



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 114206706 B

(45) 授权公告日 2024.01.16

(21) 申请号 202080056039.9

(22) 申请日 2020.08.06

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 114206706 A

(43) 申请公布日 2022.03.18

(30) 优先权数据
2019-147465 2019.08.09 JP

(85) PCT国际申请进入国家阶段日
2022.02.07

(86) PCT国际申请的申请数据
PCT/JP2020/030252 2020.08.06

(87) PCT国际申请的公布数据
W02021/029329 JA 2021.02.18

(73) 专利权人 日本电产株式会社
地址 日本京都府京都市

(72) 发明人 远藤修司 石村裕幸

(74) 专利代理机构 北京三友知识产权代理有限公司 11127
专利代理师 杨俊波

(51) Int.Cl.
B62D 5/04 (2006.01)

(56) 对比文件
CN 105644618 A, 2016.06.08
CN 107848571 A, 2018.03.27
CN 110027609 A, 2019.07.19
JP 2009166715 A, 2009.07.30
JP 2005306205 A, 2005.11.04
CN 104661897 A, 2015.05.27
CN 102123903 A, 2011.07.13
EP 2028080 A1, 2009.02.25

审查员 熊丹萍

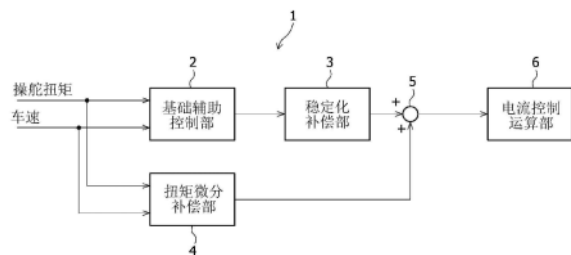
权利要求书2页 说明书6页 附图4页

(54) 发明名称

控制装置、驱动装置、电动助力转向装置以及控制方法

(57) 摘要

该控制装置根据操舵扭矩来求取电动助力转向装置的辅助扭矩,对辅助扭矩进行补偿,并且根据操舵扭矩,使补偿量的变化量可变,影响转向系统的干扰的频率越高,使辅助扭矩的用于抵消干扰的所述补偿量越大。



1. 一种控制装置,其对电动助力转向装置进行控制,其特征在于,
该控制装置具有:

基础辅助控制部,其根据操舵扭矩来求取所述电动助力转向装置的辅助扭矩;以及
扭矩微分补偿部,其对所述辅助扭矩进行补偿,

所述扭矩微分补偿部根据所述操舵扭矩,使补偿量的变化量可变,影响转向系统的干扰的频率越高,使针对所述辅助扭矩的用于抵消所述干扰的所述补偿量越大,

所述扭矩微分补偿部通过进行使表示所述干扰至扭杆扭矩的传递特性的式(1)中的互补灵敏度函数接近“1”的处理而使所述变化量增大,

[数学式1]

$$T(s) = \frac{C(s)G_{STG}(s)}{1 + C(s)G_{STG}(s)} \quad (1)$$

$T(s)$: 互补灵敏度函数

$C(s)$: 控制器

$G_{STG}(s)$: 转向系统。

2. 根据权利要求1所述的控制装置,其特征在于,

车速越大,所述基础辅助控制部使所述辅助扭矩越小。

3. 根据权利要求2所述的控制装置,其特征在于,

所述扭矩微分补偿部根据所述车速来校正所述补偿量。

4. 根据权利要求1至3中的任意一项所述的控制装置,其特征在于,

所述扭矩微分补偿部使与悬架的前后方向的固有频带对应的频带内的所述变化量大于所述频带以外的带域的所述变化量。

5. 根据权利要求1至3中的任意一项所述的控制装置,其特征在于,

所述扭矩微分补偿部通过使对所述辅助扭矩进行补偿的补偿信号的相位超前并增大增益而使所述变化量增大。

6. 根据权利要求1至3中的任意一项所述的控制装置,其特征在于,

所述扭矩微分补偿部在车辆进行直行行驶的情况下对所述辅助扭矩进行补偿。

7. 一种驱动装置,其特征在于,

该驱动装置具有:

权利要求1至6中的任意一项所述的控制装置;以及
电动马达,其由所述控制装置驱动。

8. 一种电动助力转向装置,其特征在于,

该电动助力转向装置具有:

权利要求1至6中的任意一项所述的控制装置;
电动马达,其由所述控制装置驱动;以及,
电动助力转向机构,其由所述电动马达驱动。

9. 一种控制方法,对电动助力转向装置进行控制,其特征在于,

该控制方法具有以下步骤:

根据操舵扭矩来求取所述电动助力转向装置的辅助扭矩;

