



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105620460 B

(45)授权公告日 2019.07.16

(21)申请号 201410658527.3

B60W 20/00(2016.01)

(22)申请日 2014.11.18

审查员 李孟孟

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 105620460 A

(43)申请公布日 2016.06.01

(73)专利权人 上海汽车集团股份有限公司

地址 201804 上海市嘉定区安研路201号

(72)发明人 朱军 冷宏祥 马成杰 孙俊

王健 顾铮珉

(74)专利代理机构 北京永新同创知识产权代理

有限公司 11376

代理人 杨胜军

(51)Int.Cl.

B60W 10/02(2006.01)

B60W 10/10(2012.01)

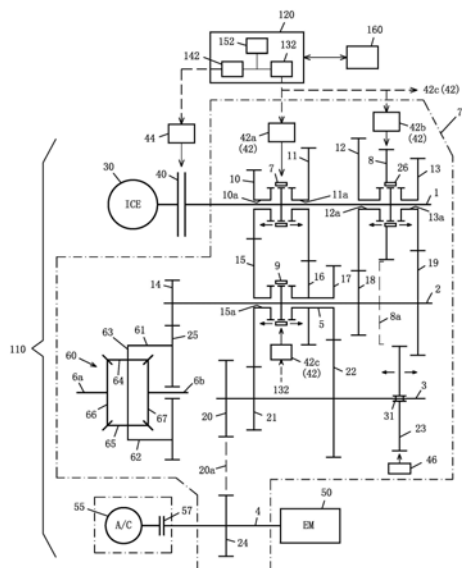
权利要求书5页 说明书30页 附图27页

(54)发明名称

用于混合动力车辆变速器的控制系统和方法

(57)摘要

一种用于混合动力驱动系统的变速器控制系统至少包括换挡执行模块以控制特定齿轮的啮合和离合器执行模块以控制将发动机耦联到变速器的离合器的离合。混合动力驱动系统的发动机和电机中的每个都需要换挡。通过选择性地控制离合器的离合和特定齿轮的啮合,变速器控制系统可在车辆初始仅由电机供能时启动发动机。在这种情况下启动发动机可将车辆从纯电机驱动模式切换到混合驱动模式。另外,变速器控制系统可在车辆处在驻车状态时启动发动机,例如,用以将车辆置于电机的电池充电模式。



1. 一种混合动力驱动系统,包括:

变速器(70),其包括:

多个轴,其中包括输入轴(1)、电机轴(4)和输出轴(2),其中:

(i) 输入轴(1)耦联于离合器(40),所述离合器(40)被构造成选择性地接合发动机(30)以将输入轴(1)耦联到发动机(30),所述发动机(30)被构造成产生发动机扭矩,所述发动机扭矩可经过离合器(40)传递到输入轴(1);

(ii) 电机轴(4)耦联于电机(50),所述电机(50)被构造成产生电机扭矩,所述电机扭矩可传递到电机轴(4);以及

(iii) 输出轴(2)从变速器(70)传输输出扭矩;

多个齿轮,它们被配置成提供多个传递路线;以及

多个同步器(7、9、26),布置在所述多个轴(1、2)上,可操作以结合第一组选定齿轮,所述第一组选定齿轮确定第一传递路线,用以从电机轴向输出轴传输电机扭矩(2),而不从发动机向输出轴传输任何发动机扭矩(2);以及

变速器控制系统(120),其被构造成引起变速器(70)将来自电机轴(4)的电机扭矩和来自发动机(30)的发动机扭矩这二者传输到输出轴(2),变速器控制系统(120)包括:

换档执行模块(132),其被构造成移动所述多个同步器(7、9、26)中的至少一个,以导致所述多个同步器(7、9、26)结合第二组选定齿轮而不再结合第一组选定齿轮,第二组选定齿轮被耦联于所述多个轴(1、2)以确定第二传递路线,其包括电机扭矩传递路线和发动机扭矩传递路线,第二传递路线将来自电机轴(4)的电机扭矩和来自发动机(30)的发动机扭矩传输到输出轴(2)以便输出扭矩;以及

离合器执行模块(142),其被构造成控制离合器(40),使得离合器(40)将来自电机(50)的离合器扭矩传输到发动机(30)以便启动发动机(30),并且在发动机被启动之后,离合器(40)根据第二传递路线将发动机扭矩传输到输入轴(1);

其中,离合器执行模块(142)在发动机(30)启动后脱离离合器(40),变速器控制系统(120)根据输入轴(1)的输入轴速度引起发动机(30)升高发动机速度,并且离合器执行模块(142)再次接合离合器(40)以使发动机扭矩传输到输入轴(1);并且

变速器控制系统(120)响应于离合器扭矩从离合器(40)传输到发动机(30)而引起电机(50)升高电机扭矩。

2. 如权利要求1所述的混合动力驱动系统,其中,在换档执行模块(132)引起所述多个同步器(7、9、26)结合第二组选定齿轮而不再结合第一组选定齿轮之前,变速器控制系统(120)确定离合器(40)是否与发动机(30)结合,并且如果离合器(40)是与发动机(30)结合的,则离合器执行模块(142)脱离离合器(40)。

3. 如权利要求1所述的混合动力驱动系统,其中,第二传递路线中的发动机扭矩传递路线提供发动机(30)的期望档位。

4. 如权利要求1至3中任一项所述的混合动力驱动系统,其中,传输到发动机(30)的离合器扭矩驱动发动机(30)达到足以使发动机(30)实现燃料喷射和点燃的发动机速度,并且发动机(30)开始执行燃料喷射和点燃。

5. 如权利要求1至3中任一项所述的混合动力驱动系统,其中,变速器控制系统(120)在发动机(30)启动后响应于从发动机(30)传输发动机扭矩而引起电机(50)调节电机扭矩。

6. 如权利要求1至3中任一项所述的混合动力驱动系统,其中,变速器(70)包括中的至少一个:发动机(30);电机(50);差速器(60),其耦联于输出轴(2),以从变速器(70)传输输出扭矩;一或多个中间轴(3),用以进一步传输发动机扭矩或电机扭矩。

7. 如权利要求1至3中任一项所述的混合动力驱动系统,

其中,所述多个同步器(7、9、26)为三个同步器,并且

其中,混合动力驱动系统通过利用所述三个同步器在所述多个齿轮之间切换而提供六个发动机前进挡和四个电机前进挡。

8. 一种车辆混合动力驱动系统,包括:

变速器(70),其包括:

多个轴,其中包括输入轴(1)、电机轴(4)和输出轴(2),其中:

(i) 输入轴(1)耦联于离合器(40),所述离合器(40)被构造成选择性地接合发动机(30)以将输入轴(1)耦联到发动机(30),

所述发动机(30)被构造成产生发动机扭矩,所述发动机扭矩可经过离合器(40)传递到输入轴(1);

(ii) 电机轴(4)耦联于电机(50),所述电机(50)被构造成产生电机扭矩,所述电机扭矩可传递到电机轴(4);以及

(iii) 输出轴(2)从变速器(70)传输输出扭矩;

多个齿轮,它们被配置成提供多个传递路线;以及

多个同步器(7、9、26),布置在所述多个轴(1、2)上,可操作以结合一组选定齿轮;以及

变速器控制系统(120),其被构造成在车辆处在驻车状态时引起变速器(70)启动发动机(30),变速器控制系统(120)包括:

离合器执行模块(142),其被构造成控制离合器(40),使得离合器(40)将来自电机(50)的离合器扭矩传输到发动机(30)以便启动发动机(30);以及

换挡执行模块(132),其被构造成移动所述多个同步器(7、9、26)中的至少一个,以导致所述多个同步器(7、9、26)结合所述一组选定齿轮,所述一组选定齿轮确定传递路线,其允许电机扭矩被从电机(50)传输到输入轴(1)以向离合器(40)提供离合器扭矩

其中,变速器控制系统(120)响应于离合器扭矩从离合器(40)传输到发动机(30)而引起电机(50)升高电机扭矩;并且

变速器控制系统(120)在发动机(30)启动后响应于从发动机(30)传输发动机扭矩而引起电机(50)调节电机扭矩。

9. 如权利要求8所述的混合动力驱动系统,其中,在离合器(40)将来自电机(50)的离合器扭矩传输到发动机(30)以便启动发动机(30)之前,变速器控制系统(120)确定离合器(40)是否与发动机(30)结合,并且如果离合器(40)是与发动机(30)结合的,则离合器执行模块(142)脱开离合器(40)。

10. 如权利要求8所述的混合动力驱动系统,其中,在所述多个同步器(7、9、26)结合所述一组选定齿轮之前,变速器控制系统(120)引起电机(50)的速度被调节到调节至0 RPM。

11. 如权利要求8所述的混合动力驱动系统,其中,传输到发动机(30)的离合器扭矩驱动发动机(30)达到足以使发动机(30)实现燃料喷射和点燃的发动机速度,并且发动机(30)开始执行燃料喷射和点燃。

12. 如权利要求8至11中任一项所述的混合动力驱动系统,其中,在离合器(40)脱离的状态下,所述多个同步器(7、9、26)结合所述一组选定齿轮,然后,离合器执行模块(142)再次接合离合器(40)以使离合器扭矩被传输到发动机(30)。

13. 如权利要求8至11中任一项所述的混合动力驱动系统,其中,变速器(70)包括下述中的至少一个:发动机(30);电机(50);差速器(60),其耦联于输出轴(2),以从变速器(70)传输输出扭矩;一或多个中间轴(3),用以进一步传输发动机扭矩或电机扭矩。

14. 如权利要求8至11中任一项所述的混合动力驱动系统,

其中,所述多个同步器(7、9、26)为三个同步器,并且

其中,混合动力驱动系统通过利用所述三个同步器在所述多个齿轮之间切换而提供六个发动机前进挡和四个电机前进挡。

15. 一种用于混合动力驱动系统的方法,所述混合动力驱动系统包括:

变速器(70),其包括:

多个轴,其中包括输入轴(1)、电机轴(4)和输出轴(2),其中:

(i) 输入轴(1)耦联于离合器(40),所述离合器(40)被构造成选择性地接合发动机(30)以将输入轴(1)耦联到发动机(30),所述发动机(30)被构造成产生发动机扭矩,所述发动机扭矩可经过离合器(40)传递到输入轴(1);

(ii) 电机轴(4)耦联于电机(50),所述电机(50)被构造成产生电机扭矩,所述电机扭矩可传递到电机轴(4);以及

(iii) 输出轴(2)从变速器(70)传输输出扭矩;

多个齿轮,它们被配置成提供多个传递路线;以及

多个同步器(7、9、26),布置在所述多个轴(1、2)上,可操作以结合第一组选定齿轮,所述第一组选定齿轮确定第一传递路线,用以从电机轴向输出轴传输电机扭矩(2),而不从发动机向输出轴传输任何发动机扭矩(2);

所述方法包括:

确定需要将来自电机轴(4)的电机扭矩和来自发动机(30)的发动机扭矩这二者传输到输出轴(2);

由所述变速器控制系统移动所述多个同步器(7、9、26)中的至少一个,以导致所述多个同步器(7、9、26)结合第二组选定齿轮而不再结合第一组选定齿轮,第二组选定齿轮确定第二传递路线,其包括电机扭矩传递路线和发动机扭矩传递路线,第二传递路线将来自电机轴(4)的电机扭矩和来自发动机(30)的发动机扭矩传输到输出轴(2)以便输出扭矩;

由变速器控制系统(120)操纵离合器(40)将来自电机(50)的离合器扭矩传输到发动机(30)以便启动发动机(30),其中,响应于离合器扭矩从离合器(40)传输到发动机(30)而提高来自电机(50)的电机扭矩;以及

在发动机启动之后,由变速器控制系统(120)操纵离合器(40)以根据第二传递路线将发动机扭矩传输到输入轴(1),其中,响应于从发动机(30)传输发动机扭矩而调节来自电机(50)的电机扭矩。

16. 如权利要求15所述的方法,还包括,在移动所述多个同步器(7、9、26)中的至少一个以使得所述多个同步器(7、9、26)结合第二组选定齿轮而不再结合第一组选定齿轮之前,确定离合器(40)是否与发动机(30)结合,如果离合器(40)是与发动机(30)结合的,则脱离离

合器(40)。

17. 如权利要求15所述的方法,其中,第二传递路线中的发动机扭矩传递路线提供发动机(30)的期望档位。

18. 如权利要求15至17中任一项所述的方法,其中,传输到发动机(30)的离合器扭矩驱动发动机(30)达到足以使发动机(30)实现燃料喷射和点燃的发动机速度,并且发动机(30)开始执行燃料喷射和点燃。

19. 如权利要求15至17中任一项所述的方法,还包括:

在发动机(30)启动后脱开离合器(40);

根据输入轴(1)的输入轴速度增加发动机速度;以及

再次接合离合器(40)以使发动机扭矩传输到输入轴(1)。

20. 如权利要求15至17中任一项所述的方法,其中,变速器控制系统(120)包括:

离合器执行模块(142),其被构造成控制离合器(40);以及

换档执行模块(132),其被构造成移动所述多个同步器(7、9、26)中的至少一个,以导致所述多个同步器(7、9、26)结合第二组选定齿轮而不再结合第一组选定齿轮。

21. 如权利要求15至17中任一项所述的方法,

其中,所述多个同步器(7、9、26)为三个同步器,并且

其中,混合动力驱动系统通过利用所述三个同步器在所述多个齿轮之间切换而提供六个发动机前进挡和四个电机前进挡。

22. 一种用于车辆混合动力驱动系统的方法,所述混合动力驱动系统包括:

变速器(70),其包括:

多个轴,其中包括输入轴(1)、电机轴(4)和输出轴(2),其中:

(i) 输入轴(1)耦联于离合器(40),所述离合器(40)被构造成选择性地接合发动机(30)以将输入轴(1)耦联到发动机(30),

所述发动机(30)被构造成产生发动机扭矩,所述发动机扭矩可经过离合器(40)传递到输入轴(1);

(ii) 电机轴(4)耦联于电机(50),所述电机(50)被构造成产生电机扭矩,所述电机扭矩可传递到电机轴(4);以及

(iii) 输出轴(2)从变速器(70)传输输出扭矩;

多个齿轮,它们被配置成提供多个传递路线;以及

多个同步器(7、9、26),布置在所述多个轴(1、2)上,可操作以结合一组选定齿轮;

所述方法包括:

确定在车辆处在驻车状态时需要使变速器(70)变换操作以启动发动机(30);

由变速器控制系统(120)操纵离合器(40)将来自电机(50)的离合器扭矩传输到发动机(30)以便启动发动机(30);以及

由所述变速器控制系统(120)移动所述多个同步器(7、9、26)中的至少一个以使得所述多个同步器(7、9、26)结合所述一组选定齿轮,所述一组选定齿轮确定传递路线,其允许电机扭矩被从电机(50)传输到输入轴(1)以向离合器(40)提供离合器扭矩;

响应于离合器扭矩从离合器(40)传输到发动机(30)而提高来自电机(50)的电机扭矩;以及

在发动机(30)启动后响应于从发动机(30)传输发动机扭矩而调节来自电机(50)的电机扭矩。

23.如权利要求22所述的方法,还包括,在离合器(40)将来自电机(50)的离合器扭矩传输到发动机(30)以便启动发动机(30)之前,确定离合器(40)是否与发动机(30)结合,如果离合器(40)是与发动机(30)结合的,则脱开离合器(40)。

24.如权利要求22所述的方法,还包括,在所述多个同步器(7、9、26)结合所述一组选定齿轮之前,将电机(50)的速度调节至0 RPM。

25.如权利要求22至24中任一项所述的方法,其中,传输到发动机(30)的离合器扭矩驱动发动机(30)达到足以使发动机(30)实现燃料喷射和点燃的发动机速度,并且发动机(30)开始执行燃料喷射和点燃。

26.如权利要求22至24中任一项所述的方法,其中,在离合器(40)脱离的状态下,所述多个同步器(7、9、26)结合所述一组选定齿轮,所述方法进一步包括随后再次接合离合器(40)以使离合器扭矩被传输到发动机(30)。

27.如权利要求22至24中任一项所述的方法,其中,变速器控制系统(120)包括:

离合器执行模块(142),其被构造成控制离合器(40);以及

换挡执行模块(132),其被构造成移动所述多个同步器(7、9、26)中的至少一个,以导致所述多个同步器(7、9、26)结合第二组选定齿轮而不再结合第一组选定齿轮。

28.如权利要求22至24中任一项所述的方法,

其中,所述多个同步器(7、9、26)为三个同步器,并且

其中,混合动力驱动系统通过利用所述三个同步器在所述多个齿轮之间切换而提供六个发动机前进挡和四个电机前进挡。

## 用于混合动力车辆变速器的控制系统和方法

### 技术领域

[0001] 本申请涉及一种车辆混合动力驱动系统。特别地讲,本申请中描述的车辆混合动力驱动系统可包含至少一个控制系统,其能够协调传输来自发动机和电机的动力。

### 背景技术

[0002] 随着环境污染加剧、石油需求增多和对车辆排放处理设备的要求的提高,混合动力车辆受到制造商和消费者越来越多的关注。典型地,混合动力车辆采用发动机 (ICE) 和电机 (EM) 提供动力。通过采用电机提供一部分动力,这样的混合动力车辆同仅依靠发动机的车辆相比,所需的碳基燃料较少。其结果是,混合动力车辆产生的碳排放量减少,且运行成本较低。然而,目前混合动力车辆中的变速器控制系统通常是在传统变速器控制系统的基础上进行改造。这种系统不适合于实现混合动力车辆特别需要的各式各样的变速器功能。特别地讲,这些改造的系统不适合于单离合器和单电机类型的电驱混合动力变速器。

[0003] 除非另加指出,否则技术领域和背景技术部分中描述的各种内容并不认为属于所要保护的技术方案的现有技术,也不因包含于本节中就被认为承认是现有技术。

### 发明内容

[0004] 本申请描述了若干示例性实施方式,它们中的至少一些属于混合动力驱动系统 (HPDS) 及其组成,包含,但不限于,变速器控制系统,其能够协调传输来自发动机 (ICE) 和电机 (EM) 的动力。

[0005] 举例而言,变速器控制系统至少包含换档执行模块,用以控制特定齿轮的啮合,和离合器执行模块,用以控制将发动机耦联到变速器的离合器的离合。在HPDS的操作期间,发动机和电机二者中的每个都会发生换档。变速器控制系统可实现发动机或电机换档时的动力缺失最小化。通过一个选择性地控制离合器的离合以及特定齿轮的啮合的换档过程,与这两个动力源之一(例如发动机)的换档相关的动力缺失可通过采用另一动力源(例如电机)弥补。这样,同传统变速器的离合器离合换档过程相比,本发明的换档过程更直接、更稳定,并且因而示例性实施方式的换档质量优于传统变速器。

[0006] 此外,当车辆初始仅由电机供能时,通过另一个选择性地控制离合器的离合以及特定齿轮的啮合的换档过程,变速器控制系统可启动发动机。在这种情况下,通过启动发动机,可将车辆从纯电机驱动模式 (PMDM) 切换到混合驱动模式 (HDM)。另外,变速器控制系统可在车辆处在驻车状态时启动发动机,以将车辆置于电机的电池充电模式。

[0007] 根据一个示例性实施方式,一种HPDS包含变速器。变速器包括多个轴,其中包含输入轴、电机轴和输出轴。输入轴耦联于离合器,离合器被构造成选择性地接合发动机以将输入轴耦联到发动机,发动机被构造成产生发动机扭矩,该扭矩可经离合器传输到输入轴。电机轴耦联于电机,电机被构造成产生电机扭矩,所述电机扭矩可传输到电机轴。输出轴从变速器传输输出扭矩。变速器还包含多个齿轮,它们被配置成提供多个传递路线。另外,变速器包含多个同步器,它们布置在所述多个轴上,可操作以结合第一组选定齿轮,所述第一组

选定齿轮确定第一传递路线,用以从电机轴向输出轴传输电机扭矩,而不从发动机向输出轴传输任何发动机扭矩。HPDS还包含变速器控制系统,其被构造成引起变速器将来自电机轴的电机扭矩和来自发动机的发动机扭矩这二者传输到输出轴。变速器控制系统包含换挡执行模块,其被构造成移动所述多个同步器中的至少一个,以导致所述多个同步器结合第二组选定齿轮而不再结合第一组选定齿轮,第二组选定齿轮被耦联于所述多个轴以确定第二传递路线,其包含电机扭矩传递路线和发动机扭矩传递路线,第二传递路线将来自电机轴的电机扭矩和来自发动机的发动机扭矩传输到输出轴以便输出扭矩。变速器控制系统还包含离合器执行模块,其被构造成控制离合器,其中离合器将来自电机的离合器扭矩传输到发动机以便启动发动机,并且在发动机被启动之后,离合器根据第二传递路线将发动机扭矩传输到输入轴。

[0008] 根据另一示例性实施方式,一种用于车辆的HPDS包含变速器。变速器包括多个轴,其中包含输入轴、电机轴和输出轴。输入轴耦联于离合器,离合器被构造成选择性地接合发动机以将输入轴耦联到发动机,发动机被构造成产生发动机扭矩,该扭矩可经离合器传输到输入轴。电机轴耦联于电机,电机被构造成产生电机扭矩,所述电机扭矩可传输到电机轴。输出轴从变速器传输输出扭矩。变速器还包含多个齿轮,它们被配置成提供多个传递路线。另外,变速器包含多个同步器,它们布置在所述多个轴上,可操作以结合一组选定齿轮。HPDS还包含变速器控制系统,其被构造成在车辆处在驻车状态时引起变速器启动发动机。变速器控制系统包含离合器执行模块,其被构造成控制离合器,其中离合器将来自电机的离合器扭矩传输到发动机以便启动发动机。变速器控制系统还包含换挡执行模块,其被构造成移动所述多个同步器中的至少一个,以导致所述多个同步器结合一组选定齿轮,所述一组选定齿轮确定传递路线,其允许电机扭矩从电机传输到输入轴以向离合器提供离合器扭矩。

[0009] 通过阅读下面的详细描述,并且在适当的时候参看附图,本领域技术人员能够清楚地理解上述以及其它方面和优点。此外,应理解,发明内容部分以及其它任何部分中描述的实施方式应尽被理解为示例性的,并且不必然对本发明的范围构成限制。

## 附图说明

[0010] 下面参照附图描述示例性实施方式。

[0011] 图1示出了根据示例性实施方式的混合动力驱动系统 (HPDS) 的结构。

[0012] 图2示出了根据示例性实施方式用于图1中的HPDS的示例性电机传动装置。

[0013] 图3-9示出了图1中的HPDS在以纯发动机驱动模式 (PEDM) 操作时的示例性动力传递路线。

[0014] 图10-13示出了图1中的HPDS在以纯电机驱动模式 (PMDM) 操作时的示例性动力传递路线。

[0015] 图14-23示出了图1中的HPDS在以混合驱动模式 (HDM) 操作时的示例性动力传递路线。

[0016] 图24a、图 24 b示出了图1中的HPDS在以HDM操作时的可行档位组合。

[0017] 图25示出了根据示例性实施方式的示例性换挡过程的基于时间的曲线图。

[0018] 图26示出了根据示例性实施方式的在PMDM切换到HDM期间启动发动机 (ICE) 的示



例性过程的基于时间的曲线图。

[0019] 图27示出了根据示例性实施方式的变速器控制系统的示例性换档执行模块的各方面。

[0020] 图28示出了根据示例性实施方式的变速器控制系统的示例性离合器执行模块的各方面。

## 具体实施方式

### [0021] I. 介绍

[0022] 本说明书描述了若干示例性实施方式。这些示例性实施方式涉及混合动力驱动系统 (HPDS) 及其组成。例如,HPDS可被用于车辆,诸如汽车或卡车。然而,示例性实施方式的各方面也可被应用于其它类型的驱动系统和/或其它类型的车辆。

[0023] HPDS在示例性实施方式中可选择性地以下述模式操作:(i) 纯发动机驱动模式 (PEDM),主要基于来自仅发动机 (ICE) 的动力;(ii) 纯电机驱动模式 (PMDM),主要基于仅来自电机 (EM) 的动力;以及 (iii) 混合驱动模式 (HDM),同时基于发动机和电机二者的动力。特别地讲,HPDS包含变速器控制系统,其控制来自发动机和电机的动力传输的各个方面。举例而言,变速器控制系统能够最小化当发动机或电机执行换档时的动力缺失。此外,变速器控制系统可在车辆处于PMDM时启动发动机,以便切换到HDM。此外,变速器控制系统可在车辆处在驻车状态时启动发动机,以将车辆置于电机的电池充电模式。

### [0024] II. 示例性混合动力驱动系统

[0025] 图1是根据多种示例性实施方式的混合动力驱动系统110的示意图。混合动力驱动系统110包含发动机30,电机50,变速器70,和变速器控制系统120。变速器70 传输来自发动机30和/或电机50的动力以驱动车辆。在示例性实施方式中,变速器70 可以是电控型的。同时,变速器控制系统120包含控制变速器70的不同方面的各种模块。

[0026] 发动机30和电机50可分别输出动力。由发动机30输出的动力或功率(P)可利用下面的关系式计算: $T_{ICE} \times W_{ICE}$ ,其中 $T_{ICE}$ 等于发动机飞轮处的扭矩, $W_{ICE}$ 等于飞轮转速。由电机50输出的动力或功率(P)可利用下面的关系式计算: $T_{EM} \times W_{EM}$ ,其中 $T_{EM}$ 等于电机50中的转子的扭矩, $W_{EM}$ 等于转子转速。

[0027] 变速器70包含输入轴1,输出轴2,中间轴3,电机轴4,和中间轴5(这里合起来称作“五个传动轴”)。中间轴5可包含空心部,以使得中间轴5可被输出轴2穿过。中间轴5可被称作“齿轮组轴”,“中空轴”,或“套轴”。变速器70可包含套轴(即中空轴)10a、11a、12a、13a和15a。套轴10a、11a、12a和13a由输入轴1支承。套轴5 和15a由输出轴2支承。由发动机30输出的动力可被传递到离合器40和变速器70的轴,并且再被传递至车轮。由电机50输出的动力可被输出到变速器70的轴,并且又被传递至车轮。由于由变速器70传递的动力包含扭矩因素,因此传递或传输动力也可被称作传递或传输扭矩,动力传递路线也可被称作扭矩传递路线。

[0028] 所述五个传动轴中的每个可被安装于,或至少部分地内置于,变速器箱体,位于使得这些传动轴上的齿轮与这里描述的至少一个其它齿轮啮合的位置。这里描述的每个齿轮可包括直齿轮,斜齿轮(例如斜齿圆柱齿轮)等等,但并不局限于此。

