

文章编号:1671-5497(2006)Suppl.-0084-05

基于 Infenion C164CI 的金属带式无级 变速器电控系统设计

卢延辉,张友坤,郑联珠,高京魁

(吉林大学 汽车工程学院,长春 130022)

摘要:利用单片机技术,基于 C164 单片机设计开发了金属带式无级变速器的电控单元,研究了控制系统的硬件及研究了输入模块和输出模块的设计原则。控制软件采用模块化设计思想,保证对系统进行实时优化管理。为了验证系统设计的正确性,进行了台架试验,结果表明,电控单元能完成控制要求并具有较好的控制效果。

关键词:车辆工程;金属带式无级变速器;电控单元;C164CI

中图分类号:U463.2 **文献标识码:**A

Design of electronic control unit based on infenion C164CI for metal belt continuously variable transmission

Lu Yan-hui, Zhang You-kun, Zheng Lian-zhu, Gao Jing-kui

(College of Automotive Engineering, Jilin University, Changchun 130022, China)

Abstract: The design of the electronic control unit for the metal belt continuously variable transmission, including hardware integration and software compilation based on Infenion C164CI was presented. Design principle of the input module and the output module was investigated. Utilizing the modularizing design concept and the of real-time and multi-task control technology, the real-time optimized management on the control system was realized. To validate the design, a bench test was performed and the results show that the electronic control unit fulfils the control requirements satisfactorily.

Key words: vehicle engineering; continuously variable transmission; electric control unit; C164CI

0 引言

目前,国内外的研究主要着眼于提高无级变速器的转矩容量以增加其应用范围和提高无级变速器的传动效率等方面^[1-4]。作者针对电-液控制的金属带式无级变速器,利用单片机技术开发了一套电控系统。台架实验表明,该电控系统硬

件设计合理,控制软件的控制效果良好,达到了预期的设计目标。

1 控制系统功能

典型的 CVT 电液控制系统如图 1 所示。油泵出口的压力由夹紧力控制阀调节,直接作用于从动轮油缸。另一路经速比控制阀的调节进入到

收稿日期:2005-09-02.

基金项目:教育部科学技术研究重点项目(02163).

作者简介:卢延辉(1974-),男,讲师,博士研究生.研究方向:无级变速器关键技术. E-mail:lyh@email.jlu.edu.cn

通讯联系人:张友坤(1964-),男,教授.研究方向:无级变速器关键技术. E-mail:ykzhang@163.com

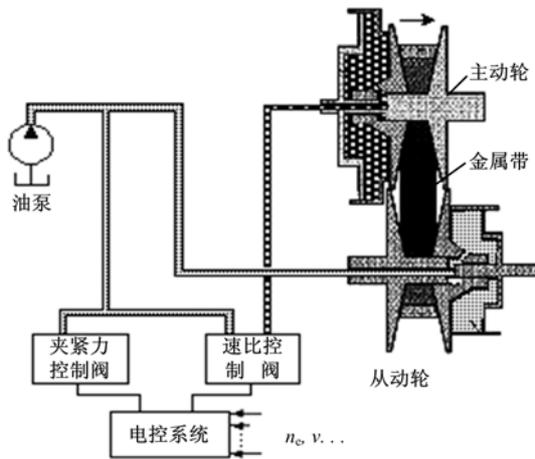


图1 电液控制系统硬件原理图

Fig.1 Block diagram of electronic hydraulic control system

主动轮油缸,实现速比的变化。所以液压控制系统可以相应地分为夹紧力控制系统和速比控制系统。电控系统接收发动机转速 n_e 、车速 v 等信号,经控制软件计算处理后发出控制信号控制夹紧力控制阀及速比控制阀。首先,为提高传动效率,须根据汽车运行条件,合理控制金属带夹紧力。其次,在汽车的各种运行工况下,控制 CVT 速比,使发动机维持在理想工作点。

