



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 111688470 B

(45) 授权公告日 2021. 11. 09

(21) 申请号 202010392214.3

B60K 6/54 (2007.01)

(22) 申请日 2020.05.11

B60L 50/62 (2019.01)

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 111688470 A

(56) 对比文件

DE 102010030571 A1, 2011.12.29

CN 102597572 A, 2012.07.18

(43) 申请公布日 2020.09.22

CN 107089130 A, 2017.08.25

(73) 专利权人 同济大学

JP 2003232412 A, 2003.08.22

地址 200092 上海市杨浦区四平路1239号

DE 102011088385 A1, 2013.06.13

(72) 发明人 赵治国 黄琪琪 付十豪

US 2002088288 A1, 2002.07.11

(74) 专利代理机构 上海科盛知识产权代理有限公司 31225

审查员 孟栋

代理人 王怀瑜

(51) Int. Cl.

B60K 6/26 (2007.10)

B60K 6/48 (2007.01)

B60K 6/36 (2007.10)

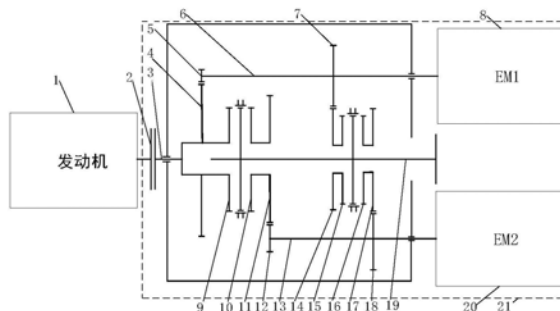
权利要求书3页 说明书10页 附图9页

(54) 发明名称

一种串并联构型插电式混合动力系统及其控制方法

(57) 摘要

本发明涉及一种串并联构型插电式混合动力系统及其控制方法,系统包括发动机、第一驱动电机、第二驱动电机、动力蓄电池、输入轴、第一中间轴、第二中间轴和输出轴,输入轴依次连接有第一齿轮、第一同步器;输出轴的一端依次连接有第二同步器、第七齿轮、第四齿轮、第三同步器、第四同步器和第五齿轮,另一端用于驱动车辆行驶;第一中间轴依次连接有第二齿轮、第三齿轮和第一驱动电机;第二中间轴依次连接有第八齿轮、第六齿轮和第二驱动电机;第一驱动电机和第二驱动电机均连接动力蓄电池;发动机通过离合器连接输入轴。与现有技术相比,本发明能防止发动机倒拖,具有工作效率高、响应快、燃油经济性好等优点。



1. 一种串并联构型插电式混合动力系统,其特征在于,包括发动机(1)、第一驱动电机(8)、第二驱动电机(20)、动力蓄电池、输入轴(3)、第一中间轴(6)、第二中间轴(13)和输出轴(19);

所述输入轴(3)依次连接有第一齿轮(4)、第一同步器(9),所述第一齿轮(4)连接所述第一同步器(9);

所述输出轴(19)的一端依次连接有第二同步器(10)、第七齿轮(11)、第四齿轮(14)、第三同步器(15)、第四同步器(16)和第五齿轮(17),另一端用于驱动车辆行驶,所述第二同步器(10)连接所述第七齿轮(11),所述第四齿轮(14)连接所述第三同步器(15),所述第四同步器(16)连接所述第五齿轮(17);

所述第一中间轴(6)依次连接有第二齿轮(5)和第三齿轮(7),所述第三齿轮(7)还连接所述第一驱动电机(8),所述第二齿轮(5)与所述第一齿轮(4)传动连接,所述第三齿轮(7)与所述第四齿轮(14)传动连接;

所述第二中间轴(13)依次连接有第八齿轮(12)和第六齿轮(18),所述第六齿轮(18)还连接所述第二驱动电机(20),所述第八齿轮(12)与所述第七齿轮(11)传动连接,所述第六齿轮(18)与所述第五齿轮(17)传动连接,所述第一驱动电机(8)和所述第二驱动电机(20)均连接所述动力蓄电池;

所述发动机(1)通过离合器(2)连接所述输入轴(3);

所述第一驱动电机(8)和所述第二驱动电机(20)均为电动和发电一体机;

所述串并联构型插电式混合动力系统的工作模式包括:制动回馈模式和停车发电模式;

当车辆处于制动状态,且车速高于设定的临界车速时,所述串并联构型插电式混合动力系统处于制动回馈模式;

当所述动力蓄电池电量小于设定的第四电量百分比时,所述串并联构型插电式混合动力系统处于停车发电模式;

所述制动回馈模式包括:

制动回馈模式1:所述离合器(2)分离,所述第四同步器(16)或所述第二同步器(10)接合,所述第一驱动电机(8)作为发电机为动力蓄电池充电;

制动回馈模式2:所述离合器(2)分离;所述第一同步器(9)和所述第四同步器(16)均接合,或者所述第二同步器(10)和所述第三同步器(15)均接合,所述第一驱动电机(8)、所述第二驱动电机(20)均作为发电机为动力蓄电池充电;

所述停车发电模式具体为,所述离合器(2)接合,所述第一同步器(9)、第二同步器(10)、第三同步器(15)和第四同步器(16)均分离,所述发动机(1)工作,所述第一驱动电机(8)作为发电机为动力蓄电池充电。

2. 根据权利要求1所述的一种串并联构型插电式混合动力系统,其特征在于,所述第二齿轮(5)、第三齿轮(7)、第一驱动电机(8)均与所述第一中间轴(6)同轴连接,所述第六齿轮(18)、第八齿轮(12)、第二驱动电机(20)均与所述第二中间轴(13)同轴连接,所述第四齿轮(14)与所述第三同步器(15)同轴连接,所述第五齿轮(17)与所述第四同步器(16)同轴连接,所述第七齿轮(11)与所述第二同步器(10)同轴连接,所述第一齿轮(4)、第一同步器(9)、离合器(2)、发动机(1)均与所述输入轴(3)同轴连接。

3. 根据权利要求1所述的一种串并联构型插电式混合动力系统,其特征在于,所述离合器(2)为电控电动式离合器(2),所述第一同步器(9)、第二同步器(10)、第三同步器(15)和第四同步器(16)均为电控电动式同步器。

4. 根据权利要求1所述的一种串并联构型插电式混合动力系统,其特征在于,所述串并联构型插电式混合动力系统的工作模式包括:单电机纯电动模式和/或双电机纯电动模式,所述单电机纯电动模式包括:

单电机纯电动模式1:所述离合器(2)分离,所述第一同步器(9)接合,所述发动机(1)和所述第二驱动电机(20)不工作,所述第一驱动电机(8)工作;

单电机纯电动模式2:所述离合器(2)分离,所述第三同步器(15)接合,所述发动机(1)和所述第二驱动电机(20)不工作,所述第一驱动电机(8)工作;

单电机纯电动模式3:所述离合器(2)分离,所述第二同步器(10)接合,所述发动机(1)和所述第一驱动电机(8)不工作,所述第二驱动电机(20)工作;

单电机纯电动模式4:所述离合器(2)分离,所述第四同步器(16)接合,所述发动机(1)和所述第一驱动电机(8)不工作,所述第二驱动电机(20)工作;

所述双电机纯电动模式包括:

双电机纯电动模式1:所述离合器(2)分离,所述第一同步器(9)和所述第四同步器(16)接合,所述发动机(1)不工作,所述第一驱动电机(8)和所述第二驱动电机(20)工作;

双电机纯电动模式2:所述离合器(2)分离,所述第二同步器(10)和所述第三同步器(15)接合,所述发动机(1)不工作,所述第一驱动电机(8)和所述第二驱动电机(20)工作。

5. 根据权利要求1所述的一种串并联构型插电式混合动力系统,其特征在于,所述串并联构型插电式混合动力系统的工作模式包括:单电机并联模式和/或双电机并联模式;所述单电机并联模式包括:

单电机并联模式1:所述离合器(2)接合,所述第一同步器(9)接合,所述第二驱动电机(20)不工作,所述发动机(1)和所述第一驱动电机(8)工作;

单电机并联模式2:所述离合器(2)接合,所述第三同步器(15)接合,所述第二驱动电机(20)不工作,所述发动机(1)和所述第一驱动电机(8)工作;

所述双电机并联模式包括:

双电机并联模式1:所述离合器(2)接合,所述第一同步器(9)和所述第四同步器(16)均接合,所述发动机(1)、第一驱动电机(8)和第二驱动电机(20)均工作;

双电机并联模式2:所述离合器(2)接合,所述第二同步器(10)和所述第三同步器(15)均接合,所述发动机(1)、第一驱动电机(8)和第二驱动电机(20)均工作。

6. 根据权利要求1所述的一种串并联构型插电式混合动力系统,其特征在于,所述串并联构型插电式混合动力系统的工作模式包括:发动机驱动模式:

发动机驱动模式1:所述离合器(2)接合,所述第一同步器(9)接合,所述第一驱动电机(8)和所述第二驱动电机(20)均不工作,所述发动机(1)工作;

