

EPS 助力曲线设计

张永辉,王栋

(西安航空学院 车辆工程学院,陕西 西安 710077)

摘要:对汽车助力转向控制系统进行分析,研究不同车速下驾驶员理想转向盘力矩随方向盘转角、侧向加速度变化规律。分析了不同助力曲线的优缺点,提出了一种新的助力函数形式,设计了汽车的 EPS 助力特性曲线,阐述其设计原理及过程,并通过 MATLAB 分段拟合出车速感应系数及助力曲线图形。分析表明该新型助力曲线更符合汽车转向系统的要求。

关键词:汽车;电动助力转向系统;理想转向盘力矩特性;助力曲线;车速感应系数

中图分类号:TP275 **文献标志码:**B **文章编号:**1671-5276(2019)06-0172-02

Research on Characteristics of EPS Based on Ideal Steering Wheel Torque Model

ZHANG Yonghui, WANG Dong

(Vehicle Engineering Institute, Xi'an Aeronautical University, Xi'an 710077, China)

Abstract: This paper analyses the control system of electric power steering of the vehicle. Under different speeds, the ideal steering wheel torque changes with the change of the steering wheel angle and lateral acceleration. It also studies the ideal steering wheel torque model and establishes its model in high speed operation and analyzes its parameters in low speed operation and its influencing factors. The characteristic curve of the electric power steering system is formed. The speed correlation coefficient reflects the relationship between the speed and the assistance. The formula of speed inductance coefficient is designed by MATLAB.

Keywords: vehicle; electric power steering system; characteristics of ideal steering wheel torque; power-assisted curve; speed correlation coefficient

0 引言

随着对汽车电子控制系统大量研究的深入,人们对汽车的操稳性和安全性提出了更高的要求,电动助力转向系统(electric power steering, EPS)将电机作为转向助力能量来源,通过改变转向力传递特性,减少驾驶员负担,是提高车辆机动性和操稳性的有效手段。EPS 在不同车上的结构部件尽管不尽一样,但是基本原理是一致的^[1]。EPS 开发过程中首要任务是电机助力曲线的设计。SHI 等^[2]从理论层面分析了折线型助力曲线特点对转向操作和路感的影响,并基于仿真方法设计了合适的折线型助力曲线。向铁明等^[3]采用试验数据曲线拟合法设计了 EPS 助力特性曲线,得到助力三维 MAP 图,避免复杂的数学建模、推导和数学计算。任夏楠等^[4]提出了一种驾驶员理想转向盘力矩参数化特性模型,以驾驶员理想转向盘力矩与车速、转向盘转角、侧向加速度的关系为基础将助力特性曲线按照高速和低速分别进行设计,并对助力特性曲线的几何特征进行了论证。

1 助力曲线分类

助力特性是指助力电机产生的转矩随车速和转向盘力矩的变化规律^[5]。助力特性决定着助力曲线的形状,

所以一个好的助力特性函数起着协调驾驶员和整车、路面状况的作用。常见的助力曲线有直线型、折线型和曲线型,如图 1 所示。

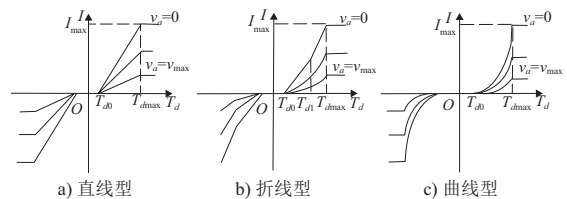


图 1 助力特性曲线

这 3 种助力曲线中直线型转向轻便性最好,高速转向时路感最差,曲线型可获得最好的路感,但低速及原地转向时轻便性较差^[6]。为了能使车辆在原地转向和低速行驶时具有良好的轻便性,且高速行驶时又不失路感,保证行驶安全,文献[6]中提出一种渐变助力曲线,这种曲线可随车速的增高逐渐从凸曲线变为凹曲线,如图 2 所示。

理想的助力曲线应根据不同的车速,协调转向轻便性与路感之间的矛盾,但是不同的驾驶员对同一辆车来说对轻便性和路感的评价都是不同的,所以很有必要针对不同车型确定一种理想的方向盘力矩模型。本文以理想转向盘力矩特性为基础,提出一种指数型助力函数,并提出车速感应系数应分段进行拟合,绘制出的助力曲线其线型

基金项目:中央高校基本科研业务费资助项目(310822171116);西安航空学院校级科研课题资助项目(2016KY1210)

作者简介:张永辉(1982—),陕西榆林人,副教授,硕士,研究方向为汽车电子控制技术。

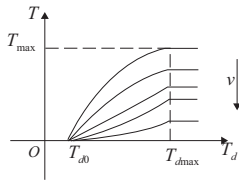


图2 助力特性曲线

的几何特征(斜率、凹性)可随着车速的改变,呈逐步下降趋势,更满足 EPS 系统的需要。

2 助力曲线参数确定

2.1 转向盘总阻力矩的确定

汽车行驶时转向盘阻力矩主要有地面摩擦力矩引起的阻力矩、垂向力回正力矩引起的阻力矩、侧向力回正力矩引起的阻力矩、纵向力回正力矩和系统干摩擦力矩^[7-9]。本文针对某款电动汽车在 ADAMS/CAR 中进行仿真,建立整车模型得出特定车速下的转向盘力矩最大值,如表 1 所示,其中转向系统干摩擦力矩可认定为恒值,其他阻力矩与车速、方向盘转角、侧向加速度、传动比有关。

