



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 106394654 A

(43)申请公布日 2017. 02. 15

(21)申请号 201610610134.4

B62D 101/00(2006.01)

(22)申请日 2016.07.29

B62D 119/00(2006.01)

(30)优先权数据

62/199457 2015.07.31 US

14/953289 2015.11.27 US

(71)申请人 操纵技术IP控股公司

地址 美国密执安州

(72)发明人 M.K.黑尔斯 T.M.瓦伦吉卡

S.P.沙

(74)专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公

司 72001

代理人 周春梅 张昱

(51)Int.Cl.

B62D 5/04(2006.01)

B62D 6/00(2006.01)

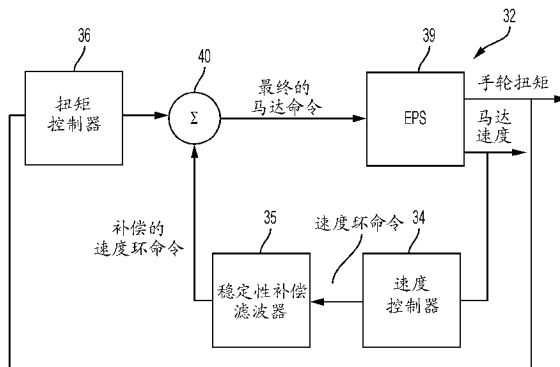
权利要求书2页 说明书4页 附图6页

(54)发明名称

用于改进的EPS系统稳定性的惯性补偿频率整形

(57)摘要

本发明公开了用于改进的EPS系统稳定性的惯性补偿频率整形。用于动力转向系统的控制系统包括马达;与该马达通信的控制模块,该控制模块提供补偿的速度环命令至该马达。该控制模块包括接收车辆速度和速度环命令的稳定性补偿滤波器模块,该稳定性补偿滤波器将二阶滤波器应用在速度环命令上以产生由该马达使用的补偿的速度环命令。



1. 一种用于动力转向系统的控制系统,包括:
马达;
与所述马达通信的控制模块,所述控制模块提供补偿的速度环命令至所述马达,所述控制模块包括:
稳定性补偿滤波器模块,所述稳定性补偿滤波器模块接收车辆速度和速度环命令,所述稳定性补偿滤波器将二阶滤波器应用在所述速度环命令上以产生由所述马达使用的所述补偿的速度环命令。
2. 如权利要求1所述的系统,其中,所述稳定性补偿滤波器模块包括混合模块,所述混合模块从查阅表中产生车辆速度混合值。
3. 如权利要求2所述的系统,其中,所述车辆速度混合值从常数中被减去,以产生减少的混合值。
4. 如权利要求2所述的系统,其中,所述速度环命令代表惯性补偿命令,其中,基于所述车辆速度的减少的混合值与所述惯性补偿命令相乘以产生第一输出,所述补偿的速度环命令至少部分地基于所述第一输出。
5. 如权利要求2所述的系统,其中,所述稳定性补偿滤波器应用二阶滤波器以产生所述补偿的速度环命令。
6. 如权利要求5所述的系统,其中,所述补偿的速度环命令至少部分地基于所述减少的混合值和所述速度环命令的乘积。
7. 如权利要求5所述的系统,其中,所述车辆速度混合值是所述车辆速度的非线性表示。
8. 一种用于控制动力转向系统的方法,包括:
接收车辆速度和基于马达的速度的速度环命令;
用二阶滤波器滤波所述速度环命令;以及
基于滤波的速度环命令产生由所述马达使用的补偿的速度环命令。
9. 如权利要求8所述的方法,进一步包括从查阅表中产生车辆速度混合值。
10. 如权利要求9所述的方法,其中,所述车辆速度混合值从常数中被减去,以产生减少的混合值。
11. 如权利要求9所述的方法,其中,所述速度环命令代表惯性补偿命令,其中,基于所属车辆速度的减少的混合值与所述惯性补偿命令相乘以产生第一输出,所述补偿的速度环命令至少部分地基于所述第一输出。
12. 如权利要求9所述的方法,其中,所述滤波包括应用二阶滤波器以产生所述速度环命令。
13. 如权利要求12所述的方法,其中,所述补偿的速度环命令至少部分地基于所述减少的混合值和所述速度环命令的乘积。
14. 如权利要求12所述的方法,其中,所述车辆混合值是所述车辆速度的非线性表示。
15. 一种车辆,包括用于动力转向系统的控制系统,所述动力转向系统包括:
马达;
与所述马达通信的控制模块,所述控制模块提供补偿的速度环命令至所述马达,所述控制模块包括:

稳定性补偿滤波器模块,所述稳定性补偿滤波器模块接收车辆速度和速度环命令,所述稳定性补偿滤波器将二阶滤波器应用在所述速度环命令上以产生由所述马达使用的所述补偿的速度环命令。

