



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 106795963 A

(43)申请公布日 2017.05.31

(21)申请号 201580055885.8

(74)专利代理机构 上海专利商标事务所有限公
司 31100

(22)申请日 2015.10.12

代理人 顾峻峰

(30)优先权数据

14425132.9 2014.10.16 EP

(51)Int.Cl.

F16H 61/42(2010.01)

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

F16H 61/444(2010.01)

2017.04.14

H02P 5/46(2006.01)

(86)PCT国际申请的申请数据

F16H 47/02(2006.01)

PCT/EP2015/073602 2015.10.12

(87)PCT国际申请的公布数据

W02016/059009 EN 2016.04.21

(71)申请人 意大利德纳股份有限公司

地址 意大利特兰托

(72)发明人 L·巴尔博尼 G·奥内拉

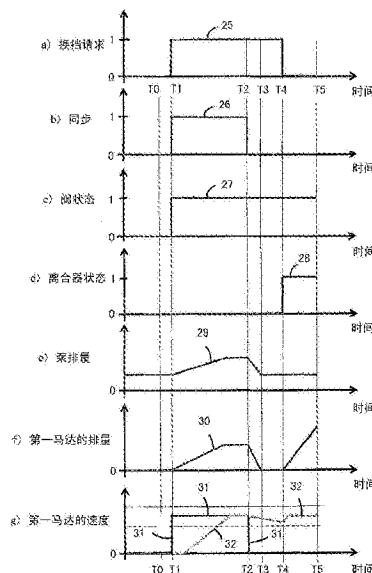
权利要求书2页 说明书11页 附图6页

(54)发明名称

双马达驱动单元和将双马达驱动单元的第一
马达与输出轴驱动地接合的方法

(57)摘要

本发明涉及一种将双马达驱动单元(1;100)
的第一马达(4)与由双马达驱动单元(1;100)的
第二马达(7)驱动的输出轴(14)驱动地接合的方
法,该方法包括以下步骤:致动离合装置(9),离
合装置用于将第一马达(4)与输出轴(14)驱动地
接合;将第一马达(4)的转速(32)与输出轴(14)
的转速同步;当第一马达(4)的转速(32)和输出
轴(14)的转速同步时,减小第一马达(4)的输出
转矩;以及当离合装置(9)将第一马达(4)与输出
轴(14)驱动地接合时,增加第一马达(4)的输出
转矩。本发明还涉及用于执行该方法的双马达驱
动单元(1;100)。



1. 一种将双马达驱动单元(1;100)的第一马达(4)与由所述双马达驱动单元(1;100)的第二马达(7)驱动的输出轴(14)驱动地接合的方法,所述方法包括以下步骤:

致动离合装置(9),所述离合装置用于将所述第一马达(4)与所述输出轴(14)驱动地接合;

将所述第一马达(4)的转速(32)与所述输出轴(14)的转速同步;

当所述第一马达(4)的所述转速(32)和所述输出轴(14)的转速同步时,减小所述第一马达(4)的输出转矩;以及

当所述离合装置(9)将所述第一马达(4)与所述输出轴(14)驱动地接合时,增加所述第一马达(4)的输出转矩。

2. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述双马达驱动单元(1;100)设置在车辆中,且其中,当车速降至阈值车速以下时,开始所述致动和所述同步,其中,所述阈值车速优选地基于当前车速和由所述车辆的操作者提供的加速或减速输入信号确定。

3. 根据前述权利要求中任一项所述的方法,其特征在于,所述同步包括:确定所述第一马达(4)的接合速度(31)并将所述第一马达(4)的所述转速(32)调整至所述接合速度(31)。

4. 根据权利要求3所述的方法,其特征在于,所述第一马达(4)的转速(32)与所述输出轴(14)的转速同步包括下列中的一个:

所述第一马达(4)的转速(32)匹配所述接合速度(31);以及

同步持续时间超出最大同步持续时间。

5. 根据前述权利要求中任一项所述的方法,其特征在于,所述第一马达(4)是与可变排量静压泵(3)流体连通的可变排量静压马达,其中,所述同步包括下列中的至少一个:

改变所述第一马达(4)的液压排量(30);以及

改变所述静压泵(3)的液压排量(29)。

6. 根据权利要求5所述的方法,其特征在于,所述同步包括增加所述第一马达(4)的所述液压排量(30)和增加所述静压泵(3)的所述液压排量(29)。

7. 根据权利要求6所述的方法,其特征在于,基于所述静压泵(3)的转速增加所述静压泵(3)的所述液压排量(29)。

8. 根据权利要求7所述的方法,其特征在于,所述静压泵(3)的所述液压排量(29)的增加量是所述静压泵(3)的转速的减函数。

9. 根据权利要求3至8中任一项所述的方法,其特征在于,所述调整包括以下步骤:

应用比例积分(PI)控制器(33),所述控制器使用所述第一马达(4)的接合速度(31)作为期望值并使用所述第一马达(4)的排量(30)作为控制变量,所述调整优选地包括将所述第一马达(4)的所述排量(30)保持在上限(37)以下,其中,所述上限(37)基于所述第一马达(4)的所述转速(32)确定。

10. 根据前述权利要求中任一项所述的方法,其特征在于,所述第一马达(4)是与可变排量静压泵(3)流体连通的可变排量静压马达,其中,减小所述第一马达(4)的输出转矩包括下列中的至少一个:

减小所述第一马达(4)的液压排量(30);以及

减小所述静压泵(3)的液压排量(29);且其中,增加所述第一马达(4)的输出转矩包括:增加所述第一马达(4)的所述液压排量(30)。

11. 根据前述权利要求中任一项所述的方法,其特征在于,还包括以下步骤:

检测同步期间车辆的加速度;以及

如果检测到的所述车辆的加速度超过阈值加速度,则改变以下同步参数中的至少一个:

最大同步持续时间;

所述第一马达(4)的液压排量(30)的上限(37);

所述同步过程期间所述第一马达(4)的液压排量(30)的变化率;以及

所述同步过程期间静压泵(3)的液压排量(29)的变化率。

12. 一种双马达驱动装置(1;100),包括:

输出轴(14);

第一马达(4);

离合装置(9),所述离合装置适于将所述第一马达(4)与所述输出轴(14)选择性地驱动地接合;

第二马达(7),所述第二马达与所述输出轴(14)驱动地接合;

第一速度传感器(6),用于测量所述第一马达(4)的转速(32);

第二速度传感器(17),用于测量所述输出轴(14)的转速;以及

控制单元(19);

其中,所述控制单元(19)适于控制所述离合装置(9);

其中,所述控制单元(19)适于控制所述第一马达(4)的所述转速(32),并将所述第一马达(4)的所述转速(32)与所述输出轴(14)的转速同步;

其中,所述控制单元(19)适于当所述第一马达(4)和所述输出轴(14)同步时减小所述第一马达(4)的输出转矩;以及

其中,所述控制单元(19)适于当所述第一马达(4)与所述输出轴(14)驱动地接合时增加所述第一马达(4)的输出转矩。

13. 根据权利要求12所述的双马达静压驱动单元(1;100),其特征在于,所述第一马达(4)是与可变排量静压泵(3)流体连通的可变排量静压马达,其中,所述控制单元(19)适于控制所述第一马达(4)的液压排量(30)和控制所述静压泵(3)的所述液压排量(29),且其中,所述控制单元(19)适于执行根据权利要求2至11中任一项所述的方法步骤。

14. 根据权利要求12或13所述的双马达静压驱动单元(1;100),其特征在于,所述第二马达(7)是静压马达,所述驱动单元(1;100)还包括:

液压蓄能器组件(80),包括高压液压蓄能器(81)和低压液压蓄能器(82);以及

蓄能器阀(83),适于将所述液压蓄能器组件(80)选择性地流体连接至所述第一马达(4)和所述第二马达(7)中的至少一个;

其中,所述控制单元(19)适于控制所述蓄能器阀(83),以调节静压回路中的静压压力,所述静压回路包括所述第一马达(4)和所述第二马达(7)中的至少一个。

15. 一种车辆,包括根据权利要求12至14中任一项所述的双马达静压驱动单元(1;100)。

双马达驱动单元和将双马达驱动单元的第一马达与输出轴驱动地接合的方法

[0001] 本发明涉及一种将双马达驱动单元的第一马达与双马达驱动单元的输出轴驱动地接合的方法。本发明还涉及一种用于执行该方法的双马达驱动单元以及一种包括对应的双马达驱动单元的车辆。

