



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 116709727 A
(43) 申请公布日 2023. 09. 05

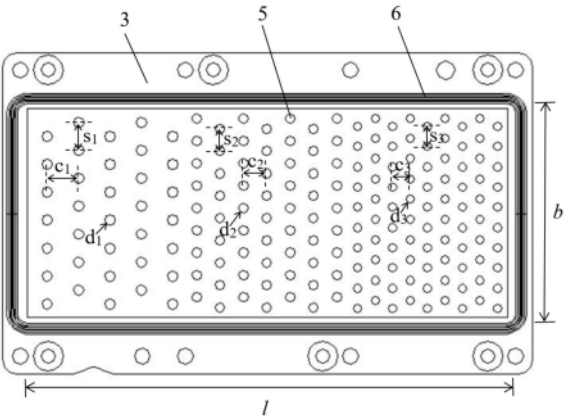
(21) 申请号 202310566410.1
(22) 申请日 2023.05.19
(71) 申请人 重庆青山工业有限责任公司
地址 402776 重庆市璧山区青杠街道
(72) 发明人 张健 姜艳军 杨述松 何柏君
何坤健 赵拼
(74) 专利代理机构 重庆志合专利事务所(普通合伙) 50210
专利代理师 胡荣琿
(51) Int.Cl.
H05K 7/20 (2006.01)

权利要求书3页 说明书9页 附图4页

(54) 发明名称
一种驱动电机控制器分区液冷板

(57) 摘要
一种驱动电机控制器分区液冷板,包括控制器外壳,所述控制器外壳内侧设有散热基板,所述散热基板与控制器外壳之间通过密封圈进行密封形成液冷板流道,所述散热基板的上端面设有IGBT模块,所述散热基板的下端面设有与IGBT模块对应的散热柱,所述散热柱位于液冷板流道内,所述液冷板流道包括两个流道区域,分别与IGBT模块的两个IGBT半桥对应,从流道进口至流道出口分别为第一流道区域、第二流道区域;所述液冷板流道的参数满足的关系式为:

$$0.88 \leq \left(\frac{s_1 c_2}{c_1 s_2} \right)^{0.2} \left(\frac{L - d_1 \left[\frac{L}{s_2} \right]}{L - d_1 \left[\frac{L}{s_1} \right]} \right)^{0.6} \left(\frac{d_2}{d_1} \right)^{0.4} \left(\frac{BL + \pi h d_1 [B/c_1] [L/s_1] - \frac{\pi d_1^2 [B/c_1] [L/s_1]}{4}}{BL + \pi h d_2 [B/c_2] [L/s_2] - \frac{\pi d_2^2 [B/c_2] [L/s_2]}{4}} \right) \leq 0.97$$



1. 一种驱动电机控制器分区液冷板, 其特征在于: 包括控制器外壳 (2), 所述控制器外壳 (2) 内侧设有散热基板 (3), 所述散热基板 (3) 与控制器外壳 (2) 之间通过密封圈 (6) 进行密封形成液冷板流道 (4), 所述控制器外壳 (2) 上设有与液冷板流道 (4) 连通的流道进口 (44) 和流道出口 (45), 所述散热基板 (3) 的上端面设有 IGBT 模块, 所述散热基板 (3) 的下端面设有与 IGBT 模块 (1) 对应的散热柱 (5), 所述散热柱 (5) 位于液冷板流道 (4) 内, 所述液冷板流道 (4) 包括两个流道区域, 分别与 IGBT 模块 (1) 的两个 IGBT 半桥对应, 从流道进口 (44) 至流道出口 (45) 分别为第一流道区域 (41)、第二流道区域 (42);

