



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 115503810 A

(43) 申请公布日 2022.12.23

(21) 申请号 202210615196.X

B62D 137/00 (2006.01)

(22) 申请日 2022.06.01

(30) 优先权数据

2021-095074 2021.06.07 JP

(71) 申请人 株式会社捷太格特

地址 日本爱知县

(72) 发明人 内野义友辉 并河勋 柴田宪治
佐藤孝文

(74) 专利代理机构 北京集佳知识产权代理有限公司 11227

专利代理人 陈炜 何方

(51) Int.Cl.

B62D 5/04 (2006.01)

B62D 6/00 (2006.01)

B62D 3/12 (2006.01)

权利要求书2页 说明书16页 附图5页

(54) 发明名称

转向控制装置

(57) 摘要

本发明公开了转向控制装置。转向控制装置(1)将转向装置(2)作为目标进行控制，转向装置(2)包括转向致动器(12)和转动致动器(31)，转动致动器(31)具有动力传递路径从转向致动器(12)切断的结构。转向控制装置(1)包括控制单元。该控制单元被配置成执行以下操作：当偏差量的绝对值是第一范围内的值时，执行转动侧同步控制；当偏差量的绝对值是第二范围内的值时，执行转向侧同步控制，第二范围内的值是比第一范围内的值较大的值；以及当偏差量的绝对值是第三范围内的值时，执行转动侧同步控制和转向侧同步控制中至少之一，第三范围内的值是第一范围内的值与第二范围内的值之间的值。

处理方式	偏差量 $\Delta\theta$	启动同步处理	正常校正处理
A	$\Delta\theta \leq \theta_1$	无	转动偏移控制
B	$\theta_1 < \Delta\theta \leq \theta_2$	第一简化同步控制	无
C	$\theta_2 < \Delta\theta \leq \theta_1 + \theta_2$	第二简化同步控制	转动偏移控制
D	$\theta_1 + \theta_2 < \Delta\theta$	常规同步控制	无

1. 一种转向控制装置(1)，所述转向控制装置(1)将转向装置(2)作为目标进行控制，所述转向装置(2)包括：转向致动器(12)，所述转向致动器(12)操作成向车辆的方向盘(3)施加转向反作用力；以及转动致动器(31)，所述转动致动器(31)具有动力传递路径从所述转向致动器(12)切断的结构并且操作成使所述车辆的转动轮(5)转动，

所述转向控制装置(1)的特征在于包括控制单元，所述控制单元执行对所述转向致动器(12)和所述转动致动器(31)中至少之一的操作进行控制的同步控制，使得所述方向盘(3)的旋转位置与所述转动轮(5)的转动位置之间的位置关系满足预定对应关系，其中：

所述控制单元被配置成执行以下处理，所述处理包括：偏差量确定处理，所述偏差量确定处理确定在所述车辆的电力接通时所述位置关系与所述预定对应关系的偏差量的绝对值的大小；以及同步控制处理，所述同步控制处理基于所述偏差量确定处理的确定结果执行所述同步控制，所述同步控制是以下项中的至少一项：通过对所述转动致动器(31)进行操作而对所述转动位置执行校正处理的转动侧同步控制；以及通过对所述转向致动器(12)进行操作而对所述旋转位置执行校正处理的转向侧同步控制；以及

所述控制单元被配置成在所述同步控制处理中执行以下操作：就所述偏差量是大还是小而言，当所述偏差量的绝对值是第一范围内的值时，执行所述转动侧同步控制，所述第一范围内的值是小值；就所述偏差量是大还是小而言，当所述偏差量的绝对值是第二范围内的值时，执行所述转向侧同步控制，所述第二范围内的值是比所述第一范围内的值较大的值；以及当所述偏差量的绝对值是第三范围内的值时，执行所述转动侧同步控制和所述转向侧同步控制中至少之一，所述第三范围内的值是所述第一范围内的值与所述第二范围内的值之间的值。

2. 根据权利要求1所述的转向控制装置(1)，其特征在于：

所述控制单元被配置成：当所述偏差量的绝对值是所述第二范围的值或所述第三范围内的值时，执行所述转向侧同步控制；以及

所述控制单元被配置成使得在所述偏差量的绝对值是所述第二范围内的值时所述转向侧同步控制被执行为涉及使所述方向盘(3)在一个方向上旋转然后使所述方向盘(3)在与所述一个方向相反的方向上旋转的两个动作的校正处理，以及使得在所述偏差量的绝对值是所述第三范围内的值时所述转向侧同步控制被执行为涉及使所述方向盘(3)在一个方向上旋转的一个动作的校正处理。

3. 根据权利要求1或2所述的转向控制装置(1)，其特征在于，所述控制单元被配置成：就所述第三范围内的值是大还是小而言，当所述偏差量的绝对值是第四范围内的值时，执行所述转动侧同步控制和所述转向侧同步控制中的所述转向侧同步控制，所述第四范围内的值是所述第三范围内的值中的小值；以及就所述第三范围内的值是大还是小而言，当所述偏差量的绝对值是第五范围内的值时，执行所述转动侧同步控制和所述转向侧同步控制两者，所述第五范围内的值是所述第三范围内的值中比所述第四范围内的值较大的值。

4. 根据权利要求3所述的转向控制装置(1)，其特征在于，所述控制单元被配置成：当所述偏差量的绝对值是所述第五范围内的值时，作为所述转动侧同步控制和所述转向侧同步控制，在所述偏差量的绝对值呈现所述第一范围内的值之前执行所述转向侧同步控制，以及在所述偏差量的绝对值呈现所述第一范围内的值之后执行所述转动侧同步控制。

5. 根据权利要求1、2和4中任一项所述的转向控制装置(1)，其特征在于，所述控制单元

被配置成：当执行所述转动侧同步控制时，在所述车辆的电力接通并且所述车辆开始行驶之后对所述转动位置执行校正处理；以及当执行所述转向侧同步控制时，在所述车辆的电力接通之后并且所述车辆开始行驶之前对所述旋转位置执行校正处理。

转向控制装置

技术领域

[0001] 本发明涉及转向控制装置。

背景技术

[0002] 存在所谓的线控转向式转向装置，在该线控转向式转向装置中，车辆的方向盘与车辆的转动轮之间的动力传递路径被切断。这样的转向装置包括操作成向方向盘施加转向反作用力的转向致动器和操作成使转动轮转动的转动致动器。当车辆行驶时，将转向装置作为目标进行控制的转向控制装置通过控制向转向致动器的供电来生成转向反作用力，并通过控制向转动致动器的供电来使转动轮转动。

[0003] 在线控转向式转向装置中，方向盘的旋转位置不受转动轮的转动位置的限制。因此，尽管车辆的电力被切断，但方向盘在受到一些外力时仍可以旋转。由于转动轮在此期间不转动，因此会出现方向盘的旋转位置与转动轮的转动位置之间的位置关系偏离预定对应关系的情况。

[0004] 作为补救措施，例如，日本未审查的专利申请公开第2006-321434号(JP 2006-321434 A)的转向控制装置在车辆的电力接通时对方向盘的旋转位置执行校正处理。在转向控制装置中，当车辆的电力断开时方向盘的旋转位置被存储。转向控制装置通过对当车辆的电力断开时方向盘的旋转位置与当车辆的电力接通时方向盘的旋转位置之间进行比较来计算方向盘的旋转位置的偏差量。然后，转向控制装置操作转向致动器使得偏差量呈现零值。

发明内容

[0005] 事实是，由JP 2006-321434 A的转向控制装置执行的校正处理可以改进方向盘与转动轮之间的位置关系的偏差。用于对方向盘与转动轮之间的位置关系进行校正的方法不限于由JP 2006-321434 A的转向控制装置执行的校正处理的方法，而是仍然存在提出更有用的其他方法的空间。

[0006] 根据本发明的一个方面的转向控制装置将转向装置作为目标进行控制，转向装置包括：转向致动器，转向致动器操作成向车辆的方向盘施加转向反作用力；以及转动致动器，转动致动器具有动力传递路径从转向致动器切断的结构并且操作成使车辆的转动轮转动。转向控制装置包括控制单元，控制单元执行对转向致动器和转动致动器中至少之一的操作进行控制的同步控制，使得方向盘的旋转位置与转动轮的转动位置之间的位置关系满足预定对应关系。控制单元被配置成执行以下处理，所述处理包括：偏差量确定处理，该偏差量确定处理确定在车辆的电力接通时位置关系与预定对应关系的偏差量的绝对值的大小；以及同步控制处理，该同步控制处理基于偏差量确定处理的确定结果执行同步控制，同步控制是以下项中的至少一项：通过对转动致动器进行操作而对转动位置执行校正处理的转动侧同步控制；以及通过对转向致动器进行操作而对旋转位置执行校正处理的转向侧同步控制。控制单元被配置成在同步控制处理中执行以下操作：就偏差量是大还是小而言，当

偏差量的绝对值是第一范围内的值时,执行转动侧同步控制,第一范围内的值是小值;就偏差量是大还是小而言,当偏差量的绝对值是第二范围内的值时,执行转向侧同步控制,第二范围内的值是比第一范围内的值较大的值;以及当偏差量的绝对值是第三范围内的值时,执行转动侧同步控制和转向侧同步控制中至少之一,第三范围内的值是第一范围内的值与第二范围内的值之间的值。

[0007] 根据该方面,转动侧同步控制具有能够在方向盘不旋转时对方向盘与转动轮之间的位置关系执行校正处理的优点。该优点可以用在其中偏差量的绝对值是第一范围内的值并且相对较小的情况下。转向侧同步控制具有能够容易地对方向盘与转动轮之间的位置关系执行校正处理的优点。该优点可以用在其中偏差量的绝对值是第二范围内的值并且相对较大的情况下。在偏差量的绝对值是第三范围内的值的情况下,指定执行转动侧同步控制和转向侧同步控制中至少之一,从而可以根据所需效果利用每种控制模式的优点。因此,作为对方向盘与转动轮之间的位置关系执行校正处理的方法,可以提出利用转动侧同步控制和转向侧同步控制的优点的方法。

[0008] 在上述方面中,控制单元可以被配置成:当偏差量的绝对值是第二范围的值或第三范围内的值时,执行转向侧同步控制。控制单元可以被配置成使得在偏差量的绝对值是第二范围内的值时转向侧同步控制被执行为涉及使方向盘在一个方向上旋转然后使方向盘在与所述一个方向相反的方向上旋转的两个动作的校正处理,以及使得在偏差量的绝对值是第三范围内的值时转向侧同步控制被执行为涉及使方向盘在一个方向上旋转的一个动作的校正处理。

