



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 103661590 B

(45)授权公告日 2018.02.16

(21)申请号 201310421681.4

(22)申请日 2013.09.16

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 103661590 A

(43)申请公布日 2014.03.26

(30)优先权数据

2012-204531 2012.09.18 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 玉泉晴天 益启纯 喜多政之
并河勋

(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 6/00(2006.01)

B62D 5/04(2006.01)

B62D 101/00(2006.01)

B62D 113/00(2006.01)

B62D 119/00(2006.01)

(56)对比文件

JP 特开2006-175940 A, 2006.07.06,

US 6408235 B1, 2002.06.18,

US 6112845 A, 2000.09.05,

CN 101039836 A, 2007.09.19,

DE 10048579 A1, 2002.04.11,

审查员 郑湘南

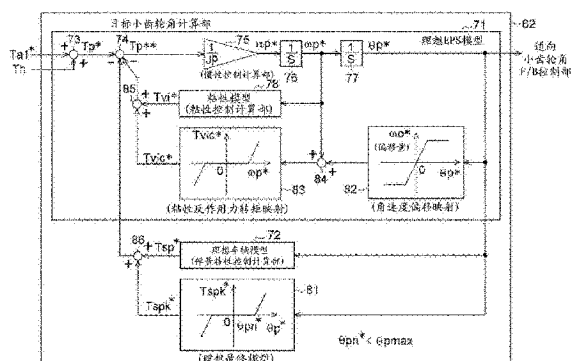
权利要求书1页 说明书10页 附图4页

(54)发明名称

电动动力转向装置

(57)摘要

本发明提供一种电动动力转向装置。目标小齿轮角计算部(62)基于基本辅助分量($Ta1^*$)和转向转矩(Th)来计算目标小齿轮角(θ_{p^*}),并且在判断为基于该目标小齿轮角(θ_{p^*})判断齿轮齿条机构的齿条轴达到了可动范围的界限的邻近位置时,对目标小齿轮角 θ_{p^*} 进行计算,以使转向反作用力急速增大。在EPS中,通过执行使目标小齿轮角(θ_{p^*})和实际小齿轮角一致的PID控制,从而对相对于用于使转向反作用力急速增大时所需的基本辅助分量($Ta1^*$)的补正分量进行计算。通过在基本辅助分量($Ta1^*$)上相加补正分量,从而在齿条轴达到可动范围的界限的邻近位置时转向反作用力被急速增大。



1. 一种电动动力转向装置,其中,具备,
电机,其为被给予至车辆的转向机构的转向辅助力的产生源;以及
控制装置,其对应于转向操作来控制所述电机,

在所述转向机构包含齿轮齿条机构的电动动力转向装置中,所述控制装置具备:第1计算部,其至少对应于转向转矩来计算用于给予至转向机构的转向辅助力的基础控制分量;以及第2计算部,其通过使对应于转向轮的转向角而旋转的旋转轴的实际旋转角与至少对应于转向转矩而被计算出的目标旋转角一致的反馈控制,来计算针对基础控制分量的补正控制分量,

所述第2计算部在目标旋转角达到了与被设定为相比齿轮齿条机构的齿条的物理上的可动范围狭小的可动范围的界限相对应的角度阈值时,在对目标旋转角的计算中所使用的至少转向转矩的大小增加这一情况进行抑制的基础上,计算所述补正控制分量,以使转向反作用力急速增大,

所述第2计算部在所述目标旋转角达到了所述角度阈值时,对辅助弹性分量进行计算,以使转向反作用力所包含的弹性分量急速增大,向驾驶员给予虚拟的顶靠感。

2. 根据权利要求1所述的电动动力转向装置,其中,

所述第2计算部在所述旋转轴的角速度达到了规定以上的大小时,对辅助粘性分量进行计算,以使转向反作用力所包含的粘性分量增大。

3. 根据权利要求2所述的电动动力转向装置,其中,

所述目标旋转角越接近所述角度阈值,所述第2计算部将所述辅助粘性分量的计算中所使用的所述角速度的大小补正得越大。

4. 根据权利要求2或3所述的电动动力转向装置,其中,

所述第2计算部在所述目标旋转角达到了规定以上的大小时,使所述辅助粘性分量增大。

电动动力转向装置

[0001] 2012年9月18日提出的日本专利申请No.2012-204531号,包括说明书、附图和摘要,通过引用其全部内容在此被编入本发明。

技术领域

[0002] 本发明涉及电动动力转向装置。

背景技术

[0003] 以往,通过向车辆的转向机构给予电机(motor)的动力来辅助驾驶员的转向操作的电动动力转向装置(以下称为“EPS”。)被广为人知。例如日本特开2006-175940A的EPS的控制器基于通过各种传感器获得的转向转矩、转向角和车轮舵角来控制电机。

[0004] 控制器具有第1和第2参考模型(将控制目的公式化的模型)。第1参考模型规定转向角与目标转向转矩的关系,第2参考模型规定转向转矩与目标转向角的关系。控制器基于由第1和第2参考模型确定的目标转向转矩和目标转向角,来进行作为反馈控制的一的PID(比例、积分、微分)控制。

[0005] 控制器分别求出相对于由第1参考模型确定的目标转向转矩而言的实际转向转矩的偏差和相对于由第2参考模型确定的目标转向角而言的实际转向角的偏差,并且控制电机以消除这些偏差。控制器通过该控制,分别使实际转向转矩跟随目标转向转矩,并且使实际转向角跟随目标转向角。

[0006] 在日本特开2006-175940A的EPS中,采用齿轮齿条机构以作为转向机构。该机构通过将伴随于转向操作的小齿轮的旋转转换成啮合于该小齿轮的齿条轴的直线运动来改变转向轮的方向。齿条轴以能够滑动的方式被收容于壳体。通常,若齿条轴达到其可动范围的界限,则发生该齿条轴的端部(齿条球关节机构)顶靠在壳体的所谓的“抵接”,并且物理上限制齿条轴的移动范围。

[0007] 在此,还可以设想尽管齿条轴的端部顶靠在壳体、但是通过由驾驶员进行的转向操作而进一步施加转向转矩的状况。例如将车驶入车库时等。上述的第2参考模型规定与转向转矩对应的理想的转向角、即目标转向角的参考模型。因此,虽然对应于转向转矩的增大而由第2参考模型确定的目标转向角增大,但是实际转向角并不增大。即,即使执行转向角的反馈控制,相对于目标转向角而言的实际转向角的偏差也不会消失,从而成为反馈控制不起作用的状态。此时,控制器控制电机以便消除这样的偏差,并且向转向方向给予过大的辅助转矩。

[0008] 若在这种状态下,例如以与之前相反的方向进行转向操作等,从而变为实际转向角能够追随目标转向角的状态,则虽然辅助转矩被修改为适当的方向和大小,但是存在在该修改过程中的辅助转矩的变化可能会导致驾驶员的不协调感的可能性。