[0002] 包括用于驱动输出轴的第一马达和第二马达的双马达驱动单元一般以其良好性能和高效率著称。通常,两个马达中的一个,例如第一马达在低输出速度和高输出转矩下与输出轴接合,而在高输出速度和低输出转矩下与输出轴断开。因而,双马达传动系统典型地包括用于使第一马达与输出轴选择性地接合的机构,例如液压离合器。一般可期望的是,以最大的平顺性执行将第一马达与输出轴接合的过程。即,要避免齿轮比或牵引力的突变,从而最小化机械零件的磨损并使得驱动单元更易于控制。

[0003] 为了增强接合过程的平顺性,已提出在离合器上配备诸如比例阀之类的装置,这些装置允许以改善的精度来控制离合器。然而,这些装置的使用通常增加了生产成本。

[0004] 因而,构成本发明基础的技术问题包含,提供一种将双马达驱动单元的第一马达与双马达驱动单元的输出轴接合的替代的方法。该方法应提供机械部件的低度磨损以及对于操作者而言的高度可控性。构成本发明基础的技术问题还包含提供一种用于执行该方法的优选低成本的双马达驱动单元。

[0005] 因而,本发明涉及一种将双马达驱动单元的第一马达与由双马达驱动单元的第二马达驱动的输出轴驱动地接合的方法,该方法包括以下步骤:

[0006] 致动离合装置,离合装置适于将第一马达与输出轴驱动地接合;

[0007] 将第一马达的转速与输出轴的转速同步;

[0008] 当第一马达的转速和输出轴的转速同步时,减小第一马达的输出转矩;以及

[0009] 当离合装置将第一马达与输出轴驱动地接合时,增加第一马达的输出转矩。

[0010] 典型地,双马达驱动单元被操作,使得在输出轴的高转速下,例如当输出轴的转速高于输出轴的阈值速度时,输出轴与第二马达驱动地接合而不与第一马达驱动地接合。即,通常仅当输出轴的转速低于输出轴的阈值速度或落至输出轴的阈值速度以下时和/或当输出轴处所需转矩高于阈值转矩时,第一马达才额外地与输出轴驱动地接合。因而,本文所提出的方法典型地在输出轴的转速减速期间进行。

[0011] 典型地,仅在已完成将第一马达与输出轴同步的步骤以及减小第一马达的输出转矩步骤之后,离合装置将第一马达与输出轴驱动地接合。一旦第一马达的转速与双马达驱动单元的输出轴的转速同步就减小第一马达的输出转矩,能确保第一马达与输出轴的平顺的接合。以此方式,机械传动的机械磨损减小且由接合过程引起的冲击最小化。所提出的方法还确保了由输出轴传送的牵引力的连续变化。输出轴可为车辆的驱动轴或轮轴。车辆可为非公路车辆,例如是诸如拖拉机或收割机之类的农业车辆或诸如轮式装载机、翻斗车、履带车之类的工业车辆等等。

[0012] 离合装置可为液压离合器。致动离合装置因而可包括致动液压阀。优选地,离合装置将第一马达与输出轴驱动地接合包括:将第一马达与输出轴通过没有任何滑动的静摩擦

驱动地接合。换言之，第一马达与输出轴驱动地接合优选地包括：使输出轴的转速与第一马达的转速之比等于输出轴与第一马达之间的机械传动的齿轮比。通常，离合装置将第一马达与输出轴驱动地接合相对于致动离合装置有所延迟。该延迟的持续时间典型地取决于离合装置的设计或离合装置的运行模式。例如，延迟的持续时间可为至少10毫秒或至少20毫秒。附加地或替代地，延迟的持续时间可少于500毫秒、少于300毫秒或少于150毫秒。

[0013] 将第一马达与输出轴同步典型地包括：执行同步算法，同步算法在对应于同步持续时间的同步时间间隔段内执行。此处和下文中，术语“同步算法”和术语“同步过程”用作同义词。同步算法可使用一个或多个同步参数作为输入。在所提出的方法的实施例中，离合装置的致动和第一马达与输出轴的同步例如在时间点T1处同时开始。例如，一旦输出轴的转速落至前述输出的阈值速度以下，就可开始该同步和该致动。如果双马达驱动单元是车辆动力传动系统的一部分，则输出轴的阈值速度典型地与车辆的阈值速度相关联。因而，也可一旦车速落至阈值车速以下就开始该同步和该致动。输出轴阈值速度和/或车辆阈值速度基于当前车速和/或基于由车辆操作者提供的加速信号或减速信号确定。例如，输出轴阈值速度和/或车辆阈值速度可基于车辆的加速踏板的位置确定。可由同步算法作为输入使用的前述同步参数可包括：当前车速、加速踏板位置、阈值输出轴速度和阈值车速中的至少一个。在本申请的范围内，“ $x_1、\dots、x_n$ 中的至少一个”的表述可包括 $x_1、\dots、x_n$ 的任何子集，任何子集包括全集。

[0014] 在本文提出的方法的另一实施例中，将第一马达的转速与输出轴的转速同步包括确定第一马达的接合速度并将第一马达的转速调整至接合速度。第一马达的接合速度是优选地在离合装置将第一马达与输出轴驱动地接合之前或紧接地之前第一马达必须达到的转速。优选地，第一马达的接合速度由输出轴在接合时的速度乘以输出轴与第一马达之间的传动齿轮比给定。如果离合装置在第一马达的转速匹配接合速度时将第一马达与输出轴驱动地接合，则第一马达的加速度和由接合过程引起的冲击被最小化。匹配接合速度的第一马达的转速可包括落入预定的速度区间内的第一马达的转速，预定的速度区间包括接合速度。

[0015] 优选地，第一马达的接合速度基于当前输出轴速度、当前车速、阈值输出轴速度、阈值车速、加速踏板位置和第一马达与输出轴之间的传动齿轮比中的至少一个确定。因而，可由同步算法作为输入使用的同步参数可包括：第一马达与输出轴之间的传动齿轮比。

[0016] 在所提出的方法的另一实施例中，一旦第一马达的转速匹配接合速度或一旦同步过程的持续时间超出最大同步持续时间，就认为第一马达的转速和输出轴的转速是同步的。可由同步算法用作输入的同步参数可包括：最大同步持续时间。最大同步持续时间可例如长达500毫秒、长达300毫秒或长达将200毫秒。第一马达的转速与输出轴的转速首次同步的时间点典型地标志了同步或等同地同步过程或同步算法的结束。该时间点可叫做T2。

[0017] 第一马达可为可变排量静压马达，第一马达与静压泵流体连通，静压泵优选地是可变排量静压泵。典型地，静压泵与诸如内燃机(ICE)或电动机之类的动力源驱动地接合。第一马达可为液压轴向活塞马达、或液压径向活塞马达或本领域中已知的任何其它种类的可变排量静压马达。同样地，静压泵可为液压轴向活塞泵、或液压径向活塞泵或本领域中已知的任何其它种类的可变排量液压泵。在所提出的方法的另一实施例中，同步包括改变第一马达的液压排量和改变静压泵的液压排量中的至少一个。改变第一马达的液压排量可包

括增加和减少第一马达的液压排量中的至少一者。同样地,改变静压泵的液压排量可包括增加和减少静压泵的液压排量中的至少一者。

[0018] 典型地,同步包括增加第一马达的液压排量,以将第一马达加速至接合速度。一旦同步过程例如在T1处开始,就可增加第一马达的液压排量。与第一马达相同,第二马达可构造为与静压泵流体连通的静压马达。在该情形下,改变第一马达的液压排量通常影响第二马达中的流体压力。这可能引起通过第二马达传递至输出轴的转矩的变化,并导致输出轴的非期望的加速或导致非期望的冲击。

[0019] 因而,同步可包括优选同时地增加第一马达的液压排量和增加静压泵的液压排量。例如,随着第一马达的液压排量在同步过程期间增加,静压泵的液压排量可同时增加,使得流过第二静压马达的液压流体的流速保持恒定或基本恒定。这可通过基于静压泵的转速增加静压泵的液压排量而实现。

[0020] 特别地,静压泵的排量可增加使得该增加是静压泵的当前转速的减函数。静压泵的转速通常可通过构造成调节动力源的输出转矩或输出速度的致动器来调节。该致动器可例如为加速踏板。因而,由同步算法确定的对抗第二静压马达中的压降的静压泵的液压排量的增加量优选是致动器位移(例如,加速踏板百分比)的减函数。

