



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103231662 B

(45) 授权公告日 2015. 10. 21

(21) 申请号 201310138904. 6

US 2009243386 A1 , 2009. 10. 01, 全文 .

(22) 申请日 2013. 04. 18

马建新, 等 . 质子交换膜燃料电池冷启动机理及冷启动策略 . 《电源技术》. 2009, 第 33 卷 (第 7 期), 第 534 页的 1. 2 节及第 537-538 页的 3. 2 节 .

(73) 专利权人 同济大学

地址 200092 上海市杨浦区四平路 1239 号

(72) 发明人 赵治国 王丽华 张赛 王心坚 章桐

审查员 司徒远亮

(74) 专利代理机构 上海科盛知识产权代理有限公司 31225

代理人 赵继明

(51) Int. Cl.

B60L 11/18(2006. 01)

(56) 对比文件

CN 101786413 A , 2010. 07. 28, 全文 .

CN 1807144 A , 2006. 07. 26, 说明书第 4 页第 15 行至第 6 页第 2 行及图 1-2.

CN 202498998 U , 2012. 10. 24, 全文 .

EP 1953856 A2 , 2008. 08. 06, 全文 .

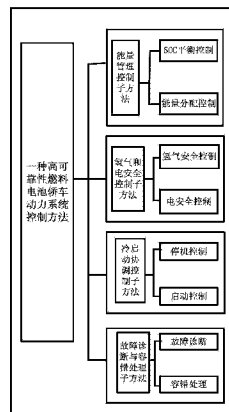
权利要求书2页 说明书6页 附图5页

(54) 发明名称

一种燃料电池轿车动力系统控制方法

(57) 摘要

本发明涉及一种高可靠性燃料电池轿车动力系统控制方法,该方法在燃料电池和电机控制器间增设 DC/DC 变换器,所述的 DC/DC 变换器通过 CAN 线与整车控制器连接,该方法具体包括:能量管理控制子方法、冷启动控制子方法、故障诊断及容错处理子方法以及氢气和电安全控制子方法。与现有技术相比,本发明通过对燃料电池轿车动力系统的协调控制,在满足整车能量需求的前提下实现燃料电池和蓄电池的能量平衡,降低能耗,提高动力系统的使用寿命,同时具有冷启动协调、故障诊断及容错处理、氢气和高压电安全保护控制等功能。



1. 一种燃料电池轿车动力系统控制方法,所述的动力系统包括整车控制器、燃料电池、燃料电池控制器、蓄电池、蓄电池控制器、电机和电机控制器,所述的整车控制器通过 I/O 接口分别连接蓄电池、燃料电池、电机和空调,所述的整车控制器、燃料电池控制器、蓄电池控制器和电机控制器通过 CAN 线相互通信连接,所述的燃料电池通过氢路连接有氢气罐,其特征在于,该控制方法在燃料电池和电机控制器间增设 DC/DC 变换器,所述的 DC/DC 变换器与整车控制器连接,该控制方法具体包括:

能量管理控制子方法:根据驾驶员的驾驶意图估计整车的能量需求,并根据燃料电池的输出特性和蓄电池的 SOC 情况调整 DC/DC 变换器的输出电流控制燃料电池和蓄电池的输出功率;

冷启动控制子方法:通过控制蓄电池的充放电、空调的开启,并发送驾驶员指令,配合燃料电池控制器在冷环境下停止或启动燃料电池;

故障诊断及容错处理子方法:通过分析处理整车控制器接收的状态信号实现故障诊断,并实时输出诊断结果,同时,进行容错处理;

氢气和电安全控制子方法:通过实时监控氢气罐、氢路和高压电路的状态对氢气罐、氢路和高压电路进行安全控制;

所述的能量管理控制子方法具体包括以下步骤:

101) 通过基于蓄电池电流、SOC 双闭环反馈的动力系统功率平衡控制算法控制蓄电池的 SOC 值处于最佳状态;

102) 根据加速踏板信号计算出驱动电机目标转矩,并根据当前蓄电池的 SOC 值和燃料电池的工作状态,计算 DC/DC 变换器应输出电流的大小,并根据输出电流控制燃料电池和蓄电池的输出功率分配。

2. 根据权利要求 1 所述的一种燃料电池轿车动力系统控制方法,其特征在于,所述的基于蓄电池电流、SOC 双闭环反馈的动力系统功率平衡控制算法具体为:

根据期望 SOC 和蓄电池实际 SOC 的差值计算期望电流,将蓄电池实际电流和期望电流进行比较,并以电机负载为扰动和前馈补偿,计算蓄电池电流的控制量传输给蓄电池控制器,蓄电池控制器控制蓄电池的输出电流和 SOC 值。

3. 根据权利要求 2 所述的一种燃料电池轿车动力系统控制方法,其特征在于,所述的期望 SOC 为 50%。

4. 根据权利要求 1 所述的一种燃料电池轿车动力系统控制方法,其特征在于,所述的冷启动控制子方法包括停机控制和启动控制两个部分,所述的停机控制具体为:

201) 整车控制器接收冷停机指令并向燃料电池控制器发送停机信号,燃料电池控制器根据整车功率需求调整燃料电池输出功率向蓄电池充电,使蓄电池 SOC 值达到期望 SOC;

202) 燃料电池控制器进行燃料电池吹扫除水;

所述的启动控制具体为:

301) 整车控制器接收冷启动指令并向燃料电池控制器发送启动信号,同时控制高压电路上电,以提供加热融冰所需的电能;

302) 燃料电池控制器控制燃料电池怠速运行,当燃料电池堆的温度达到预定温度后,冷启动结束。

5. 根据权利要求 1 所述的一种燃料电池轿车动力系统控制方法,其特征在于,所述的

冷环境指温度低于 0℃ 的环境。

6. 根据权利要求 1 所述的一种燃料电池轿车动力系统控制方法,其特征在于,所述的故障诊断及容错处理子方法具体为:

401) 整车控制器通过 CAN 线或 I/O 接口实时接收动力系统中各零部件控制器的状态信号;

402) 根据状态信号判断各零部件是否存在故障,并对故障进行分级,并根据故障诊断结果进行容错处理。

7. 根据权利要求 6 所述的一种燃料电池轿车动力系统控制方法,其特征在于,所述的故障的类型包括燃料电池质子交换膜的湿度异常、动力蓄电池内阻异常、电机退磁和 DC/DC 电感异常。

8. 根据权利要求 1 所述的一种燃料电池轿车动力系统控制方法,其特征在于,所述的氢气和电安全控制子方法包括氢气安全控制和电安全控制,所述的氢气安全控制具体为:根据氢气罐的压力、温度、氢气浓度以及是否发生碰撞情况实现过压保护、高温保护、碰撞保护、低压报警以及泄露检测与控制;

所述的电安全控制具体为:根据电源正、负极对地的绝缘电阻判断高压电路是否存在漏电,若是,则根据漏电大小做出不同级别的报警。

一种燃料电池轿车动力系统控制方法

技术领域

[0001] 本发明涉及燃料电池汽车领域,尤其是涉及一种高可靠性燃料电池轿车动力系统控制方法。

背景技术

[0002] 燃料电池轿车是一种新能源汽车,由于它具有节能、环保和噪声小的优点近年来成为汽车研发的热点。动力系统的开发是燃料电池轿车发展的关键技术。

[0003] 电-电混合燃料电池汽车的动力系统具有区别于其他类型车辆动力系统显著的特点,由于燃料电池自身的输出特性偏软,在通常情况下,燃料电池轿车的动力源由主动力源燃料电池系统与辅助动力源蓄电池组成,而两种动力源如何配合使用是由动力系统能量管理策略决定的。燃料电池轿车动力系统能量管理策略的优劣将直接影响整车的动力性、安全性以及氢燃料经济性。燃料电池和蓄电池的寿命是燃料电池轿车开发的另一难题,现在已开发出的燃料电池和蓄电池通常有一定的工作寿命,较优的动力系统能量管理策略可以使燃料电池和蓄电池工作在合理的状态下,从而可以大大延长燃料电池和蓄电池的使用寿命。

[0004] 近年来燃料电池的冷启动成为研究的热点,由于燃料电池的工作原理,燃料电池堆内有大量的水存在,在寒冷环境下停机会使燃料电池内的水结冰,这样会造成燃料电池的损坏甚至报废。所以冷启动问题是燃料电池轿车研发不能回避的问题,如何使燃料电池轿车在寒冷的环境下停机并长时间停车后能够在短时间内顺利启动已成为燃料电池汽车研发的关键技术。将燃料电池的冷启动控制策略和整车能量管理策略相结合,不仅可以保护燃料电池在冷环境下的安全,而且在整车能量管理策略的配合下可以保证冷启动的可靠性和缩短冷启动的时间。

[0005] 传统内燃机轿车的故障诊断研究已经非常成熟,并且很多故障都可以用直接的物理方法进行诊断。然而燃料电池轿车由于自身的特点很多故障不能直接检测,若将基于模型的故障诊断方法和容错处理策略融入动力系统的控制算法,不仅可以有效地检测出燃料电池汽车动力系统的故障并做出相应的处理,而且可以有效的提高燃料电池轿车实际运行过程中的安全性和维修保养的方便性。

[0006] 由于燃料电池轿车所用燃料的特殊性和高压电路的存在,燃料电池轿车和传统内燃机轿车相比,其对安全性的要求更高。在动力系统控制算法中设定一些紧急情况处理措施以保证汽车和乘客的安全性是燃料电池轿车开发必不可少的。

发明内容

[0007] 本发明的目的就是为了克服上述现有技术存在的缺陷而提供一种高可靠性燃料电池轿车动力系统控制方法,通过对燃料电池轿车动力系统的协调控制,在满足整车能量需求的前提下实现燃料电池和蓄电池的能量平衡,降低能耗,提高动力系统的使用寿命,同时具有冷启动协调、故障诊断及容错处理、氢气和高压电安全保护控制等功能。

[0008] 本发明的目的可以通过以下技术方案来实现：

[0009] 一种高可靠性燃料电池轿车动力系统控制方法，所述的动力系统包括整车控制器、空调、燃料电池、燃料电池控制器、蓄电池、蓄电池控制器、电机和电机控制器，所述的整车控制器通过 I/O 接口分别连接蓄电池、燃料电池、电机和空调，所述的整车控制器、燃料电池控制器、蓄电池控制器和电机控制器通过 CAN 线相互通信连接，所述的燃料电池通过氢路连接有氢气罐，该控制方法在燃料电池和电机控制器间增设 DC/DC 变换器，所述的 DC/DC 变换器与整车控制器连接，该控制方法具体包括：

