



(12) 实用新型专利

(10) 授权公告号 CN 204774599 U

(45) 授权公告日 2015. 11. 18

(21) 申请号 201520461081. 5

(22) 申请日 2015. 06. 30

(73) 专利权人 天津清源电动车辆有限责任公司
地址 300457 天津市滨海新区天津经济技术
开发区西区新业五街 19 号

(72) 发明人 刘英泽

(74) 专利代理机构 天津市北洋有限责任专利代
理事务所 12201

代理人 杜文茹

(51) Int. Cl.

B60K 6/36(2007. 01)

(ESM) 同样的发明创造已同日申请发明专利

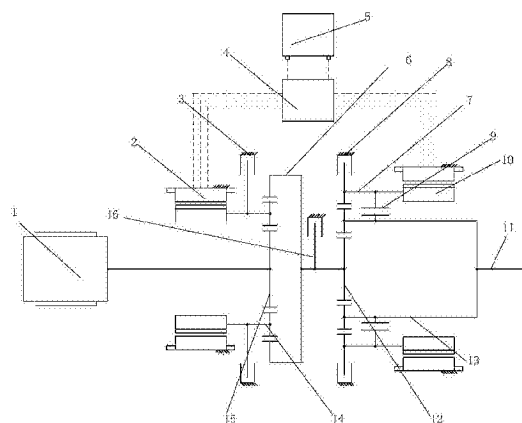
权利要求书1页 说明书16页 附图26页

(54) 实用新型名称

混合动力系统和混合动力车辆

(57) 摘要

一种混合动力系统和混合动力车辆,包括内
燃机,包括有前太阳轮、前行星架和前齿圈的前行
星排,包括有后太阳轮、后行星架和后齿圈的后行
星排,前行星排的前行星架连接第一电机,后行星
排的后齿圈连接第二电机,前行星排的前齿圈与
后行星排的后太阳轮连接,内燃机的输出端与前
行星排的前太阳轮连接,后行星排的后行星架与
系统输出轴连接,前行星架连接有对前行星架进
行锁止或释放的前锁止离合器,后太阳轮连接有
对后太阳轮进行锁止或释放的中锁止离合器,后
齿圈连接有对后齿圈进行锁止或释放的后锁止离
合器,后齿圈与后行星架之间设有模式离合器。本
实用新型可以实现包括串联式工况在内的多种混
合动力工况,提高了对于不同行驶条件和要求的
适应能力。



1. 一种混合动力系统,包括内燃机(1),包括有前太阳轮(15)、前行星架(14)和前齿圈(6)的前行星排,包括有后太阳轮(12)、后行星架(13)和后齿圈(7)的后行星排,所述前行星排的前行星架(14)连接第一电机(2),所述后行星排的后齿圈(7)连接第二电机(10),所述前行星排的前齿圈(6)与所述后行星排的后太阳轮(12)连接,所述内燃机(1)的输出端与所述前行星排的前太阳轮(15)连接,所述后行星排的后行星架(13)与系统输出轴(11)连接,其特征在于,所述的前行星架(14)连接有对所述前行星架(14)进行锁止或释放的前锁止离合器(3),所述的后太阳轮(12)连接有对所述后太阳轮(12)进行锁止或释放的中锁止离合器(16),所述的后齿圈(7)连接有对所述后齿圈(7)进行锁止或释放的后锁止离合器(8),所述后齿圈(7)与所述后行星架之间设有模式离合器(9)。

2. 一种具有权利要求1所述的混合动力系统的混合动力车辆,混合动力系统包括内燃机(1),包括有前太阳轮(15)、前行星架(14)和前齿圈(6)的前行星排,包括有后太阳轮(12)、后行星架(13)和后齿圈(7)的后行星排,所述前行星排的前行星架(14)连接第一电机(2),所述后行星排的后齿圈(7)连接第二电机(10),所述前行星排的前齿圈(6)与所述后行星排的后太阳轮(12)连接,其特征在于,所述内燃机(1)的输出端与所述前行星排的前太阳轮(15)连接,所述后行星排的后行星架(13)与系统输出轴(11)连接,所述的系统输出轴(11)连接混合动力车辆的驱动桥(17),所述的前行星架(14)连接有对所述前行星架(14)进行锁止或释放的前锁止离合器(3),所述的后太阳轮(12)连接有对所述后太阳轮(12)进行锁止或释放的中锁止离合器(16),所述的后齿圈(7)连接有对所述后齿圈(7)进行锁止或释放的后锁止离合器(8),所述后齿圈(7)与所述后行星架之间设有模式离合器(9)。

混合动力系统和混合动力车辆

技术领域

[0001] 本实用新型涉及一种混合动力系统。特别是涉及一种混合动力系统和混合动力车辆。

背景技术

[0002] 面对能源短缺和环境污染日益严重的现状,混合动力汽车是目前最有效的节能汽车方案,其动力系统有串联、并联和混联三种形式。串联能实现内燃机的最优控制,但是全部能量都会经过二次转换,损失较大;并联能实现较好的传动效率,但是内燃机与输出轴机械连接,不能保证内燃机始终处于较优的工作区域内;混联能结合串联和并联的优点,规避二者的缺点,是三者中最为优化的构型方案。

[0003] 当前混联式混合动力汽车主要采用行星机构作为功率分流装置,典型的结构形式包括丰田的 THS 系统和通用的 AHS 系统。其中丰田的 THS 系统采用单行星排结构,属于单模功率分流装置,只能实现输入式功率分流一种模式,在高速区的传动效率较低。通用公司的 AHS 系统采用双排或三排行星排来实现功率分流,可以实现输入式功率分流和复合式功率分流两种模式,两种模式相互弥补,使得 AHS 的传动效率在整个车速区域内都能维持较高的水平,但 AHS 系统内往往需要多个离合器的控制来实现模式切换,使得整个系统的结构十分复杂,控制难度较大。

[0004] “行星式混联动力系统及使用该动力系统的车辆”(申请公布 CN104175860A,申请公布日 20141203)和“行星式双模油电混联混合动力系统”(申请公布号 CN103448529A,申请公布日 20131218)都提出了双行星排的混合动力系统,但是这两种系统以尽量减少机电的二次转换、减少能量的浪费为由都极力的避免串联式工况的发生。但是在城市中行驶的机动车辆,由于堵车情况较为严重车辆走走停停,有时候车速很难达到输出功率分流所需要的水平,车上的动力电源无法及时的补充电量。所以串联式工况对于混合动力车辆还是很有必要的,但上述两种混合动力系统都无法实现串联式工况。

发明内容

[0005] 本实用新型所要解决的技术问题是,提供一种可以实现包括串联式工况在内的多种混合动力工况,能够提高对于不同行驶条件和要求适应能力的混合动力系统和混合动力车辆。

[0006] 本实用新型所采用的技术方案是:一种混合动力系统,包括内燃机,包括有前太阳轮、前行星架和前齿圈的前行星排,包括有后太阳轮、后行星架和后齿圈的后行星排,所述前行星排的前行星架连接第一电机,所述后行星排的后齿圈连接第二电机,所述前行星排的前齿圈与所述后行星排的后太阳轮连接,所述内燃机的输出端与所述前行星排的前太阳轮连接,所述后行星排的后行星架与系统输出轴连接,所述的前行星架连接有对所述前行星架进行锁止或释放的前锁止离合器,所述的后太阳轮连接有对所述后太阳轮进行锁止或释放的中锁止离合器,所述的后齿圈连接有对所述后齿圈进行锁止或释放的后锁止离合

器,所述后齿圈与所述后行星架之间设有模式离合器。

[0007] 一种具有混合动力系统的混合动力车辆,混合动力系统,包括内燃机,包括有前太阳轮、前行星架和前齿圈的前行星排,包括有后太阳轮、后行星架和后齿圈的后行星排,所述前行星排的前行星架连接第一电机,所述后行星排的后齿圈连接第二电机,所述前行星排的前齿圈与所述后行星排的后太阳轮连接,所述内燃机的输出端与所述前行星排的前太阳轮连接,所述后行星排的后行星架与系统输出轴连接,所述的系统输出轴连接混合动力车辆的驱动桥,所述的前行星架连接有对所述前行星架进行锁止或释放的前锁止离合器,所述的后太阳轮连接有对所述后太阳轮进行锁止或释放的中锁止离合器,所述的后齿圈连接有对所述后齿圈进行锁止或释放的后锁止离合器,所述后齿圈与所述后行星架之间设有模式离合器。

[0008] 本实用新型的混合动力系统和混合动力车辆,利用中锁止离合器中断前行星排与后行星排之间的动力联系,不但可以形成串联式混合动力系统,以提高发动机在车辆低车速时的运行效率,否则,现有技术中为了应对长时间处于低车速前进的状态,就需要增大电池的容量,提高车辆的制造成本。本实施例还可以利用中锁止离合器切断前行星排与后行星排之间的动力联系,使得车辆可以根据需要处于纯电动或纯充电状态,提高了车辆对于不同工况的适应能力,减少了内燃机的运行时间,提高了车辆乘坐的舒适度。

附图说明

[0009] 图 1 是本实用新型混合动力系统的结构示意图;

[0010] 图 2 是本实用新型混合动力系统处于低车速纯电动模式的运行示意图;

[0011] 图 3 是本实用新型混合动力系统处于高车速纯电动模式的运行示意图;

[0012] 图 4 是本实用新型混合动力系统处于高车速纯电动的劣选模式的运行示意图;

[0013] 图 5 是本实用新型混合动力系统处于纯充电模式的 0100 模式的运行示意图;

[0014] 图 6 是本实用新型混合动力系统处于纯充电模式的 0101 模式的运行示意图;

[0015] 图 7 是本实用新型混合动力系统处于纯充电模式的 0110 模式的运行示意图;

[0016] 图 8 是本实用新型混合动力系统处于纯充电模式的 0111 模式的运行示意图;

[0017] 图 9 是本实用新型混合动力系统处于纯充电模式的 0011 模式的运行示意图;

[0018] 图 10 是本实用新型混合动力系统处于低车速纯内燃机直驱模式的运行示意图;

[0019] 图 11 是本实用新型混合动力系统处于高车速纯内燃机直驱模式的运行示意图;

[0020] 图 12 是本实用新型混合动力系统处于串联式混合动力模式的运行示意图;

[0021] 图 13 是本实用新型混合动力系统处于内燃机 + 电机乙输入并联且电机乙转速耦合混合动力模式运行示意图;

[0022] 图 14 是本实用新型混合动力系统处于内燃机 + 电机乙输入并联且电机乙转矩耦合混合动力模式运行示意图;

[0023] 图 15 是本实用新型处于内燃机 + 电机乙 + 电机甲输入并联且电机乙转速耦合混合动力模式的运行示意图;

[0024] 图 16 是本实用新型处于内燃机 + 电机乙 + 电机甲输入并联且电机乙转矩耦合混合动力模式的运行示意图;

[0025] 图 17 是本实用新型混合动力系统处于电机甲充电 + 内燃机低车速驱动模式的运

行示意图；

[0026] 图 18 是本实用新型混合动力系统处于电机甲充电 + 内燃机高车速驱动模式的运行示意图；

[0027] 图 19 是本实用新型混合动力系统处于电机乙充电 + 内燃机高车速驱动模式的运行示意图；

[0028] 图 20 是本实用新型混合动力系统处于电机乙充电 + 内燃机高车速驱动模式的运行示意图；

[0029] 图 21 是本实用新型混合动力系统处于低车速制动能量回收模式的运行示意图；

[0030] 图 22 是本实用新型混合动力系统处于高车速制动能量回收模式的运行示意图；

[0031] 图 23 是本实用新型混合动力系统处于电机甲电动 + 内燃机低车速驱动模式的运行示意图；

[0032] 图 24 是本实用新型混合动力系统处于电机甲电动 + 内燃机高车速模式的运行示意图；

[0033] 图 25 是本实用新型混合动力系统处于备用驻车充电模式的运行示意图；

[0034] 图 26 是本实用新型具有混合动力系统的混合动力车辆中混合动力系统与混合动力车辆连接的结构示意图。

[0035] 图中

- | | | |
|--------|------------|--------------|
| [0036] | 1 : 内燃机 | 2 : 第一电机 |
| [0037] | 3 : 前锁止离合器 | 4 : 逆变器 |
| [0038] | 5 : 动力电源 | 6 : 前齿圈 |
| [0039] | 7 : 后齿圈 | 8 : 后锁止离合器 |
| [0040] | 9 : 模式离合器 | 10 : 第二电机 |
| [0041] | 11 : 系统输出轴 | 12 : 后太阳轮 |
| [0042] | 13 : 后行星架 | 14 : 前行星架 |
| [0043] | 15 : 前太阳轮 | 16 : 中锁止离合器 |
| [0044] | 17 : 驱动桥 | 18 : 外齿轮传动装置 |

具体实施方式

[0045] 下面结合实施例和附图对本实用新型的混合动力系统和混合动力车辆做出详细说明。在此需要说明的是，本部分中所列出的单独出现的“连接”，应该理解成机械连接，且该机械连接过程并不包括各种离合器。

[0046] 如图 1 所示，本实用新型的混合动力系统，包括内燃机 1，包括有前太阳轮 15、前行星架 14 和前齿圈 6 的前行星排，包括有后太阳轮 12、后行星架 13 和后齿圈 7 的后行星排，前行星排的前行星架 14 连接第一电机 2，后行星排的后齿圈 7 连接第二电机 10，第一电机、第二电机分别与逆变器 4 电连接，逆变器与动力电源 5 电连接。所述前行星排的前齿圈 6 与后行星排的后太阳轮 12 连接，所述内燃机 1 的输出端与前行星排的前太阳轮 15 连接，所述后行星排的后行星架 13 与系统输出轴 11 连接，所述的前行星架 14 连接有对前行星架 14 进行锁止或释放的前锁止离合器 3，前行星架 14 能够在前锁止离合器 3 的作用下锁止在行星变速器壳体上或者被释放而自由转动。所述的后太阳轮 12 连接有对后太阳轮 12 进行锁

止或释放的中锁止离合器 16, 后太阳轮 12 能够在中锁止离合器 16 的作用下锁止在行星变速器壳体上或者被释放而自由转动。所述的后齿圈 7 连接有对后齿圈 7 进行锁止或释放的后锁止离合器 8, 所述后齿圈 7 与后行星架之间设有模式离合器 9, 该模式离合器 9 用于在结合时使后行星架 13 与后齿圈 7 连接在一起, 进而使后行星排作为一个整体转动, 并且在分离时能够使后齿圈 7、后行星架 13 以及后太阳轮 12 相对自由转动。

[0047] 本实用新型的混合动力系统的驱动模式如表 1 所示。为了节约表内空间, 表中第一电机用 M1 表示, 第二电机用 M2 表示:

[0048]

前锁止离合器	中锁止离合器	后锁止离合器	模式离合器	系统模式	系统模式	系统模式	系统模式
0	0	0	0	内燃机+M2+M1 输入并联且 M2 转速耦合混合动力			
0	0	0	1	内燃机+M2+M1 输入并联且 M2 转矩耦合混合动力	高车速纯电动	M1 充电或电动机+内燃机高车速驱动	高车速制动能量回收
0	0	1	0	M1 充电+内燃机低车速驱动	M1 电动+内燃机低车速驱动		
0	0	1	1	纯充电			
0	1	0	0	串联式混合动力	低车速纯电动	纯充电	低车速制动能量回收
0	1	0	1	纯充电			
0	1	1	0	纯充电			
0	1	1	1	纯充电			
1	0	0	0	内燃机+M2 输入并联且 M2 转速耦合混合动力	M2 充电+内燃机低车速驱动	备用驻车充电	
1	0	0	1	内燃机+M2 输入并联且 M2 转矩耦合混合动力	内燃机高车速驱动	M2 充电+内燃机高车速驱动	
1	0	1	0	内燃机低车速驱动			
1	0	1	1	不能运动的状态			

[0049]

1	1	0	0	高车速纯电动的劣选状态			
1	1	0	1	不能运动的状态			
1	1	1	0	不能运动的状态			
1	1	1	1	不能运动的状态			

[0050] 下面结合表 1 和图 2-25, 说明本实用新型的混合动力系统的驱动模式。其中, 在图中, 用箭头表示能量的流动方向。表 2 中, 左侧 4 列内的 1 表示前、中、后锁止离合器锁止或模式离合器接合, 0 表示前、中、后锁止离合器或模式离合器脱开。即:

[0051] 前锁止离合器锁止的时候, 第一电机的转子和前行星架被锁住, 不能发生旋转, 如果前齿圈或前太阳轮发生转动, 将会带动前行星架上的前行星轮空转, 前行星轮仅仅成为一个惰轮, 动力在前齿圈或前太阳轮之间传递而不与第一电机发生关联, 此时前行星排将

会变成一个单级减速器。如果前锁止离合器脱开时,前行星架和第一电机的转子将会转动,前行星排处于行星齿轮变速状态,第一电机与前行星排之间可能发生动力传递。

[0052] 中锁止离合器锁止的时候,前行星排的前齿圈和后行星排的后太阳轮将被锁住,不能发生转动,前行星排与后行星排之间不会发生动力传递,前行星排和后行星排可以独立的依照各自的需要选择运行或不运行。如果前行星排或后行星排运行,将会发挥单级变速器的作用。当中锁止离合器脱开的时候,动力可由前行星排的前齿圈传递至后行星排的后太阳轮。