发动机驱动模式2:所述离合器(2)接合,所述第三同步器(15)接合,所述第一驱动电机(8)和所述第二驱动电机(20)均不工作,所述发动机(1)工作。

7. 根据权利要求1所述的一种串并联构型插电式混合动力系统,其特征在于,所述串并联构型插电式混合动力系统的工作模式包括:增程模式:

增程模式1:所述离合器(2)接合,所述第二同步器(10)接合,所述发动机(1)和所述第二驱动电机(20)均工作,所述第一驱动电机(8)作为发电机为动力蓄电池充电;

增程模式2:所述离合器(2)接合,所述第四同步器(16)接合,所述发动机(1)和所述第二驱动电机(20)均工作,所述第一驱动电机(8)作为发电机为动力蓄电池充电。

8.一种如权利要求1所述的一种串并联构型插电式混合动力系统的控制方法,其特征在于,所述控制方法具体为,

当所述动力蓄电池电量大于设定的第一电量百分比,且车辆处于起步或低速行驶状态时,所述串并联构型插电式混合动力系统处于单电机纯电动模式,当车辆速度低于设定的第一速度时,该车辆处于低速行驶状态;

当所述动力蓄电池电量大于设定的第一电量百分比,且车辆处于中高速行驶状态时,所述串并联构型插电式混合动力系统处于双电机纯电动模式或单电机并联模式,当车辆速度大于设定的第二速度小于设定的第三速度时,该车辆处于中高速行驶状态;

当所述动力蓄电池电量大于设定的第一电量百分比,且车辆处于爬坡或加速状态时,所述串并联构型插电式混合动力系统处于双电机并联模式;

当所述动力蓄电池电量小于设定的第二电量百分比且大于设定的第三电量百分比时,所述串并联构型插电式混合动力系统处于增程模式;

当所述动力蓄电池发生故障,或车辆处于高速行驶状态时,所述串并联构型插电式混合动力系统处于发动机驱动模式,当车辆速度大于设定的第四速度时,该车辆处于高速行驶状态;

当车辆处于制动状态,且车速高于设定的临界车速时,所述串并联构型插电式混合动力系统处于制动回馈模式;

当所述动力蓄电池电量小于设定的第四电量百分比时,所述串并联构型插电式混合动力系统处于停车发电模式。

## 一种串并联构型插电式混合动力系统及其控制方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及串并联构型插电式混合动力系统领域,尤其是涉及一种串并联构型插电式混合动力系统及其控制方法。

### 背景技术

[0002] 为克服目前动力蓄电池能量密度低所造成的纯电动汽车续驶里程短等问题,插电式混合动力技术已成为各车企应对日益严苛的油耗限值和排放法规的必然选择。而插电式混合动力系统包括串联式(增程式)、并联式、功率分流混联式、串并联混联式四种构型。串联式构型以通用沃蓝达和广汽传祺GA5为代表,该构型虽结构简单,但能量转化效率低、动力性较差。并联式构型以大众GTE、比亚迪秦等为代表,但由于只有一台电机,车辆无法在充电的同时驱动整车。功率分流混联式构型以第四代丰田普锐斯、科力远CHS等为代表,节能效果好,但结构和控制复杂。相对而言,串并联式构型综合了串联式构型结构简单和并联式构型动力强劲的优点。

[0003] 目前的串并联构型插电式混合动力系统方案中,主要存在以下几个问题:

[0004] 1、一些方案中发动机与电机直接刚性连接,导致发动机即使在不工作时也存在被倒拖的风险;

[0005] 2、与发动机相连的电机仅作为发电机,而不能作为电动机辅助助力,不能充分发挥电机的驱动能力;

[0006] 3、目前的串并联构型插电式混合动力系统的驱动模式有限,难以在各种工况下满足车辆动力需求的同时,仍具有较好的燃油经济性。

### 发明内容

[0007] 本发明的目的就是为了解决上述现有技术存在发动机被倒拖、不能充分发挥电机的驱动能力的缺陷而提供一种串并联构型插电式混合动力系统及其控制方法。

[0008] 本发明的目的可以通过以下技术方案来实现:

[0009] 一种串并联构型插电式混合动力系统,包括发动机、第一驱动电机、第二驱动电机、动力蓄电池、输入轴、第一中间轴、第二中间轴和输出轴;

[0010] 所述输入轴依次连接有第一齿轮、第一同步器,所述第一齿轮连接所述第一同步器;

[0011] 所述输出轴的一端依次连接有第二同步器、第七齿轮、第四齿轮、第三同步器、第四同步器和第五齿轮,另一端用于驱动车辆行驶,所述第二同步器连接所述第七齿轮,所述第四齿轮连接所述第三同步器,所述第四同步器连接所述第五齿轮;

[0012] 所述第一中间轴依次连接有第二齿轮和第三齿轮,所述第三齿轮还连接所述第一驱动电机,所述第二齿轮与所述第一齿轮传动连接,所述第三齿轮与所述第四齿轮传动连接;

[0013] 所述第二中间轴依次连接有第八齿轮和第六齿轮,所述第六齿轮还连接所述第二

驱动电机,所述第八齿轮与所述第七齿轮传动连接,所述第六齿轮与所述第五齿轮传动连接,所述第一驱动电机和所述第二驱动电机均连接所述动力蓄电池;

[0014] 所述发动机通过离合器连接所述输入轴。

[0015] 进一步地,所述第二齿轮、第三齿轮、第一驱动电机均与所述第一中间轴同轴连接,所述第六齿轮、第八齿轮、第二驱动电机均与所述第二中间轴同轴连接,所述第四齿轮与所述第三同步器同轴连接,所述第五齿轮与所述第四同步器同轴连接,所述第七齿轮与所述第二同步器同轴连接,所述第一齿轮、第一同步器、离合器、发动机均与所述输入轴同轴连接。

[0016] 进一步地,所述离合器为电控电动式离合器,所述第一同步器、第二同步器、第三同步器和第四同步器均为电控电动式同步器。

[0017] 进一步地,所述串并联构型插电式混合动力系统的工作模式包括:单电机纯电动模式和/或双电机纯电动模式,所述单电机纯电动模式包括:

[0018] 单电机纯电动模式1:所述离合器分离,所述第一同步器接合,所述发动机和所述第二驱动电机不工作,所述第一驱动电机工作;

[0019] 单电机纯电动模式2:所述离合器分离,所述第三同步器接合,所述发动机和所述第二驱动电机不工作,所述第一驱动电机工作;

[0020] 单电机纯电动模式3:所述离合器分离,所述第二同步器接合,所述发动机和所述第一驱动电机不工作,所述第二驱动电机工作;

[0021] 单电机纯电动模式4:所述离合器分离,所述第四同步器接合,所述发动机和所述第一驱动电机不工作,所述第二驱动电机工作;

[0022] 所述双电机纯电动模式包括:

[0023] 双电机纯电动模式1:所述离合器分离,所述第一同步器和所述第四同步器接合,所述发动机不工作,所述第一驱动电机和所述第二驱动电机工作;

[0024] 双电机纯电动模式2:所述离合器分离,所述第二同步器和所述第三同步器接合,所述发动机不工作,所述第一驱动电机和所述第二驱动电机工作。

[0025] 进一步地,所述串并联构型插电式混合动力系统的工作模式包括单电机并联模式和/或双电机并联模式;

[0026] 所述单电机并联模式包括:

[0027] 单电机并联模式1:所述离合器接合,所述第一同步器接合,所述第二驱动电机不工作,所述发动机和所述第一驱动电机工作;

[0028] 单电机并联模式2:所述离合器接合,所述第三同步器接合,所述第二驱动电机不工作,所述发动机和所述第一驱动电机工作;

[0029] 所述双电机并联模式包括:

[0030] 双电机并联模式1:所述离合器接合,所述第一同步器和所述第四同步器均接合,所述发动机、第一驱动电机和第二驱动电机均工作;

[0031] 双电机并联模式2:所述离合器接合,所述第二同步器和所述第三同步器均接合,所述发动机、第一驱动电机和第二驱动电机均工作;

[0032] 进一步地,所述串并联构型插电式混合动力系统的工作模式包括发动机驱动模式:

[0033] 发动机驱动模式1:所述离合器接合,所述第一同步器接合,所述第一驱动电机和所述第二驱动电机均不工作,所述发动机工作;

[0034] 发动机驱动模式2:所述离合器接合,所述第三同步器接合,所述第一驱动电机和所述第二驱动电机均不工作,所述发动机工作;

[0035] 进一步地,所述第一驱动电机和所述第二驱动电机均为电动/发电一体机。

[0036] 进一步地,所述串并联构型插电式混合动力系统的工作模式包括:增程模式:

[0037] 增程模式1:所述离合器接合,所述第二同步器接合,所述发动机和所述第二驱动电机均工作,所述第一驱动电机作为发电机为动力蓄电池充电;

[0038] 增程模式2:所述离合器接合,所述第四同步器接合,所述发动机和所述第二驱动电机均工作,所述第一驱动电机作为发电机为动力蓄电池充电。

[0039] 进一步地,所述串并联构型插电式混合动力系统的工作模式包括:制动回馈模式和/或停车发电模式;

[0040] 所述制动回馈模式包括:

[0041] 制动回馈模式1:所述离合器分离,所述第四同步器或所述第二同步器接合,所述第一驱动电机作为发电机为动力蓄电池充电;

[0042] 制动回馈模式2:所述离合器分离;所述第一同步器和所述第四同步器均接合,或者所述第二同步器和所述第三同步器均接合,所述第一驱动电机、所述第二驱动电机作为发电机为动力蓄电池充电;

[0043] 所述停车发电模式具体为,所述离合器接合,所述第一同步器、第二同步器、第三同步器和第四同步器均分离,所述发动机工作,所述第一驱动电机作为发电机为动力蓄电池充电。

[0044] 本发明还提供一种如上所述的一种串并联构型插电式混合动力系统的控制方法,所述控制方法具体为,

[0045] 当所述动力蓄电池电量大于设定的第一电量百分比,且车辆处于起步或低速行驶状态时,所述串并联构型插电式混合动力系统处于单电机纯电动模式,当车辆速度低于设定的第一速度时,该车辆处于低速行驶状态;

[0046] 当所述动力蓄电池电量大于设定的第一电量百分比,且车辆处于中高速行驶状态时,所述串并联构型插电式混合动力系统处于双电机纯电动模式或单电机并联模式,当车辆速度大于设定的第二速度小于设定的第三速度时,该车辆处于中高速行驶状态;

[0047] 当所述动力蓄电池电量大于设定的第一电量百分比,且车辆处于爬坡或加速状态时,所述串并联构型插电式混合动力系统处于双电机并联模式;

[0048] 当所述动力蓄电池电量小于设定的第二电量百分比且大于设定的第三电量百分比时,所述串并联构型插电式混合动力系统处于增程模式;

[0049] 当所述动力蓄电池发生故障,或车辆处于高速行驶状态时,所述串并联构型插电式混合动力系统处于发动机驱动模式,当车辆速度大于设定的第四速度时,该车辆处于高速行驶状态;

[0050] 当车辆处于制动状态,且车速高于设定的临界车速时,所述串并联构型插电式混合动力系统处于制动回馈模式;

[0051] 当所述动力蓄电池电量小于设定的第四电量百分比时,所述串并联构型插电式混

合动力系统处于停车发电模式。

[0052] 与现有技术相比,本发明具有以下优点:

[0053] (1) 本发明以双电机取代传统并联构型的单电机,从而可发挥双电机输出转矩较大、工作效率高且响应快的特性;两个驱动电机:第一驱动电机和第二驱动电机均为电动/发电一体机,均可作为动力源,第一驱动电机还可接收发动机的动力发电,从而调节发动机工作点或为动力蓄电池补充电能,充分发挥电机的优势,在制动的时候第一驱动电机和第二驱动电机均可回收能量。

[0054] (2) 本发明在发动机与变速箱输入轴之间设置了离合器,不但可以在离合器接合时,第一驱动电机快速起动发动机,而且可以在发动机不工作时分离离合器,使发动机与变速箱分离,防止发动机倒拖。

[0055] (3) 本发明具有多种工作模式,包括:单电机纯电动模式、双电机纯电动模式、单电机并联模式、双电机并联模式、增程模式、发动机驱动模式、制动回馈模式以及停车发电模式;多种工作模式的合理使用可以让车辆在多种复杂工况下,在满足各种工况车辆动力需求的同时,仍具有较好的燃油经济性。

[0056] (4) 本发明在单电机纯电动模式、双电机纯电动模式、单电机并联模式、双电机并联模式下,电机和发动机具有多种速比,可同时调整电机和发动机的工作点,以充分利用电机和发动机的高效区域,获得较好的燃油经济性。

[0057] (5) 本发明由于设置有第一驱动电机、第二驱动电机、电控电动式离合器和电控电动式同步器,在换挡或者模式切换过程中,驱动电机能发挥其响应迅速的特点来补偿换挡或者模式切换过程的转速和转矩波动,且离合器和同步器执行电机可精确调节其执行机构输出力大小,使整车避免换挡或模式切换冲击问题。

## 附图说明

[0058] 图1为本发明串并联构型插电式混合动力系统的结构示意图;

[0059] 图2为单电机纯电动模式1下的能量传递路线示意图;

[0060] 图3为单电机纯电动模式2下的能量传递路线示意图;

[0061] 图4为单电机纯电动模式3下的能量传递路线示意图;

[0062] 图5为单电机纯电动模式4下的能量传递路线示意图;

[0063] 图6为双电机纯电动模式1下的能量传递路线示意图;

[0064] 图7为双电机纯电动模式2下的能量传递路线示意图;

[0065] 图8为单电机并联模式1下的能量传递路线示意图;

[0066] 图9为单电机并联模式2下的能量传递路线示意图;

[0067] 图10为双电机并联模式1下的能量传递路线示意图;

[0068] 图11为双电机并联模式2下的能量传递路线示意图;

[0069] 图12为增程模式1下的能量传递路线示意图;

[0070] 图13为增程模式2下的能量传递路线示意图;

[0071] 图14为发动机驱动模式1下的能量传递路线示意图;

[0072] 图15为发动机驱动模式2下的能量传递路线示意图;

[0073] 图16为制动回馈模式1下的能量传递路线示意图;



[0074] 图17为制动回馈模式2下的能量传递路线示意图；

[0075] 图18为停车发电模式下的能量传递路线示意图；

[0076] 图中,1、发动机,2、离合器,3、输入轴,4、第一齿轮,5、第二齿轮,6、第一中间轴,7、第三齿轮,8、第一驱动电机,9、第一同步器,10、第二同步器,11、第七齿轮,12、第八齿轮,13、第二中间轴,14、第四齿轮,15、第三同步器,16、第四同步器,17、第五齿轮,18、第六齿轮,19、输出轴,20、第二驱动电机,21、混合动力专用变速箱。

### 具体实施方式

[0077] 下面结合附图和具体实施例对本发明进行详细说明。本实施例以本发明技术方案为前提进行实施,给出了详细的实施方式和具体的操作过程,但本发明的保护范围不限于下述的实施例。

#### [0078] 实施例1

[0079] 本实施例提供一种串并联构型插电式混合动力系统,包括发动机1、第一驱动电机8(EM1)、第二驱动电机20(EM2)、离合器2和变速箱。变速箱包括选换挡齿轮组、同步器组、第一中间轴6、第二中间轴13、输入轴3、输出轴19以及箱体组成;同步器组包括第一同步器9、第二同步器10、第三同步器15、第四同步器16;选换挡齿轮组包括第一齿轮4、第二齿轮5组成的齿轮组、第三齿轮7、第四齿轮14组成的齿轮组、第五齿轮17、第六齿轮18组成的齿轮组和第七齿轮11、第八齿轮12组成的齿轮组;第二齿轮5、第三齿轮7与中间轴1同轴固定连接;第一齿轮4与输入轴3同轴固定连接;第四齿轮14与第三同步器15同轴固定连接;第六齿轮18、第八齿轮12与第二中间轴13同轴固定连接;第五齿轮17与第四同步器16同轴固定连接;第七齿轮11与第二同步器10同轴固定连接;输入轴3与第一同步器9同轴固定连接;输入轴3与中间轴1通过第一齿轮4、第二齿轮5组成的齿轮组连接;输入轴3与输出轴19可通过第一同步器9直连;第一中间轴6与输出轴可通过第一同步器9、第一齿轮4、第二齿轮5组成的齿轮组连接,或者第一中间轴6与输出轴可通过第三同步器15、第三齿轮7、第四齿轮14组成的齿轮组连接;第二中间轴13与输出轴可通过第二同步器10、第七齿轮11、第八齿轮12组成的齿轮组连接,或者,第二中间轴13与输出轴可通过第四同步器16、第五齿轮17、第六齿轮18组成的齿轮组连接;发动机通过离合器2与输入轴同轴连接;第一驱动电机8和第二驱动电机20分别与第一中间轴6和第二中间轴13同轴固定连接。其中,变速箱、第一驱动电机8、第二驱动电机20、离合器2可集成为混合动力专用变速箱21。离合器2和第一同步器9、第二同步器10、第三同步器15、第四同步器16均为电控电动式离合器和电控电动式同步器。

[0080] 本实施例中,与发动机1通过离合器2连接的输入轴3上的传动齿轮为第一齿轮4,与第一驱动电机8相连的第一中间轴6上的传动齿轮从左到右分别为第二齿轮5和第三齿轮7,输出轴6上的传动齿轮从左到右分别为第七齿轮11、第四齿轮14和第五齿轮17,与第二驱动电机20相连的第二中间轴13上的传动齿轮从左到右分别为第八齿轮12和第六齿轮18,第一齿轮4、第二齿轮5、第三齿轮7、第四齿轮14、第五齿轮17、第六齿轮18、第七齿轮11、第八齿轮12的齿数分别设为 $n_1$ 、 $n_2$ 、 $n_3$ 、 $n_4$ 、 $n_5$ 、 $n_6$ 、 $n_7$ 、 $n_8$ 。