2 控制系统构成

金属带式无级变速器电控系统主要包括电子控制单元(ECU)、各种输入信号传感器和驱动执行机构的执行元件(各电磁阀),如图2所示。

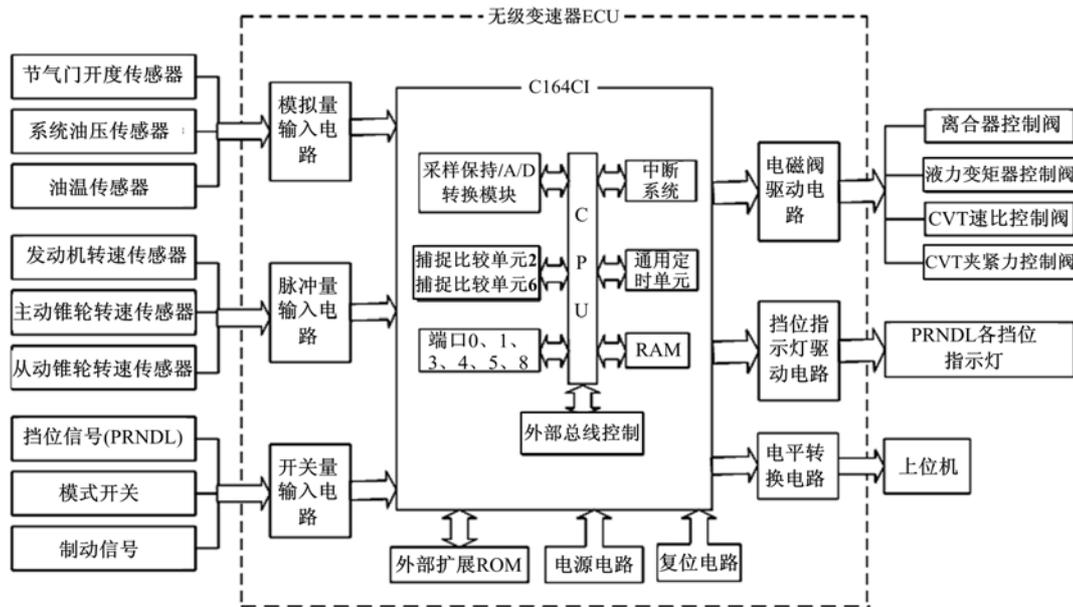


图2 电控系统硬件原理图

Fig.2 Block diagram of control system

作者选用在汽车电子上应用较广的 Infineon C164CI 单片机作为微控制器。

C164CI 具有高性能的 16 位 CPU, 时钟频率为 20 MHz; 丰富的外设资源, 包括异步/同步串行接口; 59 个具有位寻址功能的 I/O 引脚; 8 通道 10 位 A/D 转换器; 带有 2 个定时器的 8 通道捕捉/比较 CAPCOM 单元, 可将事件发生的时间捕捉到相应的寄存器中, 并产生相应中断, 其 PEC 控制器中断只占用一个 CPU 循环, 不需要保护现场操作^[5]。故该单片机完全可以满足系统要求且价格低廉。

CVT 所需要的输入信号传感器有节气门开度传感器, 发动机转速、主从动带轮转速传感器, 获得的信号是速比等控制量的数据依据; 油温油压传感器用来检测液压油的温度和系统压力。

CVT 的执行元件是控制夹紧力和速比的两个线性比例压力阀和控制离合器与液力变矩器锁止的两个开关阀。

3 电子控制系统硬件设计

系统硬件按功能可分为电源模块、输入模块、

微控制系统模块、输出模块、通信模块。微控制系统模块由 C164CI 单片机、存储器扩展电路、振荡电路、时钟电路、复位电路组成。通信模块主要是与上位机通信,即 C164 与 PC 机通过串行接口进行通信。下面讨论输入、输出模块的设计原则。

3.1 输入模块

3.1.1 脉冲量输入通道

本系统需要检测发动机转速、CVT 主动锥轮及从动锥轮转速,采用便于安装的磁电式转速传感器进行测量,其输出信号经过整形电路(见图 3)进行整形得到规则的方波信号。然后输入到

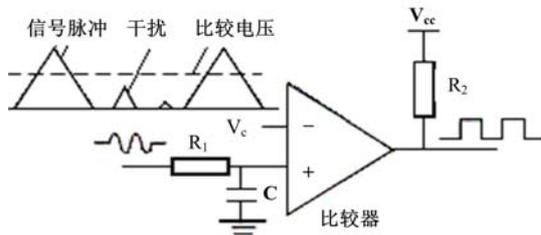


图 3 脉冲量输入电路

Fig. 3 Pulse signal input circuit

捕捉比较单元 2,再通过其触发的中断服务进行转速计算。为充分利用 C164 的内部资源,本系统采用低速普通外部中断和高速 PEC 中断相结合的方式,即捕捉单元所捕捉的事件在低转速时触发普通外部中断;在高转速时触发 PEC 中断。这样做避免了高速时丢失脉冲,提高了 CPU 的响应速度和数据的准确度。

