



# (12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 107230812 A  
(43)申请公布日 2017. 10. 03

(21)申请号 201710405425.4

(22)申请日 2017.05.31

(71)申请人 重庆长安汽车股份有限公司

地址 400023 重庆市江北区建新东路260号

(72)发明人 裴文龙 严臣树 甘国超 单玉梅

陈兴富 周波

(74)专利代理机构 重庆华科专利事务所 50123

代理人 康海燕

(51) Int. Cl.

H01M 10/613(2014.01)

H01M 10/625(2014.01)

H01M 10/635(2014.01)

H01M 10/65(2014.01)

H01M 10/6567(2014.01)

B60L 11/18(2006.01)

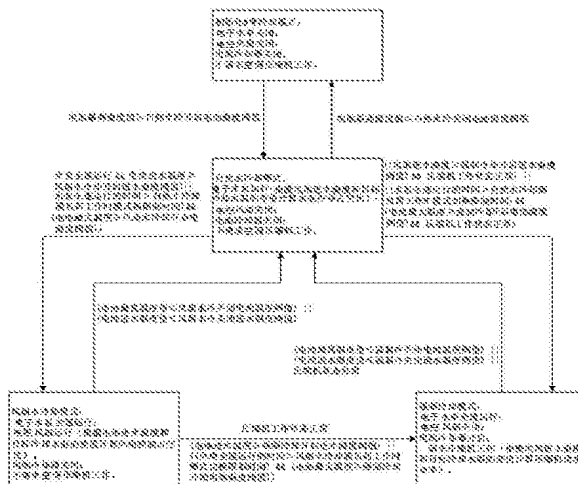
权利要求书4页 说明书9页 附图3页

## (54)发明名称

一种混合动力汽车动力电池的冷却控制系统及方法

## (57)摘要

本发明涉及一种混合动力汽车动力电池的冷却控制系统,其综合分析和评估车辆运行工况对电池包冷却的影响,综合电池包的工作环境温度、电池剩余电量和电池输出功率,根据电池冷却的不同需求,控制风冷、水冷和压缩机制冷来达到及时有效的冷却目的,实现了与传统汽车的热管理系统的兼容和部件共享,而且易于实现功耗管理。本发明还涉及一种混合动力汽车动力电池的冷却控制方法,其分自然水冷却模式、风扇水冷却模式和强制冷却模式三种模式冷却,满足电池包冷却的不同等级的需求,也实现了不同制冷模式的平稳过度,而且兼顾了系统的节能设计。



1. 一种混合动力汽车动力电池的冷却控制系统,包括通过管路串连的电池包(BT)、电子水泵(P1)和散热器(CE),所述电子水泵(P1)设置于散热器(CE)的出水口与电池包(BT)的进水口之间,散热器(CE)的出水口与电池包(BT)的进水口之间的管路还并联有一条补偿管路,该补偿管路上设置有补偿水箱(WB),其特征在于:还包括通过管路连接于电池包(BT)的出水口与散热器(CE)的进水口之间的电池冷却器(CR),所述电池冷却器(CR)利用空调压缩机(AC)降温;电池包(BT)与电池冷却器(CR)之间的管路上设置有开关(K1),电池冷却器(CR)的出水口处设置有用于检测电池包(BT)工作环境温度的第一温度传感器(S1),散热器(CE)对应设置有电控风扇(FN),电池包(BT)的进水口处设置有用于检测电池包(BT)进水温度的第二温度传感器(S2);

所述第一温度传感器(S1)和第二温度传感器(S2)通过硬线直连至热管理控制器,所述空调压缩机(AC)连接有空调控制器,所述电池包(BT)连接有电池包控制器,所述热管理控制器、空调控制器以及电池包控制器通过CAN总线交互参数信息和控制信号,热管理控制器与电控风扇(FN)、电子水泵(P1)、开关(K1)以及电池冷却器(CR)控制连接,热管理控制器基于电池包(BT)的工作环境温度、电池剩余电量和电池输出功率控制电子水泵(P1)、电控风扇(FN)、空调压缩机(AC)的运行状态以及开关K1的通断和电池冷却器(CR)的启停。

2. 根据权利要求1所述的一种混合动力汽车动力电池的冷却控制系统,其特征在于:所述热管理控制器通过硬线与电控风扇(FN)和电子水泵(P1)连接,并通过控制硬线上的占空比实现对电子水泵(P1)和电控风扇(FN)的速度调控。

3. 一种根据权利要求2所述的冷却控制系统的混合动力汽车动力电池的冷却控制方法,其特征在于:所述热管理控制器获取电池最高温度 $T_{max}$ 、电池剩余电量 $Q_{soc}$ 、电池输出功率 $P_{out}$ 、电池工作环境温度 $T_{ev}$ 、电池进水温度和空调压缩机(AC)的工作状态信息,并进行如下阈值的计算:

根据电池工作环境温度 $T_{ev}$ 计算自然水冷开启电池温度阈值基础值 $T_{stb1} = f_1(T_{ev})$ ;

根据电池工作环境温度 $T_{ev}$ 计算风扇水冷开启电池温度阈值基础值 $T_{stb2} = f_2(T_{ev})$ ;

根据电池工作环境温度 $T_{ev}$ 计算强制冷却开启电池温度阈值基础值 $T_{stb3} = f_3(T_{ev})$ ;

根据电池工作环境温度 $T_{ev}$ 计算自然水冷关闭电池温度阈值基础值 $T_{spb1} = g_1(T_{ev})$ ;

根据电池工作环境温度 $T_{ev}$ 计算风扇水冷关闭电池温度阈值基础值 $T_{spb2} = g_2(T_{ev})$ ;

根据电池工作环境温度 $T_{ev}$ 计算强制冷却关闭电池温度阈值基础值 $T_{spb3} = g_3(T_{ev})$ ;

根据电池包剩余电量 $Q_{soc}$ 和电池包输出功率 $P_{out}$ 计算电池温度阈值修正值 $T_{md} = h_1(Q_{soc}, P_{out})$ ,则有:

自然水冷开启电池温度阈值 $T_{st1} = T_{stb1} + T_{md}$ ;

风扇水冷开启电池温度阈值 $T_{st2} = T_{stb2} + T_{md}$ ;

强制冷却开启电池温度阈值 $T_{st3} = T_{stb3} + T_{md}$ ;

自然水冷关闭电池温度阈值 $T_{sp1} = T_{spb1} + T_{md}$ ;

风扇水冷关闭电池温度阈值 $T_{sp2} = T_{spb2} + T_{md}$ ;

强制冷却关闭电池温度阈值 $T_{sp3} = T_{spb3} + T_{md}$ ;

根据电池工作环境温度 $T_{ev}$ 计算风扇水冷却开启进水温度阈值 $T_{iwt2} = f_{iwt2}(T_{ev})$ ;

根据电池工作环境温度 $T_{ev}$ 计算强制冷却开启进水温度阈值 $T_{iwt3} = f_{iwt3}(T_{ev})$ ;

根据电池工作环境温度 $T_{ev}$ 计算风扇水冷却关闭进水温度阈值 $T_{iwp2} = f_{iwp2}(T_{ev})$ ;

根据电池工作环境温度 $T_{ev}$ 计算强制冷却关闭进水温度阈值 $T_{iwp3} = f_{iwp3}(T_{ev})$ ;

根据电池工作环境温度 $T_{ev}$ 、电池最高温度值 $T_{max}$ 、电池剩余电量 $Q_{soc}$ 和输出功率 $P_{out}$ 计算目标冷却水温 $T_{iwa} = f_{iwa}(T_{ev}, T_{max}, Q_{soc}, P_{out})$ ;

所述自然水冷开启电池温度阈值 $T_{st1} < 风扇水冷开启电池温度阈值T_{st2} < 强制冷却开启电池温度阈值T_{st3}$ ;所述自然水冷关闭电池温度阈值 $T_{sp1} < 风扇水冷关闭电池温度阈值T_{sp2} < 强制冷却关闭电池温度阈值T_{sp3}$ ;风扇水冷却开启进水温度阈值 $T_{iwt2} < 强制冷却开启进水温度阈值T_{iwt3}$ ;风扇水冷却关闭进水温度阈值 $T_{spi2} < 强制冷却关闭进水温度阈值T_{spi3}$ ;

