



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 111661140 B

(45) 授权公告日 2021.06.11

(21) 申请号 202010020417.X

B62D 6/00 (2006.01)

(22) 申请日 2020.01.09

B62D 113/00 (2006.01)

B62D 119/00 (2006.01)

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 111661140 A

(56) 对比文件

CN 110509983 A, 2019.11.29

CN 108177688 A, 2018.06.19

CN 110382332 A, 2019.10.25

CN 206589948 U, 2017.10.27

JP 2006111110 A, 2006.04.27

CN 109911004 A, 2019.06.21

EP 1539559 B1, 2014.03.19

(43) 申请公布日 2020.09.15

(73) 专利权人 吉林大学

地址 130012 吉林省长春市前进大街2699号

审查员 陈建强

(72) 发明人 管欣 张育宁 卢萍萍 雍文亮

詹军 段春光

(74) 专利代理机构 长春吉大专利代理有限责任

公司 22201

代理人 李泉宏

(51) Int. Cl.

B62D 5/04 (2006.01)

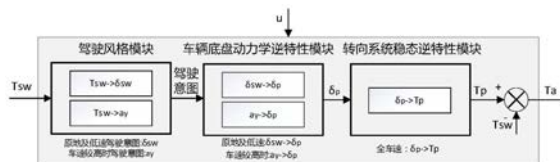
权利要求书1页 说明书4页 附图3页

(54) 发明名称

一种电动助力转向系统助力特性表计算方法

(57) 摘要

本发明公开了一种电动助力转向系统助力特性表计算方法,属于汽车电动助力转向系统控制技术领域,本发明的目的在于解决EPS基本助力特性表实车场地试验迭代修正困难且难以控制驾驶风格,导致汽车驾驶感觉不好的问题,车辆底盘动力学逆特性和转向系统动力学逆特性均是车辆的固有特性,本发明将EPS基本助力特性表分解为驾驶风格、车辆底盘动力学逆特性和转向系统动力学逆特性三大模块,三大模块均有明确的物理含义,使得EPS基本助力表的标定具有理论依据,降低了EPS基本助力表标定难度与工作量,缩短EPS开发周期。本发明通过设计驾驶风格模块,可以直接控制汽车驾驶风格,调校汽车驾驶感觉,兼顾驾驶感觉与助力的要求,提高EPS的品质。



1. 一种电动助力转向系统助力特性表计算方法,该方法包括以下步骤:

1) 驾驶风格计算步骤,首先根据纵向车速的不同,确定人的驾驶意图的类型,车速 $>20\text{km/h}$ 时确定为实现侧向加速度,车速 $\leq 20\text{km/h}$ 时确定为转动转向盘转角 δ_{sw} ;再根据转向盘力矩 T_{sw} 的大小,确定驾驶意图的具体值,即转向盘转角 δ_{sw} 或侧向加速度 a_y ;转向盘力矩 T_{sw} 与转向盘转角 δ_{sw} 或侧向加速度 a_y 的对应关系采用模拟器进行标定;

2) 车辆底盘动力学逆特性计算步骤,车速 $\leq 20\text{km/h}$ 时,转向盘转角 δ_{sw} 与小齿轮转角 δ_p 之间存在关系式 $\delta_p = \delta_{sw} - T_{sw}/K$,通过计算即可获得转向盘转角 δ_{sw} 所对应的小齿轮转角 δ_p ,车速 $>20\text{km/h}$ 时,根据标定车辆底盘动力学逆特性模块,通过查表方式获得与侧向加速度 a_y 对应的小齿轮转角 δ_p ;所述的车辆底盘动力学逆特性模块包含各车速下侧向加速度 a_y 与小齿轮转角 δ_p 之间的对应关系;

3) 转向系统动力学逆特性计算步骤,根据纵向车速信息和小齿轮转角 δ_p ,查取试验标定得到的转向系统稳态逆特性表得到等效到小齿轮转角处的回正力矩 T_p ;