[0021] 在所提出的方法的另一实施例中,将第一马达的转速调整至接合速度包括:应用比例-积分(PI)控制器。例如,第一马达的接合速度可用作PI控制器的期望值,且第一马达的排量可用作PI控制器的控制变量。优选地,PI控制器具有抗饱和功能。即,将第一马达的转速调整至接合速度可包括:保持第一马达的液压排量低于上限或增加第一马达的液压排量不超出上限。该上限可基于第一马达的转速或基于接合速度确定。可由同步算法作为输入使用的同步参数可包括:第一马达的液压排量或静压泵的液压排量的变化率。此外,同步参数可包括PI控制器所使用的第一马达的液压排量的上限。

[0022] 在所提出的方法的另一实施例中,一旦第一马达和输出轴已同步就减小第一马达的输出转矩包括:减小第一马达的液压排量和减小静压泵的液压排量中的至少一者。此外,减小第一马达的液压排量和减小静压泵的液压排量可同时进行。例如,随着第一马达的液压排量减小,静压泵的液压排量可同时被调整或减小,使得流过第二静压马达的液压液体的流速保持恒定或基本恒定,以避免非期望的冲击。优选地,在同步过程的结束、即在T2,第一马达的液压排量相对于第一马达的参考液压排量减小至少百分之50。优选地,第一马达的液压排量减小至零。优选地,在同步过程开始的时间点,例如在T1,静压泵的液压排量减小至静压泵的参考排量。优选地,第一马达的液压排量和静压泵的液压排量减小,使得它们同时,例如在时间点T3,达到它们各自的参考值。

[0023] 同步完成后,离合装置第一次将第一马达与输出轴驱动地接合的时间点可叫做T4。典型地,保持以下关系式中的至少一个: $T1 < T2$; $T2 < T3$; $T3 < T4$ 。一旦离合装置已将第一马达与输出轴驱动地接合就增加第一马达的输出转矩可包括:增加第一马达的液压排量。

[0024] 所提出的方法的另一实施例目的在于,在同步过程的多个重复中逐渐改善同步过程。具体地,该实施例包括以下附加步骤:在同步过程期间检测输出轴的加速度和/或检测车辆的加速度。如果检测到的加速度超出阈值输出轴加速度或阈值车辆加速度,则可改变用作同步算法的输入或多个输入的下列同步参数中的至少一个的值或多个值:

[0025] 最大同步持续时间;

- [0026] 第一马达的液压排量的上限；
- [0027] 同步过程期间第一马达的液压排量的变化率；以及
- [0028] 同步过程期间静压泵的液压排量的变化率。
- [0029] 优选地，这些输入值在当前同步过程已完成且在同步算法的后续运行开始之前被修改。
- [0030] 在该实施例中，至少一个上述同步参数或参数值被修改，使得在同步算法的后续运行中输出轴加速度不超过阈值输出轴加速度，和/或使得在同步算法的后续运行中车辆加速度不超过阈值车辆加速度。阈值输出轴加速度可为 0s^{-2} 。额外地或替代地，阈值车辆加速度可为零 m/s^2 。换言之，优选地，同步参数或同步参数值中的至少一个被修改，使得在同步算法的后续运行中，输出轴/车辆在同步过程期间连续且平顺地减速。在同步过程期间的正的加速度可被认为是驱动单元或车辆的非期望的冲击。
- [0031] 要指出的是，除非作出相反陈述，所提出的方法可包括上述不同实施例的特征和方法步骤的任意组合。
- [0032] 本发明还提供了一种双马达静压驱动单元，所述驱动单元适于执行前述方法。该驱动单元至少包括：
- [0033] 输出轴；
- [0034] 第一静压马达；
- [0035] 离合装置，离合装置适于将第一马达与输出轴选择性地驱动地接合；
- [0036] 第二马达，第二马达与输出轴接合或选择性地驱动地接合；
- [0037] 第一速度传感器，用于测量第一马达的转速；
- [0038] 第二速度传感器，用于测量输出轴的转速；以及
- [0039] 控制单元；
- [0040] 其中，控制单元适于控制离合装置；
- [0041] 其中，控制单元适于控制第一马达的转速并将第一马达的转速与输出轴的转速同步；
- [0042] 其中，控制单元适于当或一旦第一马达和输出轴同步就减小第一马达的输出转矩；以及
- [0043] 其中，控制单元适于当或一旦离合装置将第一马达与输出轴驱动地接合就增加第一马达的输出转矩。
- [0044] 控制离合装置可包括致动离合装置以实现将第一马达与输出轴接合和将第一马达与输出轴脱离中的至少一者。控制第一马达的转速可包括：增加第一马达的速度、减小第一马达的速度和保持第一马达的速度恒定中的至少一者。
- [0045] 在所提出的双马达驱动单元的实施例中，第一马达构造为或包括可变排量静压马达，且静压泵构造为或包括可变排量静压马达静压泵。控制单元则可适于控制第一马达的液压排量和控制静压泵的液压排量。控制第一马达/泵的液压排量可包括增加排量、减小/降低排量和保持排量恒定中的至少一者。特别地，控制单元可适于执行上述将第一马达与输出轴驱动地接合的方法。即，控制单元可适于运行上述同步算法并根据控制算法控制静压泵、第一静压马达和离合装置中的至少一个。
- [0046] 在另一实施例中，所提出的双马达静压驱动单元还包括：

[0047] 液压蓄能器组件,包括高压液压蓄能器和低压液压蓄能器;以及

[0048] 至少有一个蓄能器阀,适于将液压蓄能器组件选择性地流体连接至第一马达、第二马达和静压泵中的至少一个;

[0049] 其中,控制单元适于控制蓄能器阀,以调节静压回路中的静压压力,静压回路包括第一马达、第二马达和静压泵中的至少一个。

[0050] 调节静压回路中的静压压力可包括增加静压压力、减小或降低静压压力或保持静压压力恒定中的至少一个。

[0051] 在另一实施例中,控制单元可适于控制至少一个蓄能器阀,使得存储在蓄能器组件中的静压能量用于或额外地用于将第一马达的转速与输出轴的转速同步。控制单元可适于控制蓄能器阀,使得存储在蓄能器组件中的静压能量用于或额外地用于将第一马达的转速调整至上述接合速度。例如,上述PI控制器可使用或可额外地使用蓄能器阀的控制状态作为控制变量。

[0052] 在另一实施例中,控制单元可适于控制至少一个蓄能器阀,使得当第一马达的转速和输出轴的转速同步时,存储在蓄能器组件中的静压能量被用于或额外地用于典型地通过减小第一马达内的静压压力来减小第一马达的输出转矩。

[0053] 在另一实施例中,控制单元可适于控制至少一个蓄能器阀,使得当或一旦离合装置将第一马达与输出轴驱动地接合,存储在蓄能器组件中的静压能量被用于或额外地用于典型地通过增加第一马达内的静压压力来增加第一马达的输出转矩。

[0054] 控制单元可包括可编程处理器、微控制器或FPGA。控制单元可电子地连接至第一马达、第二马达、静压泵、第一速度传感器、第二速度传感器和蓄能器阀中的至少一个。使用控制单元来控制任何这些部件或装置可包括发送电控制信号。

[0055] 本发明还提供了一种包括上述双马达静压驱动单元的车辆。该车辆可为非公路车辆,例如农业车辆或工业车辆。特别地,该车辆可为拖拉机、收割机、轮式装载机、翻斗车或履带车,等等。

[0056] 对本领域技术人员而言,考虑到附图和以下的具体说明,上述内容和本发明的其它优点将显而易见,附图中:

[0057] 图1示出了根据本发明的第一实施例的双马达驱动单元的原理性示意图;

[0058] 图2示出了根据本发明的实施例的方法步骤的流程框图;

[0059] 图3a-g示出了不同的方法参数值的时间序列;

[0060] 图4示出了根据本发明的实施例的PI控制器的原理性示意图;

