



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110943240 A

(43)申请公布日 2020.03.31

(21)申请号 201911187790.8

H01M 8/04302(2016.01)

(22)申请日 2019.11.28

H01M 8/0432(2016.01)

(71)申请人 浙江润丰氢发动机有限公司

地址 310000 浙江省杭州市西湖区三墩镇  
三墩街1号世创大厦168室

(72)发明人 石海民 朱毅 杨光

(74)专利代理机构 杭州云睿专利代理事务所  
(普通合伙) 33254

代理人 杨淑芳

(51)Int.Cl.

H01M 8/04007(2016.01)

H01M 8/04029(2016.01)

H01M 8/04044(2016.01)

H01M 8/04223(2016.01)

H01M 8/04225(2016.01)

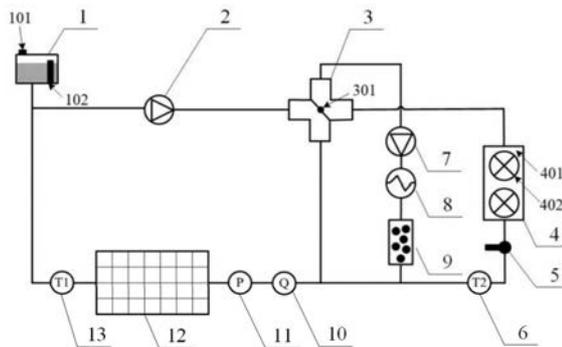
权利要求书2页 说明书6页 附图2页

(54)发明名称

一种采用双循环水泵的氢发动机热管理系统及控制方法

(57)摘要

本发明公开了一种采用双循环水泵的氢发动机热管理系统,包括软冷启动水路、小循环水路和控制系统,软冷启动水路包括主动式去离子水路和大循环水路;所述控制系统包括ECU控制器。本发明还公开了一种采用双循环水泵的氢发动机热管理系统的控制方法,主要控制小循环水路、大循环水路、软冷启动水路以及主动式去离子水路等不同功能、工况的切换。本发明采用双循环水泵技术,通过先快速加热外部管路冷却,然后通过冷却液混合的加热方式实现对氢发动机的软冷启动,加热效率高、冷启动时间短。同时,本发明设计的双循环水泵可实现电堆工作前冷却液的主动去离子工作模式,避免了现有被动式去离子方式对氢发电机电堆可能的损害。



1. 一种采用双循环水泵的氢发动机热管理系统,其特征在于:包括软冷启动水路、小循环水路和控制系统,软冷启动水路包括主动式去离子水路和大循环水路;所述的主动式去离子水路通过辅循环电子水泵(7)驱动冷却液依次经过电加热器(8)、离子交换器(9)、多风扇冷却模块(4)、电子四通换向阀(3)所形成的水循环回路;所述的小循环水路通过主循环电子水泵(2)驱动冷却液依次经过电子四通换向阀(3)、流量计(10)、压力传感器(11)、氢发电机电堆(12)和氢发电机电堆出口温度传感器(13)所形成的水循环回路;所述大循环水路通过循环电子水泵(2)驱动冷却液依次经过电子四通换向阀(3)、多风扇冷却模块(4)、电导率测试仪(5)、冷却模块出口温度传感器(6)、流量计(10)、压力传感器(11)、氢发电机电堆(12)和氢发电机电堆出口温度传感器(13)所形成的水循环回路;所述控制系统包括ECU控制器(14),ECU控制器(14)与主循环电子水泵(2)、电子四通换向阀(3)、多风扇冷却模块(4)、电导率测试仪(5)、冷却模块出口温度传感器(6)、辅循环电子水泵(7)、电加热器(8)、离子交换器(9)、流量计(10)、压力传感器(11)、氢发电机电堆(12)和氢发电机电堆出口温度传感器(13)均电性连接。

2. 如权利要求1所述的一种采用双循环水泵的氢发动机热管理系统,其特征在于:所述主动式去离子水路、小循环水路和大循环水路中的部件之间的连接部件均为食品级硅胶管。

3. 如权利要求1所述的一种采用双循环水泵的氢发动机热管理系统,其特征在于:所述电加热器(8)为高电压、高功率、高效率的电加热器;所述离子交换器(9)为可耐高温的去离子树脂结构。

