



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 111891109 B

(45) 授权公告日 2021.08.03

(21) 申请号 202010808755.X

B60W 20/15 (2016.01)

(22) 申请日 2020.08.12

审查员 王浩泽

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 111891109 A

(43) 申请公布日 2020.11.06

(73) 专利权人 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 王伟达 杨超 王玮琪 查明军

刘铠嘉 郭兴华

(74) 专利代理机构 成都方圆聿联专利代理事务

所(普通合伙) 51241

代理人 李鹏

(51) Int. Cl.

B60W 20/10 (2016.01)

权利要求书2页 说明书4页 附图3页

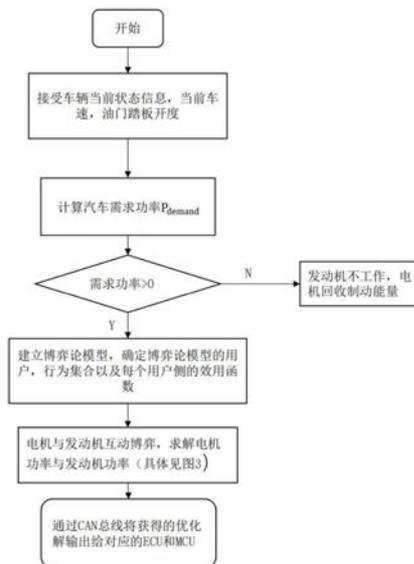
(54) 发明名称

基于非合作博弈论的混合动力汽车能量优化分配控制方法

(57) 摘要

本发明提供一种基于非合作博弈论的混合动力汽车能量优化分配控制方法,根据当前车速和油门踏板的开度解析得到汽车的需求功率,判断需求功率是否大于零,若大于零则汽车处于驱动模式,进行后续步骤来实现功率在不同动力源间的分配,若小于零则汽车处于制动模式,此时发动机关闭,电机对再生制动能量进行回收;建立博弈论模型,传统燃油汽车确定发动机侧的效用函数;纯电动汽车确定电机侧效用函数;电机侧与发动机侧互动博弈,求出优化后的电机功率与发动机功率;通过CAN总线输出所需发动机功率和电机功率给对应的发动机控制器和电机控制器。本发明将博弈论应用在混合动力汽车的功率分配,综合优化了混合动力汽车的动力性和经济性。

CN 111891109 B



1. 基于非合作博弈论的混合动力汽车能量优化分配控制方法, 其特征在于, 采用功率分配控制, 功率分配方法具体步骤包括:

步骤一: 接收当前车速, 油门踏板开度信息, 根据当前车速和油门踏板的开度解析得到汽车的需求功率 P_{demand} ;

步骤二: 判断需求功率是否大于零, 若大于零则汽车处于驱动模式, 进行接下来步骤来实现功率在不同动力源间的分配, 若小于零则汽车处于制动模式, 此时发动机关闭, 电机对再生制动能量进行回收;

步骤三: 建立博弈论模型, 确定博弈对象和博弈对象行为集合; 博弈论模型的参与者是发动机和电机; 行为集合是发动机的功率 P_e 和电机的功率 P_m ; 确定发动机侧的效用函数 U_1 与电机侧效用函数 U_2 ;

步骤三中, 汽车为传统燃油汽车, 发动机为单一能量源, 此时汽车的经济性能和动力性能分别由发动机燃油消耗量的相反数 f_1 和发动机当前工况下输出最大功率与实际输出功率的差值 a_1 来衡量; 将 f_1 和 a_1 进行无量纲化处理后加权求和的值设为发动机侧的效用函数; 发动机的燃油消耗量由发动机功率和发动机转速组成的多项式表达; 发动机与电机共同工作时, 发动机与电机转速相同, 与车速有耦合关系;