[0061] 图5示出了由根据本发明的实施例的双马达驱动单元驱动的车辆的时间序列;以及

[0062] 图6示出了根据本发明的第二实施例的双马达驱动单元的原理性示意图。

[0063] 图1示出了根据本发明的双马达静压传动驱动单元1的实施例。在此处和以下,重现的特征由相同的附图标记标示。双马达驱动单元1设置在例如是轮式装载机的车辆(未示出)中,且包括:动力源2、第一可逆可变排量静压马达4、第一速度传感器6、第二可逆可变排量静压马达7、液压离合装置9、液压阀12、静压压力传感器13、输出轴14、第二速度传感器17、加速踏板18以及电子控制单元19,动力源2与可逆可变排量静压泵3驱动地接合,第一可逆可变排量静压马达4与第一轴5驱动地接合,第一速度传感器6适于测量第一马达4的转

速,第二可逆可变排量静压马达7与第二轴8驱动地接合,液压离合装置9通过齿轮10、11、23与第一轴5驱动地接合并适于通过对应的离合器板将第一马达4与第二轴8驱动地接合,液压阀12用于调节离合装置9的离合器腔室内的静压压力,静压压力传感器13用于检测离合器腔室内的静压压力,输出轴14通过齿轮15、16与第二轴8驱动地接合,第二速度传感器17适于测量输出轴14的转速,加速踏板18适于调节动力源2的输出转矩和转速,电子控制单元19包括可编程微处理器。控制单元19至少电气连接至泵3、马达4、7、速度传感器6、17、液压阀12、压力传感器13和加速踏板18。仅为了清楚起见,这些电连接件在图1中不明确示出。输出轴14与或可与车辆的至少一个车轴(未示出)驱动地接合。轴5、8、14、齿轮10、11、15、16、23和离合装置9设置在齿轮箱24内。

[0064] 动力源2是内燃机(ICE)。静压泵3是带有可动斜盘20的液压轴向活塞泵。第一马达4、7分别构造为包括可动斜盘21、22的可逆液压轴向活塞马达。在替代的实施例中,泵3和马达4、7可为本领域中已知的任何其它类型的可变排量静压泵/马达。静压马达4、7与静压泵3并联地流体连通。即,静压泵3的第一流体端口3a分别流体地连接至马达4、7的第一流体端口4a、7a,静压泵3的第二流体端口3b分别流体地连接至马达4、7的第二流体端口4b、7b。控制单元19适于控制泵3和马达4、7的液压排量,其中,控制液压排量可分别包括使斜盘20、21、22运动。

[0065] 控制单元19还适于控制液压阀12。控制液压阀12包括:例如通过对应的电信号在多个连续的或离散的控制状态之间切换液压阀12。因而,控制单元19适于通过控制液压阀12而引起离合装置9将第一马达4与输出轴14驱动地接合以及将第一马达4与输出轴14断开。速度传感器6、17分别适于将表示第一马达4和输出轴17的转速的速度电信号发送至控制单元19。控制单元19适于接收这些速度信号。压力传感器13适于将表示离合器腔室内的液压压力的电信号发送至控制单元19。加速踏板18可被车辆的操作者致动。加速踏板18适于将表示踏板位置的加速或减速的电输入信号,例如踏板百分比,发送至控制单元19。控制单元19构造为接收来自压力传感器13和加速踏板18的电信号。

[0066] 相对于图2至5来阐述将第一马达4与输出轴14驱动地接合的方法的实施例,该实施例可使用图1中的双马达驱动单元1来执行。图2原理性地示出了包括所提出的方法的步骤的流程框图。图3a—g示出了不同的方法参数值的时间序列。

[0067] 图3a示出了换挡请求变量25的的时间序列。当请求调低速挡时,换挡请求变量被设定为“1”,否则为“0”。

[0068] 图3b示出了同步变量26的的时间序列,表明了同步算法的状态。当执行同步算法时,同步变量被设定为“1”,否则为“0”。

[0069] 图3c示出了阀状态变量27的的时间序列。当液压阀12被切换至某位置时,阀状态变量被设定为“1”,在该位置,液压阀12影响离合器腔室中的液压压力,使得液压阀12引起液压离合装置9将第一马达4与输出轴14接合。否则,阀状态变量被设定为“0”。

[0070] 图3d示出了离合器状态变量28的的时间序列。当压力传感器13表明离合装置9将第一马达4与输出轴14驱动地接合时,例如当压传感器13表明离合器腔室中的静压压力超过阈值压力时,离合器状态变量被设定为“1”。否则,离合器状态变量被设定为“0”。

[0071] 图3e示出了静压泵3的液压排量29的时间序列。

[0072] 图3f示出了第一马达4的液压排量30的时间序列。

[0073] 图3g示出了第一马达4的接合速度31的的时间序列。图3g还示出了由第一速度传感器6测量的第一马达4的转速32的时间序列。

[0074] 这些方法的步骤在图2中原理性地示出,当动力源2通过静压泵3和第二静压马达7驱动输出轴14时,启用或执行这些方法,从而引起车辆以车速 $v_{\text{车辆}}$ 运动。当启用该方法时,第一静压马达4不与输出轴14驱动地接合。典型地,当车辆减速时启用或执行该方法。

[0075] 在图2的流程框图中,所提出的将第一马达4与输出轴14驱动地接合的方法的第一步骤40包括检测当前的车速 $v_{\text{车辆}}$ 以及检测加速踏板18的位置或百分比。基于来自第二速度传感器17的速度信号检测车速 $v_{\text{车辆}}$ 。在于时间点 T_0 (参见图3)执行的另一步骤41中,控制单元19确定阈值车速 v_{th} 。 v_{th} 是在第一马达4要与输出轴14接合时的车速。控制单元19基于当前的车速 $v_{\text{车辆}}$ 和加速踏板18的位置或百分比来确定或计算 v_{th} 。在另一步骤42中,控制单元19将所测量或所检测的车速 $v_{\text{车辆}}$ 与阈值车速 v_{th} 比较。只要当前的车速 $v_{\text{车辆}}$ 超出阈值车速 v_{th} ,即只要 $v_{\text{车辆}} > v_{\text{th}}$,就重复步骤40、41、42。

[0076] 一旦当前车速 $v_{\text{车辆}}$ 等于阈值车速或降至阈值车速以下,即一旦 $v_{\text{车辆}} \leq v_{\text{th}}$,则方法继续至步骤43,步骤43在时间点 T_1 (参见图3)执行。步骤43标记了同步过程的开始,同步过程的目的在于将第一马达4的转速与输出轴14的转速同步。在步骤43中,控制单元19将换挡请求变量的值(图3a)设定为“1”,从而表示要使用液压离合装置9将第一马达4与输出轴14接合。同步过程在时间 T_1 的开始的特征还在于,控制单元19将同步变量的值设定为“1”(参见图3b)。

[0077] 步骤43还包括:控制单元19通过将液压阀12切换至某状态而致动离合装置9,在该状态中,液压阀12引起离合器腔室中的静压压力增加,从而逐渐地引起离合装置9的各板与固定至轴8的对应的各板接合。通过控制单元19在 T_1 将阀状态变量的值设定至“1”而表示液压阀12的切换(图3c)。

[0078] 步骤43还包括:控制单元19确定或计算第一马达4的接合速度,并将接合速度的值从其初始值 0s^{-1} 设定至如由时间序列31在时间点 T_1 (图3g)中的步骤所表明的计算得出的值。第一马达4的接合速度31的计算得出的值是优选地在离合装置9将第一马达4与输出轴14驱动地接合之前或紧接地之前第一马达4必须达到的转速。控制单元19基于之前计算得出的车辆阈值速度 v_{th} 的值和输出轴14与第一马达4之间的齿轮比来确定第一马达4的接合速度。例如,接合速度可为输出轴14的转速,该转速对应于阈值车速 v_{th} 乘以输出轴14与第一马达4之间的齿轮比。当第一马达4的转速接近接合速度时,将第一马达4与输出轴14接合限制了在接合过程期间第一马达4的加速度,并使接合过程可能带来的非期望的冲击最小化。在所提出的方法的替代的实施例中,控制单元19可早在时间点 T_0 ,即一旦确定阈值车速 v_{th} 就计算第一马达4的接合速度或目标速度。

[0079] 为了将第一马达4的转速调节至接合速度,在时间 T_1 开始的同步过程包括:控制单元19增加第一马达4的液压排量30(图3f)。第一马达4的液压排量30的这一增加导致了随后第一马达4的所测转速32的增加。

