



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 105240462 A

(43) 申请公布日 2016. 01. 13

(21) 申请号 201510711765. 0

(22) 申请日 2015. 10. 28

(71) 申请人 北京理工大学

地址 100081 北京市海淀区中关村南大街 5 号

(72) 发明人 胡纪滨 李学良 彭增雄 苑士华
李雪原 荆崇波 许明锐

(74) 专利代理机构 北京理工大学专利中心
11120

代理人 仇蕾安 李爱英

(51) Int. Cl.

F16H 3/087(2006. 01)

F16H 3/12(2006. 01)

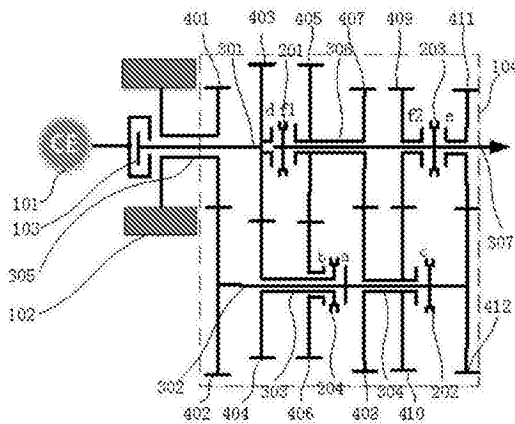
权利要求书2页 说明书5页 附图5页

(54) 发明名称

动力换挡并联形式混合动力多挡变速箱

(57) 摘要

本发明属于车辆传动技术领域,具体涉及一种混合动力多挡变速箱。动力换挡并联形式混合动力多挡变速箱,它包括:发动机(101)、离合器(103)、电机(102)以及变速箱(104);其技术方案是:发动机(101)的动力通过离合器(103)后输入到发动机输入轴(301);电机(102)的动力输入到电机输入轴(305)。变速箱(104)由多自由定轴齿轮机构组成,可耦合发动机(101)与电机(102)的动力,并可实现7个匹配发动机的挡位和3个匹配电机的挡位。本发明可实现动力换挡和混合动力工况,提升车辆动力性能,改善换挡品质,降低离合器磨损,提高燃油经济性。



1. 动力换挡并联形式混合动力多挡变速箱,它包括:发动机(101)、离合器(103)、电机(102)以及变速箱(104);其特征在于:

所述变速箱(104)包括:发动机输入轴(301)、中间轴(302)、电机动力输入轴(305)以及变速箱输出轴(307);所述发动机输入轴(301)、所述电机动力输入轴(305)以及所述变速箱输出轴(307)同轴布置;所述变速箱输出轴(307)上设有输出轴套轴(306);所述中间轴(302)与所述发动机输入轴(301)平行布置,且所述中间轴(302)上设有中间轴套轴A(303)以及中间轴套轴B(304);所述发动机输入轴(301)连接齿轮C(403),所述电机动力输入轴(305)连接齿轮A(401),所述输出轴套轴(306)连接齿轮E(405)以及齿轮G(407),所述中间轴(302)上连接齿轮B(402)、齿轮L(412)和同步器B(202),所述中间轴套轴A(303)连接齿轮D(404)和同步器D(204),所述中间轴套轴B(304)连接齿轮H(408)和齿轮J(410);所述变速箱输出轴(307)上连接同步器A(201)和同步器C(203);所述齿轮A(401)与所述齿轮B(402)啮合,所述齿轮C(403)与所述齿轮D(404)啮合,所述齿轮E(405)与所述齿轮F(406)啮合,所述齿轮G(407)与所述齿轮H(408)啮合,所述齿轮I(409)与所述齿轮J(410)啮合,所述齿轮K(411)与所述齿轮L(412)啮合;所述同步器A(201)向左啮合时连接所述齿轮C(403)向右啮合时连接所述输出轴套轴(306),所述同步器B(202)向左啮合时连接所述中间轴套轴B(304),所述同步器C(203)向左啮合时连接所述齿轮I(409)向右啮合时连接所述齿轮K(411),所述同步器D(204)向左啮合时连接所述齿轮F(406)向右啮合时连接所述中间轴(302);

所述发动机(101)的动力通过所述离合器(103)后输入到所述发动机输入轴(301);所述电机(102)的动力输入到所述电机输入轴(305),所述变速箱(104)耦合所述发动机(101)与所述电机(102)的动力。

2. 如权利要求1所述的动力换挡并联形式混合动力多挡变速箱,其特征在于:

所述发动机(101)1挡时:所述同步器B(202)、所述同步器C(203)、所述同步器D(204)工作,所述同步器B(202)啮合所述中间轴套轴B(304),所述同步器C(203)啮合所述齿轮K(411),所述同步器D(204)啮合所述齿轮F(406);

所述发动机(101)2挡时:所述同步器C(203)、所述同步器D(204)工作,所述同步器C(203)啮合所述齿轮K(411),所述同步器D(204)啮合所述中间轴(302);

所述发动机(101)3挡时:所述同步器A(201)、所述同步器D(204)工作,所述同步器A(201)啮合所述齿轮E(405),所述同步器D(204)啮合所述中间轴套轴A(303);

所述发动机(101)4挡时:所述同步器A(201)、所述同步器B(202)、所述同步器D(204)工作,所述同步器A(201)啮合所述齿轮E(405),所述同步器B(202)啮合所述中间轴套轴B(304),所述同步器D(204)啮合所述中间轴(302);

所述发动机(101)5挡时:所述同步器A(201)工作,所述同步器A(201)啮合所述齿轮C(403);

