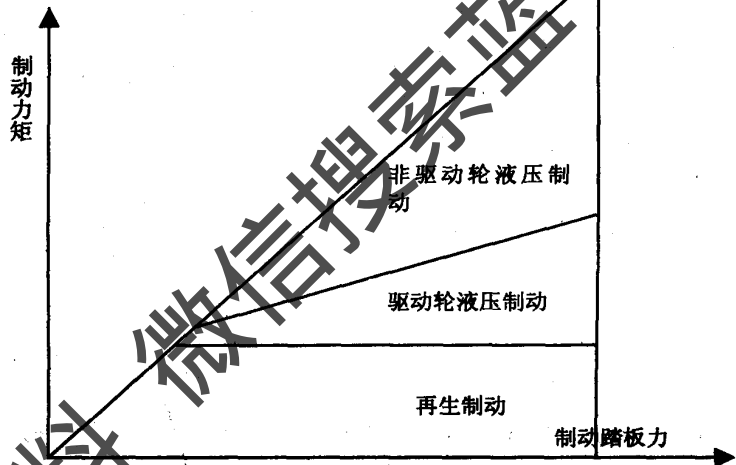


图 3 制动力矩与制动踏板力关系图
Fig.3 Relationship figure between breaking moment and pedal's power

1.3 其他功能

整车控制器还具有 CAN 总线网络的调度和管理、车辆状态监视及组合仪表驱动、故障诊断及保护、故障码存储及回调、控制参数的在线标定等功能。

CAN 总线网络的调度和管理是指进行总线速率、负载率及误码管理，并对不同传送速率总线进行信号转换。车辆状态监视及组合仪表驱动是指向组合仪表或显示器传送当前车况、电池状态、故障信息及关键运行参数。故障诊断及保护，故障码存储及回调是指根据 OBD 标准协议实现在线及离线的故障诊断功能。控制参数的在线标定是指通过 CAN 总线进行控制参数的修改、监测及优化。

2. 整车控制器的系统结构和功能定义

2.1 整车控制器的系统结构

整车控制器的系统结构分为：信号调理功能结构、控制算法功能定义、外围执行机构控制方

法及故障诊断定义，整车控制器的设计基于 CAN 网络总线结构，还涉及 CAN 网络结构及应用层协议定义。每部分都输出相应的功能定义文档。

2.1.1 信号调理功能结构

信号调理主要功能为对输入/输出信号（传感器信号、驾驶员操作信号及总线信号）进行信号调理，使整车控制器能与外围环境进行信号传递。对某些信号进行调理后直接传送到微处理芯片端口。

2.1.2 控制算法功能定义

控制算法包括：整车控制、电机控制、仪表通讯及能量管理。

整车控制主要是对外围信号的软件处理及安全控制；电机控制是根据外围传感器信号及驾驶员的操作指令，提供一个科学、安全的电机目标扭矩及转速。仪表通讯可以实现组合仪表或显示设备与整车控制器的信息传送，可以在仪表或显示设备上显示整车的实际工况，如车速、电机转速、电机温度、电机温度、外围执行机构状况、电池电压、续航里程等；能量管理可以对车载执行机构提供科学的分配方案，对电源管理模块及制动再生模块提供使能与相应的控制信号。

