[控制系统]

并联混合动力汽车AMT控制系统设计

文/铜川职业技术学院基础部　张风彦　宋　艳
北京理工大学机械与车辆学院　张风奇

针对混合动力汽车AMT控制系统进行设计，从硬件设计和软件设计两方面进行阐述。硬件设计中，以飞思卡尔MPC5644A芯片为控制核心，介绍了各部分电路的主要功能；软件设计中，采用模块化设计，实现对换档过程的自动控制。最后，进行了实车试验，试验结果表明，设计的AMT系统可以较好地实现换档过程，换档时间较短。

混合动力汽车通常包含有发动机、电动机两个动力源。自动机械式变速器（Automated Mechanical Transmission，AMT）在自动变速器家族中占据重要的地位。它是在传统机械式变速器上加装一套自动执行机构，可以实现自动换档功能，具有传动效率高、成本较低及易于制造等优点，可以广泛应用于混合动力客车中。AMT是一个复杂的多输入多输出控制系统。为了实现对换档过程的自动控制，需设计AMT控制系统。

系统组成

AMT系统主要由控制单元、控制软件及各种传感器等组成。图1为AMT控制系统示意图，其中，TCU为自动变速器控制单元，控制系统的基本工作原理是通过变速器输入轴、输出轴传感器采集变速器输入轴和输出轴转速，并采集选换档位移、发动机、电动机转速及目标档位，设定合理的控制逻辑，由控制单元输出控制信号至换档执行机构，实现对AMT系统的自动控制。

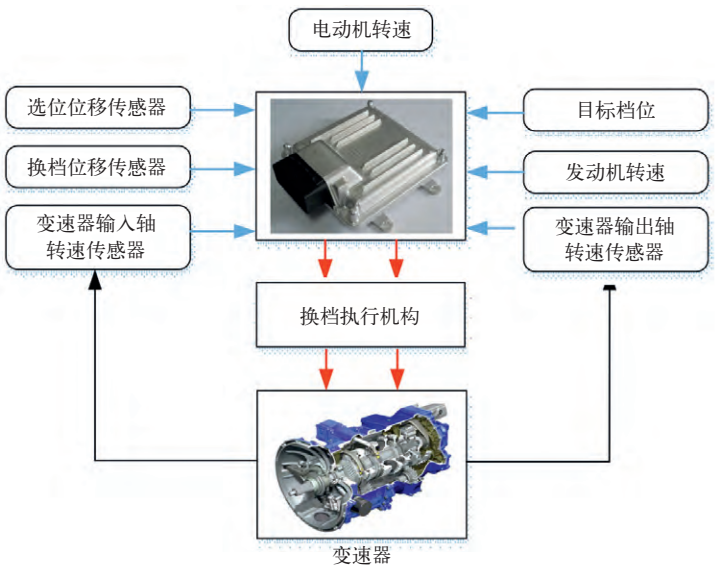

图1　AMT控制系统示意图

硬件设计

AMT的控制单元以飞思卡尔MPC5644A为控制核心，并且设计相应的处理电路，其硬件框图如图2所示。AMT 控制器主要由微控制器、电源电路、驱动电路、CAN通信电路及信号处理电路组成。各部分电路功能如下。

1．微控制器

微控制器为MPC5644A控制芯片，它具有快速高精度的采样及A/D能力，频率信号精确采集和高速处理能力。并且具备多路 PWM 输出控制和I/O输出控制的能力，能够支持浮点数计算。