[0080] 更具体地,控制单元19通过施加如图4中所示的比例积分(PI)控制器33而将第一马达4的转速32调整至接合速度。PI控制器33可为控制单元19的一部分。PI控制器33使用之前所计算的马达4的接合速度或目标速度31以及第一马达4的所测转速32作为输入。在所提出的方法的步骤44(图2)中,比较器34(图4)计算第一马达4的所测转速32与接合速度31之

间的差异或误差。在步骤45(图2)中,调节器35(图4)基于当前的误差(比例项)和累积误差(积分项)来确定第一马达4的目标液压排量30。

[0081] 在步骤46(图2)中,致动器36(图4)使第一马达4的斜盘21(图1)运动,用于将第一马达4的液压排量30设定至目标液压排量。在同步过程期间,将第一马达4的液压排量30设定至目标排量典型地包括:优选地单调增加第一马达4的液压排量30。

[0082] 换言之,PI控制器33使用第一马达4的液压排量30作为控制变量。PI控制器33还包括抗饱和(windup)功能。即,PI控制器33适于在同步过程期间不将第一马达4的液压排量30增加到超过上限37。附加地或替代地,PI控制器33适于在同步过程期间不将第一马达4的液压排量30减小到低于下限38。控制单元19适于基于第一马达4的当前转速32来确定上限37的值。优选地,上限37的值是第一马达4的当前转速32的减函数。例如,如果第一马达4的当前转速32低于第一(低)阈值速度,则上限37可设定为第一马达4的最大排量。然而,如果第一马达4的当前转速32高于第二(高)阈值速度,则上限37的值可设定为较低的排量值,例如设定为第一马达4的最大液压排量的最多百分之90、最多百分之80或最多百分之70的排量值。在同步过程期间限制第一马达4的液压排量30可阻止可能例如由于突然的系统压力变化所引起的第一马达4超速。

[0083] 由于马达4、7和静压泵3布置在封闭的液压回路中,故而增加第一马达4的液压排量30典型地引起第二马达7中的液压压力的下降以及由第二马达7提供的输出转矩的下降。车辆的操作者可将该压降看作是车辆的非预期且非期望的突然减速。

[0084] 为了补偿第二马达7中的该压降,步骤46包括:控制单元19调整——此处是单调增加静压泵3的液压排量29(图3e)。控制单元19增加或调整静压泵3的液压排量29,使得流过第二马达7的液压流体的流速 Q_{M2} 在同步过程期间保持恒定或基本恒定。这可通过调整流过静压泵3的液压流体的流速 Q_p ,使得该流速 Q_p 匹配或基本匹配流过第二马达7的液压流体(优选为恒定)的流速 Q_{M2} 与流过第一马达4的液压流体(增加)的流速 Q_{M1} 之和而实现: $Q_p = Q_{M1} + Q_{M2}$ 。换言之,同步过程可包括控制单元19以一定量连续增加流速 Q_p ,该增加量匹配第一马达4的增加的流速 Q_{M1} 。各单独的流速可使用关系式 $Q_i = V_i \cdot \omega_i \cdot \eta_i$ 计算,其中,标号i代表p、M1和M2中的任一个(Q_i :以 $m^3 \cdot s^{-1}$ 为量纲的流速; V_i :以 m^3 为量纲的液压排量; ω_i :以 s^{-1} 为量纲的角速度; η_i :效率(无量纲))。

[0085] 为了在同步过程期间在第二马达7的输出处提供恒定或基本恒定的转矩,控制单元19基于静压泵3的转速和加速踏板18的位置或百分比中的至少一个,增加或调整静压泵3的液压排量。在同步过程期间,静压泵3的总液压排量 $V_{p总}$ 可表示为(包括与单个静压马达流体连通的静压泵的)标准静压传动的液压排量 $V_{p标准}$ 与附加同步特定补偿项 $V_{p补偿}$ 之和: $V_{p总} = V_{p标准} + V_{p补偿}$ 。这里,控制单元19控制泵3的液压排量29,使得 $V_{p标准}$ 是静压泵3的转速 ω_p 的单调递增函数。通常, $V_{p标准}$ 非线性地依赖于 ω_p 。例如, $V_{p标准}$ 可包括与 ω_p^3 成比例的项。

[0086] 此外,控制单元19控制泵3的液压排量29,使得 $V_{p补偿}$ 是静压泵3的转速的减函数。例如, $V_{p补偿}$ 可为以下形式: $V_{p补偿}(\omega_p) = a - b \cdot \omega_p$,其中,“a”和“b”是正实数。附加地或替代地, $V_{p补偿}$ 可构造为加速踏板18的位置或百分比的减函数。通常,当加速踏板18被完全压下(百分之百100的加速踏板)时, $V_{p补偿}$ 等于或大致等于 $0m^3$ 。

[0087] 步骤44、45、46被连续地重复,直至第一马达4的所测的转速32和输出轴14的转速同步。如果或一旦满足以下条件之一:a)第一马达4的转速32与接合速度31之差的绝对值小

于接合速度31的百分之五,或b)同步过程持续时间超出500ms,则认为第一马达4的转速32和输出轴14的转速是同步的。

[0088] 一旦第一马达4的转速32和输出轴14的转速同步,则方法进行至步骤47(图2)。步骤47在时间点T2执行并标示着同步过程的结束(图3)。即,控制单元19在时间点T1开始同步过程并在时间点T2结束同步过程。在步骤47中,控制单元19将同步变量26和接合速度31的值分别重置至它们的初始值“0”和 $0s^{-1}$,以标示同步过程的结束(图3b和3g)。

[0089] 步骤47还包括:控制单元19减小第一马达4的输出转矩,以减小在随后的接合过程期间从第一马达4至输出轴14的转矩传递。在步骤47中减小输出转矩包括:将第一马达4的液压排量30减小至 $0m^3$,以及同时将静压泵3的液压排量29减小至其初始值,即减小至其在时间T1时的值。由于静压泵3的液压排量29的减小并由于第一马达4的液压排量30的减小,第一马达4的转速32可能稍微减小(图3g)。减小静压泵3的液压排量29的过程以及减小第一马达4的液压排量30的过程在时间点T3完成(图3e和3f)。从T3往后,控制单元19保持静压泵3的液压排量29不变。

[0090] 在时间点T3,方法继续至步骤48。在步骤48中,液压压力传感器13测量离合装置9的离合器腔室中的液压压力,并将标示所测压力值的电压力信号发送至控制单元19。在步骤49中,控制单元19将所测压力值与阈值压力值比较。步骤48、49被连续地重复,直至所测压力值超出阈值压力值。超出阈值压力值的所测压力值标示着离合装置9将第一马达4与输出轴14驱动地接合。

[0091] 一旦第一马达4与输出轴14在时间点T4驱动地接合,方法就继续至步骤50。在步骤50中,控制单元19将离合器状态变量28设定为“1”(图3d),并通过增加第一马达4的液压排量30而增加第一马达4的输出转矩(图3f)。当第一马达4的液压排量30从T4往后增加时,控制单元19将静压泵3的液压排量29保持在其初始值不变。从T4往后增加第一马达4的液压排量30的可能导致第一马达的转速32的增加(图3g)。

[0092] 为了在同步过程的多个重复中优化同步过程,同步过程可包括其它步骤,这些步骤的目的在于,在同步过程期间使输出轴14的转动和/或车辆的减速平顺。为此,同步过程包括:第二速度传感器17连续测量输出轴14的转速,并将标示所测速度值的电信号发送至控制单元19。

[0093] 图5a示出了在第一同步过程期间所测车速 $v_{\text{车辆}}$ 的第一时间序列60。图5b示出了由控制单元19使用第一车速曲线60计算的车辆加速度的对应的第一时间序列70。因而,图5b中的第一车辆加速度曲线70是图5a中的第一车速曲线60的一阶时间导数。使用第一组同步参数值作为输入来执行第一同步过程,第一组同步参数值诸如是: $T_{\text{同步最大}}=300ms$ ($T_{\text{同步最大}}$:最大同步持续时间); $V_{M1\text{上限}}=0.9 \cdot V_{M1\text{最大}}$ ($V_{M1\text{上限}}$:第一马达4的液压排量的上限37、 $V_{M1\text{最大}}$:第一马达4的最大液压排量); $dV_{M1}/dt=V_{M1\text{最大}}/50ms$ (dV_{M1}/dt :同步过程期间第一马达4的液压排量变化率);以及 $dV_p/dt=V_{p\text{最大}}/50ms$ (dV_p/dt :同步过程期间静压泵3的液压排量变化率)。应理解,这些值仅是示例。在替代的实施例中,可使用不同的同步参数值。

