

# 基于 DSP 的汽车电动助力式转向系统控制原理 及策略研究

李伟光, 王元聪

(华南理工大学机械工程学院 广州 510640)

[摘要] 本文介绍了汽车电动助力转向系统的工作原理, 详细阐述了系统控制电路、控制内容、控制策略以及故障诊断系统, 试验表明, 基于 DSP 的电动助力转向是可行的、高效的。

[关键词] 电动助力转向, 助力, 阻尼, 回正, 故障诊断

中国分类号: TP274 文献标识码: A 文章编号:

## Study on Control Principle and Strategy of Automobile Electric Power Steering based on DSP

LI WeiGuang, WANG YuanCong

South China University of Technology GuangZhou 510640

[Abstract] This paper introduces the principle of automobile Electric Power Steering(EPS), and expatiates detailedly the the control circuit, control content, control strategy and fault diagnose system. Experiment indicates that the EPS based on DSP is feasible and efficient.

[Key words] Electric Power Steering, assistance, damp, return, fault diagnose

## 0. 引言

汽车助力转向依次经历了机械式转向系统、液压式转向系统和电控液压式转向系统, 以及目前正处于研究热点的电动助力式转向系统 (Electric Power Steering 简称EPS, 或Electric Power Assisted Steering 简称EPAS)。在国外, 很多大型汽车公司已经在其部分中档及高档车上配备了EPS, 如日本铃木、三菱, 美国Delphi、TRW公司, 德国ZF等; 而我国动力转向系统目前绝大部分采用液压助力转向或电控液压转向, 甚至机械助力转向, EPS的研究开发目前还处于起步阶段。

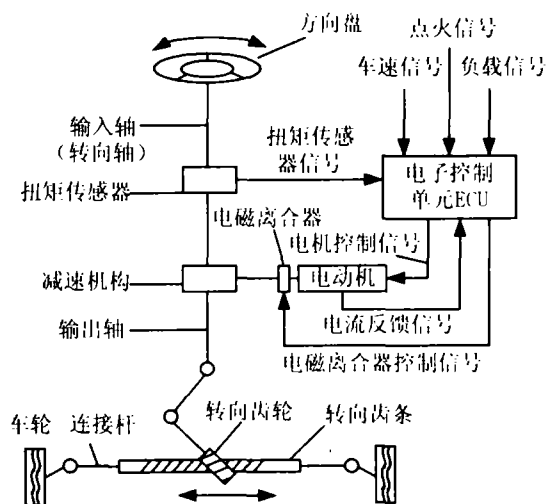
本文作者采用TMS320LF2407(A) DSP作为电控单元微处理器, 设计基于DSP的高速、高精度汽车电动助力式转向系统。

## 1. TMS320LF2407(A) DSP 特点

TMS320LF2407(A) 是TI公司C24X系列中功能最完整、资源最丰富的16位定点控制芯片, 它采用了改进的哈佛结构, 具有独立的程序和数据存储空间, 采用四级流水线操作, 提高了数据吞吐量, 具有较高的处理速度, LF2407 DSP处理速的达到30MIPS, LF2407A DSP可达到40MIPS[1]; 此外, 它具有多种片内外设及各种接口: 两个事件管理模块, 两个16位通用定时器, 8个16位脉宽调制通道和三个捕获单元; 16通道500ns转换时间10位ADC; 并带有串行异步通信接口(SCI)、串行同步外设接口(SPI)、CAN总线2.0标准接口; 其总寻址范围可达192K, 其中包括64K字程序空间, 64K字数据空间, 64K字I/O空间; 片内程序空间集成32K字Flash, 数据空间集成2.5K字RAM, 包括544字DARAM(其中256字与程序空间共享), 2K字SARAM[2]。

## 2. EPS 系统结构及控制原理

汽车电动助力式转向系统利用电动机产生的转矩, 经过转向系统传递机构转化后协助驾车者进行动力转向, 不同车的EPS结构部件尽管不一样, 但其基本原理是一致的。它一般是由电子控制单元ECU、电动机、电磁离合器、减速机构、扭矩传感器、车速传感器等组成, 其结构示意图如图1所示。在检测到汽车点火信号有效后, 扭矩传感器将检测到的转矩信号输出至电子控制单元ECU, ECU根据扭矩信号、车速信号、汽车负载信号等信息进行分析和计算, 得出助力电动机的转向和目