[0053] 后锁止离合器锁止的时候,后齿圈和第二电机的转子将被锁住,不能发生转动。因为后齿圈不能转动,所以此时后行星排也会变成一个单级减速器,如果后行星架或后太阳轮发生转动,那么动力只会在后行星架和后太阳轮之间发生传递而不与第二电机发生关联。如果后锁止离合器脱开时,后齿圈和第二电机的转子将会转动,后行星排处于行星齿轮变速状态,第二电机与后行星排之间可能发生动力传递。

[0054] 模式离合器接合的时候,后齿圈与后行星架之间将会被相对的固定在一起,由于这两者之间没有相对转动,行星轮也不会发生自转,所以此时的后太阳轮也不能产生使得行星轮自转的公转。所以此时,后行星排将会变成一个整体,即后齿圈、后行星架、后太阳轮共同以一个转速旋转或固定,所以前齿圈、系统输出轴、第二电机的转子也都会以同一个转速旋转或固定。

[0055] 此外,对于下文中各个模式中的符号加以说明:

[0056] T_e 为内燃机输出端即前行星排太阳轮的转矩, T_{MG1} 为第一电机的转矩, T_{MG2} 为第二电机的转矩, T_{out} 为混合动力系统的系统输出轴输出的总转矩;

[0057] k_1 为前行星排的速比, k_2 为后行星排的速比。

[0058] n_e 为内燃机输出端的转速, n_1 为第一电机的转速, n_2 为第二电机的转速, n_{out} 为系统输出轴的转速。

[0059] 该行星式混联动力系统具体工作模式为:

[0060] 本实用新型的混合动力系统包括以下工作模式:

[0061] a、纯电动模式:

[0062] 内燃机 1 关闭,动力电源向第二电机 10 提供动力驱动整车行驶,该模式分为低车速纯电动、高车速纯电动两种模式:

[0063] a1、高车速纯电动模式:

[0064] 如图 2 所示,各锁止离合器及模式离合器的状态为:前锁止离合器脱开、中锁止离合器脱开以及后锁止离合器脱开,模式离合器接合。此时混合动力系统的输入为连接在后齿圈上的第二电机 10,输出为后行星架 13 上的系统输出轴,具体的转矩关系为: $T_{out} = T_{MG2}$,后行星排的速比为 1,该状态适合于高车速巡航工况。

[0065] 此时由电源将其他形式的能量转化成电能,通过逆变器驱动第二电机,第二电机利用电能做功,第二电机带动后齿圈转动,由于模式离合器接合,后行星排将会变成一个整体,即后齿圈、后行星架和后太阳轮共同以同一个转速旋转,此时第一电机空转,内燃机不转,第一电机的转速能够恰好使得前太阳轮自转转速保证前行星轮的内侧绕静止的前太阳轮公转,且前行星轮的外侧与前齿圈的内侧配合转动。第一电机的转速 $n_1 = n_2 \times k_1 / (1 + k_1)$ 。

[0066] a2、低车速纯电动模式:

[0067] 如图 3 所示,各锁止离合器及模式离合器的状态为:前锁止离合器脱开、中锁止离合器锁止、后锁止离合器脱开、模式离合器脱开。此时混合动力系统的输入为连接在后齿圈上的第二电机 10,输出为后行星架 13,后齿圈 7 与后行星架 15 进行传动,具体的转矩关系为: $T_{out} = T_{MG2} \times (1+k_2)/k_2$,适合于低车速起步及驱动工况。在这种状态下,由于中离合器锁止,混合动力系统中实际起作用的仅为后行星排及其输入、输出的部件,前行星排在动力传递中并不起作用。

[0068] 此时能量由电源将其他形式的能量转化成电能,通过逆变器驱动第二电机,第二电机利用电能做功,第二电机带动后齿圈转动,由于后太阳轮固定,所以后行星排此时变成一个单级减速器,后齿圈带动后行星轮和后行星架绕后太阳轮旋转,后行星架通过系统输出轴输出功率。

[0069] 另外需要说明的是,在图 3 所示的低车速纯电动状态下,由于前行星排的前齿圈已经被中锁止离合器锁死,前齿圈无法转动。所以如图 4 所示,如果再将前行星架锁死,虽然也能起到与图 3 中同样的作用,但这样显然就增加了不必要的需要锁死的环节,降低了相应部件的使用寿命。所以在低车速纯电动的时候,不适宜也将前锁止离合器锁死。

[0070] 纯电动模式能够消除内燃机的怠速油耗,提高整车燃油经济性。并且,通过控制锁止离合器及模式离合器实现低车速及高车速两种模式,适应车低速大转矩需求的同时降低对第二电机的转速需求,在动力电源电量充足时,尽可能利用第二电机驱动整车,提高整车经济性。

[0071] b、纯充电模式:

[0072] 纯充电模式中,第二电机不运转,后行星排的后齿圈、后行星架、后太阳轮均不旋转,功率仅仅在内燃机与第一电机之间流动;该模式分为以下模式:

[0073] b1、0100 模式:

[0074] 如图 5 所示,各锁止离合器及模式离合器的状态为:前锁止离合器脱开、中锁止离合器锁止、后锁止离合器脱开以及模式离合器脱开。由于中锁止离合器锁死,所以前齿圈和后太阳轮均不可以转动,所以前行星排与后行星排之间的功率传递被中断。内燃机输出动力,第一电机和前行星架被由内燃机驱动的前太阳轮带动,前太阳轮把动力传递给前行星架,与前太阳轮连接的第一电机发电。

[0075] b2、0101 模式:

[0076] 如图 6 所示,各锁止离合器及模式离合器的状态为:前锁止离合器脱开、中锁止离合器锁止、后锁止离合器脱开以及模式离合器接合。由于中锁止离合器锁死,所以前齿圈和后太阳轮均不可以转动,所以前行星排与后行星排之间的功率传递被中断。因为中锁止离合器已经锁止,前、后行星排之间的功率传递已经被中断,所以无论模式离合器是否接合,实际上并不影响前行星排的发电传动的过程。内燃机输出动力,第一电机和前行星架被由内燃机驱动的前太阳轮带动,前太阳轮把动力传递给前行星架,与前太阳轮连接的第一电机发电。

[0077] b3、0110 模式:

[0078] 如图 7 所示,各锁止离合器及模式离合器的状态为:前锁止离合器脱开、中锁止离合器锁止、后锁止离合器锁止以及模式离合器脱开。由于中锁止离合器锁死,所以前齿圈和后太阳轮均不可以转动,所以前行星排与后行星排之间的功率传递被中断。所以无论后锁

止离合器是否锁止,实际上并不影响前行星排的发电传动的过程。但在本模式中,由于后锁止离合器也实现了锁止功能,所以也能承担一部分锁止的力矩,降低中锁止离合器的负担。内燃机输出动力,第一电机和前行星架被由内燃机驱动的前太阳轮带动,前太阳轮把动力传递给前行星架,与前太阳轮连接的第一电机发电。

[0079] b4、0111 模式:

[0080] 如图 8 所示,各锁止离合器及模式离合器的状态为:前锁止离合器脱开、中锁止离合器锁止、后锁止离合器锁止、模式离合器接合。由于中锁止离合器锁死,所以前齿圈和后太阳轮均不可以转动,所以前行星排与后行星排之间的功率传递被中断。因为中锁止离合器已经锁止,前、后行星排之间的功率传递已经被中断,所以无论后锁止离合器是否锁止、模式离合器是否接合,实际上并不影响前行星排的发电传动的过程。但在本模式中,由于后锁止离合器也实现了锁止功能,所以也能承担一部分锁止的力矩,降低中锁止离合器的负担。内燃机输入动力,第一电机和前行星架被由内燃机驱动的前太阳轮带动,前太阳轮把动力传递给前行星架,与前太阳轮连接的第一电机发电。

[0081] b5、0011 模式:

[0082] 如图 9 所示,各锁止离合器及模式离合器的状态为:前锁止离合器脱开、中锁止离合器脱开、后锁止离合器锁止以及模式离合器接合。由于模式离合器接合,那么后行星排的后齿圈和后行星架要么只能以相同的转速旋转,要么不能旋转,又因为后锁止离合器锁止,所以后齿圈也不能旋转。所以后行星排都不能旋转。所以本模式,实质上在锁死后太阳轮、即锁死前齿圈的问题上与 0100 模式相同,前、后行星排之间的功率传递也已经被切断。内燃机输入动力,第一电机和前行星架被由内燃机驱动的前太阳轮带动,前太阳轮把动力传递给前行星架,与前太阳轮连接的第一电机发电,倘若,中锁止离合器出现故障,无法锁止,那么通过本模式,也可以实现与锁止离合器相同的锁止前齿圈、后太阳轮的功能。所以本模式,可以作为中锁止离合器出现不能锁止的故障时,实现纯发电模式的备份。

[0083] 在以上 5 种模式中,由内燃机向系统输入动力,第一电机和前行星架被由内燃机驱动的前太阳轮带动,与前行星架连接的第一电机处于发电状态。这种状态是将内燃机的功率通过发电机和逆变器转化到电源上进行储存,电源可以为电池或超级电容。

[0084] 所以,只要当后锁止离合器和模式离合器二者有一者损坏的时候,中锁止离合器仍能够实现锁止功能,或者中锁止离合器损坏的时候,后锁止离合器和模式离合器二者均保证完好,通过 0011 或 0100 模式中的一种,仍可以实现纯充电模式。即所述 b1 模式和所述 b5 模式互为备份。

[0085] 此外,如果将纯充电模式中的内燃机作为功率输入元件和第一电机作为功率输出元件在功率传递过程中的位置相互颠倒,也可以利用第一电机来实现内燃机的启动。

[0086] c、内燃机驱动模式:

[0087] 内燃机 1 启动,第一电机 2 不工作,内燃机 1 提供动力驱动整车行驶,该模式分为低车速纯内燃机直驱和高车速纯内燃机直驱两种模式:

[0088] c1、低车速纯内燃机直驱模式:

[0089] 如图 10 所示,各锁止离合器及模式离合器的状态为:前锁止离合器锁止、中锁止离合器脱开、后锁止离合器锁止以及模式离合器脱开。由于前锁止离合器锁止,所以前行星排就变成一个单级减速器,减速比为 k_1 。而后锁止离合器 8 也锁止,所以第二电机的转子不

会旋转,能量不会在第二电机与后行星排的齿圈之间进行传递,后行星排此时也变为一个单级减速器,减速比为 $1+k_2$ 。

[0090] 动力由内燃机输出到前太阳轮上,前太阳轮通过只自转不公转的行星轮将动力传递给前齿圈,前齿圈带动后太阳轮旋转,后太阳轮带动后行星架和后行星轮旋转,后行星架将动力经过系统输出轴输出。

[0091] 此时混合动力系统的输入为连接在前太阳轮 14 上的内燃机 1,输出为后行星架和系统输出轴,具体的转矩关系为: $T_{out} = (1+k_2) \times k_1 \times T_e$,适合于动力电源电量不充足时的低车速驱动工况,依靠内燃机直接驱动整车,该模式可以通过内燃机直驱,使内燃机的功率不分配给第一电机,全部分配到输出轴,消除现有行星混联系统在低车速时内燃机的大部分功率分配到第一电机所导致的电功率占比过高的问题,有效减少机电二次转换对动力系统效率的影响。

[0092] c2、高车速纯内燃机直驱模式

[0093] 如图 11 所示,各锁止离合器及模式离合器的状态为:前锁止离合器锁止、中锁止离合器脱开、后锁止离合器脱开以及模式离合器接合。由于前锁止离合器锁止,所以前行星排就变成一个单级减速器,减速比为 k_1 。此时第二电机在逆变器的控制下处于空转状态,空转的转速为后行星排的整体转速(后行星排此时不变速),即 $n_2 = 1/k_1 \times n_e$ 。

[0094] 动力由内燃机输出到前太阳轮上,前太阳轮通过只自转不公转的行星轮将动力传递给前齿圈,前齿圈带动后太阳轮旋转,后太阳轮带动后行星架和后行星轮以后行星排的整体转速旋转,后行星架将动力经过系统输出轴输出。

[0095] 此时混合动力系统的输入为连接在前太阳轮 14 上的内燃机 1,输出为后行星架 13,具体的转矩关系为: $T_{out} = k_1 \times T_e$,适合于车辆以较高车速行驶且整车驱动力需求位于内燃机高效区时的驱动工况,避免现有混联系统在内燃机直驱时存在的机电转换问题,提高了动力系统效率。

[0096] d、混合驱动模式:

[0097] 混合驱动模式中,内燃机工作,第二电机处于电动状态,通过后齿圈向后行星排输入动力,第一电机则根据需要选择处于发电或电动或不工作状态,该模式分为以下 5 种模式:

[0098] d1、串联式混合动力模式:

[0099] 如图 12 所示,各锁止离合器及模式离合器的状态为:前锁止离合器脱开、中锁止离合器锁止、后锁止离合器脱开以及模式离合器脱开。由于中锁止离合器锁死,所以前齿圈和后太阳轮均不可以转动,所以前行星排与后行星排之间的功率传递被中断。所以,前行星排和后行星排可以各自完成自己的发电或电动工作,第二电机可以完全根据车辆行驶的需要输出最合适的转速和扭矩,第一电机则可以根据柴油机运行到最佳运行区段的需要来设定最佳的转速和转矩完成充电,二者之间不发生干扰。此时,本实施例的混合动力系统就变成了串联式混合动力系统。

[0100] 动力由内燃机经过前太阳轮输入,传递给前行星架和前行星轮,前行星架带动第一电机发电。第二电机被逆变器驱动,向后齿圈输入动力,动力传递给后行星轮和后行星架,后行星架将动力经系统输出轴输出。此时系统的动力输入,就变成了内燃机+第二电机,输出就变成了动力电源+系统输出轴。系统的输出转矩为: $T_{out} = T_{MG2} \times (1+k_2)/k_2$ 。

[0101] 尤其是在城市中,堵车情况较为严重,所以机动车辆以低车速运行的方式较多。如果取消串联式混合动力模式,那么内燃机在较低的转速下运转,能源利用率低。所以串联式混合动力模式还是必须的。在串联式混合动力模式,内燃机能够以最佳的转速运行,提高了燃油的利用率,而且由于内燃机的运行功率较大,也能够迅速的将电池中的电能充满,减少了内燃机的运行时间,降低了内燃机活塞的振动对于车体和车内乘客的影响。而驱动侧,可以完全由第二电机输出。尤其是在堵车的情况下,车辆时走时停,即使前进的时候,汽车的速度也较低,风阻也较小,加速度也不大,所以所需的输出转矩也不大,完全可以由第二电机承担。

[0102] d2、内燃机 + 第二电机输入并联且第二电机转速耦合混合动力模式：

[0103] 如图 13 所示,各锁止离合器及模式离合器的状态为：前锁止离合器锁止、中锁止离合器脱开、后锁止离合器脱开以及模式离合器脱开。由于前锁止离合器锁止,所以第一电机无法旋转,第一电机与前行星排之间也没有动力的传递,所以前行星架上的前行星轮也只是起到惰轮的作用,将前太阳轮上的动力传递到前齿圈上。

[0104] 动力由内燃机经过前太阳轮输入,前太阳轮经只自转不公转的前行星轮带动前齿圈旋转,前齿圈将动力传递到后太阳轮上,后太阳轮带动后行星轮和后行星架旋转;同时,逆变器驱动第二电机旋转,第二电机经过后齿圈向后行星排输入能量,后行星排将第二电机的动力与前齿圈经后太阳轮输入的动力转速耦合,由后行星架将动力经系统输出轴输出。

[0105] 此时系统的动力输入,就变成了内燃机 + 第二电机,输出就变成了系统输出轴。系统的输出转矩为： $T_{out} = (1+k_2) \times k_1 \times T_e$ 。

[0106] 在这种模式中,内燃机的动力经过前行星排的单级减速和后行星排的转速耦合,转速发生了较大的变化,可以适用于车辆在车速较低、所需转矩较大的场合。特别适用于在低速阶段,车速变化较为频繁的场合,例如公交车进站出站时频繁的加速、减速。

[0107] d3、内燃机 + 第二电机输入并联且第二电机转矩耦合混合动力模式：

[0108] 如图 14 所示,各锁止离合器及模式离合器的状态为：前锁止离合器锁止、中锁止离合器脱开、后锁止离合器脱开以及模式离合器接合。由于前锁止离合器锁止,所以第一电机无法旋转,第一电机与前行星排之间也没有动力的传递,所以前行星架上的前行星轮也只是起到惰轮的作用,将前太阳轮上的动力传递到前齿圈上。由于模式离合器接合,所以后行星排只能以一个整体的形式进行转动,第二电机的功率就可以以转矩耦合的方式输出到后行星排上。

