



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 119731071 A

(43) 申请公布日 2025. 03. 28

(21) 申请号 202280099162.8

(22) 申请日 2022.08.31

(85) PCT国际申请进入国家阶段日
2025.02.14

(86) PCT国际申请的申请数据
PCT/JP2022/032754 2022.08.31

(87) PCT国际申请的公布数据
W02024/047788 JA 2024.03.07

(71) 申请人 株式会社捷太格特
地址 日本

(72) 发明人 位田祐基 玉泉晴天

(74) 专利代理机构 北京集佳知识产权代理有限公司 11227

专利代理师 王玮

(51) Int.Cl.

B62D 6/00 (2006.01)

B62D 5/04 (2006.01)

G05B 11/32 (2006.01)

G05B 11/36 (2006.01)

H02P 27/08 (2006.01)

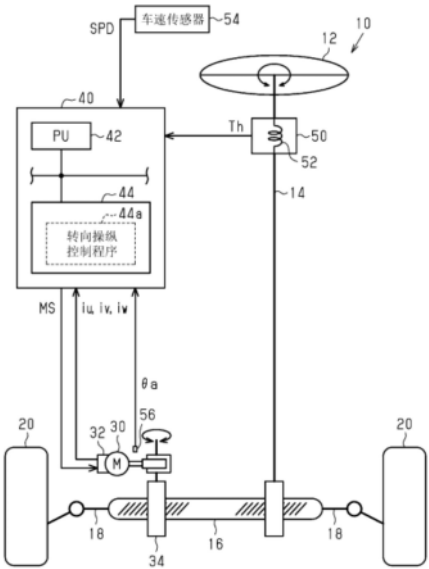
权利要求书2页 说明书10页 附图6页

(54) 发明名称

转向操纵控制装置、以及转向操纵控制方法

(57) 摘要

转向操纵控制装置(10)执行操作量计算处理、推断处理、修正处理以及操作处理。操作量计算处理是计算使用转向操纵转矩作为控制量且使用目标转向操纵转矩作为上述控制量的目标值的控制的操作量的处理。推断处理是使用标称模型以及滤波器来推断干扰转矩的处理。修正处理是根据由上述推断处理推断出的上述干扰转矩来修正上述操作量的处理。操作处理是以产生与由上述修正处理修正后的上述操作量对应的转矩的方式操作上述转向操纵装置的马达的处理。上述滤波器的传递函数的分母的多项式的次数比标称模型的传递函数的分母的多项式的次数大。



1. 一种转向操纵控制装置,其中,
其构成为执行操作量计算处理、推断处理、修正处理以及操作处理,
上述操作量计算处理是计算使用转向操纵转矩作为控制量且使用目标转向操纵转矩作为上述控制量的目标值的控制的操作量的处理,
上述转向操纵转矩是驾驶员向转向操纵装置输入的转矩,
上述目标转向操纵转矩是上述转向操纵转矩的目标值,
上述推断处理是使用标称模型以及滤波器来推断干扰转矩的处理,
上述修正处理是根据由上述推断处理推断出的上述干扰转矩,来修正上述操作量的处理,
上述操作处理是以产生与由上述修正处理修正后的上述操作量对应的转矩的方式,操作上述转向操纵装置的马达的处理,
上述滤波器的传递函数的分母的多项式的次数比上述标称模型的传递函数的分母的多项式的次数大。
2. 根据权利要求1所述的转向操纵控制装置,其中,
上述标称模型的传递函数的分母的多项式的次数是2次,
上述滤波器的传递函数的分母的多项式的次数是3次以上。
3. 根据权利要求2所述的转向操纵控制装置,其中,
上述滤波器的传递函数的分母的多项式的次数是3次。
4. 根据权利要求2所述的转向操纵控制装置,其中,
上述标称模型的传递函数的分母的多项式包含一次项和零次项。
5. 根据权利要求2所述的转向操纵控制装置,其中,
上述标称模型的传递函数的分母的多项式不包含一次项。
6. 根据权利要求1所述的转向操纵控制装置,其中,
上述操作量计算处理包含开环操作量计算处理,
上述开环操作量计算处理是通过向上述标称模型的逆模型输入上述目标转向操纵转矩,来计算开环操作量的处理,
上述开环操作量是使用上述转向操纵转矩作为上述控制量且使用上述目标转向操纵转矩作为上述控制量的目标值的开环控制的操作量。
7. 根据权利要求1所述的转向操纵控制装置,其中,
上述操作量计算处理包含反馈操作量计算处理,
上述反馈操作量计算处理是计算反馈操作量的处理,
上述反馈操作量是使用上述转向操纵转矩作为上述控制量且使用上述目标转向操纵转矩作为上述控制量的目标值的反馈控制的操作量。
8. 根据权利要求1所述的转向操纵控制装置,其中,
上述马达是使车辆的转向轮转向的马达。
9. 根据权利要求1所述的转向操纵控制装置,其中,
上述马达是在车辆的转向轮与上述转向操纵转矩的输入部之间的动力传递的切断状态下,向上述输入部施加转矩的马达。
10. 一种转向操纵控制方法,具有执行操作量计算处理、推断处理、修正处理以及操作

处理的工序，

上述操作量计算处理是计算使用转向操纵转矩作为控制量且使用目标转向操纵转矩作为上述控制量的目标值的控制的操作量的处理，

上述转向操纵转矩是驾驶员向转向操纵装置输入的转矩，

上述目标转向操纵转矩是上述转向操纵转矩的目标值，

上述推断处理是使用标称模型以及滤波器来推断干扰转矩的处理，

上述修正处理是根据由上述推断处理推断出的上述干扰转矩，来修正上述操作量的处理，

上述操作处理是以产生与由上述修正处理修正后的上述操作量对应的转矩的方式，操作上述转向操纵装置的马达的处理，

上述滤波器的传递函数的分母的多项式的次数比上述标称模型的传递函数的分母的多项式的次数大。

转向操纵控制装置、以及转向操纵控制方法

技术领域

[0001] 本发明涉及转向操纵控制装置以及转向操纵控制方法。

背景技术

[0002] 例如,在下述专利文献1中记载有根据使用转向操纵转矩作为控制量且使用转向操纵转矩的目标值作为控制量的目标值的反馈控制的操作量,操作使转向轮转向的马达的装置。详细而言,反馈控制的操作量根据比例构件的输出值、微分构件的输出值以及积分构件的输出值来计算。

[0003] 专利文献1:日本特开2004-203089号公报

[0004] 然而,在为了满足提高上述反馈控制的响应性等的要求构件,进行反馈增益的设定等的情况下,存在使反馈控制的参数的值符合上述要求构件的工时变得过大的担忧。

发明内容

[0005] 在本发明的一个实施方式中,提供一种转向操纵控制装置。转向操纵控制装置其构成为执行操作量计算处理、推断处理、修正处理以及操作处理,上述操作量计算处理是计算使用转向操纵转矩作为控制量且使用目标转向操纵转矩作为上述控制量的目标值的控制的操作量的处理,上述转向操纵转矩是驾驶员向转向操纵装置输入的转矩,上述目标转向操纵转矩是上述转向操纵转矩的目标值,上述推断处理是使用标称模型以及滤波器来推断干扰转矩的处理,上述修正处理是根据由上述推断处理推断出的上述干扰转矩,来修正上述操作量的处理,上述操作处理是以产生与由上述修正处理修正后的上述操作量对应的转矩的方式,操作上述转向操纵装置的马达的处理,上述滤波器的传递函数的分母的多项式的次数比上述标称模型的传递函数的分母的多项式的次数大。

