

汽车线控转向系统实验平台开发

张明

中国人民解放军 93462 部队, 北京 100096

[摘要] 针对汽车线控转向系统应用发展, 设计了一种基于虚拟仪器技术的汽车线控转向系统实验平台, 该实验平台由计算机、伺服电机、汽车线控转向系统硬件、电机驱动及电机状态监测系统以及软件等部分组成。文中给出了汽车线控转向系统实验平台的总体结构和功能模块, 阐述了基于 LabVIEW 软件开发环境开发的上位机软件的设计思路。实验结果表明, 该平台能有效地实现汽车线控转向系统的仿真实验, 具有良好的实用性。

[关键词] 汽车; 线控转向系统; 开发

DOI: 10.33142/sca.v6i7.9608

中图分类号: U463.4

文献标识码: A

Development of an Experimental Platform for Automotive Steering by Wire System

ZHANG Ming

Chinese PLA 93462 Troops, Beijing, 100096, China

Abstract: A virtual instrument technology based experimental platform for automotive steering-by-wire system was designed for the development of automotive steering-by-wire system applications. The experimental platform consists of computer, servo motor, hardware of automotive steering-by-wire system, motor drive and motor status monitoring system, and software. The article provides the overall structure and functional modules of the experimental platform for the automotive steering by wire system, and elaborates on the design concept of the upper computer software developed based on the LabVIEW software development environment. The experimental results indicate that the platform can effectively achieve simulation experiments of the automotive steering system by wire, and has good practicality.

Keywords: automobile; wire controlled steering system; development

引言

随着汽车电子化程度的提高, 线控转向技术是未来汽车转向系统发展的趋势。目前, 线控转向系统的开发主要集中在试验研究方面, 尚未形成完整的产品, 更没有形成相关的标准。本文在分析汽车线控转向系统组成及其工作原理的基础上, 提出了基于虚拟仪器技术的汽车线控转向系统实验平台设计方案。该平台主要由计算机、伺服电机、汽车线控转向系统硬件和电机驱动及电机状态监测系统等组成。首先, 在计算机中建立汽车线控转向系统的数学模型; 其次, 在伺服电机驱动系统中, 以 LabVIEW 为开发环境, 通过终端技术实现对电机转速、电流等信号的采集, 并根据采集到的信号对电机进行控制; 最后, 通过 LabVIEW 开发上位机软件, 实现对数据的显示、处理和存储等功能。该平台具有良好的可扩展性和可维护性, 不仅可以方便地进行汽车线控转向系统控制策略实验研究, 而且也可以为今后开发其他汽车线控转向系统提供参考。本文介绍了该平台设计方案和试验结果。

1 实验平台的总体搭建

1.1 系统总体方案设计

该实验平台的总体结构, 其中, 计算机采用具有很强的数据处理能力的 PC 机, 它作为整个实验平台的控制核心, 可以完成对计算机硬件和软件系统的控制; 伺服电机

作为汽车线控转向系统中执行机构的核心部件, 其主要作用是在转向过程中产生与目标转向方向一致的转向力矩; 汽车线控转向系统实验平台采用伺服电机控制, 通过 PCI-SI7543 总线对电机进行控制, 并将获得的数据通过 LabVIEW 编程软件显示出来; 在系统控制过程中, 伺服电机作为执行机构, 其主要作用是按照转向指令提供给汽车线控转向系统执行机构所需要的驱动力和转矩。系统采用模块化设计方案, 包括主控机、伺服电机驱动模块、上位机数据显示模块等。

根据汽车线控转向系统的工作原理, 该实验平台中的伺服电机主要由以下几个部分组成: 伺服电机控制器 (PC 机)、交流伺服电机、直流电动机、编码器和检测电路等。其中, 交流伺服电机控制模块是整个实验平台的核心部分, 其作用是实现对伺服电机的控制。为了能准确地监测伺服电机工作时的状态信息, 设计了一套实时状态监测系统, 该系统可以根据不同状态下伺服电机转速和电流信号变化情况, 自动检测并显示出相应的数据。另外, 为了能实时采集到伺服电机相关信号并对其进行控制, 设计了一套直流电动机驱动模块 (用于驱动直流电动机) 和编码器等。