[0109] 动力由内燃机经过前太阳轮输入,前太阳轮通过只自转不公转的前行星轮带动前齿圈旋转,前齿圈将动力传递到后太阳轮上,后太阳轮带动后行星轮和后行星架以后行星排的整体转速旋转;同时,逆变器驱动第二电机旋转,第二电机经过后齿圈向后行星排输入能量,后行星排将第二电机的动力与前齿圈经后太阳轮输入的动力转矩耦合,由后行星架将动力经系统输出轴输出。

[0110] 此时系统的动力输入,就变成了内燃机 + 第二电机,输出就变成了系统输出轴。系统的输出转矩为： $T_{out} = T_{MG2} + k_1 \times T_e$ 。

[0111] 这种模式中,由于后行星排只是起到转矩耦合的作用,而没有起到减速的作用,所以内燃机的动力只是经过了前行星排的减速作用,此时车辆的车速较高。所以此模式可以

适用于车辆的车速较高、所需转矩较大的场合。

[0112] d4、内燃机 + 第二电机 + 第一电机输入并联且第二电机转速耦合混合动力模式：

[0113] 如图 15 所示，各锁止离合器及模式离合器的状态为：前锁止离合器脱开、中锁止离合器脱开、后锁止离合器脱开以及模式离合器脱开。在本模式中，由于所有的锁止离合器或模式离合器均脱开，所以所有的电机均可以向各个行星排输入动力，所有的行星排都实现转速耦合功能。

[0114] 动力由内燃机经过前太阳轮输入，前太阳轮经前行星轮带动前齿圈旋转，前齿圈将动力传递到后太阳轮上，后太阳轮带动后行星轮和后行星架旋转；同时，逆变器驱动第一电机旋转，第一电机经过前行星架和前行星轮向前行星排输入能量，前行星排将第一电机的动力与前行星架输入的动力转速耦合；同时，逆变器驱动第二电机旋转，第二电机经过后齿圈向后行星排输入能量，后行星排将第二电机的动力与前齿圈经后太阳轮输入的动力转速耦合，由后行星架将动力经系统输出轴输出。

[0115] 此时系统的输入为内燃机和第一电机、第二电机，系统的输出为系统输出轴。系统的转矩， $T_{out} = (1+k_2) \times k_1 \times T_e$ 。

[0116] 在这种模式中，由于前、后行星排都起到了减速和转速耦合的作用，所以，内燃机的动力也经过了大幅度的减速，所以此时的车速较低，通过内燃机所产生的动力，传递到系统输出轴的转矩就已经较大。由于这种模式中，由于经过了两级的减速，内燃机的转速可以处于较高的转速，内燃机可以工作在转速与转矩负相关的区段。由于两部电机的速度的引入，可以在电机升速的时候，使得内燃机的转速下降、转矩上升。这种情况可以适用于低车速、大转矩的场合，例如满载的车辆在上坡的过程中停车后的启动，这种模式也可以减少内燃机在该阶段的功率输出，降低内燃机在非最佳区段运行时的排放。

[0117] d5、内燃机 + 第二电机 + 第一电机输入并联且第二电机转矩耦合混合动力模式：

[0118] 如图 16 所示，各锁止离合器及模式离合器的状态为：前锁止离合器脱开、中锁止离合器脱开、后锁止离合器脱开以及模式离合器接合。在本模式中，除了模式离合器接合导致后行星排整体转动之外，所有的锁止离合器均脱开，所以所有的电机均可以向各个行星排输入动力，前行星排可以实现转速耦合的功能，后行星排可以实现转矩耦合的功能。

[0119] 动力由内燃机经过前太阳轮输入，前太阳轮经前行星轮带动前齿圈旋转，前齿圈将动力传递到后太阳轮上，后太阳轮带动后行星轮和后行星架旋转；同时，逆变器驱动第一电机旋转，第一电机经过前行星架和前行星轮向前行星排输入能量，前行星排将第一电机的动力与前行星架输入的动力转速耦合；同时，逆变器驱动第二电机旋转，第二电机经过后齿圈向后行星排输入能量，后行星排将第二电机的动力与前齿圈经后太阳轮输入的动力转矩耦合，由后行星架将动力经系统输出轴输出。

[0120] 此时系统的输入为内燃机和第一电机、第二电机，系统的输出为系统输出轴。系统的转矩， $T_{out} = T_{MG2} + k_1 \times T_e$ 。

[0121] 在这种模式中，由于前行星排都起到了减速和转速耦合的作用、后行星排起到转矩耦合的作用，所以，内燃机的动力也经过了减速，所以此时的车速为中车速，通过内燃机所产生的动力，传递到系统输出轴的转矩就已经较大。这种情况可以适用于中车速、大转矩的场合，例如满载的车辆在上坡的过程中以中车速上坡，这种模式也可以减少为了实现相同的总功率输出时，内燃机在该阶段的功率输出，降低内燃机在非最佳区段运行时的排放。

[0122] e、功率分流输出模式：

[0123] e1、第一电机充电 + 内燃机低速驱动模式：

[0124] 如图 17 所示，各锁止离合器及模式离合器的状态为：前锁止离合器脱开、中锁止离合器脱开、后锁止离合器锁止以及模式离合器脱开。由于后锁止离合器锁止，所以第二电机不会接受后行星排的能量，后行星排此时就变成一个单级减速器，将由前齿圈输入的动力减速、升转矩，输出给后行星架。

[0125] 动力由内燃机经过前太阳轮输入，前太阳轮带动前齿圈和前行星架旋转，前行星架被前行星轮带动将部分动力传递给第一电机，第一电机从前行星排吸收能量，前行星排的动力经过前齿圈向后输出，带动后太阳轮，后太阳轮带动后行星轮自转 + 公转，进而带动后行星架公转，由前齿圈输入的动力减速、升转矩，通过后行星架输出给系统输出轴。

[0126] 此时系统的输入为内燃机，系统的输出为后行星架和第一电机。系统的输出转矩为 $T_{out} = (1+k_2) \times k_1 \times T$ 。

[0127] 当驻车时的充电并不能完全满足动力电源的充电需要的时候，可以采用本模式，以及及时的补充动力电源，使其达到适宜电动状态工作的电量水平。而且，由于前行星排处于转速耦合的状态，所以，本模式可以适用于在车辆加速的时候。具体说来，当车辆在加速过程中，先提高内燃机的转速至高车速所对应的转速，加速过程中第一电机仍然吸收功率，向动力电源充电，并且在充电过程中不断的降低转速，使得第一电机吸收的功率逐渐降低，通过前齿圈传递到后行星排的功率和转速逐渐增加，从而增加后行星排的输出功率和输出转速。反之，也可以用于车辆的降速过程。

[0128] 例如，在城市中，公交车很难直接开到五六十公里乃至更高的时速，经常是走走停停，行进的时速也主要停留在二三十公里时速的水平，这时候，如果动力电池的电量不足，或者仍有充电余量，就可以选用本模式，一方面可以使内燃机集中工作在转速稍高的区段，提高内燃机的燃烧效率，另外一方面可以及时的补充动力电源的电量，为可能即将到来的低车速行驶中的纯电动模式或驻车过程中的空调或其他电器的能量消耗储备足能量。

[0129] 在 e1 模式下，当车辆在加速过程中，先提高内燃机的转速至高车速所对应的转速，加速过程中第一电机仍然吸收功率，向动力电源充电，并且在充电过程中不断的降低转速，第一电机吸收的功率逐渐降低，通过前齿圈传递到后行星排的功率和转速逐渐增加，增加后行星排的输出功率和输出转速。

[0130] e2、第一电机充电 + 内燃机高速驱动模式：

[0131] 如图 18 所示，各锁止离合器及模式离合器的状态为：前锁止离合器脱开、中锁止离合器脱开、后锁止离合器脱开以及模式离合器接合。由于模式离合器接合，第二电机空转，所以后行星排此时就变成一个整体进行旋转，将由前齿圈输入的动力直接输出给后行星架。

[0132] 动力由内燃机经过前太阳轮输入，前太阳轮带动前齿圈和前行星架旋转，前行星架被前行星轮带动将部分动力传递给第一电机，第一电机从前行星排吸收能量，前行星排的动力经过前齿圈向后输出，带动后太阳轮，后太阳轮带动后行星轮、后行星架以后行星排的整体转速公转，由前齿圈输入的动力减速、升转矩，通过后行星架输出给系统输出轴。此时系统的输入为内燃机，系统的输出为后行星架和第一电机。系统的输出转矩为 $T_{out} = k_1 \times T_e$ 。

[0133] 当驻车时的充电并不能完全满足动力电源的充电需要的时候,可以采用本模式,以及及时的补充动力电源,使其达到适宜电动状态工作的电量水平。而且,由于前行星排处于转速耦合的状态,所以,本模式可以适用于在车辆处于高速运行中降速的时候起到削峰的作用。具体说来,当车辆在降速过程中,先使内燃机保持原有转速,同时第一电机仍然吸收功率,向动力电源充电,并且在充电过程中不断的增加转速,使得第一电机吸收的功率逐渐增加,通过前齿圈传递到后行星排的功率和转速逐渐降低,从而增加后行星排的输出功率和输出转速降低到低速运行的模式。

[0134] 例如,在城市中,车辆在处于高车速行驶过程中,需要驶入车速较低的区域或靠近路口降车速的过程中,这时候,如果动力电池的电量不足或者仍有充电的空间,就可以选用本模式,可以逐渐提高第二电机吸收功率时的转矩,这样,系统对外输出的总转矩就会降低,所以驱动汽车前进的力量就会逐渐削弱,汽车的减速度就会逐渐增加,而不是突然增加,可以避免乘客乘坐的不舒适的感觉,也可以降低发生车内人员伤亡的可能性。另外一方面可以及时的补充动力电源的电量,为可能即将到来的低速行驶中的纯电动模式或驻车过程中的空调或其他电器的能量消耗储备足能量。

[0135] e3、第二电机充电 + 内燃机低速驱动模式 :

[0136] 如图 19 所示,各锁止离合器及模式离合器的状态为:前锁止离合器锁止、中锁止离合器脱开、后锁止离合器脱开以及模式离合器脱开。由于前锁止离合器锁止,所以第一电机不会接受前行星排的能量,且前太阳轮不会旋转,前行星排此时就变成一个单级减速器,将由前行星架输入的动力减速、升转矩,输出给后行星排。此时系统的输入为内燃机,系统的输出为后行星架和第二电机。系统的输出转矩为 $T_{out} = (1+k_2) \times k_1 \times T_e$ 。

[0137] 动力由内燃机经过前太阳轮输入,前太阳轮经前行星轮带动前齿圈旋转,前行星排的动力经过前齿圈向后输出,带动后太阳轮,后太阳轮带动后行星轮、后行星架、后齿圈旋转,后齿圈将部分动力传递给第二电机,第二电机从后行星排吸收能量,后行星排通过后行星架把其余动力输出给系统输出轴。

[0138] 当驻车时的充电并不能完全满足动力电源的充电需要的时候,可以采用本模式,以及及时的补充动力电源,使其达到适宜电动状态工作的电量水平。而且,由于前行星排处于转速耦合的状态,所以,本模式可以适用于在车辆加速的时候。具体说来,当车辆在加速过程中,先提高内燃机的转速至高车速所对应的转速,同时第二电机仍然吸收功率并向动力电源充电,并且在充电过程中不断的降低转速,使得第二电机吸收的功率逐渐降低,通过后行星架传递到系统输出轴的功率和转速逐渐增加,直至增加到高车速运行的水平。反之,也可用于车辆的降速阶段。

[0139] 例如,在城市中,公交车很难直接开到五六十公里乃至更高的时速,经常是走走停停,行进的时速也主要停留在二三十公里的时速水平,这时候,如果动力电池的电量不足,或者仍有充电余量,就可以选用本模式,一方面可以使内燃机集中工作在转速稍高的区段,提高内燃机的燃烧效率,另外一方面可以及时的补充动力电源的电量,为可能即将到来的低车速行驶中的纯电动模式或驻车过程中的空调或其他电器的能量消耗储备足能量。

[0140] e4、第二电机充电 + 内燃机高速驱动模式 :

[0141] 如图 20 所示,各锁止离合器及模式离合器的状态为:前锁止离合器锁止、中锁止离合器脱开、后锁止离合器脱开以及模式离合器接合。由于前锁止离合器锁止,所以第一电

机不会接受前行星排的能量,且前太阳轮不会旋转,前行星排此时就变成一个单级减速器,将由前行星架输入的动力减速、升转矩,输出给后行星排。

[0142] 动力由内燃机经过前太阳轮输入,前太阳轮经前行星轮带动前齿圈旋转,前行星排的动力经过前齿圈向后输出带动后太阳轮,后太阳轮带动后行星轮、后行星架、后齿圈以后行星排的整体转速公转,后齿圈将部分动力传递给第二电机,第二电机从后行星排吸收能量,后行星排通过后行星架把其余动力输出给系统输出轴。此时系统的输入为内燃机,系统的输出为后行星架和第二电机。系统的输出转矩为 $T_{out} = k_1 \times T_e - T_{MG2}$ 。

[0143] 当驻车时的充电并不能完全满足动力电源的充电需要的时候,可以采用本模式,以及及时的补充动力电源,使其达到适宜电动状态工作的电量水平。

[0144] 例如,在城市中,车辆在处于高车速行驶过程中,需要驶入车速较低的区域或靠近路口降车速的过程中,这时候,如果动力电池的电量不足或者仍有充电余量,就可以选用本模式,可以逐渐提高第二电机吸收功率时的转矩,这样,系统对外输出的总转矩就会降低,所以驱动汽车前进的力量就会逐渐削弱,汽车的减速度就会逐渐增加,而不是突然增加,可以避免乘客乘坐的不舒适的感觉,也可以降低发生车内人员伤害的可能性。另外一方面可以及时的补充动力电源的电量,为可能即将到来的低车速行驶中的纯电动模式或驻车过程中的空调或其他电器的能量消耗储备足能量。

[0145] f、制动能量回收模式：

[0146] 内燃机 1 关闭,第一电机 2 不工作,第二电机 10 发电,第二电机 10 与整车的摩擦制动系统提供动力驱动整车行驶,该模式分为低速及高速两种模式：

[0147] f1、低速制动能量回收模式：

[0148] 如图 21 所示,前、中、后锁止离合器及模式离合器 9 的工作方式为:前锁止离合器脱开、中锁止离合器锁止、后锁止离合器脱开以及模式离合器脱开。此时混合动力系统的输出为连接在后齿圈上的第二电机 10,输入为后行星架 13,由第二电机输入的电制动力依次通过后齿圈、后行星轮、后行星架、系统输出轴输出,实现制动能量回收功能。具体的转矩关系为: $T_{out} = (1+k_2)/k_2 \times T_{MG2}$,适合于低车速大转矩制动,可有效利用第二电机的制动能力,充分回收制动能量,显著提高车辆的燃油经济性。

[0149] f2、高速制动能量回收模式：

[0150] 如图 22 所示,各锁止离合器及模式离合器的状态为:前锁止离合器脱开、中锁止离合器脱开、后锁止离合器脱开以及模式离合器接合。此时第一电机空转,其上的转矩为零,虽然后行星排有速度传递到前行星排上,但是并没有功率传递到前行星排上。通过制动吸收的功率全部传递给了第二电机,并通过逆变器将电能回收到动力电源上。混合系统的输出为连接在后齿圈上的第二电机 10,输入为后行星架 13,由第二电机输入的电制动力依次通过后齿圈、模式离合器、后行星架、系统输出轴输出,实现制动能量回收功能。具体的转矩关系为: $T_{out} = T_{MG2}$,适合于高车速制动,可降低高车速时对第二电机的制动力及转速需求,降低第二电机的体积、成本及设计上对轴承转速范围的需求。

[0151] g、不能运动的状态：

[0152] 如果前锁止离合器锁止,那么前行星排的前太阳轮将不能运动,前行星排中,只要内燃机转动,就必然要将转动通过前齿圈、后太阳轮传递给后行星排,一旦此时后行星排处于不能转动的状态,那么整车将会处于不能运动的状态。所以表 1 中的 1011、1101、1110、

1111 模式都是不能运动的状态。

[0153] h、备用模式：

[0154] 除了 e3 和 e4 中已经表述过的、在汽车的行驶过程中第二电机代替第一电机完成充电工作以外，还可以在以下的模式中，存在第一电机代替第二电机完成工作或第二电机代替第一电机完成工作的状态。

[0155] 例如，第二电机代替第一电机电动的状态，具体包括：

[0156] h1、第一电机电动 + 内燃机减速驱动模式：

[0157] 如图 23 所示，各锁止离合器及模式离合器的状态为：前锁止离合器脱开、中锁止离合器脱开、后锁止离合器锁止以及模式离合器脱开。由于后锁止离合器锁止，所以第二电机不会接受后行星排的能量，后行星排此时就变成一个单级减速器，将由前齿圈输入的動力减速、升转矩，输出给后行星架。

[0158] 动力由内燃机经过前太阳轮输入，前太阳轮经前行星轮带动前齿圈旋转，同时，逆变器驱动第一电机旋转，第一电机经过前行星架和前行星轮向前行星排输入能量，前行星排将第一电机的动力与前行星架输入的动力转速耦合；前行星排的动力经过前齿圈向后输出，带动后太阳轮，后太阳轮带动后行星轮、后行星架公转，后行星排通过后行星架把动力输出给系统输出轴。此时系统的输入为内燃机和第一电机，系统的输出为后行星架。系统的输出转矩为 $T_{out} = (1+k_2) \times k_1 \times T_e$ 。

