



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 119731070 A

(43) 申请公布日 2025. 03. 28

(21) 申请号 202280099160.9

(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/JP2022/032753 2022.08.31

(87) PCT国际申请的公布数据
W02024/047787 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)

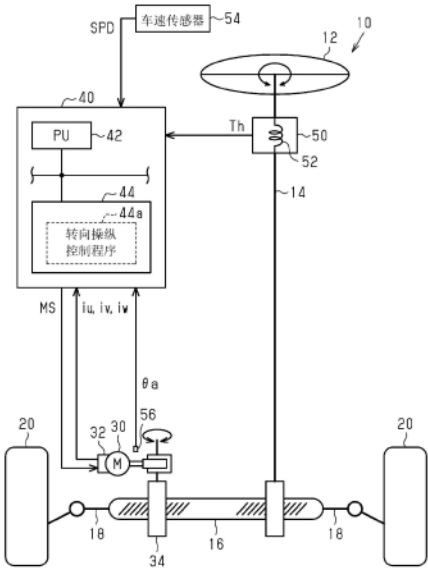
权利要求书2页 说明书9页 附图5页

(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(40)构成为执行操作量计算处理、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并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。修正处理是使用上述转向操纵转矩以及上述操作量作为输入的处理,并且是根据与标称模型假定的上述转向操纵转矩与实际的上述转向操纵转矩之差对应的修正量修正上述操作量的处理。操作处理是操作上述转向操纵装置的马达以产生与通过上述修正处理修正后的上述操作量对应的转矩的处理。



1. 一种转向操纵控制装置,其中,
上述转向操纵控制装置构成为执行操作量计算处理、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并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输入至转向操纵装置的转矩,
上述目标转向操纵转矩是上述转向操纵转矩的目标值,
上述修正处理是使用上述转向操纵转矩以及上述操作量作为输入的处理,并且是根据与标称模型假定的上述转向操纵转矩与实际的上述转向操纵转矩之差对应的修正量修正上述操作量的处理,
上述操作处理是操作上述转向操纵装置的马达以产生与通过上述修正处理修正后的上述操作量对应的转矩的处理。
2. 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并且使用上述转向操纵转矩的目标值作为上述控制量的目标值的开环控制的操作量,
上述修正处理包含转向操纵转矩估计处理,
上述转向操纵转矩估计处理是估计上述转向操纵转矩作为使用通过上述修正处理修正后的上述操作量作为输入的上述标称模型的输出值的处理,
上述开环操作量包含根据上述标称模型的逆模型的输出值计算上述开环操作量的处理,上述逆模型使用上述目标转向操纵转矩作为输入。
3. 根据权利要求2所述的转向操纵控制装置,其中,
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并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。
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子的多项式的次数是0次并且分母的多项式的次数是2次。
5. 根据权利要求4所述的转向操纵控制装置,其中,
上述传递函数在上述分母的多项式包含2次的项、1次的项以及0次的项。
6. 根据权利要求4所述的转向操纵控制装置,其中,
上述传递函数的上述分母的多项式的1次的项是0。
7. 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。
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,对上述输入部赋予转矩的马达。
9. 一种转向操纵控制方法,其中,

具有执行操作量计算处理、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并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输入至转向操纵装置的转矩，

上述目标转向操纵转矩是上述转向操纵转矩的目标值，

上述修正处理是使用上述转向操纵转矩以及上述操作量作为输入的处理，并且是根据与标称模型假定的上述转向操纵转矩与实际的上述转向操纵转矩之差对应的修正量修正上述操作量的处理，

上述操作处理是操作上述转向操纵装置的马达以产生与通过上述修正处理修正后的上述操作量对应的转矩的处理。

转向操纵控制装置、以及转向操纵控制方法

技术领域

[0001] 本公开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] 例如下述专利文献1记载了根据使用转向操纵转矩作为控制量并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要素的输出值、微分要素的输出值以及积分要素的输出值计算。

[0003] 专利文献1:日本特开2004—203089号公报

[0004] 然而,为了满足提高上述反馈控制的响应性等要求要素,而在进行反馈增益的设定等的情况下,有可能使决定反馈控制的参数的值适合这些要求要素的工时变得过大。

发明内容

[0005] 在本公开的一方式中,提供了转向操纵控制装置。转向操纵控制装置构成为执行操作量计算处理、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并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输入至转向操纵装置的转矩,上述目标转向操纵转矩是上述转向操纵转矩的目标值,上述修正处理是使用上述转向操纵转矩以及上述操作量作为输入的处理,并且是根据与标称模型假定的上述转向操纵转矩与实际的上述转向操纵转矩之差对应的修正量修正上述操作量的处理,上述操作处理是操作上述转向操纵装置的马达以产生与通过上述修正处理修正后的上述操作量对应的转矩的处理。

[0006] 在本公开的其它的方式中,提供了转向操纵控制方法。转向操纵控制方法具有执行操作量计算处理、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并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输入至转向操纵装置的转矩,上述目标转向操纵转矩是上述转向操纵转矩的目标值,上述修正处理是使用上述转向操纵转矩以及上述操作量作为输入的处理,并且是根据与标称模型假定的上述转向操纵转矩与实际的上述转向操纵转矩之差对应的修正量修正上述操作量的处理,上述操作处理是操作上述转向操纵装置的马达以产生与通过上述修正处理修正后的上述操作量对应的转矩的处理。

附图说明

[0007] 图1是表示第一实施方式所涉及的转向操纵控制装置以及转向操纵装置的构成的图。

[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是表示第二实施方式所涉及的转向操纵控制装置执行的处理的框图。

[0010] 图4是表示第三实施方式所涉及的转向操纵控制装置以及转向操纵装置的构成的

图。

[0011] 图5是表示图4的转向操纵控制装置执行的处理的框图。

具体实施方式

[0012] <第一实施方式>

[0013] 以下,参照附图对第一实施方式进行说明。

[0014] 「前提构成」

[0015] 如图1所示,转向操纵装置10具备方向盘12。方向盘12是驾驶员传递转向操纵的意思的构件。在方向盘12联结有传递轴14。因此,若方向盘12旋转,则传递轴14一体地旋转。传递轴14的旋转动力被传递到转向轴16。转向轴16沿车宽度方向(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。

