

DOI:10.3969/j.issn.1001-4551.2017.11.015

电动汽车两档机械自动变速器控制器设计^{*}

吴庆淼¹, 谢伟东^{2*}, 陈靖韬², 孙胜登²

(1. 浙江尤奈特电机有限公司, 浙江 永康 321300; 2. 浙江工业大学 机械工程学院, 浙江 杭州 310014)

摘要:针对目前电动汽车的换挡品质欠佳和经济性低的问题,提出了新型电控式机械两档自动变速器设计。该变速器基于电动汽车电控式机械自动变速器控制器的结构以及工作原理,采用直流有刷电机作为电控式 AMT 控制器的执行换挡电机,选用了 Freescale 公司的 MPC5634 单片机设计了变速器控制器硬件电路,并通过分析电控式 AMT 的基本控制方式,设计了控制器的主程序以及各个子模块程序,增加了 CAN 通信模块和串口通信模块来实现电控式 AMT 控制器与整车系统的数据传输,最后对控制器进行了台架换挡试验。实验结果表明:所设计的控制器能很好地实现换挡操作功能,且性能稳定。

关键词:电动汽车;电控 AMT;CAN 通讯;换挡电机

中图分类号:TH39;U469.72

文献标志码:A

文章编号:1001-4551(2017)11-1304-05

Controller for automatic mechanical transmission with two tranches for electric vehicle

WU Qing-miao¹, XIE Wei-dong², CHEN Jing-tao², SUN Sheng-deng²

(1. Zhejiang Unitemotor Co., Ltd., Yongkang 321300, China;

2. School of Mechanical Engineering, Zhejiang University of Technology, Hangzhou 310000, China)

Abstract: Aiming at the problems of poor quality and low economy of gear shifting of electric vehicle, the new type of electronically controlling AMT was proposed. The transmission was based on the structure and principle of normal AMT. The DC brush motor was used as a select and shift gear motor of electronically controlling AMT. Therefore, MPC5634 microcontroller from Freescale was selected to design the hardware circuit of the transmission controller, and the main program and various sub-module programs of the controller were designed by referring to the basic control mode of normal electronically controlling AMT, and the CAN communicating module and serial communicating modules for achieving the data transferring between ECU and the controller of the electronically controlling AMT were added. The bench tests of gear shifting of the controller indicates that the design of the controller can be an efficient shifting operation and a stable performance.

Key words: electric vehicle; automatic mechanical transmission (AMT); CAN communication; shift motor

0 引言

目前,适合电动汽车使用的变速器也成为电动汽车研究的热点之一^[1]。电控电动式机械自动变速器凭借其结构简单、可靠性好等优点在电动汽车中得到了广泛的应用。目前,国际上对电动汽车 AMT 换挡控制技术的研究主要集中在换挡过程控制和换挡规律研究两大方面^[2]。换挡过程控制技术决定了电动汽车

在行驶过程中的换挡品质和行驶平顺性,是机械自动变速器控制的重要研究方向之一,换挡电机是 AMT 的换挡执行动力源,影响 AMT 控制器的性能^[3]。

本研究提出电控式机械两档自动变速器。

1 AMT 控制器的工作原理

AMT 是一个典型闭环控制系统,由传感器、执行机构、控制器 3 个部分组成。AMT 控制器负责接收传

收稿日期:2017-01-20

基金项目:浙江省电动汽车动力总成工程技术中心建设项目(2013E10031)

作者简介:吴庆淼(1961-),男,浙江金华人,高级工程师,主要从事电动汽车动力总成设计方面的工作。E-mail:wuqingmiao@unitemotor.com

通信联系人:谢伟东,男,教授,硕士生导师。E-mail:xwd@zjut.edu.cn

传感器信号并发送指令给执行机构,同时采集选换挡电机电流作为反馈信号,控制选换挡电机的输出扭矩^[4]。AMT 系统工作原理如图 1 所示。

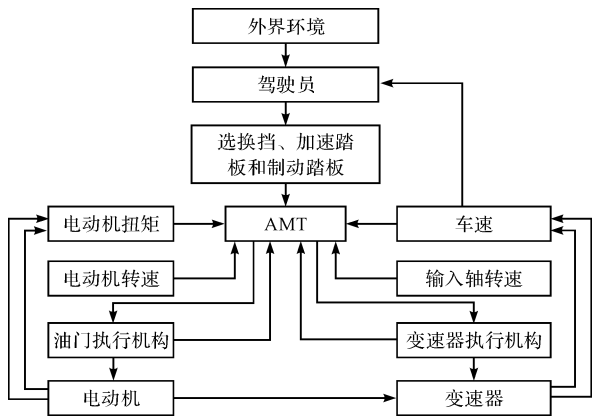


图 1 AMT 工作原理图

AMT 控制器根据驾驶员的驾驶行为,在接收到油门信号、电机转速信号、制动踏板信号、车速信号以及档位信号时,根据换档控制策略进行相应的换档操作。档位位置信号由 AMT 系统内部霍尔传感器提供,车速信号和电机转速信号通过 CAN 获取^[5],以减少对整车电气资源的占用,电流反馈信号通过电流采样模块获取。