[0159] 当第二电机出现故障，无法电动的时候，可以采用本模式，以部分的替代“内燃机 + 第二电机输入并联且第二电机转速耦合混合动力”模式。在这种模式下，内燃机的动力经过前行星排的单级减速 + 转速耦合和后行星排的单级减速，转速发生了较大的变化，可以适用于车辆在车速较低、所需转矩较大的场合。

[0160] h2、第一电机电动 + 内燃机高速驱动模式：

[0161] 如图 24 所示，各锁止离合器及模式离合器的状态为：前锁止离合器脱开、中锁止离合器脱开、后锁止离合器脱开以及模式离合器接合。前行星排此时为行星变速状态。

[0162] 动力由内燃机经过前太阳轮输入，前太阳轮经前行星轮带动前齿圈旋转，同时，逆变器驱动第一电机旋转，第一电机经过前行星架和前行星轮向前行星排输入能量，前行星排将第一电机的动力与前行星架输入的动力转速耦合；前行星排的动力经过前齿圈向后输出，带动后太阳轮，后太阳轮带动后行星轮、后行星架、后齿圈以后行星排的整体转速公转，后行星排通过后行星架把动力输出给系统输出轴。

[0163] 此时系统的输入为内燃机和第一电机，系统的输出为后行星架。系统的输出转矩为 $T_{out} = k_1 \times T_e$ 。

[0164] 当第二电机出现故障，无法电动的时候，可以采用本模式，以部分的替代“内燃机 + 第二电机输入并联且第二电机转矩耦合混合动力”模式。在这种模式下，内燃机的动力经过前行星排的单级减速和后行星排的直接传动，转速发生了一定的变化，可以适用于车辆在车速较中等、所需转矩较低的场合。

[0165] h3、备用驻车充电模式：

[0166] 例如，当第一电机损坏，第二电机代替第一电机充电的时候，除了 e3 模式和 e4 模式的行车充电模式以外，还具有有一种驻车充电模式，具体工作状态如下：

[0167] 如图 25 所示，各锁止离合器及模式离合器的状态为：前锁止离合器锁止、中锁止

离合器脱开、后锁止离合器脱开以及模式离合器脱开。由于前锁止离合器锁止,所以第一电机不会接受前行星排的能量,且前行星架不会旋转,前行星排此时就变成一个单级减速器,将由前太阳轮输入的动力减速、升转矩,输出给后行星排。由于驻车时,可以将车轮制动,所以系统输出轴和后行星架相当于被锁死,后行星架无法旋转,后行星轮仅仅成为一个惰轮、传递动力,后行星排此时也变成一个单级减速器。

[0168] 动力由内燃机输入到前太阳轮上,前太阳轮通过前行星轮带动前齿圈旋转,前行星排的动力经过前齿圈向后输出并带动后太阳轮旋转,后太阳轮依次带动后行星轮、后齿圈旋转;后齿圈将动力传递给第二电机,第二电机发电将电能传送给逆变器。

[0169] 此时系统的输入端为内燃机,输出为第二电机。

[0170] 综上所述,本实施例采用了中锁止离合器中断前行星排与后行星排之间的动力联系,不但可以形成串联式混合动力系统,以提高发动机在车辆低车速时的运行效率,否则,现有技术中为了应对长时间处于低车速前进的状态,就需要增大电池的容量,提高车辆的制造成本。本实施例还可以利用中锁止离合器切断前行星排与后行星排之间的动力联系,使得车辆可以根据需要处于纯电动或纯充电状态,提高了车辆对于不同工况的适应能力,减少了内燃机的运行时间,提高了车辆乘坐的舒适度。

[0171] 而且,由于本实施例具有上述多种模式,为某些部件的损坏准备了充足的备选模式,从而提高了混合动力系统在零部件发生损坏的时候的模式选择能力和系统的可靠性,即使部分部件发生损坏,仍然不会明显的降低系统的运行效率。例如:

[0172] 如果中锁止离合器发生损坏,那么可以选用 b5 模式,锁住后行星排和前齿圈,实现停车状态下内燃机对第一电机的充电;如果第一电机发生损坏,仍可以通过 h3 模式来实现在停车状态下的充电,也可以通过 e3、e4 模式来实现行车状态下的充电;如果第二电机发生损坏,无法实现 d2、d3 模式,但可以通过 h1、h2 模式中的第一电机处于电动状态,来实现并联式混合动力工况。所以,除了几乎使用了所有能量转化装置的模式——诸如 d4、d5 这样的所有可能的动力源都作为输入的模式和串联式混合动力模式,以及只能由第二电机完成的模式——纯电动模式之外,所有的常用模式,都有针对零部件损坏的备选模式。所以,即使某些部件发生故障,无法正常工作,那么也不会导致混合动力系统无法实现某些基本功能,提高了系统针对部件故障的应对能力。

[0173] 本实用新型的具有混合动力系统的混合动力车辆,如图 26 所示,混合动力车辆的内燃机为汽油机,使用了实施例 1 所述的混动动力系统,将所述的混合动力系统的系统输出轴 11 连接混合动力车辆的驱动桥 17。

[0174] 下面结合实施例中所述的各种模式,介绍一下该车辆的运行方式:

[0175] 首先,在车辆运行之前的热车状态的时候,就可以采用 b1 充电模式,中锁止离合器锁止,内燃机在热车的时候旋转所产生的能量,可以通过第一电机补充给动力电源。

[0176] 然后车辆启动,可以选择使用 a1 低车速纯电动模式,因为涉及启动过程,所以转矩稍大,由第二电机输出功率,不经过升转速、降转矩的过程来直接驱动车辆。当车辆继续加速,运行到较高速度的时候,可以开启 a2 高车速纯电动模式,仍由第二电机来驱动车辆,但是经过后行星排的升转速,实现较高的车速。

[0177] 如果开始启动内燃机,由于已经具有了较高的车速,所以将锁止离合器释放,会用整车的动能和第二电机的电功率共同带动内燃机启动,使得内燃机的转速能够非常快的达

到最佳工作区段,减少了单独利用第一电机带动内燃机启动而导致的控制程序程序复杂。同时,因为车辆的防振设计主要针对内燃机处于高转速运动阶段而导致的在内燃机处于低转速运行阶段时车辆无法隔振、车内乘客感觉不舒服,而高速启动内燃机,恰恰可以极大的减轻这一问题,减少对乘客的负面影响。

[0178] 同时,在内燃机启动后,可以选用 e1 或 e2 模式,混合动力系统处于第一电机充电+内燃机低/高车速驱动模式,第一电机逐渐降低转速,前行星排的输出转速逐渐升高,以达到适宜内燃机直接驱动的车速状态。然后切换至内燃机驱动模式。

[0179] 如果遇到较高车速,且载荷较大的时候,可以使用 d2 模式——内燃机+第二电机输入并联且第二电机转速耦合混合动力模式,例如在高车速时的爬坡。遇到较高车速,且载荷非常大的时候,可以使用 d4 模式——内燃机+第二电机+第一电机输入并联且第二电机转速耦合混合动力模式,让所有的能量转化装置都处于输入做功状态,例如满载时的高车速爬坡。

[0180] 当需要逐渐降车速的时候,可以启动 e1 或 e2 模式,仍然能够使柴油机处于较高的转速,以保证柴油机的燃烧效率。

[0181] 当进入城市中的较为拥堵的路段的时候,可以使用 a1 模式——低车速纯电动模式,因为拥堵状态下的加速也不会太大,为使车辆加速所需的扭矩也不会太大,所以低车速纯电动完全可以应付。如果动力电源的储存能量不足,可以使用 d1 模式——串联式混合动力模式。

[0182] 当车辆堵在立交桥或上坡道路上,需要启动的时候,如果第二电机的动力并不足以提供足够的转矩,那么可以使用 d2 模式——内燃机+第二电机输入并联且第二电机转速耦合混合动力模式。如果是此时车辆的载重较大或坡度较陡,需要更大的启动转矩,那么可以采用 d5 模式——内燃机+第二电机+第一电机输入并联且第二电机转矩耦合混合动力模式,让所有的能量转化装置都处于输入做功状态。

[0183] 如果此时车辆堵在路上,而其他的用电设备又需要电能的时候,可以启动 b1 模式——充电模式,以及时的补充车辆的电源。

[0184] 所以,在车辆的运行中,由于驱动模式的多样性,除非在转矩非常大的车辆启动情况下,都可以使内燃机尽可能的处于最佳转速区段的状态,可以提高内燃机的工作效率。