所述发动机(101)6挡时:所述同步器C(203)、所述同步器D(204)工作,所述同步器C(203)啮合所述齿轮I(409),所述同步器D(204)啮合所述中间轴套轴A(303);

所述发动机(101)7挡时:所述同步器B(202)、所述同步器C(203)工作,所述同步器D(204)工作,所述同步器B(202)啮合所述中间轴套轴B(304),所述同步器C(203)啮合所述齿轮I(409),所述同步器D(204)啮合所述中间轴(302)。

3. 如权利要求 1 所述的动力换挡并联形式混合动力多挡变速箱,其特征在于:

所述电机 (102)1 挡时:所述同步器 C(203) 工作,所述同步器 C(203) 啮合所述齿轮 K(411);

所述电机 (102)2 挡时:所述同步器 A(201)、所述同步器 B(202) 工作,所述同步器 A(201) 啮合所述输出轴套轴 (306),所述同步器 B(202) 啮合所述中间轴套轴 B(304);

所述电机 (102)3 挡时:所述同步器 B(202)、所述同步器 C(203) 工作,所述同步器 B(202) 啮合所述中间轴套轴 B(304),所述同步器 C(203) 啮合所述齿轮 I(409)。

4. 如权利要求 1 所述的动力换挡并联形式混合动力多挡变速箱,其特征在于:

倒 1 挡时:所述电机 (102) 反转,所述同步器 C(203) 工作,所述同步器 C(203) 啮合所述齿轮 K(411);

倒 2 挡时:所述电机 (102) 反转,所述同步器 A(201)、所述同步器 B(202) 工作,所述同步器 A(201) 啮合所述输出轴套轴 (306),所述同步器 B(202) 啮合所述中间轴套轴 B(304);

倒 3 挡时:所述电机 (102) 反转,所述同步器 B(202)、所述同步器 C(203) 工作,所述同步器 B(202) 啮合所述中间轴套轴 B(304),所述同步器 C(203) 啮合所述齿轮 I(409)。

5. 如权利要求 1 所述的动力换挡并联形式混合动力多挡变速箱,其特征在于:

所述发动机 (101)1 挡升 2 挡换挡过程为:换挡前所述发动机 (101)1 挡工作,所述电机 (102)1 挡工作;换挡过程中,所述发动机 (101) 降负荷,所述离合器 (103) 分离,所述同步器 D(204) 从啮合所述齿轮 F(406) 切换到啮合所述中间轴 (302),所述同步器 B(202) 断开啮合,所述离合器 (103) 接合,所述发动机 (101) 输出动力;换挡结束后,所述发动机 (101) 工作在 2 挡,电机 (102) 依然工作在 1 挡。

6. 如权利要求 1 述的动力换挡并联形式混合动力多挡变速箱,其特征在于:

所述电机 (102)1 挡升 2 挡换挡过程为:换挡前所述发动机 (101)3 挡工作,所述电机 (102)1 挡工作;换挡过程中,所述电机 (102) 降负荷,所述同步器 C(203) 断开啮合,不再工作,所述同步器 B(202) 工作,所述同步器 B(202) 啮合所述中间轴套轴 B(304);换挡过程中,所述电机 (102) 主动调速,所述发动机 (101) 提供转矩支持;换挡结束后,所述发动机 (101) 工作在 3 挡,所述电机 (102) 工作在 2 挡。

动力换挡并联形式混合动力多挡变速箱

技术领域

[0001] 本发明属于车辆传动技术领域,具体涉及一种混合动力多挡变速箱。

背景技术

[0002] 混合动力技术具有降排放和油耗的优点,同时提高车辆动力性能,成为未来汽车动力传动技术的发展方向。并联形式的混合动力优点在于:发动机的动力可以直接用来驱动车辆,没有能量转换,能量损失小,结构简单;电机既可作为电动机使用,也可作为发电机使用,且可以采用较小功率的电机,结构简单,成本低。并联形式混合动力技术中电机主要实现急加速工况或者发动机低速工况下的助力,提高动力性能,改善发动机的燃油经济性;在减速工况,实现制动能量回收;在低速以及起步工况,可实现纯电驱动工况。相比于串联形式混合动力技术适合于低速,经常启停工况的城市车辆,并联形式混合动力技术更适合于中高速、需求动力性能的商用车、越野车以及特种车辆。

[0003] 根据电机的位置不同,并联式混合动力分为三种:第一种是电机布置在变速箱的离合器前面,其特点是电机可利用变速箱的传动比调节传动范围,电机自身转速、转矩性能需求低,电机体积重量小,但换挡过程中有动力中断,需要同步的惯量较大;第二种是电机布置在变速箱输出轴后面,其特点是换挡过程中无动力中断,但电机的转速、转矩性能要求高;第三种是电机布置在变速箱中间轴上,其特点是采用多自由度齿轮机构耦合电机和发动机的动力,实现混合动力和动力换挡功能。

[0004] 传统的手动变速箱在换挡过程存在动力中断,影响汽车的动力性。中国专利200910215341.X中的变速器通过机械机构实现动力换挡设计,但其换挡过程中,需要机械机构相互之间的配合,并难以实现混合动力功能。采用上述描述的第三种电机布置形式的动力换挡并联形式的混合动力技术方案,可以实现动力换挡,提高动力性能以及换挡舒适性,并且可利用多自由度定轴齿轮机构实现多个匹配发动机挡位以及多个匹配电机挡位。