[0016] 传递轴14被设置为与转向轴16相交。在传递轴14以及转向轴16形成有相互啮合的齿。而且,通过这些齿彼此啮合,能够从传递轴14向转向轴16传递动力。即,传递轴14的旋转动力被转换为转向轴16的轴向的位移动力。转向轴16的轴向的位移经由转向横拉杆18传递至转向轮20。由此,转向轮20的转向角变更。此外,转向角是指轮胎的转动角。

[0017] 另外,转向操纵装置10具备辅助马达30。辅助马达30生成辅助力,该辅助力是用于辅助驾驶员的转向操纵的力。辅助马达30的旋转动力被赋予给驱动轴34。在驱动轴34以及转向轴16形成有相互啮合的齿。而且,通过这些齿彼此啮合,能够从驱动轴34向转向轴16传递动力。即,驱动轴34的旋转动力被转换为转向轴16的轴向的位移动力。由此,辅助马达30的旋转动力经由驱动轴34转换为转向轴16的轴向的位移动力。详细而言,作为一个例子,辅助马达30是3相无刷马达。此外,逆变器32的输出电压被施加至辅助马达30的端子。

[0018] 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为了控制控制量,而参照输入至方向盘12的转向操纵转矩 T_h 。转向操纵转矩 T_h 由转矩传感器50检测。转矩传感器50是根据作为传递轴14的一部分的扭杆52的扭转程度检测转向操纵转矩 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流动的电流 i_u 、 i_v 、 i_w 。

[0019] 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具备可电改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执行存储于存储装置44的转向操纵控制程序44a来控制控制量。

[0020] 「转向操纵控制装置40执行的处理」

[0021] 图2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例如以规定周期反复执行转向操纵控制程序44a来实现。

[0022] 目标转向操纵转矩计算处理M10是根据轴力 F_a 计算作为转向操纵转矩 T_h 的目标值的目标转向操纵转矩 T_h^* 的处理。轴力 F_a 是施加于转向轴16的力。但是,轴力 F_a 是换算为传递轴14的转矩的量。此外,目标转向操纵转矩计算处理M10包含即使轴力 F_a 相同,也根据车速SPD将目标转向操纵转矩 T_h^* 设定为不同的值的处理。这是旨在使驾驶员持有与车速SPD对应的最佳的转向操纵感的设定。

[0023] 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作为控制量并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是通过被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根据标称模型Pn的逆模型计算开环操作量Mff。标称模型Pn是使用作为辅助马达30的转矩的辅助转矩Ta作为输入并且输出作为转向操纵转矩Th的估计值的估计转向操纵转矩The的模型。这里,辅助转矩Ta是换算为传递轴14的转矩的值。逆模型是使用估计转向操纵转矩The作为输入并且输出辅助转矩Ta的模型。此外,以后详述标称模型Pn。

[0024] 偏差计算处理M14是计算偏差的处理,该偏差是从转向操纵转矩Th减去目标转向操纵转矩Th*所得的值。

[0025] 反馈操作量计算处理M16是使用偏差作为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作为控制量并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是使用偏差作为输入的比例要素的输出值与使用偏差作为输入的微分要素的输出值之和。此外,反馈操作量Mfb是换算为传递轴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变更比例要素的增益以及微分要素的增益这两个中的至少一个的处理。

[0026] 转矩指令值计算处理M20是使用开环操作量Mff、反馈操作量Mfb、估计第二干扰转矩de作为输入计算辅助转矩Ta的处理。在转矩指令值计算处理M20中,通过从开环操作量Mff与反馈操作量Mfb之和减去估计第二干扰转矩de而得到的值被代入辅助转矩Ta。

[0027] 辅助转矩Ta被输入轴力计算处理M22。轴力计算处理M22是将辅助转矩Ta与转向操纵转矩Th之和代入轴力Fa的处理。

[0028] 辅助转矩Ta被输入干扰观测器M30。干扰观测器M30包含转向操纵转矩估计处理M32、第一干扰计算处理M34以及第二干扰计算处理M36。

[0029] 转向操纵转矩估计处理M32是通过对标称模型Pn输入辅助转矩Ta来输出估计转向操纵转矩The的处理。估计转向操纵转矩The是标称模型Pn假定的转向操纵转矩。

[0030] 第一干扰计算处理M34是计算估计第一干扰转矩dhe的处理。估计第一干扰转矩dhe是实际的控制对象中的转向操纵转矩Th中的干扰成分。估计第一干扰转矩dhe是实际的转矩相对于从标称模型Pn估计出的转矩之差。换言之,估计第一干扰转矩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减去估计转向操纵转矩The而得到的值代入估计第一干扰转矩dhe的处理。

[0031] 第二干扰计算处理M36是将估计第一干扰转矩dhe作为输入计算估计第二干扰转矩de的处理。估计第二干扰转矩de是换算为辅助马达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计算估计第二干扰转矩de的处理。

[0032] 滤波器Hd为了减少由于标称模型Pn所包含的微分运算引起的噪声而设置。在本实施方式中,作为一个例子,滤波器Hd是二阶低通滤波器。

[0033] 如上述那样,辅助转矩Ta是通过从开环操作量Mff与反馈操作量Mfb之和减去估计第二干扰转矩de而得到的值。另一方面,估计第二干扰转矩de是通过将标称模型Pn假定的转向操纵转矩与实际的转向操纵转矩Th之差换算为辅助马达30的转矩而得到的量。这是指

估计第二干扰转矩 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 之差对应的修正量对应地修正开环操作量 M_{ff} 与反馈操作量 M_{fb} 之和而得到的量。

