(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 107150717 B
(45)授权公告日 2021.04.20

(21)申请号 201710120134.0

(22)申请日 2017.03.02

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 107150717 A

(43)申请公布日 2017.09.12

(30)优先权数据
2016-042154 2016.03.04 JP

(73)专利权人 株式会社捷太格特
地址 日本大阪府

(72)发明人 西村昭彦

(74)专利代理机构 北京集佳知识产权代理有限公司 11227
代理人 李洋 苏琳琳

(51)Int.Cl.
B62D 5/04(2006.01)
B62D 6/00(2006.01)
B62D 101/00(2006.01)
B62D 113/00(2006.01)
B62D 119/00(2006.01)
B62D 137/00(2006.01)

(56)对比文件
CN 104417605 A,2015.03.18
CN 104417612 A,2015.03.18
EP 2213546 A1,2010.08.04
JP H08244635 A,1996.09.24
JP H06144268 A,1994.05.24
CN 105083376 A,2015.11.25

审查员 熊子恺

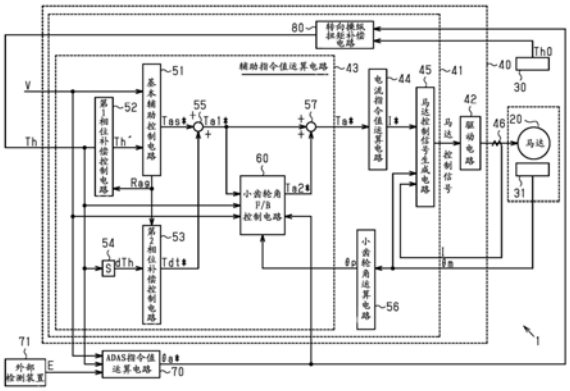
权利要求书2页 说明书9页 附图6页

(54)发明名称

转向操纵控制装置

(57)摘要

一种转向操纵控制装置。辅助指令值运算电路(43)以将基本辅助控制量(Tas＊)以及系统稳定化控制量(Tdt＊)相加而得的值作为基础运算第1辅助分量(Ta1＊)。在辅助指令值运算电路(43)设置有小齿轮角F/B控制电路(60),执行基于小齿轮角指令值以及ADAS指令角(θa＊)之和亦即最终小齿轮角指令值与小齿轮角(θp)之间的偏差的角度反馈控制,运算第2辅助分量(Ta2＊)。辅助指令值运算电路(43)基于第1辅助分量(Ta1＊)以及第2辅助分量(Ta2＊)之和输出辅助指令值(Ta＊)。朝辅助指令值运算电路(43)输入粘性以及惯性的影响被转向操纵扭矩补偿电路(80)减少后的转向操纵扭矩(Th)。



CN 107150717 B

1.一种转向操纵控制装置,对辅助或执行转向操纵机构的转向操纵的马达进行控制,其中,该转向操纵控制装置包括:

第1运算电路,该第1运算电路基于根据转向操纵轴的输入侧与输出侧的扭转检测出的扭矩信号,对辅助力的基础分量进行运算;

第2运算电路,该第2运算电路基于所述扭矩信号对可换算成转向轮的转向角的旋转轴的旋转角指令值进行运算,并基于为了驾驶辅助而基于本车周边的环境信息在外部生成的第2指令值以及所述旋转角指令值运算最终旋转角指令值,进而基于所述最终旋转角指令值执行角度反馈控制,由此运算对于所述基础分量的补偿分量;

第1指令值生成加法器,该第1指令值生成加法器通过将所述基础分量与所述补偿分量相加来对第1指令值进行运算;以及

扭矩信号修正电路,在使所述补偿分量反映所述第2指令值的情况下,该扭矩信号修正电路通过增减来修正用于对所述补偿分量进行运算的所述扭矩信号,

所述扭矩信号修正电路在接受到所述第2指令值的情况下,基于所述第2指令值对所述扭矩信号进行修正。

2.根据权利要求1所述的转向操纵控制装置,其中,

所述扭矩信号修正电路在接受到所述第2指令值的情况下,按照物理模型对所述扭矩信号进行修正。

3.根据权利要求1或2所述的转向操纵控制装置,其中,

所述第2指令值是用于驾驶辅助的、成为所述转向轮的转向角的目标值的角度指令值,

所述扭矩信号修正电路具有:

粘性补偿项运算电路,该粘性补偿项运算电路基于通过对所述角度指令值进行微分而运算得到的角速度指令值运算粘性补偿项;

惯性补偿项运算电路,该惯性补偿项运算电路基于通过对所述角速度指令值进行微分而运算得到的角加速度指令值运算惯性补偿项;以及

加法器,该加法器将所述扭矩信号、所述粘性补偿项以及所述惯性补偿项相加。

4.根据权利要求1或2所述的转向操纵控制装置,其中,

所述第2指令值是用于驾驶辅助的、成为所述转向轮的转向角的目标值的角度指令值,

所述第2运算电路基于所述扭矩信号与所述基础分量之和亦即扭矩指令值,对可换算成所述转向轮的转向角的旋转轴的旋转角指令值进行运算,并将该旋转角指令值与所述角度指令值相加,由此计算出所述最终旋转角指令值。

5.根据权利要求1或2所述的转向操纵控制装置,其中,

所述马达对转向轴赋予所述辅助力,该转向轴通过与所述转向操纵轴的旋转联动地进行直线运动而使所述转向轮转向,

根据设置于作为所述转向操纵轴的一结构要素的小齿轮轴的扭杆的第1侧亦即所述输入侧与第2侧亦即所述输出侧的扭转,对所述扭矩信号进行检测。

6.根据权利要求1或2所述的转向操纵控制装置,其中,

所述扭矩信号修正电路在每个预先设定的运算周期接受所述第2指令值,执行所述扭矩信号的修正,

在使本次的运算周期的所述第1指令值或者基于所述第1指令值对所述马达进行控制

用的控制量中反映在上次的运算周期运算得到的所述第2指令值的情况下,所述扭矩信号修正电路对在本次的运算周期中被用于所述第1指令值或者基于所述第1指令值对所述马达进行控制用的控制量的运算的所述扭矩信号进行修正。

转向操纵控制装置

[0001] 于2016年3月4日提出申请的日本专利申请2016－042154所公开的内容，包括说明书、附图以及摘要都通过援引而包含于本发明。

技术领域

[0002] 本发明涉及转向操纵控制装置。

背景技术

[0003] 已知有通过对车辆的转向操纵机构赋予马达的动力来辅助驾驶员的转向操作的电动动力转向装置(EPS)。例如，日本特开2014－40178号公报所记载的EPS基于驾驶员的转向操纵扭矩对通过驾驶员的转向操纵而产生的控制量进行运算。

[0004] 另外，在近年来的车辆中搭载有ADAS(Advanced Driver Assistance Systems:高级驾驶辅助系统)等的辅助驾驶员的驾驶的系统。在这样的车辆的EPS中，存在为了实现驾驶员的转向操纵感的提高、进行高度的驾驶辅助，而根据驾驶员的转向操纵所产生的控制量以及基于摄像机及雷达等的计测装置所计测到的本车的周边环境运算得到的控制量对马达进行控制的技术。