4. 如权利要求1所述的一种采用双循环水泵的氢发动机热管理系统,其特征在于:所述控制系统可实现主动式去离子工作模式,主动式去离子工作模式为:在氢发电机电堆(12)开始工作前,通过电导率测试仪(5)检测到冷却液电导率数值,当冷却液电导率数值超出设定限值时,控制系统将电子四通换向阀(3)动作至内外独立循环水路模式,控制系统开启辅循环电子水泵(7),辅循环电子水泵(7)驱动冷却液依次经过多风扇冷却模块(4)、电子四通换向阀(3)、电加热器(8)、离子交换器(9),离子交换器(9)用于去除离子。

5. 一种采用双循环水泵的氢发动机热管理系统的控制方法,其特征在于:包括以下步骤:

步骤S0:整车上电,ECU控制器(14)开始工作;

步骤S1:判断电导率仪测得的冷却液电导率是否小于最高限值 $i_0$ ;小于则执行步骤S4,否则进入主动式去离子水路,执行步骤S2、步骤S3直至电导率小于最高限值 $i_0$ ;

步骤S2:电子四通换向阀(3)动作至内外独立循环水路模式;

步骤S3:开启辅循环电子水泵(7),使得冷却液依次经过多风扇冷却模块(4)、电子四通换向阀(3)、电加热器(8)后经过离子交换器(9);

步骤S4:判断水温 $T_1$ 范围, $T_1$ 小于冷启动温度 $T_q$ 时,切换电子四通换向阀(3)进入软冷启动水路,执行步骤S5-步骤S10; $T_1$ 大于等于 $T_q$ 小于电子风扇开始工作设定温度 $T_f$ ,切换电子四通换向阀(3)进入小循环水路,执行步骤S11-步骤S14; $T_1$ 大于 $T_f$ 时切换电子四通换向阀(3)进入大循环水路,执行步骤S15-步骤S17;

步骤S5:电子四通换向阀(3)动作至内外独立循环水路模式;

步骤S6:开启辅循环电子水泵(8);

- 步骤S7:开启电加热器(8);
- 步骤S8:判断水温是否大于设定温度 $T_b$ ,满足条件即可执行步骤S9;
- 步骤S9:电子四通换向阀(3)动作至大循环水路模式
- 步骤S10:T1接近T2之时再回到步骤S4判断水温T1的范围,决定下一个循环工况;
- 步骤S11:电子四通换向阀3动作至内外独立循环水路模式;
- 步骤S12:开启主循环电子水泵(2);
- 步骤S13:氢发电机电堆(12)开始工作;
- 步骤S14:始终监控电堆出口处的温度T1是否大于风扇开始工作温度 $T_f$ ,一旦满足即可进入大循环水路模式,执行步骤S15-步骤S17:
- S15:电子四通换向阀(3)动作至大循环水路模式;
- S16:电子风扇(402)开始工作;
- S17:氢发电机电堆(12)持续工作。

## 一种采用双循环水泵的氢发动机热管理系统及控制方法

### 【技术领域】

[0001] 本发明涉及氢发动机的热管理系统的技术领域,特别是采用双循环水泵的氢发动机热管理系统的技术领域。

### 【背景技术】

[0002] 氢发动机是一种利用氢气和氧气电化学反应产生电量的新型动力源。采用该新型动力的新能源汽车,与传统燃油汽车相比较,能够实现零排放,全生命周期内对环境污染均极小;而与纯电动汽车相比较,不存在续航里程限制等先天不足的缺点。因此,氢发动机已经成为未来新能源汽车的一个重要发展方向。

[0003] 然而,氢发动机工程应用过程中,氢气和氧气电化学反应对环境温度的要求较为严苛,其工作温度范围下限值 $T_{min}$ 一般为 $60^{\circ}\text{C}$ ,上限值 $T_{max}$ 一般为 $75^{\circ}\text{C}$ 。超出该工作范围后,氢发动机工作效率和输出功率将大幅降低,直至不能工作,因此,设计合理的热管理系统对于燃料电池的可靠、高效运行尤为重要。当氢发动机工作温度高于温度上限时,热管理系统需要调节冷却水泵的流量和冷却风扇的转速以使得氢发动机工作过程中产生的反应热量能及时排除;当氢发动机工作温度低于温度下限时,尤其氢发动机需要在零下的低温环境中启动时,热管理系统需要对氢发动机及其核心部件进行加热。

[0004] 目前,氢发动机热管理系统通常采用在小循环管路中串入一个一定功率的电加热器的方式直接对氢发电机电堆所在的冷却回路进行加热,进而完成低温启动。采用这种加热方式,一旦加热器功率过大,且管路中的冷却液较少、很难精准控制加热速率,加热过程中很难控制管路中冷却液的温升速率,很容易造成氢发动机局部温度过高,甚至超过氢发电机电堆的许用温度范围,对氢发电机电堆造成不可控的永久损害。

