



# (12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 111541380 A

(43)申请公布日 2020.08.14

(21)申请号 202010079799.3

(22)申请日 2020.02.04

(30)优先权数据

16/270,270 2019.02.07 US

(71)申请人 福特全球技术公司

地址 美国密歇根州迪尔伯恩市

(72)发明人 陈礼华 王凡 徐帆

鲍里斯·库鲁维加 葛宝明

沙赫拉姆·萨雷

(74)专利代理机构 北京铭硕知识产权代理有限公司

公司 11286

代理人 王秀君 鲁恭诚

(51)Int.Cl.

H02M 7/00(2006.01)

H05K 7/20(2006.01)

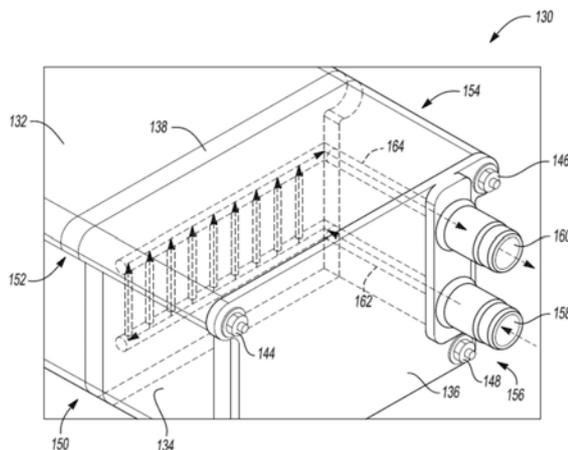
权利要求书1页 说明书5页 附图4页

(54)发明名称

牵引逆变器的功率存储装置的集成机械和热设计

(57)摘要

本公开提供了“牵引逆变器的功率存储装置的集成机械和热设计”。一种牵引逆变器系统,包括电容器模块、功率模块、位于所述模块之间并与所述模块接触的冷却板以及限定入口和出口的端板。所述模块和板限定跨越所述模块和板的孔,以及与所述入口和出口流体连通的通道。所述牵引逆变器系统还包括机械紧固件,所述机械紧固件占据所述孔,跨越所述模块和板并将所述模块和板夹紧在一起。





## 牵引逆变器的功率存储装置的集成机械和热设计

### 技术领域

[0001] 本公开涉及汽车牵引驱动逆变器系统。

### 背景技术

[0002] 电动汽车(EV)、混合动力电动汽车(HEV)和插电式混合动力电动汽车(PHEV)正在继续开发。这些车辆的动力传动系统可以包括牵引驱动逆变器系统。为了提高效率,某些牵引驱动逆变器系统变得越来越小且越来越轻。然而,这样持续不断的努力减少所需的包装空间和重量已经带来了与诸如DC链路电容器、功率电感器和功率模块等牵引逆变器部件的机械集成和冷却设计有关的挑战。

### 发明内容

[0003] 一种牵引逆变器系统包括电容器模块、功率模块、在模块之间并与模块接触的冷却板以及限定入口和出口的端板。模块和板限定跨越模块和板的孔。模块和板还限定与入口和出口流体连通的通道。牵引逆变器系统还包括机械紧固件,所述机械紧固件占据孔,跨越模块和板并将模块和板夹紧在一起。

[0004] 汽车动力系统包括电容器模块、功率模块、功率电感器、限定入口和出口的端板以及一对冷却板,它们被堆叠并机械紧固在一起使得冷却板由电容器模块、功率模块或功率电感器分开以形成牵引逆变器布置,其中端板、冷却板以及电容器模块、功率模块或功率电感器共同限定与入口和出口流体连通的通道。

[0005] 牵引逆变器系统包括电容器模块、功率模块、限定入口和开口的端板以及冷却板,它们被堆叠以形成单个单元。电容器模块、功率模块、端板和冷却板限定与入口和出口流体连通的通道。牵引逆变器系统还包括穿过电容器模块、功率模块、端板和冷却板中的每一者的机械紧固件。机械紧固件将单个单元夹紧在一起。

