



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 107117159 B

(45)授权公告日 2018.02.27

(21)申请号 201710332175.6

(22)申请日 2017.05.12

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 107117159 A

(43)申请公布日 2017.09.01

(73)专利权人 吉林大学

地址 130012 吉林省长春市前进大街2699号

(72)发明人 曾小华 孙可华 宋大凤 李广含

董兵兵 王新明 李立鑫 王振伟

崔皓勇 黄海瑞

(74)专利代理机构 长春市恒誉专利代理事务所

(普通合伙) 22212

代理人 李荣武

(51)Int.Cl.

B60W 10/06(2006.01)

B60W 10/08(2006.01)

B60W 10/101(2012.01)

B60W 20/20(2016.01)

B60W 20/10(2016.01)

审查员 胡珂

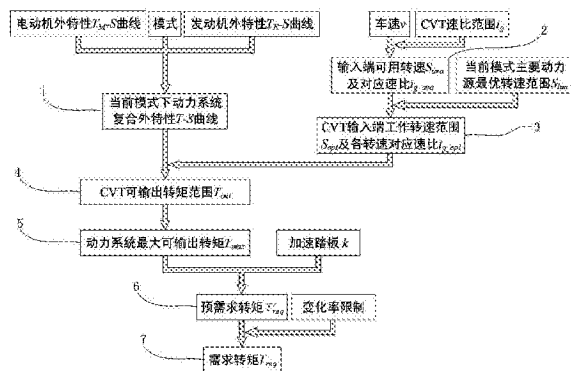
权利要求书2页 说明书5页 附图3页

(54)发明名称

一种CVT并联混合动力汽车驾驶员需求转矩估计方法

(57)摘要

本发明公开了一种CVT并联混合动力汽车驾驶员需求转矩估计方法,该方法针对并联混动汽车不同模式下两动力源工作与否则差异,基于模式求解动力系统复合外特性,得到系统真实最大输出特性;针对CVT速比无级变化特性影响输出的特点,由车速、速比范围 i_g 求CVT可输入转速范围;再基于不同模式下的主要动力源最优转速范围得输入转速限制;由限制后输入转速插值复合外特性得输入转矩范围;再由速比得输出转矩范围及系统最大输出转矩值;最终由加速踏板得需求转矩准确值。本方法基于模式求解动力系统复合外特性及最优工作转速范围,并由CVT速比无级变化特点,通过转速范围得转矩范围及系统真实最大输出特性,从而可准确估计需求转矩,改善动力性能和驾驶体验。



1. 一种CVT并联混合动力汽车驾驶员需求转矩估计方法,其特征在于:包括以下步骤:

步骤1,根据并联混和动力汽车的电动机、发动机均位于CVT输入端的特点,不同驱动模式下各动力源是否参与驱动的情况会有所不同;首先根据两动力源外特性,采用基于驱动模式的动力系统复合外特性求解方法,得到各输入转速下的动力系统最大可输入转矩;

步骤2,针对CVT速比可以实时快速无级变化的特点,确定CVT的速比 i_g 范围数组,数组间隔根据计算精度需求选取,然后如公式(1)所示,由实际车速 v 根据CVT的速比 i_g 范围数组求解当前车速下CVT输入端的可用转速 S_{ava} 范围,即可得与实时车速及任一速比 i_{s_ava} 相对应的各个转速 S_{ava} ;也即根据当前车速值 v 可得速比与转速两个数组,且速比值与转速值一一对应;

$$n = \frac{v \cdot i_0 \cdot i_g}{0.377r} \quad (1)$$

式中, n 为CVT输入端转速,单位rpm; i_0 为主减速器速比; r 为车轮半径,单位m;

步骤3,根据不同驱动模式下主要动力源效率较高的最优工作转速限制范围不同的特点,基于当前驱动模式的主要动力源最优工作转速范围得到CVT输入端转速限制范围 S_{lim} ;再由当前车速下CVT输入端的可用转速 S_{ava} 范围,求二者交集,得到当前可用的CVT输入端最优工作转速 S_{opt} 范围,各转速对应速比记为 i_{s_opt} ;

步骤4,由CVT输入端最优工作转速 S_{opt} 范围内的各个转速插值当前驱动模式下动力系统复合外特性 $T-S$ 曲线,得到CVT输入转矩范围 T_{in} ;再结合与各个转速 S_{opt} 值所对应的速比 i_{s_opt} ,得到CVT可输出转矩范围 T_{out} ;

步骤5,对实时车速、模式下的CVT可输出转矩范围 T_{out} 内的各转矩值求MAX,得到当前汽车的车速和驱动模式状态下,动力系统的真实最大可输出转矩 T_{max} ;