发明内容

[0009] 本发明提供一种在齿条轴达到其可动范围的界限的所谓的抵接时能够通过抑制

转向角的反馈控制中的目标转向角与实际转向角之间产生偏差来抑制转向感的恶化的电动动力转向装置。

[0010] 根据本发明的一个例子的一个特征,电动动力转向装置具备:为给予至车辆的转向机构的转向辅助力的产生源的电机;以及对应于转向操作来控制上述电机的控制装置,在上述转向机构包含齿轮齿条机构的电动动力转向装置中,上述控制装置具备:至少对应于转向转矩来计算用于给予至转向机构的转向辅助力的基础控制分量的第1计算部;以及通过使对应于转向轮的转向角而旋转的旋转轴的实际旋转角与至少对应于转向转矩而被计算出的目标旋转角一致的反馈控制来计算针对基础控制分量的补正控制分量的第2计算部。上述第2计算部在目标旋转角达到了与被设定为相比齿轮齿条机构的齿条的物理上的可动范围狭小的可动范围的界限相对应的角度阈值时,在对目标旋转角的计算中所使用的至少转向转矩的大小增加这一情况进行抑制的基础上,计算上述补正控制分量,以使转向反作用力急速增大。

附图说明

[0011] 本发明的前述和其他的目的、特征和优点将从以下参照附图对实施方式的描述中变得清楚,附图中相同标号用来表示相同元件,附图中:

[0012] 图1表示一实施方式中的电动动力转向装置的结构。

[0013] 图2是电机控制装置的控制框图。

[0014] 图3是目标小齿轮角计算部的控制框图。

[0015] 图4是其他的实施方式中的目标小齿轮角计算部的控制框图。

具体实施方式

[0016] 下面,参照附图对本发明的各个实施方式进行说明。

[0017] 下面,基于图1~图3对将本发明具体化为电动动力转向装置的一实施方式进行说明。如图1所示,电动动力转向装置(EPS)10具备:基于驾驶员的转向操作来使转向轮转向的转向机构20;辅助驾驶员的转向操作的转向辅助机构30;以及控制转向辅助机构30的动作的ECU(电子控制装置)40。

[0018] 转向机构20具备被驾驶员操作的转向盘21和与转向盘21一体旋转的转向轴22。转向轴22由柱轴(column shaft)22a、中间轴22b以及小齿轮轴22c构成。小齿轮轴22c的下端部啮合于向与小齿轮轴22c相交的方向延伸的齿条轴23。因此,转向轴22的旋转运动通过由小齿轮轴22c和齿条轴23构成的齿轮齿条机构24转换成齿条轴23的往返直线运动。通过该往返直线运动经由分别与齿条轴23的两端连接的转向横拉杆25分别被传递至左右的转向轮26、26,这些转向轮26、26的转向角 θ_{ta} 发生变化。根据改变转向轮26、26的转向角 θ_{ta} ,车辆的行进方向发生改变。

[0019] 转向辅助机构30具备作为转向辅助力的产生源的电机31。采用无刷电机等三相交流电机作为电机31。电机31通过减速机构32而连接于柱轴22a。减速机构32对电机31的旋转进行,并将该减速后的旋转力传递至柱轴22a。即,通过转向轴22给予电机转矩以作为转向辅助力,来辅助驾驶员的转向操作。

[0020] ECU40取得设置于车辆的各种传感器的检测结果作为表示驾驶员的要求或者行驶

状态的信息的,并且对应于这些被取得的各种信息来控制电机31。作为各种传感器,例如有车速传感器410、转矩传感器420以及旋转角传感器430。车速传感器410检测车速 V 。转矩传感器420设置于柱轴22a并检测通过转向盘21向转向轴22施加的转向转矩 T_h 。旋转角传感器430设置于电机31并检测电机31的旋转角 θ_m 。ECU40基于通过这些传感器而取得的车速 V 、转向转矩 T_h 以及旋转角 θ_m ,来控制电机31。

[0021] 对ECU的硬件结构进行说明。如图2所示,ECU40具备倒相电路41和微型计算机42。倒相电路41基于由微型计算机42生成的下述的电机驱动信号,将从蓄电池等直流电源供给的直流电流转换成三相交流电流。该被转换后的三相交流电流通过各相供电路径44被供给至电机31。在各相的供电路径44上设置有电流传感器45。这些电流传感器45检测各相的供电路径44中生成的实际电流值 I 。另外,为了便于说明,在图2中,分别将各相的供电路径44和各相的电流传感器45汇总成一个来图示。

[0022] 微型计算机42将车速传感器410、转矩传感器420、旋转角传感器430以及电流传感器45的检测结果分别按确定的采样周期来读入。微型计算机42基于这些被读入的检测结果,即车速 V 、转向转矩 T_h 、旋转角 θ_m 以及电流值 I ,来生成电机驱动信号(PWM驱动信号)。

[0023] 准确地说,微型计算机42通过倒相电路41的PWM驱动来进行电机电流的矢量控制。矢量控制是指,将电机电流分成与磁场平行的d轴分量(励磁电流分量)和与其正交的q轴分量(转矩电流分量),对这些分离后的电流分别独立地进行目标控制。通过矢量控制,能够将电机31作为与直流电机类似的电机来对待。

[0024] 接下来,对微型计算机的功能结构进行说明。微型计算机42具有通过执行存储于未图示的存储装置中的控制程序来实现的各种计算处理部。如图2所示,微型计算机42具备辅助命令值计算部51、电流命令值计算部52、电机驱动信号生成部53以及小齿轮角计算部54,来作为这些计算处理部。

[0025] 辅助命令值计算部51分别读入车速 V 、转向转矩 T_h 、电机31的旋转角 θ_m 以及由小齿轮角计算部54计算出的下述的小齿轮角 θ_p ,基于这些读入的各种信息来计算辅助命令值 T_a^* 。辅助命令值 T_a^* 是表示用于使电机31产生的旋转力(辅助转矩)的命令值。其中,在后面详细说明辅助命令值计算部51。

[0026] 电流命令值计算部52基于由辅助命令值计算部51计算出的辅助命令值 T_a^* 来计算电流命令值 I^* 。电流命令值 I^* 是表示应该向电机31供给的电流的命令值。准确地说,电流命令值 I^* 包含d/q坐标系中的q轴电流命令值和d轴电流命令值。d/q坐标系是根据电机31的旋转角 θ_m 的旋转坐标。

[0027] 电机驱动信号生成部53分别读入电流命令值 I^* 、实际电流值 I 以及电机31的旋转角 θ_m ,基于这些读入的信息进行电流的反馈控制以便实际电流值 I 跟随电流命令值 I^* 。电机驱动信号生成部53求出电流命令值 I^* 与实际电流值 I 的偏差,并以消除该偏差的方式生成电机驱动信号。

[0028] 电机驱动信号生成部53使用旋转角 θ_m 来将电机31的三相的电流值转换成二相的矢量分量、即d/q坐标系中的d轴电流值和q轴电流值。然后,电机驱动信号生成部53分别求出d轴电流值与d轴电流命令值的偏差、以及q轴电流值与q轴电流命令值的偏差,并且计算消除这些偏差的PWM占空比。由电机驱动信号生成部53生成的电机驱动信号中包含该PWM占空比。通过经由倒相电路41将与该电机驱动信号相对应的电流供给至电机31,电机31产生

与辅助命令值 Ta^* 相对应的旋转力。

[0029] 小齿轮角计算部54读入电机31的旋转角 θ_m ,基于该读入的旋转角 θ_m 计算小齿轮轴22c的旋转角,即小齿轮角 θ_p 。如前所述,电机31通过减速机构32连接于柱轴22a。因此,电机31的旋转角 θ_m 与小齿轮角 θ_p 之间存在相关关系。利用该相关关系能够根据电机31的旋转角 θ_m 求出小齿轮角 θ_p 。而且,小齿轮轴22c与齿条轴23啮合。因此,小齿轮角 θ_p 与齿条轴23的移动量之间也存在相关关系。即,小齿轮角 θ_p 是反映转向轮26的转向角 θ_{ta} 的值。小齿轮角 θ_p 基于下述的目标小齿轮角 θ_{p^*} 而受到反馈控制。