### 附图说明

[0006] 图1是车辆动力系统的部分的示意图。

[0007] 图2是功率模块-电容器-电感器布置和对应的冷却系统的示意图。

[0008] 图3是具有集成紧固和双冷却板冷却系统的单个逆变器的透视图。

[0009] 图4是具有集成紧固和单冷却板冷却系统的另一个单个逆变器的透视图。

[0010] 图5是具有集成紧固和双冷却板冷却系统的双逆变器的透视图。

[0011] 图6是具有集成紧固和三冷却板冷却系统的双逆变器的透视图。

### 具体实施方式

[0012] 本文中描述了本公开的各种实施例。然而,所公开的实施例仅仅是示例性的,并且其他实施例可以采用未明确示出或描述的各种和替代形式。附图不一定按比例绘制;一些特征可以被放大或最小化以示出特定部件的细节。因此,本文中所公开的具体结构细节和

功能细节不应被解释为是限制性的,而是仅仅作为教导本领域普通技术人员以不同方式采用本技术的代表性基础。

[0013] 如本领域普通技术人员将理解,参考附图中的任何一个来示出和描述的各种特征可以与在一个或多个其他附图中示出的特征组合,以产生未明确示出或描述的实施例。所示出的特征的组合提供典型应用的代表性实施例。然而,与本公开的教导一致的特征的各种组合和修改可能是特定应用或实施方式所期望的。

[0014] 参考图1,常规的汽车动力系统10包括电源12(诸如牵引电池)、DC链路电容器14、多个逆变器16a-16n以及对应于逆变器16a-16n的多个负载18a-18n。DC链路电容器14电连接在电源12和逆变器16a-16n之间。也就是说,此处,逆变器16a-16n“共享”DC链路电容器14。DC链路电容器14可以用于吸收由电源12或逆变器16a-16n产生的纹波电流,并使得用于逆变器控制的DC链路电压稳定。

[0015] 薄膜电容器或其他类型的电容器可以用于上述DC链路电容器应用。最坏的情况是,驾驶条件可能使DC链路电容器承受高的纹波电流。这增加了加热电容器的可能性。电容器热损耗是由介电材料由于纹波电流而自我加热或由电极系统的欧姆损耗产生。对于给定的电压额定值,诸多进步已经提高了以较小的体积封装更多电容的能力。这导致更高的热损失密度,并且可能引起电容器热性能的其他问题。

[0016] 参考图2,常规的牵引驱动逆变器20包括功率模块22、DC链路电容器24、电感器26和冷却板28。在某些布置中,DC链路电容器24需要放置成尽可能靠近逆变器功率半导体开关22(功率模块),以使寄生电感最小化。对于常规逆变器设计,电容器24和功率模块22经由DC母线电连接。这些模块的外壳在物理上将它们分开。因此,对于常规的电容器设计,主要通过对流来散热。

[0017] 电容器的尺寸和形状可能对其散热能力产生重大影响。为了达到热目的,可以选择扩大的电容器来增加外表面积。但是,电容器封装的热导率很低(例如小于 $1\text{w/k-m}$ ),这意味着电容器可能难以经由传导将热量从单元芯耗散到外表层。此外,常规的设计可能会导致尺寸过大,以及由于意识到随着电容器尺寸的增加,热路径可能会变得更长,而担心冷却效率低下。在此,提出了逆变器的功率级的集成机械和冷却设计,以解决上述各种问题。

[0018] 对于单个逆变器,功率模块和电容器模块可以沿着纵向方向并排堆叠在一起,并且共享放置在中间的液冷冷却板。可以使用螺丝紧固或其他类型的紧固方法来进行功率模块和电容器夹紧,其确保功率模块、冷却板和电容器模块彼此紧密接触,以减小界面处的热阻。可以应用热油脂或热界面材料(TIM)来消除接触表面处的气隙,并进一步减小热阻。

[0019] 对于针对电容器的单侧冷却和针对功率模块的双侧冷却,冷却板可以通过冷却通道循环在一起。它们可以与功率模块冷却器的入口和出口相连,以形成集成的冷却系统。

[0020] 对于双逆变器应用(包括可变电压转换器或升压转换器),集成的机械和热设计可以扩展为将功率模块、功率电感器和电容器模块集成为功率级单元。电容器模块本身可以仅是DC链路电容器,或者是DC链路电容器、输入电容器和Y形电容器的集成模块。