[0005] 此外,现有热管理系统为解决系统中离子析出的问题,往往采用在系统并入一路去离子器水循环支路的被动式去离子方案。采用这种去离子方案,去离子能力大小严重依赖于发动机主循环水泵的工作状态以及该支路与主循环水路的流量分配比例,不能实现主动去除离子的功能,氢发动机开机前和运行过程中均存在离子浓度超标导致电堆损害的风险。

### 【发明内容】

[0006] 本发明的目的就是解决现有技术中的问题,提出一种采用双循环水泵的氢发动机热管理系统及控制方法,能够采用双循环水泵技术,实现对氢发动机的软冷启动;同时实现了电堆工作前冷却液的主动去离子工作。

[0007] 为实现上述目的,本发明提出了一种采用双循环水泵的氢发动机热管理系统及控制方法,包括软冷启动水路、小循环水路和控制系统,软冷启动水路包括主动式去离子水路和大循环水路;所述的主动式去离子水路通过辅循环电子水泵驱动冷却液依次经过电加热器、离子交换器、多风扇冷却模块、电子四通换向阀所形成的水循环回路;所述的小循环水路通过主循环电子水泵驱动冷却液依次经过电子四通换向阀、流量计、压力传感器、氢发动

机电堆和氢发电机电堆出口温度传感器所形成的水循环回路;所述大循环水路通过循环电子水泵驱动冷却液依次经过电子四通换向阀、多风扇冷却模块、电导率测试仪、冷却模块出口温度传感器、流量计、压力传感器、氢发电机电堆和氢发电机电堆出口温度传感器所形成的水循环回路;所述控制系统包括ECU控制器,ECU控制器与主循环电子水泵、电子四通换向阀、多风扇冷却模块、电导率测试仪、冷却模块出口温度传感器、辅循环电子水泵、电加热器、离子交换器、流量计、压力传感器、氢发电机电堆和氢发电机电堆出口温度传感器均电性连接。

[0008] 作为优选,所述主动式去离子水路、小循环水路和大循环水路中的部件之间的连接部件均为食品级硅胶管。

[0009] 作为优选,所述电加热器为高电压、高功率、高效率的电加热器,电加热器出水温度远高于传统直接冷启动方案中的出水温度;所述离子交换器为可耐高温的去离子树脂结构,高温环境下仍可稳定工作。

[0010] 作为优选,所述控制系统可实现主动式去离子工作模式,主动式去离子工作模式为:在氢发电机电堆开始工作前,通过电导率测试仪检测到冷却液电导率数值,当冷却液电导率数值超出设定限值时,控制系统将电子四通换向阀动作至内外独立循环水路模式,控制系统开启辅循环电子水泵,辅循环电子水泵驱动冷却液依次经过多风扇冷却模块、电子四通换向阀、电加热器、离子交换器,离子交换器用于去除离子。

[0011] 本发明还提出了一种采用双循环水泵的氢发动机热管理系统的控制方法,包括以下步骤:

[0012] 步骤S0:整车上电,ECU控制器开始工作;

[0013] 步骤S1:判断电导率仪测得的冷却液电导率是否小于最高限值 $i_0$ ;小于则执行步骤S4,否则进入主动式去离子水路,执行步骤S2、步骤S3直至电导率小于最高限值 $i_0$ ;

[0014] 步骤S2:电子四通换向阀动作至内外独立循环水路模式;

[0015] 步骤S3:开启辅循环电子水泵,使得冷却液依次经过多风扇冷却模块、电子四通换向阀、电加热器后经过离子交换器;

[0016] 步骤S4:判断水温 $T_1$ 范围, $T_1$ 小于冷启动温度 $T_q$ 时,切换电子四通换向阀进入软冷启动水路,执行步骤S5-步骤S10; $T_1$ 大于等于 $T_q$ 小于电子风扇开始工作设定温度 $T_f$ ,切换电子四通换向阀进入小循环水路,执行步骤S11-步骤S14; $T_1$ 大于 $T_f$ 时切换电子四通换向阀进入大循环水路,执行步骤S15-步骤S17;

[0017] 步骤S5:电子四通换向阀动作至内外独立循环水路模式;

[0018] 步骤S6:开启辅循环电子水泵;