4) 计算EPS基本助力特性表,再根据上述模块获得的等效到小齿轮转角处的回正力矩 T_p 和转向盘力矩 T_{sw} ,利用公式 $T_a = T_p - T_{sw}$,即可计算得到电机助力矩 T_a ,获得当前车速下电机助力矩 T_a 和转向盘力矩 T_{sw} 的对应关系的电动助力转向系统助力特性表。

2. 根据权利要求1所述的电动助力转向系统助力特性表计算方法,其特征在于,步骤1)中采用模拟器进行标定的方法为:选取若干个有经验驾驶员在驾驶模拟器中,不断调整 T_{sw} 与 δ_{sw} 和 a_y 的对应关系,直至令各个驾驶员满意。

3. 根据权利要求1所述的电动助力转向系统助力特性表计算方法,其特征在于,步骤2)中车辆底盘动力学逆特性模块通过如下方法标定方法如下:在稳态下,不同车速条件分别将 a_y 与 δ_p 以 $y=kx$ 形式拟合获得各个车速条件下的 a_y 与 δ_p 之间的对应关系。

4. 根据权利要求1所述的电动助力转向系统助力特性表计算方法,其特征在于,步骤3)中转向系统动力学逆特性表通过在关闭助力条件下, $T_{sw}=T_p$,通过稳态定圆试验标定得到稳态下车速、小齿轮转角 δ_p 和转向盘力矩 T_{sw} ,以 $y=(a \times (1 - e^{-b|x|}) + c \times (1 - e^{-d|x|})) \times \text{sign}(x)$ 形式拟合不同车速下的 δ_p 与 T_p 之间的关系。

一种电动助力转向系统助力特性表计算方法

技术领域

[0001] 本发明属于汽车电动助力转向系统控制技术领域,涉及一种电动助力转向系统,尤其涉及电动助力转向系统基本助力特性。

背景技术

[0002] 近年来,电动助力转向系统(EPS)由于诸多优点,在汽车上得到广泛采用,良好的助力转向系统应能兼顾轻便性、稳定性和驾驶风格等要求,给人良好的驾驶感觉,EPS基本助力特性表决定了EPS稳态助力效果,对汽车转向性能有很大影响。目前,EPS助力特性表的调校通常是在汽车产品开发的后期,通过实车场地试验迭代优化,间接调教驾驶感觉。发明专利 CN101722980提出一种参数独立可调式EPS助力特性标定方法。通过调校5个关键参数改变基本助力特性曲线,实现不同助力效果;发明专利CN106882260开放了与汽车物理参数相关的特征点和与汽车转向运动状态相关的随动系数,实现助力特性与转向盘力矩和车速的关联设计,标定EPS基本助力特性,然而,上述EPS助力特性标定方法通过驾驶员操纵力矩和车速的非线性场直接查取基本助力,耦合了人的驾驶意图和车辆动力学特性等多种因素,理论依据相对不足,加大了标定难度,且只能间接调教驾驶感觉,很难兼顾驾驶感觉与助力的要求,延长了标定周期。因此,亟需提出一种实现EPS助力特性解耦且能控制汽车驾驶风格的 EPS助力特性设计计算方法。

[0003] 针对上述情况,本发明将采用与以往标定EPS助力特性表不同的思路,我们在充分研究 EPS基本助力特性表动力学机理的基础上,以驾驶意图和转向角作为中间变量,将EPS基本助力特性表分解为驾驶风格、车辆底盘动力学逆特性和转向系统动力学逆特性三大功能模块,通过设定汽车驾驶风格,标定车辆底盘动力学逆特性和转向系统稳态逆特性,计算得到EPS 基本助力特性表。

发明内容

[0004] 本发明的目的在于解决EPS基本助力特性表实车场地试验迭代修正困难且难以控制驾驶风格,导致汽车驾驶感觉不好的问题,提出一种基于EPS助力特性解耦的EPS基本助力特性的计算方法,以解决EPS基本助力特性表标定困难和难以控制汽车驾驶风格的问题,缩短EPS 开发周期,降低EPS研发成本。为达到上述目的,本发明的解决方案为:

[0005] 一种电动助力转向系统助力特性表计算方法,包括以下步骤:

[0006] 1) 驾驶风格计算步骤,首先根据纵向车速的不同,确定人的驾驶意图的类型,车速较高 ($>20\text{km/h}$) 时确定为实现侧向加速度,车速较低 ($\leq 20\text{km/h}$) 时确定为转动转向盘转角;再根据转向盘力矩 T_{sw} 的大小,确定驾驶意图的具体值,即转向盘转角 δ_{sw} 或侧向加速度 a_y ;

[0007] 转向盘力矩 T_{sw} 与转向盘转角 δ_{sw} 或侧向加速度 a_y 的对应关系可采用国家标准推荐设定或采用模拟器进行标定;

[0008] 2) 车辆底盘动力学逆特性计算步骤,根据车辆底盘动力学逆特性,车辆低速 (\leq

20km/h) 时,转向盘转角 δ_{sw} 与小齿轮转角 δ_p 之间存在关系式 $\delta_p = \delta_{sw} - T_{sw}/K$,通过计算即可获得转向盘转角 δ_{sw} 与小齿轮转角 δ_p 之间的对应关系,车辆高速(>20km/h)时,侧向加速度 a_y 与前轮转角一一对应,而前轮转角和小齿轮转角是传动比关系,通过标定方式即可获得侧向加速度 a_y 与小齿轮转角 δ_p 之间的对应关系;

[0009] 3) 转向系统动力学逆特性计算步骤,转向系统稳态逆特性是车辆固有特性,通过关闭助力系统后进行稳态定圆试验即可得到车速、小齿轮转角 δ_p 和转向盘力矩 T_{sw} ,关闭助力后等效到小齿轮转角处的回正力矩 $T_p = T_{sw}$,根据纵向车速信息和小齿轮转角 δ_p ,查取试验标定得到的转向系统稳态逆特性表得到等效到小齿轮转角处的回正力矩 T_p 。

[0010] 4) 计算EPS基本助力特性表,再根据上述模块获得的等效到小齿轮转角处的回正力矩 T_p 和转向盘力矩 T_{sw} ,利用公式 $T_a = T_p - T_{sw}$,即可计算得到电机助力矩 T_a ,获得当前车速下电机助力矩 T_a 和转向盘力矩 T_{sw} 的对应关系的电动助力转向系统助力特性表。

[0011] 本发明的有益效果如下:

[0012] 1、本发明将EPS基本助力特性表分解为驾驶风格、车辆底盘动力学逆特性和转向系统动力学逆特性三大模块,三大模块均有明确的物理含义,使得EPS基本助力表的标定具有理论依据,降低了EPS基本助力表标定难度与工作量,缩短EPS开发周期。

[0013] 2、本发明通过设计驾驶风格模块,可以直接控制汽车驾驶风格,调校汽车驾驶感觉,兼顾驾驶感觉与助力的要求,提高EPS的品质。

附图说明

[0014] 图1本发明所述的基于EPS助力特性解耦的EPS基本助力特性的标定方法

[0015] 图2本发明设计的驾驶风格模块

[0016] 图3本发明标定的车辆底盘动力学逆特性模块

[0017] 图4本发明标定的转向系统稳态逆特性模块模块

[0018] 图5本发明计算得到的EPS基本助力特性表

[0019] 图6本发明采取的车辆动力学稳态逆特性标定流程

具体实施方式

[0020] 为了充分表达本发明的目的、技术方案和优点,结合以下附图,对本发明进行详细说明。为了能够充分理解,此处所描述的具体实施实例仅仅用来解释本发明,并不只限于本发明。