[0006] 在本发明的其它实施方式中,提供一种转向操纵控制方法。转向操纵控制方法具有:执行操作量计算处理、推断处理、修正处理以及操作处理的工序,上述操作量计算处理是计算使用转向操纵转矩作为控制量且使用目标转向操纵转矩作为上述控制量的目标值的控制的操作量的处理,上述转向操纵转矩是驾驶员向转向操纵装置输入的转矩,上述目标转向操纵转矩是上述转向操纵转矩的目标值,上述推断处理是使用标称模型以及滤波器来推断干扰转矩的处理,上述修正处理是根据由上述推断处理推断出的上述干扰转矩,来修正上述操作量的处理,上述操作处理是以产生与由上述修正处理修正后的上述操作量对应的转矩的方式,操作上述转向操纵装置的马达的处理,上述滤波器的传递函数的分母的多项式的次数比上述标称模型的传递函数的分母的多项式的次数大。

附图说明

[0007] 图1是表示第一实施方式的转向操纵控制装置以及转向操纵装置的结构图。

[0008] 图2是表示图1的转向操纵控制装置执行的处理的框图。

[0009] 图3是表示图2中的滤波器的特性和比较例的滤波器的特性的图。

- [0010] 图4是表示第二实施方式的转向操纵控制装置执行的处理的框图。
- [0011] 图5是表示第三实施方式的转向操纵控制装置以及转向操纵装置的结构图。
- [0012] 图6是表示图5的转向操纵控制装置执行的处理的框图。

具体实施方式

[0013] <第一实施方式>

[0014] 以下,参照附图来说明第一实施方式。

[0015] “前提结构”

[0016] 如图1所示,转向操纵装置10具备方向盘12。方向盘12是传递驾驶员的转向操纵的意思的机构。方向盘12联结有传递轴14。因此,若方向盘12旋转则传递轴14一体旋转。传递轴14的旋转动力被向转向轴16传递。转向轴16沿着车宽方向(图1中的左右方向)延伸。在转向轴16的两端经由转向横拉杆18联结有转向轮20。

[0017] 传递轴14设置为与转向轴16相交。在传递轴14以及转向轴16形成有被相互啮合的齿。而且,通过上述齿彼此被啮合,能够使动力从传递轴14向转向轴16传递。即、传递轴14的旋转动力被转换为转向轴16的向轴向的位移动力。转向轴16的向轴向的位移经由转向横拉杆18被向转向轮20传递。由此,转向轮20的转向角被改变。此外,转向角是轮胎的转动角度。

[0018] 另外,转向操纵装置10具备辅助马达30。辅助马达30生成用于辅助驾驶员的转向操纵的力亦即辅助力。辅助马达30的旋转动力被施加给驱动轴34。在驱动轴34以及转向轴16形成有被相互啮合的齿。而且,通过上述齿彼此被啮合,能够进行从驱动轴34向转向轴16的动力的传递。即、驱动轴34的旋转动力被转换为转向轴16的向轴向的位移动力。由此,辅助马达30的旋转动力经由驱动轴34被转换为转向轴16的向轴向的位移动力。详细而言,辅助马达30作为一个例子,是三相无刷马达。此外,对辅助马达30的端子施加逆变器32的输出电压。

[0019] 转向操纵控制装置40控制作为控制对象的转向操纵装置10的控制量。转向操纵控制装置40为了对控制量进行控制,参照向方向盘12输入的转向操纵转矩 T_h 。转向操纵转矩 T_h 被转矩传感器50检测。转矩传感器50是根据传递轴14的一部分亦即扭杆52的扭转程度来检测转向操纵转矩 T_h 的传感器。另外,转向操纵控制装置40参照由车速传感器54检测的车速SPD。另外,转向操纵控制装置40参照由旋转角传感器56检测的辅助马达30的旋转角度 θ_a 。另外,转向操纵控制装置40参照在辅助马达30中流动的电流 i_u 、 i_v 、 i_w 。

[0020] 转向操纵控制装置40具备PU42以及存储装置44。PU42是CPU、GPU以及TPU等软件处理装置。存储装置44具备可电擦写的非易失性存储器以及磁盘介质等存储介质。在存储装置44存储有转向操纵控制程序44a。转向操纵控制装置40通过PU42执行存储在存储装置44的转向操纵控制程序44a来控制控制量。

[0021] “转向操纵控制装置40执行的处理”

[0022] 在图2中示出转向操纵控制装置40执行的处理。图2所示的处理通过PU42例如以规定周期执行转向操纵控制程序44a而被实现。

[0023] 目标转向操纵转矩计算处理M10是基于轴向力 F_a ,来计算转向操纵转矩 T_h 的目标值亦即目标转向操纵转矩 T_h^* 的处理。轴向力 F_a 是对转向轴16施加的力。但是,轴向力 F_a 是被换算为传递轴14的转矩的量。此外,目标转向操纵转矩计算处理M10包含即使轴向力 F_a 相

同,也根据车速SPD将目标转向操纵转矩 Th^* 设定为不同的值的处理。这是旨在使驾驶员感受与车速SPD对应的最佳转向操纵感的设定。

[0024] 开环操作量计算处理M12是计算开环操作量Mff的处理。开环操作量Mff是使用转向操纵转矩 Th 作为控制量且使用目标转向操纵转矩 Th^* 作为控制量的目标值的开环控制的操作量。开环操作量计算处理M12是通过输入目标转向操纵转矩 Th^* ,来计算开环操作量Mff的处理。开环操作量计算处理M12基于标称模型Pn的逆模型,来计算开环操作量Mff。标称模型Pn是将辅助马达30的转矩亦即辅助转矩 Ta 用作输入且输出转向操纵转矩 Th 的推断值亦即推断转向操纵转矩 The 的模型。这里,辅助转矩 Ta 是被换算为传递轴14的转矩的值。逆模型是将推断转向操纵转矩 The 用作输入且输出辅助转矩 Ta 的模型。此外,关于标称模型Pn将在后详述。

[0025] 偏差计算处理M14是计算从转向操纵转矩 Th 减去目标转向操纵转矩 Th^* 而得到的值亦即偏差的处理。

[0026] 反馈操作量计算处理M16是将偏差用作输入,计算反馈操作量Mfb的处理。反馈操作量Mfb是使用转向操纵转矩 Th 作为控制量且使用目标转向操纵转矩 Th^* 作为控制量的目标值的反馈控制的操作量。反馈操作量Mfb是将偏差用作输入的比例构件的输出值、与将偏差用作输入的微分构件的输出值之和。此外,反馈操作量Mfb是被换算为传递轴14的转矩的值。详细而言,反馈操作量计算处理M16包含根据车速SPD来改变比例构件的增益以及微分构件的增益这两个中的至少一个的处理。

[0027] 转矩指令值计算处理M20是将开环操作量Mff、反馈操作量Mfb以及推断第二干扰转矩 de 用作输入,来计算辅助转矩 Ta 的处理。在转矩指令值计算处理M20中,将通过从开环操作量Mff和反馈操作量Mfb之和减去推断第二干扰转矩 de 而得到的值代入辅助转矩 Ta 。