对所述辅助扭矩进行补偿；

根据所述操舵扭矩，使所述辅助扭矩的补偿量的变化量可变，影响转向系统的干扰的频率越高，使针对所述辅助扭矩的用于抵消所述干扰的所述补偿量越大；以及

通过进行使表示所述干扰至扭杆扭矩的传递特性的式(1)中的互补灵敏度函数接近“1”的处理而使所述变化量增大，

[数学式1]

$$T(s) = \frac{C(s)G_{STG}(s)}{1 + C(s)G_{STG}(s)} \quad (1)$$

T(s)：互补灵敏度函数

C(s)：控制器

G_{STG}(s)：转向系统。

10. 根据权利要求9所述的控制方法，其特征在于，

所述控制方法具有以下步骤：车速越大，使所述辅助扭矩越小。

控制装置、驱动装置、电动助力转向装置以及控制方法

技术领域

[0001] 本发明涉及对电动助力转向装置的驱动进行控制的控制装置、由该控制装置控制的驱动装置、具有该驱动装置的电动助力转向装置以及控制方法。

背景技术

[0002] 近年来,在电动助力转向装置(EPS)的控制装置中,通过降低阻碍操舵驾驶那样的干扰的影响来降低方向盘(或者转向盘)的振动,实现对驾驶员而言舒适的驾驶。EPS是Electric Power Steering的缩写。作为这样的阻碍操舵驾驶的干扰,已知有不规则路行驶、摆振振动以及反冲振动等。

[0003] 这里,反冲振动是指车身振动与由路面的凹凸引起的冲击产生共振而使方向盘、轮胎产生振动的现象。有时由于反冲振动而导致方向盘被掌握,车辆的行进方向向不期望的方向变化,行驶变得困难。另外,摆振振动是指由于轮胎的不平衡而产生的振动传递至方向盘,从而方向盘振动的现象。摆振振动有时在悬架的共振频率与轮胎的旋转频率一致的100km/h左右成为大振动,有时阻碍舒适的操舵。

[0004] 在车辆行驶时,需要将轮胎与路面正常接触的情况传递给驾驶员。然而,当在路面的凹凸部分上行驶时,接触被过度传递,因此对驾驶员而言成为不舒适的驾驶感觉。而且,当在路面的凹凸部分上行驶时,由于车体振动和由路面的凹凸引起的冲击而容易引起前述的摆振振动和反冲振动,在极端的情况下,有时车辆难以继续行驶。以往,为了防止这样的事态,要求在路面的凹凸部分上行驶时降低振动以实现对于驾驶员而言舒适的驾驶的技术。

[0005] 在这样的状况下,以往,在使用了干扰观测器的干扰灵敏度设计中,使用数学模型,根据助力辅助所需的扭矩和转向系统的动作来推断向转向系统传递的干扰力。然后,通过将推断出的干扰力与助力辅助扭矩相加来抵消、降低干扰(例如,专利文献1)。

[0006] 现有技术文献

[0007] 专利文献

[0008] 专利文献1:日本特许第6055525号公报

发明内容

[0009] 发明要解决的课题

[0010] 然而,在以往的使用了数学模型的干扰灵敏度设计中,可能存在操舵感容易成为人工感觉的倾向,并且由于也存在包含模型化误差的情况,因此模型化误差的影响也可能关系到操舵感的不自然。

[0011] 本发明的目的在于提供能够抑制操舵感的不自然,并且能够降低干扰对操舵感的影响的控制装置、驱动装置、电动助力转向装置以及控制方法。

[0012] 用于解决课题的手段

[0013] 本发明的控制装置对电动助力转向装置进行控制,其中,该控制装置具有:基础辅

助控制部,其根据操舵扭矩来求取所述电动助力转向装置的辅助扭矩;以及扭矩微分补偿部,其对所述辅助扭矩进行补偿,所述扭矩微分补偿部根据所述操舵扭矩,使补偿量的变化量可变,影响转向系统的干扰的频率越高,使针对所述辅助扭矩的用于抵消所述干扰的所述补偿量越大。

[0014] 本发明的驱动装置具有:上述的控制装置;以及电动马达,其由所述控制装置驱动。

[0015] 本发明的电动助力转向装置具有:上述的控制装置;电动马达,其由所述控制装置驱动;以及电动助力转向机构,其由所述电动马达驱动。

[0016] 本发明的控制方法对电动助力转向装置进行控制,其中,该控制方法具有以下步骤:根据操舵扭矩来求取所述电动助力转向装置的辅助扭矩;对所述辅助扭矩进行补偿;以及根据所述操舵扭矩,使所述辅助扭矩的补偿量的变化量可变,影响转向系统的干扰的频率越高,使针对所述辅助扭矩的用于抵消所述干扰的所述补偿量越大。

[0017] 发明效果

[0018] 根据本发明,能够抑制操舵感的不自然,并且能够降低干扰对操舵感的影响。

附图说明

[0019] 图1是示出本发明的实施方式的控制装置的结构框图。

[0020] 图2是示出本发明的实施方式的控制装置的扭矩微分补偿部的结构框图。

[0021] 图3是示意性地示出本发明的实施方式的电动助力转向装置的悬架的结构图。

[0022] 图4是示出包含本发明的实施方式的控制装置的助力辅助控制机构的结构框图。

[0023] 图5是对本发明的实施方式的控制装置的扭矩微分补偿部的处理进行说明的图。

[0024] 图6是示意性地示出本发明的实施方式的电动助力转向装置的结构图。

具体实施方式

[0025] 以下,参照附图对本发明的实施方式的控制装置进行说明。此外,本发明的范围不限于以下的实施方式,能够在本发明的技术思想的范围内任意地变更。另外,在以下的附图中,为了容易理解各结构,有时使各构造中的比例尺以及数量等与实际的构造中的比例尺以及数量等不同。