[0005] 另外，当通过驾驶辅助变更转向操纵机构的转向操纵角时，由于转向轮的粘性、惯性致使扭杆扭转，因此会检测到与驾驶员的转向操纵无关的转向操纵扭矩。因此，EPS除了由驾驶员的转向操纵产生的转向操纵扭矩之外，还增加了由驾驶辅助产生的转向操纵扭矩，以此运算由驾驶员的转向操纵产生的控制量。驾驶员的转向操纵所产生的控制量与驾驶辅助所产生的控制量相互干涉的部分致使转向操纵角追随于转向操纵角指令值的追随性能降低。

发明内容

[0006] 本发明的目的之一在于提供维持转向操纵角相对于转向操纵角指令值的追随性能的转向操纵控制装置。

[0007] 本发明的一方式的转向操纵控制装置，对辅助或驱动转向操纵机构的转向操纵的马达进行控制，其中，该转向操纵控制装置包括：

[0008] 第1运算电路，该第1运算电路基于根据转向操纵轴的输入侧与输出侧的扭转检测出的扭矩信号，对辅助力的基础分量进行运算；

[0009] 第2运算电路，该第2运算电路基于上述扭矩信号对可换算成转向轮的转向角的旋转轴的旋转角指令值进行运算，并基于上述旋转角指令值执行角度反馈控制，由此运算对于上述基础分量的补偿分量；

[0010] 第1指令值生成加法器，该第1指令值生成加法器通过将上述基础分量与上述补偿分量相加来对第1指令值进行运算；

[0011] 第3运算电路，该第3运算电路使上述第1指令值或者基于上述第1指令值对上述马达进行控制用的控制量中反映为了驾驶辅助而基于本车周边的环境信息在外部生成的第2

指令值;以及

[0012] 扭矩信号修正电路,在使上述第1指令值或者基于上述第1指令值对上述马达进行控制用的控制量中反映上述第2指令值的情况下,该扭矩信号修正电路通过增减来修正用于对上述补偿分量进行运算的上述扭矩信号。

[0013] 根据该结构,在扭矩信号修正电路接受到第2指令值的情况下,通过增加或者减少扭矩信号,第1运算电路以及第2运算电路使用修正后的扭矩信号执行运算。因此,即便在基于第2指令值执行驾驶辅助的情况下,也能够抑制因转向操纵机构的旋转轴的转向操纵角变化而产生扭矩信号对旋转角相对于旋转角指令值的追随性能造成的影响。因此,仅根据通过驾驶员的操作而产生的扭矩信号(转向操纵扭矩)对第1指令值进行运算,因此能够维持旋转角相对于旋转角指令值的追随性能。此外,能够兼顾驾驶员的转向操纵感的提高以及高度的驾驶辅助。

[0014] 本发明的另一方式优选为,在上述方式的转向操纵控制装置中,上述扭矩信号修正电路在接受到上述第2指令值的情况下,基于上述第2指令值对上述扭矩信号进行修正。根据该结构,扭矩信号修正电路基于第2指令值对转向操纵扭矩进行修正,由此能够对修正后的扭矩信号进行运算。

[0015] 本发明的又一方式优选为,在上述方式的转向操纵控制装置中,上述扭矩信号修正电路在接受到上述第2指令值的情况下,按照物理模型对上述扭矩信号进行修正。根据该结构,扭矩信号修正电路按照物理模型对扭矩信号进行修正,由此能够对修正后的扭矩信号进行运算。

[0016] 本发明的又一方式优选为,在上述方式的转向操纵控制装置中,上述第2指令值是用于驾驶辅助的、成为上述转向轮的转向角的目标值的角度指令值,上述扭矩信号修正电路具有:粘性补偿项运算电路,该粘性补偿项运算电路基于通过对上述角度指令值进行微分而运算得到的角速度指令值运算粘性补偿项;惯性补偿项运算电路,该惯性补偿项运算电路基于通过对上述角速度指令值进行微分而运算得到的角加速度指令值运算惯性补偿项;以及加法器,该加法器将上述扭矩信号、上述粘性补偿项以及上述惯性补偿项相加。

[0017] 本发明的又一方式优选为,在上述方式的转向操纵控制装置中,上述第2指令值是用于驾驶辅助的、作为上述转向轮的转向角的目标值的角度指令值,上述第2运算电路基于上述扭矩信号与上述基础分量之和亦即扭矩指令值,对可换算成上述转向轮的转向角的旋转轴的旋转角指令值进行运算,并将该旋转角指令值与上述角度指令值相加,由此对上述补偿分量进行运算。

[0018] 根据该结构,第2运算电路通过将转向操纵角指令值与角度指令值相加,能够对补偿分量进行运算。并且,通过将该补偿分量与基础分量相加,对第1指令值进行运算。

[0019] 本发明的又一方式优选为,在上述方式的转向操纵控制装置中,上述马达对通过与上述转向操纵轴的旋转联动地进行直线运动而使上述转向轮转向的转向轴赋予上述辅助力,根据设置于作为上述转向操纵轴的一结构要素的小齿轮轴的扭杆的第1侧亦即上述输入侧与第2侧亦即上述输出侧的扭转,对上述扭矩信号进行检测。

[0020] 根据该结构,在对转向轴赋予辅助力的情况下,转向操纵轴的扭杆的输入侧(上侧)的部分的距离长且质量重,相应地修正扭矩信号的效果大。

[0021] 本发明的又一方式优选为,在上述方式的转向操纵控制装置中,上述扭矩信号修

正电路每隔预先设定的运算周期便接受上述第2指令值，执行上述扭矩信号的修正，在将在上次的运算周期运算得到的上述第2指令值反映到本次的运算周期的上述第1指令值或者基于上述第1指令值对上述马达进行控制用的控制量的情况下，上述扭矩信号修正电路在本次的运算周期对上述第1指令值或者基于上述第1指令值对上述马达进行控制用的控制量的运算所使用的上述扭矩信号进行修正。

[0022] 根据该结构，根据在上次的运算周期运算得到的第2指令值，在本次的运算周期对朝第1运算电路以及第2运算电路输入的扭矩信号进行修正，因此，在本次的运算周期的反馈控制中，转向操纵角容易追随于转向操纵角指令值。

[0023] 从以下的参照附图对具体实施方式进行的说明能够清楚本发明的上述的和进一步的目的、特征和优点，其中，对相同或相似的要素标注相同或相似的标号，其中：

附图说明

[0024] 图1是电动动力转向装置(EPS)的概要结构图。

[0025] 图2是本实施方式的EPS的控制框图。

[0026] 图3是示出基本辅助控制运算以及辅助梯度的概要的说明图。

[0027] 图4是示出基于辅助梯度的相位补偿控制的方式的说明图。

[0028] 图5是示出扭矩微分值与扭矩微分基础控制量之间的关系的说明图。

[0029] 图6是示出辅助梯度与辅助梯度增益之间的关系的说明图。

[0030] 图7是小齿轮角F/B控制电路的概要结构图。

[0031] 图8是转向操纵扭矩补偿电路的概要结构图。

[0032] 图9是其他实施方式的EPS的概要结构图。

具体实施方式

[0033] 以下，对将本发明的转向操纵控制装置应用于转向装置的一实施方式进行说明。如图1所示，EPS1具备基于驾驶员对方向盘10的操作使转向轮15转向的转向操纵机构2、对驾驶员的转向操作进行辅助的辅助机构3、以及对辅助机构3进行控制的ECU(电子控制装置)40。