[0019] 步骤S7:开启电加热器;

[0020] 步骤S8:判断水温是否大于设定温度 $T_b$ ,满足条件即可执行步骤S9;

[0021] 步骤S9:电子四通换向阀动作至大循环水路模式

[0022] 步骤S10: $T_1$ 接近 $T_2$ 之时再回到步骤S4判断水温 $T_1$ 的范围,决定下一个循环工况;

[0023] 步骤S11:电子四通换向阀3动作至内外独立循环水路模式;

[0024] 步骤S12:开启主循环电子水泵;

[0025] 步骤S13:氢发电机电堆开始工作;

[0026] 步骤S14:始终监控电堆出口处的温度 $T_1$ 是否大于风扇开始工作温度 $T_f$ ,一旦满足

即可进入大循环水路模式,执行步骤S15-步骤S17:

[0027] S15:电子四通换向阀动作至大循环水路模式;

[0028] S16:电子风扇开始工作;

[0029] S17:氢发动机电堆持续工作。

[0030] 本发明的有益效果:本发明采用双循环水泵技术,通过先快速加热外部管路冷却,然后通过冷却液混合的加热方式实现对氢发动机的软冷启动,相对传统技术,该技术具有加热效率高、冷启动时间短和对电堆无热冲击的优点。同时,本发明设计的双循环水泵可实现电堆工作前冷却液的主动去离子工作模式,避免了现有被动式去离子方式对氢发动机电堆可能的损害。

[0031] 本发明的特征及优点将通过实施例结合附图进行详细说明。

### 【附图说明】

[0032] 图1是本发明一种采用双循环水泵的氢发动机热管理系统及控制方法的结构示意图;

[0033] 图2是本发明一种采用双循环水泵的氢发动机热管理系统及控制方法的控制信号连接示意图;

[0034] 图3是本发明一种采用双循环水泵的氢发动机热管理系统及控制方法的控制流程图;

[0035] 图4是本发明一种采用双循环水泵的氢发动机热管理系统及控制方法的电子四通换向阀位置图。

[0036] 图中:1-膨胀水箱、101-膨胀水箱盖、102-液位传感器、2-主循环电子水泵、3-电子四通换向阀、301-电子四通换向阀阀片、4-多风扇冷却模块、401-散热器、402-电子风扇、5-电导率测试仪、6-冷却模块出口温度传感器、7-辅循环电子水泵、8-电加热器、9-离子交换器、10-流量计、11-压力传感器、12-氢发动机电堆、13-氢发动机电堆出口温度传感器、14-ECU控制器。

### 【具体实施方式】

[0037] 参阅图1、图2、图3和图4,本发明,包括软冷启动水路、小循环水路和控制系统,软冷启动水路包括主动式去离子水路和大循环水路;所述的主动式去离子水路通过辅循环电子水泵7驱动冷却液依次经过电加热器8、离子交换器9、多风扇冷却模块4、电子四通换向阀3所形成的水循环回路;所述的小循环水路通过主循环电子水泵2驱动冷却液依次经过电子四通换向阀3、流量计10、压力传感器11、氢发动机电堆12和氢发动机电堆出口温度传感器13所形成的水循环回路;所述大循环水路通过循环电子水泵2驱动冷却液依次经过电子四通换向阀3、多风扇冷却模块4、电导率测试仪5、冷却模块出口温度传感器6、流量计10、压力传感器11、氢发动机电堆12和氢发动机电堆出口温度传感器13所形成的水循环回路;所述控制系统包括ECU控制器14,ECU控制器14与主循环电子水泵2、电子四通换向阀3、多风扇冷却模块4、电导率测试仪5、冷却模块出口温度传感器6、辅循环电子水泵7、电加热器8、离子交换器9、流量计10、压力传感器11、氢发动机电堆12和氢发动机电堆出口温度传感器13均电性连接。

[0038] 具体的,所述主动式去离子水路、小循环水路和大循环水路中的部件之间的连接部件均为食品级硅胶管。

[0039] 具体的,所述电加热器8为高电压、高功率、高效率的电加热器,电加热器8出水温度远高于传统直接冷启动方案中的出水温度;所述离子交换器9为可耐高温的去离子树脂结构,高温环境下仍可稳定工作。

[0040] 具体的,所述控制系统可实现主动式去离子工作模式,主动式去离子工作模式为:在氢发电机电堆12开始工作前,通过电导率测试仪5检测到冷却液电导率数值,当冷却液电导率数值超出设定限值时,控制系统将电子四通换向阀3动作至内外独立循环水路模式,控制系统开启辅循环电子水泵7,辅循环电子水泵7驱动冷却液依次经过多风扇冷却模块4、电子四通换向阀3、电加热器8、离子交换器9,离子交换器9用于去除离子。