发明内容

[0005] 本发明提供一种动力换挡并联形式混合动力多挡变速箱,可实现动力换挡和混合动力

[0006] 工况,提升车辆动力性能,改善换挡品质,降低离合器磨损,提高燃油经济性。

[0007] 本发明的技术方案是:动力换挡并联形式混合动力多挡变速箱,它包括:发动机、离合器、电机以及变速箱;

[0008] 变速箱包括:发动机输入轴、中间轴、电机动力输入轴以及变速箱输出轴;发动机输入轴、电机动力输入轴以及变速箱输出轴同轴布置;变速箱输出轴上设有输出轴套轴;中间轴与发动机输入轴平行布置,且中间轴上设有中间轴套轴A以及中间轴套轴B;发动机输入轴连接齿轮C,电机动力输入轴连接齿轮A,输出轴套轴连接齿轮E以及齿轮G,中间轴上连接齿轮B、齿轮L和同步器B,中间轴套轴A连接齿轮D和同步器D,中间轴套轴B连接齿轮H和齿轮J;变速箱输出轴上连接同步器A和同步器C;齿轮A与齿轮B啮合,齿轮C与

齿轮 D 啮合, 齿轮 E 与齿轮 F 啮合, 齿轮 G 与齿轮 H 啮合, 齿轮 I 与齿轮 J 啮合, 齿轮 K 与齿轮 L 啮合; 同步器 A 向左啮合时连接齿轮 C 向右啮合时连接输出轴套轴, 同步器 B 向左啮合时连接中间轴套轴 B, 同步器 C 向左啮合时连接齿轮 I 向右啮合时连接齿轮 K, 同步器 D 向左啮合时连接齿轮 F 向右啮合时连接中间轴;

[0009] 发动机的动力通过离合器后输入到发动机输入轴; 电机的动力输入到电机输入轴, 变速箱耦合发动机与电机的动力。

[0010] 有益效果: (1) 本发明中发动机、离合器、电机、变速箱同轴布置, 适合于传统车辆动力系统, 便于空间布置; 多自由度定轴齿轮变速机构由 6 对齿轮机构, 3.5 个同步器组成, 通过齿轮对的重复利用, 可以提供 7 个匹配发动机的挡位, 3 个匹配电机的挡位。

[0011] (2) 本发明匹配发动机的挡位与匹配电机的挡位不同时换挡, 匹配发动机的挡位换挡时, 匹配电机的挡位提供转矩支持, 反之亦然; 通过换挡过程中的转矩支持, 实现了动力换挡, 提高动力性能和换挡舒适性。

[0012] (3) 本发明采用电机挡位起步, 降低了离合器起步的控制难度以及离合器的磨损, 提高了起步舒适性可车辆低速可控性; 电动机与多自由度定轴齿轮变速机构提供电动倒挡功能, 取消了倒挡齿轮对, 提高了齿轮机构的紧凑度。

[0013] (4) 本发明可实现并联形式的混合动力技术, 在低速工况可实现纯电驱动, 急加速工况实现混合驱动, 减速工况实现制动能量回收。

[0014] (5) 由于本发明存在多个匹配电机的挡位, 电机所需的功率及转矩较小, 有利于提高传动系统的功率密度; 本发明功率传递路径简单, 大多数档位下动力只经过两次齿轮啮合输出, 功率损失小, 变速机构效率高。

[0015] (6) 本发明匹配发动机的挡位换挡时, 同步器所需的同步惯量小, 有利于缩短换挡时间, 降低了同步器的负荷, 提高同步器的寿命; 电动机换挡时, 可利用电机的转速调节功能同步齿轮转速, 改善换挡性能。

附图说明

[0016] 图 1 为本发明的传动简图。

[0017] 图 2 为发动机 1 挡、电机 1 挡时本发明的功率流图。

[0018] 图 3 为发动机 2 挡、电机 1 挡时本发明的功率流图。

[0019] 图 4 为发动机 3 挡、电机 1 挡时本发明的功率流图。

[0020] 图 5 为发动机 3 挡、电机 2 挡时本发明的功率流图。

[0021] 图 6 为发动机 4 挡、电机 2 挡时本发明的功率流图。

[0022] 图 7 为发动机 5 挡、电机 2 挡时本发明的功率流图。

[0023] 图 8 为发动机 5 挡、电机 3 挡时本发明的功率流图。

[0024] 图 9 为发动机 6 挡、电机 3 挡时本发明的功率流图。

[0025] 图 10 为发动机 7 挡、电机 3 挡时本发明的功率流图。

[0026] 其中: 101- 发动机, 102- 电机, 103- 离合器, 104- 变速箱, 201- 同步器 A, 202- 同步器 B, 203- 同步器 C, 204- 同步器 D, 301- 发动机输入轴, 302- 中间轴, 303- 中间轴套轴 A, 304- 中间轴套轴 B, 305- 电机输入轴, 306- 输出轴套轴, 307- 变速箱输出轴, 401- 齿轮 A, 402- 齿轮 B, 403- 齿轮 C, 404- 齿轮 D, 405- 齿轮 E, 406- 齿轮 F, 407- 齿轮 G, 408- 齿轮 H,

409- 齿轮 I, 410- 齿轮 G, 411- 齿轮 K, 412- 齿轮 L。

具体实施方式

[0027] 参见附图 1, 动力换挡并联形式混合动力多挡变速箱, 它包括: 发动机 101、离合器 103、电机 102 以及变速箱 104;