[0028] 辅助转矩 Ta 被输入到轴向力计算处理M22。轴向力计算处理M22是将辅助转矩 Ta 和转向操纵转矩 Th 之和代入轴向力 Fa 的处理。

[0029] 辅助转矩 Ta 被向扰动观测器M30输入。扰动观测器M30包含转向操纵转矩推断处理M32、第一干扰计算处理M34以及第二干扰计算处理M36。

[0030] 转向操纵转矩推断处理M32是通过向标称模型Pn输入辅助转矩 Ta ,而输出推断转向操纵转矩 The 的处理。推断转向操纵转矩 The 是标称模型Pn假定的转向操纵转矩。

[0031] 第一干扰计算处理M34是计算推断第一干扰转矩 dhe 的处理。推断第一干扰转矩 dhe 是实际的控制对象的转向操纵转矩 Th 中的干扰成分。推断第一干扰转矩 dhe 是实际的转矩相对于从标称模型Pn推断的转矩的差。换言之,推断第一干扰转矩 dhe 是标称模型Pn假定的转向操纵转矩与实际的转向操纵转矩 Th 之差。详细而言,第一干扰计算处理M34是将通过从转向操纵转矩 Th 减去推断转向操纵转矩 The 而得到的值代入推断第一干扰转矩 dhe 的处理。

[0032] 第二干扰计算处理M36是将推断第一干扰转矩 dhe 作为输入,来计算推断第二干扰转矩 de 的处理。推断第二干扰转矩 de 是被换算为辅助马达30的转矩的干扰转矩。第二干扰计算处理M36是使用标称模型Pn的逆模型和滤波器 Hd ,来计算推断第二干扰转矩 de 的处理。

[0033] 滤波器 Hd 为了减少由标称模型Pn所含的微分运算引起的噪声而设置。在本实施方式中,滤波器 Hd 作为一个例子,是三阶低通滤波器。

[0034] 如上所述,辅助转矩 Ta 是通过从开环操作量Mff与反馈操作量Mfb之和减去推断第

二干扰转矩 d_e 而得到的值。另一方面,推断第二干扰转矩 d_e 是通过将标称模型 P_n 假定的转向操纵转矩与实际的转向操纵转矩 T_h 之差、换算为辅助马达30的转矩而得到的量。这是指推断第二干扰转矩 d_e 是与标称模型 P_n 假定的转向操纵转矩与实际的转向操纵转矩 T_h 之差对应的量。因此,辅助转矩 T_a 是通过根据标称模型 P_n 假定的转向操纵转矩与实际的转向操纵转矩 T_h 之差所对应的修正量来修正开环操作量 M_{ff} 与反馈操作量 M_{fb} 之和而得到的量。

[0035] 操作信号生成处理M40是通过输入辅助转矩 T_a 来操作逆变器32的处理。详细而言,操作信号生成处理M40是计算使用辅助马达30的转矩作为控制量且使用将辅助转矩 T_a 作为控制量的目标值换算为辅助马达30的转矩后的值的操作量的处理。另外,操作信号生成处理M40包含以得到相同操作量的方式操作逆变器32的处理。操作量例如也可以是逆变器32的开关元件的截止操作时间相对于其导通/截止操作的一个周期的时比率。在图2中记载了针对逆变器32的操作信号 MS 。但是,实际上操作信号 MS 是针对逆变器32的各开关元件的单独的操作信号。

[0036] “标称模型 P_n ”

[0037] 转向操纵转矩 T_h 在使用惯性系数 J_h 、粘性系数 C_h 以及转向操纵角 θ_h 时,由以下的式(c1)来表现。此外,惯性系数 J_h 表示传递轴14中的比扭杆52更接近方向盘12的部分亦即第一部分的惯性。另外,粘性系数 C_h 表示传递轴14的第一部分的粘性。另外,转向操纵角 θ_h 是方向盘12的旋转角度。

[0038] $-T_h = (J_h \cdot s \cdot s + C_h \cdot s) \cdot \theta_h \cdots (c1)$

[0039] 另一方面,在使用旋转角度 θ_1 以及扭杆52的扭转刚性系数 K_{tb} 时,以下的式(c2)成立。此外,旋转角度 θ_1 是传递轴14中的比扭杆52更远离方向盘12的部分亦即第二部分的旋转角度。

[0040] $T_h = K_{tb} \cdot (\theta_h - \theta_1) \cdots (c2)$

[0041] 另外,在使用惯性系数 J 、粘性系数 C 以及弹性系数 K 时,在旋转角度 θ_1 、与辅助转矩 T_a 以及转向操纵转矩 T_h 之间,以下的式(c3)成立。惯性系数 J 表示传递轴14的第二部分的惯性。另外,粘性系数 C 表示传递轴14的第二部分的粘性。另外,弹性系数 K 表示传递轴14的第二部分的弹性。此外,粘性系数 C 以及弹性系数 K 实际上反映了转向轴16、转向横拉杆18以及转向轮20等对传递轴14造成的影响。

[0042] $T_h + T_a = (J \cdot s \cdot s + C \cdot s + K) \cdot \theta_1 \cdots (c3)$

[0043] 这里,若以转向操纵角 θ_h 成为零的方式输入转向操纵转矩 T_h ,则转向操纵角 θ_h 总是零。在将转向操纵角 θ_h 设为零并基于上述的式(c1) ~ (c3) 计算从辅助转矩 T_a 到转向操纵转矩 T_h 的传递函数时,能够得到以下的式(c4)。

[0044] $T_h / T_a = (-K_{tb}) / \{J \cdot s \cdot s + C \cdot s + K + K_{tb}\} \cdots (c4)$

[0045] 此外,在上述的式(c4)中,使用了微分算子 s 。上述的式(c4)是标称模型 P_n 。此外,上述的式(c4)即使在上述的式(c1) ~ (c3)中,如以下那样改读“ θ_h ”以及“ θ_1 ”也成立。

[0046] θ_h :传递轴14的第一部分的旋转角度相对于方向盘12的旋转角度的相位差。其总是零。

[0047] θ_1 :传递轴14的第二部分的旋转角度相对于方向盘12的旋转角度的相位差。

[0048] 因此,上述的式(c4)相对于任意转向操纵角 θ_h 都成立。

[0049] “关于滤波器 H_d ”

[0050] 在本实施方式中,在滤波器的传递函数中,分母的多项式的次数是3次,分子的多项式的次数是0次。详细而言,滤波器的传递函数是“ $\omega/(s+\omega)$ ”的立方。这里,对滤波器的传递函数使用截止频率 ω 和微分算子 s 。此外,多项式的次数是微分算子的最高次的次数。此外,以下,单项式被视为除了一项之外全部为零的多项式。

[0051] 滤波器的传递函数的上述设定是旨在使高频噪声有效地衰减的设定。

[0052] 即、滤波器Hd的旨在抑制由标称模型Pn的逆模型所含的微分构件产生的高频噪声。这里,标称模型Pn的传递函数的分母的多项式是二次的,所以只要将滤波器Hd的传递函数的分母的多项式设为二次,就能够抑制由微分构件引起的影响。

[0053] 但是,如图3所示,若与二阶滤波器比较,则三阶滤波器能够使高频区域的信号比截止频率 ω 进一步衰减。因此,在本实施方式中,采用三阶滤波器。此外,图3中的比较例的二阶滤波器的传递函数是“ $\omega/(s+\omega)$ ”的平方。

[0054] <本实施方式的作用以及效果>

[0055] PU42将转向操纵转矩Th与推断转向操纵转矩The之差亦即推断第一干扰转矩dhe用作输入,来计算推断第二干扰转矩de。推断第二干扰转矩de表示传递轴14的第二部分的转矩的干扰构件。即、表示转换为使转向轴16移位的力的转矩中的干扰构件。