[0094] 第一曲线60可再细分为三个连续的区段60a、60b、60c,且第一曲线70可再细分为三个连续的区段70a、70b、70c,三个区段分别对应于在第一同步过程期间单调递减的、单调递增的和单调递减的车速 $v_{\text{车辆}}$ 。车辆的操作者可能认为在图5中由第一曲线60、70所示的该车辆加速度的正负交替是不适的颠簸。该非期望的车辆行为可能是第一组同步参数值中的

一个或多个的非最优选择的结果。该非最优选择可由温度的变化或双马达驱动单元1的部件的机械磨损所引起。

[0095] 控制单元19将第一车辆加速度曲线70的加速度值与阈值车辆加速度比较。在图5b中,该阈值车辆加速度是 0m/s^2 。控制单元19检测到第一车辆加速度曲线70的子区段70b的加速度值超出 0m/s^2 的阈值加速度。因而,在第一同步过程已在时间T2完成之后,控制单元19改变或调整上述同步参数值中的至少一个。具体地,控制单元19增加最大同步持续时间 $T_{\text{同步最大}}$;控制单元19减小同步过程期间第一马达4的液压排量的上限 $V_{\text{M1上限}}$;控制单元19增加同步过程期间第一马达4的液压排量30的变化率 dV_{M1}/dt ;且控制单元19增加同步过程期间静压泵3的液压排量29的变化率 dV_{P}/dt 。这些变化的值构成了第二组同步参数值。

[0096] 第一同步过程之后的一分钟或若干分钟,由控制单元19执行的随后的第二同步过程使用该第二组同步参数值作为输入。图5a示出了在第二同步过程期间所测车速 $v_{\text{车辆}}$ 的第二时间序列61。图5b示出了由控制单元19使用第二车速曲线61计算的车辆加速度的对应的第二时间序列71。图5b中的第二车辆加速度曲线71是图5a中的第二车速曲线61的一阶时间导数。清楚的是,在第二同步过程期间所测的第二车速曲线61的特征是单调减小的车速 $v_{\text{车辆}}$ 。对应的第二车辆加速度曲线71不超过 0m/s^2 的阈值车辆加速度。由于同步参数值的调整,在第一同步过程中观察到的机械冲击不再存在于第二同步过程中。

[0097] 图6示出了根据本发明的实施例的双马达驱动单元100的原理性示意图。图6中的双马达驱动单元100包括图1中的双马达驱动单元1的所有特征;仅为了清楚起见,在图6中并未以附图标记标示所有特征。图6中的双马达驱动单元100与图1中的双马达驱动单元1的不同之处在于,双马达驱动单元100额外地包括液压蓄能器组件80,液压蓄能器组件80包括至少一个高压液压蓄能器81、至少一个低压蓄能器82和至少一个蓄能器阀83。高压蓄能器81和低压蓄能器82构造为中空容器。当液压流体进入高压蓄能器81时,高压蓄能器81内的气体量被压缩。类似地,当液压流体进入低压蓄能器82时,低压蓄能器82内的气体量被压缩。通常,高压蓄能器81中的液压压力高于低压蓄能器82中的液压压力。

[0098] 蓄能器阀83适于将液压蓄能器组件80选择性地流体连接至静压泵3、第一静压马达4和第二静压马达7中的至少一个。蓄能器阀83构造为具有四个流体端口和三个控制状态83a—c的3位4通阀。当切换至第一控制状态83a时,蓄能器阀83将高压蓄能器81分别流体连接至静压泵3的第一流体端口3a、第一马达4的第一流体端口4a和第二马达7的第一流体端口7a,并将低压蓄能器82分别流体连接至静压泵3的第二流体端口3b、第一马达4的第二流体端口4b和第二马达7的第二流体端口7b。当切换至第二控制状态83b时,蓄能器阀83将高压蓄能器81和低压蓄能器82与静压泵3、第一马达4和第二马达7流体断开。当切换至第三控制状态83c时,蓄能器阀83将高压蓄能器81分别流体连接至静压泵3的第二流体端口3b、第一马达4的第二流体端口4b和第二马达7的第二流体端口7b,并将低压蓄能器82分别流体连接至静压泵3的第一流体端口3a、第一马达4的第一流体端口4a和第二马达7的第一流体端口7a。

[0099] 蓄能器阀83电连接至控制单元19(未示出)。控制单元19适于使用电信号来控制蓄能器阀83。控制蓄能器阀83包括:将蓄能器阀83切换至其各控制状态83a—c中的一个。控制单元19适于控制蓄能器阀83以调节静压回路中的静压压力,静压回路包括第一马达4、第二马达7和静压泵3中的至少一个。调节静压回路中的静压压力可包括:增加静压压力、减小或

降低静压压力和保持静压压力恒定中的至少一个。

[0100] 例如,通过卸载液压蓄能器组件80,可将存储在液压蓄能器组件80中的静压能量传递至马达4、7并转换为机械能。卸载液压蓄能器组件80典型包括:降低高压蓄能器81中的静压压力并提高低压蓄能器82中的静压压力。卸载液压蓄能器组件80典型包括:将蓄能器阀83切换至第一控制状态83a。在反向上,由静压泵3和/或马达4、7提供的机械能可被转化至可存储在蓄能器81、82中的静压能量,从而充载蓄能器组件80。充载蓄能器81、82典型包括:提高高压蓄能器81中的静压压力并降低低压蓄能器82中的静压压力。充载液压蓄能器组件80典型包括:将蓄能器阀83切换至第三控制状态83c。

[0101] 将第一马达4的转速与输出轴14的转速同步可包括:控制单元19控制蓄能器阀83,使得例如通过将蓄能器阀83切换至第一控制状态83a而将存储在蓄能器组件80中的液压压力用于增加第一马达4和第二马达7中的至少一个中的液压压力。例如,第一马达4中的液压压力可增加,以将第一马达4的转速调整至接合速度31。为此,上述PI控制器33可使用或可额外地使用蓄能器阀83的控制状态作为控制变量。附加地或替代地,第二马达4中的液压压力可增加,以补偿或部分补偿由第一马达4的液压排量30的增加所引起的压降。

[0102] 在第一马达4的转速与输出轴14的转速同步的时间点T2与离合装置9将第一马达4与输出轴14驱动地接合的时间点T4之间,控制单元19可控制蓄能器阀83,使得存储在蓄能器组件80中的静压能量用于或附加地用于在第二马达7处提供恒定输出转矩。

[0103] 控制单元19还适于控制至少一个蓄能器阀83,使得当或一旦离合装置9将第一马达4与输出轴14在时间T4驱动地接合,存储在蓄能器阀80中的静压能量被用于或附加地用于增加第一马达4的输出转矩。为此,控制单元19典型地将蓄能器阀83切换至第一控制状态83a,以增加第一马达4中的静压压力。