[0034] 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包含计算使用辅助马达30的转矩作为控制量并且使用通过将辅助转矩 T_a 换算为辅助马达30的转矩而得到的值作为控制量的目标值的操作量的处理。操作量的计算参照旋转角度 θ_a 以及电流 i_u 、 i_v 、 i_w 。另外,操作信号生成处理M40包含操作逆变器32以得到该操作量的处理。操作量例如也可以是逆变器32的开关元件的接通操作时间相对于接通・断开操作的一个周期的时间比率。图2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。

[0035] 「标称模型 P_n 」

[0036] 若使用惯性系数 J_h 、粘性系数 C_h 以及转向操纵角 θ_h ,则由以下的式(c1)表现转向操纵转矩 T_h 。此外,惯性系数 J_h 表示第一部分的惯性,该第一部分是传递轴14中的与扭杆52相比接近方向盘12的一方的部分。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。

[0037] $T_h = (J_h \cdot s \cdot s + C_h \cdot s) \cdot \theta_h \cdots (c1)$

[0038] 另一方面,若使用旋转角度 θ_1 、以及扭杆52的扭转刚性系数 K_{tb} ,则以下的式(c2)成立。此外,旋转角度 θ_1 是第二部分的旋转角度,该第二部分是传递轴14中的与扭杆52相比远离方向盘12的一方的部分。

[0039] $T_h = K_{tb} \cdot (\theta_h - \theta_1) \cdots (c2)$

[0040] 另外,若使用惯性系数 J 、粘性系数 C 以及弹性系数 K ,则在旋转角度 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 中实际反映了转向轴16、转向横拉杆18以及转向轮20等对传递轴14造成的影响。

[0041] $T_h + T_a = (J \cdot s \cdot s + C \cdot s + K) \cdot \theta_1 \cdots (c3)$

[0042] 这里,若以转向操纵角 θ_h 为零的方式输入转向操纵转矩 T_h ,则转向操纵角 θ_h 始终为零。若将转向操纵角 θ_h 设为零,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,则得到以下的式(c4)。

[0043] $T_h/T_a = (-K_{tb}) / \{J \cdot s \cdot s + C \cdot s + K + K_{tb}\} \cdots (c4)$

[0044] 此外,在上述的式(c4)中,使用微分算子 s 。上述的式(c4)是标称模型 P_n 。此外,在上述的式(c1)~(c3)中,即使如以下那样解释“ θ_h ”以及“ θ_1 ”,上述的式(c4)也成立。

[0045] 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。其始终为零。

[0046] 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。

[0047] 因此,上述的式(c4)对于任意的转向操纵角 θ_h 成立。

[0048] <本实施方式的作用以及效果>

[0049] PU42使用估计第一干扰转矩 d_{he} 作为输入,计算估计第二干扰转矩 d_e ,上述估计第

一干扰转矩dhe是转向操纵转矩Th与估计转向操纵转矩The之差。估计第二干扰转矩de表示传递轴14的第二部分的转矩的干扰要素。即,表示转换为使转向轴16位移的力的转矩中的干扰要素。

[0050] PU42使用通过根据估计第二干扰转矩de修正开环操作量Mff以及反馈操作量Mfb而得到的值作为辅助转矩Ta。而且,PU42操作逆变器32,以使辅助马达30的转矩接近辅助转矩Ta。由此,能够在补偿干扰要素的同时,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,上述干扰要素是标称模型Pn与实际的控制对象的误差等。换言之,能够通过干扰观测器M30,在补偿针对实际的控制对象的标称模型Pn的误差的同时,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。

[0051] 因为这样立即补偿误差相当量,所以能够提高转向操纵转矩Th针对目标转向操纵转矩Th*的响应性。

[0052] 另外,与不使用干扰观测器M30,而根据实际的控制对象设计控制器的情况相比较,能够减少控制器的设计需要的工时。

[0053] 根据以上说明的本实施方式,进一步起到以下的作用以及效果。

[0054] (1-1) PU42通过将目标转向操纵转矩Th*输入标称模型Pn的逆模型来计算开环操作量Mff。另外,PU42根据开环操作量Mff计算辅助转矩Ta。由此,能够使用估计第二干扰转矩de作为将目标转向操纵转矩Th*设为控制量的目标值的控制中的开环操作量Mff的误差的补偿成分。因此,能够对控制对象进行伪线形处理。

[0055] (1-2) 将反馈操作量Mfb包含在辅助转矩Ta中。由此,能够通过反馈操作量Mfb补偿指定第二干扰转矩de的误差相当量。因此,能够使转向操纵转矩Th更高精度地近似于目标转向操纵转矩Th*。

[0056] (1-3) 不仅包含惯性系数J,还包含粘性系数C、以及弹性系数K、扭转刚性系数Ktb构成标称模型Pn。由此,能够将标称模型Pn设为高精度地近似了实际的控制对象的模型。

[0057] <第二实施方式>

[0058] 以下,以与第一实施方式的不同点为中心,参照附图对第二实施方式进行说明。

[0059] 在本实施方式中,简化标称模型Pn。

[0060] 图3示出本实施方式所涉及的转向操纵控制装置40执行的处理。为了方便,对于图3所示的处理中的与图2所示的处理对应的处理标注相同的附图标记。

[0061] 如图3的转向操纵转矩估计处理M32a所示,在本实施方式中,标称模型Pn由以下的式(c5)表示。

[0062] $(-K_{tb}) / \{J \cdot s \cdot s\} \cdots (c5)$

[0063] 即,标称模型Pn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需要实际地从车辆估算来决定。相对于此,惯性系数J几乎通过辅助马达30的惯性和衰减比决定,上述衰减比是转向操纵装置10中的传递轴14的旋转速度相对于辅助马达30的旋转速度之比。另外,扭转刚性系数Ktb根据转矩传感器50的扭杆52的特性决定。因此,通过从标称模型Pn省略粘性系数C以及弹性系数K的项,能够减少标称模型Pn的设计所涉及的工时。

