

# 九点控制电机在手动变速器换挡同步中的应用

过学迅 胡朝峰

(武汉理工大学汽车工程学院, 武汉 430070)

**摘要** 介绍一种新型的智能控制器—九点控制器. 根据汽车变速器换挡工作的特点, 利用九点控制电机对汽车变速器换挡进行控制, 并在 Matlab/Simulink 环境下进行仿真分析. 仿真结果表明: 基于九点控制的智能控制器, 能有效改善汽车换挡品质, 提高操纵稳定性和乘坐舒适性.

**关键词** 九点控制, 电机, 变速器, 换挡

## 引言

变速器换挡过程平稳、无冲击地进行一直以来是驾驶员所渴望的. 采用手动变速器进行换挡时, 由于动力传动系统是多转动惯量系统, 换挡过程并非瞬间可以完成, 因此, 换挡过程中很容易产生不同程度的冲击, 冲击严重时将大大增加传动系统的动载荷, 降低换挡平顺性. 探求换挡同步, 本文引入一种新型的控制思想—九点智能控制, 采用九点控制电机来实现变速器换挡同步.

## 1 九点控制电机的基本思想和建模

用九点智能控制器控制电机来实现换挡同步, 不需要考虑电机复杂的数学模型, 只需根据转速的偏差和偏差变化率将电机的运行状态分为九种工况, 不同的工况下采用不同的控制策略对系统进行动态调控. 九点智能控制器可以实现动态控制, 且鲁棒性好, 无静差, 具有较短的响应时间和较小的超调, 因此性能优于其它控制方法. 利用九点智能控制, 能迅速使变速器处在最佳的换挡时刻状态, 最大限度的减小汽车换挡带来的冲击, 从而改善汽车换挡品质, 提高操纵稳定性和乘坐舒适性. 图 1 为九点控制电机的变速器换挡示意图.

### 1.1 变速器换挡过程分析<sup>[1]</sup>

变速器在低档工作时, 接合套 3 与齿轮 2 上的齿圈接合, 二者的花键齿圆周速度  $v_3$  和  $v_2$  虽然相等. 欲从低档换入高档, 驾驶员应踩下离合器踏板使离合器分离, 随即通过变速杆等将接合套 3 右

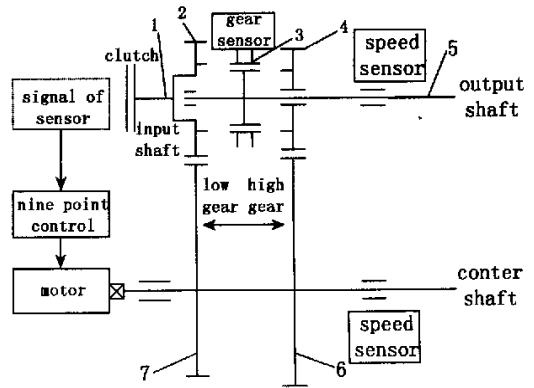


图 1 九点控制电机的变速器换挡示意图

Fig. 1 Nine point control for motor in transmission shift

移, 推入空档位置. 当接合套 3 刚与齿轮 2 脱离的瞬间  $v_3 = v_2$ . 由于从齿轮 6 到 4 的升速比  $z_6/z_4$  大于齿轮 2 到齿轮 7 的减速比  $z_7/z_2$ , 高档齿轮 4 的转速永远高于齿轮 2 的转速, 从而齿轮 4 的花键齿圆周速度  $v_4 > v_2$ , 所以在推入空档的瞬间  $v_4 > v_3$ , 接合套 3 与齿轮 4 没有联系,  $v_3$  与  $v_4$  下降的快慢有所不同, 接合套 3 与

整车相连, 惯性大, 故  $v_3$  下降较慢, 而齿轮 4 与中间轴及其齿轮、输入轴和离合器从动盘相连, 惯性小, 故  $v_4$  下降的较快. 同理, 由高档换入低档有  $v_3 > v_2$ ,  $v_2$  下降的比  $v_3$  快. 为了避免发生打齿现象, 应使主、被齿轮齿顶线速度比较接近, 然后将接合套挂入档位. 从低档换入高档, 随着速度下降的差别, 存在  $v_4 = v_3$  的瞬间, 但无法准确把握这个时刻; 从高档换入低档, 根本不存在  $v_3 = v_2$  的情况, 无

