



# (12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105083043 B

(45)授权公告日 2019.09.10

(21)申请号 201510251605.2

(22)申请日 2015.05.18

(65)同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 105083043 A

(43)申请公布日 2015.11.25

(30)优先权数据  
14/279,596 2014.05.16 US

(73)专利权人 福特全球技术公司  
地址 美国密歇根州迪尔伯恩市中心大道  
330号800室

(72)发明人 苏里亚普拉卡什·阿扬加尔·贾纳  
塔纳姆  
巴斯卡拉·波达卡亚拉  
尼尔·罗伯特·巴罗斯

(74)专利代理机构 北京连和连知识产权代理有限公司 11278

代理人 包红健

(51)Int.Cl.  
B60L 58/26(2019.01)  
B60L 50/60(2019.01)

(56)对比文件  
CN 102544618 A, 2012.07.04, 说明书具体实施方式, 附图1-6.

审查员 杜伟

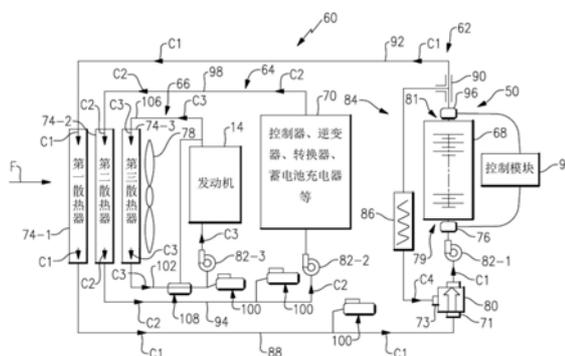
权利要求书1页 说明书7页 附图3页

## (54)发明名称

用于电气化车辆的热管理系统

## (57)摘要

根据本发明的示例性方面的一种蓄电池系统包括蓄电池组、在蓄电池组的进口的第一传感器和在蓄电池组的出口的第二传感器以及其他。



1. 一种热管理系统,其包含:  
蓄电池组;  
通过所述蓄电池组循环冷却剂的第一冷却回路;  
在所述蓄电池组的进口的第一传感器;  
在所述蓄电池组的出口的第二传感器;以及  
不同于所述第一传感器和所述第二传感器的第三传感器,所述第三传感器包括位于靠近所述蓄电池组的进口的第一引线和位于靠近所述蓄电池组的出口的第二引线。
2. 根据权利要求1所述的热管理系统,其中所述第一传感器和所述第二传感器是温度传感器,所述第三传感器是差压传感器。
3. 根据权利要求1所述的热管理系统,包含与所述第一传感器和所述第二传感器电通信的控制模块。
4. 根据权利要求3所述的热管理系统,其中所述控制模块配置用于推断传输通过所述蓄电池组的冷却剂的流动信息。
5. 根据权利要求1所述的热管理系统,其中所述第一传感器、所述第二传感器和所述第三传感器配置用于表明传输通过所述蓄电池组的冷却剂的流体状态。

## 用于电气化车辆的热管理系统

### 技术领域

[0001] 本发明涉及热管理系统,并且更具体地,但不排他地,涉及一种配置用于推断通过车辆组件的冷却剂流动的热管理系统。

### 背景技术

[0002] 电气化车辆,如混合动力电动车辆(HEV),插电式混合动力电动车辆(PHEV),纯电动车辆(BEV),或燃料电池车辆,不同于常规的发动机车辆,其不同之处在于代替内燃发动机或除了内燃发动机之外,它们由一个或多个电机(即电动马达和/或发电机)来驱动。用于给电机供电的高压电流通常由高压牵引蓄电池组来供应。

[0003] 许多电气化车辆包括热管理系统,热管理系统管理车辆运行期间各个组件的热需求,包括高压牵引蓄电池组。热管理系统通常包括贯穿系统传输冷却剂的各个线路、接头、连接器等。改善热管理系统的系统完整性是期望的。

### 发明内容

[0004] 根据本发明的示例性方面的一种蓄电池系统,包括蓄电池组、在蓄电池组的进口的第一传感器和在蓄电池组的出口的第二传感器以及其他。

[0005] 在上述系统的进一步非限制性实施例中,第一传感器和第二传感器是集成的压力和温度传感器。

[0006] 在上述系统的任一个进一步非限制性实施例中,控制模块与第一传感器和第二传感器电通信。

[0007] 在上述系统的任何一个进一步非限制性实施例中,控制模块配置用于推断传输通过蓄电池组的冷却剂的流动信息。

[0008] 在上述系统的任何一个进一步非限制性实施例中,第一传感器和第二传感器配置用于表明传输通过蓄电池组的冷却剂的流体状态(fluid condition)。