[0034] 转向操纵机构2具备方向盘10以及与方向盘10一体旋转的转向轴11。转向轴11具有与方向盘10连结的转向柱轴11a、与转向柱轴11a的下端部连结的中间轴11b、以及与中间轴11b的下端部连结的小齿轮轴11c。小齿轮轴11c的下端部经由齿条齿轮机构13与齿条轴12连结。因而，在转向操纵机构2中，转向轴11的旋转运动经由由设置于小齿轮轴11c的前端的小齿轮以及形成于齿条轴12的齿条构成的齿条齿轮机构13转换成齿条轴12的轴向(图1的左右方向)的往复直线运动。该往复直线运动经由与齿条轴12的两端分别连结的转向横拉杆14分别传递至左右的转向轮15，由此转向轮15的转向角变化。

[0035] 辅助机构3具备辅助力的产生源亦即马达20。马达20的旋转轴21经由减速机构22与转向柱轴11a连结。减速机构22对马达20的旋转进行减速，并将该减速后的旋转力传递至转向柱轴11a。即，通过对转向轴11作为辅助力赋予马达20的旋转力(扭矩)，来辅助驾驶员的转向操作。作为马达20，例如能够采用基于3相(U、V、W)的驱动电力旋转的3相无刷马达。

[0036] ECU40基于设置于车辆的各种传感器的检测结果对马达20进行控制。作为各种传

感器，例如具有扭矩传感器30、旋转角传感器31以及车速传感器32。在转向柱轴11a设置有扭杆16。扭矩传感器30设置于转向柱轴11a，旋转角传感器31设置于马达20。扭矩传感器30基于伴随着驾驶员的转向操作而产生的、转向柱轴11a的扭杆16的上侧的部分与转向柱轴11a的扭杆16的下侧的部分的扭转，对向转向轴11赋予的转向操纵扭矩(扭矩信号)Th0进行检测。旋转角传感器31对旋转轴21的旋转角θm进行检测。车速传感器32对车辆的行驶速度亦即车速V进行检测。ECU40基于各传感器的输出设定目标的辅助力，并对朝马达20供给的电流进行控制以使得实际的辅助力成为目标的辅助力。

[0037] 接着，对ECU40的结构进行详细说明。如图2所示，ECU40具备将马达控制信号输出至驱动电路42的微机(微型计算机)41、以及基于该马达控制信号朝马达20供给驱动电力的驱动电路42。

[0038] 另外，以下所示的控制模块通过由微机41执行的计算机程序实现。并且，微机41在规定的取样周期对各种状态量进行检测，并在每个规定的周期执行以下的各控制模块所示的运算处理，由此生成马达控制信号。

[0039] 详细来说，本实施方式的微机41具备：辅助指令值运算电路43，基于上述转向操纵扭矩Th0以及车速V，对马达20应当产生的辅助扭矩、即与目标辅助力对应的辅助指令值Ta＊进行运算；以及电流指令值运算电路44，对与辅助指令值Ta＊对应的电流指令值I＊进行运算。此外，微机41具有马达控制信号生成电路45，为了使实际电流值I追随电流指令值I＊，执行基于电流偏差dI(dI＝I＊－I)的电流反馈控制，由此生成朝驱动电路42输出的马达控制信号。

[0040] 具体而言，本实施方式的电流指令值运算电路44作为该电流指令值I＊对d/q坐标系的q轴电流指令值进行运算(d轴电流指令值为零)。此外，朝马达控制信号生成电路45与电流指令值I＊一起输入由电流传感器46作为实际电流值I检测的三相的相电流值(Iu、Iv、Iw)、以及由旋转角传感器31检测的旋转角θm。然后，马达控制信号生成电路45将该各相电流值映射到作为基于旋转角θm的旋转坐标的d/q坐标，在该d/q坐标系中执行电流反馈控制，由此生成该马达控制信号。

[0041] 接着，对本实施方式的辅助指令值运算电路的运算方式进行说明。如图2所示，辅助指令值运算电路43具备基本辅助控制电路51，该基本辅助控制电路51作为该辅助指令值Ta＊的基础分量对基本辅助控制量Tas＊进行运算。此外，在辅助指令值运算电路43设置有使由扭矩传感器30检测的转向操纵扭矩Th0的相位滞后(提前)的第1相位补偿控制电路52。基本辅助控制电路51基于由第1相位补偿控制电路52进行相位补偿后的转向操纵扭矩Th'以及车速V，作为辅助指令值Ta＊的基础分量对基本辅助控制量Tas＊进行运算。另外，基本辅助控制电路51是第1运算电路的一例。

[0042] 具体而言，如图3所示，基本辅助控制电路51对基本辅助控制量Tas＊进行运算，基本辅助控制量Tas＊具有随着所输入的转向操纵扭矩Th'的绝对值增大或者车速V减小而增大的绝对值。基本辅助控制电路51被设计成转向操纵扭矩Th'越大，辅助梯度Rag越大。另外，辅助梯度Rag是基本辅助控制量Tas＊的变化相对于转向操纵扭矩Th'的变化的比例(例如切线L1、L2的斜度)。

[0043] 此外，如图2所示，本实施方式的基本辅助控制电路51将与转向操纵扭矩Th'(以及车速V)相应的辅助梯度Rag朝第1相位补偿控制电路52以及第2相位补偿控制电路53输出。

第1相位补偿控制电路52基于所输入的辅助梯度Rag变更相位补偿控制的特性(例如滤波因数)。

[0044] 具体而言,如图4所示,第1相位补偿控制电路52与辅助梯度Rag的上升相应地变更该相位补偿的特性,以使得相位补偿后的转向操纵扭矩Th'的相位滞后(减少增益)。进而,在本实施方式中,构成为通过设计由马达控制信号生成电路45执行的电流反馈控制,抑制振动的产生而确保控制的稳定性,并且提高该电流控制的响应性而实现良好的转向操纵感。

[0045] 此外,如图2所示,辅助指令值运算电路43具备第2相位补偿控制电路53,该第2相位补偿控制电路53基于所输入的转向操纵扭矩Th的微分值(扭矩微分值dTh),作为补偿分量对系统稳定化控制量Tdt＊进行运算。第2相位补偿控制电路53基于扭矩微分值dTh以及辅助梯度Rag对系统稳定化控制量Tdt＊进行运算。另外,微分器54对所输入的转向操纵扭矩Th进行微分,由此对扭矩微分值dTh进行运算。

[0046] 具体而言,作为一例,如图5所示,第2相位补偿控制电路53对扭矩微分值dTh的绝对值越大,绝对值越大的扭矩微分基础控制量εdt进行运算。此外,作为一例,如图6所示,基于朝第2相位补偿控制电路53输入的辅助梯度Rag,对以辅助梯度Rag的绝对值越大则值变得越小的方式变化的辅助梯度增益Kag进行运算。辅助梯度增益Kag是以与辅助梯度Rag成反比例的方式在0～1.0的范围内设定的值。第2相位补偿控制电路53将这些扭矩微分基础控制量εdt与辅助梯度增益Kag相乘而得的值作为系统稳定化控制量Tdt＊输出。即,系统稳定化控制量Tdt＊能够使用扭矩微分基础控制量εdt以及辅助梯度增益Kag并通过下式(1)表示。

[0047] $Tdt^{*}=\varepsilon dt\times Kag\cdots\cdots(1)$

[0048] 如图2所示,将由基本辅助控制电路51运算得到的基本辅助控制量Tas＊以及由第2相位补偿控制电路53运算得到的系统稳定化控制量Tdt＊输入至加法器55。辅助指令值运算电路43以将这些基本辅助控制量Tas＊以及系统稳定化控制量Tdt＊相加而得的值作为基础,对第1辅助分量Ta1＊进行运算。