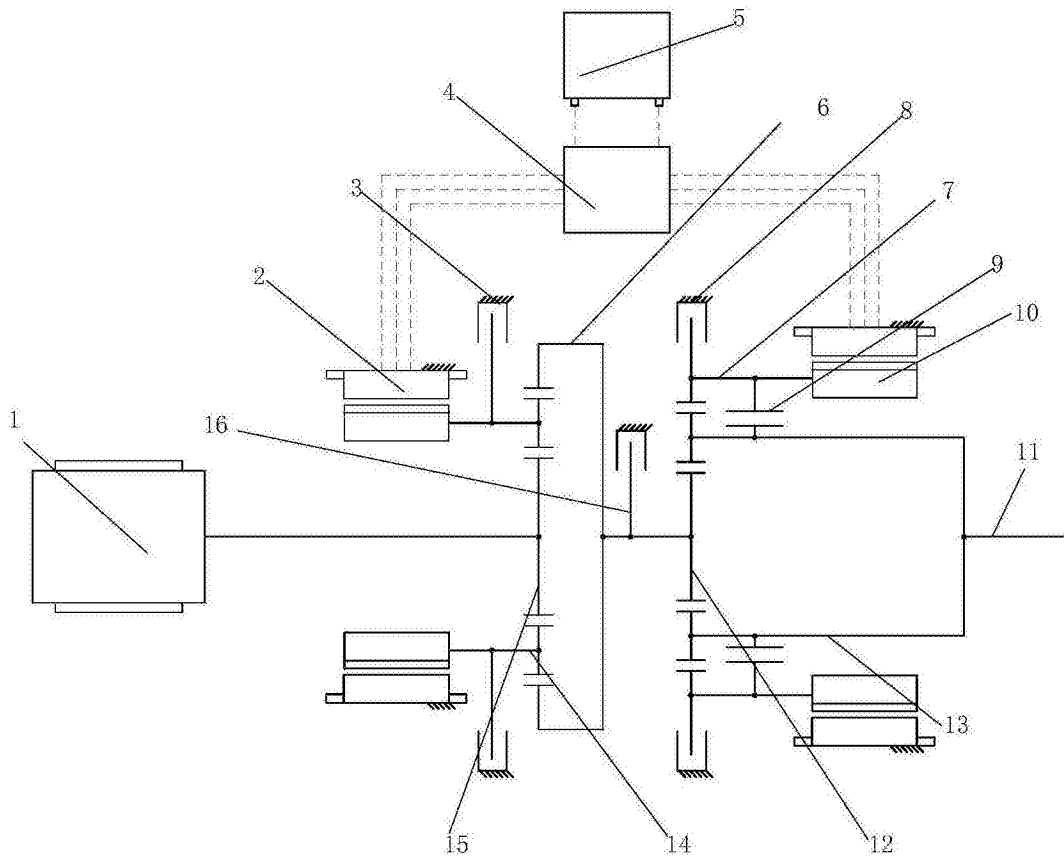


图 1

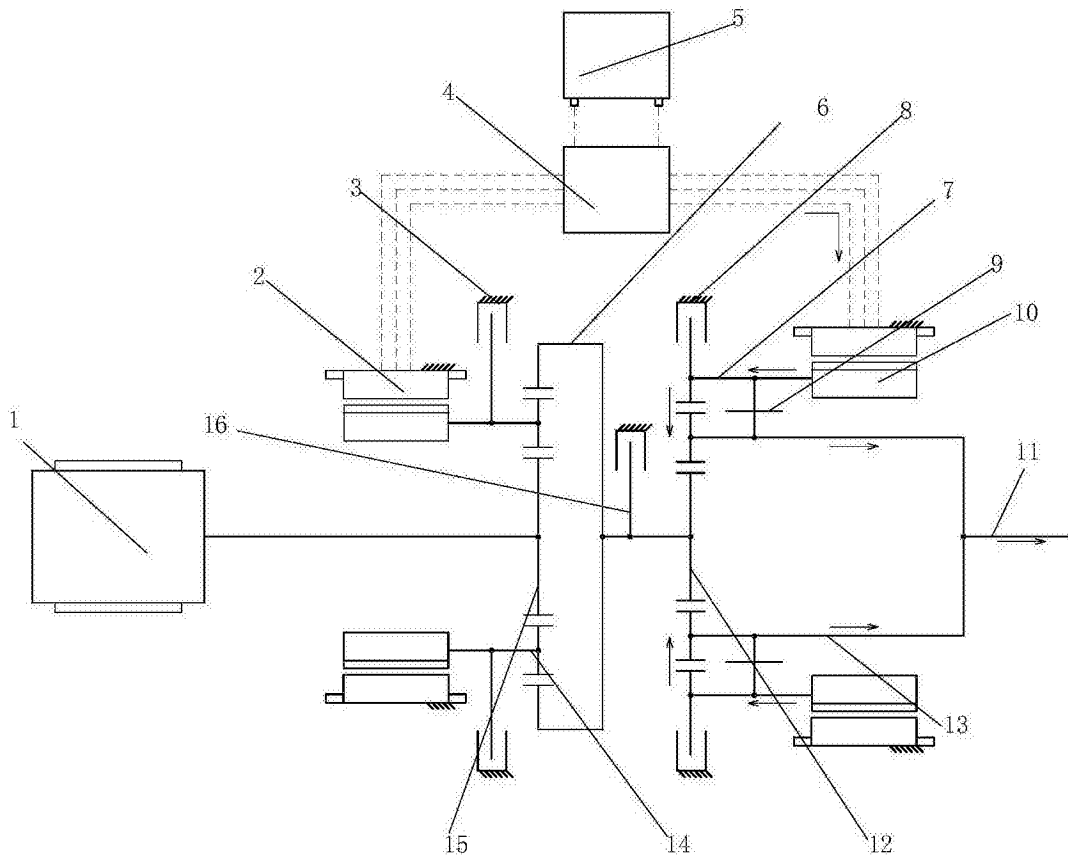


图 2

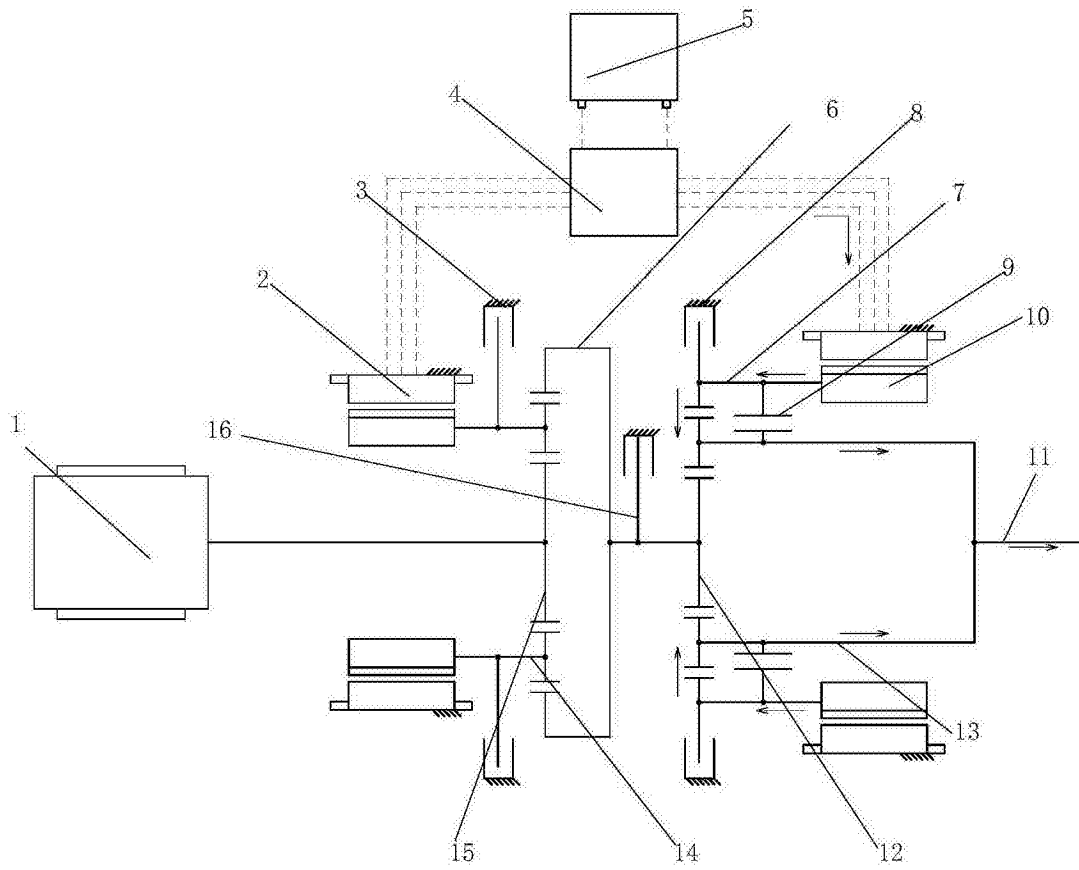


图 3

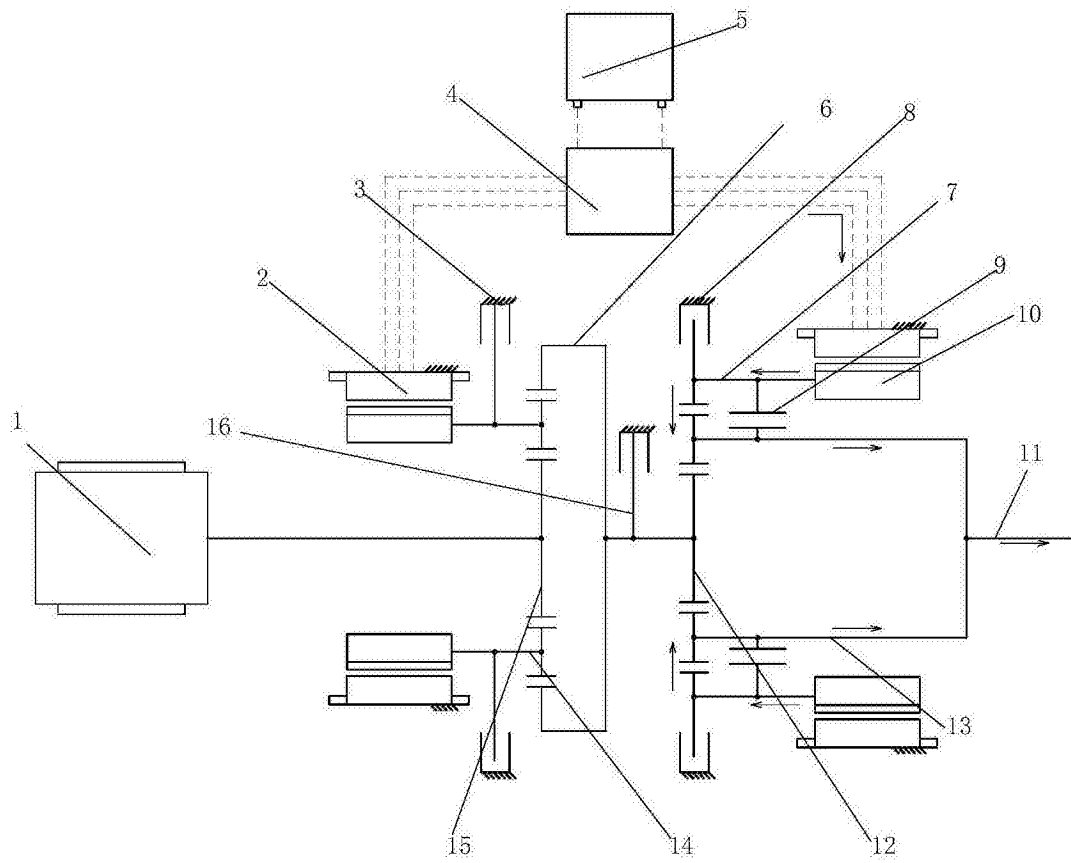


图 4

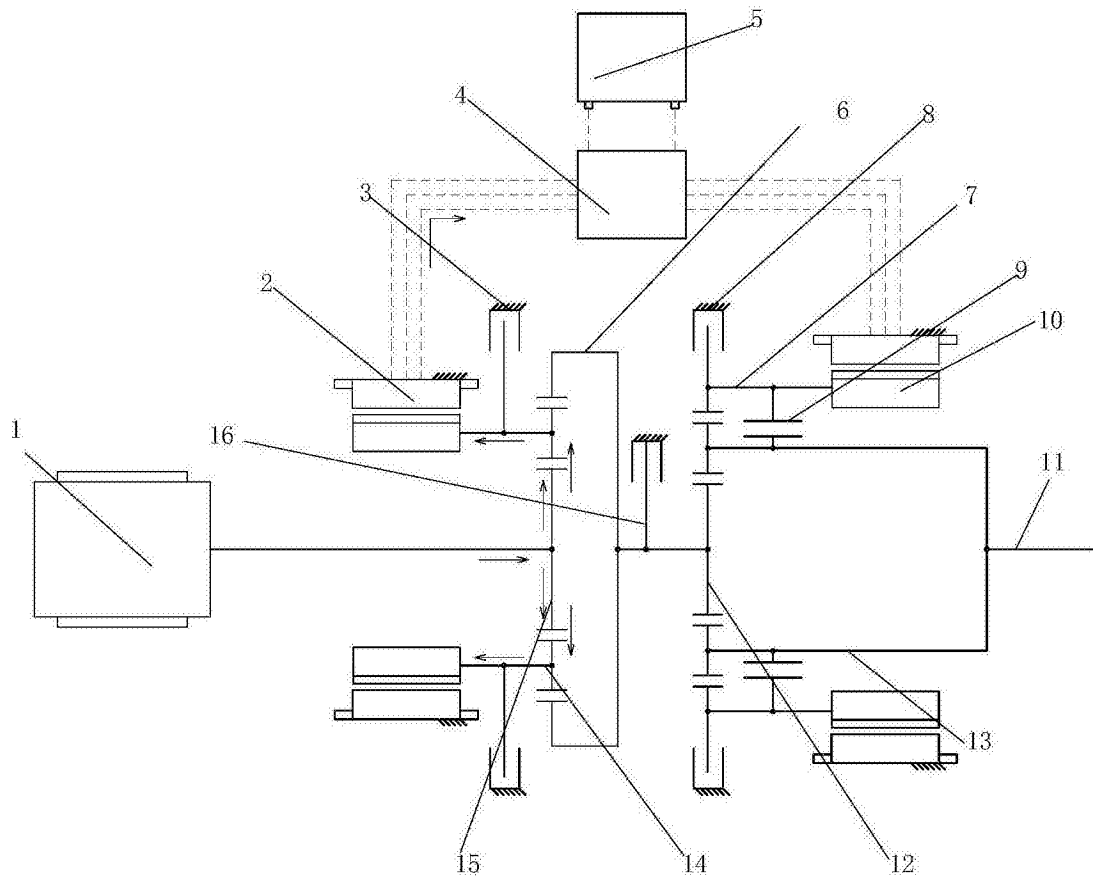


图 5

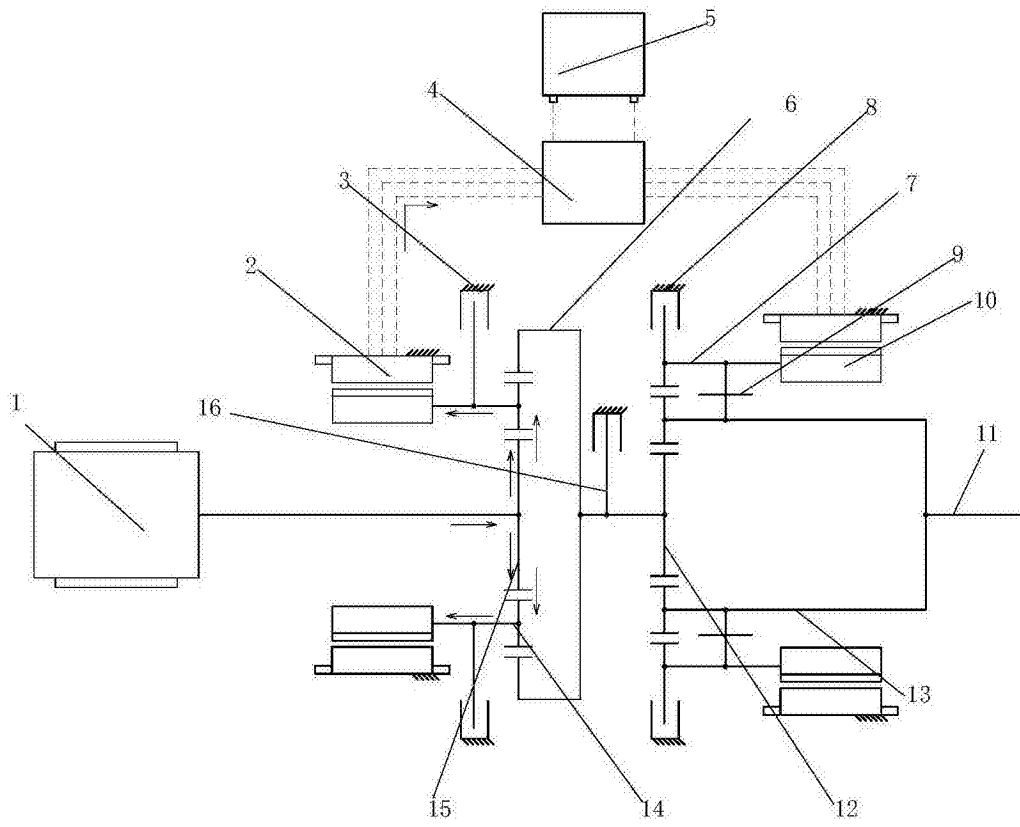


图 6

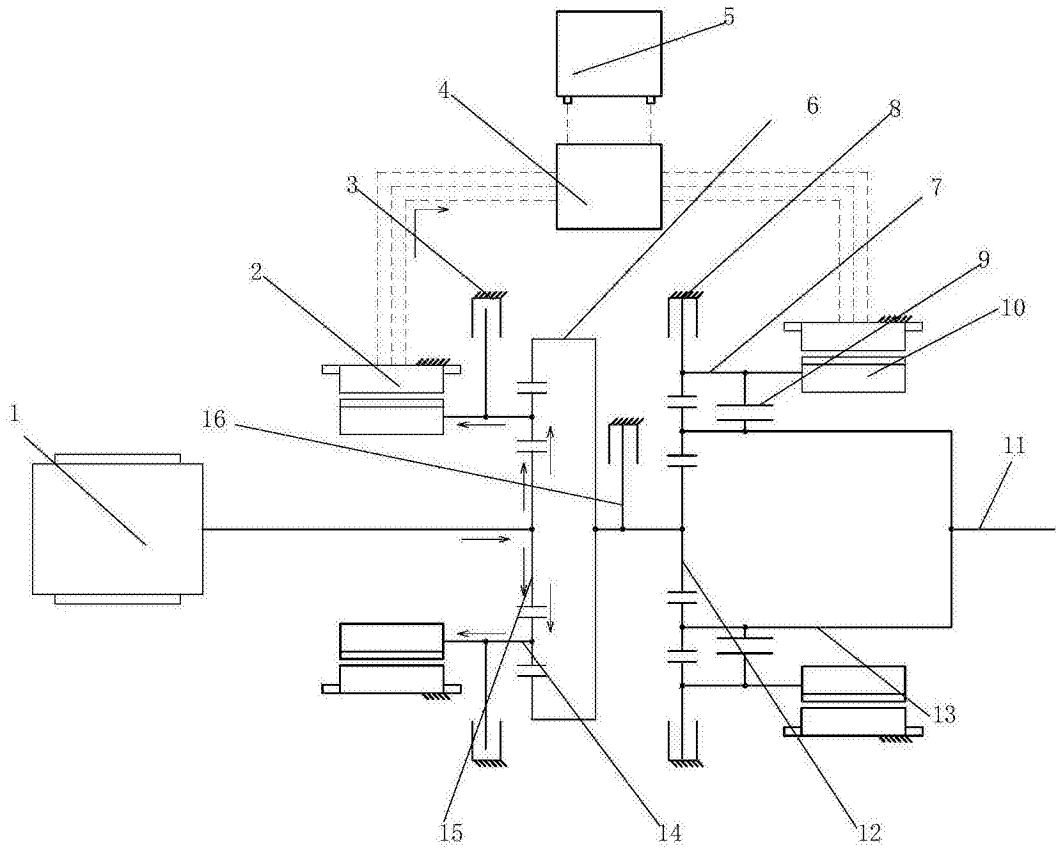