2 AMT 控制器硬件实现

2.1 MPC5634 功能特点

MPC5634 是由美国 Freescale 公司生产的汽车级 32 位微处理芯片,片内有 1.5 MB Flash EEPROM 存储空间,94 KB RAM 运行内存,满足 AMT 控制程序的存储与运行需求;内置锁相环硬件模块,具备内部超频功能,加快软件运行速度的同时,减少对其他器件的电磁干扰,整体运行更加稳定。

2.2 硬件构架

AMT 控制器的电源模块将车载 12 V 电压转化为 5 V 和 3.3 V 供给 MCU 以及各路传感器。MCU 接收来自各路传感器采集的数字信号、模拟信号以及脉冲信号和来自 CAN 总线网络的车速信号,电机转速信号等来实现 MOSFET 驱动芯片输出两路 PWM 信号控制芯片的导通。驱动芯片将来自 MCU 的微弱电信号放大以满足驱动 MOSFET 管的电流大小。整流及调压则由 2 路 4 个 P 型 MOSFET 组成的 H 桥电路,用以驱动两个用于换选档的直流有刷电机。电流检测模块用于反馈换档电机电流的大小,反馈信号一路供给驱动芯片作硬件保护,另一路则供给 MCU 用于软件保护,这样就能同时满足整个系统静态和动态要求^[6]。

从 AMT 控制器的功能需求出发,本文设计的控制器硬件构架如图 2 所示。

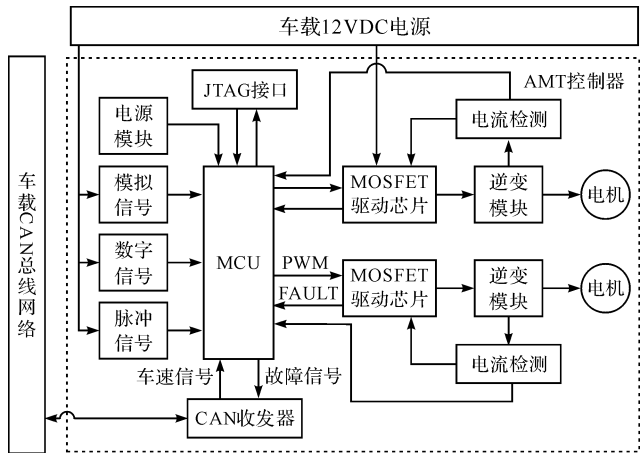


图 2 AMT 控制器硬件构架

2.3 AMT 硬件模块设计

AMT 控制器主要包括电源模块、主控制器模块、驱动电路模块、CAN 通信模块、SCI 通信模块、电流采样模块、JTAG 调试模块以及过流保护模块。

2.3.1 CAN 通讯电路

MPC5634 单片机内置 MSCAN 模块,支持 CAN2.0A/B 协议。AMT 控制器的 CAN 通讯电路原理图如图 3 所示。

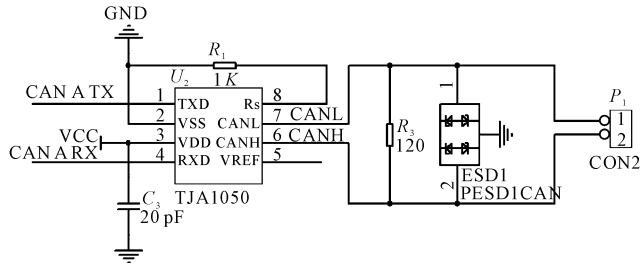


图 3 CAN 通信电路原理图

2.3.2 电机驱动电路设计

电控电动式 AMT 系统采用的直流有刷电机作为换档执行机构的动力源,采用 MOSFET 作为电子开关,这里笔者选择国际整流 IR 公司的 AUIRFS8403 型 MOSFET 作为电子开关,完全能满足电控 AMT 选换挡电机的驱动需求。另外,考虑到单片机引脚端输出的电信号无法直接驱动芯片工作,笔者提出采用 IR 公司的 AUIRS2004S 直流电机 H 桥专用驱动器将驱动电流放大后再驱动电子开关的通断切换。这里采用两个 AUIRS2004S 驱动芯片布局驱动电路,通过主控芯片发送两路 PWM 波,实现直流电机 H 桥驱动电路 4 个 MOSFET 的切换,实现电机的正反转以及制动^[6],还具有过压、欠压和过流保护功能^[7]。另外,主控芯片能