所述热管理控制器的控制逻辑为:

首先,初始化各部件,使得水泵控制占空比为最小值 $D_{pmin}$ ,风扇控制占空比为最小值 $D_{fmin}$ ,电池冷却器处于关闭状态,压缩机请求功率为最小值 $P_{rmin}$ ;保持初始化状态直至电池最高温度值 $T_{max} \geq 自然水冷却开启电池温度阈值T_{st1}$ ,冷却控制系统进入自然水冷却模式;

然后,在自然水冷却模式下,若电池最高温度值 $T_{max} < 自然水冷却开启电池温度阈值T_{st1}$ ,则退出自然水冷却模式,返回到初始化状态;否则,判断冷却控制系统是否具备切换到强制冷却模式的条件:电子水泵(P1)以最大控制占空比 $D_{pmax}$ 运行且电池进水温度 $T_{iwt} \geq 强制冷却开启进水温度阈值T_{iwt3}$ 且空调压缩机(AC)工作状态正常;或者电子水泵(P1)以最大占空比 $D_{pmax}$ 运行的时间 $> 限制时间TimeD1$ 且电池最大温度 $T_{max} \geq 强制冷却开启电池温度阈值T_{st3}$ 且空调压缩机(AC)工作状态正常;

在冷却控制系统不具备切换到强制冷却模式的条件时,判断冷却控制系统是否具备切换到风扇水冷却模式的条件:电子水泵(P1)以最大控制占空比 $D_{pmax}$ 运行且电池进水温度 $T_{iwt} \geq 风扇水冷却开启进水温度阈值T_{iwt2}$ ;或者电子水泵(P1)以最大占空比 $D_{pmax}$ 运行的时间 $> 限制时间TimeD1$ 且电池最大温度 $T_{max} \geq 风扇水冷却开启电池温度阈值T_{st2}$ ;

其次,在强制冷却模式下,当电池最大温度 $T_{max} \leq 强制冷却关闭电池温度阈值T_{sp3}$ 、电池进水温度值 $T_{iwt} \leq 强制冷却关闭进水温度阈值T_{spi3}$ 、空调压缩机(AC)工作状态异常三个条件中的任意条件发生时,退出强制冷却模式,返回自然水冷却模式;

在风扇水冷却模式下,当电池最高温度值 $T_{max} \leq 风扇水冷关闭电池温度阈值T_{sp2}$ ,或者电池进水温度值 $T_{iwt} \leq 风扇水冷关闭进水温度阈值T_{spi2}$ ,退出风扇水冷却模式,返回自然水冷却模式;当电池进水温度 $T_{iwt} \geq 强制冷却开启进水温度阈值T_{iwt2}$ 且空调压缩机(AC)工作状态正常,或者风扇以最大占空比 $D_{fmax}$ 运行的时间 $> 限制时间TimeD2$ 、电池最高温度 $T_{max} \geq 强制冷却开启电池温度阈值T_{st3}$ 且空调压缩机(AC)工作状态正常,退出风扇水冷却模式,进入强制冷却模式;

其中,自然水冷却模式为:电子水泵(P1)运行状态且占空比 $D_{pump}$ 根据电池进水温度 $T_{iwt}$ 和目标冷却水温 $T_{iwa}$ 的差值计算有: $D_{pump} = f_{dp}(T_{iwt} - T_{iwa})$ ,电控风扇(FN)关闭状态,电池冷却器(CR)关闭状态,不请求空调压缩机(AC)工作;

风扇水冷却模式为:电子水泵(P1)运行状态且占空比 $D_{pump}$ 为最大值 $D_{pmax}$ ,电控风扇(FN)占空比 $D_{fan}$ 根据电池进水温度 $T_{iwt}$ 和目标冷却水温 $T_{iwa}$ 的差值计算有: $D_{fan} = f_{df}(T_{iwt} - T_{iwa})$ ,电池冷却器(CR)关闭状态,不请求空调压缩机(AC)工作;

强制冷却模式为:电子水泵(P1)运行状态且占空比 $D_{pump}$ 为最大值 $D_{pmax}$ ,电控风扇(FN)关闭状态,电池冷却器(CR)运行状态,请求空调压缩机(AC)工作功率 $P_{req}$ 根据电池进水温度 $T_{iwt}$ 和目标冷却水温 $T_{iwa}$ 的差值计算有: $P_{req} = f_{pr}(T_{iwt} - T_{iwa})$ 。

4. 根据权利要求3所述的一种混合动力汽车动力电池的冷却控制方法,其特征在于:所述热管理控制器的控制流程为:

步骤一、各部件初始化,使得水泵控制占空比为最小值 $D_{pmin}$ ,风扇控制占空比为最小值 $D_{fmin}$ ,电池冷却器处于关闭状态,压缩机请求功率为最小值 $P_{rmin}$ ;

步骤二、判断电池最高温度值 $T_{max}$ 值,若电池最高温度值 $T_{max} \geq$ 自然水冷开启电池温度阈值 $T_{st1}$ ,则冷却控制系统进入自然水冷却模式;否则返回步骤一;

步骤三、判断电池最高温度值 $T_{max}$ 值,若电池最高温度值 $T_{max} \leq$ 自然水冷关闭电池温度阈值 $T_{sp1}$ ,则关闭电子水泵(P1),退出自然水冷却模式,返回步骤二;否则进入步骤四;

步骤四、判断电子水泵(P1)是否以最大占空比 $D_{pmax}$ 运行,若是,则进入步骤五;否则返回步骤三;

步骤五、判断电池进水温度 $T_{iwt}$ ,若电池进水温度 $T_{iwt} \geq$ 强制冷却开启进水温度阈值 $T_{iwt3}$ ,则进入步骤八;否则进入步骤六;

步骤六、判断水泵以最大占空比 $D_{pmax}$ 运行的时间是否大于限制时间 $TimeD1$ ,若是则进入步骤七;否则进入步骤九;

步骤七、判断电池最高温度值 $T_{max}$ 值,若电池最大温度 $T_{max} \geq$ 强制冷却开启电池温度阈值 $T_{st3}$ ,则进入步骤八;否则进入步骤九;

步骤八、判断空调压缩机(AC)的工作状态是否正常,若是,则进入步骤十二;否则进入步骤九;

步骤九、判断电池进水温度 $T_{iwt}$ ,若电池进水温度 $T_{iwt} \geq$ 风扇水冷却开启进水温度阈值 $T_{iwt2}$ ,则进入步骤十五;否则进入步骤十;

步骤十、判断水泵以最大占空比 $D_{pmax}$ 运行的时间是否大于限制时间 $TimeD1$ ,若是则进入步骤十一;否则返回步骤三;

步骤十一、判断电池最高温度值 $T_{max}$ 值,若电池最大温度 $T_{max} \geq$ 风扇水冷却开启电池温度阈值 $T_{st2}$ ,则进入步骤十五;否则返回步骤三;

步骤十二、进入强制冷却模式,判断电池最高温度值 $T_{max}$ 值,若电池最高温度值 $T_{max} \leq$ 强制冷却关闭电池温度阈值 $T_{sp3}$ ,则退出强制冷却模式,返回步骤三;否则进入步骤十三;

步骤十三、判断电池进水温度值 $T_{iwt}$ ,若电池进水温度值 $T_{iwt} \leq$ 强制冷却关闭进水温度阈值 $T_{spi3}$ ,则退出强制冷却模式,返回步骤三;否则进入步骤十四;

步骤十四、判断空调压缩机(AC)工作状态是否异常,若是,则退出强制冷却模式,返回步骤三;否则返回步骤十二;

步骤十五、进入风扇水冷却模式,判断电池最高温度值 $T_{max}$ ,若电池最高温度值 $T_{max} \leq$ 风扇水冷关闭电池温度阈值 $T_{sp2}$ ,则退出风扇水冷却模式,返回步骤三;否则进入步骤十六;