用于改进的EPS系统稳定性的惯性补偿频率整形

[0001] 相关申请的交叉引用

这个专利申请要求2015年7月31日递交的美国临时专利申请序列号62/199,457的优先权,其全部内容通过引用结合在本文中。

背景技术

[0002] 电动转向系统(EPS)测量包括扭杆扭矩和马达速度的信号。这些信号可以用以设计控制算法和体系结构,其提供期望的转向感受,同时保持系统稳定性。图1图示由两个控制环组成的EPS控制体系结构20:主要基于所测量的扭矩的扭矩环,以及基于所测量的马达速度的速度环。在实际应用中,两个环都可以使用其他的EPS和车辆信号,诸如辅助命令、车辆速度,等等。速度控制器22控制速度环,以及扭矩控制器24控制扭矩环。速度控制器22提供部分马达扭矩信号用于电动转向系统30的马达,并且扭矩控制器24提供马达扭矩信号用于该马达。马达速度信号和马达扭矩信号在加法块28处结合,并且相加的信号被提供至电动转向系统30的马达。该马达代表马达控制体系结构以及电机动态。该马达产生作用在电动转向系统30内的部件上的扭矩命令。

[0003] 频率制约的阻尼、马达速度阻尼和惯性补偿是主要作用在速度环中的功能的示例。例如,惯性补偿可以对马达惯性进行补偿,但是较高的增益可能导致转向系统的稳定性裕度(margins)的降低。

发明内容

[0004] 根据本发明的一个实施例,用于动力转向系统的控制系统包括马达、与该马达通信的控制模块,该控制模块提供补偿的速度环命令至该马达,该控制模块包括稳定性补偿滤波器模块,该稳定性补偿滤波器模块接收车辆速度和速度环命令,该稳定性补偿滤波器将二阶滤波器应用于速度环命令上以产生由该马达使用的补偿的速度环命令。

[0005] 根据本发明的另一个实施例,用于控制动力转向系统的方法包括接收车辆速度以及指示马达的速度的速度环命令,用二阶滤波器滤波速度环命令,以及基于所滤波的速度环命令产生由该马达使用的补偿的速度环命令。

[0006] 根据本发明的一个实施例,用于动力转向系统的控制系统包括马达、与该马达通信的控制模块,该控制模块提供补偿的速度环命令至该马达,该控制模块包括稳定性补偿滤波器模块,该稳定性补偿滤波器模块接收车辆速度和速度环命令,该稳定性补偿滤波器将二阶滤波器应用于速度环命令上以产生由该马达使用的补偿的速度环命令。

[0007] 通过结合附图的下列描述,这些及其他优点和特征将变得更加明显。

附图说明

[0008] 在说明书的结尾处的权利要求中特别地指出并且清楚地要求保护被视为本发明的主题。通过结合附图的下列详细描述,本发明的前述和其他特征,以及优点是明显的,其中:

图1是电动转向控制体系结构的框图；

图2是根据本发明的一个实施例的电动转向控制体系结构的框图；

图3是根据本发明的一个实施例的电动转向控制系统的框图；

图4A是图示根据本发明的一个实施例的电动转向控制系统的速度环的通用实施方式的数据流图；

图4B是图示根据本发明的另一个实施例的电动转向控制系统的速度环的特定实施方式的数据流图；

图5是根据本发明的一个实施例的稳定性补偿滤波器的框图；

图6是根据本发明的一个实施例的速度开环控制的奈奎斯特图(Nyquist plot)。

具体实施方式

[0009] 现在参考图2-6,在这里将参考不限制本发明的特定实施例来描述本发明,图2是根据本发明的一个实施例的EPS系统的控制系统的框图。EPS控制体系结构32具有两个控制环:提供所测量的扭矩的扭矩环,以及提供所测量的马达速度的速度环。速度控制器34控制速度环,以及扭矩控制器36控制扭矩环。速度控制器34接收马达速度信号并且提供速度环命令至稳定性补偿滤波器35。稳定性补偿滤波器35提供被补偿的速度环命令用于电动转向系统39的马达。扭矩控制器36提供马达扭矩信号用于电动转向单元39的马达。马达速度信号和马达扭矩信号在加法块40处结合,在这里代表最终的马达命令的相加的信号被提供至马达。电动转向系统39的马达产生应用在电动转向系统39内的扭矩命令。

[0010] 图3是示例性电动转向系统42的示意图解,包括最终的马达命令56。电动转向系统42包括转向机构44、扭矩传感器46和控制模块48。在一些实施例中,转向机构44包括马达(未显示)。如在图1中所示的实施例中,控制模块48与转向机构44通信,并且与扭矩传感器46通信。马达可以是在转向机构44内的用于提供扭矩辅助的电机。转向机构44可以包括联接至上部转向轴52的手轮50。在一个实施例中,电动转向系统42可以是车辆(未显示)的部分,在这里扭矩传感器46检测由驾驶者施加在手轮50上的扭矩量。例如,控制模块48可以接收来自速度传感器53的车辆速度62。