2.1.3 外围执行机构控制方法

外围驱动根据驱动负载的特征及功率采用不同的驱动方法。图 5 为整车控制器对外围执行机构的控制，其中包含集成于执行机构中的车身控制、冷却系统等低速控制执行器。

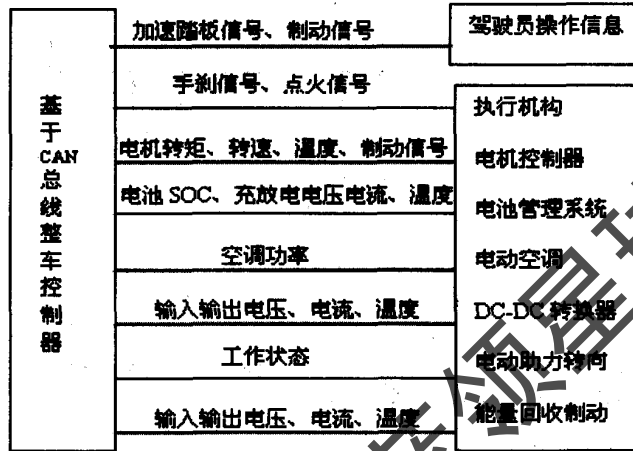


图 4 信号调理功能结构图

Fig.4 The structure figure of signature modulating function

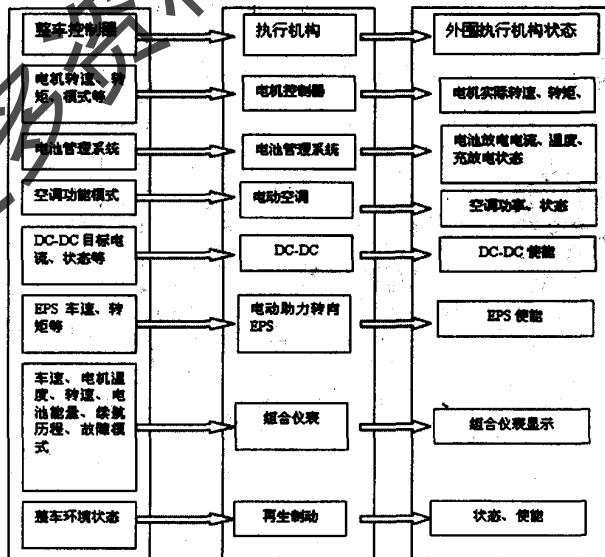


图 5 外围执行机构控制图

Fig.5 The control figure of peripheral executive structure

2.1.4 CAN 总线网络结构

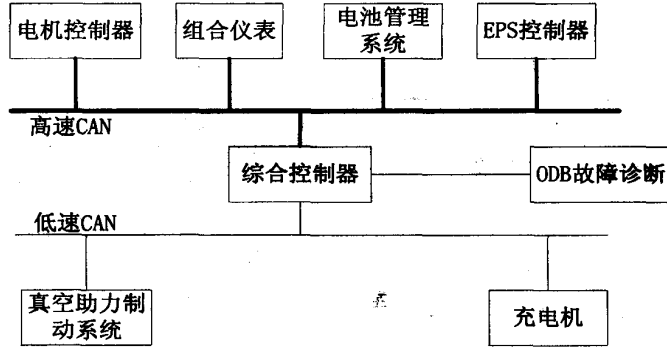


图 6 CAN 总线网络图

Fig.6 The network figure of CAN bus

3. 硬件设计及软件开发

3.1 硬件设计

硬件功能框图如图 7 所示:



图 7 硬件功能图

Fig.7 The function figure of hardware

3.2 软件开发

软件开发框图如图 8 所示:

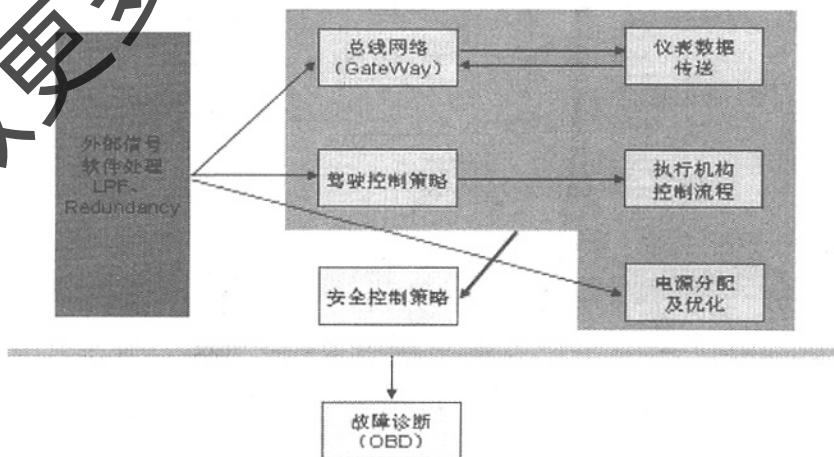


图 8 软件开发原理图

Fig.8 Principle figure of software exploitation

3.2.1 驾驶控制策略

整车控制器对驾驶员操作信号进行处理后，根据整车的运行特征及安全策略，给驱动电机提供一个目标扭矩及转速，形成扭矩—转速双闭环控制。

3.2.2 能量流管理策略

整车控制器每 20ms 读取蓄电池的充电电流、放电电流、SOC 及电池温度等状态值，根据汽车行驶状态（整车环境信号）及动力需求（目标扭矩及转速）调整电机实际需要的理想扭矩与功率输出；当接收到刹车信号时，调整 DC/DC 变换器及电机的工作模式，使能刹车再生制动系统回收发电机能量。整车控制器根据电源管理模块所发送的蓄电池 SOC 均值及当前电机状况，采用蓄电池放电预测参数及开路电压来计算剩余能量并估算续航里程。整车控制器在对续航里程进行估算后，将计算结果及蓄电池状态传送给组合仪表及显示设备。