1.2 试验平台硬件组成

其中, 计算机为上位机, 用于对伺服电机进行控制; 伺服电机为下位机, 用于将直流电源提供的电压转换成角

度信号,驱动转向盘转角;转向电机为伺服电机,用于实现转向盘的转角输出,其转速通过转矩传感器检测;转向电机状态监测系统是由 LABVIEW 编写的程序,用于检测伺服电机的状态。

汽车线控转向系统由方向盘、转向器和车轮组成。其中,转向器是由两个分别连接左右两侧转向盘的转向器总成组成。采用转矩传感器检测转向盘转角,通过转矩传感器将转角信号转换为角度信号;车轮由电动机驱动,通过转向电机的转动实现汽车的转向。该实验平台包括如下硬件设备:(1)计算机:用于对数据进行采集和处理;(2)伺服电机:用于驱动转向器总成,并将转向器总成的转角信号转换为角度信号;(3)转向电机:用于驱动转矩传感器采集转向盘转角;(4)交流伺服电源:用于提供交流伺服电源;(5)伺服电机状态监测系统:用于检测伺服电机的状态;(6)直流电源:用于为交流伺服系统提供电源。

1.3 平台软件设计

汽车线控转向系统的控制策略是基于“虚拟仪器”技术来实现的,在 LabVIEW 中设计开发了一个基于终端和串口通信的上位机软件,首先,通过 LabVIEW 中的中断技术实现对电机转速、电流等信号的采集。由于该平台采用伺服电机作为转向执行机构,需要通过中断方式实现对电机的控制,因此编写了相应的中断程序来控制伺服电机的转速。当所采集到的电机转速达到设定值时,启动转矩转速控制模块,使转矩转速控制模块从外部终端中获取伺服电机所需转动力矩信息,通过串口通信发送给上位机软件。然后,上位机软件通过 LabVIEW 编写上位机程序,实现对数据的显示、处理和存储等功能。用户通过 LabVIEW 调用函数来控制伺服电机转动力矩,从而控制汽车线控转向系统的转向执行机构。在该平台上进行汽车线控转向系统控制策略实验研究时,上位机软件可以实时显示汽车线控转向系统在不同工况下转向执行机构所需转动力矩的大小、方向和角度等信息,并保存到数据库中。为了使试验结果更直观、更易于分析和研究,在该平台上进行了实车试验。

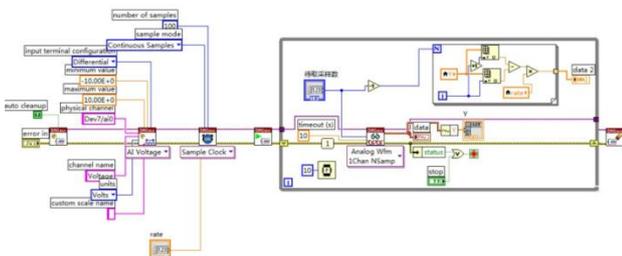


图 1 汽车线控转向系统的平台软件设计图

2 实验平台的总体结构和功能模块

计算机与伺服电机之间采用 RS-485 总线进行通信,伺服电机驱动模块将接收到的转向执行器位置信号转换为可供控制的电信号,并通过 RS232 接口将电信号传输至计算机。计算机将接收到的信号经过相应处理后,转换为便于计算机控

制的信息,再通过 RS232 接口传输至伺服电机控制模块。

整个系统主要包括三个部分:第一部分为接收传感器信号、执行器状态信号等的传感器;第二部分为执行器状态信号处理模块,将传感器获得的数据信息进行处理并转换成控制量;第三部分为执行器状态信号反馈控制模块,根据接收到的执行器状态信号对执行器进行控制^[1]。

汽车线控转向系统实验平台是一个基于 LabVIEW 软件开发环境开发的多功能仿真实验平台,主要用于汽车线控转向系统的硬件仿真和控制策略研究等,对汽车线控转向系统进行仿真实验。