其中, 所述 IGBT 半桥的长度为 L , 所述 IGBT 半桥的宽度为 B , 所述散热柱的高度为 h , 所述第一流道区域的散热柱的直径为 d_1 、所述第一流道区域的散热柱之间的列间距为 s_1 、所述第一流道区域的散热柱之间的排间距为 c_1 、所述第二流道区域的散热柱的直径为 d_2 、所述第二流道区域的散热柱之间的列间距为 s_2 和所述第二流道区域的散热柱之间的排间距为 c_2 之间满足的关系式为:

$$0.88 \leq \left(\frac{s_1 c_2}{c_1 s_2} \right)^{0.2} \left(\frac{L - d_2 \left[\frac{L}{s_2} \right]}{L - d_1 \left[\frac{L}{s_1} \right]} \right)^{0.6} \left(\frac{d_2}{d_1} \right)^{0.4} \left(\frac{BL + \pi h d_1 [B/c_1] [L/s_1] - \frac{\pi d_1^2 [B/c_1] [L/s_1]}{4}}{BL + \pi h d_2 [B/c_2] [L/s_2] - \frac{\pi d_2^2 [B/c_2] [L/s_2]}{4}} \right) \leq 0.97。$$

2. 根据权利要求1所述驱动电机控制器分区液冷板, 其特征在于: 所述液冷板流道 (4) 包括三个流道区域, 分别与 IGBT 模块 (1) 的三个 IGBT 半桥对应, 从液冷板流道 (4) 的流道进口 (44) 至流道出口 (45) 分别为第一流道区域 (41)、第二流道区域 (42)、第三流道区域 (43);

其中, 所述 IGBT 半桥的长度为 L , 所述 IGBT 半桥的宽度为 B , 所述散热柱的高度为 h , 所述第一流道区域的散热柱的直径为 d_1 、所述第一流道区域的散热柱之间的列间距为 s_1 、所述第一流道区域的散热柱之间的排间距为 c_1 、所述第二流道区域的散热柱的直径为 d_2 、所述第二流道区域的散热柱之间的列间距为 s_2 、所述第二流道区域的散热柱之间的排间距为 c_2 、所述第三流道区域的散热柱的直径为 d_3 、所述第三流道区域的散热柱之间的列间距为 s_3 、所述第三流道区域的散热柱之间的排间距为 c_3 之间满足的关系式为:

$$0.88 \leq \left(\frac{s_1 c_2}{c_1 s_2} \right)^{0.2} \left(\frac{L - d_2 \left[\frac{L}{s_2} \right]}{L - d_1 \left[\frac{L}{s_1} \right]} \right)^{0.6} \left(\frac{d_2}{d_1} \right)^{0.4} \left(\frac{BL + \pi h d_1 [B/c_1] [L/s_1] - \frac{\pi d_1^2 [B/c_1] [L/s_1]}{4}}{BL + \pi h d_2 [B/c_2] [L/s_2] - \frac{\pi d_2^2 [B/c_2] [L/s_2]}{4}} \right) \leq 0.97 \quad \text{和 /}$$

$$\text{或, } 0.88 \leq \left(\frac{s_2 c_3}{c_2 s_3} \right)^{0.2} \left(\frac{L - d_3 \left[\frac{L}{s_3} \right]}{L - d_2 \left[\frac{L}{s_2} \right]} \right)^{0.6} \left(\frac{d_3}{d_2} \right)^{0.4} \left(\frac{BL + \pi h d_2 [B/c_2] [L/s_2] - \frac{\pi d_2^2 [B/c_2] [L/s_2]}{4}}{BL + \pi h d_3 [B/c_3] [L/s_3] - \frac{\pi d_3^2 [B/c_3] [L/s_3]}{4}} \right) \leq 0.97。$$

3. 根据权利要求1或2所述驱动电机控制器分区液冷板, 其特征在于:

所述液冷板流道 (4) 的长度为 l , $(B \cdot n - 10) \text{ mm} \leq l \leq (B \cdot n + 10) \text{ mm}$; 和/或, 所述液冷板流道 (4) 的宽度为 b , $(L - 5) \text{ mm} \leq b \leq (L + 5) \text{ mm}$;

其中, B 为 IGBT 半桥的宽度, 所述 L 为 IGBT 半桥的长度, 所述 n 为 IGBT 半桥的数量。

4. 根据权利要求1或2所述驱动电机控制器分区液冷板, 其特征在于: 所述散热柱 (5) 为

圆柱形,散热柱(5)的排列方式为叉排。

5. 根据权利要求1或2所述驱动电机控制器分区液冷板,其特征在于:所述散热柱(5)的高度 h , $3\text{mm} \leq h \leq 10\text{mm}$ 。

