

两档机械式自动变速器档位间距检测系统的设计

郑红梅, 龚国华, 蒋梦鸽, 罗凡

(合肥工业大学 机械与汽车工程学院, 安徽 合肥 230009)

摘要: 针对传统自动变速器档位传感器、档位开关性能不稳定、安装不便的缺点, 课题设计了一种档位间距自动检测系统。该系统实现两档机械式自动变速器档位间距自动检测, 并根据测得的档位间距进行换档, 以软件代替档位传感器等硬件。伺服电机驱动连在电机轴上的丝杠螺母, 使连在螺母上的拨叉向档位 1 运动。同步器结合套撞上限位装置时, 伺服电机堵转, 伺服驱动器发出报警信号。换档控制器接收第一个报警信号后, 将脉冲数清零, 然后驱动拨叉向档位 2 运动。到达档位 2 后, 电机堵转并发出第二个报警信号, 换档控制器接收报警信号后, 记录发出的脉冲数, 这个脉冲数即为两档间距。

关键词: 两档机械式自动变速器; 伺服电机; 报警信号; 档位间距自动检测系统

中图分类号: TP216

文献标识码: A

文章编号: 1672-4437 (2016) 01-0001-05

1 引言

机械式自动变速器^[1]在自动换档过程中需要检测准确的换档位置^[2], 以防止误换档和挂档失败的发生。传统采用的接触式行程开关, 安装不便, 并且使用的过程中会磨损; 而非接触式霍尔传感器容易受到电机等其它组件很大的电磁干扰, 稳定性受到严重的影响^[3]。所以, 要准确地进行换档, 必须准确地检测档位。本课题设计了一种档位间距检测系统, 该系统利用伺服电机发生堵转时的报警信号实现档位间距的自动检测, 并根据测得的档位间距来进行档位的切换。本课题以两次堵转之间换档控制器记录的脉冲数测量档位间距, 以软件检测代替硬件检测, 使检测更加方便, 测量结果更加稳定可靠。

2 档位间距自动检测系统方案设计

如图 1 所示, 丝杠螺母换档机构由换档电机、丝杠、拨叉、螺母等组成。丝杠与换档电机的电机

轴由联轴器相连, 由换档电机驱动丝杠旋转, 丝杠每旋转一周, 螺母就移动一个导程; 螺母与拨叉相连, 螺母在丝杠的轴向方向移动时带动拨叉, 拨叉推动同步器结合套移动, 结合套推动锁环与结合齿圈接触压紧并同步^[4-7], 实现换档的目的。同步器的锁环与结合齿圈接触压紧后继续位移时, 同步器结合套撞上限位装置, 电机驱动拨叉的阻力过大, 会使伺服电机堵转, 同时伺服驱动器发出报警信号。电机堵转时伺服驱动器会自锁并发出灯光报警, 在这个过程中, 伺服驱动器会自动切断换档控制器对其的控制, 电机频繁堵转时发热量过大, 为了能够持续正常换档, 换档过程中电机是不允许频繁堵转的。

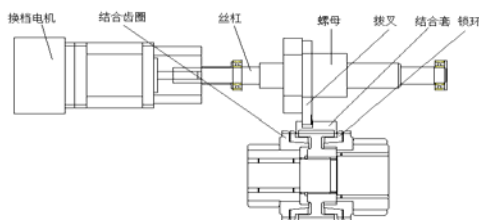


图 1 丝杠螺母换档机构

Fig.1 Screw nut shift mechanism

收稿日期: 2015-12-12

作者简介: 郑红梅 (1966-), 女, 安徽合肥人, 合肥工业大学教授, 硕士生导师。主要研究方向: 机械系统动力学及状态检测、CAD/CAM/CAE、机电控制及其自动化。

伺服电机采用指令脉冲+方向的位置控制模式。

指令脉冲频率= (需要电机运行的转速/60) * 一圈的脉冲数, 所以, 脉冲频率影响电机的转速, 脉冲数影响电机输出轴的转角。方向信号控制电机输出轴的转向。如图 2 所示, 伺服电机驱动丝杠螺母, 使连在螺母上的拨叉向档位 1 运动。同步器结合套撞上限位装置时, 伺服电机堵转并发出第一个报警信号, 换档控制器接收报警信号后, 将脉冲数清零, 然后驱动拨叉向档位 2 运动, 到达档位 2 后, 电机堵转并发出第二个报警信号, 同时换档控制器记录发出的脉冲数, 这个脉冲数即为档位间距。为了避免每次换档时电机都堵转, 将测得的脉冲数减去一个很小的余量, 然后根据新的脉冲数来进行档位的切换。余量的大小在现场调试的时候确定, 在此不再赘述。系统设置档位间距自动检测过程在开机之后, 自检测之后就可以进行持续正常的换档了。