汽车为纯电动汽车, 纯电动汽车经济性和动力性分别由电池耗电量的相反数 f_2 和当前SOC状态下电池最大放电功率与电机功率的差值 a_2 衡量, 将 f_2 和 a_2 进行无量纲化处理后加权求和的值设为电机侧的效用函数; 电机的耗电量由电机功率和电机转速组成的多项式表达; 不考虑电机作为发电机工作的模式;

步骤四: 电机侧与发动机侧互动博弈, 求出优化后的电机功率与发动机功率;

步骤四中求解优化发动机与电机功率的过程分为以下两种情况:

第一种情况: 当前转速下对应的发动机最小功率大于需求功率, 此时的发动机功率为零, 电机功率等于 $\min(P_{\text{demand}}, P_{\text{mmax}}(n))$;

第二种情况: 当前转速下对应的发动机最小功率小于需求功率, 求解过程如下:

在实际优化环境中发动机处于决策的主导部分, 首先确定发动机功率, 电机根据发动机功率确定最优电机功率;

1: 求解发动机侧的效用函数求最大值 $U_{1\text{max}}$, 并选取所有发动机侧效益函数满足 $U_1 \in [U_{1\text{max}} - \alpha, U_{1\text{max}}]$ 对应的发动机功率;

2: 在满足发动机功率与电机功率约束条件下, 已确定需求功率和发动机功率前提下得到电机功率;

3: 将得到的电机功率集合代入电机侧效用函数 U_2 得出多个效用函数的值, 此时最大效用函数对应的电机功率以及相对应的发动机功率为优化解;

在第二种情况的求解过程中应满足发动机功率在给定转速条件下允许的功率范围内且不大于汽车需求功率, 电机功率在给定转速条件下的功率范围内, 且不大于汽车需求功率和当前SOC状态下的电池发电功率; 发动机功率与电机功率之和应与汽车需求功率相同; α 为常数;

步骤五:通过CAN总线输出所需发动机功率和电机功率给对应的发动机控制器和电机控制器。

基于非合作博弈论的混合动力汽车能量优化分配控制方法

技术领域

[0001] 本发明涉及车辆控制技术领域,尤其是涉及一种基于非合作博弈论的混合动力汽车能量优化分配控制方法。

背景技术

[0002] 近些年来,日益严重的环境问题迫使汽车厂商去开发能有效利用能源且排放较少的混合动力汽车。混合动力汽车至少有两种动力源,在不同的动力源间合理地分配驾驶员需求动力(能量管理策略)是开发过程的难点。不同的分配方式会对汽车的动力性,经济性,系统效率等造成很大影响。目前常用的能量管理策略包括:基于规则的能量管理策略,基于优化的能量管理策略,基于预测的能量管理策略等。基于规则的能量管理策略实时性好但未能有效优化汽车性能,基于优化的能量管理策略实时性较差且大多数集中在对汽车经济性能的优化。

[0003] CN109131350B提供一种混合动力汽车能量管理方法,其特征就在于,包括:利用基于历史车速和驾驶员行为训练的神经网络对未来车速进行预测,得到预测车速;将历史车速和驾驶员行为按照神经网络输入输出进行整理,然后将输入参数矢量和输出参数矢量输出到径向基函数人工神经网络模型中形成训练样本进行离线训练,建立稳定的径向基函数人工神经网络结构;选用自组织选取中线的RBF神经网络学习方法,核心是求解隐含层基函数中心、基函数的方差和隐含层单元到输出单元的权值;利用通过采集的道路坡度数据所建立的基于自回归积分移动平均模型的坡度预测模型对道路坡度进行预测,得到预测道路坡度;根据所述预测车速和所述预测道路坡度计算需求功率;根据所述需求功率利用动态规划算法计算各个动力部件的扭矩和转速。该方法存在的缺点:1、动态规划算法的实时性较差,且在实际应用过程中需要提前预知工况;2、该方法只优化了混合动力汽车的经济性能。