[0064] <第三实施方式>

[0065] 以下,以与第一实施方式的不同点为中心,参照附图对第三实施方式进行说明。

[0066] 「前提构成」

[0067] 图4示出本实施方式所涉及的转向操纵控制系统的构成。此外,在图4中,为了方便,对与图1所示的部件对应的部件标注相同的附图标记。

[0068] 如图4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、和与转向轴16卡合的输出轴14b。此外,在本实施方式中,实际不需要输出轴14b。但是,为了下述的说明的方便,设置输出轴14b。

[0069] 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赋予反作用力的马达,上述反作用力是与驾驶员输入的转矩相反方向的转矩。作为一个例子,反作用力马达70是3相无刷马达。此外,逆变器72的输出电压被施加给反作用力马达70的端子。

[0070] 转向马达80的转矩经由驱动轴34赋予给转向轴16。作为一个例子,转向马达80是3相无刷马达。此外,逆变器82的输出电压被施加给转向马达80的端子。

[0071] 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为了控制作为控制对象的控制量的反作用力,而操作逆变器72。另外,转向操纵控制装置40为了控制作为控制对象的控制量的转向轮20的转向角,而操作逆变器82。

[0072] 转向操纵控制装置40为了控制作为控制量的反作用力,而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为了控制反作用力,而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为了控制作为控制量的转向角,而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,而参照在转向马达80流动的电流 i_{ut} 、 i_{vt} 、 i_{wt} 。

[0073] 「转向操纵控制装置40执行的处理」

[0074] 图5示出转向操纵控制装置40执行的处理。换言之,图5示出在方向盘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5中,为了方便,对与图2所示的处理对应的处理标注相同的附图标记。

[0075] 如图5所示,偏差计算处理M14是计算通过从目标转向操纵转矩 T_h^* 减去转向操纵转矩 T_h 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 M_{ff} 以及反馈操作量 M_{fb} 的和减去估计第二干扰转矩 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^* 是施加于方向盘12的反作用力转矩的指令值。反作用力指令值 Tr^* 换算为传递轴14的角度。

[0076] 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的转矩作为控制量并且使用通过将反作用力指令值 Tr^* 换算为反作用力马达70的转矩而得到的值作为控制量的目标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包含根据该操作量操作逆变器72的处理。图5记载了逆变器72的操作信号 MS_s 。此外,实际上,操作信号 MS_s 是针对逆变器72的各开关元件的单独的操作信号。

[0077] 目标角度计算处理M50是计算作为驱动轴34的旋转角度的目标值的目标角度 θ_p^* 的处理。驱动轴34的旋转角度与转向角具有1对1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的模型根据反作用力指令值 Tr^* 计算目标角度 θ_p^* 的处理。在该模型中,例如,也可以将反作用力指令值 Tr^* 视为在假设输入轴14a和输出轴14b机械连

结的情况下施加于传递轴14的转矩。

[0078] 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。该操作量是转向转矩指令值 T_t^* ，该转向转矩指令值 T_t^* 是针对转向马达80的转矩的指令值。

[0079] 转向用操作信号生成处理M54是通过输入转向转矩指令值 T_t^* 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的转矩作为控制量并且使用将转向转矩指令值 T_t^* 换算为转向马达80的转矩所得的量作为控制量的目标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包含根据该操作量操作逆变器82的处理。图5记载了逆变器82的操作信号 MSt 。此外，实际上，操作信号 MSt 是针对逆变器82的各开关元件的单独的操作信号。

[0080] <其他的实施方式>

[0081] 此外，上述各实施方式能够如以下那样变更实施。上述各实施方式以及以下的变更例能够在技术上不矛盾的范围相互组合实施。

[0082] 「目标转向操纵转矩计算处理M10」

[0083] 目标转向操纵转矩计算处理M10并非必须基于轴力 F_a 计算目标转向操纵转矩 Th^* 。例如，目标转向操纵转矩计算处理M10也可以是使用转向操纵转矩 Th 和辅助转矩 Ta 作为输入计算目标转向操纵转矩 Th^* 的处理。

[0084] 目标转向操纵转矩计算处理M10并非必须使用车速SPD作为输入。

[0085] 作为向目标转向操纵转矩计算处理M10的输入，不限于上述。例如也可以向目标转向操纵转矩计算处理M10输入相互不同的取样时机的转向操纵角的2个以上的取样值。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，与回轮时相比较，将目标转向操纵转矩 Th^* 的绝对值设定为更大的值。

[0086] 「开环操作量计算处理」

[0087] 作为开环操作量计算处理M12，不限于使用目标转向操纵转矩 Th^* 作为输入的处理。例如，开环操作量计算处理M12也可以是使用轴力 F_a 作为输入的处理。该情况下，开环操作量计算处理M12的传递函数是根据轴力 F_a 计算目标转向操纵转矩 Th^* 的传递函数与标称模型 P_n 的逆模型的积即可。

[0088] 「反馈操作量计算处理」

[0089] 反馈操作量 Mfb 并非必须是使用偏差作为输入的比例要素的输出值与使用偏差作为输入的微分要素的输出值之和。例如，反馈操作量 Mfb 也可以是使用偏差作为输入的比例要素的输出值、使用偏差作为输入的微分要素的输出值、以及使用与偏差对应的值作为输入的积分要素的输出值之和。另外，例如，反馈操作量 Mfb 也可以是使用偏差作为输入的比例要素的输出值与使用与偏差对应的值作为输入的积分要素的输出值之和。此时，也可以根据车速SPD改变积分要素的增益。

[0090] 此外，作为微分要素，不限于被输入偏差。例如，微分要素也可以使用转向操纵转矩 Th 作为输入。换言之，微分要素也可以构成先行微分型的控制器。

[0091] 根据车速SPD改变构成反馈操作量计算处理的要素的增益的至少一个的处理并非必须的。

[0092] 「操作量计算处理」

[0093] 例如也可以不具备反馈操作量计算处理,仅由开环操作量计算处理构成操作量计算处理。另外,例如,也可以不具备开环操作量计算处理,仅由反馈操作量计算处理构成操作量计算处理。