[0081] 减速齿轮组之间的传动比分别为 $k_1=n_1/n_2$ , $k_2=n_4/n_3$ , $k_3=n_5/n_6$ , $k_4=n_7/n_8$ , $w_{ENG}$ 、 $w_{EM1}$ 、 $w_{EM2}$ 、 $w_o$ 分别为发动机1、第一驱动电机8、第二驱动电机20和输出轴19的转速, $T_{ENG}$ 、 $T_{EM1}$ 、 $T_{EM2}$ 、 $T_o$ 分别为发动机1、第一驱动电机8、第二驱动电机20和输出轴19的转矩。

[0082] 本实施例中,插电式混合动力系统可实现包括单电机纯电动模式、双电机纯电动模式、单电机并联模式、双电机并联模式、增程模式、发动机驱动模式、制动回馈模式、停车发电模式在内的多种工作模式。

[0083] 本实施例中,单电机纯电动模式的特征在于两电机中任意一电机可实现当动力蓄电池电量充足且需求转矩较小(多为起步或低速行驶)时,根据车辆运行情况来实现高低二挡的调速功能;从而根据车辆动力需求,单电机纯电动模式可实现两电机四挡的传动。当动力蓄电池电量大于设定的第一电量百分比,则动力蓄电池电量充足;当车辆速度低于设定的第一速度时,该车辆处于低速行驶状态;本实施例中,第一电量百分比为80%,第一速度为30km/h。

[0084] 单电机纯电动模式1具体为,当动力蓄电池电量充足且需求转矩较小(多为起步或低速行驶)时,离合器2分离,第一同步器9接合,第一驱动电机8工作,动力蓄电池的能量经第一驱动电机8、第一中间轴6、第二齿轮5和第一齿轮4组成的齿轮组、第一同步器9传递至输出轴19向外输出,最终驱动车辆行驶。其能量传递路线如图2所示,其动力源与输出轴转矩转速关系如下式(1)所示。

$$w_o = \frac{w_{EM1}}{k_1} \quad (1)$$

$$T_o = T_{EM1} \cdot k_1$$

[0086] 单电机纯电动模式2具体为,当动力蓄电池电量充足且需求转矩较小(多为起步或低速行驶)时,离合器2分离,第三同步器15接合,第一驱动电机8工作,动力蓄电池的能量经第一驱动电机8、第一中间轴6、第三齿轮7和第四齿轮14组成的齿轮组、第三同步器15传递至输出轴19向外输出,最终驱动车辆行驶。其能量传递路线如图3所示,其动力源与输出轴转矩转速关系如下式(2)所示。

$$w_o = \frac{w_{EM1}}{k_2} \quad (2)$$

$$T_o = T_{EM1} \cdot k_2$$

[0088] 单电机纯电动模式3具体为,当动力蓄电池电量充足且需求转矩较小(多为起步或低速行驶)时,离合器2分离,第二同步器10接合,第二驱动电机20工作,动力蓄电池的能量经第二驱动电机20、第二中间轴13、第八齿轮12和第七齿轮11组成的齿轮组、第二同步器10传递至输出轴19向外输出,最终驱动车辆行驶。其能量传递路线如图4所示,其动力源与输出轴转矩转速关系如下式(3)所示。

$$w_o = \frac{w_{EM2}}{k_4} \quad (3)$$

$$T_o = T_{EM2} \cdot k_4$$

[0090] 单电机纯电动模式4具体为,当动力蓄电池电量充足且需求转矩较小(多为起步或低速行驶)时,离合器2分离,第四同步器16接合,第二驱动电机20工作,动力蓄电池的能量经第二驱动电机20、第二中间轴13、第六齿轮18和第五齿轮17组成的齿轮组、第四同步器16传递至输出轴19向外输出,最终驱动车辆行驶。其能量传递路线如图5所示,其动力源与输出轴转矩转速关系如下式(4)所示。

$$[0091] \quad \begin{aligned} w_o &= \frac{w_{EM2}}{k_3} \\ T_o &= T_{EM2} \cdot k_3 \end{aligned} \quad (4)$$

[0092] 本实施例中,双电机纯电动模式的特征在于当动力蓄电池电量充足且需求转矩较大(中高速行驶)时,两个驱动电机可充分发挥双电机输出转矩较大、工作效率高的特性,并根据车辆动力需求,双电机纯电动模式可实现高低两挡的调速功能。当车辆速度大于设定的第二速度小于设定的第三速度时,该车辆处于中高速行驶状态;本实施例中第二速度为30km/h,第三速度为60km/h。

[0093] 双电机纯电动模式1具体为,当动力蓄电池电量充足且需求转矩较大(中高速行驶)时,离合器2分离,第一同步器9和第四同步器16接合,第一驱动电机8处于辅助助力状态,动力蓄电池的能量一部分经第一驱动电机8传递至第一中间轴6,再经过第二齿轮5和第一齿轮4组成的齿轮组、第一同步器9传递至输出轴19,另一部分经第二驱动电机20传递至第二中间轴13,再经过第六齿轮18和第五齿轮17组成的齿轮组、第四同步器16传递至输出轴19,两驱动电机转矩耦合,由输出轴输出,最终驱动车辆行驶。其能量传递路线如图6所示,其动力源与输出轴转矩转速关系如下式(5)所示。

$$[0094] \quad \begin{aligned} w_o &= \frac{w_{EM1}}{k_1} = \frac{w_{EM2}}{k_3} \\ T_o &= T_{EM1} \cdot k_1 + T_{EM2} \cdot k_3 \end{aligned} \quad (5)$$

[0095] 双电机纯电动模式2具体为,当动力蓄电池电量充足且需求转矩较大(中高速行驶)时,离合器2分离,第二同步器10和第三同步器15接合,第一驱动电机8处于辅助助力状态,动力蓄电池的能量一部分经第一驱动电机8传递至第一中间轴6,再经过第三齿轮7和第四齿轮14组成的齿轮组、第三同步器15传递至输出轴19,另一部分经第二驱动电机20传递至第二中间轴13,再经过第八齿轮12和第七齿轮11组成的齿轮组、第二同步器10传递至输出轴19,两驱动电机转矩耦合,由输出轴输出,最终驱动车辆行驶。其能量传递路线如图7所示,其动力源与输出轴转矩转速关系如下式(6)所示。

$$[0096] \quad \begin{aligned} w_o &= \frac{w_{EM1}}{k_2} = \frac{w_{EM2}}{k_4} \\ T_o &= T_{EM1} \cdot k_2 + T_{EM2} \cdot k_4 \end{aligned} \quad (6)$$

[0097] 本实施例中,单电机并联模式的特征在于当动力蓄电池电量充足且需求转矩较大(中高速行驶)时,发动机与驱动电机EM1同时工作,发动机发挥其输出功率大的特点,而单电机利用其响应速度快的特性,补偿发动机的输出,实现辅助助力功能,并且该模式可实现高低两挡的调速功能,使发动机运行在高效区间,从而在满足动力性需求的同时,保证整车的舒适性和经济性。

[0098] 单电机并联模式1具体为,当动力蓄电池电量充足且需求转矩较大(中高速行驶)时,离合器2接合,第一同步器9接合,发动机1、第一驱动电机8的转矩在输入轴3耦合,经第一同步器9传递至输出轴19,最终驱动车辆行驶。其能量传递路线如图8所示,其动力源与输出轴转矩转速关系如下式(7)所示。

$$[0099] \quad \begin{aligned} w_o = w_{ENG} &= \frac{w_{EM1}}{k_1} \\ T_o &= T_{ENG} + T_{EM1} \cdot k_1 \end{aligned} \quad (7)$$

[0100] 单电机并联模式2具体为,当动力蓄电池电量充足且需求转矩较大(中高速行驶)时,离合器2接合,第三同步器15接合,发动机1、第一驱动电机8的转矩在第一中间轴6耦合,经第三齿轮7和第四齿轮14组成的齿轮组、第三同步器15传递至输出轴19,最终驱动车辆行驶。其能量传递路线如图9所示,其动力源与输出轴转矩转速关系如下式(8)所示。

$$[0101] \quad \begin{aligned} w_o &= \frac{w_{ENG} \cdot k_1}{k_2} = \frac{w_{EM1}}{k_2} \\ T_o &= \frac{T_{ENG} \cdot k_2}{k_1} + T_{EM2} \cdot k_2 \end{aligned} \quad (8)$$

[0102] 本实施例中,双电机并联模式的特征在于当动力蓄电池电量充足且需求转矩大(爬坡或加速)时,发动机与双电机同时工作,充分发挥三个动力源输出扭矩大的特性,满足汽车的动力性需求,并且可实现两挡变速,使汽车适应更多的工况需求。

[0103] 双电机并联模式1具体为,当动力蓄电池电量充足且需求转矩大(爬坡或加速)时,离合器2闭合,第一同步器9和第四同步器16接合,发动机1、第一驱动电机8、第二驱动电机20均工作,发动机1的转矩经离合器2,与第一驱动电机8输出的转矩在输入轴3处耦合,经第一同步器9传递至输出轴19,第二驱动电机20的转矩经第六齿轮18和第五齿轮17组成的齿轮组、第四同步器16传递至输出轴19,最终驱动车辆行驶。其能量传递路线如图10所示,其动力源与输出轴转矩转速关系如下式(9)所示。

$$[0104] \quad \begin{aligned} w_o = w_{ENG} &= \frac{w_{EM1}}{k_1} = \frac{w_{EM2}}{k_3} \\ T_o &= T_{ENG} + T_{EM1} \cdot k_1 + T_{EM2} \cdot k_3 \end{aligned} \quad (9)$$