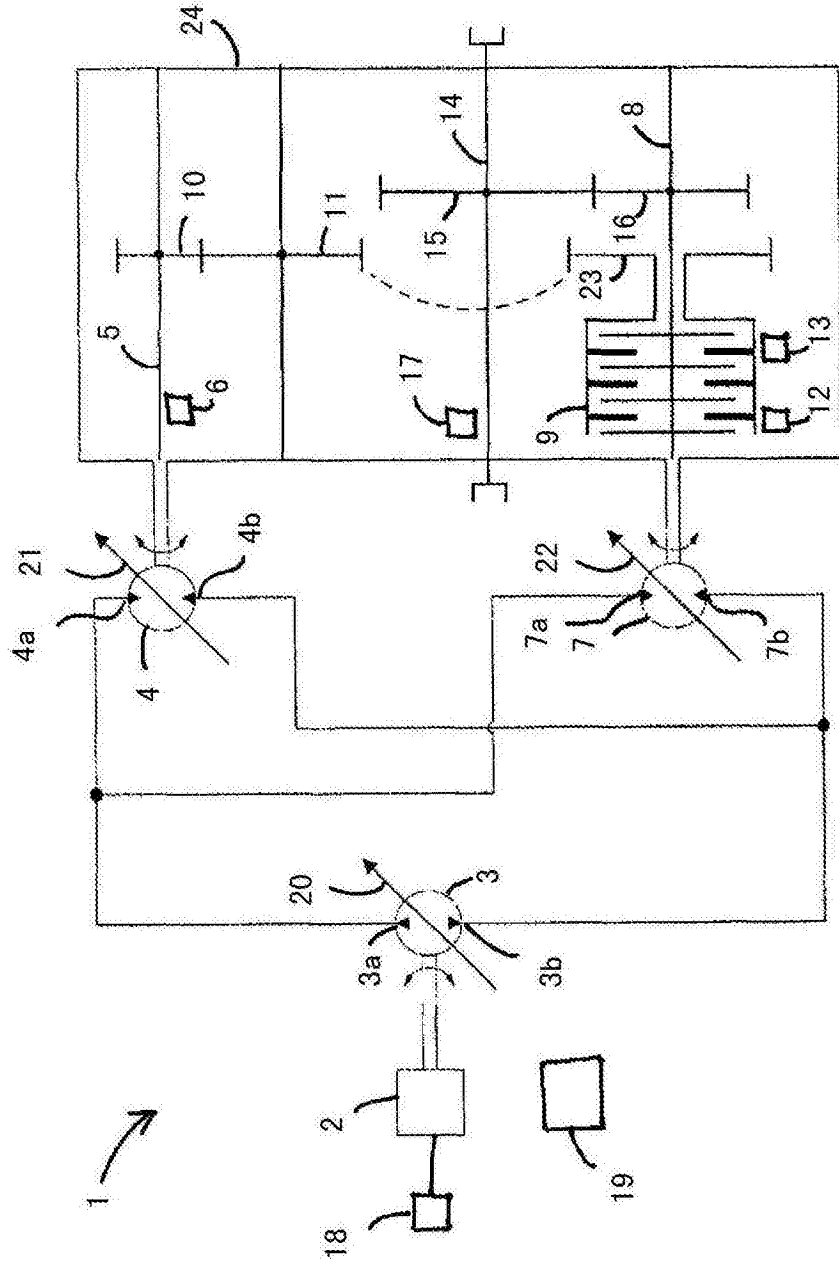


图1

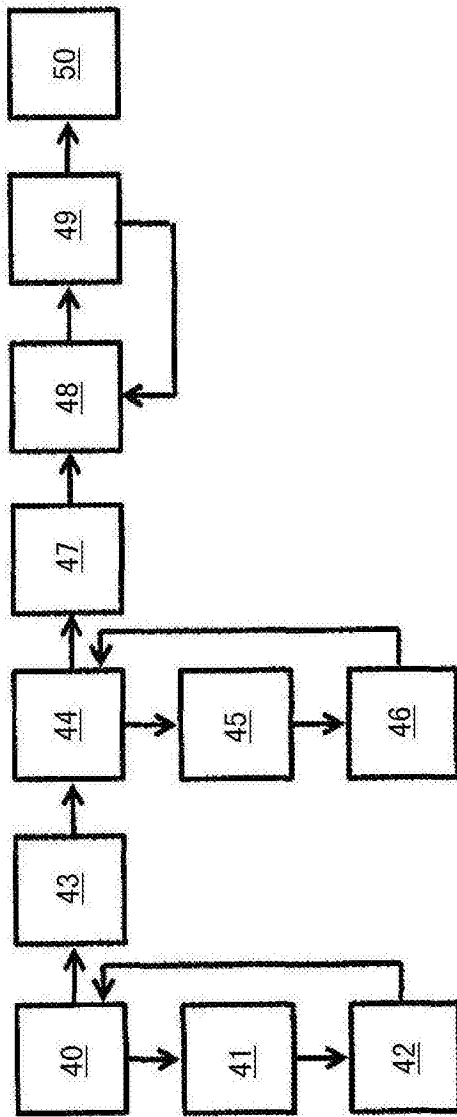


图2

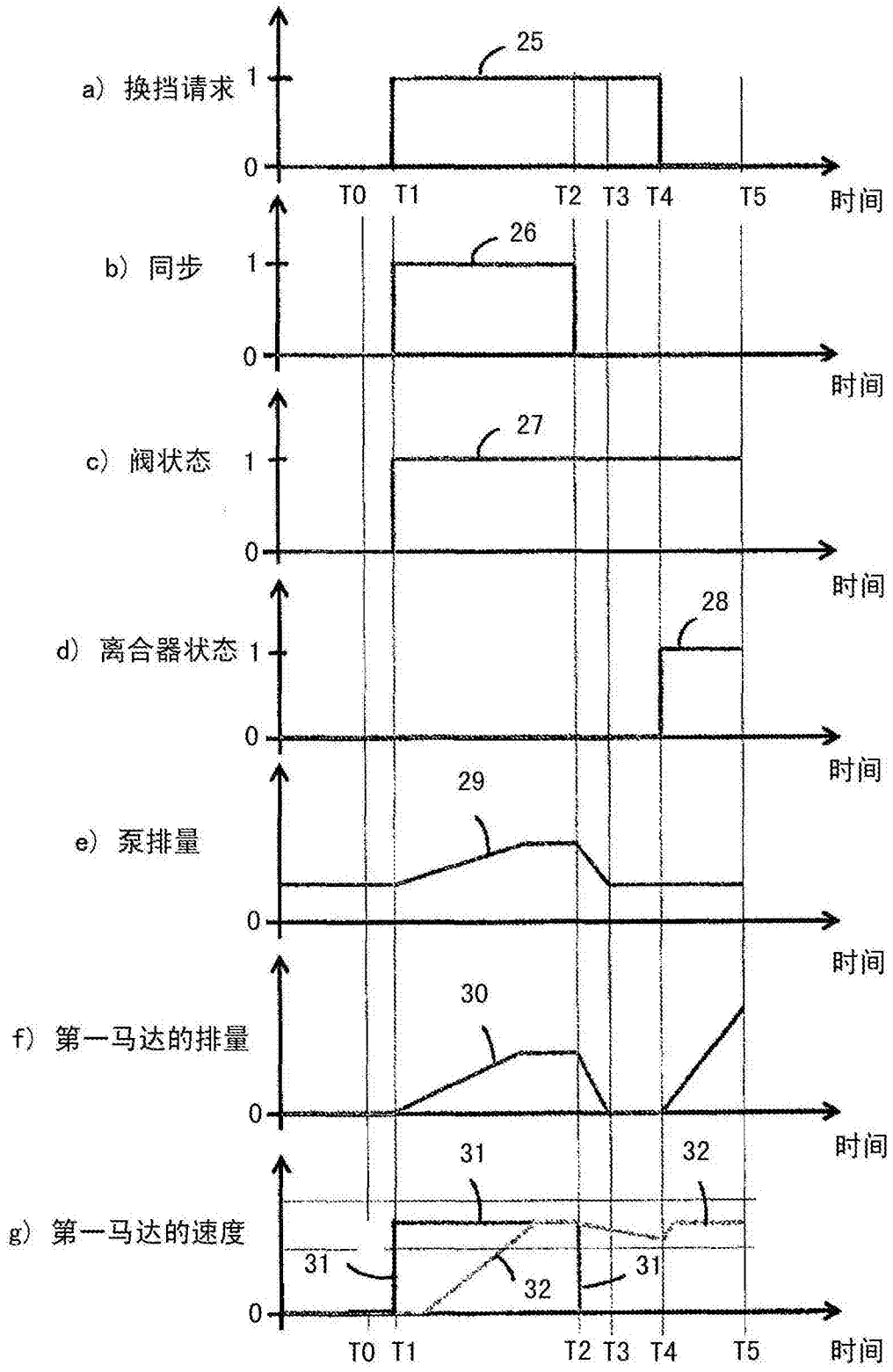


图3