法实现同步换挡。

### 1.2 九点控制电机的基本思想<sup>[2,3]</sup>

为了实现换挡同步,并考虑中间轴的惯性比较小,采用电机对其进行调速控制,使主、被齿轮齿顶线速度迅速且长时间处于比较接近状态,实现同步换挡.将输入轴转速传感器1、中间轴转速传感器2和档位传感器的信号输入九点控制器.输出轴转速和转换后的中间轴转速差  $e$  是智能九点控制器中的受控量,控制器的最终目的是把  $e$  控制在零左右的最佳状况.将转速差  $e$  进行九点化,首先对一些概念进行规定:设输出轴转速为  $n_0$ ,转换后的中间轴转速为  $n$ ;定义转速的偏差为  $e = n_0 - n$ ,偏差变化率为  $\dot{e} = (e_{i+1} - e_i) / T$ ,其中  $T$  为采样时间,  $i$  及  $(i + 1)$  分别为上次采样时刻和本次采样时刻;设  $\pm e_0$  为系统允许的偏差零带,  $\pm \dot{e}_0$  为系统允许的偏差变化率零带.

九点控制器不同于模糊控制器,它属于逻辑控制,是依据偏差与偏差变化率之间的逻辑关系,按泛布尔代数公理形成的逻辑控制策略而设计出的控制器.它控制策略的是模拟人的思维方式进行逻辑控制,因此具有智能化.通常情况下不需要复杂的数学运算,采用变增益控制即可.电机的工作状态表征为转速偏差及滑移率偏差变化率的大小,根据响应曲线的状态特征,可以将所测得滑移率偏差及偏差变化率各分为3种情况,这样就组成9种不同的工况点,分别采用不同的控制策略,迫使控制对象(转速差  $e$ ) 迅速向设定的最佳值零靠拢.九点控制器调节转速  $n$  是根据未来转速的变化趋势选用不同的调节.智能九点控制器在各个工况的逻辑控制规则如表1所示.

表1 智能九点控制器的控制规则表

Table 1 Regular form of the intelligent nine point controller

偏差 $e$	偏差变化率 $\dot{e}$		
	$e \geq e_0$	$ \dot{e}  \leq \dot{e}_0$	$e \leq -e_0$
$e \geq e_0$	有正向背离设定值的趋势,强减速	无向设定值靠拢的趋势,稍减速	有向设定值靠拢的趋势,弱减速
$ \dot{e}  < \dot{e}_0$	有正向背离设定值的趋势,微减速	与设定值平衡,保持转速不变	有负向北偏离设定值的趋势,微加速
$e \leq -e_0$	有向设定值靠拢的趋势,弱加速	无向设定值靠拢的趋势,稍加速	有超越设定值的趋势,强加速

### 1.3 系统模型的建立<sup>[4]</sup>

变速器换挡时,九点控制器自动调节电机,使

转差率保持在零左右的最佳状态,即可保证换挡同步.用九点智能控制器设计的电机控制系统如图2所示.通过将传感器检测到的信号进行换算,经过九点控制器的控制决策后产生调节输出,用来控制电机的调节器,使主、被齿轮齿顶线速度比较接近,容易啮合,实现换挡同步,改善汽车换挡品质,提高操纵稳定性和乘坐舒适性.

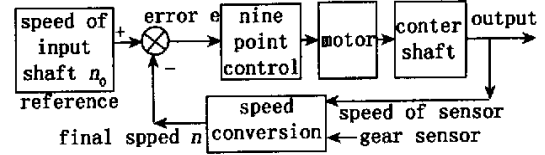


图2 九点控制电机系统的模型图

Fig.2 The model of nine point control for motor system

## 2 Matlab 仿真实验

分别从稳态和动态输入两个方面来进行仿真实验,观测并分析智能九点控制器对系统不同类型信号输入的响应.从误差的角度来考虑偏差零带,设定偏差零带  $e(0) = \pm 0.01$ ,即换挡时输出轴转速  $n_0$  与换算后的中间轴转速  $n$  的误差在  $\pm 0.01$  区间内;从快速响应的角度考虑偏差变化率零带,设定  $de(0) = \pm 0.1$ .对阶跃输入、斜坡输入、正弦输入分别进行 Matlab 仿真实验,其结果分别如图3~图5所示.