[0026] <控制装置的结构>

[0027] 以下,参照图1对本发明的实施方式的控制装置1的结构进行详细说明。

[0028] 控制装置1对后述的电动助力转向装置的驱动进行控制。控制装置1具有基础辅助控制部2、稳定化补偿部3、扭矩微分补偿部4、加法器5以及电流控制运算部6。控制装置1具有并联连接基础辅助控制部2和扭矩微分补偿部4的结构。

[0029] 基础辅助控制部2根据输入的操舵扭矩信号和车速信号来求取基础辅助扭矩。更详细而言,基础辅助控制部2根据操舵扭矩来求取基础辅助扭矩,但车速越大,使基础辅助扭矩越小。基础辅助控制部2例如预先存储有将车速、操舵扭矩以及基础辅助扭矩对应起来的表,参照该表来求取与输入的车速信号所表示的车速和输入的操舵扭矩对应的基础辅助扭矩。基础辅助控制部31将与这样求出的基础辅助扭矩对应的基础辅助扭矩信号输出给稳

定化补偿部3。基础辅助扭矩是在电动助力转向装置中为了辅助转向操作而生成的扭矩,因此也可以简称为辅助扭矩。

[0030] 稳定化补偿部3对从基础辅助控制部2输入的基础辅助扭矩信号进行相位补偿,该相位补偿组合了多个相位超前补偿和相位延迟补偿。相位补偿的频率特性根据操舵状态、行驶车速而动态地变化。执行稳定化处理来求取电动助力转向装置的辅助扭矩,将与求出的辅助扭矩对应的辅助扭矩信号输出给加法器5。

[0031] 扭矩微分补偿部4执行后述的扭矩微分补偿处理,该扭矩微分补偿处理根据输入的操舵扭矩信号和车速信号以及影响转向系统的干扰来求取对基础辅助扭矩进行补偿的扭矩微分补偿扭矩。扭矩微分补偿部4将与求出的扭矩微分补偿扭矩对应的补偿信号输出给加法器5。在转向系统中包含有电动马达、ECU以及转向盘等。ECU是Electronic Control Unit(电子控制单元)的缩写。本实施方式的扭矩微分补偿部4特别补偿由电动助力转向装置进行的转向操作辅助不工作的状态下(例如,车辆直行行驶时)的电动马达惯性的动态影响。此外,关于扭矩微分补偿部4的结构的内容,使用图2在后面叙述。

[0032] 加法器5将从稳定化补偿部3输入的辅助扭矩信号的辅助扭矩和从扭矩微分补偿部4输入的补偿信号的扭矩微分补偿扭矩相加来求取目标辅助扭矩。加法器5将与求出的目标辅助扭矩对应的目标辅助扭矩信号输出给电流控制运算部6。

[0033] 电流控制运算部6根据从加法器5输入的目标辅助扭矩信号来计算电动马达的驱动电流。由电流控制运算部6计算出的驱动电流输出给未图示的电动马达,通过电动马达来驱动电动助力转向装置。

[0034] <扭矩微分补偿部的结构>

[0035] 以下,参照图2对本发明的实施方式的控制装置1的扭矩微分补偿部4的结构进行详细说明。

[0036] 扭矩微分补偿部4具有微分补偿部41、相位超前补偿部42以及微分增益车速校正部43。

[0037] 微分补偿部41通过对输入的操舵扭矩进行伪微分来计算操作量(电动马达扭矩),并且将计算出的操作量乘以微分增益来生成随着频率变高而使增益上升的微分补偿信号。微分补偿部41将所生成的微分补偿信号输出给相位超前补偿部42。

[0038] 相位超前补偿部42通过对从微分补偿部41输入的微分补偿信号执行使希望降低干扰灵敏度的期望的频带的相位超前的稳定化补偿处理,来生成进一步提高了该期望的频带的增益的相位超前补偿信号。相位超前补偿部42将生成的相位超前补偿信号输出给微分增益车速校正部43。关于从相位超前补偿部42输出的相位超前补偿信号,干扰的频率越高,则使针对基础辅助扭矩的用于抵消干扰的补偿量越大。

[0039] 微分增益车速校正部43通过对从相位超前补偿部42输入的相位超前补偿信号执行与输入的车速信号的车速相应的车速校正处理,来校正相位超前补偿信号并生成补偿信号。微分增益车速校正部43将生成的补偿信号输出给加法器5。从微分增益车速校正部43输出的补偿信号通过根据车速对从相位超前补偿部42输出的相位超前补偿信号的补偿量进行校正后的补偿量来补偿基础辅助扭矩。

[0040] <助力辅助控制机构的结构>

[0041] 以下,参照图4对包含本发明的实施方式的控制装置1的助力辅助控制机构100的

结构进行详细说明。

[0042] 在图4中, θ_d 是方向盘角度, θ_g 是转向角度, $D(s)$ 是干扰, $T_{tor}(s)$ 是扭杆扭矩, K_{tor} 是扭杆, $G_{STG}(s)$ 是转向系统, $C(s)$ 是控制器, $T_{SAT}(s)$ 是自动回正扭矩。

[0043] 在以方向盘角 θ_d 作为输入、以转向角 θ_g 作为输出的情况下, 如图4所示, 电动助力转向装置的助力辅助控制机构100可以被认为单纯的反馈控制系统。在图4所示的反馈控制系统中, 控制器 $C(s)$ 一方面具有图1的控制装置1的结构中的基础辅助控制部2和扭矩微分补偿部4并联连接的结构, 另一方面, 为了成为在稳定化的基础上的干扰抑制灵敏度设计, 不具有稳定化补偿部3和电流控制运算部6。

