



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 109244505 A

(43)申请公布日 2019.01.18

(21)申请号 201811114719.2

(22)申请日 2018.09.25

(71)申请人 吉林大学

地址 130012 吉林省长春市前进大街2699号

(72)发明人 宋大风 王恺 曾小华 纪人桓 雷宗坤 李广含 王越 牛超凡 崔臣 孙可华

(74)专利代理机构 长春市恒誉专利代理事务所 (普通合伙) 22212

代理人 李荣武

(51)Int.Cl.

H01M 8/04007(2016.01)

H01M 8/04029(2016.01)

H01M 8/04044(2016.01)

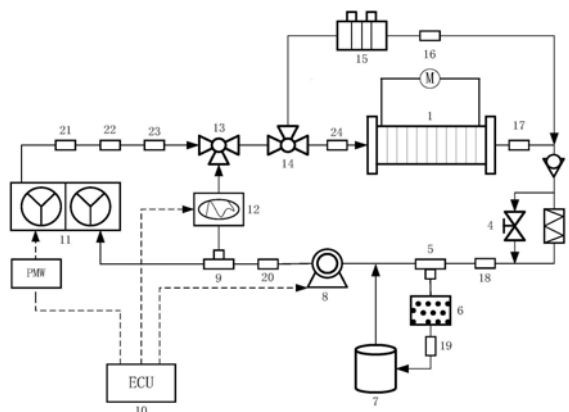
权利要求书2页 说明书6页 附图2页

(54)发明名称

一种车用燃料电池热管理系统及其控制方法

(57)摘要

本发明公开了一种车用燃料电池热管理系统及其控制方法,控制系统通过传感器进行数据采集,通过节温器与三通装置将冷却回路分成大小两个循环,采用节温器对不同支路冷却水流量进行控制,使燃料电池与蓄电池同时工作在最佳温度区间,提升燃料电池系统的可靠性,所提出的加热装置保证了燃料电池与蓄电池在低温下正常启动,所提出的离子交换器使冷却水中导电率维持在合理范围。根据所提出的燃料电池热管理系统进一步提出其控制方法,该方法结合热管理系统的特点采用温度跟随的策略,使蓄电池与燃料电池能快速达到最佳工作温度。



1. 一种车用燃料电池热管理系统,其特征在于:该系统包括小循环加热系统和大循环冷却系统、去离子水循环系统、燃料电池堆(1)、蓄电池冷却回路和控制系统;

所述的小循环加热系统包括燃料电池堆(1)、电堆出口温度传感器(17)、单向阀(2)、换热器(3)、旁通阀(4)、离子浓度传感器(18)、三通装置(5)、冷却水循环泵(8)、压力传感器(20)、三通装置(9)、加热装置(12)、电子节温器(13)、电子节温器(14)、电堆入口温度传感器(24);

所述的大循环冷却系统包括燃料电池堆(1)、电堆出口温度传感器(17)、单向阀(2)、换热器(3)、旁通阀(4)、离子浓度传感器(18)、三通装置(5)、冷却水循环泵(8)、压力传感器(20)、三通装置(9)、散热器(11)、压力传感器(21)、流量计(22)、温度传感器(23)、电子节温器(13)、电子节温器(14)、电堆入口温度传感器(24);

所述的去离子水循环系统包括三通装置(5)、离子交换器(6)、流量计(19)、补水箱(7);

所述的蓄电池冷却回路包括电子节温器(14)、蓄电池(15)、温度传感器(16);

所述的控制系统分别与温度传感器(16)、电堆出口温度传感器(17)、离子浓度传感器(18)、流量计(19)、压力传感器(20)、压力传感器(21)、流量计(22)、温度传感器(23)、电堆入口温度传感器(24)相连以检测信号;所述的控制系统分别与旁通阀(4)、三通装置(5)、冷却水循环泵(8)、三通装置(9)、散热器(11)、加热装置(12)、电子节温器(13)、电子节温器(14)相连实现不同模式的切换;