[0009] 根据该配置,涉及转向侧同步控制的两个动作的校正处理具有如下优点:即使方向盘被相对较大幅度地旋转,也不太可能对驾驶员造成不适。另一方面,与涉及两个动作的校正处理相比,涉及转向侧同步控制的一个动作的校正处理具有能够在短时间内完成对方向盘的旋转位置的校正处理的优点。在这种情况下,涉及两个动作的校正处理的优点可以用在能够执行转向侧同步控制并且偏差量的绝对值是作为大值的第二范围内的值的情况下。涉及一个动作的校正处理的优点可以用在能够执行转向侧同步控制并且偏差量的绝对值是作为小值的第三范围内的值的情况下。这种配置对于利用涉及一个动作或两个动作的转向侧同步控制的每个校正处理的优点是有效的。

[0010] 在上述方面中,控制单元可以被配置成:就第三范围内的值是大还是小而言,当偏差量的绝对值是第四范围内的值时,执行转动侧同步控制和转向侧同步控制中的转向侧同步控制,第四范围内的值是第三范围内的值中的小值;以及就第三范围内的值是大还是小而言,当偏差量的绝对值是第五范围内的值时,执行转动侧同步控制和转向侧同步控制两者,第五范围内的值是第三范围内的值中比第四范围内的值较大的值。

[0011] 根据该配置,转动侧同步控制和转向侧同步控制的优点可以用在其中执行转动侧同步控制和转向侧同步控制中至少之一并且偏差量的绝对值是作为大值的第五范围内的值的情况下。转向侧同步控制的优点可以用在其中执行转动侧同步控制和转向侧同步控制中至少之一并且偏差量的绝对值是作为小值的第四范围内的值的情况下。这种配置对于利用转动侧同步控制和转向侧同步控制的优点是有效的。

[0012] 在上述配置中,控制单元被配置成:当偏差量的绝对值是第五范围内的值时,作为转动侧同步控制和转向侧同步控制,在偏差量的绝对值呈现第一范围内的值之前执行转向

侧同步控制,以及在偏差量的绝对值呈现第一范围内的值之后执行转动侧同步控制。

[0013] 根据该配置,可以在偏差量的绝对值相对较大的情况下利用的转向侧同步控制的优点可以更合适地用在其中转动侧同步控制和转向侧同步控制两者均被执行且偏差量的绝对值是作为大值的第五范围内的值的情况下。从易于对方向盘与转动轮之间的位置关系执行校正处理的观点来看,这种配置是有效的。

[0014] 在上述方面中,控制单元可以被配置成:当执行转动侧同步控制时,在车辆的电力接通并且车辆开始行驶之后对转动位置执行校正处理;以及当执行转向侧同步控制时,在车辆的电力接通之后并且车辆开始行驶之前对旋转位置执行校正处理。

[0015] 根据该配置,转动侧同步控制具有能够缩短在车辆的电力接通后车辆开始行驶所需的时间的优点。该优点可以更有效地用在其中偏差量的绝对值是第一范围内的值并且相对较小的情况下。转向侧同步控制的优点在于:车辆的行为不太可能对驾驶员造成不适。该优点可以更有效地用在其中偏差量的绝对值是第二范围内的值并且相对较大的情况下。在这种情况下,对方向盘与转动轮之间的位置关系的校正处理可以产生从车辆的电力接通直到车辆开始行驶的时段的缩短效果以及车辆的行为对驾驶员造成不适的可能性的降低效果。

[0016] 具有这些方面的转向控制装置可以利用转动侧同步控制和转向侧同步控制的优点作为对方向盘与转动轮之间的位置关系执行校正处理的方法。

附图说明

[0017] 下面将参照附图描述本发明的示例性实施方式的特征、优点以及技术和工业意义,在附图中,相同的附图标记表示相同的元件,并且其中:

- [0018] 图1是线控转向式转向装置的示意性配置图;
- [0019] 图2是示出与同步控制相关的启动同步处理的流程的流程图;
- [0020] 图3是示出与同步控制相关的正常校正处理的流程的流程图;
- [0021] 图4是描述同步控制的处理的内容的表格;
- [0022] 图5是其部分(a)和(b)示出与同步控制相关的处理方式A的操作模式的视图;
- [0023] 图6是其部分(a)和(b)示出与同步控制相关的处理方式B的操作模式的视图;
- [0024] 图7是其部分(a)至(c)示出与同步控制相关的处理方式C的操作模式的视图;以及
- [0025] 图8是其部分(a)至(c)示出与同步控制相关的处理方式D的操作模式的视图。

具体实施方式

[0026] 下面将根据附图描述转向控制装置的一个实施方式。如图1中所示,作为转向控制装置1的控制目标的转向装置2被配置为线控转向类型的车辆转向装置。转向装置2包括转向部分4和转动部分6。转向部分4由驾驶员通过车辆的方向盘3来转向。转动部分6根据由驾驶员输入至转向部分4中的转向使车辆的左转动轮和右转动轮5转动。该实施方式的转向装置2具有其中转向部分4与转动部分6之间的动力传递路径始终被机械地切断的结构。这表示其中稍后要描述的转向致动器12与稍后要描述的转动致动器31之间的动力传递路径始终被机械地切断的结构。

[0027] 转向部分4包括转向轴11和转向致动器12。转向轴11被联接至方向盘3。转向致动

器12具有作为驱动源的转向侧马达13和转向侧减速机构14。转向侧马达13是通过转向轴11将作为抵抗转向的力的转向反作用力施加至方向盘3的反作用力马达。转向侧马达13通过由例如蜗杆和蜗轮组形成的转向侧减速机构14联接至转向轴11。采用例如三相无刷马达作为本实施方式的转向侧马达13。

[0028] 转动部分6包括小齿轮轴21、作为转动轴的齿条轴22和齿条壳体23。小齿轮轴21和齿条轴22以预定的交叉角被联接在一起。形成在小齿轮轴21上的小齿轮齿21a和形成在齿条轴22上的齿条齿22a彼此啮合以形成齿条和小齿轮机构24。因此，小齿轮轴21对应于其旋转角可以被转换成转动角 θ_i 的旋转轴，该转动角 θ_i 是转动轮5的转动位置。齿条壳体23容纳齿条和小齿轮机构24。小齿轮轴21的与联接至齿条轴22的一侧相对的侧上的一端从齿条壳体23突出。齿条轴22的两端都沿轴线方向从齿条壳体23的两端突出。拉杆26通过由球接头形成的齿条端25被联接至齿条轴22的每个端。拉杆26的前端被联接至转向节(未示出)，左转动轮和右转动轮5分别安装在该转向节上。

[0029] 转动部分6包括转动致动器31。转动致动器31包括作为驱动源的转动侧马达32、传递机构33和转换机构34。转动侧马达32通过传递机构33和转换机构34将用于使转动轮5转动的转动力施加至齿条轴22。转动侧马达32通过由例如皮带传递机构形成的传递机构33向转换机构34传递旋转。传递机构33通过由例如滚珠丝杠机构形成的转换机构34将转动侧马达32的旋转转换成齿条轴22的往复运动。采用例如三相无刷马达作为本实施方式的转动侧马达32。

[0030] 在如此构造的转向装置2中，当根据驾驶员的转向操作将马达扭矩作为转动力从转动致动器31施加至齿条轴22时，改变转动轮5的转动角 θ_i 。同时，将抵抗驾驶员的转向的转向反作用力从转向致动器12施加至方向盘3。因此，在转向装置2中，使方向盘3转向所需的转向扭矩Th通过作为从转向致动器12施加的马达扭矩的转向反作用力被改变。

[0031] 提供小齿轮轴21的原因是将齿条轴22连同小齿轮轴21一起支承在齿条壳体23内。具体地，齿条轴22被支承使得能够沿其轴线方向移动，并通过设置在转向装置2中的支承机构(未示出)压向小齿轮轴21。因此，齿条轴22被支承在齿条壳体23内。替选地，可以不使用小齿轮轴21，并且可以设置将齿条轴22支承在齿条壳体23中的其他支承机构。

[0032] 转向装置2的电气配置

[0033] 如图1中所示，转向侧马达13和转动侧马达32连接至转向控制装置1。转向控制装置1控制转向侧马达13和转动侧马达32的操作。主电源41连接至转向控制装置1，即转向装置2。主电源41是安装在车辆中的蓄电池，并且用作为马达13、32进行操作而供应电力的电源以及用作为转向控制装置1即转向装置2进行操作而供应电力的电源。

[0034] 显示车辆的起动开关42例如点火开关的开或关状态的起动信号Sig被输入至转向控制装置1中。起动开关42被设置在转向控制装置1与主电源41之间。起动开关42被操纵以激活车辆的行驶驱动源例如发动机，并且从而起动各种功能以允许车辆的操作。来自主电源41的电力通过起动开关42的操纵在供应与切断之间切换。在该实施方式中，转向装置2的操作状态与车辆的操作状态有关。

[0035] 此外，各种传感器的检测结果被输入至转向控制装置1中。各种传感器的示例包括车速传感器43、扭矩传感器44、转向侧旋转角传感器45和转动侧旋转角传感器46。

[0036] 车速传感器43检测作为车辆的行驶速度的车速V。扭矩传感器44检测转向扭矩Th，

该转向扭矩Th是显示通过驾驶员的转向操作施加至转向轴11的扭矩的值。转向侧旋转角传感器45检测在360度范围内的作为转向侧马达13的旋转轴的角度的旋转角 θ_s 。转动侧旋转角传感器46检测在360度范围内的作为转动侧马达32的旋转轴的角度的旋转角 θ_t 。

[0037] 具体地,扭矩传感器44在转向轴11上被设置在方向盘3的相对于转向侧减速机构14的一侧上的一部分处。扭矩传感器44基于设置在转向轴11上的中间点处的扭杆(未示出)的扭转检测转向扭矩Th。例如,当车辆向右转向时,转向扭矩Th被检测为正值,而当车辆向左转向时,转向扭矩Th被检测为负值。

[0038] 转向侧旋转角传感器45被设置在转向侧马达13中。转向侧马达13的旋转角 θ_s 被用于计算转向角 θ_h 。转向侧马达13和转向轴11通过转向侧减速机构14彼此互锁。因此,在转向侧马达13的旋转角 θ_s 与转向轴11的旋转角之间存在相关性,并且经扩展,在转向侧马达13的旋转角 θ_s 与作为显示方向盘3的旋转位置的旋转角的转向角 θ_h 之间存在相关性。因此,可以基于转向侧马达13的旋转角 θ_s 获得转向角 θ_h 。例如,当车辆向右转向时,旋转角 θ_s 被检测为正值,而当车辆向左转向时,旋转角 θ_s 被检测为负值。