3.1.2 模拟量输入通道

本系统中,要实时对发动机油门开度、CVT 液压油系统压力、油温信号进行测量,这些信号反应了驾驶员的操作意图和无级变速器的运行状态,是对 CVT 进行实时控制的必要依据。这些模拟量通过滤波、放大、限幅处理,然后输入到 C164CI 的 A/D 转换通道。

3.1.3 开关量输入通道

本系统中所检测的开关量有:挡位选择信号、动力/经济模式开关信号、制动信号。这些信号经过分压限幅电路后输入到 C164CI 的 I/O 口上,通过软件查询的方法来监测其状态的变化,从而确定汽车的工作模式和行驶状态,电路图见图 4。

3.2 输出模块

输出模块就是将单片机输出的控制信号转换成对电磁阀的控制量,驱动其完成相应的操作。

速比和夹紧力控制阀为线性比例阀,其充油

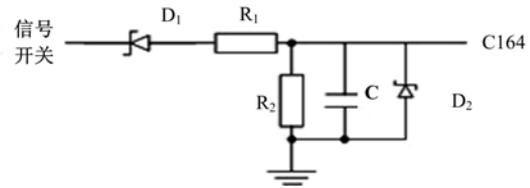


图 4 开关量输入电路

Fig. 4 Digital signal input circuit

量与加在它上面的电压成比例,工作电压为 0 ~ 12 V。驱动电路见图 5。单片机输出 PWM 信号经过 RC 整形为直流,然后经过同相放大器进行电压放大,再经过功率驱动管进行电流放大。

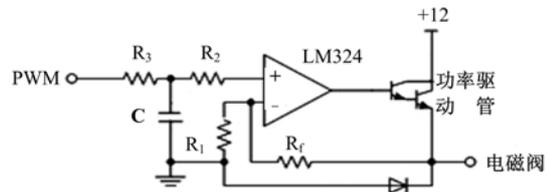


图 5 比例阀驱动电路

Fig. 5 Drive circuit of proportion vavle

受离合器与液力变矩器控制的电磁阀为高速开关阀,通过通断电实现控制对象的压力变化。驱动电路见图 6。C164CI 的 I/O 端口通过比较器控制高频振荡电路的振荡,从而控制复合晶体管开关,接通电磁阀线圈电源。在满足电磁阀性能要求的条件下采用高频振荡电路,缩短了通电时间,降低了电磁阀功耗,提高了系统的可靠性。

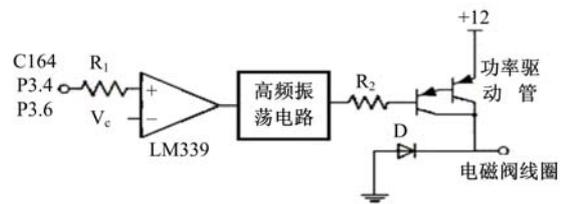


图 6 开关阀驱动电路

Fig. 6 Drive circuit of switch vavle

4 电子控制系统软件设计

电控单元的软件系统是电控系统的核心,它将控制规律、控制算法以及整个硬件系统资源联结在一起实现控制功能。

作者采用模块化软件设计方法进行电控系统软件设计,控制系统软件组成如图 7 所示。根据模块化设计思想,将控制软件分为基本控制模块

和中断控制模块。

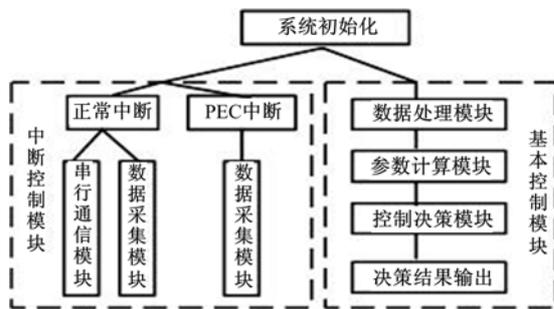


图7 软件结构图

Fig.7 Block diagram of software

4.1 系统初始化模块

初始化 CPU 各个外设的控制寄存器和数据寄存器,设定计数/定时器的的工作模式,初始化 I/O 口的输入输出功能并设置初值,初始化串行通信端口,设定高速捕捉/比较单元的工作方式,初始化监视定时器(Watch Dog)等。