所述的燃料电池堆(1)可以根据负载需求,给负载提供电能,并且产生热量,所述的单向阀(2)作用是控制冷却水流动方向,保证冷却水不会回流,所述的换热器(3)可以利用冷却水带来的废热为车厢加热,所述的旁通阀可以控制冷却水是否通过换热器(3)所在支路,所述的三通装置(5)分别与小循环回路和去离子水循环回路连接,通过控制三个接口的开关调节冷却水流动的方向,所述的冷却水循环泵(8)用来控制冷却水流量,所述的三通装置(9)分别与大循环冷却回路与小循环加热回路相连,用来切换不同的模式,所述的加热装置(12)可以对小循环回路中的冷却水加热,所述的电子节温器(13)与大小循环回路相连,通过控制器给出的信号控制不同回路中冷却水流量,所述的节温器(14)与小循环回路与蓄电池冷却回路相连,通过控制器控制两个回路中冷却水流量;

所述的温度传感器(16)、(17)、(23)、(24)可以测量各循环回路中冷却水温度,所述的离子浓度传感器(18)可以检测冷却水中离子浓度,所述的流量计(19)、(22)可以测量冷却水的流量,所述的压力传感器(20)、(21)可以测量冷却水的压力,所述的补水箱(6)可以存储冷却水,缓冲进入散热器的冷却水温度,同时补充冷却循环过程中损失的水分,所述的散热器(11)可以通过调节散热风扇的转速来降低冷却水温度,所述的蓄电池(15)作为辅助能量源,保证汽车行驶时的功率需求;

所述的离子交换器(6),可以过滤来自管路材料离子析出,锈蚀反应生成的离子,保证冷却液电导率在合理的范围。

2. 按照权利要求1所述的一种车用燃料电池热管理系统的控制方法,其特征在于:包括以下步骤:

A. 首先启动冷却水循环泵(8),控制器(10)根据冷却液压力传感器(20)的信号调节冷却水流量,保证冷却水压力不超过设定范围,根据温度传感器(16)、(17)判断当前蓄电池(15)与燃料电池堆(1)温度当前是否低于启动温度,如果低于启动温度则通过控制器(10)

调节电子节温器(13)与三通装置(9)的开度,系统处于小循环加热模式,同时打开加热装置(12),对冷却水加热,控制器(10)根据蓄电池(15)与燃料电池堆(1)启动温度不同控制电子节温器(14)的开度;

B.当温度传感器(16)、(17)检测到蓄电池(15)的温度与燃料电池堆(1)的温度介于于启动温度与最高温度阈值之间时,根据蓄电池(15)与燃料电池堆(1)当前工作温度与设定阈值之差控制器(10)调节电子节温器(13),使系统处于双循环冷却模式,同时根据蓄电池(15)与燃料电池堆(1)最佳工作温度区间的不同调节电子节温器(14),保证蓄电池(15)与燃料电池堆(1)同时在最佳温度区间工作;

C.当温度传感器(16)、(17)检测到燃料电池堆(1)与蓄电池(15)温度高于设定温度阈值时,控制器(10)调节电子节温器(13),使系统处于大循环冷却模式,同时冷却水温度传感器(23)采集的温度信号采用PMW调节散热器(11)风扇转速,使风扇转速能跟随冷却水温度变化,使系统温度快速下降;

D.当控制器(10)接收到车厢内供暖信号时,可关闭旁通阀(14),使冷却水流入换热器(3),为车厢供暖;

E.当离子浓度传感器(18)检测到离子浓度超标时,控制器(10)控制三通装置(5)的开度,使冷却水进入去离子水循环回路,通过离子交换器(6)过滤冷却水中的离子,保证冷却水的电导率在正常范围。

一种车用燃料电池热管理系统及其控制方法

技术领域

[0001] 本发明涉及汽车技术领域,具体涉及一种车用燃料电池热管理系统及其控制方法。

背景技术

[0002] 随着新能源汽车技术的不断发展,越来越多的动力源被应用到汽车领域。燃料电池作为一种高效、清洁的能源转换装置,受到了高度重视。其中质子交换膜燃料电池具有工作温度低、启动速度快、发电效率高、技术成熟等优点,被广泛应用。热管理系统是制约燃料电池系统性能和可靠性的重要因素,燃料电池工作温度过低会使燃料电池难以启动,电化学反应活性下降,反应物排放也会受到影响。当燃料电池工作温度过高时,膜的含水量下降,同时膜的耐高温性能有限,会降低系统的可靠性。因此,提升燃料热管理系统的工作性能对整个燃料电池系统工作效率与使用寿命有重要的意义。