[0021] 本发明的标定方法由驾驶风格模块、车辆底盘动力学逆特性模块和转向系统动力学逆特性模块组成,方案示意图如图1所示。驾驶风格模块为驾驶员转向操作量-转向盘力矩与汽车稳态转向运动强度的关系,表征了驾驶员对汽车运动趋势的期望,车辆底盘动力学逆特性模块为汽车稳态转向运动强度与小齿轮转角的关系,转向系统动力学逆特性模块为汽车小齿轮转角与等效到小齿轮处的汽车回正力矩的关系,车辆底盘动力学逆特性模块和转向系统动力学逆特性模块是汽车的固有特性。本发明应用于吉林大学ASCL驾驶模拟器的工作过程如下:

[0022] 图1中符号参数说明:

[0023]

符号	说明	单位
----	----	----

T_{sw}	转向盘力矩	N.m
T_p	等效到小齿轮处回正力矩	N.m
δ_{sw}	转向盘转角	deg
δ_p	小齿轮转角	deg
K	扭力杆刚度	N.m/deg
u	车速	Km/h
a_x	纵向加速度	g
a_y	侧向加速度	g

[0024] 步骤一：设计驾驶风格模块，即全车速范围内驾驶员转向操作力矩与理想汽车转向运动强度的关系。原地转向及车速较低时，人的驾驶意图是转动转向盘到某一位置，转向盘力矩和转向盘转角的关系可在满足原地和低速行驶转向轻便性要求的基础上自由设计，通过设定二者对应关系，可直接控制低速时驾驶风格；车速较高时，人的驾驶意图是实现期望的侧向加速度，转向盘力矩和侧向加速度的关系可在满足汽车操纵稳定性要求的基础上自由设计，通过设定二者对应关系，可直接控制高速时驾驶风格；选取10个有经验驾驶员，在吉林大学 ASCL 驾驶模拟器环境下，调整 T_{sw} 与 δ_{sw} 和 a_y 的对应关系，直至令驾驶员满意，设计得到的驾驶风格模块如图2所示。

[0025] 步骤二：标定车辆底盘动力学逆特性模块，即全车速范围内驾驶意图与小齿轮转角的关系，原地转向及车速较低时，驾驶员的驾驶意图是转动转向盘到某一位置，稳态时，转向盘转角与小齿轮转角仅差一个扭力杆变形， $\delta_p = \delta_{sw} - T_{sw}/K$ ，与此对应的车辆底盘动力学逆特性模块如图3(a)所示；车速较高时，人的驾驶意图是实现期望的侧向加速度，稳态时，侧向加速度与前轮转角一一对应，而前轮转角和小齿轮转角是传动比关系，故侧向加速度与小齿轮转角有确定关系，其确定关系可参考图6所示流程标定得到，标定流程为，关闭助力系统，选取一组目标车速和目标转角，汽车静止时将转向盘转角转至目标转角，汽车点火，以 $a_x < 0.25\text{m/s}^2$ 纵向加速度缓慢而均匀的加速，直至车速达到目标车速或侧向加速度 $a_y > 0.65\text{g}$ ，若车速达到目标车速，记录达到稳态时的 δ_{sw} 、 δ_p 、 a_y ，然后再选取一组新的目标车速和目标转角，重复上述过程，直至得到全车速全转角数据，以 $y=kx$ 拟合不同车速下的 a_y 与 δ_p 对应关系数据，得到的高速时车辆底盘动力学逆特性模块如图3(b)所示。

[0026] 步骤三：标定转向系统稳态逆特性模块，即全车速范围内小齿轮转角与等效到小齿轮转角处的回正力矩的关系，稳态时，小齿轮转角与等效到小齿轮转角处的回正力矩具有确定关系，其确定关系可参考图6所示流程标定得到，标定流程为，关闭助力系统，选取一组目标车速和目标转角，汽车静止时将转向盘转角转至目标转角，汽车点火，以 $a_x < 0.25\text{m/s}^2$ 纵向加速度缓慢而均匀的加速，直至车速达到目标车速或侧向加速度 $a_y > 0.65\text{g}$ ，若车速达到目标车速，记录达到稳态时的 T_{sw} 、 δ_{sw} 、 δ_p ，然后再选取一组新的目标车速和目标转角，重复上述过程，直至得到全车速全转角数据，以 $y = (a \times (1 - e^{-b|x|}) + c \times (1 - e^{-d|x|})) \times \text{sign}(x)$ 形式拟合不同车速下的 δ_p 与 T_{sw} 之间的关系(关闭助力 T_{sw} 与 T_p 相等)数据，得到的转向系统稳态逆特性模块如图4所示。