步骤6,由当前汽车状态下动力系统最大可输出转矩 T_{max} 和加速踏板信号 k 求得驾驶员预需求转矩 $T_r'_{eq}$;

步骤7,为避免所得驾驶员需求转矩出现较大的迅速波动,对预需求转矩值 $T_r'_{eq}$ 的变化率进行限制,得到驾驶员实时需求转矩 T_{req} ,防止因需求转矩的迅速变化导致模式切换频繁或汽车冲击度过大。

2. 根据权利要求1所述的一种CVT并联混合动力汽车驾驶员需求转矩估计方法,其特征在于:所述步骤1中基于驱动模式的动力系统复合外特性 $T-S$ 曲线的求解方法为,根据当前驱动模式下动力源的参与驱动情况,决定动力系统复合外特性的组成部分;即动力系统复合外特性仅包括当前模式下参与驱动、对驱动轮有驱动力输出的动力源的最大输出特性。

3. 根据权利要求1所述的一种CVT并联混合动力汽车驾驶员需求转矩估计方法,其特征在于:所述步骤2中的CVT速比 i_g 范围数组是指CVT所能实现的所有传动比的变化范围,是CVT机械结构所决定的固定参数;与之对应的所述步骤3中的CVT输入端转速限制范围 S_{lim} 是指在当前驱动模式下,汽车控制策略中定义的主要动力源的最优工作转速范围;在纯电动模式下 S_{lim} 是控制策略期望的电动机最优工作转速或额定转速以下的范围,有发动机参与的其他驱动模式下 S_{lim} 为控制策略期望的发动机最优工作转速范围;且电动机、发动机的最优工作转速范围根据其效率/油耗MAP数据标定,以提高动力系统经济性;同时所述步骤2~4中根据实时汽车状态及各个速比值 i_g ,所得可用转速 S_{ava} 范围、输入端最优工作转速 S_{opt} 范围、输入转矩范围 T_{in} 、输出转矩范围 T_{out} 均是数组形式,并且各转速/转矩值分别与各速比值

i_{s_ava} 、 i_{s_opt} 一一对应,由此可根据CVT的输入特性得到其输出特性,进而最终得到驾驶员的准确需求。

一种CVT并联混合动力汽车驾驶员需求转矩估计方法

技术领域

[0001] 本发明属于并联混合动力汽车技术领域,特别涉及一种CVT并联混合动力汽车驾驶员需求转矩估计方法。

背景技术

[0002] 随着能源与环境问题日益严峻,节能与新能源汽车技术成为政府和企业的焦点。混合动力汽车由于其燃油经济性好、排放少成为新能源汽车的热门方向之一。其中的并联混合动力车型,由于结构相对简单、容易控制而得到较多发展应用。并且随着CVT机械式无级变速器的设计制造水平和控制技术的进步,其在混合动力汽车上的应用也越来越多。

[0003] 现有技术中,CVT并联混合动力汽车的驾驶员需求转矩估计专利较少,其他需求转矩估计的相关专利未有针对CVT速比可快速在大范围内无级变化的特点、也未有针对并联混合动力汽车在不同驱动模式下主要动力源最优工作转速范围不同对CVT输入端转速范围限制不同及不同驱动模式下两动力源工作与否对动力系统最大输出能力影响较大的特点,这对于汽车的动力性能发挥和驾驶体验不利。如中国专利公布号为CN102897214A,公布日为2013-01-30,公开了一种驾驶员需求转矩的解析方法,该方法对于单轴驱动,动力系统由发动机、电机和自动变速器组成的并联式混合动力汽车,把电机和发动机外特性转矩曲线进行求和作为动力系统的复合转矩数组;又如中国专利公布号为CN104648404A,公布日为2015-05-27,公开了一种驾驶员驾驶意图的解析方法,该方法将输出轴端发动机最大转矩与输出轴端电机最大驱动转矩之和作为加速踏板100%开度时的需求转矩;又如中国专利公布号为CN104029675A,公布日为2014-09-10,公开了一种混合动力汽车及其动力系统转矩控制方法,该方法中把当前动力系统状态下(电池、电机、发动机等各部件状态)所有运行模式下能够实现的最大驱动转矩作为动力系统最大转矩能力,也即动力系统最大转矩为发动机与电动机最大转矩之和;其中虽然考虑了当前动力系统中电池、电机、发动机等各部件状态,但是却没有考虑发动机、电动机在当前模式是否参与工作这一重要状态,而是把所有运行模式下能够实现的最大驱动转矩作为动力系统最大转矩能力,实际上还是把电机和发动机的最大转矩求和。因此上述三种方法均不完全合理,因为在有些模式下电动机与发动机仅有一个工作,系统最大输出特性会随驱动模式不同有较大改变,所以把两动力源最大转矩直接简单相加并不能准确代表汽车动力系统的实时真实最大输出特性。