[0105] 双电机并联模式2具体为,当动力蓄电池电量充足且需求转矩大(爬坡或加速)时,离合器2闭合,第二同步器10和第三同步器15接合,发动机1、第一驱动电机8、第二驱动电机20均工作,发动机1的转矩经离合器2,与第一驱动电机8传递的转矩在第一中间轴6处耦合,经第三齿轮7和第四齿轮14组成的齿轮组、第三同步器15传递至输出轴19,第二驱动电机20的转矩经第二中间轴13、12第七齿轮11和11第八齿轮12组成的齿轮组、第二同步器10传递至输出轴19,最终驱动车辆行驶。其能量传递路线如图11所示,其动力源与输出轴转矩转速关系如下式(10)所示。

$$[0106] \quad \begin{aligned} w_o &= \frac{w_{ENG} \cdot k_1}{k_2} = \frac{w_{EM1}}{k_2} = \frac{w_{EM2}}{k_4} \\ T_o &= \frac{T_{ENG} \cdot k_2}{k_1} + T_{EM1} \cdot k_2 + T_{EM2} \cdot k_4 \end{aligned} \quad (10)$$

[0107] 本实施例中,增程模式的特征在于当动力蓄电池电量不足时,驱动电机EM1可将发动机输出的机械能转化为电能给动力蓄电池充电,使驱动电机EM2可以驱动整车,从而有效增加了汽车的续航里程,并且可实现两挡变速,使汽车适应更多的工况需求。当动力蓄电池电量小于设定的第二电量百分比且大于设定的第三电量百分比时,动力蓄电池电量不足;

本实施例中第二电量百分比为80%，第三电量百分比为30%。

[0108] 增程模式1具体为，当动力蓄电池电量不足时，离合器2接合，第二同步器10结合，发动机1的机械能经离合器2、输入轴3、第一齿轮4和第二齿轮5组成的齿轮组、第一中间轴6传递至第一驱动电机8，第一驱动电机8将机械能转化为电能，并为动力蓄电池充电。同时，动力蓄电池的能量经第二驱动电机20、第八齿轮12和第七齿轮11组成的齿轮组、第二同步器10传递至输出轴19，最终驱动车辆行驶。其能量传递路线如图12所示，其动力源与输出轴转矩转速关系如下式(11)所示。

$$[0109] \quad \begin{aligned} w_o &= \frac{w_{EM2}}{k_4} \\ T_o &= T_{EM2} \cdot k_4 \end{aligned} \quad (11)$$

[0110] 增程模式2具体为，当动力蓄电池电量不足时，离合器2接合，第四同步器16结合，发动机1的机械能经离合器2、输入轴3、第一齿轮4和第二齿轮5组成的齿轮组、第一中间轴6传递至第一驱动电机8，第一驱动电机8将机械能转化为电能，并为动力蓄电池充电。同时，动力蓄电池的能量经第二驱动电机20、第六齿轮18和第五齿轮17组成的齿轮组、第四同步器16传递至输出轴19，最终驱动车辆行驶。其能量传递路线如图13所示，其动力源与输出轴转矩转速关系如下式(12)所示。

$$[0111] \quad \begin{aligned} w_o &= \frac{w_{EM2}}{k_3} \\ T_o &= T_{EM2} \cdot k_3 \end{aligned} \quad (12)$$

[0112] 本实施例中，发动机驱动模式的特征在于当高速运行或动力蓄电池发生故障时，发动机可以直接驱动整车，从而避免了抛锚拖车，并且可实现高低二挡的调速功能，使发动机能适应更多的工况需求。当车辆速度大于设定的第四速度时，该车辆处于高速行驶状态；本实施例中，第四速度为60km/h。

[0113] 发动机驱动模式1具体为，当高速运行或动力蓄电池发生故障时，离合器2接合，第一同步器9接合，第一驱动电机8和第二驱动电机20不工作，发动机1的转矩经离合器2、输入轴3、第一同步器9传递至输出轴19，最终驱动车辆行驶。其能量传递路线如图14所示，其动力源与输出轴转矩转速关系如下式(13)所示。

$$[0114] \quad \begin{aligned} w_o &= w_{ENG} \\ T_o &= T_{ENG} \end{aligned} \quad (13)$$

[0115] 发动机驱动模式2具体为，当高速运行或动力蓄电池发生故障时，离合器2接合，第三同步器15接合，第一驱动电机8和第二驱动电机20不工作，发动机1的转矩经离合器2、输入轴3、第一齿轮4和第二齿轮5组成的齿轮组、第一中间轴6、第三齿轮7和第四齿轮14组成的齿轮组、第三同步器15传递至输出轴19，最终驱动车辆行驶。其能量传递路线如图15所示，其动力源与输出轴转矩转速关系如下式(14)所示。

$$[0116] \quad \begin{aligned} w_o &= \frac{w_{ENG} \cdot k_1}{k_2} \\ T_o &= \frac{T_{ENG} \cdot k_2}{k_1} \end{aligned} \quad (14)$$

[0117] 本实施例中,制动回馈模式的特征在于当车辆制动且车速高于临界车速时,电机处于再生制动状态。并且根据制动强度的不同,可以分为单电机再生制动和双电机再生制动,从而可充分回收利用汽车的制动能量,提高整车的燃油经济性。本实施例中,临界车速为10km/h。

[0118] 制动回馈模式1具体为,当车辆制动且车速高于临界车速时,电机处于再生制动状态。当制动强度较小时,离合器C1分离,第四同步器16(或第二同步器10)接合,车辆的动能经输出轴19反向传递至第二驱动电机20,第二驱动电机20将车辆的动能转化为电能,为动力蓄电池充电。其能量传递路线如图16所示;

[0119] 制动回馈模式2具体为,当车辆制动且车速高于临界车速时,电机处于再生制动状态。当制动强度较大时,离合器C1分离,第一同步器9、第四同步器16(或第二同步器10、第三同步器15)接合,车辆的动能经输出轴19反向传递至第一驱动电机8和第二驱动电机20,第一驱动电机8和第二驱动电机20将车辆的动能转化为电能,共同为动力蓄电池充电。其能量传递路线如图17所示;

[0120] 本实施例中,停车发电模式的特征在于当动力蓄电池电量严重不足时,动力蓄电池无法驱动电机工作,可以使车辆停止,发动机工作为动力蓄电池充电。当动力蓄电池电量小于设定的第四电量百分比时,动力蓄电池电量严重不足;本实施例中,第四电量百分比为30%。

[0121] 停车发电模式具体为,当动力蓄电池电量严重不足时,车辆停止,离合器2接合,同步器全部分离,发动机1的机械能经离合器2、输入轴3、第一齿轮4和第二齿轮5组成的齿轮组、第一中间轴6传递至第一驱动电机8,第一驱动电机8将机械能转化为电能,并为动力蓄电池充电。其能量传递路线如图18所示。

[0122] 以上详细描述了本发明的较佳具体实施例。应当理解,本领域的普通技术人员无需创造性劳动就可以根据本发明的构思作出诸多修改和变化。因此,凡本技术领域技术人员依本发明的构思在现有技术的基础上通过逻辑分析、推理或者有限的实验可以得到的技术方案,皆应在由权利要求书所确定的保护范围内。