[0049] 此外,在微机41设置有小齿轮角运算电路56,该小齿轮角运算电路56基于旋转角θm,对位于相比扭杆16靠转向轮15侧的小齿轮轴11c(参照图1)的旋转角(小齿轮角θp)进行运算。另外,在本实施方式中,作为可换算成转向轮15的转向角的旋转轴的旋转角(转向操纵角),使用小齿轮角θp,但并不限定于此。

[0050] 在辅助指令值运算电路43设置有小齿轮角F/B控制电路60,该小齿轮角F/B控制电路60通过执行基于小齿轮角θp的角度反馈控制,对第2辅助分量Ta2＊进行运算。另外,小齿轮角F/B控制电路60是第2运算电路的一例。

[0051] 如图7所示,朝小齿轮角F/B控制电路60输入第1辅助分量Ta1＊以及转向操纵扭矩Th。小齿轮角F/B控制电路60具备扭矩指令值运算电路61,该扭矩指令值运算电路61基于这些各状态量,对与朝小齿轮轴11c传递的输入扭矩对应的扭矩指令值Tp＊进行运算。在扭矩指令值运算电路61设置有加法器62,该加法器62通过将第1辅助分量Ta1＊与转向操纵扭矩Th相加,对扭矩指令值Tp＊进行运算。

[0052] 此外,小齿轮角F/B控制电路60具备小齿轮角指令值运算电路63,该小齿轮角指令值运算电路63基于扭矩指令值Tp＊,作为可换算成转向轮15的转向角的旋转轴的旋转角指

令值对小齿轮角指令值θp＊进行运算。小齿轮角指令值运算电路63基于根据扭矩指令值Tp＊所示的输入扭矩旋转的小齿轮轴11c的理想模型(输入扭矩•旋转角模型),对小齿轮角指令值θp＊进行运算。即,该输入扭矩•旋转角模型由基于小齿轮轴11c的旋转角(小齿轮角指令值θp＊)的弹性项、基于小齿轮轴11c的旋转角速度(小齿轮角速度)的粘性项、以及基于从输入扭矩(扭矩指令值Tp＊)减去弹性项和粘性项的各控制输出亦即弹性分量和粘性分量而得的值的惯性项表示。小齿轮角指令值运算电路63具备滤波器,该滤波器基于这些各维度(角度、速度以及角速度)的指令值以及车速V,对各种补偿值进行运算。小齿轮角指令值运算电路63对基于这些各种补偿值补偿后的小齿轮角指令值θp＊进行运算。

[0053] 另外,如图2所示,从设置于ECU40的外部的ADAS指令值运算电路70朝该ECU40输入用于进行ADAS控制的指令值亦即ADAS指令角θa＊。ADAS指令值运算电路70基于转向操纵扭矩Th、车速V以及从外部检测装置71得到的外部信息E,对ADAS指令角θa＊进行运算。作为外部检测装置71例如使用摄像机等,对包括车辆周边的环境信息等在内的外部信息E进行检测。

[0054] 如图7所示,小齿轮角F/B控制电路60具备加法器64,该加法器64通过将由小齿轮角指令值运算电路63运算得到的小齿轮角指令值θp＊与由ADAS指令值运算电路70运算得到的ADAS指令角θa＊相加,对最终小齿轮角指令值θ＊进行运算。即,通过将小齿轮角指令值θp＊与ADAS指令角θa＊相加,对在小齿轮角指令值θp＊中反映(加入)ADAS指令角θa＊后的最终小齿轮角指令值θ＊进行运算。

[0055] 并且,由加法器64运算得到的最终小齿轮角指令值θ＊与由小齿轮角运算电路56检测到的作为实际旋转角的小齿轮角θp一起输入至F/B运算电路65。F/B运算电路65基于最终小齿轮角指令值θ＊与小齿轮角θp之间的偏差执行角度反馈控制,由此生成第2辅助分量Ta2＊。另外,作为反馈控制,例如进行比例•积分•微分控制(PID控制)。

[0056] 如图2所示,由小齿轮角F/B控制电路60运算得到的第2辅助分量Ta2＊与由加法器55运算得到的第1辅助分量Ta1＊一起输入至加法器57。加法器57基于第1辅助分量Ta1＊与第2辅助分量Ta2＊之和输出辅助指令值Ta＊。

[0057] 此外,微机41具备转向操纵扭矩补偿电路80,由ADAS指令值运算电路70运算得到的ADAS指令角θa＊以及由扭矩传感器30检测到的转向操纵扭矩Th0输入至该转向操纵扭矩补偿电路80,转向操纵扭矩补偿电路80是扭矩信号修正电路的一例。转向操纵扭矩补偿电路80每过预先设定的运算周期,便基于ADAS指令角θa＊以及转向操纵扭矩Th0,加入伴随着基于ADAS控制的小齿轮角θp变化而产生的转向操纵扭矩,对应当朝辅助指令值运算电路43输入的转向操纵扭矩Th进行运算。即,使用在上次的运算周期运算得到的ADAS指令角θa＊,在本次的运算周期对辅助指令值运算电路43的运算所使用的转向操纵扭矩Th进行运算。另外,作为ADAS控制,例如可举出车道保持辅助控制等。

[0058] 如图8所示,在转向操纵扭矩补偿电路80具备微分器81,该微分器81对所输入的ADAS指令角θa＊进行微分,由此对ADAS指令角速度ωa＊(ADAS指令角θa＊的与时间相关的1阶微分值)进行运算。此外,在转向操纵扭矩补偿电路80具备微分器82,该微分器82对所输入的ADAS指令角速度ωa＊进行微分,由此对ADAS指令角加速度αa＊(ADAS指令角θa＊的与时间相关的2阶微分值)进行运算。

[0059] 转向操纵扭矩补偿电路80具备粘性补偿项运算电路83,该粘性补偿项运算电路83

通过将ADAS指令角速度ωa＊与粘性系数相乘，对粘性补偿项T1进行运算。粘性系数由与方向盘10以及转向轴11的旋转相关的粘性等决定。

[0060] 此外，转向操纵扭矩补偿电路80具备惯性补偿项运算电路84，该惯性补偿项运算电路84通过将ADAS指令角加速度αa＊与惯性系数相乘，对惯性补偿项T2进行运算。惯性系数由与方向盘10以及转向轴11的旋转相关的惯性等决定。

[0061] 并且，转向操纵扭矩补偿电路80具有加法器85，该加法器85将从扭矩传感器30输入的转向操纵扭矩Th0、从粘性补偿项运算电路83输入的粘性补偿项T1、以及从惯性补偿项运算电路84输入的惯性补偿项T2相加，对转向操纵扭矩Th进行运算。即，加法器85使用粘性补偿项T1以及惯性补偿项T2按照下式(2)对转向操纵扭矩Th进行运算。

[0062] Th＝Th0+T1+T2……(2)

[0063] 另外，粘性补偿项T1以及惯性补偿项T2与转向操纵扭矩Th0的朝向相应地具有正负的符号中的某一方。即，将粘性补偿项T1以及惯性补偿项T2与转向操纵扭矩Th0相加，以便减少(消除)加入到转向操纵扭矩Th0的粘性以及惯性的分量。因此，朝辅助指令值运算电路43输入即便小齿轮角θp因ADAS控制而变化，仍可降低(消除)因方向盘10等的惯性以及粘性而产生的转向操纵扭矩的状态的转向操纵扭矩Th。