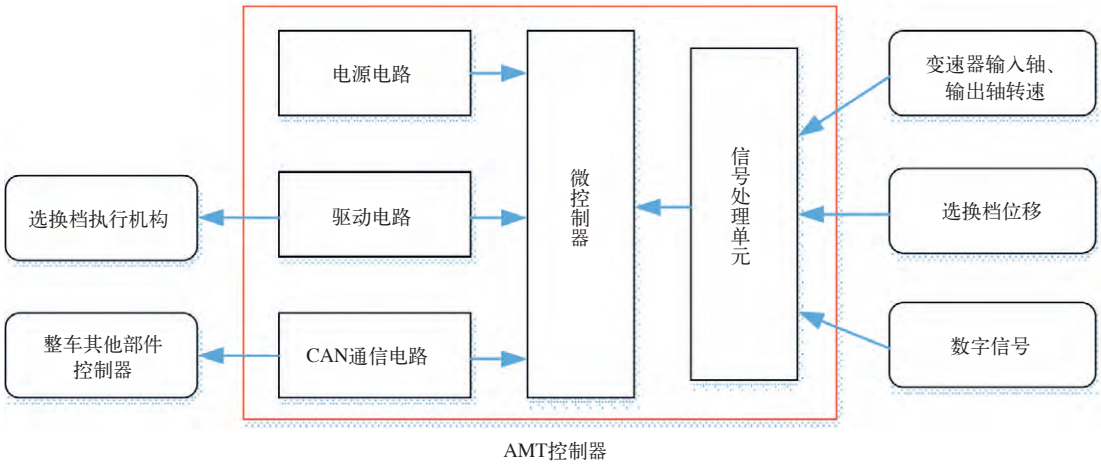

图2　AMT控制器硬件组成示意图

MPC5644A的主要特性如下。

1）系统的运行频率可以达到150 MHz。

2）具有数字信号处理功能增强的Power Architecture内核。

3）Flash内存高达4 MB。

4）具有8 KB指令高速缓存，能够提高内存性能。

5）静态随机存取内存可达到192 KB。

6）可选FlexRay™通信协议。

2．电源电路

电源电路是负责为微控制器提供稳定工作电压。它是系统主要的干扰源，因此电源电路的设计需要考虑系统的抗干扰性，从而保证系统工作的可靠性和稳定性。另外，由于AMT控制单元采用车辆提供的24 V直流电源，根据系统中各模块的不同需求，需要将24 V直流电压转换为5 V、12 V和15 V三种电压等级。

3．驱动电路

由于本文选用的换档执行机构为气动式，而气动阀控制系统需要驱动的功率器件为高速开关电磁阀。电磁阀工作时，大功率负荷易产生电磁干扰信号，影响系统的稳定性和可靠性。因此，需要设计输出信号的隔离系统，以保证其工作可靠。通常采用光电耦合器实现信号的隔离，本文选用了四通道智能功率芯片BTS724G。

4．CAN通信电路

由于AMT控制器需要与发动机控制器、电动机控制器、以及整车控制器进行信息交互，以完成信息的采集和换档过程的动力源协调控制，故需设计CAN通信电路。本文选择MCP2551SN芯片作为CAN总线接口电路。

5．信号处理电路

信号处理电路是将输入物理信号转换为与控制器相一致的接口电压信号。一般包括模拟信号、数字信号处理电路以及频率信号处理电路。在AMT控制系统中，模拟信号主要包括离合器执行机构位移和选换档位移信号，模拟信号处理电路的主要作用是滤除传感器信号中的干扰。数字信号主要指开关量信号，需要由光电耦合器实现电平转换和电气隔离。频率信号主要指变速器输出轴、输入轴的转速，由于转速信号采用磁电式传感器测量，传感器输出信号为正弦波，信号的频率与转速成正比关系，且信号的幅值随着转速的升高而增加。当转速较低时，对应的输出信号幅值较小，需进行放大；当转速较高时，对应的输出信号幅值较大，需进行限幅。

软件设计

软件设计内容主要包括上位机软件和下位机软件。其中，上位机软件的作用是监控AMT系统的状态，采集相关数据，分析系统功能是否正常。上位机软件采集界面如图3所示，该界面可以显示选换档位移、节气门踏板、发动机转速等多个信号，方便进行AMT换档过程综合分析和数据记录。下位机软件是根据采集的传感器信号，通过设定合理的控制逻辑，输出控制信号至换档执行机构，实现AMT的自动换档。主程序流程图如图4所示。