[0094] 「标称模型Pn」

[0095] 作为标称模型Pn,并不限于在上述实施方式中例示的模型。例如,也可以代替在转向操纵转矩估计处理M32a中利用的标称模型Pn,利用由下述的式(c6)表现的模型。

[0096] $(-Ktb)/\{J \cdot s \cdot s + Ktb\} \cdots (c6)$

[0097] 即,标称模型Pn的传递函数的分母的多项式也可以包含0次的项。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0次的项。

[0098] 此外,标称模型Pn的传递函数的分母的多项式的次数是2次也并非必须的。

[0099] 「修正处理」

[0100] 作为修正处理,并不限于包含转向操纵转矩估计处理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,也可以通过使用转向操纵转矩Th作为结合标称模型Pn的逆模型和滤波器Hd的结合处理的输入,计算估计马达转矩Tae。该情况下,第二,执行计算开环操作量Mff以及反馈操作量Mfb的和与估计马达转矩Tae之差的差计算处理即可。然后,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修正开环操作量Mff以及反馈操作量Mfb的和处理。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,上述的差计算处理的输出是与标称模型Pn假定的转向操纵转矩与实际的转向操纵转矩Th之差对应的量。

[0101] 「操作处理」

[0102] 在图2所示的处理中,虽然将操作处理设为使用辅助马达30的转矩作为控制量并且使用通过将辅助转矩Ta换算为辅助马达30的转矩而得到的值作为控制量的目标值的处理,但并不局限于此。例如,操作处理也可以包含根据轴力Fa计算辅助马达30的旋转角度的目标值的处理。该情况下,操作处理为根据使用辅助马达30的旋转角度作为控制量的反馈控制的操作量操作辅助马达30的处理。此外,这里,轴力Fa是根据估计第二干扰转矩de修正根据开环操作量Mff以及反馈操作量Mfb决定的操作量而得到的值与转向操纵转矩Th之和。因此,操作处理为根据通过根据估计第二干扰转矩de修正根据开环操作量Mff以及反馈操作量Mfb决定的操作量而得到的值操作逆变器32的处理。这是控制辅助马达30的转矩以产生与通过根据估计第二干扰转矩de修正根据开环操作量Mff以及反馈操作量Mfb决定的操作量而得到的值对应的转矩的处理。

[0103] 此外,作为能够应用包含角度的反馈控制的变更的实施例,不限于图2所示的实施例。例如,也可以应用于图3以及图5所示的实施例。

[0104] 「转向操纵控制装置」

[0105] 在图4所例示的构成中,也可以将操作反作用力马达70的装置和操作转向马达80的装置独立。

[0106] 作为转向操纵控制装置,不限于具备PU42和存储装置44并执行软件处理。例如,也可以具备在上述实施方式中执行的处理的至少一部分的例如ASIC等的专用的硬件电路。即,转向操纵控制装置也可以包含具备以下的(a)~(c)的任一个构成的处理电路。

[0107] (a) 具备根据程序执行上述处理的全部的处理装置和存储程序的存储装置等程序

储存装置的处理电路。

[0108] (b) 具备根据程序执行上述处理的一部分的处理装置以及程序储存装置、和执行剩余的处理的专用的硬件电路的处理电路。

[0109] (c) 具备执行上述处理的全部的专用的硬件电路的处理电路。

[0110] 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,专用的硬件也可以是多个。

[0111] 「转向操纵控制方法」

[0112] 作为执行上述的各种控制的主体,不限于安装于车辆的转向操纵控制装置。例如干扰观测器M30等用于控制目标转向操纵转矩 Th^* 的一部分处理也可以由驾驶员的移动终端执行。

[0113] 「输入部」

[0114] 作为输入转向操纵转矩的输入部,不限于方向盘12。

[0115] 「动力传递的切断状态」

[0116] 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构成不限于图4所例示的构成。例如,也可以在输入轴14a与输出轴14b之间设置离合器。

[0117] 「转向操纵装置」

[0118] 作为使转向轮20转向的致动器,例如,也可以采用在转向轴16的同轴上配置辅助马达30或者转向马达80的装置。另外,例如,也可以采用经由使用滚珠丝杠机构的带式减速器将辅助马达30或者转向马达80的动力传递到转向轴16的装置。

[0119] 作为能够变更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4所例示那样,方向盘12与转向轮20之间的动力的传递被切断的转向操纵装置。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,来构成能够变更转向操纵角与转向角的关系的转向操纵装置。