[0056] PU42将通过由推断第二干扰转矩de修正开环操作量Mff以及反馈操作量Mfb而得到的值用作辅助转矩Ta。而且,PU42以辅助马达30的转矩与辅助转矩Ta接近的方式,来操作逆变器32。由此,能够执行对标称模型Pn与实际的控制对象的误差等亦即干扰构件进行补偿并且作为控制量的目标值使用目标转向操纵转矩Th*的控制。换言之,能够通过扰动观测器M30,对标称模型Pn相对于实际的控制对象的误差进行补偿并且执行使用目标转向操纵转矩Th*作为控制量的目标值的控制。

[0057] 这样,误差等效值被立即补偿,所以能够提高转向操纵转矩Th相对于目标转向操纵转矩Th*的响应性。

[0058] 另外,与不使用扰动观测器M30而根据实际的控制对象来设计控制器的情况相比,能够减少控制器的设计所需的工时。

[0059] 并且,将第二干扰计算处理M36设为标称模型Pn的逆模型和滤波器Hd的合成处理。而且,将滤波器Hd的传递函数的分母的多项式设为三次。由此,与将滤波器Hd的传递函数的分母的多项式设为二次的情况相比,能够提高高频噪声的衰减效果。

[0060] 根据以上说明的本实施方式,还实现以下的作用以及效果。

[0061] 在(1-1)图2所示的处理中,在将实际的控制对象设为实际设备P时,从辅助转矩Ta到转向操纵转矩Th的传递函数如以下所示。

[0062] $1/\{(1-Hd)/P+Hd/Pn\}$

[0063] 这里,在比截止频率 ω 低的低频区域中,如图3所示,滤波器Hd的增益接近于“1”。因此,从辅助转矩Ta到转向操纵转矩Th的传递函数与标称模型Pn本身近似。

[0064] 另一方面,PU42通过将目标转向操纵转矩Th*向标称模型Pn的逆模型输入,来计算开环操作量Mff。因此,从目标转向操纵转矩Th*到转向操纵转矩Th的传递函数近似“1”。换言之,将开环操作量计算处理M12的输入用作输入且包含扰动观测器M30以及实际设备P并且输出转向操纵转矩Th的传递函数近似“1”。因此,能够使从作为输入的目标转向操纵转矩Th*到作为输出的转向操纵转矩Th线性化。

[0065] (1-2) 辅助转矩 T_a 包含反馈操作量 M_{fb} 。由此,能够通过反馈操作量 M_{fb} 来补偿指定第二干扰转矩 d_e 的误差等效值。因此,能够更高精度地使转向操纵转矩 T_h 与目标转向操纵转矩 T_h^* 近似。

[0066] (1-3) 不仅包含惯性系数 J 还包含粘性系数 C 、弹性系数 K 以及扭转刚性系数 K_{tb} 来构成标称模型 P_n 。由此,能够将标称模型 P_n 设为高精度地近似实际的控制对象的模型。

[0067] <第二实施方式>

[0068] 以下,参照附图以与第一实施方的不同点为中心来说明第二实施方式。

[0069] 在本实施方式中,简化标称模型 P_n 。

[0070] 在图4中示出本实施方式的转向操纵控制装置40执行的处理。在图4所示的处理中,方便起见,对与图2所示的处理对应的处理标注相同的附图标记。

[0071] 如图4的转向操纵转矩推断处理M32a所示,在本实施方式中,标称模型 P_n 由以下的式(c5)表示。

[0072] $(-K_{tb}) / \{J \cdot s \cdot s\} \cdots (c5)$

[0073] 即、标称模型 P_n 不具有粘性系数 C 以及弹性系数 K 的项。这里,粘性系数 C 以及弹性系数 K 需要实际根据车辆来估计并决定。与此相对,惯性系数 J 大致通过辅助马达30的惯性、和转向操纵装置10中的传递轴14的旋转速度与辅助马达30的旋转速度之比亦即衰减比来决定。另外,扭转刚性系数 K_{tb} 由转矩传感器50的扭杆52的特性来决定。因此,通过从标称模型 P_n 省略粘性系数 C 以及弹性系数 K 的项,能够减少标称模型 P_n 的设计所花的工时。

[0074] <第三实施方式>

[0075] 以下,参照附图并以与第一实施方式的不同点为中心来说明第三实施方式。

[0076] “前提结构”

[0077] 在图5中示出本实施方式的转向操纵控制系统的结构。此外,在图5中,方便起见,对与图1所示的部件对应的部件标注相同的附图标记。

[0078] 如图5所示,在转向操纵装置10中,传递轴14被分离为与方向盘12连结的输入轴14a、以及转向轴16卡合的输出轴14b。此外,在本实施方式中,实际上不需要输出轴14b。但是,为了便于下述的说明,设置了输出轴14b。

[0079] 在输入轴14a设置有反作用力马达70。反作用力马达70是用于对方向盘12施加与驾驶员输入的转矩相反的方向的转矩亦即反作用力的马达。作为一个例子,反作用力马达70是三相无刷马达。此外,对反作用力马达70的端子施加逆变器72的输出电压。

[0080] 经由驱动轴34将转向马达80的转矩向转向轴16施加。作为一个例子,转向马达80是三相无刷马达。此外,对转向马达80的端子施加逆变器82的输出电压。

[0081] 转向操纵控制装置40将转向操纵装置10作为控制对象。转向操纵控制装置40为了对控制对象的控制量亦即反作用力进行控制,而操作逆变器72。另外,转向操纵控制装置40为了对控制对象的控制量亦即转向轮20的转向角进行控制,而操作逆变器82。

[0082] 转向操纵控制装置40为了进行控制量亦即反作用力的控制,参照由旋转角传感器90检测的、反作用力马达70的旋转角度 θ_s 。另外,转向操纵控制装置40为了进行反作用力的控制,参照流向反作用力马达70的电流 i_{us} 、 i_{vs} 、 i_{ws} 。另外,转向操纵控制装置40为了对控制量亦即转向角进行控制,参照由旋转角传感器92检测的转向马达80的旋转角度 θ_t 。另外,转向操纵控制装置40为了控制转向角,参照在转向马达80中流动的电流 i_{ut} 、 i_{vt} 、 i_{wt} 。

[0083] “转向操纵控制装置40执行的处理”

[0084] 在图6中示出转向操纵控制装置40执行的处理。换言之,图6示出方向盘12的动力向转向轮20的传递被切断的状态下转向操纵控制装置40执行的处理。此外,在图6中,方便起见,对与图2所示的处理对应的处理标注相同的附图标记。

[0085] 如图6所示,偏差计算处理M14是计算通过从目标转向操纵转矩 Th^* 减去转向操纵转矩 Th 而得到的值的处理。转矩指令值计算处理M20是输出反作用力指令值 Tr^* 的处理。转矩指令值计算处理M20是将通过从开环操作量 Mff 和反馈操作量 Mfb 之和减去推断第二干扰转矩 de 而得到的值代入反作用力指令值 Tr^* 的处理。反作用力指令值 Tr^* 是对方向盘12施加的反作用力转矩的指令值。反作用力指令值 Tr^* 被换算为传递轴14的角度。