[0004] CN107253475B提供了一种用于混合动力汽车的扭矩分配方法、扭矩分配控制器,该扭矩分配控制器采用所述扭矩分配方法对扭矩进行分配控制,该扭矩分配方法包括:步骤A,根据油门踏板的开度解析得出原始需求扭矩;步骤B,对原始需求扭矩进行驾驶性处理得出驾驶员需求扭矩;步骤C,根据原始需求扭矩计算发动机稳态需求扭矩,将发动机稳态需求扭矩作为发动机的执行扭矩;步骤D,计算驾驶员需求扭矩减去发动机实际扭矩的差值,当差值不小于零时,将差值作为电机的执行扭矩,当差值小于零时,控制电机进入发电模式。本发明的扭矩分配方法基于驾驶员需求扭矩,采用优化计算的动态扭矩分配策略,合理分配给发动机和电机,从而提高混合动力系统的工作效率。在所述步骤A之前还包括:判断整车系统是否满足预设使能条件,所述预设使能条件具体为:动力系统处于扭矩驱动模式;且发动机处于运行状态;且电系统满足预设发电助力条件;所述预设发电助力条件为:电池的剩余电量大于整车系统的最低允许发电电量;且电池的可用发电功率大于整车系统的最低使用发电功率;且电机的可用充电功率大于整车的最低使用充电功率;且电机的最大发电扭矩和最大助力扭矩均大于预设阈值。该方法考虑混合动力系统的工作效率的但是忽略了混合动力系统的动力性及经济性。

发明内容

[0005] 本发明提供综合考虑汽车各种性能且实时性较好的能量管理策略,解决现有的混合动力汽车的功率分配方法中不能综合考虑动力性能与经济性能的问题;并且解决现有的混合动力汽车功率分配方法实时应用困难的问题。

[0006] 为实现上述目的,本发明采用的技术方案是:

[0007] 基于非合作博弈论的混合动力汽车能量优化分配控制方法,采用功率分配控制,功率分配方法具体步骤包括:

[0008] 步骤一:接收当前车速,油门踏板开度信息,根据当前车速和油门踏板的开度解析得到汽车的需求功率 P_{demand} 。

[0009] 步骤二:判断需求功率是否大于零,若大于零则汽车处于驱动模式,可进行接下来步骤来实现功率在不同动力源间的分配,若小于零则汽车处于制动模式,此时发动机关闭,电机对再生制动能量进行回收。

[0010] 步骤三:建立博弈论模型,确定博弈对象和博弈对象行为集合;博弈论模型的参与者是发动机和电机。行为集合是发动机的功率 P_e 和电机的功率 P_m 。

[0011] 确定发动机侧的效用函数 U_1 ,假设汽车为传统燃油汽车,发动机为单一能量源,此时汽车的经济性能和动力性能分别由发动机燃油消耗量的相反数(f_1)和发动机当前工况下可输出最大功率与实际输出功率的差值(a_1)来衡量。故本专利中将 f_1 和 a_1 进行无量纲化处理后加权求和的值设为发动机侧的效用函数。发动机的燃油消耗量可由发动机功率和发动机转速组成的多项式表达。本专利采用的车型中,发动机与电机共同工作时,发动机与电机转速相同,与车速有耦合关系。

[0012] 确定电机侧效用函数 U_2 ,假设汽车为纯电动汽车,纯电动汽车经济性和动力性可分别由电池耗电量的相反数(f_2)和当前SOC状态下电池最大放电功率与电机功率的差值(a_2)衡量,故本专利中将 f_2 和 a_2 进行无量纲化处理后加权求和的值设为电机侧的效用函数。电机的耗电量可由电机功率和电机转速组成的多项式表达。本专利中不考虑电机作为发电机工作的模式。

[0013] 步骤四:电机侧与发动机侧互动博弈,求出优化后的电机功率与发动机功率。

[0014] 求解优化发动机与电机功率的过程可分为以下两种情况:

[0015] 第一种情况:当前转速下对应的发动机最小功率大于需求功率,此时的发动机功率为零,电机功率等于 $\min(P_{\text{demand}}, P_{\text{mmax}}(n))$

[0016] 第二种情况:当前转速下对应的发动机最小功率小于需求功率,求解过程如下:

[0017] 在实际优化环境中发动机处于决策的主导部分,首先确定发动机功率,电机根据发动机功率确定最优电机功率。

[0018] 1:求解发动机侧的效用函数求最大值 $U_{1\text{max}}$,并选取所有发动机侧效益函数满足 $U_1 \in [U_{1\text{max}} - \alpha, U_{1\text{max}}]$ 对应的发动机功率。

[0019] 2:在满足发动机功率与电机功率约束条件下,已确定需求功率和发动机功率前提下得到电机功率。

[0020] 3:将得到的电机功率集合代入电机侧效用函数 U_2 得出多个效用函数的值,此时最大效用函数对应的电机功率以及相对应的发动机功率为优化解。

[0021] 在第二种情况的求解过程中应满足发动机功率在给定转速条件下允许的功率范

围内且不大于汽车需求功率,电机功率在给定转速条件下的功率范围内,且不大于汽车需求功率和当前SOC状态下的电池发电功率。发动机功率与电机功率之和应与汽车需求功率相同。

[0022] 步骤五:通过CAN总线输出所需发动机功率和电机功率给对应的发动机控制器和电机控制器。

[0023] 本发明具有技术效果:

[0024] 本发明将博弈论应用在混合动力汽车的功率分配,将发动机和电机作为博弈论模型的参与者,求解发动机功率和电机功率,综合优化了混合动力汽车的动力性和经济性。在混合动力汽车功率的分配过程中,将发动机与电机看成两个主体,共同优化,从而达到同时优化动力性能和经济性能的目标。

附图说明

[0025] 图1是并联式混合动力系统原理图;

[0026] 图2是本发明基于非合作博弈论的混合动力汽车能量优化分配控制方法流程图;

[0027] 图3是本发明互动博弈流程图;

[0028] 缩略语和关键术语定义

[0029] SOC:荷电状态,用来反映电池的剩余容量;

[0030] HCU:混合动力整车控制器;

[0031] ECU:发动机控制器;

[0032] MCU:电机控制器。

具体实施方式

[0033] 结合实例说明本发明的具体技术方案

[0034] 混合动力车辆行驶在道路上,为了保证车辆行驶的动力性,经济性和效率,混合动力车辆应用本专利中基于非合作博弈论的混合动力汽车能量优化分配控制方法。通过安装在本车上的传感器获得当前车辆信息(车速,加速度等)计算汽车需求转矩,应用已经写入HCU的能量优化分配控制方法,计算发动机与电机输出功率。将结果经过CAN总线传递到汽车ECU和MCU中。原理如图1所示。

[0035] 如图2所示,基于非合作博弈论的混合动力汽车能量优化分配控制方法,采用功率分配控制,功率分配方法具体步骤包括:

[0036] 步骤一:接收当前车速,油门踏板开度信息,根据当前车速和油门踏板的开度解析得到汽车的需求功率 P_{demand} 。

[0037] 步骤二:判断需求功率是否大于零,若大于零则汽车处于驱动模式,可进行接下来步骤来实现功率在不同动力源间的分配,若小于零则汽车处于制动模式,此时发动机关闭,电机对再生制动能量进行回收。

[0038] 步骤三:建立博弈论模型,确定博弈对象和博弈对象行为集合;博弈论模型的参与者是发动机和电机。行为集合是发动机的功率 P_e 和电机的功率 P_m 。

[0039] 确定发动机侧的效用函数,假设汽车为传统燃油汽车,发动机为单一能量源,此时汽车的经济性能和动力性能分别由发动机燃油消耗量的相反数(f_1)和发动机当前工况下