[0021] 功率模块、功率电感器和电容器模块的相对位置可根据特定设计要求进行调整。例如,如果只是电感器的热性能是个问题,则可以将电感器放置在功率模块和电容器之间,其中对电感器进行双侧冷却,而对电容器和功率模块进行单侧冷却。又例如,交换电容器和功率电感器的位置以将电容器定位为更靠近功率模块。三个冷却板可以用于功率电感器和

电容器的双侧冷却。四个冷却板可以用于功率模块、功率电感器和电容器等的双侧冷却。

[0022] 参考图3,示出了牵引逆变器系统30的集成电容器和功率模块的机械和热设计。牵引逆变器系统30包括电容器模块32、功率模块34、端板36、冷却板38、40和机械紧固件42、44、46、48。冷却板38位于电容器模块32和功率模块34之间并与电容器模块32和功率模块34接触。冷却板40位于功率模块34和端板36之间并且与功率模块34和端板36接触。在图3的示例中,功率模块34位于电容器模块32和端板36之间。在其他示例中,电容器模块32可以位于功率模块34和端板36之间等等。

[0023] 在牵引逆变器系统30的相应拐角50、52、54、56处,电容器模块32、功率模块34、端板36和冷却板38、40中的每一者沿牵引逆变器系统30的整个长度限定孔的一部分。当这些部件如图所示堆叠在一起时,所述部分对齐,使得形成一条通道,所述通道跨越于牵引逆变器系统30的由电容器模块32和端板36限定的外端之间。

[0024] 机械紧固件42占据拐角50处的孔。机械紧固件44占据拐角52处的孔。机械紧固件46占据拐角54处的孔。并且,机械紧固件48占据拐角56处的孔。在该示例中,机械紧固件42、44、46、48包括螺纹螺栓以及对应的螺母和垫圈。但是,可以使用其他机械紧固件。每个螺纹螺栓占据一个孔并且延伸超过牵引逆变器系统30的外端。对应的垫圈和螺母与螺纹紧固件的相对端接合,以将电容器模块32、功率模块34、端板36和冷却板38、40夹紧在一起,并且可以进一步进行环氧焊接或定位点焊。

[0025] 端板36限定流体的入口端口58和出口端口60。但是,在其他配置中,流体的入口端口和出口端口可以位于相对的侧。也就是说,一个端板可以限定入口端口,而另一端板可以限定出口端口等等。如下面进一步详细讨论的,这些端口与功率模块34和冷却板38、40中限定的冷却通道流体连通。

[0026] 参考图4,牵引逆变器系统130包括电容器模块132、功率模块134、端板136、冷却板138和机械紧固件142、144、146、148。并且端板136限定入口端口158和出口端口160。冷却板138位于电容器模块132和功率模块134之间并与电容器模块132和功率模块134接触。与图3的牵引逆变器系统30不同,牵引逆变器系统130在功率模块134和端板136之间不包括冷却板。

[0027] 功率模块134以隐藏线示出,以露出形成在功率模块134的壳体内部的入口通道162和出口通道164。入口通道162与入口端口158相对应,出口通道164与出口端口160相对应。来自入口端口158的流体经由入口通道162行进通过功率模块134并被输送到冷却板138,并且来自冷却板138的流体经由出口通道164行进通过功率模块134并且被输送到出口端口160。冷却剂因此可以被输送到冷却板138,所述冷却板138与电容器模块132和功率模块134接触并因此冷却电容器模块132和功率模块134两者。

[0028] 参考图5,牵引逆变器系统230包括电容器模块232、功率电感器233、功率模块234、端板236、冷却板237、238和机械紧固件242、244、246、248。并且端板236限定流体的入口端口258和出口端口260。冷却板237位于电容器模块232和功率电感器233之间并与电容器模块232和功率电感器233接触。冷却板238位于功率电感器233和功率模块234之间并与功率电感器233和功率模块234接触。如上所述,机械紧固件242、244、246、248将电容器模块232、功率电感器233、功率模块234、端板236和冷却板237、238夹紧在一起。此外,电容器模块232、功率电感器233、功率模块234、端板236和冷却板237、238限定与冷却板237、238的内部