[0030] 接下来,对辅助命令值计算部51进行详细说明。如图2所示,辅助命令值计算部51具有基本辅助分量计算部61、目标小齿轮角计算部62以及小齿轮角反馈控制部(小齿轮角F/B控制部)63。

[0031] 基本辅助分量计算部61基于车速 V 和转向转矩 Th 来计算基本辅助分量 $Ta1^*$ 。基本辅助分量 $Ta1^*$ 是辅助命令值 Ta^* 的基础控制分量。基本辅助分量计算部61使用将转向转矩 Th 和基本辅助分量 $Ta1^*$ 之间的关系与车速 V 相对应地规定的三维映射,来计算基本辅助分量 $Ta1^*$ 。转向转矩 Th 的绝对值越大,并且车速 V 越慢,基本辅助分量计算部61将基本辅助分量 $Ta1^*$ 的绝对值设为越大的值。

[0032] 目标小齿轮角计算部62分别读入由基本辅助分量计算部61生成的基本辅助分量 $Ta1^*$ 以及转向转矩 Th 。目标小齿轮角计算部62具有在将基本辅助分量 $Ta1^*$ 和转向转矩 Th 的总和设为基本驱动转矩(输入转矩)时基于基本驱动转矩来确定理想的小齿轮角的理想模型。理想模型是预先通过实验等来将与基本驱动转矩相对应的理想的转向角所对应的小齿轮角模型化的模型。目标小齿轮角计算部62将基本辅助分量 $Ta1^*$ 和转向转矩 Th 相加来求出基本驱动转矩,基于理想模型并根据该被求出的基本驱动转矩来计算目标小齿轮角 θ_{p^*} 。其中,在后面详细叙述目标小齿轮角计算部62。

[0033] 小齿轮角反馈控制部63分别读入由目标小齿轮角计算部62计算的目标小齿轮角 θ_{p^*} 以及由小齿轮角计算部54计算的当前小齿轮角 θ_p 。小齿轮角反馈控制部63进行PID控制以作为小齿轮角的反馈控制,以便实际小齿轮角 θ_p 跟随目标小齿轮角 θ_{p^*} 。即,小齿轮角反馈控制部63求出目标小齿轮角 θ_{p^*} 与实际小齿轮角 θ_p 的偏差,以消除该偏差的方式求出基本辅助分量 $Ta1^*$ 的补正分量 $Ta2^*$ (补正控制分量)。辅助命令值计算部51通过将基本辅助分量 $Ta1^*$ 与补正分量 $Ta2^*$ 相加来计算辅助命令值 Ta^* 。

[0034] 接下来,对目标小齿轮角计算部62进行详细说明。如前所述,目标小齿轮角计算部62基于理想模型并根据基本辅助分量 $Ta1^*$ 与转向转矩 Th 的总和、即基本驱动转矩来计算目标小齿轮角 θ_{p^*} 。该理想模型是利用施加于转向轴22的转矩、即前述的基本驱动转矩 Tp^* 以下述式(A)得以表示的模型。

$$[0035] \quad Tp^* = J\theta_{p^*}'' + C\theta_{p^*}' + K\theta_{p^*} \cdots (A)$$

[0036] 其中, J 为转向盘21和转向轴22的惯性力矩、 C 为与相对于齿条轴23的壳体而言的摩擦等相对应的粘性系数(摩擦系数)、 K 为分别将转向盘21和转向轴22看作弹簧时的弹簧系数。

[0037] 由式(A)可知,基本驱动转矩 Tp^* 能够通过将目标小齿轮角 θ_{p^*} 的二阶时间微分 θ_{p^*}'' 乘以惯性力矩 J 所得的值、目标小齿轮角 θ_{p^*} 的一阶时间微分 θ_{p^*}' 乘以粘性系数 C 所得的值以及目标小齿轮角 θ_{p^*} 乘以弹簧系数 K 所得的值相加来得出。

[0038] 目标小齿轮角计算部62按照基于式(A)的理想模型来计算目标小齿轮角 θ_{p*} 。如图3所示,基于式(A)的理想模型被分为理想EPS模型71以及理想车辆模型72。

[0039] 理想EPS模型71对应于转向轴22以及电机31等电动动力转向装置10的各个组成元件的特性而被调整。理想EPS模型71具有加法器73、减法器74、惯性模型75、第1积分器76、第2积分器77以及粘性模型78。

[0040] 加法器73通过将基本辅助分量 T_{a1*} 和转向转矩 T_h 相加来计算基本驱动转矩 T_{p*} 。减法器74从由加法器73计算出的基本驱动转矩 T_{p*} 分别减去后述的粘性分量 T_{vi*} 以及弹簧分量 T_{sp*} 。此处,将减去粘性分量 T_{vi*} 以及弹簧分量 T_{sp*} 后的基本驱动转矩 T_{p*} 的值设为减法值 T_{p**} 。

[0041] 惯性模型75作为对应于式(A)的惯性项的惯性控制计算部来发挥功能。惯性模型75通过将由减法器74计算出的减法值 T_{p**} 乘以惯性力矩 J_p 的倒数来计算小齿轮角加速度 α_{p*} 。

[0042] 第1积分器76通过对由惯性模型75计算出的小齿轮角加速度 α_{p*} 进行积分来计算小齿轮角速度 ω_{p*} 。第2积分器77通过对由第1积分器76计算出的小齿轮角速度 ω_{p*} 进一步进行积分来计算目标小齿轮角 θ_{p*} 。目标小齿轮角 θ_{p*} 是基于理想EPS模型71的小齿轮轴22c的理想的旋转角。

[0043] 粘性模型78作为对应于式(A)的粘性项的粘性控制计算部来发挥功能。粘性模型78通过将由第1积分器76计算出的小齿轮角速度 ω_{p*} 乘以粘性系数C来计算基本驱动转矩 T_{p*} 的粘性分量 T_{vi*} 。

[0044] 理想车辆模型72对应于搭载电动动力转向装置10的车辆的特性而被调整。对转向特性带来影响的车辆侧的特性例如根据悬架以及车轮定位的规格,以及转向轮26、26的夹持力(摩擦力)等而被确定。理想车辆模型72作为对应于式(A)的弹簧项的弹簧特性控制计算部来发挥功能。理想车辆模型72通过将由第2积分器77计算出的目标小齿轮角 θ_{p*} 乘以弹簧系数K来计算基本驱动转矩 T_{p*} 的弹簧分量 T_{sp*} 。

[0045] 根据这样构成的目标小齿轮角计算部62,通过分别调整理想EPS模型71的惯性力矩J和粘性系数C以及理想车辆模型72的弹簧系数K,能够直接调整基本驱动转矩 T_{p*} 和目标小齿轮角 θ_{p*} 的关系,进而能够实现期望的转向特性。

[0046] 在本实施例中,从基本驱动转矩 T_{p*} 基于理想EPS模型71和理想车辆模型72来设定目标小齿轮角 θ_{p*} ,以实际小齿轮角 θ_p 与目标小齿轮角 θ_{p*} 一致的方式进行反馈控制。如前所述,小齿轮角 θ_p 与转向轮26、26的转向角 θ_{ta} 之间存在相关关系。因此,与基本驱动转矩 T_{p*} 相对应的转向轮26、26的转向动作也根据理想EPS模型71和理想车辆模型72而被确定。即,车辆的转向感由理想EPS模型71和理想车辆模型72而被确定。因此,可实现能够根据理想EPS模型71和理想车辆模型72的调整来实现期望的转向感。