[0086] 转向操纵用操作信号生成处理M40a是通过输入反作用力指令值 Tr^* ,来操作逆变器72的处理。详细而言,转向操纵用操作信号生成处理M40a包含计算使用反作用力马达70的转矩作为控制量且使用将反作用力指令值 Tr^* 作为控制量的目标值换算为反作用力马达70的转矩后的值的控制的操作量的处理。操作量的计算参照旋转角度 θ_s 以及电流 i_{us} 、 i_{vs} 、 i_{ws} 。另外,转向操纵用操作信号生成处理M40a包含根据该操作量来操作逆变器72的处理。在图5中记载了逆变器72的操作信号 MSs 。此外,实际上操作信号 MSs 是针对逆变器72的各开关元件的单独的操作信号。

[0087] 目标角度计算处理M50是计算驱动轴34的旋转角度的目标值亦即目标角度 θ_p^* 的处理。驱动轴34的旋转角度具有与转向角一对一的对应关系。目标角度计算处理M50例如也可以是使用转向操纵装置10的模型并根据反作用力指令值 Tr^* 来计算目标角度 θ_p^* 的处理。在该模型中,例如也可以在假设了将输入轴14a和输出轴14b机械地连结的情况下,将反作用力指令值 Tr^* 视为施加给传递轴14的转矩。

[0088] 角度控制处理M52是计算用于将驱动轴34的旋转角度控制为目标角度 θ_p^* 的操作量的处理。该操作量是针对转向马达80的转矩的指令值亦即转向转矩指令值 Tt^* 。

[0089] 转向用操作信号生成处理M54是通过输入转向转矩指令值 Tt^* 来操作逆变器82的处理。转向用操作信号生成处理M54包含计算使用转向马达80的转矩作为控制量且使用将转向转矩指令值 Tt^* 作为控制量的目标值换算为转向马达80的转矩后的值的控制的操作量的处理。操作量的计算参照旋转角度 θ_t 以及电流 i_{ut} 、 i_{vt} 、 i_{wt} 。另外,转向用操作信号生成处理M54包含根据该操作量来操作逆变器82的处理。在图5中记载了逆变器82的操作信号 MS_t 。此外,实际上操作信号 MS_t 是针对逆变器82的各开关元件的单独的操作信号。

[0090] <其它实施方式>

[0091] 此外,上述各实施方式能够如以下那样改变来实施。上述各实施方式以及以下的变更例在技术上不矛盾的范围,能够相互组合来实施。

[0092] “关于目标转向操纵转矩计算处理M10”

[0093] 目标转向操纵转矩计算处理M10基于轴向力 F_a 来计算目标转向操纵转矩 Th^* 并不是必须的。例如,目标转向操纵转矩计算处理M10也可以是将转向操纵转矩 Th 和辅助转矩 T_a 用作输入,来计算目标转向操纵转矩 Th^* 的处理。

[0094] 目标转向操纵转矩计算处理M10将车速 SPD 用作输入并不是必须的。

[0095] 作为对目标转向操纵转矩计算处理M10的输入并不限于上述情况。例如,也可以将相互不同的取样时刻的转向操纵角的两个以上的取样值向目标转向操纵转矩计算处理M10

输入。在该情况下,根据该输入,能够实现方向盘12的打轮时以及回轮时的识别处理。因此,例如也可以在打轮时,与回轮时相比将目标转向操纵转矩 Th^* 的绝对值设定为更大的值。

[0096] “关于开环操作量计算处理”

[0097] 作为开环操作量计算处理M12并不限于将目标转向操纵转矩 Th^* 用作输入的处理。例如,开环操作量计算处理M12也可以是将轴向力 Fa 用作输入的处理。在该情况下,开环操作量计算处理M12的传递函数只要是根据轴向力 Fa 计算目标转向操纵转矩 Th^* 的传递函数、与标称模型 Pn 的逆模型的乘积即可。

[0098] “关于反馈操作量计算处理”

[0099] 反馈操作量 Mfb 并不必须是将偏差用作输入的比例构件的输出值、和将偏差用作输入的微分构件的输出值之和。例如,反馈操作量 Mfb 也可以是将偏差用作输入的比例构件的输出值、将偏差用作输入的微分构件的输出值、以及将与偏差对应的值用作输入的积分构件的输出值之和。而且,例如反馈操作量 Mfb 也可以是将偏差用作输入的比例构件的输出值、和将与偏差对应的值用作输入的积分构件的输出值之和。此时,也可以根据车速 SPD 使积分构件的增益变化。

[0100] 此外,作为微分构件并不限于输入偏差的情况。例如,微分构件也可以将转向操纵转矩 Th 用作输入。换言之,微分构件也可以构成前导微分型的控制器。

[0101] 根据车速 SPD 将构成反馈操作量计算处理的构件的增益的至少一个设为可变的处理并不是必须的。

[0102] “关于操作量计算处理”

[0103] 例如,也可以不具备反馈操作量计算处理,而仅由开环操作量计算处理构成操作量计算处理。而且,例如也可以不具备开环操作量计算处理,而仅由反馈操作量计算处理构成操作量计算处理。

[0104] “关于标称模型 Pn ”

[0105] 作为标称模型 Pn 并不限于在上述实施方式中例示出的模型。例如,也可以代替在转向操纵转矩推断处理M32a中利用的标称模型 Pn ,而利用由下述的式(c6)表现的模型。

[0106] $(-Ktb) / \{J \cdot s \cdot s + Ktb\} \cdots (c6)$

[0107] 即、标称模型 Pn 的传递函数的分母的多项式也可以包含零次项。换言之,标称模型 Pn 的传递函数的分母也可以包含微分算子的零次项。

[0108] 此外,标称模型 Pn 的传递函数的分母的多项式的次数并不必须是二阶的。

[0109] “关于滤波器 Hd ”

[0110] 作为滤波器 Hd 并不限于该传递函数的分母的多项式是三次的情况。例如,滤波器 Hd 的传递函数的分母的多项式也可以是四次以上。此外,例如在标称模型 Pn 的传递函数的分母的多项式的次数是1次的情况下,也可以将滤波器 Hd 的传递函数的分母的多项式的次数设为2次以上。

[0111] “关于修正处理”

[0112] 作为修正处理并不限于包含转向操纵转矩推断处理M32、第一干扰计算处理M34、第二干扰计算处理M36以及转矩指令值计算处理M20的处理。例如,首先第一也可以通过作为将标称模型 Pn 的逆模型和滤波器 Hd 结合的结合处理的输入来使用转向操纵转矩 Th ,来计算推断马达转矩 Tae 。在该情况下,第二只要执行计算开环操作量 Mff 和反馈操作量 Mfb 之和

与推断马达转矩 T_{ae} 之差的差计算处理即可。而且,第三,转矩指令值计算处理M20也可以执行使用差计算处理的输出来修正开环操作量 M_{ff} 和反馈操作量 M_{fb} 之和的处理。在该情况下,修正处理由结合处理、差计算处理以及转矩指令值计算处理M20构成。此外,上述差计算处理的输出是与标称模型 P_n 假定的转向操纵转矩与实际的转向操纵转矩 T_h 之差对应的量。

[0113] “关于操作处理”