3 AMT 控制器软件实现

结合 AMT 控制器的控制目标确定 AMT 控制器的控制方式。

3.1 AMT 软件部分总体设计

电控电动式 AMT 控制系统软件部分采用模块化编程,电控 AMT 控制系统主程序如图 7 所示。

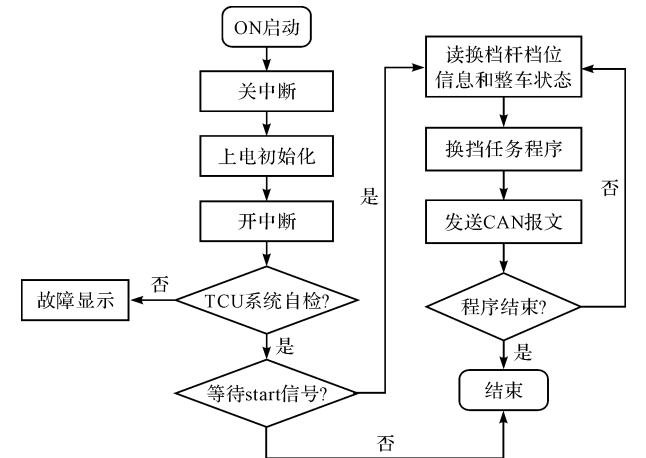


图 7 软件总体流程图

电动汽车钥匙插入,ON 档位开关打开,控制系统启动。首先,中断关闭,对主控芯片 I/O 口、A/D 模块、CAN 总线模块、PWM 模块、时钟模块、EEPROM 以及串口通讯模块进行初始化,完成后打开中断。自动变速器控制单元执行检测各模块子系统是否处于正常标志位,如若系统不正常就报告错误信息,如若正常就等点火开关的 START 信号。

驾驶员打开点火开关后,TCU 率先读取换挡杆位置信号,据此判断驾驶员操作意图,随后通过 CAN 总线获得动力电机的转速、车速、油门开度信号等,根据事先制定好的换挡规律进行换挡控制。在完成换挡后并满足 CAN 报文发送条件的前提下,将当前档位信号通过 CAN 通讯发送给整车控制器。

3.2 控制算法设计

该系统采用电控电动换挡执行机构作为换挡驱动方式,因此存在定位精度偏低的情况。为确保精确实现换挡和选档动作,完成平顺,快速换挡,对于选换挡电机都采用经典比例-微分(PD)控制算法,实现换挡位置传感器和选位位置传感器反馈信号电流闭环控制^[8]。