[0028] 变速箱 104 包括: 发动机输入轴 301、中间轴 302、电机动力输入轴 305 以及变速箱输出轴 307; 发动机输入轴 301、电机动力输入轴 305 以及变速箱输出轴 307 同轴布置; 变速箱输出轴 307 上设有输出轴套轴 306; 中间轴 302 与发动机输入轴 301 平行布置, 且中间轴 302 上设有中间轴套轴 A303 以及中间轴套轴 B304; 发动机输入轴 301 连接齿轮 C403, 电机动力输入轴 305 连接齿轮 A401, 输出轴套轴 306 连接齿轮 E405 以及齿轮 G407, 中间轴 302 上连接齿轮 B402、齿轮 L412 和同步器 B202, 中间轴套轴 A303 连接齿轮 D404 和同步器 D204, 中间轴套轴 B304 连接齿轮 H408 和齿轮 J410; 变速箱输出轴 307 上连接同步器 A201 和同步器 C203; 齿轮 A401 与齿轮 B402 啮合, 齿轮 C403 与齿轮 D404 啮合, 齿轮 E405 与齿轮 F406 啮合, 齿轮 G407 与齿轮 H408 啮合, 齿轮 I409 与齿轮 J410 啮合, 齿轮 K411 与齿轮 L412 啮合; 同步器 A201 向左啮合时连接齿轮 C403 向右啮合时连接输出轴套轴 306, 同步器 B202 向左啮合时连接中间轴套轴 B304, 同步器 C203 向左啮合时连接齿轮 I409 向右啮合时连接齿轮 K411, 同步器 D204 向左啮合时连接齿轮 F406 向右啮合时连接中间轴 302;

[0029] 发动机 101 的动力通过离合器 103 后输入到发动机输入轴 301; 电机 102 的动力输入到电机输入轴 305, 变速箱 104 耦合发动机 101 与电机 102 的动力。

[0030] 参见附图 2, 发动机 1011 挡时: 同步器 B202、同步器 C203、同步器 D204 工作, 同步器 B202 啮合中间轴套轴 B304, 同步器 C203 啮合齿轮 K411, 同步器 D204 啮合齿轮 F406; 发动机 101 动力经过离合器 103、发动机输入轴 301、齿轮 C403、齿轮 D404、中间轴套轴 A303、同步器 D204、齿轮 F406、输出轴套轴 306、齿轮 G407、齿轮 H408、同步器 B202、中间轴 302、齿轮 L412、齿轮 K411、同步器 C203、最后由变速箱输出轴 307 输出。

[0031] 参见附图 3, 发动机 1012 挡时: 同步器 C203、同步器 D204 工作, 同步器 C203 啮合齿轮 K411, 同步器 D204 啮合中间轴 302; 发动机 101 动力经过离合器 103、发动机输入轴 301、齿轮 C403、齿轮 D404、中间轴套轴 A303、同步器 D204、中间轴 302、齿轮 L412、齿轮 K411、同步器 C203、最后由变速箱输出轴 307 输出。

[0032] 参见附图 4、5, 发动机 1013 挡时: 同步器 A201、同步器 D204 工作, 同步器 A201 啮合齿轮 E405, 同步器 D204 啮合中间轴套轴 A303; 发动机 101 动力经过离合器 103、发动机输入轴 301、齿轮 C403、齿轮 D404、中间轴套轴 A303、同步器 D204、齿轮 F406、齿轮 405E、同步器 A201、最后由变速箱输出轴 307 输出。

[0033] 参见附图 6, 发动机 1014 挡时: 同步器 A201、同步器 B202、同步器 D204 工作, 同步器 A201 啮合齿轮 E405, 同步器 B202 啮合中间轴套轴 B304, 同步器 D204 啮合中间轴 302; 发动机 101 动力经过离合器 103、发动机输入轴 301、齿轮 C403、齿轮 D404、中间轴套轴 A303、同步器 D204、中间轴 302、同步器 B202、中间轴套轴 B304、齿轮 H408、齿轮 G407、输出轴套轴 306、同步器 A201、最后由变速箱输出轴 307 输出。

[0034] 参见附图 7、8, 发动机 1015 挡时: 同步器 A201 工作, 同步器 A201 啮合发动机输入轴 301; 发动机 101 动力经过离合器 103、发动机输入轴 301、同步器 A201、最后由变速箱输

出轴 307 输出。

[0035] 参见附图 9, 发动机 1016 挡时 : 同步器 C203、同步器 D204 工作, 同步器 C203 啮合齿轮 I409, 同步器 D204 啮合中间轴套轴 A303 ; 发动机 101 动力经过离合器 103、发动机输入轴 301、齿轮 C403、齿轮 D404、中间轴套轴 A303、同步器 D204、齿轮 F406、齿轮 E405、输出轴套轴 B306、齿轮 G407、齿轮 H408、中间轴套轴 B304、齿轮 G410、齿轮 K411、同步器 C203、最后由变速箱输出轴 307 输出。

[0036] 发动机 1017 挡时 : 同步器 B202、同步器 C203 工作, 同步器 D204 工作, 同步器 B202 啮合中间轴套轴 B304, 同步器 C203 啮合齿轮 I409, 同步器 D204 啮合中间轴 302 ; 发动机 101 动力经过离合器 103、发动机输入轴 301、齿轮 C403、齿轮 D404、中间轴套轴 A303、同步器 D204、中间轴 302、同步器 B202、中间轴套轴 B304、齿轮 G410、齿轮 I409、同步器 C203、最后由变速箱输出轴 307 输出。

[0037] 参见附图 2、3、4, 电机 1021 挡时 : 同步器 C203 工作, 同步器 C203 啮合齿轮 K411 ; 电机动力经过电机输入轴 305、齿轮 A401、齿轮 B402、中间轴 302、齿轮 L412、齿轮 K411、同步器 C203、最后由变速箱输出轴 307 输出。