[0064] 对本实施方式的作用以及效果进行说明。

[0065] (1)在小齿轮角θp由于ADAS控制而变化的情况下，由于在转向柱轴11a设置扭杆16，所以在转向柱轴11a中的相比扭杆16靠上方的部分、以及转向柱轴11a中的相比扭杆16靠下方的部分，转向柱轴11a的旋转角不同。这是因为在转向柱轴11a中的相比扭杆16靠上方的部分设置有方向盘10，因此方向盘10的惯性以及转向柱轴11a中的相比扭杆16靠上方的部分的粘性造成影响的缘故。此外，不仅是方向盘10本身的惯性以及上述粘性，当驾驶员把持方向盘10时，因驾驶员的把持也会致使粘性以及惯性增加。辅助指令值运算电路43使用包括因粘性以及惯性而产生的转向操纵扭矩在内的状态的转向操纵扭矩，对旋转角指令值(最终小齿轮角指令值θ＊)进行运算。因此，F/B运算电路65所进行的最终小齿轮角指令值θ＊与旋转角(小齿轮角θp)的角度反馈控制难以收敛，致使小齿轮角θp相对于最终小齿轮角指令值θ＊的追随性能恶化。

[0066] 关于这一点，在本实施方式中，通过设置转向操纵扭矩补偿电路80，辅助指令值运算电路43取得考虑到粘性以及惯性而补偿的转向操纵扭矩Th，对第1辅助分量Ta1＊以及第2辅助分量Ta2＊进行运算。之所以这样做是因为根据从ADAS指令值运算电路70输出的ADAS指令角θa＊，即便在小齿轮轴11c的小齿轮角θp发生了变动的情况下，也能够减少方向盘10的粘性以及惯性对转向操纵扭矩造成的影响的缘故。并且，辅助指令值运算电路43使用减少了因粘性以及惯性而产生的转向操纵扭矩的状态的转向操纵扭矩Th，对最终小齿轮角指令值θ＊进行运算。因此，容易使F/B运算电路65所进行的最终小齿轮角指令值θ＊与小齿轮角θp的角度反馈控制收敛，从而能够维持小齿轮角θp相对于最终小齿轮角指令值θ＊的追随性能。即，辅助指令值运算电路43能够维持与不进行ADAS控制的情况相同程度的追随性能。

[0067] (2)ADAS指令值运算电路70也能够基于由转向操纵扭矩补偿电路80补偿后的转向操纵扭矩Th对ADAS指令角θa＊进行运算。因此，ADAS指令值运算电路70能够仅使用通过驾驶员进行转向操作而产生的转向操纵扭矩，对ADAS指令角θa＊进行运算。

[0068] 另外，本实施方式也可以如以下那样变更。以下的其他实施方式能够在不存在技术矛盾的范围内相互组合。在本实施方式中，具体化为转向柱辅助型的EPS1，但并不限定于此。例如，也可以是对小齿轮辅助型的EPS、齿条辅助型的EPS等的扭杆16的下游侧(齿条轴12侧)赋予马达20的辅助力的转向装置。在齿条辅助型中的、例如马达轴与齿条平行配置的齿条平行(注册商标)型的EPS的情况下，如图9所示，也可以将扭杆16设置于小齿轮轴11c。在该情况下，扭矩传感器30也可以基于小齿轮轴11c的与扭杆16的上侧连结的部分和小齿轮轴11c的与扭杆16的下侧连结的部分的扭转，对转向操纵扭矩(扭矩信号)进行检测。另外，在齿条平行型的EPS的情况下，马达20的旋转力经由减速机构22以及滚珠丝杠机构23转换成齿条轴12的轴向的力。当在小齿轮轴11c设置扭杆16的情况下，方向盘10与扭杆16之间的距离变长，转向操纵机构2中的与相比扭杆16靠上侧(上游侧)的部位连结的部分的质量变重，由此致使方向盘10的惯性以及粘性变大。因此，本实施方式的转向操纵扭矩补偿电路80进行补偿时的效果变大。

[0069] 在本实施方式中，作为可换算成转向轮15的转向角的旋转轴的旋转角，使用了小齿轮轴11c的旋转角亦即小齿轮角θp，但并不限定于此。例如，也可以使用位于相比扭杆16靠转向轮15侧的位置的中间轴11b、马达20的旋转轴21。

[0070] 在本实施方式中，小齿轮角运算电路56基于由旋转角传感器31检测到的马达20的旋转角θm，对小齿轮角θp进行检测，但并不限定于此。例如，也可以设置直接实际测量小齿轮角θp的旋转角传感器，实际测量小齿轮角θp。

[0071] 在本实施方式中，在ECU40设置有第1相位补偿控制电路52以及第2相位补偿控制电路53，但也可以不设置。在该情况下，朝基本辅助控制电路51直接输入转向操纵扭矩Th。此外，第1辅助分量Ta1＊与基本辅助控制量Tas＊相等。

[0072] 在本实施方式中，转向操纵扭矩补偿电路80基于所输入的ADAS指令角θa＊对转向操纵扭矩Th0进行补偿，但并不限定于此。例如，转向操纵扭矩补偿电路80也可以当接受到ADAS指令角θa＊时，将转向操纵扭矩Th0相加或者相减预先设定的值，由此对转向操纵扭矩Th进行运算。

[0073] 在本实施方式中，转向操纵扭矩补偿电路80考虑到粘性以及惯性对转向操纵扭矩Th进行运算，但并不限定于此。即，转向操纵扭矩补偿电路80也可以仅考虑粘性或者惯性中的任意一方对转向操纵扭矩Th进行运算。此外，并不限定于粘性以及惯性，转向操纵扭矩补偿电路80也可以考虑基于弹性等的其他各种物理模型的补偿量，对转向操纵扭矩Th进行运算。

[0074] 在本实施方式中，ADAS指令值运算电路70基于转向操纵扭矩Th、车速V以及外部信息E，对ADAS指令角θa＊进行运算，但并不限定于此。例如，ADAS指令值运算电路70也可以不使用转向操纵扭矩Th以及车速V(仅根据外部信息E)，对ADAS指令角θa＊进行运算。

[0075] 在本实施方式中，扭矩传感器30基于转向柱轴11a中的与扭杆16的上侧连结的部分以及转向柱轴11a中的与扭杆16的下侧连结的部分的扭转，对转向操纵扭矩Th0进行检测，但并不限定于此。例如，也可以不使用扭杆16，而利用磁致伸缩式扭矩传感器对转向操纵扭矩Th0进行检测。

[0076] 在本实施方式中，小齿轮角F/B控制电路60基于转向操纵扭矩Th(转向操纵扭矩Th0)以及第1辅助分量Ta1＊，对第2辅助分量Ta2＊进行运算，但并不限定于此。例如，小齿

轮角F/B控制电路60也可以基于转向操纵扭矩Th对第2辅助分量Ta2＊进行运算。

[0077] 在本实施方式中,ADAS指令值运算电路70作为ADAS指令值对ADAS指令角θa＊进行运算,但并不限定于此。例如,ADAS指令值运算电路70也可以对ADAS指令扭矩值进行运算。在该情况下,辅助指令值运算电路43也可以接受ADAS指令扭矩值,并将所接受的ADAS指令扭矩值转换成ADAS指令角θa＊。此外,例如,ADAS指令值运算电路70也可以对ADAS指令电流值进行运算。在该情况下,辅助指令值运算电路43也可以接受ADAS指令电流值,并将所接受的ADAS指令电流值转换成ADAS指令角θa＊。