[0041] 本发明,还包括以下步骤:

[0042] 步骤S0:整车上电,ECU控制器14开始工作;

[0043] 步骤S1:判断电导率仪测得的冷却液电导率是否小于最高限值 $i_0$ ;小于则执行步骤S4,否则进入主动式去离子水路,执行步骤S2、步骤S3直至电导率小于最高限值 $i_0$ ;

[0044] 步骤S2:电子四通换向阀3动作至内外独立循环水路模式;

[0045] 步骤S3:开启辅循环电子水泵7,使得冷却液依次经过多风扇冷却模块4、电子四通换向阀3、电加热器8后经过离子交换器9;

[0046] 步骤S4:判断水温 $T_1$ 范围, $T_1$ 小于冷启动温度 $T_q$ 时,切换电子四通换向阀3进入软冷启动水路,执行步骤S5-步骤S10; $T_1$ 大于等于 $T_q$ 小于电子风扇开始工作设定温度 $T_f$ ,切换电子四通换向阀3进入小循环水路,执行步骤S11-步骤S14; $T_1$ 大于 $T_f$ 时切换电子四通换向阀3进入大循环水路,执行步骤S15-步骤S17;

[0047] 步骤S5:电子四通换向阀3动作至内外独立循环水路模式;

[0048] 步骤S6:开启辅循环电子水泵8;

[0049] 步骤S7:开启电加热器8;

[0050] 步骤S8:判断水温是否大于设定温度 $T_b$ ,满足条件即可执行步骤S9;

[0051] 步骤S9:电子四通换向阀3动作至大循环水路模式

[0052] 步骤S10: $T_1$ 接近 $T_2$ 之时再回到步骤S4判断水温 $T_1$ 的范围,决定下一个循环工况;

[0053] 步骤S11:电子四通换向阀3动作至内外独立循环水路模式;

[0054] 步骤S12:开启主循环电子水泵2;

[0055] 步骤S13:氢发电机电堆12开始工作;

[0056] 步骤S14:始终监控电堆出口处的温度 $T_1$ 是否大于风扇开始工作温度 $T_f$ ,一旦满足即可进入大循环水路模式,执行步骤S15-步骤S17;

[0057] S15:电子四通换向阀3动作至大循环水路模式;

[0058] S16:电子风扇402开始工作;

[0059] S17:氢发电机电堆12持续工作。

[0060] 本发明工作过程:

[0061] 本发明一种采用双循环水泵的氢发动机热管理系统及控制方法在工作过程中,结合附图进行说明。

[0062] 所述的小循环水路是氢发动机冷启动完成之后,系统中冷却液水温低于风扇启动

设定温度 $T_f$ 之前,冷却液从氢发动机燃料电池堆出来后经主循环电子水泵2、电子四通换向阀3,再经过相应仪表,直接回到电堆的水循环线路。所述的小循环水路中辅循环电子水泵7不工作。

[0063] 所述的大循环水路是系统中冷却水温超过风扇启动设定温度 $T_f$ 之后,冷却液从氢发动机电堆12出来后经主循环电子水泵2加压后,绝大部分冷却液通过多风扇冷却模块4,将系统产生的化学反应热及时排除后,经过流量计10和压力传感器11后返回电堆的水循环线路。上述大循环水路工作模式中,少量的冷却液流经辅循环电子水泵7、电加热器8和离子交换器9后汇入大循环水路,通过该循环水路模式,可实现传统氢发动机热管理系统中被动式去离子功能。在上述的被动式去离子功能中,辅循环电子水泵7是不工作的,去离子水量通过去离子支路与大循环水路的流阻自动分配。