[0029] 所述五个传动轴中的每个可在空间上被布置成相互平行。变速器箱体可形成或包

含齿轮箱,在其内安置变速器70的齿轮和所述五个传动轴的至少一部分。电机50或其一部分可布置在变速器箱体内。作为替代方式,电机50可布置在变速器箱体之外。

[0030] 变速器70包含多个主动齿轮,它们驱动至少一个其它齿轮或引起至少一个其它齿轮或变速器部件旋转。此外,变速器70包含多个被动齿轮。每个被动齿轮可被主动齿轮或被传动轴驱动。这里描述的主动齿轮中的一或多个在至少一些动力传递路线中可被用作被动齿轮。

[0031] 当齿轮未被与轴同步时,被轴可旋转地支承着的齿轮由该轴承载并且可绕该轴旋转(例如齿轮与轴可相对于彼此转动)。当可旋转地支承着的齿轮通过同步器被与轴同步时,齿轮不能绕轴转动,而是齿轮与轴可一起转动。

[0032] 在一些情况下,齿轮由轴固定支承着。固定支承着的齿轮和支承着齿轮的轴一起旋转。在一些情况下,齿轮可滑动地支承于轴上。可滑动地支承着的齿轮可沿着支承着齿轮的轴在轴向上的两个相反方向上滑动。

[0033] 如显示于图1,输入轴1经离合器40耦联于发动机30。举例而言,离合器40可包含压盘组件,分离轴承,分离拨叉,和离合器盘,用以接合发动机30的飞轮,但离合器40并不局限于此。离合器40可具有脱开状态,其中发动机30从离合器40完全脱离,并且因而与输入轴1解除耦联。离合器40可具有完全接合状态,其中发动机30(例如飞轮)与离合器40完全接合(例如经过离合器盘),并且因而完全耦联于输入轴1。在这种完全接合状态,发动机30和离合器40之间可传输最大可能量的扭矩。然而,离合器40还可具有其它接合状态,其中发动机30不完全连接着离合器40。举例而言,离合器盘可以以较小的压力施加于飞轮,从而离合器盘和飞轮之间存在打滑,导致传输较小的扭矩。离合器40和发动机30之间的接合程度越大,传输的扭矩越高。这样,离合器40可被控制以改变发动机30和输入轴1之间传递的扭矩量。不论扭矩的来源如何,由离合器40承担并且传输的扭矩可称作离合器扭矩或离合器传递扭矩。

[0034] 变速器70包含离合器执行系统44,其引起离合器40在接合/脱离等不同状态之间转换。在一些实施方式中,离合器执行系统44可以是液压系统,其包含用于致动离合器部件的电磁阀。在其它实施方式中,离合器执行系统44是电动系统,其包含用于离合器部件的离合器电机。在其它实施方式中,离合器执行系统44可以是电液或其它类型的系统。

[0035] 变速器70还包含布置在输入轴1上的主动齿轮10、同步器7、主动齿轮11、主动齿轮12、同步器26和主动齿轮13。主动齿轮10、主动齿轮11、主动齿轮12和主动齿轮13中的每个被配置成通过同步器7或26与输入轴1结合,并且被输入轴1可旋转地支承或分别被套轴10a、11a、12a和13a可旋转地支承。布置在给定轴上的任何齿轮或同步器由该给定轴携带并且由该给定轴支承。如后面进一步描述,主动齿轮10可被用作二档主动齿轮。主动齿轮13可被用作三档主动齿轮。主动齿轮11可被用作四档主动齿轮。主动齿轮12可被用作五档主动齿轮。同步器26包含主动齿轮8以提供倒档,如后面进一步描述。主动齿轮8可被布置在同步器26的滑动套轴上,但并不局限于此。这样,主动齿轮8可被用作倒档主动齿轮。

[0036] 在示例性实施方式中同步器可包含毂、同步器套轴和两个接合环,但并不局限于此。同步器可被构造为滑块式同步器、锥式同步器、销式同步器,但并不局限于此。这里描述的每个同步器可在设有该同步器的轴上沿轴向滑动。同步器沿着轴朝向紧邻同步器的齿轮的轴向运动可导致齿轮与该轴同步。当通过同步器与轴同步时,齿轮可沿与轴相同的方向

且以相同速度旋转。同时,同步器沿着轴背离相邻齿轮的轴向运动使得齿轮和轴之间解除同步。当通过这样的同步器运动使得齿轮和轴解除同步时,齿轮可独立于轴旋转。除了使用单一同步器将一个以上的齿轮结合到轴的方式以外,在替代性实施方式中,每个齿轮可以利用专用的同步器与轴同步。

[0037] 变速器70包含换档执行系统42,其包含用于将各同步器沿着它们的轴轴向移动并且将各同步器维持在预期位置的动作元件。例如,每个动作元件可包含移动相应同步器的移位拨叉。在一些实施方式中,换档系统42可以是液压系统,其包含用于致动各动作元件(例如移位拨叉)的电磁阀。在其它实施方式中,换档系统42可以是电动系统包含致动各动作元件(例如移位拨叉)的换档电机。在其它实施方式中,换档系统42可以是电液或其它类型的系统。

[0038] 如图1所示,同步器7可由换档执行机构42的动作元件42a沿着输入轴1轴向移动。同步器7可具有(i)第一结合位置,其中同步器7保持主动齿轮10(而非主动齿轮11)与输入轴1同步,(ii)第二结合位置,其中同步器7保持主动齿轮11(而非主动齿轮10)与输入轴1同步,以及(iii)中位(空位),其中主动齿轮10和主动齿轮11都不与输入轴1同步。同步器7可背离相邻齿轮沿着输入轴1轴向移动到其中位,从而齿轮不再与输入轴1同步。由于同步器7可交替结合主动齿轮10和主动齿轮11,同步器7也被称作二四档同步器。

[0039] 类似地,同步器26还可由换档执行系统42的动作元件42b被沿着输入轴1轴向移动。同步器26可具有(i)第一结合位置,其中同步器26保持主动齿轮12(而非主动齿轮13)与输入轴1同步,(ii)第二结合位置,其中同步器26保持主动齿轮13(而非主动齿轮12)与输入轴1同步,以及(iii)中位(空位),其中主动齿轮12和主动齿轮13都不与输入轴1同步。同步器26可背离相邻齿轮沿着输入轴1轴向移动到其中位,从而齿轮不再与输入轴1同步。当同步器26处于其中位时,主动齿轮8可被变速器70使用以提供倒档。

[0040] 变速器70还包含布置在输出轴2上的减速齿轮14、被动齿轮15、同步器9、中间轴5、被动齿轮18和被动齿轮19。另外,变速器70包含布置在中间轴5上的被动齿轮16和被动齿轮17。如后面进一步描述,被动齿轮15可被用作二档被动齿轮。被动齿轮19可被用作三档被动齿轮。被动齿轮16可被用作四档被动齿轮。被动齿轮18可被用作五档被动齿轮。

[0041] 同步器9可由换档执行系统42的动作元件42c沿着输出轴2轴向移动。同步器9可具有(i)第一结合位置,其中同步器9保持被动齿轮15(而非齿轮16)与输出轴2同步,(ii)第二结合位置,其中同步器9保持主动齿轮16(而非主动齿轮15)与输出轴2同步,以及(iii)中位(空位),其中被动齿轮15和齿轮16都不与输出轴2同步。同步器9可轴向移动沿着输出轴2和背离相邻齿轮到其中位,从而齿轮未被与输出轴2同步。在第二结合位置,同步器9可直接结合齿轮16,或者同步器9可直接结合中间轴5以间接将齿轮16与输出轴2同步,其中齿轮16设在中间轴5上。

[0042] 变速器70包含布置在中间轴3上的被动齿轮20、被动齿轮21、被动齿轮22和被动齿轮23。当同步器26处于中位时,被动齿轮23可沿着中间轴3滑动,或沿着由中间轴3承载的套轴31滑动,从而啮合主动齿轮8以提供倒档。图1示出了主动齿轮8的相对位置8a,以使得被动齿轮23可滑动到与主动齿轮8啮合。动作元件46可被操作以将被动齿轮23移动并保持在预期位置。这样,主动齿轮8用作倒档被动齿轮。由于同步器26结合主动齿轮12或主动齿轮13,或允许被动齿轮23啮合主动齿轮8,因此同步器26也被称作三五倒档同步器。

[0043] 变速器70还包含布置在耦联于电机50的电机轴4上的主动齿轮24。电机50驱动电机轴4和主动齿轮24。主动齿轮24驱动中间轴3上的被动齿轮20。传递到中间轴3 的动力随后被传递到变速器70的元件,如后面进一步描述。如显示于图1,主动齿轮 24经电机传动装置20a啮合被动齿轮20。

[0044] 图2 (a) 显示了电机传动装置20a可配置为齿轮组,用于从主动齿轮24向被动齿轮20传递动力或扭矩。在这个例子中,电机传动装置20a包含中间轴27以及布置在中间轴27上的被动齿轮28和主动齿轮29。中间轴27可在空间上被布置成平行于所述五个传动轴。主动齿轮24啮合被动齿轮28以驱动中间轴27。主动齿轮29则啮合和驱动被动齿轮20。

[0045] 图2 (b) 显示了备选方案,其中电机传动装置20a可配置为由带轮/链轮34和带轮/链轮33形成的联动机构32,以分别取代主动齿轮24和被动齿轮20。例如,联动机构32可包含传动链(例如钢制链)或传动带(例如基于橡胶的传动带)。

[0046] 如果混合动力驱动系统110中包含空调系统的话,电机轴4还可被构造成旋转空调系统的机械式压缩机55或其压缩机离合器57。

[0047] 此外,变速器70包含差速器60,差速器60又包含末级被动齿轮25和差速器半轴(输出轴)6a和6b。差速器60可包含固定在末级被动齿轮25上的一对载架61、62,由所述一对载架61、62可旋转地承载着的轴63,安装于轴63上的一对第一齿轮64、65,分别与第一齿轮64、65啮合的一对第二齿轮66、67,和分别从第二齿轮66、67 延伸的差速器半轴6a和6b。差速器半轴6a和6b可连接于车轮。一对载架61和62可被构造为固定在末级被动齿轮25上的单一载架,但并不局限于此。第一齿轮64和65 中的每个可被称作十字轴齿轮。第二齿轮66和67中的每个可被称作侧齿轮。差速器 60可包含差速器箱体(未示出)。末级被动齿轮25,以及差速器60的一或多个其它组成元件,可由差速器箱体承载或置于其内。由半轴6a和6b输出的用于前进档的动力可引起半轴6a和6b以及连接着它们的车轮沿第一驱动方向(例如向前驱动方向)旋转。由半轴6a和6b输出的用于倒档的动力可引起半轴6a和6b以及连接着它们的车轮沿着与第一驱动方向相反的第二驱动方向(例如向后驱动方向)旋转。对于前进档,被动齿轮23不与主动齿轮8啮合。这样,利用前面描述的齿轮、同步器和轴的各中心配置,变速器70向差速器60传输来自发动机30和/或电机50的动力以驱动车轮。

[0048] 表1列举了图1所示的各个齿轮和同步器,并且指出了它们分别结合或啮合的齿轮-直接或间接(例如齿轮20和24借助于电机传动装置20a间接啮合)。

[0049] 表1

[0050]

齿轮/同步器(附图标记)	结合/啮合的齿轮
同步器(7)	10、11
同步器(9)	15、16
同步器(26)	12、13
主动齿轮(8)	23
主动齿轮(10)	15
主动齿轮(11)	16
主动齿轮(12)	18
主动齿轮(13)	19

减速齿轮 (14)	25
[0051]	
被动齿轮 (15)	10、21
被动齿轮 (16)	11
被动齿轮 (17)	22
被动齿轮 (18)	12
被动齿轮 (19)	13
被动齿轮 (20)	29
被动齿轮 (21)	15
被动齿轮 (22)	17
被动齿轮 (23)	8
主动齿轮 (24)	28
末级被动齿轮 (25)	14
主动齿轮 (28)	24
主动齿轮 (29)	20

[0052] 尽管图1所示的齿轮和同步器是根据在轴上的特定分布方式显示的,可以理解,各实施方式不限于这样的配置。举例而言,齿轮和同步器沿着轴根据不同的次序和相对位置定位(例如,在图1中从左向右),只要齿轮中的每个被定位成啮合与适宜的齿轮啮合并且同步器中的每个被定位成与适宜的齿轮结合既可。

[0053] 概括起来,根据示例性实施方式的变速器70提供输入轴1上的二档主动齿轮(齿轮10)、三档主动齿轮(齿轮13)、四档主动齿轮(齿轮11)、五档主动齿轮(齿轮12)、倒档主动齿轮(齿轮8)、二四档同步器(同步器7)和三五倒档同步器(同步器26)。三五倒档同步器(同步器26)与倒档主动齿轮(齿轮8)集成在一起。此外,变速器70提供输出轴2上的二档被动齿轮(齿轮15)、三档被动齿轮(齿轮19)、四档被动齿轮(齿轮16)、五档被动齿轮(齿轮18)、倒档被动齿轮(齿轮23)、主减速齿轮(齿轮14)和同步器(同步器9)。三个齿轮(齿轮20、21、22)和倒档被动齿轮(齿轮23)设置在中间轴3上。倒档被动齿轮(齿轮23)由中间轴3经套轴31或花键可滑动地承载。两个齿轮(齿轮16、17)设置在中间轴5上。传动齿轮(齿轮24)设置在电机轴4上。末级被动齿轮(齿轮25)和差速器半轴6a和6b设置在变速器70的差速器60上。一档到六档通过结合调节齿轮和同步器实现。

[0054] 如进一步显示于图1,变速器控制系统120包含换档执行模块132,用于控制同步器7、26和9与变速器70中的齿轮结合而实现选定档位。此外,变速器控制系统120还包含离合器执行模块142,用于控制离合器40。此外,变速器控制系统120包含变速器协调模块152,其联合控制变速器70的各种功能,其中包含模块132执行的换档和模块142执行的离合器操作。总体而言,变速器控制系统120协调同步器7、9、26和离合器40的操作,以实现混合动力驱动系统110所需的变速器功能。

[0055] 变速器控制系统120可与车辆中的其它控制或管理系统通信和协作。举例而言,车辆可以包含混合动力控制系统160,其管理车辆动力并且可向变速器控制系统120提供有关代表预期的变速器操作(例如换档)以向车辆提供动力的信息。在下面描述的各种过程中,变速器控制系统120可向其它控制和管理系统发出信号以操作相关元件,诸如发动机30和

电机50。举例而言,变速器控制系统120可向控制发动机30的发动机管理系统提供信号(例如燃料喷射和点燃),或向控制电机50的电机管理系统提供信号(例如从电池供电)。然而,可以理解,总体而言,当考虑变速器控制系统120时,其它控制和管理系统的各个方面的一些或全部可被认为是变速器控制系统120的一部分。

[0056] 如显示于图27,换档执行模块132包含换档执行逻辑模块133和驱动电路134。换档执行逻辑模块133接收,例如从变速器协调模块152,指示预期换档的同步器位移指令。为实现预期换档,换档执行逻辑模块133引起驱动电路134将同步器7、9和/或26移动到相对于轴上的齿轮的所需位置。在一些实施方式中,驱动电路134驱动液压换档系统42的电磁阀,电磁阀由引起同步器7、9和/或26移动。作为附加或替代方案,驱动电路134驱动电动换档系统42的换档电机,换档电机又移动同步器7、9和/或26。

[0057] 如显示于图28,离合器执行模块142包含离合器执行逻辑模块143和驱动电路144。离合器执行逻辑模块143接收,例如从变速器协调模块152,指示离合器40与发动机30接合或脱离的离合器扭矩需求指令。响应于此,离合器执行逻辑模块143引起驱动电路144经离合器执行系统44以各种程度实现离合器40的接合或脱离,以使得发动机30和离合器40之间传输预期扭矩。如前所述,离合器40可被控制以实现发动机30和输入轴1之间的可变量的扭矩。驱动电路144可以包含电磁阀,用于驱动液压型离合器执行系统44,该液压型离合器执行系统又引起离合器40接合/脱离。作为附加或替代方案,驱动电路144驱动电动型离合器执行系统44的电机,该电动型离合器执行系统又引起离合器40接合/脱离。

[0058] 变速器协调模块152从混合动力控制系统160或其它控制系统接收有关期望档位的信息。响应于此,变速器协调模块152确定用于换档执行模块132的同步器位移指令和用于换档执行模块142的离合器扭矩需求指令。变速器协调模块152协调这些指令,以实现变速器功能,其中包含在PMDM期间或当车辆处在驻车状态时换档和启动发动机30。

[0059] 换档执行模块132、离合器执行模块142和变速器协调模块152可以是彼此分立的单独模块,它们经过车辆数据通讯链路交换数据,例如但不限于控制器局域网(CAN)通讯链路。作为替代方式,三个模块132、142和152中的两个或更多个可以集成为公共物理控制器,其中经软件界面交换数据。

[0060] 根据示例性实施方式,混合动力驱动系统110可包含变速器70,其具有在不同档位共用的齿轮。如前所述,发动机30可提供六个前进档和一个倒档,而电机50可提供四个前进档。示例性实施方式还可包含单离合器型变速器和三同步器型齿轮箱。变速器控制系统120控制离合器40和同步器,以便随着变速器在发动机和EM的各个档位间切换而协调从发动机和电机输出的动力。混合动力驱动系统110可包含以结合的方式切换的同步器7、9、26和在多个档位中使用的齿轮。

[0061] III. 用于示例性HPDS的动力传递路线

[0062] 如前所述,在示例性实施方式中混合动力驱动系统110可选择性地以下述模式操作:(i)纯发动机驱动模式(PEDM),其中发动机30是用于混合动力驱动系统110的唯一工作动力源,(ii)纯电机驱动模式(PMDM),其中电机50是用于混合动力驱动系统110的唯一工作动力源,以及(iii)混合驱动模式(HDM),其中发动机30和电机50二者为用于混合动力驱动系统110的工作动力源。变速器70可提供多重动力传递路线,用于实现这些驱动模式中的每个。这些动力传递路线的各种例子将在下面描述。对于PEDM和HDM的动力传递路线中的每

个,离合器40处于接合状态,以使得来自发动机30的扭矩通过离合器40被传递到输入轴1。对于PMDM的动力传递路线中的每个,离合器40处于脱开状态,以使得发动机30可提供的任何扭矩不被通过离合器40传递到输入轴1,和/或发动机30不输出动力。用于发动机30的动力传递路线这里也称作发动机扭矩传递路线,而用于电机50的动力传递路线这里也称作电机扭矩传递路线。

[0063] 在PEDM和HDM中将变速器70从任何档位切换到另一档位的可包含脱开离合器 40,以使发动机30从输入轴1断开耦联,从而同步器7、9、26中的一或多个可轴向移动以实现与一或多个齿轮的结合和脱离(即耦合和分离),如下面所描述。这里描述的任何同步器轴向运动以结合齿轮的操作可包含将该齿轮与承载着同步器的轴同步,以使得齿轮和该轴以相同速度旋转。为了实现这些动力传递路线,变速器控制系统120 的换档执行模块132控制同步器7、9、26,而变速器控制系统120的离合器执行模块 142控制离合器40。特别地讲,变速器协调模块152确定离合器40是否处于预期状态以及同步器7、9、26是否处在预期位置。如果需要的话,离合器执行模块142接收指令(一或多个),以将离合器40移动到预期状态,和/或换档执行模块132接收指令(一或多个),以将同步器7、9、26移动到预期位置。

[0064] A. 动力传递路线-纯发动机驱动模式 (PEDM)

[0065] 1. PEDM-前进一档 (ICE1)

[0066] 图3展示了混合动力驱动系统110和变速器70可提供的动力传递路线80,用于在PEDM下操作时的前进一档。动力传递路线80能够在下述状态下实现:(i) 离合器40 处于接合状态以将发动机30耦联于输入轴1;(ii) 同步器7结合主动齿轮11;(iii) 同步器26处于其中位;以及(iv) 同步器9结合被动齿轮15。对于PEDM中的前进一档,从发动机30输出的动力被依次传递经过输入轴1上的主动齿轮11,中间轴5上的被动齿轮16,中间轴5上的被动齿轮17,中间轴3上的被动齿轮22,中间轴3上的被动齿轮21,输出轴2上的被动齿轮15,输出轴2上的减速齿轮14,和差速器60上的末级被动齿轮25。传递到末级被动齿轮25的动力然后通过差速器半轴6a和6b被传输。

[0067] 2. PEDM-前进二档 (ICE2)

[0068] 图4展示了混合动力驱动系统110和变速器70可提供的动力传递路线81,用于在PEDM下操作时的前进二档。动力传递路线81能够在下述状态下实现:(i) 离合器40 处于接合状态以将发动机30耦联于输入轴1;(ii) 同步器7结合主动齿轮10;(iii) 同步器26处于其中位;以及(iv) 同步器9结合被动齿轮15。对于PEDM中的前进二档,从发动机30输出的动力被依次传递经过输入轴1上的主动齿轮10,输出轴2上的被动齿轮15,输出轴2上的减速齿轮14,和差速器60上的末级被动齿轮25。传递到末级被动齿轮25的动力然后通过差速器半轴6a和6b被传输。

[0069] 3. PEDM-前进三档 (ICE3)

[0070] 图5展示了混合动力驱动系统110和变速器70可提供的动力传递路线82,用于在PEDM下操作时的前进三档。动力传递路线82能够在下述状态下实现:(i) 离合器40 处于接合状态以将发动机30耦联于输入轴1;(ii) 同步器7处于其中位;(iii) 同步器 26结合主动齿轮13;以及(iv) 同步器9处于其中位。对于PEDM中的前进三档,从发动机30输出的动力被依次传递经过三档输入轴1上的主动齿轮13,输出轴2上的三档被动齿轮19,输出轴2上的减速齿轮14,和差速器60上的末级被动齿轮25。传递到末级被动齿轮25的动力然后通过差速

器半轴6a和6b被传输。

#### [0071] 4. PEDM-前进四档 (ICE4)

[0072] 图6展示了混合动力驱动系统110和变速器70可提供的动力传递路线83,用于在PEDM下操作时的前进四档。动力传递路线83能够在下述状态下实现:(i)离合器40处于接合状态以将发动机30耦联于输入轴1;(ii)同步器7结合主动齿轮11;(iii)同步器26处于其中位;以及(iv)同步器9结合被动齿轮16。对于PEDM中的前进四档,从发动机30输出的动力被依次传递经过输入轴1上的主动齿轮11,被动齿轮16,输出轴2上的减速齿轮14,和差速器60上的末级被动齿轮25。传递到末级被动齿轮25的动力然后通过差速器半轴6a和6b被传输。

#### [0073] 5. PEDM-前进五档 (ICE5)

[0074] 图7展示了混合动力驱动系统110和变速器70可提供的动力传递路线84,用于在PEDM下操作时的前进五档。动力传递路线84能够在下述状态下实现:(i)离合器40处于接合状态以将发动机30耦联于输入轴1;(ii)同步器7处于其中位;(iii)同步器26结合主动齿轮12;以及(iv)同步器9处于其中位。对于PEDM中的前进五档,从发动机30输出的动力被依次传递经过输入轴1上的主动齿轮12,输出轴2上的被动齿轮18,输出轴2上的减速齿轮14,和差速器60上的末级被动齿轮25。传递到末级被动齿轮25的动力然后通过差速器半轴6a和6b被传输。

#### [0075] 6. PEDM-前进六档 (ICE6)

[0076] 图8展示了混合动力驱动系统110和变速器70可提供的动力传递路线85,用于在PEDM下操作时的前进六档。动力传递路线85能够在下述状态下实现:(i)离合器40处于接合状态以将发动机30耦联于输入轴1;(ii)同步器7结合主动齿轮10;(iii)同步器26处于其中位;以及(iv)同步器9结合被动齿轮16。对于PEDM中的前进六档,从发动机30输出的动力被依次传递经过输入轴1上的主动齿轮10,输出轴2上的被动齿轮15,中间轴3上的被动齿轮21,中间轴3上的被动齿轮22,中间轴5上的被动齿轮17,输出轴2上的减速齿轮14,和差速器60上的末级被动齿轮25。传递到末级被动齿轮25的动力然后通过差速器半轴6a和6b被传输。

#### [0077] 7. PEDM-倒档 (ICEr)

[0078] 图9展示了混合动力驱动系统110和变速器70可提供的动力传递路线86,用于在PEDM操作时的倒档。动力传递路线86能够在下述状态下实现:(i)离合器40处于接合状态以将发动机30耦联于输入轴1;(ii)同步器7处于其中位;(iii)同步器26处于其中位;(iv)同步器9结合被动齿轮15;以及(v)被动齿轮23滑动啮合于主动齿轮8。对于PEDM中的倒档,从发动机30输出的动力被依次传递经过同步器26上的主动齿轮8,中间轴2上的被动齿轮23,中间轴2上的被动齿轮21,输出轴2上的被动齿轮15,输出轴2上的减速齿轮14,和差速器60上的末级被动齿轮25。传递到末级被动齿轮25的动力然后通过差速器半轴6a和6b被传输。

### [0079] B. 动力传递路线-纯电机驱动模式 (PMDM)

#### [0080] 1. PMDM-前进一档 (EM1)

[0081] 图10展示了混合动力驱动系统110和变速器70可提供的动力传递路线87,用于在PMDM下操作时的前进一档。动力传递路线87能够在下述状态下实现:(i)同步器7处于其中位;(ii)同步器26处于其中位;以及(iii)同步器9结合被动齿轮15。此外,离合器40可被脱



开,以使得发动机30不耦联输入轴1,或发动机30不输出动力。对于PMDM中的前进一档,从电机50输出的动力被依次传递经过电机轴4上的主动齿轮24,中间轴3上的被动齿轮20,中间轴3上的被动齿轮21,输出轴2上的被动齿轮15,输出轴2上的减速齿轮14,和差速器60上的末级被动齿轮25。传递到末级被动齿轮25的动力然后通过差速器半轴6a和6b被传输。

[0082] 2.PMDM-前进二档(EM2)

[0083] 图11展示了混合动力驱动系统110和变速器70可提供的动力传递路线88,用于在PMDM下操作时的前进二档。动力传递路线88能够在下述状态下实现:(i)同步器7结合主动齿轮10;(ii)同步器26结合主动齿轮13;以及(iii)同步器9处于其中位。此外,离合器40可被脱开,以使得发动机30不耦联输入轴1,或发动机30不输出动力。对于PMDM中的前进二档,从电机50输出的动力被依次传递经过电机轴4上的主动齿轮24,中间轴3上的被动齿轮20,中间轴3上的被动齿轮21,输出轴2上的被动齿轮15,主动齿轮10,输入轴1上的主动齿轮13,输出轴2上的被动齿轮19,输出轴2上的减速齿轮14,和差速器60上的末级被动齿轮25。传递到末级被动齿轮25的动力然后通过差速器半轴6a和6b被传输。

[0084] 3.PMDM-前进三档(EM3)