[0114] 在图2所示的处理中,虽将操作处理设为、使用辅助马达30的转矩作为控制量且使用通过将辅助转矩 T_a 作为控制量的目标值换算为辅助马达30的转矩而得到的值的处理,但并不限于此。例如,操作处理也可以包含根据轴向力 F_a 计算辅助马达30的旋转角度的目标值的处理。在该情况下,操作处理是根据作为控制量使用辅助马达30的旋转角度的反馈控制的操作量来操作辅助马达30的处理。此外,这里,轴向力 F_a 是通过由推断第二干扰转矩 d_e 修正根据开环操作量 M_{ff} 以及反馈操作量 M_{fb} 决定的操作量而得到的值与转向操纵转矩 T_h 之和。因此,操作处理成为根据通过由推断第二干扰转矩 d_e 修正根据开环操作量 M_{ff} 以及反馈操作量 M_{fb} 决定的操作量而得到的值,来操作逆变器32的处理。这是以产生与通过根据推断第二干扰转矩 d_e 修正根据开环操作量 M_{ff} 以及反馈操作量 M_{fb} 决定的操作量而得到的值对应的转矩的方式,控制辅助马达30的转矩的处理。

[0115] 此外,作为能够应用包含角度的反馈控制的改变的实施例并不限于图2所示的实施例。例如,也可以应用于图3以及图6所示的实施例。

[0116] “关于转向操纵控制装置”

[0117] 在图5所例示的结构中,也可以操作反作用力马达70的装置、和操作转向马达80的装置也可以是独立的。

[0118] 作为转向操纵控制装置并不限于具备PU42和存储装置44并执行软件处理的装置。例如,也可以具备执行在上述实施方式中执行的处理的至少一部分的例如ASIC等专用硬件电路。即、转向操纵控制装置也可以包含具备以下的(a) ~ (c)中的任一个结构的处理电路。

[0119] (a) 具备根据程序执行上述处理的全部的处理装置、以及存储程序的存储装置等程序储存装置的处理电路。

[0120] (b) 具备根据程序执行上述处理的一部分的处理装置、程序储存装置、以及执行剩余的处理的专用硬件电路的处理电路。

[0121] (c) 具备执行上述处理的全部的专用硬件电路的处理电路。

[0122] 这里,具备处理装置以及程序储存装置的软件执行装置也可以是多个。另外,专用硬件电路也可以是多个。

[0123] “关于转向操纵控制方法”

[0124] 作为执行上述各种控制的主体并不限于安装在车辆的转向操纵控制装置。例如,驾驶员的移动终端也可以执行扰动观测器M30等用于对目标转向操纵转矩 T_h^* 的控制的一部分的处理。

[0125] “关于输入部”

[0126] 作为输入转向操纵转矩的输入部并不限于方向盘12。

[0127] “关于动力传递的切断状态”

[0128] 实现输入转向操纵转矩的输入部与转向轮20的动力传递的切断状态的结构并不限于图5所例示的结构。例如,也可以在输入轴14a与输出轴14b之间设置离合器。

[0129] “关于转向操纵装置”

[0130] 作为使转向轮20转向的促动器,例如也可以采用将辅助马达30或者转向马达80配置在转向轴16的同轴上的装置。而且,例如也可以采用经由使用了滚珠丝杠机构的带式减速器而将辅助马达30或者转向马达80的动力向转向轴16传递的装置。

[0131] 作为能够改变转向操纵角与转向角的关系的转向操纵装置,并不限于如图5所例示切断方向盘12与转向轮20之间的动力的传递的转向操纵装置。例如,也可以通过将能够进行方向盘12与转向轮20之间的动力传递的齿轮设为可变齿轮构成能够改变转向操纵角与转向角的关系的转向操纵装置。