[0003] 在已经授权的专利中,公开号为CN 104934619A中,提出一种水冷型质子交换膜燃料电池热管理系统及其控制方法,系统采用带有加热装置的水箱,简化了冷启动装置,冷却水回路采用大小双循环模式,同时提出一种跟随压力变化的控制方法,通过压力传感器采集冷却水压力控制冷却水循环泵。但所提出的系统没有考虑到去离子水循环系统,可能会造成热管理系统长时间工作后冷却水电导率上升,从而影响电堆与电池内部电化学反应。中国专利号为CN 106848349 A提出了一种分布式燃料电池热管理系统,该系统通过传感器获得燃料电池电堆入口处和出口处冷却水温度信号,采用大小双循环水路的热管理系统结构,整个结构简单,易于实现热管理系统精确控制。但所提出的系统未考虑燃料电池在低温条件下冷启动的情况,可能无法适应低温环境条件,功能比较单一。中国专利号CN106945537A提出了一种燃料电池汽车热管理系统,将蓄电池的热管理系统与燃料电池的热管理系统相结合,在含有双循环冷却水路基础上,加入蓄热器实现整车低温冷启动,但该系统缺陷在于蓄电池与燃料电池低温冷启动温度不同,同时工作时的温度区间也有差别,所以这种系统无法保证两种动力源都处于最佳工作状态。

[0004] 本发明提出的一种车用燃料电池热管理系统及其控制方法,将整车系统中辅助动力源的热管理系统与燃料电池热管理系统作为一个整体,针对蓄电池与燃料电池工作温度区间不同的问题,通过将两个动力源放置在不同支路,采用节温器对不同支路冷却水流量进行控制,使燃料电池与蓄电池同时工作在最佳温度区间,对进一步提升燃料电池系统性能和可靠性具有重要意义。当汽车处于寒冷环境时,外界温度低于燃料电池与蓄电池冷启动温度时,需要对动力源进行加热,因此本发明在冷却系统的小循环回路中增加加热装置,满足整车低温冷启动时的需求。同时在大循环回路中增加了旁通阀与换热器,当车厢内有供暖需求时,可以关闭旁通阀,使带有废热的冷却水流经换热器,为车厢供暖,减少散热器消耗的功率,提升整车经济性。

发明内容

[0005] 本发明目的是提供一种车用燃料电池热管理系统及其控制方法,能保证系统在低温下正常启动,同时使燃料电池工作在最佳温度区间,提高燃料电池性能和使用寿命。

[0006] 为解决上述技术问题,本发明是采用如下技术方案

[0007] 一种车用燃料电池热管理系统包括小循环加热系统和大循环冷却系统、去离子水循环系统、燃料电池堆1、蓄电池冷却回路和控制系统;

[0008] 所述的小循环加热系统包括燃料电池堆1、电堆出口温度传感器17、单向阀2、换热器3、旁通阀4、离子浓度传感器18、三通装置5、冷却水循环泵8、压力传感器20、三通装置9、加热装置12、电子节温器13、电子节温器14、电堆入口温度传感器24;

[0009] 所述的大循环冷却系统包括燃料电池堆1、电堆出口温度传感器17、单向阀2、换热器3、旁通阀4、离子浓度传感器18、三通装置5、冷却水循环泵8、压力传感器20、三通装置9、散热器11、压力传感器21、流量计22、温度传感器23、电子节温器13、电子节温器14、电堆入口温度传感器24;

[0010] 所述的去离子水循环系统包括三通装置5、离子交换器6、流量计19、补水箱7;

[0011] 所述的蓄电池冷却回路包括电子节温器14、蓄电池15、温度传感器16;

[0012] 所述的控制系统分别与温度传感器16、电堆出口温度传感器17、离子浓度传感器18、流量计19、压力传感器20、压力传感器21、流量计22、温度传感器23、电堆入口温度传感器24相连以检测信号;所述的控制系统分别与旁通阀4、三通装置5、冷却水循环泵8、三通装置9、散热器11、加热装置12、电子节温器13、电子节温器14相连实现不同模式的切换。