[0085] 图12展示了混合动力驱动系统110和变速器70可提供的动力传递路线89,用于在PMDM下操作时的前进三档。动力传递路线89能够在下述状态下实现:(i)同步器7结合主动齿轮11;(ii)同步器26结合主动齿轮13;以及(iii)同步器9处于其中位。此外,离合器40可被脱开,以使得发动机30不耦联输入轴1,或发动机30不输出动力。对于PMDM中的前进三档,从电机50输出的动力被依次传递经过电机轴4上的主动齿轮24,中间轴3上的被动齿轮20,中间轴3上的被动齿轮22,中间轴5上的被动齿轮17和被动齿轮16,输入轴1上的主动齿轮11,输入轴1上的主动齿轮13,输出轴2上的被动齿轮19,输出轴2上的减速齿轮14,和差速器60上的末级被动齿轮25。传递到末级被动齿轮25的动力然后通过差速器半轴6a和6b被传输。

[0086] 4.PMDM-前进四档(EM4)

[0087] 图13展示了混合动力驱动系统110和变速器70可提供的动力传递路线90,用于在PMDM下操作时的前进四档。动力传递路线90能够在下述状态下实现:(i)同步器7处于其中位;(ii)同步器26处于其中位;以及(iii)同步器9结合被动齿轮16。此外,离合器40可被脱开,以使得发动机30不耦联输入轴1,或发动机30不输出动力。对于PMDM中的前进四档,从电机50输出的动力被依次传递经过电机轴4上的主动齿轮24,中间轴3上的被动齿轮20,中间轴3上的被动齿轮22,中间轴5上的被动齿轮17,输出轴2上的减速齿轮14,和差速器60上的末级被动齿轮25。传递到末级被动齿轮25的动力然后通过差速器半轴6a和6b被传输。

[0088] 这样,在示例性实施方式中,变速器控制系统120通过控制同步器7、9、26的左右位置而实现发动机30的六个前进档和一个倒档以及电机50的四个前进档。对于前面描述的传递路线80-90,表2概括了发动机30和电机50的档位与同步器7、9、26位置之间的关系。标记“X”表示同步器7、9、26占据的位置。

[0089] 表2

[0090]

路线		同步器								
		7			26			9		
		左	中位	右	左	中位	右	左	中位	右
ICE1	80			X		X		X		
ICE2	81	X				X		X		
ICE3	82		X				X		X	
ICE4	83			X		X				X
ICE5	84		X		X				X	
ICE6	85	X				X				X
ICEr	86		X			X		X		
EM1	87		X			X		X		
EM2	88	X					X		X	
EM3	89			X			X		X	

[0091]

EM4	90		X			X				X
-----	----	--	---	--	--	---	--	--	--	---

[0092] C. 动力传递路线-混合驱动模式 (HDM)

[0093] 在示例性实施方式中,通过启动发动机30,变速器70可在PMDM和混合驱动模式(HDM)之间切换,如下面所描述。HDM组合分别由发动机30(传递路线80-86)和电机50(传递路线87-90)提供的档位。图24a示出了HDM的可行档位组合。在图24a中,左侧的六个前进档对应于发动机30,而右侧的四个前进档对应于电机50。连线表示发动机30的档位和电机50的档位之间的可能组合。举例而言,发动机30的一档(ICE1)或二档(ICE2)可组合电机50的一档(EM1)。发动机30的四档(ICE4)、五档(ICE5)或六档(ICE5)可组合电机50的四档(EM4)。当发动机30设置在三档(ICE3)时,电机50可临时设置在二档(EM2)或三档(EM3),然后基于发动机30的进一步换档将电机50设置在一档(EM1)或四档(EM4)。换言之,从ICE3切换到ICE4涉及相应地从EM1切换到EM4,而从ICE3切换到ICE2涉及相应地从EM4切换到EM1。

[0094] 相应地,图24b示出了发动机30的示例性换档。如显示于图24b,发动机30可依次如下换档:(i) ICE1到ICE2,(ii) ICE2到ICE3,(iii) ICE3到ICE4,(iv) ICE4到ICE5,或(v) ICE5到ICE6。换档可包含任何上述升档过程。此外,发动机30可以实现下述降档(包含跳档):(i) ICE6到ICE5、ICE4或ICE3,(ii) ICE5到ICE4或ICE3,(iii) ICE4到ICE3,(iv) ICE3到ICE2或ICE1,或(v) ICE2到ICE1。显示于图24b的换档过程伴随着显示于图24a的电机50的档位及切换。

[0095] 下面进一步描述HDM组合。为了实现预期的HDM组合,变速器协调模块152确定离合

器40是否处于预期状态以及同步器7、9、26是否处在预期位置。如果需要的话,离合器执行模块142接收指令,以将离合器40移动到预期状态,和/或换挡执行模块132接收指令(一或多个),以将同步器7、9、26移动到预期位置。

[0096] 1.HDM-前进一档(ICE1-EM1)

[0097] 图14展示了混合动力驱动系统110和变速器70可提供的动力传递路线91,用于在HDM下操作时的前进一档。动力传递路线91能够在下述状态下实现:(i) 离合器40处于接合状态以将发动机30耦联于输入轴1;(ii) 同步器7结合主动齿轮11;(iii) 同步器26处于其中位;以及(iv) 同步器9结合被动齿轮15。对于HDM中的前进一档,从发动机30输出的动力被依次传递经过输入轴1上的主动齿轮11,输出轴2上的被动齿轮16,中间轴5上的被动齿轮17,中间轴3上的被动齿轮22,中间轴3上的被动齿轮21,输出轴2上的被动齿轮15,输出轴2上的减速齿轮14,和差速器60上的末级被动齿轮25。另外,从电机50输出的动力被依次传递经过电机轴4上的主动齿轮24,经过电机传动装置20a,中间轴3上的被动齿轮20,中间轴3上的被动齿轮21,输出轴2上的被动齿轮15,输出轴2上的减速齿轮14,和差速器60上的末级被动齿轮25。换言之,对于HDM中的前进一档,适用于来自发动机30的动力的动力传递路线随于动力传递路线80,而适用于来自电机50的动力的动力传递路线随于动力传递路线87。从发动机30和电机50传递到末级被动齿轮25的动力然后通过差速器半轴6a和6b被传输。

[0098] 2.HDM-前进二档(ICE2-EM1)

[0099] 图15展示了混合动力驱动系统110和变速器70可提供的动力传递路线92,用于在HDM下操作时的前进二档。动力传递路线92能够在下述状态下实现:(i) 离合器40处于接合状态以将发动机30耦联于输入轴1,(ii) 同步器7结合主动齿轮10;(iii) 同步器26处于其中位;以及(iv) 同步器9结合被动齿轮15。对于HDM中的前进二档,从发动机30输出的动力被依次传递经过输入轴1上的主动齿轮10,输出轴2上的被动齿轮15,输出轴2上的减速齿轮14,和差速器60上的末级被动齿轮25。另外,从电机50输出的动力被依次传递经过电机轴4上的主动齿轮24,经过电机传动装置20a,中间轴3上的被动齿轮20,中间轴3上的被动齿轮21,输出轴2上的被动齿轮15,输出轴2上的减速齿轮14,和差速器60上的末级被动齿轮25。换言之,对于HDM中的前进二档,适用于来自发动机30的动力的动力传递路线随于动力传递路线81,而适用于来自电机50的动力的动力传递路线随于动力传递路线87。从发动机30和电机50传递到末级被动齿轮25的动力然后通过差速器半轴6a和6b被传输。

[0100] 3.HDM-前进三档(ICE3-EM1)的第一情况

[0101] 图16展示了混合动力驱动系统110和变速器70可提供的动力传递路线93,用于HDM下操作时的前进三档的第一情况。动力传递路线93能够在下述状态下实现:(i) 离合器40处于接合状态以将发动机30耦联于输入轴1;(ii) 同步器7处于其中位;(iii) 同步器26结合主动齿轮13;以及(iv) 同步器9结合被动齿轮15。对于HDM中的前进三档中的第一情况,从发动机30输出的动力被依次传递经过输入轴1上的主动齿轮13,输出轴2上的被动齿轮19,输出轴2上的减速齿轮14,和差速器60上的末级被动齿轮25。另外,由电机50或通过其输出的动力被依次传递经过电机轴4上的主动齿轮24,经过电机传动装置20a,中间轴3上的被动齿轮20,中间轴3上的被动齿轮21,输出轴2上的被动齿轮15,输出轴2上的减速齿轮14,和差速器60上的末级被动齿轮25。换言之,对于HDM中的前进三档中的第一情况,适用于来

自发动机 30 的动力的动力传递路线随从于动力传递路线 82, 而适用于来自电机 50 的动力的动力传递路线随从于动力传递路线 87。从发动机 30 和电机 50 传递到末级被动齿轮 25 的动力然后通过差速器半轴 6a 和 6b 被传输。

[0102] 4.HDM-前进三档 (ICE3-EM2) 的第二情况

[0103] 图 17 展示了混合动力驱动系统 110 和变速器 70 可提供的动力传递路线 94, 用于 HDM 下操作时的前进三档的第二情况。动力传递路线 94 能够在下述状态下实现: (i) 离合器 40 处于接合状态以将发动机 30 耦联于输入轴 1; (ii) 同步器 7 结合主动齿轮 10; (iii) 同步器 26 结合主动齿轮 13; 以及 (iv) 同步器 9 处于其中位。对于 HDM 下操作时的前进三档的第二情况, 从发动机 30 输出的动力被依次传递经过输入轴 1 上的主动齿轮 13, 输出轴 2 上的被动齿轮 19, 输出轴 2 上的减速齿轮 14, 和差速器 60 上的末级被动齿轮 25。另外, 从电机 50 输出的动力被依次传递经过电机轴 4 上的主动齿轮 24, 经过电机传动装置 20a, 中间轴 3 上的被动齿轮 20, 中间轴 3 上的被动齿轮 21, 输出轴 2 上的被动齿轮 15, 输入轴 1 上的主动齿轮 10, 输入轴 1 上的主动齿轮 13, 输出轴 2 上的被动齿轮 19, 输出轴 2 上的减速齿轮 14, 和差速器 60 上的末级被动齿轮 25。换言之, 对于 HDM 中的前进三档中的第二情况, 适用于来自发动机 30 的动力的动力传递路线随从于动力传递路线 82, 而适用于来自电机 50 的动力的动力传递路线随从于动力传递路线 88。从发动机 30 和电机 50 传递到末级被动齿轮 25 的动力然后通过差速器半轴 6a 和 6b 被传输。

[0104] 5.HDM-前进三档 (ICE3-EM3) 的第三情况

[0105] 图 18 展示了混合动力驱动系统 110 和变速器 70 可提供的动力传递路线 95, 用于 HDM 下操作时的前进三档的第三情况。动力传递路线 95 能够在下述状态下实现: (i) 离合器 40 处于接合状态以将发动机 30 耦联于输入轴 1; (ii) 同步器 7 与主动齿轮 11 结合; (iii) 同步器 26 结合主动齿轮 13; 以及 (iv) 同步器 9 处于其中位。对于 HDM 下操作时的前进三档的第三情况, 从发动机 30 输出的动力被依次传递经过输入轴 1 上的主动齿轮 13, 输出轴 2 上的被动齿轮 19, 输出轴 2 上的减速齿轮 14, 和差速器 60 上的末级被动齿轮 25。另外, 从电机 50 输出的动力被依次传递经过电机轴 4 上的主动齿轮 24, 经过电机传动装置 20a, 中间轴 3 上的被动齿轮 20, 中间轴 3 上的被动齿轮 22, 中间轴 5 上的被动齿轮 17 和被动齿轮 16, 输入轴 1 上的主动齿轮 11, 输入轴 1 上的主动齿轮 13, 输出轴 2 上的被动齿轮 19, 输出轴 2 上的减速齿轮 14, 和差速器 60 上的末级被动齿轮 25。换言之, 对于在 HDM 中的前进三档中的第三情况, 适用于来自发动机 30 的动力的动力传递路线随从于动力传递路线 82, 而适用于来自电机 50 的动力的动力传递路线随从于动力传递路线 89。从发动机 30 和电机 50 传递到末级被动齿轮 25 的动力然后通过差速器半轴 6a 和 6b 被传输。

[0106] 6.HDM-前进三档 (ICE3-EM4) 的第四情况

[0107] 图 19 展示了混合动力驱动系统 110 和变速器 70 可提供的动力传递路线 96, 用于 HDM 下操作时的前进三档的第四情况。动力传递路线 96 能够在下述状态下实现: (i) 离合器 40 处于接合状态以将发动机 30 耦联于输入轴 1; (ii) 同步器 7 处于其中位; (iii) 同步器 26 结合主动齿轮 13; 以及 (iv) 同步器 9 结合被动齿轮 16。对于 HDM 下操作时的前进三档的第四情况, 从发动机 30 输出的动力被依次传递经过输入轴 1 上的主动齿轮 13, 输出轴 2 上的被动齿轮 19, 输出轴 2 上的减速齿轮 14, 和差速器 60 上的末级被动齿轮 25。另外, 从电机 50 输出的动力被依次传递经过电机轴 4 上的主动齿轮 24, 经过电机传动装置 20a, 中间轴 3 上的被动

齿轮20,中间轴3上的被动齿轮 22,中间轴5上的被动齿轮17,输出轴2上的减速齿轮14,和差速器60上的末级被动齿轮25。换言之,对于HDM下操作时的前进三档的第四情况,适用于来自发动机 30的动力的动力传递路线随从于动力传递路线82,而适用于来自电机50的动力的动力传递路线随从于动力传递路线90。从发动机30和电机50传递到末级被动齿轮25的动力然后通过差速器半轴6a和6b被传输。

[0108] 7.HDM-前进四档(ICE4-EM4)

[0109] 图20展示了混合动力驱动系统110和变速器70可提供的动力传递路线97,用于在HDM下操作时的前进四档。动力传递路线97能够在下述状态下实现:(i)离合器 40处于接合状态以将发动机30耦联于输入轴1;(ii)同步器7结合主动齿轮11;(iii)同步器26处于其中位;以及(iv)同步器9结合被动齿轮16。对于HDM中的前进四档,从发动机30输出的动力被依次传递经过输入轴1上的主动齿轮11,中间轴 5上的被动齿轮16,输出轴2上的减速齿轮14,和差速器60上的末级被动齿轮25。另外,从电机50输出的动力被依次传递经过电机轴4上的主动齿轮24,中间轴3上的被动齿轮20,中间轴3上的被动齿轮22,中间轴5上的被动齿轮17,输出轴2上的减速齿轮14,和差速器60上的末级被动齿轮25。换言之,对于HDM中的前进四档,适用于来自发动机30的动力的动力传递路线随从于动力传递路线83,而适用于来自电机 50的动力的动力传递路线随从于动力传递路线90。从发动机30和电机50传递到末级被动齿轮25的动力然后通过差速器半轴6a和6b被传输。

[0110] 8.HDM-前进五档(ICE5-EM4)

[0111] 图21展示了混合动力驱动系统110和变速器70可提供的动力传递路线98,用于在HDM下操作时的前进五档。动力传递路线98能够在下述状态下实现:(i)离合器 40处于接合状态以将发动机30耦联于输入轴1;(ii)同步器7处于其中位;(iii)同步器26与主动齿轮12结合,并且(iv)同步器9与被动齿轮16结合。对于HDM中的前进五档,从发动机30输出的动力被依次传递经过输入轴1上的主动齿轮12,输出轴 2上的被动齿轮18,输出轴2上的减速齿轮14,和差速器60上的末级被动齿轮25。另外,从电机50输出的动力被依次传递经过电机轴4上的主动齿轮24,中间轴3上的被动齿轮20,中间轴3上的被动齿轮22,中间轴5上的被动齿轮17,输出轴2上的减速齿轮14,和差速器60上的末级被动齿轮25。换言之,对于HDM中的前进五档,适用于来自发动机30的动力的动力传递路线随从于动力传递路线84,而适用于来自电机 50的动力的动力传递路线随从于动力传递路线90。从发动机30和电机50传递到末级被动齿轮25的动力然后通过差速器半轴6a和6b被传输。

[0112] 9.HDM-前进六档(ICE6-EM4)

[0113] 图22展示了混合动力驱动系统110和变速器70可提供的动力传递路线99,用于在HDM下操作时的前进六档。动力传递路线99能够在下述状态下实现:(i)离合器 40处于接合状态以将发动机30耦联于输入轴1;(ii)同步器7结合主动齿轮10;(iii)同步器26处于其中位;以及(iv)同步器9结合被动齿轮16。对于HDM中的前进六档,从发动机30输出的动力被依次传递经过输入轴1上的主动齿轮10,输出轴 2上的被动齿轮15,中间轴3上的被动齿轮21,中间轴3上的被动齿轮22,中间轴5 上的被动齿轮17,输出轴2上的减速齿轮14,和差速器60上的末级被动齿轮25。另外,从电机50输出的动力被依次传递经过电机轴4上的主动齿轮24,中间轴3上的被动齿轮20,中间轴3上的被动齿轮22,中间轴5上的被动齿轮17,输出轴 2上的减速齿轮14,和差速器60上的末级被动齿轮25。换言之,对于HDM中的前进六档,适用

于来自发动机30的动力的动力传递路线随从于动力传递路线85,而适用于来自电机 50的动力的动力传递路线随从于动力传递路线90。从发动机30和电机50传递到末级被动齿轮25的动力然后通过差速器半轴6a和6b被传输。

[0114] 10.HDM-倒档 (ICEr-EM1)

[0115] 图23展示了混合动力驱动系统110和变速器70可提供的动力传递路线100,用于在HDM下操作时的倒档。动力传递路线100能够在下述状态下实现: (i) 离合器40 处于接合状态以将发动机30耦联于输入轴1; (ii) 同步器7处于其中位; (iii) 同步器 26处于其中位; (iv) 同步器9结合被动齿轮15;以及 (v) 被动齿轮23啮合主动齿轮8。为了实现HDM中的倒档,变速器协调模块152确定离合器40是否处于预期状态以及同步器7、9、26是否处在所需的位置。如果需要的话,离合器执行模块142接收指令,以将离合器40移动到所需的状态,和/或换档执行模块132接收指令(一或多个),以将同步器7、9、26移动到所需的位置。对于这个档位,从发动机30输出的动力被依次传递经过同步器26上的主动齿轮8,中间轴3上的被动齿轮23,中间轴3上的被动齿轮21,输出轴2上的被动齿轮15,输出轴2上的减速齿轮14,和差速器60 上的末级被动齿轮25。另外,从电机50输出的动力被依次传递经过电机轴4上的主动齿轮24,中间轴3上的被动齿轮20,中间轴3上的被动齿轮21,输出轴2上的被动齿轮15,输出轴2上的减速齿轮14,和差速器60上的末级被动齿轮25。换言之,对于 HDM中的倒档,适用于来自发动机30的动力的动力传递路线随从于动力传递路线 86,而适用于来自电机50的动力的动力传递路线随从于动力传递路线87,其中电机 50沿着与PMDM中的前进一档中的电机旋转方向相反的方向旋转。从发动机30和电机50传递到末级被动齿轮25的动力然后通过差速器半轴6a和6b被传输。

[0116] 对于上面描述的传递路线91-100,表3概括了在HDM中发动机30的档位与电机 50和同步器7、9、26的位置之间的关系。标记“X”指示同步器7、9、26占据的位置。如前面参照图24b所描述,换档发动机30的可包含下述升档: (i) ICE1到ICE2, (ii) ICE2到ICE3, (iii) ICE3到ICE4, (iv) ICE4到ICE5,或 (v) ICE5到ICE6。此外,发动机30的换档可包含降档(包含跳档): (i) ICE6到ICE5、ICE4或ICE3, (ii) ICE5到ICE4或ICE3, (iii) ICE4到ICE3, (iv) ICE3到ICE2或ICE1,或 (v) ICE2到ICE1。对于每次换档,同步器7、9、26中只有一个需要改变位置(例如向左或向右)以结合另一齿轮,而其它同步器保持位置不变或是处在或移动到它们的中位。

[0117] 表3

路线			同步器								
			7			26			9		
			左	中位	右	左	中位	右	左	中位	右
ICE1	EM1	91			X		X		X		
ICE2	EM1	92	X				X		X		
ICE3	EM1	93		X				X	X		
ICE3	EM2	94	X					X		X	

[0119]	ICE3	EM3	95			X			X		X	
	ICE3	EM4	96		X				X			X
	ICE4	EM4	97			X		X				X
	ICE5	EM4	98		X		X					X
	ICE6	EM4	99	X				X				X
	ICEr	EM1	100		X			X		X		

#### [0120] IV. 在换档中维持动力

[0121] 在混合驱动模式(HDM)中,在动力源(发动机30或电机50)之一换档时,如果另一动力源的档位保持不变,则由变速器70输出的动力可维持不中断。举例而言,在发动机30换档时,电机50通过保持其档位不变而持续地输出动力。然而,尽管变速器70可持续接收来自自动力源之一的动力,但仍需确保在换档期间能够传输预期级别的动力。因此,根据示例性实施方式,变速器控制系统120可主动控制换档过程的各个方面以维持混合动力驱动系统110的足够的动力能力。换档可以包含每两个HDM档位之间的任何升档和降档,如前所述。

[0122] 在HDM期间当期望发动机30换档时(例如从ICE2-EM1切换到ICE3-EM1),发动机30的发动机扭矩首先逐渐降低,例如降到刚好足以与发动机30的转动惯量相匹配的级别。举例而言,混合动力控制系统160可发送信号到变速器控制系统120请求换档。在一些实施方式中,变速器控制系统120可发送信号到发动机管理系统以降低发动机扭矩。来自电机50的电机扭矩基于其当前档位逐渐升高以补偿来自发动机30的发动机扭矩的减小引起的输出轴2中的扭矩变化。变速器控制系统120可发送信号到电机管理系统以升高电机扭矩。

[0123] 图25中的基于时间的曲线图示出了发动机30在HDM中的换档过程的各个方面。在初始时,从时间=0开始、到需要换档之前,发动机30的发动机扭矩曲线202、电机50的电机扭矩曲线204和离合器40的离合器扭矩曲线206保持在恒定级别。在这段时间中,发动机30保持耦联于输入轴1,从而发动机速度曲线208直接对应于输入轴速度曲线210。在时间= $t_1$ ,变速器控制系统120触发换档过程,例如响应于来自混合动力控制系统160的信息。在这个时间处,当发动机管理系统减小发动机30的扭矩时,发动机扭矩曲线202逐渐下降,并且相应地发动机速度曲线208下降。同时,为了补偿变速器70从发动机30接收的扭矩的变化,电机扭矩曲线204升高,例如当电机管理系统增加电机50的扭矩时。

[0124] 在一些实施方式中,额外的动力可被施加以提供额外的扭矩,以实现输出轴2处所需的扭矩。举例而言,来自电机50的超增压动力(overboost power)可被施加以实现短期的峰值扭矩(例如2秒),以进一步补偿来自发动机30的发动机扭矩的降低。

[0125] 变速器控制系统120的离合器执行模块142将离合器40移动到脱开状态,以将发动机30从输入轴1断开耦联。当离合器执行模块142脱开离合器40后,离合器扭矩曲线206和输入轴速度曲线208下降。在离合器保持在脱开状态并且发动机30保持从输入轴1脱离耦联的状态下,供应给发动机30的燃料被中断(在升档时),或发动机30的发动机扭矩升高(在降档时),从而发动机速度朝向输入轴1的目标速度变化。变速器控制系统120可发信号给发动机管理系统以中断燃料供应或增加来自发动机30的发动机扭矩。如显示于图25,发动机30的发动机速度曲线206开始发生变化,从而最终与输入轴速度曲线210相匹配。与此同时,变速器控制系统120的换档执行模块132根据发动机30的目标档位移位同步器7或26,而同步

器9保持在其当前位置(即电机50的档位保持不变)。如前所述,对于发动机30的每次顺序换档,只有一个同步器7或26需要被移位(例如向左或向右)以结合另一侧齿轮。在这一阶段,车辆所需的扭矩持续仅由电机50提供。参看图25,代表同步器的曲线212在时间 $=t_2$ 处发生的变化表示同步器移位到其中位、然后结合所需的齿轮(例如在右位或左位)。

[0126] 一旦换档执行模块132利用相应的动作元件42a或42b移位了同步器7或26,离合器执行模块142就将离合器40移动到接合状态,以将发动机30耦联于输入轴1。图25示出了在时间 $=t_3$ 当离合器40开始接合发动机30时,发动机扭矩曲线202开始升高。离合器40的离合器扭矩由离合器执行模块142控制,并且发动机30的发动机扭矩可由发动机管理系统控制,从而发动机30的发动机速度进一步朝向输入轴1的转速变化。当发动机30和输入轴1的转速之间的差值变得非常小时,发动机30的发动机扭矩进一步逐渐增加,以实现目标扭矩。这个时刻在图25中显示为时间 $=t_4$ 。变速器控制系统120可发信号给发动机管理系统以升高发动机扭矩。

[0127] 随着离合器40更充分地接合发动机30并相应地离合器扭矩增加,基于其当前(不变)档位和离合器扭矩调节电机50的电机扭矩以实现补偿而提高输出轴2上的离合器扭矩的效果。变速器控制系统120可发送信号到电机管理系统以降低电机扭矩。如显示于图25,随着离合器扭矩曲线206开始升高,电机扭矩曲线204下降。

[0128] 当发动机30的发动机速度与输入轴1的轴速度同步后,发动机30的发动机扭矩达到目标扭矩。图25中展示了在时间 $=t_5$ ,发动机速度曲线208与输入轴速度曲线210相匹配。此外,发动机扭矩曲线202与离合器扭矩曲线206相匹配,而电机扭矩曲线204已经降低。发动机30的扭矩与电机50的扭矩之比可根据混合动力驱动系统110的能耗、效率或其它性能因素而被最优化。

[0129] 表4概括了发动机30的示例性换档过程,例如至少由变速器控制系统120控制,并且由车辆的各个不同方面执行。

[0130] 表4



[0131]

步骤号	步骤	车辆或 HPDS 部件
4A	将发动机扭矩逐渐降低到与发动机 30 的转动惯量相匹配	发动机管理系统
4B	增加电机扭矩以补偿输出轴 2 上的发动机扭矩的降低	电机管理系统
4C	施加超增压动力以提供额外的输出扭矩 (如果需要的话)	电机管理系统
4D	将离合器 40 从发动机 30 脱开	离合器执行模块 142
4E	通过中断发动机燃料供应或增加发动机扭矩, 将发动机速度调节到与输入轴 2 的目标速度会合	发动机管理系统
4F	移动同步器 7、26 以实现目标档位, 即为发动机 30 换档	换档执行模块 132/换档执行系统 42
4G	将离合器 40 与发动机 30 接合	离合器执行模块 142
4F	将发动机扭矩升高到目标扭矩	发动机管理系统
4H	调解电机扭矩以应对输出轴 2 上的发动机扭矩变化	电机管理系统