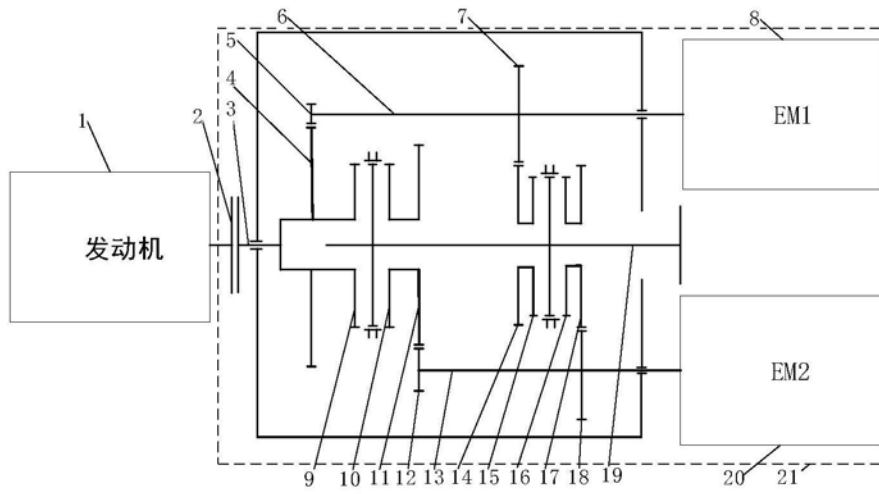


图1

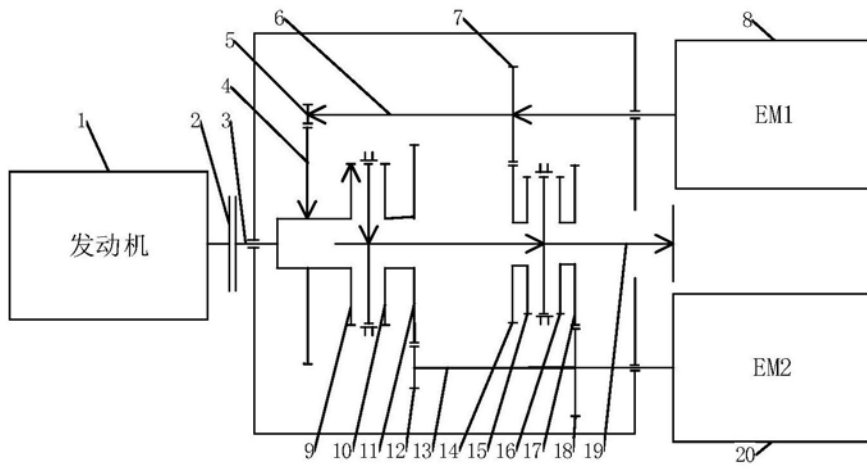


图2

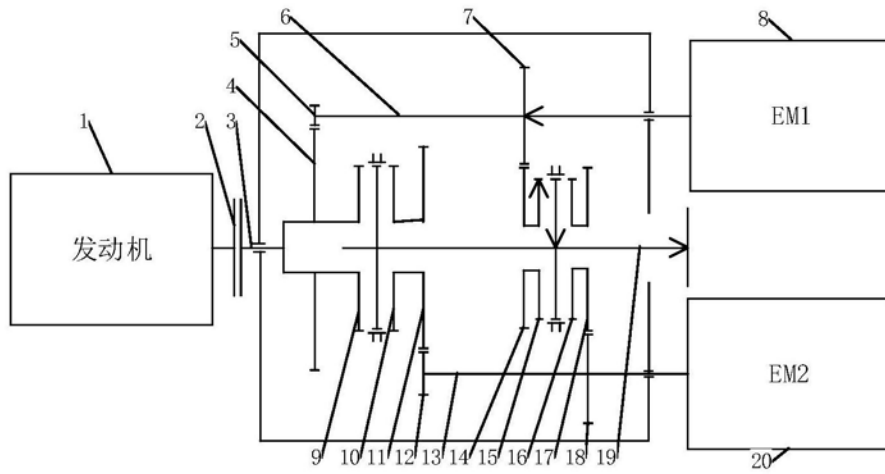


图3

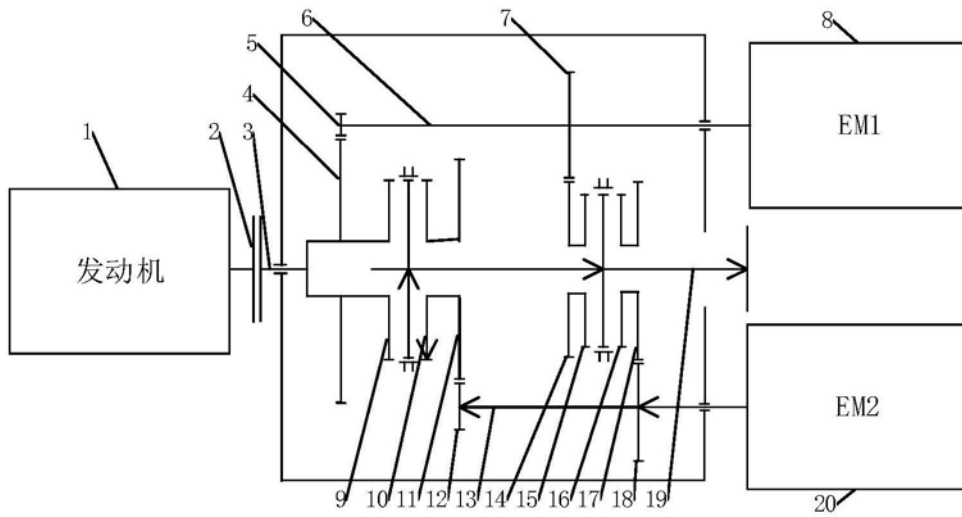


图4



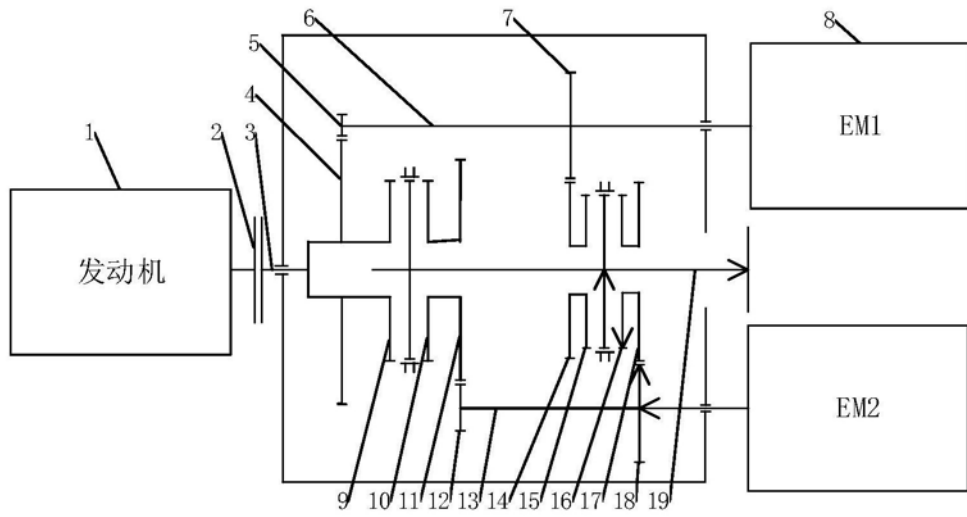


图5

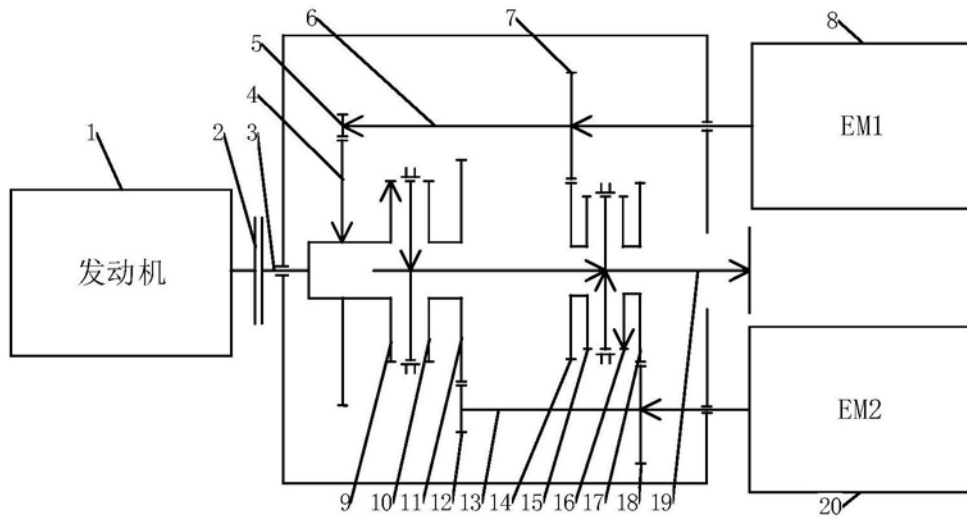


图6