[0039] 转动侧旋转角传感器46被设置在转动侧马达32中。转动侧马达32的旋转角 θ_t 被用于计算小齿轮角 θ_p 。转动侧马达32和小齿轮轴21通过传递机构33、转换机构34以及齿条和小齿轮机构24彼此互锁。因此,在转动侧马达32的旋转角 θ_t 与作为小齿轮轴21的旋转角的小齿轮角 θ_p 之间存在相关性。因此,可以基于转动侧马达32的旋转角 θ_t 获得小齿轮角 θ_p 。小齿轮轴21与齿条轴22啮合。相应地,在小齿轮角 θ_p 与齿条轴22的移动量之间也存在相关性。因此,小齿轮角 θ_p 是反映显示转动轮5的转动位置的转动角 θ_i 的值。例如,当车辆向右转向时,旋转角 θ_t 被检测为正值,而当车辆向左转向时,旋转角 θ_t 被检测为负值。

[0040] 转向控制装置1的功能

[0041] 如图1中所示,转向控制装置1具有转向侧控制单元50和转动侧控制单元60。转向侧控制单元50控制转向侧马达13的电力供应。转动侧控制单元60控制转动侧马达32的电力供应。

[0042] 在转向控制装置1中,转向侧控制单元50和转动侧控制单元60各自包括未示出的诸如中央处理器的CPU和存储器。在转向侧控制单元50和转动侧控制单元60中,CPU在预定计算周期的循环上执行存储在存储器中的程序。因此,执行各种处理。转向侧控制单元50和转动侧控制单元60通过诸如串行通信网络的本地网络47彼此发送和接收信息。在该实施方式中,转向侧控制单元50和转动侧控制单元60是控制单元的示例。

[0043] 具体地,转向扭矩Th、车速V和旋转角 θ_s 被输入至转向侧控制单元50中。基于转向扭矩Th和车速V,转向侧控制单元50计算作为转向反作用力的目标值的目标反作用力扭矩。然后,转向侧控制单元50控制转向侧马达13,使得生成根据目标反作用力扭矩的马达扭矩。因此,转向反作用力被施加至转向部分4。

[0044] 此外,转向侧控制单元50通过例如从转向中立位置对转向侧马达13的旋转的数目进行计数将旋转角 θ_s 转换成包括超过360度的范围的累积角度,该转向中立位置是当车辆直线向前行驶时方向盘3的位置。然后,转向侧控制单元50通过将通过转换获得的累积角度乘以基于转向侧减速机构14的转速比的转换因子来计算转向角 θ_h 。由此获得的转向角 θ_h 通过本地网络47被输出至转动侧控制单元60。

[0045] 车速V、旋转角 θ_t 和转向角 θ_h 被输入至转动侧控制单元60中。转动侧控制单元60通

过例如从齿条中立位置对转动侧马达32的旋转的数目进行计数将旋转角 θ_t 转换成包括超过360°的范围的累积角度,该齿条中立位置是当车辆直线向前行驶时齿条轴22的位置。然后,转动侧控制单元60通过将通过转换获得的累积角度乘以基于传递机构33的转速比、转换机构34的导程(lead)以及齿条和小齿轮机构24的转速比的转换因子来计算作为小齿轮轴21的实际旋转角的小齿轮角 θ_p 。

[0046] 此外,转动侧控制单元60基于转向角 θ_h 计算作为小齿轮角 θ_p 的目标值的目标小齿轮角 θ_{p*} 。在这种情况下,转动侧控制单元60基于转向角比计算与转向角 θ_h 相对应的目标小齿轮角 θ_{p*} 。转向角比是指转向角 θ_h 与反映转动角 θ_i 的小齿轮角 θ_p 之间的比率,并且随着例如转向角 θ_h 和车速V改变。转动侧控制单元60通过执行反馈控制使得小齿轮角 θ_p 适应于目标小齿轮角 θ_{p*} 来计算作为转动力的目标值的目标转动扭矩。然后,转动侧控制单元60控制转动侧马达32,使得生成根据目标转动扭矩的马达扭矩。因此,转动力被施加至转动部分6。因此,转动侧控制单元60控制转向装置2,使得转向角 θ_h 与转动角 θ_i 之间的位置关系满足根据转向角比确定的预定对应关系。

[0047] 起动开关42处于关状态下

[0048] 当起动开关42为关时,方向盘3在经受一些外力时可以旋转。在这种情况下,由于起动开关42为关,因此转动侧控制单元60不会通过转动侧马达32的控制而使转动轮5转动。因此,转向角 θ_h 与转动角 θ_i 之间的位置关系偏离预定对应关系。这同样适用于当起动开关42为关时转动轮5在经受一些外力时转动的情况。

[0049] 作为补救措施,转向控制装置1被配置成当转向角 θ_h 与转动角 θ_i ,即转向角 θ_h 与小齿轮角 θ_p 之间的位置关系不是预定对应关系时执行同步控制,使得位置关系满足预定对应关系。转向控制装置1执行转向侧同步控制和转动侧同步控制中至少之一的同步控制。

[0050] 转向侧同步控制是通过转向侧马达13的控制操作转向致动器12的控制。具体地,在转向侧同步控制中,对方向盘3的旋转位置执行校正处理,使得转向角 θ_h 与小齿轮角 θ_p 之间的位置关系满足预定对应关系。转向侧同步控制被执行为启动同步处理,该启动同步处理是在接通起动开关42之后且在车辆开始行驶之前的时刻由转向侧控制单元50执行的处理之一。

[0051] 转动侧同步控制是通过转动侧马达32的控制操作转动致动器31的控制。具体地,在转动侧同步控制中,对转动轮5的转动位置执行校正处理,使得转向角 θ_h 与小齿轮角 θ_p 之间的位置关系满足预定对应关系。转动侧同步控制被执行为正常校正处理,该正常校正处理是在接通起动开关42时和在车辆开始行驶之后的时刻由转动侧控制单元60执行的处理之一。

[0052] 启动同步处理

[0053] 图2是由转向侧控制单元50执行的启动同步处理的处理过程的流程图的一个示例。转向侧控制单元50通过在控制周期的循环上执行周期性处理来执行下面的启动同步处理。对启动同步处理开始的触发是接通起动开关42,并且开始对转向控制装置1的电力供应。

[0054] 在启动同步处理中,转向侧控制单元50计算偏差量 $\Delta\theta$ (步骤S10)。该处理是用于检测状态变量的处理,该状态变量用作用于确定在接通起动开关42时转向角 θ_h 与小齿轮角 θ_p 之间的位置关系与预定对应关系的偏差程度的参考。在该实施方式中,偏差量 $\Delta\theta$ 是在接

通起动开关42时转向角 θ_h 与小齿轮角 θ_p 之间的位置关系与预定对应关系的偏差量的绝对值的大小。例如,偏差量 $\Delta\theta$ 被计算为转向角 θ_h 与基于转向角比获得为与小齿轮角 θ_p 相对应的值的转动转换角 θ_{p_s} 之间的差的绝对值。转动侧控制单元60通过基于转向角比的计算获得与小齿轮角 θ_p 相对应的转动转换角 θ_{p_s} 。

[0055] 此外,在起动开关42为关时,只要连接主电源41,该实施方式的转向侧控制单元50保持起动开关42断开时的点处的转向角 θ_h 的值并监测转向侧马达13的旋转。当转向侧马达13在起动开关42为关时旋转时,下一次接通起动开关42时,转向侧控制单元50计算已经改变了与转向侧马达13的该旋转相对应的量的转向角 θ_h 。这同样适用于转动侧控制单元60。具体地,也在起动开关42为关时,只要连接主电源41,转动侧控制单元60保持起动开关42断开时的点处的小齿轮角 θ_p 的值,并监测转动侧马达32的旋转。当转动侧马达32在起动开关42为关时旋转时,下一次接通起动开关42时,转动侧控制单元60计算已经改变了与转动侧马达32的该旋转相对应的量的小齿轮角 θ_p 。因此,当接通起动开关42时计算的小齿轮角 θ_p 作为基于转向角比计算的转动转换角 θ_{p_s} 被输出至转向侧控制单元50。

[0056] 随后,转向侧控制单元50确定偏差量 $\Delta\theta$ 是否等于或小于第一阈值 θ_1 ($\Delta\theta \leq \theta_1$) (步骤S11)。该处理对应于用于确定是否需要执行转向侧同步控制的偏差量确定处理。

[0057] 在该实施方式中,第一阈值 θ_1 被设置为通过实验获得使得即使当使车辆在具有偏差量 $\Delta\theta$ 时开始行驶时车辆的这种行为也不太可能对驾驶员造成不适的范围内的值中的最大值。在该实施方式中,等于或小于第一阈值 θ_1 的值对应于第一范围内的值。

[0058] 当转向侧控制单元50在步骤S11中确定偏差量 $\Delta\theta$ 等于或小于第一阈值 θ_1 (步骤S11:是)时,转向侧控制单元50确定不需要执行转向侧同步控制。基于步骤S11中的“是”的确定结果,转向侧控制单元50通过认为启动同步处理已完成来结束启动同步处理。在这种情况下,转向侧控制单元50生成同步处理完成标志FLG作为显示启动同步处理完成的信息,并通过本地网络47将同步处理完成标志FLG输出至转动侧控制单元60。此后,转向侧控制单元50在线控转向式转向装置2的通电期间执行转向侧控制。

[0059] 另一方面,当转向侧控制单元50在步骤S11中确定偏差量 $\Delta\theta$ 不等于或小于第一阈值 θ_1 (步骤S11:否)时,转向侧控制单元50确定需要执行转向侧同步控制。基于步骤S11中的“否”的确定结果,转向侧控制单元50确定偏差量 $\Delta\theta$ 是否大于第一阈值 θ_1 和第二阈值 θ_2 的和 ($\Delta\theta > \theta_1 + \theta_2$) (步骤S12)。该处理对应于用于在确定需要执行转向侧同步控制时确定转向侧同步控制的校正处理的特定内容的偏差量确定处理。

[0060] 在该实施方式中,第二阈值 θ_2 被设置为通过实验获得使得即使在方向盘3被旋转以使偏差量 $\Delta\theta$ 接近零值时方向盘3的这种旋转也不太可能对驾驶员造成不适的范围内的值中的最大值。因此,大于阈值 θ_1 、 θ_2 的和的值表明使车辆在该偏差量 $\Delta\theta$ 下开始行驶和旋转方向盘3以便使偏差量 $\Delta\theta$ 接近零值这两者可能会对驾驶员造成不适。在该实施方式中,大于阈值 θ_1 、 θ_2 的和的值对应于第二范围内的值。

[0061] 当转向侧控制单元50在步骤S12中确定偏差量 $\Delta\theta$ 大于阈值 θ_1 、 θ_2 的和 (步骤S12:是)时,转向侧控制单元50确定执行常规同步控制作为转向侧同步控制。在这种情况下,转向侧控制单元50执行常规同步控制,使得偏差量 $\Delta\theta$ 呈现零值 ($\Delta\theta = 0$) (步骤S13)。该处理对应于基于与偏差量确定处理相对应的步骤S11、S12的确定结果执行的同步控制处理。在常规同步控制中,通过旋转方向盘3对方向盘3的旋转位置执行校正处理,使得偏差量 $\Delta\theta$ 在