可输出最大功率与实际输出功率的差值 (a_1) 来衡量。故本专利中将 f_1 和 a_1 进行无量纲化处理后加权求和的值设为发动机侧的效用函数。发动机的燃油消耗量可由发动机功率和发动机转速组成的多项式表达。本专利采用的车型中,发动机与电机共同工作时,发动机与电机转速相同,与车速有耦合关系。

[0040] 确定电机侧效用函数,假设汽车为纯电动汽车,纯电动汽车经济性和动力性可分别由电池耗电量的相反数 (f_2) 和当前SOC状态下电池最大放电功率与电机功率的差值 (a_2) 衡量,故本专利中将 f_2 和 a_2 进行无量纲化处理后加权求和的值设为电机侧的效用函数。电机的耗电量可由电机功率和电机转速组成的多项式表达。本专利中不考虑电机作为发电机工作的模式。

[0041] 步骤四:电机侧与发动机侧互动博弈,求出优化后的电机功率与发动机功率。

[0042] 如图3所示,求解优化发动机与电机功率的过程可分为以下两种情况:

[0043] 第一种情况:当前转速下对应的发动机最小功率大于需求功率,此时的发动机功率为零,电机功率等于 $\min(P_{\text{demand}}, P_{\text{mmax}}(n))$ 。

[0044] 第二种情况:当前转速下对应的发动机最小功率小于需求功率,求解过程如下:

[0045] 在汽车车速为50km/h匀速行驶时,HCU根据车速与加速度信息计算当前汽车正常行驶所需功率,根据此时的发动机转速以发动机侧的效益函数 $U_1 \in [U_{1\text{max}} - \alpha, U_{1\text{max}}]$ 为条件求解满足条件发动机瞬时功率集合,已知电机功率与发动机功率之和与汽车正常行驶需求功率值相等,根据发动机瞬时功率集合求解对应电机功率集合,并且在对应的电机侧效益函数最大时取值,求出瞬时发动机功率与电机功率,同时保证了实时性,经济性和整车综合效率。

[0046] 需要说明的是,以上所述仅为本发明的一个具体实例,本发明不仅局限于上述所实现的实施例,凡在本发明的精神和原则之上所做的局部改动、等同替换、改进等均应包含在本发明的保护范围之内。