[0004] 同时,上述中国专利公布号为CN102897214A的所述方法中,采用0至最高转速的全范围电机转速根据动力系统复合转矩求解各档、各输入转速下最大输出转矩。此方法不能解决混合动力汽车在不同驱动模式下主要动力源最优工作转速范围不同会对CVT输入端转速范围限制不同,如发动机参与工作时发动机最优工作范围一般相对电机转速范围较窄,在其低速、高速区域油耗差,控制策略一般不允许发动机在此区域工作的问题。

[0005] 针对上述的技术不足,本发明所述的一种CVT并联混合动力汽车驾驶员需求转矩估计方法,通过针对并联混合动力汽车在不同驱动模式下两动力源工作与否的差异,采用基于模式的动力系统复合外特性求解方式得到动力系统的真实最大输出特性;并针对CVT

速比可在大范围内迅速无级变化、对输出特性有直接影响特点,由车速、速比范围 i_g 求CVT输入端可用转速范围数组 S_{ava} ;再基于当前模式求解主要动力源最优工作转速范围 S_{lim} ,对输入端可用转速进行限制后得当前车速下可用的最优转速范围 S_{opt} ;再由各转速插值复合外特性得输入端转矩范围 T_{in} ;再由与各转速所对应速比得输出端转矩范围 T_{out} ;再对各速比下的转矩求最大值得系统最大输出转矩;最终由加速踏板得实时需求转矩的准确值。本方法基于驱动模式求解动力系统复合外特性,并根据CVT速比可无级变化特点和不同模式下最优转速差异,通过转速范围得转矩范围,最终求最值得到系统真实最大输出特性,可准确估计驾驶员实时需求转矩,进而改善汽车动力性能和驾驶体验。

发明内容

[0006] 为解决现有技术存在的不足,本发明提供了一种CVT并联混合动力汽车驾驶员需求转矩估计方法,其考虑了在不同驱动模式下两动力源工作与否的差异,采用基于模式的动力系统复合外特性求解方式得到动力系统的真实最大输出特性;并且考虑了CVT速比可在大范围内迅速无级变化、对输出特性有直接影响特点,通过车速、速比范围求解CVT输入端可用转速范围数组 S_{ava} ;同时还考虑了不同模式下主要动力源最优工作转速范围 S_{opt} 差异,得到当前模式下的输入端最优转速范围 S_{opt} ;进而通过插值及速比得到外特性对应的输入、输出转矩,从而通过对各个速比下的转矩值求最大得到系统当前真实的最大可输出转矩,最后由踏板得到需求转矩。因而本方法充分考虑了CVT并联混合动力汽车的结构特点及各驱动模式下动力源参与工作情况不同对系统最大输出能力和输入转速范围对最优工作转速区间有所限制的影响,同时考虑了CVT速比无极变化的特性,从而能够准确得到系统的真实最大输出特性,进而可以获得驾驶员需求转矩的精确结果。

[0007] 为实现上述目的,根据本发明实施例的一种CVT并联混合动力汽车驾驶员需求转矩估计方法,包括以下步骤:

[0008] 步骤1,根据并联混和动力汽车的电动机、发动机均位于CVT输入端的特点,不同驱动模式下各动力源是否参与驱动的情况会有所不同;首先根据两动力源外特性,采用基于驱动模式的动力系统复合外特性求解方法,得到各输入转速下的动力系统最大可输入转矩;

[0009] 步骤2,针对CVT速比可以实时快速无级变化的特点,如公式(1)所示,由实际车速 v 根据CVT的速比范围数组 i_g (速比范围数组间隔取不小于CVT速比变化灵敏度的某一较小值,如0.1)求解当前车速下CVT输入端的可用转速范围 S_{ava} ,即可得与实时车速及任一速比 i_{s_ava} 相对应的各个转速 S_{ava} ;也即根据当前车速值 v 可得速比与转速两个数组,且速比值与转速值一一对应;

$$[0010] \quad n = \frac{v \cdot i_0 \cdot i_g}{0.377r} \quad (1)$$

[0011] 式中, n 为CVT输入端转速,单位rpm; i_0 为主减速器速比; r 为车轮半径,单位m;

[0012] 步骤3,根据不同驱动模式下主要动力源效率较高的最优工作转速限制范围不同的特点,基于当前驱动模式的主要动力源最优工作转速范围得到CVT输入端转速限制范围 S_{lim} ;再由当前车速下CVT输入端的可用转速范围 S_{ava} ,求二者交集,得到当前可用的CVT输入端最优工作转速范围 S_{opt} ,各转速对应速比记为 i_{s_opt} ;