通道以及入口端口258和出口端口260流体连通的通道,以提供到达冷却板237、238的通路以用于冷却目的。

[0029] 参考图6,牵引逆变器系统330包括电容器模块332、功率电感器333、功率模块334、端板336、冷却板337、338、339和机械紧固件342、344、346、348。并且端板336限定流体的入口端口358和出口端口360。冷却板337位于电容器模块332和功率电感器333之间并与电容器模块332和功率电感器333接触。冷却板338位于电容器模块332和功率模块334之间并与电容器模块332和功率模块334接触。冷却板339与功率电感器333接触。如上所述,机械紧固件342、344、346、348将电容器模块332、功率电感器333、功率模块334、端板336和冷却板337、338、339夹紧在一起。此外,电容器模块332、功率电感器333、功率模块334、端板336和冷却板337、338、339限定与冷却板337、338、339的内部通道以及入口端口358和出口端口360流体连通的通道,以提供到达冷却板337、338、339的通路以用于冷却目的。

[0030] 如本领域普通技术人员显而易见的,本文中设想的集成夹紧和冷却设计可以是紧凑且灵活的,从而更易于减小尺寸并优化牵引逆变器的布局。这些设计还可以改善电容器、功率模块和功率电感器的热性能。另外,这些设计可以允许各个部件共享相同的占地面积,从而潜在地简化制造和组装过程。

[0031] 当沿垂直于端板336的暴露表面的方向观察时,电容器模块332、功率电感器333、功率模块334、端板336和冷却板337、338、339各自具有共同的轮廓或周边形状。此外,电容器模块332、功率电感器333和功率模块334各自具有共同的长度、宽度和深度。这种共性可以减少与零件处理、运输、存储、组装等相关联的成本,因为可以使用共同工具来处理每一者。

[0032] 在说明书中所使用的用词是描述用词而非限制用词,并且应当理解,可以在不脱离本公开和权利要求的精神和范围的情况下做出各种改变。如前所述,各种实施例的特征可以被组合以形成可能未明确描述或示出的另外的实施例。虽然各种实施例可以被描述为关于一个或多个所期望特性相对于其他实施例或现有技术实施方式提供优点或是优选的,但是本领域普通技术人员认识到,可以折衷一个或多个特征或特性以实现所期望的总系统属性,这取决于具体的应用和实施方式。这些属性包括但不限于成本、强度、耐久性、生命周期成本、可销售性、外观、包装、尺寸、适用性、重量、可制造性、组装简易性等。因此,被描述为关于一个或多个特性不如其他实施例或现有技术实施方式所期望的实施例不在本公开的范围之外,并且对于特定应用可能是期望的。

[0033] 根据本发明,提供了一种牵引逆变器系统,其具有:电容器模块;功率模块;位于模块之间并与模块接触的冷却板;限定入口和出口的端板,其中所述模块和板限定(i)跨越所述模块和板的孔,以及(ii)与所述入口和出口流体连通的通道;以及机械紧固件,其占据孔,跨越模块和板,并将模块和板夹紧在一起。