[0044] <扭矩微分补偿处理>

[0045] 以下, 参照图3至图5对本发明的实施方式的扭矩微分补偿处理进行详细说明。

[0046] 在图4所示的助力辅助控制机构100中, 干扰 $D(s)$ 至扭杆扭矩 $T_{tor}(s)$ 的传递特性为式(1)。

[0047] [数学式1]

$$[0048] \quad \frac{T_{tor}(s)}{D(s)} = \frac{G_{STG}(s)}{1 + C(s)G_{STG}(s)} K_{tor} = (1 - T(s))G_{STG}(s)K_{tor} \quad (1)$$

[0049] 其中, 在式(1)中, $G_{STG}(s)$ 表示包含转向盘521的转向系统, $C(s)$ 表示控制器, $T(s)$ 表示互补灵敏度函数, K_{tor} 表示扭杆201。

[0050] 另外, 式(1)的互补灵敏度函数 $T(s)$ 由式(2)表示。

[0051] [数学式2]

$$[0052] \quad T(s) = \frac{C(s)G_{STG}(s)}{1 + C(s)G_{STG}(s)} \quad (2)$$

[0053] 要想降低干扰灵敏度(设为0), 根据式(1)可知需要使互补灵敏度函数 $T(s)$ 为1。另外, 为了使互补灵敏度函数 $T(s)$ 为1, 根据式(2)可知需要增大控制器 $C(s)$ 的增益。

[0054] 另外, 干扰影响最大的时候是仅以微小操舵来控制车辆的直行行驶时。在微小操舵时, 由于基础辅助曲线的死区, 由基础辅助控制部2求取的基础辅助扭矩大致为零, 因此控制器 $C(s)$ 的增益变小, 干扰灵敏度提高。然而, 在本实施方式中, 在直行行驶时, 通过扭矩微分补偿部4对基础辅助扭矩进行与操舵扭矩的变化量相应的补偿。

[0055] 具体而言, 扭矩微分补偿部4在微分补偿部41中进行随着频率变高而提高控制器 $C(s)$ 的增益的微分补偿。另外, 扭矩微分补偿部4通过在相位超前补偿部42中对想要降低干扰灵敏度的频率进行相位超前补偿而进一步提高控制器 $C(s)$ 的增益。由此, 对于具有图5所示的频率特性的从扭矩微分补偿部4输出的补偿信号, 随着频率变高而增益上升, 并且在频率 f_1 与频率 f_2 之间的频带内增益进一步上升, 因此针对基础辅助扭矩的补偿量的变化量增大。此时, 在进一步增大了增益的频率 f_1 与频率 f_2 之间的频带内, 通过相位超前补偿而使互补灵敏度函数 $T(s)$ 接近1, 由此能够降低干扰灵敏度。

[0056] 这样, 扭矩微分补偿部4通过调整进行相位超前补偿的频率, 能够使针对基础辅助扭矩的补偿量的变化量可变, 调整想要降低干扰灵敏度的频带。扭矩微分补偿部4优选在与悬架202的前后方向(在图3中为 x_1 方向和 x_2 方向)的固有频带对应的频带内进行相位超前补偿。即, 扭矩微分补偿部4使与悬架的前后方向的固有频带对应的频带内的补偿量的变化

量大于该频带以外的带域的补偿量的变化量。与固有频带对应的频带例如为15Hz~18Hz。由此,能够在与悬架202的前后方向的固有频带对应的频带内降低干扰灵敏度,能够对驾驶员提供舒适的驾驶。

[0057] 通过上述的扭矩微分补偿处理,如图5所示,关于从扭矩微分补偿部4输出的补偿信号L3、L13的频率特性,在频率f1与频率f2之间,能够使相位比仅进行了微分补偿部41的微分补偿的信号L1、L11超前且能够提高增益,并且能够使相位比仅进行了相位超前补偿部42的相位超前补偿的信号L2、L12超前且能够提高增益。

[0058] 另外,路面状况或轮胎牵引力的信息是应积极地传递的干扰力信息,主要包含在10Hz~15Hz内。因此,在干扰灵敏度设计中,要求设计为在10Hz以下时提高干扰灵敏度,另一方面,在15Hz以上时,驾驶员会感到过于敏感的操舵感,因此要求设计为干扰灵敏度随着频率的增加而变低。

[0059] <助力转向装置的实施方式>

[0060] 汽车等车辆一般具有助力转向装置。助力转向装置生成辅助扭矩,该辅助扭矩用于辅助因驾驶员操作转向盘而产生的转向系统的操舵扭矩。辅助扭矩由辅助扭矩机构生成,能够减轻驾驶员的操作的负担。例如,辅助扭矩机构由操舵扭矩传感器、ECU、电动马达以及减速机构等构成。操舵扭矩传感器检测转向系统中的操舵扭矩。ECU根据操舵扭矩传感器的检测信号来生成驱动信号。电动马达根据驱动信号来生成与操舵扭矩相应的辅助扭矩,并经由减速机构向转向系统传递辅助扭矩。