表 1 特定车速下转向阻力矩、理想转向盘力矩、助力力矩及车速感应系数

车速/ (km/h)	转向阻力矩 $T_{hmax}/(N \cdot m)$	理想转向盘力矩 $T_{espect}/(N \cdot m)$	助力力矩 $T_a/(N \cdot m)$	车速感应 系数 b
0	31.822 1	1.094 9	30.727 2	0.000 1
20	23.960 3	2.010 1	21.950 2	0.200 0
40	18.510 4	2.340 0	16.170 4	0.500 0
60	13.224 6	2.782 0	10.442 6	0.700 0
80	8.526 0	3.116 2	5.409 8	0.900 0

2.2 助力曲线的确定

所设计的助力特性曲线应能满足转向轻便性与路感的要求,目前还没有统一标准,尤其是对路感的评价只有定性分析没有定量分析,也就是说没有最佳路感强度值的定义。综合各种文献资料研究发现 EPS 助力曲线或助力函数基本为指数函数形式,大体上和液压助力转向系统一致,提出助力矩函数为:

$$T_a = K(V) \cdot f(T_d) = K(V) \cdot (ae^{bT_d} - c) \quad (1)$$

其中: $K(V)$ 为车速感应系数,且 $K(0) = 1$,其他车速感应数值需要后期拟合; T_d 为转向盘力矩,根据拟合出的高、低速段的理想转向盘力矩分析,乘用车 T_d 取值范围在 $1 N \cdot m \sim 5 N \cdot m$ 之间。当 $T_d < 1 N \cdot m$ 时, EPS 不助力。当 $T_d > 5 N \cdot m$ 时,即达到最大转向盘力矩时, EPS 助力力矩不变。通过拟合发现该车型 $a = 1.133 7$, $b = 0.6$, $c = 2.065 7$ 时函数有较好的助力特性,即能很好地协调转向轻便性与路感之间的关系。 a 、 c 取值根据车速为 0 时, T_d 的取值范围和该车速下最大助力力矩 T_{amax} (转向阻力矩与转向盘力矩的差值)求得:

$$\begin{cases} K(0) \cdot f(1) = ae^{0.6 \times 1} - c = 0 \\ K(0) \cdot f(5) = ae^{0.6 \times 5} - c = 20.705 1 \end{cases} \quad (2)$$

随着车速的增大,助力力矩逐渐减小,则各车速下的感应系数按式(3):

$$K(V) = \frac{T_{amax}}{f(T_d)} = \frac{T_{amax}}{ae^{b \cdot T_{dmax}} - c} \quad (3)$$

经过 MATLAB/cftool 多项式拟合后车速感应系数表达式为:

$$K(V) = -9.49 \times 10^{-9} V^5 + 2.077 \times 10^{-6} V^4 - 0.000 169 916 V^3 + 0.006 437 V^2 - 0.113 8 V + 1 \quad (4)$$

各车速下车速感应系数值见表 2。

表 2 各车速下车速感应系数值

车速/(km/h)	0	10	20	40	60	80
车速感应系数	1.000 0	0.355 8	0.242 0	0.220 9	0.191 2	0.094 8

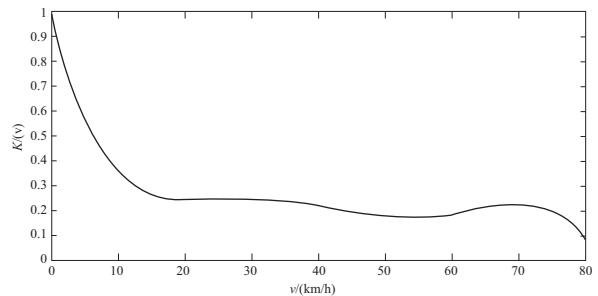


图3 车速感应系数拟合曲线

拟合出的车速感应系数拟合曲线如图 3 所示。根据车速感应系数公式可求出任意车速下的助力力矩及曲线。由式(1)~式(4)及表 1、表 2 进一步绘制助力特性曲线图,进而绘制如图 4 所示的助力特性曲线。

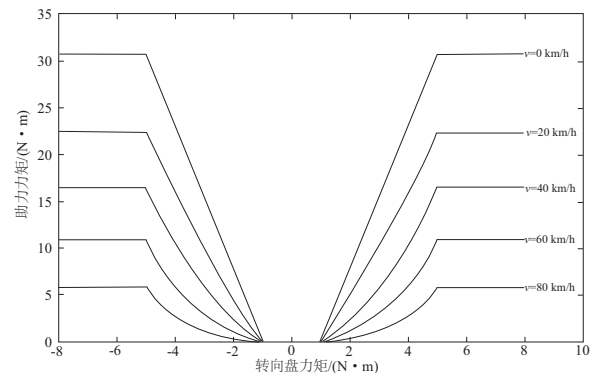


图4 基于理想转向盘力矩特性的助力曲线

3 结语

通过对理想转向盘力矩特性的分析得到了低速段与高速段的理想力矩,并拟合出低速段理想转向盘力矩参数,分析了影响因素。研究比现有文献资料,提出助力曲线为指数函数形式,并非任意设计的曲线。在此基础上提出助力函数表达式,助力曲线为随车速变化的由直线型渐变为曲线型的过程,为助力特性研究提供理论依据。

(下转第 177 页)