[0034] 根据一个实施例,本发明的特征还在于位于功率模块和端板之间并与功率模块和端板接触并且与通道流体连通的另一个冷却板。

[0035] 根据一个实施例,本发明的特征还在于与电容器模块但不与功率模块接触并且与通道流体连通的另一个冷却板。

[0036] 根据一个实施例,本发明的特征还在于邻近于所述模块中的至少一个的功率电感器。

- [0037] 根据一个实施例,本发明的特征还在于与功率电感器接触并且与通道流体连通的另一个冷却板。
- [0038] 根据一个实施例,孔限定在模块和板中的每一者的拐角上。
- [0039] 根据一个实施例,本发明的特征还在于冷却板表面上的热界面材料。
- [0040] 根据一个实施例,所述机械紧固件包括螺栓和螺母。
- [0041] 根据本发明,提供了一种汽车动力系统,其具有:电容器模块、功率模块、功率电感器、限定入口和出口的端板以及一对冷却板,它们被堆叠并机械紧固在一起使得冷却板由电容器模块、功率模块或功率电感器分开以形成牵引逆变器布置,其中(i)端板、(ii)冷却板以及(iii)电容器模块、功率模块或功率电感器共同限定与入口和出口流体连通的通道。
- [0042] 根据一个实施例,功率电感器位于电容器模块和功率模块之间。
- [0043] 根据一个实施例,电容器模块位于功率电感器和功率模块之间。
- [0044] 根据一个实施例,功率模块与端板接触。
- [0045] 根据一个实施例,本发明的特征还在于与电容器模块、功率模块、功率电感器、端板和一对冷却板堆叠和机械紧固在一起并且与通道流体连通的第三冷却板。
- [0046] 根据一个实施例,本发明的特征还在于冷却板表面上的热界面材料。
- [0047] 根据本发明,提供了一种牵引逆变器系统,其具有:电容器模块、功率模块、功率电感器、限定入口的端板以及冷却板,它们被堆叠以形成单个单元,其中所述电容器模块、功率模块、端板和冷却板限定与入口流体连通的通道;以及机械紧固件,其穿过所述电容器模块、功率模块、端板和冷却板中的每一者并且被配置成将单个单元夹紧在一起。
- [0048] 根据一个实施例,冷却板位于功率模块与端板之间。
- [0049] 根据一个实施例,冷却板位于电容器模块和功率模块之间。
- [0050] 根据一个实施例,本发明的特征还在于与所述单个单元堆叠在一起并且与通道流体连通的另一个冷却板。
- [0051] 根据一个实施例,本发明的特征还在于与所述单个单元堆叠在一起的功率电感器。
- [0052] 根据一个实施例,机械紧固件穿过功率电感器。