[0047] 并且,实际转向角 θ_{ta} 被维持在与目标小齿轮角 θ_{p*} 相对应的转向角 θ_{ta} 。因此,还能够得到对因路面状态或者制动等扰动而产生的反向输入振动等的抑制效果。即,在振动经过转向轮26、26被传递至转向机构20的情况下,将补正分量 T_{a2*} 调节为小齿轮角 θ_p 成为目标小齿轮角 θ_{p*} 。因此,实际转向角 θ_{ta} 被维持在与由理想模型规定的目标小齿轮角 θ_{p*} 相对应的转向角 θ_{ta} 。从结果来看,通过向消除反向输入振动方向进行转向辅助,抑制反向输入振动传递至转向盘21。

[0048] 此处,如前所述,小齿轮角反馈控制部63以实际小齿轮角 θ_p 跟随目标小齿轮角 θ_{p*} 的方式进行小齿轮角 θ_p 的PID控制。因此,在通过驾驶员的转向操作而齿条轴23的端部顶靠壳体时,由目标小齿轮角计算部62计算出的目标小齿轮角 θ_{p*} 与实际小齿轮角 θ_p 的偏差根据PID控制的积分动作而随时间积累。因此,即使该偏差因以与之前相反的方向进行转向操作等被消失,小齿轮角反馈控制部63产生与之前的偏差的累计值相对应的补正分量 $Ta2^*$ 。基于相加该补正分量 $Ta2^*$ 的辅助命令值 Ta^* 的转向辅助并非与此时的转向操作相对应的转向辅助。因此,驾驶员在进行转向操作时可能会感到不协调感。

[0049] 因此,在本实施例中,通过由微型计算机42进行的电机31的控制,来虚拟地生成齿条轴23能够移动的范围。在齿条轴23达到了齿条轴23的移动被机械性地限制的实际的可动范围的界限之前,微型计算机42产生虚拟的可动范围。通过在齿条轴23达到了实际的可动范围的界限之前、即齿条球关节机构顶靠壳体之前向驾驶员给予虚拟的顶靠感,从而抑制转向盘21直到齿条球关节机构实际上顶靠在壳体为止被操作的现象。下面,对生成齿条轴23的虚拟的可动范围的单元进行详细说明。

[0050] 如图3所示,目标小齿轮角计算部62具有理想最终模型81。理想最终模型81是一种为了生成虚拟的可动范围而通过实验将与利用第2积分器77计算出的目标小齿轮角 θ_{p*} 相对应的理想的弹簧反力转矩 T_{spk}^* 模型化的模型。弹簧反力转矩 T_{spk}^* 是相对于与基本驱动转矩 T_p^* 相对应的目标小齿轮角 θ_{p*} 而言的补正分量,并且是相对于基本驱动转矩 T_p^* 的弹簧分量 T_{sp}^* 而言的补正分量。

[0051] 理想最终模型81计算与该时刻的目标小齿轮角 θ_{p*} 相对应的弹簧反力转矩 T_{spk}^* (辅助弹性分量)。例如目标小齿轮角 θ_{p*} 向以0为基准的正方向增大时的理想最终模型81的特性如下。即,理想最终模型81直到目标小齿轮角 θ_{p*} 达到小齿轮角 θ_p 的可取值的最大值 θ_{pmax} (可动范围的界限)的邻近值 θ_{pn}^* (角度阈值)为止,不生成弹簧反力转矩 T_{spk}^* 。理想最终模型81在目标小齿轮角 θ_{p*} 达到邻近值 θ_{pn}^* 之后产生弹簧反力转矩 T_{spk}^* ,并且使弹簧反力转矩 T_{spk}^* 的值向正方向急速增大。在目标小齿轮角 θ_{p*} 达到邻近值 θ_{pn}^* 以后并且在达到最大值 θ_{pmax} 之前,弹簧反力转矩 T_{spk}^* 达到如下的值。即,从基本驱动转矩 T_p^* 中减去前述的粘性分量 T_{vi}^* 和弹簧分量 T_{sp}^* ,并且还减去弹簧反力转矩 T_{spk}^* 。由此,将弹簧反力转矩 T_{spk}^* 设定为,成为将目标小齿轮角 θ_{p*} 计算出的基础的减法值 T_{p**} 的大小在这之后不增大。另外,目标小齿轮角 θ_{p*} 向以0为基准的负方向增大时也是相同的。

[0052] 如前所述,小齿轮角 θ_p 与齿条轴23的移动量之间存在相关关系。因此,能够将齿条轴23的位置换算成小齿轮角 θ_p 来表示。

[0053] 根据这样构成的理想最终模型81,例如在正的基本驱动转矩 T_p^* 起作用而导致目标小齿轮角 θ_{p*} 达到正的邻近值 θ_{pn}^* 时,正的弹簧反力转矩 T_{spk}^* 急速增大。由理想最终模型81计算出的弹簧反力转矩 T_{spk}^* 根据加法器86而被与由理想车辆模型72计算出的弹簧分量 T_{sp}^* 相加。因此,在减法器74中,相当于弹簧反力转矩 T_{spk}^* 的大小的弹簧分量 T_{sp}^* 值从基本驱动转矩 T_p^* 中被减去。即,由减法器74计算出的减法值 T_{p**} 变为相当于弹簧反力转矩 T_{spk}^* 的量被减小的值。

[0054] 弹簧反力转矩 T_{spk}^* 的大小按照在理想最终模型81中规定的梯度,随着目标小齿轮角 θ_{p*} 增大而变大。通过弹簧反力转矩 T_{spk}^* 的大小的增大,防止减法值 T_{p**} 的大小增大,进而防止基于该减法值 T_{p**} 的目标小齿轮角 θ_{p*} 的大小增大。其结果,基于该减法值 T_{p**} 来

防止通过惯性模型75、第1积分器76和第2积分器77计算出的目标小齿轮角 θ_{p*} 成为超过实际小齿轮角 θ_p 的最大值 θ_{pmax} 的大小。因此,在本实施例的电动动力转向装置10中,小齿轮角 θ_p 不会达到最大值 θ_{pmax} ,邻近值 θ_{pn*} 成为实质上的可动范围的界限。由于本实施例的电动动力转向装置10即使在这种生成的虚拟的可动范围的界限中也能够通过小齿轮角反馈控制来使小齿轮角 θ_p 跟随目标小齿轮角 θ_{p*} ,所以目标小齿轮角 θ_{p*} 与实际小齿轮角 θ_p 之间不产生偏差。因此,驾驶员能够在未感觉到不协调感的情况下进行转向。

[0055] 此外,理想最终模型81中的弹簧反力转矩 T_{spk*} 的增大作为转向反作用力而通过转向盘21被传递给驾驶员。因此,通过基于理想最终模型81的理想的转向反作用力,驾驶员得到虚拟的可动范围的界限中的顶靠感。其中,负基本驱动转矩 T_p* 起到作用而导致目标小齿轮角 θ_{p*} 达到了负邻近值 θ_{pn*} 时也与前述的情况相同。

[0056] 这样,转向盘21的转向范围被虚拟地限制于比原来的最大转向范围狭小的范围内。因此,抑制齿条轴23被转向操作至实际顶靠壳体为止,防止过大的冲击作用于齿条轴23或壳体。