[0132] 如前所述,在发动机30从ICE3切换到ICE4之前,需要将电机50从EM1切换到 EM4。反过来,在从ICE3切换到ICE2之前,需要将电机50从EM4切换到EM1。因此,根据示例性实施方式,变速器控制系统120还控制换档过程的各个方面以在电机 50换档期间维持预期的动力能力。

[0133] 当希望从ICE3切换到ICE4或从ICE3切换到ICE2时,电机50的扭矩被逐渐调节,例如至少刚好足以与电机50的转动惯量的级别相匹配。变速器控制系统120可发送信号给电机管理系统以调节电机50的电机扭矩。与此同时,发动机30的发动机扭矩被逐渐调节以适应于电机扭矩变化导致的输出轴2上的扭矩变化。变速器控制系统120可发送信号到发动机管理系统以调节发动机扭矩。

[0134] 在一些实施方式中,额外的涡轮增压动力(turbocharged power)可被施加以提供额外的扭矩,用以维持输出轴2处所需的扭矩。举例而言,当来自发动机30的发动机扭矩可能不足以补偿电机50的电机扭矩的下降时,峰值涡轮增压动力可在短时间段(例如2秒)内施加。

[0135] 换档执行模块132将同步器9移动到其中位。在同步器9处在其中位的状态下,可临时设置在档位EM2或EM3,如前所述。如显示于表2和3,当档位为EM4时,同步器7处于其中位时,同步器26设置在右位,并且同步器9设置在右位。当同步器 9设置在其中位时,同步器7

可被设置在右位以从EM4切换到EM3,然后同步器7可被设置在左位以从EM3切换到EM2(其中同步器26保持右位)。另一方面,当档位为EM1时,同步器7处于其中位,同步器26设置在右位,并且同步器9设置在左位。当同步器9设置在其中位时,同步器7可被设置在左位以从EM1切换到EM2,然后同步器7可被设置在右位以从EM2切换到EM3(其中同步器26保持右位)。

[0136] 电机50的电机速度然后被控制以与目标档位的最终速度相匹配,例如EM1或EM4。变速器控制系统120可发送信号到电机管理系统以调节电机50的电机速度。然后,在电机50的零扭矩控制下,换档执行模块132移位同步器9。如前所述,如果EM1为目标档位,换档执行模块132向左移动同步器9以接合被动齿轮15(其中同步器7设置在其中位并且同步器26保持右位)。另一方面,如果EM4为目标档位,换档执行模块132向右移动同步器9以接合被动齿轮16(其中同步器7设置在其中位并且同步器26保持右位)。通过这一点时,发动机30继续供应车辆所需的扭矩。

[0137] 在换档执行模块132将同步器9移动到预期位置后,电机50的电机扭矩首先缓慢增加,从而电机传递路线中的齿轮轴被预张紧。(总体而言,这样的预张紧技术可应用于其它传递路线,当变速器70向它们初始施加扭矩时。)电机扭矩最终在一定速度下升高到目标扭矩。此外,根据相应的档位,发动机30的发动机扭矩逐渐变化以适应于电机50的扭矩变化导致的输出轴2上的扭矩变化。同样,变速器控制系统120可发送信号到电机管理系统和发动机管理系统,以分别调节电机50和发动机30的扭矩。一旦从EM1到EM4或从EM4到EM1的换档完成,从ICE3到ICE4或从ICE3到ICE2的换档能够以如前所述的方式实现。

[0138] 表5概括了电机50的换档过程,例如,至少由变速器控制系统120控制,并且由车辆的各个不同方面执行。

[0139] 表5

[0140]

步骤号	步骤	车辆或 HPDS 部件
5A	将电机扭矩逐渐降低到与电机 50 的转动惯量相匹配	电机管理系统
5B	增加发动机扭矩以补偿输出轴 2 上的电机扭矩的降低	发动机管理系统
5C	施加涡轮增压动力以提供额外的输出扭矩 (如果需要的话)	涡轮管理系统
5D	将同步器 9 移动到其中位	换档执行模块 132/换档执行系统 42
5E	将电机速度调节到与目标档位速度会合	电机管理系统
5F	将同步器 9 移动以提供目标档位, 即为电机 50 换档	换档执行模块 132/换档执行系统 42
5H	将电机扭矩升高到目标扭矩	电机管理系统
5I	调节发动机扭矩以应对输出轴 2 上的发动机扭矩变化	发动机管理系统

[0141] V.PMDM中的发动机启动

[0142] 在示例性实施方式中,变速器70可在纯电机驱动模式(PMDM)和混合驱动模式(HDM)之间切换,其中发动机30和电机50提供的档位相组合。为了实现切换到HDM,当车辆以PMDM行驶时发动机30可被启动。一旦发动机30被启动,如后面进一步描述,变速器70接收来自发动机30和电机50二者的动力以提供HDM。在PMDM切换到HDM期间,变速器控制系统120控制发动机30启动涉及的各个方面。

[0143] 在初始时,混合动力驱动系统110以PMDM操作。图26中的基于时间的曲线图示出了在PMDM期间发动机30启动涉及的各个方面。如显示于图26,从时间=0开始,电机扭矩曲线304指示在PMDM期间只有电机50为车辆提供扭矩。

[0144] 作为示例,当混合动力控制系统160判断希望从PMDM切换到HDM时,离合器执行模块142首先确保离合器40处于脱开状态。换档执行模块132然后根据发动机30的目标档位将同步器7或26移动到目标位置。举例而言,混合动力控制系统160还可以提供指令给变速器控制系统120以指示预期发动机30启动时采用哪个档位。参看图26,曲线312表示同步器7或26,并且在时间= $t_1$ ,曲线312表示同步器7或26移位到其中位,然后移动到与所需的齿轮结合(例如在右位或左位)。

[0145] 当同步器7、26被移动到预期位置后,变速器控制系统120的离合器执行模块132将离合器40移动到与发动机30接合。离合器执行模块132通过将离合器40到与发动机30之间的各种接合状态而控制离合器40的离合器扭矩,例如部分接合。特别地讲,作用于发动机

30的离合器扭矩驱动发动机30到达允许实现燃料喷射和点燃的最低可行速度。如显示于图26,离合器扭矩曲线306在时间 $=t_2$ 开始升高,并且发动机30的发动机速度曲线308相应地增加。这里,来自电机50的动力提供动力给离合器40,离合器40然后向发动机30施加相应的离合器扭矩。与此同时,根据电机50的档位和离合器扭矩,电机50补偿离合器40动作导致的输出轴2扭矩变化。

[0146] 当发动机30达到所需的速度以允许燃料喷射和点燃时,燃料喷射和点燃被触发,并且因而发动机30启动而自己旋转,且发动机速度升高。例如,发动机管理系统可以控制发动机30的燃料喷射和点燃以产生来自发动机30的动力。在时间 $=t_3$ 当发动机30启动时,图26展示了发动机扭矩曲线302增加到零以上,并且发动机速度曲线308以一定速率升高。离合器执行模块132然后移动离合器到与发动机30近乎脱开状态,藉此降低通过离合器40施加的扭矩。如显示于图26,这一时刻出现在时间 $=t_4$ 当离合器扭矩曲线306下降时。根据电机50的档位和离合器扭矩,电机50继续补偿离合器40动作导致的输出轴2扭矩变化。

[0147] 在发动机30成功地完全启动后,来自发动机30的扭矩升高从而发动机30的速度朝向输入轴1的速度变化然后变得高于输入轴1的速度。如显示于图26,在发动机扭矩曲线302在时间 $=t_3$ 升高后,发动机速度曲线308在时间 $=t_5$ 增加到超过输入轴速度曲线310。当发动机30的速度高于输入轴1的速度时,离合器执行模块142将离合器40移动到与发动机30完全接合状态,从而来自发动机30的扭矩完全作用于变速器70。如显示于图26,在时间 $=t_6$ 当其接合发动机30后,离合器扭矩曲线306增加。根据电机50的档位和离合器扭矩,电机50继续补偿离合器40动作导致的输出轴2扭矩变化。在来自发动机30的动力现在被传输到变速器70的状态下,混合动力驱动系统110完成了其从PMDM切换到HDM。如图26还展示的,发动机扭矩曲线302和电机扭矩曲线306代表发动机30对混合动力驱动系统110的动力贡献。

[0148] 表6概括了在PMDM期间启动发动机30的过程,例如,至少由变速器控制系统120控制,并且由车辆的各个不同方面执行。

[0149] 表6

[0150]	步骤号	步骤	车辆或 HPDS 部件
--------	-----	----	-------------

	6A	确保离合器 40 从发动机 30 脱离	离合器执行模块 142
	6B	移动同步器 7、26 以提供发动机 30 的目标档位，即为发动机 30 换档	换档执行模块 132/换档执行系统 42
	6C	将离合器 40 与发动机 30 接合，将离合器扭矩施加到发动机 30 以使得发动机 30 到达燃料喷射和点燃所需的足够速度	离合器执行模块 142
	6D	调节电机扭矩以应对离合器 40 对发动机 30 的作用	电机管理系统
[0151]	6E	触发燃料喷射和点燃以产生来自发动机 30 的扭矩	发动机管理系统
	6F	将离合器 40 从发动机 30 脱开	离合器执行模块 142
	6G	增加发动机扭矩以使发动机速度升高超过输入轴速度	发动机管理系统
	6H	将离合器 40 与发动机 30 完全接合以将发动机扭矩传输到输入轴 1	离合器执行模块 142
	6I	调节电机扭矩以应对输出轴 2 上的发动机扭矩变化	电机管理系统

[0152] VI. 驻车状态下发动机启动

[0153] 变速器控制系统120还可在车辆处在驻车状态时控制发动机30启动所涉及的各个方面,以便提供例如电机50的电池充电模式。首先,如果离合器40处于接合状态,离合器执行系统40从发动机30脱开离合器40。此外,如果电机50正在运转,电机速度被调节到0 RPM。此外,如果同步器9与齿轮结合着,换档执行模块132移动同步器9到其中位。换档执行模块132然后移动同步器7到结合主动齿轮10或11,以实现发动机30的期望档位。在的操作期间车辆,操作者典型地有可能将换挡器例如档把置于至少下述位置:驻车,倒档,空挡,前进挡,或低速档。换档执行模块132可根据换挡器位置移动同步器7。如果换挡器处在非驱动位置(例如驻车,倒档,空挡),换档执行模块132可移动同步器7到结合齿轮10,所导致的档位允许电机50旋转得比发动机30快并且提供更高的效率。如果,然而,换挡器处于驱动位置(例如前进档,低速档)时,换档执行模块132可移动同步器7到结合齿轮11,以使得车辆换入一档,以便更容易实现最终车辆起步。如果同步器7已经处在与齿轮11结合的状态,不需要同步器7进一步动作就能实现一档。

[0154] 一旦同步器7与齿轮结合,离合器执行模块142移动离合器到接合状态以将变速器70耦联于发动机30。换言之,离合器执行模块142允许变速器70现在向发动机30 施加离合器扭矩。电机管理系统控制电机50以提供动力给离合器40,离合器然后施加相应的离合器扭矩到发动机30。离合器扭矩引起发动机30旋转。当发动机速度达到允许实现燃料喷射和点燃的速度时,发动机管理系统触发发动机30的燃料喷射和点燃。一旦发动机30运转,发动机30和电机50的控制转到混合动力控制系统160或其它控制系统。

[0155] 表7概括了车辆处在驻车状态时发动机30的启动过程,例如,至少由变速器控制系统120控制,并且由车辆的各个不同方面执行。

[0156] 表7

[0157]

步骤号	步骤	车辆或 HPDS 部件
7A	确保离合器 40 从发动机 30 脱离	离合器执行模块 142
7B	将电机速度调节到 0 RPM	电机管理系统
7C	将同步器 9 移动到中位	换档执行模块 132/换档执行系统 42
7D	移动同步器 7 到结合齿轮 10 或 11 以实现期望档位	换档执行模块 132/换档执行系统 42
7E	将离合器与发动机 30 接合以施加离合器扭矩到发动机 30, 使之达到燃料喷射和点燃所需的足够速度	离合器执行模块 142
7F	从电机 50 产生动力以提供离合器扭矩	电机管理系统
7G	触发燃料喷射和点燃以使发动机 30 运转	发动机管理系统

[0158] VII. 附加示例性实施方式

[0159] 下面的例子给出了本申请的进一步或替代性方面。与附图中的项目或附图本身相关的附图标记(例如数字或字母)用来容易参考,而非用于限制这里描述的其它例子的范围。

[0160] 实施例1-一种混合动力驱动系统,包括:

[0161] 变速器(70),其包括:

[0162] 多个轴,其中包含输入轴(1)、电机轴(4)和输出轴(2),其中:

[0163] 输入轴(1)耦联于离合器(40),所述离合器(40)被构造成选择性地接合发动机(30)以将输入轴(1)耦联到发动机(30),所述发动机(30)被构造成产生发动机扭矩,所述发动机扭矩可经过离合器(40)传递到输入轴(1);

[0164] 电机轴(4)耦联于电机(50),所述电机(50)被构造成产生电机扭矩,所述电机扭矩可传递到电机轴(4);以及

[0165] 输出轴(2)从变速器(70)传输输出扭矩;

[0166] 多个齿轮,它们被配置成提供多个传递路线;以及

[0167] 多个同步器(7、9、26),布置在所述多个轴(1、2)上,可操作以结合第一组选定齿轮,所述第一组选定齿轮确定第一传递路线,用以从电机轴向输出轴传输电机扭矩(2),而不从发动机向输出轴传输任何发动机扭矩(2);以及

[0168] 变速器控制系统(120),其被构造成引起变速器(70)将来自电机轴(4)的电机扭矩和来自发动机(30)的发动机扭矩这二者传输到输出轴(2),变速器控制系统(120)包括:

[0169] 换挡执行模块(132),其被构造成移动所述多个同步器(7、9、26)中的至少一个,以导致所述多个同步器(7、9、26)结合第二组选定齿轮而不再结合第一组选定齿轮,第二组选定齿轮被耦联于所述多个轴(1、2)以确定第二传递路线,其包含电机扭矩传递路线和发动机扭矩传递路线,第二传递路线将来自电机轴(4)的电机扭矩和来自发动机(30)的发动机扭矩传输到输出轴(2)以便输出扭矩;以及

[0170] 离合器执行模块(142),其被构造成控制离合器(40),使得离合器(40)将来自电机(50)的离合器扭矩传输到发动机(30)以便启动发动机(30),并且在发动机被启动之后,离合器(40)根据第二传递路线将发动机扭矩传输到输入轴(1)。

[0171] 实施例2-实施例1中所述的混合动力驱动系统,其中,在换挡执行模块(132)引起所述多个同步器(7、9、26)结合第二组选定齿轮而不再结合第一组选定齿轮之前,变速器控制系统(120)确定离合器(40)是否与发动机(30)结合,并且如果离合器(40)是与发动机(30)结合的,则离合器执行模块(142)脱开离合器(40)。

[0172] 实施例3-实施例1-2中任一所述的混合动力驱动系统,其中第二传递路线中的发动机扭矩传递路线提供发动机(30)的期望档位。

[0173] 实施例4-实施例1-3中任一所述的混合动力驱动系统,其中,传输到发动机(30)的离合器扭矩驱动发动机(30)达到足以使发动机(30)实现燃料喷射和点燃的发动机速度,并且发动机(30)开始执行燃料喷射和点燃。

[0174] 实施例5-实施例1-4中任一所述的混合动力驱动系统,其中,离合器执行模块(142)在发动机(30)启动后脱开离合器(40),变速器控制系统(120)根据输入轴(1)的输入轴速度引起发动机(30)升高发动机速度,并且离合器执行模块(142)再次接合离合器(40)以使发动机扭矩传输到输入轴(1)。

[0175] 实施例6-实施例1-5中任一所述的混合动力驱动系统,其中,变速器控制系统(120)响应于离合器扭矩从离合器(40)传输到发动机(30)而引起电机(50)升高电机扭矩。

[0176] 实施例7-实施例1-6中任一所述的混合动力驱动系统,其中,变速器控制系统(120)在发动机(30)启动后响应于从发动机(30)传输发动机扭矩而引起电机(50)调节电机扭矩。

[0177] 实施例8-实施例1-7中任一所述的混合动力驱动系统,其中,变速器(70)包含发动机(30)、电机(50)中的至少一个。

[0178] 实施例9-实施例1-8中任一所述的混合动力驱动系统,其中,变速器(70)包含差速器(60),其耦联于输出轴(2),以从变速器(70)传输输出扭矩。

[0179] 实施例10-实施例1-9中任一所述的混合动力驱动系统,其中,变速器(70)包含一个或多个中间轴(3),用以进一步传输发动机扭矩或电机扭矩。

[0180] 实施例11-一种车辆混合动力驱动系统,包括:

[0181] 变速器(70),其包括:

[0182] 多个轴,其中包含输入轴(1)、电机轴(4)和输出轴(2),其中:

[0183] 输入轴(1)耦联于离合器(40),所述离合器(40)被构造成选择性地接合发动机(30)以将输入轴(1)耦联到发动机(30),所述发动机(30)被构造成产生发动机扭矩,所述发动机扭矩可经过离合器(40)传递到输入轴(1);

[0184] 电机轴(4)耦联于电机(50),所述电机(50)被构造成产生电机扭矩,所述电机扭矩

可传递到电机轴(4);以及

[0185] 输出轴(2)从变速器(70)传输输出扭矩;

[0186] 多个齿轮,它们被配置成提供多个传递路线;以及

[0187] 多个同步器(7、9、26),布置在所述多个轴(1、2)上,可操作以结合一组选定齿轮;以及

[0188] 变速器控制系统(120),其被构造成在车辆处在驻车状态时引起变速器(70)启动发动机(30),变速器控制系统(120)包括:

[0189] 离合器执行模块(142),其被构造成控制离合器(40),使得离合器(40)将来自电机(50)的离合器扭矩传输到发动机(30)以便启动发动机(30);以及

[0190] 换档执行模块(132),其被构造成移动所述多个同步器(7、9、26)中的至少一个,以导致所述多个同步器(7、9、26)结合所述一组选定齿轮,所述一组选定齿轮确定传递路线,其允许电机扭矩被从电机(50)传输到输入轴(1)以向离合器(40)提供离合器扭矩。

[0191] 实施例12-实施例11中所述的混合动力驱动系统,其中,在离合器(40)将来自电机(50)的离合器扭矩传输到发动机(30)以便启动发动机(30)之前,变速器控制系统(120)确定离合器(40)是否与发动机(30)结合,并且如果离合器(40)是与发动机(30)结合的,则离合器执行模块(142)脱开离合器(40)。

[0192] 实施例13-实施例11-12中任一所述的混合动力驱动系统,其中,在所述多个同步器(7、9、26)结合所述一组选定齿轮之前,变速器控制系统(120)引起电机(50)的速度被调节到调节至0 RPM。

[0193] 实施例14-实施例11-13中任一所述的混合动力驱动系统,其中,传输到发动机(30)的离合器扭矩驱动发动机(30)达到足以使发动机(30)实现燃料喷射和点燃的发动机速度,并且发动机(30)开始执行燃料喷射和点燃。

[0194] 实施例15-实施例11-14中任一所述的混合动力驱动系统,其中,在离合器(40)脱离的状态下,所述多个同步器(7、9、26)结合所述一组选定齿轮,然后,离合器执行模块(142)再次接合离合器(40)以使离合器扭矩被传输到发动机(30)。

[0195] 实施例16-实施例11-15中任一所述的混合动力驱动系统,其中,变速器控制系统(120)响应于离合器扭矩从离合器(40)传输到发动机(30)而引起电机(50)升高电机扭矩。

[0196] 实施例17-实施例11-16中任一所述的混合动力驱动系统,其中,变速器控制系统(120)在发动机(30)启动后响应于从发动机(30)传输发动机扭矩而引起电机(50)调节电机扭矩。

[0197] 实施例18-实施例11-17中任一所述的混合动力驱动系统,其中,变速器(70)包含发动机(30)、电机(50)中的至少一个。

[0198] 实施例19-实施例11-18中任一所述的混合动力驱动系统,其中,变速器(70)包含差速器(60),其耦联于输出轴(2),以从变速器(70)传输输出扭矩。

[0199] 实施例20-实施例11-19中任一所述的混合动力驱动系统,其中,变速器(70)包含一或多个中间轴(3),用以进一步传输发动机扭矩或电机扭矩。

[0200] 实施例21-一种用于混合动力驱动系统的方法,所述混合动力驱动系统包含:

[0201] 变速器(70),其包括:

[0202] 多个轴,其中包含输入轴(1)、电机轴(4)和输出轴(2),其中:



[0203] 输入轴(1)耦联于离合器(40),所述离合器(40)被构造成选择性地接合发动机(30)以将输入轴(1)耦联到发动机(30),所述发动机(30)被构造成产生发动机扭矩,所述发动机扭矩可经过离合器(40)传递到输入轴(1);

[0204] 电机轴(4)耦联于电机(50),所述电机(50)被构造成产生电机扭矩,所述电机扭矩可传递到电机轴(4);以及

[0205] 输出轴(2)从变速器(70)传输输出扭矩;

[0206] 多个齿轮,它们被配置成提供多个传递路线;以及

[0207] 多个同步器(7、9、26),布置在所述多个轴(1、2)上,可操作以结合第一组选定齿轮,所述第一组选定齿轮确定第一传递路线,用以从电机轴向输出轴传输电机扭矩(2),而不从发动机向输出轴传输任何发动机扭矩(2);

[0208] 所述方法包括:

[0209] 确定需要将来自电机轴(4)的电机扭矩和来自发动机(30)的发动机扭矩这二者传输到输出轴(2);

[0210] 由所述变速器控制系统移动所述多个同步器(7、9、26)中的至少一个,以导致所述多个同步器(7、9、26)结合第二组选定齿轮而不再结合第一组选定齿轮,第二组选定齿轮确定第二传递路线,其包含电机扭矩传递路线和发动机扭矩传递路线,第二传递路线将来自电机轴(4)的电机扭矩和来自发动机(30)的发动机扭矩传输到输出轴(2)以便输出扭矩;以及

[0211] 由变速器控制系统(120)操纵离合器(40)将来自电机(50)的离合器扭矩传输到发动机(30)以便启动发动机(30);以及

[0212] 在发动机启动之后,由变速器控制系统(120)操纵离合器(40)以根据第二传递路线将发动机扭矩传输到输入轴(1)。

[0213] 实施例22-实施例21中所述的方法,还包括,在移动所述多个同步器(7、9、26)中的至少一个以使得所述多个同步器(7、9、26)结合第二组选定齿轮而不再结合第一组选定齿轮之前,确定离合器(40)是否与发动机(30)结合,如果离合器(40)是与发动机(30)结合的,则脱开离合器(40)。

[0214] 实施例23-实施例21-22中任一所述的方法,其中第二传递路线中的发动机扭矩传递路线提供发动机(30)的期望档位。

[0215] 实施例24-实施例21-23中任一所述的方法,其中,传输到发动机(30)的离合器扭矩驱动发动机(30)达到足以使发动机(30)实现燃料喷射和点燃的发动机速度,并且发动机(30)开始执行燃料喷射和点燃。

[0216] 实施例25-实施例21-24中任一所述的方法,还包括:

[0217] 在发动机(30)启动后脱开离合器(40);

[0218] 根据输入轴(1)的输入轴速度增加发动机速度;以及

[0219] 再次接合离合器(40)以使发动机扭矩传输到输入轴(1)。

[0220] 实施例26-实施例21-25中任一所述的方法,还包括响应于离合器扭矩从离合器(40)传输到发动机(30)而提高来自电机(50)的电机扭矩。

[0221] 实施例27-实施例21-26中任一所述的方法,还包括在发动机(30)启动后响应于从发动机(30)传输发动机扭矩而调节来自电机(50)的电机扭矩。

- [0222] 实施例28-实施例21-27中任一所述的方法,其中,变速器控制系统(120)包括:
- [0223] 离合器执行模块(142),其被构造成控制离合器(40);以及
- [0224] 换挡执行模块(132),其被构造成移动所述多个同步器(7、9、26)中的至少一个,以导致所述多个同步器(7、9、26)结合第二组选定齿轮而不再结合第一组选定齿轮。
- [0225] 实施例29-一种用于车辆混合动力驱动系统的方法,所述混合动力驱动系统包含:
- [0226] 变速器(70),其包括:
- [0227] 多个轴,其中包含输入轴(1)、电机轴(4)和输出轴(2),其中:
- [0228] 输入轴(1)耦联于离合器(40),所述离合器(40)被构造成选择性地接合发动机(30)以将输入轴(1)耦联到发动机(30),所述发动机(30)被构造成产生发动机扭矩,所述发动机扭矩可经过离合器(40)传递到输入轴(1);
- [0229] 电机轴(4)耦联于电机(50),所述电机(50)被构造成产生电机扭矩,所述电机扭矩可传递到电机轴(4);以及
- [0230] 输出轴(2)从变速器(70)传输输出扭矩;
- [0231] 多个齿轮,它们被配置成提供多个传递路线;以及
- [0232] 多个同步器(7、9、26),布置在所述多个轴(1、2)上,可操作以结合一组选定齿轮;
- [0233] 所述方法包括:
- [0234] 确定在车辆处在驻车状态时需要使变速器(70)变换操作以启动发动机(30);
- [0235] 由变速器控制系统(120)操纵离合器(40)将来自电机(50)的离合器扭矩传输到发动机(30)以便启动发动机(30);以及
- [0236] 由所述变速器控制系统(120)移动所述多个同步器(7、9、26)中的至少一个以使得所述多个同步器(7、9、26)结合所述一组选定齿轮,所述一组选定齿轮确定传递路线,其允许电机扭矩被从电机(50)传输到输入轴(1)以向离合器(40)提供离合器扭矩。
- [0237] 实施例30-实施例29中所述的方法,还包括,在离合器(40)将来自电机(50)的离合器扭矩传输到发动机(30)以便启动发动机(30)之前,确定离合器(40)是否与发动机(30)结合,如果离合器(40)是与发动机(30)结合的,则脱离离合器(40)。
- [0238] 实施例31-实施例29-30中任一所述的方法,还包括,在所述多个同步器(7、9、26)结合所述一组选定齿轮之前,将电机(50)的速度调节至0 RPM。
- [0239] 实施例32-实施例29-31中任一所述的方法,其中,传输到发动机(30)的离合器扭矩驱动发动机(30)达到足以使发动机(30)实现燃料喷射和点燃的发动机速度,并且发动机(30)开始执行燃料喷射和点燃。
- [0240] 实施例33-实施例29-32中任一所述的方法,其中,在离合器(40)脱离的状态下,所述多个同步器(7、9、26)结合所述一组选定齿轮,所述方法进一步包括随后再次接合离合器(40)以使离合器扭矩被传输到发动机(30)。
- [0241] 实施例34-实施例29-33中任一所述的方法,还包括响应于离合器扭矩从离合器(40)传输到发动机(30)而提高来自电机(50)的电机扭矩。
- [0242] 实施例35-实施例29-34中任一所述的方法,还包括在发动机(30)启动后响应于从发动机(30)传输发动机扭矩而调节来自电机(50)的电机扭矩。
- [0243] 实施例36-实施例29-35中任一所述的方法,其中,变速器控制系统(120)包括:
- [0244] 离合器执行模块(142),其被构造成控制离合器(40);以及