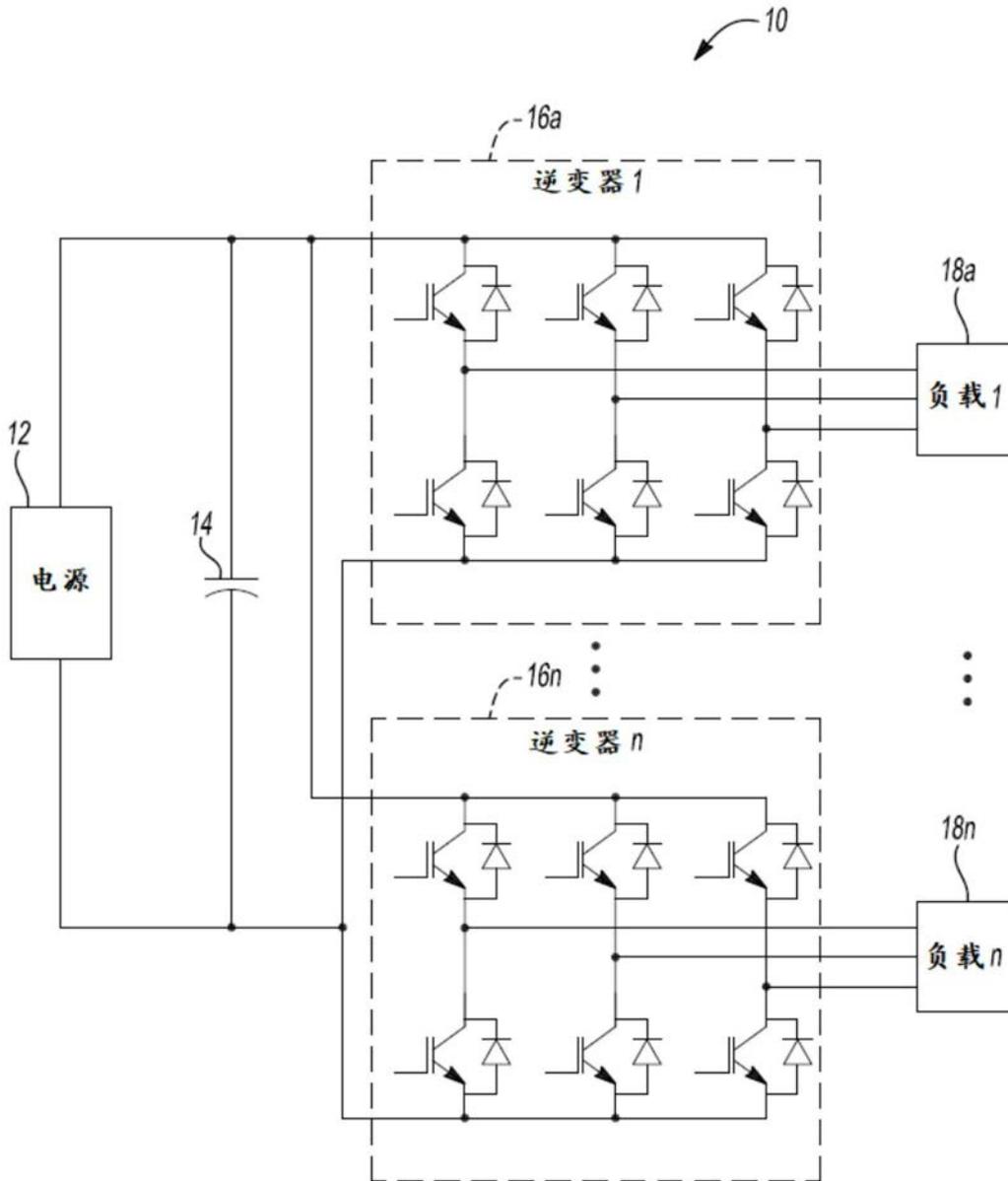


图1  
现有技术

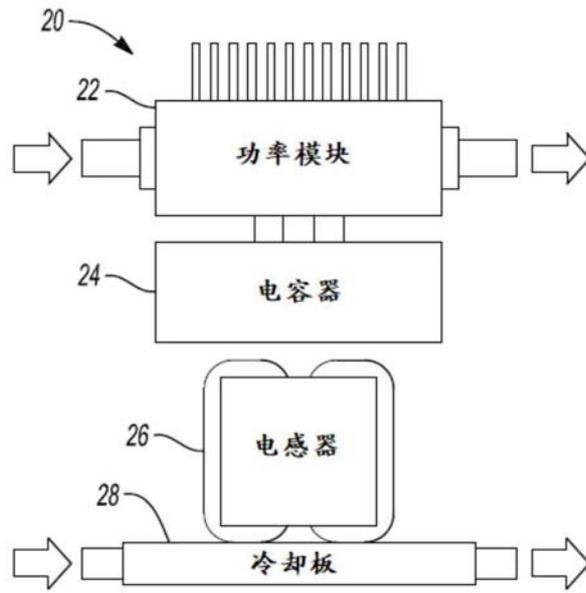