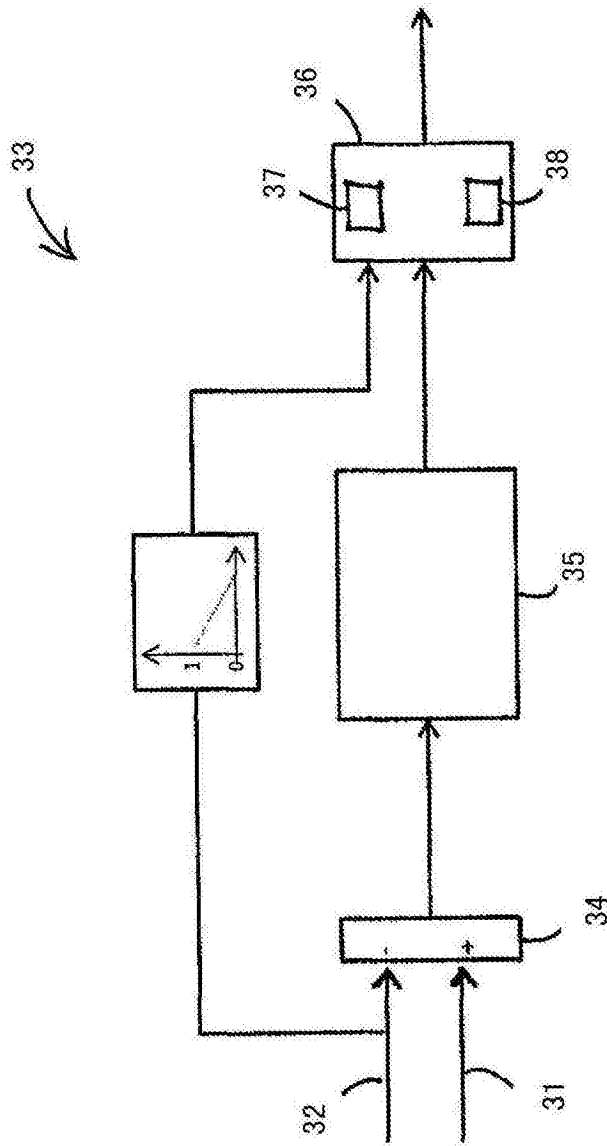


图4

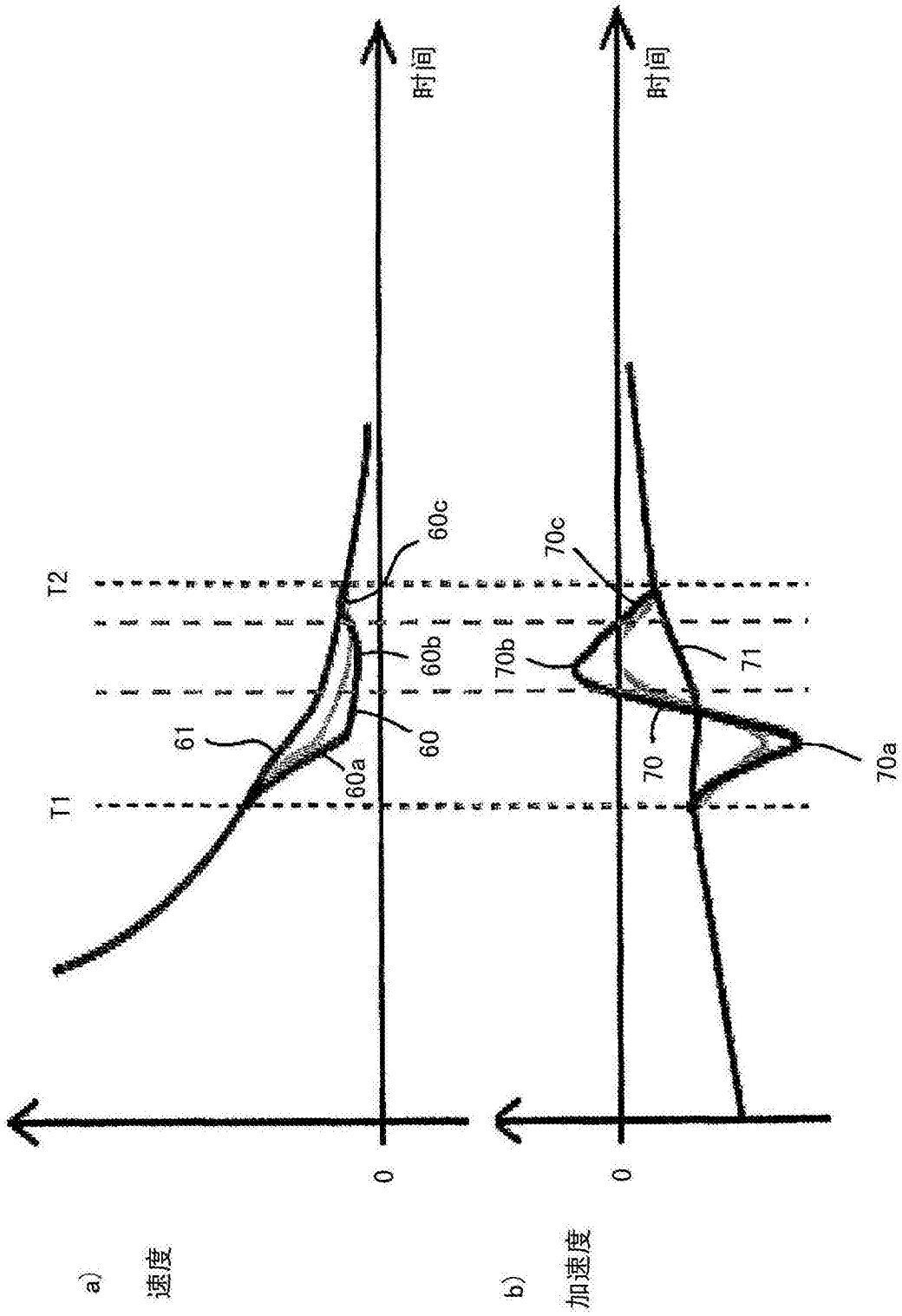


图5

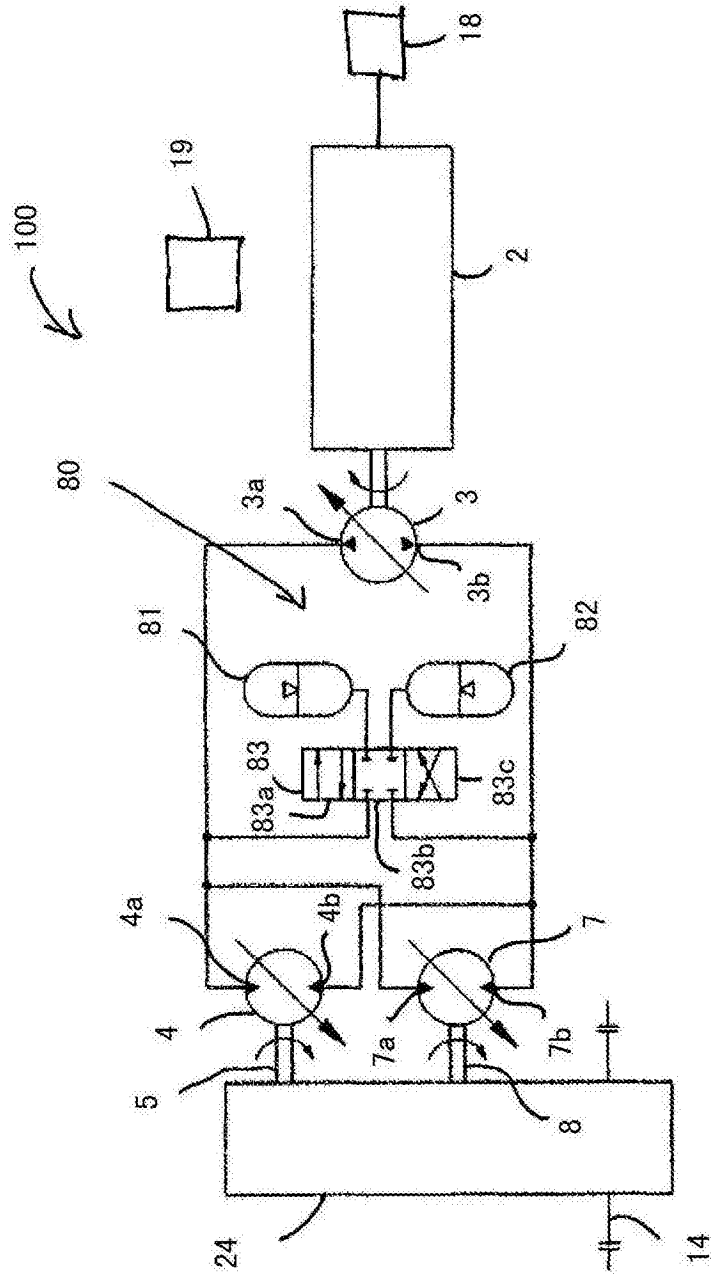


图6