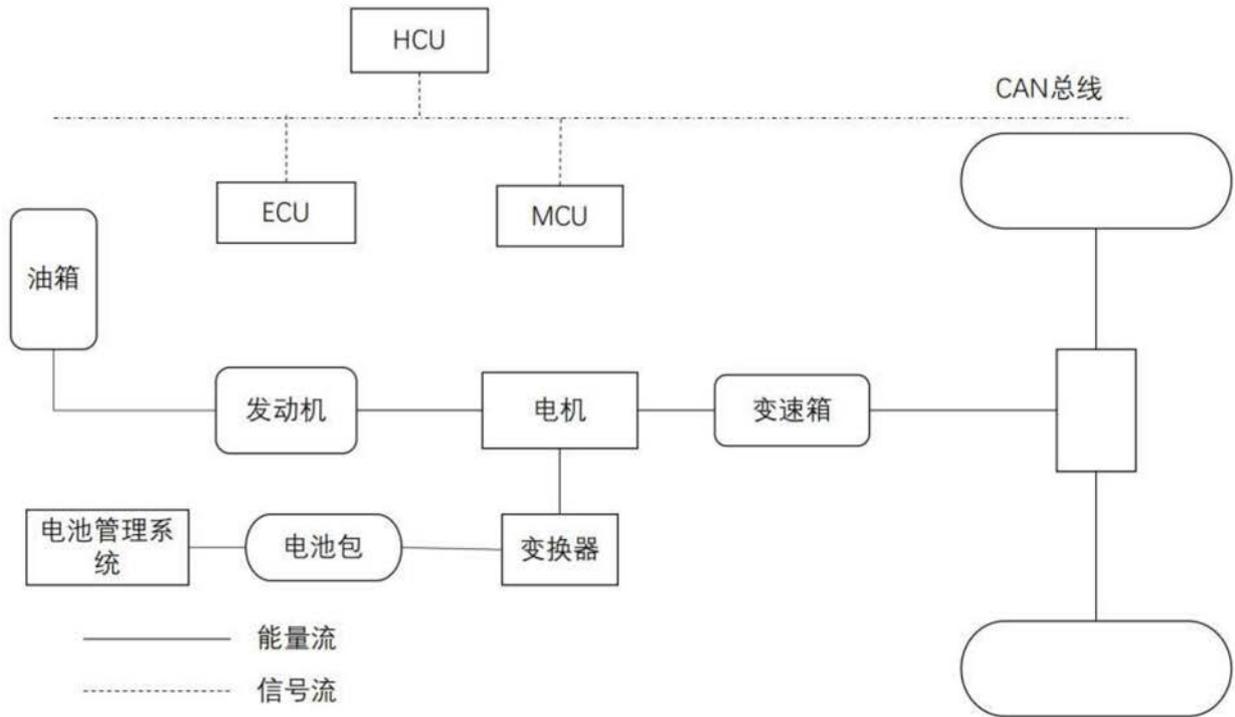


图1

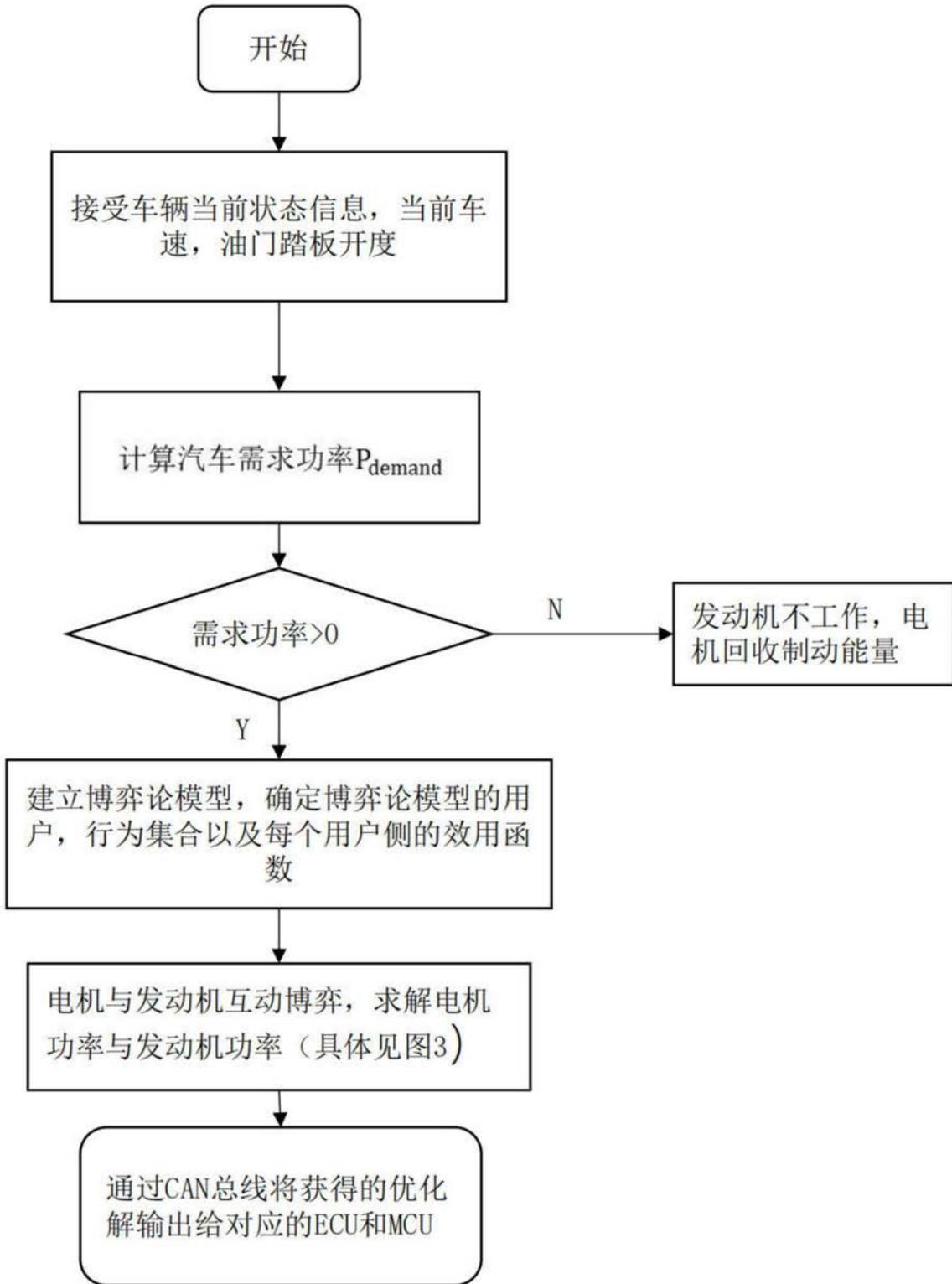