步骤十六、判断电池进水温度值 $T_{iwt}$ ,若电池进水温度值 $T_{iwt} \leq$ 风扇水冷关闭进水温度阈值 $T_{spi2}$ ,则退出风扇水冷却模式,返回步骤三;否则进入步骤十七;

步骤十七、判断电池进水温度 $T_{iwt}$ ,若电池进水温度 $T_{iwt} \geq$ 强制冷却开启进水温度阈值 $T_{iwt2}$ ,返回步骤八;否则进入步骤十八;

步骤十八、判断风扇以最大占空比 $D_{fmax}$ 运行的时间,若风扇以最大占空比 $D_{fmax}$ 运行的时间 $>$ 限制时间 $TimeD2$ ,则进入步骤十九;否则返回步骤十五;

步骤十九、判断电池最高温度 $T_{max}$ ,若电池最高温度 $T_{max} \geq$ 强制冷却开启电池温度阈值

T<sub>st3</sub>, 返回步骤八; 否则返回步骤十五。

## 一种混合动力汽车动力电池的冷却控制系统及方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及动力电池的温控技术,具体是一种混合动力汽车动力电池的冷却控制系统及方法。

### 背景技术

[0002] 动力电池在充放电过程中会产生热量,在高温工况下如果不能及时散发热量,不但会影响其工作效率,而且会影响其使用寿命,甚至引起安全隐患。

[0003] 混合动力汽车的动力电池热管理系统采用风冷、水冷或油冷方式的方式对电池包进行冷却。风冷方式不需要复杂的管路布局,但是散热能力有限,散热不均匀,对发动机舱整体结构设计要求高。油冷方式能够均匀的散热,而且散热能力也不错,但是油冷装置设计比较复杂,成本也较高。水冷是汽车领域常用的零部件冷却手段,散热能力不错,易于实现。

[0004] 现有的冷却控制方法一般是基于电池自身发热特性设置控制阈值对电池的温度进行控制,而欠缺对车辆运行工况的考虑。汽车运行的工况复杂多变,对电池包的冷却控制有很大影响,例如电池工作的环境温度就是影响电池升温 and 降温一个重要因素,动力电池对工作的环境温度要求较高,单纯的某一种制冷方式很难满足各种工况下的冷却需求。

### 发明内容

[0005] 本发明的目的在于提供一种混合动力汽车动力电池的冷却控制系统及方法,其综合分析和评估车辆运行工况对电池包冷却的影响,既实现不同工况下电池的有效冷却,也实现了不同制冷模式的平稳过度,而且兼顾了制冷系统的节能设计。

[0006] 本发明的技术方案如下:

[0007] 一种混合动力汽车动力电池的冷却控制系统,其包括通过管路串连的电池包、电子水泵和散热器,所述电子水泵设置于散热器的出水口与电池包的进水口之间,散热器的出水口与电池包的进水口之间的管路还并联有一条补偿管路,该补偿管路上设置有补偿水箱,其还包括通过管路连接于电池包的出水口与散热器的进水口之间的电池冷却器,所述电池冷却器利用空调压缩机降温;电池包与电池冷却器之间的管路上设置有开关,电池冷却器的出水口处设置有用于检测电池包工作环境温度的第一温度传感器,散热器对应设置有电控风扇,电池包的进水口处设置有用于检测电池包进水温度的第二温度传感器。

[0008] 所述第一温度传感器和第二温度传感器硬线直连至热管理控制器,所述空调压缩机连接有空调控制器,所述电池包连接有电池包控制器,所述热管理控制器、空调控制器以及电池包控制器通过CAN总线交互参数信息和控制信号,热管理控制器与电控风扇、电子水泵、开关以及电池冷却器控制连接,热管理控制器基于电池包的工作环境温度、电池剩余电量和电池输出功率控制电子水泵、电控风扇、空调压缩机的运行状态以及开关的通断和电池冷却器的启停。

[0009] 进一步的,所述热管理控制器通过硬线与电控风扇和电子水泵连接,并通过控制硬线上的占空比实现对电子水泵和电控风扇的速度调控。

[0010] 本发明还公开了一种基于上述冷却控制系统的混合动力汽车动力电池的冷却控制方法:所述热管理控制器获取电池最高温度 $T_{\max}$ 、电池剩余电量 $Q_{\text{soc}}$ 、电池输出功率 $P_{\text{out}}$ 、电池工作环境温度 $T_{\text{ev}}$ 、电池进水温度和空调压缩机的工作状态信息,并进行如下阈值的计算:

[0011] 根据电池工作环境温度 $T_{\text{ev}}$ 计算自然水冷开启电池温度阈值基础值 $T_{\text{stb1}}=f_1(T_{\text{ev}})$ 。

[0012] 根据电池工作环境温度 $T_{\text{ev}}$ 计算风扇水冷开启电池温度阈值基础值 $T_{\text{stb2}}=f_2(T_{\text{ev}})$ 。

[0013] 根据电池工作环境温度 $T_{\text{ev}}$ 计算强制冷却开启电池温度阈值基础值 $T_{\text{stb3}}=f_3(T_{\text{ev}})$ 。

[0014] 根据电池工作环境温度 $T_{\text{ev}}$ 计算自然水冷关闭电池温度阈值基础值 $T_{\text{spb1}}=g_1(T_{\text{ev}})$ 。

[0015] 根据电池工作环境温度 $T_{\text{ev}}$ 计算风扇水冷关闭电池温度阈值基础值 $T_{\text{spb2}}=g_2(T_{\text{ev}})$ 。

[0016] 根据电池工作环境温度 $T_{\text{ev}}$ 计算强制冷却关闭电池温度阈值基础值 $T_{\text{spb3}}=g_3(T_{\text{ev}})$ 。

[0017] 根据电池包剩余电量 $Q_{\text{soc}}$ 和电池包输出功率 $P_{\text{out}}$ 计算电池温度阈值修正值 $T_{\text{md}}=h_1(Q_{\text{soc}}, P_{\text{out}})$ ,则有:

[0018] 自然水冷开启电池温度阈值 $T_{\text{st1}}=T_{\text{stb1}}+T_{\text{md}}$ 。

[0019] 风扇水冷开启电池温度阈值 $T_{\text{st2}}=T_{\text{stb2}}+T_{\text{md}}$ 。

[0020] 强制冷却开启电池温度阈值 $T_{\text{st3}}=T_{\text{stb3}}+T_{\text{md}}$ 。

[0021] 自然水冷关闭电池温度阈值 $T_{\text{sp1}}=T_{\text{spb1}}+T_{\text{md}}$ 。

[0022] 风扇水冷关闭电池温度阈值 $T_{\text{sp2}}=T_{\text{spb2}}+T_{\text{md}}$ 。

[0023] 强制冷却关闭电池温度阈值 $T_{\text{sp3}}=T_{\text{spb3}}+T_{\text{md}}$ 。

[0024] 根据电池工作环境温度 $T_{\text{ev}}$ 计算风扇水冷却开启进水温度阈值 $T_{\text{iwt2}}=f_{\text{iwt2}}(T_{\text{ev}})$ 。

[0025] 根据电池工作环境温度 $T_{\text{ev}}$ 计算强制冷却开启进水温度阈值 $T_{\text{iwt3}}=f_{\text{iwt3}}(T_{\text{ev}})$ 。

[0026] 根据电池工作环境温度 $T_{\text{ev}}$ 计算风扇水冷却关闭进水温度阈值 $T_{\text{iwp2}}=f_{\text{iwp2}}(T_{\text{ev}})$ 。

[0027] 根据电池工作环境温度 $T_{\text{ev}}$ 计算强制冷却关闭进水温度阈值 $T_{\text{iwp3}}=f_{\text{iwp3}}(T_{\text{ev}})$ 。

[0028] 根据电池工作环境温度 $T_{\text{ev}}$ 、电池最高温度值 $T_{\max}$ 、电池剩余电量 $Q_{\text{soc}}$ 和输出功率 $P_{\text{out}}$ 计算目标冷却水温 $T_{\text{iwa}}=f_{\text{iwa}}(T_{\text{ev}}, T_{\max}, Q_{\text{soc}}, P_{\text{out}})$ 。