[0013] 步骤4,由CVT输入端最优工作转速范围 S_{opt} 内的各个转速插值当前驱动模式下动力系统复合外特性 $T-S$ 曲线,得到CVT输入转矩范围 T_{in} ;再结合与各个转速 S_{opt} 值所对应的速比 i_{s_opt} ,得到CVT可输出转矩范围 T_{out} ;

[0014] 步骤5,对实时车速、模式下的CVT可输出转矩范围 T_{out} 内的各转矩值求MAX,得到当前汽车状态(车速、驱动模式)下,动力系统的真实最大可输出转矩 T_{max} ;

[0015] 步骤6,由当前汽车状态下动力系统最大可输出转矩 T_{max} 和加速踏板信号 k 求得驾驶员预需求转矩 T'_{req} ;

[0016] 步骤7,为避免所得驾驶员需求转矩出现较大的迅速波动,对预需求转矩值 T'_{req} 的变化率进行限制,得到驾驶员实时需求转矩 T_{req} ,防止因需求转矩的迅速变化导致模式切换频繁或汽车冲击度过大。

[0017] 由此,根据本发明的一种CVT并联混合动力汽车驾驶员需求转矩估计方法,通过基于模式的动力系统复合外特性求解方法得到动力系统的真实最大输出特性,并通过各个速比下的CVT输入端可用转速计算、不同模式下的主要动力源最优转速范围限制,得到CVT可实现的系统最大输出转矩特性,最终得到准确的需求转矩。因而,本发明所述方法专门针对并联混动及CVT的工作特点,可做到细致全面、准确有效。

[0018] 另外,根据本发明上述实施例还可以具有如下附加技术特征:

[0019] 根据本发明的一个实施例,所述步骤1中基于驱动模式的动力系统复合外特性 $T-S$ 曲线的求解方法为,根据当前驱动模式下动力源的参与驱动情况,决定动力系统复合外特性的组成部分;即动力系统复合外特性仅包括当前模式下参与驱动、对驱动轮有驱动力输出的动力源的最大输出特性。

[0020] 根据本发明的一个实施例,所述步骤2中的CVT速比范围数组 i_g 是指CVT所能实现的所有传动比的变化范围,是CVT机械结构所决定的固定参数;与之对应的所述步骤3中的CVT输入端转速限制范围 S_{lim} 是指在当前驱动模式下,汽车控制策略中定义的主要动力源的最优工作转速范围;如纯电动模式下 S_{lim} 是控制策略期望的电动机最优工作转速(或额定转速以下)范围,有发动机参与的其他驱动模式下 S_{lim} 为控制策略期望的发动机最优工作转速范围;且电动机、发动机的最优工作转速范围根据其效率/油耗MAP数据标定,以提高动力系统经济性;同时所述步骤2~4中根据实时汽车状态及各个速比值 i_g ,所得可用转速范围 S_{ava} 、输入端最优工作转速范围 S_{opt} 、输入转矩范围 T_{in} 、输出转矩范围 T_{out} 均是数组形式,并且各转速/转矩值分别与各速比值 i_{s_ava} 、 i_{s_opt} 一一对应,由此可根据CVT的输入特性得到其输出特性,进而最终得到驾驶员的准确需求。

[0021] 本发明的附加方面和优点将在下面的描述中部分给出,部分将从下面的描述中变得明显,或通过本发明的实践了解到。

附图说明

[0022] 本发明的上述和/或附加的方面和优点结合下面附图对实施例的描述中将变得明显和容易理解,其中:

[0023] 图1为根据本发明实施例的一种CVT并联混合动力汽车驾驶员需求转矩估计方法的流程图;

[0024] 图2为根据本发明实施例的基于模式的动力系统复合外特性求解方法流程图;

[0025] 图3为根据本发明实施例的考虑CVT速比无级变化特性及不同模式下主要动力源最优工作转速范围限制的动力系统转矩输出能力求解方法流程图；

[0026] 图4为本发明一个实施例所适用的一种并联混合动力汽车构型简图；

[0027] 图5为本发明另一个实施例所适用的一种并联混合动力汽车构型简图；

[0028] 图中：1、步骤1；2、步骤2；3、步骤3；4、步骤4；5、步骤5；6、步骤6；

[0029] 7、步骤7；

[0030] I、发动机；II、离合器；III、电动机；IV、CVT；V、动力耦合器。

具体实施方式

[0031] 下面详细描述本发明的实施例，所述实施例的示例在附图中示出，其中自始至终相同或类似的符号表示相同或类似的物理量或具有相同或类似意义的物理量。下面通过参考附图描述的实施例是示例性的，仅用于解释本发明，而不能理解为对本发明的限制。