车辆开始行驶之前呈现零值。在该实施方式中，常规同步控制被指定为涉及在一个方向上旋转方向盘3并且然后在与这一个方向相反的方向上旋转方向盘3的两个动作的校正处理。

[0062] 具体地，对于常规同步控制，转向侧控制单元50计算同步目标转向角 θ_{h*} ，该同步目标转向角 θ_{h*} 为偏差量 $\Delta\theta$ 呈现零值时的转向角 θ_h 。在这种情况下，转向侧控制单元50计算用于计算偏差量 $\Delta\theta$ 的转动转换角 θ_{p_s} 的值作为同步目标转向角 θ_{h*} 。

[0063] 此外，转向侧控制单元50计算中继目标转向角 θ_{hr*} ，该中继目标转向角 θ_{hr*} 是在得到同步目标转向角 θ_{h*} 时用作中继点的转向角 θ_h 。在这种情况下，转向侧控制单元50计算通过将转向角 θ_h 和位于正值侧上的同步目标转向角 θ_{h*} 之一朝向正值侧进一步改变预定量而获得的角度作为中继目标转向角 θ_{hr*} 。

[0064] 然后，转向侧控制单元50执行反馈控制，使得转向角 θ_h 与中继目标转向角 θ_{hr*} 匹配，并且因此控制转向侧马达13以便旋转方向盘3。这可以被称为与常规同步控制有关的常规同步控制的第一阶段。因此，朝向转向角 θ_h 的正值侧的旋转力被施加至方向盘3。因此，转向侧控制单元50控制转向致动器12的操作，使得方向盘3在向右方向的一个方向上旋转。

[0065] 随后，当转向角 θ_h 与中继目标转向角 θ_{hr*} 匹配时，转向侧控制单元50执行反馈控制，使得转向角 θ_h 与同步目标转向角 θ_{h*} 匹配，并且因此控制转向侧马达13以便进一步旋转方向盘3。这可以被称为与常规同步控制有关的第一阶段之后执行的常规同步控制的第二阶段。因此，朝向转向角 θ_h 的负值侧的旋转力被施加至方向盘3。因此，转向侧控制单元50控制转向致动器12的操作，使得方向盘3在作为与向右方向相反的方向的向左方向上旋转。

[0066] 此后，当转向角 θ_h 与同步目标转向角 θ_{h*} 匹配时，转向侧控制单元50结束常规同步控制，即，步骤S13的处理，并通过认为启动同步处理已完成结束启动同步处理。在这种情况下，与在步骤S11中确定“是”时一样，转向侧控制单元50生成同步处理完成标志FLG并将其输出至转动侧控制单元60，并且然后在线控转向式转向装置2的通电期间执行转向侧控制。

[0067] 另一方面，当转向侧控制单元50在步骤S12中确定偏差量 $\Delta\theta$ 不大于阈值 θ_1 、 θ_2 的和(步骤S12:否)时，转向侧控制单元50确定偏差量 $\Delta\theta$ 等于或小于阈值 θ_1 、大于第一阈值 θ_1 的值中的 θ_2 的和。基于步骤S12中的“否”的确定结果，转向侧控制单元50确定偏差量 $\Delta\theta$ 是否大于第一阈值 θ_1 且等于或小于第二阈值 θ_2 ($\theta_1 < \Delta\theta \leq \theta_2$) (步骤S14)。该处理对应于用于确定偏差量 $\Delta\theta$ 是否在等于或小于阈值 θ_1 、 θ_2 的和的值中的较小值的范围内的偏差量确定处理。

[0068] 在该实施方式中，大于第一阈值 θ_1 且等于或小于第二阈值 θ_2 的值表明使车辆在该偏差量 $\Delta\theta$ 下开始行驶可能会对驾驶员造成不适，但是旋转方向盘3以便使偏差量 $\Delta\theta$ 接近零值不太可能会对驾驶员造成不适。在该实施方式中，等于或小于阈值 θ_1 、 θ_2 的和的值对应于第三范围内的值。大于第一阈值 θ_1 且等于或小于第二阈值 θ_2 的值对应于第四范围内的值，就值是大还是小而言，第四范围内的值是第三范围内的值中的小值。

[0069] 当转向侧控制单元50在步骤S14中确定偏差量 $\Delta\theta$ 大于第一阈值 θ_1 且等于或小于第二阈值 θ_2 (步骤S14:是)时，转向侧控制单元50确定执行第一简化同步控制作为转向侧同步控制。在这种情况下，转向侧控制单元50执行第一简化同步控制，使得偏差量 $\Delta\theta$ 呈现零值($\Delta\theta=0$) (步骤S15)。该处理对应于基于与偏差量确定处理相对应的步骤S11、S12、S14的确定结果执行的同步控制处理。在第一简化同步控制中，通过旋转方向盘3对方向盘3的旋转位置执行校正处理，使得偏差量 $\Delta\theta$ 在车辆开始行驶之前呈现零值。在该实施方式中，第

一简化同步控制被指定为涉及在一个方向上旋转方向盘3的一个动作的校正处理。

[0070] 具体地,对于第一简化同步控制,转向侧控制单元50计算同步目标转向角 θ_{h*} ,该同步目标转向角 θ_{h*} 是偏差量 $\Delta\theta$ 呈现零值时的转向角 θ_h 。在这种情况下,与在执行常规同步控制时一样,转向侧控制单元50计算用于计算偏差量 $\Delta\theta$ 的转动转换角 θ_{p_s} 的值作为同步目标转向角 θ_{h*} 。

[0071] 然后,转向侧控制单元50执行反馈控制,使得转向角 θ_h 与同步目标转向角 θ_{h*} 匹配,并且因此控制转向侧马达13以便旋转方向盘3。因此,朝向同步目标转向角 θ_{h*} 的旋转力被施加至方向盘3。因此,转向侧控制单元50控制转向致动器12的操作,使得方向盘3在向左方向和向右方向之一上旋转。

[0072] 此后,当转向角 θ_h 与同步目标转向角 θ_{h*} 匹配时,转向侧控制单元50结束第一简化同步控制,即步骤S15的处理,并通过认为启动同步处理已完成结束启动同步处理。在这种情况下,与在步骤S11中确定“是”时一样,转向侧控制单元50生成同步处理完成标志FLG并将其输出至转动侧控制单元60,并且然后在线控转向式转向装置2的通电期间执行转向侧控制。

[0073] 另一方面,当转向侧控制单元50在步骤S14中确定偏差量 $\Delta\theta$ 大于第一阈值 θ_1 且不等于或小于第二阈值 θ_2 (步骤S14:否)时,转向侧控制单元50确定执行第二简化同步控制作为转向侧同步控制。该处理对应于用于确定偏差量 $\Delta\theta$ 是大于第二阈值 θ_2 且等于或小于阈值 θ_1 、 θ_2 的和的值,即,偏差量 $\Delta\theta$ 是等于或小于阈值 θ_1 、 θ_2 的和的值中的较大值的偏差量确定处理。

[0074] 在该实施方式中,大于第二阈值 θ_2 且等于或小于阈值 θ_1 、 θ_2 的和的值表明使车辆在该偏差量 $\Delta\theta$ 下开始行驶和旋转方向盘3以便使偏差量 $\Delta\theta$ 接近零值这两者可能会对驾驶员造成不适。然而,大于第一阈值 θ_1 的值范围包含在等于或小于第二阈值 θ_2 的值范围内。这意味着使车辆在等于或小于第一阈值 θ_1 的范围内的偏差量 $\Delta\theta$ 下开始行驶不太可能会对驾驶员造成不适,以及旋转方向盘3以便使偏差量 $\Delta\theta$ 在大于第一阈值 θ_1 的值范围内接近零值也不太可能会对驾驶员造成不适。在该实施方式中,大于第二阈值 θ_2 且等于或小于阈值 θ_1 、 θ_2 的和的值对应于第五范围内的值,就值是大还是小而言,第五范围内的值是第三范围内的值中的比第四范围内的值较大的值。

[0075] 当转向侧控制单元50在步骤S14中确定“否”时,转向侧控制单元50执行第二简化同步控制,使得偏差量 $\Delta\theta$ 呈现第一阈值 θ_1 ($\Delta\theta=\theta_1$)(步骤S16)。该处理对应于基于与偏差量确定处理相对应的步骤S11、S12、S14的确定结果执行的同步控制处理。在第二简化同步控制中,通过旋转方向盘3对方向盘3的旋转位置执行校正处理,使得偏差量 $\Delta\theta$ 在车辆开始行驶之前呈现第一阈值 θ_1 。在该实施方式中,与第一简化同步控制一样,第二简化同步控制被指定为涉及在一个方向上旋转方向盘3的一个动作的校正处理。

[0076] 具体地,对于第二简化同步控制,转向侧控制单元50计算同步目标转向角 θ_{h*} ,该同步目标转向角 θ_{h*} 是偏差量 $\Delta\theta$ 呈现第一阈值 θ_1 时的转向角 θ_h 。在这种情况下,转向侧控制单元50计算通过将用于计算偏差量 $\Delta\theta$ 的转动转换角 θ_{p_s} 的值朝向转向角 θ_h 改变第一阈值 θ_1 而获得的值作为同步目标转向角 θ_{h*} 。

[0077] 然后,转向侧控制单元50执行反馈控制,使得转向角 θ_h 与同步目标转向角 θ_{h*} 匹配,并且因此控制转向侧马达13以便旋转方向盘3。因此,朝向同步目标转向角 θ_{h*} 的旋转力

被施加至方向盘3。因此,转向侧控制单元50控制转向致动器12的操作,使得方向盘3在向左方向和向右方向之一上旋转。

[0078] 此后,当转向角 θ_h 与同步目标转向角 θ_{h*} 匹配时,转向侧控制单元50结束第二简化同步控制,即步骤S16的处理,并通过认为启动同步处理已完成结束启动同步处理。在这种情况下,与在步骤S11中确定“是”时一样,转向侧控制单元50生成同步处理完成标志FLG并将其输出至转动侧控制单元60,并且然后在线控转向式转向装置2的通电期间执行转向侧控制。

[0079] 正常校正处理

[0080] 图3是由转动侧控制单元60执行的正常校正处理的处理过程的流程图的一个示例。转动侧控制单元60通过在控制周期的循环上执行周期性处理来执行以下正常校正处理。对正常校正处理开始的触发是在接通起动开关42之后输入同步处理完成标志FLG,并且开始对转向控制装置1的电力供应。这意味着对正常校正处理开始的触发是完成由转向侧控制单元50执行的启动同步处理。由于输入了同步处理完成标志FLG,因此转动侧控制单元60在线控转向式转向装置2的通电期间执行转动侧控制。因此,正常校正处理被作为由转动侧控制单元60在通电期间执行的转动侧控制的处理之一来执行。