[0013] 所述的燃料电池堆1可以根据负载需求,给负载提供电能,并且产生热量,所述的单向阀2作用是控制冷却水流动方向,保证冷却水不会回流,所述的换热器3可以利用冷却水带来的废热为车厢加热,所述的旁通阀可以控制冷却水是否通过换热器3所在支路,所述的三通装置5分别与小循环回路和去离子水循环回路连接,通过控制三个接口的开关调节冷却水流动的方向,所述的冷却水循环泵8用来控制冷却水流量,所述的三通装置9分别与大循环冷却回路与小循环加热回路相连,用来切换不同的模式,所述的加热装置12可以对小循环回路中的冷却水加热,所述的电子节温器13与大小循环回路相连,通过控制器给出的信号控制不同回路中冷却水流量,所述的节温器14与小循环回路与蓄电池冷却回路相连,通过控制器控制两个回路中冷却水流量。

[0014] 所述的温度传感器16、17、23、24可以测量各循环回路中冷却水温度,所述的离子浓度传感器18可以检测冷却水中离子浓度,所述的流量计19、22可以测量冷却水的流量,所述的压力传感器20、21可以测量冷却水的压力,所述的补水箱6可以存储冷却水,缓冲进入散热器的冷却水温度,同时补充冷却循环过程中损失的水分,所述的散热器11可以通过调节散热风扇的转速来降低冷却水温度,所述的蓄电池15作为辅助能量源,保证汽车行驶时的功率需求;

[0015] 所述的离子交换器6,可以过滤来自管路材料离子析出,锈蚀反应生成的离子,保证冷却液电导率在合理的范围。

[0016] 所述的燃料电池热管理系统的控制方法,包括以下步骤:

[0017] A. 首先启动冷却水循环泵8,控制器10根据冷却液压力传感器20的信号调节冷却水流量,保证冷却水压力不超过设定范围,根据温度传感器16、17判断当前蓄电池15与燃料

电池堆1温度当前是否低于启动温度,如果低于启动温度则通过控制器10调节电子节温器13与三通装置9的开度,系统处于小循环加热模式,同时打开加热装置12,对冷却水加热,控制器10根据蓄电池15与燃料电池堆1启动温度不同控制电子节温器14的开度;

[0018] B.当温度传感器16、17检测到蓄电池15的温度与燃料电池堆1的温度介于启动温度与最高温度阈值之间时,根据蓄电池15与燃料电池堆1当前工作温度与设定阈值之差控制器10调节电子节温器13,使系统处于双循环冷却模式,同时根据蓄电池15与燃料电池堆1最佳工作温度区间的不同调节电子节温器14,保证蓄电池15与燃料电池堆1同时在最佳温度区间工作;

[0019] C.当温度传感器16、17检测到燃料电池堆1与蓄电池15温度高于设定温度阈值时,控制器10调节电子节温器13,使系统处于大循环冷却模式,同时冷却水温度传感器23采集的温度信号采用PWM调节散热器11风扇转速,使风扇转速能跟随冷却水温度变化,使系统温度快速下降;

[0020] D.当控制器10接收到车厢内供暖信号时,可关闭旁通阀14,使冷却水流入换热器3,为车厢供暖;

[0021] E.当离子浓度传感器18检测到离子浓度超标时,控制器10控制三通装置5的开度,使冷却水进入去离子水循环回路,通过离子交换器6过滤冷却水中的离子,保证冷却水的电导率在正常范围。

[0022] 本发明与现有技术相比,有益效果如下:

[0023] 1.本发明所述的一种车用燃料电池热管理系统及其控制方法可有效解决燃料电池汽车在低温环境下的启动问题。同时利用了燃料电池与蓄电池产生的废热为车厢供暖,在一定程度上提升了整车经济性,减少了散热器的负担。

[0024] 2.本发明所述的一种车用燃料电池热管理系统及其控制方法可有效控制燃料电池与蓄电池的温度,通过电子节温器自动分配冷却水流量可以使蓄电池与燃料电池同时工作在最佳温度区间。

[0025] 3.本发明所述的一种车用燃料电池热管理系统及其控制方法既可有效去除系统工作中产生的离子,维持冷却水的电导率在合理范围,减少由于冷却水电导率上升对燃料电池中电化学反应的影响。

[0026] 4.本发明所述的一种车用燃料电池系统及其控制方法使冷却系统的冷却模式合理切换,一定程度上减少了散热器的功耗。

附图说明

[0027] 下面结合附图对本发明作进一步说明:

[0028] 图1为本发明所述的一种车用燃料电池热管理系统的结构原理图;

[0029] 图2为本发明所述的燃料电池热管理系统的控制方法流程图;

[0030] 图中:1.燃料电池堆,2.单向阀,3.换热器,4.旁通阀,5.三通装置,6.离子交换器,7.补水箱,8.冷却液循环泵,9.三通装置,10.控制器,11.散热器,12.加热装置,13.电子节温器,14.电子节温器,15.蓄电池,16.温度传感器,17.电堆出口温度传感器,18.离子浓度传感器,19.流量计,20.压力传感器,21.压力传感器,22.流量计,23.温度传感器,24.电堆入口温度传感器。

具体实施方式

[0031] 参阅图1,本发明提供了一种车用燃料电池热管理系统,所述的燃料电池系统包括小循环加热系统和大循环冷却系统、去离子水循环系统、燃料电池堆1、蓄电池冷却回路和控制系统组成;

[0032] 所述的小循环加热系统包括燃料电池堆1、电堆出口温度传感器17、单向阀2、换热器3、旁通阀4、离子浓度传感器18、三通装置5、冷却水循环泵8、压力传感器20、三通装置9、加热装置12、电子节温器13、电子节温器14、电堆入口温度传感器24;

[0033] 所述的大循环冷却系统包括燃料电池堆1、电堆出口温度传感器17、单向阀2、换热器3、旁通阀4、离子浓度传感器18、三通装置5、冷却水循环泵8、压力传感器20、三通装置9、散热器11、压力传感器21、流量计22、温度传感器23、电子节温器13、电子节温器14、电堆入口温度传感器24;

[0034] 所述的去离子水循环系统包括三通装置5、离子交换器6、流量计19、补水箱7;

[0035] 所述的蓄电池冷却回路包括电子节温器14、蓄电池15、温度传感器16;

[0036] 所述的控制系统中的控制器10分别与温度传感器16、电堆出口温度传感器17、离子浓度传感器18、流量计19、压力传感器20、压力传感器21、流量计22、温度传感器23、电堆入口温度传感器24相连以检测信号;所述的控制系统分别与旁通阀4、三通装置5、冷却水循环泵8、三通装置9、散热器11、加热装置12、电子节温器13、电子节温器14相连实现不同模式的切换。

[0037] 参阅图1,本发明提出的一种车用燃料电池热管理系统及其控制方法可以根据系统当前运行的工作温度判断冷却模式。当燃料电池堆1与蓄电池15的当前温度小于启动温度时,可以通过控制器10控制电子节温器13与三通装置9,关闭大循环冷却系统,同时打开加热装置12,对冷却水进行加热,使冷却水温度能快速达到启动温度,通过冷却水对蓄电池15和燃料电池堆1加热,使其快速达到启动温度。当燃料电池堆1与蓄电池15的当前温度介于启动温度与最高温度阈值之间时,此时通过控制器10控制电子节温器13与三通装置9,使系统处于双循环冷却模式,打开散热器11,根据燃料电池堆1与蓄电池15当前工作温度调节双循环中的冷却水流量。当燃料电池堆1与蓄电池15的当前温度高于最高温度阈值之间时,通过控制器10控制电子节温器13与三通装置9,关闭小循环冷却系统,使冷却水全部流入大循环冷却回路。

[0038] 参阅图1,本发明提出的去离子水循环系统利用离子交换器6去除冷却水中由于系统长时间工作,管路锈蚀产生的离子。由于系统长时间工作,管路由于锈蚀不断有离子析出,改变冷却液的电导率。当检测到离子浓度超过设定值,为避免冷却液电导率升高影响蓄电池15与燃料电池堆1的电化学反应,利用控制器10控制三通装置5的开度,开启去离子水循环回路,使冷却水流入离子交换器,降低冷却水中电导率。

[0039] 参阅图1,本发明所述补水箱7的作用是储存冷却水,为整个热管理系统由于蒸发、渗漏等原因导致的冷却液损耗进行补偿,同时由于蓄电池15与燃料电池堆1工作时不断产生气体,气体进入冷却水会影响整个热管理系统的工作,所以本发明所述的补水箱还具有排气作用,使热管理系统能正常工作。