图 7

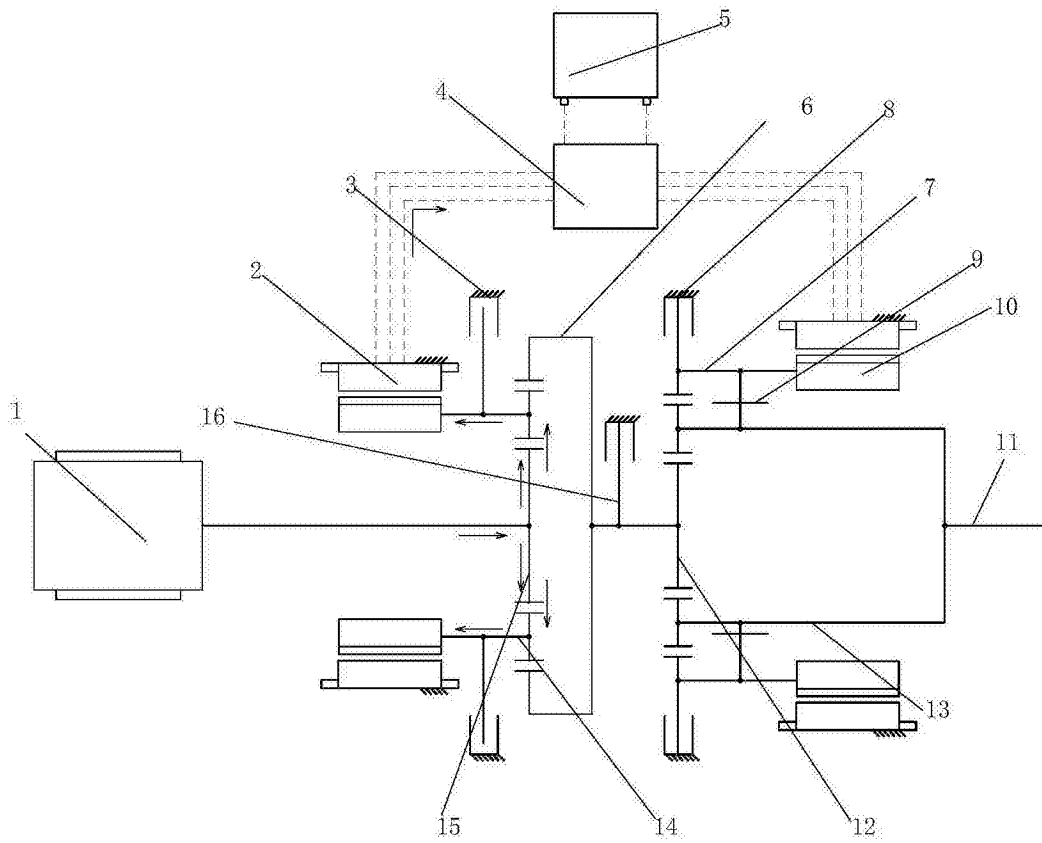


图 8

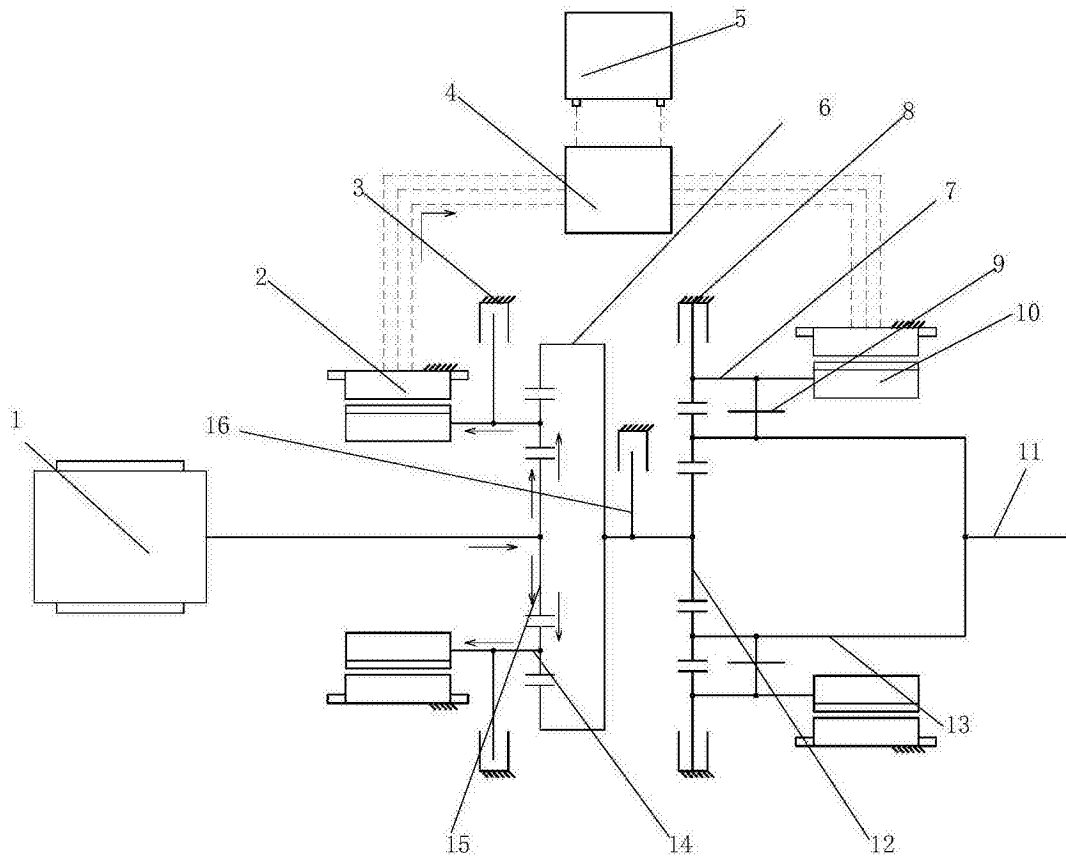


图 9

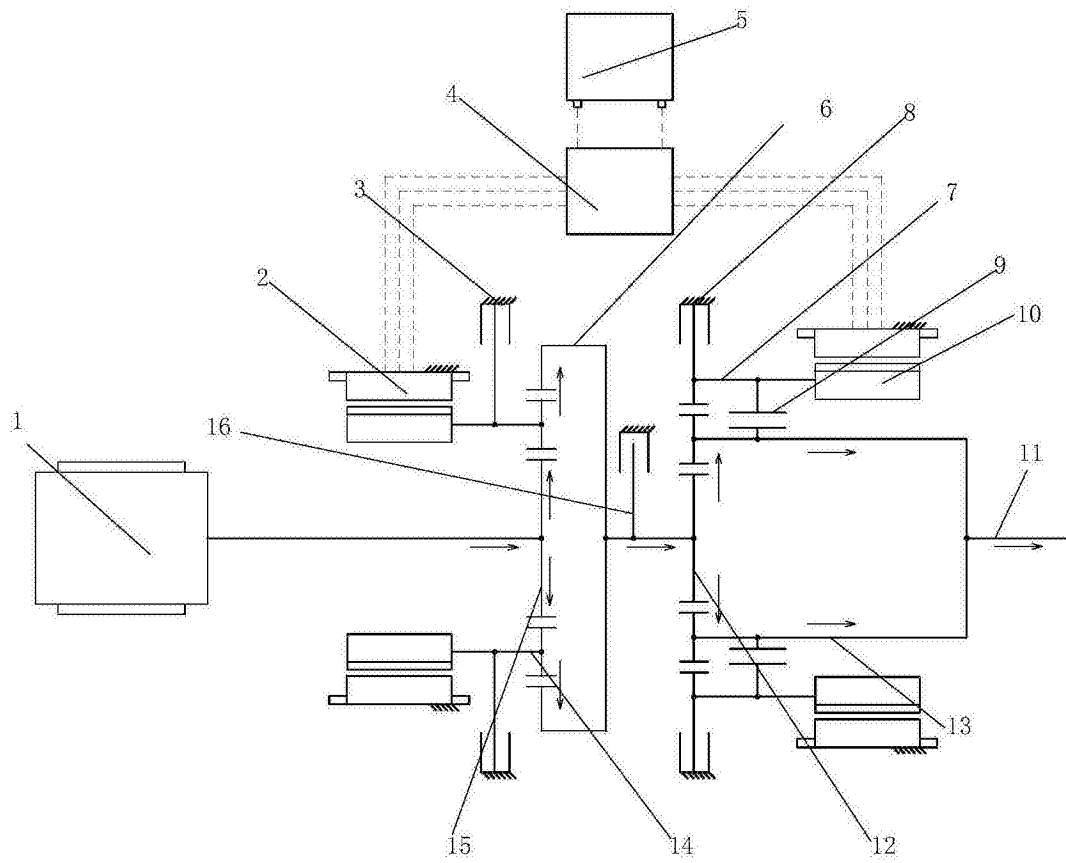


图 10

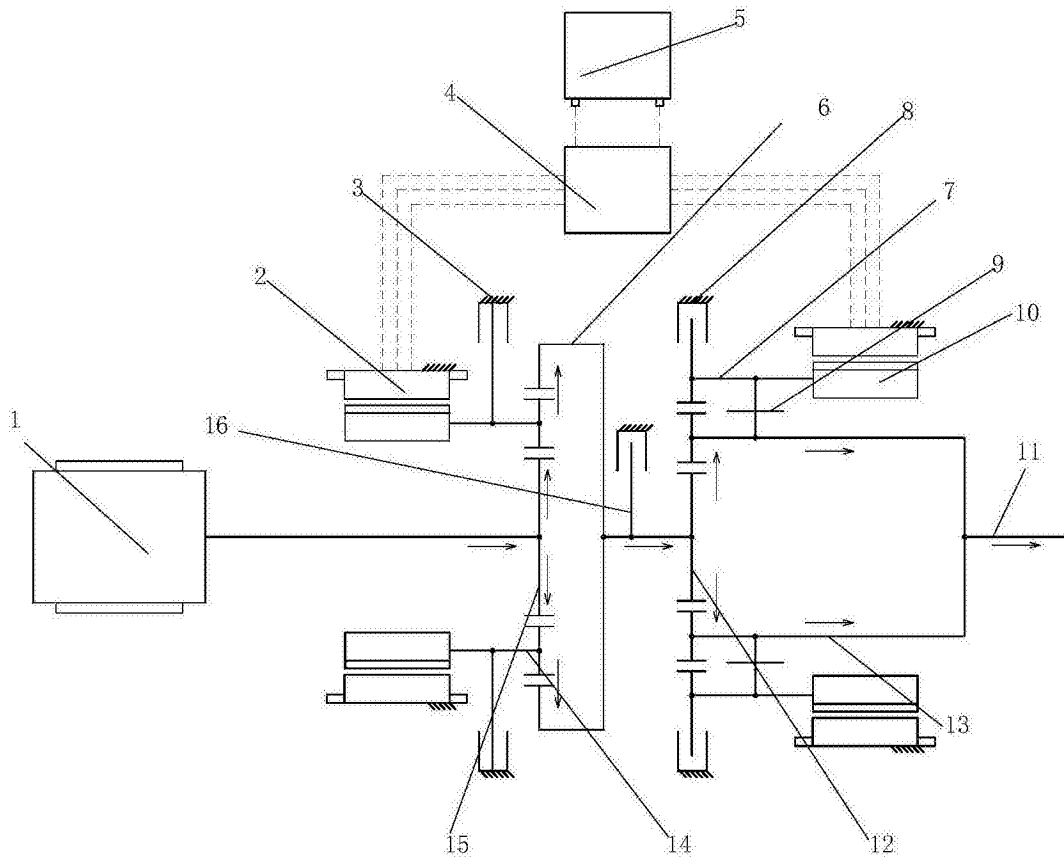


图 11

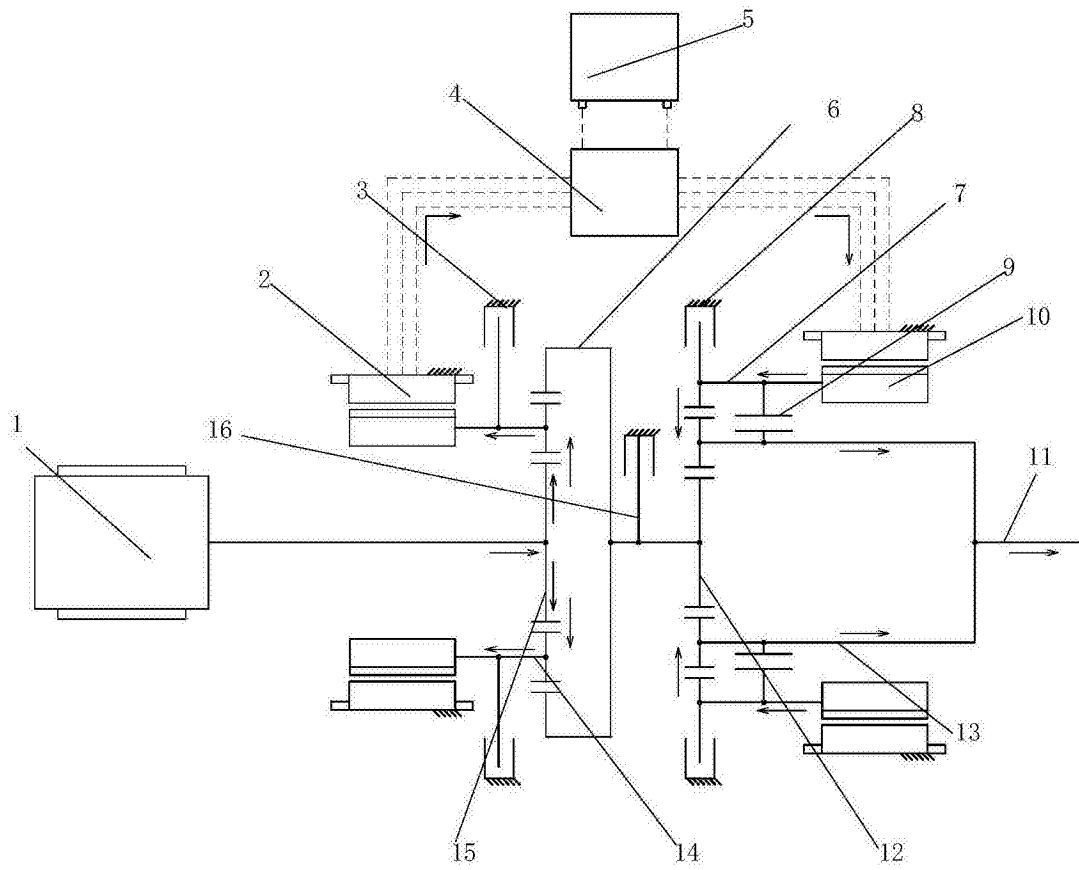


图 12

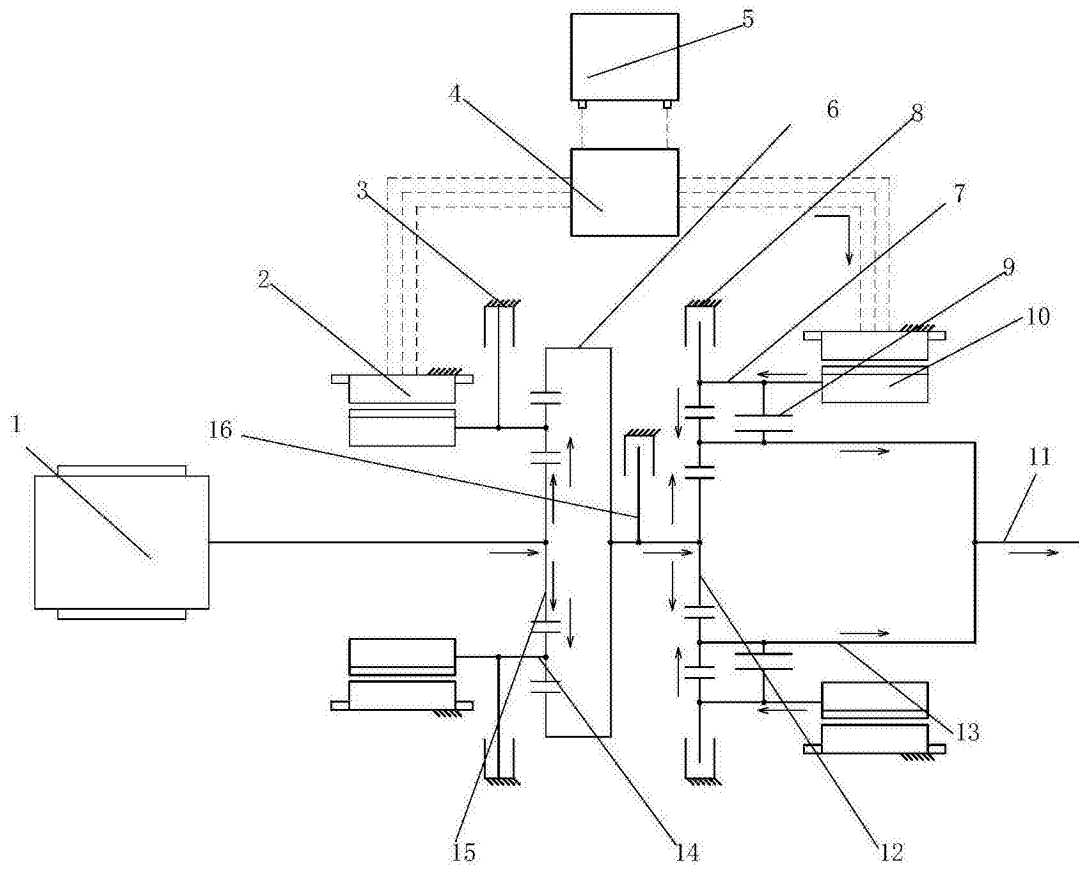


图 13