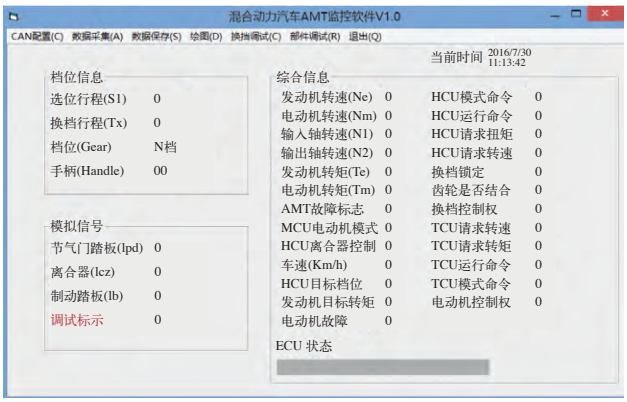

图3　上位机软件采集界面

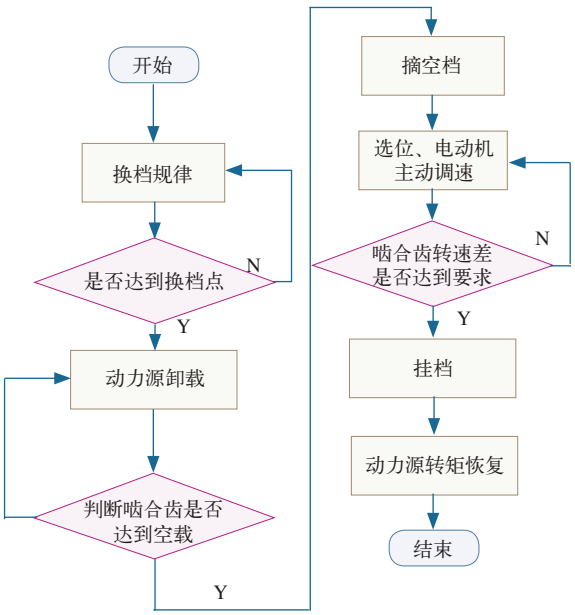

图4　主程序流程图

试验结果

为了验证设计的AMT系统软件程序的合理性和正确性，在装备有AMT系统的混合动力客车平台进行了实车试验，试验车辆如图5所示。试验结果如图6所示。

图5　混合动力试验车辆

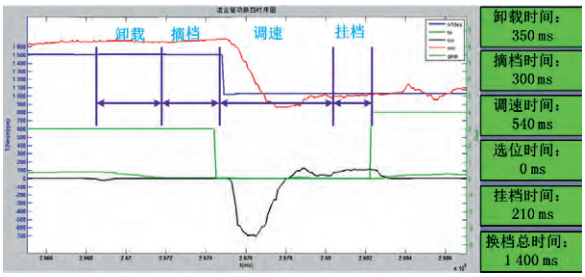

图6　混合驱动模式下换档试验曲线

由图6可以看出，车辆由三档升为四档。整个换档过程包括卸载、摘档、调速、选位及挂档过程。当整车控制器的目标档位变为四档后，TCU监测到目标档位与当前档位不同，此时车辆未处于制动状态。TCU接管电动机和发动机控制权后对电动机和发动机进行卸载，电动机此时无转矩输出，将发动机转矩由80%卸载为9%（发动机摩擦扭矩），共用时350 ms；卸载结束后进行摘空档，摘空档用时300 ms；摘空档后电动机和发动机转速为1 703 r/min，需将其调节至1 022 r/min，使之与目标档位的输出轴转速相匹配。调速过程中，电动机转速超调量达到185 r/min，超调后电动机转速缓慢回调至目标转速，调速过程共用时540 ms；在调速结束后进行了挂档，挂档用时210 ms，因此换档总时间为1 400 ms。

结束语

本文从硬件设计和软件设计两方面，阐述了AMT系统的设计过程，给出了硬件电路和软件程序的主要功能。采用模块化设计，提高了系统软件的可读性，并在混合动力客车平台进行了实车验证。试验结果表明，设计的AMT控制系统能够顺利实现换档过程，换档时间较短，在混合驱动模式下换档时间约为1.4 s。**EA**

（收稿日期：2016.08.15）
（编辑：杨得润）