[0040] 参阅图1,本发明所述的传感器包括温度传感器16、17、23、24、压力传感器20、21、流量计19、22、离子浓度传感器18。各传感器的信号输入到控制器10中,再由控制器10对热

管理系统进行控制。温度传感器主要是监测系统中冷却水的温度,将冷却水温度信号输入到控制器10中,由控制器10控制冷却循环与散热器11对冷却水温度进行控制。压力传感器主要是监测冷却水压力,防止冷却水循环泵8所控制的冷却水压力超过设定范围。流量计作用是监测整个循环中冷却水的流量,防止冷却水流量不足。离子浓度传感器作用是监测冷却水中的离子浓度,防止其超过设定范围,使冷却水电导率升高。

[0041] 参阅图1与图2,本发明提供的一种车用燃料电池热管理系统及其控制方法包括:系统开始运行,控制器10开启冷却水循环泵8,根据冷却水压力传感器20采集的压力信号控制器10控制冷却水循环泵8的冷却水流量使水压维持在设定范围,冷却水进入整个热管理系统循环中,控制器10接收来自蓄电池温度传感器16、电堆出口温度传感器17的信号,当此时燃料电池堆1与蓄电池15温度低于启动温度时,控制器10调节电子节温器13与三通装置9的开度,同时打开加热装置12,使热管理系统处于小循环加热模式。同时根据温度传感器16、17获得的蓄电池温度与燃料电池温度信号,控制器10根据式(1)与式(2)计算蓄电池15与燃料电池1所需的冷却水流量并调节电子节温器14,自动分配蓄电池冷却回路与燃料电池堆1的冷却水流量,使蓄电池15与燃料电池1快速达到启动温度。

$$[0042] \quad T(t+\Delta t) = \int \frac{(Q_{st}(t) - Q_{coolant}(t))}{C_p} dt \quad (1)$$

[0043] 其中:T-传感器测得的蓄电池或燃料电池堆温度;

[0044] Q_{st} -蓄电池或燃料电池堆产生的热量;

[0045] $Q_{coolant}$ -冷却水带走的热量;

[0046] C_p -蓄电池或燃料电池堆的热容;

[0047] 其中蓄电池或燃料电池堆所产生的热量可由动力源产生的电功率本身效率计算得到,冷却水带走的热量可由式(2)得到:

$$[0048] \quad Q_{coolant} = W_{coolant} C_{p,w} (T_{out} - T_{in}) \quad (2)$$

[0049] 其中: $W_{coolant}$ -所需冷却水的流量;

[0050] $C_{p,w}$ -冷却水热容;

[0051] 当蓄电池15与燃料电池1温度达到启动温度后,蓄电池温度传感器16、电堆出口温度传感器17判断蓄电池与燃料电池当前工作温度是否介于启动温度与最高温度阈值之间,当工作温度位于该区间时,根据蓄电池15与燃料电池堆1的工作温度与设定温度阈值之差,通过控制器10调节电子节温器13与三通装置9的开度,即当蓄电池15与燃料电池堆1温度达到启动温度时,系统恰好为小循环冷却模式,大循环冷却回路关闭,散热器11此时不工作关闭,当蓄电池15与燃料电池堆1工作温度逐渐升高时,三通装置9打开全部出口,调节电子节温器13使系统处于双循环冷却模式,且温度越高,流经大循环冷却回路的冷却水流量越多,直至蓄电池15与燃料电池堆1的工作温度达到最高温度阈值时,关闭三通装置中小循环通路,控制器10调节电子节温器13,使冷却水完全流入大循环冷却回路,同时电子节温器14自动分配蓄电池15与燃料电池堆1冷却水流量,使蓄电池15与燃料电池堆1同时工作在最佳温度区间。

[0052] 当系统处于双循环冷却模式或大循环冷却模式时,控制器10跟据温度传感器22采集到的冷却液温度对散热器风扇进行PMW控制,使风扇根据温度变化而调节转速,及时准确的将冷却液中的热量排放到外界环境中,保证冷却水的冷却效果。当控制器10接收到车厢

供暖信号时,控制器10控制关闭旁通阀4,使冷却水穿过换热器3,利用蓄电池15与燃料电池堆1产生的热量加热换热器,从而达到为车厢供暖的目的,可以提升整车的经济性,同时减少了散热器11的功耗。