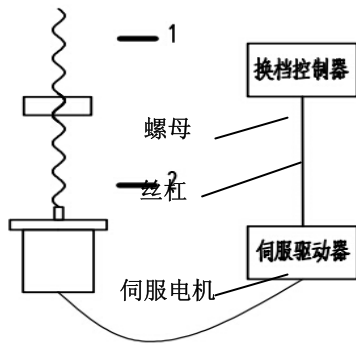


图 2 档位间距自动检测系统框图

Fig.2 The block diagram of Automatic gear spacing gauging system

3 硬件设计

3.1 档位间距自动检测系统硬件设计

系统硬件结构如图 3 所示。换档控制器发出脉冲信号, 经电平转换电路传输给伺服驱动器, 伺服

驱动器驱动伺服电机, 带动丝杠螺母运动, 连在螺母上的拨叉运动。同步器结合套撞上限位装置时, 伺服电机堵转, 伺服驱动器发出报警信号, 报警信号经过电平转换电路传输给换档控制器。

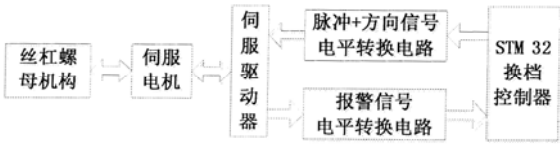


图 3 档位间距自动检测系统硬件结构图

Fig.3 Hardware structure of Automatic gear spacing gauging system

伺服驱动器的部分通信与输出信号接口如表 1 所示。接口 7 为报警信号, 当伺服电机正常运行时, 接口 7 为高电平; 当伺服电机发生堵转时, 接口 7 为低电平。报警信号输入采用外部中断的方式, 配合三极管以小电流控制大电流的特点, 实现外部中断电压的检测。系统检测到接口 7 为低电平时, 控制器进入外部中断程序。

表 1 伺服驱动器通信与输出接口

Table 1 Communication and output interface of servo driver

端子号	符号	功能
6	COM	输出信号公共端。
7	WR	报警信号输出, 报警时为低电平。
8	PF	到位信号输出, 到位时为低电平。
9	ZO	编码器零点信号输出, 到零点时为低电平。

电机堵转时伺服驱动器会自锁并发出灯光报警, 在这个过程中, 伺服驱动器会自动切断换档控制器对其的控制。这种情况下, 需要换档控制器向伺服驱动器发出一个时间间隔很短的低电平使能信号来清除报警, 恢复换档控制器对伺服电机的控制。伺服驱动器控制信号如表 2 所示。

表 2 伺服驱动器控制信号接口

Table 2 Control signal interface of Servo driver

名称	功能
PU+ (+5V)	脉冲控制信号, PU+接+5V。
PU-(PU)	脉冲上升沿有效; PU-高电平时 4~5V, 低电平时 0~0.5V。
DIR+ (+5V)	方向信号, DIR+接+5V。
DIR-(DIR)	高/低电平信号, 为保证电机可靠换向, 方向信号应先于脉冲信号, DIR-(DIR) 至少 5μs 建立。DIR-高电平时 4~5V, 低电平时 0~0.5V。

EN+(+5V)	使能信号：此输入信号用于使能或禁止,EN+接+5V。
EN-(E 伺服电机 N)	ENA-接低电平时，驱动器将切断电机各相的电流使电机处于自由状态，此时脉冲不被响应。当不需此功能时，使能信号端悬空即可。另外，当驱动器报警时，可以禁止再使能，可以清除报警。

3.2 电平转换电路

换档控制器的 I/O 口输入电压在 3.3V 左右，而伺服驱动器输出电压在 5V 左右，电压过大将直接烧坏芯片。为了实现换挡控制器和伺服驱动器的电压匹配，需要使用电平转换电路。如图 4 所示，当三极管 Q2 的基极输入高电平信号时，集电结和发射结发生正偏，三极管处于饱和状态并导通，集电极电压趋近于发射极电压，变为低电平，因此电阻 R13、二极管 LED3 通电，LED3 发光；当三极管 Q2 的基极输入为低电平信号时，发射结反偏，三极管截止，集电结变为高电平，LED3 熄灭。