[0057] 但是,将理想最终模型81中的弹簧反力转矩 T_{spk*} 的增大梯度设定得越大,担心存在如下所述的问题。即,在齿条轴23达到虚拟的可动范围的界限的情况下,转向反作用力按照理想最终模型81非常急速地增大时,该转向反作用力可能会通过转向盘21被传递给驾驶员以作为冲击。因此,在本实施例中,为了缓解齿条轴23达到虚拟的可动范围的界限时的冲击,采用如下所述的结构。

[0058] 如图3所示,在目标小齿轮角计算部62、准确地说在理想EPS模型71中设置有角速度偏移映射82和粘性反作用力转矩映射83。

[0059] 角速度偏移映射82规定目标小齿轮角 θ_{p*} 与偏移量 ω_o* 的关系。角速度偏移映射82对应于目标小齿轮角 θ_{p*} 来计算相对于小齿轮角速度 ω_{p*} (由第1积分器76计算出的小齿轮角速度 ω_{p*})而言的偏移量。目标小齿轮角 θ_{p*} 越接近与虚拟的可动范围的界限相对应的邻近值 θ_{pn*} ,角速度偏移映射82将小齿轮角速度 ω_{p*} 的偏移量设定得越大。并且,在目标小齿轮角 θ_{p*} 达到了邻近值 θ_{pn*} 以后,角速度偏移映射82将偏移量维持在一定的值。由角速度偏移映射82计算出的偏移量通过加法器84而被与由第1积分器76计算出的小齿轮角速度 ω_{p*} 相加。下面,将偏移量相加后的小齿轮角速度 ω_{p*} 称为“偏移后的小齿轮角速度 ω_{p*} ”。

[0060] 粘性反作用力转矩映射83规定小齿轮角速度 ω_{p*} 与粘性反作用力转矩 T_{vic*} 的关系。粘性反作用力转矩映射83对应于偏移后的小齿轮角速度 ω_{p*} 而计算粘性反作用力转矩 T_{vic*} (辅助粘性分量)。若小齿轮角速度 ω_{p*} 的大小达到一定的大小以上,则粘性反作用力转矩映射83使粘性反作用力转矩 T_{vic*} 的大小急速增大。由粘性反作用力转矩映射83计算出的粘性反作用力转矩 T_{vic*} 通过加法器85而被相加至利用粘性模型78计算出的粘性分量 T_{vi*} 。

[0061] 通过这样在目标小齿轮角计算部62(准确地说,理想EPS模型71)中设置角速度偏移映射82和粘性反作用力转矩映射83,目标小齿轮角 θ_{p*} 越靠近与虚拟的可动范围的界限相对应的邻近值 θ_{pn*} ,相对于小齿轮角速度 ω_{p*} 而言的偏移量 ω_o* 越大。因此,易于将粘性反作用力转矩 T_{vic*} 设定为较大。该粘性反作用力转矩 T_{vic*} 被相加至利用粘性模型78计算出的粘性分量 T_{vi*} ,该被相加后的粘性分量 T_{vi*} 被从基本驱动转矩 T_p* 中减去。因此,对应于偏移后的小齿轮角速度 ω_{p*} ,粘性阻力向与实际小齿轮角速度相反的方向起到作用。即,

即使齿条轴23快速达到了虚拟的可动范围的界限,由于当小齿轮角速度 ω_{p*} 在规定以上值的情况下将粘性反作用力转矩 T_{vic*} 相加,所以与平时相比转向机构20的粘性阻力增大。因此,抑制齿条轴23达到了虚拟的可动范围的界限时的冲击感。

[0062] 根据本实施方式,能够得到以下的效果。

[0063] (1)在齿条轴23达到了可动范围的界限的邻近位置(虚拟的可动范围的界限)时,通过基于补正分量 $Ta2*$ 的基本辅助分量 $Ta1*$ 的补正,转向盘21的转向反作用力急速增大。此时的补正分量 $Ta2*$ 通过抑制用于目标小齿轮角 θ_{p*} 的计算的基本驱动转矩 $Tp*$ (基本辅助分量 $Ta1*$ 和转向转矩 Th 的总和)的大小增加、并且能够对应于该被抑制后的基本驱动转矩 $Tp*$ 而被计算出的目标小齿轮角 θ_{p*} 和实际小齿轮角 θ_p 的反馈控制而被得出。由目标小齿轮角计算部62计算出的目标小齿轮角 θ_{p*} 的大小减少了相当于基本驱动转矩 $Tp*$ 的大小被抑制的量。由此,在齿条轴23达到了所设定的虚拟的可动范围的界限时,防止利用目标小齿轮角计算部62计算的目标小齿轮角 θ_{p*} 的大小超过小齿轮角 θ_p 所能取值的最大值 θ_{pmax} 的邻近值 θ_{pn*} 而变得更大。其结果,由于即使齿条轴23达到了所设定的虚拟的可动范围的界限,小齿轮角 θ_p 的反馈控制中的目标小齿轮角 θ_{p*} 与实际小齿轮角 θ_p 之间,换言之转向角 θ_{ta} 的反馈控制中的目标转向角与实际转向角 θ_{ta} 之间也不产生偏差,所以不存在造成转向感恶化的可能性。

[0064] 此外,该转向反作用力是向与转向转矩 Th 相反的方向起到作用的力。因此,能够通过经由微型计算机42的控制使转向反作用力增大来虚拟地设定齿条轴23的可动范围。由此,转向操舵的范围被虚拟地限制在比原来的最大转向范围狭小的范围内。因此,抑制直到实际的物理上的可动范围的界限为止齿条轴23被进行转向操作。即,由于齿条轴23不会达到物理上的可动范围的界限,所以在本实施例的电动动力转向装置10中,不发生如以往那样的抵接。因此,也不存在以往那样抵接时的过大的冲击作用于转向机构20的可能性。

[0065] (2)目标小齿轮角计算部62的理想最终模型81在目标小齿轮角 θ_{p*} 达到了邻近值 θ_{pn*} 时,计算弹簧反力转矩 T_{spk*} ,以使转向反作用力的弹性分量(弹簧分量)急速增大。目标小齿轮角计算部62与相当于弹簧反力转矩 T_{spk*} 的量的大小被抑制的基本驱动转矩 $Tp*$ (减法值 $Tp**$)对应地计算目标小齿轮角 θ_{p*} 。小齿轮角反馈控制部63通过由目标小齿轮角计算部62计算出的目标小齿轮角 θ_{p*} 和实际小齿轮角 θ_p 的反馈控制来计算补正分量 $Ta2*$ 。通过基于该补正分量 $Ta2*$ 的基本辅助分量 $Ta1*$ 的补正,转向反作用力所包含的弹性分量急速增大。由此,通过经由基于弹簧反力转矩 T_{spk*} 的基本辅助分量 $Ta1*$ 的补正从而使转向反作用力所包含的弹性分量急速增大,能够向驾驶员给予虚拟的顶靠感。