标助力电流的大小, 从而实现助力转向控制。

图1 EPS结构示意图

## 3. 系统控制电路

系统控制硬件以及系统控制策略是整个电动助力转向的核心。系统控制电路由汽车点火信号检测、电源设计及监测、扭矩传感器信号处理、速度传感器信号处理、汽车载重传感器信号处理、助力电动机驱动、助力电机

电流反馈、A/D 转换、电磁离合器驱动以及系统故障诊断输出等模块组成,其结构及相互联系如图 2 示,其中虚线框表示与外部信号传输接口,点划线框表示与以 DSP 为核心的电路分离的大功率驱动电路,图中各传感器信号处理电路是系统信号硬件处理的重要组成部分,它实现将助力电机电流信号、汽车速度传感器的脉冲信号、汽车载重传感器的电流信号、转向盘扭矩及转向信号转换成电压模拟信号输至 DSP 的 A/D 转换模块。

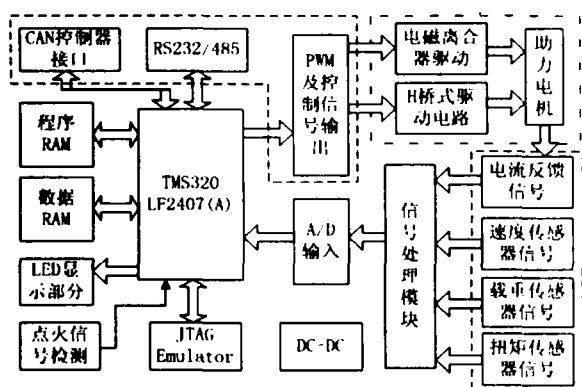


图 2 EPS 系统电路组成

## 4. 系统控制内容及策略

### 4.1 系统控制内容

在汽车点火信号有效后, EPS 便开始实时对各传感器信号进行分析计算,实现在全速范围内的最佳助力控制,在低速行驶时保证汽车转向灵活轻便,在高速行驶时保证汽车转向盘操作稳重可靠。EPS 系统在分析助力同时,实时检测系统各组件工作情况,如助力电机、蓄电池电源电压、各传感器,当检测到某一组件发生故障时,比如蓄电池电源欠压,车速传感器无信号输出等,立即断开电磁离合器,使助力系统脱离机械转向系统,采用汽车本身的转向机构,并同时驱动故障信号指示灯,输出故障码,保障驾驶的安全性,因此, EPS 可以在各种路况和车速下,给驾驶

员提供一个安全、稳定、轻便、舒适的驾驶环境。

### 4.2 系统控制策略

EPS 系统控制策略如图 3 示,整个系统控制由助力控制、阻尼控制、回正控制、助力电机控制以及故障诊断系统五大部分组成,其中前四者主要体现在控制算法设计上,后者体现在对各组件信号检测及故障代码输出上。

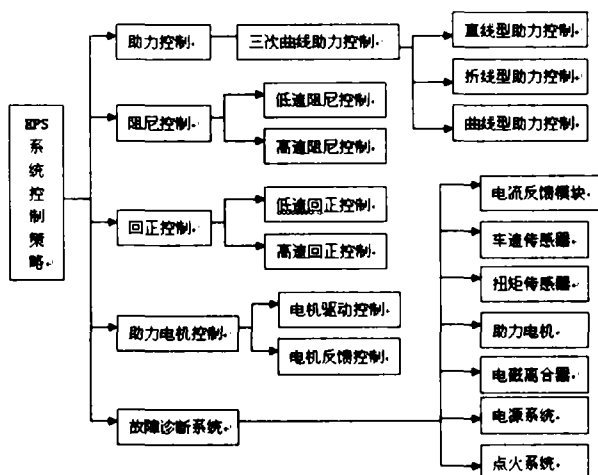


图 3 EPS 系统控制策略

EPS 对汽车转向机构的助力控制分别体现在低速和高速时的直线及转向时的助力控制,以及各速度下的回正控制。当汽车直线低速行驶时, EPS 控制助力电机不助力;当汽车高速直线行驶时, EPS 控制助力电机实现实时阻尼控制,抑制汽车高速行驶时驾驶方向盘“飘”感觉;当汽车转向时, EPS 根据拟定助力曲线确定助力电机目标助力电流,实现不同速度下的转向助力控制。当汽车转向后回正时,根据扭矩信号、车速信号及汽车负载信号进行分析计算,得出不同速度下的回正助力输出,如低速回正时,需要 EPS 输出相对较大的回正目标助力电流。