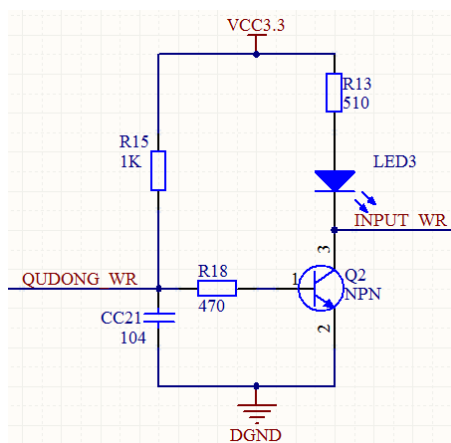


图 4 电平转换电路
Fig.4 Level conversion circuit

图中 R15 起限流作用，降低三极管 Q2 的功耗。在输入信号端并联电容 CC2，用于消除纹波干扰。采用电容滤波消除尖峰脉冲，防止误触发。为方便调试电路，电路设计时加入发光二极管，在接收到报警信号时可直接观测到，提高后期调试发现问题、解决问题的效率。QUDONG_WR 端接伺服驱动器，INPUT_WR 端接换挡控制器的 I/O 口。当 QUDONG_WR 端为低电平时，三极管截止，INPUT_WR 为高电平；当 QUDONG_WR 端为高电平时，三极管导通，INPUT_WR 为低电平。

4 软件设计

程序流程图如图 5 所示。换挡控制器向伺服电机发送脉冲信号和方向信号驱动伺服电机，脉冲信

号的频率控制电机的转速，脉冲数控制电机转动的圈数，方向信号控制电机转向，高电平和低电平分别代表一种转向。伺服电机驱动连在螺母上的拨叉向档位 1 运动，在拨叉运动的过程中，主程序等待进入中断程序。同步器结合套撞上限位装置时，伺服电机堵转，伺服驱动器发出报警信号。换挡控制器接收报警信号后进入中断程序，在中断程序中将脉冲数清零，同时翻转方向信号使伺服电机反转，驱动拨叉向档位 2 运动。到达档位 2 后，电机堵转，伺服驱动器发出报警信号，换挡控制器进入中断程序。在中断程序中记录发出的脉冲数，这个脉冲数即为档位间距。

为了直观看到测得的脉冲数，从而判断测得的脉冲数的稳定性，采用 printf() 函数输出字符到串口助手，来显示自检测过程中记录的脉冲数，如图 6 所示。因为在自检测之前，拨叉可能在两档之间的任何位置，所以第一次堵转时测得的脉冲数没有任何意义，在中断程序中将第一次堵转时测得的脉冲数清零。第二次堵转时测得的脉冲数即为两档间距的准确值。电机堵转时，伺服驱动器会进入报警状态并自锁，切断换挡控制器对伺服驱动器的控制，因此需要一个时间间隔很短的低电平使能信号来清除报警，恢复换挡控制器对伺服电机的控制。如图 6 所示，POWER=0 表示低电平使能信号，低电平信号的时间约为 20ms，POWER=1 表示高电平使能信号，当使能信号为高电平时，伺服驱动器处于可控状态。

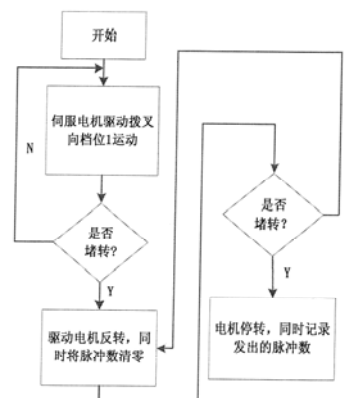


图 5 档位间距自动检测系统程序流程图
Fig.5 The program flow chart of Automatic gear spacing gauging system

--朝1档方向--

POWER=0; //关闭电源。。。

POWER=1; //重启电源。。。

--第一次堵转--

POWER=0; //关闭电源。。。

POWER=1; //重启电源。。。

--第二次堵转--

脉冲数=58071

图 6 档位间距自动检测效果图

Fig.6 The diagram of Automatic gear spacing gauging

5 现场调试

为了能够较为客观地对系统性能进行测试，将换档控制器和伺服电机接上变速器样机进行现场调试，如图 7 所示。经上百次测试，测得的脉冲数值很稳定。



图 7 调试现场

Fig.7 The debugging field

表 3 为换档电机不同转速下测得的两组档位间距的数据。从表中可以看出，在相同转速下测得的数值很稳定。根据图纸上标注，档位间距的实际值约为 18mm。换档电机旋转 1 圈需要 1000 个脉冲，测得的数值表明电机一共转了 51-53 圈，每圈约为 0.34mm。电机转速为 3000r/min 以下时，测得的档位间距很稳定，误差最大值为 0.77mm；当换档电机转速达到 3000r/min 时，测得的值有较大突变。伺服电机工作功率小于额定功率时为恒转矩，工作功率等于额定功率时，转矩与转速成反比。造成数据异常的原因可能是 3000r/min 为电机的额定转速，转速过大造成扭矩减小，电机驱动丝杠螺母时打滑，造成测得的数值异常。在实际工作中，电机很难达到额定转速，所以在实际工作中可忽略这一异常现象。