[0066] (3)目标小齿轮角计算部62的粘性反作用力转矩映射83,在小齿轮角速度 ω_{p*} 达到了规定以上的大小时,计算粘性反作用力转矩 T_{vic*} ,以使转向反作用力所包含的粘性分量增大。目标小齿轮角计算部62对应于粘性反作用力转矩 T_{vic*} 的量的大小被抑制的基本驱动转矩 $Tp*$ (减法值 $Tp**$)来计算目标小齿轮角 θ_{p*} 。小齿轮角反馈控制部63通过由目标小齿轮角计算部62计算出的目标小齿轮角 θ_{p*} 和实际小齿轮角 θ_p 的反馈控制来计算补正分量 $Ta2*$ 。通过基于该补正分量 $Ta2*$ 的基本辅助分量 $Ta1*$ 的补正,转向反作用力所包含的粘性分量急速增大。在使转向反作用力急速增大的情况下,该转向反作用力可能作为冲击而通过转向机构20被传递给驾驶员。关于这一点,根据本实施例,即使齿条轴23迅速地达到了虚拟的可动范围的界限,由于转向反作用力的粘性分量增大,所以也能够通过粘性阻力缓解

因转向反作用力产生的冲击。

[0067] (4) 目标小齿轮角 θ_{p*} 越接近邻近值 θ_{pn*} , 目标小齿轮角计算部62用越大的值来补正用于计算粘性反作用力转矩 T_{vic*} 的小齿轮角速度 ω_{p*} 的大小。具体而言, 目标小齿轮角 θ_{p*} 越接近邻近值 θ_{pn*} , 角速度偏移映射82将小齿轮角速度 ω_{p*} 的偏移量 ω_o* 设定得越大。偏移量 ω_o* 通过加法器84被相加至由第1积分器76计算出的小齿轮角速度 ω_{p*} 。粘性反作用力转矩映射83使用偏移后的小齿轮角速度 ω_{p*} 来计算粘性反作用力转矩 T_{vic*} 。根据该结构, 目标小齿轮角 θ_{p*} 越接近邻近值 θ_{pn*} , 用于计算粘性反作用力转矩 T_{vic*} 的小齿轮角速度 ω_{p*} 的大小被补正为越大的值, 因此易于计算粘性反作用力转矩 T_{vic*} 。因此, 能够有效地缓解齿条轴23达到虚拟的可动范围的界限时的冲击。

[0068] (5) 根据将与目标小齿轮角 θ_{p*} 相对应的转向反作用力分量、即弹簧反力转矩 T_{spk*} 模型化的理想最终模型81, 转向反作用力增大。通过理想最终模型81的调整, 能够自如地形成齿条轴23的虚拟的可动范围。

[0069] (6) 作为与转向轮26、26的转向角 θ_{ta} 成比例而旋转的旋转轴, 采用小齿轮轴22c。通过小齿轮角 θ_p 的PID控制, 能够间接地控制转向角 θ_{ta} 。即, 还可以将小齿轮角 θ_p 的反馈控制称为转向角 θ_{ta} 的反馈控制。

[0070] 另外, 还可以将上述实施方式按照如下所述的方式进行改变来实施。

[0071] 还可以在由粘性反作用力转矩映射83计算出的粘性反作用力转矩 T_{vic*} 上乘以反馈增益。即, 如图4所示, 在目标小齿轮角计算部62中设置反馈增益映射91。反馈增益映射91规定目标小齿轮角 θ_{p*} 和反馈增益(角度增益)G的关系。在目标小齿轮角 θ_{p*} 接近邻近值 θ_{pn*} 时, 反馈增益映射91使反馈增益G的值相对于目标小齿轮角 θ_{p*} 而言急速增大。并且, 在目标小齿轮角 θ_{p*} 达到邻近值 θ_{pn*} 之后, 反馈增益映射91维持反馈增益G为一定值。这样, 在目标小齿轮角 θ_{p*} 达到规定以上的大小时, 即齿条轴23接近虚拟的可动范围的界限时, 目标小齿轮角计算部62使粘性反作用力转矩 T_{vic*} 增大。根据该结构, 在目标小齿轮角 θ_{p*} 达到邻近值 θ_{pn*} 时, 通过使转向反作用力的粘性分量进一步增加, 能够更加有效地缓解齿条轴23达到虚拟的可动范围的界限时的冲击。

[0072] 虽然设定为针对与转向轮26、26的转向角 θ_{ta} 相对应的小齿轮角 θ_p 进行反馈控制, 但是还可以设定为针对中间轴22b的旋转角进行反馈控制。此外, 还可以针对电机31的输出轴的旋转角进行反馈控制。由于中间轴22b和电机31的输出轴的旋转角中的任一个均是反映转向角 θ_{ta} 的值, 所以通过这些旋转角的反馈控制, 能够间接地进行转向角 θ_{ta} 的反馈控制。并且, 还可以设定为检测出向轮26、26的转向角 θ_{ta} 并针对该转向角 θ_{ta} 直接进行反馈控制。这种情况下, 目标小齿轮角计算部62作为目标转向角计算部来发挥功能, 小齿轮角反馈控制部63作为转向角反馈控制部来发挥功能。即使这样设定, 在齿条轴23达到虚拟的可动范围的界限时, 转向角 θ_{ta} 的反馈控制中的目标转向角和实际转向角之间也不产生偏差, 因此不存在转向感不会恶化的可能性。

[0073] 虽然将理想最终模型81作为分别记载为与理想EPS模型71和理想车辆模型72为同一层次上的不同模型, 但是还可以构成该理想最终模型81被包含于理想车辆模型72中。

[0074] 虽然将理想EPS模型71设定为基于基本辅助分量 T_{a1*} 和转向转矩 T_h 的总和来求出目标小齿轮角 θ_{p*} (理想小齿轮角), 但是还可以被设定为仅基于转向转矩 T_h 来求出目标小齿轮角 θ_{p*} 。

[0075] 虽然将转矩传感器420设置于柱轴22a,但是还可以设置于中间轴22b或者小齿轮轴22c。若能够检测转向转矩 T_h ,则可以设置于转向机构20的适当的地方。

[0076] 虽然将基本辅助分量计算部61设定成基于转向转矩 T_h 和车速 V 来求出基本辅助分量 T_{a1*} ,但是还可以设定成仅基于转向转矩 T_h 来求出基本辅助分量 T_{a1*} 。此外,还可以将基本辅助分量计算部61设定成执行相位补偿控制和转矩微分控制中的至少一个控制。相位补偿控制还可以基于辅助梯度来使由转矩传感器420检测出的转向转矩 T_h 的相位发生变化。期望基本辅助分量 T_{a1*} 的微分值越大,在转矩微分控制中将基本辅助分量 T_{a1*} 的值设得越大。

[0077] 虽然将理想最终模型81包含于目标小齿轮角计算部62,但是还可以作为微型计算机42的功能来单独地设置理想最终模型81。

[0078] 在小齿轮角反馈控制部63中,对于小齿轮角 θ_p 进行PID控制,但是还可以进行PI控制。

[0079] 虽然将本发明具体体现为向柱轴22a给予转向辅助力的电动动力转向装置10,但是还可以体现于例如向小齿轮轴22c或者齿条轴23给予转向辅助力的类型的电动动力转向装置。