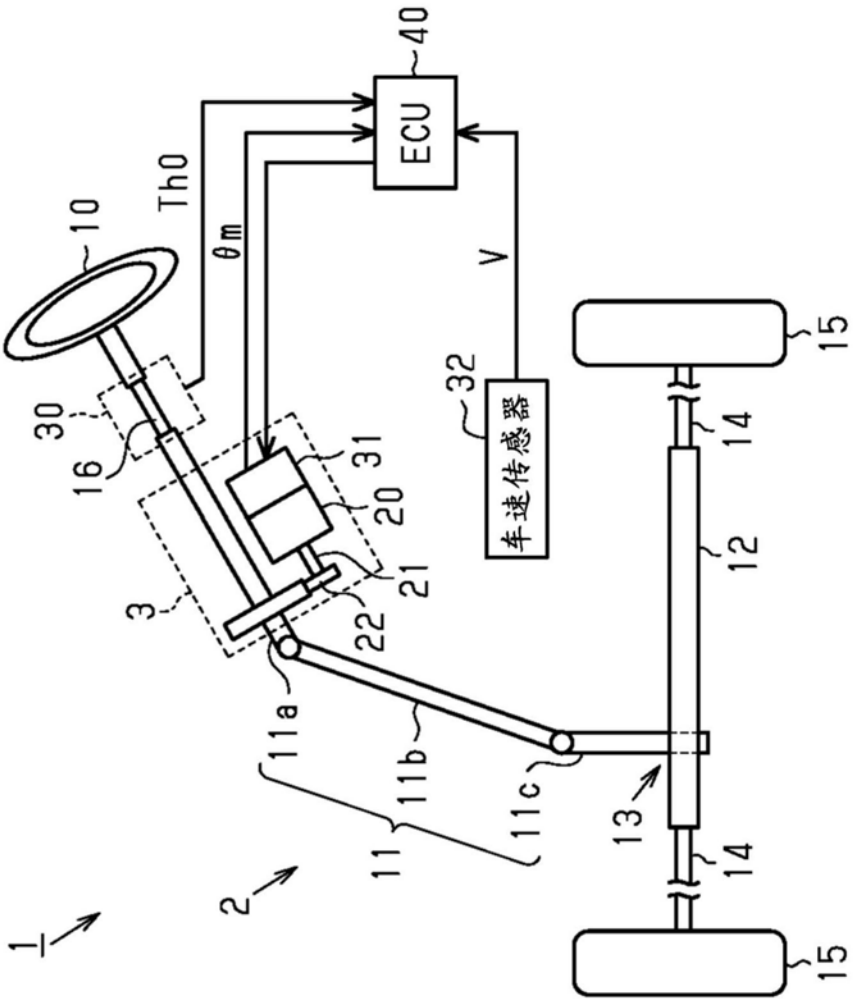

40
ECU
Th0
θm
V
10
32
车速传感器
15
30
16
31
20
21
22
3
14
12
11a
11b
11c
11
13
2
1

图1

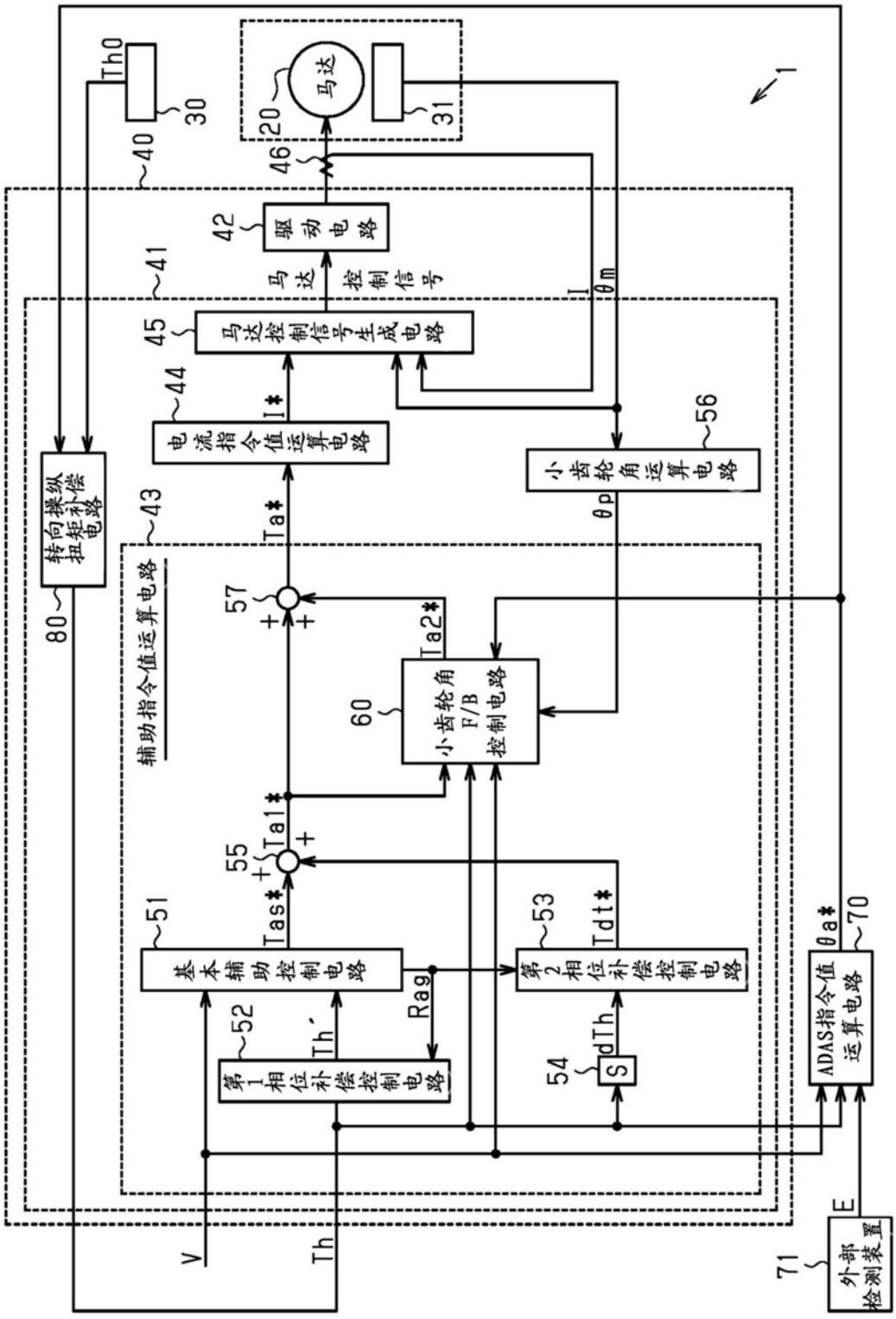

Th0
30
马达
20
31
1
40
46
42
驱动电路
41
马达控制信号
θm
45
马达控制信号生成电路
44
I*
电流指令值运算电路
56
小齿轮角运算电路
转向操纵扭矩补偿电路
43
Ta*
θp
辅助指令值运算电路
80
57
Ta2*
60
小齿轮角F/B控制电路
Ta1*
55
Tas*
51
基本辅助控制电路
53
Tdt*
第2相位补偿控制电路
θa*
70
Rag
52
Th'
第1相位补偿控制电路
54
S
dTh
ADAS指令值运算电路
E
V
Th
71
外部检测装置