[0011] 现在参考图4A并继续参考图3,数据流图图示速度控制器54的示例性实施例,速度控制器54包括有用以控制动力转向系统42的控制模块48。在图4A中,速度控制器54是控制模块48的部件。然而,要意识到的是,速度控制器54可以是与控制模块48分开的单独部件,或者速度控制器54可以包括与在图4A中显示的实施例不同的模块。

[0012] 在各种实施例中,控制模块48和速度控制器54可以包括一个或多个子模块和数据存储器(datastores)。当在本文中使用时,术语模块和子模块指的是专用集成电路(ASIC)、电子电路、处理器(共享的、专用的或成组的)和执行一个或多个软件或固件程序的存储器,或组合逻辑电路。如能够意识到的,在图3、图4A和图4B中显示的子模块能够被组合和/或进一步划分。控制模块48和速度控制器54的输入可以从马达38、转向机构44、扭矩传感器38中产生,可以从其他控制模块(未显示)中产生,可以被建模和/或可以被预先限定。

[0013] 图4A是根据本公开内容的一个实施例的速度控制器54的实施方式。在操作中,速度控制器54接收马达速度58、至少一个EPS内部信号60以及车辆速度62作为输入。EPS内部信号能够是一个或多个信号,包括但不限于手轮扭矩、基础辅助信号,等等。速度控制器54

处理这些输入以产生速度环命令。速度环命令被发送至稳定性补偿滤波器72。如在下面更详细地描述的,稳定性补偿滤波器72被用以确定补偿的速度环命令74,该补偿的速度环命令74最终被提供至转向机构44(图3)的马达。

[0014] 图4B是作为应用于惯性补偿的速度控制器的一个实施例。继续参考图3和图4B,速度控制器154接收手轮扭矩156、马达速度158、在控制模块48内产生的基础辅助信号160以及车辆速度162作为输入。手轮扭矩156可以由在图3中显示的扭矩传感器46监测。马达速度158是基于马达的速度。基础辅助信号160可以表示手轮扭矩与车辆速度制约的辅助增益相乘,例如,如在美国专利No.8,996,250中所描述的,其通过引用结合在本文中。速度控制器154可以包括驾驶者速度模块164、频率制约的阻尼(FDD)模块166、滤波器系数模块168以及滤波器速度模块170。在这个实施例中,滤波器速度模块170产生速度环命令176。在这个实施例中,速度环命令176例如可以代表惯性补偿命令,该惯性补偿命令对与手轮的运动的变化相关的马达的惯性进行补偿。稳定性补偿滤波器模块172可以是速度控制器154的模块或者是与速度控制器154分开的模块,在这个实施例中,稳定性补偿滤波器模块172接收速度环命令176。要意识到的是,稳定性补偿滤波器172能够被应用于任意速度环或速度控制器,并且不限于所示的实施例。稳定性补偿滤波器172用以确定最终提供至马达的补偿的速度环命令174。

[0015] 在一个实施例中,稳定性补偿滤波器模块172接收车辆速度162,以及由滤波器速度模块154产生的速度环命令176作为输入。稳定性补偿滤波器模块172基于这些输入确定补偿的速度环命令174。在诸如在美国专利5,668,722(其通过引用结合在本文中)中详述的系统的EPS系统中,基于扭矩信号的马达扭矩能够使用稳定性滤波器来补偿。在EPS系统的速度环(没有使用任何稳定性补偿滤波器)中的基于调整马达速度的命令模块可以引起稳定性裕度的降低。稳定性补偿滤波器172可以保持EPS稳定性裕度,同时保持转向感受并且在EPS系统内对惯性进行补偿。

[0016] 特别地,图5是稳定性补偿滤波器模块172的示例性图示。带有因子混合表的混合模块278将车辆速度262转换成车辆速度混合值280。在一个实施例中,车辆速度混合值280是车辆速度262的非线性表示,并且可以由存在于混合模块278的因子混合表中的调整值确定。在一个实施例中,车辆速度混合值280是在0和1之间的数值。

[0017] 车辆速度混合值280被发送至减法块282。减法块282接收车辆速度混合值280作为输入。在一个实施例中,车辆速度混合值280从等于1的常数中被减去,以形成减少的混合速度值284。减少的混合速度值284被发送至第一乘法器块286。第一乘法器块286将减少的混合速度值284乘以速度环命令276。第一乘法器块286的输出被发送至加法块296。

[0018] 稳定性滤波器290接收速度环命令276作为输入,并且补偿速度环命令276。由稳定性滤波器290提供的补偿可以由在离散滤波器(例如,二阶滤波器)内的二阶方程式提供。用于这个滤波器的连续时间的传递函数能够由下式表示:

$$\frac{s^2 + 2 \cdot \zeta \cdot \omega_n \cdot s + \omega_n^2}{(s + p_1) \cdot (s + p_2)} \cdot \frac{p_1 \cdot p_2}{\omega_n^2},$$