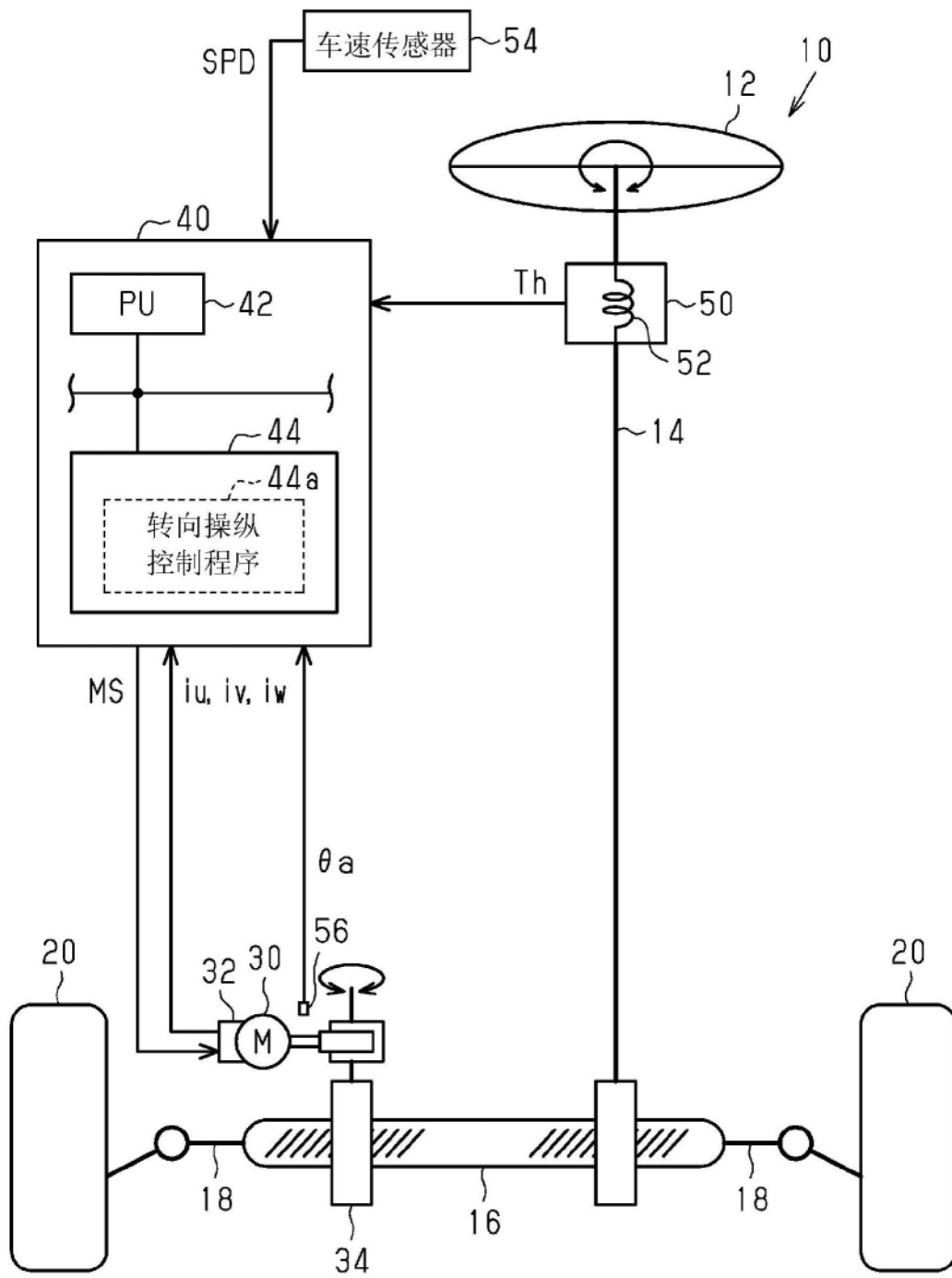


图1

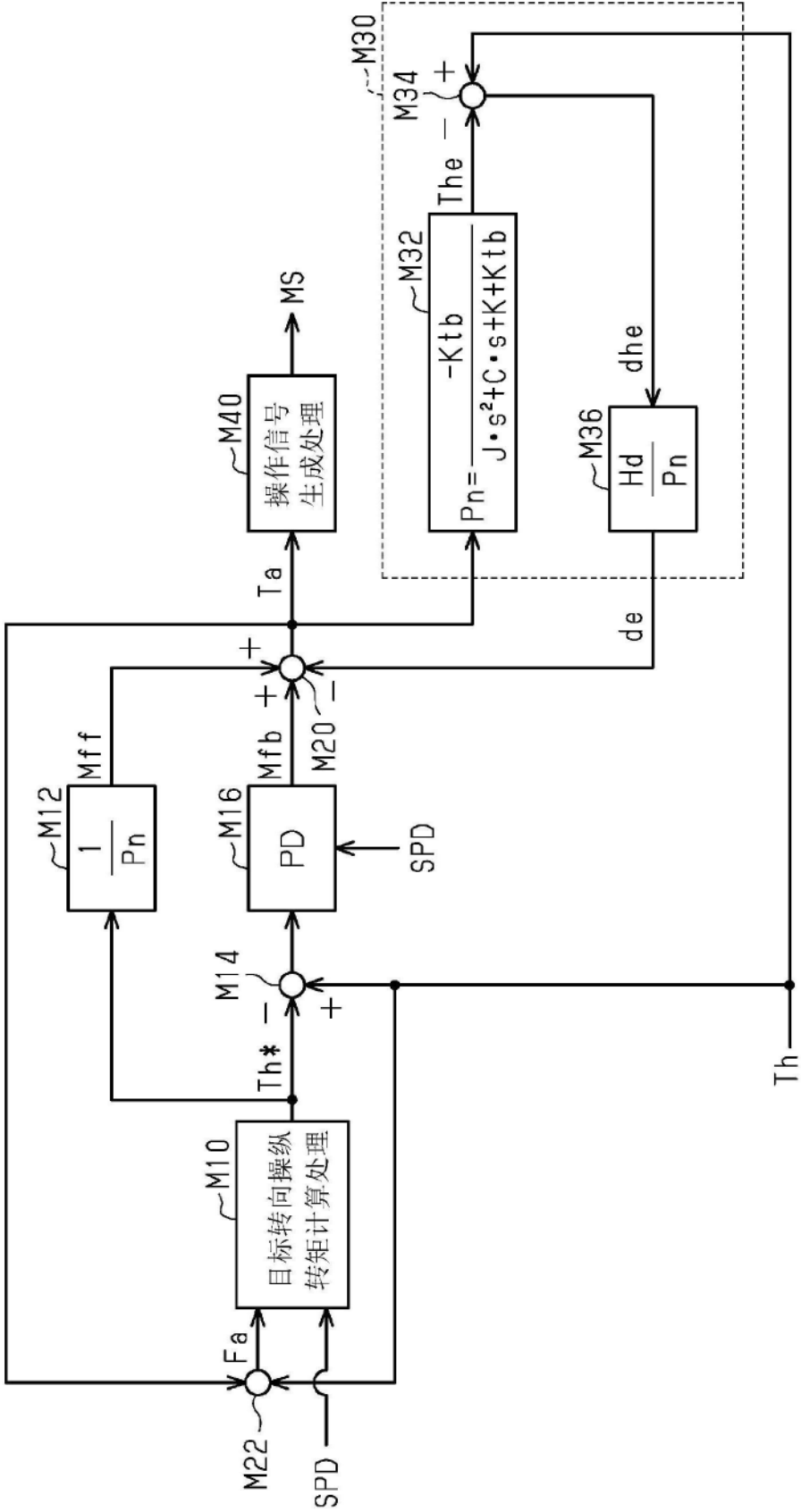