图2

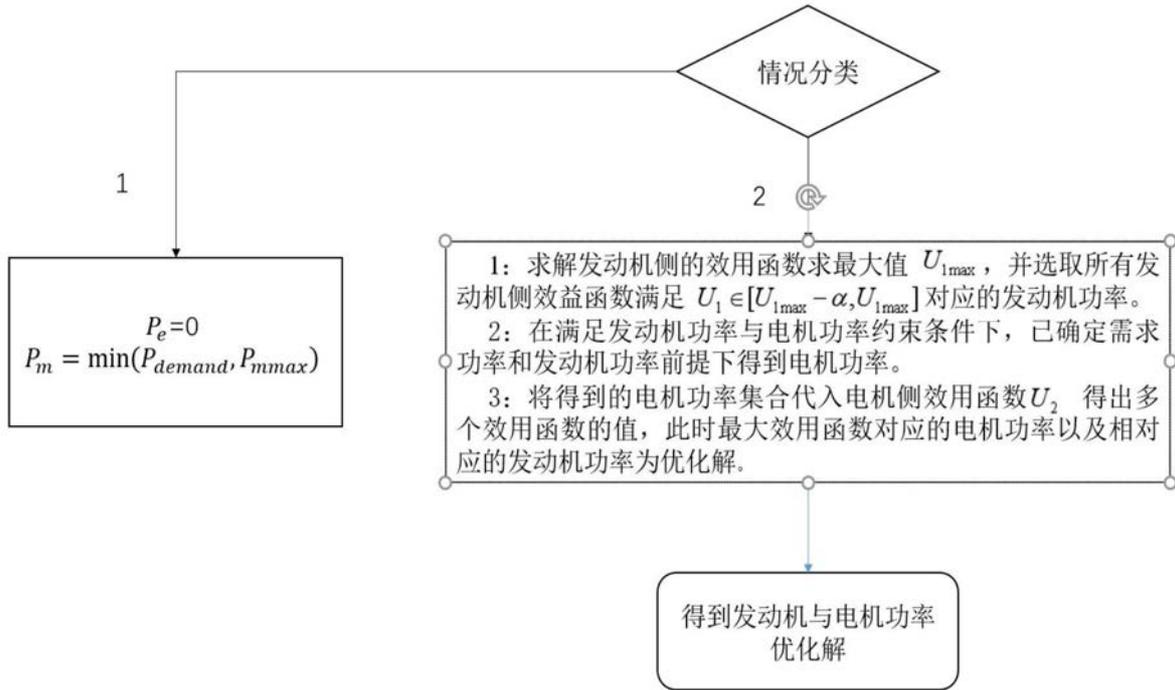


图3