[0027] 步骤四：计算EPS基本助力特性表。根据设定的驾驶风格模块和标定得到的车辆底盘动力学逆特性模块、转向系统稳态逆特性模块，即可计算得到EPS基本助力特性表 $T_a = T_p - T_{sw}$ ，如图5所示。既能降低EPS助力特性的标定难度，又能控制汽车的驾驶风格，大幅缩短EPS

开发周期,降低研发成本,提升EPS性能。

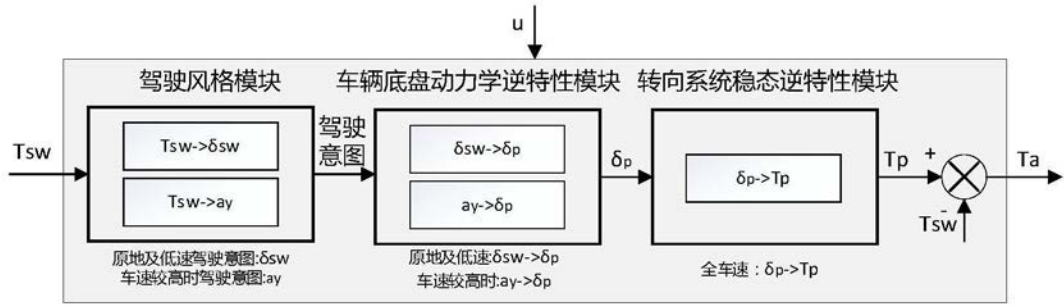


图1

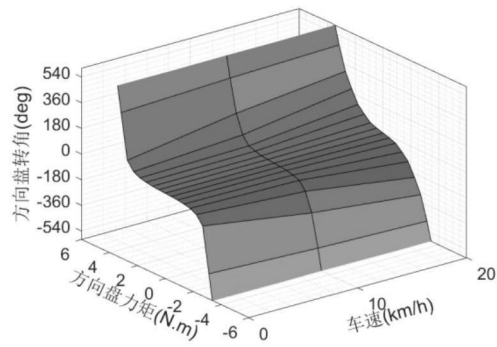


图2 (a)

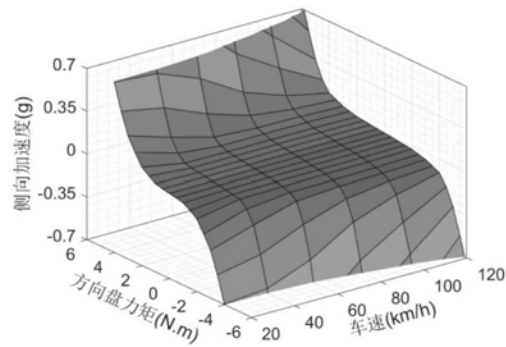


图2 (b)

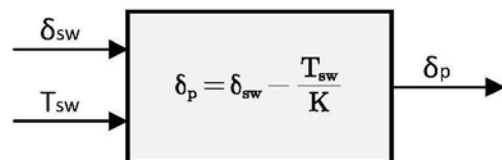


图3 (a)

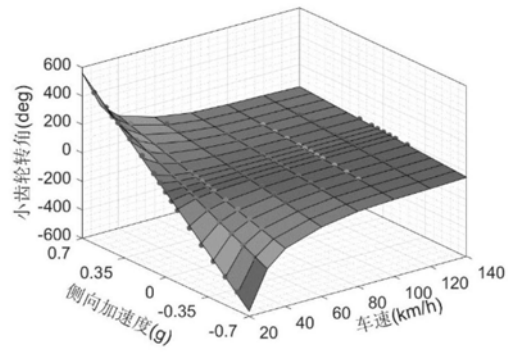


图3 (b)