为了避免每次换档时电机都堵转，将测得的档位间距减去一个很小的余量。换档操作完成后，采用激光测速仪检测主轴转速。测试过程中，这个余量取 5000，换算成直线距离约为 1.5mm。经多次检测，换档成功，系统运行稳定。该系统目前已投入使用，效果良好。

表 3 档位间距实测表

Table 3 Gear spacing actual measurement table

换档电机转速 (r/min)	统计次数	1 档-2 档 脉冲数值	1 档-2 档 间距 (mm)	2 档-1 档 脉冲数值	2 档-1 档 间距 (mm)
200	2	52684	17.913	52672	17.908
		52689	17.914	52673	17.909
500	2	52634	17.896	52632	17.895
		52664	17.906	52660	17.904
1000	2	52418	17.822	52389	17.812
		52381	17.810	52373	17.807
1500	2	51980	17.673	51828	17.622
		51954	17.664	51919	17.652
2000	2	51335	17.454	51284	17.437
		51565	17.532	51560	17.530
2400	2	51005	17.342	50983	17.334
		50879	17.299	50930	17.316
2700	2	51507	17.512	50421	17.143
		50778	17.265	50738	17.251
3000	2	56601	19.244	56612	19.248
		56604	19.245	56544	19.225

6 结语

本课题研发的两档机械式自动变速器档位间距检测系统采用了模块化的设计,大大提高了系统的可靠性和可维护性。使系统能够自动检测机械式自动变速器的档位间距,检测数据准确可靠,变速器运行稳定;以软件来代替档位传感器和档位开关等硬件,简化了结构,节约了成本,具有良好的推广价值和应用前景。

参考文献:

[1]秦贵和.机械式自动变速器控制技术的研究和系统开发[D].吉林工业大学博士学位论文,1997.

- [2]唐新星,赵丁选,黄海东等.工程车辆自动变速控制系统的仿真与试验[J].农业机械学报,2007,38(4): 26-29.
- [3]葛安林.自动变速器(六)—电控机械式自动变速器(AMT)[J].汽车技术,2001(10):01-31.
- [4]葛安林.车辆自动变速理论与设计[M].北京:机械工业出版社,1993.
- [5]唐新星,赵丁选,黄海东等.工程车辆自动变速控制系统的仿真与试验[J].农业机械学报,2007,3(4): 26-29.
- [6]曹桂军,葛安林,郑磊等.电控机械式自动变速器换挡过程中离合器的接合控制[J].机械工程学报,2005,12(5): 234-238.
- [7]葛安林.车辆自动变速理论与设计[M].北京:机械工业出版社,1993: 60-80.

The Design of Automatic Gear Spacing Gauging System for the Two-Speed Automatic Transmission

ZHENG Hong-mei, GONG Guo-hua, JIANG Meng-ge, LUO Fan

(School of Mechanical and Automotive Engineering, Hefei University of Technology, Hefei 230009, China)

Abstract: There are many disadvantages in the traditional automatic transmission system. The performance of the gear position sensors and gear switches are instable. The installation of gear position sensors and gear switches are also inconvenience. Therefore, an automatic gear spacing gauging system is designed in this paper. By this system, the automatic gauging of the gear spacing for the two-speed automatic transmission is implemented. Based on the gauged gear spacing, the two-speed automatic transmission system could be shifted by software instead of hardware. Screw nut connecting to the servo motor's shaft is driven by servo motor. Thus, fork fixed on the screw nut could move to position No.1 with the nut. Servo motor stalls as soon as synchronizer clutch impacting on position limit device and servo driver sends alarm signals. The pulse counter is cleared when shift controller receives the first alarm signal. Then the fork is driven to position No.2. When the fork reaches position No.2, the motor stalls and sends the second alarm signal. The number of pulses will be recorded. By this number of pulses, the gear spacing could be obtained.

Key words: two gear automatic transmission; servo motor; alarm signal; automatic gear spacing gauging system;