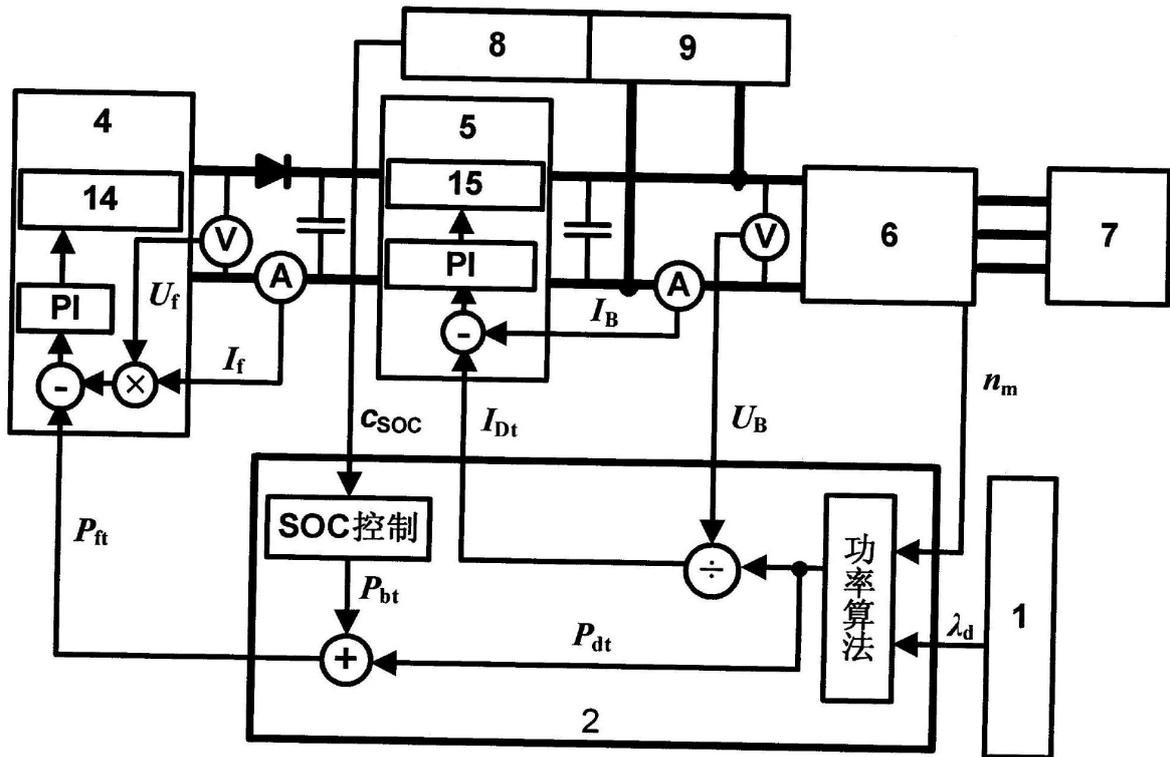


[0001] 一种燃料电池汽车混合动力系统控制方法,燃料电池混合动力系统由驾驶员踏板1、综合控制器2、车载信息显示系统3、燃料电池发电系统4、DC/DC变换器5、电机控制器6、驱动电机7、动力电池组管理系统8、动力电池组9、CAN总线网络10、功率二极管11以及稳压滤波电容12、13组成,对燃料电池发电系统4采用功率PI控制,对DC/DC变换器5用电流PI控制,通过DC/DC变换器5电流的调节引起DC/DC变换器5输出电压变化而达到动力电池组9充放电电流的自动调节,并最终实现燃料电池发电系统4输出功率和动力电池组9充放电功率的协调控制。



1. 一种燃料电池汽车混合动力系统控制方法,该燃料电池混合动力系统由驾驶员踏板(1)、综合控制器(2)、车载信息显示系统(3)、燃料电池发电系统(4)、DC/DC变换器(5)、电机控制器(6)、驱动电机(7)、动力电池组管理系统(8)、动力电池组(9)、CAN总线网络(10)、功率二极管(11)以及稳压滤波电容(12、13)组成,驾驶员踏板(1)与综合控制器(2)通过模拟量线束连接,综合控制器(2)与车载信息显示系统(3)、燃料电池发电系统(4)、DC/DC变换器(5)、电机控制器(6)以及动力电池组管理系统(8)之间通过CAN通讯网络线束组成CAN总线网络(10),综合控制器(2)与车载信息显示系统(3)、燃料电池发电系统(4)、DC/DC变换器(5)、电机控制器(6)以及动力电池组管理系统(8)之间可以双向交换数据;燃料电池发电系统(4)的输出直流端经过2根高压电缆与DC/DC变换器(5)连接,为保护燃料电池发电系统(4),在燃料电池发电系统(4)与DC/DC变换器(5)之间连接的高压电缆间并联一个稳压滤波电容(12)、在其中的一根高压电缆上串联一功率二极管(11),燃料电池发电系统(4)的输出端与功率二极管(11)以及DC/DC变换器(5)的输入端形成正向导通关系;DC/DC变换器(5)的输出端通过2根高压电缆与电机控制器(6)连接,并在DC/DC变换器(5)的输出直流端并联一个稳压滤波电容(13),动力电池组(9)通过2根高压电缆与DC/DC变换器(5)的输出端并联连接,电机控制器(6)的输出三相交流电通过高压电缆分别与驱动电机(7)的输入三相连接;燃料电池发电系统(4)包括执行元件(14)和一个PI控制器,DC/DC变换器(5)包括功率器件(15)和一个PI控制器,综合控制器(2)包括SOC控制和功率算法两大部分;针对该燃料电池汽车混合动力系统的控制方法,其特征是:综合控制器(2)的输入状态量为驾驶员踏板(1)的开度 λ_d 、来自电机控制器(6)的驱动电机(7)转速 n_m 、动力电池组(9)的总电压 U_B 和来自动力电池组管理系统(8)的动力电池组(9)的荷电状态 c_{SOC} ,其中 λ_d 具体有三种情况: $\lambda_d > 0$ 表示加速踏板开度, $\lambda_d < 0$ 表示制动踏板开度, $\lambda_d = 0$ 表示对驱动电机功率需求为零;综合控制器(2)的输出控制量为DC/DC变换器(5)的目标控制电流 I_{Dt} 、燃料电池发电系统(4)的目标功率值 P_{ft} ,燃料电池发电系统(4)的输入状态量为燃料电池发电系统(4)的实际工作电压 U_f 、实际工作电流 I_f ,DC/DC变换器(5)的输入状态量为电机控制器(6)的总输入电流 I_B ,综合控制器(2)功率算法根据 λ_d 和 n_m 计算得到整车行驶总目标功率 P_{dt} ,综合控制器(2)SOC控制根据 c_{SOC} 计算得到动力电池组(9)的目标功率 P_{bt} ,DC/DC变换器(5)的目标控制电流 I_{Dt} 为 P_{dt} 与 U_B 的商,燃料电池发电系统(4)的目标功率值 P_{ft} 为 P_{bt} 和 P_{dt} 的代数和,燃料电池发电系统(4)的实际输出功率为 U_f 和 I_f 的乘积,燃料电池发电系统(4)PI控制器的输入为 P_{ft} 与 $U_f \times I_f$ 积的差,燃料电池发电系统(4)PI控制器的输出指令直接控制执行元件(14),DC/DC变换器(5)PI控制器的输入为 I_{Dt} 与电机控制器(6)输入电流 I_B 的差值,DC/DC变换器(5)PI控制器的输出指令直接控制功率器件(15)。

2. 根据权利要求1所描述的燃料电池汽车混合动力系统控制方法,其特征是:整车加速时,驾驶员踏板(1)的开度 $\lambda_d > 0$ 增加,整车行驶总目标功率 P_{dt} 增加,燃料电池发电系统(4)的目标功率值 P_{ft} 增加,燃料电池发电系统(4)PI控制器调整执行元件(14),燃料电池发电系统(4)的输出功率开始增加,同时,由于 P_{dt} 增加,输入DC/DC变换器(5)的目标电流 I_{Dt} 增加,DC/DC变换器(5)PI控制器调整功率器件(15),DC/DC变换器(5)输出电压降低,动力电池组(9)的放电电流加大,从而输入电机控制器(6)的总电流加大,也即输入电机控制器(6)的总功率加大,驱动电机的输出转矩加大,驱动电机转速 n_m 加大,对应于整车的行驶车速增加,由于动力电池组(9)的放电功率加大,实现了在燃料电池发电系统(4)功率调整过程中,仍

能满足整车行驶总目标功率 P_{dt} 增加对电机控制器(6)输入功率增加的要求,保证了整车行驶良好的动力性。

3. 根据权利要求1所描述的燃料电池汽车混合动力系统控制方法,其特征是:整车由加速转为匀速行驶时,驾驶员踏板(1)的开度 $\lambda_d > 0$ 由刚开始加速时的大开度减小为稳定的某一固定位置,则整车行驶总目标功率 P_{dt} 为某一减小的固定值,燃料电池发电系统(4)的目标功率值 P_{ft} 为某一减小的固定值,燃料电池发电系统(4)的PI控制器调整执行元件(14),燃料电池发电系统(4)的输出功率开始减小,同时,由于 P_{dt} 为某一减小的固定值,输入DC/DC变换器(5)的目标电流 I_{Dt} 为某一减小的固定值,DC/DC变换器(5)PI控制器调整功率器件(15),DC/DC变换器(5)输出电压先增加到某一最大值再逐渐减小,则动力电池组(9)的放电电流先减小到最小值甚至为负值,动力电池组(9)处于充电状态,而后动力电池组(9)的放电电流增加,从而保证了输入电机控制器(6)的总功率为目标值,实现了整车行驶的主功率始终来自于燃料电池发电系统(4),避免了由于燃料电池发电系统(4)与动力电池组(9)之间频繁的大功率充放电而导致的系统效率损失,保证了整车良好的燃料经济性。

4. 根据权利要求1所描述的燃料电池汽车混合动力系统控制方法,其特征是:整车制动时,燃料电池发电系统(4)迅速卸载甚至处于怠速状态,同时,DC/DC变换器(5)的输出电流迅速减小甚至为零,保证了动力电池组(9)能够快速回收来自电机控制器(6)的再生制动电流。

一种燃料电池汽车混合动力系统控制方法

技术领域

[0001] 本发明属于燃料电池汽车技术领域,具体涉及一种具有燃料电池与动力电池组的双动力源混合动力系统的控制方法。

背景技术

[0002] 传统内燃机汽车带来的能源与环保问题日益突出,寻求车用替代能源势在必行,由于燃料电池同时兼备无污染、高效率、低噪声、可快速补充能量、模块化结构等特点,被公认为是替代内燃机的理想动力源。由于纯燃料电池汽车技术水平限制,如冷启动时间长、动态特性差、启动时需要外部能源供电、不能回收再生制动能量等,目前主要采用了混合动力系统,其中,“燃料电池+动力电池组”是最主要的组合形式。“燃料电池+动力电池组”混合型燃料电池汽车的具体实现方案多种多样,相应的控制方法也各有不同。针对具体的混合动力构型,如何实现燃料电池和动力电池组充放电功率的有效控制成为燃料电池汽车混合动力系统开发的一大技术关键。

发明内容

[0003] 本发明的目的是提供一种针对“燃料电池+动力电池组”型混合动力系统的控制方法,以克服纯燃料电池汽车存在的缺点,并有效地控制燃料电池和动力电池组的功率,实现整车良好的动力性、经济性以及综合性能。

[0004] 本发明的目的是这样实现的:

[0005] 该燃料电池混合动力系统由驾驶员踏板、综合控制器、车载信息显示系统、燃料电池发电系统、DC/DC变换器、电机控制器、驱动电机、动力电池组管理系统、动力电池组、CAN总线网络、功率二极管以及稳压滤波电容组成。驾驶员踏板与综合控制器通过模拟量线束连接,综合控制器与车载信息显示系统、燃料电池发电系统、DC/DC变换器、电机控制器以及动力电池组管理系统之间通过CAN通讯网络线束组成CAN总线网络,燃料电池发电系统的输出直流端经过2根高压电缆与DC/DC变换器连接,为保护燃料电池发电系统,在燃料电池发电系统与DC/DC变换器之间连接的高压电缆间并联一个稳压滤波电容、在其中的一根高压电缆上串联一功率二极管,燃料电池发电系统的输出端与功率二极管以及DC/DC变换器的输入端形成正向导通关系,DC/DC变换器的输出端通过2根高压电缆与电机控制器连接,并在DC/DC变换器的输出直流端并联一个稳压滤波电容,动力电池组通过2根高压电缆与DC/DC变换器的输出端并联连接,电机控制器的输出三相交流电通过高压电缆分别与驱动电机的输入三相连接。燃料电池发电系统包括执行元件和一个PI控制器,DC/DC变换器包括功率器件和一个PI控制器,综合控制器包括SOC控制和功率算法两大部分。综合控制器的输入状态量为驾驶员踏板开度 λ_d 、来自电机控制器的驱动电机转速 n_m 、动力电池组的总电压 U_B 和来自动力电池组管理系统的动力电池组的荷电状态 c_{SOC} ,综合控制器的输出控制量为DC/DC变换器的目标控制电流 I_{Dt} 、燃料电池发电系统的目标功率值 P_{ft} ,燃料电池发电系统的输入状态量为燃料电池发电系统的实际工作电压 U_f 、实际工作电流 I_f ,DC/DC变换器的输入状态量

为电机控制器的总输入电流 I_B ,综合控制器功率算法根据 λ_d 和 n_m 计算得到整车行驶总目标功率 P_{dt} ,综合控制器SOC控制根据 c_{soc} 计算得到动力电池组的目标功率 P_{bt} ,DC/DC变换器的目标控制电流 I_{Dt} 为 P_{dt} 与 U_B 的商,燃料电池发电系统的目标功率值 P_{ft} 为 P_{bt} 和 P_{dt} 的代数和,燃料电池发电系统PI控制器的输入为 P_{ft} 与 $U_f \times I_f$ 积的差,燃料电池发电系统PI控制器的输出指令直接控制执行元件,DC/DC变换器PI控制器的输入为 I_{Dt} 与电机控制器输入电流 I_B 的差值,DC/DC变换器PI控制器的输出指令直接控制功率器件。

[0006] 采用上述混合动力系统控制方法后,整车加速时,驾驶员踏板的开度 $\lambda_d > 0$ 增加,整车行驶总目标功率 P_{dt} 增加,燃料电池发电系统的目标功率值 P_{ft} 增加,燃料电池发电系统PI控制器调整执行元件,燃料电池发电系统的输出功率开始增加,同时,由于 P_{dt} 增加,输入DC/DC变换器的目标电流 I_{Dt} 增加,DC/DC变换器PI控制器调整功率器件,DC/DC变换器输出电压降低,动力电池组的放电电流加大,从而输入电机控制器的总电流加大,也即输入电机控制器的总功率加大,驱动电机的输出转矩加大,驱动电机转速 n_m 加大,对应于整车的行驶车速增加,由于动力电池组的放电功率加大,实现了在燃料电池发电系统功率调整过程中,仍能满足整车行驶总目标功率 P_{dt} 增加对电机控制器输入功率增加的要求,保证了整车行驶良好的动力性。整车由加速转为匀速行驶时,驾驶员踏板的开度 $\lambda_d > 0$ 由刚开始加速时的大开度减小为稳定的某一固定位置,则整车行驶总目标功率 P_{dt} 为某一减小的固定值,燃料电池发电系统的目标功率值 P_{ft} 为某一减小的固定值,燃料电池发电系统的PI控制器调整执行元件,燃料电池发电系统的输出功率开始减小,同时,由于 P_{dt} 为某一减小的固定值,输入DC/DC变换器的目标电流 I_{Dt} 为某一减小的固定值,DC/DC变换器PI控制器调整功率器件,DC/DC变换器输出电压先增加到某一最大值再逐渐减小,则动力电池组的放电电流先减小到最小值甚至为负值,动力电池组处于充电状态,而后动力电池组的放电电流增加,从而保证了输入电机控制器的总功率为目标值,实现了整车行驶的主功率始终来自于燃料电池发电系统,避免了由于燃料电池发电系统与动力电池组之间频繁的大功率充放电而导致的系统效率损失,保证了整车良好的燃料经济性。整车制动时,燃料电池发电系统迅速卸载甚至处于怠速状态,同时,DC/DC变换器的输出电流迅速减小甚至为零,保证了动力电池组能够快速回收来自电机控制器的再生制动电流。

附图说明

[0007] 附图1是一种燃料电池汽车混合动力系统结构示意图。

[0008] 附图2是一种燃料电池汽车混合动力系统控制方法结构示意图。

[0009] 附图1、图2中:1.驾驶员踏板,2.综合控制器,3.车载信息显示系统,4.燃料电池发电系统,5.DC/DC变换器,6.电机控制器,7.驱动电机,8.动力电池组管理系统,9.动力电池组,10.CAN总线网络,11.功率二极管,12、13.稳压滤波电容,14.执行元件,15.功率器件。

[0010]  高压电缆,  CAN通讯网络线束,  模拟量线束,

[0011]  电流传感器,  电压传感器。

具体实施方式

[0012] 现结合附图作进一步说明。

[0013] 本发明具体针对一种燃料电池汽车混合动力系统,该系统由驾驶员踏板1、综合控

制器2、车载信息显示系统3、燃料电池发电系统4、DC/DC变换器5、电机控制器6、驱动电机7、动力电池组管理系统8、动力电池组9、CAN总线网络10、功率二极管11以及稳压滤波电容12、13组成。驾驶员踏板1与综合控制器2之间通过模拟量线束连接,综合控制器2与车载信息显示系统3、燃料电池发电系统4、DC/DC变换器5、电机控制器6以及动力电池组管理系统8之间通过CAN通讯网络线束组成CAN总线网络10,综合控制器2、车载信息显示系统3、燃料电池发电系统4、DC/DC变换器5、电机控制器6以及动力电池组管理系统8之间可以双向互换数据。燃料电池发电系统4的输出直流端经过2根高压电缆与DC/DC变换器5的输入端相连,为保护燃料电池发电系统4,在燃料电池发电系统4与DC/DC变换器5之间连接的高压电缆间并联一个稳压滤波电容12、在其中的一根高压电缆上串联一功率二极管11,燃料电池发电系统4的输出端与功率二极管11以及DC/DC变换器5的输入端形成正向导通关系。DC/DC变换器5的输出直流端通过2根高压电缆与电机控制器6输入端连接,并在DC/DC变换器5的输出直流端并联一个稳压滤波电容13。动力电池组9的输出端通过2根高压电缆与DC/DC变换器5的输出端并联连接之后再与电机控制器6的输入端连接。电机控制器6的输出三相交流电通过高压电缆分别与驱动电机7的输入三相交流端对应连接。动力电池组管理系统8用于管理和监控动力电池组9并通过CAN总线通讯网络发送动力电池组9的状态信息,比如荷电状态、电压、电流、温度等。燃料电池发电系统4包括执行元件14和一个PI控制器。DC/DC变换器5包括功率器件15和一个PI控制器。综合控制器2包括SOC控制和功率算法两大部分。综合控制器2的输入状态量为驾驶员踏板1的开度 λ_d 、来自电机控制器6的驱动电机7转速 n_m 、动力电池组9的总电压 U_B 和来自动力电池组管理系统8的动力电池组荷电状态 c_{SOC} ,其中 λ_d 具体有三种情况: $\lambda_d > 0$ 表示加速踏板开度, $\lambda_d < 0$ 表示制动踏板开度, $\lambda_d = 0$ 表示对驱动电机功率需求为零。综合控制器2的输出控制量为DC/DC变换器5的目标控制电流 I_{Dt} 、燃料电池发电系统4的目标功率 P_{ft} 。燃料电池发电系统4的输入状态量为燃料电池发电系统4的实际工作电压 U_f 、实际工作电流 I_f ,DC/DC变换器5的输入状态量为电机控制器6的总输入电流 I_B 。综合控制器2功率算法根据 λ_d 和 n_m 计算得到整车行驶总目标功率 P_{dt} ,综合控制器2的SOC控制根据 c_{SOC} 计算得到动力电池组9的目标功率 P_{bt} ,DC/DC变换器5的目标控制电流 I_{Dt} 为 P_{dt} 与 U_B 的商,燃料电池发电系统4的目标功率值 P_{ft} 为 P_{bt} 和 P_{dt} 的代数和。燃料电池发电系统4的实际输出功率为 U_f 和 I_f 的乘积,燃料电池发电系统4的PI控制器的输入为 P_{ft} 与 $U_f \times I_f$ 积的差,燃料电池发电系统4的PI控制器的输出指令直接控制执行元件14。DC/DC变换器5的PI控制器的输入为 I_{Dt} 与电机控制器6输入电流 I_B 的差值,DC/DC变换器5的PI控制器的输出指令直接控制功率器件15。

[0014] 燃料电池发电系统4输出直流电,输出到DC/DC变换器5,DC/DC变换器5对燃料电池发电系统4的输入功率进行电流控制调整后输出,调整电流与来自动力电池组9的直流电流一起输入到电机控制器6,电机控制器6将直流电转换为三相交流电输入到驱动电机7。

[0015] 其控制原理如下:

[0016] 综合控制器2根据驾驶员踏板1的开度 λ_d 、驱动电机7的转速 n_m 、动力电池组9的总电压 U_B 和荷电状态 c_{SOC} 共四个输入参数,按照功率算法计算得出整车行驶总目标功率 P_{dt} 、动力电池组9的目标功率 P_{bt} 和燃料电池发电系统4的目标功率值 P_{ft} ,其中 P_{ft} 为 P_{dt} 和 P_{bt} 的代数和。

[0017] 根据 P_{dt} 和 P_{ft} 分别进行燃料电池发电系统4的功率PI控制和DC/DC变换器5的电流PI控制:燃料电池发电系统4通过电压传感器、电流传感器测取其实际工作电压 U_f 值和工作

电流 I_f 值, U_f 与 I_f 的乘积为燃料电池发电系统4的实际输出功率,实际输出功率与目标功率值 P_{ft} 的差值作为燃料电池发电系统PI控制器的输入量,PI控制器根据输入功率差值的变化,通过执行元件14实现燃料电池发电系统4输出功率的调节;DC/DC变换器5的目标控制电流 I_{Dt} 为整车行驶总目标功率 P_{dt} 与动力电池组9总电压 U_B 的商,商值与电机控制器6的总输入电流 I_B 的差值作为DC/DC变换器5的PI控制器输入量,PI控制器根据电流差值的变化,通过功率器件15实现DC/DC输出电流的调节,DC/DC变换器5输出电流变化的同时其输出电压也随之变化,由于DC/DC变换器5的输出端与动力电池组9的输出端为并联连接,即DC/DC变换器5的输出端电压与动力电池组9的输出端电压相等,则DC/DC变换器5的输出端电压降低时,动力电池组9的电动势与动力电池组9端电压的差值加大,动力电池组9的放电电流加大,反之,DC/DC变换器5输出端电压升高时,动力电池组9放电电流减小,当DC/DC变换器5输出电压升高并高于动力电池组9的电动势时,动力电池组9处于充电状态。这样通过DC/DC变换器5的电流反馈以及PI控制器调节实现了动力电池组9充放电功率的调整。

[0018] 下面结合具体的整车行驶工况对上述控制方法做进一步的说明:

[0019] 整车加速时,驾驶员踏板1的开度 $\lambda_d > 0$ 增加,针对当前 t_k 时刻的驱动电机7的转速 $n_m(t_k)$,按照综合控制器2功率算法得到的整车行驶总目标功率 $P_{dt}(t_k)$ 增加,燃料电池发电系统4的目标功率值 $P_{ft}(t_k)$ 增加,燃料电池发电系统4的PI控制器调整执行元件14,燃料电池发电系统4的输出功率开始增加,同时,由于 $P_{dt}(t_k)$ 增加,针对当前 t_k 时刻动力电池组9的总电压 $U_B(t_k)$ 值,输入DC/DC变换器5的目标电流 $I_{Dt}(t_k)$ 增加,而由于燃料电池发电系统4的功率增加过程远远慢于DC/DC变换器5的电流调整过程,可以认为在DC/DC变换器5响应的下一个时刻 t_{k+1} ,燃料电池发电系统4的输出功率几乎不变,则增加DC/DC变换器5的输出电流意味着降低DC/DC变换器5的输出电压,DC/DC变换器5输出电压降低,则动力电池组9的放电电流加大,从而输入电机控制器6的总电流加大,也即输入电机控制器6的总功率加大,驱动电机的输出转矩加大,驱动电机转速 $n_m(t_{k+1})$ 加大,对应于整车的行驶车速增加。由于动力电池组9的放电功率加大,实现了在燃料电池发电系统4功率调整过程中,仍能满足整车行驶总目标功率 P_{dt} 增加对电机控制器6输入功率增加的要求,保证了整车行驶良好的动力性。

[0020] 整车由加速转为匀速行驶时,驾驶员踏板1的开度 $\lambda_d > 0$ 由刚开始加速时的大开度在 t_k 时刻减小为稳定的某一固定位置,则整车行驶总目标功率 $P_{dt}(t_k)$ 为某一减小的固定值,燃料电池发电系统4的目标功率值 $P_{ft}(t_k)$ 为某一减小的固定值,燃料电池发电系统4的PI控制器调整执行元件14,燃料电池发电系统4的输出功率开始减小,同时,由于 $P_{dt}(t_k)$ 为某一减小的固定值,针对当前 t_k 时刻动力电池组9的总电压 $U_B(t_k)$ 值,输入DC/DC变换器5的目标电流 $I_{Dt}(t_k)$ 为某一减小的固定值,而由于燃料电池发电系统4的功率减小过程慢于DC/DC变换器5的电流调整过程,可以认为在DC/DC变换器5响应的下一个时刻 t_{k+1} ,燃料电池发电系统4的输出功率几乎不变,则减小DC/DC变换器5的输出电流意味着增加DC/DC变换器5的输出电压,DC/DC变换器5输出电压增加到某一最大值,则动力电池组9的放电电流减小(甚至为负值,动力电池组处于充电状态),从而输入电机控制器6的总电流减小,也即输入电机控制器6的总功率达到目标值。燃料电池发电系统4的输出功率逐渐降低直至目标功率 P_{ft} ,说明输入DC/DC变换器5的总功率逐渐降低,对应的DC/DC变换器5的输出电压由 t_{k+1} 时刻的最大值逐渐降低直至某一稳定值,动力电池组9的放电电流逐渐稳定于某一固定值(甚至为零)。这样,就实现了整车行驶的主功率始终来自于燃料电池发电系统4,避免了由于燃料

电池发电系统4与动力电池组9之间频繁的大功率充放电而导致的系统效率损失,保证了整车良好的燃料经济性。

[0021] 整车制动时,驾驶员加速踏板1的开度 $\lambda_d < 0$ 不断减小,按照综合控制器2功率算法得到的整车行驶总目标功率 P_{dt} 为负值,驱动电机7处于发电状态,此时燃料电池发电系统4的目标功率值 P_{ft} 减小甚至为零,燃料电池发电系统4迅速卸载甚至处于怠速状态,同时,DC/DC变换器5的输出电流迅速减小甚至为零,保证了动力电池组9能够快速回收来自电机控制器6的再生制动电流。

[0022] 本发明符合该发明内容,但不局限于该内容,凡是在本发明的精神及原则之内的任何局部改进、功能完善,均视为在本发明的保护范围之内。

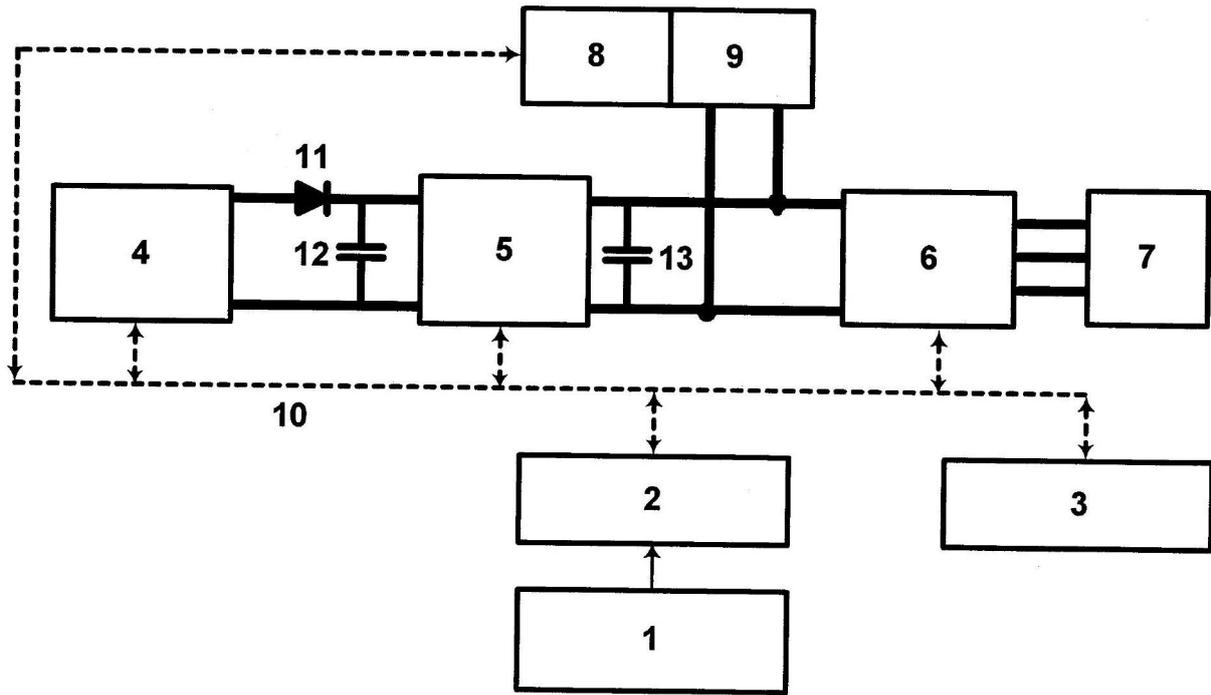


图1

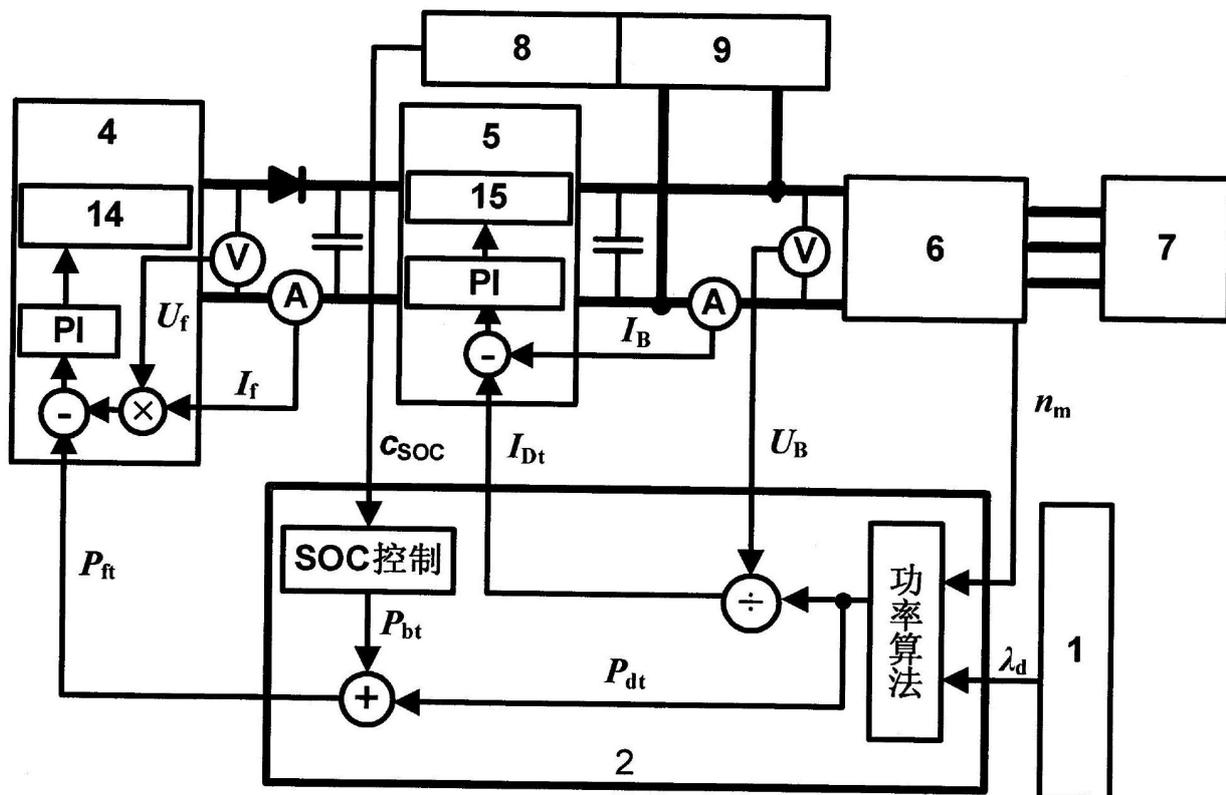


图2