[0061] 上述实施方式的控制装置1适合用于助力转向装置。图6是示意性地示出本实施方式的电动助力转向装置2000的结构的图。

[0062] 电动助力转向装置2000具有转向系统520和辅助扭矩机构(助力转向机构)540。电动助力转向装置2000具有悬架202。

[0063] 转向系统520例如具有转向盘521、转向轴522(也称为“转向柱”)、万向联轴器523A、523B以及旋转轴524(也称为“小齿轮轴”或者“输入轴”)。

[0064] 另外,转向系统520例如具有齿条和齿轮机构525、齿条轴526、左右球窝接头552A、552B、横拉杆527A、527B、转向节528A、528B以及左右操舵车轮(例如左右前轮)529A、529B。

[0065] 转向盘521经由转向轴522和万向联轴器523A、523B而与旋转轴524连结。旋转轴524经由齿条和齿轮机构525而与齿条轴526连结。齿条和齿轮机构525具有设置于旋转轴524的小齿轮531和设置于齿条轴526的齿条532。在齿条轴526的右端依次经由球窝接头552A、横拉杆527A以及转向节528A而连结有右操舵车轮529A。与右侧同样地,在齿条轴526的左端依次经由球窝接头552B、横拉杆527B以及转向节528B而连结有左操舵车轮529B。这里,右侧和左侧分别与从坐在座位上的驾驶员观察到的右侧和左侧一致。

[0066] 根据转向系统520,通过驾驶员操作转向盘521而产生操舵扭矩,并经由齿条和齿轮机构525传递至左右操舵车轮529A、529B。由此,驾驶员能够操作左右操舵车轮529A、529B。

[0067] 辅助扭矩机构540例如具有操舵扭矩传感器541、ECU 542、电动马达543、减速机构544以及电力供给装置545。辅助扭矩机构540对从转向盘521至左右操舵车轮529A、529B的转向系统520赋予辅助扭矩。另外,辅助扭矩有时被称为“附加扭矩”。

[0068] 作为ECU 542,例如使用控制电路。图1的控制装置1例如作为微控制器而包含于

ECU 542。另外,作为电力供给装置545,例如使用逆变器。ECU 542、电动马达543以及电力供给装置545也可以构成一般被称为“机电一体型马达”的单元。

[0069] 由图6所示的各要素中的除了ECU 542、电动马达543以及电力供给装置545以外的要素构成的机构相当于由电动马达543驱动的助力转向机构的一例。

[0070] 操舵扭矩传感器541检测由转向盘521赋予的转向系统520的操舵扭矩。ECU 542根据来自操舵扭矩传感器541的检测信号(以下,记为“扭矩信号”)来生成用于驱动电动马达543的驱动信号。电动马达543根据驱动信号而产生与操舵扭矩相应的辅助扭矩。辅助扭矩经由减速机构544而传递至转向系统520的旋转轴524。减速机构544例如是蜗轮机构。辅助扭矩进一步从旋转轴524传递到齿条和齿轮机构525。

[0071] 助力转向装置2000根据辅助扭矩赋予到转向系统520的部位而分类为小齿轮辅助型、齿条辅助型以及柱辅助型等。在图6中示出了小齿轮辅助型的助力转向装置2000。但是,助力转向装置2000也适用于齿条辅助型、柱辅助型等。

[0072] 不仅能够向ECU 542输入扭矩信号,也能够输入例如车速信号。ECU 542的微控制器能够根据扭矩信号、车速信号等对电动马达543进行PWM控制。

[0073] ECU 542至少根据扭矩信号来设定目标电流值。优选为,ECU 542考虑由车速传感器检测到的车速信号,还考虑由角度传感器检测到的转子的旋转信号,来设定目标电流值。ECU 542能够按照使由电流传感器检测到的实际电流值与目标电流值一致的方式对电动马达543的驱动信号、即驱动电流进行控制。

[0074] 根据助力转向装置2000,能够利用驾驶员的操舵扭矩加上电动马达543的辅助扭矩而得到的复合扭矩,通过齿条轴526而对左右操舵车轮529A、529B进行操作。

[0075] 另外,在上述内容中,作为本发明的控制装置的使用方法的一例,列举了助力转向装置,但本发明的控制装置的使用方法不限于上述内容,能够在泵、压缩机等大范围内使用。

[0076] 这样,根据本实施方式,在与干扰的频率对应的频带中,根据操舵扭矩和车速,随着频率变高而增大辅助扭矩的补偿量并且使补偿量的变化量可变,由此能够抑制操舵感的不自然,并且能够降低干扰对操舵感的影响。特别是,能够补偿电动助力转向装置的转向操作辅助不工作的状态下的电动马达惯性的动态影响。

[0077] 上述的实施方式应被认为在所有方面均为例示而非限制性的内容。本发明的范围不是由上述的实施方式表示,而是由权利要求书表示的,意图包含与权利要求书等同的含义以及范围内的全部变更。

[0078] 标号说明

[0079] 1:控制装置;2:基础辅助控制部;3:稳定化补偿部;4:扭矩微分补偿部;5:加法器;6:电流控制运算部;41:微分补偿部;42:相位超前补偿部;43:微分增益车速校正部;100:助力辅助控制机构;201:扭杆;202:悬架。