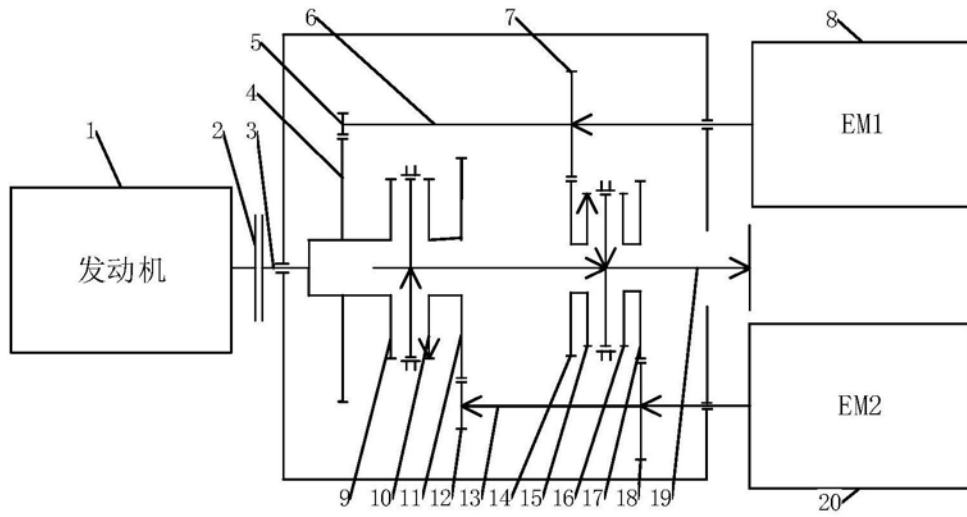


图7

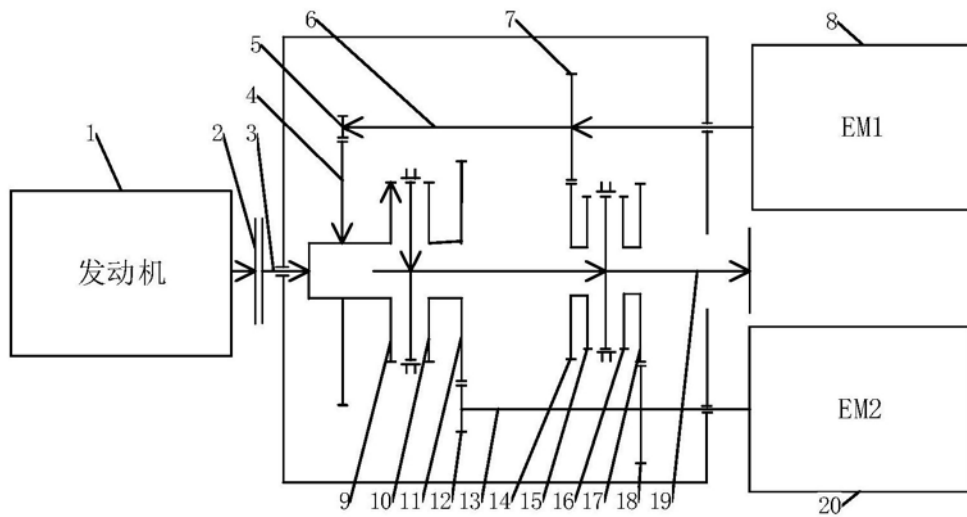


图8

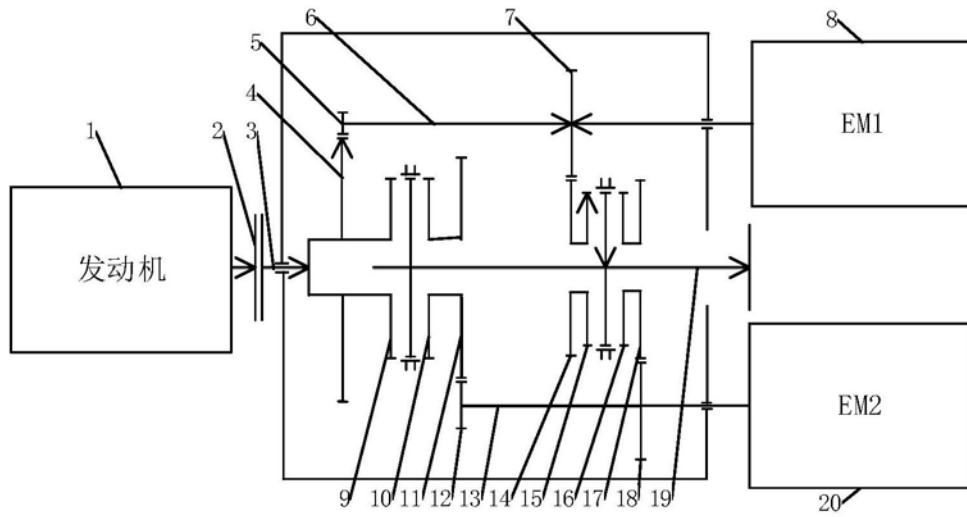


图9

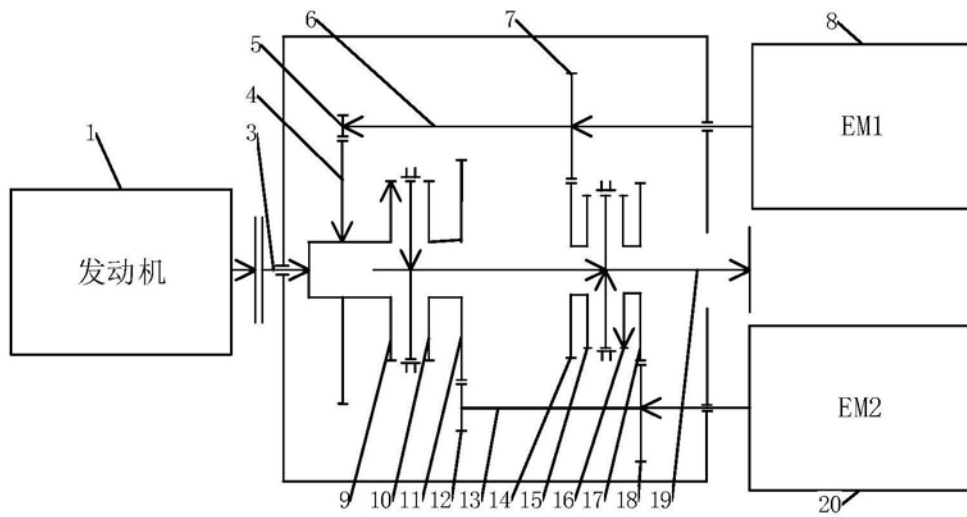


图10

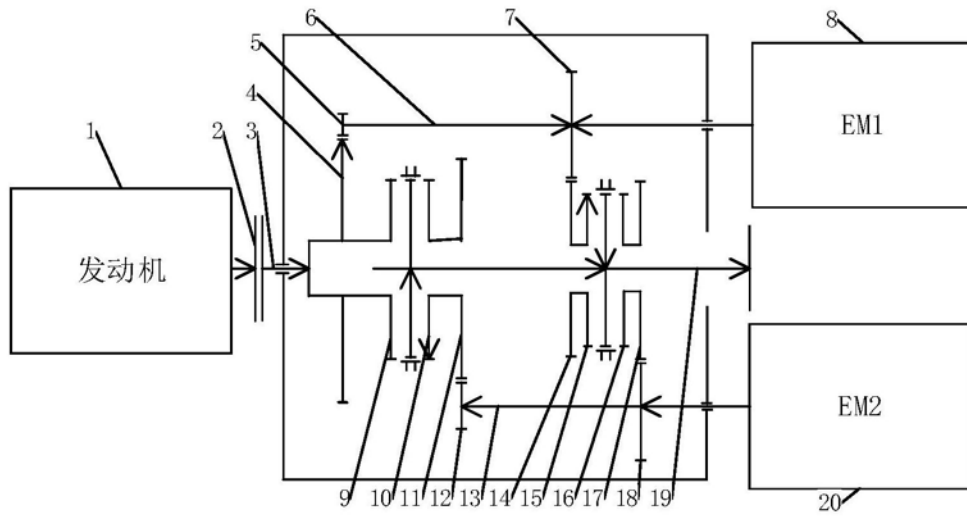


图11

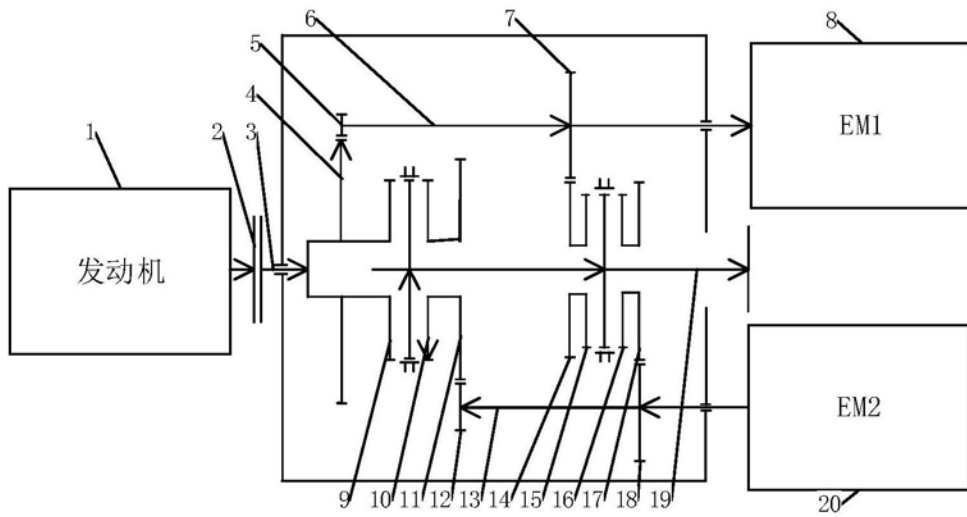


图12