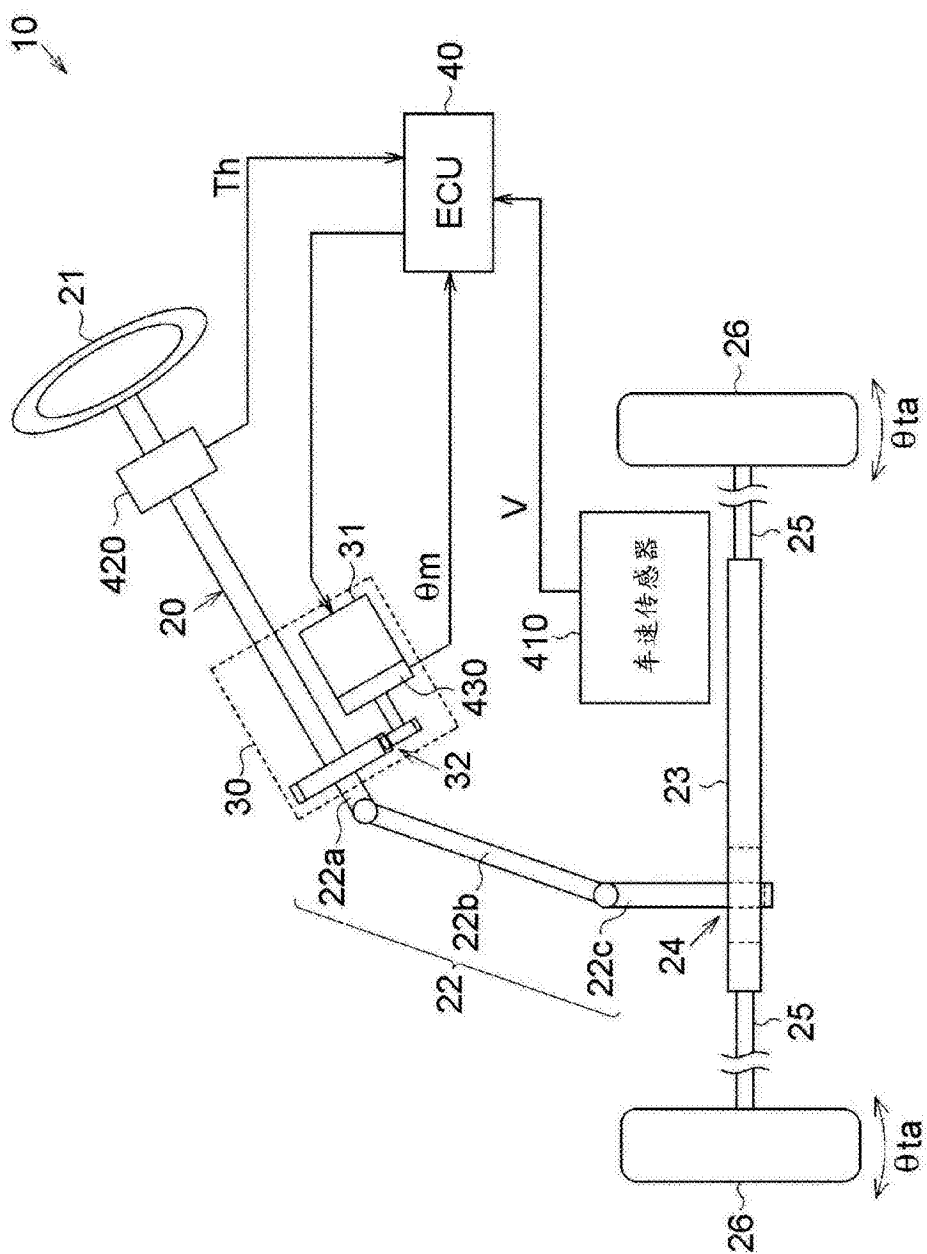


图 1

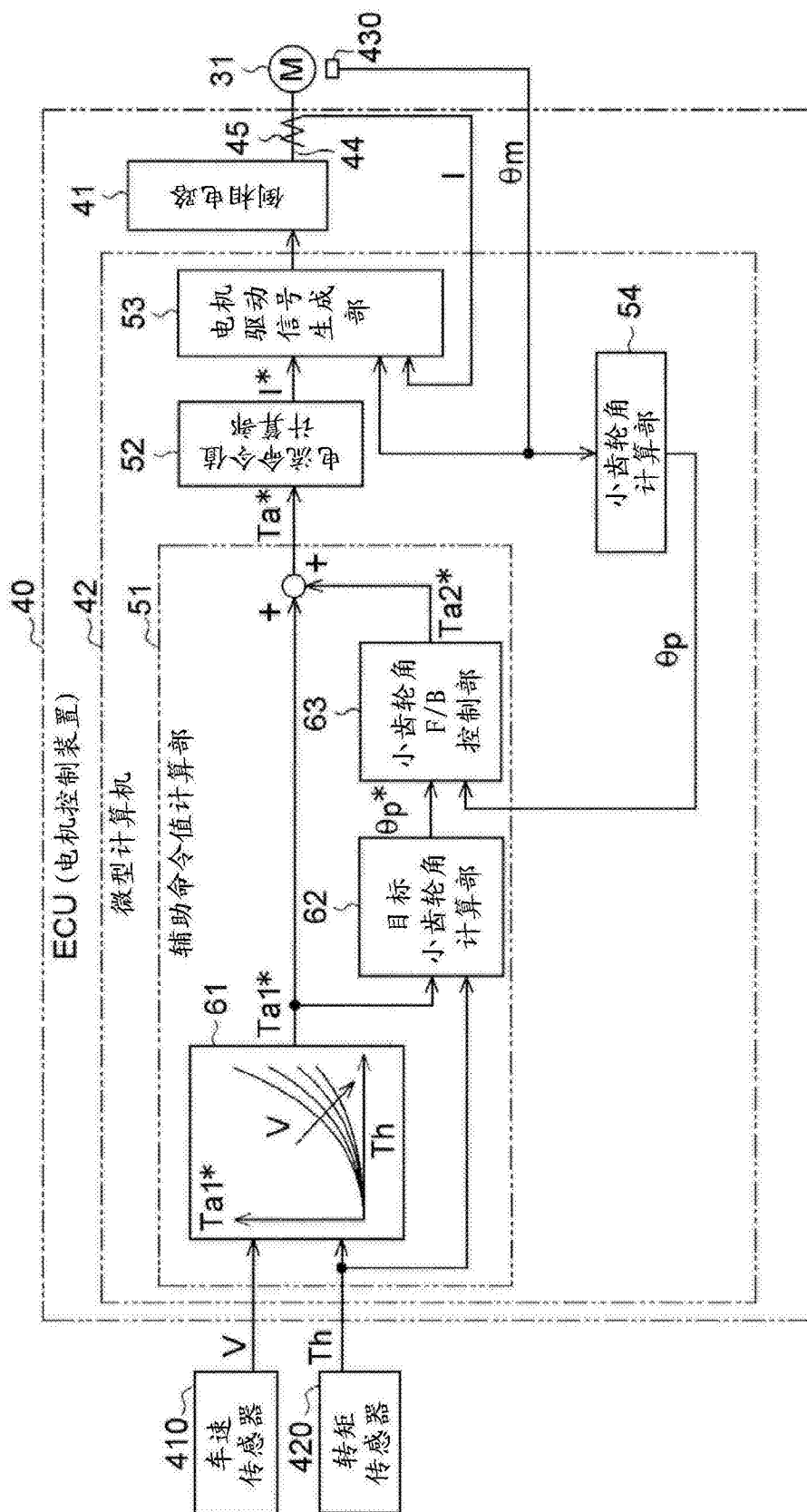


图2