[0081] 在正常校正处理中,转动侧控制单元60计算偏移量 θ_{ofst} (步骤S20)。该处理是用于检测状态变量的处理,该状态变量用作用于确定作为启动同步处理的结果仍然存在的偏差量 $\Delta\theta$ 的参考。

[0082] 在该实施方式中,偏移量 θ_{ofst} 是考虑在接通起动开关42并完成由转向侧控制单元50执行的启动同步处理之后转向角 θ_h 与小齿轮角 θ_p 之间的位置关系与预定对应关系的偏差量的方向的量值。例如,通过从基于转向角比获得为与转向角 θ_h 相对应的值的目标小齿轮角 θ_{p*} 中减去小齿轮角 θ_p 来计算偏移量 θ_{ofst} 。用于计算偏移量 θ_{ofst} 的转向角 θ_h 是转向侧控制单元50在完成启动同步处理之后在第一控制周期中输出至本地网络47的转向角 θ_h 。

[0083] 随后,转动侧控制单元60确定偏移量 θ_{ofst} 是否等于零值($\theta_{ofst}=0$)(步骤S21)。该处理是用于确定是否需要执行转动侧同步控制的处理。在该实施方式中,偏移量 θ_{ofst} 是与基本上等于或小于第一阈值 θ_1 的偏差量 $\Delta\theta$ 相对应的值。这是因为作为启动同步处理的结果仍然存在的偏差量 $\Delta\theta$ 基本上等于或小于第一阈值 θ_1 。因此,偏移量 θ_{ofst} 是在使得即使当车辆在具有偏移量 θ_{ofst} 的同时开始行驶时车辆的这种行为也不太可能会对驾驶员造成不适的范围内的值。

[0084] 当转动侧控制单元60在步骤S21中确定偏移量 θ_{ofst} 等于零值(步骤S21:是)时,转动侧控制单元60确定不需要执行转动侧同步控制。基于在步骤S21中的“是”的确定结果,转动侧控制单元60通过认为正常校正处理已完成来结束正常校正处理。

[0085] 另一方面,当转动侧控制单元60在步骤S21中确定偏移量 θ_{ofst} 不等于零值(步骤S21:否)时,转动侧控制单元60确定需要执行转动侧同步控制。在这种情况下,转动侧控制单元60执行转动偏移控制作为转动侧控制,使得偏移量 θ_{ofst} 呈现零值($\theta_{ofst}=0$)(步骤S22)。该处理对应于基于与偏差量确定处理相对应的启动同步处理的步骤S11、S12、S14的确定结果执行的同步控制处理。在转动偏移控制中,通过转动转动轮5对转动轮5的转动位置执行校正处理,使得在车辆开始行驶之后偏移量 θ_{ofst} 呈现零值。

[0086] 具体地,对于转动偏移控制,转动侧控制单元60计算通过从基于转向角比获得为与转向角 θ_h 相对应的值的目标小齿轮角 θ_{p*} 中减去偏移量 θ_{ofst} 而获得的补偿的目标小齿轮角 θ_{p*} 。

[0087] 然后,在偏移量 θ_{ofst} 呈现零值之前,转动侧控制单元60在通电期间执行反馈控制作为转动侧控制,使得小齿轮角 θ_p 适应于补偿的目标小齿轮角 θ_{p*} 。这允许车辆在具有偏移量 θ_{ofst} 的同时开始行驶,即使当偏移量 θ_{ofst} 不等于零值时也是如此。因此,转动侧控制单元60控制转动致动器31的操作,使得车辆可以在具有偏移量 θ_{ofst} 的同时开始行驶。

[0088] 此外,在基于车速V检测的车辆的行驶开始的情况下,转动侧控制单元60执行逐渐使偏移量 θ_{ofst} 接近零值的减小处理,直到偏移量 θ_{ofst} 呈现零值为止。在这种情况下,例如,转动侧控制单元60使当与小齿轮角 θ_p 的变化量相对应的转动速度或车速V越大时减小量越大。

[0089] 此后,当偏移量 θ_{ofst} 匹配零值时,转动侧控制单元60结束转动偏移控制,即步骤S22的处理,并通过认为正常校正处理已完成来结束正常校正处理。

[0090] 同步控制处理的内容

[0091] 如图4中所示,转向控制装置1基于偏差量 $\Delta \theta$ 的大小执行四种类型的处理方式A、B、C和D的同步控制。

[0092] 处理方式A

[0093] 当偏差量 $\Delta \theta$ 等于或小于第一阈值 θ_1 (图4中的“ $\Delta \theta \leq \theta_1$ ”)时,以处理方式A执行同步控制。在这种情况下,在启动同步处理中不执行(图4中的“无”)转向侧同步控制,并且在正常校正处理中,转动偏移控制被执行为转动侧同步控制。

[0094] 处理方式A的操作模式

[0095] 作为前提条件,例如,如图5的部分(a)中所示,紧在启动开关42接通之后,转向角 θ_h 已经从基于转向角比获得为与小齿轮角 θ_p 相对应的值的转动转换角 θ_{p_s} 朝向作为正值侧的右侧偏离。因此,方向盘3的旋转位置与转动转换角 θ_{p_s} 的偏差量 $\Delta \theta$ 是具有等于或小于第一阈值 θ_1 的值的角度 Ra_h 。在这种情况下,不执行用于方向盘3的转向侧同步控制,并且使车辆在具有角度 Ra_h 作为偏差量 $\Delta \theta$ 的同时开始行驶。

[0096] 然后,如图5的部分(b)中所示,在车辆的行驶开始时,偏移量 θ_{ofst} 是作为与偏差量 $\Delta \theta$ 的角度 Ra_h 相对应的值获得的角度 Ra_p 。随后,紧在车辆开始行驶之后执行用于转动轮5的转动偏移控制,使得转动轮5的转动位置被校正以与方向盘3的旋转位置处于预定对应关系,使得作为偏移量 θ_{ofst} 的角度 Ra_p 呈现零值。例如,当方向盘3的旋转位置将被保持在偏差量 $\Delta \theta$ 是角度 Ra_h 的旋转位置时,转动轮5朝向作为正值侧的右侧转动角度 Ra_p 。

[0097] 处理方式B

[0098] 当偏差量 $\Delta \theta$ 大于第一阈值 θ_1 并且等于或小于第二阈值 θ_2 ($\theta_1 < \Delta \theta \leq \theta_2$)时,以处理方式B执行同步控制。在这种情况下,在启动同步处理中执行第一简化同步控制,并且在正常校正处理中不执行(图4中为“无”)转向侧同步控制。

[0099] 处理方式B的操作模式

[0100] 作为前提条件,例如,如图6的部分(a)中所示,紧在启动开关42接通之后,转向角 θ_h 已经从基于转向角比获得为与小齿轮角 θ_p 对应的值的转动转换角 θ_{p_s} 朝向作为正值侧的右侧偏离。因此,方向盘3的旋转位置与转动转换角 θ_{p_s} 的偏差量 $\Delta \theta$ 是角度 Rb_h ,该角度

Rb_h 的值大于第一阈值 θ_1 并且等于或小于第二阈值 θ_2 。在这种情况下,在车辆开始行驶之前执行第一简化同步控制,以由此使方向盘3旋转成使得偏差量 $\Delta\theta$ 呈现零值。

[0101] 然后,如图6的部分(b)中所示,执行针对方向盘3的第一简化同步控制,从而将方向盘3的旋转位置校正为与转动轮5的转动位置成预定对应关系,使得角度 Rb_h 呈现零值以作为偏差量。因此,方向盘3的旋转位置朝向作为负值侧的左侧旋转了角度 Rb_h 。

[0102] 处理方式C

[0103] 当偏差量 $\Delta\theta$ 大于第二阈值 θ_2 且等于或小于阈值 θ_1 、 θ_2 之和($\theta_2 < \Delta\theta \leq \theta_1 + \theta_2$)时,以处理方式C执行同步控制。在这种情况下,在启动同步处理中执行第二简化同步控制,并且在正常校正处理中执行转动偏移控制。

[0104] 处理方式C的操作模式

[0105] 作为前提条件,例如,如图7的部分(a)中所示,紧在接通启动开关42之后,转向角 θ_h 已经从基于转向角比获得为与小齿轮角 θ_p 对应的值的转动转换角 θ_{p_s} 朝向作为正值侧的右侧偏离。因此,方向盘3的旋转位置与转动转换角 θ_{p_s} 的偏差量 $\Delta\theta$ 是角度 Rc_h ,该角度 Rc_h 的值大于第二阈值 θ_2 并且等于或小于阈值 θ_1 、 θ_2 之和。在这种情况下,在车辆开始行驶之前执行第二简化同步控制,以由此使方向盘3旋转成使得偏差量 $\Delta\theta$ 呈现第一阈值 θ_1 。

[0106] 然后,如图7的部分(b)中所示,执行针对方向盘3的第二简化同步控制,从而将方向盘3的旋转位置校正为与转动轮5的转动位置成预定对应关系,使得偏差量 $\Delta\theta$ 呈现第一阈值 θ_1 。因此,方向盘3的旋转位置朝向作为负值侧的左侧移动,使得第一阈值 θ_1 保持为偏差量 $\Delta\theta$ 。此处,针对方向盘3的转向侧同步控制被认为已完成,并且使车辆在具有第一阈值 θ_1 作为偏差量 $\Delta\theta$ 的同时开始行驶。

[0107] 此后,如图7的部分(c)中所示,在车辆行驶开始时,偏移量 θ_{ofst} 是角度 θ_{1s_p} ,该角度 θ_{1s_p} 作为与偏差量 $\Delta\theta$ 的第一阈值 θ_1 对应的值被获得。随后,紧在车辆开始行驶之后执行针对转动轮5的转动偏移控制,使得如在关于图5的部分(b)所描述的模式下,转动轮5的转动位置被校正为与方向盘3的旋转位置成预定对应关系。因此,当方向盘3的旋转位置要保持在偏差量 $\Delta\theta$ 为第一阈值 θ_1 的旋转位置时,转动轮5朝向作为正值侧的右侧转动了角度 θ_{1s_p} 。

[0108] 处理方式D

[0109] 当偏差量 $\Delta\theta$ 大于阈值 θ_1 、 θ_2 之和($\theta_1 + \theta_2 < \Delta\theta$)时,以处理方式D执行同步控制。在这种情况下,在启动同步处理中执行常规同步控制,以及在正常校正处理中不执行(图4中为“无”)转动侧同步控制。