[0245] 换档执行模块(132),其被构造成移动所述多个同步器(7、9、26)中的至少一个,以导致所述多个同步器(7、9、26)结合第二组选定齿轮而不再结合第一组选定齿轮。

[0246] 实施例37-实施例1-20中任一所述的混合动力驱动系统,

[0247] 其中,所述多个同步器(7、9、26)为三个同步器,并且

[0248] 其中,混合动力驱动系统通过利用所述三个同步器在所述多个齿轮之间切换而提供六个发动机前进挡和四个电机前进挡。

[0249] 实施例38-实施例1-7和11-17中任一所述的混合动力驱动系统,其中变速器(70)包含下述中的至少一个:

[0250] 发动机(30);

[0251] 电机(50);

[0252] 差速器(60),其连接着输出轴(2)以从变速器(70)传输输出扭矩;或

[0253] 一或多个中间轴(3),用以进一步传输发动机扭矩或电机扭矩。

[0254] 实施例39-实施例21-36中任一所述的方法,

[0255] 其中,所述多个同步器(7、9、26)为三个同步器,并且

[0256] 其中,混合动力驱动系统通过利用所述三个同步器在所述多个齿轮之间切换而提供六个发动机前进挡和四个电机前进挡。

[0257] 需要指出,这里所说的第一和第二组选定齿轮中,可能包括一些相同的齿轮(并且优选如此),但不包括完全相同的齿轮。(请发明人确认是否添加此段)

[0258] VIII. 结论

[0259] 如前所述,示例性实施方式采用变速器控制系统控制混合动力驱动系统的各个方面以改进动力能力和燃料效率。举例而言,变速器控制系统至少包含换档执行模块以控制特定齿轮的啮合和离合器执行模块以控制将发动机耦联到变速器的离合器的离合。在HPDS的操作期间,发动机和电机二者中的每个都需要换档。变速器控制系统在发动机或电机执行换档时使得动力缺失最小化。通过选择性地控制离合器和特定齿轮的啮合,与这两个动力源之一(例如发动机)的换档相关的动力缺失可利用另一动力源(例如电机)直接弥补。这样,同传统变速器的离合器间切换的换档过程相比,换档过程更直接和稳定,并且因而示例性实施方式的换档质量优于传统变速器。

[0260] 此外,当车辆初始仅由电机供能时,通过选择性地控制离合器和特定齿轮的啮合,变速器控制系统可启动发动机。在这种情况下启动发动机可将车辆从纯电机驱动模式(PMDM)切换到混合驱动模式(HDM)。另外,当车辆处在驻车状态时,变速器控制系统可启动发动机,例如,将车辆置于电机的电池充电模式。

[0261] 上面描述了示例性实施方式。本领域技术人员可理解,在不脱离权利要求中限定的本发明范围和精神的前提下,可以对所描述的实施方式做出各种变型和改动。各示意图和图中显示的动力传递路线仅作为示例提供,而不具有限制意义。本领域技术人员将认识到图中所示各个元件的其它配置可以作为替代方案被采用。

[0262] 示例性实施方式包含各种控制系统、管理系统、控制器和/或模块,用于信息的处理/通信,和/或用于控制示例性实施方式的各个方面(例如变速器控制系统120、换档执行模块132、离合器执行模块142和变速器协调模块152)。总体而言,控制系统、管理系统、控制器和/或模块可由硬件和软件部件的组合实现。硬件方面可以包含操作性耦合的硬件部件

的组合,其中包含处理器(例如微处理器),通信/网络端口,数字滤波器,存储器,或逻辑电路。硬件部件被配置成适于执行计算机可执行编码规定的操作,编码可存储在计算机可读介质中。控制系统、管理系统、控制器和/或模块可组合在任何装置、系统或子系统中,以提供根据示例性实施方式的各方面的功能和操作。

[0263] 用于任何处理或判断(评估)的示例性实施方式中采用的任何物理处理器和/或机器可以包含一或多个网络化或非网络化通用计算机系统、微处理器、现场可编程门阵列(FPGA)、数字信号处理器(DSP)、微控制器等等,根据示例性实施方式的给出的启示来编程,如计算机和软件领域的普通技术人员所理解的。如软件领域的技术人员所理解,基于示例性实施方式的启示,程序员或普通技术人员容易编制出适宜的软件。此外,示例性实施方式的各种装置和子系统可由专门针对应用的集成电路或通过传统组成电路的适宜网络互联而实现,如电学行业技术人员所理解的。因此,示例性实施方式不限于硬件电路和/或软件的任何特定组合。

[0264] 通过存储在任何一个计算机可读介质或计算机可读介质的组合中,控制系统和/或模块可采用软件,用于控制示例性实施方式的各种装置和子系统,用于驱动示例性实施方式的各种装置和子系统,以使得示例性实施方式的各种装置和子系统与使用者等等交互作用。这样的软件可包含,但不限于,设备驱动程序、固件、操作系统、开发工具、应用软件等等。这样的计算机可读介质可包含本申请各实施方式的计算机程序制品,用于实现各种应用中执行的处理的全部或一部分(处理过程是分散的)。本申请示例性实施方式的计算机编码装置可包含任何适宜的可编译或可执行编码机构,包含但不限于脚本、可编译程序、动态链接库(DLL)、完整可执行程序等等。一些形式的计算机可读介质可以包含,例如,硬盘,其它适宜的磁性介质,CD-ROM,CDRW, DVD,任何其它适宜的光学介质,RAM,PROM,EPROM,FLASH-EPROM,任何其它适宜的存储芯片或存储盒,载波,或任何其它可被计算机读取的适宜介质。

[0265] 在本申请文件中,用词“一”、“所述”用于介绍示例性实施方式中的元件。使用这样的用词意味着可能存在一或多个这样的元件。在本申请文件中,在列举的至少两个项目中使用用词“或”,是指所列举的项目中的任何一个或是所列举的项目的任何组合。举例而言,如果以“A、B或C”的方式列举各项目,则所列举项目的可能组合包含“A和 B”、“A和C”、“B和C”以及“A、B和C”。本申请文件中使用序数词例如“第一”、“第二”、“第三”等等,是用于区分各个元件,而非表示这些元件之间具有特定次序,除非明确指出用序数词表示这些术语的次序。

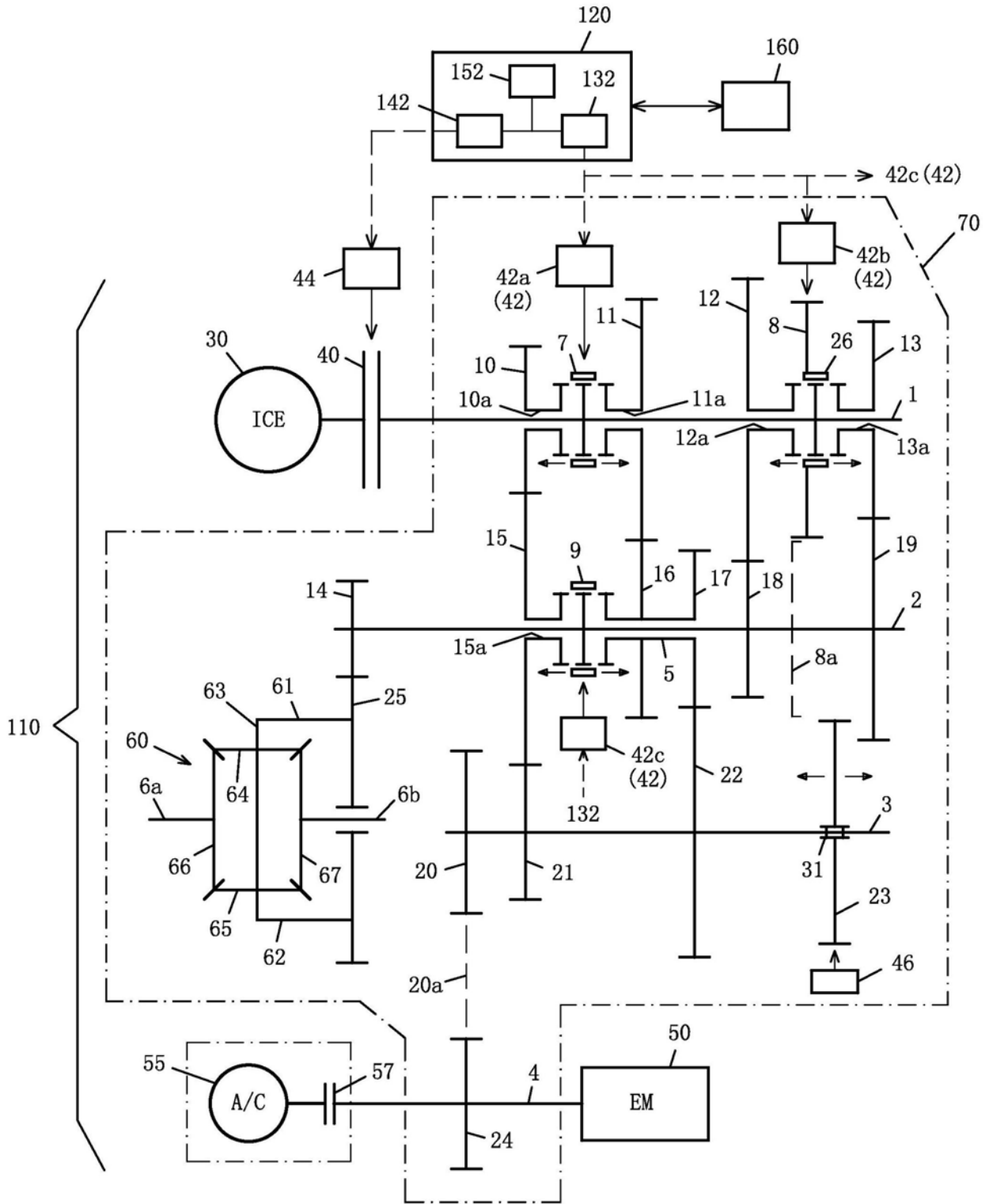
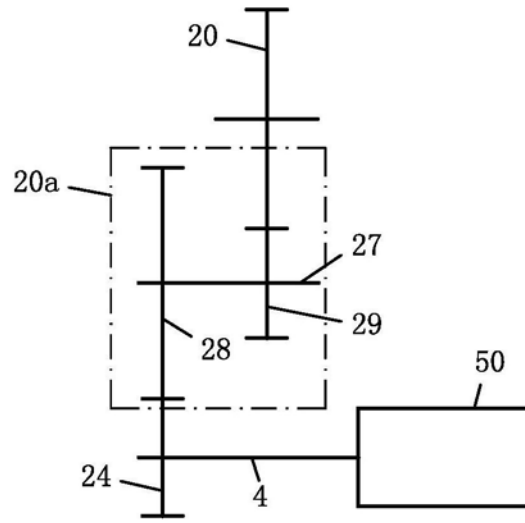
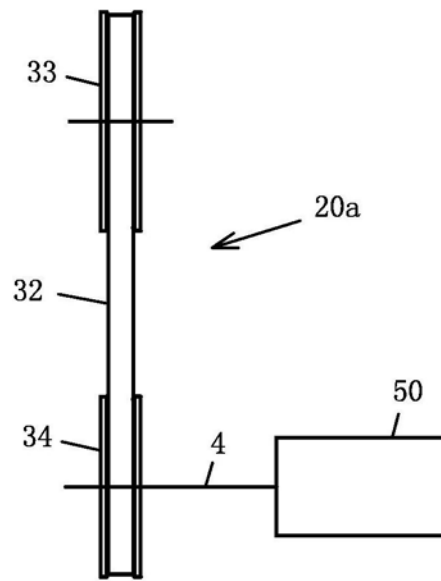


图1



(a)



(b)