[0038] 参见附图 5、6、7, 电机 1022 挡时 : 同步器 A201、同步器 B202 工作, 同步器 A201 啮合输出轴套轴 306, 同步器 B202 啮合中间轴套轴 B304 ; 电机动力经过电机输入轴 305、齿轮 A401、齿轮 B402、中间轴 302、同步器 B202、中间轴套轴 B304、齿轮 H408、齿轮 G407、同步器 A201、最后由变速箱输出轴 307 输出。

[0039] 参见附图 8、9、10, 电机 1023 挡时 : 同步器 B202、同步器 C203 工作, 同步器 B202 啮合中间轴套轴 B304, 同步器 C203 啮合齿轮 I409 ; 电机动力经过电机输入轴 305、齿轮 A401、齿轮 B402、中间轴 302、同步器 B202、中间轴套轴 B304、齿轮 G410、齿轮 I409、同步器 C203、最后由变速箱输出轴 307 输出。

[0040] 参见附图 2、3、4, 倒 1 挡时 : 电机 102 反转, 同步器 C203 工作, 同步器 C203 啮合齿轮 K411 ; 电机动力经过电机输入轴 305、齿轮 A401、齿轮 B402、中间轴 302、齿轮 L412、齿轮 K411、同步器 C203、最后由变速箱输出轴 307 输出。

[0041] 参见附图 5、6、7, 倒 2 挡时 : 电机 102 反转, 同步器 A201、同步器 B202 工作, 同步器 A201 啮合输出轴套轴 306, 同步器 B202 啮合中间轴套轴 B304 ; 电机动力经过电机输入轴 305、齿轮 A401、齿轮 B402、中间轴 302、同步器 B202、中间轴套轴 B304、齿轮 H408、齿轮 G407、同步器 A201、最后由变速箱输出轴 307 输出。

[0042] 参见附图 8、9、10, 倒 3 挡时 : 电机 102 反转, 同步器 B202、同步器 C203 工作, 同步器 B202 啮合中间轴套轴 B304, 同步器 C203 啮合齿轮 I409 ; 电机动力经过电机输入轴 305、齿轮 A401、齿轮 B402、中间轴 302、同步器 B202、中间轴套轴 B304、齿轮 G410、齿轮 I409、同步器 C203、最后由变速箱输出轴 307 输出。

[0043] 参见附图 2、3, 发动机 1011 挡升 2 挡换挡过程为 : 换挡前发动机 1011 挡工作, 电机 1021 挡工作 ; 换挡过程中, 发动机 101 降负荷, 离合器 103 分离, 同步器 D204 从啮合齿轮 F406 切换到啮合中间轴 302, 同步器 B202 断开啮合, 离合器 103 接合, 发动机 101 输出动力 ; 换挡过程中电机 102 工作在电机 1 挡, 处于峰值扭矩工况, 为发动机 101 换挡过程提供转矩支持, 实现了动力换挡 ; 换挡结束后, 发动机 101 工作在 2 挡, 电机 102 依然工作在 1 挡。

[0044] 参见附图 4、5, 电机 1021 挡升 2 挡换挡过程为 : 换挡前发动机 1013 挡工作, 电机

1021 挡工作 ;换挡过程中,电机 102 降负荷,同步器 C203 断开啮合,不再工作,同步器 B202 工作,同步器 B202 啮合中间轴套轴 B304 ;换挡过程中,电机 102 主动调速,协调快速换挡,发动机 101 提供转矩支持,实现了动力换挡 ;换挡结束后,发动机 101 工作在 3 挡,电机 102 工作在 2 挡。

[0045] 其他的挡位的动力换挡过程实施类似。

[0046] 下表为传动方案换挡操纵逻辑表,其中,◆ --- 在某个挡位下发动机动力传递过程中单独使用的操纵元件,▲ --- 带某个挡位下电机动力传递过程中单独使用的操纵元件,● --- 在某个挡位下发动机和电机动力传递过程中共同使用的操纵元件。

[0047]

档位		电机状态	操纵元件						
发动机	电机		a	b	c	d	e	f1	f2
1	1	正转		◆	◆		●		
2	1	正转	◆				●		
3	1	正转		◆			▲	◆	
3	2	正转		◆	▲			●	
4	2	正转	◆		●			●	
5	2	正转			▲	◆		▲	
5	3	正转			▲	◆			▲
6	3	正转		◆	▲				●
7	3	正转	◆		●				●
-1		反转					▲		
-2		反转			▲			▲	
-3		反转			▲				▲