[0110] 处理方式D的操作模式

[0111] 作为前提条件,例如,如图8的部分(a)中所示,紧在接通启动开关42之后,转向角 θ_h 已经从基于转向角比获得为与小齿轮角 θ_p 对应的值的转动转换角 θ_{p_s} 朝向作为正值侧的右侧偏离。因此,方向盘3的旋转位置与转动转换角 θ_{p_s} 的偏差量 $\Delta\theta$ 是角度 Rd_h ,该角度 Rd_h 的值大于阈值 θ_1 、 θ_2 之和。在这种情况下,在车辆开始行驶之前执行常规同步控制,以由此使方向盘3旋转成使得偏差量 $\Delta\theta$ 呈现零值。

[0112] 然后,如图8的部分(b)中所示,执行针对方向盘3的常规同步控制的第一阶段。通过常规同步控制的第一阶段,方向盘3的旋转位置被校正成使得进一步偏离与转动轮5的转动位置的预定对应关系,使得偏差量 $\Delta\theta$ 暂时增加。具体地,方向盘3的旋转位置朝向作为正

值侧的右侧移动,使得偏离了作为预定量的角度Rdr。在这种情况下,偏差量 $\Delta\theta$ 暂时地增加至角度Rd_h、Rdr之和,所述角度Rd_h、Rdr之和具有比角度Rd_h大的值。

[0113] 随后,如图8的部分(c)所示,执行针对方向盘3的常规同步控制的第二阶段。通过常规同步控制的第二阶段,方向盘3的旋转位置被校正成与转动轮5的转动位置成预定对应关系,使得角度Rd_h、Rdr之和由于偏差量 $\Delta\theta$ 呈现零值而暂时增加。在这种情况下,方向盘3的旋转位置朝向作为负值侧的左侧移动角度Rd_h、Rdr之和。

[0114] 实施方式的工作方式

[0115] 根据实施方式,转动侧同步控制的转动偏移控制具有如下优点:能够在方向盘3不旋转时对方向盘3与转动轮5之间的位置关系执行校正处理。该优点可以用在偏差量 $\Delta\theta$ 等于或小于第一阈值 θ_1 的情况下。

[0116] 例如,如图4所示,处理方式A中的同步控制被指定用于偏差量 $\Delta\theta$ 的值等于或小于第一阈值 θ_1 的情况下。在这种情况下,如图5的部分(a)和(b)所示,使车辆在具有第一阈值 θ_1 作为偏差量 $\Delta\theta$ 的同时开始行驶,并且转动轮5的转动位置被校正成使得在行驶开始之后方向盘3与转动轮5之间的位置关系满足预定对应关系。因此,通过在车辆开始行驶之前不执行同步控制,从启动开关42接通直到车辆开始行驶的时段被缩短。此外,由于方向盘3没有自动旋转,因此该方式不太可能对驾驶员造成不适。

[0117] 转向侧同步控制的常规同步控制具有如下优点:能够容易地对方向盘3与转动轮5之间的位置关系执行校正处理。该优点可以用于偏差量 $\Delta\theta$ 的值大于阈值 θ_1 、 θ_2 之和的情况下。

[0118] 例如,如图4所示,处理方式D中的同步控制被指定用于偏差量 $\Delta\theta$ 的值大于阈值 θ_1 、 θ_2 之和的情况下。在这种情况下,如图8的部分(a)至(c)所示,方向盘3的旋转位置被校正成使得方向盘3与转动轮5之间的位置关系在车辆开始行驶之前满足预定对应关系。方向盘3通过作为基本动作的以下两个动作进行旋转:朝向作为正值侧的右侧旋转,以及然后朝向作为负值侧的左侧旋转。因此,可以容易地执行对方向盘3与转动轮5之间的位置关系的校正处理,因为校正处理包括仅使方向盘3旋转。可以使驾驶员意识到,当方向盘3要被大幅度地旋转时,该旋转通过作为基本动作的两个动作来完成,使得即使使方向盘3相对大幅度地旋转也不太可能对驾驶员造成不适。

[0119] 在偏差量 $\Delta\theta$ 的值大于第一阈值 θ_1 且等于或小于阈值 θ_1 、 θ_2 之和的情况下,指定执行转动侧同步控制和转向侧同步控制中至少之一,以便根据所需结果利用每种控制模式的优点。

[0120] 具体地,在偏差量 $\Delta\theta$ 具有大于第一阈值 θ_1 且等于或小于阈值 θ_1 、 θ_2 之和的值中的大于第二阈值 θ_2 的值的情况下,可以利用转动侧同步控制的转动偏移控制和转向侧同步控制的第二简化同步控制的优点。

[0121] 例如,如图4所示,处理方式C中的同步控制被指定用于偏差量 $\Delta\theta$ 的值大于第二阈值 θ_2 并且等于或小于阈值 θ_1 、 θ_2 之和的情况下。在这种情况下,如图7的部分(a)和(b)所示,方向盘3的旋转位置被校正成使得方向盘3与转动轮5之间的位置关系的偏差量 $\Delta\theta$ 在车辆开始行驶之前减小到第一阈值 θ_1 。然后,方向盘3通过如下一个动作进行旋转:在向左方向和向右方向中的一个方向上旋转。

[0122] 此后,如图7的部分(c)所示,使车辆在具有第一阈值 θ_1 作为偏差量 $\Delta\theta$ 的同时开始

行驶，并且转动轮5的转动位置被校正成使得方向盘3与转动轮5之间的位置关系在行驶开始后满足预定对应关系。

[0123] 因此，方向盘3的旋转程度被限制在最小程度，因此使方向盘3旋转不太可能对驾驶员造成不适，并且从启动开关42接通直到车辆开始行驶的时段被缩短。

[0124] 在偏差量 $\Delta\theta$ 具有大于第一阈值 θ_1 且等于或小于阈值 θ_1 、 θ_2 之和的值中的等于或小于第二阈值 θ_2 的值的情况下，可以利用转向侧同步控制的第一简化同步控制的优点。

[0125] 例如，如图4所示，处理方式B中的同步控制被指定用于偏差量 $\Delta\theta$ 的值大于第一阈值 θ_1 且等于或小于第二阈值 θ_2 的情况下。在这种情况下，如图6的部分(a)和(b)所示，方向盘3的旋转位置被校正成使得方向盘3与转动轮5之间的位置关系在车辆开始行驶之前满足预定对应关系。在这种情况下，方向盘3通过如下一个动作进行旋转：在向左方向和向右方向中的一个方向上旋转。因此，尽管方向盘3在车辆开始行驶之前旋转，但是该旋转与方向盘3通过两个动作进行旋转时相比在短时间内完成。

[0126] 实施方式的效果

[0127] 在该实施方式中，作为对方向盘3与转动轮5之间的位置关系执行校正处理的方法，可以提出利用转动侧同步控制和转向侧同步控制的优点的方法。

[0128] 涉及转向侧同步控制的常规同步控制的两个动作的校正处理具有如下优点：即使在方向盘3相对较大地旋转的情况下，也不太可能对驾驶员造成不适。另一方面，与涉及两个动作的校正处理相比，涉及转向侧同步控制的简化同步控制的每个模式的一个动作的校正处理具有能够在短时间内完成对方向盘3的旋转位置的校正处理的优点。在这种情况下，涉及两个动作的校正处理的优点可以用在偏差量 $\Delta\theta$ 的值大于阈值 θ_1 、 θ_2 之和的情况下。涉及一个动作的校正处理的优点可以用在偏差量 $\Delta\theta$ 的值等于或小于阈值 θ_1 、 θ_2 之和的情况下。这种配置对于利用涉及一个动作或两个动作的转向侧同步控制的每个校正处理的优点是有效的。

[0129] 在偏差量 $\Delta\theta$ 的值大于第二阈值 θ_2 且等于或小于阈值 θ_1 、 θ_2 之和的情况下，可以利用转动偏移控制和涉及转向侧同步控制的一个动作的校正处理的优点。在偏差量 $\Delta\theta$ 的值大于第一阈值 θ_1 且等于或小于第二阈值 θ_2 的情况下，可以利用涉及转向侧同步控制的一个动作的校正处理的优点。这种配置对于利用转动侧同步控制和转向侧同步控制的优点是有效的。

[0130] 特别地，在偏差量 $\Delta\theta$ 的值大于第二阈值 θ_2 且等于或小于阈值 θ_1 、 θ_2 之和的情况下，可以更适当地利用涉及一个动作的校正处理的优点。从易于对方向盘3与转动轮5之间的位置关系执行校正处理的观点来看，这种配置是有效的。

[0131] 转动侧同步控制的转动偏移控制具有能够缩短在启动开关42接通后车辆开始行驶所需时间的优点。该优点可以更有效地用在偏差量 $\Delta\theta$ 的值等于或小于第一阈值 θ_1 的情况下。常规同步控制和转向侧同步控制的简化同步控制的每种模式具有以下优点：车辆的行为不太可能对驾驶员造成不适。该优点可以更有效地用在偏差量 $\Delta\theta$ 的值大于第一阈值 θ_1 的情况下。在这种情况下，对方向盘3与转动轮5之间的位置关系的校正处理可以产生如下两个效果：从启动开关42接通直到车辆开始行驶的时段的缩短效果；以及车辆的行为造成驾驶员的不适的可能性的降低效果。

[0132] 其他实施方式

[0133] 上述实施方式可以改变如下。以下其它实施方式可以在不出现技术不一致性的这样的范围内彼此组合。

[0134] 与简化同步控制的每种模式一样,关于转向侧同步控制,常规同步控制也可以被指定为涉及使方向盘3在一个方向上旋转的一个动作的校正处理。关于转向侧同步控制,在常规同步控制中,通过将转向角 θ_h 和同步目标转向角 θ_{h*} 中位于负值侧的一个进一步朝向负值侧改变预定量而获得的角度也可以被计算为中继目标转向角 θ_{hr*} 。在常规同步控制中,计算中继目标转向角 θ_{hr*} 的方法可以根据转向角 θ_h 与同步目标转向角 θ_{h*} 之间的位置关系而改变。此外,在常规同步控制中,中继目标转向角 θ_{hr*} 也可以被计算成使得转向角 θ_h 暂时超过常规同步控制的第一阶段中的同步目标转向角 θ_{h*} 。

[0135] 与常规同步控制一样,关于转向侧同步控制,简化同步控制的每种模式也可以被指定为校正处理,该校正处理涉及如下两个动作:使方向盘3在一个方向上旋转,然后使方向盘3在与所述一个方向相反的方向上旋转。