[0010] 能量管理控制子方法：根据驾驶员的驾驶意图估计整车的能量需求，并根据燃料电池的输出特性和蓄电池的 SOC 情况调整 DC/DC 变换器的输出电流控制燃料电池和蓄电池的输出功率；

[0011] 冷启动控制子方法：通过控制蓄电池的充放电、空调的开启，并发送驾驶员指令，配合燃料电池控制器在冷环境下停止或启动燃料电池；

[0012] 故障诊断及容错处理子方法：通过分析处理整车控制器接收的状态信号实现故障诊断，并实时输出诊断结果，同时，进行容错处理；

[0013] 氢气和电安全控制子方法：通过实时监控氢气罐、氢路和高压电路的状态对氢气罐、氢路和高压电路进行安全控制。

[0014] 所述的能量管理控制子方法具体包括以下步骤：

[0015] 101) 通过基于蓄电池电流、SOC 双闭环反馈的动力系统功率平衡控制算法控制蓄电池的 SOC 值处于最佳状态；

[0016] 102) 根据加速踏板信号计算出驱动电机目标转矩，并根据当前蓄电池的 SOC 值和燃料电池的工作状态，计算 DC/DC 变换器应输出电流的大小，并根据输出电流控制燃料电池和蓄电池的输出功率分配。

[0017] 所述的基于蓄电池电流、SOC 双闭环反馈的动力系统功率平衡控制算法具体为：

[0018] 根据期望 SOC 和蓄电池实际 SOC 的差值计算期望电流，将蓄电池实际电流和期望电流进行比较，并以电机负载为扰动和前馈补偿，计算蓄电池电流的控制量传输给蓄电池控制器，蓄电池控制器控制蓄电池的输出电流和 SOC 值。

[0019] 所述的期望 SOC 为 50%。

[0020] 所述的冷启动控制子方法包括停机控制和启动控制两个部分，所述的停机控制具体为：

[0021] 201) 整车控制器接收冷停机指令并向燃料电池控制器发送停机信号，燃料电池控制器根据整车功率需求调整燃料电池输出功率向蓄电池充电，使蓄电池 SOC 值达到期望 SOC；

[0022] 202) 燃料电池控制器进行燃料电池吹扫除水；

[0023] 所述的启动控制具体为：

[0024] 301) 整车控制器接收冷启动指令并向燃料电池控制器发送启动信号，同时控制高压电路上电，以提供加热融冰所需的电能；

[0025] 302) 燃料电池控制器控制燃料电池怠速运行，当燃料电池堆的温度达到预定温度后，冷启动结束。

[0026] 所述的冷环境指温度低于 0℃ 的环境。

[0027] 所述的故障诊断及容错处理子方法具体为：

[0028] 401)整车控制器通过 CAN 线或 I/O 接口实时接收动力系统中各零部件控制器的状态信号；

[0029] 402) 根据状态信号判断各零部件是否存在故障，并对故障进行分级，并根据故障诊断结果进行容错处理。

[0030] 所述的故障的类型包括燃料电池质子交换膜的湿度异常、动力蓄电池内阻异常、电机退磁和 DC/DC 电感异常。

[0031] 所述的氢气和电安全控制子方法包括氢气安全控制和电安全控制，所述的氢气安全控制具体为：根据氢气罐的压力、温度、氢气浓度以及是否发生碰撞情况实现过压保护、高温保护、碰撞保护、低压报警以及泄露检测与控制；

[0032] 所述的电安全控制具体为：根据电源正、负极对地的绝缘电阻判断高压电路是否存在漏电，若是，则根据漏电大小做出不同级别的报警。

[0033] 与现有技术相比，本发明具有以下有益效果：

[0034] 1、本发明的能量管理控制子方法根据驾驶员的驾驶意图估计出整车的能量需求，并根据燃料电池的输出特性和蓄电池的 SOC 情况，通过调整 DC/DC 的输出电流合理分配燃料电池和蓄电池各自的负载，在实现动力系统的功率平衡的同时，提高整车的经济性和延长动力系统的使用寿命；

[0035] 2、本发明的冷启动控制子方法通过控制蓄电池的充放电、空调的开启、燃料电池期望功率的计算与调整，以及传达驾驶员指令和给驾驶员提供提示，来配合燃料电池控制器实现冷环境下燃料电池的安全停机和可靠启动，提高燃料电池轿车的可靠性和环境适应性；

[0036] 3、本发明的故障诊断及容错处理子方法运用基于模型的故障诊断方法，通过分析处理零部件控制器和传感器上传的信号，诊断一些燃料电池轿车特有的传统的物理方法难以直接检测的故障，并将诊断结果传达给驾驶员，同时，进行动力系统层面的容错处理，以避免危险状况的发生，并保证燃料电池轿车的可靠运行；

[0037] 4、本发明的氢气和电安全控制子方法对氢气罐、氢路和高压电路进行实时监控，对氢气罐、氢路和高压电路可能出现的一些危险情况以及车辆发生碰撞或倾翻时做出紧急处理，以避免事故的发生，提高车辆运行的安全性。

附图说明

[0038] 图 1 为本发明的结构示意图；

[0039] 图 2 为本发明控制方法的具体架构示意图；

[0040] 图 3 为本发明中基于蓄电池电流、SOC 双闭环反馈的动力系统功率平衡控制算法的结构框图；

[0041] 图 4 为冷启动控制子方法中的启动控制流程图；

[0042] 图 5 为冷启动控制子方法中的停机控制流程图；

[0043] 图 6 为故障诊断及容错处理子方法原理图。

具体实施方式

[0044] 下面结合附图和具体实施例对本发明进行详细说明。本实施例以本发明技术方案为前提进行实施,给出了详细的实施方式和具体的操作过程,但本发明的保护范围不限于下述的实施例。

[0045] 一种高可靠性燃料电池轿车动力系统控制方法,如图 1 所示,动力系统包括整车控制器(VMS)、空调、燃料电池、燃料电池控制器(FCU)、蓄电池、蓄电池控制器(BCU)、电机、电机控制器(MCU)、驾驶显示器(DVD),所述的整车控制器通过 I/O 接口分别连接蓄电池、燃料电池、电机和空调,所述的整车控制器、燃料电池控制器、蓄电池控制器和电机控制器通过 CAN 线相互通信连接,所述的燃烧电池通过氢路连接有氢气罐,该方法在燃料电池和电机控制器间增设 DC/DC 变换器,所述的 DC/DC 变换器与整车控制器连接,DC/DC 变换器上连接有 DC/DC 控制器,这样整车控制器就可以通过控制 DC/DC 的输出电流来实现动力系统的功率平衡。燃料电池的端电压通过 DC/DC 变换器的升压或降压来与系统直流母线的电压等级进行匹配,因此系统直流母线的电压与燃料电池功率输出能力之间不再有耦合关系,而 DC/DC 变换器可将直流母线的电压维持在最适宜电机系统工作的电压范围。

[0046] 图 2 给出了本实施例高可靠性燃料电池轿车动力系统控制方法的具体架构,该方法集成在整车控制器中,该方法包括:

[0047] 能量管理控制子方法:根据驾驶员的驾驶意图估计整车的能量需求,并根据燃料电池的输出特性和蓄电池的 SOC 情况调整 DC/DC 变换器的输出电流控制燃料电池和蓄电池的输出功率;

[0048] 冷启动控制子方法:通过控制蓄电池的充放电、空调的开启,并发送驾驶员指令,配合燃料电池控制器在冷环境(温度低于 0°C 的环境)下停止或启动燃料电池;

[0049] 故障诊断及容错处理子方法:通过分析处理整车控制器接收的状态信号实现故障诊断,并实时输出诊断结果,同时,进行容错处理;

[0050] 氢气和电安全控制子方法:通过实时监控氢气罐、氢路和高压电路的状态对氢气罐、氢路和高压电路进行安全控制。

[0051] 上述四个子方法可分别由整车控制器中的能量管理控制模块、冷启动控制模块、故障诊断及容错处理模块以及氢气和电安全控制模块实施。

[0052] 所述的能量管理控制子方法具体包括以下步骤:

[0053] 101) 通过基于蓄电池电流、SOC 双闭环反馈的动力系统功率平衡控制算法控制蓄电池的 SOC 值处于最佳状态, SOC 值的最佳状态为 50% 附近;

[0054] 102) 根据加速踏板信号计算出驱动电机目标转矩,并根据当前蓄电池的 SOC 值和燃料电池的工作状态,计算 DC/DC 变换器应输出电流的大小,并根据输出电流控制燃料电池和蓄电池的输出功率分配。

[0055] 能量管理控制子方法是本实施例的核心,在燃料电池轿车动力系统结构当中,燃料电池和辅助动力源蓄电池都是能量源,能量管理控制模块通过调整 DC/DC 的输出电流对能量源输出功率进行分配及控制,为保证动力输出的一致、平稳,本方法侧重于控制蓄电池 SOC 处于最佳状态,这样可使蓄电池既可满足一定的放电需求为车辆行驶提供能量,又有足够的接受制动回馈能量的能力,同时可以保证动力总线电压处于合适的范围之内。另外,通过调节 DC/DC 的输出电流来实现功率平衡,即将功率分配算法所得到的分配方案转换为电流指令。具体实施时,根据加速踏板信号计算出驱动电机目标转矩,同时计算出电机逆变器

的输入功率需求值,而后根据当前动力蓄电池的 SOC 值和燃料电池工作状态,计算 DC/DC 变换器应输出电流的大小,实现对燃料电池和蓄电池的功率分配。

[0056] 如图 3 所示,所述的基于蓄电池电流、SOC 双闭环反馈的动力系统功率平衡控制算法具体为:

[0057] 根据期望 SOC 和蓄电池实际 SOC 的差值计算期望电流,将蓄电池实际电流和期望电流进行比较,并以电机负载为扰动和前馈补偿,计算蓄电池电流的控制量传输给蓄电池控制器,蓄电池控制器控制蓄电池的输出电流和 SOC 值。

[0058] 燃料电池轿车动力系统中蓄电池的作用主要是提供瞬时附加功率和回收制动能量,所以蓄电池要尽量保持最佳的充电态,这样才能保证随时可以提供所需的附加瞬态功率输出或吸收尽可能多的回馈制动能量。基于蓄电池电流、SOC 双闭环反馈的动力系统功率平衡控制算法将蓄电池的 SOC 总是控制在 50% 附近,此外对蓄电池 SOC 的控制主要是通过控制蓄电池的电流来实现。该结构中将蓄电池 SOC 和电流作为反馈信号计算出期望 SOC 和实际 SOC 的差值然后通过 SOC 控制算法可以得到期望的蓄电池电流大小,然后将实际蓄电池电流和期望蓄电池电流值进行比较得到误差值,又由于动力蓄电池组和电机逆变器之间电压耦合的结果使得电池实际电流跟随电机负载变化,因此对于电池电流闭环控制来讲,电机负载被作为扰动引入到被控制对象上。所以该算法中将驱动电机电流视为扰动,采用将该扰动作为前馈补偿,这样就得到了蓄电池的电流的控制量。

[0059] 所述的冷启动控制子方法包括停机控制和启动控制两个部分,如图 4 所示,启动控制具体为:

[0060] 首先驾驶员按下冷启动按钮,冷启动信号通过 I/O 接口传递给整车控制器的冷启动控制模块,冷启动控制模块接到这一信号后首先发出电池使能信号使高压继电器闭合完成高压上电,然后给燃料电池控制器发出冷启动信号,使燃料电池进入冷启动过程。冷启动分为加热融冰和怠速运行两个阶段:加热融冰阶段燃料电池会消耗大量电池电能以产生热量提高电堆温度,为防止电池 SOC 下降过快冷启动控制模块会限制空调的使用,当燃料电池的电堆温度高于零度时冷启动进入怠速运行阶段,这时冷启动控制模块会根据电堆的温度变化向驾驶员发送提示,当电堆温度高于 20 度时冷启动控制模块会向驾驶员提示空调可使用并限制空调的最大功率,当电堆温度达到预定值时,冷启动控制模块会提示驾驶员冷启动结束可正常使用,冷启动结束。

[0061] 如图 5 所示,停机控制具体为:

[0062] 首先驾驶员按下冷停机按钮,冷停机信号通过 I/O 接口传递给整车控制器冷启动控制模块,冷启动控制模块接到这一信号后会根据加速踏板信号和车速信号判断是否进行冷停机,当确定要进行冷停机后冷启动控制模块进入冷停机程序。冷停机分为两个阶段:首先是给蓄电池充电,整车控制器会根据当前车辆运行情况、空调使用情况以及蓄电池 SOC 调整燃料电池的输出功率给蓄电池充电到允许的最大 SOC 值;然后是吹扫除水阶段,吹扫除水也分为两个阶段:首先燃料电池低功率运行,整车控制器根据车上的用电设备设定燃料电池的输出功率并依靠燃料电池自身的输出功率完成吹扫除水第一阶段,这一阶段控制算法会控制蓄电池 SOC 保持不变。然后进入吹扫除水第二阶段,这个阶段燃料电池已经没有输出功率,冷启动模块会控制蓄电池提供本阶段吹扫除水所需能量。吹扫除水结束后冷启动控制模块会关闭高压继电器完成高压断电,然后提醒驾驶员冷停机结束可以离车,冷

停机结束。

[0063] 如图 6 所示,所述的故障诊断及容错处理子方法具体为:

[0064] 401)整车控制器通过 CAN 线或 I/O 接口实时接收动力系统中各零部件控制器的状态信号;

[0065] 402)根据状态信号判断各零部件是否存在故障,并对故障进行分级,并对动力系统各零部件上报的故障和通过故障诊断所发现的潜在故障,进行动力系统层面的容错处理,以避免危险状况的发生,并保证整车的正常使用,并将故障等级信号上传给 DVD 对驾驶员进行提醒。

[0066] 所述的故障的类型包括燃料电池质子交换膜的湿度异常、动力蓄电池内阻异常、电机退磁和 DC/DC 电感异常。对质子交换膜的湿度异常,动力蓄电池内阻异常等故障的诊断运用的主要方法有系统辨识和基于数值的灵敏度分析相结合的间接诊断方法,对电机退磁,DC/DC 电感异常等故障的诊断主要运用基于模型和参数估计的直接故障诊断方法。

[0067] 所述的氢气和电安全控制子方法包括氢气安全控制和电安全控制,所述的氢气安全控制具体为:根据氢气罐的压力、温度、氢气浓度以及是否发生碰撞情况实现过压保护、高温保护、碰撞保护、低压报警以及泄露检测与控制。其具体过程为当氢气罐的压力超过压力上限时过压保护会控制氢气阀打开进行降压,当氢气罐的温度高于预设温度时高温保护也会控制氢气阀打开进行自动泄气,原车碰撞传感器信号与整车联动,当有碰撞情况发生,碰撞保护将自动切断氢源,且氢气和电安全控制模块具有低压报警功能,当系统压力低于一定值时,氢气和电安全控制模块会报警提示驾驶员加氢,系统配备有若干个氢气泄漏传感器时刻向氢气和电安全控制模块报告空气中的氢气浓度,当浓度超过一定值时氢气和电安全控制模块会向驾驶员发出警报。

[0068] 所述的电安全控制具体为:根据电源正、负极对地的绝缘电阻判断高压电路是否存在漏电,若是,则根据漏电大小做出不同级别的报警,严重时切断高压继电器。

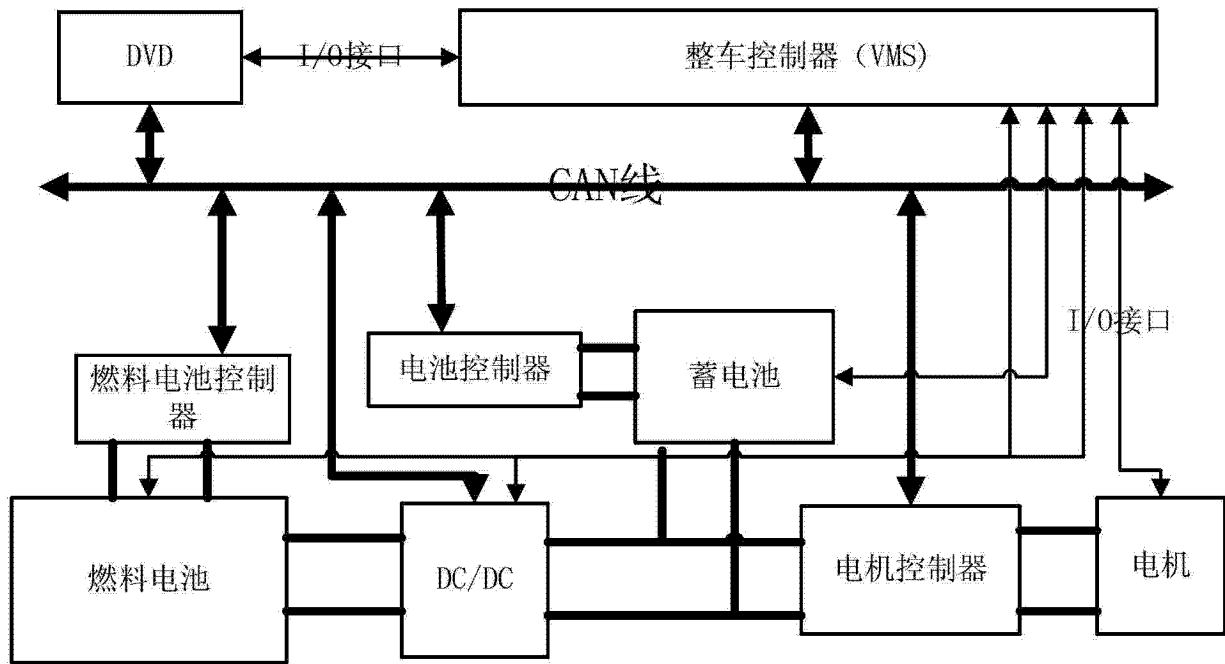


图 1

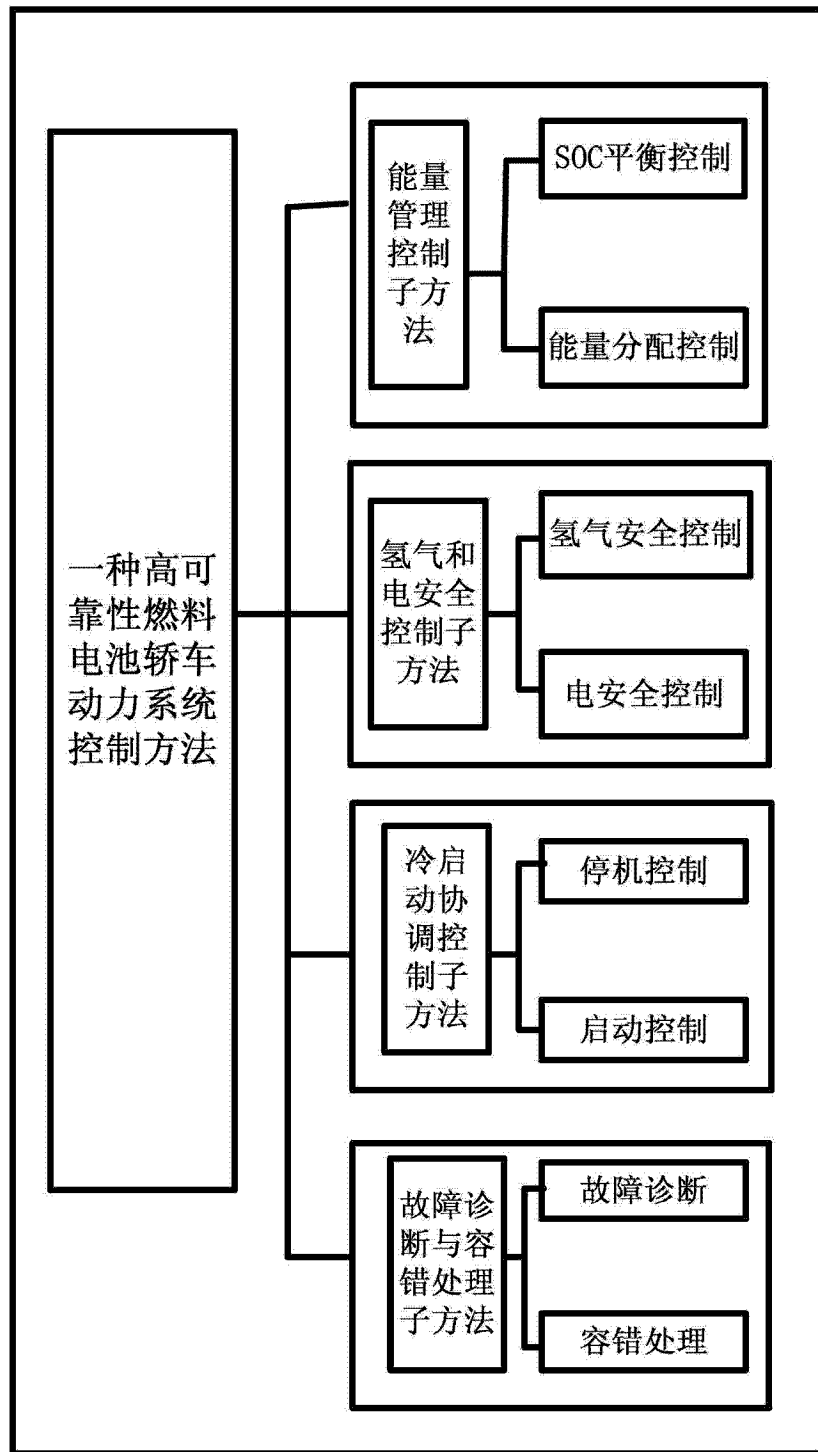


图 2

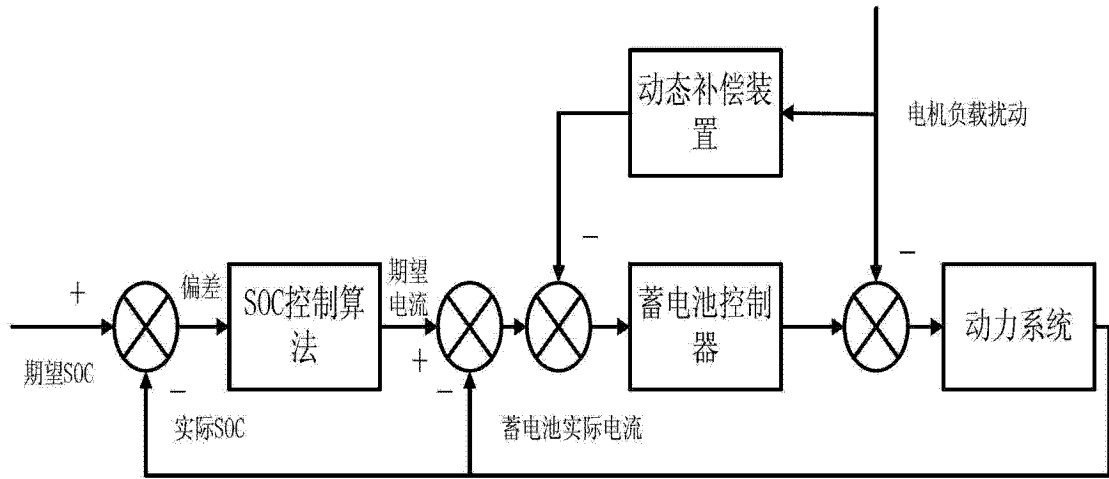


图 3

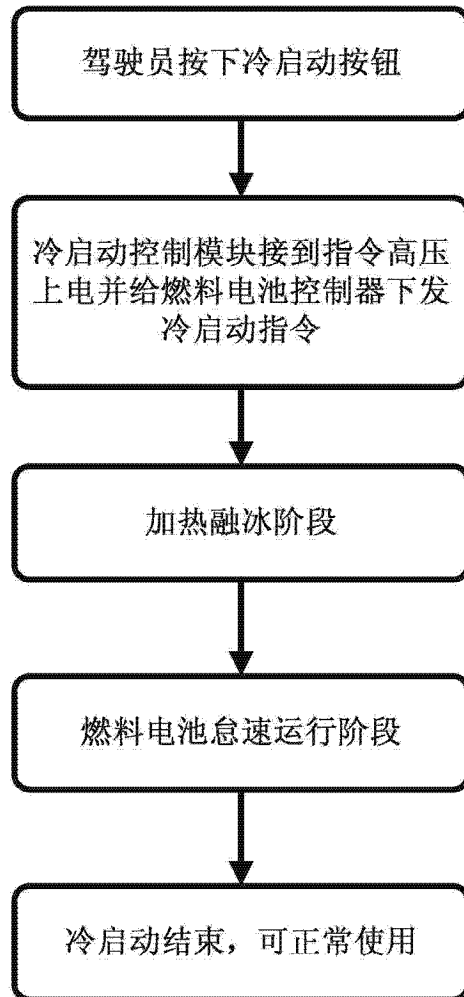


图 4

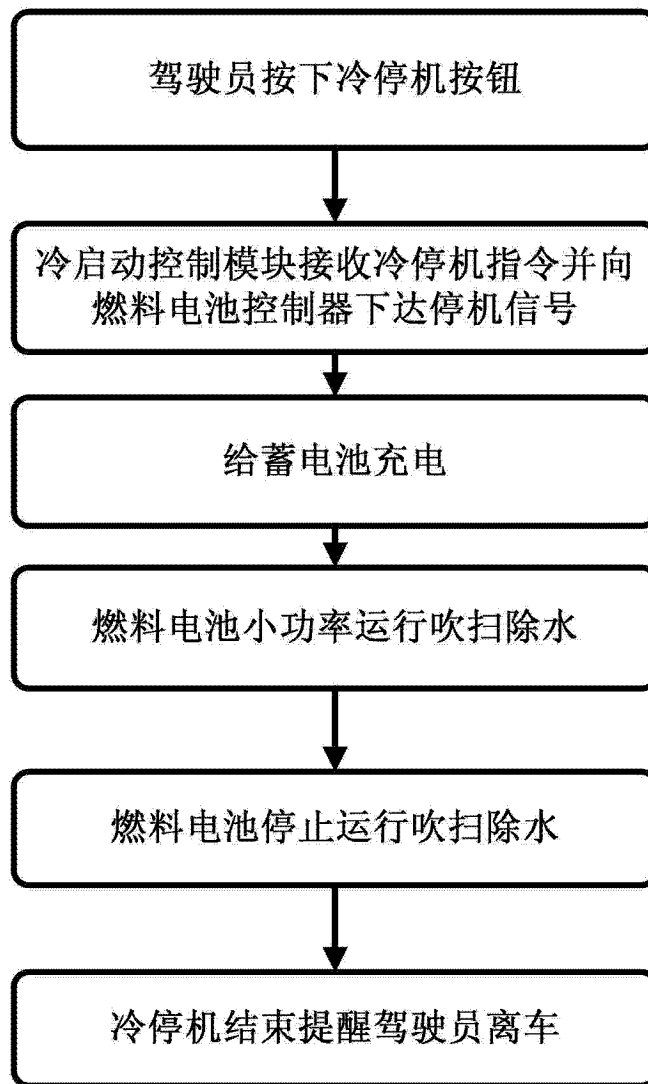


图 5

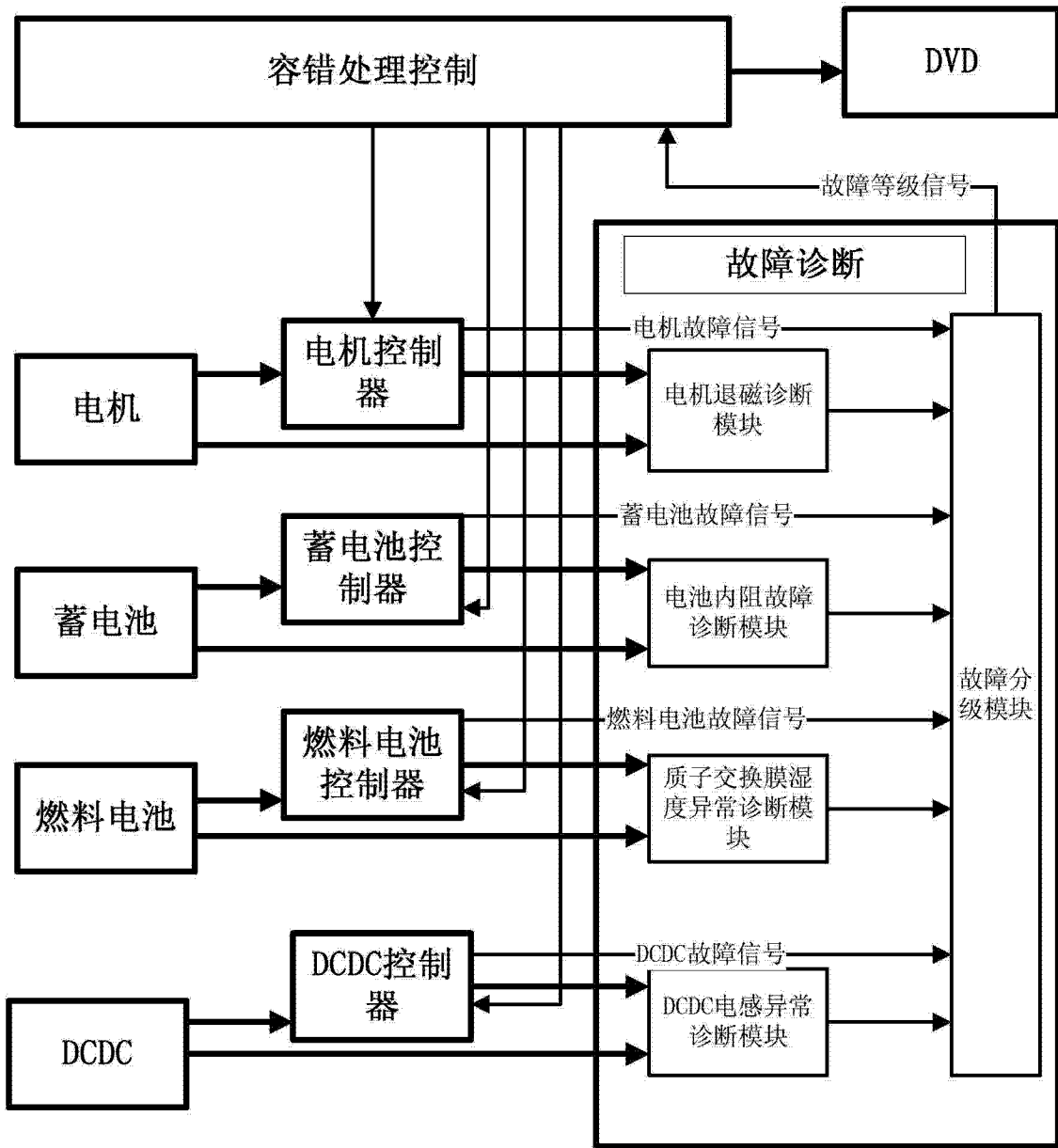


图 6