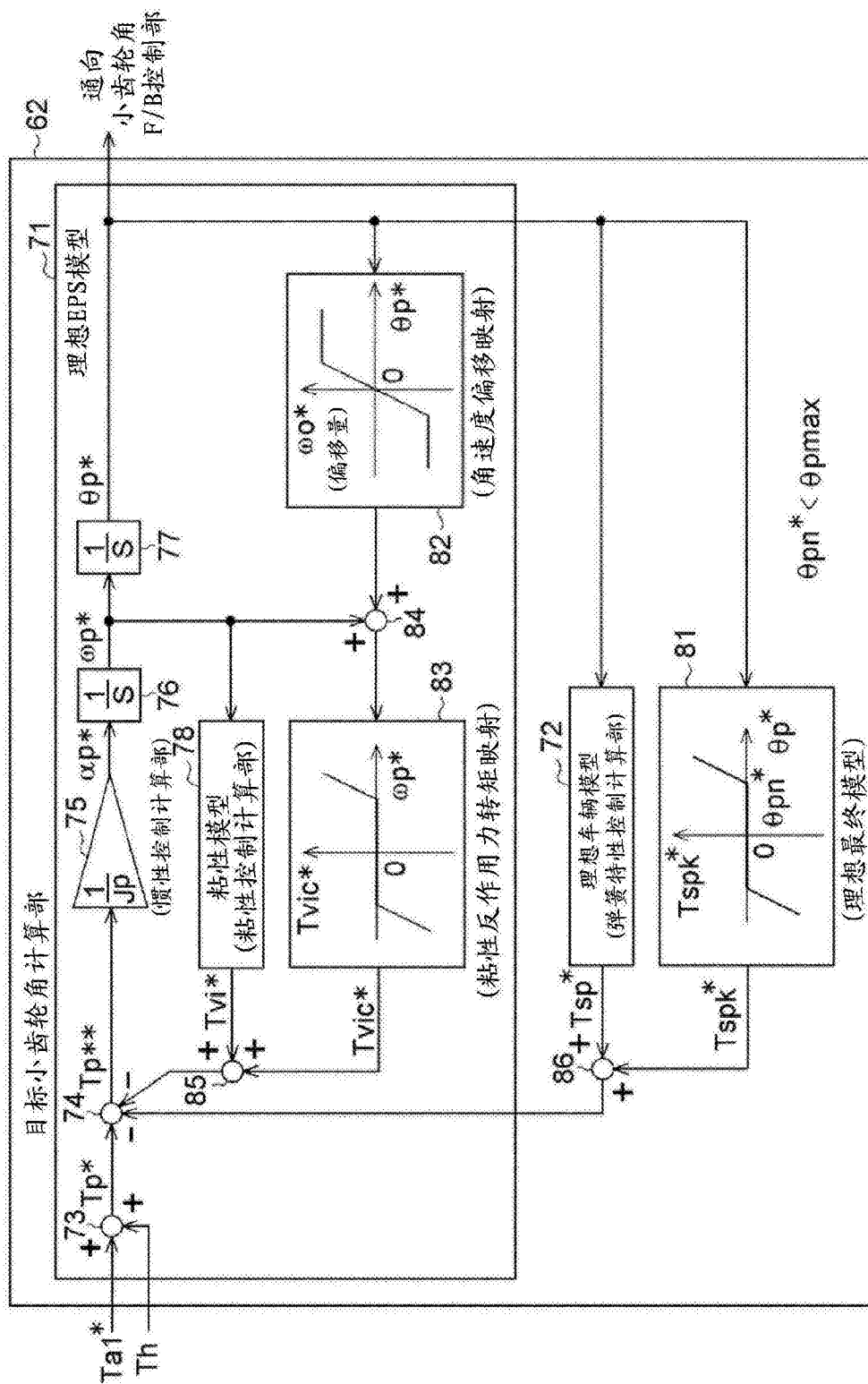


图3

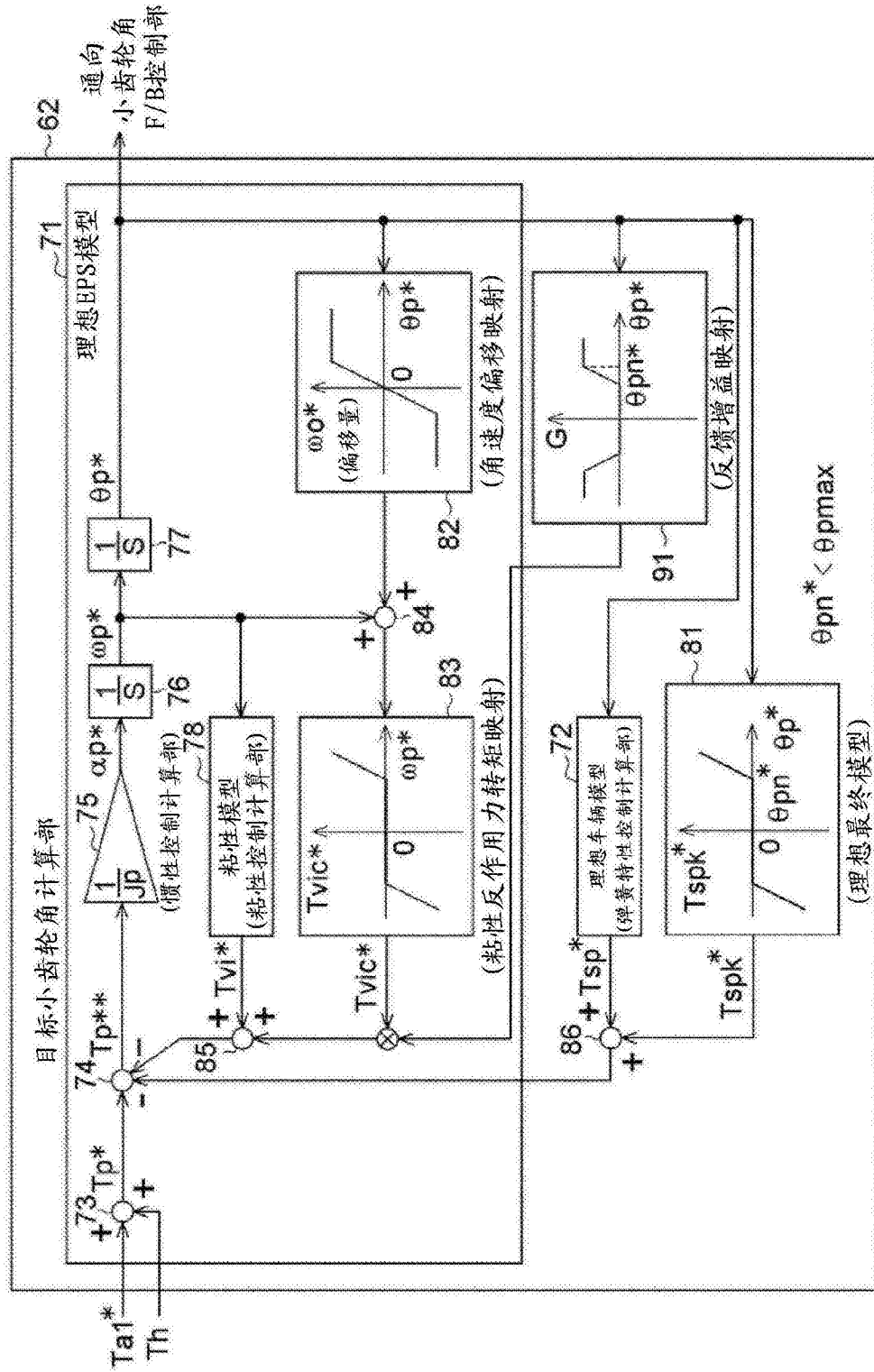


图4