[0032] 在本发明的描述中，需要说明的是，除非另有明确的规定和限定，术语“数组”、“范围”应做广义理解，例如，可以是一组等间隔的数，也可以是间隔随机的数，对于本领域的普通技术人员而言，可以根据具体情况理解上述术语的具体含义。

[0033] 由于并联混合动力汽车及CVT的基本结构为本领域技术人员所悉知的，因此在此不再一一赘述，仅在附图3、图4中给出两种典型的构型简图。

[0034] 下面参考附图来描述根据本发明实施例的一种CVT并联混合动力汽车驾驶员需求转矩估计方法，但本发明并不限于这些实施例。

[0035] 如图1所示方法，为适用于图4所示单轴并联构型混合动力汽车需求转矩的估计方法。该方法包括：

[0036] 步骤1：获得汽车当前的驱动模式及发动机、电动机外特性数据，若当前驱动模式下仅有一个动力源进行驱动工作，则动力系统复合外特性等同于此动力源外特性；若当前驱动模式下两动力源均进行驱动工作，则动力系统复合外特性等同于两动力源外特性之和。

[0037] 其详细方法如图2所示，若当前为纯电动EV模式，仅电动机进行驱动工作，则动力系统复合外特性等同于电动机外特性转矩；若当前为驱动并发电CHEV模式或发动机单独驱动ICE模式，仅发动机进行驱动工作，则动力系统复合外特性等同于发动机外特性转矩；若当前为联合驱动BHEV模式，两动力源均进行驱动工作，则动力系统复合外特性等同于发动机外特性和电动机外特性转矩之和；若还有其他驱动模式，则根据动力源均参与车辆驱动情况计算复合外特性。

[0038] 步骤2：把CVT速比从最小值到最大值按某一间隔（间隔取不小于CVT速比变化灵敏度的某一较小值，如0.1）划分成一个数组 i_g 。然后，由实际车速和各个速比求得CVT输入端的可用转速范围数组 S_{ava} 。则在任意的当前车速下，对任一可用转速 S_{ava} 值都有一个速比值 i_{s_ava} 与之相对应。

[0039] 步骤3：由当前驱动模式下控制策略中定义的主要动力源的最优工作转速范围 S_{lim} ，对当前车速下CVT输入端的可用转速范围 S_{ava} 进行限制，即求二者的公共范围（交集），得到输入端最优工作转速范围 S_{opt} ，与其各转速值对应的速比记为 i_{s_opt} 。

[0040] 步骤4：由CVT输入端最优工作转速范围 S_{opt} 内的各个转速分别插值当前驱动模式

下动力系统复合外特性T-S曲线,得到CVT输入转矩范围 T_{in} ;再结合与各个转速值 S_{opt} 所对应的速比 i_{s_opt} 得到CVT可输出转矩范围 T_{out} 。

[0041] 步骤5:在实时车速、驱动模式下的CVT可输出转矩范围 T_{out} 是一个随速比变化的数组,把数组内各转矩值通过求MAX得到最大值,即为当前汽车状态(车速、驱动模式)下,动力系统最大可输出转矩 T_{max} 。

[0042] 步骤6:由当前汽车状态下动力系统最大可输出转矩 T_{max} 和加速踏板信号 k 相乘,求得驾驶员预需求转矩 T'_{req} 。

[0043] 步骤7:对预需求转矩值 T'_{req} 的变化率进行限制,得到驾驶员实时需求转矩 T_{req} 的准确值。

[0044] 对于图5所示的双轴并联构型混合动力汽车需求转矩的估计方法,与图4所示构型方法类似,仅在步骤1中有部分差异:在获得汽车当前的驱动模式及发动机、电动机外特性数据后,若当前驱动模式下仅电动机工作,则动力系统复合外特性等同于电动机外特性与耦合装置传动比相作用后的结果(转速范围缩小、转矩范围扩大);若当前驱动模式下仅发动机进行驱动工作,则动力系统复合外特性等同于发动机外特性;若当前驱动模式下两动力源均进行驱动工作,则动力系统复合外特性等同于发动机外特性和电动机外特性与耦合装置传动比相作用后的结果之和。

[0045] 对于其他单、双轴并联混合动力构型,例如电动机与发动机在CVT之后进行动力耦合的情况,采用类似上述的方法考虑速比的影响即可实现。

[0046] 综上,通过基于模式的动力系统复合外特性求解方法得到动力系统的真实最大输出特性,并通过各个速比下CVT输入端可用转速 S_{ava} 的计算、不同模式下主要动力源最优工作转速范围 S_{lim} 的限制,得到CVT输入端最优工作转速范围 S_{opt} ,进而插值得到外特性对应的输入、输出端转矩及系统可实现的最大输出转矩 T_{max} ,最终即可得到需求转矩的准确值。