图2

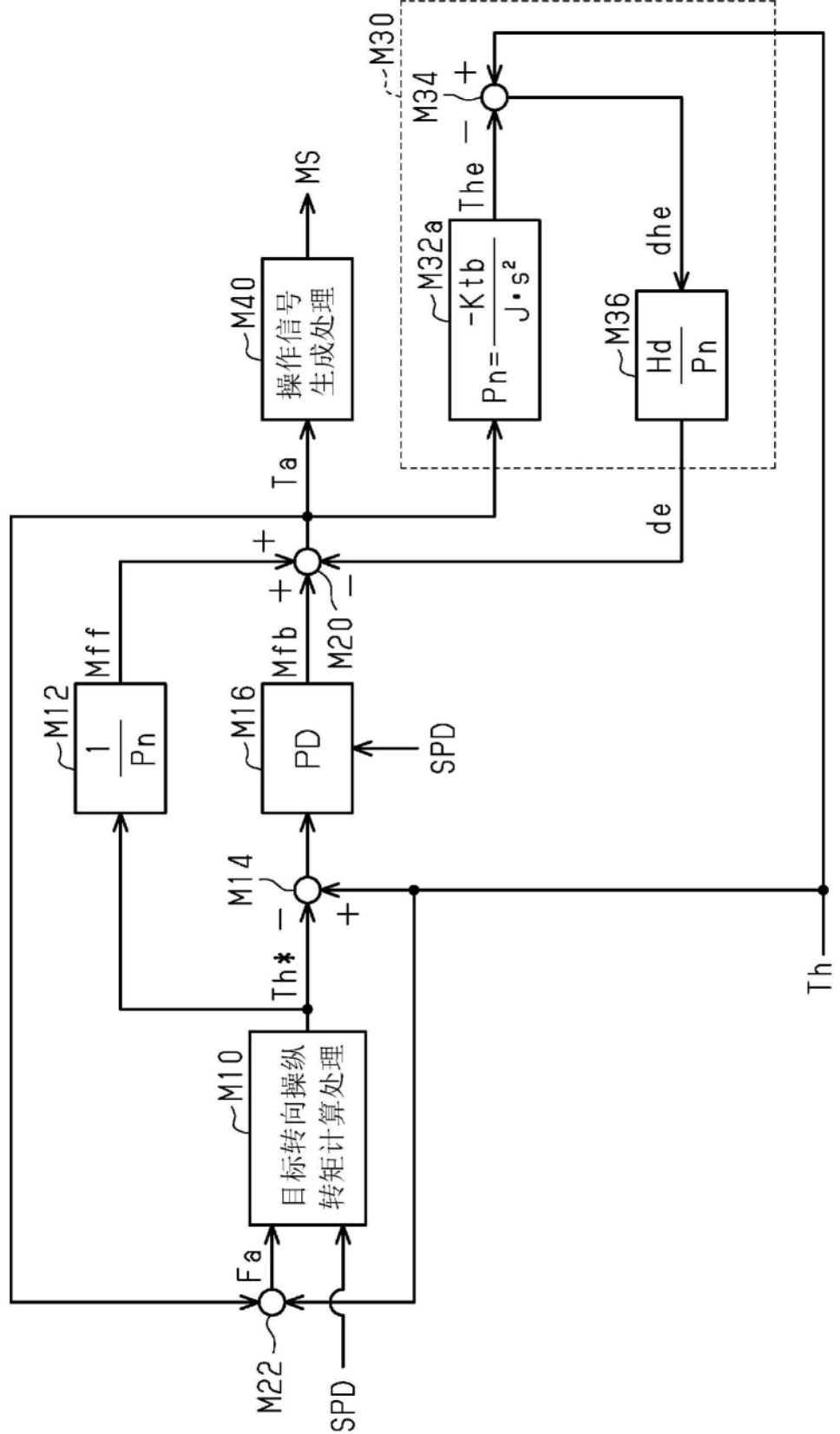


图3