助力控制可分为直线型、折线型以及曲线型助力,直线型和折线型助力在助力曲线上存在转折点,助力控制在经过此转折点时,助

力从无到有、从小到大（或从有到无、从大到小），给驾驶员转向造成有冲击感。为改进此点，可将折线型助力通过试验进行二次或三次曲线拟和，实现平缓连续的曲线助力。

阻尼控制主要针对汽车高速行驶时驾驶方向盘过于轻便灵敏而适当增加转向阻力。

回正控制是针对转向回正特性提出的控制策略。汽车行驶转向时，由于转向轮主销后倾角和主销内倾角的存在，转向盘具有自动回正作用，并且随着车速的提高，轮胎与地面的侧向附着系数的减少，转向回正转矩增大。在理想状况下，汽车在转向后在自身回正力矩作用下可自动回正，但由于摩擦及使用磨损等因素，汽车在低速时的回正性能可能不能满足自动回正要求，此时就需要电控单元进行干预协助汽车回正。

在对助力电机的控制上，笔者采用PID参数调节实现，通过调节各参数，达到加快系统的动作速度，减少调节时间，改善系统的动态性能要求。

4.3 故障诊断系统

电子控制单元ECU除控制实时助力外，还具备安全保护与故障诊断功能，在检测到系统某一组件出现故障时，实现如下操作：断开电磁离合器、通过显示部分输出显示故障代码，通过通讯端口输出故障代码，故障诊断模块诊断内容如下图4示。

序号	诊断项目	故障代码	诊断内容	诊断结果
1	扭矩传感器	C1000~C1001	传感器无信号输出，工作异常	电磁离合器分离，故障显示输出
2	车速传感器	C1002~C1003	传感器无信号输出，工作异常	电磁离合器分离，故障显示输出
3	电流反馈模块	C1004~C1005	无信号输出，工作异常	电磁离合器分离，故障显示输出
4	助力电机	C1006~C1012	电机工作异常	电磁离合器分离，故障显示输出
5	电磁离合器	C1013~C1014	电磁离合器工作异常	电磁离合器分离，故障显示输出
6	电源系统	C1015~C1017	电源电压	电磁离合器分离，故障显示输出
7	电控单元 ECU	C1018~C1019	电控单元异常	电磁离合器分离，故障显示输出

图4 故障诊断系统

5. 结论

以TMS320LF2407(A) DSP为电子控制单元ECU微处理器的电动助力转向系统，能充分发挥DSP片内集成资源丰富、运算高速、高精度等优点，此外，DSP的采用对于系统控制算法设计也有很大帮助。

[参考文献]

1. 江思敏等. TMS320LF240x DSP 硬件开发教程[M]. 机械工业出版社. 2003. 6

2. 刘和平等. TMS320LF240x DSP 结构、原理及应用[M]. 北京航空航天大学出版社. 2002. 4

3. Subra Ganesan. DSP Processor Based Electric Power Steering System [A]. ICE-Vol. 33-2, 1999 Fall Technical Conference, ASME 1999. 19~24

4. 肖生发等. 丰田PRIUS轿车电动助力转向系统结构与故障诊断. AUTOMOBILE MAINTENANCE. 2004. 7

5. 陈奎元等. 电动助力转向系统控制技术的研 究. 江苏大学学报(自然科学版). 2004. 1

6. 林逸等. 电动助力转向助力控制策略的研 究. 汽车技术. 2003. 3

[作者简介]

李伟光，男，江西永丰人，1958年生，工学博士，华南理工大学机械工程学院副教授。研究领域：数控技术、制造自动化与机电一体化。王元聪为华南理工大学机械工程学院硕士研究生. Email: cc.wang@163.com