4.2 数据采集模块

利用内部中断定时采集模拟量及开关量;利用普通外部中断及 PEC 中断相结合的方式采集脉冲信号。

4.3 数据处理模块

对采集到的数据进行处理,通过极值判别及低通数字滤波来抑制干扰信号。

4.4 参数计算模块

运用数据处理的最终结果计算所需参数,主要有发动机转速、主/从动锥轮转速、节气门开度、系统压力和油温、CVT 带传动的实际速比等。

4.5 控制决策模块

根据数据采集模块及参数计算模块所得到的系统参数确定当前系统状态,采取相应的控制策略。其中对应 CVT 前进挡的控制策略主要包括以下几方面:

(1) 液力变矩器闭锁控制

CVT 用液力变矩器的主要作用是改善车辆起步及稳定低速行驶,从而增强坏路面通过性,但其传动效率较低。故当车速高于一定值时,将液力变矩器闭锁。作者采用以车速为参数的单参数控制策略,设定闭锁车速及解锁车速 2 个阈值(分别为 20 km/h 和 15 km/h)。当车速高于 20 km/h 时,控制液力变矩器闭锁;当车速低于 15 km/h 时,控制液力变矩器解锁。

(2) 速比控制

速比控制的目标是根据汽车运行条件,按驾

驶员选定的工作模式,自动改变速比,使发动机维持在理想的工作点。驾驶员可在经济模式和动力模式之间做出选择。相应地, CVT 电控系统将控制 CVT 的速比变化,使发动机运转在其经济特性曲线上或动力特性曲线上。为此,对该 CVT 相匹配的 1.3 L 发动机进行了台架试验,得到该发动机的万有特性曲线,如图 8 所示。

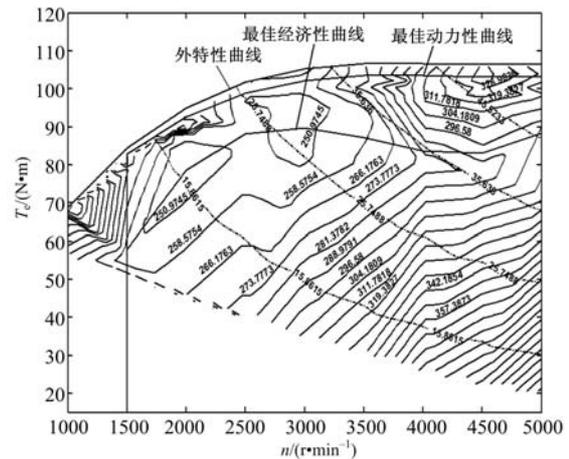


图8 发动机万有特性图

Fig.8 Engine's mapping characteristics

通过多项式拟合获得最佳经济特性曲线函数 $n_{ee} = f_e(\alpha)$ 及最佳动力性曲线函数 $n_{ep} = f_p(\alpha)$ 。 n_{ee} 、 n_{ep} 即为某一节气门开度下发动机的目标转速, α 为节气门开度。CVT 电控系统软件首先依据 d 通过上述拟合函数计算出发动机目标转速,再依据车速进而确定目标速比。本系统中以速比为控制对象,为获得较好的控制效果而采用了数字 PID 控制器,控制系统框图见图 9。

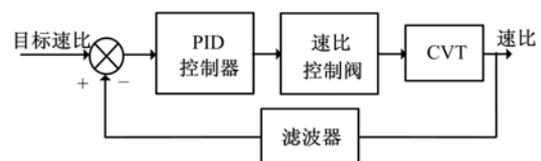


图9 速比控制系统框图

Fig.9 Block diagram of speed ratio control

(3) 夹紧力控制

在本系统中,通过控制从动缸的工作压力来控制金属带的夹紧力,由于采用高精度的比例阀作为压力控制执行机构,故采用开环控制策略。首先根据 α 及 n_e ,由发动机数据模型确定发动机输出转矩 T_e ,进而计算出从动缸所需的目标工作压力 P^* ,并据此确定控制比例阀电压 V 信号的大小。控制系统框图如图 10 所示。