如在美国专利5,668,722“电动转向控制”中所详述的,其通过引用结合在本文中。然而,要理解的是,也可以使用其他形式的滤波器。该补偿增加速度环的稳定性裕度,同时保

持转向感受。如在下面更详细地描述的,稳定性滤波器290提供惯性补偿,同时保持可期望的速度环稳定性裕度。

[0019] 稳定性滤波器290的输出与车辆速度混合值280在第二乘法器块292处相乘。第二块292的输出被发送至加法块296,在这里第二块292的输出与减少的滤波的惯性命令288相加以产生补偿的速度环命令274。

[0020] 图6图示EPS系统的速度开环的奈奎斯特图397。基线调整集398图示速度环的所要求的稳定性的最低水平。调整集300图示带有应用于调整集302的一些增益但没有所应用的稳定性补偿的调整集。如图所示,在X轴上接近数值 $a-1$ 的数值图示带有较少稳定性裕度的调整集。因此,在这个示例中,将增益值应用于命令而没有任何补偿导致降低的稳定性裕度。滤波的调整集306代表带有所应用的稳定性补偿滤波器模块的用于调整的速度开环图。特别地,如所示的滤波的调整集302,相较于调整集300的选项,代表速度开环的增加的稳定性,同时类似于基线调整集398保持稳定性裕度值。

[0021] 虽然已经结合有限数量的实施例详细描述了本发明,但是应该容易理解的是,本发明不限于这样的公开的实施例。相反,本发明能够被修改成包含在此之前没有描述的但与本发明的精神和范围匹配的任意数量的变型、改变、替代物或等同的布置。此外,虽然已经描述了本发明的多种实施例,但是要理解的是,本发明的多个方面可以仅包括所描述的实施例中的一些。因此,本发明不被视为受前面的描述限制。