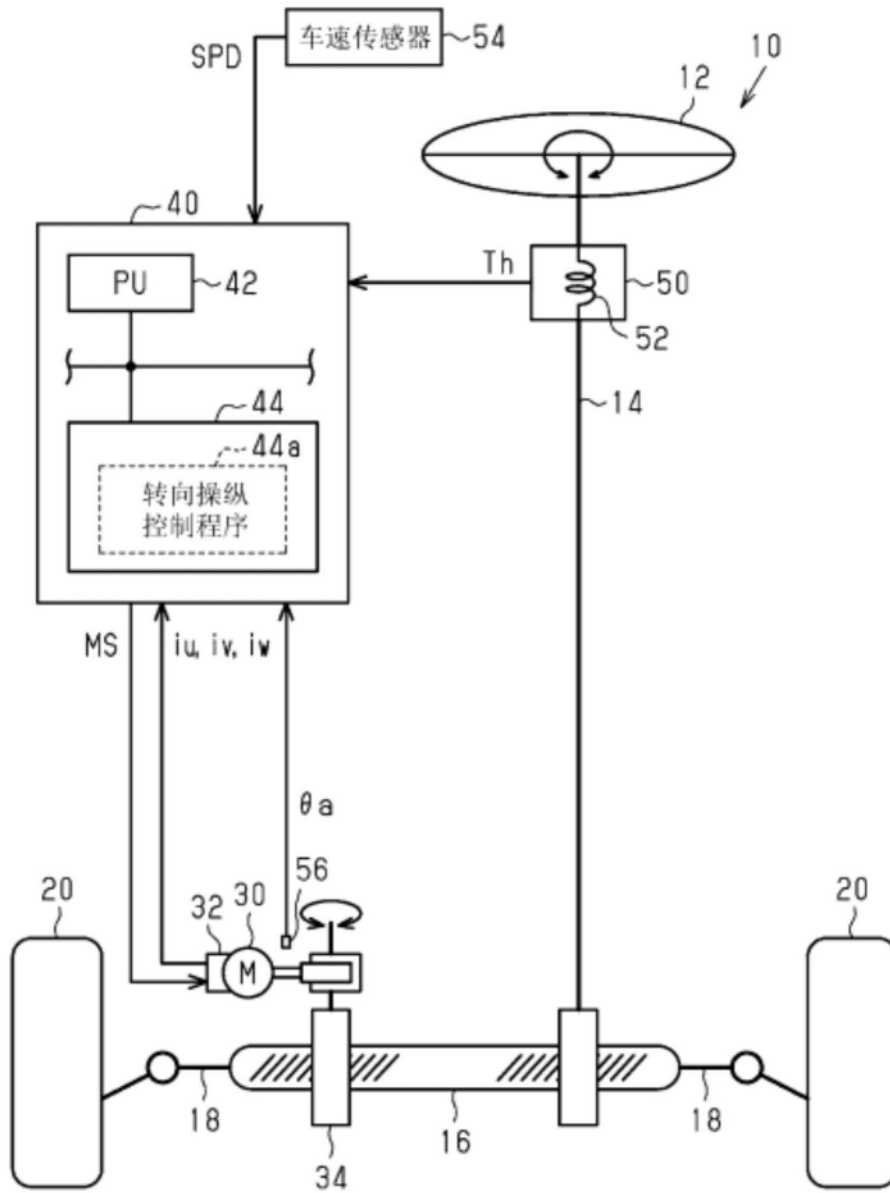


图1

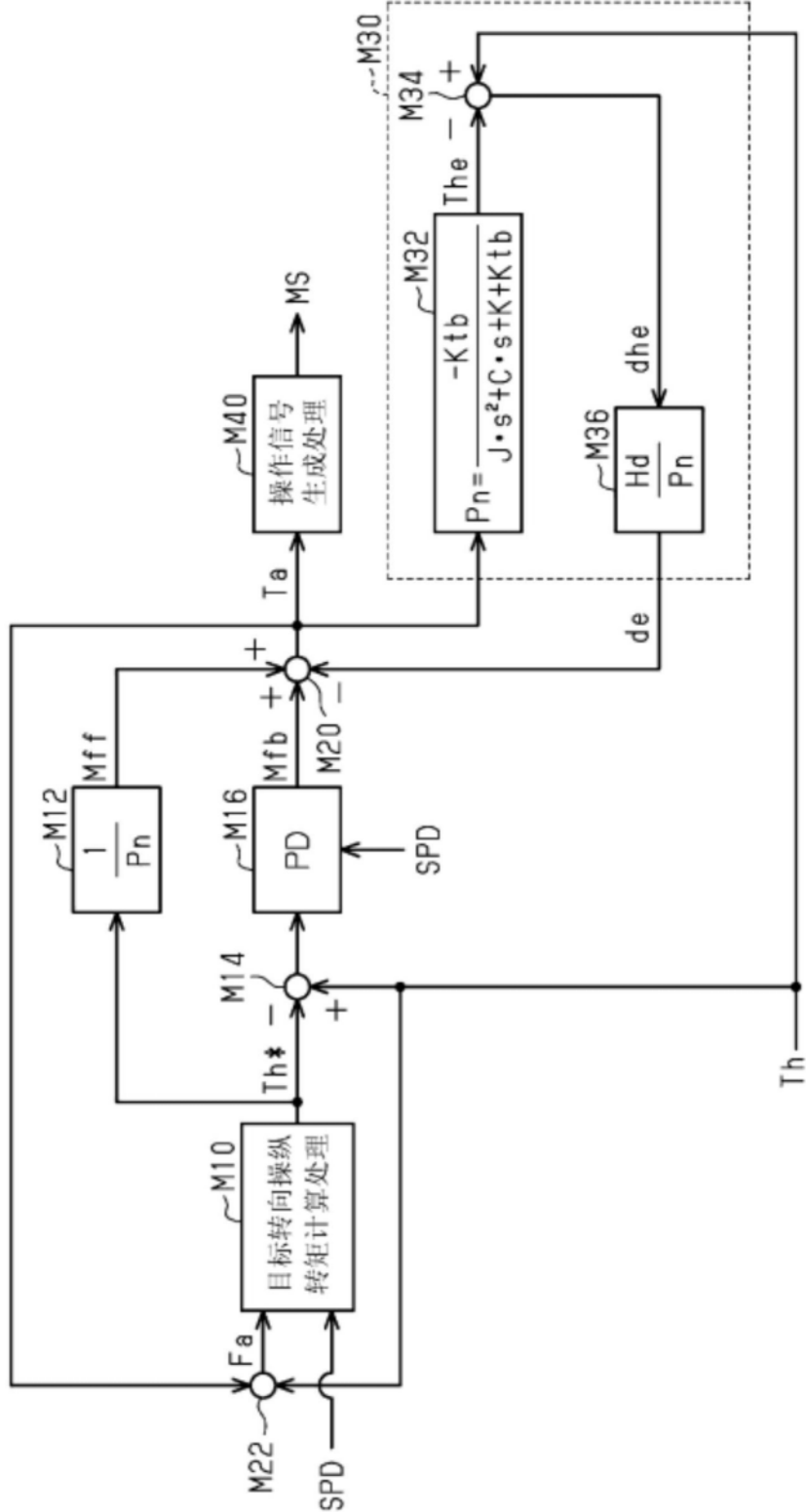


图2

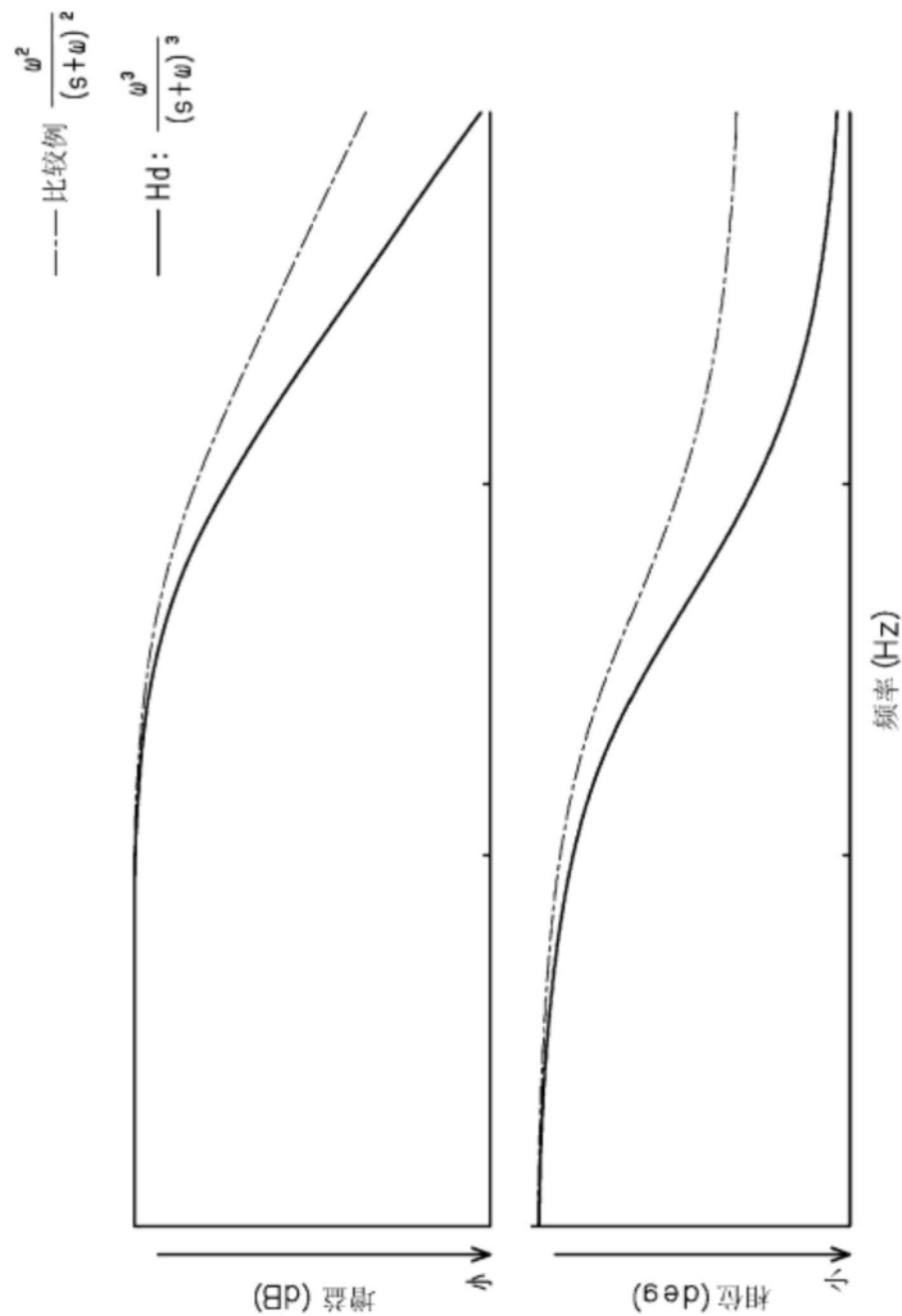