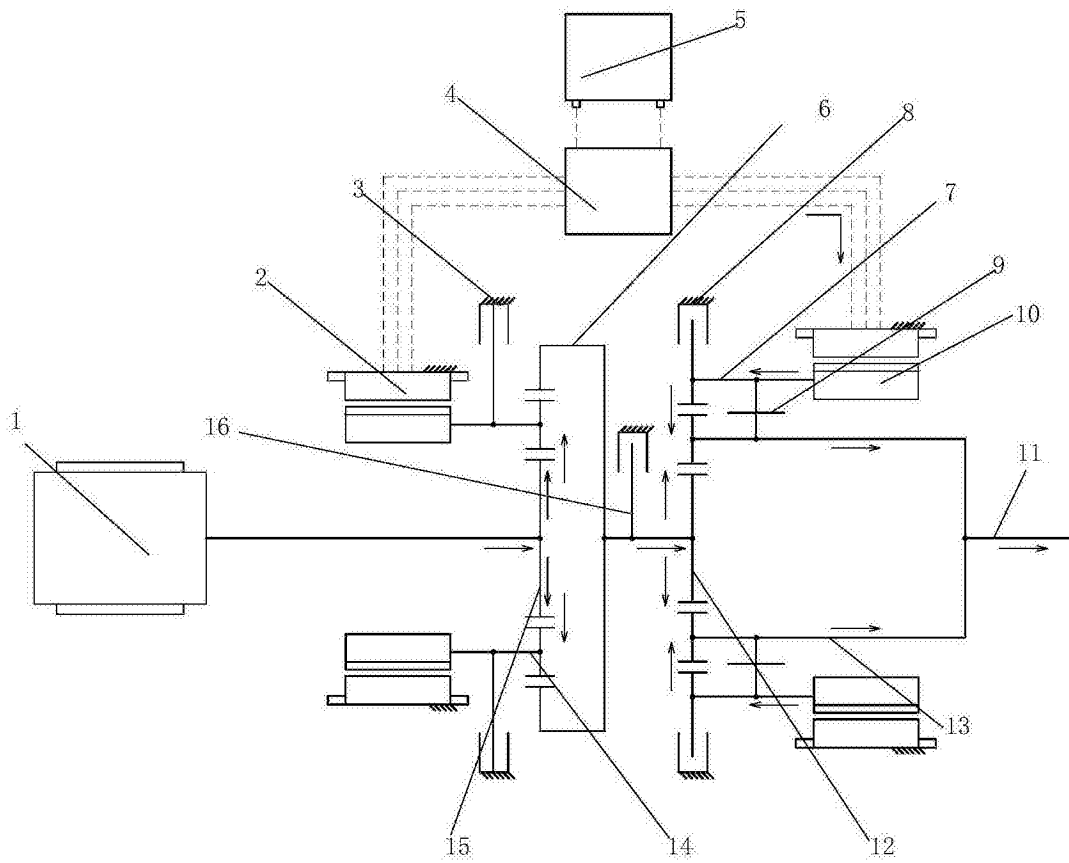


图 14

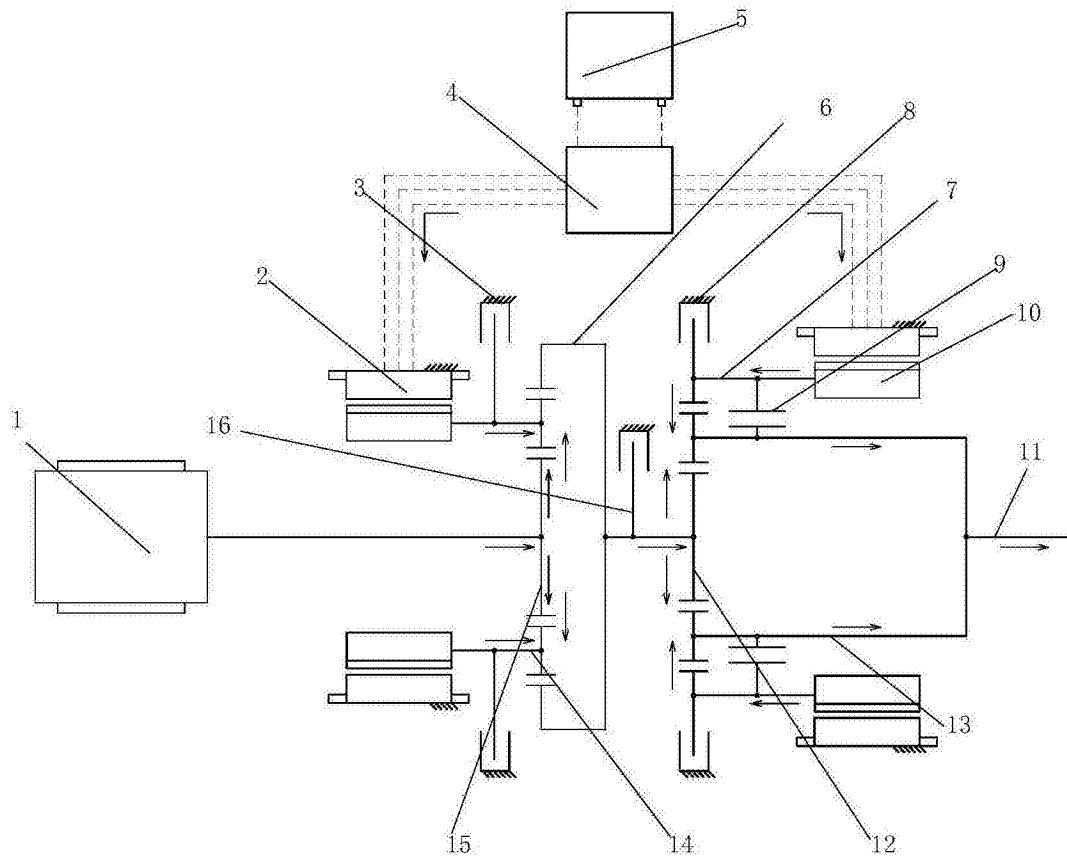


图 15

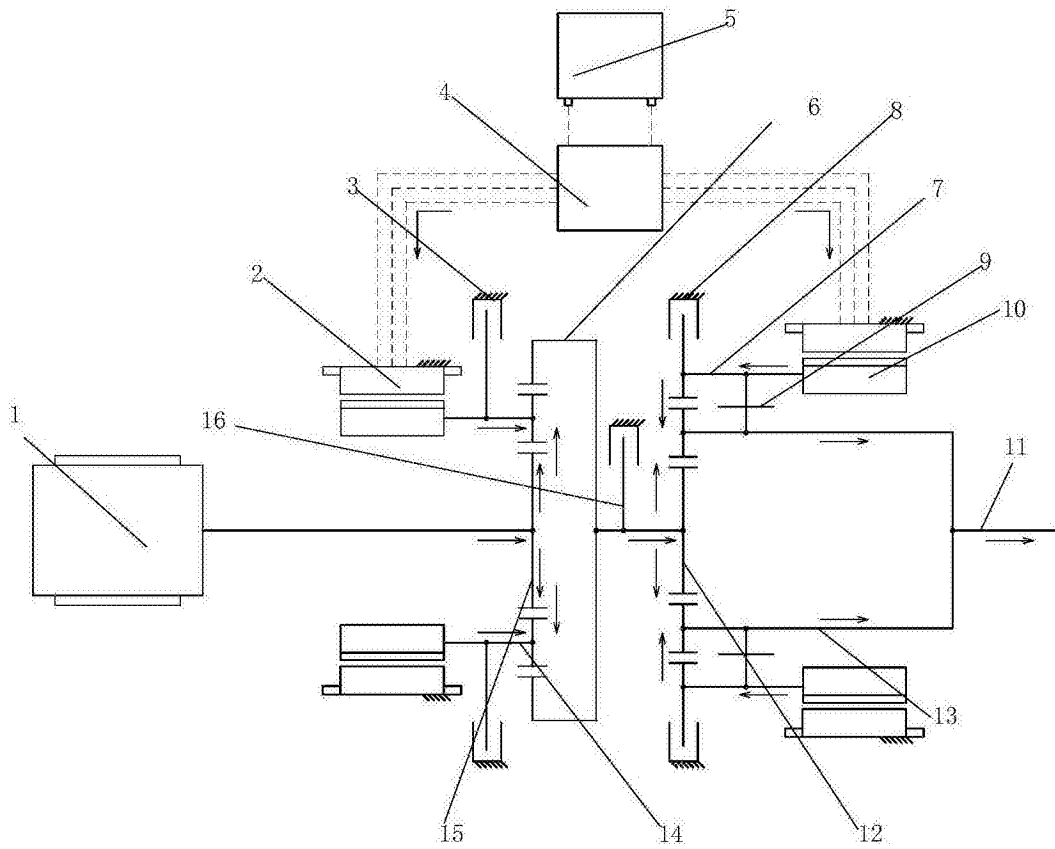


图 16

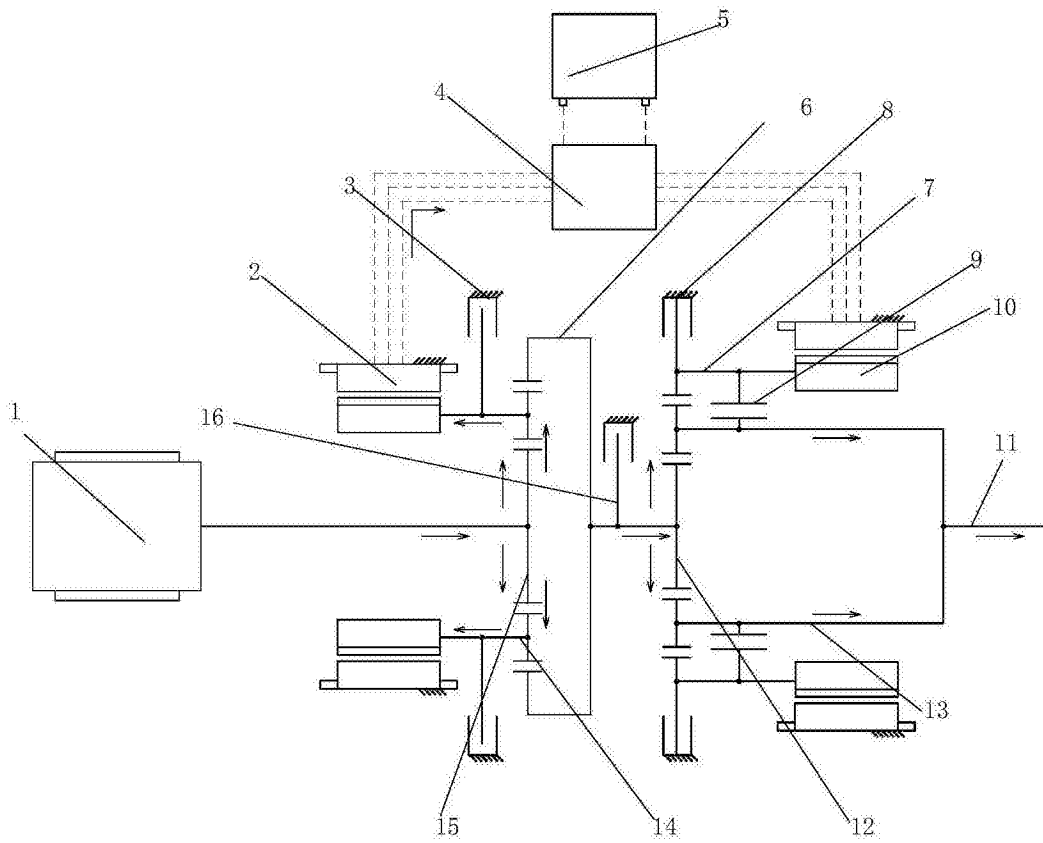


图 17

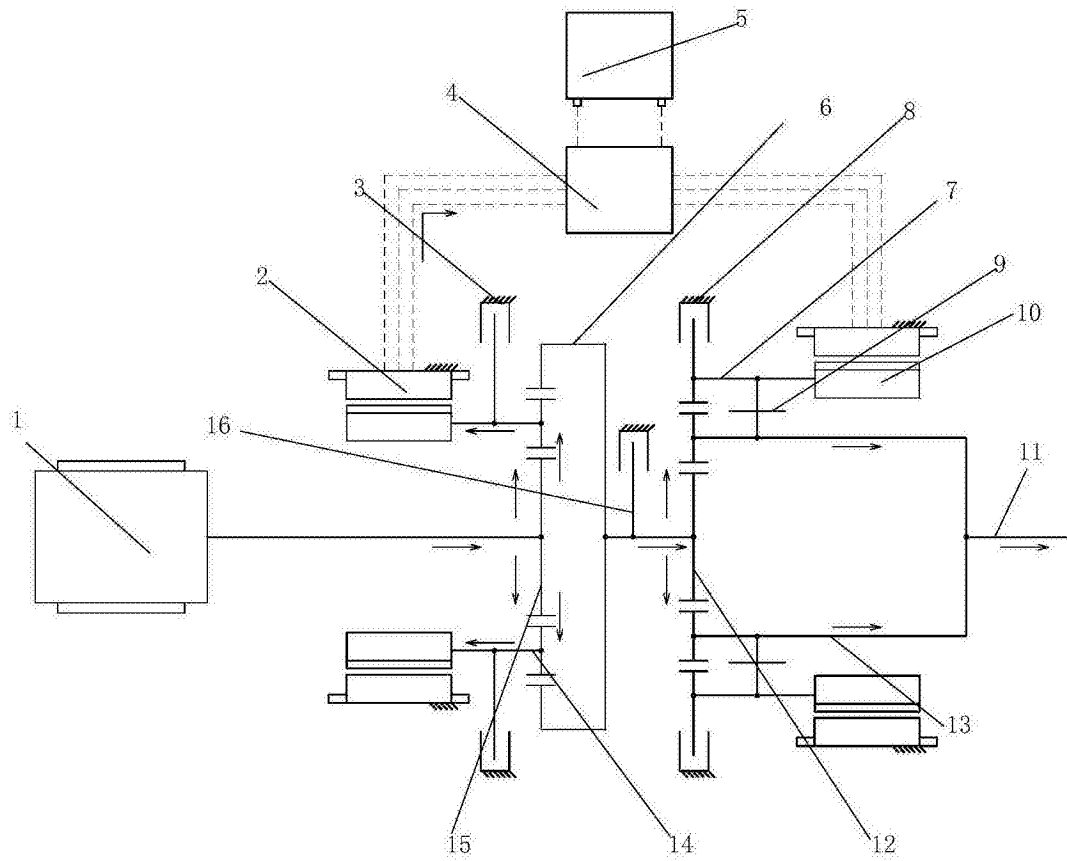


图 18

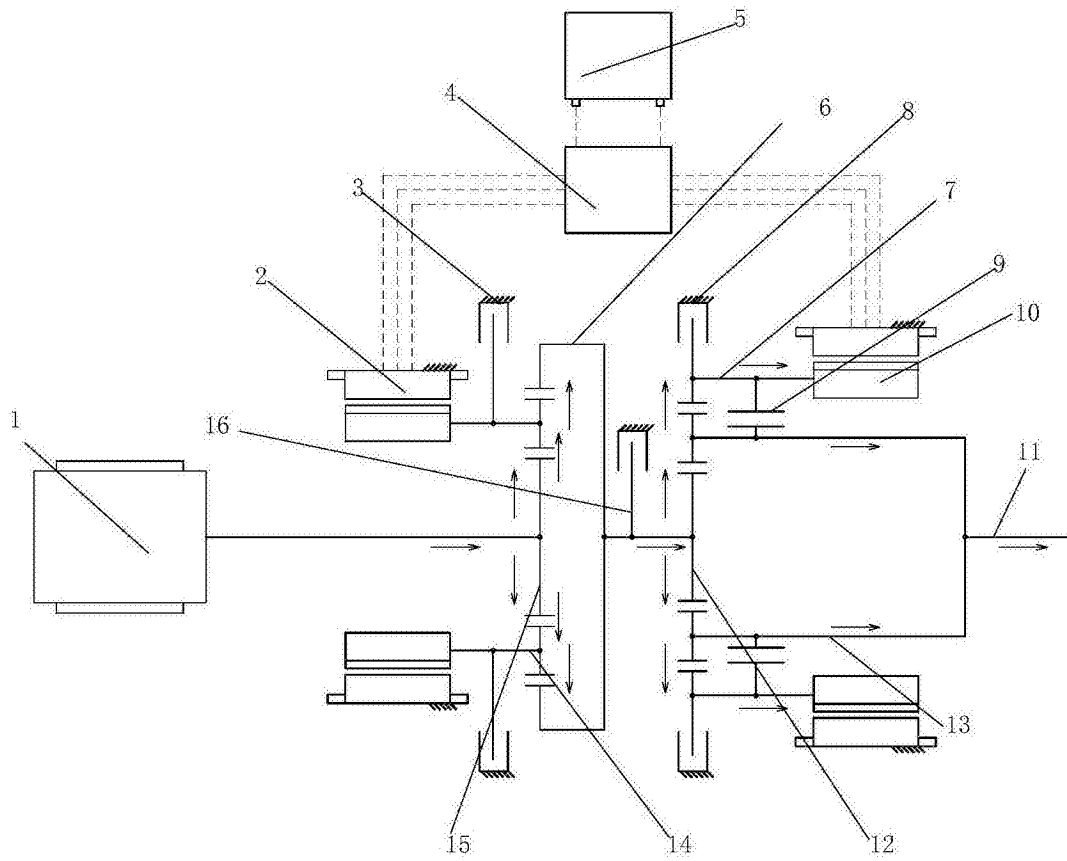


图 19

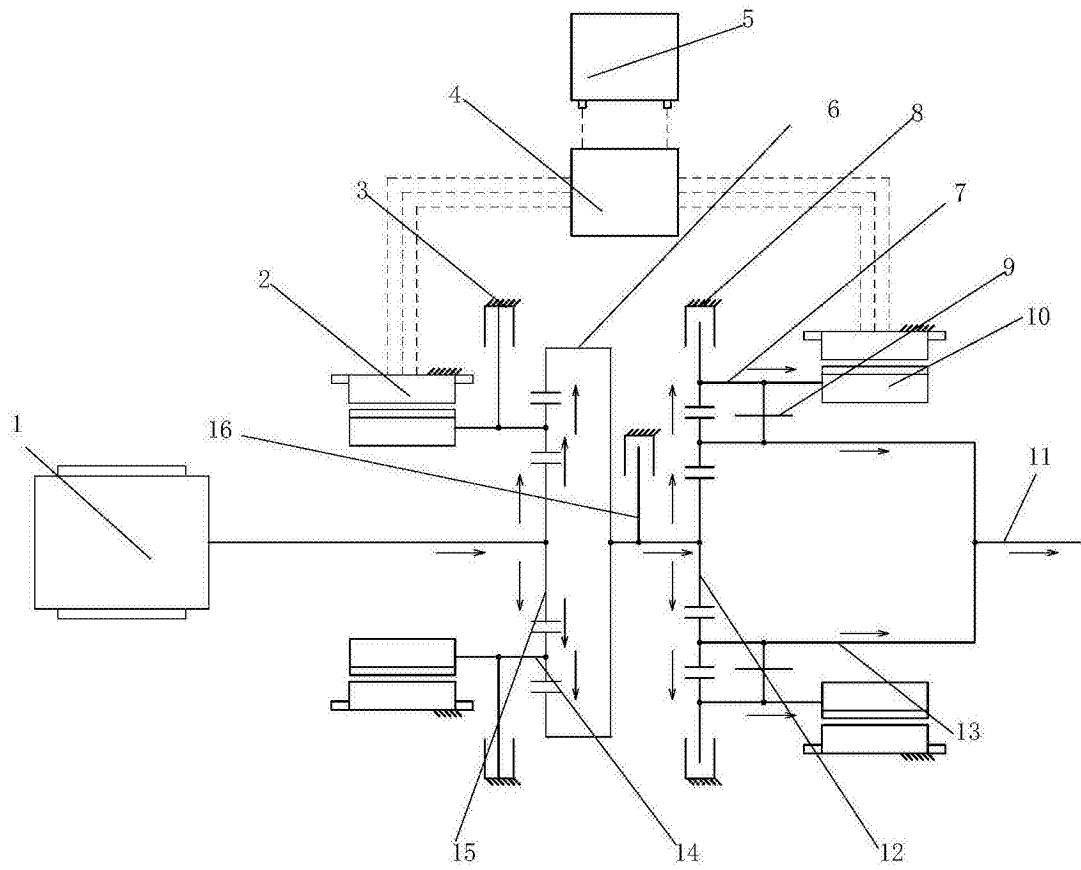