[0009] 根据本发明的另一个示例性方面的一种热管理系统,包括车辆组件、通过车辆组件循环冷却剂的第一冷却回路、配置用于表明冷却剂的流体状态的第一传感器以及配置用于监测流体状态以推断通过车辆组件的冷却剂的流动信息的控制模块。

[0010] 在上述系统的进一步非限制性实施例中,车辆组件是蓄电池组。

[0011] 在上述系统的任一个的进一步非限制性实施例中,第二冷却回路循环第二冷却剂至第二车辆组件并且第三冷却回路循环第三冷却剂至第三车辆组件。

[0012] 在上述系统的任何一个进一步非限制性实施例中,车辆组件是高压蓄电池组,第二车辆组件是控制器、逆变器以及转换器中的至少一个,以及第三车辆组件是发动机。

[0013] 在上述系统的任何一个进一步非限制性实施例中,流体状态包括冷却剂的压力和温度。

[0014] 在上述系统的任何一个进一步非限制性实施例中,第一传感器位于车辆组件的进口。

[0015] 在上述系统的任何一个进一步非限制性实施例中,第二传感器位于车辆组件的出口。

[0016] 在上述系统的任何一个进一步非限制性实施例中,第一传感器是集成的压力和温度传感器。

[0017] 在上述系统的任何一个进一步非限制性实施例中,第一传感器是差压传感器,并且包括是温度传感器的第二传感器和第三传感器。

[0018] 在上述系统的任何一个进一步非限制性实施例中,加热器配置用于加热冷却剂以预先调节车辆组件。

[0019] 在上述系统的任何一个进一步非限制性实施例中,至少散热器和冷却器置于第一冷却回路中。

[0020] 在上述系统的任何一个进一步非限制性实施例中,控制模块编程有查找表,用于基于流体状态估计冷却剂的流速。

[0021] 根据本发明的另一个示例性方面的方法包括感测与热管理系统的冷却剂相关的流体状态以及监测流体状态以推断通过蓄电池组的冷却剂的流动信息,以及其他。

[0022] 在上述方法的进一步非限制性实施例中,感测步骤用位于蓄电池组的进口的第一传感器和位于蓄电池组的出口的第二传感器来执行。

[0023] 在上述方法的另一个进一步非限制性实施例中,流动信息基于存储在查找表中的压力和温度值来估计。

[0024] 前述段落、权利要求或以下说明和附图中的实施例、示例和可选方案,包括它们的各个方面或各自的个体特征,可以独立地或以任意组合的形式获得。关于一个实施例描述的特征适用于所有的实施例,除非这些特征互不相容。

[0025] 从以下的具体实施方式中,本发明的各种特征和优点对本领域技术人员来说是显而易见的。伴随具体实施方式的附图可以简要描述如下。

## 附图说明

[0026] 图1示意性地示出了电气化车辆的动力传动系统。

[0027] 图2示出了根据本发明的第一个实施例的热管理系统。

[0028] 图3示出了根据本发明的第二个实施例的热管理系统。

[0029] 图4示出了本发明的另一个实施例的热管理系统。

## 具体实施方式

[0030] 本发明涉及一种用于电气化车辆的热管理系统。热管理系统可以包括蓄电池组和配置用于表明传输通过蓄电池组的冷却剂的流体状态的一个或多个传感器。例如,传感器(一个或多个)可以感测冷却剂的压力和温度。控制模块监测流体状态以推断通过蓄电池组的冷却剂流动。这些和其它特征在此具体实施例中进行更详细地讨论。

[0031] 图1示意性地示出了用于电气化车辆12(如HEV)的动力传动系统10。虽然被描述为HEV,但是应当理解的是,在此描述的构思不限于HEV且可以延伸至其它电气化车辆,包括但不限于PHEV、BEV、燃料电池车辆或任何其他替代燃料车辆。

[0032] 在一个实施例中,动力传动系统10是使用第一驱动系统和第二驱动系统的混合驱

动系统,其中第一驱动系统包括发动机14和发电机16(即第一电机)的结合,第二驱动系统至少包括马达36(即第二电机),发电机16和蓄电池系统50。例如,马达36,发电机16和蓄电池系统50可以组成动力传动系统10的电驱动系统25。第一和第二驱动系统产生扭矩以驱动电气化车辆12的一组或多组车辆驱动轮30,如以下更详细地讨论的那样。

[0033] 发动机14(如内燃发动机)和发电机16可以通过动力传输单元18连接。当发电机16担当发电机以转变动能为电能时,发电机16由动力传输单元18驱动。作为选择,发电机16能够用作马达以转变电能为动能,从而输出扭矩至轴26。因为发电机16可操作地连接到发动机14,发动机14的速度可以由发电机16控制。

[0034] 轴28通过第二动力传输单元32连接至车辆驱动轮30。第二动力传输单元32从发动机14传递扭矩至差速器38以提供牵引力至车辆驱动轮30。差速器38可以包括多个能够传递扭矩至车辆驱动轮30的齿轮。第二动力传输单元32通过差速器38机械地耦接至车桥40以分配扭矩至车辆驱动轮30。

[0035] 马达36也可以通过输出扭矩至也连接至第二动力传输单元32的轴46来驱动车辆驱动轮30。在一个实施例中,马达36和发电机16是再生制动系统的一部分,其中,马达36和发电机16都可以用作马达以输出扭矩。例如,马达36和发电机16可以各自输出电能至高压总线48和蓄电池系统50。蓄电池系统50可以包括能够输出电能以操作马达36和发电机16的高压蓄电池组。电气化车辆12也可以结合其它类型的储能设备和/或输出设备使用。蓄电池系统50可以由一个或多个蓄电池模块组成,蓄电池模块包括储存给马达36和/或发电机16供能必要的能量的蓄电池单元。

[0036] 马达36、发电机16、动力传输单元18以及动力传输单元32通常被称为电气化车辆12的驱动桥42或变速器。因此,当驾驶员选择特定的档位时,适当地控制驱动桥42以通过提供牵引力至车辆驱动轮30为使电动车辆12前进提供相应的档位。

[0037] 此外,动力传动系统10可以包括用于监测和/或控制电气化车辆12的各个方面的控制系统44。例如,控制系统44可以与电驱动系统25、动力传输单元18、32或其它组件通信以监测和/或控制电气化车辆12。控制系统44包括电子设备和/或软件以执行操作电气化车辆12必要的控制功能。在一个实施例中,控制系统44是组合车辆系统控制器和动力传动系统控制模块(VSC/PCM)。虽然被示为单个硬件设备,但是控制系统44可以包括以多种硬件设备或一个或多个硬件设备中的多种软件控制器的形式的多种控制器。

[0038] 控制器局域网(CAN)52允许控制系统44与驱动桥42通信。例如,控制系统44可以从驱动桥42接收信号以表明档位之间的转变是否正在发生。控制系统44也可以与蓄电池系统50的蓄电池电子控制模块(BECM)或其它控制模块通信。

[0039] 此外,电驱动系统25可以包括一个或多个控制器54,例如逆变器系统控制器(ISC)。控制器54配置用于控制驱动桥42内的特定组件,例如发电机16和/或马达36,例如用于支持双向功率流。在一个实施例中,控制器54是与可变电电压转换器结合的逆变器系统控制器(ISC/VVC)。

[0040] 图2示出了可以包含在电气化车辆中的热管理系统60。例如,热管理系统60可以由图1的电气化车辆12(或任何其他电气化车辆)使用以便管理各个车辆组件(例如发动机14,蓄电池系统50和/或控制器54)产生的热负荷。热管理系统60可以选择性地传输冷却剂C至这些组件以根据周围环境条件和/或其他条件冷却或加热组件。

[0041] 在一个实施例中,热管理系统60包括第一冷却回路62,第二冷却回路64和第三冷却回路66。虽然在本实施例中示出了三个冷却回路,但是热管理系统60可以包括在本发明的范围内的更多或更少数量的冷却回路。

[0042] 在一个非限制性实施例中,第一冷却回路62构造为供应冷却剂C1至蓄电池系统50,第二冷却回路64配置为供应冷却剂C2至车辆组件,例如各个控制器、逆变器、转换器、蓄电池充电器等(在70共同示出),以及第三冷却回路66可以供应冷却剂C3至发动机14。如所示出的,第一冷却回路62的冷却剂C1可以用于热管理蓄电池系统50的蓄电池组68。作为选择或此外,其它车辆组件可以由热管理系统60来调节。换言之,第一冷却回路62,第二冷却回路64和第三冷却回路66可以各自供应冷却剂进至一个或多个组件。

[0043] 冷却剂C1,C2和C3可以是常规的冷却剂混合物的类型,例如水与乙二醇混合。热管理系统60也可以使用其它冷却剂。

[0044] 此外,热管理系统60可以包括多个散热器。例如,第一散热器74-1可以并入第一冷却回路62,第二散热器74-2可以并入第二冷却回路64,以及第三散热器74-3可以与第三冷却回路66流体连通。散热器74-1、74-2和74-3可以用于冷却分别供应至第一冷却回路62、第二冷却回路64和第三冷却回路66的冷却剂C1、C2和C3。在一个实施例中,第一散热器74-1是低温散热器,第二散热器74-2是中温散热器,以及第三散热器74-3是高温散热器。

[0045] 散热器风扇78可以位于邻近散热器74-1,74-2和74-3。在一个实施例中,散热器风扇78位于紧邻第三散热器74-3。然而,也可以预期其他的位置。

[0046] 贯穿整个热管理系统60可以设置多个泵。例如,在一个非限制性实施例中,第一冷却回路62包括第一泵82-1,第二冷却回路64包括第二泵82-2以及第三冷却回路66包括第三泵82-3。泵82-1,82-2和82-3帮助循环冷却剂C1,C2和C3。

[0047] 该热管理系统60可以任选地使用一个或多个脱气溢流罐(degas overflow tank)100。在本实施例中,脱气溢流罐100并入第一冷却回路62,第二冷却回路64和第三冷却回路66中的每一个中。脱气溢流罐100可以位于任何冷却回路中的任何位置。脱气溢流罐100允许冷却剂C1,C2和C3中夹带的空气和气体随着它们流过脱气溢流罐100与冷却剂分离。

[0048] 在热管理系统60的一个非限制性操作模式中,冷却剂C1传输到第一散热器74-1,冷却剂C2传输到第二散热器74-2,以及冷却剂C3传输到第三散热器74-3。冷却剂C1供应到第一冷却回路62,冷却剂C2供应到第二冷却回路64,以及冷却剂C3供应到第三冷却回路66。

[0049] 散热器风扇78吸引空气流F通过第一散热器74-1,第二散热器74-2和第三散热器74-3,用于与冷却剂C1,C2和C3中的每个进行热传递。例如,空气流F与冷却剂C1,C2和C3进行热交换以冷却它们。在分别传输冷却剂C1,C2和C3至第一冷却回路62,第二冷却回路64和第三冷却回路66之前,热量迁移至空气流F,用于冷却蓄电池组68、各个控制器、逆变器、转换器、蓄电池充电器等(在70中所示),以及发动机14。

[0050] 在一个非限制性实施例中,冷却剂C1离开第一散热器74-1进入第一冷却回路62的线路88且被传输到三通阀80。三通阀80可以位于蓄电池组68的上游以控制通过蓄电池组68的冷却剂C1的流动。泵82-1可以位于三通阀80和蓄电池组68之间,用于循环冷却剂C1进入并通过蓄电池组68。

[0051] 此外,第一冷却回路62可以包括冷却器回路84。冷却器回路84包括用于在某些条件期间提供额外的冷却至冷却剂C1的冷却器86。例如,当环境温度超过预定阈值时,三通阀

80可以关闭连接到第一冷却回路62的线路88的进口71并打开连接到冷却器回路84的进口73以提供冷却的冷却剂C4至蓄电池组68。在其它条件下,关闭三通阀80的进口73,打开进口71以从线路88自由地传输冷却剂C1进入蓄电池组68。

[0052] T形接头90可以位于蓄电池组68的下游。T形接头90适于将离开蓄电池组68的冷却剂C1分到冷却器回路84和线路92。线路92连接回到第一散热器74-1以关闭第一冷却回路62。

[0053] 同时,冷却剂C2可以经由第二冷却回路64的线路94离开第二散热器74-2。可以传输冷却剂C2以冷却在图2中70表明的各个控制器、逆变器、转换器、蓄电池充电器,等。冷却剂C2可以经由线路98返回到第二散热器74-2。

[0054] 最后,冷却剂C3可以经由第三冷却回路66的线路102选择性地离开散热器74-3。可以传输冷却剂C3以冷却发动机14。在冷却发动机14之后,冷却剂C3可以经由线路102返回到第三散热器74-3。

[0055] 第三冷却回路66可以任选地包括恒温器108。在一个实施例中,恒温器108是配置用于调节发动机14的进口温度的双级连续调节阀。恒温器108可以在发动机14不需要来自第三散热器74-3的冷却的操作条件下关闭第三冷却回路66的线路102。换言之,恒温器108可以在某些操作条件期间阻止冷却剂C3传输至发动机14。

[0056] 如上所述,蓄电池系统50可以是热管理系统60的第一冷却回路62一部分。以这种方式,蓄电池系统50可以用于监测第一冷却回路62通过蓄电池组68的冷却剂C1的流动。例如,蓄电池系统50可以检测在蓄电池组68中或在远离蓄电池组68的某些位置是否发生冷却剂损失。

[0057] 在一个非限制性实施例中,蓄电池系统50包括蓄电池组68、第一传感器76、第二传感器96和控制模块99。第一传感器76和第二传感器96与控制模块99电通信。第一传感器76可以位于蓄电池组68的进口79,且第二传感器96可以位于蓄电池组68的出口81。

[0058] 在一个实施例中,第一传感器76和第二传感器96是集成的压力和温度传感器。此外或作为选择,蓄电池系统50可以使用其它传感器来监测热管理系统60的冷却剂流动。

[0059] 虽然控制模块99在所示的实施例中被示意性地示为单个模块,但是控制模块99可以是更大的控制系统的一部分,并且可以通过贯穿电气化车辆的各种其他控制器来控制,例如包括动力传动系统控制单元,传输控制单元,发动机控制单元,BECM等的车辆系统控制器(VSC)。因此,应当理解的是,控制模块99和一个或多个其它控制器可以共同称为“控制模块”,其响应于来自各个传感器的信号例如通过多个集成算法来控制各个驱动器,以控制与车辆以及在这种情况下与热管理系统60相关的功能。组成VSC的各个控制器可以使用共同的总线协议(例如,CAN)彼此通信。在一个非限制性实施例中,控制模块99可以是蓄电池系统50的BECM的一部分。

[0060] 在一个实施例中,第一传感器76和第二传感器96可以指示(即,感测)与冷却剂C1相关的流体状态。流体状态可以包括冷却剂C1的压力和温度。由第一传感器76和第二传感器96感测的压力和温度值可以传送至控制模块99,用于监测冷却剂C1在蓄电池组68的进口79和出口81之间的压力和温度差。基于这些压力和温度差,控制模块99可以推断通过蓄电池组68的冷却剂C1的冷却剂流速。

[0061] 例如,如果在热管理系统60中从蓄电池组68内或蓄电池组68外出现泄漏和堵塞,

由第一传感器76和第二传感器96感测的压力和温度信息可以改变。蓄电池组68的进口79和出口81之间的冷却剂压力或温度的任何变化或减小可以表明热管理系统60中蓄电池组68内或外的的问题。感测的压力变化可能是由于热管理系统60中的线路堵塞或泄漏,或泵82-1, 82-2, 83-3之一的性能退化。作为选择, 蓄电池组68的进口79和出口81之间的冷却剂C1的温度上升可以表明冷却器86的故障, 不当的冷却剂循环, 散热器风扇78的不足, 或其他问题。

[0062] 控制模块99监测蓄电池组68在进口79和出口81之间的任何压力或温度差。在一个实施例, 基于可以存储在控制模块99的存储器中的查找表的校准阈值, 控制模块99可以推断传输通过蓄电池组68的冷却剂C1的流速, 并且然后根据给定的控制策略采取必要的补救措施。换言之, 对于给定的温度和压力, 冷却剂C1将具有可以从查找表中确定的已知的流速。控制模块99可以基于该流速信息确定任何补救措施是否是必要的。

[0063] 在另一个实施例中, 控制模块99也可以使用由第一传感器76和/或第二传感器96感测的温度值来计算排热速率(heat rejection rate)。对于给定充电/放电功率, 这些温度可以用于监测蓄电池组68的热性能。这些信息可以提供蓄电池单元老化的洞悉。

[0064] 以这种方式监测蓄电池组68的压力和温度也可以消除在蓄电池组68中进口79和出口81之间观察到过多的温度上升的情况下对热管理系统60的任何怀疑。例如, 如果冷却剂C1的压力和温度值都不在预定范围内(当针对查找表参考时), 那么任何温度上升可以精确定位到蓄电池组68的内部问题。

[0065] 在另一个实施例中, 控制模块99可以响应于来自第一传感器76和/或第二传感器96的压力和温度信息确定是否打开三通阀80的进口71或进口73。例如, 第一传感器76的温度读数可以用于在从第一散热器74-1传输冷却剂C1和从冷却器回路84传输冷却剂C4之间进行切换。

[0066] 图3示出了另一个示例性热管理系统160的选定部分。在本发明中, 相同的附图标记表示适用的情况下相同的元件, 附图标记加上100或其倍数表示被理解为包含相同的特征和相应的原始元件的好处的改进的元件。

[0067] 在本实施例中, 热管理系统160包括冷却回路162。当然, 热管理系统160可以包括附加的冷却回路(参见, 例如, 图2的热管理系统60的多个冷却回路)。

[0068] 冷却回路162类似于图2的第一冷却回路62。然而, 在本实施例中, 冷却回路162的冷却器回路184包括加热器109。加热器109可以用于预调节蓄电池组68, 例如用于冷气候应用。

[0069] 在一个实施例中, 加热器109是正温度系数加热器。在另一个实施例中, 加热器109是电热塞式加热器(glow plug type heater)。其他加热器也预期用于热管理系统160内。

[0070] 在一个非限制性的实施例中, 加热器109加热通过冷却回路162循环以热管理蓄电池组68的冷却剂C1。当期望加热时, 可以关闭三通阀80的进口71, 并打开进口73以传输加热的冷却剂C5至蓄电池组68。

[0071] 蓄电池系统50的第一传感器76和第二传感器96可以用于指示冷却剂是否已达到预调节温度。如果控制模块99确定在冷却剂C1和蓄电池组68之间没有热传递发生(即, 在蓄电池组68的进口79的冷却剂C1的温度等于在出口81的冷却剂C1的温度), 可以“关闭”加热器109。

[0072] 控制模块99也可以监测来自第一传感器76和第二传感器96的反馈以确定冷却剂

C1的流速。换言之,控制模块99可以确认当“打开”加热器109时冷却剂C1的流动以避免冷却剂C1的过热。

[0073] 图4示出了另一个示例性热管理系统260。在本实施例中,热管理系统260包括第一传感器201、第二传感器203、和用于监测包括蓄电池组68的蓄电池系统50的第三传感器205。在一个实施例中,第一传感器201是差压传感器(differential pressure sensor)且第二传感器203和第三传感器205是温度传感器。

[0074] 第一传感器201可以包括位于靠近蓄电池组68的进口79的第一引线207和位于靠近蓄电池组68的出口81的第二引线209。在一个实施例中,第二传感器203位于进口79,且第三传感器205位于出口81。

[0075] 第一传感器201,第二传感器203和第三传感器205都与控制模块99电通信。由第一传感器201感测的压力值和由第二和第三传感器203,205感测的温度值可以传送至控制模块99,用于监测冷却剂C1在蓄电池组68的进口79和出口81之间的任何压力和温度差。基于这些压力和温度差,控制模块99可以推断通过蓄电池组68的冷却剂C1的冷却剂流速。

[0076] 此外,热管理系统260可以包括冷却器回路284,冷却器回路284包括用于在某些条件期间选择性地冷却或加热冷却剂C1的冷却器286和加热器209。换言之,热管理系统260可以在热或冷的环境中使用。

[0077] 虽然不同的非限制性实施例被示为具有特定的组件或步骤,但是本发明的实施例不限于那些特定的结合。使用来自于非限制性实施例的任何一个的一些组件或特征结合来自于其它非限制性实施例中的任何一个的特征或组件是可能的。

[0078] 应当理解的是,贯穿附图,同样的附图标记标识相应的或相似的元件。应当理解的是,虽然在这些示例性实施例中公开和说明了特定的组件布置,但是其它布置也可以受益于本发明的教导。

[0079] 前面的描述应当被解释为说明性的而不是限制的意义。本领域普通技术人员可以理解,在本发明的范围内可以作某些修改。因为这些理由,应该研究以下的权利要求来确定本发明的真实范围和内容。

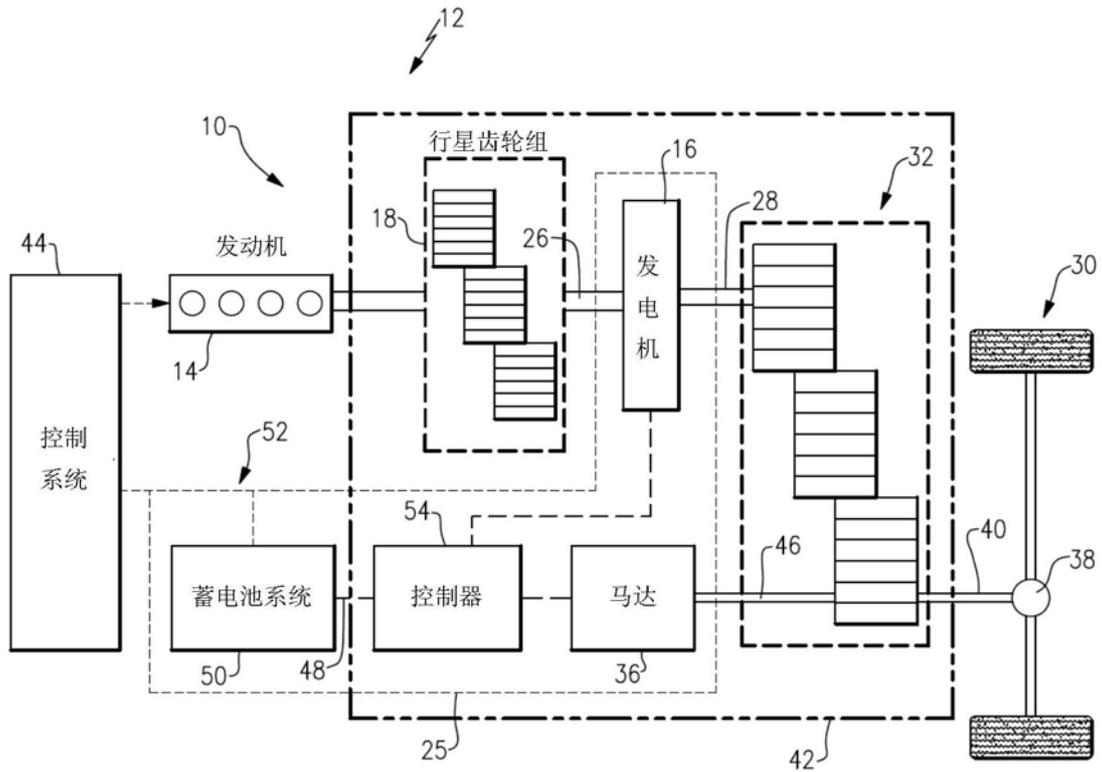


图1

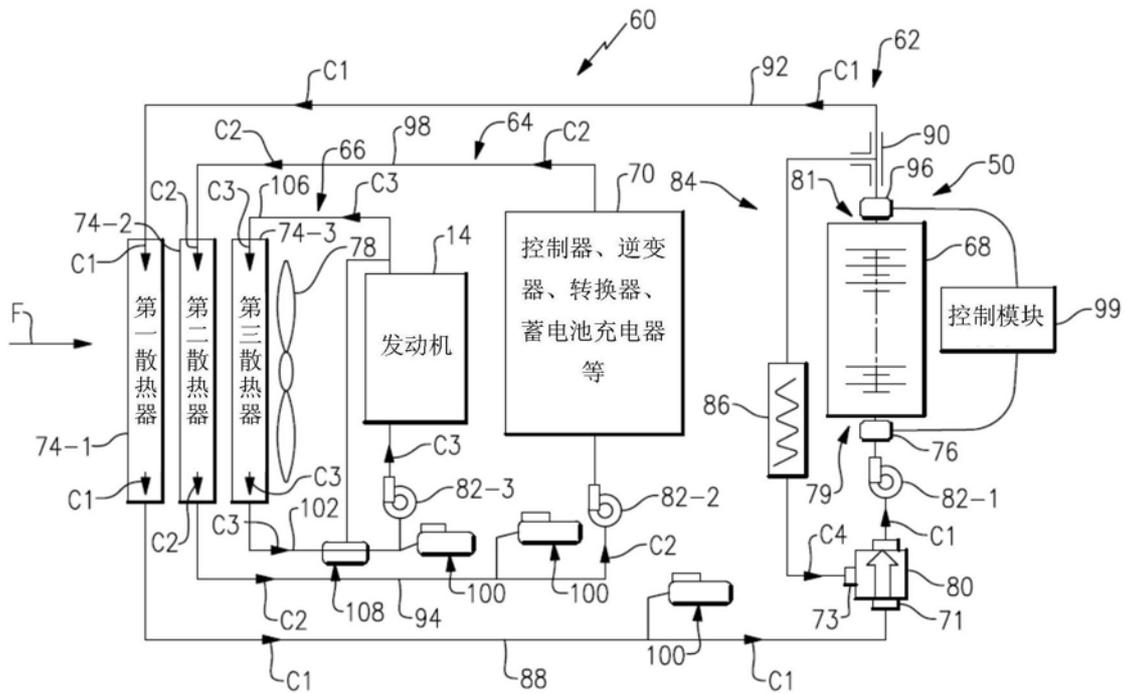


图2