2.1 信号接受与处理

汽车线控转向系统实验平台上的传感器主要包括方向盘转角传感器、车速角度传感器、方向力矩传感器等,这些传感器的信号采集都是通过 RS232 接口进行通讯,计算机将这些传感器获得的信号经过相应的处理后,通过 RS232 接口传输至计算机,计算机对这些数据信息进行相应处理,并转换为便于计算机控制的数据信息。

方向盘转角传感器采集的信号包括方向盘转角、转向盘角速度和转向盘转角等。在转向过程中,驾驶员驾驶车辆时,方向盘的转角由转向系统的输入信号驱动,当输入信号超过一定阈值时,方向盘的转角与车轮角速度和转向盘角速度之间会发生突变,引起驾驶员身体不适,出现危险情况。因此为了保证驾驶员的安全,就需要对这些信号进行采集并加以处理。在转向过程中,转向系统对驾驶员输入信号进行响应的过程是一个复杂的过程。当方向盘转动时,驾驶员身体产生了一个转动力矩使前轮与车身产生一个相对运动,并使转向系统产生相应的位移输出。为了保证汽车线控转向系统在各种工况下都能提供良好的转向性能和较高的安全性,需要将这些信号进行采集并加以处理。由于方向盘转角信号属于强耦合信号,其传播过程中容易受到外界干扰。因此为了提高采集信号的可靠性和抗干扰能力,采用了模数转换模块对方向盘转角信号进行处理。因此接收到的方向盘转角信息由传感器模块采集并加以处理后输出到计算机上。

2.2 状态信号反馈控制

该部分主要由机械转向器模块、助力电机模块和电子控制单元组成,它们分别对机械转向器、助力电机和电子控制单元进行控制。在汽车转向系统中,转向执行器是整个转向系统的重要组成部分,其主要作用是改变汽车行驶方向,即通过机械部分带动助力电机向驾驶员输入转向指令。因此,在汽车线控转向系统中,机械转向器模块和助力电机模块都是转向执行器的重要组成部分。机械转向器模块通过齿轮齿条机构传动带动转向盘转动;助力电机模块则通过直流电机提供动力,通过驱动齿轮机构传动带动转向盘转动。电子控制单元则通过计算机对汽车路感进行识别和计算,根据所得到的汽车行驶状态信息来控制电子控制单元的执行机构。因此,汽车线控转向系统中的机械

部分和电子部分分别是整车路感模拟系统的核心和关键部分。本文中以机械转向器模块为例,对其进行介绍。在该模块中,机械转向器模块主要由方向盘、转向盘等组成。当驾驶员向左转动方向盘时,相应的机械部分就会将车身向左倾斜;当驾驶员向右转动方向盘时,相应的机械部分就会将车身向右倾斜。

2.3 故障模拟

根据设计要求,实验平台设置有故障模拟器,用于模拟车辆在行驶过程中发生的各种故障。通过设计故障模拟器的故障模型,能够实现对不同的故障进行模拟,从而验证汽车线控转向系统的可靠性。

当汽车发生转向助力消失时,转向系统不能正常工作。根据转向系统控制原理,当车辆处于不同的行驶工况时,如低速行驶、高速行驶、原地打轮、紧急制动等情况下,其汽车在加速或减速时都需要为车辆提供不同的助力,当转向助力消失时,转向系统会自动向驾驶员提供相同的助力。为了模拟车辆在不同行驶工况下对转向助力的不同需求,利用 LabVIEW 软件设计出相应的故障模型,通过在计算机中输入相应的故障信息来模拟车辆在不同工况下对方向盘助力进行控制。

如汽车高速行驶时,方向盘处于自由状态。当汽车加速或减速时,需要提供相同的转向助力。如果此时汽车的转向助力消失,则说明该汽车处于高速行驶状态。当汽车原地打轮时,当方向盘处于自由状态时,此时汽车处于原地打轮状态;当汽车紧急制动时,当方向盘处于自由状态时,此时汽车处于紧急制动状态。通过设置不同故障信息来模拟不同工况下车辆对方向盘助力的需求^[2]。

3 基于 LabVIEW 的上位机软件设计

本设计基于 LabVIEW 开发环境,利用其图形化编程语言,设计了一套可以进行汽车线控转向系统的虚拟仪器软件,该软件基于 VISA 通信协议,可实现与 PC 机的数据通讯,实现了数据采集、显示和控制等功能。