图3

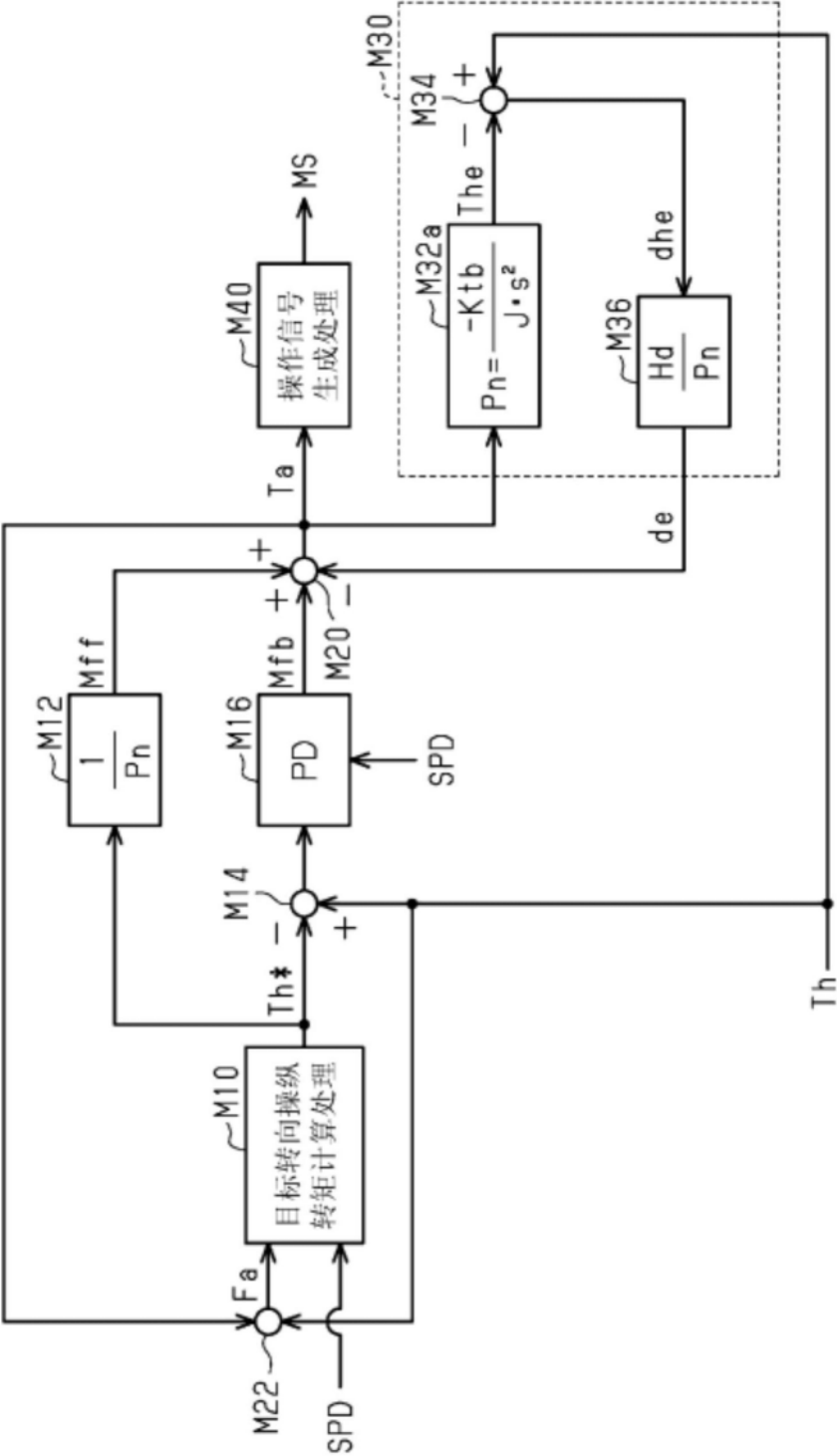


图4

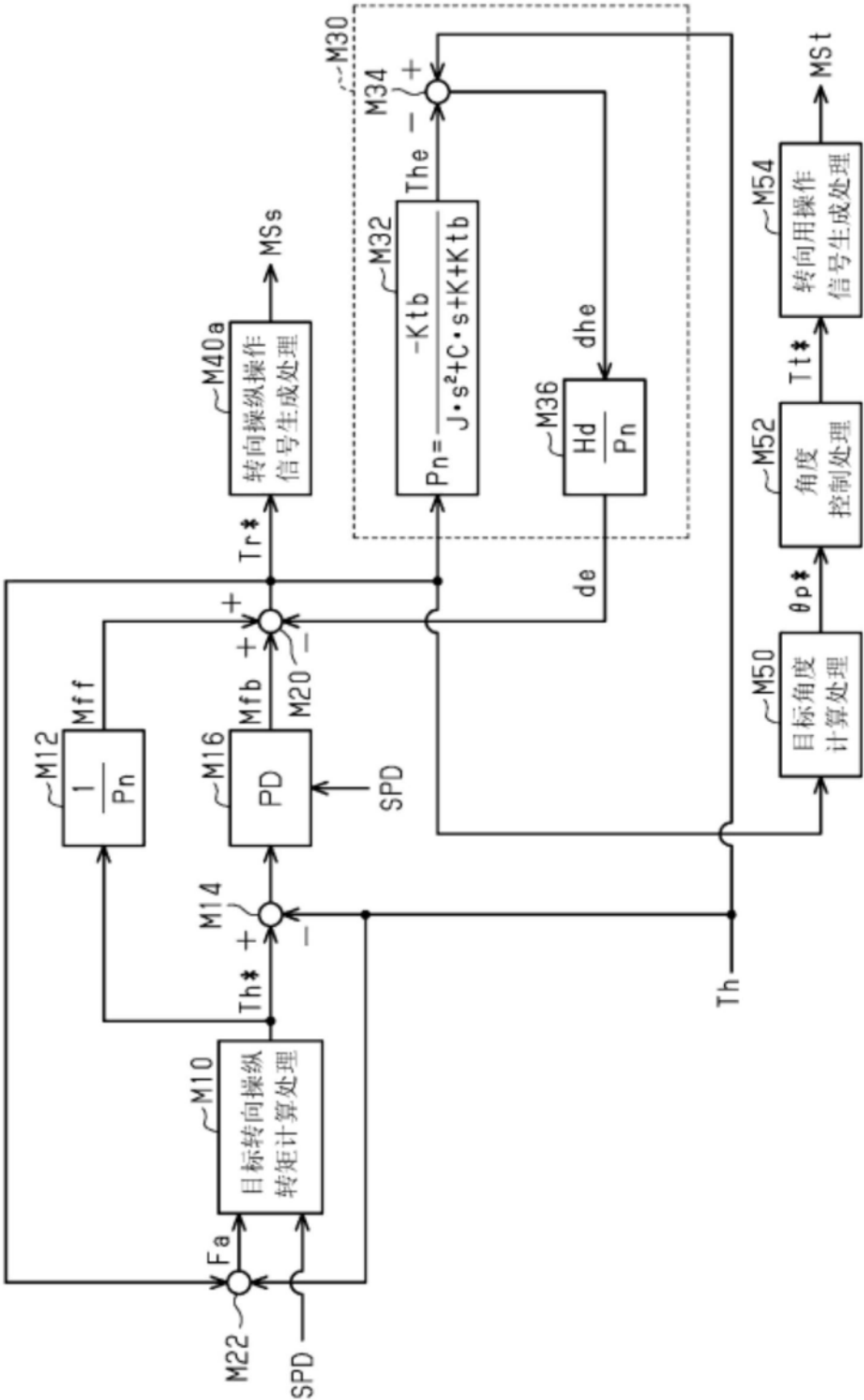


图6