图2

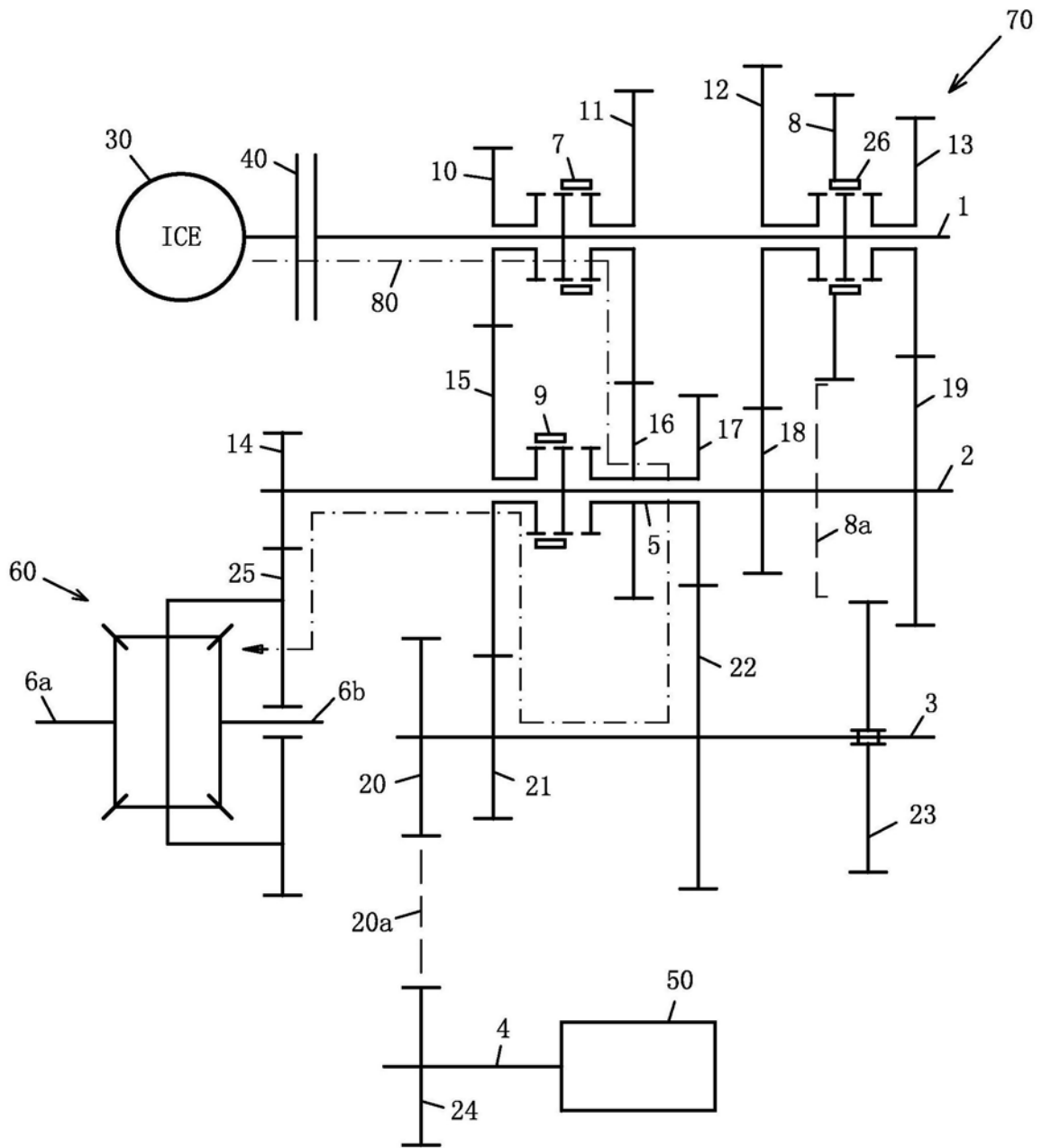


图3

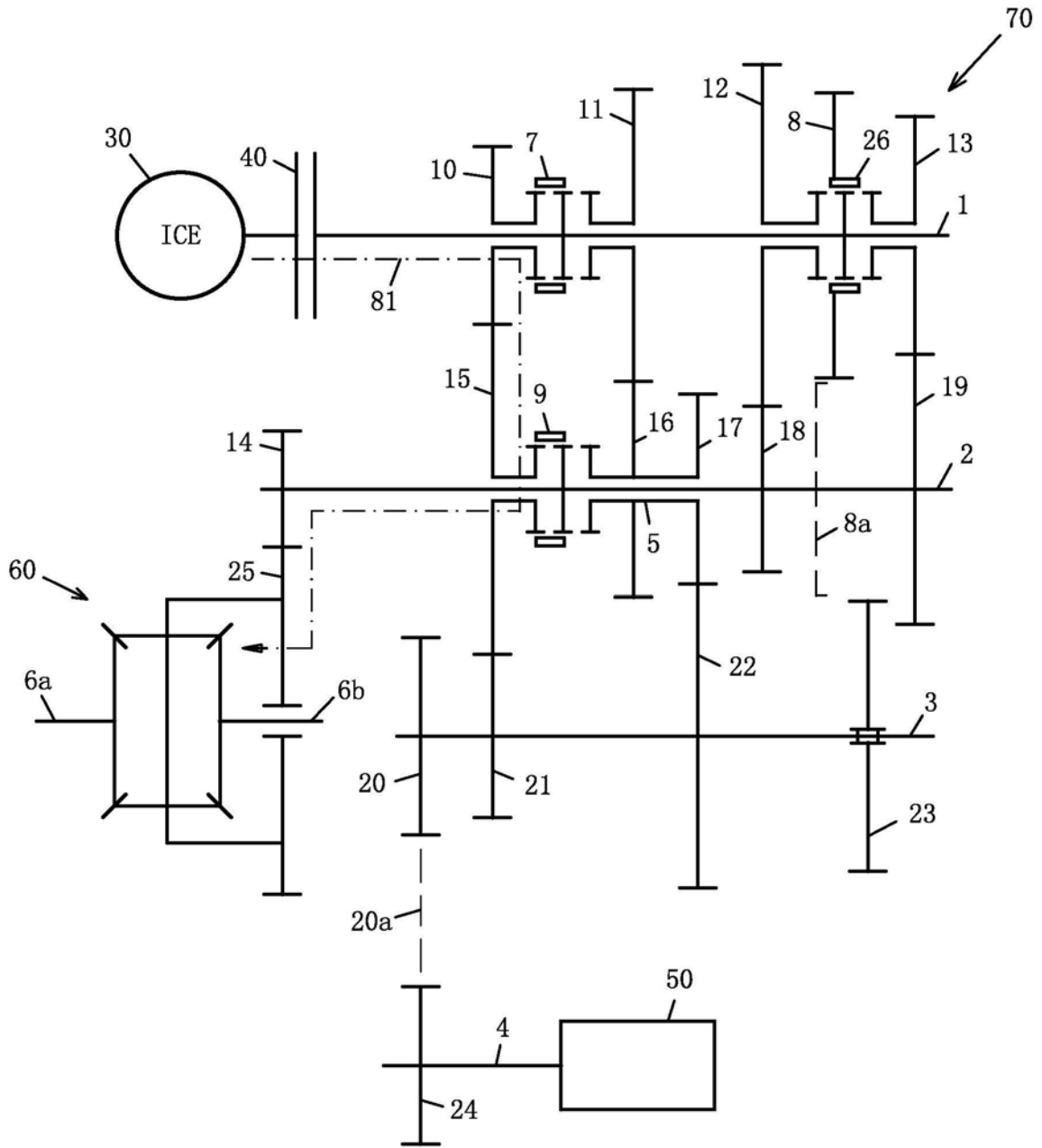


图4



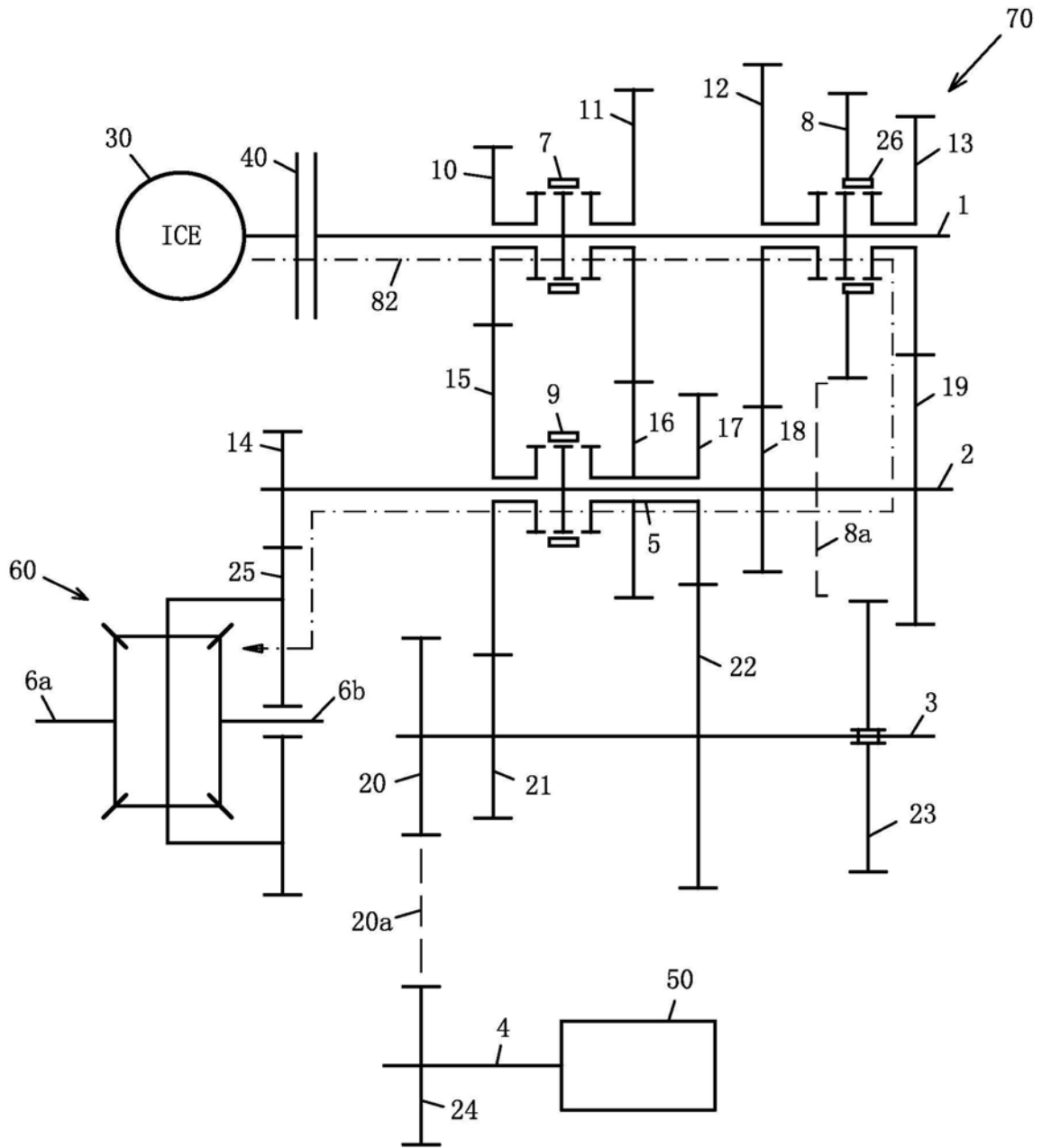


图5

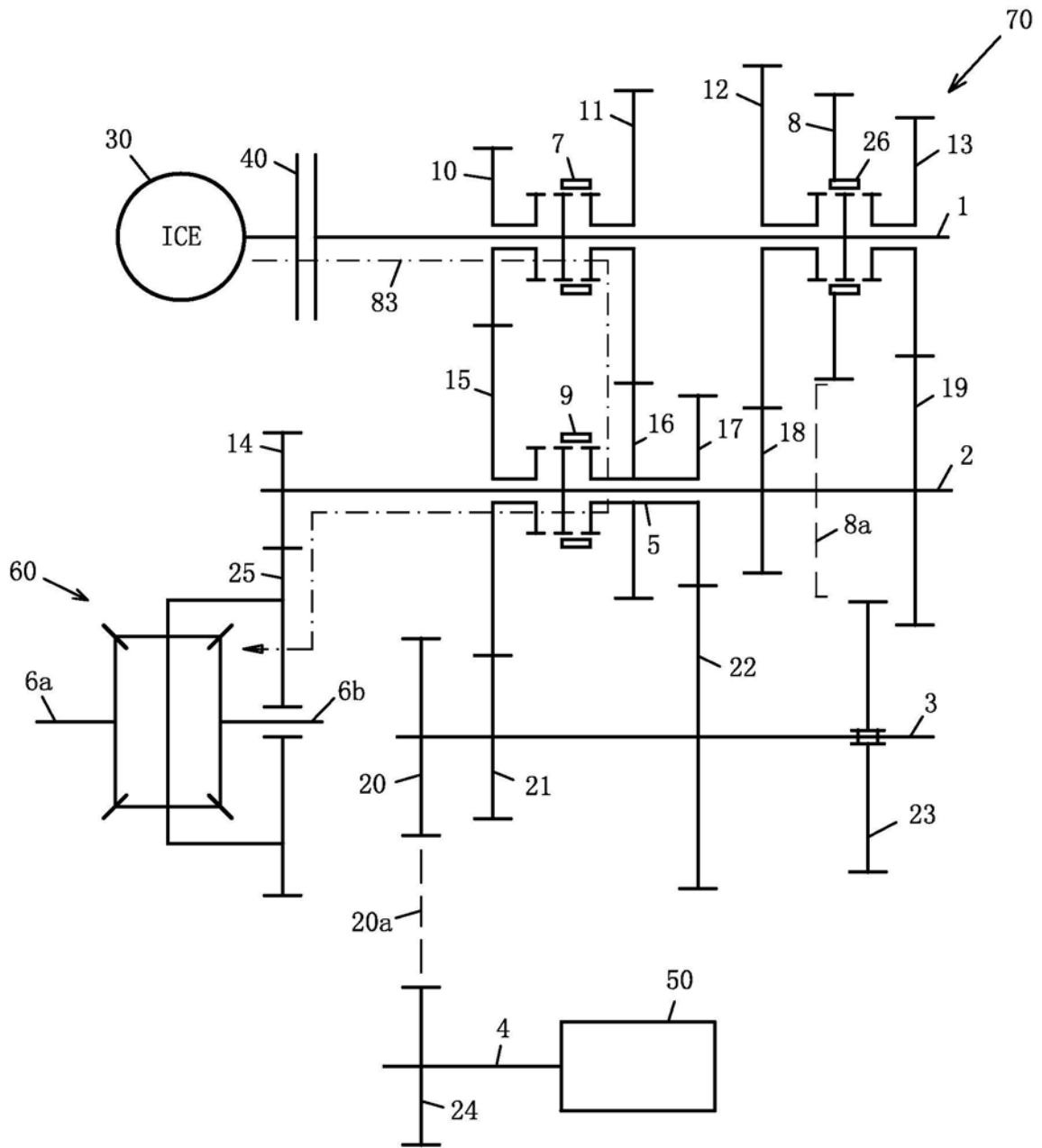


图6

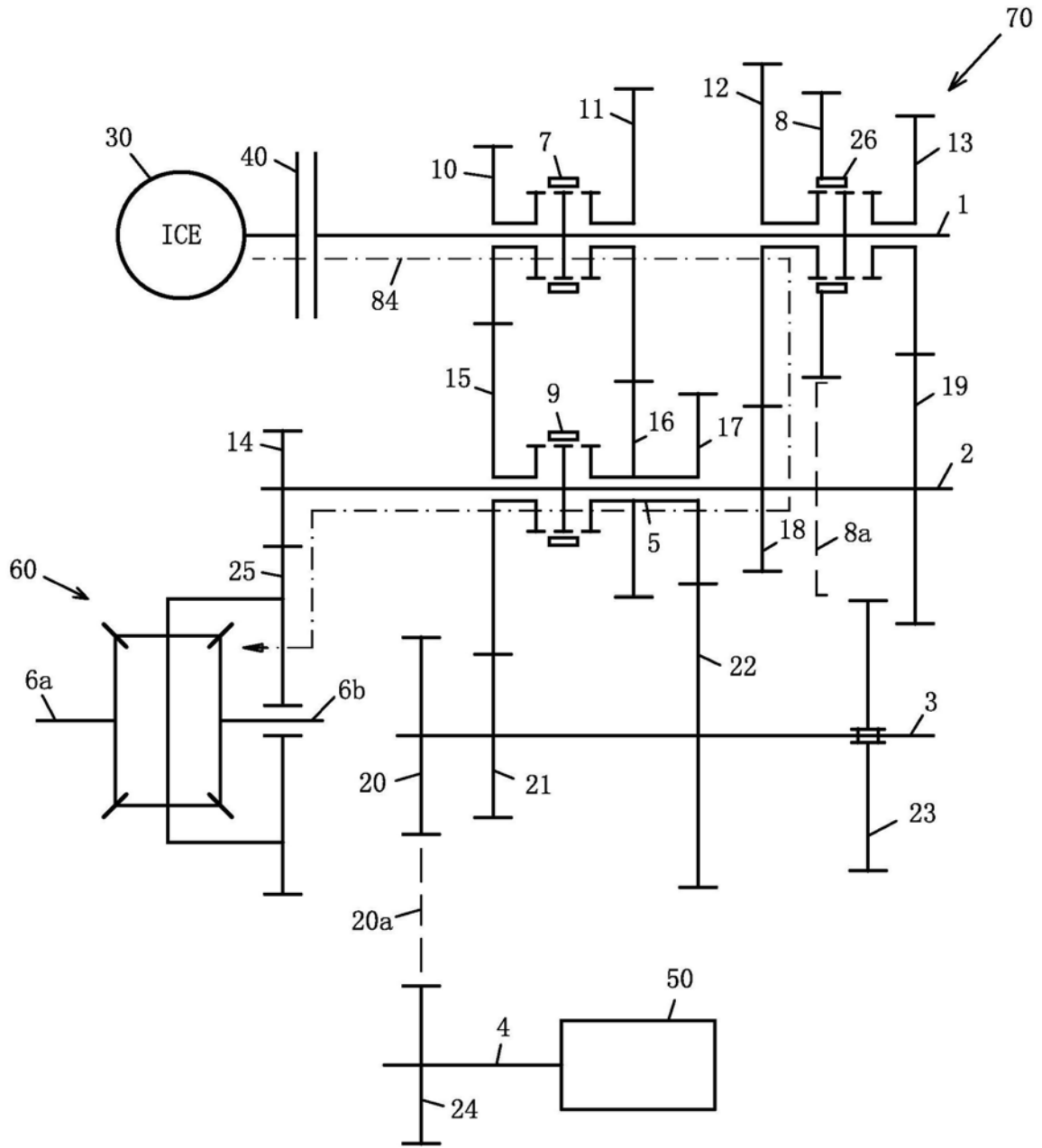


图7

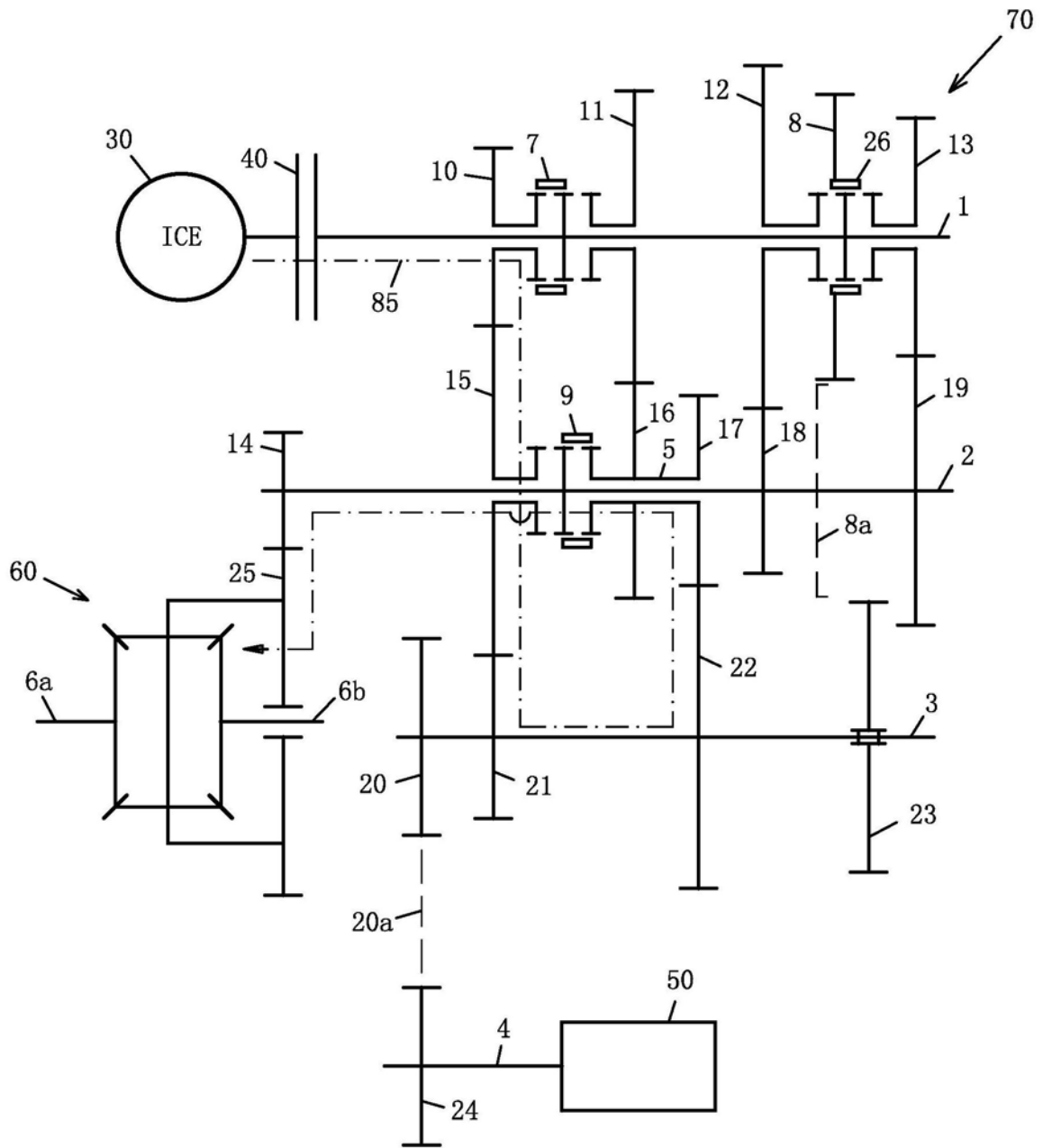


图8

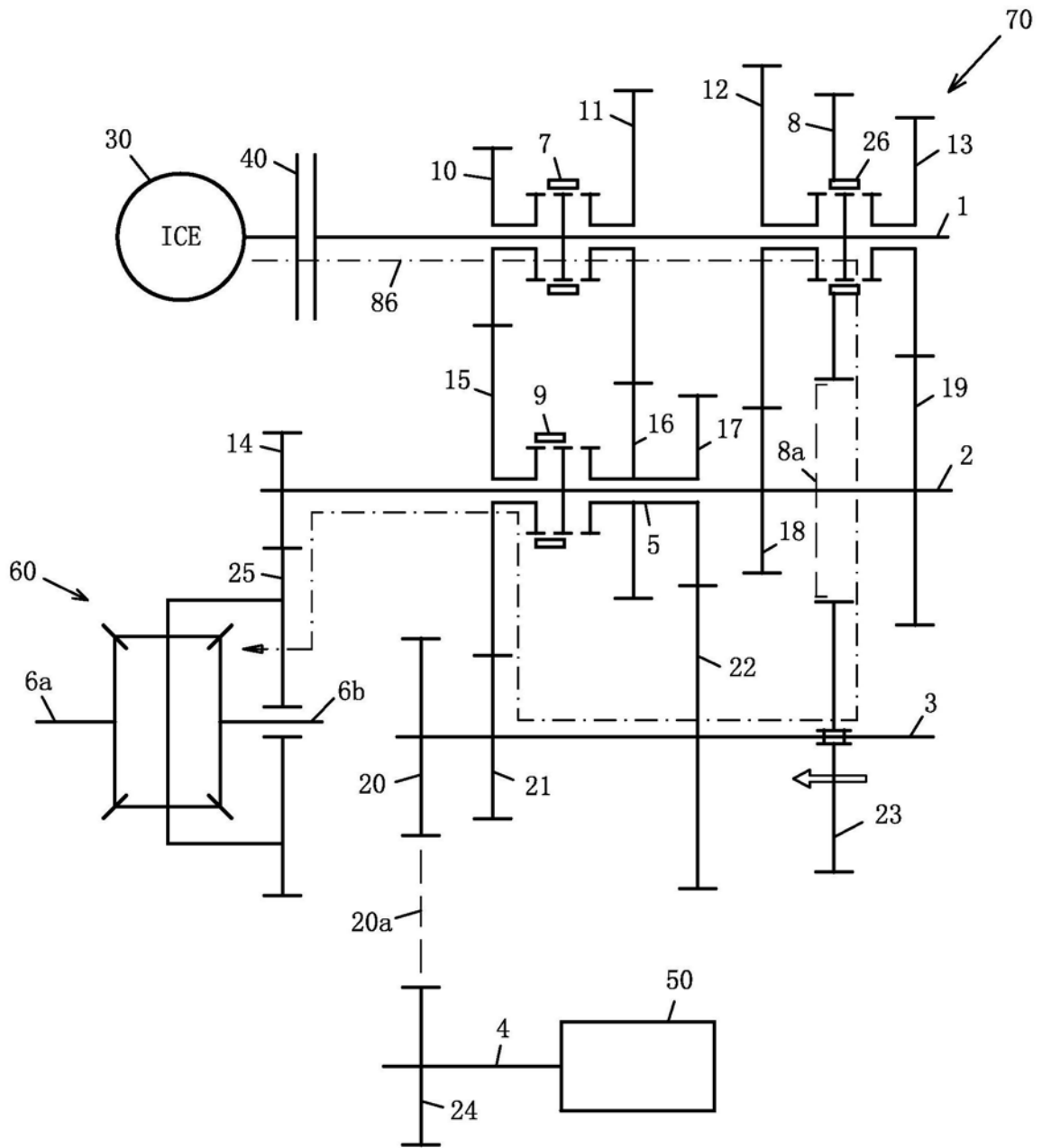


图9

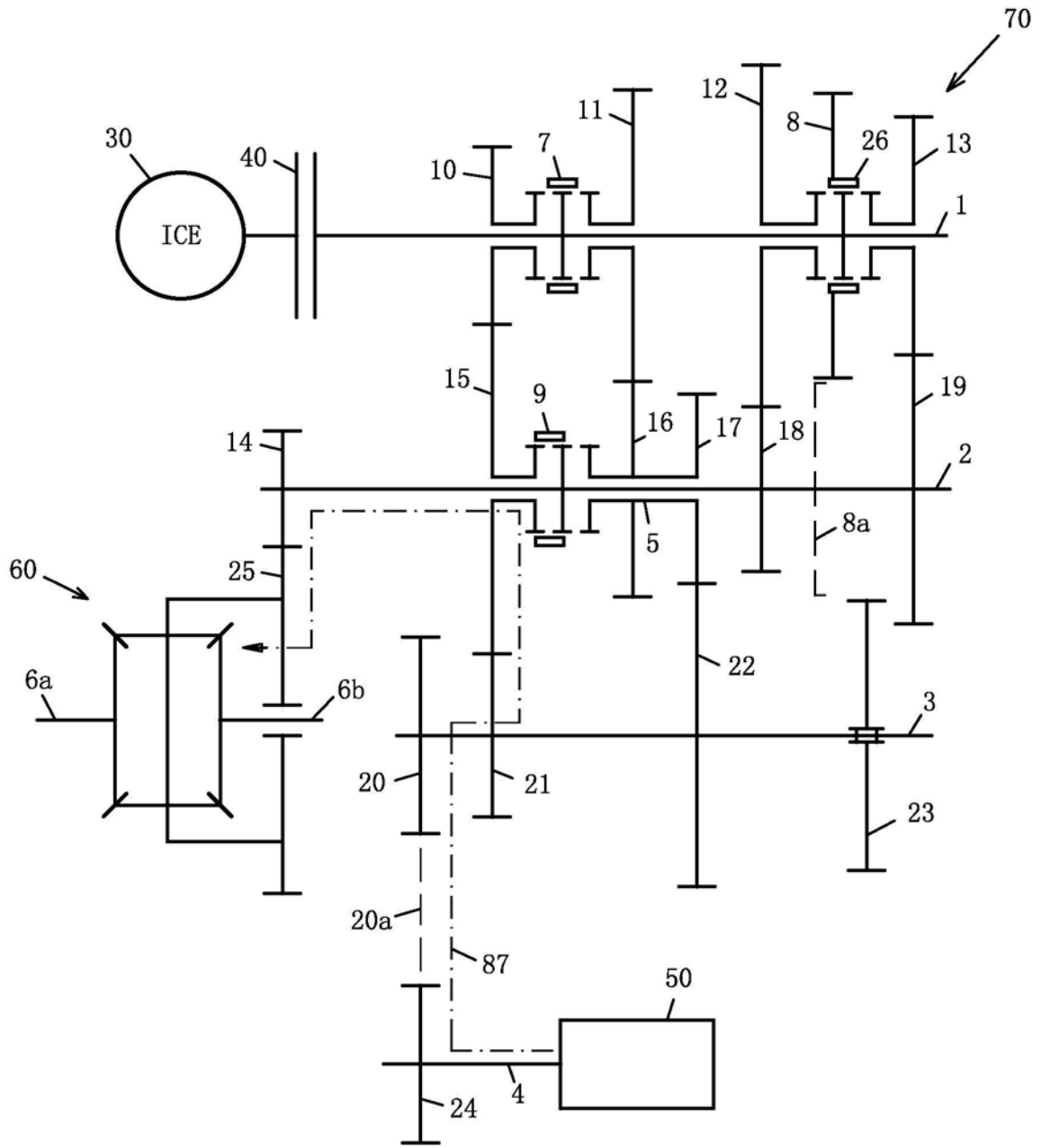


图10

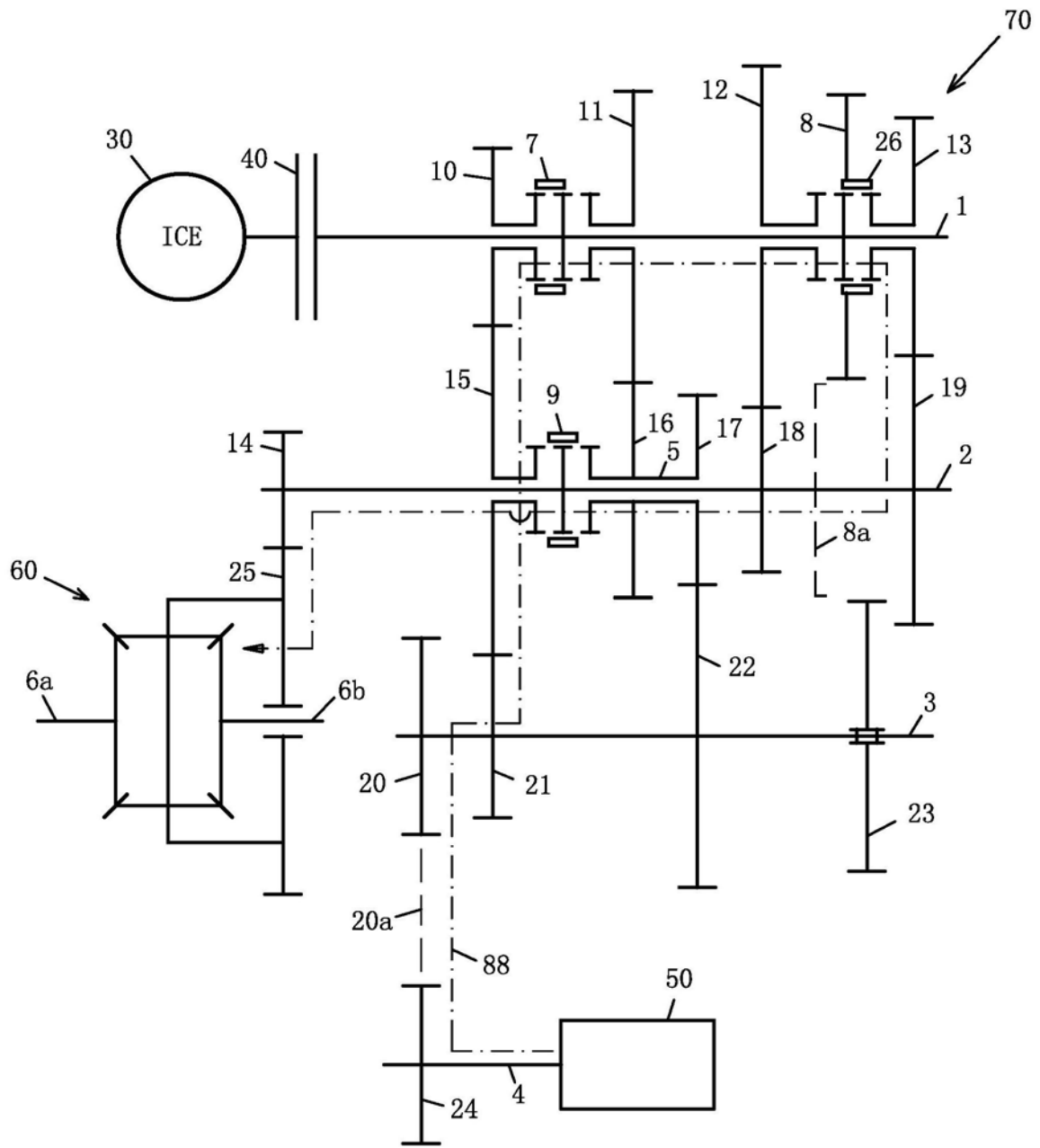


图11