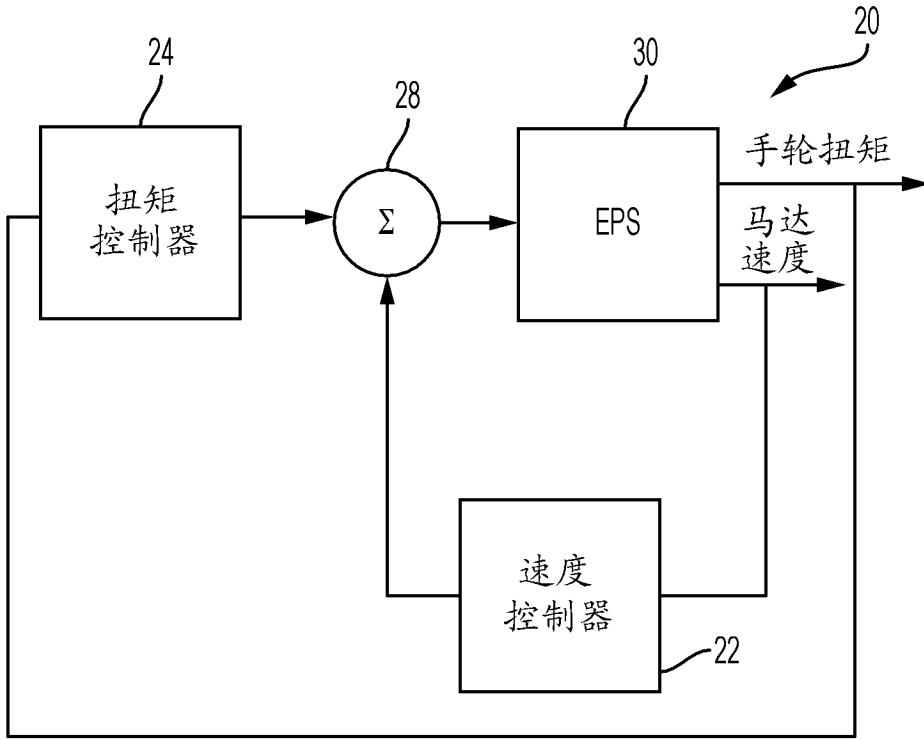


图 1

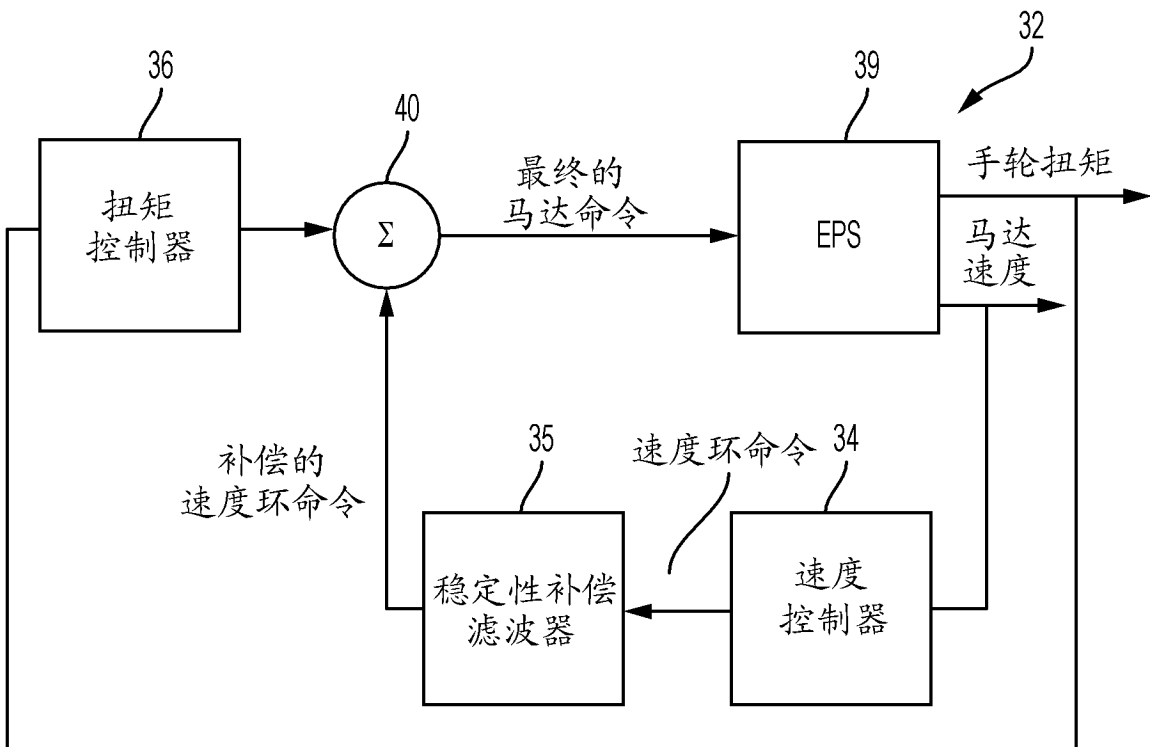