[0064] 无损软冷启动通过软冷启动水路分为两个阶段进行:第一阶段为外循环加热阶段,一般从零下环境温度,如 $-20^{\circ}\text{C}$ 加热至设定水温 $T_b$ ,此时,ECU控制器14控制电子四通换向阀阀片301相位,使得辅循环电子水泵7与多风扇冷却模块4所在水路导通,然后依次启动辅循环电子水泵7和电加热器8,形成依次经过辅循环电子水泵7、电加热器8、离子交换器9、电子四通换向阀3再回到辅循环电子水泵7的循环水路,同时通过电加热器8将该水路中的冷却液温度加热提升至 $T_b$ 。上述的电加热器8为高电压、高功率、高效率的电加热器,能在极短时间内将所在外循环冷却液加热。所述的软冷启动水路第二阶段为大循环软加热阶段,ECU控制器14控制电子四通换向阀阀片301相位,进入大循环水路,冷却液经主循环电子水泵2将多风扇冷却模块4中大量的 $T_b$ 温度的高温冷却液经过冷却管路和管件进入氢发动机电堆12,通过冷却水置换、混合的方式迅速、安全地将电堆温度加热至氢发动机设定的启动温度 $T_q$ ,进而完成整个软冷启动工作,且不会对电堆有任何热冲击损害。

[0065] 所述的主动式去离子水路是在氢发动机未开机前、主循环电子水泵2尚无开启,系统中的电导率测试仪5检测冷却液电导率数值,当检测到冷却模块所在支路离子浓度超标,开启辅循环电子水泵7,冷却液依次经过电加热器8、离子交换器9、多风扇冷却模块4、电子四通换向阀3所形成的水循环线路。通过该循环水路,可有效降低冷却模块中铝质散热器所释放的离子,使得整个系统中的冷却液在氢发动机工作前即可满足要求。

[0066] ECU控制器14为本系统的核心,ECU控制器14用于接收输入信号并输出控制指令;输入信号包括温度传感器测得的冷却模块出口温度和氢发动机电堆出口温度、电导率测试仪5测得的管路中冷却液电导率、压力传感器11测得的管路压力、流量计10测得的管路水流量、膨胀水箱中液位传感器102测得的膨胀水箱内的冷却液的液位信息;输出的控制指令包括控制主循环电子水泵2、辅循环电子水泵7的转速以调节各循环水系统内的水流量、控制电子四通换向阀3以完成不同水路系统切换、控制电加热器8以提升水系统温度、控制电子风扇402的转速以调节多风扇冷却模块4散出的热量大小进而实现燃料电池温度的精确控制。

[0067] 本申请的系统的控制方法,主要控制小循环水路、大循环水路、软冷启动水路以及主动式去离子水路等不同功能、工况的切换,具体方法为:

[0068] 步骤S0:整车上电,ECU控制器14开始工作;

[0069] 步骤S1:判断电导率仪测得的冷却液电导率是否小于最高限值 $i_o$ ;小于则执行步骤S4,否则进入主动式去离子水路,执行步骤S2、步骤S3直至电导率小于最高限值 $i_o$ ;

- [0070] 步骤S2:电子四通换向阀3动作至内外独立循环水路模式;
- [0071] 步骤S3:开启辅循环电子水泵7,使得冷却液依次经过多风扇冷却模块4、电子四通换向阀3、电加热器8后经过离子交换器9;
- [0072] 步骤S4:判断水温 $T_1$ 范围, $T_1$ 小于冷启动温度 $T_q$ 时,切换电子四通换向阀3进入软冷启动水路, $T_1$ 大于等于 $T_q$ 小于电子风扇开始工作设定温度 $T_f$ ,切换电子四通换向阀3进入小循环水路, $T_1$ 大于 $T_f$ 时切换电子四通换向阀3进入大循环水路;
- [0073] 在软冷启动水路模式下:
- [0074] 步骤S5:电子四通换向阀3动作至内外独立循环水路模式;
- [0075] 步骤S6:开启辅循环电子水泵7;
- [0076] 步骤S7:开启电加热器8;
- [0077] 通过步骤S5-步骤S7的执行,快速加热所在水路系统中的冷却液,并通过步骤S8——判断水温是否大于设定温度 $T_b$ ;一旦满足条件即可执行步骤S9——电子四通换向阀3动作至大循环水路模式,使得高温水与氢发电机电堆所在的管路低温水混合,当步骤S10中, $T_1$ 接近 $T_2$ 之时再回到步骤S4判断水温 $T_1$ 的范围,决定下一个循环工况;
- [0078] 在小循环水路模式下:
- [0079] 步骤S11:电子四通换向阀3动作至内外独立循环水路模式;
- [0080] 步骤S12:开启主循环电子水泵2;
- [0081] 步骤S13:氢发电机电堆12开始工作;
- [0082] 在电堆开始工作后,执行步骤S14始终监控电堆出口处的温度 $T_1$ 是否大于风扇开始工作温度 $T_f$ ,一旦满足即可进入大循环水路模式;
- [0083] 步骤S15:电子四通换向阀3动作至大循环水路模式;
- [0084] 步骤S16:电子风扇402开始工作;
- [0085] 步骤S17:氢发电机电堆12持续工作;
- [0086] 在这个工作过程中始终根据系统测得的 $T_1$ 和 $T_2$ 的温度,对应条件电子风扇402的转速,使得氢发动机始终处于合适的范围内稳定工作。
- [0087] 本发明,采用双循环水泵技术,通过先快速加热外部管路冷却,然后通过冷却液混合的加热方式实现对氢发动机的软冷启动,相对传统技术,该技术具有加热效率高、冷启动时间短和对电堆无热冲击的优点。同时,本发明设计的双循环水泵可实现电堆工作前冷却液的主动去离子工作模式,避免了现有被动式去离子方式对氢发电机电堆可能的损害。
- [0088] 上述实施例是对本发明的说明,不是对本发明的限定,任何对本发明简单变换后的方案均属于本发明的保护范围。