图2

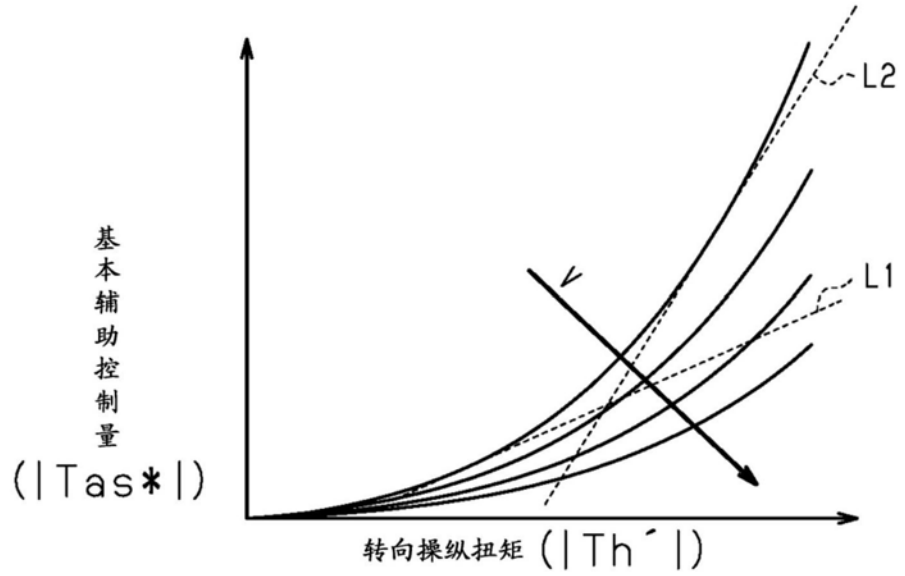

基本辅助控制量
(|Tas*|)
L2
L1
转向操纵扭矩 (|Th´|)

图3

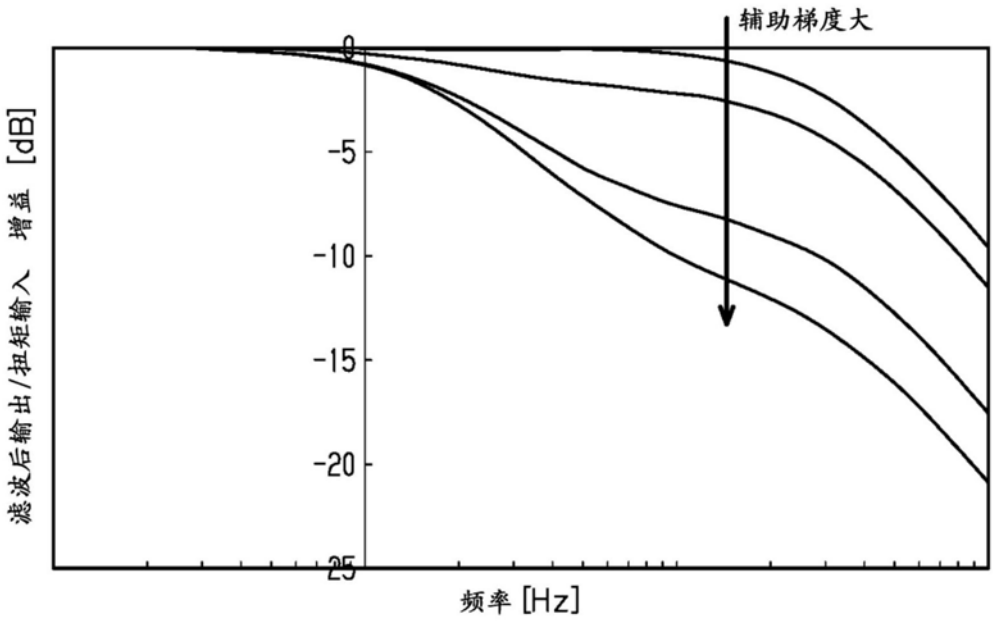

辅助梯度大
滤波后输出/扭矩输入 增益 [dB]
0
-5
-10
-15
-20
-25
频率 [Hz]