图2  
现有技术

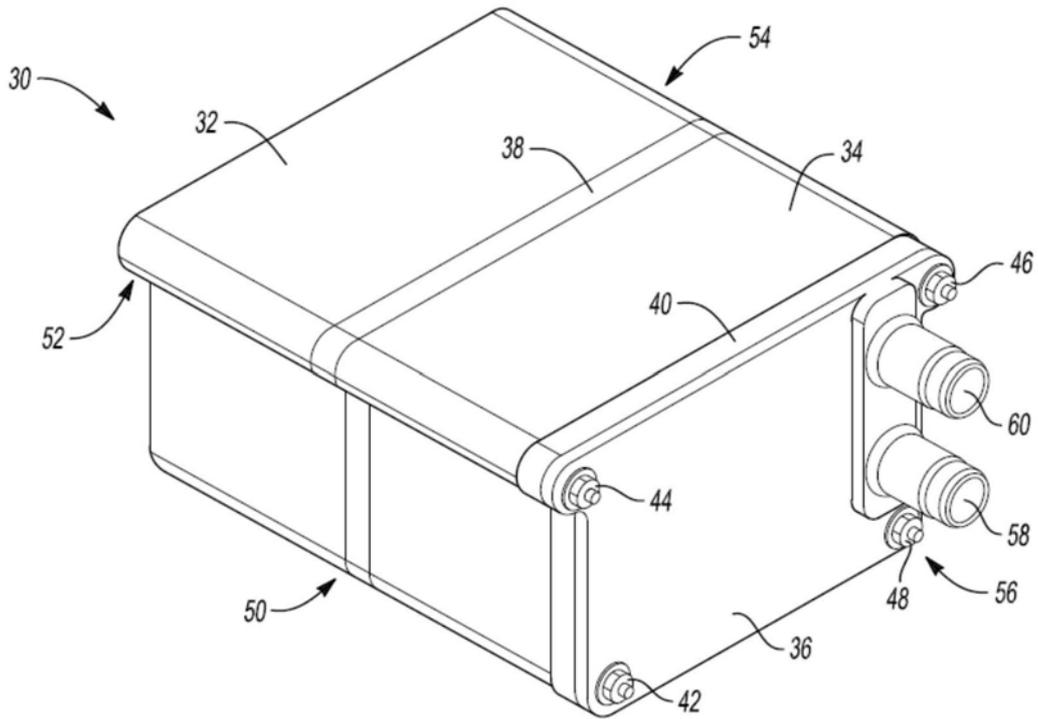


图3

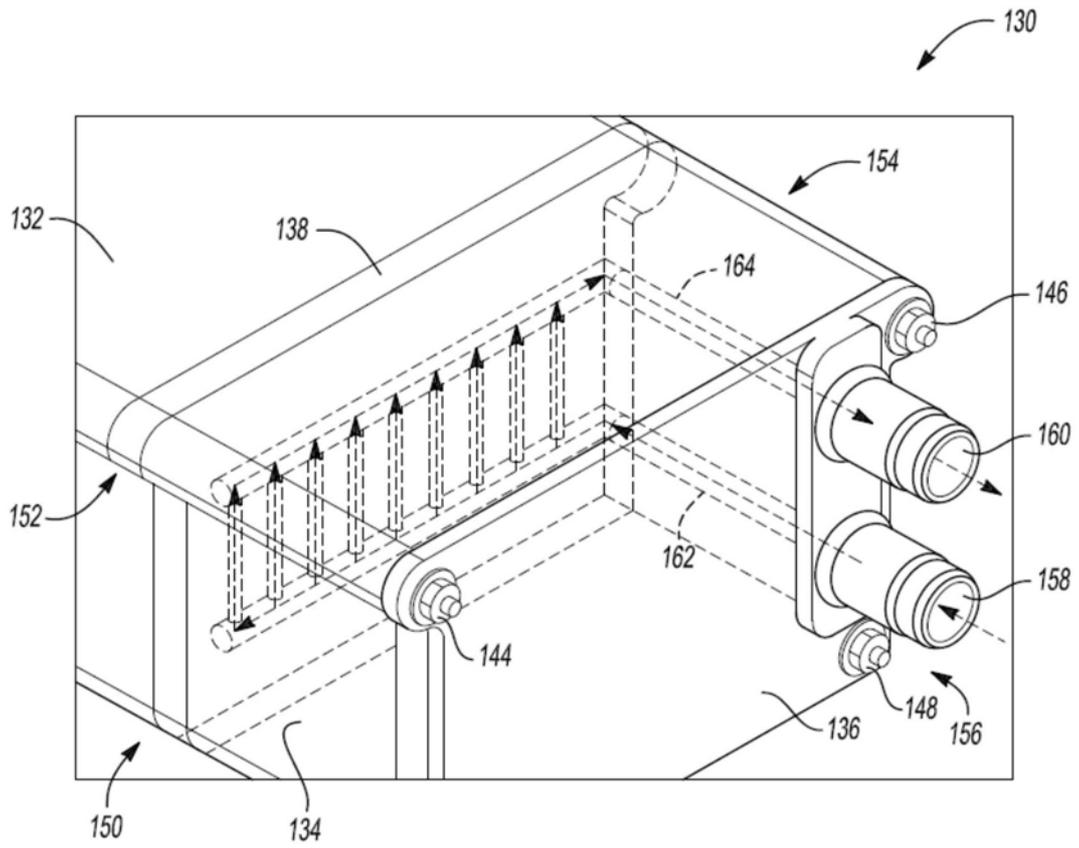