[0029] 所述自然水冷开启电池温度阈值 $T_{\text{st1}}<$ 风扇水冷开启电池温度阈值 $T_{\text{st2}}<$ 强制冷却开启电池温度阈值 $T_{\text{st3}}$ ;所述自然水冷关闭电池温度阈值 $T_{\text{sp1}}<$ 风扇水冷关闭电池温度阈值 $T_{\text{sp2}}<$ 强制冷却关闭电池温度阈值 $T_{\text{sp3}}$ ;风扇水冷却开启进水温度阈值 $T_{\text{iwt2}}<$ 强制冷却开启进水温度阈值 $T_{\text{iwt3}}$ ;风扇水冷却关闭进水温度阈值 $T_{\text{spi2}}<$ 强制冷却关闭进水温度阈值 $T_{\text{spi3}}$ 。

[0030] 所述热管理控制器的控制逻辑为:

[0031] 首先,初始化各部件,使得水泵控制占空比为最小值 $D_{\text{pmin}}$ ,风扇控制占空比为最小值 $D_{\text{fmin}}$ ,电池冷却器处于关闭状态,压缩机请求功率为最小值 $P_{\text{rmin}}$ ;保持初始化状态直至电池最高温度值 $T_{\max}\geq$ 自然水冷却开启电池温度阈值 $T_{\text{st1}}$ ,冷却控制系统进入自然水冷却模式。

[0032] 然后,在自然水冷却模式下,若电池最高温度值 $T_{\max}<$ 自然水冷开启电池温度阈值 $T_{\text{st1}}$ ,则退出自然水冷却模式,返回到初始化状态;否则,判断冷却控制系统是否具备切换到强制冷却模式的条件:电子水泵以最大控制占空比 $D_{\text{pmax}}$ 运行且电池进水温度 $T_{\text{iwt}}\geq$ 强制冷却开启进水温度阈值 $T_{\text{iwt3}}$ 且空调压缩机工作状态正常;或者电子水泵以最大占空比 $D_{\text{pmax}}$ 运行的时间 $>$ 限制时间 $\text{TimeD1}$ 且电池最大温度 $T_{\max}\geq$ 强制冷却开启电池温度阈值 $T_{\text{st3}}$ 且空调压缩机工作状态正常。

[0033] 在冷却控制系统不具备切换到强制冷却模式的条件时,判断冷却控制系统是否具

备切换到风扇水冷却模式的条件:电子水泵以最大控制占空比 $D_{pmax}$ 运行且电池进水温度 $T_{iwt} \geq$ 风扇水冷却开启进水温度阈值 $T_{iwt2}$ ;或者电子水泵以最大占空比 $D_{pmax}$ 运行的时间 $>$ 限制时间 $TimeD1$ 且电池最大温度 $T_{max} \geq$ 风扇水冷却开启电池温度阈值 $T_{st2}$ 。

[0034] 其次,在强制冷却模式下,当电池最大温度 $T_{max} \leq$ 强制冷却关闭电池温度阈值 $T_{sp3}$ 、电池进水温度值 $T_{iwt} \leq$ 强制冷却关闭进水温度阈值 $T_{spi3}$ 、空调压缩机工作状态异常三个条件中的任意条件发生时,退出强制冷却模式,返回自然水冷却模式。

[0035] 在风扇水冷却模式下,当电池最高温度值 $T_{max} \leq$ 风扇水冷却关闭电池温度阈值 $T_{sp2}$ ,或者电池进水温度值 $T_{iwt} \leq$ 风扇水冷却关闭进水温度阈值 $T_{spi2}$ ,退出风扇水冷却模式,返回自然水冷却模式;当电池进水温度 $T_{iwt} \geq$ 强制冷却开启进水温度阈值 $T_{iwt2}$ 且空调压缩机工作状态正常,或者风扇以最大占空比 $D_{fmax}$ 运行的时间 $>$ 限制时间 $TimeD2$ 、电池最高温度 $T_{max} \geq$ 强制冷却开启电池温度阈值 $T_{st3}$ 且空调压缩机工作状态正常,退出风扇水冷却模式,进入强制冷却模式。

[0036] 其中,自然水冷却模式为:电子水泵运行状态且占空比 $D_{pump}$ 根据电池进水温度 $T_{iwt}$ 和目标冷却水温 $T_{iwa}$ 的差值计算有: $D_{pump} = f_{dp}(T_{iwt} - T_{iwa})$ ,电控风扇关闭状态,电池冷却器关闭状态,不请求空调压缩机工作。

[0037] 风扇水冷却模式为:电子水泵运行状态且占空比 $D_{pump}$ 为最大值 $D_{pmax}$ ,电控风扇占空比 $D_{fan}$ 根据电池进水温度 $T_{iwt}$ 和目标冷却水温 $T_{iwa}$ 的差值计算有: $D_{fan} = f_{df}(T_{iwt} - T_{iwa})$ ,电池冷却器关闭状态,不请求空调压缩机工作。

[0038] 强制冷却模式为:电子水泵运行状态且占空比 $D_{pump}$ 为最大值 $D_{pmax}$ ,电控风扇关闭状态,电池冷却器运行状态,请求空调压缩机工作功率 $P_{req}$ 根据电池进水温度 $T_{iwt}$ 和目标冷却水温 $T_{iwa}$ 的差值计算有: $P_{req} = f_{pr}(T_{iwt} - T_{iwa})$ 。

[0039] 进一步的,所述热管理控制器的控制流程为:

[0040] 步骤一、各部件初始化,使得水泵控制占空比为最小值 $D_{pmin}$ ,风扇控制占空比为最小值 $D_{fmin}$ ,电池冷却器处于关闭状态,压缩机请求功率为最小值 $P_{rmin}$ 。

[0041] 步骤二、判断电池最高温度值 $T_{max}$ 值,若电池最高温度值 $T_{max} \geq$ 自然水冷开启电池温度阈值 $T_{st1}$ ,则冷却控制系统进入自然水冷却模式;否则返回步骤一。

[0042] 步骤三、判断电池最高温度值 $T_{max}$ 值,若电池最高温度值 $T_{max} \leq$ 自然水冷关闭电池温度阈值 $T_{sp1}$ ,则关闭电子水泵,退出自然水冷却模式,返回步骤二;否则进入步骤四。

[0043] 步骤四、判断电子水泵是否以最大占空比 $D_{pmax}$ 运行,若是,则进入步骤五;否则返回步骤三。

[0044] 步骤五、判断电池进水温度 $T_{iwt}$ ,若电池进水温度 $T_{iwt} \geq$ 强制冷却开启进水温度阈值 $T_{iwt3}$ ,则进入步骤八;否则进入步骤六。

[0045] 步骤六、判断水泵以最大占空比 $D_{pmax}$ 运行的时间是否大于限制时间 $TimeD1$ ,若是则进入步骤七;否则进入步骤九。

[0046] 步骤七、判断电池最高温度值 $T_{max}$ 值,若电池最大温度 $T_{max} \geq$ 强制冷却开启电池温度阈值 $T_{st3}$ ,则进入步骤八;否则进入步骤九。

[0047] 步骤八、判断空调压缩机的工作状态是否正常,若是,则进入步骤十二;否则进入步骤九。

[0048] 步骤九、判断电池进水温度 $T_{iwt}$ ,若电池进水温度 $T_{iwt} \geq$ 风扇水冷却开启进水温度



阀值 $T_{iwt2}$ ,则进入步骤十五;否则进入步骤十。

[0049] 步骤十、判断水泵以最大占空比 $D_{pmax}$ 运行的时间是否大于限制时间 $TimeD1$ ,若是则进入步骤十一;否则返回步骤三。

[0050] 步骤十一、判断电池最高温度值 $T_{max}$ 值,若电池最大温度 $T_{max} \geq$ 风扇水冷却开启电池温度阀值 $T_{st2}$ ,则进入步骤十五;否则返回步骤三。

[0051] 步骤十二、进入强制冷却模式,判断电池最高温度值 $T_{max}$ 值,若电池最高温度值 $T_{max}$ 值 $\leq$ 强制冷却关闭电池温度阀值 $T_{sp3}$ ,则退出强制冷却模式,返回步骤三;否则进入步骤十三。