图 2

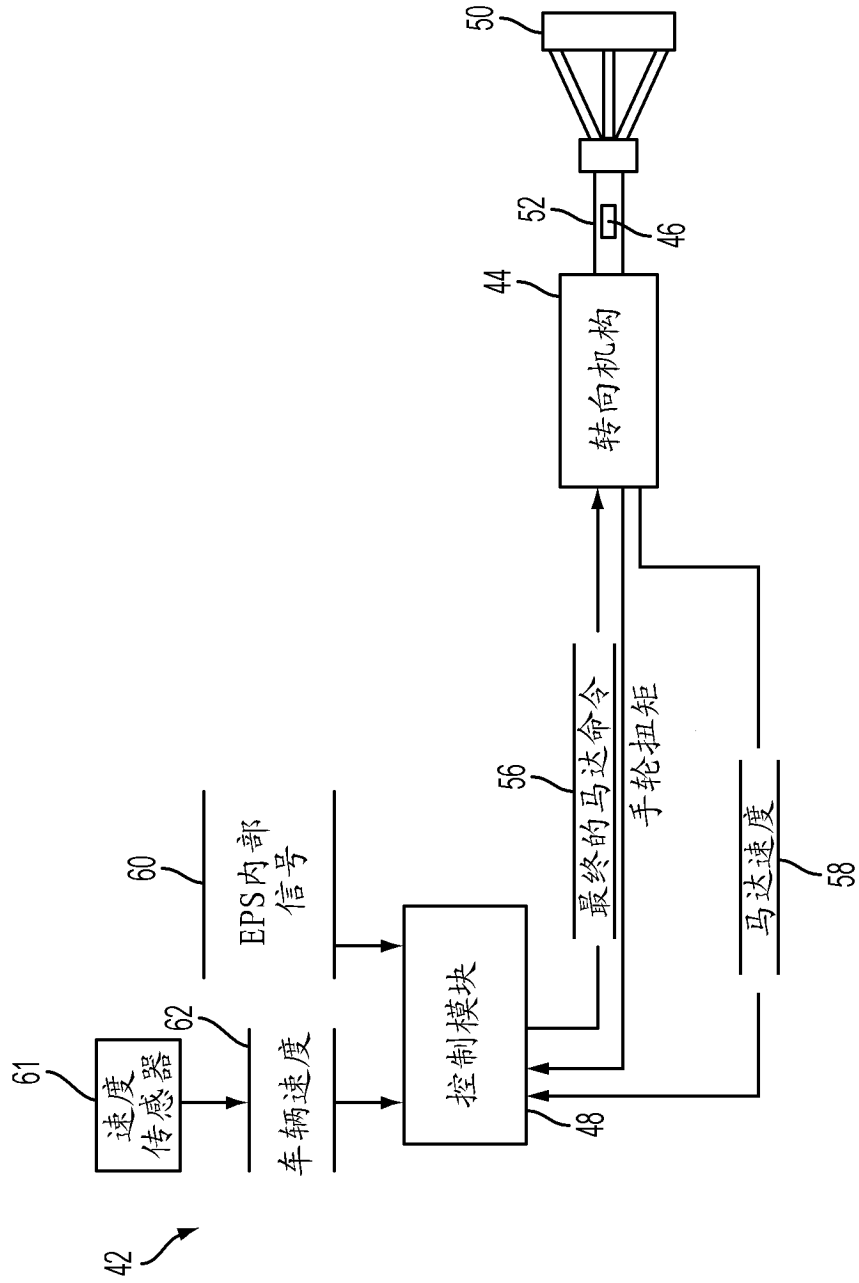


图 3

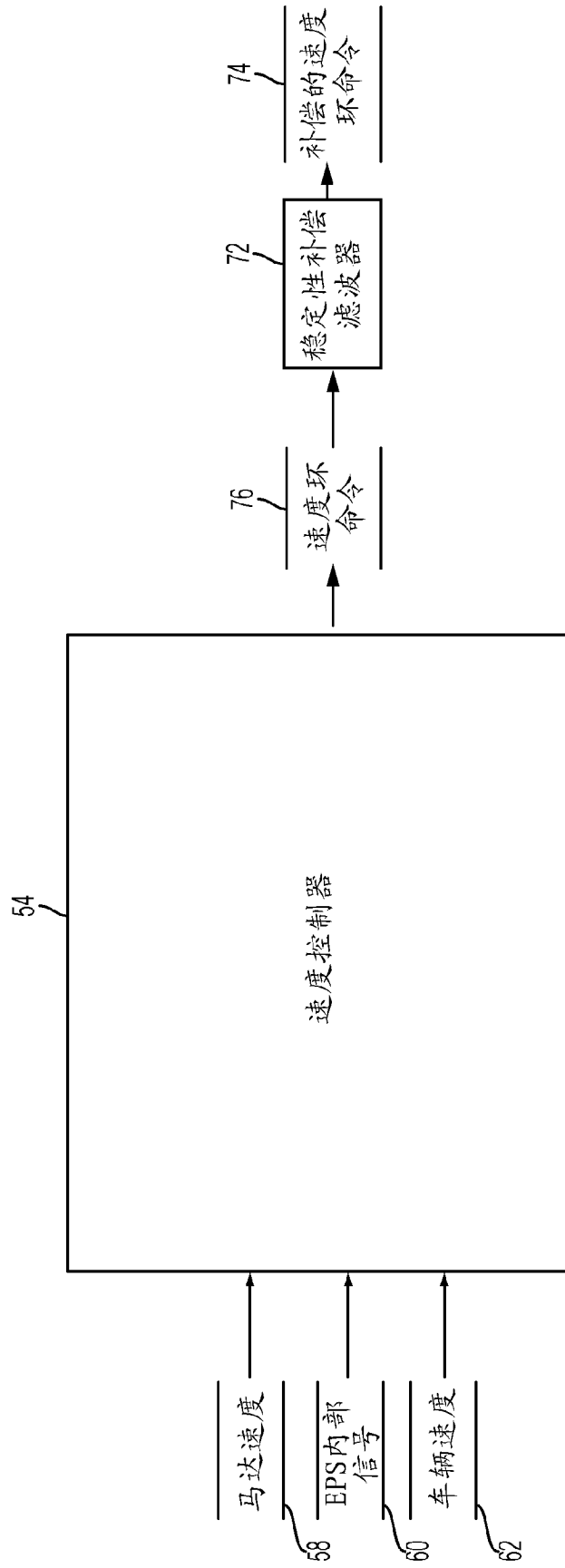