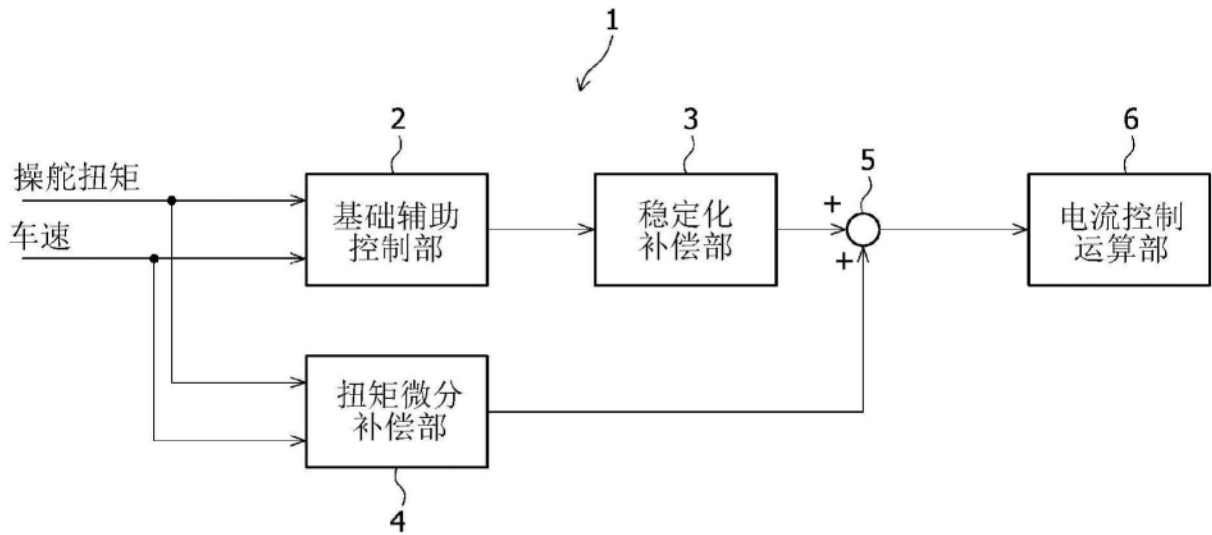


图1

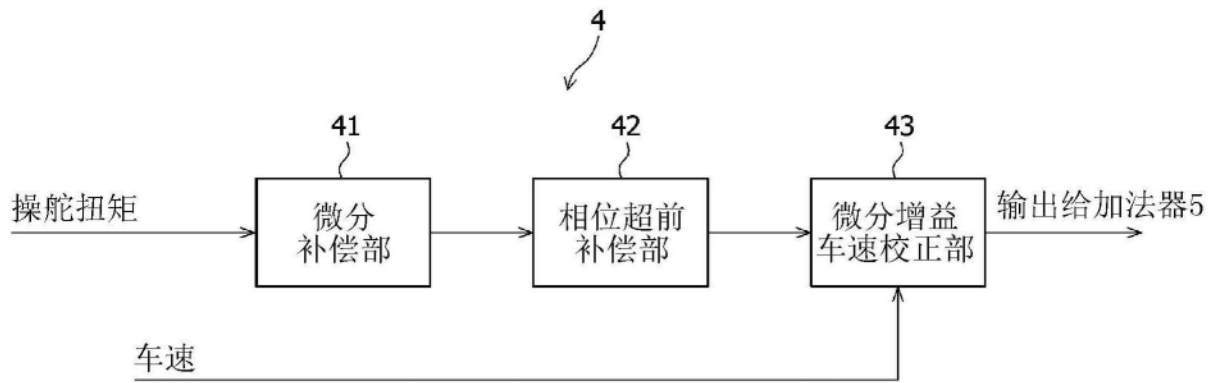


图2