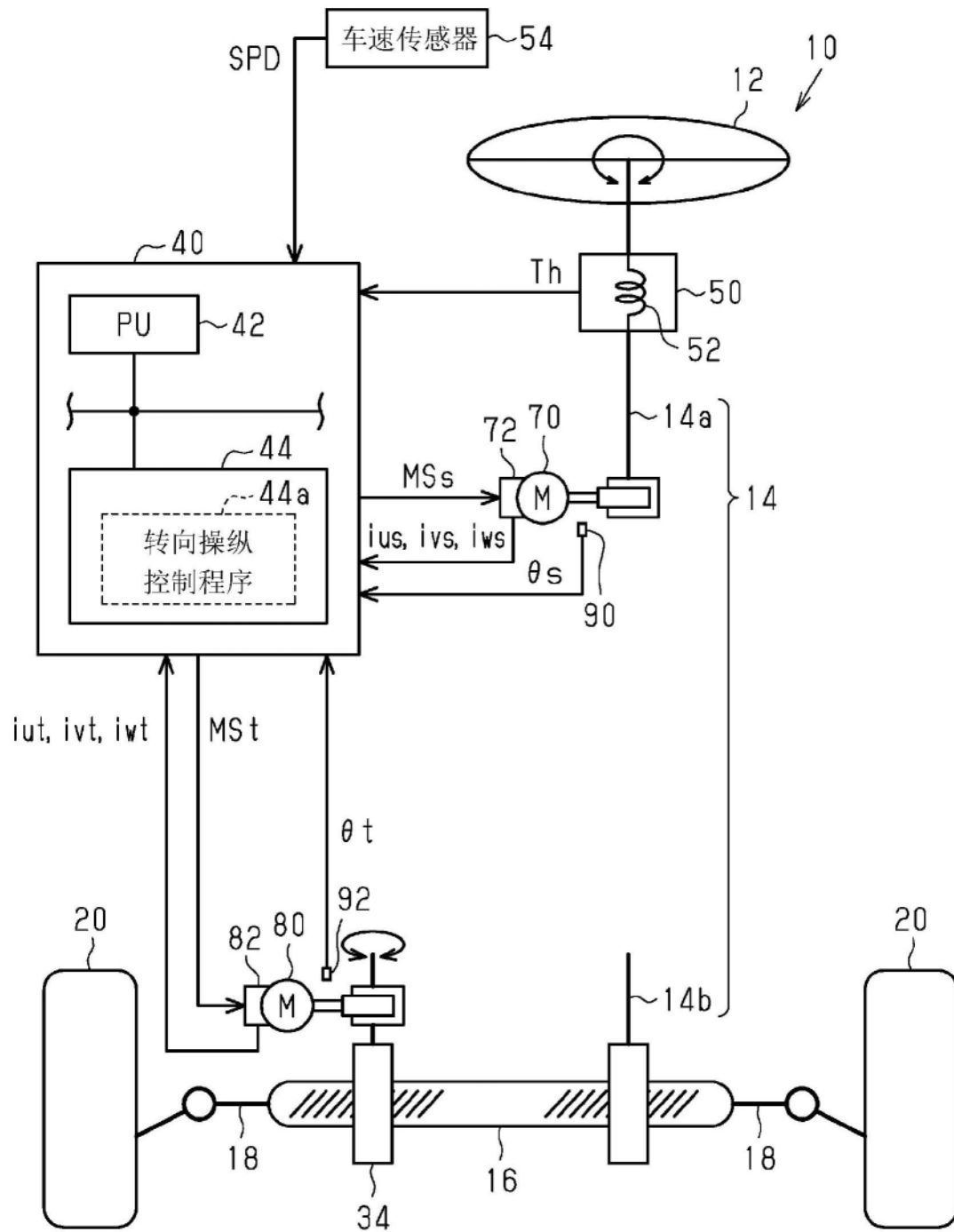


图4

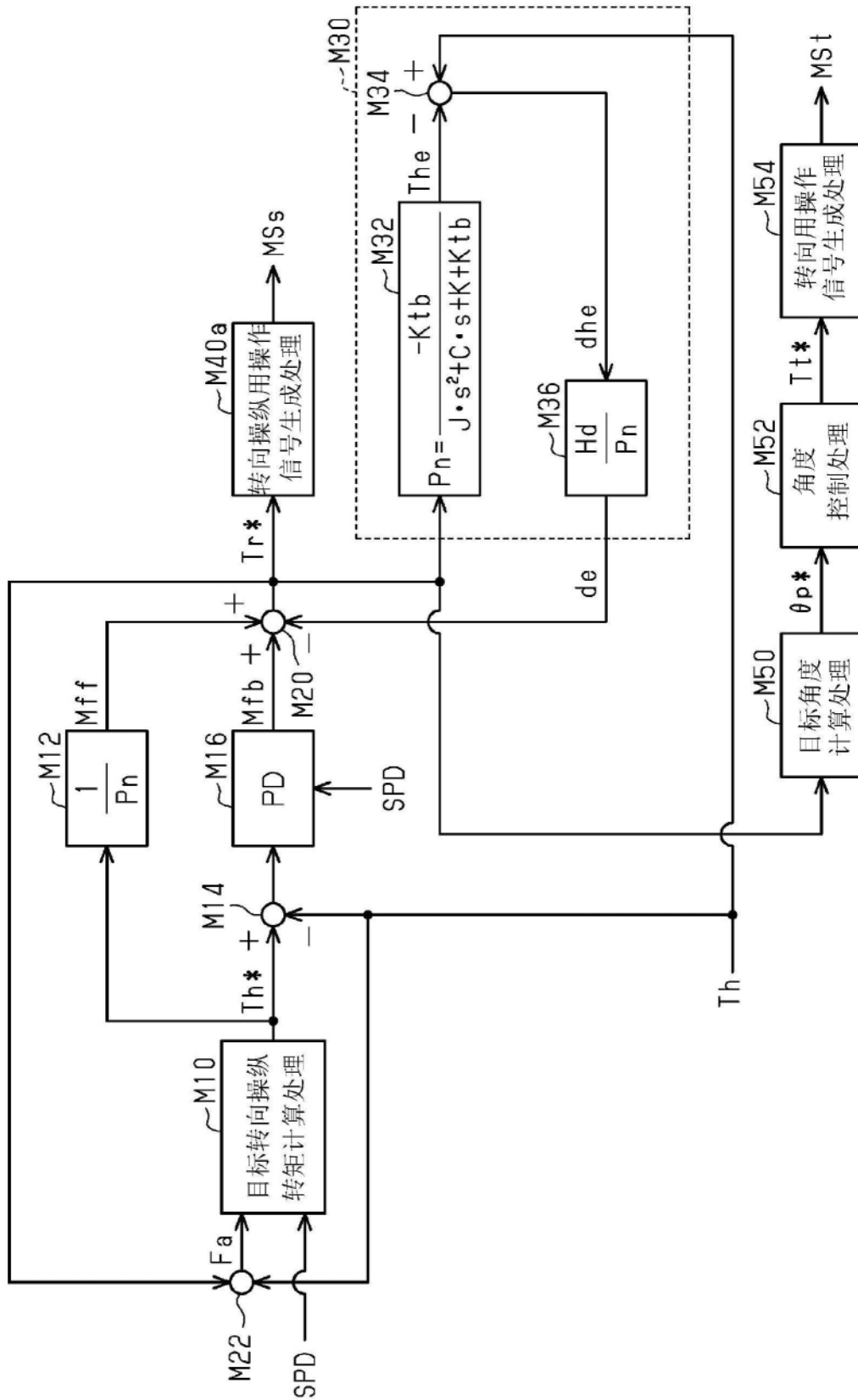


图5