



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 113071326 B

(45) 授权公告日 2022. 05. 03

(21) 申请号 202110492367.X

B60L 15/20 (2006.01)

(22) 申请日 2021.05.06

B60L 15/32 (2006.01)

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 113071326 A

审查员 谢忱

(43) 申请公布日 2021.07.06

(73) 专利权人 东风汽车集团股份有限公司
地址 430056 湖北省武汉市武汉经济技术
开发区东风大道特1号

(72) 发明人 李海波 赵田芳 王恺 刘莹
田丰民

(74) 专利代理机构 武汉开元知识产权代理有限
公司 42104
代理人 俞鸿 梅辰

(51) Int. Cl.
B60L 7/18 (2006.01)

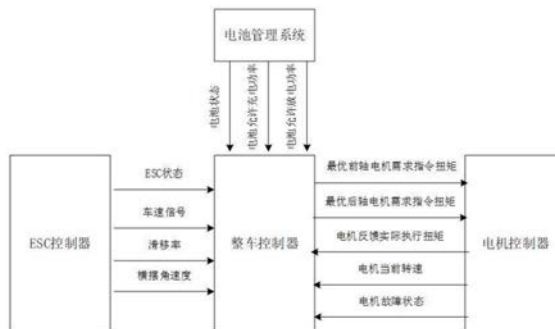
权利要求书5页 说明书11页 附图1页

(54) 发明名称

一种四驱新能源汽车再生能量回收扭矩分配方法及系统

(57) 摘要

本发明涉及汽车控制方法技术领域,具体地指一种四驱新能源汽车再生能量回收扭矩分配方法及系统。根据驾驶员需求的制动踏板开度、驾驶员需求的加速踏板开度、当前车速计算得到初始驾驶员需求制动回收扭矩和初始驾驶员需求滑行回收扭矩;对初始驾驶员需求制动回收扭矩和初始驾驶员需求滑行回收扭矩进行融合;根据驾驶员需求回收融合扭矩、当前车速查询驾驶员需求回收融合扭矩MAP获得初始前后轴转矩分配系数;结合当前汽车运行状况对驾驶员需求回收融合扭矩和初始前后轴转矩分配系数进行修正和优化,获得最优前轴电机需求指令扭矩和最优后轴电机需求指令扭矩。本发明确保系统回收效率最高且尽可能的多回收滑行及制动能量,改善电机热负荷。



1. 一种四驱新能源汽车再生能量回收扭矩分配方法,其特征在于:

根据驾驶员需求的制动踏板开度、当前车速计算得到初始驾驶员需求制动回收扭矩;

根据驾驶员需求的加速踏板开度、当前车速计算初始驾驶员需求滑行回收扭矩;

对初始驾驶员需求制动回收扭矩和初始驾驶员需求滑行回收扭矩进行融合,结合电池允许充电功率计算驾驶员需求回收融合扭矩;

根据上述获得的驾驶员需求回收融合扭矩与当前车速查询驾驶员需求回收融合扭矩MAP即可获得初始前后轴转矩分配系数 λ ,驾驶员需求回收融合扭矩MAP是通过构建系统回收效率最优函数计算获得的,具体获得的方法如下:

按照以下公式计算分配后的前轴再生回收轮边扭矩 T_f 和分配后的后轴再生回收轮边扭矩 T_r ,

$$T_f = T_{fm} \times i_{fm} = \lambda(T_f + T_r) = \lambda T_{reg} \quad (1)$$

$$T_r = T_{rm} \times i_{rm} = (1 - \lambda)T_{reg}$$

其中: T_f ——分配后的前轴再生回收轮边扭矩;

T_r ——分配后的后轴再生回收轮边扭矩;

T_{fm} ——前轴电机需求再生回收扭矩;

T_{rm} ——后轴电机需求再生回收扭矩;

P_f ——前轴电机机械功率;

P_r ——后轴电机机械功率;

i_{fm} ——前轴电机到轮边速比;

i_{rm} ——后轴电机到轮边速比;

λ ——初始前后轴转矩分配系数;

再生回收时 $\eta_f(T_{fm}, n_f)$ 为前轴电机当前 (T_{fm}, n_f) 工作点机械能转化为电能的效率,该效率即前轴电机发电效率MAP上对应 $(-T_{fm}, n_f)$ 对应点效率,则可根据上述效率计算前轴电机发电回收的电功率 P_{fe} ,

$$P_{fe} = P_f \times \eta_f(T_{fm}, n_f) = T_f \times \omega \times \eta_f(T_{fm}, n_f) \quad (2)$$

其中: P_{fe} ——前轴电机发电回收的电功率;

P_f ——前轴电机机械功率;

η_f ——前轴电机当前扭矩和转速下的效率;

T_{fm} ——前轴电机需求再生回收扭矩;

T_f ——分配后的前轴再生回收轮边扭矩;

ω ——车轮当前转速;

n_f ——前轴电机转速;

再生回收时 $\eta_r(T_{rm}, n_r)$ 为前轴电机当前 (T_{rm}, n_r) 工作点机械能转化为电能的效率,该效率即后轴电机发电效率MAP上对应 $(-T_{rm}, n_r)$ 对应点效率,则可根据上述效率计算后轴电机发电回收的电功率 P_{re} ,

$$P_{re} = P_r \times \eta_r(T_{rm}, n_r) = T_r \times \omega \times \eta_r(T_{rm}, n_r) \quad (3)$$

其中: P_{re} ——后轴电机发电回收的电功率;

P_r ——后轴电机机械功率;

η_r ——后轴电机当前扭矩和转速下的效率；

T_{rm} ——后轴电机需求再生回收扭矩；

T_r ——分配后的后轴再生回收轮边扭矩；

ω ——车轮当前转速；

n_r ——后轴电机转速；

车辆的轮边再生总需求机械功率 $P_{te} = T_{reg} \times \omega$ (4)；

在再生回收模式下根据当前车速和速比计算前后电机转速,可得到前后电机转速关系如下:

$$V = 0.377 \times \frac{n_f \times R}{i_{fm}} = 0.377 \times \frac{n_r \times R}{i_{rm}} \quad (5)$$

其中: V ——当前车速;

n_f ——前轴电机转速;

n_r ——后轴电机转速;

i_{fm} ——前轴电机到轮边速比;

i_{rm} ——后轴电机到轮边速比;

R ——车轮半径;

系统回收效率 ξ 为前后电机回收的电功率之和除以轮边再生总需求机械功率,结合上述计算,可得到目标函数:

$$\xi = \frac{P_{fe} + P_{re}}{P_{te}} = \lambda \times \eta_f(\lambda T_{reg}, n_f) + (1 - \lambda) \times \eta_r((1 - \lambda) T_{reg}, n_r) \quad (6)$$

其中: ξ ——系统回收效率;

P_{fe} ——前轴电机发电回收的电功率;

P_{re} ——后轴电机发电回收的电功率;

P_{te} ——轮边再生总需求机械功率;

λ ——初始前后轴转矩分配系数;

η_f ——前轴电机当前扭矩和转速下的效率;

η_r ——后轴电机当前扭矩和转速下的效率;

T_{reg} ——驾驶员需求回收融合扭矩;

n_f ——前轴电机转速;

n_r ——后轴电机转速;

根据上式,采用数值计算法,将初始前后轴扭矩分配系数 λ 从0到1依次带入上式进行逐个最优求解,同时把 $(-\lambda T_{reg}, n_f)$ 及 $((\lambda-1) T_{reg}, n_r)$ 各点依次插入前后电机发电效率MAP中进行计算输出对应发电效率,并把对应的发电效率代入上述公式计算,从而得到不同车速下,不同驾驶员需求回收融合扭矩对应的前后轴扭矩分配比例 $\lambda(T_{reg}, V)$ 矩阵,并绘制出三维的驾驶员需求回收融合扭矩MAP;

结合当前汽车运行状况对驾驶员需求回收融合扭矩和初始前后轴转矩分配系数进行修正和优化,获得最优前轴电机需求指令扭矩和最优后轴电机需求指令扭矩。

2.如权利要求1所述的一种四驱新能源汽车再生能量回收扭矩分配方法,其特征在于:

所述计算得到初始驾驶员需求制动回收扭矩和初始驾驶员需求滑行回收扭矩的方法包括：根据驾驶员需求的制动踏板开度以及当前车速查询驾驶员制动回收需求扭矩MAP获得初始驾驶员需求制动回收扭矩；所述驾驶员制动回收需求扭矩MAP是通过标定获得的初始驾驶员需求制动回收扭矩、当前车速以及驾驶员需求的制动踏板开度的对应表；

根据驾驶员需求的加速踏板开度以及当前车速查询驾驶员滑行回收需求扭矩MAP获得初始驾驶员需求滑行回收扭矩；所述驾驶员滑行回收需求扭矩MAP是通过标定获得的初始驾驶员需求滑行回收扭矩、当前车速以及驾驶员需求的加速踏板开度的对应表。

3. 如权利要求1所述的一种四驱新能源汽车再生能量回收扭矩分配方法，其特征在于：所述对初始驾驶员需求制动回收扭矩和初始驾驶员需求滑行回收扭矩进行融合的方法包括：对初始驾驶员需求制动回收扭矩和初始驾驶员需求滑行回收扭矩进行一阶低通滤波融合，融合公式如下：

$$T_{tr} = \begin{cases} T_c & \alpha = 0 \\ \alpha T_b + (1 - \alpha)T_c & 0 < \alpha < 1 \\ T_b & \alpha = 1 \end{cases} \quad (7)$$

其中： T_{tr} ——驾驶员需求制动和滑行回收扭矩；

T_c ——初始驾驶员需求滑行回收扭矩；

T_b ——初始驾驶员需求制动回收扭矩；

α ——滤波系数；

根据下列公式计算驾驶员需求回收融合扭矩：

$$T_{reg} = \text{Min} \{T_{tr}, P_{bCh} / \omega\} \quad (8)$$

其中： T_{reg} ——驾驶员需求回收融合扭矩；

T_{tr} ——驾驶员需求制动和滑行回收扭矩；

P_{bCh} ——能量再生回收时电池允许的最大充电功率；

ω ——车轮当前转速。

4. 如权利要求1所述的一种四驱新能源汽车再生能量回收扭矩分配方法，其特征在于：所述结合当前汽车运行状况对驾驶员需求回收融合扭矩和初始前后轴转矩分配系数进行修正的方法包括：当车辆处于能量再生回收时，若车轮的滑移率大于设定滑移率，保持制动安全的情况下在驾驶员需求回收融合扭矩MAP上选取一新的前后轴转矩分配系数，要求该新的前后轴转矩分配系数在驾驶员需求回收融合扭矩MAP上处于原先获得的初始前后轴转矩分配系数的附近，且新的前后轴转矩分配系数可以降低打滑车轮的回收需求扭矩、对应的回收效率大于80%原先获得的初始前后轴转矩分配系数对应的回收效率。

5. 如权利要求1所述的一种四驱新能源汽车再生能量回收扭矩分配方法，其特征在于：所述结合当前汽车运行状况对驾驶员需求回收融合扭矩和初始前后轴转矩分配系数进行修正的方法包括：当车辆处于能量再生回收时，车辆的横摆角超出设定横摆角范围，保持制动安全的情况下维持当前的初始前后轴转矩分配系数并降低轮边再生总需求机械功率，直至车辆的横摆角回复到设定横摆角范围内；所述轮边再生总需求机械功率为驾驶员需求回收融合扭矩与车轮角速度的乘积。

6. 如权利要求1所述的一种四驱新能源汽车再生能量回收扭矩分配方法，其特征在于：

所述结合当前汽车运行状况对驾驶员需求回收融合扭矩和初始前后轴转矩分配系数进行修正的方法包括：当车辆处于能量再生回收时，车辆的ESC/ABS系统处于工作状态，维持当前的初始前后轴转矩分配系数并降低轮边再生总需求机械功率至0；所述轮边再生总需求机械功率为驾驶员需求回收融合扭矩与车轮角速度的乘积。

7. 如权利要求1所述的一种四驱新能源汽车再生能量回收扭矩分配方法，其特征在于：所述结合当前汽车运行状况对驾驶员需求回收融合扭矩和初始前后轴转矩分配系数进行修正的方法包括：当车辆处于能量再生回收时，若车辆的前轴电机出现故障，将初始前后轴转矩分配系数设置为0；若车辆的后轴电机出现故障，将初始前后轴转矩分配系数设置为1；若前后轴电机同时出现故障，维持当前的初始前后轴转矩分配系数并降低轮边再生总需求机械功率至0；所述轮边再生总需求机械功率为驾驶员需求回收融合扭矩与车轮角速度的乘积。

8. 如权利要求1所述的一种四驱新能源汽车再生能量回收扭矩分配方法，其特征在于：所述结合当前汽车运行状况对驾驶员需求回收融合扭矩和初始前后轴转矩分配系数进行修正的方法包括：当车辆处于能量再生回收时，若车辆车速低于设定爬行截止车速点，维持当前的初始前后轴转矩分配系数并降低轮边再生总需求机械功率至0；所述轮边再生总需求机械功率为驾驶员需求回收融合扭矩与车轮角速度的乘积。

9. 如权利要求1所述的一种四驱新能源汽车再生能量回收扭矩分配方法，其特征在于：所述获得最优前轴电机需求指令扭矩和最优后轴电机需求指令扭矩的方法包括：根据标定获得的前轴电机发电效率MAP和后轴电机发电效率MAP，分别对各个转速下的扭矩和功率进行二项式拟合，得到三个拟合系数，结合当前车速下的前后电机转速，分别插值上述扭矩和功率拟合系数的MAP，可获得当前车速下前轴电机的三个拟合系数以及后轴电机的三个拟合系数，按照下列关系式进行迭代：

$$T_{fi} = T_{f(i-1)} - \frac{a_1 \times T_{f(i-1)}^2 + b_1 \times T_{f(i-1)} + c_1 - P_{fm}}{2 \times a_1 \times T_{f(i-1)} + b_1} \quad (9)$$

其中： T_{fi} ——前轴第*i*次迭代时的需求再生扭矩；

$T_{f(i-1)}$ ——前轴第*i-1*次迭代时的需求再生扭矩；

a_1 、 b_1 、 c_1 ——根据前轴电机发电效率MAP，对前轴各个转速下的扭矩和功率进行二项式拟合得到的前轴电机系数；

P_{fm} ——前轴再生需求机械功率；

$$T_{rj} = T_{r(j-1)} - \frac{a_2 \times T_{r(j-1)}^2 + b_2 \times T_{r(j-1)} + c_2 - P_{rm}}{2 \times a_2 \times T_{r(j-1)} + b_2} \quad (10)$$

其中： T_{rj} ——后轴第*j*次迭代时的需求再生扭矩；

$T_{r(j-1)}$ ——后轴第*j-1*次迭代时的需求再生扭矩；

a_2 、 b_2 、 c_2 ——根据后轴电机发电效率MAP，对后轴各个转速下的扭矩和功率进行二项式拟合得到的后轴电机系数；

P_{rm} ——后轴再生需求机械功率；

即可获得最优前轴需求再生扭矩和最优后轴需求再生扭矩，根据最优前轴需求再生扭矩和最优后轴需求再生扭矩即可获得最优前轴电机需求指令扭矩和最优后轴电机需求指

令扭矩。

10.一种具有如权利要求1~9任一四驱新能源汽车再生能量回收扭矩分配方法的系统,其特征在于:包括电池管理系统、ESC控制器、整车控制器和电机控制器;

所述电池管理系统用于采集动力电池的电池状态、电池允许充电功率和电池允许放电功率的数据并传输到整车控制器;

所述ESC控制器用于采集ESC状态、车速信号、滑移率和横摆角速度的数据并传输到整车控制器;

所述电机控制器用于采集电机反馈实际执行扭矩、电机当前转速和电机故障状态的数据并传输到整车控制器;

所述整车控制器对上述传输的数据进行处理获得最优前轴电机需求指令扭矩和最优后轴电机需求指令扭矩并传输到电机控制器;

所述电池管理系统、ESC控制器和电机控制器分别于整车控制器数据连接。

一种四驱新能源汽车再生能量回收扭矩分配方法及系统

技术领域

[0001] 本发明涉及汽车控制方法技术领域,具体地指一种四驱新能源汽车再生能量回收扭矩分配方法及系统。

背景技术

[0002] 新能源汽车可以通过能量回收系统实现车辆减速制动时的能量回收,其具体回收方式为在车辆减速制动时,将电机切换为发电模式,电机在辅助制动的同时,将能量转化为电能并存储于电池中,以提高整车的能量利用效率,增加整车的行驶里程。因为上述能量回收方法涉及到制动系统的运作,必须在确保安全的情况下才能进行能量回收,这就需要有一个合理的电动汽车制动能量回收系统及其控制方法对回收过程进行管理。而对于四驱汽车来说,如何对汽车的前后轴进行合理分配是目前四驱新能源汽车急需解决的技术问题。

[0003] 四驱新能源汽车再生能量回收扭矩及分配方法,常规是基于给定的回收减速度及前后驱电机、电池能力,并结合固定的前后分配比例来进行扭矩分配,并未充分考虑动力系统在再生回收时的效率最优,导致能量损失大,且不能高效的多回收制动及滑行工况能量,影响整车的经济性。

[0004] 如专利号为“CN102897041B”的名为“一种四驱混合动力系统再生制动扭矩分配方法”的中国发明专利,该专利介绍的再生制动扭矩分配方法是按照以下步骤进行的:1、整车控制器通过整车CAN网络接收ISG电机、后驱电机、高压蓄电池和ABS系统的数据参数,然后进行存储;并通过数据采集接收车速信息、整车档位信息、加速踏板幅值信息和制动踏板信息;

[0005] 2、整车控制器检测高压蓄电池系统是否发生故障,当高压蓄电池系统发生故障时整车控制系统禁用再生制动能量回收功能;否则,进行步骤3;

[0006] 3、判断是否满足再生制动条件并且系统正常,若满足,则整车控制系统计算并设定ISG电机和后驱电机的制动能量回收扭矩;否则,若不满足再生制动条件并且系统不正常,则进行步骤4;

[0007] 4、当ISG电机发生故障而后驱电机没有故障时,整车控制系统控制由后驱电机实施制动能量回收;否则,当后驱电机发生故障而ISG电机没有故障时,整车控制系统控制由ISG电机实施制动能量回收;以及

[0008] 5、当ISG电机和后驱电机均发生故障时,整车控制系统控制禁用再生制动功能。

[0009] 该方案实际上就是设定ISG电机和后驱电机的再生制动力矩,在保证系统安全的前提下提高系统能量回收利用率。要解决的技术问题是确保整车在无故障的情况下进行制动能量回收,回收过程中的前后扭矩的分配是按照设定比例进行的,即并没有考虑实际运行过程中出现的各种问题,无法进行高效的回收制动扭矩,能量的回收效率不能做到最大化。

发明内容

[0010] 本发明的目的就是要解决上述背景技术的不足,提供一种四驱新能源汽车再生能量回收扭矩分配方法及系统。

[0011] 本发明的技术方案为:一种四驱新能源汽车再生能量回收扭矩分配方法,根据驾驶员需求的制动踏板开度、当前车速计算得到初始驾驶员需求制动回收扭矩;

[0012] 根据驾驶员需求的加速踏板开度、当前车速计算初始驾驶员需求滑行回收扭矩;

[0013] 对初始驾驶员需求制动回收扭矩和初始驾驶员需求滑行回收扭矩进行融合,结合电池允许充电功率计算驾驶员需求回收融合扭矩;

[0014] 根据驾驶员需求回收融合扭矩、当前车速查询驾驶员需求回收融合扭矩MAP获得初始前后轴转矩分配系数;

[0015] 结合当前汽车运行状况对驾驶员需求回收融合扭矩和初始前后轴转矩分配系数进行修正和优化,获得最优前轴需求再生指令扭矩和最优后轴电机需求指令扭矩;

[0016] 所述驾驶员需求回收融合扭矩MAP是通过构建系统回收效率最优函数计算获得的驾驶员需求回收融合扭矩、车速以及初始前后轴转矩分配系数的对应表。

[0017] 进一步的所述计算得到初始驾驶员需求制动回收扭矩和初始驾驶员需求滑行回收扭矩的方法包括:根据驾驶员需求的制动踏板开度以及当前车速查询驾驶员制动回收需求扭矩MAP获得初始驾驶员需求制动回收扭矩;所述驾驶员制动回收需求扭矩MAP是通过标定获得的初始驾驶员需求制动回收扭矩、当前车速以及驾驶员需求的制动踏板开度的对应表;

[0018] 根据驾驶员需求的加速踏板开度以及当前车速查询驾驶员滑行回收需求扭矩MAP获得初始驾驶员需求滑行回收扭矩;所述驾驶员滑行回收需求扭矩MAP是通过标定获得的初始驾驶员需求滑行回收扭矩、当前车速以及驾驶员需求的加速踏板开度的对应表。

[0019] 进一步的所述对初始驾驶员需求制动回收扭矩和初始驾驶员需求滑行回收扭矩进行融合的方法包括:对初始驾驶员需求制动回收扭矩和初始驾驶员需求滑行回收扭矩进行一阶低通滤波融合,融合公式如下:

$$[0020] \quad T_{tr} = \begin{cases} T_c & \alpha = 0 \\ \alpha T_b + (1 - \alpha)T_c & 0 < \alpha < 1 \\ T_b & \alpha = 1 \end{cases}$$

[0021] 其中: T_{tr} ——驾驶员需求制动和滑行回收扭矩;

[0022] T_c ——初始驾驶员需求滑行回收扭矩;

[0023] T_b ——初始驾驶员需求制动回收扭矩;

[0024] α ——滤波系数;

[0025] 根据下列公式计算驾驶员需求回收融合扭矩:

$$[0026] \quad T_{reg} = \text{Min} \{T_{tr}, P_{bCh} / \omega\}$$

[0027] 其中: T_{reg} ——驾驶员需求回收融合扭矩;

[0028] T_{tr} ——驾驶员需求制动和滑行回收扭矩;

[0029] P_{bCh} ——能量再生回收时电池允许的最大充电功率。

[0030] 进一步的所述结合当前汽车运行状况对驾驶员需求回收融合扭矩和初始前后轴

转矩分配系数进行修正的方法包括:当车辆处于能量再生回收时,若车轮的滑移率大于设定滑移率,保持制动安全的情况下在驾驶员需求回收融合扭矩MAP上选取一新的前后轴转矩分配系数,要求该新的前后轴转矩分配系数在驾驶员需求回收融合扭矩MAP上处于原先获得的初始前后轴转矩分配系数的附近,且新的前后轴转矩分配系数可以降低打滑车轮的回收需求扭矩、对应的回收效率大于80%原先获得的初始前后轴转矩分配系数对应的回收效率。

[0031] 进一步的所述结合当前汽车运行状况对驾驶员需求回收融合扭矩和初始前后轴转矩分配系数进行修正的方法包括:当车辆处于能量再生回收时,车辆的横摆角超出设定横摆角范围,保持制动安全的情况下维持当前的初始前后轴转矩分配系数并降低轮边再生总需求机械功率,直至车辆的横摆角回复到设定横摆角范围内;所述轮边再生总需求机械功率为驾驶员需求回收融合扭矩与车轮角速度的乘积。

[0032] 进一步的所述结合当前汽车运行状况对驾驶员需求回收融合扭矩和初始前后轴转矩分配系数进行修正的方法包括:当车辆处于能量再生回收时,车辆的ESC/ABS系统处于工作状态,维持当前的初始前后轴转矩分配系数并降低轮边再生总需求机械功率至0;所述轮边再生总需求机械功率为驾驶员需求回收融合扭矩与车轮角速度的乘积。

[0033] 进一步的所述结合当前汽车运行状况对驾驶员需求回收融合扭矩和初始前后轴转矩分配系数进行修正的方法包括:当车辆处于能量再生回收时,若车辆的前轴电机出现故障,将初始前后轴转矩分配系数设置为0;若车辆的后轴电机出现故障,将初始前后轴转矩分配系数设置为1;若前后电机同时出现故障,维持当前的初始前后轴转矩分配系数并降低轮边再生总需求机械功率至0;所述轮边再生总需求机械功率为驾驶员需求回收融合扭矩与车轮角速度的乘积。

[0034] 进一步的所述结合当前汽车运行状况对驾驶员需求回收融合扭矩和初始前后轴转矩分配系数进行修正的方法包括:当车辆处于能量再生回收时,若车辆车速低于设定爬行截止车速点,维持当前的初始前后轴转矩分配系数并降低轮边再生总需求机械功率至0;所述轮边再生总需求机械功率为驾驶员需求回收融合扭矩与车轮角速度的乘积。

[0035] 进一步的所述获得最优前轴电机需求指令扭矩和最优后轴电机需求指令扭矩的方法包括:根据标定获得的前轴电机发电效率MAP和后轴电机发电效率MAP,分别对各个转速下的扭矩和功率进行二项式拟合,得到三个拟合系数,结合当前车速下的前后电机转速,分别插值上述扭矩和功率拟合系数的MAP,可获得当前车速下前轴电机的三个拟合系数以及后轴电机的三个拟合系数,按照下列关系式进行迭代:

$$[0036] \quad T_{fi} = T_{f(i-1)} - \frac{a_1 \times T_{f(i-1)}^2 + b_1 \times T_{f(i-1)} + c_1 - P_{fm}}{2 \times a_1 \times T_{f(i-1)} + b_1}$$

[0037] 其中: T_{fi} ——前轴第*i*次迭代时的需求再生扭矩;

[0038] $T_{f(i-1)}$ ——前轴第*i-1*次迭代时的需求再生扭矩;

[0039] a_1 、 b_1 、 c_1 ——根据前轴电机发电效率MAP,对前轴各个转速下的扭矩和功率进行二项式拟合得到的前轴电机系数;

[0040] P_{fm} ——前轴再生需求机械功率;

$$[0041] \quad T_{rj} = T_{r(j-1)} - \frac{a_2 \times T_{r(j-1)}^2 + b_2 \times T_{r(j-1)} + c_2 - P_{rm}}{2 \times a_2 \times T_{r(j-1)} + b_2}$$

[0042] 其中： T_{rj} ——后轴第j次迭代时的需求再生扭矩；

[0043] $T_{r(j-1)}$ ——后轴第j-1次迭代时的需求再生扭矩；

[0044] a_2 、 b_2 、 c_2 ——根据后轴电机发电效率MAP，对后轴各个转速下的扭矩和功率进行二项式拟合得到的后轴电机系数；

[0045] P_{rm} ——后轴再生需求机械功率。

[0046] 即可获得最优前轴需求再生扭矩和最优后轴需求再生扭矩，再根据最优前轴需求再生扭矩和最优后轴需求再生扭矩即可获得最优前轴电机轴需求指令扭矩和最优后轴电机需求指令扭矩。

[0047] 一种具有四驱新能源汽车再生能量回收扭矩分配方法的系统，包括电池管理系统、ESC控制模器、整车控制器和电机控制器；

[0048] 所述电池管理系统用于采集动力电池的电池状态、电池允许充电功率和电池允许放电功率的数据并传输到整车控制器；

[0049] 所述ESC控制器用于采集ESC状态、车速信号、滑移率和横摆角速度的数据并传输到整车控制器；

[0050] 所述电机控制器用于采集电机反馈实际执行扭矩、电机当前转速和电机故障状态的数据并传输到整车控制器；

[0051] 所述整车控制器对上述传输的数据进行处理获得最优前轴电机需求指令扭矩和最优后轴电机需求指令扭矩并传输到电机控制器；

[0052] 所述电池管理系统、ESC控制模器和电机控制器分别于整车控制器数据连接。

[0053] 本发明通过驾驶员需求输入计算制动及滑行回收需求初始扭矩，并经过电池允许充电能力及一阶低通滤波算法进行融合修正输出，可以有效避免滑行回收与制动回收切换过程的扭矩过渡差异；同时基于系统回收效率最优控制来计算最优扭矩分配系数，再结合车辆及系统实时状态修正前后轴扭矩分配系数及需求再生功率，最后通过前后轴电机发电效率MAP拟合系数及牛顿迭代法计算输出前后轴的最优分配回收需求指令扭矩，在车辆制动、滑行安全性条件下，从而确保系统回收效率最高且尽可能的多回收滑行及制动能量，在提升整车经济性的同时能合理高效的利用前后电机高效区域，改善电机热负荷，延长电机使用寿命。

附图说明

[0054] 图1：本发明的系统示意图。

具体实施方式

[0055] 下面详细描述本发明的实施例，其中自始至终相同或类似的标号表示相同或类似的元件或具有相同或类似功能的元件。下面通过参考附图描述的实施例是示例性的，旨在用于解释本发明，而不能理解为对本发明的限制。

[0056] 在本发明的描述中，需要理解的是，术语“纵向”、“横向”、“长度”、“宽度”、“厚度”、“上”、“下”、“前”、“后”、“左”、“右”、“竖直”、“水平”、“顶”、“底”“内”、“外”等指示的方位或

位置关系为基于附图所示的方位或位置关系,仅是为了便于描述本发明和简化描述,而不是指示或暗示所指的装置或元件必须具有特定的方位、以特定的方位构造和操作,因此不能理解为对本发明的限制。

[0057] 此外,术语“第一”、“第二”仅用于描述目的,而不能理解为指示或暗示相对重要性或者隐含指明所指示的技术特征的数量。由此,限定有“第一”、“第二”的特征可以明示或者隐含地包括一个或者更多个该特征。在本发明的描述中,“多个”的含义是至少两个,例如两个,三个等,除非另有明确具体的限定。

[0058] 下面结合附图和具体实施例对本发明作进一步的详细说明。

[0059] 本实施例是对四驱新能源汽车再生能量回收进行扭矩分配,确保四驱汽车在制动和滑行时前轴和后轴以最高效的形式进行运转。本实施例的分配方法包括以下步骤:

[0060] 1、计算初始驾驶员需求制动回收扭矩和初始驾驶员需求滑行回收扭矩

[0061] 获取驾驶员需求的制动踏板开度(根据采集的制动主缸压力信号换算或者ESC等其他控制器发出或者踏板位置传感器发出)、当前车速(通过ESC发出车速信号或根据电机转速计算得到),然后根据标定获得的驾驶员需求制动回收扭矩MAP进行查表,获得在当前驾驶员需求的制动踏板开度和当前车速情况下的初始驾驶员需求制动回收扭矩;

[0062] 其中驾驶员需求制动回收扭矩MAP是通过以下公式进行标定获得的:

$$[0063] \quad T_b = \text{Min}((m + \Delta m) \times g_b \times R, T_{mN})$$

[0064] 其中: T_b ——初始驾驶员需求制动回收扭矩;

[0065] m ——车辆整备质量;

[0066] g_b ——输入的制动回收减速度(根据整车循环工况下经济性仿真得到的输入值);

[0067] Δm ——配重加载半载质量;

[0068] R ——车轮半径;

[0069] T_{mN} ——前后电机允许的最大回收扭矩能力和。

[0070] 通过上述公式可以计算出需求制动回收减速度下的驾驶员需求制动回收扭矩值,根据驾驶性进行相应的标定,最后得到驾驶员需求制动回收扭矩MAP,使用时,通过获取的驾驶员需求的制动踏板开度和当前车速查表,即可获得在当前情况下的初始驾驶员需求制动回收扭矩。

[0071] 同样的,按照上述流程计算初始驾驶员需求滑行回收扭矩,获取驾驶员需求的加速踏板开度(根据加速踏板位置传感器得到)、当前车速(通过ESC发出车速信号或根据电机转速计算得到),然后根据标定获得的驾驶员需求滑行回收扭矩MAP进行查表,获得在当前驾驶员需求的加速踏板开度和当前车速情况下的初始驾驶员需求滑行回收扭矩;

[0072] 其中驾驶员需求滑行回收扭矩MAP是通过以下公式进行标定获得的:

$$[0073] \quad T_c = \text{Min}((m + \Delta m) \times g_c \times R, T_{mN})$$

[0074] 其中: T_c ——初始驾驶员需求滑行回收扭矩;

[0075] m ——车辆整备质量;

[0076] g_c ——输入的滑行回收减速度(根据整车循环工况下经济性仿真得到的输入值);

[0077] Δm ——配重加载半载质量;

[0078] R ——车轮半径;

[0079] T_{mN} ——前后电机允许的最大回收扭矩能力和。

[0080] 通过上述公式可以计算出需求滑行回收减速度下的驾驶员需求滑行回收扭矩值,根据驾驶性进行相应的标定,最后得到驾驶员需求滑行回收扭矩MAP,使用时,通过获取的驾驶员需求的加速踏板开度和当前车速查表,即可获得在当前情况下的初始驾驶员需求滑行回收扭矩。

[0081] 2、对初始驾驶员需求制动回收扭矩和初始驾驶员需求滑行回收扭矩融合修正

[0082] 为了避免车辆在制动模式(制动开关有效或者制动踏板的开度大于5%时)与滑行回收(加速踏板的开度小于等于5%时)之间相互切换时,因为扭矩变化产生冲击,因此需要对上述计算的初始驾驶员需求制动回收扭矩与初始驾驶员需求滑行回收扭矩进行一阶低通滤波融合,确保两种再生回收需求扭矩在模式切换时平稳过渡,不会给驾驶员产生很强减速度变化感觉,具体的初始驾驶员需求制动回收扭矩与初始驾驶员需求滑行回收扭矩的融合如下:

$$[0083] \quad T_{tr} = \begin{cases} T_c & \alpha = 0 \\ \alpha T_b + (1 - \alpha)T_c & 0 < \alpha < 1 \\ T_b & \alpha = 1 \end{cases}$$

[0084] 其中: T_{tr} ——驾驶员需求制动和滑行回收扭矩;

[0085] T_c ——初始驾驶员需求滑行回收扭矩;

[0086] T_b ——初始驾驶员需求制动回收扭矩;

[0087] α ——滤波系数;

[0088] 通过上述公式对初始驾驶员需求制动回收扭矩和初始驾驶员需求滑行回收扭矩进行融合,其中 α 为滤波系数,当 α 为0时处于全滑行能量回收状态,当 α 为1时处于完全制动能量回收状态,当 α 在(0,1)之间是处于滑行能量回收和制动能量回收之间切换,当制动踏板的开度超过5%时,为全制动能量回收状态, α 为1,当制动踏板的开度为0~5%之间时,为处于滑行能量回收和制动能量回收之间切换,此时的 α 可以通过线性插值的方式计算得到(线性插值,当制动踏板开度为0时, α 为0;当制动踏板开度为5%时, α 为1;当制动开度为2.5%时, α 为0.5)。

[0089] 通过以上公式进行融合修正后,可以得到驾驶员需求制动和滑行回收扭矩,但由于再生回收的时候受到电池允许充电功率 P_{bCh} 限制,SOC较高的时候不允许进行充电,因此被修正后的驾驶员需求回收融合扭矩 T_{reg} 计算公式如下:

$$[0090] \quad T_{reg} = \text{Min} \{T_{tr}, P_{bCh} / \omega\}$$

[0091] 其中: T_{reg} ——驾驶员需求回收融合扭矩;

[0092] T_{tr} ——驾驶员需求制动和滑行回收扭矩;

[0093] P_{bCh} ——能量再生回收时电池允许的最大充电功率。

[0094] 3、基于系统回收效率最优的前后轴扭转分配系数确定

[0095] 根据上述获得的驾驶员需求回收融合扭矩与当前车速查询驾驶员需求回收融合扭矩MAP即可获得初始前后轴转矩分配系数 λ ,驾驶员需求回收融合扭矩MAP是通过构建系统回收效率最优函数计算获得的,具体获得的方法如下:

[0096] 按照以下公式计算分配后的前轴再生回收轮边扭矩 T_f 和分配后的后轴再生回收轮边扭矩 T_r ,

[0097] $T_f = T_{fm} \times i_{fm} = \lambda (T_f + T_r) = \lambda T_{reg}$

[0098] $T_r = T_{rm} \times i_{rm} = (1 - \lambda) T_{reg}$

[0099] 其中： T_f ——分配后的前轴再生回收轮边扭矩；

[0100] T_r ——分配后的后轴再生回收轮边扭矩；

[0101] T_{fm} ——前轴电机需求再生回收扭矩；

[0102] T_{rm} ——后轴电机需求再生回收扭矩；

[0103] P_f ——前轴电机机械功率；

[0104] P_r ——后轴电机机械功率；

[0105] i_{fm} ——前轴电机到轮边速比；

[0106] i_{rm} ——后轴电机到轮边速比；

[0107] λ ——初始前后轴转矩分配系数；

[0108] 再生回收时 $\eta_f(T_{fm}, n_f)$ (因为这个电机台架试验得到的电机效率MAP,效率值取决于当前的转速和扭矩,类似与发动机的万有特性图)为前轴电机当前 T_{fm}, n_f 工作点机械能转化为电能的效率(电机的效率MAP里的效率值代表的含义就是电机输出多少机械能除以输入电机多少电能),该效率即前轴电机发电效率MAP(通过电机台架标定获得,是电机的扭矩、转速和效率对应表)上对应 $(-T_{fm}, n_f)$ 对应点效率,则可根据上述效率计算前轴电机发电回收的电功率 P_{fe} ,

[0109] $P_{fe} = P_f \times \eta_f(T_{fm}, n_f) = T_f \times \omega \times \eta_f(T_{fm}, n_f)$

[0110] 其中： P_{fe} ——前轴电机发电回收的电功率；

[0111] P_f ——前轴电机机械功率；

[0112] η_f ——前轴电机当前扭矩和转速下的效率；

[0113] T_{fm} ——前轴电机需求再生回收扭矩；

[0114] T_f ——分配后的前轴再生回收轮边扭矩；

[0115] ω ——车轮当前转速；

[0116] n_f ——前轴电机转速。

[0117] 再生回收时 $\eta_r(T_{rm}, n_r)$ 为前轴电机当前 T_{rm}, n_r 工作点机械能转化为电能的效率,该效率即后轴电机发电效率MAP(通过电机台架标定获得,是电机的扭矩、转速和效率对应表)上对应 $(-T_{rm}, n_r)$ 对应点效率,则可根据上述效率计算后轴电机发电回收的电功率 P_{re} ,

[0118] $P_{re} = P_r \times \eta_r(T_{rm}, n_r) = T_r \times \omega \times \eta_r(T_{rm}, n_r)$

[0119] 其中： P_{re} ——后轴电机发电回收的电功率；

[0120] P_r ——后轴电机机械功率；

[0121] η_r ——后轴电机当前扭矩和转速下的效率；

[0122] T_{rm} ——后轴电机需求再生回收扭矩；

[0123] T_r ——分配后的后轴再生回收轮边扭矩；

[0124] ω ——车轮当前转速；

[0125] n_r ——后轴电机转速。

[0126] 车辆的轮边再生总需求机械功率 $P_{te} = T_{reg} \times \omega$ 。

[0127] 在再生回收模式下根据当前车速和速比计算前后电机转速,可得到前后电机转速关系如下：

$$[0128] \quad V = 0.377 \times \frac{n_f \times R}{i_{fm}} = 0.377 \times \frac{n_r \times R}{i_{rm}}$$

[0129] 其中:V——当前车速;

[0130] n_f ——前轴电机转速;

[0131] n_r ——后轴电机转速;

[0132] i_{fm} ——前轴电机到轮边速比;

[0133] i_{rm} ——后轴电机到轮边速比;

[0134] R——车轮半径。

[0135] 系统回收效率 ξ 为前后电机回收的电功率之和除以轮边再生总需求机械功率,结合上述计算,可得到目标函数:

$$[0136] \quad \xi = \frac{P_{fe} + P_{re}}{P_{te}} = \lambda \times \eta_f(\lambda T_{reg}, n_f) + (1 - \lambda) \times \eta_r((1 - \lambda) T_{reg}, n_r)$$

[0137] 其中: ξ ——系统回收效率;

[0138] P_{fe} ——前轴电机发电回收的电功率;

[0139] P_{re} ——后轴电机发电回收的电功率;

[0140] P_{te} ——轮边再生总需求机械功率;

[0141] λ ——初始前后轴转矩分配系数;

[0142] η_f ——前轴电机当前扭矩和转速下的效率;

[0143] η_r ——后轴电机当前扭矩和转速下的效率;

[0144] T_{reg} ——驾驶员需求回收融合扭矩;

[0145] n_f ——前轴电机转速;

[0146] n_r ——后轴电机转速。

[0147] 根据上式,采用数值计算法,将初始前后轴扭矩分配系数 λ 从0到1依次带入上式进行逐个最优求解,同时把 $(-\lambda T_{reg}, n_f)$ 及 $((\lambda - 1) T_{reg}, n_r)$ 各点依次插入前后电机发电效率MAP中进行计算输出对应发电效率,并把对应的发电效率带入上述计算,从而得到不同车速下,不同驾驶员需求回收融合扭矩对应的前后轴扭矩分配比例 $\lambda(T_{reg}, V)$ 矩阵,并绘制出三维的驾驶员需求回收融合扭矩MAP。

[0148] 4、对初始前后轴转矩分配系数和驾驶员需求回收融合扭矩进行修正

[0149] 根据前后轴电机故障状态、前后轮滑移率、车辆横摆角速度、ESC/ABS工作状态及爬行截止车速点等参数(电机故障状态是电机通过CAN发出来的;前后轮滑移率是由ESC发出,具体设定值需要与ESC一起标定,获得该边界值;车辆横摆角速度是由ESC发出,具体设定值需要与ESC一起标定,获得该边界值;ESC/ABS工作状态是ESC控制器通过CAN发出;爬行截止车速点是根据整车需求标定获得)来修正前后轴转矩分配系数 λ_0 及轮边再生总需求机械功率 P_{te} 。

[0150] 当车辆再生回收出现打滑时,即车辆的滑移率大于设定滑移率(车辆轻微打滑时,ESC未激活前,ESC发出的最大滑移率S1,具体边界值大小需要与ESC共同标定获得),在制动安全的条件下,本实施例的制动安全指在制动过程中,能够满足驾驶员制动需求,车辆制动平稳,车轮不会出现大于设定时间(所述设定时间需要与ESC共同标定,得到这个边界值)的

打滑(本实施例的打滑指滑移率大于滑移率限值,滑移率限值需要与ESC共同标定得到)抱死情况,在驾驶员需求回收融合扭矩MAP上选取一个新的前后轴转矩分配系数,要求新的前后轴转矩分配系数处于原先获得的初始前后轴转矩分配系数的附近(即两个点在驾驶员需求回收融合扭矩MAP上靠得比较近),要求新的前后轴转矩分配系数可以降低打滑车轮的回收需求扭矩,新的前后轴转矩分配系数对应的回收效率大于80%的原先获得的初始前后轴转矩分配系数对应的回收效率;

[0151] 当车辆处于能量再生回收时,车辆的横摆角超出设定横摆角范围(车辆轻微横摆时,ESC未激活前,ESC发出的最大横摆角速度,具体边界值大小需要与ESC共同标定获得),在制动安全的条件下(同上文描述的一样),维持当前的初始前后轴转矩分配系数并降低轮边再生总需求机械功率,直至车辆的横摆角回复到设定范围内,轮边再生总需求机械功率为驾驶员需求回收融合扭矩与车轮角速度的乘积;

[0152] 当车辆处于能量再生回收时,车辆的ESC/ABS系统处于工作状态,维持当前的初始前后轴转矩分配系数并降低轮边再生总需求机械功率至0,轮边再生总需求机械功率为驾驶员需求回收融合扭矩与车轮角速度的乘积;

[0153] 当车辆处于能量再生回收时,若车辆的前轴电机出现故障,将初始前后轴转矩分配系数设置为0;若车辆的后轴电机出现故障,将初始前后轴转矩分配系数设置为1;若前后电机同时出现故障,维持当前的初始前后轴转矩分配系数并降低轮边再生总需求机械功率至0,轮边再生总需求机械功率为驾驶员需求回收融合扭矩与车轮角速度的乘积;

[0154] 当车辆处于能量再生回收时,若车辆车速低于设定的爬行截止车速点(爬行即车辆启动后,在不踩刹车不踩油门且档位在D档时车辆可以往前蠕行,蠕行最高车速一般在6-8Km/h左右,为了避免制动回收和爬行驱动干涉,当车速达到爬行截止车速点即爬行/蠕行最高车速时,退出制动回收),维持当前的初始前后轴转矩分配系数并降低轮边再生总需求机械功率至0,轮边再生总需求机械功率为驾驶员需求回收融合扭矩与车轮角速度的乘积;

[0155] 排除上述非正常情况后,即是正常情况,正常再生回收情况下,根据修正后的最优前后轴转矩分配系数 λ_0 及轮边再生总需求机械功率 P_{te} ,得到前轴需求再生回收轮边机械功率 P_{fm} 和后轴需求再生回收轮边机械功率 P_{rm} , $P_{fm} = \lambda_0 \times P_{te}$ 、 $P_{rm} = (1 - \lambda_0) \times P_{te}$ 。

[0156] 5、根据前后电机单独效率优化输出最优电机需求指令扭矩

[0157] 根据前后电机发电效率MAP(通过电机台架标定获得,是电机的扭矩、转速和效率对应表),分别对各个转速下的扭矩功率进行二项式拟合,得到a、b、c系数,使得 $P = a \times T^2 + b \times T + c$,形成不同转速下对应的a、b、c三个插值MAP,可设定插值MAP的转速间隔为500rpm。

[0158] 根据牛顿迭代法优化计算最优前轴需求再生扭矩 T_f 和最优后轴需求再生扭矩 T_r 。结合当前车速下的前后电机转速,分别插值上述扭矩和功率拟合系数的三张MAP,得到当前转速下的前轴电机系数 a_1 、 b_1 、 c_1 和后轴电机系数 a_2 、 b_2 、 c_2 。

[0159] 对前轴电机,设非线性方程:

$$[0160] \quad F(T_{fi}) = a_1 \times T_{fi}^2 + b_1 \times T_{fi} + c_1 - P_{fm}$$

[0161] 让 $F(T_{fi})$ 逐渐趋向0,得到最优前轴需求再生扭矩迭代关系式:

$$[0162] \quad T_{fi} = T_{f(i-1)} - \frac{F(T_{f(i-1)})}{F'(T_{f(i-1)})} = T_{f(i-1)} - \frac{a_1 \times T_{f(i-1)}^2 + b_1 \times T_{f(i-1)} + c_1 - P_{fm}}{2 \times a_1 \times T_{f(i-1)} + b_1}$$

[0163] 其中： T_{fi} ——前轴第*i*次迭代时的需求再生扭矩；

[0164] $T_{f(i-1)}$ ——前轴第*i-1*次迭代时的需求再生扭矩；

[0165] a_1 、 b_1 、 c_1 ——根据前轴电机发电效率MAP,对前轴各个转速下的扭矩和功率进行二项式拟合得到的前轴电机系数；

[0166] P_{fm} ——前轴再生需求机械功率；

[0167] 其中*i*为迭代次数,一般可以选5次左右,根据上述牛顿迭代可以得到最优前轴需求再生扭矩 T_{f0} 及最优前轴电机需求指令扭矩 T_{fm0} ,其中最优前轴需求再生扭矩 T_{f0} 及最优前轴电机需求指令扭矩 T_{fm0} 的关系为: $T_{f0} = T_{fm0} \times i_{fm}$, i_{fm} 为前轴电机到轮边速比。

[0168] 对后轴电机,设非线性方程:

$$[0169] \quad F(T_{rj}) = a_2 \times T_{rj}^2 + b_2 \times T_{rj} + c_2 - P_{rm}$$

[0170] 让 $F(T_{rj})$ 逐渐趋向0,得到最优后轴需求再生扭矩迭代关系式:

$$[0171] \quad T_{rj} = T_{r(j-1)} - \frac{F(T_{r(j-1)})}{F'(T_{r(j-1)})} = T_{r(j-1)} - \frac{a_2 \times T_{r(j-1)}^2 + b_2 \times T_{r(j-1)} + c_2 - P_{rm}}{2 \times a_2 \times T_{r(j-1)} + b_2}$$

[0172] 其中： T_{rj} ——后轴第*j*次迭代时的需求再生扭矩；

[0173] $T_{r(j-1)}$ ——后轴第*j-1*次迭代时的需求再生扭矩；

[0174] a_2 、 b_2 、 c_2 ——根据后轴电机发电效率MAP,对后轴各个转速下的扭矩和功率进行二项式拟合得到的后轴电机系数；

[0175] P_{rm} ——后轴再生需求机械功率。

[0176] 其中*j*为迭代次数,一般可以选5次左右,根据上述牛顿迭代可以得到最优后轴需求再生扭矩 T_r 及最优后轴电机需求指令扭矩 T_{rm} ,其中最优后轴需求再生扭矩 T_{r0} 及最优后轴电机需求指令扭矩 T_{rm0} 的关系为: $T_{r0} = T_{rm0} \times i_{rm}$, i_{rm} 为后轴电机到轮边速比。

[0177] 本实施例的回收扭矩分配方法涉及到数据采集、数据处理和控制,具体系统包括电池管理系统、ESC控制模器、整车控制器和电机控制器；

[0178] 电池管理系统用于采集动力电池的电池状态、电池允许充电功率和电池允许放电功率的数据并传输到整车控制器；

[0179] ESC控制器用于采集ESC状态、车速信号、滑移率和横摆角速度的数据并传输到整车控制器；

[0180] 电机控制器用于采集电机反馈实际执行扭矩、电机当前转速和电机故障状态的数据并传输到整车控制器；

[0181] 整车控制器对上述传输的数据进行处理获得最优前轴电机需求指令扭矩和最优后轴电机需求指令扭矩并传输到电机控制器；

[0182] 电机控制器控制前后电机按照最优前轴电机需求指令扭矩和最优后轴电机需求指令扭矩进行运转；

[0183] 电池管理系统、ESC控制模器和电机控制器分别于整车控制器数据连接。

[0184] 本发明的控制算法是在整车控制器内实现的,通过上述计算向电机控制器发送最优电机需求指令扭矩,电机控制器再响应整车控制器的指令,执行响应的再生回收扭矩,具体交互如图1所示)

[0185] 以上显示和描述了本发明的基本原理、主要特征和本发明的优点。本行业的技术人员应该了解,本发明不受上述实施例的限制,上述实施例和说明书中描述的只是说明本发明的原理,在不脱离本发明精神和范围的前提下本发明还会有各种变化和改进,这些变化和改进都落入要求保护的本发明范围内。本发明要求保护范围由所附的权利要求书及其等同物界定。

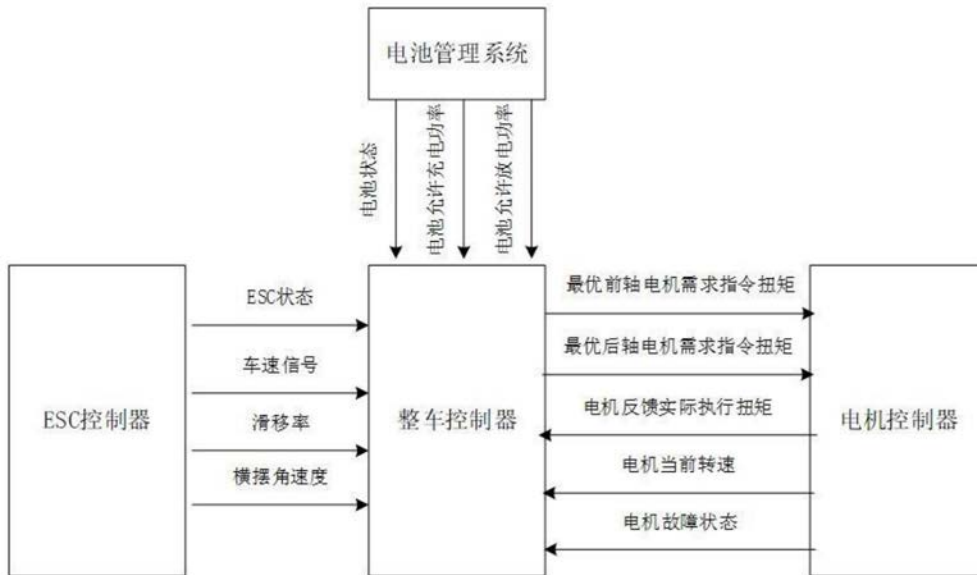


图1