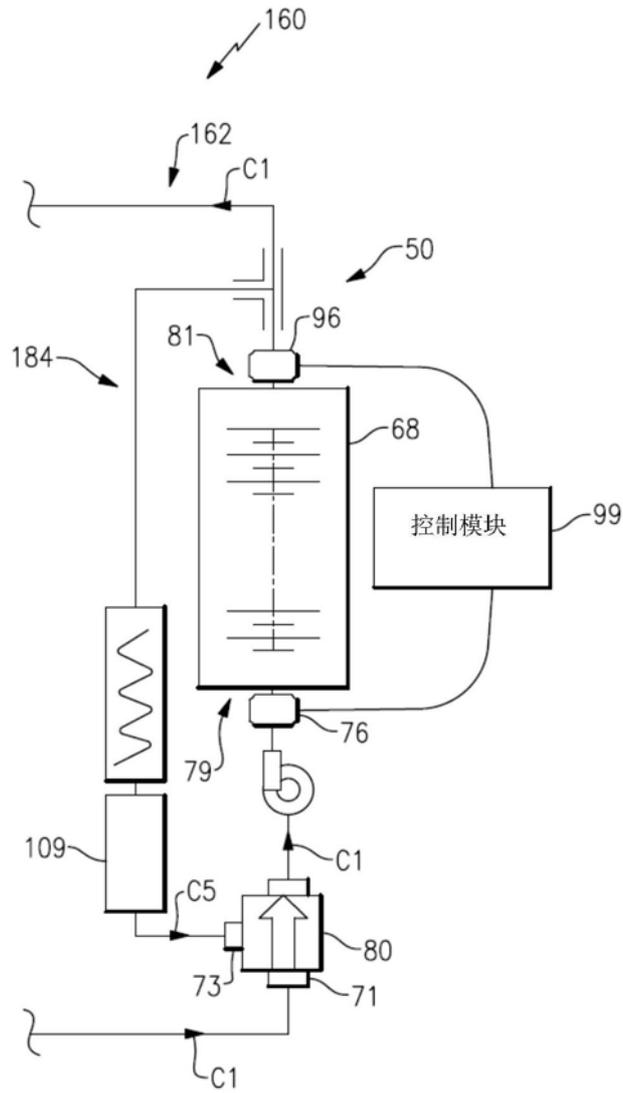


图3

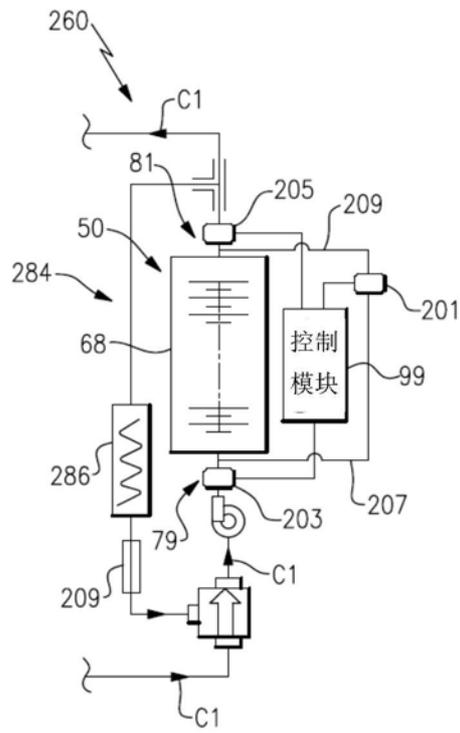


图4