

# 串联式混合动力汽车APU优化控制方法

郭俊, 李雪峰, 唐广迪, 刘文洲

(湖南南车时代电动汽车股份有限公司, 湖南 株洲 412007)

**摘要:** 对于串联式混合动力汽车, 功率跟随控制策略虽然可以显著提高燃油经济性, 但也因此加剧了APU动态变化, 这样, 在整车控制策略中必须对APU的动态行为进行优化。本文以APU的动态响应为目标, 基于J1939协议, 对发动机采用CAN总线直接控制, 提高了发动机的动态响应速度。

**关键词:** SAE J1939; CAN总线; 串联式混合动力汽车

**中图分类号:** U462.2

**文献标志码:** A

**文章编号:** 1006-3331(2009)04-0013-03

## Optimization Control Method of Series Hybrid Electric Vehicle APU

GUO Jun, LI Xue-feng, TANG Guang-di, LIU Wen-zhou

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

**Abstract:** APU power following strategy will improve the fuel economy in the control of series hybrid electric vehicles, but this will also increase the dynamic processing of APU. So it is necessary to optimize the APU dynamic behavior in the power control strategy. This paper introduces a method which can control engine directly by CAN-bus based on SAE J1939 greatly improve the engine dynamic response.

**Key words:** SAE J1939; CAN-bus; series hybrid electric vehicle

串联式混合动力汽车中, 发动机与车轮之间没有机械动力耦合, 与并联式混合动力汽车相比, 发动机可以在更优的状态和区域工作。在简单的开关式规则控制中, 发动机工作在一恒定的最优点。戴姆勒-克莱斯勒公司的Abthoff等人<sup>[1]</sup>的研究表明, 与开关式规则控制相比, 基于规则的功率跟随控制策略可以显著提高燃油经济性。因此, 如何充分利用以上串联式混合动力汽车的结构特点, 从系统优化的角度优化APU(主要是发动机)的运行是串联式混合动力汽车能量分配策略的关键。另一方面, 由于动态变化过程中APU存在动态能量损失<sup>[2]</sup>, 在实际能量分配策略的优化中必须考虑APU的动态行为。本文结合串联式混合动力汽车的工作特性, 以优化APU运行特别是APU的动态运行行为为目标, 与合作发动机厂开发了基于J1939协议的发动机CAN总线直接控制系统。

### 1 SAE J1939协议

J1939是美国汽车工程协会(SAE)的推荐标准, 是为中重型道路车辆电子部件间的通讯提供标准的体

系结构。它由“卡车与大型客车电气与电子委员会”(Track & Bus Electrical & Electronics Committee)下属的“卡车与大型客车控制和通讯网络附属委员会”(Track & Bus Control and Communications Network Subcommittee)开发编写。

J1939基于德国Bosch公司(Robert Bosch GmbH)开发的控制器局域网络CAN(Controller Area Network)。它描述了重型车辆现场总线的一种网络应用, 按照ISO的开放式数据互联模型定义的七层基准参考模型制定, 包括CAN网络物理层定义、数据链路层定义、应用层定义、网络层定义、故障诊断和网络管理等。

目前, SAE J1939标准已经成为世界各大车辆部件制造商均采用的重要通信标准, 尤其在大客车、载货汽车、特种车辆和工程机械中得到广泛应用。SAE J1939标准由多个子标准组成, 其中, 车辆应用层子标准J1939-71是应用最广泛的。

### 2 通信网络

在发动机ECU和整车控制器之间建立基于SAE

J1939协议的通信网络,使整车控制器可以通过CAN总线按J1939协议进行通信控制。这一网络由发动机ECU节点、整车控制器节点、总线监控器节点、总线和总线终端电阻组成。各节点通过CAN总线连接在一起,按照J1939的要求,通过网络实现数据共享和传输。通信网络结构如图1所示。



图1 通信网络结构图

图1中,发动机为玉柴的柴油电控系统,其ECU直接控制发动机的电子执行设备,可以实现对燃油喷射的控制,从而进一步实现对发动机转矩和转速的控制。发动机控制器的地址按J1939分配为0。整车控制器是我司自制开发的控制系统,用于实现整车动力系统协调控制及发电机控制。整车控制器的地址分配按《电动汽车控制器局域网络(CAN总线)通讯协议(讨论稿)》中依据J1939扩展的定义新分配为208。总线监控设备采用的是德国Vector Informatik公司开发的CAN总线监控系统。该系统中,CANoe是CAN、LIN、MOST、FlexRay和J1587的系统级专业开发工具。CANoe的J1939选项允许用户在跟踪窗口中符号化显示监测到的通信过程和传输的参数组,所有的相关信息在一行上输出,例如参数组标号、优先级、源地址和目标地址。