图 4A

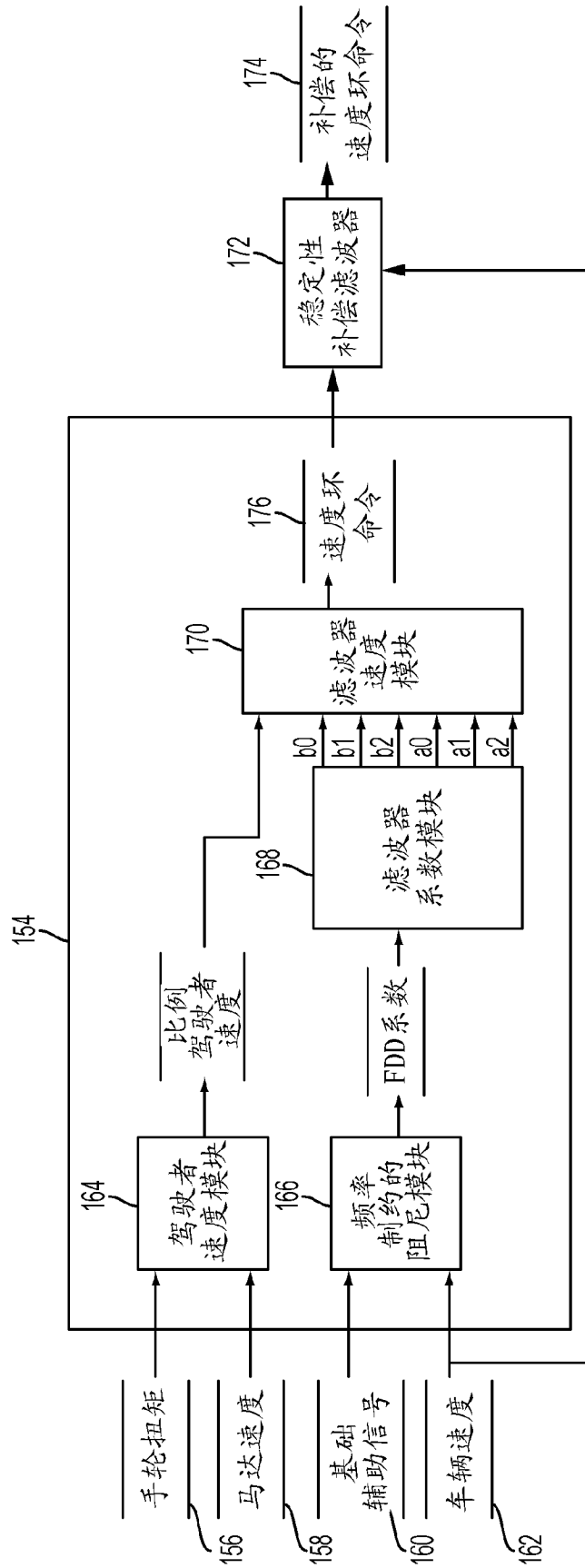


图 4B