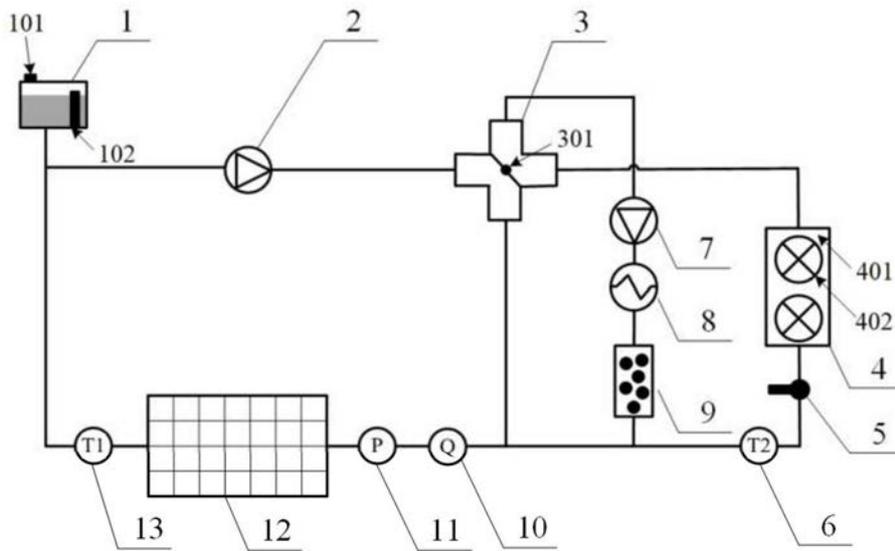


图1

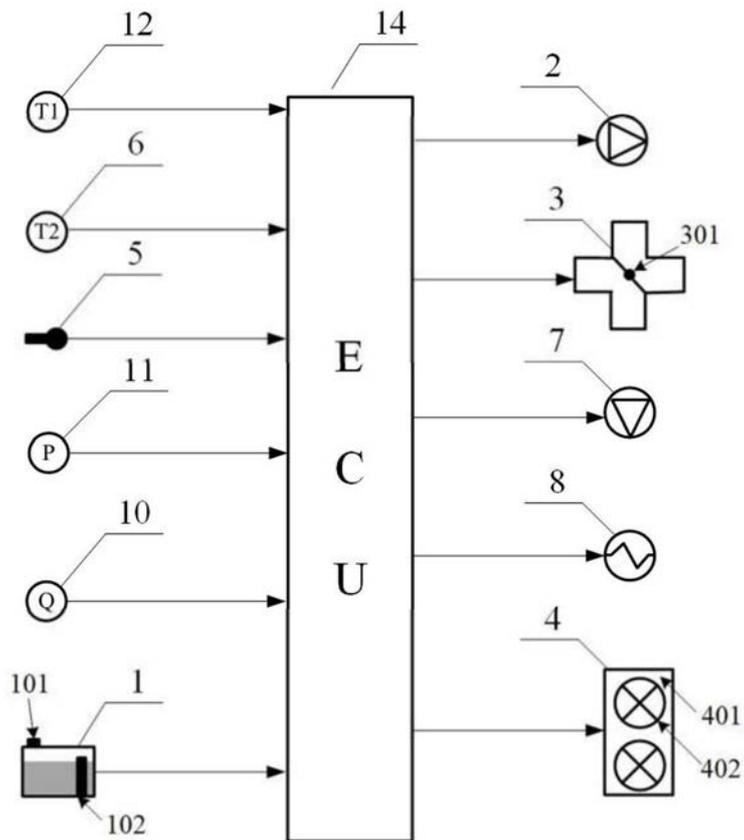


图2