图 20

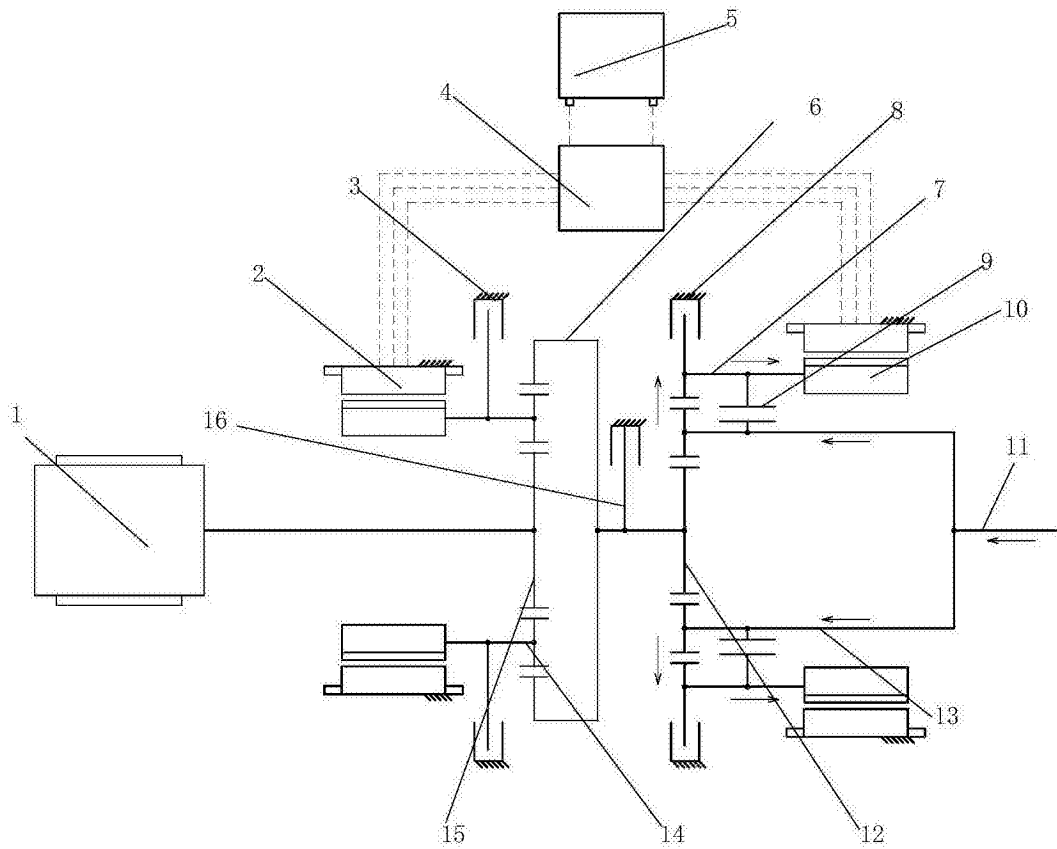


图 21

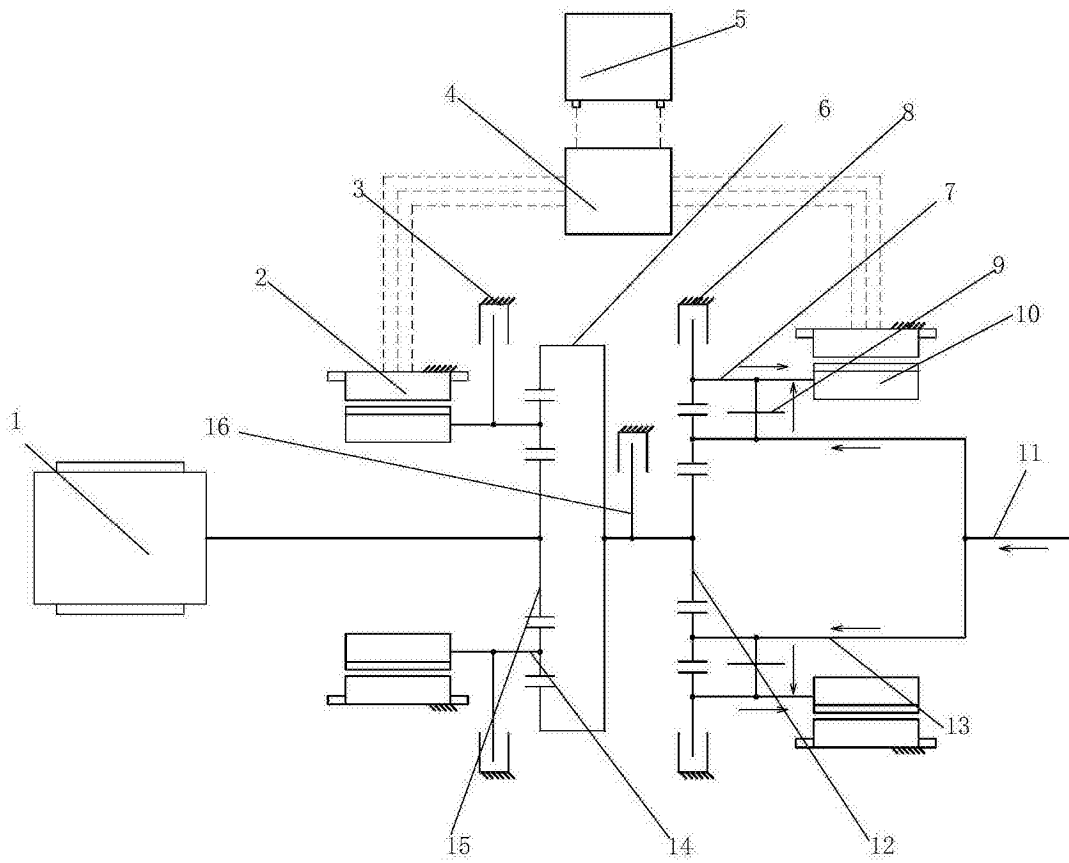


图 22

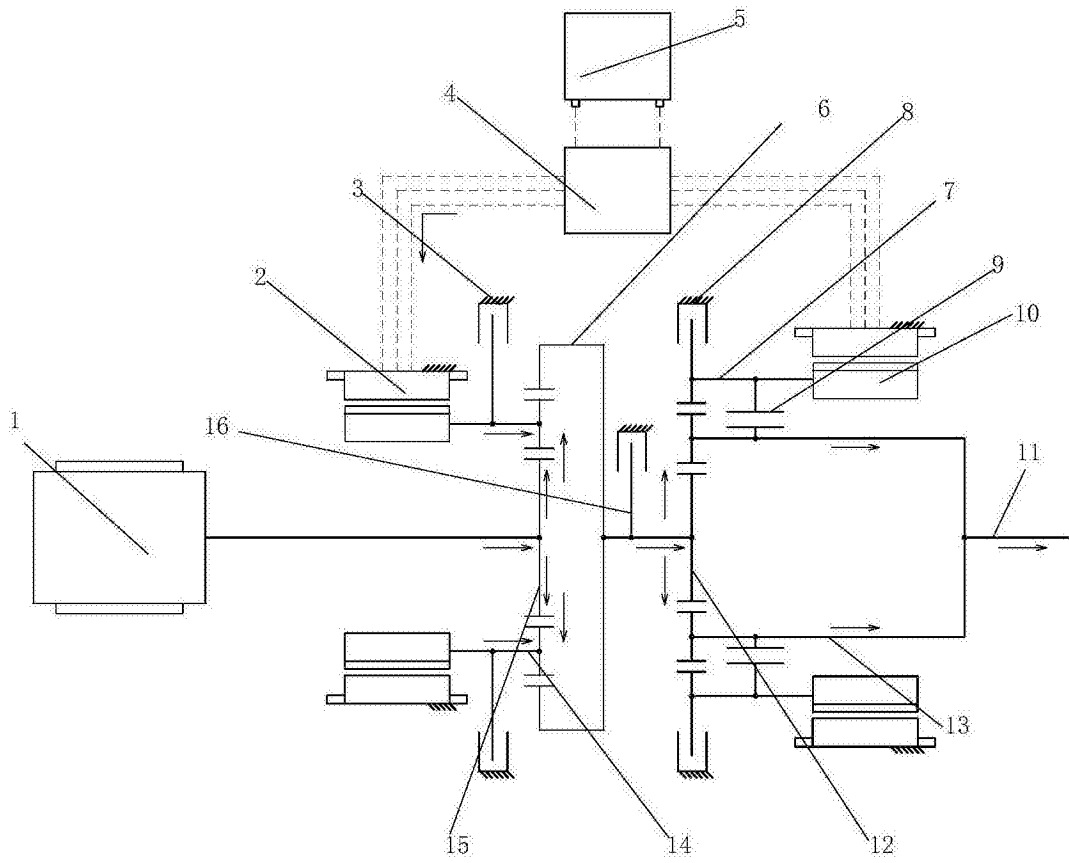


图 23

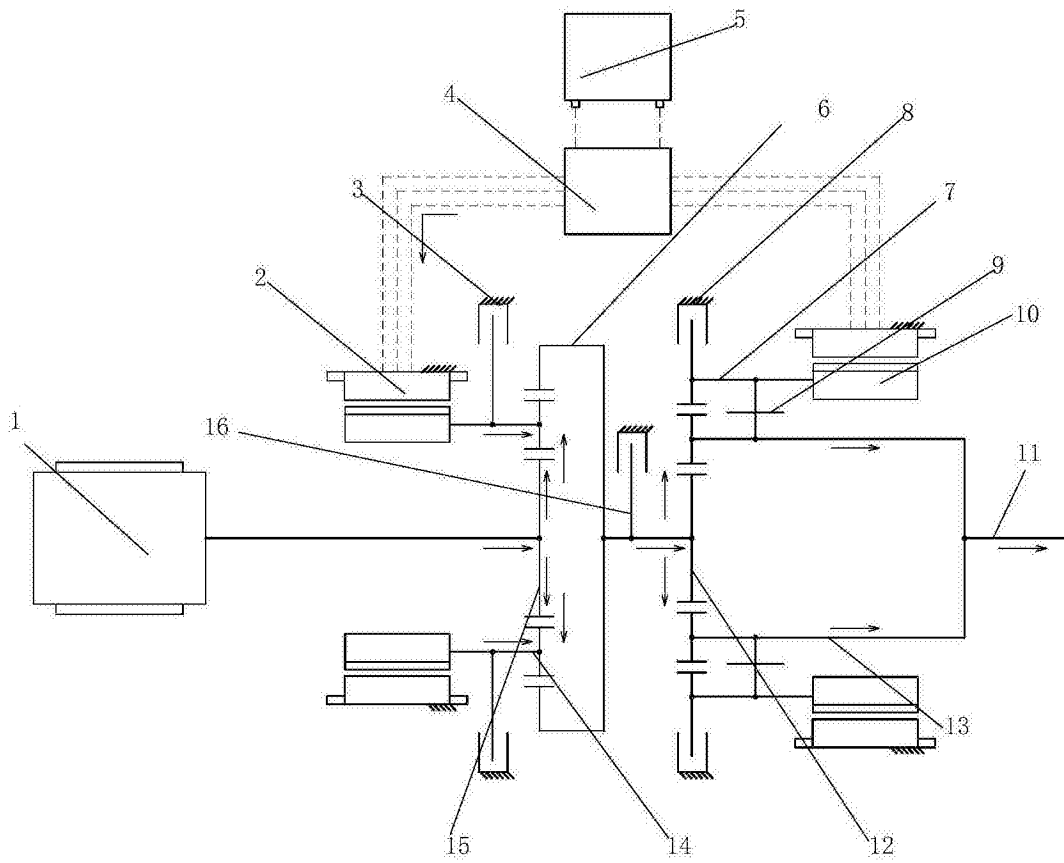


图 24

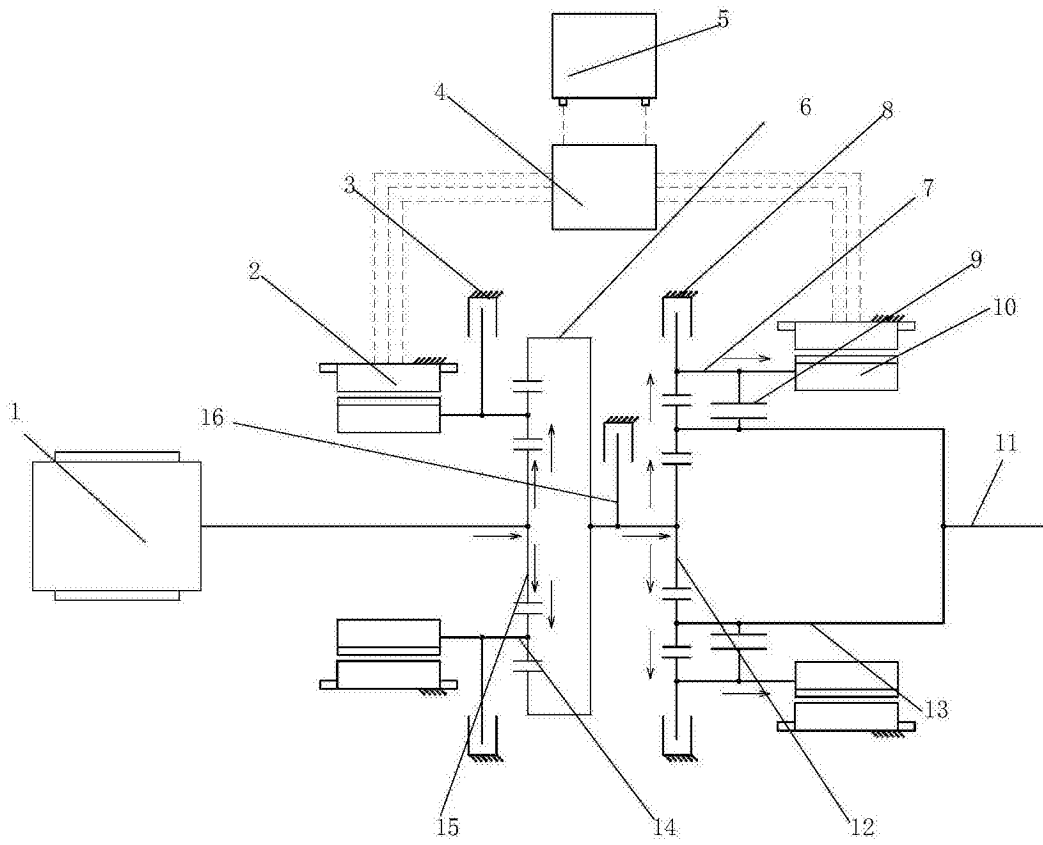


图 25

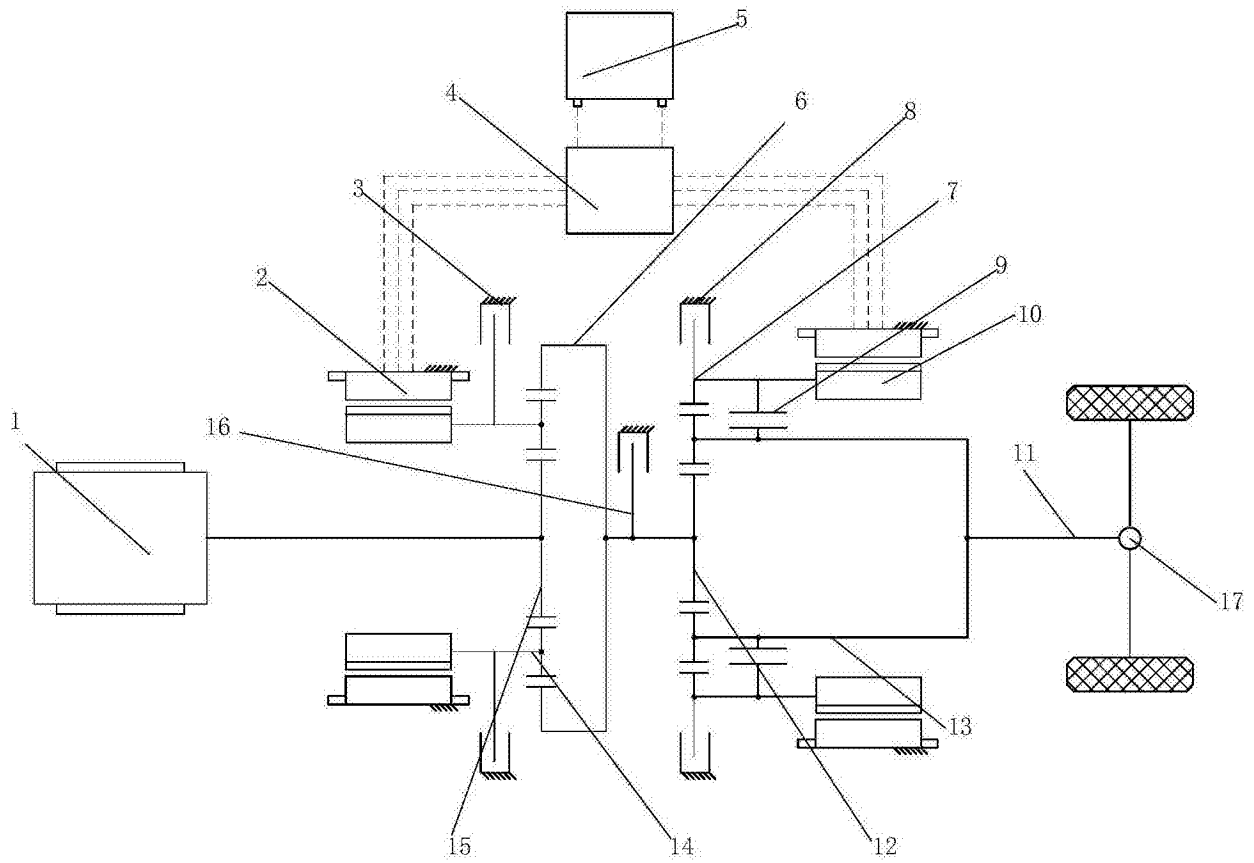


图 26