[0047] 本发明中未提及的部分采用或借鉴已有技术即可实现。

[0048] 在本说明书的描述中,参考术语“一个实施例”、“另一个实施例”、“单轴并联”或“双轴并联”等的描述意指结合该实施例或示例描述的具体特征、结构、步骤、方法或者特点包含于本发明的至少一个实施例或示例中。在本说明书中,对上述术语的示意性表述不一定指的是相同的实施例或示例。而且,描述的具体特征、步骤、方法或者特点可以在任何一个或多个实施例或示例中以合适的方式结合。

[0049] 尽管本文中较多的使用了诸如“数组”、“范围”、“单轴并联”、“双轴并联”、“CVT”、“动力系统”等术语,但并不排除使用其它术语的可能性。使用这些术语仅仅是为了方便地描述和解释本发明的本质;把它们解释成任何一种附加的限制都是与本发明精神相违背的。

[0050] 尽管已经示出和描述了本发明的实施例,本领域的普通技术人员可以理解:在不脱离本发明的原理和宗旨的情况下可以对这些实施例进行多种变化、修改、替换和变型,本发明的范围由权利要求及其等同物限定。

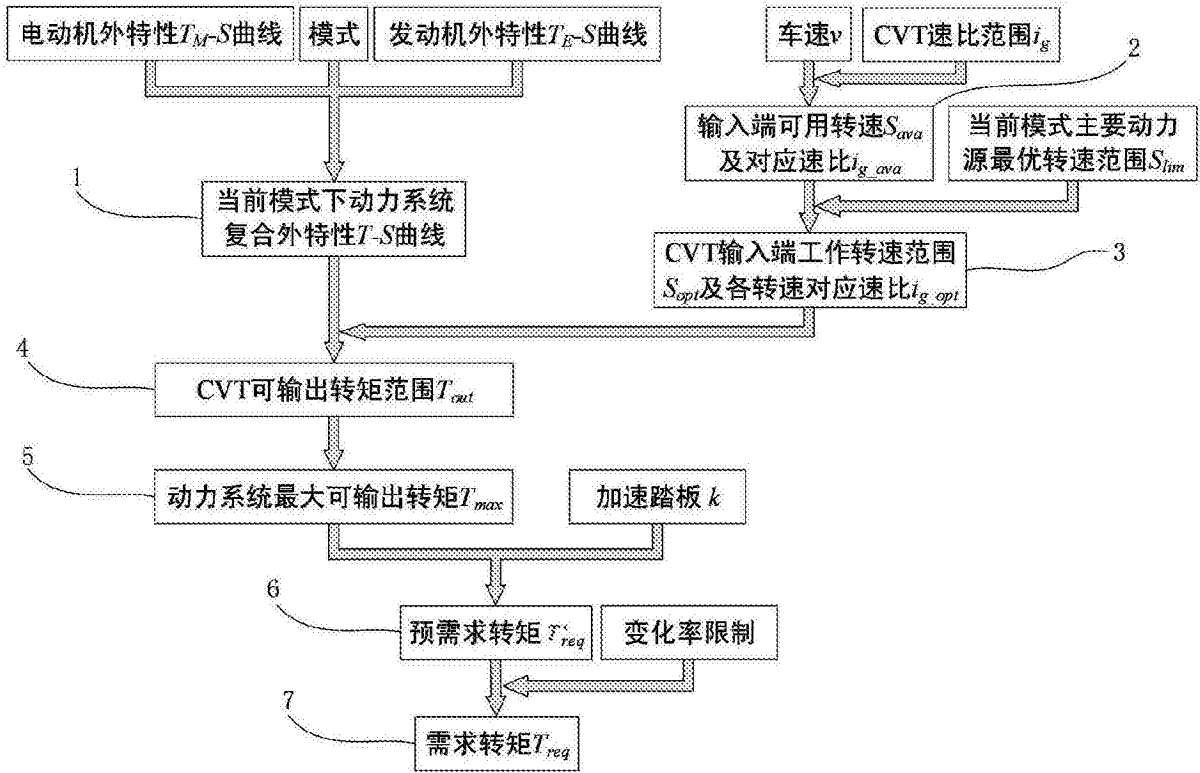


图1

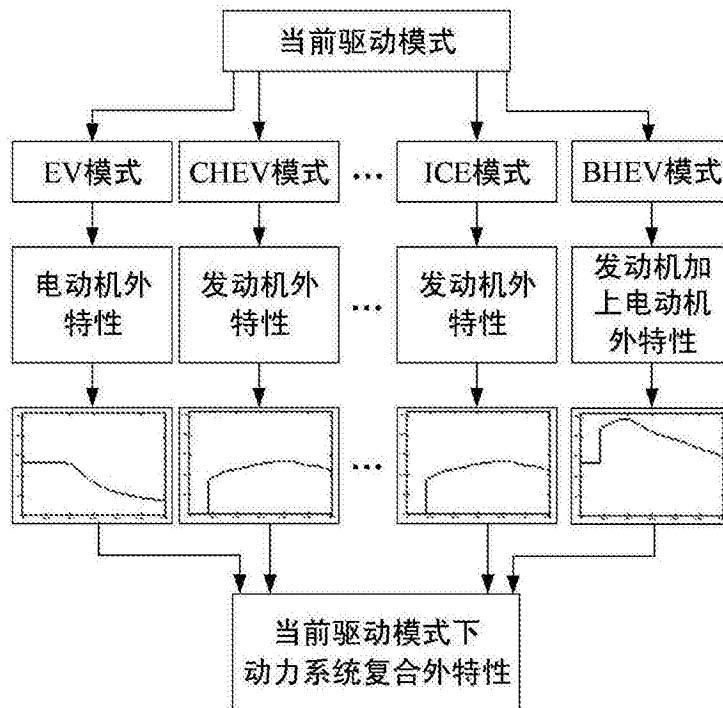


图2

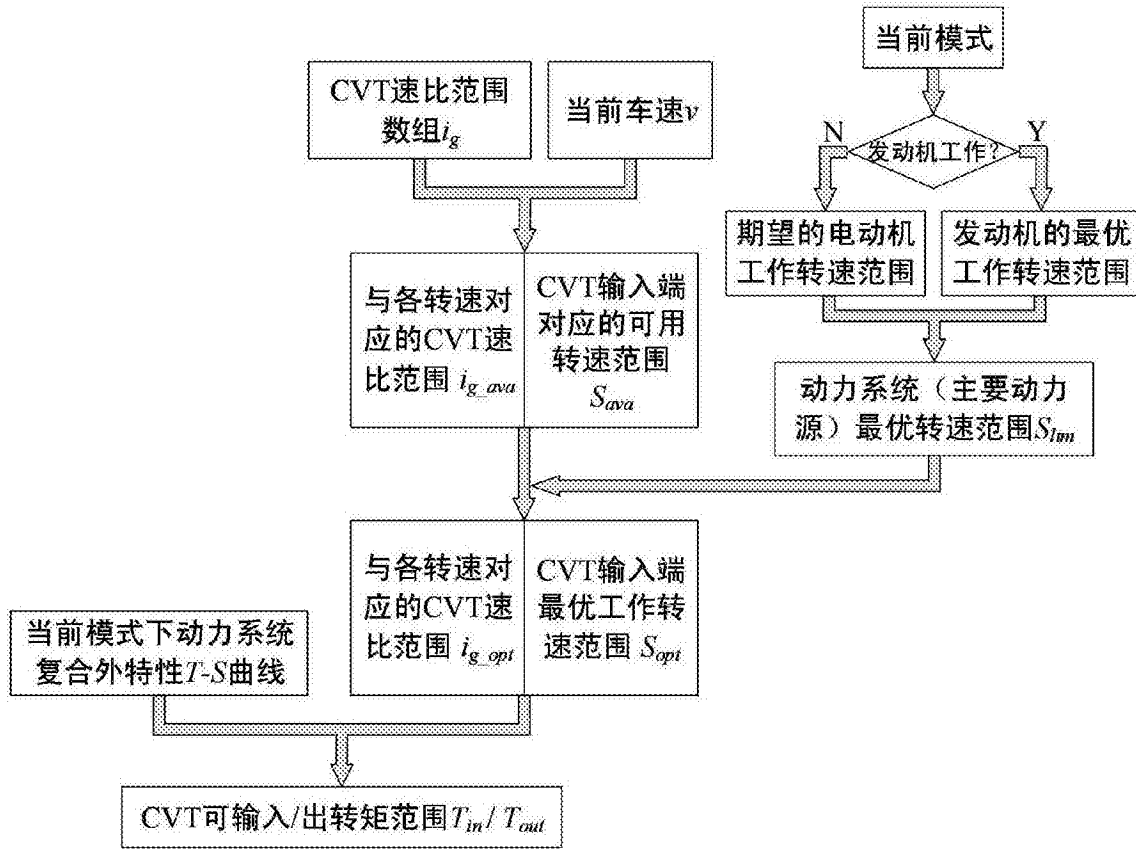


图3

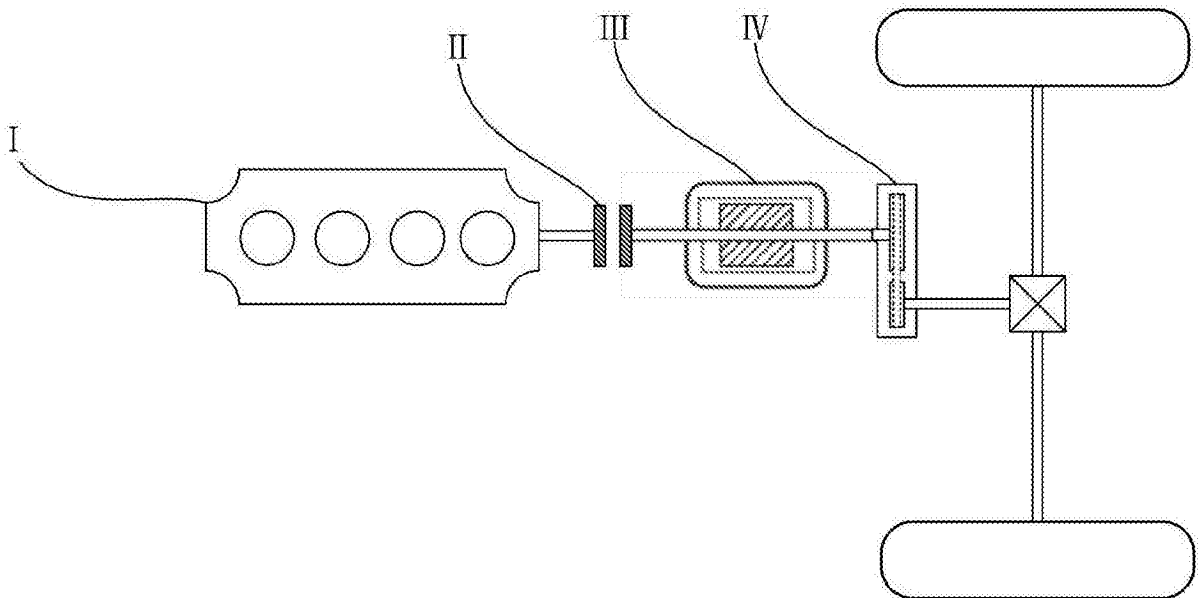


图4

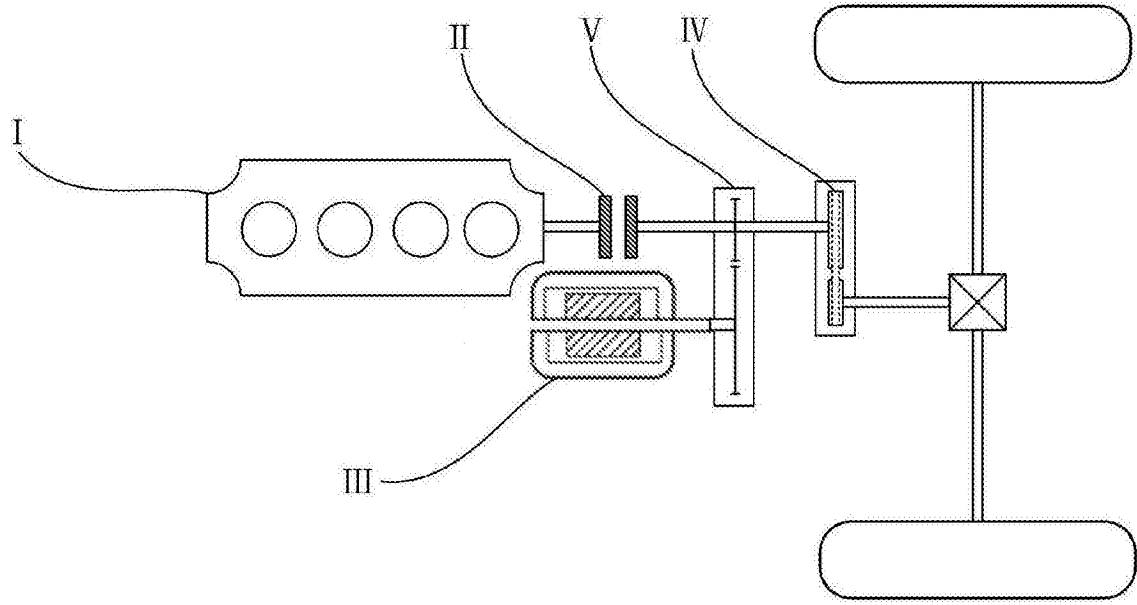


图5