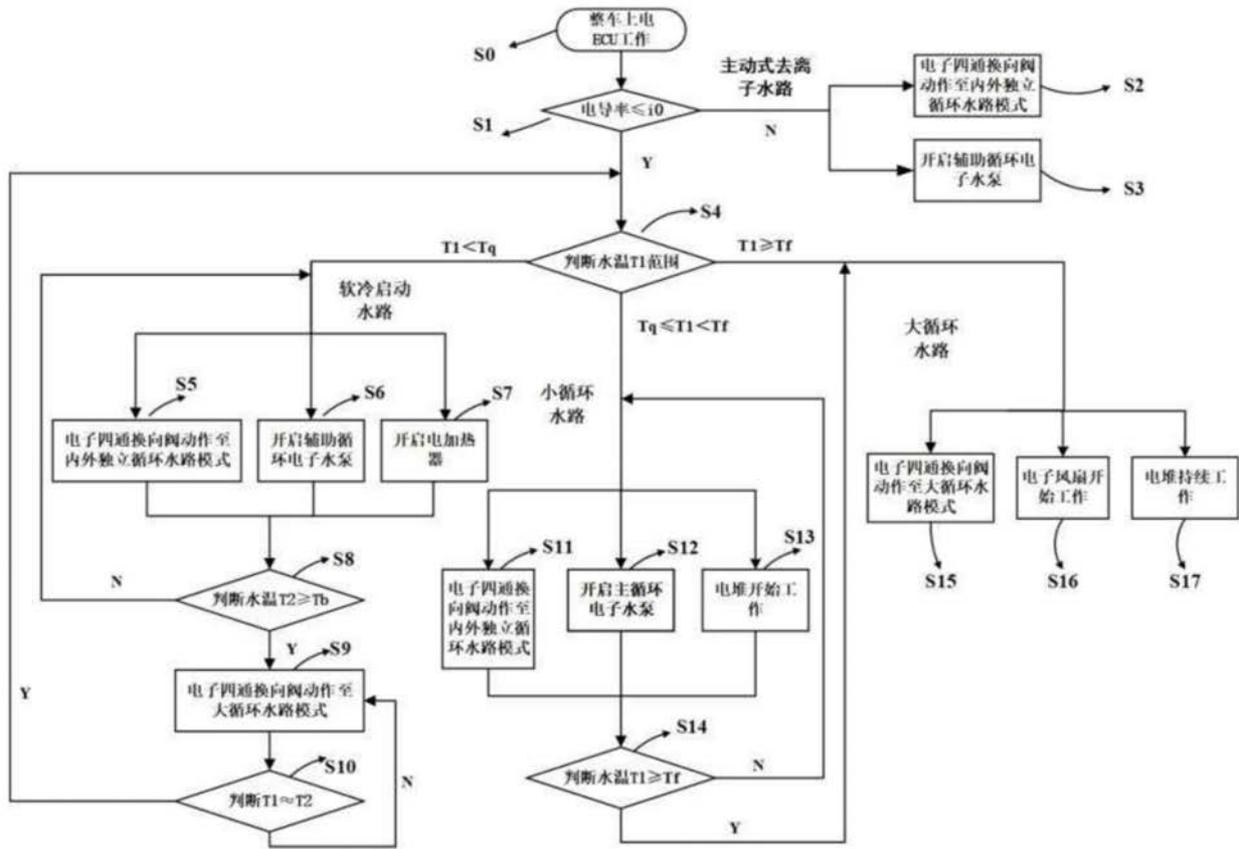


图3

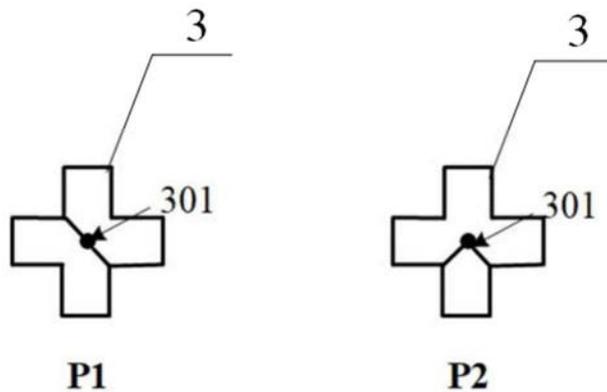


图4