[0136] 与转动偏移控制一样,关于转向侧同步控制,该控制可以逐渐反映在方向盘3的旋转中,同时方向盘3在启动开关42接通且车辆开始行驶后被转向。

[0137] 关于正常校正处理的转动偏移控制,偏移量 θ_{ofst} 的减小处理也可以在车辆开始行驶之后车辆制动或停止的时刻被执行。关于正常校正处理的转动偏移控制,偏移量 θ_{ofst} 的减小处理也可以在车辆开始行驶之前的时刻被执行,只要该时刻是在启动开关42接通并且由转向侧控制单元50进行的启动同步处理完成之后即可。在这种情况下,即使在车辆开始行驶之前,也可以在方向盘3被转向的同时执行转动偏移控制。此外,转动偏移控制可以在启动同步处理完成之后被执行,不管情况如何,转动偏移控制都在启动同步处理之后。

[0138] 当偏差量 $\Delta\theta$ 大于第二阈值 θ_2 并且等于或小于阈值 θ_1 、 θ_2 之和时,可以以处理方式B或处理方式D执行同步控制。在这种情况下,可以省略以处理方式C执行同步控制的配置。该实施方式对于满足在车辆开始行驶之前使转向角 θ_h 与小齿轮角 θ_p 之间的位置关系尽可能接近预定对应关系的要求是有效的。

[0139] 当偏差量 $\Delta\theta$ 大于第一阈值 θ_1 且等于或小于第二阈值 θ_2 时,可以以处理方式A或处理方式C执行同步控制。在这种情况下,可以省略以处理方式B执行同步控制的配置。该实施方式对于满足尽可能缩短从启动开关42接通直到车辆开始行驶的时段的要求是有效的。

[0140] 同步控制可以被配置成使得:当偏差量 $\Delta\theta$ 等于甚至小于第一阈值 θ_1 的最小阈值 θ_{min} 时,转动侧同步控制和转向侧同步控制都不被执行。例如,最小阈值 θ_{min} 被设定为在通过实验获得使得即使当使车辆在具有偏差量 $\Delta\theta$ 的同时开始行驶时车辆的这种行为也不太可能对驾驶员造成不适的范围内的值。在这种情况下,可以产生在启动开关42接通之后不执行同步控制本身的情况。

[0141] 在处理方式C的同步控制中,可以通过第二简化同步控制以对应于偏差量 $\Delta\theta$ 的一半的程度对方向盘3的旋转位置执行校正处理,然后可以通过转动偏移控制对转动轮5的转动位置执行校正处理。此外,在处理方式C的同步控制中,可以通过第二简化同步控制以对应于第二阈值 θ_2 的程度对方向盘3的旋转位置执行校正处理,然后可以通过转动偏移控制对转动轮5的转动位置执行校正处理。

[0142] 向驾驶员通知正在执行转向侧同步控制的通知装置可以设置在车厢内部(例如设置在仪表板中)。通知装置的通知动作的示例包括:通过字符显示消息;通过语音生成消息;

以及生成电子声音。因此,驾驶员可以知道方向盘3将要自动旋转或者正在自动旋转的方向盘3将要停止。该实施方式对于降低转向侧同步控制对驾驶员造成不适的可能性是有效的。

[0143] 根据产品规格等将转向角比设置为适当的值。例如,转向角比可以使得“ $\theta_h:\theta_i$ ”(即“ $\theta_h:\theta_p$ ”)为“1:1”或“1:3”。当“ $\theta_h:\theta_p$ ”为“1:3”时,转向角 θ_h 的10°的变化伴随着转动角 θ_i 的30°的变化。当“ $\theta_h:\theta_p$ ”为“1:1”时,转动转换角 θ_{p_s} 与小齿轮角 θ_p 基本匹配。在这种情况下,在启动同步处理的步骤S10中,偏差量 $\Delta\theta$ 可以被获得为转向角 θ_h 与小齿轮角 θ_p 之间的差的绝对值。此外,通电期间在转动侧控制中使用的目标小齿轮角 θ_{p*} 基本上与转向角 θ_h 匹配。因此,在正常校正处理的步骤S20中,偏移量 θ_{ofst} 可以通过从转向角 θ_h 减去小齿轮角 θ_p 来获得。

[0144] 在转向控制装置1中,单个控制单元可以被形成为具有如下功能:其中对转向侧马达13进行操作的转向侧控制单元50的功能与对转动侧马达32进行操作的转动侧控制单元60的功能被合并。在这种情况下,同步控制中涉及的处理可以被配置成使得:在与启动同步处理的步骤S11中的“是”的判定对应的处理之后,执行与正常校正处理的步骤S20、S22对应的处理。此外,同步控制中涉及的处理可以被配置成使得:在与启动同步处理的步骤S16对应的处理之后,执行与正常校正处理的步骤S20、S22对应的处理。

[0145] 当计算目标反作用力扭矩时,转向侧控制单元50应当至少使用根据方向盘3的操作状态而变化的状态变量。在这种情况下,代替使用车辆速度V或转向扭矩Th,转向侧控制单元50可以使用其他要素或其他要素的组合。

[0146] 转向侧控制单元50可以将通过执行扭矩反馈控制计算的值计算为目标反作用力扭矩,该扭矩反馈控制使转向扭矩Th适应于基于转向扭矩Th计算的目标转向扭矩。

[0147] 转向侧控制单元50可以通过考虑取决于转向扭矩Th的转向轴11的扭转量并通过加法、减法等将该扭转量考虑在旋转角 θ_s 中来计算转向角 θ_h 。

[0148] 可以使用转向传感器的检测结果作为转向角 θ_h ,该转向传感器被设置在转向轴11上以用于检测转向轴11的旋转角。可以使用小齿轮角度传感器的检测结果作为小齿轮角度 θ_p ,该小齿轮角度传感器被设置在小齿轮轴21上以用于检测小齿轮轴21的旋转角。

[0149] 在上述实施方式中,例如,可以采用与齿条轴22设置在同一轴线上的马达或者通过蜗杆和蜗轮组连接至与齿条轴22一起构成的齿条和小齿轮机构的小齿轮轴的马达作为转动侧马达32。

[0150] 在上述实施方式中,转向控制装置1可以由处理电路形成,该处理电路包括:(1)根据计算机程序(软件)进行操作的一个或更多个处理器;(2)执行各种处理中的至少一些处理的一个或更多个专用硬件电路诸如专用集成电路(ASIC);或者(3)(1)与(2)的组合。处理器包括CPU和诸如RAM或ROM的存储器,并且存储器存储被配置成使CPU执行处理的程序代码或命令。存储器的示例即非暂态计算机可读介质包括可以由通用或专用计算机访问的所有可用介质。

[0151] 在上述实施方式中,转向装置2具有无连杆结构,在无连杆结构中,转向部分4和转动部分6始终被机械切断。然而,转向装置2的结构不限于该示例,而是可以为其中转向部分4和转动部分6能够通过离合器彼此被机械地切断的结构。另外,转向装置2可以具有可独立转动的结构,在该可独立转动的结构中,转动部分6的左转动轮和右转动轮5可以被独立地转动。