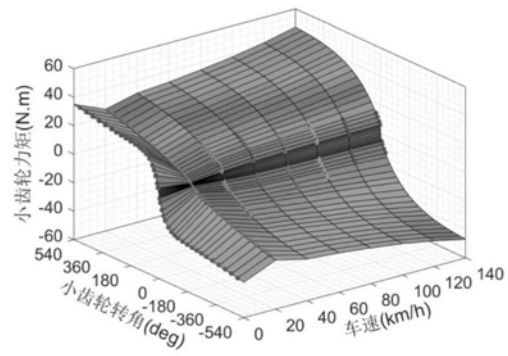


图4

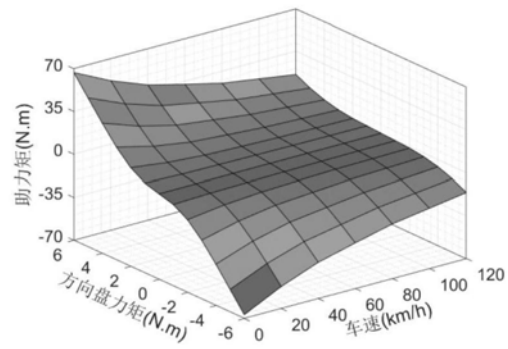


图5

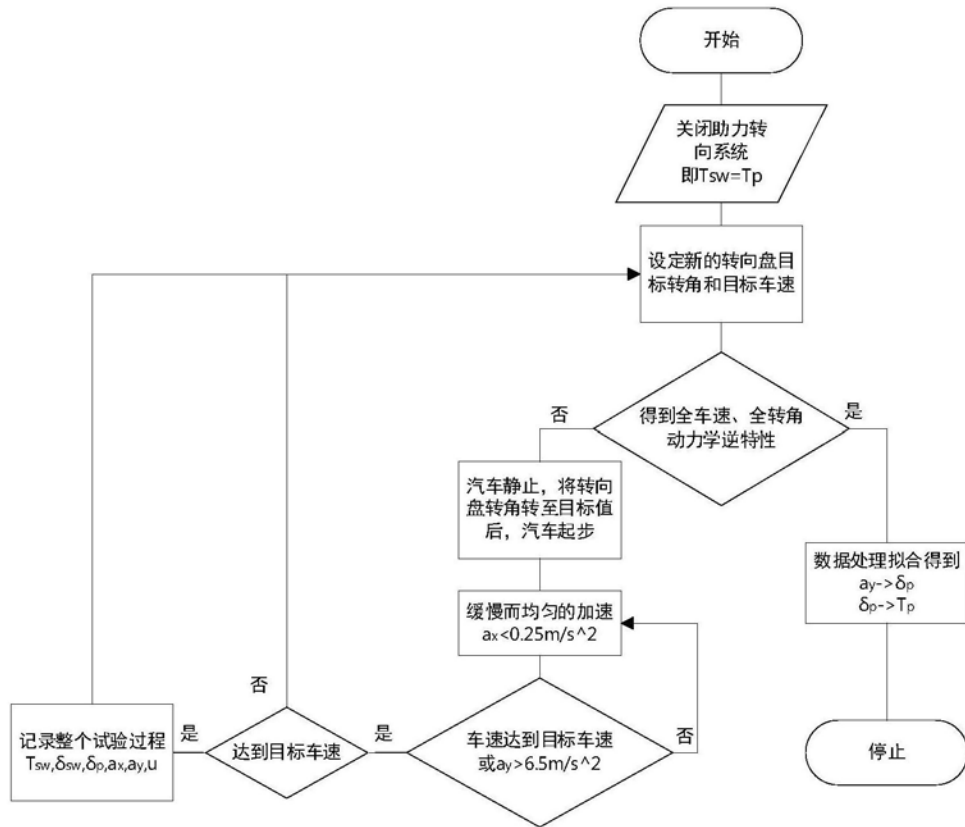


图6