图4

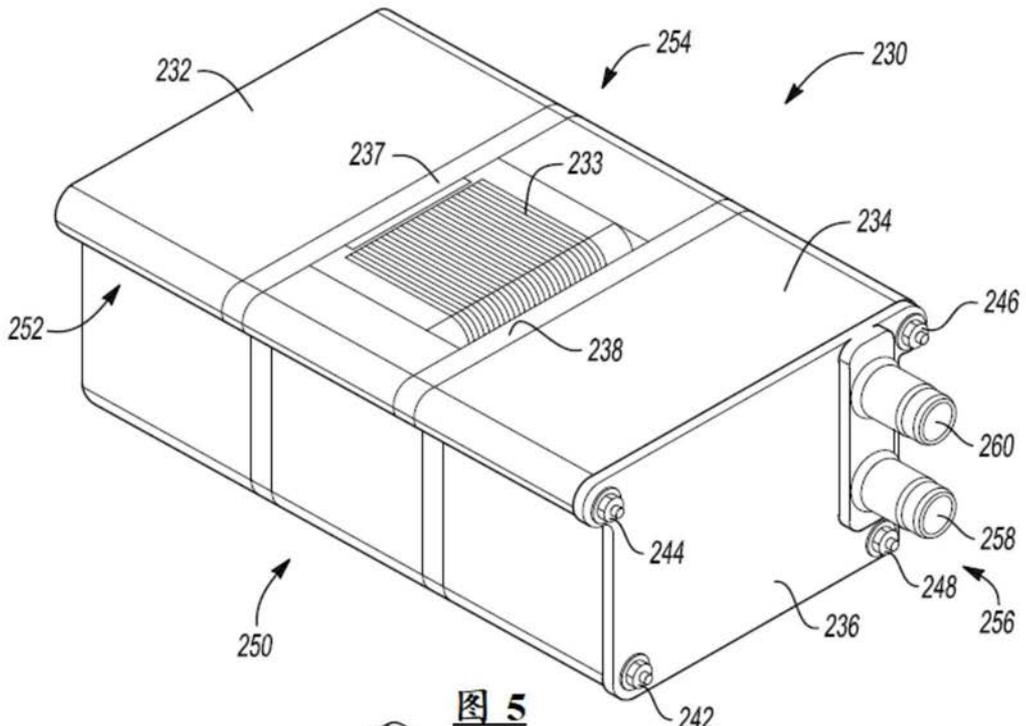


图 5

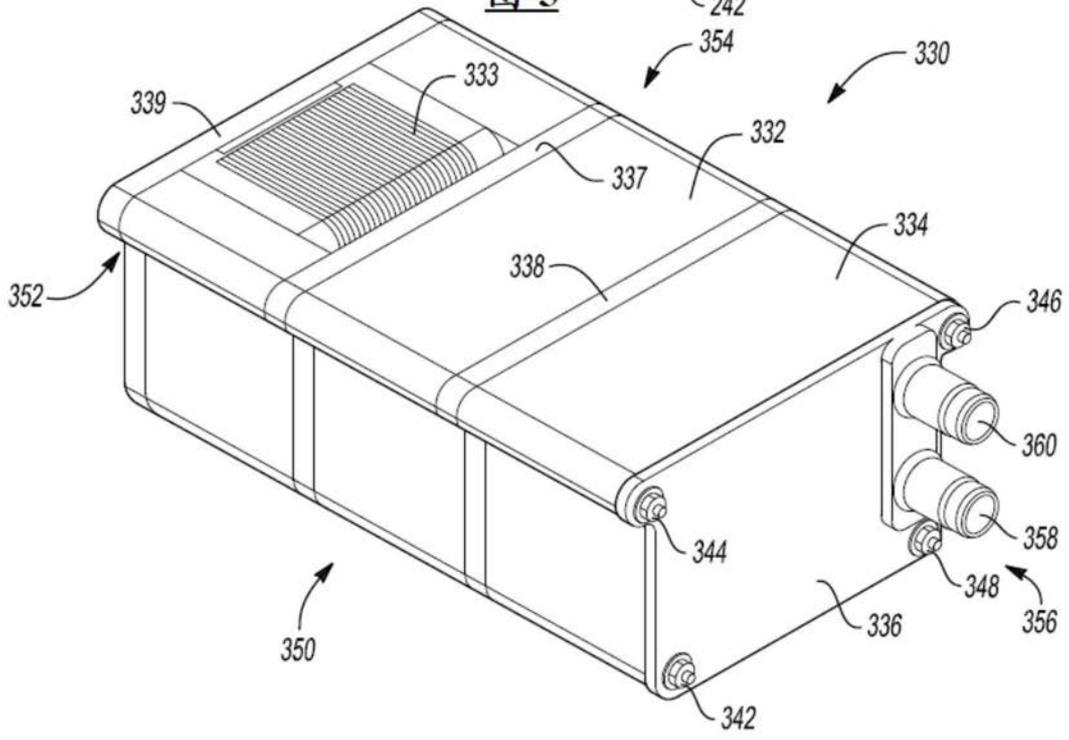


图 6