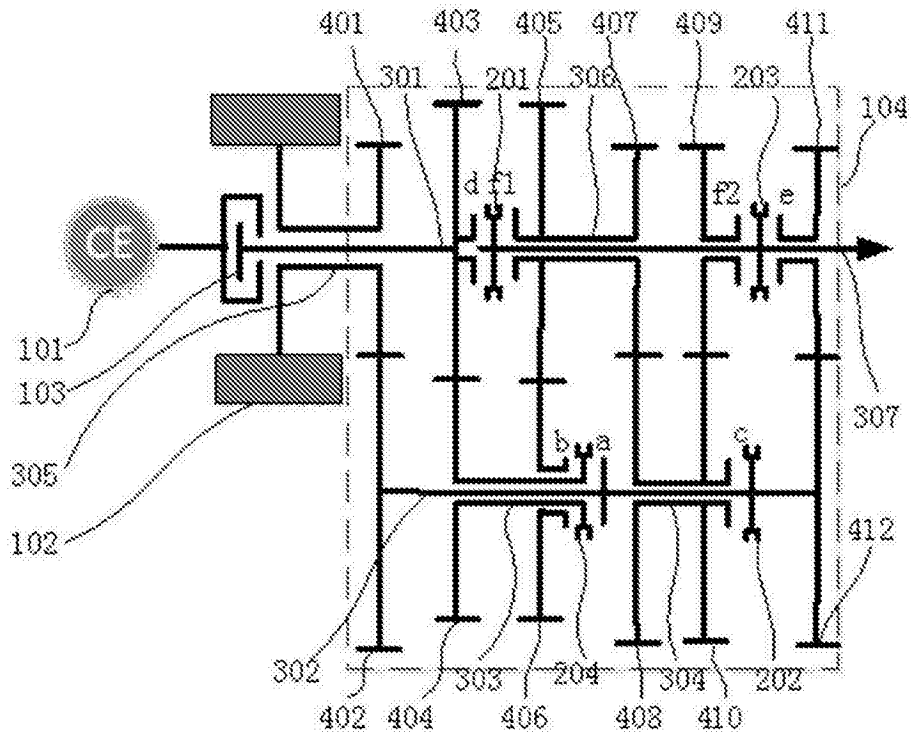


图 1

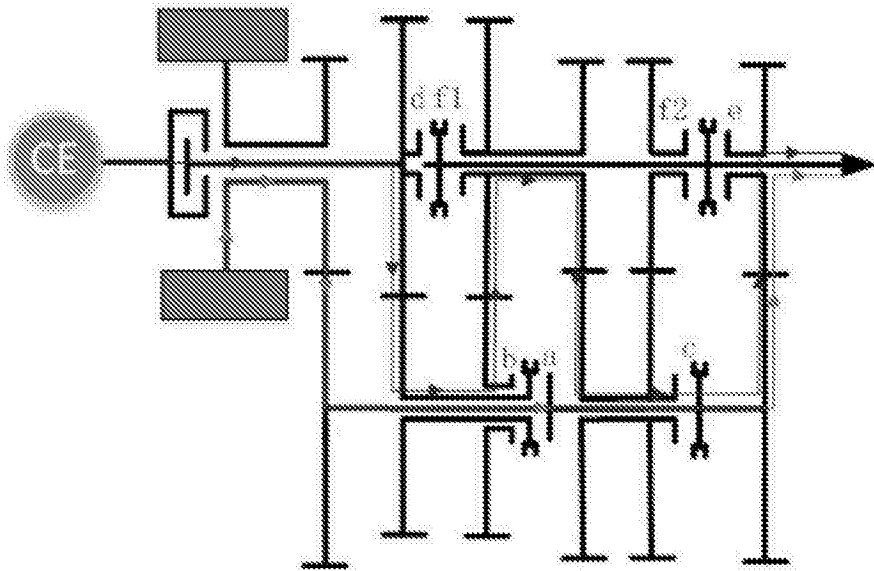


图 2

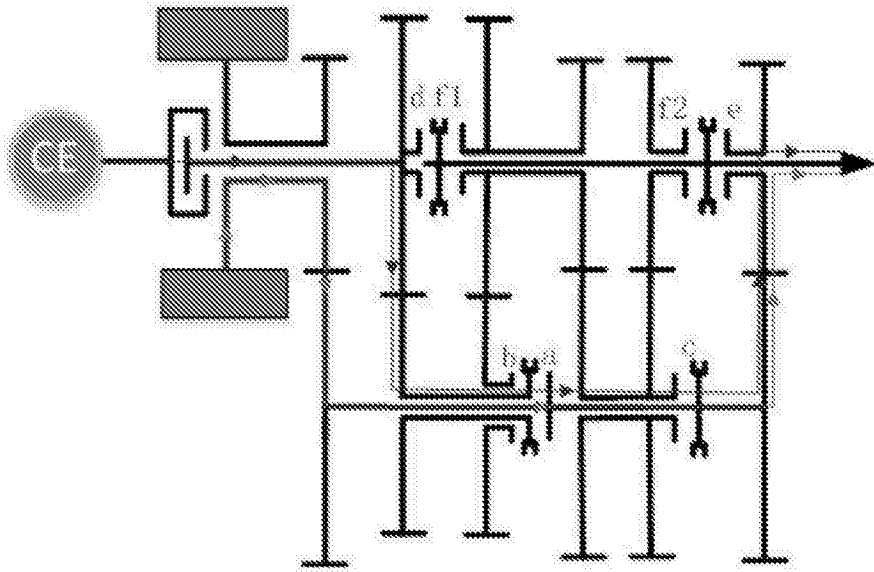


图 3