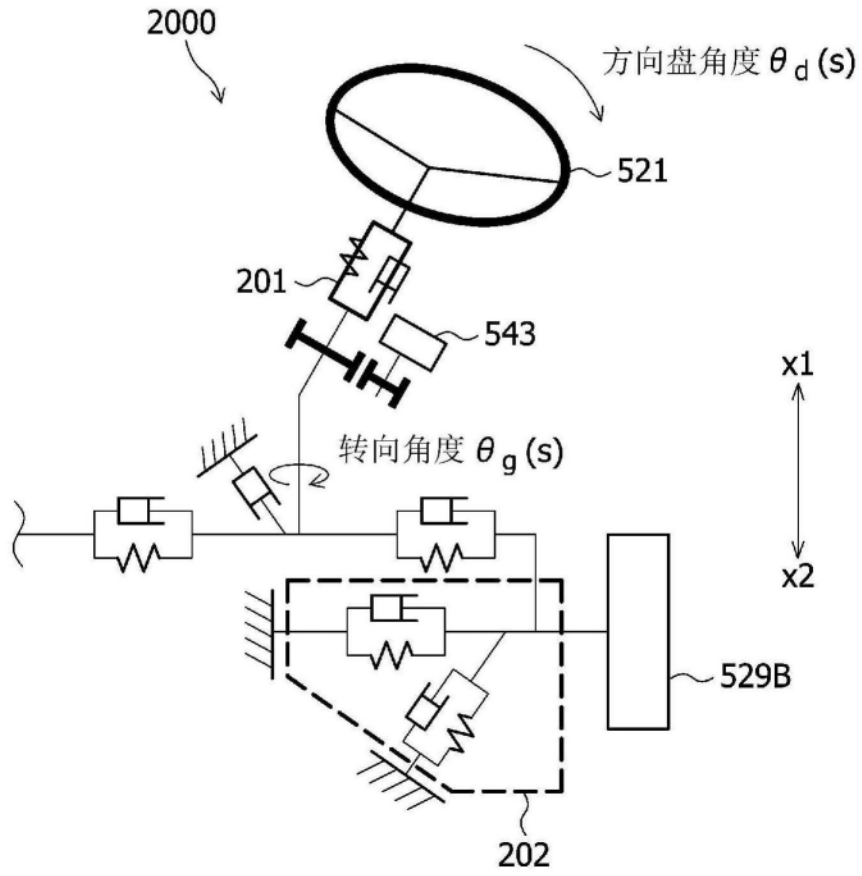


图3

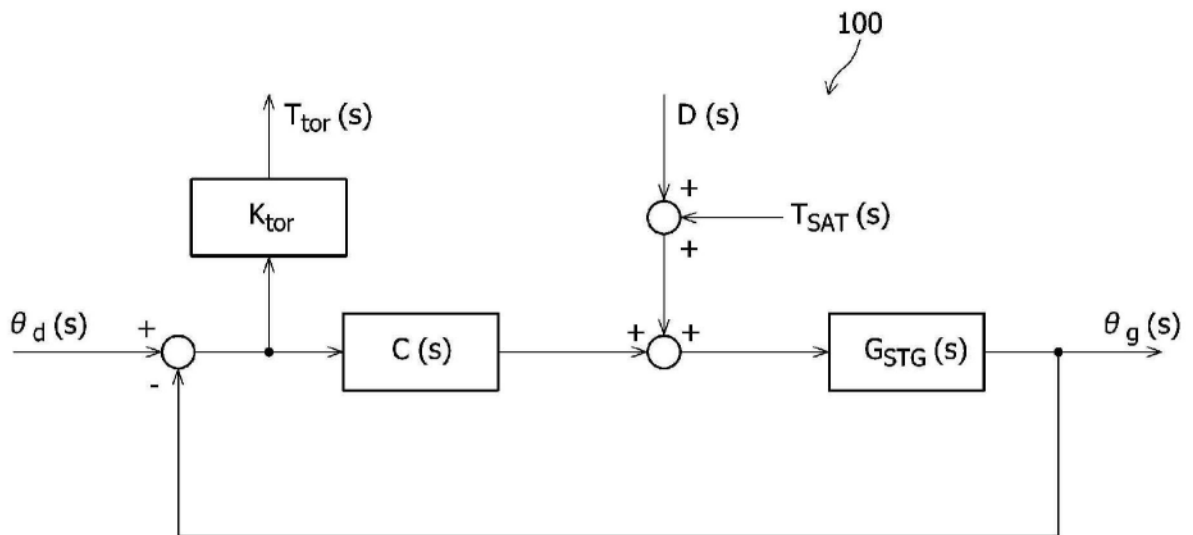


图4