[0053] 当离子浓度传感器18检测到冷却水中离子浓度超标时,控制器10控制三通装置5打开去离子水循环回路,通过离子交换器6去除系统工作时产生的离子,保证冷却水中的电导率维持在正常范围。流量计19检测去离子水循环回路中冷却水的流量,当冷却水流量不满足散热需求时,通过补水箱7加注冷却水,保证冷却水正常循环。同时补水箱还设置有排气孔,使冷却水进入补水箱时可以将蓄电池15与燃料电池堆1产生的气体通过排气孔排出,保证系统的稳定工作。

[0054] 最后控制器10判断是否接收停机指令,若给出停机指令,则控制器10关闭水泵,热管理系统停止工作。若未接到停机指令,则热管理系统继续运行下一个循环。

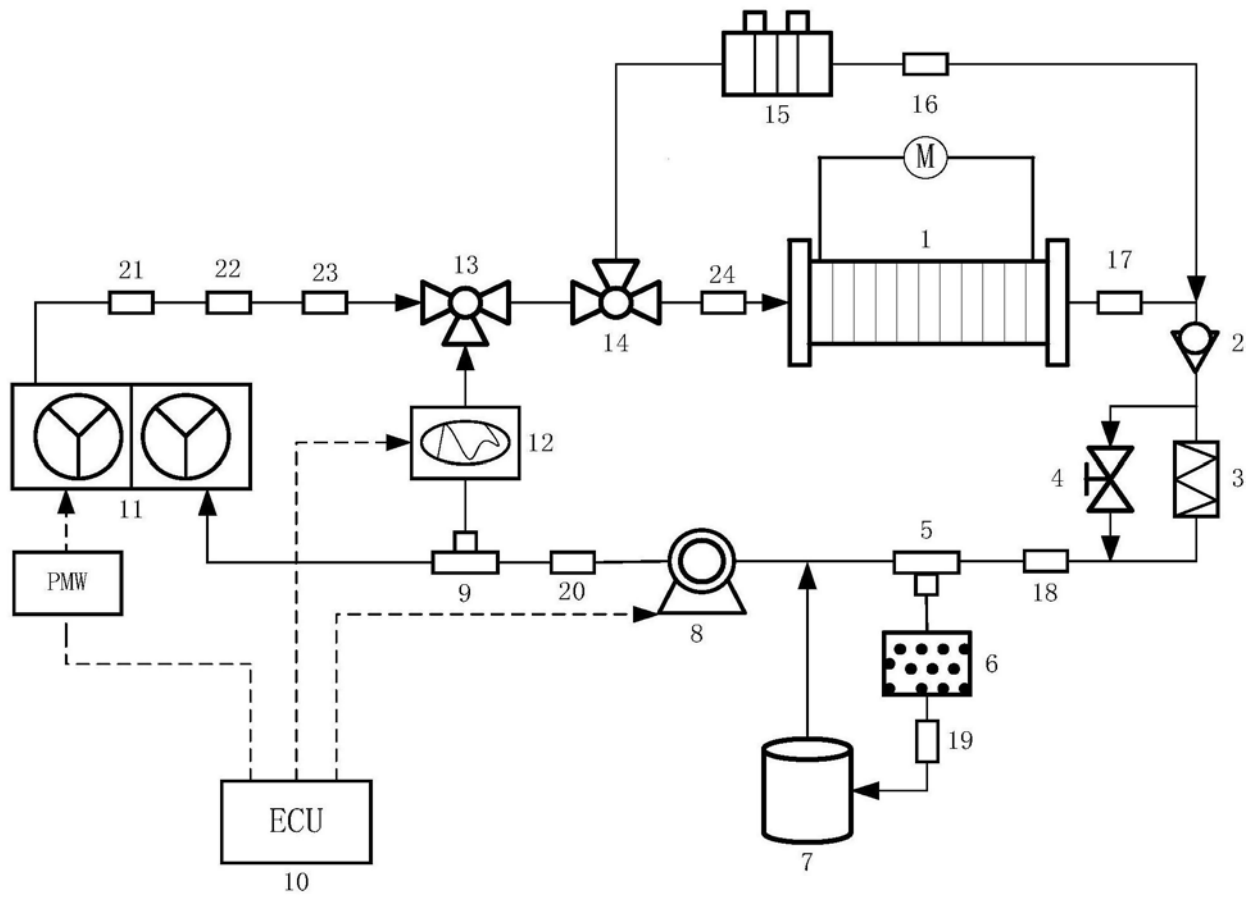


图1

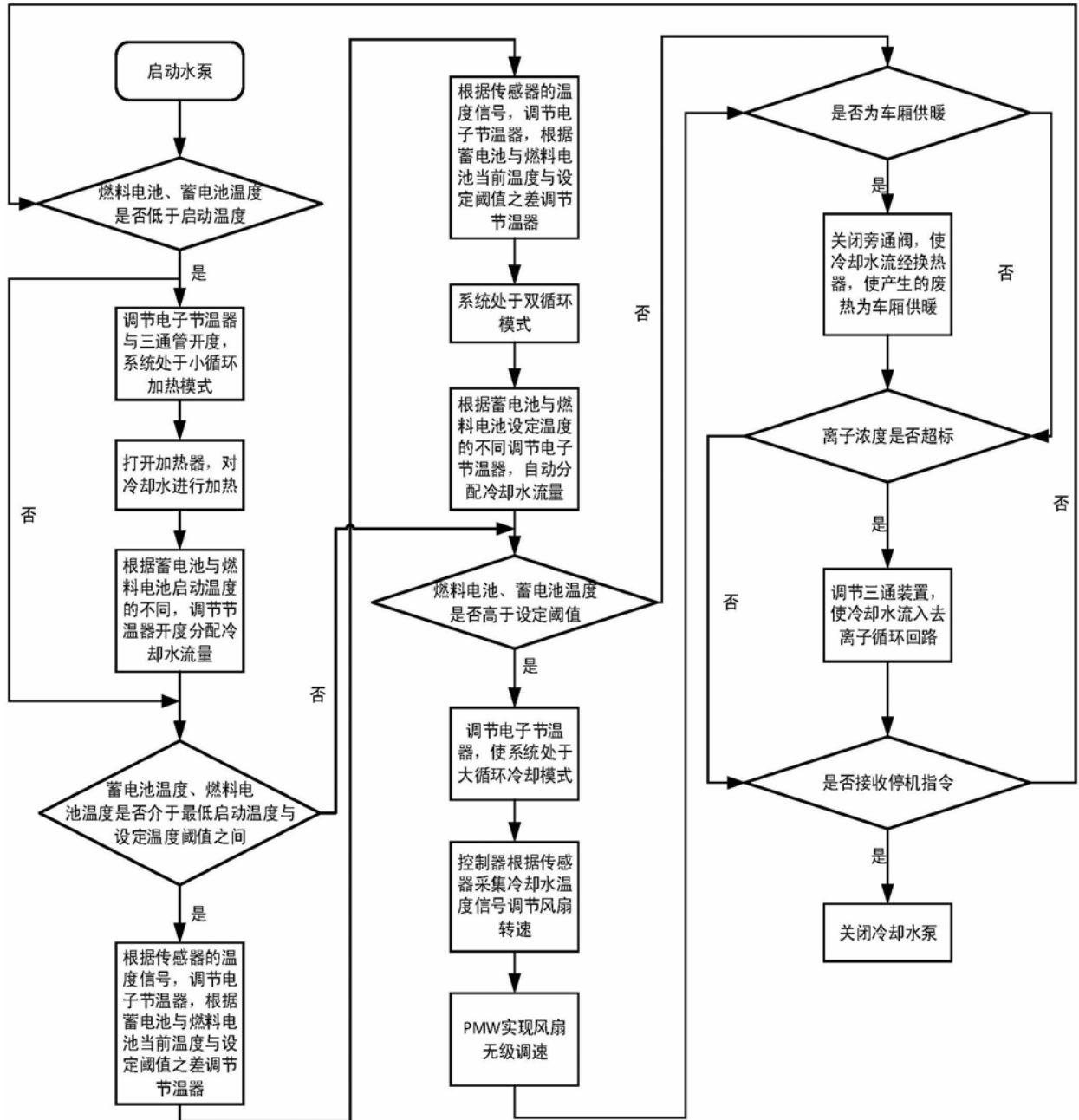


图2