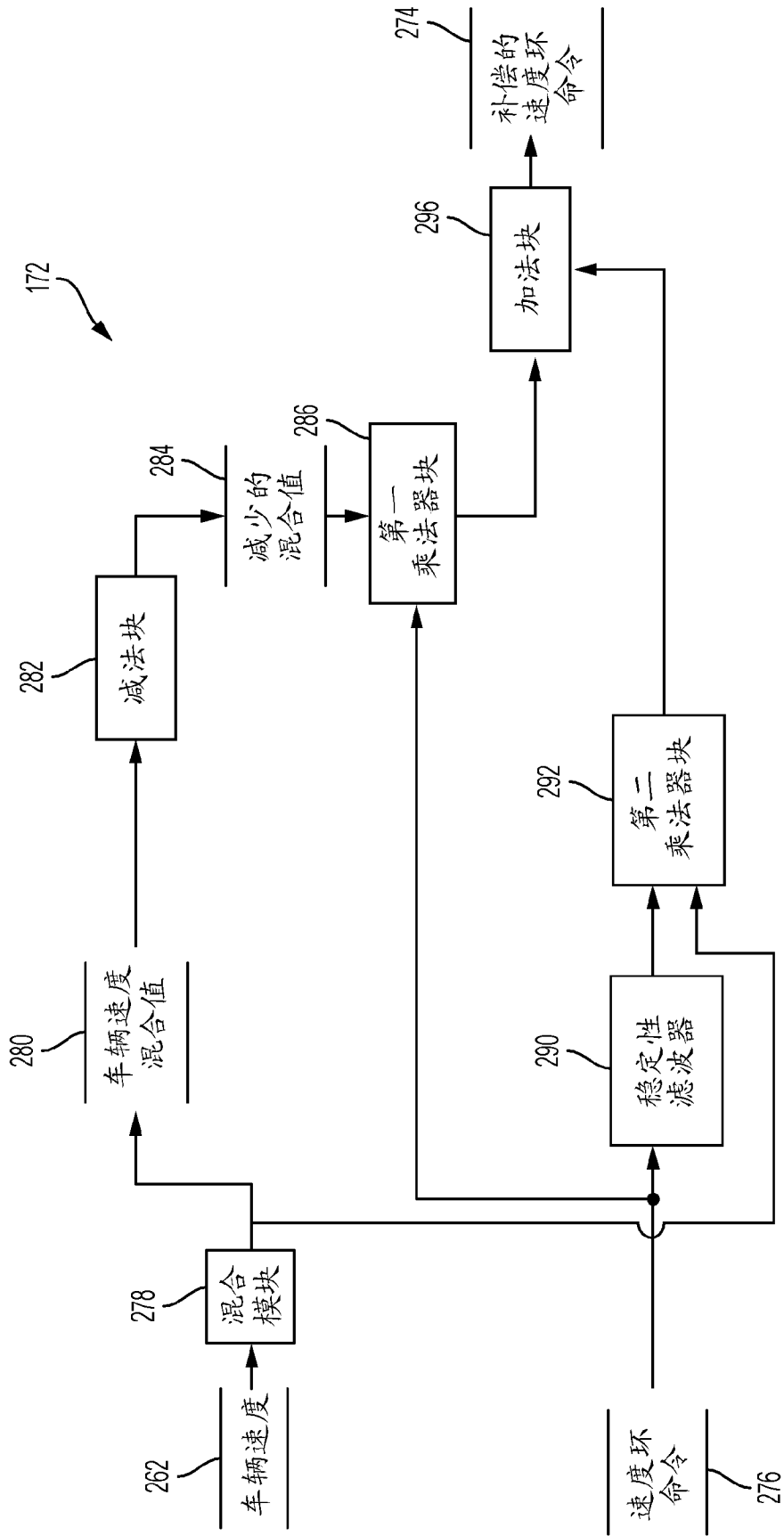


图 5

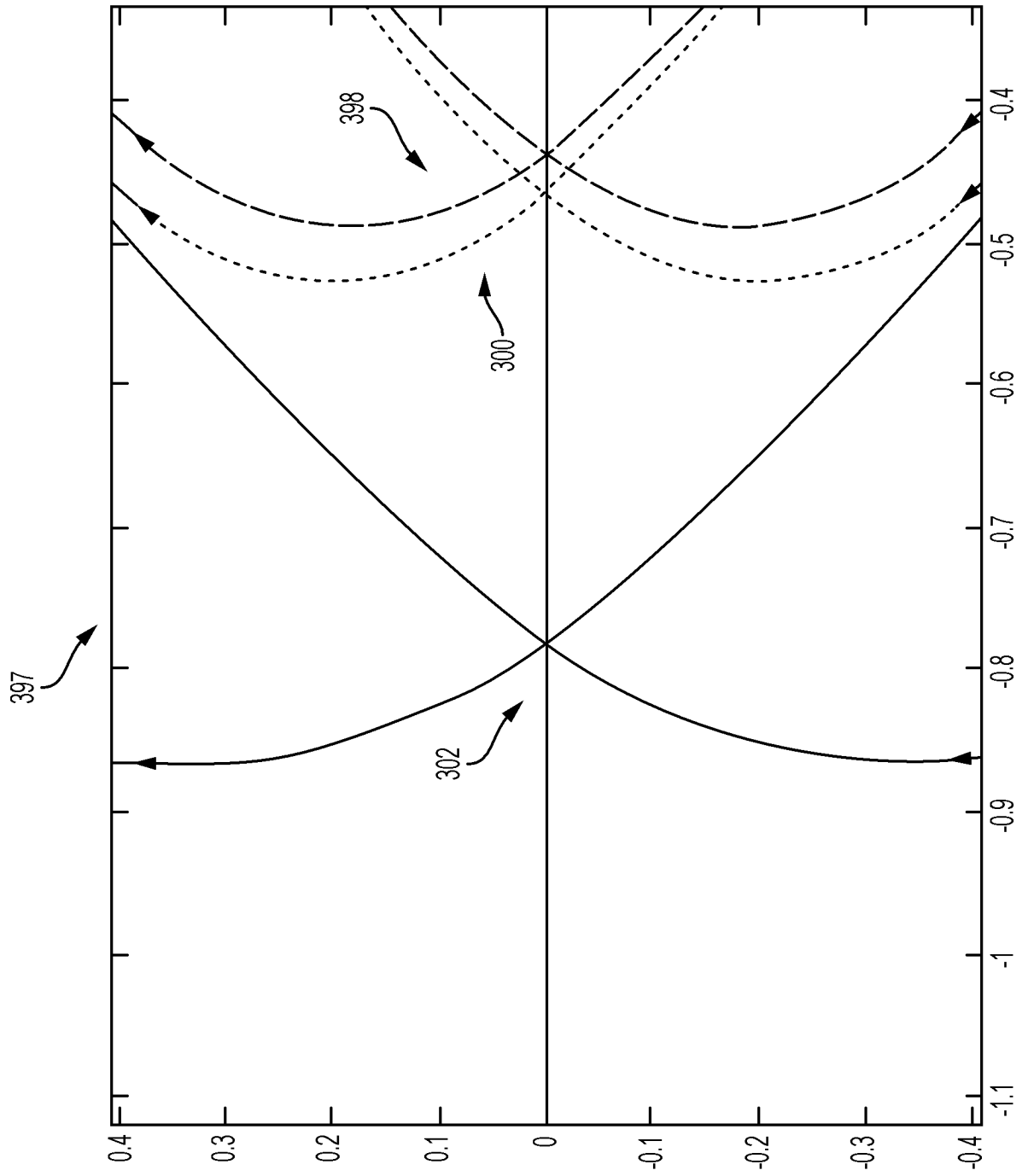


图 6