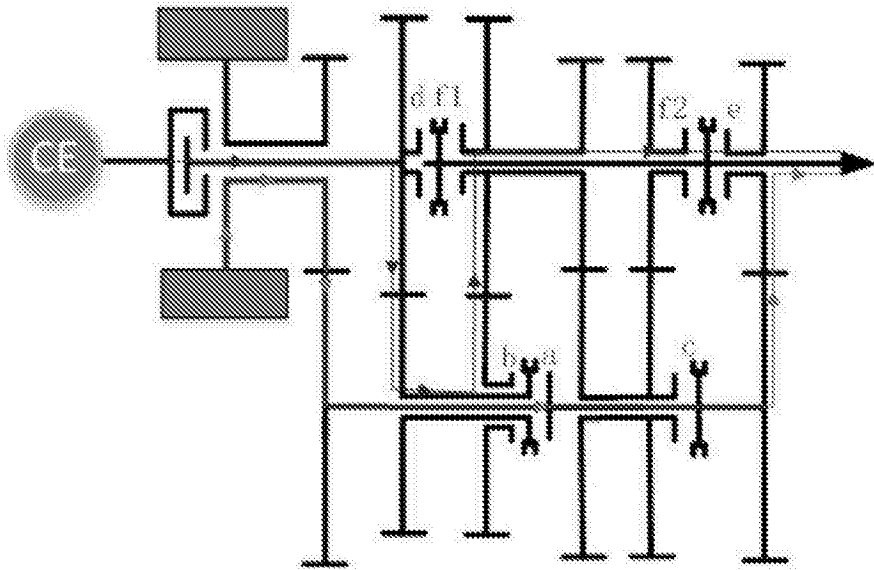


图 4

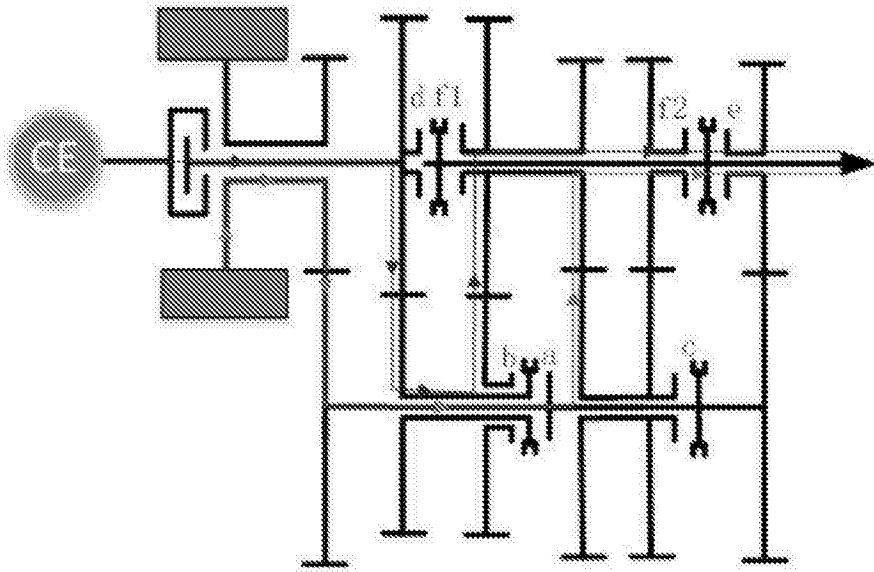


图 5

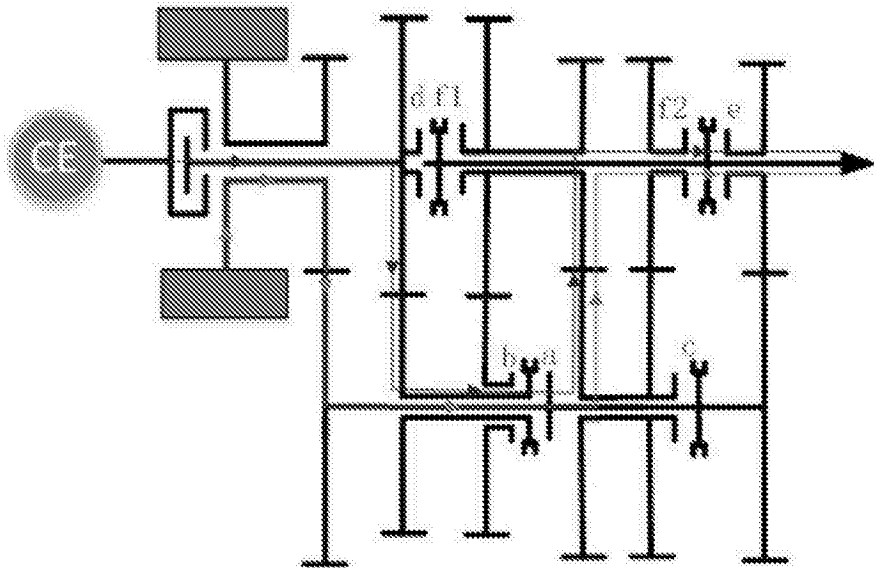


图 6

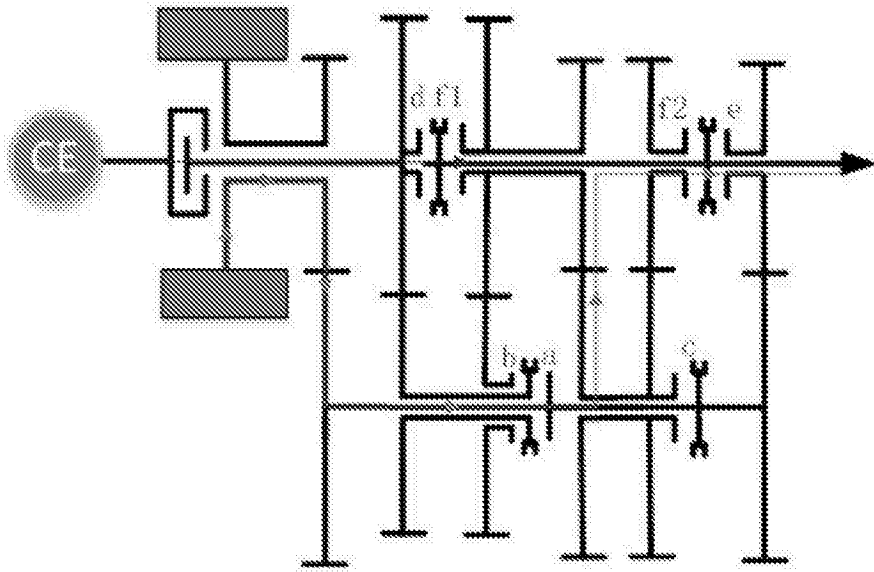