图4

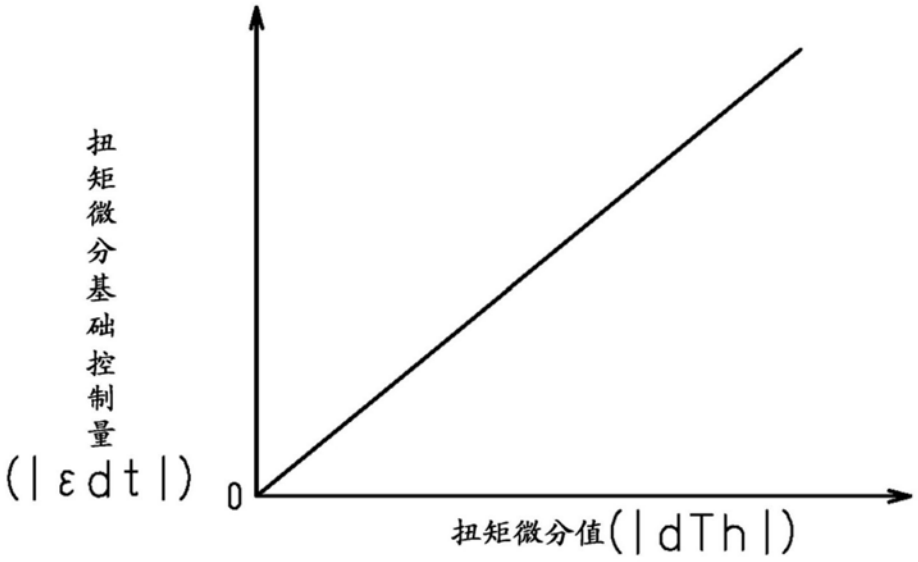


图5

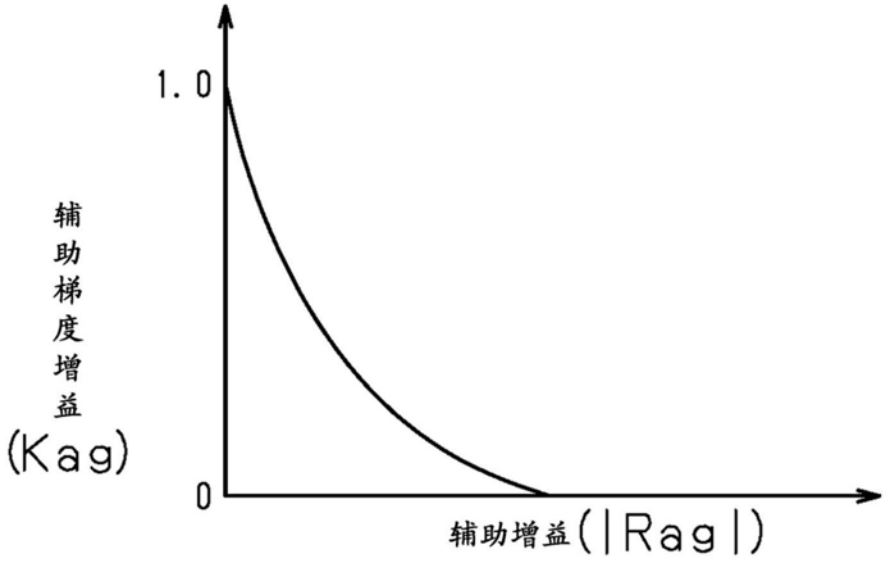


图6

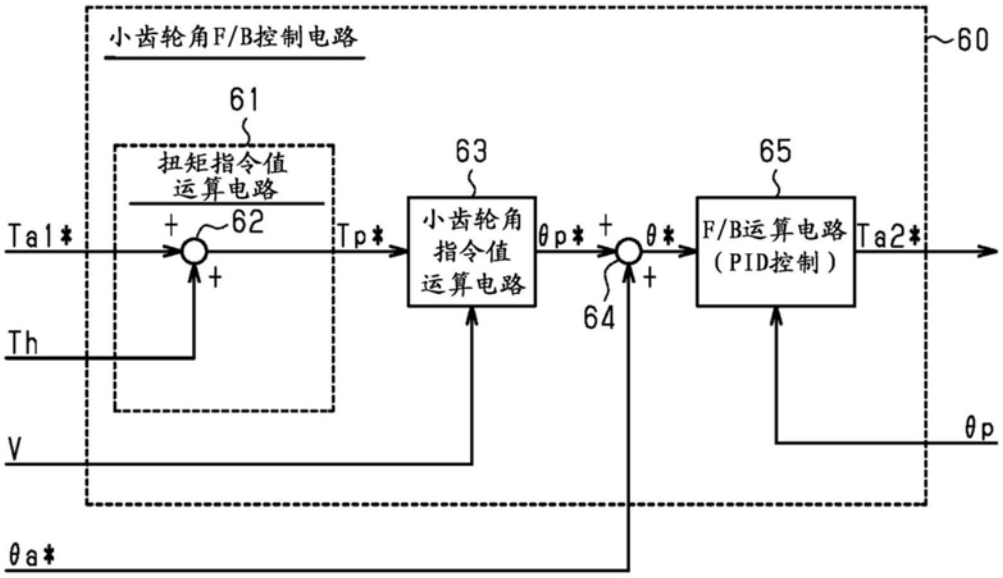

小齿轮角F/B控制电路
60
61
扭矩指令值
运算电路
62
63
小齿轮角
指令值
运算电路
64
65
F/B运算电路
(PID控制)
Ta1*
Th
V
θa*
Tp*
θp*
θ*
Ta2*
θp

图7

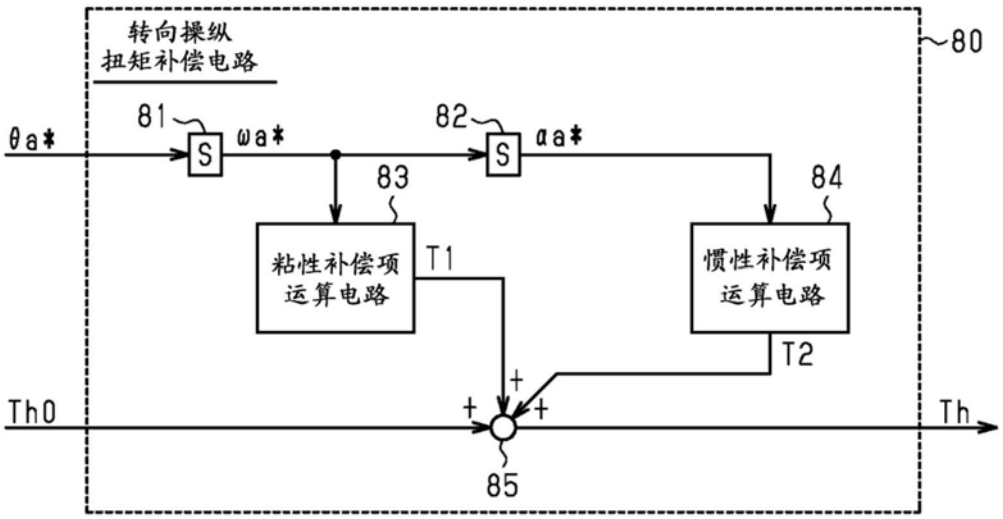

转向操纵
扭矩补偿电路
80
81
82
S
S
θa*
ωa*
αa*
83
84
粘性补偿项
运算电路
T1
惯性补偿项
运算电路
T2
Th0
Th
85

图8

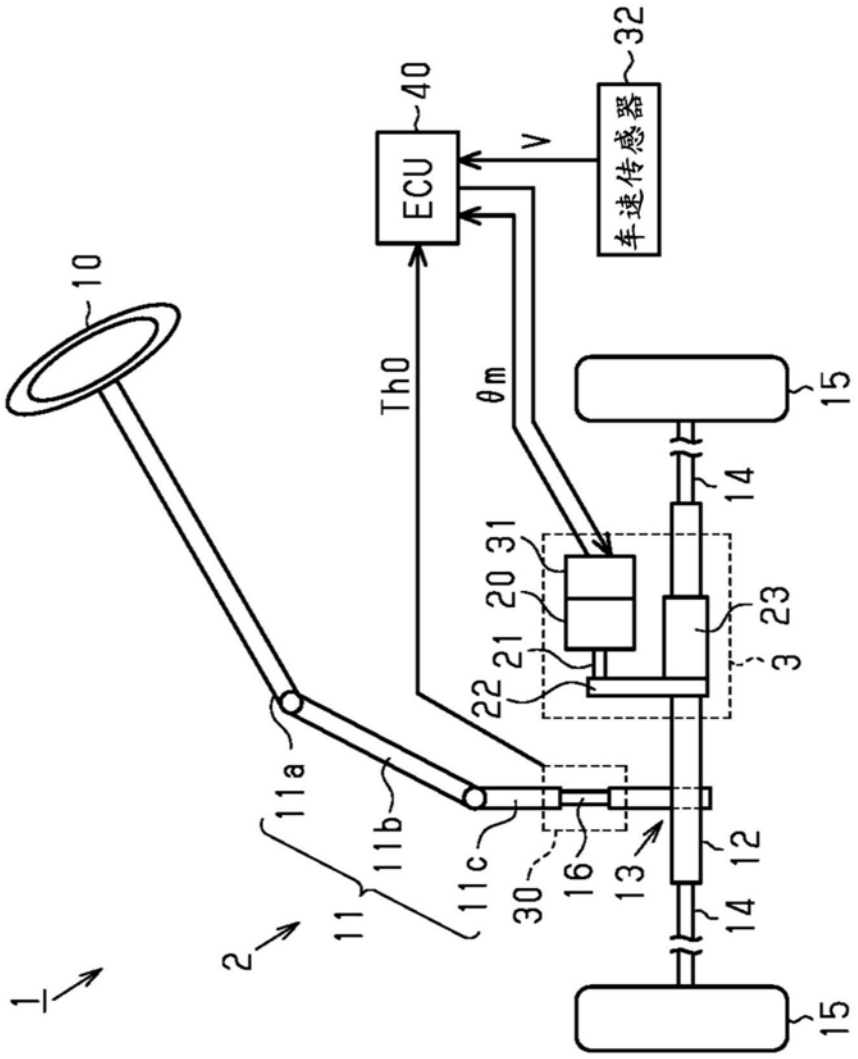

32
40
ECU
V
车速传感器
10
Th0
θm
15
14
31
20
21
22
23
3
11a
11b
11c
11
30
16
13
12
2
1

图9