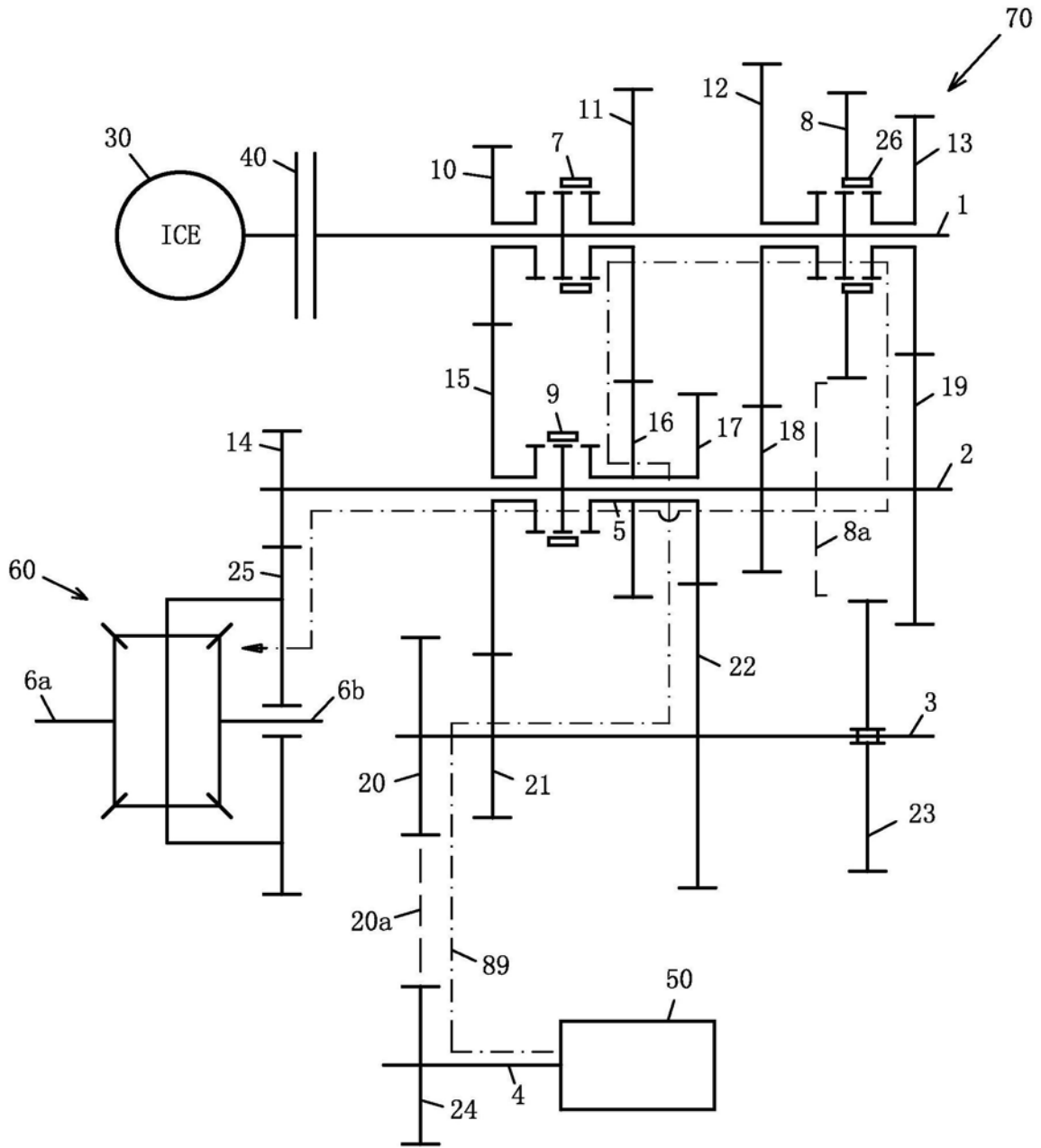


图12



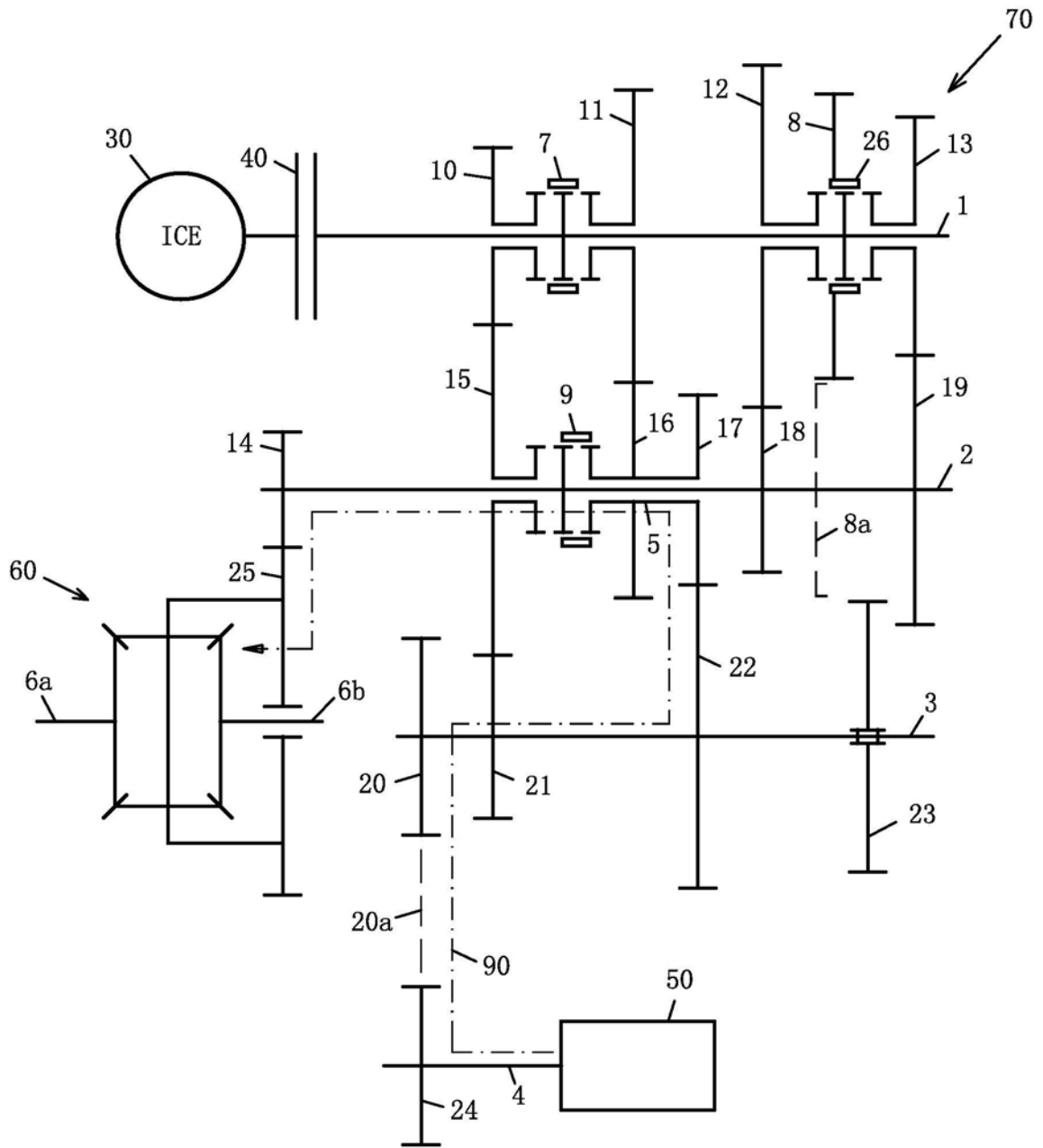


图13

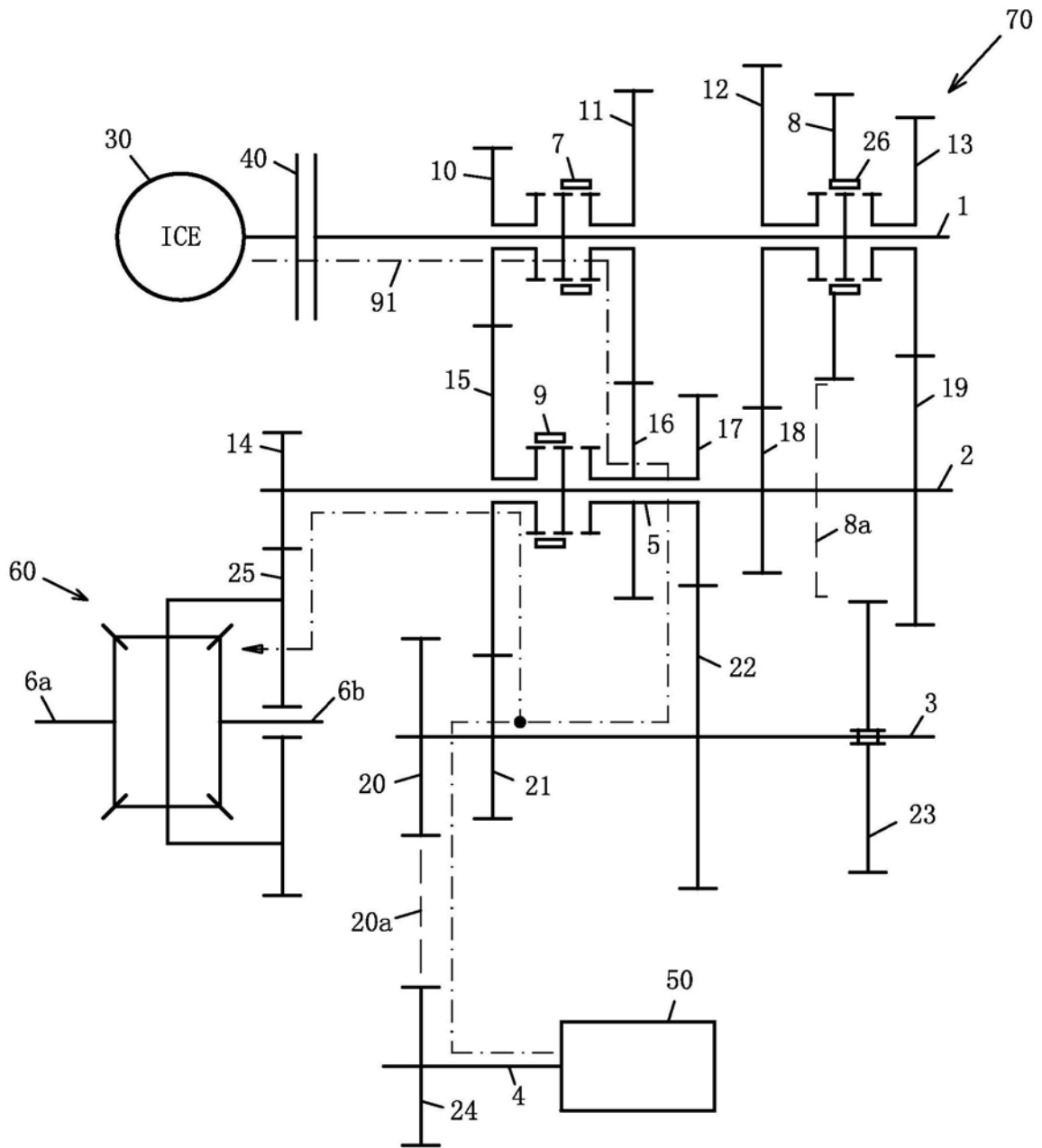


图14

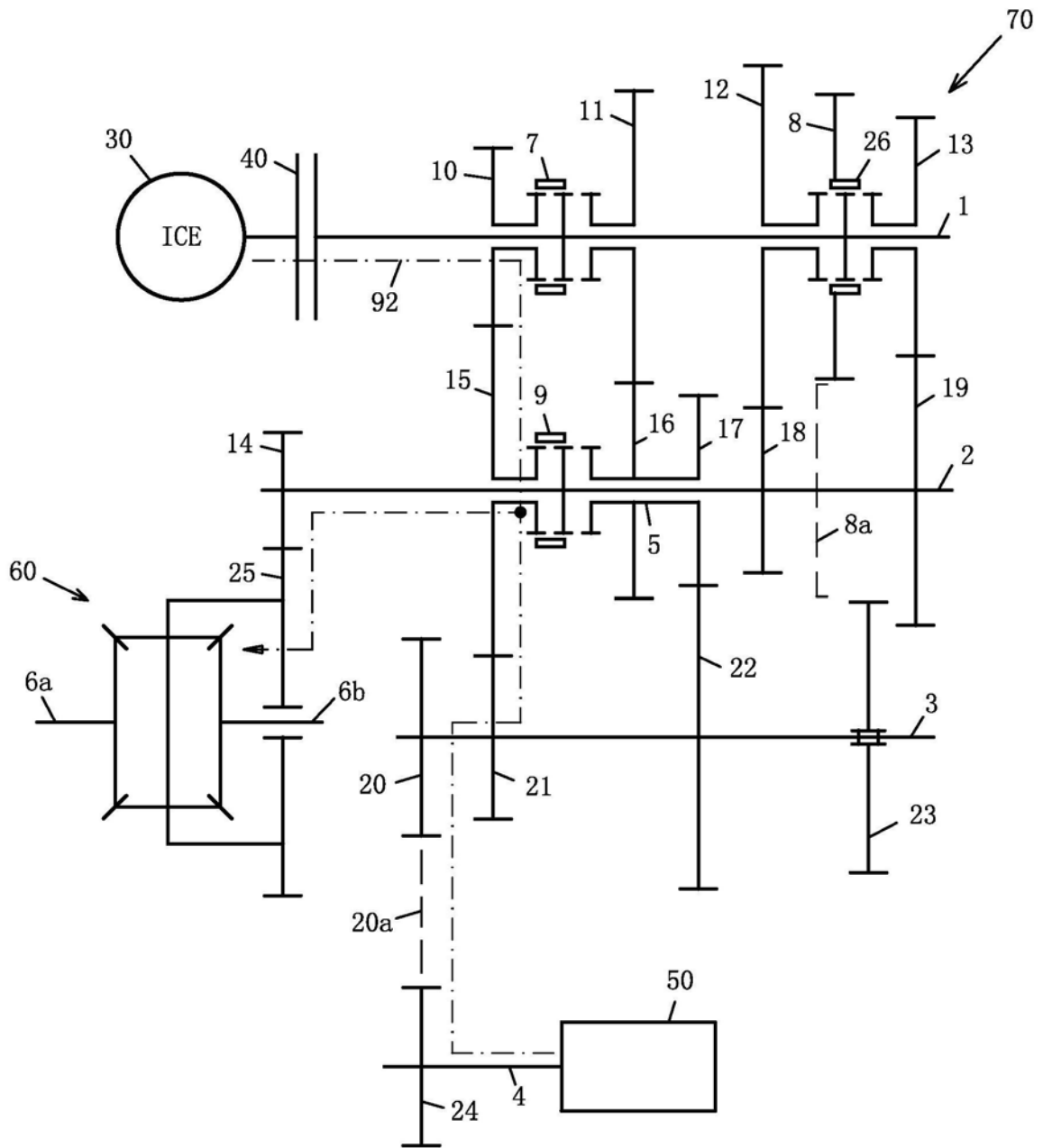


图15

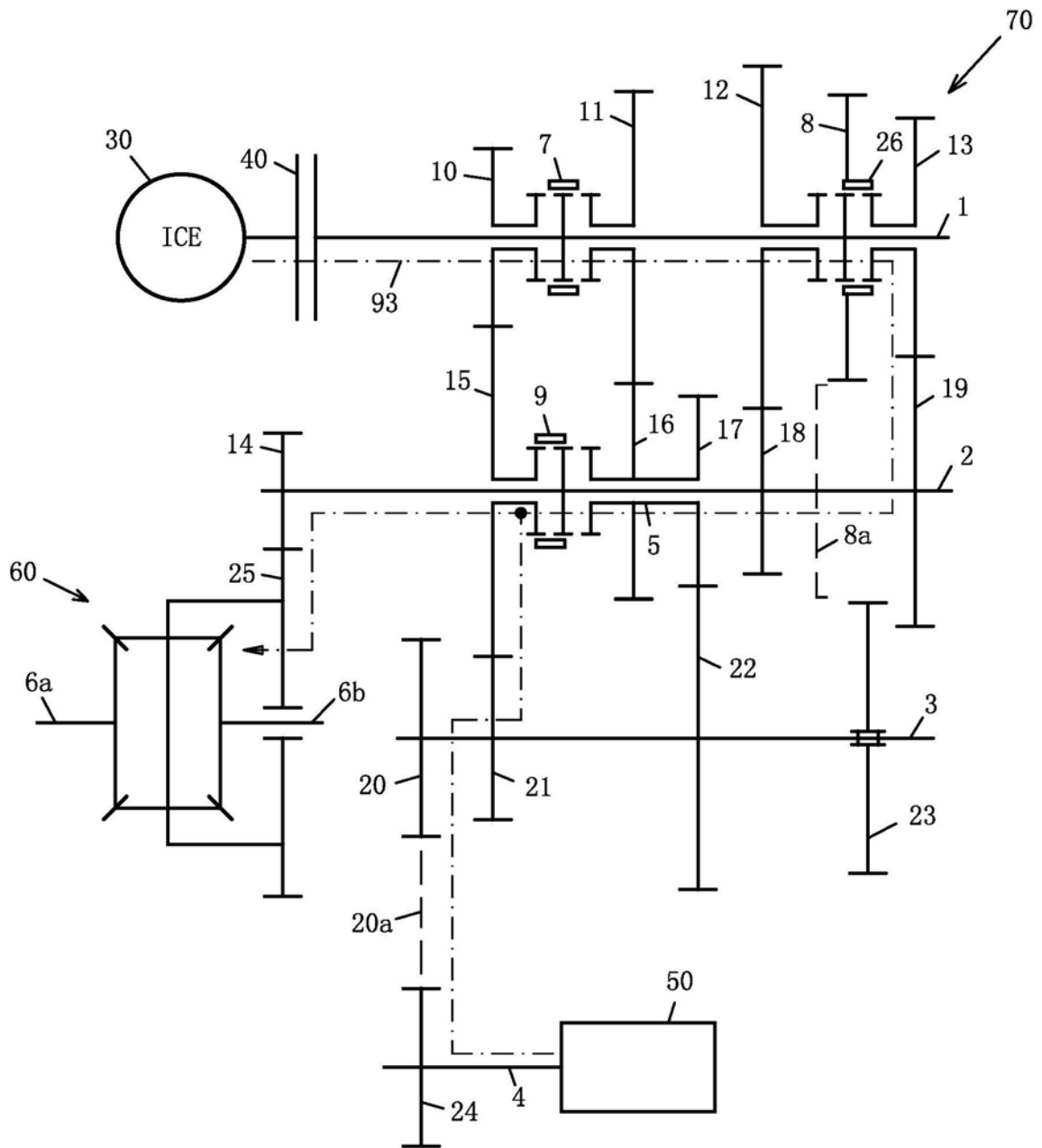


图16

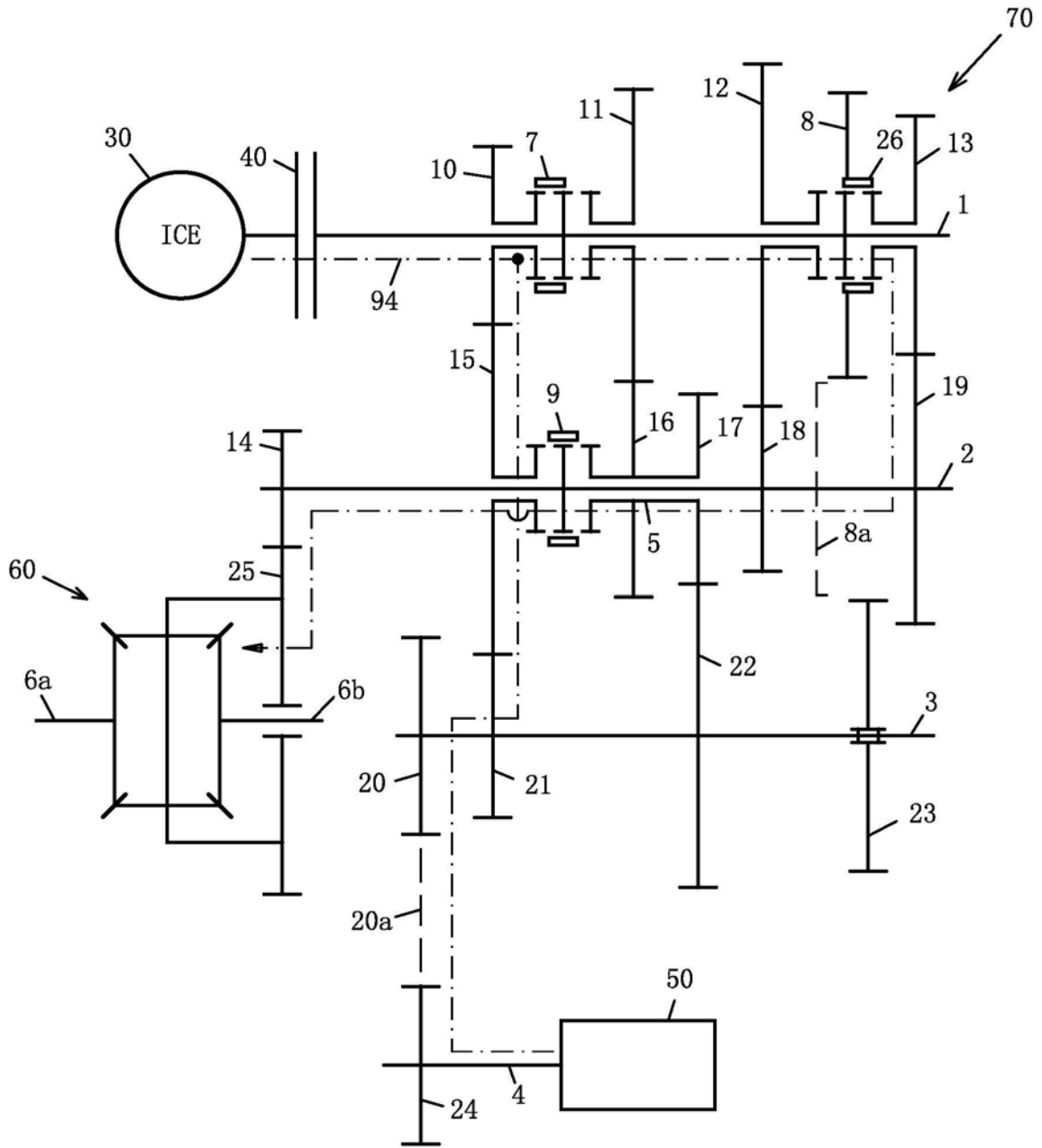


图17

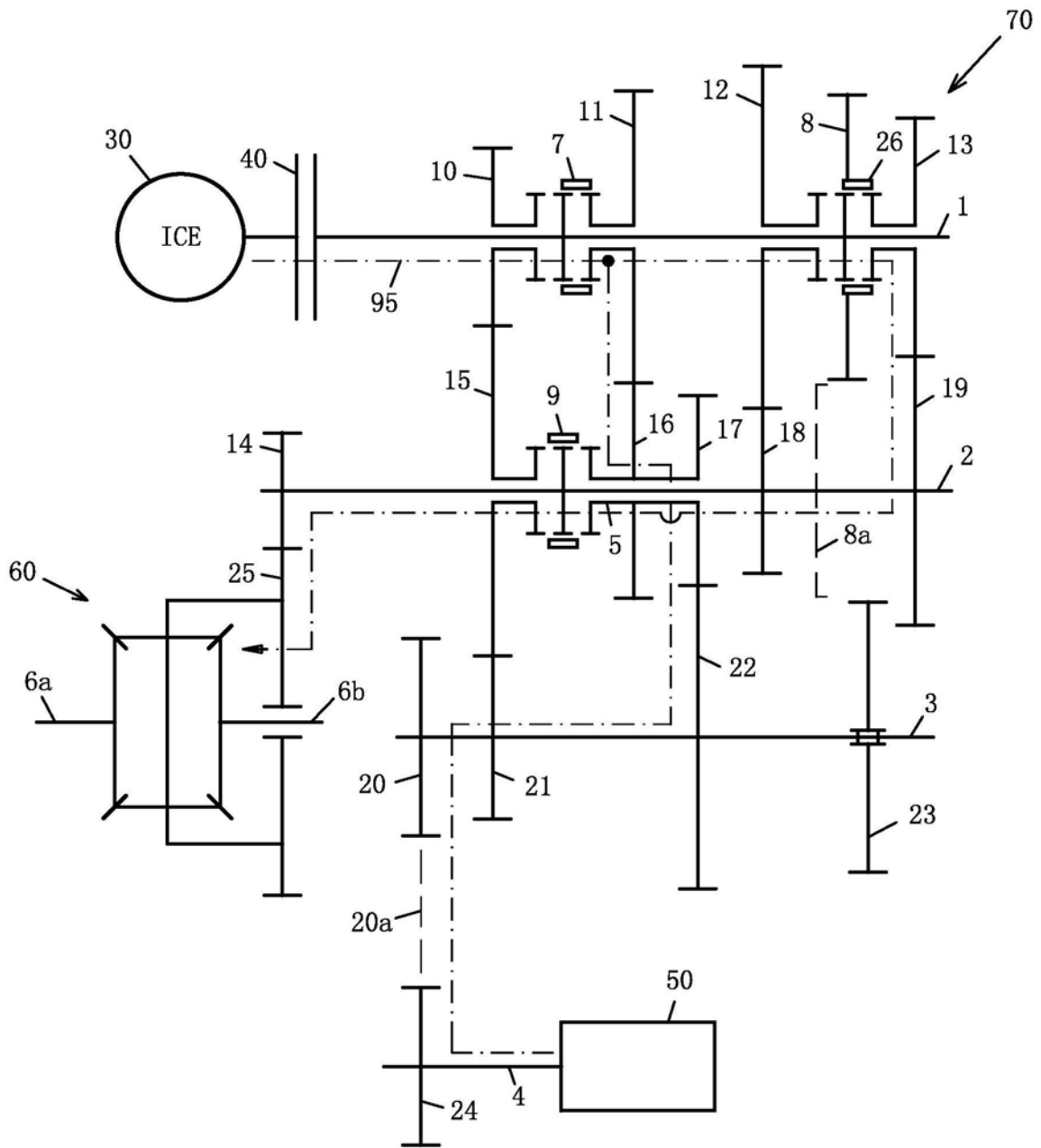


图18

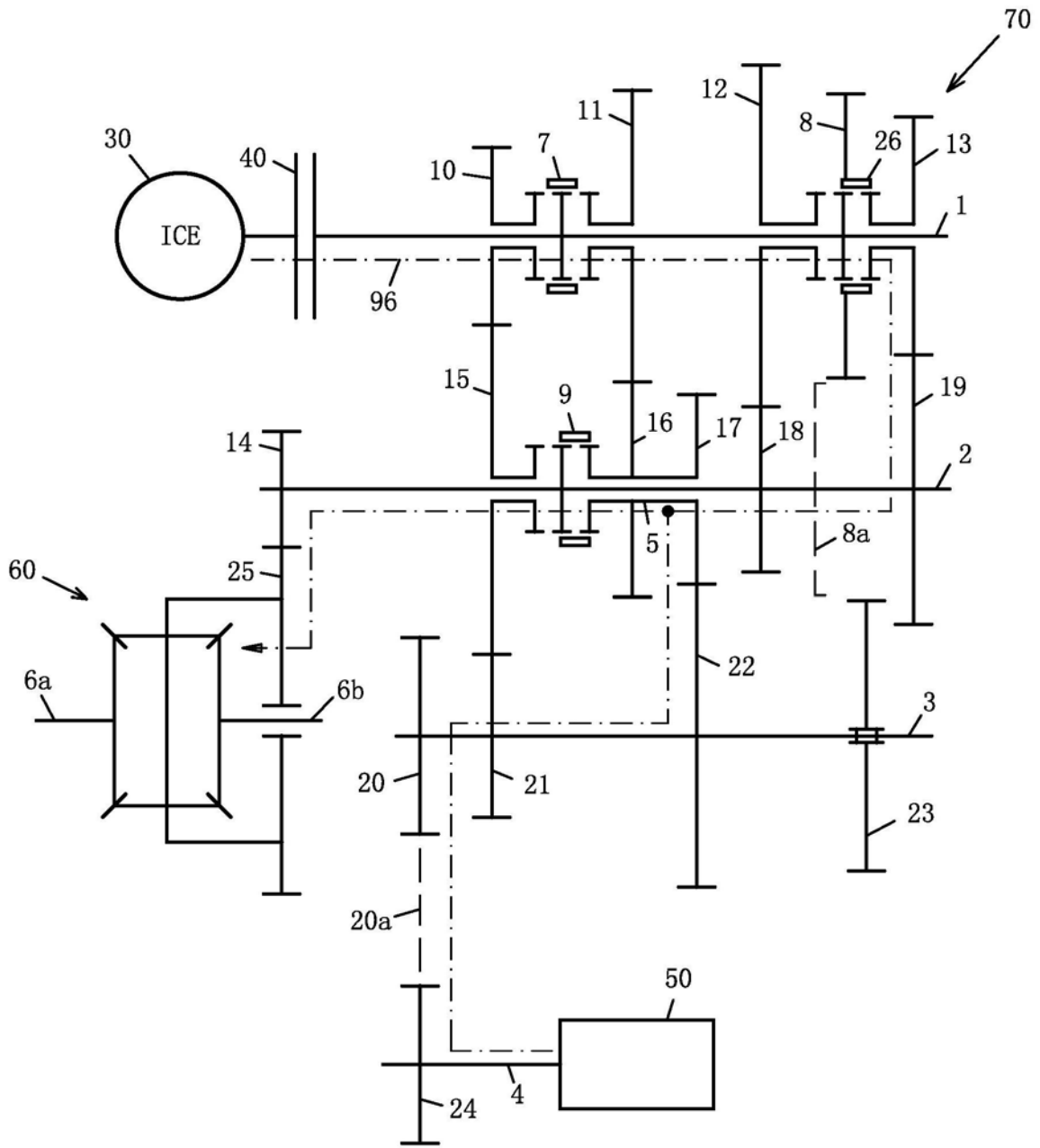


图19

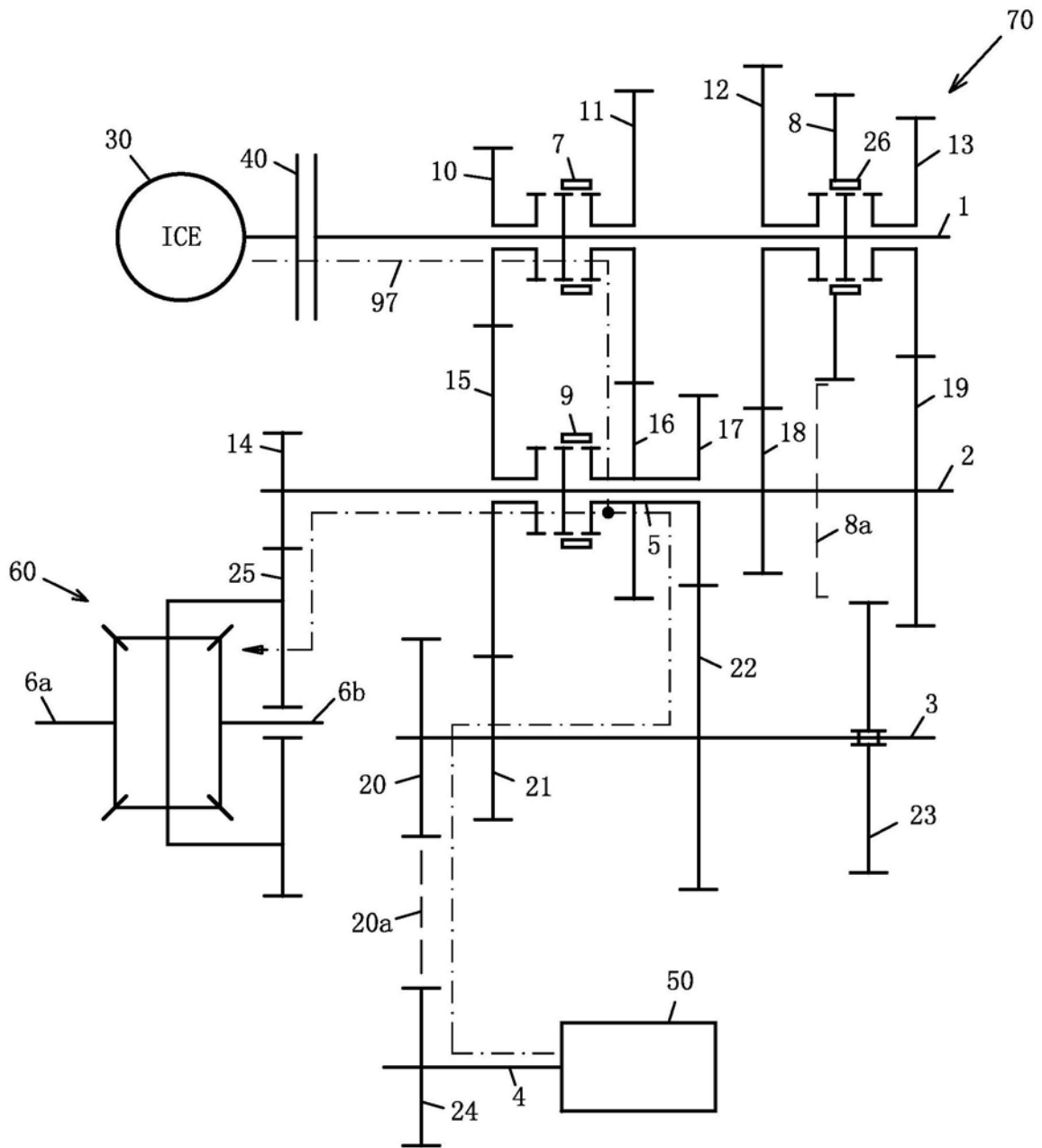


图20