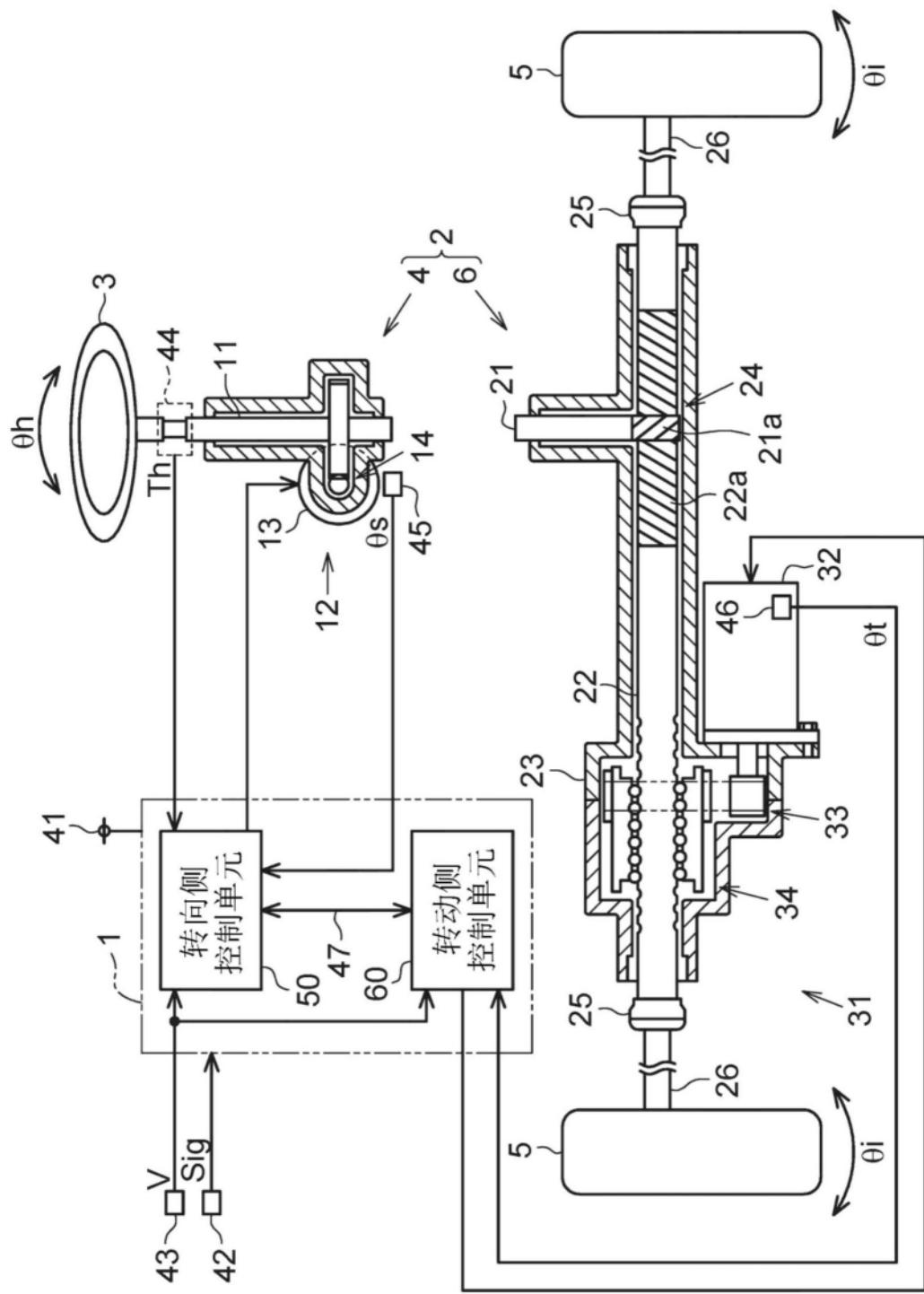


图1

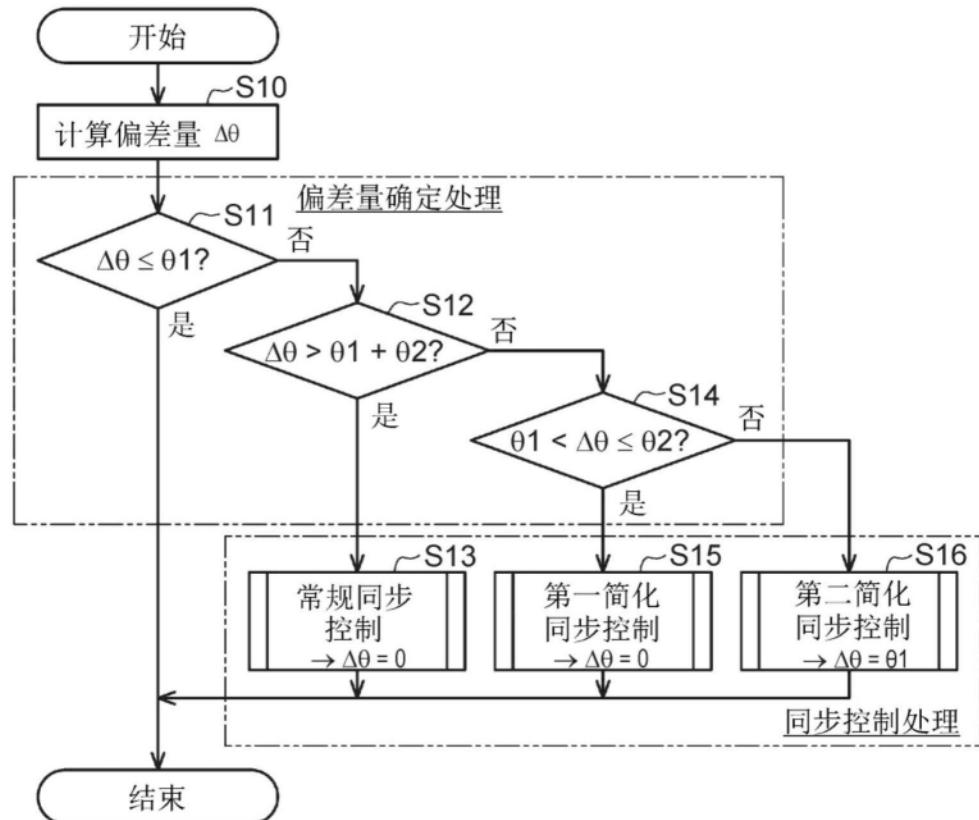


图2

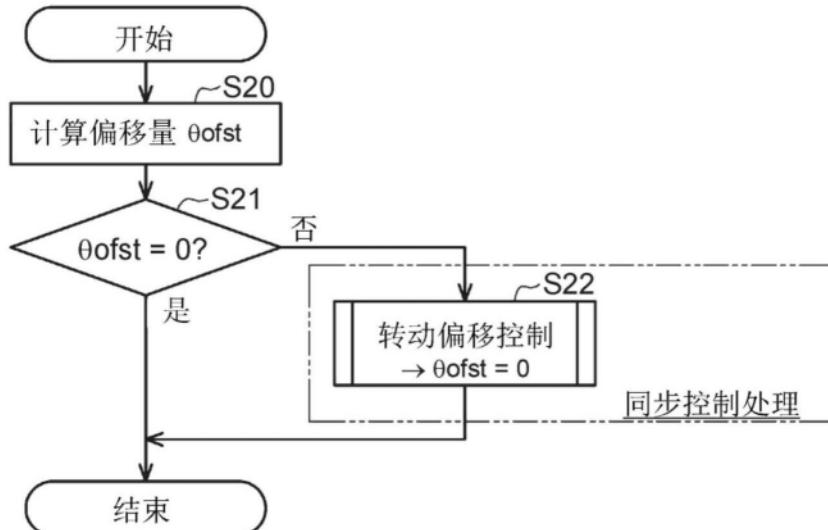


图3

处理方式	偏差量 $\Delta\theta$	启动同步处理	正常校正处理
A	$\Delta\theta \leq \theta_1$	无	转动偏移控制
B	$\theta_1 < \Delta\theta \leq \theta_2$	第一简化同步控制	无
C	$\theta_2 < \Delta\theta \leq \theta_1 + \theta_2$	第二简化同步控制	转动偏移控制
D	$\theta_1 + \theta_2 < \Delta\theta$	常规同步控制	无

图4

<处理方式A>

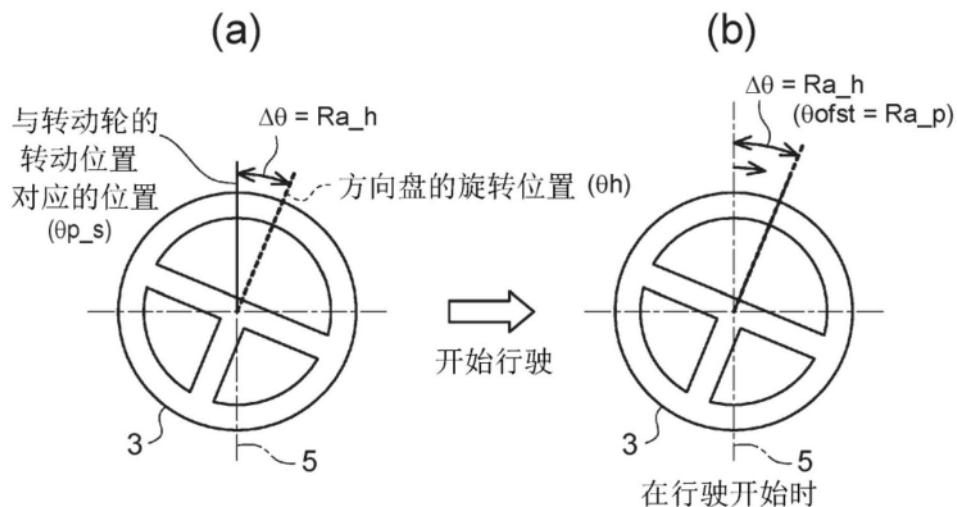


图5

<处理方式B>

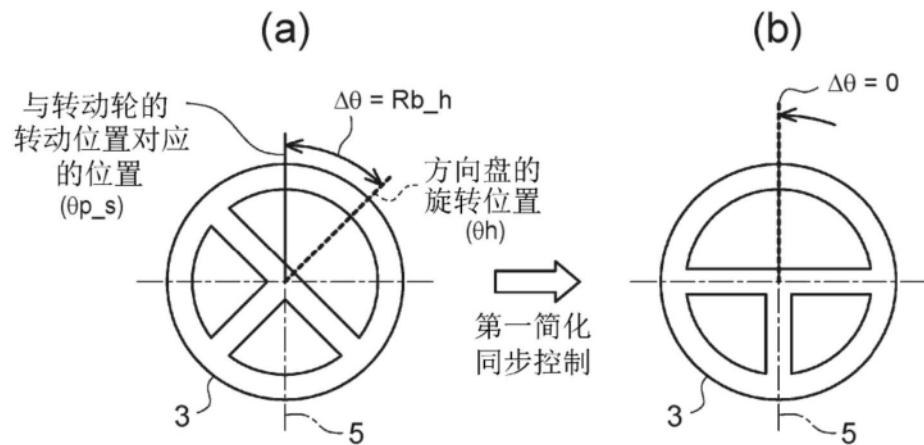


图6

<处理方式C>

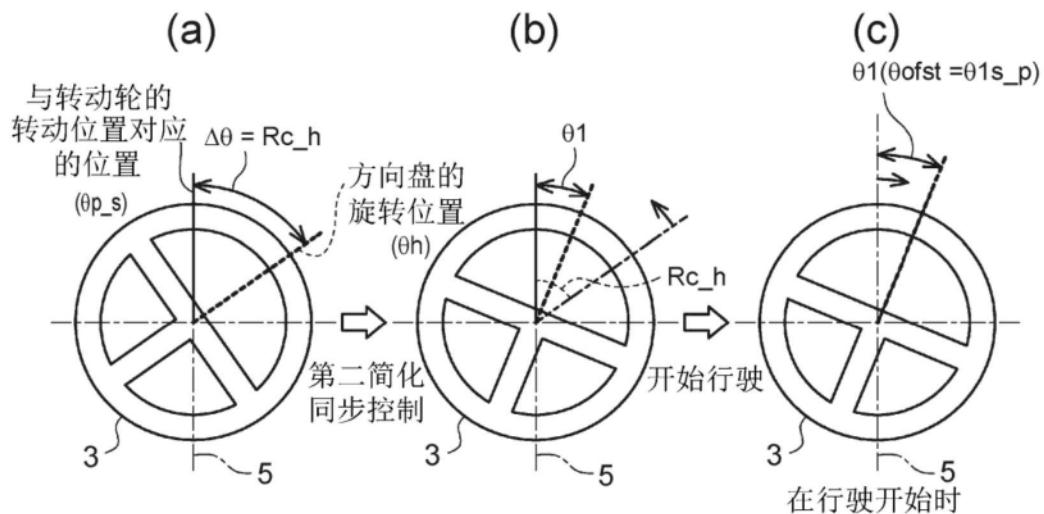


图7

<处理方式D>

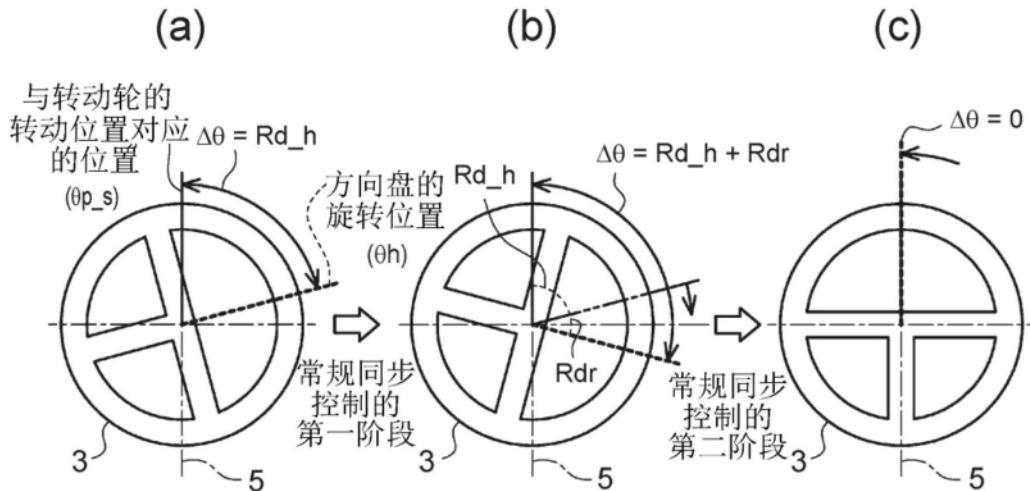


图8