### 3 控制器参数组

J1939中对各种参数和其具体格式进行了规定,如标识符、优先级、参数范围等。其中参数又划分为状态参数和测量参数:状态参数表示具有多态信号的某一种状态,如巡航控制激活/关闭、错误代码等;而测量参数则表示所接收到的信号值的具体大小,如缸内爆发压力、发动机转速等。

串联式混合动力车项目开发中,发动机与整车控制器传输的参数包括:发动机水温、发动机转速、发动机油门、负荷率、进气温度等。这些数据包含在J1939定义的EEC1、EEC2、ET1等参数组中。

控制发动机转速/转矩的参数组是TSC1,图2为其发送的报文。

P	R	DP	PF	PS	SA	Data Filed
3	1	1	8	8	8	0-64
000 011	0	0	000 000 00	000 000 00	110 100 00	xxx xxx xx...
0C			00	00	D0	

图2 TSC1数据报文

1) 参数组TSC1的定义。传输重复率:当激活时,发动机10 ms,缓速器50 ms;数据长度:8字节;数据页:0;PDU格式(PF):0;PDU专用(PS):0;默认优先级:3;参数组编号(PGN):0(000 000 h)。

2) 数据字节的定义。字节1为控制字节,它的8位含义如下:Bit1,2为超驰控制模式(SPN695);Bit3,4为转速控制要求状态(SPN696);Bit5,6为超驰控制模式优先级(SPN897);Bit7,8为未定义;字节2,3为控制要求转速/控制要求转速限制(SPN898);字节4为控制要求转矩/控制要求转矩限制(SPN518)。

上面每个参数后面的SPN为该参数的可疑参数编号,它用来标识与ECU相关的特点元素、部件或参数。这里说明一下超驰控制模式(SPN695)和转速控制要求状态(SPN696)的定义。

①超驰控制模式(SPN695)定义对发动机用何种模式控制——00:不控模式(不能使超驰控制);01:转速控制模式(控制发动机在要求转速运行);10:转矩控制模式(控制发动机在要求转矩运行);11:转速/转矩限制模式(控制发动机在限制转速/转矩运行)。

②转速控制要求状态(SPN696)定义转速控制时发动机所处的状态——00:非固定状态下的暂态优化控制;01:非固定状态下的稳态优化控制;10:行车状态下的稳态优化控制;11:动力输出(PTO)状态下的稳态优化控制。

### 4 实际应用与分析

本课题实际应用在湖南南车时代开发的07B串联式混合动力汽车上,该车发动机是玉柴YC-4E160,可靠性高,有较高动力性,使用维修方便;采用德国BOSCH电控高压共轨技术,排放满足国Ⅲ标准。该车的整车控制系统是我司开发的SHZK20,它包括整车控制器(VCU)、励磁电路、驱动转接板等三部分。整个车辆的控制(动力系统管理、APU等)都由

VCU完成,该VCU采用的CPU为Freescale561,芯片运算能力(尤其是浮点运算能力)和速度完全满足控制系统需求。

561内部自带3个CAN2.0B控制器(TouCAN),分别称为CANA、CANB和CANC,与发动机ECU通信采用的是CANB。在进行CAN通讯时,首先在单片机通电后初始化各缓冲区,确定传输的ID、收发信号、数据长度等,当初始化完成后打开中断。当信息到来时,会进入接收中断服务子程序,在判定来源后,将其中数据导出到程序中的缓冲变量保存,此时不做处理,这样做的目的是尽量减少中断服务子程序所占用的时间,保证主程序运行的连贯性与实时性。

依据串联式混合动力公交车的工作特性,在实际应用中对发动机采取的控制模式是转速控制模式,考虑到串联式混合动力汽车APU功率主要用在整车功率输出上,所以采用的控制状态为动力输出(PTO)状态下的稳态优化控制。