上位机软件界面,主要包括 VISA 控件、数据采集卡控件、状态监测控件和控制策略控件等。其中,数据采集卡控件通过读取 VISA 控件的数据寄存器中的值,实现对电机输出电压值的检测。状态监测控件用于显示电机运行状态,如当前转速、电流等。控制策略由转向控制子程序和转向助力子程序组成,用于实现对汽车转向系统的控制。

本实验平台采用 PID 算法进行转向助力的控制。控制器采用 PID 算法对汽车线控转向系统进行控制时,由于其本质上属于一个多输入多输出的系统,因此在对其进行控制时需要借助先进的虚拟仪器技术。

实验平台上采用的是 PID 算法,即 PID 控制器。它是以前转速差作为被控变量来设计的一种模型控制器。根据汽车转向系统实际运行情况下轮胎所受到的作用力大小和方向可以设计出不同类型的控制器。在本文中,所设计的系统采用 PID 算法进行控制。在实际测试中,可通过修改 PID 参数来调节转向助力和转向阻力之间的平衡性,从而可以得

到理想的转向助力特性和理想的转向阻力特性。

4 实验结果分析

实验结果可知,电机驱动程序采用 CANopen 模块中的 Programmable Access 模块,通过读取 PID 控制系统的相关参数,即可实现对电机驱动程序进行在线调试,并且可以在软件界面上实时显示电机转速、电流和转角等参数,对汽车线控转向系统的控制策略进行验证。

实验过程中,当车辆处于直线行驶状态时,在转向角为 0° 时进行加速,车辆以 1m/s 的速度行驶在高速上,该系统在 1m/s 的车速下转向角达到 0° 时,车辆仍以 1m/s 的速度行驶,说明该系统能够有效地保证车辆的行驶安全性。当车辆处于方向盘转角为 0° 、车速为 60km/h 时进行制动,当车速达到 60km/h 时,在进行制动时车辆仍以 2m/s 的速度行驶。说明该系统具有良好的稳定性和安全性^[3]。

在汽车线控转向系统实验平台上对本文所设计的电机驱动程序进行在线调试时,根据汽车动力学模型建立了汽车转向动力学方程。将汽车的状态参数输入到控制器中并对转向系统进行控制,能够得到相应的仿真曲线。通过对该实验平台进行实际操作测试可以得出:在软件界面上实时显示出了电机电流、车速和转角等参数以及实验曲线,同时可以通过键盘输入各种实验所需要的参数。

可以看出,本文设计的基于 LabVIEW 软件开发环境开发的汽车线控转向系统实验平台具有良好的实时性和开放性,能够为汽车线控转向系统的设计、调试和研究提供一个良好的实验环境。

5 结束语

本文结合虚拟仪器技术,设计了一种基于虚拟仪器技术的汽车线控转向系统实验平台,并对该平台进行了软件设计。该实验平台可以实现汽车线控转向系统的各种功能,包括数据采集、参数设置、状态监测等。同时,通过该平台可以进行汽车线控转向系统的软件仿真实验,并且通过 LabVIEW 与 Matlab/Simulink 之间的数据交换,实现了汽车线控转向系统的实时控制。该实验平台可以为汽车线控转向系统的开发提供一种有效的工具,同时为汽车线控转向系统的进一步开发和应用奠定了基础。因此,该实验平台具有良好的应用前景。

[参考文献]

- [1] 屈翔,陈豪,张君,等. 车辆线控转向系统关键技术研究综述[J]. 重庆理工大学学报(自然科学),2023,1(7):17.
- [2] 潘公宇,刘思青. 具有容错性能的线控转向系统固定时间滑模控制[J]. 重庆理工大学学报(自然科学),2023,37(6):48-57.
- [3] 马建国,肖平,桂飞. 基于 Carsim/Simulink 的汽车线控转向系统联合仿真研究[J]. 安阳工学院学报,2023,22(2):29-33.

作者简介:张明(1984.10—)男,天津市人,汉族,大专学历,现就职于中国人民解放军 93462 部队,从事车辆维修保障工作。