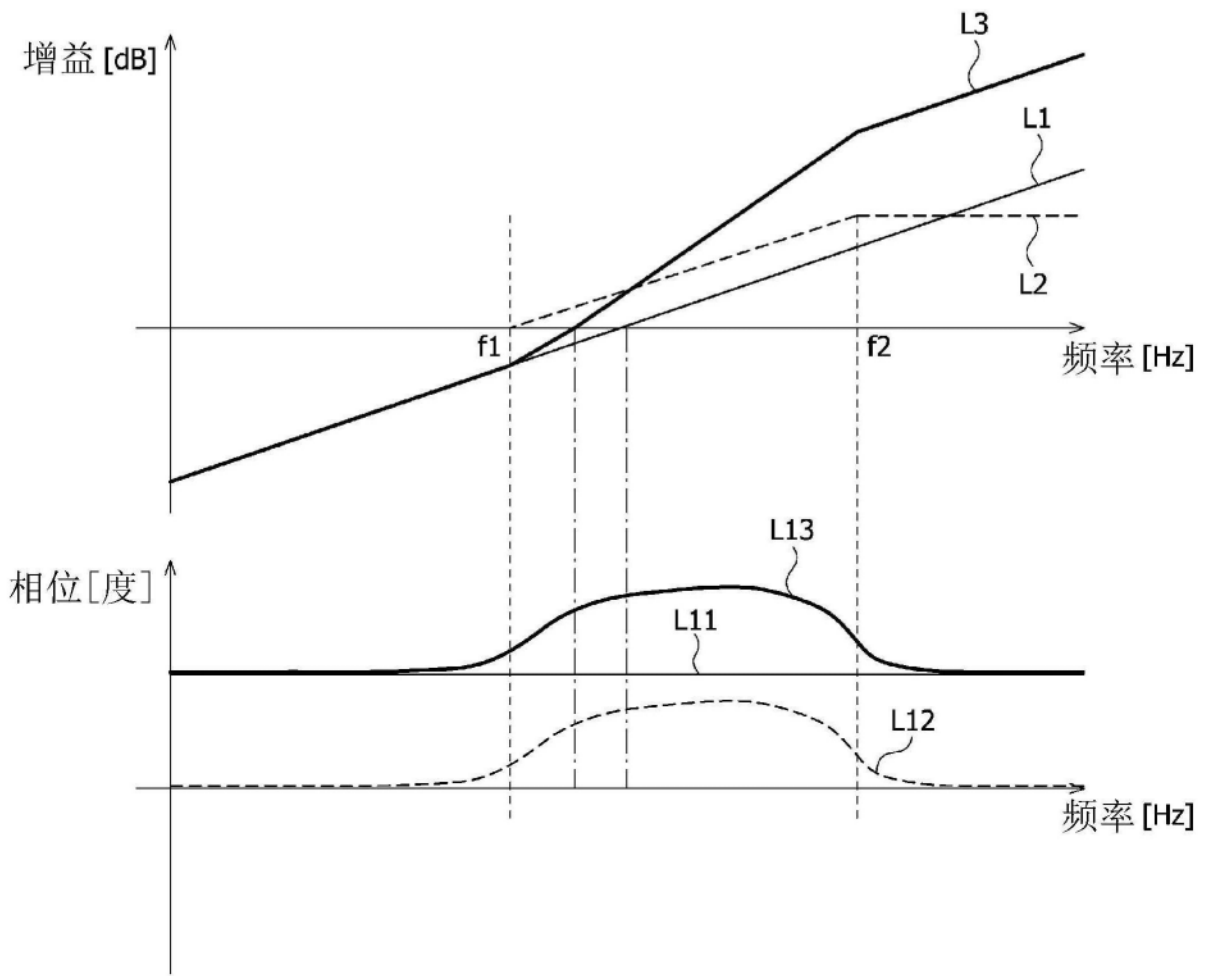


图5

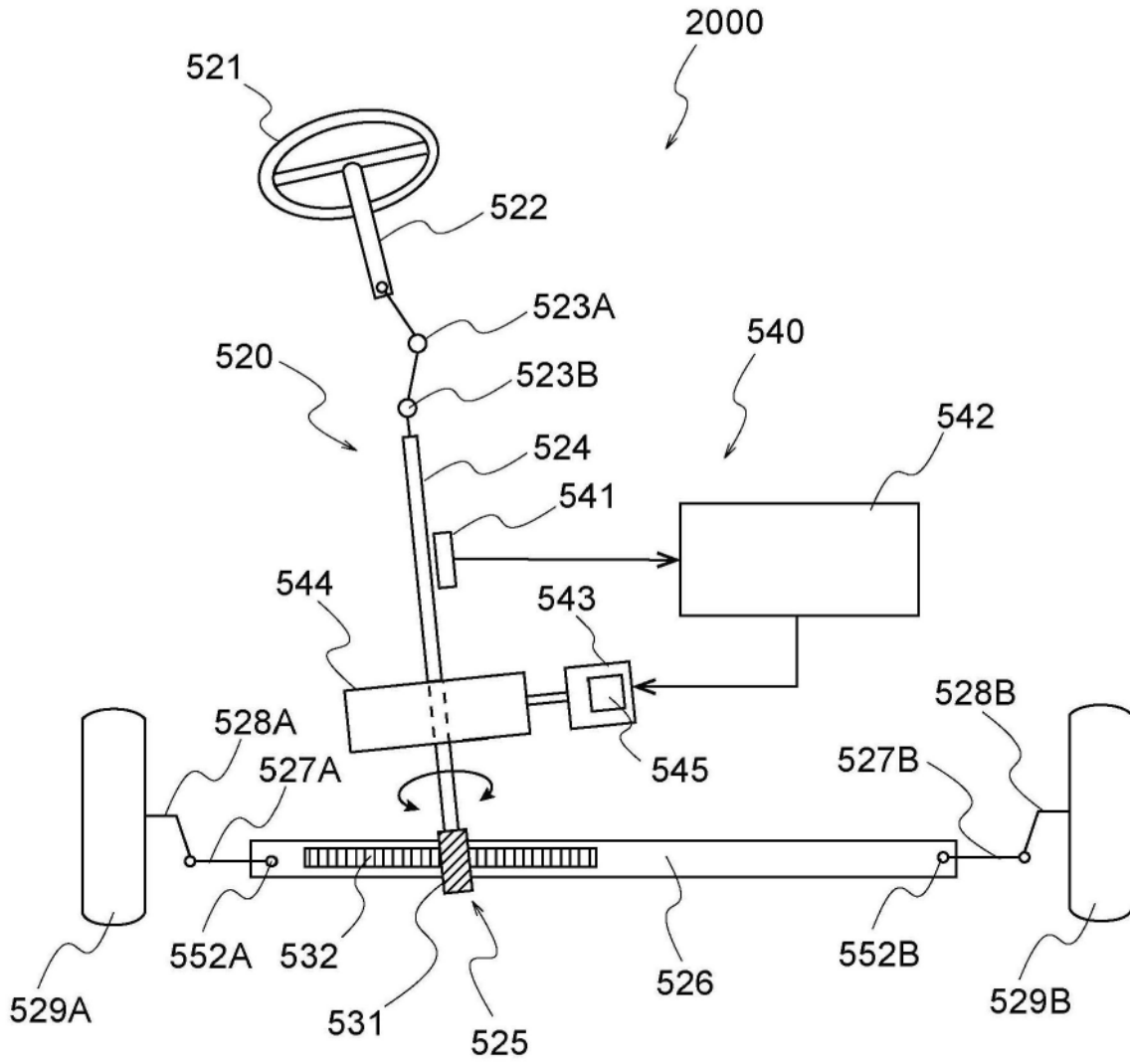


图6