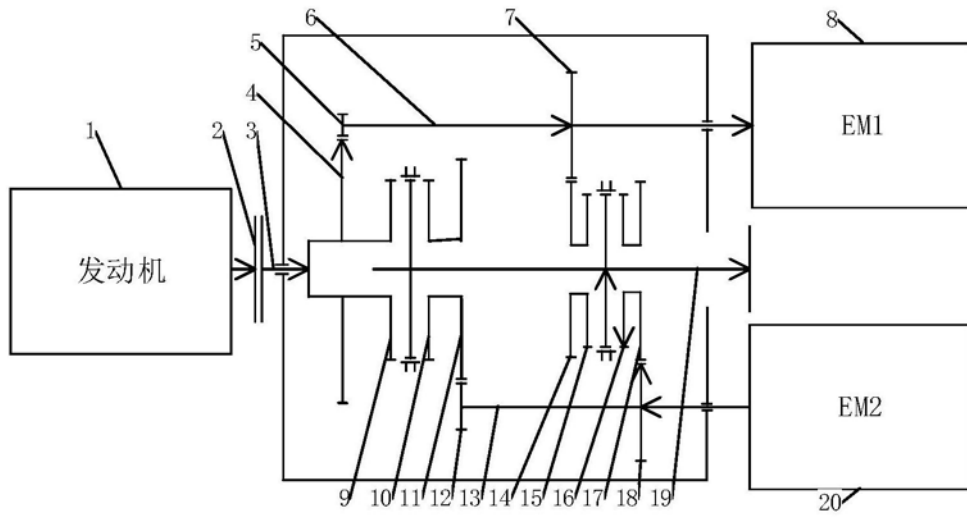


图13

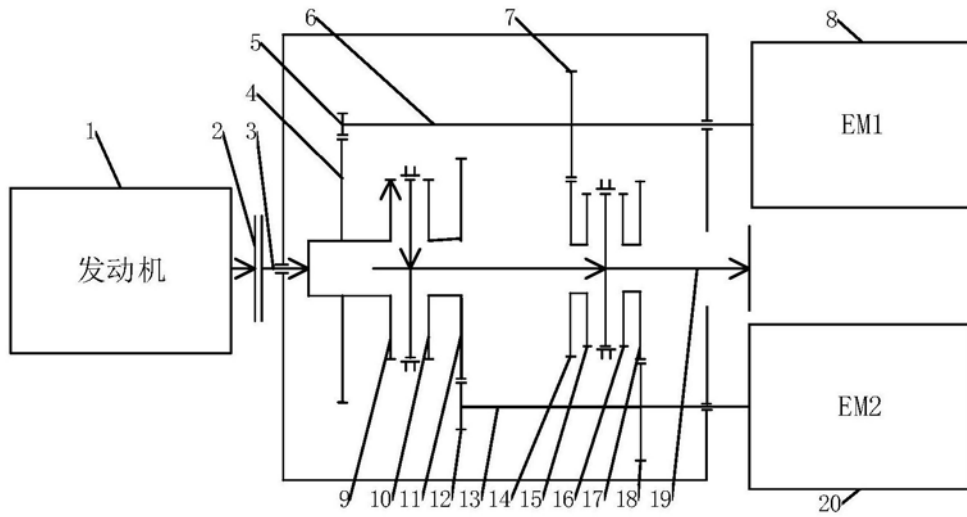


图14

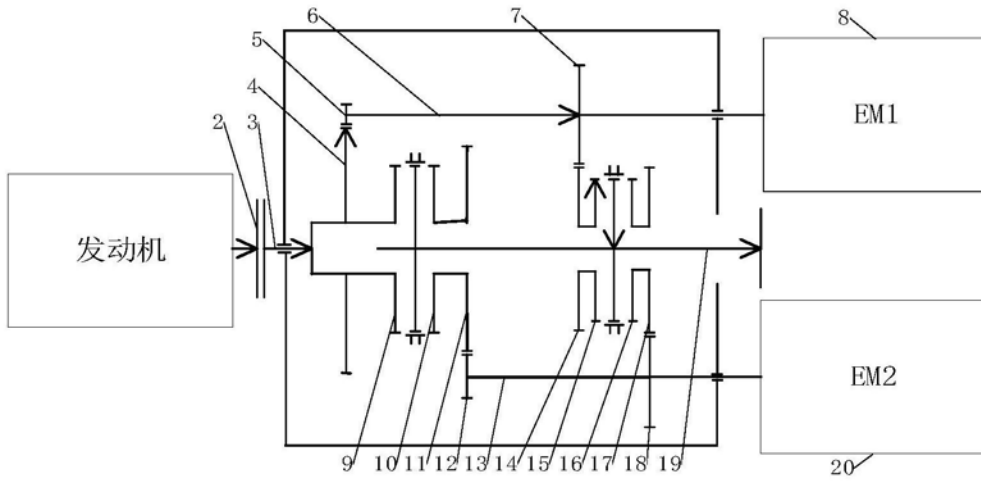


图15

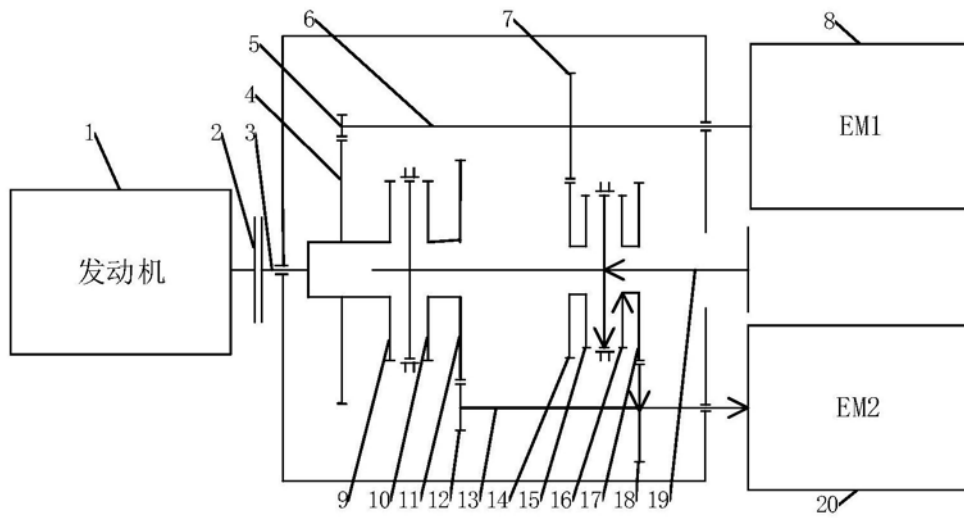


图16

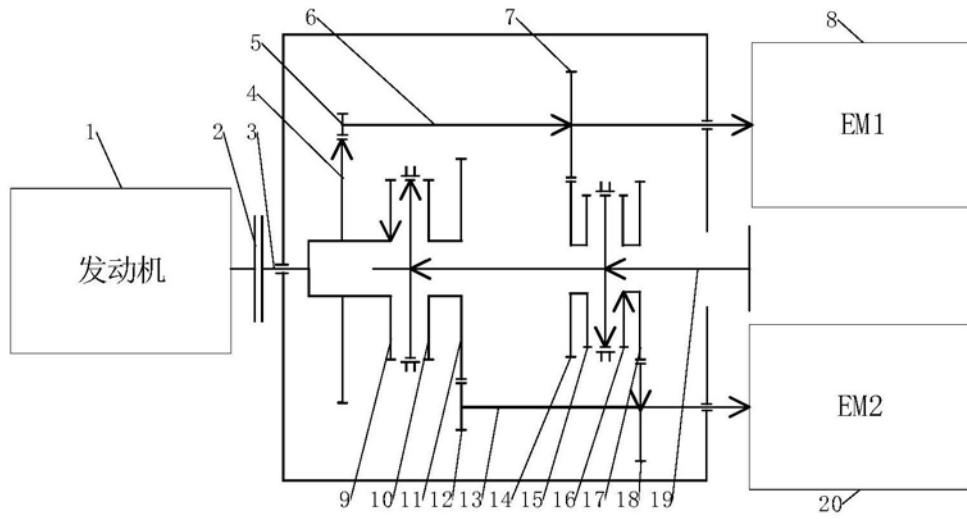


图17

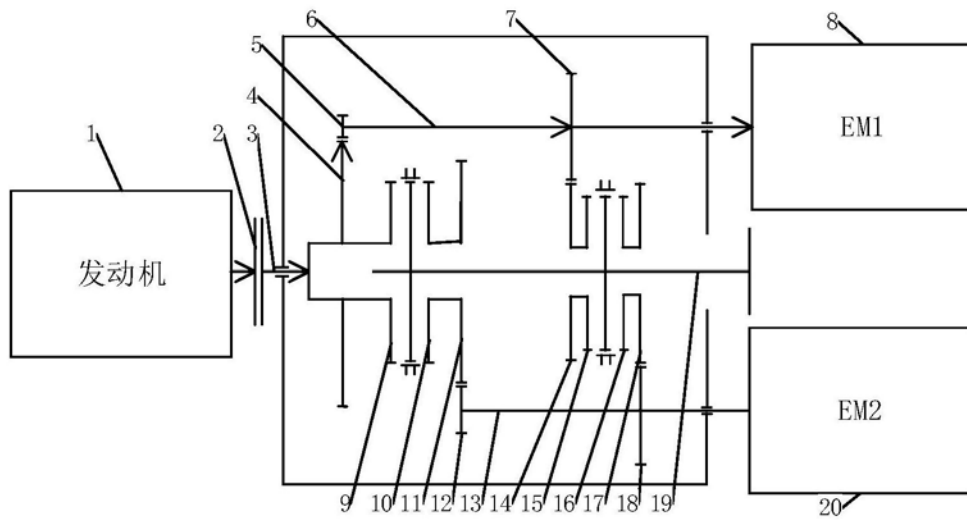


图18