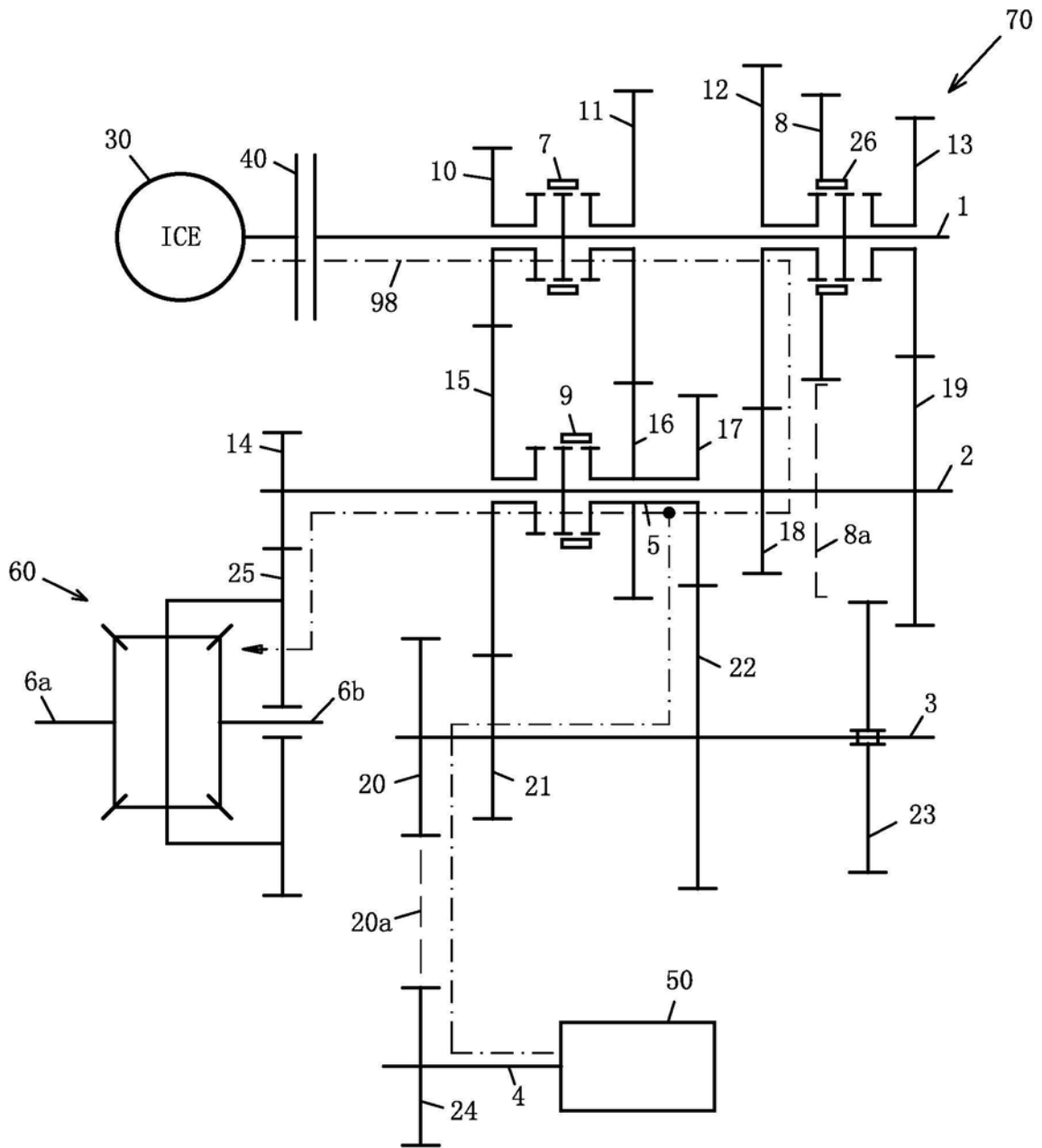


图21

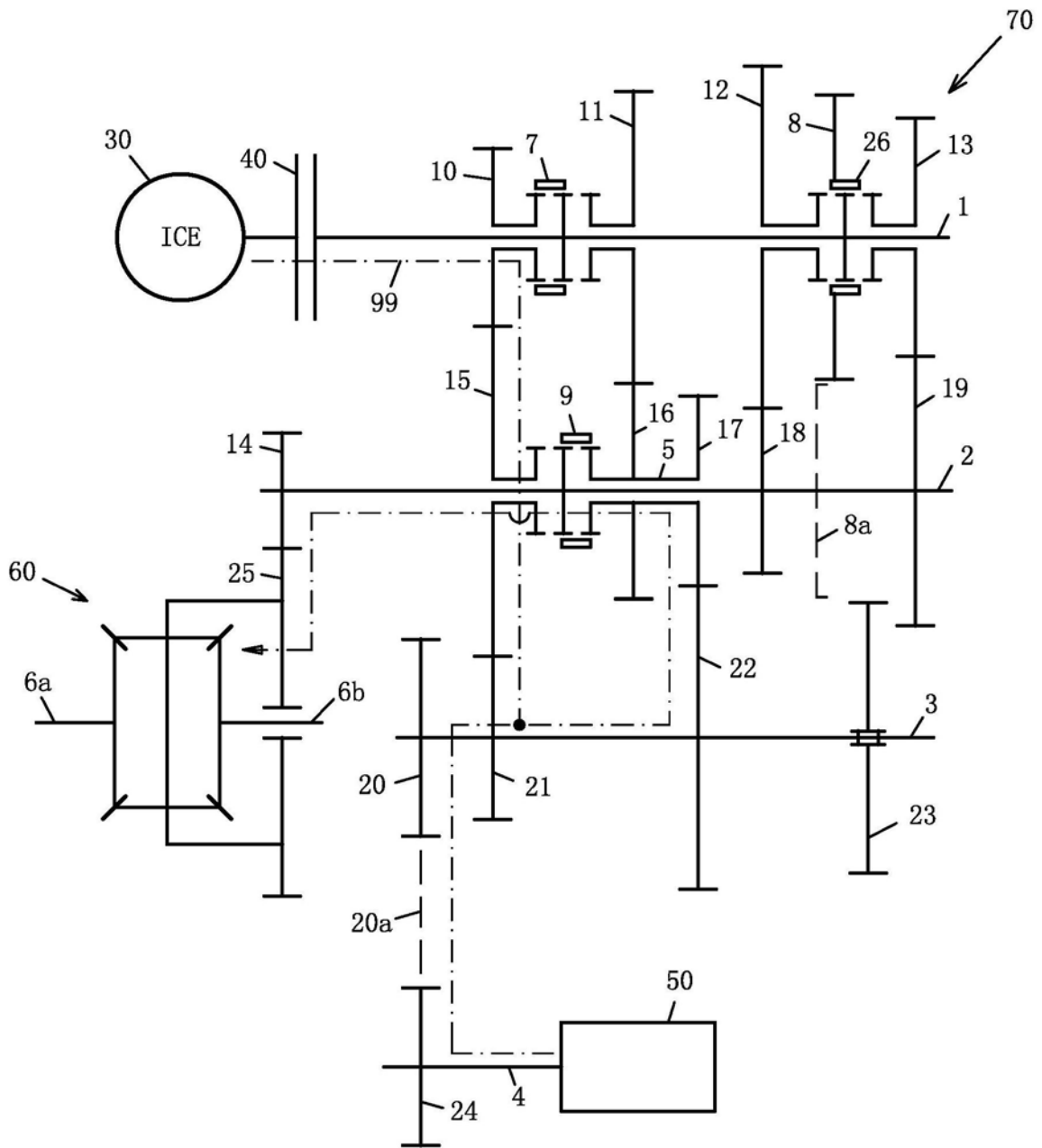


图22

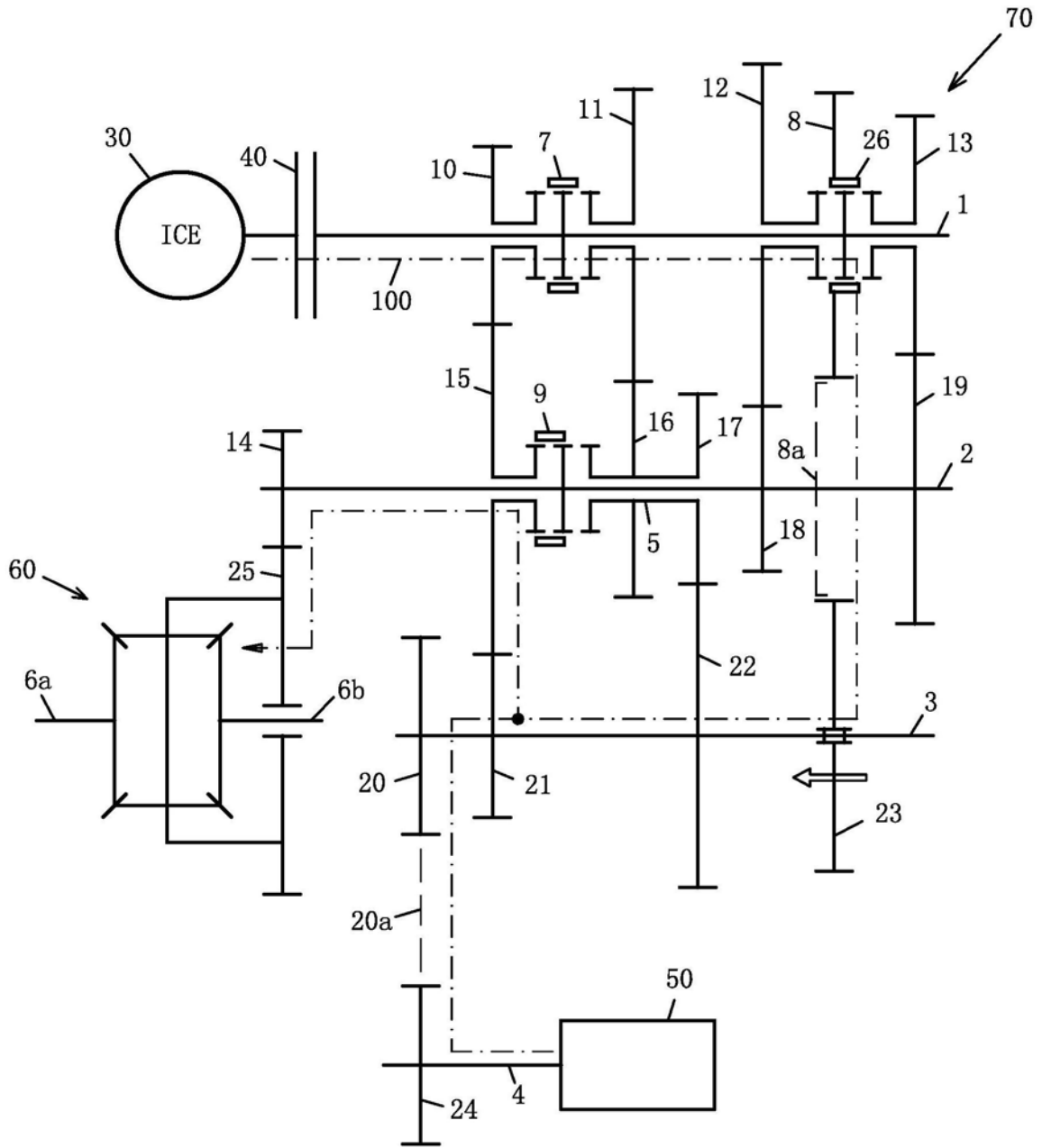


图23

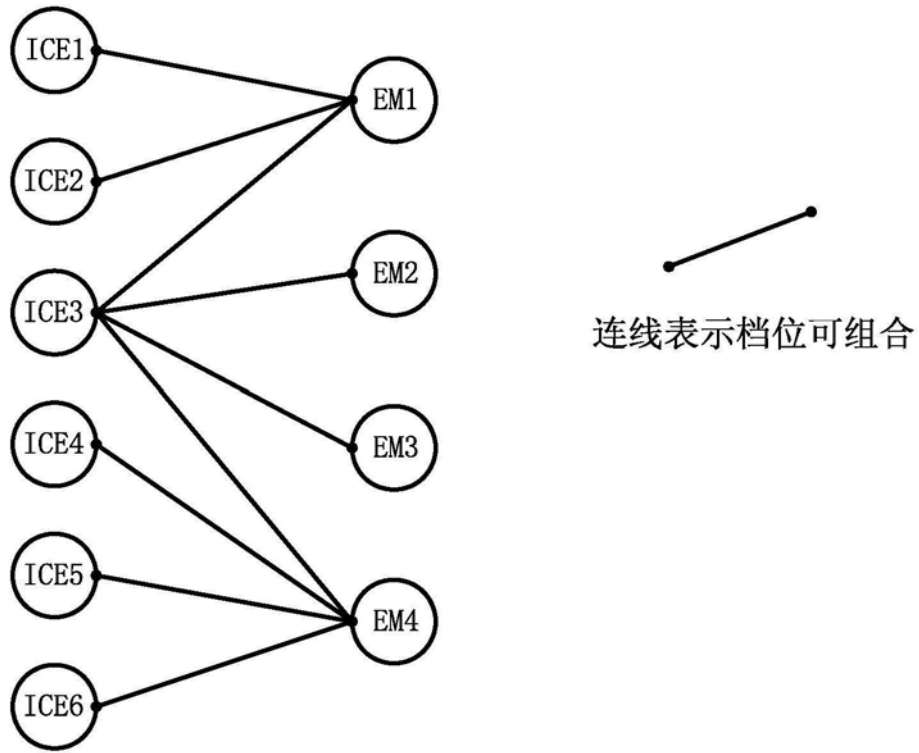


图24a

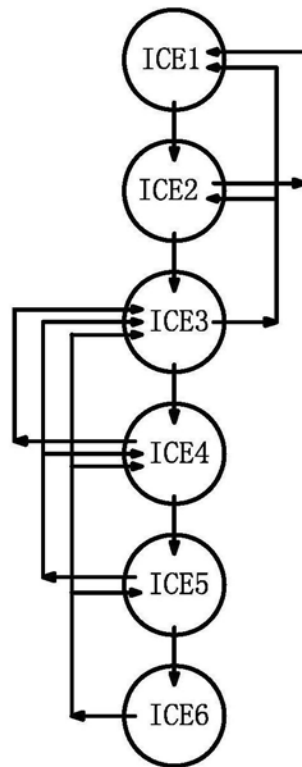


图24b

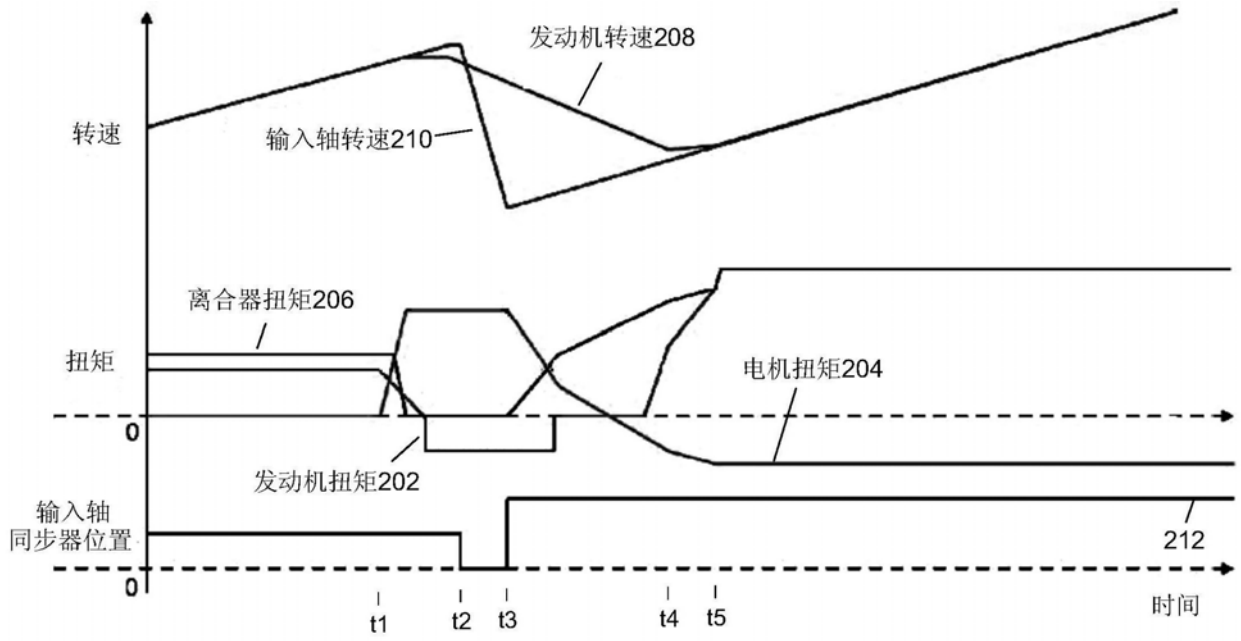


图25

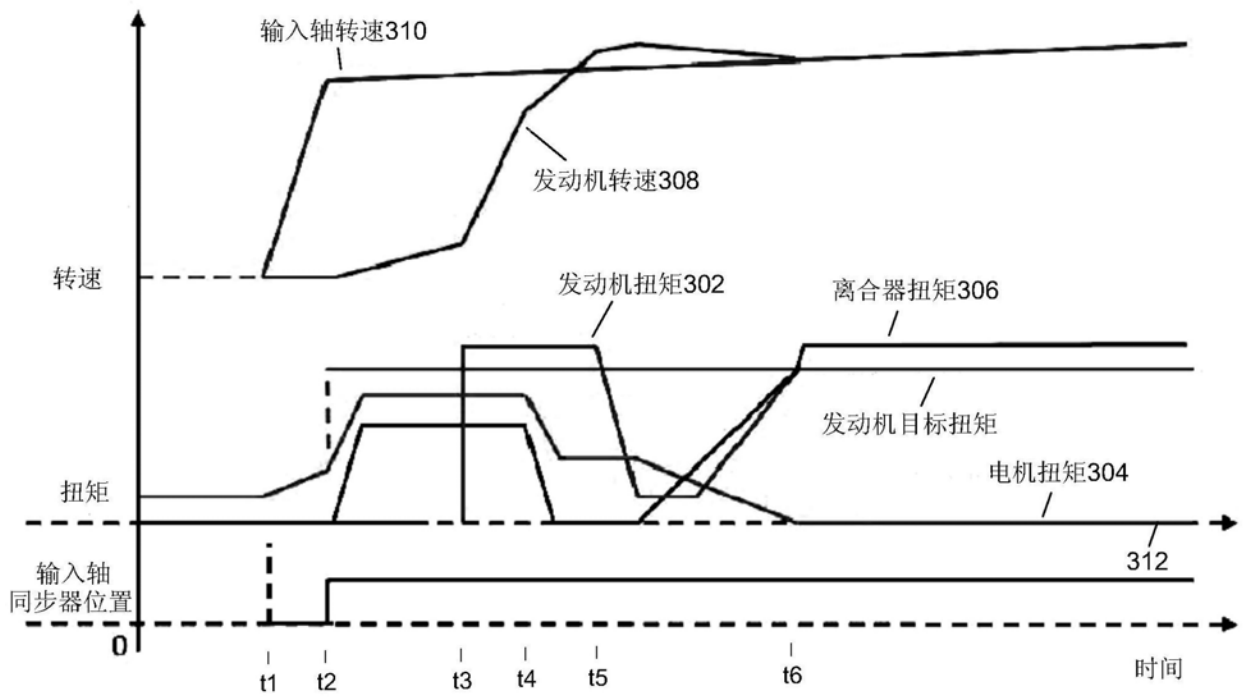


图26

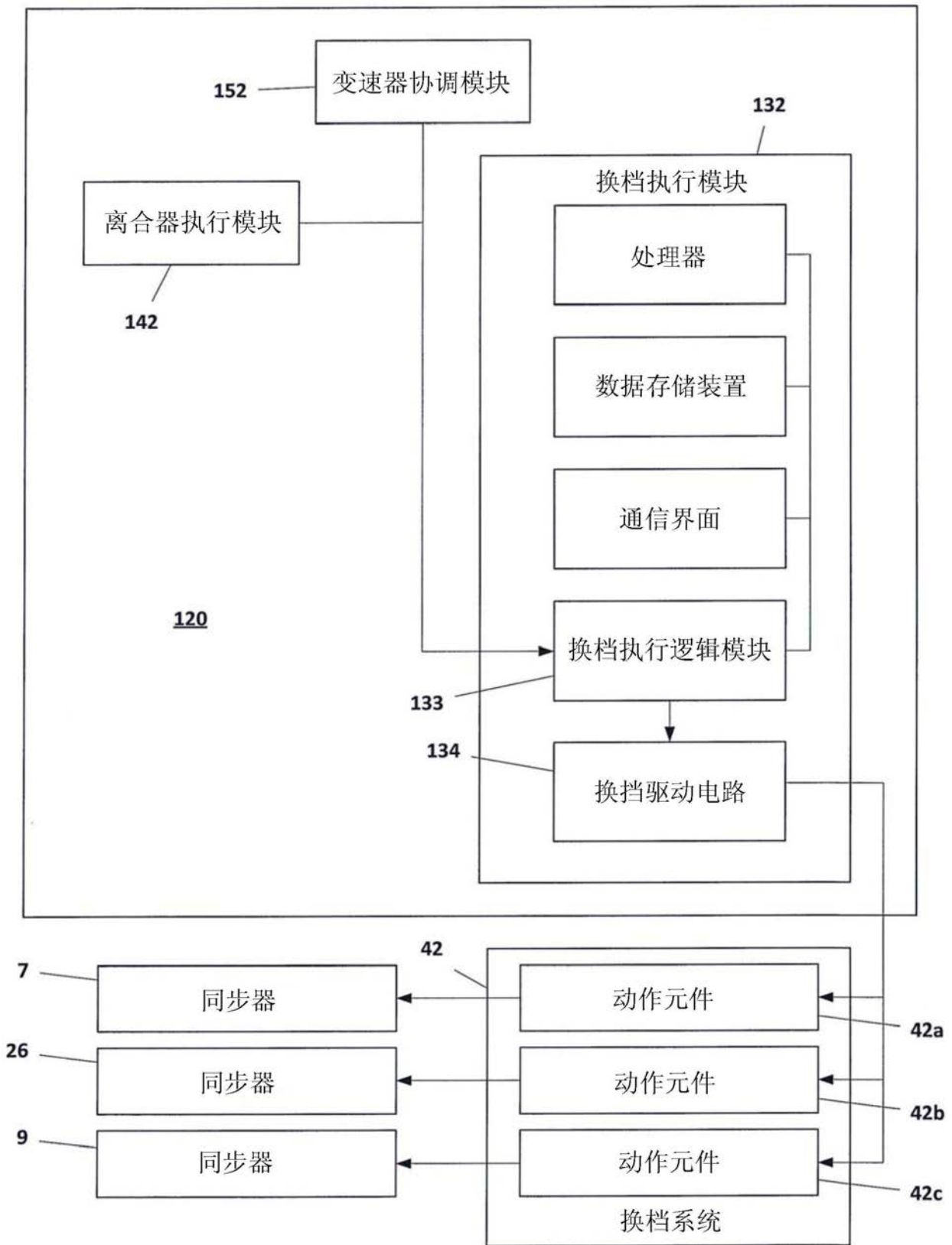


图27

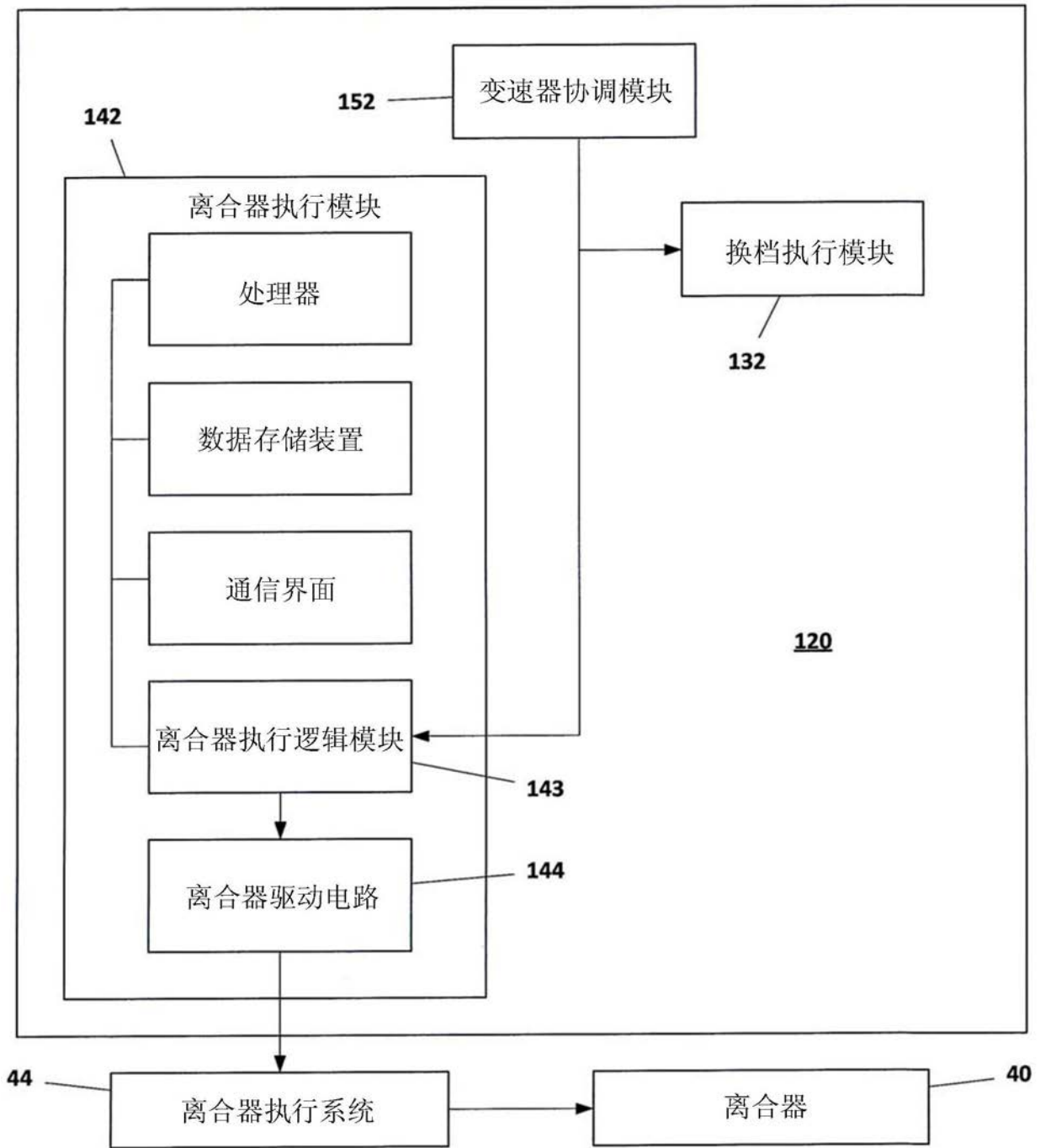


图28