3.2.3 故障诊断及保护，故障码存储及回调

故障检测对象分为两类，一类是每次读取的传感器数据或传送参数，如读取 EPS 扭矩传感器时，当互补量超出或小于一定冗余范围时，可以判断扭矩传感器及引入线故障。另一类是中间变量或参数，如电机目标扭矩与实际电机的扭矩较正数据及跟随时间可以判断出电机驱动器的响应特性及调节参数。诊断程序按照一定的算法判断读取到的数据是否正常，如果检测到数据超出预期范围，则认为有故障发生，故障分类是根据故障发生的数据类型及危害特征进行分类，并由此确定故障代码。将故障代码以及故障发生的时刻写入到故障信息存储器中。同时，实时诊断的结果将影响到控制程序的执行。根据故障可能带来的危害，也就是故障等级选取不同的控制模式或者中止控制程序

根据一定的协议标准（如：KWP2000、OBD）传送故障代码，并可传送给组合仪表及显示设备，对故障对象和故障代码采用闪烁或红色显示。

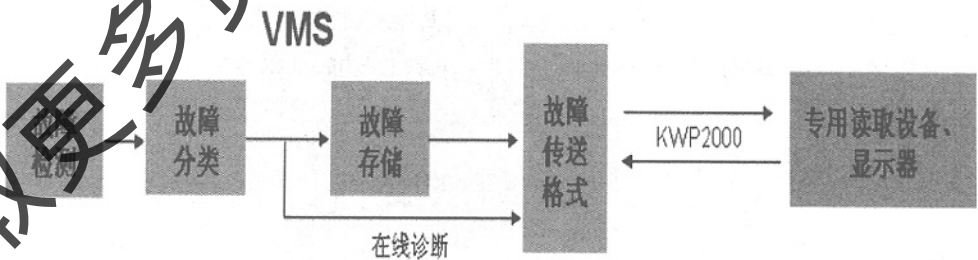


图 9 故障诊断原理图

Fig.9 Principle figure of fault diagnosis

3.3 CAN 网络通讯协议

CAN 数据采用 29 位扩展帧格式[2]进行数据传送：

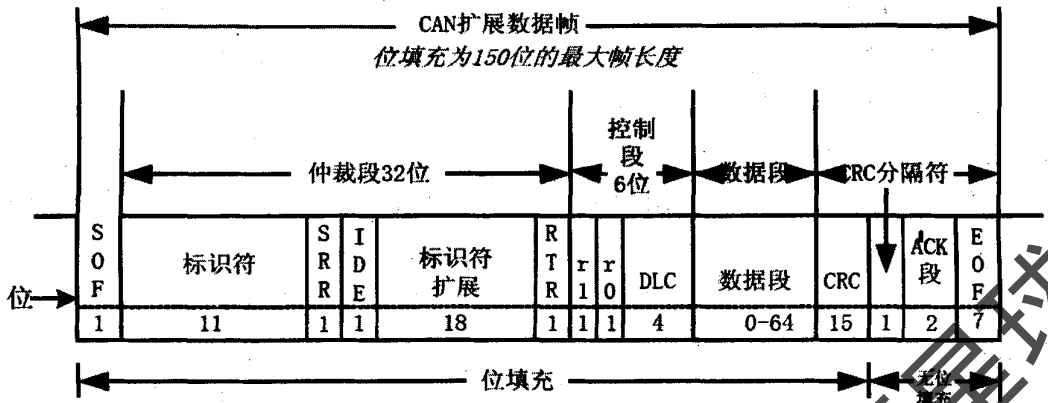


图 10 CAN 网络通讯协议图

Fig.10 The communication agreement figure of CAN bus

3.4 系统集成与调试

系统的集成与调试主要包括：仿真模型软件测试、功能端口调试、HIL 测试等。仿真模型软件测试是指利用 Matlab/Simulink 为整车控制器的软件进行建模，模型包括：驾驶控制模块、执行机构控制模块、能量管理 & 分配模块、故障诊断模块。功能端口调试是将仿真模型利用专门的编译软件编译生成目标代码，并将其下载到目标芯片中，通过实时调节，验证各功能端口。

4. 结论

本文介绍了基于 CAN 总线的纯电动汽车整车控制器的基本原理、基本功能和基本结构。特别是对于纯电动汽车整车控制器的基本功能进行了详细的论述。目前，整车控制器正处于开发阶段，控制策略有待于进一步的优化和调节。

参考文献：

- [6] 陈清泉等. 现代电动汽车技术[M]. 北京:北京理工大学出版社, 2002
- [7] 李东江等. 汽车车载网络系统原理与检修[M]. 北京:机械工业出版社, 2005