[0052] 步骤十三、判断电池进水温度值 $T_{iwt}$ ,若电池进水温度值 $T_{iwt} \leq$ 强制冷却关闭进水温度阀值 $T_{spi3}$ ,则退出强制冷却模式,返回步骤三;否则进入步骤十四。

[0053] 步骤十四、判断空调压缩机工作状态是否异常,若是,则退出强制冷却模式,返回步骤三;否则返回步骤十二。

[0054] 步骤十五、进入风扇水冷却模式,判断电池最高温度值 $T_{max}$ ,若电池最高温度值 $T_{max} \leq$ 风扇水冷却关闭电池温度阀值 $T_{sp2}$ ,则退出风扇水冷却模式,返回步骤三;否则进入步骤十六。

[0055] 步骤十六、判断电池进水温度值 $T_{iwt}$ ,若电池进水温度值 $T_{iwt} \leq$ 风扇水冷却关闭进水温度阀值 $T_{spi2}$ ,则退出风扇水冷却模式,返回步骤三;否则进入步骤十七。

[0056] 步骤十七、判断电池进水温度 $T_{iwt}$ ,若电池进水温度 $T_{iwt} \geq$ 强制冷却开启进水温度阀值 $T_{iwt2}$ ,返回步骤八;否则进入步骤十八。

[0057] 步骤十八、判断风扇以最大占空比 $D_{fmax}$ 运行的时间,若风扇以最大占空比 $D_{fmax}$ 运行的时间 $>$ 限制时间 $TimeD2$ ,则进入步骤十九;否则返回步骤十五。

[0058] 步骤十九、判断电池最高温度 $T_{max}$ ,若电池最高温度 $T_{max} \geq$ 强制冷却开启电池温度阀值 $T_{st3}$ ,返回步骤八;否则返回步骤十五。

[0059] 本冷却控制系统综合运用水冷、风冷和压缩机制冷技术,对动力电池的温度进行控制,实现电池的冷却功能,为电池正常工作提供适宜温度,以提升电池的工作效率和使用寿命。热管理控制器综合分析和评估车辆运行工况对电池包冷却的影响,综合电池包的工作环境温度、电池剩余电量和电池输出功率,根据电池冷却的不同需求,控制风冷、水冷和压缩机制冷来达到及时有效的冷却目的,实现了与传统汽车的热管理系统的兼容和部件共享,而且易于实现功耗管理。

[0060] 本冷却控制方法在根据环境温度、电池包剩余电量和动力电池输出功率计算控制阀值,并结合电池冷却出水温度控制水泵、风扇和压缩机的运行状态,分自然水冷却模式、风扇水冷却模式和强制冷却模式三种模式冷却,三种模式制冷的能力依次增加,功耗也依次升高,在低功耗制冷模式不能满足冷却需求时,及时启用高能耗的制冷模式。其既实现不同工况下电池包的有效冷却,满足电池包冷却的不同等级的需求,也实现了不同制冷模式的平稳过度,而且兼顾了系统的节能设计。

[0061] 本方案既满足与传统汽车热管理控制系统的通用性(采用传统汽车既有的热管理部件),又满足混合动力汽车对电池包在不同工况下的冷却需求(多个等级的冷却模式),而且电池包的温度控制更为平稳(电子水泵和电控风扇的转速可调、空调压缩机功率可调、不同冷却模式的平滑切换);另外,该方案注重节能设计理念,在保证及时有效的降温同时,

最大程度上实现了节能减排,其具有如下优点:

[0062] 1.设计了三个冷却等级,满足不同层次下的电池包冷却需求,也利于功耗控制。

[0063] 2.冷却的控制不仅基于电池包自身的发热特性,而且加入车辆运行工况的影响因素,冷却控制更客观准确。

[0064] 3.本方案在传统汽车的热管理设备基础上实现,满足与传统汽车热管理控制系统的通用性,又满足混合动力汽车对电池包热管理的特定需求。

### 附图说明

[0065] 图1为本发明一种混合动力汽车动力电池的冷却控制系统的组成结构图;

[0066] 图2为图1所示系统的控制原理图;

[0067] 图3为图1所示系统的冷却控制流程图;

[0068] 图4为本发明一种混合动力汽车动力电池的冷却控制方法的控制逻辑图。

### 具体实施方式

[0069] 下面结合附图和实施例对本发明作进一步的描述。

[0070] 如图1、2所示,本冷却控制系统由电子水泵P1、第一温度传感器S1、第二温度传感器S2、开关K1、散热器CE、电控风扇FN、电池冷却器CR、补偿水箱WB和冷却液管路等部件组成,并配合空调压缩机AC工作。所述电子水泵P1设置于散热器CE的出水口与电池包BT的进水口之间,散热器CE的出水口与电池包BT的进水口之间的管路还并联有一条补偿管路,补偿水箱WB设置在补偿管路上。电池冷却器CR在电池包BT的出水口与散热器CE的进水口之间,该三个部件通过管路连接。所述电池冷却器CR利用空调压缩机AC降温。开关K1设置在电池包BT与电池冷却器CR之间,其通断决定整个冷却管路的通断。第一温度传感器S1设置在电池冷却器CR的出水口处,用于检测电池包BT工作环境温度。散热器CE于电控风扇FN对应设置。第二温度传感器S2设置在电池包BT的进水口处,用于检测电池包BT进水温度。

[0071] 热管理控制器是整个冷却控制系统的指挥中心,它通过网络或者硬线连接与冷却回路中各部件连接,用于采集系统运行参数并控制系统中各执行部件的动作状态,实现对被控部件温度的控制。热管理控制器与各个部件的控制原理如图2所示。热管理控制器通过硬线AD1和AD2分别连接到第一温度传感器S1和第二温度传感器S2,用以获取对应温度传感器所在位置的温度信号。热管理控制器通过硬线PWM1和PWM2分别连接到电控风扇FN和电子水泵P1,并通过控制硬线上的PWM的占空比实现对电子水泵P1和电控风扇FN的速度调控。热管理控制器通过硬线DO11连接到开关K1,用以控制冷却回路的通断状态。热管理控制器通过硬线DO2连接到电池冷却器CR,用以控制电池冷却器CR的启停状态。热管理控制器和空调控制器、电池包控制器连接在CAN通信总线上,它们之间通过CAN通信交互参数信息和控制信号。热管理控制器基于电池包BT的工作环境温度和电池剩余电量和电池输出功率控制电子水泵P1、电控风扇FN、空调压缩机AC的运行状态以及开关K1的通断和电池冷却器CR的启停。

[0072] 本冷却控制系统设计为三个冷却等级,分别是自然水冷却、风扇水冷却和压缩机强制冷却。这三个冷却等级的冷却效能依次提高,能源功耗也依次上升。自然水冷却是在自然通风状态下控制电子水泵P1运作带动水循环系统中冷却液循环流动实现的冷却功能。风

扇水冷却是在自然水冷却的基础上启动电控风扇FN,以降低冷却设备及其周围环境温度,从而改善和加强冷却系统的冷却能力。压缩机强制冷却用于对冷却能力要求高的工况下,是在自然水冷却的基础上开启空调压缩机AC对水循环系统中冷却液进行冷却,使冷却液的温度降到更低,以实现对被冷却部件的强制冷却。

[0073] 图3是该系统冷却控制处理总流程。首先,通过CAN、AD和GPIO等外部接口获取控制逻辑需要的输入信号,包括电池最高温度 $T_{\max}$ 、电池剩余电量 $Q_{\text{soc}}$ 、电池输出功率 $P_{\text{out}}$ 、电池工作环境温度 $T_{\text{ev}}$ 、电池进水温度和空调压缩机AC的工作状态等。其次,根据上述输入参数计算各种冷却模式切换的阈值,然后,计算电池进水目标冷却水温 $T_{\text{iwa}}$ 。上述阈值和目标值计算完成后,执行冷却模式切换逻辑,选择进入合适的冷却模式。之后,进入对应冷却模式的运行控制中计算各执行器的输出值并控制输出,包括水泵运行控制、风扇运行控制、电池冷却器开关控制和压缩机工作请求。具体过程如下:

[0074] 1. 阈值处理

[0075] 在在综合分析和评估车辆运行工况不同参数对电池的影响后,本方案基于电池工作环境温度 $T_{\text{ev}}$ 、电池剩余电量 $Q_{\text{soc}}$ 和电池输出功率 $P_{\text{out}}$ 计算各切换模式的温度阈值。

[0076] (1) 冷却等级切换电池包最高温度阈值

[0077] 根据电池工作环境温度 $T_{\text{ev}}$ 计算自然水冷开启电池温度阈值基础值 $T_{\text{stb1}} = f_1(T_{\text{ev}})$ 。

[0078] 根据电池工作环境温度 $T_{\text{ev}}$ 计算风扇水冷开启电池温度阈值基础值 $T_{\text{stb2}} = f_2(T_{\text{ev}})$ 。

[0079] 根据电池工作环境温度 $T_{\text{ev}}$ 计算强制冷却开启电池温度阈值基础值 $T_{\text{stb3}} = f_3(T_{\text{ev}})$ 。

[0080] 根据电池工作环境温度 $T_{\text{ev}}$ 计算自然水冷关闭电池温度阈值基础值 $T_{\text{spb1}} = g_1(T_{\text{ev}})$ 。

[0081] 根据电池工作环境温度 $T_{\text{ev}}$ 计算风扇水冷关闭电池温度阈值基础值 $T_{\text{spb2}} = g_2(T_{\text{ev}})$ 。

[0082] 根据电池工作环境温度 $T_{\text{ev}}$ 计算强制冷却关闭电池温度阈值基础值 $T_{\text{spb3}} = g_3(T_{\text{ev}})$ 。

[0083] 根据电池包剩余电量 $Q_{\text{soc}}$ 和电池包输出功率 $P_{\text{out}}$ 计算电池温度阈值修正值 $T_{\text{md}} = h_1(Q_{\text{soc}}, P_{\text{out}})$ ,则有:

[0084] 自然水冷开启电池温度阈值 $T_{\text{st1}} = T_{\text{stb1}} + T_{\text{md}}$ 。

[0085] 风扇水冷开启电池温度阈值 $T_{\text{st2}} = T_{\text{stb2}} + T_{\text{md}}$ 。

[0086] 强制冷却开启电池温度阈值 $T_{\text{st3}} = T_{\text{stb3}} + T_{\text{md}}$ 。

[0087] 自然水冷关闭电池温度阈值 $T_{\text{sp1}} = T_{\text{spb1}} + T_{\text{md}}$ 。

[0088] 风扇水冷关闭电池温度阈值 $T_{\text{sp2}} = T_{\text{spb2}} + T_{\text{md}}$ 。

[0089] 强制冷却关闭电池温度阈值 $T_{\text{sp3}} = T_{\text{spb3}} + T_{\text{md}}$ 。

[0090] (2) 冷却等级切换电池进水温度阈值

[0091] 根据电池工作环境温度 $T_{\text{ev}}$ 计算风扇水冷却开启进水温度阈值 $T_{\text{iwt2}} = f_{\text{iwt2}}(T_{\text{ev}})$ 。

[0092] 根据电池工作环境温度 $T_{\text{ev}}$ 计算强制冷却开启进水温度阈值 $T_{\text{iwt3}} = f_{\text{iwt3}}(T_{\text{ev}})$ 。

[0093] 根据电池工作环境温度 $T_{\text{ev}}$ 计算风扇水冷却关闭进水温度阈值 $T_{\text{iwp2}} = f_{\text{iwp2}}(T_{\text{ev}})$ 。

[0094] 根据电池工作环境温度 $T_{\text{ev}}$ 计算强制冷却关闭进水温度阈值 $T_{\text{iwp3}} = f_{\text{iwp3}}(T_{\text{ev}})$ 。

[0095] (3) 电池进水目标冷却水温

[0096] 根据电池工作环境温度 $T_{\text{ev}}$ 、电池最高温度值 $T_{\max}$ 、电池剩余电量 $Q_{\text{soc}}$ 和输出功率 $P_{\text{out}}$ 计算目标冷却水温 $T_{\text{iwa}} = f_{\text{iwa}}(T_{\text{ev}}, T_{\max}, Q_{\text{soc}}, P_{\text{out}})$ 。

[0097] (4) 标定量

[0098] 水泵占空比最小值 $D_{\text{pmin}}$ 、水泵占空比最大值 $D_{\text{pmax}}$ 、风扇占空比最小值 $D_{\text{fmin}}$ 、风扇占

空比最大值 $D_{fmax}$ 、压缩机请求功率最小值 $P_{rmin}$ 、压缩机请求功率最大值 $P_{rmax}$ 、自然水冷却满负荷工作(即水泵全速运转)时冷却模式切换的限制时间 $TimeD1$ 和风扇水冷却满负荷工作(即风扇全速运转)时冷却模式切换的限制时间 $TimeD2$ 等均为标定参数,根据器件参数和实车情况进行标定。

[0099] 在上述各计算式中,各阈值均是由理论计算或是试验得出,其中所述自然水冷开启电池温度阈值 $T_{st1}$ <风扇水冷开启电池温度阈值 $T_{st2}$ <强制冷却开启电池温度阈值 $T_{st3}$ ;所述自然水冷关闭电池温度阈值 $T_{sp1}$ <风扇水冷关闭电池温度阈值 $T_{sp2}$ <强制冷却关闭电池温度阈值 $T_{sp3}$ ;风扇水冷却开启进水温度阈值 $T_{iwt2}$ <强制冷却开启进水温度阈值 $T_{iwt3}$ ;风扇水冷却关闭进水温度阈值 $T_{spi2}$ <强制冷却关闭进水温度阈值 $T_{spi3}$ 。

## [0100] 2.冷却模式切换

[0101] 基于上述计算出来的阈值,根据图4所示冷却控制模式切换策略进行冷却模式管理,以达到既能满足不同工况下的冷却需求,在保证及时有效降温的同时,又以更低的功耗实现的目的。

[0102] 首先,初始化各部件,即非冷却模式,各个冷却部件均不工作,即水泵控制占空比为最小值 $D_{pmin}$ ,风扇控制占空比为最小值 $D_{fmin}$ ,电池冷却器处于关闭状态,压缩机请求功率为最小值 $P_{rmin}$ ;保持初始化状态直至电池最高温度值 $T_{max} \geq$ 自然水冷却开启电池温度阈值 $T_{st1}$ ,冷却控制系统进入自然水冷却模式。

[0103] 然后,在自然水冷却模式下,若电池最高温度值 $T_{max} <$ 自然水冷开启电池温度阈值 $T_{st1}$ ,则退出自然水冷却模式,返回到初始化状态;否则,判断冷却控制系统是否具备切换到强制冷却模式的条件:电子水泵P1以最大控制占空比 $D_{pmax}$ 运行且电池进水温度 $T_{iwt} \geq$ 强制冷却开启进水温度阈值 $T_{iwt3}$ 且空调压缩机AC工作状态正常;或者电子水泵P1以最大占空比 $D_{pmax}$ 运行的时间>限制时间 $TimeD1$ 且电池最大温度 $T_{max} \geq$ 强制冷却开启电池温度阈值 $T_{st3}$ 且空调压缩机AC工作状态正常。

[0104] 在冷却控制系统不具备切换到强制冷却模式的条件时,判断冷却控制系统是否具备切换到风扇水冷却模式的条件:电子水泵P1以最大控制占空比 $D_{pmax}$ 运行且电池进水温度 $T_{iwt} \geq$ 风扇水冷却开启进水温度阈值 $T_{iwt2}$ ;或者电子水泵P1以最大占空比 $D_{pmax}$ 运行的时间>限制时间 $TimeD1$ 且电池最大温度 $T_{max} \geq$ 风扇水冷却开启电池温度阈值 $T_{st2}$ 。