基于 PD 算法的 AMT 执行机构控制如图 8 所示。

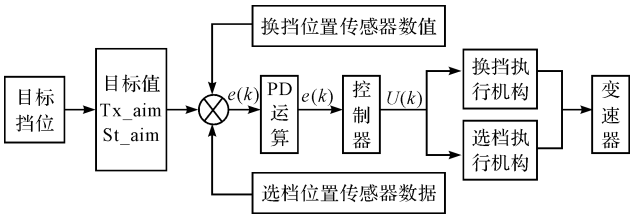


图 8 基于 PD 算法的 AMT 执行机构控制

4 实验结果分析

本文对自主设计的 AMT 控制器进行台架实验^[9-10],在实际工况下选换挡电机的运行情况如图(9~11)所示。

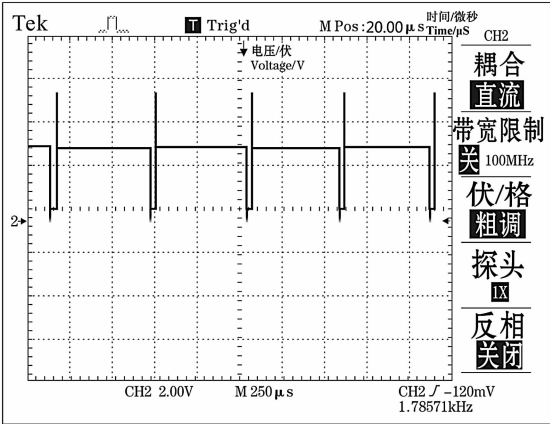


图 9 电机隔离输入端 PWM 波形

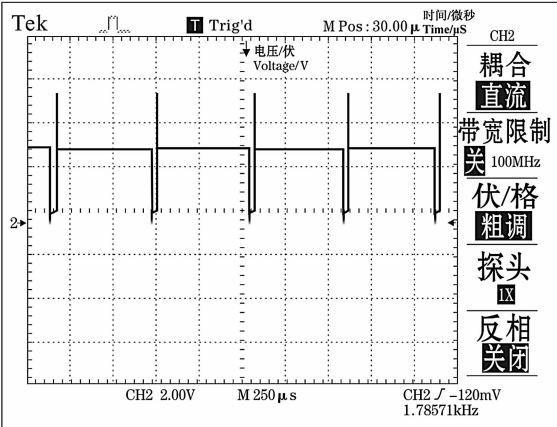


图 10 电机输入端 PWM 波形

最终,由试验确定 PWM 占空比为 90% 时选换挡电机工作状态最理想,采用电机转速测试仪测得当前转速为 22 rad/min。从图中的电机电流特性曲线发现:驱动信号波形顶部存在些许由电机反电动势引起的毛刺现象。

经过上述台架试验以后,接下来笔者进行了整车道路试验。由于试验条件的限制,这里采取主观判断的方式来确认换挡过程的平顺性和舒适性。通过整车

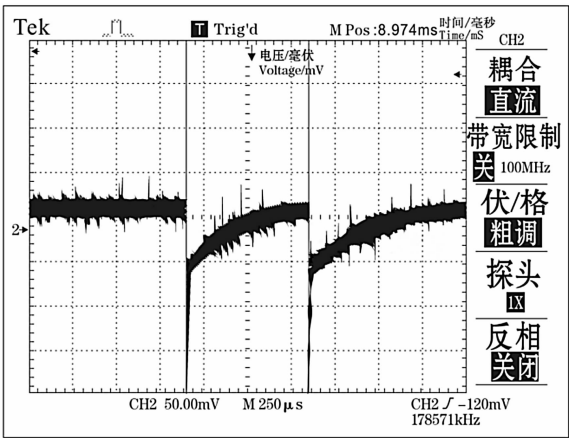


图 11 PWM 为 90% 时电机电流特性曲线

道路实验,得到 AMT 控制系统的测试结果,如表 1 所示。

表 1 AMT 整车试验结果分析

档位	换挡时间/s	换挡平顺性	换挡冲击度
1 档 升 2 档	0.75	一般	较小
2 档 降 1 档	0.57	较好	较小
倒档	0.13	---	---
挂空档	0.15	---	---

在空载的情况下,本研究验证了 AMT 控制系统能够驱动换挡执行机构,按照所发的指令进行换挡操作。换挡平顺性较好,换挡冲击也比较小。

5 结束语

本研究基于飞思卡尔 MPC5634 型主控芯片,设计了一款用于电动汽车两档机械自动变速器控制器,并加入 CAN 通信功能。经台架试验验证,结果表明,控制器软、硬件工作正常,选换挡电机正、反转运行自如,并能实时针对输入信号进行选换挡操作。

在整车试验中,电动汽车在行驶过程中能快速、准

确实现选换挡动作,有效降低了 AMT 变速器换挡冲击,提高了电动汽车的乘坐舒适性。本研究的成果能够实现电动汽车驱传动系统更加高效运行,有一定的工程实用价值。

参考文献 (References):

[1] 付主木. 电动汽车运用技术[M]. 北京:机械工业出版社, 2014.

[2] XI Jun-qiang, XIONG Guang-ming, ZHANG Yan. Application of automatic manual transmission technology in pure electric bus[C]. Vehicle Power and Propulsion Conference, Harbin:IEEE,2013.

[3] LIU Hong-bo, LEI Yu-long, LI Zhan-jiang. Gear-shift strategy for a clutch-less automated manual transmission in battery electric vehicles[J]. SAE International Journal of Commercial Vehicles,2012,5(1):57-62.

[4] 吴 森,周炳峰,樊 荣. 基于电机主动同步原理的 AMT 设计[J]. 武汉理工大学学报:信息与管理工程版,2010, 32(4):569-572.

[5] 宫江海,唐厚君. CAN 总线在电动汽车上的应用研究[J]. 工业控制计算机,2012,17(3):23-24.

[6] 黄富长. 永磁同步电机伺服驱动系统若干关键技术研究[D]. 大连:大连理工大学电气工程学院,2014.

[7] 邵 瑜,李声晋,卢 刚. 一种无刷直流电动机驱动及保护电路设计[J]. 微电机,2008,41(8):49-51.

[8] 张承宁,武小花,王志福,等. 电动车辆 AMT 换挡过程中驱动电机控制策略[J]. 北京工业大学学报,2012, 38(3):325-329.

[9] 高佳明. 电控机械式自动变速器换挡规律的研究与仿真[D]. 大连:大连理工大学机械工程学院,2010.

[10] 赵熙俊,王洪亮. AMT 可靠性台架试验方法研究[J]. 汽车技术,2009,31(9):882-886.

[编辑:张 豪]

本文引用格式: