



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110406429 A

(43)申请公布日 2019. 11. 05

(21)申请号 201810381412.2

(22)申请日 2018.04.25

(71)申请人 天津银隆新能源有限公司
地址 301605 天津市静海区子牙循环经济
产业区重庆道26号
申请人 银隆新能源股份有限公司

(72)发明人 季孟波 马学明

(74)专利代理机构 深圳市合道英联专利事务所
(普通合伙) 44309
代理人 廉红果 侯峰

(51)Int.Cl.
B60L 58/30(2019.01)
B60L 58/33(2019.01)
H01M 8/04225(2016.01)
H01M 8/04302(2016.01)

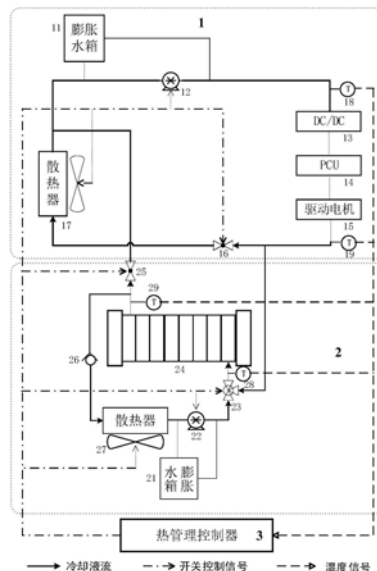
权利要求书2页 说明书9页 附图3页

(54)发明名称

增程式燃料电池汽车高效低温启动系统及控制方法

(57)摘要

本发明公开了一种增程式燃料电池汽车高效低温启动系统,其包括动力系统平台热管理单元、燃料电池本体热管理单元和热管理控制器;所述热管理控制器分别与动力系统平台热管理单元、燃料电池本体热管理单元连接,所述动力系统平台热管理单元和燃料电池本体热管理单元连接;还公开了一种控制方法。本发明通过直流-直流变换器DC/DC、动力控制单元PCU、驱动电机所产生的废热为需要低温启动的燃料电池电堆预热,不仅降低了动力系统平台关键部件的散热能耗,还规避了为燃料电池电堆升温所必需的辅助电加热能耗,从而有效提高了动力电池的电能利用率,延长了增程式燃料电池汽车的续航里程。



CN 110406429 A

1. 一种增程式燃料电池汽车高效低温启动系统,其特征在于,其包括动力系统平台热管理单元、燃料电池本体热管理单元和热管理控制器;所述热管理控制器分别与动力系统平台热管理单元、燃料电池本体热管理单元连接,所述动力系统平台热管理单元和燃料电池本体热管理单元连接;

所述动力系统平台热管理单元包括第一水泵、直流-直流变换器DC/DC、动力控制单元PCU、驱动电机、第一直通电磁阀、第一散热器、直流-直流变换器DC/DC入口前冷却液温度传感器、驱动电机出口后冷却液温度传感器;

所述第一散热器的输出端依次连接第一水泵、直流-直流变换器DC/DC、动力控制单元PCU、驱动电机、第一直通电磁阀,所述第一散热器的输入端接于第一直通电磁阀的输出端;所述第一水泵和直流-直流变换器DC/DC之间设置直流-直流变换器DC/DC入口前冷却液温度传感器,所述驱动电机和第一直通电磁阀之间设置驱动电机出口后冷却液温度传感器。

2. 根据权利要求1所述的增程式燃料电池汽车高效低温启动系统,其特征在于,所述燃料电池本体热管理单元包括第二水泵、三通电磁阀、燃料电池电堆、第二直通电磁阀、单向阀、第二散热器、第一温度传感器、第二温度传感器;所述燃料电池电堆的冷却液出口一路通过第二直通电磁阀接于第一散热器的输出端,另一路通过单向阀接入第二散热器的输入端;所述第二散热器的输出端通过第二水泵后接于三通电磁阀的一个进液口,所述三通电磁阀的另一个进液口接于第一直通电磁阀的输入端,所述三通电磁阀的出液口接于燃料电池电堆的冷却液进口;所述第一温度传感器设置在三通电磁阀和燃料电池电堆的冷却液进口之间,所述第二温度传感器设置在燃料电池电堆的冷却液出口和第二直通电磁阀之间。

3. 根据权利要求1或2所述的增程式燃料电池汽车高效低温启动系统,其特征在于,所述动力系统平台热管理单元还包括第一膨胀水箱,所述第一膨胀水箱通过管路连接在第一水泵的两端。

4. 根据权利要求3所述的增程式燃料电池汽车高效低温启动系统,其特征在于,所述燃料电池本体热管理单元还包括第二膨胀水箱,所述第二膨胀水箱通过管路连接在第二水泵的两端。

5. 根据权利要求4所述的增程式燃料电池汽车高效低温启动系统,其特征在于,所述第一水泵、第一直通电磁阀、第一散热器、第二水泵、三通电磁阀、第二直通电磁阀、第二散热器均通过线路与热管理控制器连接,所述直流-直流变换器DC/DC入口前冷却液温度传感器、驱动电机出口后冷却液温度传感器、第一温度传感器、第二温度传感器均通过线路与热管理控制器连接。

6. 一种采用如权利要求1-5任意一项所述的增程式燃料电池汽车高效低温启动系统的控制方法,其特征在于,该方法在冷启动模式下通过如下步骤实现:

步骤(101),所述热管理控制器检测通过燃料电池电堆的冷却液温度 T_F 值并比较 T_F 和第一阈值温度 T_1 的大小;

步骤(102),当所述热管理控制器检测到所述燃料电池电堆的冷却液温度 $T_F < T_1$ 时,所述热管理控制器通过CAN线向整车控制器发送信号;所述整车控制器开始计算燃料电池从 T_F 升温到 T_1 所需能量 Q_1 ,然后获取锂离子动力电池的荷电状态SOC值并计算以当前SOC的动力电池驱动汽车行驶至SOC降至预设下限时所述动力系统平台热管理单元所产生的热量 Q_2 ,并比较 Q_1 和 Q_2 之间的大小;如果计算得到的 $Q_1 > Q_2$,则需要外接充电设施为动力电池充

电;如果 $Q_1 < Q_2$,所述整车控制器则将该信息传输给所述热管理控制器;

步骤(103),所述整车控制器启动锂离子动力电池向直流高压线输送电能以纯电模式驱动燃料电池汽车行驶;所述热管理控制器获取到 $Q_1 < Q_2$ 后,启动所述燃料电池本体热管理单元2将冷却液传递至动力系统平台热管理单元获取热量,并且利用获取的热量对燃料电池电堆进行电堆加热;同时,所述热管理控制器关闭所述动力系统平台热管理单元的散热功能;

步骤(104),所述热管理控制器接收通过所述动力系统平台热管理单元的冷却液温度 T_D 值并比较 T_D 和第二阈值温度 T_2 的大小:如果 $T_D < T_2$,则使所述动力系统平台热管理单元的散热功能继续保持关闭状态;如果 $T_D > T_2$,则开启所述动力系统平台热管理单元的散热功能,通过PWM调制所述动力系统平台热管理单元进行控温。

7.根据权利要求6所述的增程式燃料电池汽车热管理耦合系统的控制方法,其特征在于,所述第一阈值温度 T_1 设定为 $-4^{\circ}\text{C} \sim 0^{\circ}\text{C}$ 之间;所述第二阈值温度 T_2 设定为 $60^{\circ}\text{C} \sim 70^{\circ}\text{C}$ 之间。

8.一种采用如权利要求1-5任意一项所述的增程式燃料电池汽车高效低温启动系统的控制方法,其特征在于,该方法在正常热管理启动模式下通过如下步骤实现:

步骤(201),所述热管理控制器检测通过燃料电池电堆的冷却液温度 T_F 值并比较 T_F 和第一阈值温度 T_1 的大小;

步骤(202),当所述热管理控制器检测到所述燃料电池电堆的冷却液温度 $T_F > T_1$ 时,通过CAN线向整车控制器发送信号,所述整车控制器启动燃料电池电堆向直流高压线输送电能以驱动增程式燃料电池汽车行驶并给锂离子动力电池充电;

步骤(203),所述热管理控制器启动或保持所述燃料电池本体热管理单元内的冷却液散热在其内部循环,且关闭所述燃料电池本体热管理单元的散热功能;

步骤(204),所述热管理控制器接收通过所述燃料电池的冷却液温度 T_F 值并比较 T_F 和第三阈值温度 T_3 的大小:如果 $T_1 < T_F < T_3$,则使所述燃料电池本体热管理单元的散热功能保持关闭状态;如果 $T_F > T_3$,则开启所述燃料电池本体热管理单元的散热功能,并通过PWM调制所述燃料电池本体热管理单元进行控温。

9.根据权利要求8所述的增程式燃料电池汽车热管理耦合系统的控制方法,其特征在于,所述第一阈值温度 T_1 设定为 $-4^{\circ}\text{C} \sim 0^{\circ}\text{C}$ 之间;所述第二阈值温度 T_2 设定为 $60^{\circ}\text{C} \sim 70^{\circ}\text{C}$ 之间;所述第三阈值温度 T_3 设定为 $70^{\circ}\text{C} \sim 80^{\circ}\text{C}$ 之间。

增程式燃料电池汽车高效低温启动系统及控制方法

技术领域

[0001] 本发明涉及燃料电池动力系统热管理技术领域,具体涉及一种增程式燃料电池汽车高效低温启动系统及控制方法。

背景技术

[0002] 当前汽车工业可持续发展面临着严峻的能源和环境的双重挑战,发展新能源汽车已是全球的共识;新能源汽车主流路线包括纯电动汽车和燃料电池汽车。其中,燃料电池汽车因具有零排放无污染、能量密度高、续航里程与传统汽车相当、加注燃料(压缩氢气)时间短等优点,被业内一致认为是汽车工业的终极目标。

[0003] 为了使燃料电池汽车正常运行和保持乘坐的舒适性,对整车进行有效热管理十分必要,而燃料电池动力系统的热管理则是其关键所在。燃料电池热管理系统主要包括燃料电池热管理(主要为燃料电池本体)和动力系统平台热管理(驱动电机、动力控制单元PCU、直流-直流变换器DC/DC)两部分。其中,燃料电池本体的热管理一方面燃料电池工作温度较低,绝大部分热量($\sim 95\%$)需要冷却液带走;另一方面在寒冷低温环境中还需要为燃料电池提供热量以辅助其低温启动。而燃料电池低温启动问题已经成为阻碍燃料电池商业化的关键技术瓶颈之一,是燃料电池汽车冬季运行的最大挑战。

[0004] 当燃料电池在不采取任何保护措施情况下在低于 0°C 的低温环境中启动时,其反应所产生的水首先会在催化层内部结冰,导致催化层反应活性位点被覆盖和氧气传输受阻,电压出现骤降;当催化层完全被冰覆盖而电堆温度还未升至 0°C 以上则会在扩散层和流道内结冰导致低温启动失败。另一方面,催化层的结冰过程会导致催化剂层和质子交换膜之间出现间隙,同时结冰/融化循环会引起催化层微孔结构的崩塌和致密化以及催化层中铂颗粒的粗化,致使电学活性表面积减小并难以恢复,从而对燃料电池发电性能造成永久性损害,而且循环次数越多低温启动时的温度越低对电池损害越大。

[0005] 目前燃料电池低温启动的解决策略分为两类:一类是在电堆停机时利用气体吹扫来降低燃料电池膜电极的含水量,从而减少固态冰的形成,但是在电堆温度未升至 0°C 以上时只要启动电堆产生水就会结冰,而且首先是在铂颗粒表面与Nafion树脂接触的部位产生冰,一旦温度升至室温铂与Nafion界面的冰融化就会造成界面的脱离,导致不可逆的电学活性面积的损失;另一类是通过外接电源电加热或氢气催化燃烧放热等方式对电堆及其内部极板和膜电极进行预热,该类方式不仅系统复杂而且还会产生较大能耗,缩短了燃料电池汽车的续航里程。

发明内容

[0006] 针对现有技术中的不足,本发明的目的在于提供一种增程式燃料电池汽车高效低温启动系统及控制方法。

[0007] 为达到上述目的,本发明的技术方案是这样实现的:

[0008] 本发明实施例提供一种增程式燃料电池汽车高效低温启动系统,其包括动力系统

平台热管理单元、燃料电池本体热管理单元和热管理控制器；所述热管理控制器分别与动力系统平台热管理单元、燃料电池本体热管理单元连接，所述动力系统平台热管理单元和燃料电池本体热管理单元连接；

[0009] 所述动力系统平台热管理单元包括第一水泵、直流-直流变换器DC/DC、动力控制单元PCU、驱动电机、第一直通电磁阀、第一散热器、直流-直流变换器DC/DC入口前冷却液温度传感器、驱动电机出口后冷却液温度传感器；

[0010] 所述第一散热器的输出端依次连接第一水泵、直流-直流变换器DC/DC、动力控制单元PCU、驱动电机、第一直通电磁阀，所述第一散热器的输入端接于第一直通电磁阀的输出端；所述第一水泵和直流-直流变换器DC/DC之间设置直流-直流变换器DC/DC入口前冷却液温度传感器，所述驱动电机和第一直通电磁阀之间设置驱动电机出口后冷却液温度传感器。

[0011] 上述方案中，所述燃料电池本体热管理单元包括第二水泵、三通电磁阀、燃料电池电堆、第二直通电磁阀、单向阀、第二散热器、第一温度传感器、第二温度传感器；所述燃料电池电堆的冷却液出口一路通过第二直通电磁阀接于第一散热器的输出端，另一路通过单向阀接入第二散热器的输入端；所述第二散热器的输出端通过第二水泵后接于三通电磁阀的一个进液口，所述三通电磁阀的另一个进液口接于第一直通电磁阀的输入端，所述三通电磁阀的出液口接于燃料电池电堆的冷却液进口；所述第一温度传感器设置在三通电磁阀和燃料电池电堆的冷却液进口之间，所述第二温度传感器设置在燃料电池电堆的冷却液出口和第二直通电磁阀之间。

[0012] 上述方案中，所述动力系统平台热管理单元还包括第一膨胀水箱，所述第一膨胀水箱通过管路连接在第一水泵的两端。

[0013] 上述方案中，所述燃料电池本体热管理单元还包括第二膨胀水箱，所述第二膨胀水箱通过管路连接在第二水泵的两端。

[0014] 上述方案中，所述第一水泵、第一直通电磁阀、第一散热器、第二水泵、三通电磁阀、第二直通电磁阀、第二散热器均通过线路与热管理控制器连接，所述直流-直流变换器DC/DC入口前冷却液温度传感器、驱动电机出口后冷却液温度传感器、第一温度传感器、第二温度传感器均通过线路与热管理控制器连接。

[0015] 本发明实施例还提供一种采用如上述方案中任意一项所述的增程式燃料电池汽车高效低温启动系统的控制方法，该方法在冷启动模式下通过如下步骤实现：

[0016] 步骤(101)，所述热管理控制器检测通过燃料电池电堆的冷却液温度 T_F 值并比较 T_F 和第一阈值温度 T_1 的大小；

[0017] 步骤(102)，当所述热管理控制器检测到所述燃料电池电堆的冷却液温度 $T_F < T_1$ 时，所述热管理控制器通过CAN线向整车控制器发送信号；所述整车控制器开始计算燃料电池从 T_F 升温到 T_1 所需能量 Q_1 ，然后获取锂离子动力电池的荷电状态SOC值并计算以当前SOC的动力电池驱动汽车行驶至SOC降至预设下限时所述动力系统平台热管理单元所产生的热量 Q_2 ，并比较 Q_1 和 Q_2 之间的大小；如果计算得到的 $Q_1 > Q_2$ ，则需要外接充电设施为动力电池充电；如果 $Q_1 < Q_2$ ，所述整车控制器则将该信息传输给所述热管理控制器；

[0018] 步骤(103)，所述整车控制器启动锂离子动力电池向直流高压线输送电能以纯电模式驱动燃料电池汽车行驶；所述热管理控制器获取到 $Q_1 < Q_2$ 后，启动所述燃料电池本体热

管理单元2将冷却液传递至动力系统平台热管理单元获取热量,并且利用获取的热量对燃料电池电堆进行电堆加热;同时,所述热管理控制器关闭所述动力系统平台热管理单元的散热功能;

[0019] 步骤(104),所述热管理控制器接收通过所述动力系统平台热管理单元的冷却液温度 T_D 值并比较 T_D 和第二阈值温度 T_2 的大小:如果 $T_D < T_2$,则使所述动力系统平台热管理单元的散热功能继续保持关闭状态;如果 $T_D > T_2$,则开启所述动力系统平台热管理单元的散热功能,通过PWM调制所述动力系统平台热管理单元进行控温。

[0020] 上述方案中,所述第一阈值温度 T_1 设定为 $-4^{\circ}\text{C} \sim 0^{\circ}\text{C}$ 之间;所述第二阈值温度 T_2 设定为 $60^{\circ}\text{C} \sim 70^{\circ}\text{C}$ 之间。

[0021] 本发明实施例还提供一种采用如上述方案中任意一项所述的增程式燃料电池汽车高效低温启动系统的控制方法,该方法在正常热管理启动模式下通过如下步骤实现:

[0022] 步骤(201),所述热管理控制器检测通过燃料电池电堆的冷却液温度 T_F 值并比较 T_F 和第一阈值温度 T_1 的大小;

[0023] 步骤(202),当所述热管理控制器检测到所述燃料电池电堆的冷却液温度 $T_F > T_1$ 时,通过CAN线向整车控制器发送信号,所述整车控制器启动燃料电池电堆向直流高压线输送电能以驱动增程式燃料电池汽车行驶并给锂离子动力电池充电;

[0024] 步骤(203),所述热管理控制器启动或保持所述燃料电池本体热管理单元内的冷却液散热在其内部循环,且关闭所述燃料电池本体热管理单元的散热功能;

[0025] 步骤(204),所述热管理控制器接收通过所述燃料电池的冷却液温度 T_F 值并比较 T_F 和第三阈值温度 T_3 的大小:如果 $T_1 < T_F < T_3$,则使所述燃料电池本体热管理单元的散热功能保持关闭状态;如果 $T_F > T_3$,则开启所述燃料电池本体热管理单元的散热功能,并通过PWM调制所述燃料电池本体热管理单元进行控温。

[0026] 上述方案中,所述第一阈值温度 T_1 设定为 $-4^{\circ}\text{C} \sim 0^{\circ}\text{C}$ 之间;所述第二阈值温度 T_2 设定为 $60^{\circ}\text{C} \sim 70^{\circ}\text{C}$ 之间;所述第三阈值温度 T_3 设定为 $70^{\circ}\text{C} \sim 80^{\circ}\text{C}$ 之间。

[0027] 与现有技术相比,本发明通过直流-直流变换器DC/DC、动力控制单元PCU、驱动电机所产生的废热为需要低温启动的燃料电池电堆预热,不仅降低了动力系统平台关键部件的散热能耗,还规避了为燃料电池电堆升温所必需的辅助电加热能耗,从而有效提高了动力电池的电能利用率,延长了增程式燃料电池汽车的续驶里程;而且,本发明的燃料电池低温启动控制策略使得燃料电池电堆只在电堆温度升至冰点以上时才会启动从而有效避免了在低温环境下启动燃料电池电堆对电堆核心部件(特别是膜电极)的不可逆损伤,进而保证了燃料电池的正常工作与健康状态(SOH),也因此提升了燃料电池的耐久性。

附图说明

[0028] 图1为本发明实施例提供一种增程式燃料电池汽车高效低温启动系统的结构示意图;

[0029] 图2为本发明实施例提供一种增程式燃料电池汽车高效低温启动系统中燃料电池动力系统的结构示意图;

[0030] 图3为本发明实施例提供一种增程式燃料电池汽车高效低温启动系统的控制方法的流程图。

具体实施方式

[0031] 下面参考附图进一步描述本发明的实施方式,本发明的优点和特点将会随着描述而更为清楚。但实施方式仅是范例性的,并不对本发明的范围构成任何限制。本领域技术人员应该理解的是,在不偏离本发明的精神和范围下可以对本发明技术方案的细节和形式进行修改或替换,但这些修改和替换均落入本发明的保护范围内。

[0032] 另外,为了更好的说明本发明,在下文的具体实施方式中给出了众多的具体细节。本领域技术人员将理解,没有这些具体细节,本发明同样可以实施。在另外一些实施例中,对于大家熟知的方法、流程、元件和电路未作详细描述,以便于凸显本发明的主旨。

[0033] 本发明实施例提供一种增程式燃料电池汽车高效低温启动系统,如图1所示,其包括动力系统平台热管理单元1、燃料电池本体热管理单元2和热管理控制器3;所述热管理控制器3分别与动力系统平台热管理单元1、燃料电池本体热管理单元2连接,所述动力系统平台热管理单元1和燃料电池本体热管理单元2连接;

[0034] 动力系统平台热管理单元1,用于控制直流-直流变换器DC/DC13、动力控制单元PCU14和驱动电机15的工作温度并经由旁路将上述三大器件工作时产生的热量传递给燃料电池电堆24进行低温启动前的预热;

[0035] 燃料电池本体热管理单元2,用于控制燃料电池电堆24的工作温度并接受动力系统平台热管理单元1传递过来的热量进行低温启动前的电堆预热;

[0036] 热管理控制器3,用于接收动力系统平台热管理单元1和燃料电池本体热管理单元2中冷却液的温度信号并向上述两大热管理系统中的水泵、散热器、电磁阀门发送开关指令以及通过PWM控制机制调控水泵电机和散热器风扇电机的转速;此外还通过CAN线与整车控制器进行信息传输和交换。

[0037] 具体地,所述动力系统平台热管理单元1包括第一水泵12、直流-直流变换器DC/DC13、动力控制单元PCU14、驱动电机15、第一直通电磁阀门16、第一散热器17、直流-直流变换器DC/DC入口前冷却液温度传感器18、驱动电机出口后冷却液温度传感器19;

[0038] 在动力系统平台热管理单元1中,所述第一水泵12的出液口与所述直流-直流变换器DC/DC13的冷却管路的进液口通过管道连接,所述直流-直流变换器DC/DC13的冷却管路的出液口与所述动力控制单元PCU14的冷却管路的进液口连接,所述动力控制单元PCU14的冷却管路的出液口与所述驱动电机15的冷却管路的进液口连接,所述驱动电机15的冷却液出口与所述第一直通电磁阀门16的进液口通过管道连接,所述第一直通电磁阀门16的出液口与所述第一散热器17的进液口通过管道连接,所述第一散热器17的出液口通过管道连接至所述第一水泵12的进液口,从而形成动力系统平台热管理单元1的冷却液循环回路。

[0039] 所述第一散热器17的输出端依次连接第一水泵12、直流-直流变换器DC/DC13、动力控制单元PCU14、驱动电机15、第一直通电磁阀门16,所述第一散热器17的输入端接于第一直通电磁阀门16的输出端;所述第一水泵12和直流-直流变换器DC/DC13之间设置直流-直流变换器DC/DC入口前冷却液温度传感器18,所述驱动电机15和第一直通电磁阀门16之间设置驱动电机出口后冷却液温度传感器19。

[0040] 所述直流-直流变换器DC/DC入口前冷却液温度传感器18、驱动电机出口后冷却液温度传感器19用于监测冷却液温度。

[0041] 所述燃料电池本体热管理单元2包括第二水泵22、三通电磁阀23、燃料电池电堆24、第二直通电磁阀25、单向阀26、第二散热器27、第一温度传感器28、第二温度传感器29；所述燃料电池电堆24的冷却液出口一路通过第二直通电磁阀25接于第一散热器17的输出端，另一路通过单向阀26接入第二散热器27的输入端；所述第二散热器27的输出端通过第二水泵22后接于三通电磁阀23的一个进液口，三通电磁阀23的另一个进液口接于第一直通电磁阀16的输入端，三通电磁阀23的出液口接于燃料电池电堆24的冷却液进口；所述第一温度传感器28设置在三通电磁阀23和燃料电池电堆24的冷却液进口之间，所述第二温度传感器29设置在燃料电池电堆24的冷却液出口和第二直通电磁阀25之间。

[0042] 在燃料电池本体热管理单元2中，所述第二水泵22的出液口通过管道连接所述三通电磁阀23的第一进液口，所述三通电磁阀23的出液口与所述燃料电池电堆24的冷却液进口通过管道连接，所述燃料电池电堆24的出液口分别与所述第二直通电磁阀25和单向阀26的进液口通过管道连接，所述单向阀26的出液口通过管道连接至所述散热器27的进液口，所述散热器27的出液口通过管道连接至所述水泵22的进液口，从而形成燃料电池本体热管理单元2的冷却液循环回路。

[0043] 所述第一温度传感器28、第二温度传感器29用于监测进出燃料电池电堆冷却液温度。

[0044] 另外，所述燃料电池本体热管理单元2还从所述动力系统平台热管理单元1的驱动电机15与第一直通电磁阀16之间的管路引出管道连接至所述燃料电池本体热管理单元2的三通电磁阀23的第二进液口，以及从所述燃料电池本体热管理单元2的第二直通电磁阀25出液口引出管道连接至所述动力系统平台热管理单元1的第一水泵12的进液口。

[0045] 所述动力系统平台热管理单元1还包括第一膨胀水箱11，所述第一膨胀水箱11通过管路连接在第一水泵12的两端。

[0046] 所述燃料电池本体热管理单元2还包括第二膨胀水箱21，所述第二膨胀水箱21通过管路连接在第二水泵22的两端。

[0047] 所述第一膨胀水箱11、第二膨胀水箱21均用于定压补液。

[0048] 所述第一水泵12、第一直通电磁阀16、第一散热器17、第二水泵22、三通电磁阀23、第二直通电磁阀25、第二散热器27均通过线路与热管理控制器3连接，所述直流-直流变换器DC/DC入口前冷却液温度传感器18、驱动电机出口后冷却液温度传感器19、第一温度传感器28、第二温度传感器29均通过线路与热管理控制器3连接。

[0049] 所述动力系统平台热管理单元1和燃料电池本体热管理单元2中的第一水泵12、第二水泵22和第一散热器17、第二散热器27的风扇均采用PWM控制机制的电动水泵和电动风扇。

[0050] 所述热管理控制器3通过低压信号线分别与所述动力系统平台热管理单元1和燃料电池本体热管理单元2中的直流-直流变换器DC/DC入口前冷却液温度传感器18、驱动电机出口后冷却液温度传感器19和第一温度传感器28、第二温度传感器29连接，接收直流-直流变换器DC/DC入口前冷却液温度传感器18、驱动电机出口后冷却液温度传感器19、第一温度传感器28、第二温度传感器29的温度信号；通过低压开关控制线分别与所述动力系统平台热管理单元1的第一直通电磁阀16和燃料电池本体热管理单元2中的第二直通电磁阀25及三通电磁阀23连接，向直通电磁阀16、25发送开关指令和向三通电磁阀23发送开通方向

的指令;通过低压开关控制线分别与所述动力系统平台热管理单元1和燃料电池本体热管理单元2中的第一水泵12、第二水泵22和第一散热器17、第二散热器27连接,向其发送开关指令并通过PWM控制机制向第一水泵12、第二水泵22和第一散热器17、第二散热器27的风扇发送脉宽调制信号以调控水泵电机和散热器风扇电机的转速;还通过CAN线与整车控制器连接进行信息传输和交换。

[0051] 所述热管理控制器3工作在低温启动模式和正常热管理模式:

[0052] 在低温启动模式下,所述热管理控制器3关闭所述动力系统平台热管理单元1的第一直通电磁阀16,开启所述燃料电池本体热管理单元2中的三通电磁阀23的第二阀门及第二直通电磁阀25,启动动力系统平台热管理单元1的第一水泵12。如此,整个低温启动系统的冷却液路运行轨迹为:第一水泵12→直流-直流变换器DC/DC入口前冷却液温度传感器18→直流-直流变换器DC/DC13→动力控制单元PCU14→驱动电机15→驱动电机出口后冷却液温度传感器19→三通电磁阀23→燃料电池电堆入口前冷却液温度传感器28→燃料电池电堆24→燃料电池电堆出口后冷却液温度传感器29→第二直通电磁阀25→第一水泵12,从而构成整个低温启动系统的完整能量传递回路,将增程式燃料电池汽车在锂离子动力电池纯电驱动行驶过程中动力系统平台所产生的高温能量高效的传递给需要低温启动的燃料电池电堆24,使其快速升温实现低温环境下的正常启动。

[0053] 在正常热管理模式下,所述热管理控制器3分别开启所述动力系统平台热管理单元1的第一直通电磁阀16和燃料电池本体热管理单元2中的三通电磁阀23的第一阀门,关闭所述燃料电池本体热管理单元2中的第二直通电磁阀25,启动所述动力系统平台热管理单元1和燃料电池本体热管理单元2中的第一水泵12、第二水泵22和第一散热器17、第二散热器27。如此,动力系统平台热管理单元1中的冷却液路运行轨迹为:第一水泵12→直流-直流变换器DC/DC入口前冷却液温度传感器18→直流-直流变换器DC/DC13→动力控制单元PCU14→驱动电机15→驱动电机出口后冷却液温度传感器19→第一直通电磁阀16→第一散热器17→第一水泵12,从而构成动力系统平台热管理单元1的完整能量传递回路;燃料电池本体热管理单元2的冷却液路运行轨迹为:第二水泵22→三通电磁阀23→燃料电池电堆入口前冷却液温度传感器28→燃料电池电堆24→燃料电池电堆出口后冷却液温度传感器29→单向阀26→第二散热器27→第二水泵22,从而构成燃料电池本体热管理单元2的完整能量传递回路。上述两个能量传递回路互相独立,所述热管理控制器3通过PWM控制机制分别向动力系统平台热管理单元1和燃料电池本体热管理单元2中的第一水泵12、第二水泵22和第一散热器17、第二散热器27的风扇发送脉宽调制信号来调控水泵电机和散热器风扇电机的转速以控制动力系统平台和燃料电池电堆24的温度。

[0054] 在一个实施例中,热管理控制器3采用直流-直流变换器DC/DC入口前冷却液温度传感器18、第一温度传感器28或者驱动电机出口后冷却液温度传感器19、第二温度传感器29的冷却液温度作为参考温度进行后续比较和处理。在另一个实施例中,热管理控制器3采用直流-直流变换器DC/DC入口前冷却液温度传感器18、第一温度传感器28和驱动电机出口后温度传感器19、第二温度传感器29的冷却液温度作为参考温度进行后续比较和处理。例如,将直流-直流变换器DC/DC入口前冷却液温度传感器18和驱动电机出口后冷却液温度传感器19的冷却液温度的平均值以及第一温度传感器28和第二温度传感器29的冷却液温度的平均值作为后续比较和处理的参数。以下将上述实施例中的直流-直流变换器DC/DC入口

前冷却液温度传感器18或/和驱动电机出口后冷却液温度传感器19的冷却液参考温度统称为“动力系统平台冷却液温度 T_D ”，将上述实施例中的第一温度传感器28或/和第二温度传感器29的冷却液参考温度统称为“燃料电池电堆冷却液温度 T_F ”。

[0055] 在一个实施例中，热管理控制器3读取第一阈值温度 T_1 、第二阈值温度 T_2 和第三阈值温度 T_3 ，其中，第一阈值温度 T_1 小于第二阈值温度 T_2 ，第二阈值温度 T_2 小于第三阈值温度 T_3 ，即 $T_1 < T_2 < T_3$ 。其中，第一阈值温度 T_1 设定为 $-4^{\circ}\text{C} \sim 0^{\circ}\text{C}$ 区间中的一个温度；第二阈值温度 T_2 设定为 $60^{\circ}\text{C} \sim 70^{\circ}\text{C}$ 区间中的一个温度，即动力系统平台正常工作的最佳温度；第三阈值温度 T_3 设定为 $70^{\circ}\text{C} \sim 80^{\circ}\text{C}$ 区间中的一个温度，即燃料电池电堆24正常工作的最佳温度。

[0056] 热管理控制器3比较所述燃料电池电堆冷却液温度 T_F 和第一阈值温度 T_1 。当 $T_F < T_1$ 时，热管理控制器3进入低温启动模式；当 $T_F > T_1$ 时，热管理控制器3进入正常热管理模式。

[0057] 热管理控制器3比较所述动力系统平台冷却液温度 T_D 和第二阈值温度 T_2 。当 $T_D < T_2$ 时，热管理控制器3仅通过PWM控制机制向动力系统平台热管理单元1中的第一水泵12发送脉宽调制信号来调控水泵电机的转速以控制动力系统平台的温度；当 $T_D > T_2$ 时，热管理控制器3开启动动力系统平台热管理单元1的第一直通电磁阀16，通过PWM控制机制分别向动力系统平台热管理单元1中的第一水泵12和第一散热器17发送脉宽调制信号来调控第一水泵12和第一散热器17风扇的电机转速以控制动力系统平台的温度，从而保持动力系统平台1的工作温度稳定在第二阈值温度 T_2 。

[0058] 在一个实施例中，在正常热管理模式下，热管理控制器3比较所述燃料电池电堆冷却液温度 T_F 和第三阈值温度 T_3 。当 $T_1 < T_F < T_3$ 时，热管理控制器3关闭燃料电池本体热管理单元2的第二散热器27的风扇，仅通过PWM控制机制向燃料电池本体热管理单元2中的第二水泵22发送脉宽调制信号来调控水泵电机的转速以控制燃料电池电堆24的温度；当 $T_F > T_3$ 时，热管理控制器3开启燃料电池本体热管理单元2的第二散热器27的风扇，通过PWM控制机制分别向燃料电池本体热管理单元2中的第二水泵22和第二散热器27发送脉宽调制信号来调控第二水泵22和第二散热器27的风扇的电机转速以控制燃料电池电堆24的温度，从而保持燃料电池电堆24的工作温度稳定在第三阈值温度 T_3 。

[0059] 本发明通过高效利用增程式燃料电池汽车在纯电驱动行驶工况下动力系统平台中直流-直流变换器DC/DC13、动力控制单元PCU14、驱动电机15所产生的废热为需要低温启动的燃料电池电堆预热，不仅降低了动力系统平台关键部件的散热能耗，还规避了为燃料电池电堆升温所必需的辅助电加热能耗，从而有效提高了动力电池的电能利用率，延长了增程式燃料电池汽车的续航里程。而且，本发明的燃料电池低温启动控制策略使得燃料电池电堆只在电堆温度升至冰点以上时才会启动从而有效避免了在低温环境下启动燃料电池电堆对电堆核心部件（特别是膜电极）的不可逆损伤，进而保证了燃料电池的正常工作与健康状态（SOH），也因此提升了燃料电池的耐久性。

[0060] 本发明实施例还提供一种采用上述增程式燃料电池汽车高效低温启动系统的控制方法，如图2、3所示，该方法通过以下步骤实现：

[0061] 在步骤300中，所述热管理控制器3检测通过所述燃料电池电堆24的冷却液温度 T_F 值；检测所述燃料电池电堆4入口前的第一温度传感器28和燃料电池电堆出口后的第二温度传感器29的冷却液温度数值，并由此确定通过所述燃料电池电堆24的冷却液温度 T_F 值。然后，比较所述燃料电池电堆冷却液温度 T_F 和第一阈值温度 T_1 的大小并进入步骤310。

[0062] 在步骤310中,当所述热管理控制器3检测到所述燃料电池电堆24的冷却液温度 $T_F < T_1$ 时,则进入步骤311。

[0063] 在步骤311中,如图2所示,所述热管理控制器3通过CAN线向整车控制器发送 $T_F < T_1$ 的信号,整车控制器开始计算燃料电池从 T_F 升温到 T_1 所需能量 Q_1 ,然后获取锂离子动力电池的荷电状态SOC值并计算以当前SOC的动力电池驱动汽车行驶至SOC降至预设下限时所述动力系统平台1(即直流-直流变换器DC/DC13、动力控制单元PCU14和驱动电机15)所产生的热量 Q_2 ,并比较 Q_1 和 Q_2 之间的大小,然后进入步骤312。

[0064] 具体地,所述预设下限可以为SOC降至10%。

[0065] 所述锂离子动力电池采用低温性能优异的钛酸锂电池(如图2所示)、全固态锂离子电池、锰酸锂电池、三元锂离子电池中的一种或多种。

[0066] 在步骤312中,当所述整车控制器计算得到的 $Q_1 > Q_2$ 时,则进入步骤313,即钛酸锂动力电池需要外接充电设施为其充电;当所述整车控制器计算得到的 $Q_1 < Q_2$ 时,整车控制器则将该信息反馈至所述热管理控制器3随即进入步骤314。

[0067] 在步骤314中,所述整车控制器启动钛酸锂动力电池向直流高压线输送电能以纯电模式驱动燃料电池汽车行驶;所述热管理控制器3获取到 $Q_1 < Q_2$ 后,启动所述燃料电池本体热管理单元2的三通电磁阀23的第二阀门及第二直通电磁阀25,使所述燃料电池电堆24接收通过所述动力系统平台热管理单元1的旁路所传递过来的高温冷却液并在所述动力系统平台热管理单元1的第一水泵12的驱动下进入燃料电池电堆24为电堆加热;然后返回步骤310实时监测 T_F 与 T_1 的大小变化。

[0068] 与步骤314同步进行的是步骤315,即所述热管理控制器3启动所述动力系统平台热管理单元1的第一水泵12并关闭第一直通电磁阀16,使所述动力系统平台热管理单元1的冷却液不经过所述第一散热器17而流经燃料电池电堆24后直接进入所述动力系统平台热管理单元1的第一水泵12进行循环,从而通过高效利用增程式燃料电池汽车在纯电驱动运行过程中动力系统平台所产生的废热为燃料电池电堆加热。接着进入步骤316。

[0069] 在步骤316中,所述热管理控制器3检测通过所述动力系统平台1的冷却液温度 T_D 值;检测所述直流-直流变换器DC/DC入口前冷却液温度传感器18和驱动电机出口后冷却液温度传感器19的冷却液温度数值,并由此确定通过所述动力系统平台的冷却液温度 T_D 值。然后,比较所述动力系统平台1的冷却液温度 T_D 和第二阈值温度 T_2 的大小。接着进入步骤317。

[0070] 在步骤317中,当所述热管理控制器3检测到所述动力系统平台1的冷却液温度 $T_D > T_2$ 时,则进入步骤318。在步骤318中,所述热管理控制器3开启所述动力系统平台热管理单元1的第一直通电磁阀16,通过PWM控制机制分别向动力系统平台热管理单元1中的第一水泵12和第一散热器17发送脉宽调制信号来调控第一水泵12和第一散热器17风扇的电机转速以控制动力系统平台的温度,从而保持动力系统平台的工作温度稳定在第二阈值温度 T_2 ,以保证动力系统平台在最佳工作温度中工作。

[0071] 在步骤317中,当所述热管理控制器3检测到所述动力系统平台的冷却液温度 $T_D < T_2$ 时,则返回至步骤315,即在冷启动模式下($T_F < T_1$)使所述动力系统平台热管理单元1的第一直通电磁阀16继续保持关闭状态,仅通过PWM控制机制向动力系统平台热管理单元1中的第一水泵12发送脉宽调制信号来调控水泵电机的转速以控制动力系统平台的温度。

[0072] 在步骤310中,当所述热管理控制器3检测到所述燃料电池电堆24的冷却液温度 $T_F > T_1$ 时,则进入步骤320。

[0073] 在步骤320中,如图2所示,所述热管理控制器3通过CAN线将 $T_F > T_1$ 的信号发送至整车控制器,整车控制器启动燃料电池电堆24向直流高压线输送电能以驱动增程式燃料电池汽车行驶并给钛酸锂动力电池充电。然后进入步骤321。

[0074] 在步骤321中,所述热管理控制器3启动(冷启动模式时,即从步骤314返回至步骤310时)或保持(正常热管理模式时)所述燃料电池本体热管理单元2的水泵22运行并开启所述燃料电池本体热管理单元2的三通电磁阀23的第一阀门,同时关闭所述燃料电池本体热管理单元2的第二直通电磁阀25,使所述燃料电池电堆24的冷却液经由所述燃料电池本体热管理单元2的第二散热器27进入燃料电池电堆24。同时进入步骤322,即所述热管理控制器3关闭所述燃料电池本体热管理单元2的第二散热器27风扇。然后进入步骤323。

[0075] 在步骤323中,所述热管理控制器3检测通过所述燃料电池电堆24的冷却液温度 T_F 值并比较 T_F 和第三阈值温度 T_3 的大小。接着进入步骤324。

[0076] 在步骤324中,当所述热管理控制器3检测到所述燃料电池电堆24的冷却液温度 $T_F > T_3$ 时,则进入步骤325。在步骤325中,所述热管理控制器3开启所述燃料电池本体热管理单元2的第二散热器27风扇,并通过PWM控制机制分别向燃料电池本体热管理单元2中的第二水泵22和第二散热器27发送脉宽调制信号来调控第二水泵22和第二散热器27风扇的电机转速以控制燃料电池电堆24的温度,从而保持燃料电池电堆的工作温度稳定在第三阈值温度 T_3 ,以保证燃料电池电堆在最佳工作温度中工作。

[0077] 在步骤324中,当所述热管理控制器3检测到所述燃料电池电堆24的冷却液温度 $T_1 < T_F < T_3$ 时,则返回至步骤322,即使所述燃料电池本体热管理单元2的第二散热器27风扇继续保持关闭状态,仅通过PWM控制机制向燃料电池本体热管理单元2中的第二水泵22发送脉宽调制信号来调控水泵电机的转速以控制燃料电池电堆24的温度。

[0078] 本发明的实施例内容揭露如上,然而本实施例并非用以限定本发明实施的范围,依据本发明的权利要求书及说明内容所作的简单的等效变化与修饰,仍属于本发明技术方案的范围。

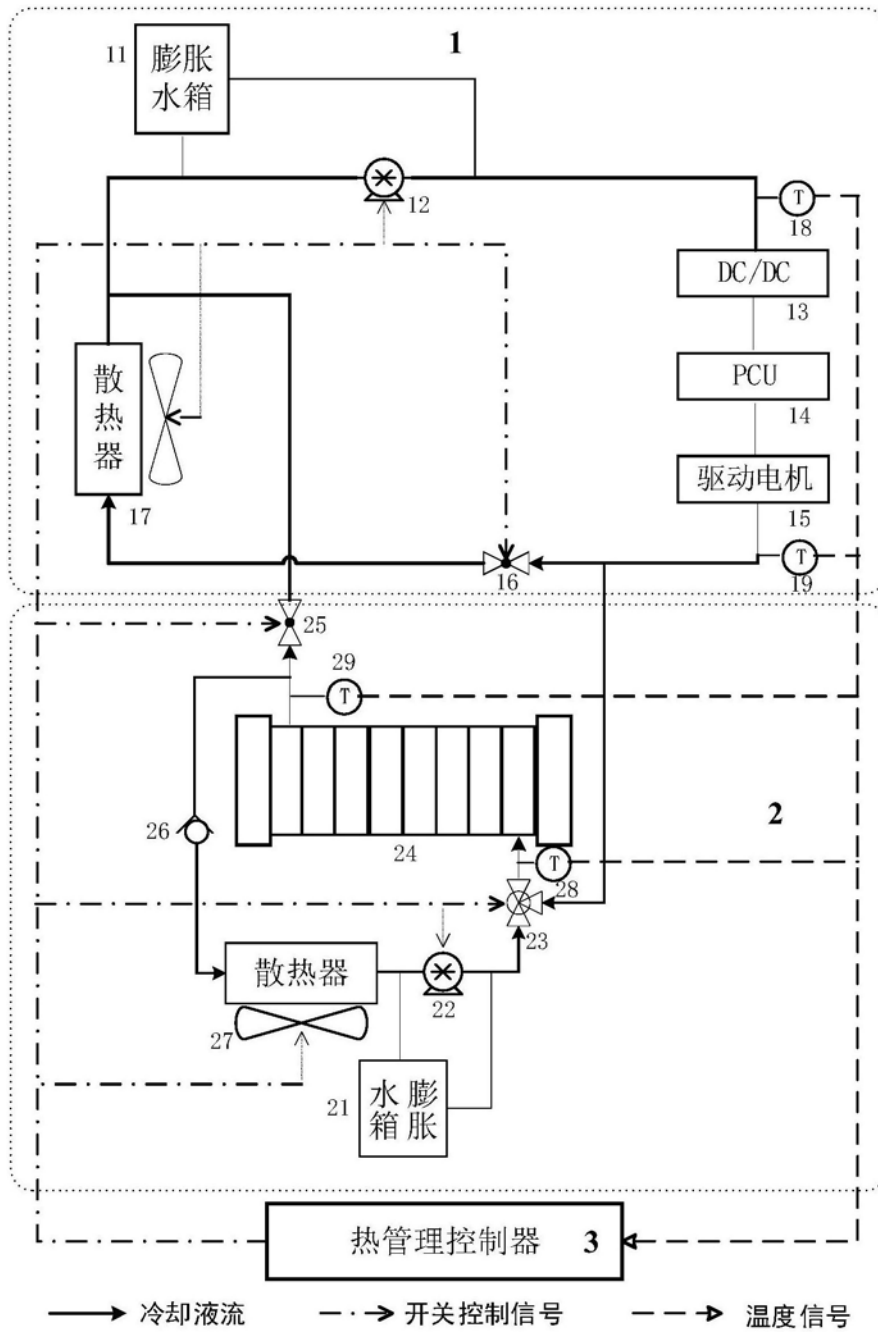


图1

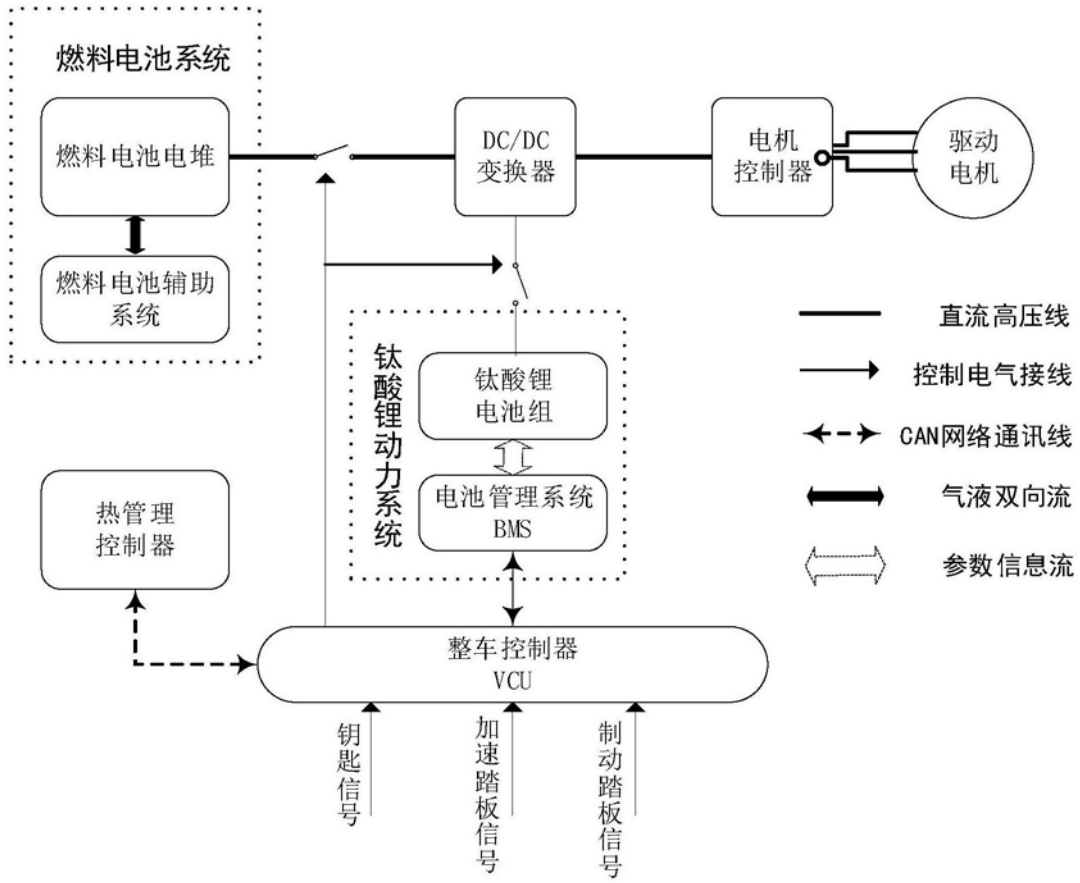


图2

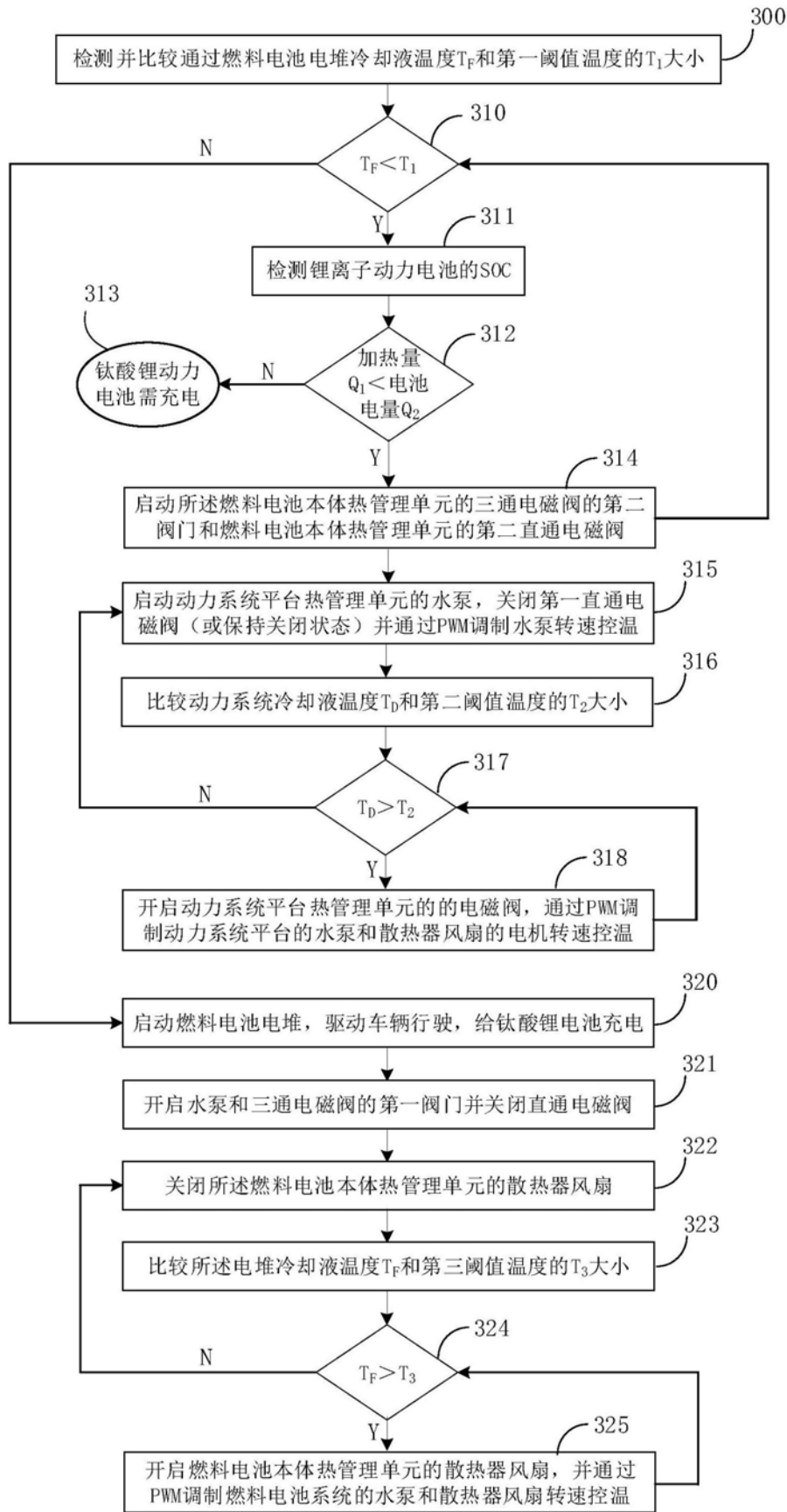


图3