图 7

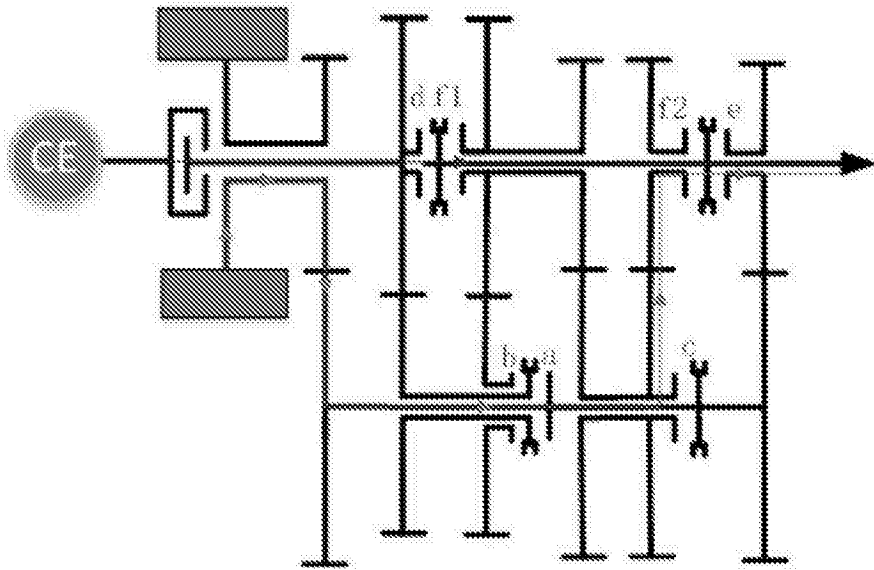


图 8

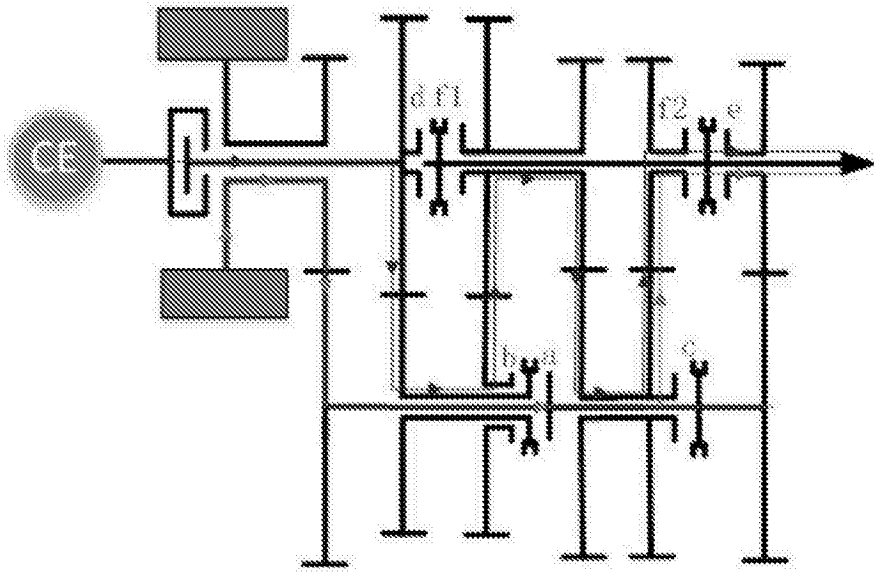


图 9

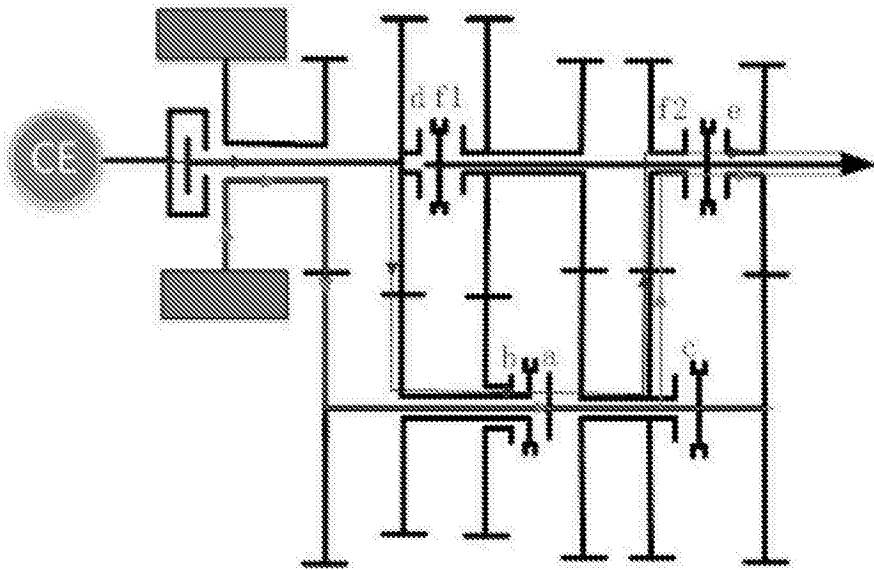


图 10