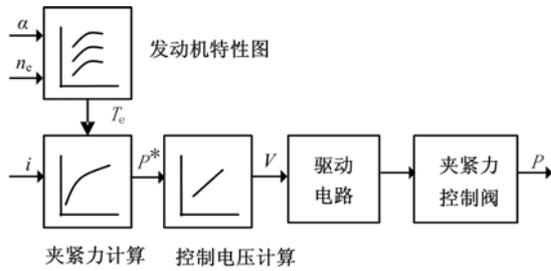


图 10 夹紧力控制系统框图

Fig. 10 Block diagram of clamping force control

4.6 决策输出模块

根据决策结果确定各电磁阀的控制信号,主要包括离合器的接合与分离、液力变矩器的闭锁/开启、CVT 的速比调节及夹紧力控制。

4.7 串行通信模块

C164CI 单片机提供异步/同步串行接口(ASCO),本系统采用异步通信工作方式,设置通信速率为 9600 bps。将数据采集模块获得的数据通过串口通信发送给监控用的 PC 机。

5 台架试验验证

为了验证电控系统的正确性,在 CVT 试验台上进行了台架试验。图 11 为试验台系统框图,图

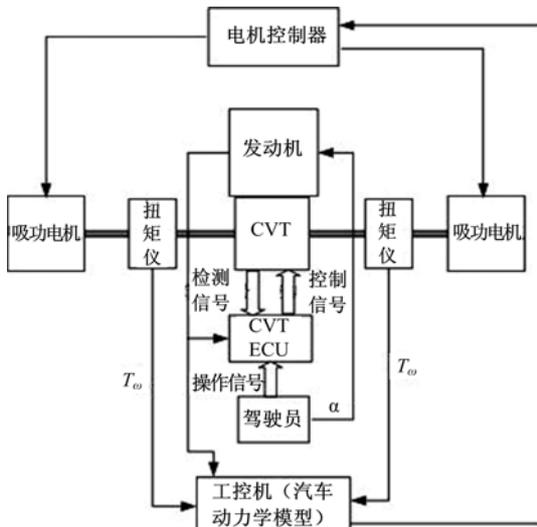


图 11 CVT 试验台框图

Fig. 11 Block diagram of CVT rig

12 为台架模拟汽车起步、加速、负载变化工况中速比跟踪效果试验曲线。

图中两线分别为目标速比和实际速比,起始时刻 CVT 处于空档位置,金属带传动比为最大值,当离合器接合后车辆起步、加速,实际速比随着目标速比变化而变化,从图中可以看出,速比跟踪效果良好,基本实现预期要求。

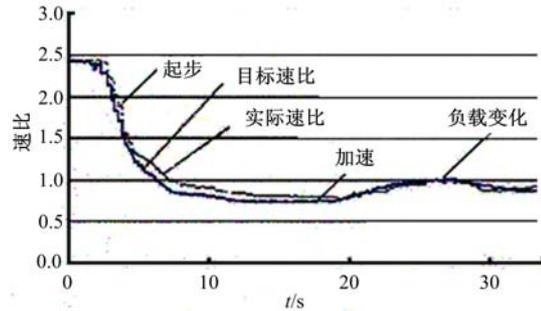


图 12 速比跟踪效果试验曲线

Fig. 12 Test curves of speed ratio follow up effect

参考文献:

[1] 薛殿伦,张友坤,郑联珠,张伯英. 金属带式无级变速器的速比控制[J]. 农业机械学报,2003,34(3):8-11.
 Xue Dian-lun, Zhang You-kun, Zheng lian-zhu, Zhang Bo-ying. Speed ratio control of metal V-belt type CVT [J]. Transaction of the Chinese Society for Agriculture Machinery, 2003, 34(3):8-11.

[2] Narita Keiichi, Abe Akihito, Deshimaru Junichi, Hara Shigeo. Improvement of torque capacity of metal V-Belt type CVT fluids[C]//SAE Paper, 2003-01-1977.

[3] Francis van der Sluis. A new pump for CVT applications [C]//SAE Paper, 2003-01-3207.

[4] Min Byungsoon, Matthews Ron, Duoba Michael, Ng Henry, Larsen Bob. Direct measurement of powertrain component efficiencies for a light-duty vehicle with a CVT operating over a driving cycle[C]//SAE Paper, 2003-01-3202.

[5] 程军. Intel 80C196 单片机应用实践与 C 语言开发 [M]. 北京:航空航天大学出版社,2001.

(责任编辑 程仲基)