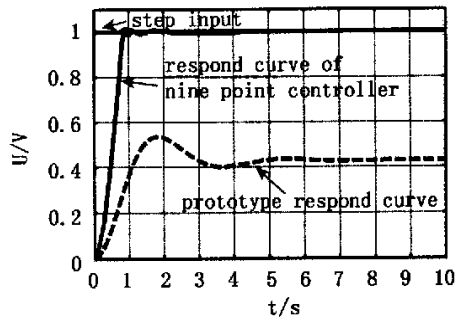


图3 阶跃输入对应的响应曲线图

Fig.3 The corresponding response curve of step input

## 3 结论

从上述仿真实验可以看出,采用智能九点控制电机来改善变速器的换挡操作,能有效的进行跟踪控制,且响应速度快,振荡小,很好的解决变速器换挡问题.另外,九点控制器算法简单,其控制精度调节十分方便,控制器结构简单,硬件很容易实施.仿真实验结果表明,智能九点控制器控制效果明显,为改善和提高汽车换挡性能提供了一种新的方

法,具有良好的应用前景.

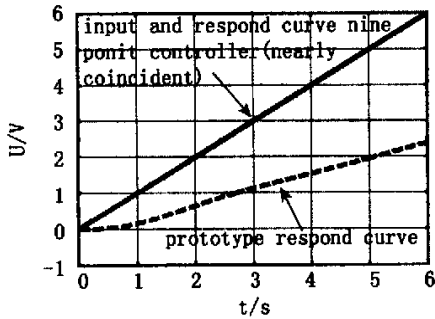


图4 斜坡输入对应的响应曲线图

Fig. 4 The corresponding response curve of slope input

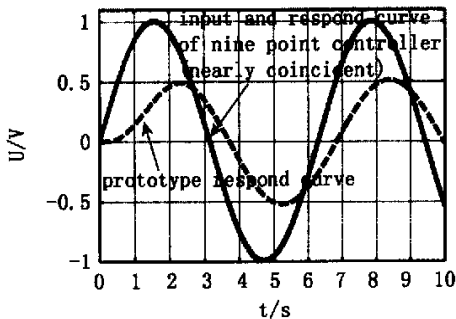


图5 正弦输入对应的响应曲线图

Fig. 5 The corresponding response curve of sine input

## 参 考 文 献

- 1 陈家瑞. 汽车构造. 第三版(下). 北京:人民交通出版社, 2001:38~71 (Chen JR. Automobile Construction. The third edition (Part Two). People's Transportation Press, 2001:38~71(in Chinese))
- 2 孙晓明. 汽车间距速度跟踪控制的仿真设计. 武汉理工大学学报, 2002, (6):145~148 (Sun XM. Simulation Design about the Speed Control between Two Mobiles. *J of Wuhan University of Technology*, 2002, (6):145~148(in Chinese))
- 3 Jeff Daniels, Modern Car Technology. Published by Haynes Publishing. Sparkford yeovil, Somerset BA22 7JJ UN, 2001:166~171
- 4 方千山,王永初. 模糊PID控制器及其应用. 厦门大学学报(自然科学版), 2001, 8(40):39~41 (Fang QS, Wang YC. Fuzzy PID Controller and It Is Application. *Journal of Xiamen University (Natural Science)*, Aug, 2001, 8(40):39~41(in Chinese))

## APPLICATION OF NINE POINT CONTROL FOR MOTOR IN MANUAL TRANSMISSION SHIFT SYNCHRONISM

Guo Xuexun Hu Zhaofeng

(Wuhan University of Technology, Automobile Engineering Institute, Hubei Wuhan 430070, China)

**Abstract** A new intelligent control method, i. e. nine point control method, was introduced, and the intelligent controller was designed according to the work trait of the shifting process of vehicle's transmission. The application of nine point control for motor was used to control the shifting process of vehicle's transmission. The corresponding simulation was presented by Matlab/Simulink. The result show that the controller based on nine point control can improve vehicle's shift quality.

**Key words** nine point control, motor, transmission, shift