[0105] 其次,在强制冷却模式下,当电池最大温度 $T_{max} \leq$ 强制冷却关闭电池温度阈值 $T_{sp3}$ 、电池进水温度值 $T_{iwt} \leq$ 强制冷却关闭进水温度阈值 $T_{spi3}$ 、空调压缩机AC工作状态异常三个条件中的任意条件发生时,退出强制冷却模式,返回自然水冷却模式。

[0106] 在风扇水冷却模式下,当电池最高温度值 $T_{max} \leq$ 风扇水冷关闭电池温度阈值 $T_{sp2}$ ,或者电池进水温度值 $T_{iwt} \leq$ 风扇水冷关闭进水温度阈值 $T_{spi2}$ ,退出风扇水冷却模式,返回自然水冷却模式;当电池进水温度 $T_{iwt} \geq$ 强制冷却开启进水温度阈值 $T_{iwt2}$ 且空调压缩机AC工作状态正常,或者风扇以最大占空比 $D_{fmax}$ 运行的时间>限制时间 $TimeD2$ 、电池最高温度 $T_{max} \geq$ 强制冷却开启电池温度阈值 $T_{st3}$ 且空调压缩机AC工作状态正常,退出风扇水冷却模式,进入强制冷却模式。

## [0107] 3.运行控制

[0108] 自然水冷却模式为:电子水泵P1运行状态且占空比 $D_{pump}$ 根据电池进水温度 $T_{iwt}$ 和目标冷却水温 $T_{iwa}$ 的差值计算有: $D_{pump} = f_{dp}(T_{iwt} - T_{iwa})$ ,电控风扇FN关闭状态,电池冷却器CR

关闭状态,不请求空调压缩机AC工作;

[0109] 风扇水冷却模式为:电子水泵P1运行状态且占空比 $D_{pump}$ 为最大值 $D_{pmax}$ ,电控风扇FN占空比 $D_{fan}$ 根据电池进水温度 $T_{iwt}$ 和目标冷却水温 $T_{iwa}$ 的差值计算有: $D_{fan} = f_{df}(T_{iwt} - T_{iwa})$ ,电池冷却器CR关闭状态,不请求空调压缩机AC工作;

[0110] 强制冷却模式为:电子水泵P1运行状态且占空比 $D_{pump}$ 为最大值 $D_{pmax}$ ,电控风扇FN关闭状态,电池冷却器CR运行状态,请求空调压缩机AC工作功率 $P_{req}$ 根据电池进水温度 $T_{iwt}$ 和目标冷却水温 $T_{iwa}$ 的差值计算有: $P_{req} = f_{pr}(T_{iwt} - T_{iwa})$ 。

[0111] 所述热管理控制器的一种具体控制流程可以为:

[0112] 步骤一、各部件初始化,使得水泵控制占空比为最小值 $D_{pmin}$ ,风扇控制占空比为最小值 $D_{fmin}$ ,电池冷却器处于关闭状态,压缩机请求功率为最小值 $P_{rmin}$ 。

[0113] 步骤二、判断电池最高温度值 $T_{max}$ 值,若电池最高温度值 $T_{max} \geq$ 自然水冷开启电池温度阈值 $T_{st1}$ ,则冷却控制系统进入自然水冷却模式;否则返回步骤一。

[0114] 步骤三、判断电池最高温度值 $T_{max}$ 值,若电池最高温度值 $T_{max} \leq$ 自然水冷关闭电池温度阈值 $T_{sp1}$ ,则关闭电子水泵P1,退出自然水冷却模式,返回步骤二;否则进入步骤四。

[0115] 步骤四、判断电子水泵P1是否以最大占空比 $D_{pmax}$ 运行,若是,则进入步骤五;否则返回步骤三。

[0116] 步骤五、判断电池进水温度 $T_{iwt}$ ,若电池进水温度 $T_{iwt} \geq$ 强制冷却开启进水温度阈值 $T_{iwt3}$ ,则进入步骤八;否则进入步骤六。

[0117] 步骤六、判断水泵以最大占空比 $D_{pmax}$ 运行的时间是否大于限制时间 $TimeD1$ ,若是则进入步骤七;否则进入步骤九。

[0118] 步骤七、判断电池最高温度值 $T_{max}$ 值,若电池最大温度 $T_{max} \geq$ 强制冷却开启电池温度阈值 $T_{st3}$ ,则进入步骤八;否则进入步骤九。

[0119] 步骤八、判断空调压缩机AC的工作状态是否正常,若是,则进入步骤十二;否则进入步骤九。

[0120] 步骤九、判断电池进水温度 $T_{iwt}$ ,若电池进水温度 $T_{iwt} \geq$ 风扇水冷却开启进水温度阈值 $T_{iwt2}$ ,则进入步骤十五;否则进入步骤十。

[0121] 步骤十、判断水泵以最大占空比 $D_{pmax}$ 运行的时间是否大于限制时间 $TimeD1$ ,若是则进入步骤十一;否则返回步骤三。

[0122] 步骤十一、判断电池最高温度值 $T_{max}$ 值,若电池最大温度 $T_{max} \geq$ 风扇水冷却开启电池温度阈值 $T_{st2}$ ,则进入步骤十五;否则返回步骤三。

[0123] 步骤十二、进入强制冷却模式,判断电池最高温度值 $T_{max}$ 值,若电池最高温度值 $T_{max} \leq$ 强制冷却关闭电池温度阈值 $T_{sp3}$ ,则退出强制冷却模式,返回步骤三;否则进入步骤十三。

[0124] 步骤十三、判断电池进水温度值 $T_{iwt}$ ,若电池进水温度值 $T_{iwt} \leq$ 强制冷却关闭进水温度阈值 $T_{spi3}$ ,则退出强制冷却模式,返回步骤三;否则进入步骤十四。

[0125] 步骤十四、判断空调压缩机AC工作状态是否异常,若是,则退出强制冷却模式,返回步骤三;否则返回步骤十二。

[0126] 步骤十五、进入风扇水冷却模式,判断电池最高温度值 $T_{max}$ ,若电池最高温度值 $T_{max} \leq$ 风扇水冷关闭电池温度阈值 $T_{sp2}$ ,则退出风扇水冷却模式,返回步骤三;否则进入步骤十

六。

[0127] 步骤十六、判断电池进水温度值 $T_{iwt}$ ，若电池进水温度值 $T_{iwt} \leq$ 风扇水冷关闭进水温度阈值 $T_{spi2}$ ，则退出风扇水冷却模式，返回步骤三；否则进入步骤十七。

[0128] 步骤十七、判断电池进水温度 $T_{iwt}$ ，若电池进水温度 $T_{iwt} \geq$ 强制冷却开启进水温度阈值 $T_{iwt2}$ ，返回步骤八；否则进入步骤十八。

[0129] 步骤十八、判断风扇以最大占空比 $D_{fmax}$ 运行的时间，若风扇以最大占空比 $D_{fmax}$ 运行的时间 $>$ 限制时间 $TimeD2$ ，则进入步骤十九；否则返回步骤十五。

[0130] 步骤十九、判断电池最高温度 $T_{max}$ ，若电池最高温度 $T_{max} \geq$ 强制冷却开启电池温度阈值 $T_{st3}$ ，返回步骤八；否则返回步骤十五。