在对发动机直接采用CAN总线的转速控制之后,APU响应速度显著提高。从图3可以看到,在启动时APU的响应速度达到了25 kW/s,而在APU响应速度提高之后,系统油耗降低了15%。在APU响应速度提高之后,电池电流控制在了100 A以下,电池功率低于40 kW,这样就大大延长了电池寿命,降低了电池损耗。

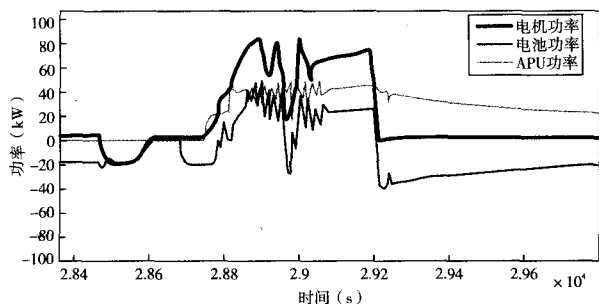


图3 APU功率输出

## 5 结束语

区别于传统的油门控制发动机的方式,直接利用基于J1939协议的CAN总线控制发动机,可以大大提高控制的可靠性。同时,对采用跟随策略的混合动力汽车APU控制来说,更快的APU响应速度能够大大降低油耗,减少动态过程的中间损耗。而采用CAN总线控制发动机的方式,在快速的APU响应方面具有不可比拟的优势。随着CAN总线应用领域的不断发展,SAE

J1939必将得到更好地应用。作为目前汽车电子控制领域最为全面的通讯协议,了解并掌握这个协议对于研究开发人员进行汽车电子控制器的开发,提供了一个开发标准和开发接口,能有效提高汽车电子控制系统的通用性,在开发相同功能的控制模块下,能大大缩短开发周期,降低开发成本。

### 参考文献:

- [1] Abthoff J, Antony P, Kramer M, et al. The Mercedes-Benz C2 Class Series Hybrid[C]. SAE Paper 981123.
- [2] Talesjo Aso, Masato Fukino, Toshio Kikuchi, et al. Simulation Study of Third Generation Series Hybrid System [C]. EVS215, Brussels, Belgium, October 1998.
- [3] 何彬. 串联式混合动力汽车能量管理及其动态控制研究 [D]. 北京: 清华大学汽车工程系, 2007.
- [4] SAE Standard. Vehicle Application Layer SAE J1939 /71 Issued, 1997. Page 8, 64, 67, 68, 154.

修改稿日期: 2009-05-25

## 投稿须知

- 1、稿件应具有科学性、创新性、真实性、规范性及实用性;要求选题新颖、内容正确、条理清晰、文字简练。一般文章不宜超过5 000字。图表应少而精,不可与文字重复;表的结构应简洁;照片应清楚;图比例适宜,线条粗细适中,并标明图注。
- 2、计量单位一律采用国家颁布的法定计量单位,不规范的单位应换算成法定计算单位。外文字符应分清文种、大小写、正斜体及公式中的上下角标等。
- 3、正文前应加100~200字的中、英文摘要及3~5个中、英文关键词。参考文献只列出已经公开出版且在文中直接引用的主要文献,内部刊物及资料等请勿作文献引用。
- 4、请勿一稿两投或多投。除特别要求外,一般不退原稿。作者文责自负。务必给出全部作者的单位、地址、邮编及第一作者的出生年月、性别、职务、职称、研究方向、技术成果、有效电话和E-mail。一般情况,自收稿之日起,一个月内本刊将向作者通报初审结果,逾期未收到处理意见的可发邮件询问。
- 5、稿件如获得有关政府部门或社会团体设立的研究基金或课题资助,务请列出基金名称及编号,并附基金批准书或合同书的复印件,本刊将给予适当优先刊用。
- 6、在本刊刊出的稿件如有获奖或取得较好社会效益和经济效益的,请作者及时将信息反馈给编辑部,以备推荐参评优秀论文之用。
- 7、为促进学术交流,扩大交流渠道,所有刊用的稿件将自动进入“中国期刊全文数据库”、“万方数据数字化期刊群”和“中文科技期刊数据库”全文收录,其作者著作权使用费在本刊稿酬中一次性给付。如不同意文章被收录,请来稿时申明。
- 8、稿件一经刊出,即付一定稿酬并赠送当期刊物两份。
- 9、编辑部电话:(023)62653044 62653158; E-mail: btrcq@163.com。

《客车技术与研究》编辑部