[0131] 上述具体流程只是一种具体实施例，当判断条件的优先级变化时，参照上述实施例，能够相应变换出更多种的具体控制流程，这里不再赘述。

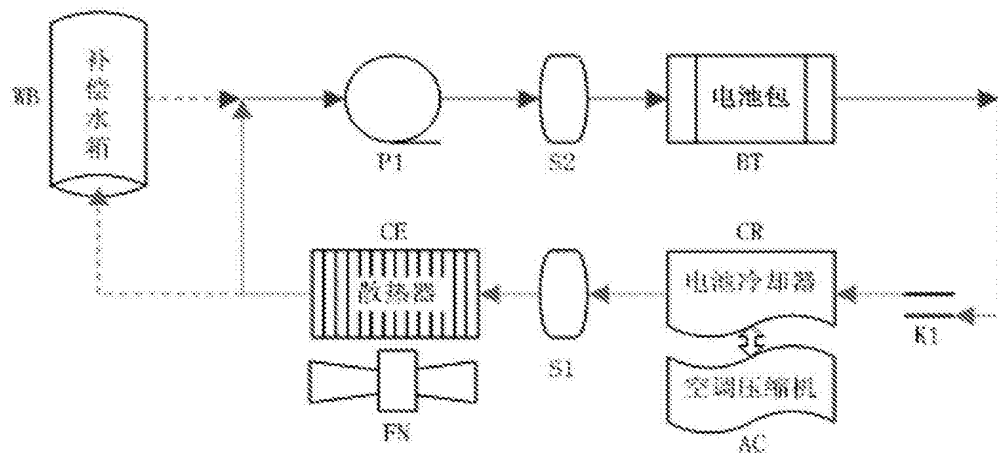


图1

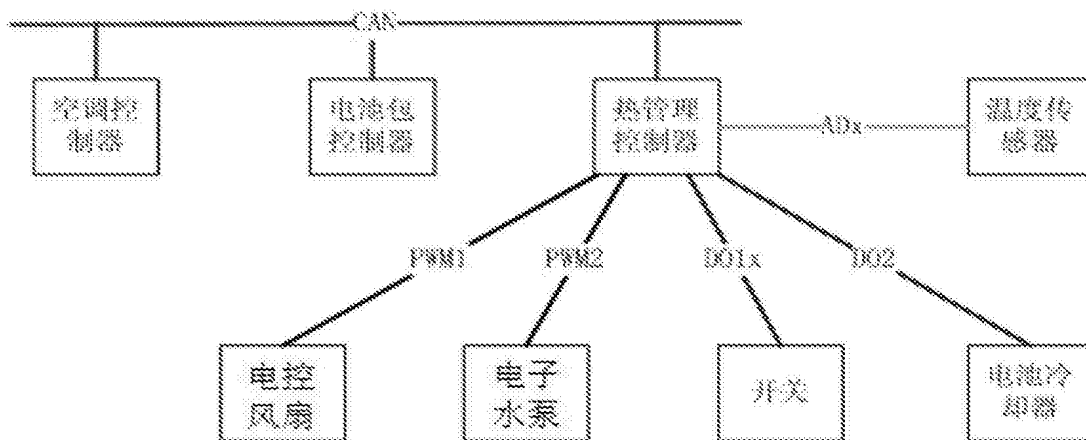


图2

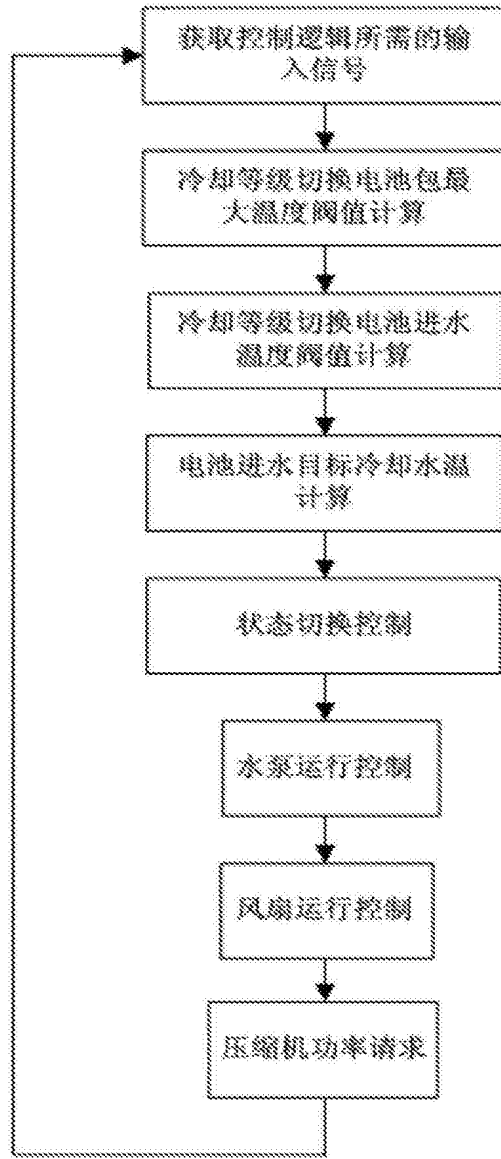


图3



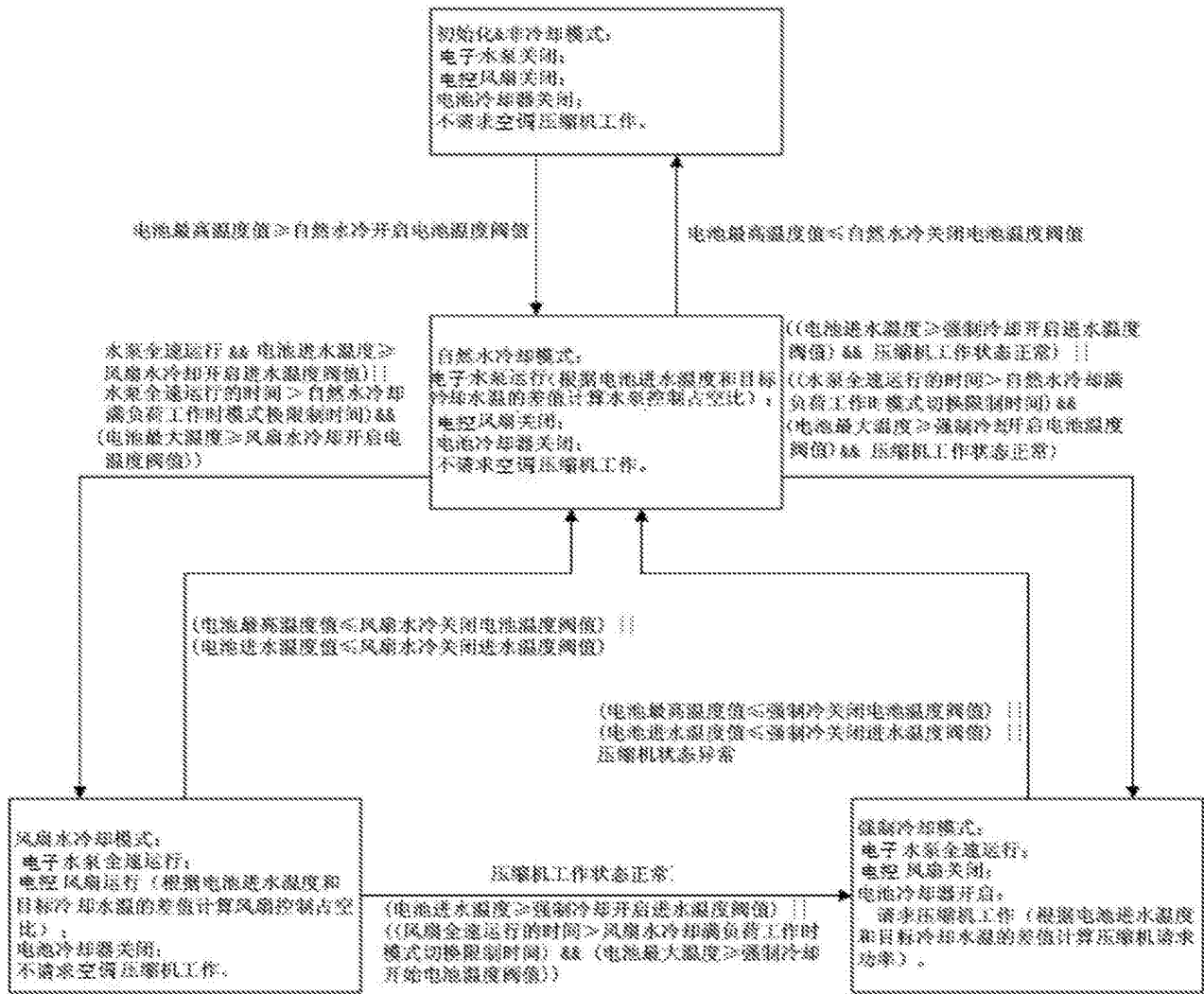


图4