6. 根据权利要求2所述驱动电机控制器分区液冷板,其特征在于:所述散热柱(5)分为三个区域,从液冷板流道(4)的流道进口(44)至流道出口(45),分别为与IGBT模块(1)的第一IGBT半桥(11)对应的第一流道区域的散热柱、与IGBT模块(1)的第二IGBT半桥(12)对应的第二流道区域的散热柱、与IGBT模块(1)的第三IGBT半桥(13)对应的第三流道区域的散热柱;

所述第一流道区域的散热柱的直径为 d_1 , $1\text{mm} \leq d_1 \leq 5\text{mm}$;所述第一流道区域的散热柱沿第一预设方向间隔设置,相邻两个散热柱之间的列间距为 s_1 , $1\text{mm} \leq s_1 - d_1 \leq 5\text{mm}$,所述第一流道区域的散热柱沿第二预设方向间隔设置,相邻两排散热柱之间的排间距为 c_1 , $1\text{mm} \leq c_1 - d_1 \leq 5\text{mm}$;

所述第二流道区域的散热柱的直径为 d_2 , $1\text{mm} \leq d_2 \leq 5\text{mm}$;所述第二流道区域的散热柱沿第一预设方向间隔设置,相邻两个散热柱之间的列间距为 s_2 , $1\text{mm} \leq s_2 - d_2 \leq 5\text{mm}$,所述第二流道区域的散热柱沿第二预设方向间隔设置,相邻两排散热柱之间的排间距为 c_2 , $1\text{mm} \leq c_2 - d_2 \leq 5\text{mm}$;

所述第三流道区域的散热柱的直径为 d_3 , $1\text{mm} \leq d_3 \leq 5\text{mm}$;所述第三流道区域的散热柱沿第一预设方向间隔设置,相邻两个散热柱之间的列间距为 s_3 , $1\text{mm} \leq s_3 - d_3 \leq 5\text{mm}$,所述第三流道区域的散热柱沿第二预设方向间隔设置,相邻两排散热柱之间的排间距为 c_3 , $1\text{mm} \leq c_3 - d_3 \leq 5\text{mm}$ 。

7. 根据权利要求1所述驱动电机控制器分区液冷板,其特征在于:所述第一流道区域的散热柱沿第一预设方向间隔设置,每排散热柱的数量为 $\left\lceil \frac{L}{s_1} \right\rceil$,所述第一流道区域的散热柱沿第二预设方向间隔设置,所述散热柱的排数为 $\left\lceil \frac{B}{c_1} \right\rceil$;

所述第二流道区域的散热柱沿第一预设方向间隔设置,每排散热柱的数量为 $\left\lceil \frac{L}{s_2} \right\rceil$,所述第二流道区域的散热柱沿第二预设方向间隔设置,所述散热柱的排数为 $\left\lceil \frac{B}{c_2} \right\rceil$;

所述第三流道区域的散热柱沿第一预设方向间隔设置,每排散热柱的数量为 $\left\lceil \frac{L}{s_3} \right\rceil$,所述第三流道区域的散热柱沿第二预设方向间隔设置,所述散热柱的排数为 $\left\lceil \frac{B}{c_3} \right\rceil$;其中符号 $\lceil \cdot \rceil$ 代表取整数。

8. 根据权利要求1所述驱动电机控制器分区液冷板,其特征在于:所述控制器外壳(2)内侧设有用于形成液冷板流道(4)的凹槽,所述凹槽的槽底两侧分别设有液冷板流道(4)的

流道进口 (44) 和流道出口 (45), 所述控制器外壳 (2) 上靠近凹槽设有与密封圈 (6) 配合的密封槽。

9. 根据权利要求1所述驱动电机控制器分区液冷板, 其特征在于: 所述散热基板 (3) 采用铜或碳化硅铝材料制成, 所述散热柱 (5) 采用铝、或铝合金、或铜材料制成。

10. 根据权利要求1所述驱动电机控制器分区液冷板, 其特征在于: 所述控制器外壳 (2) 采用铝或铝合金材料制成。

一种驱动电机控制器分区液冷板

技术领域

[0001] 本发明涉及一种驱动电机控制器技术领域,特别涉及一种驱动电机控制器分区液冷板。

背景技术

[0002] 在全球能源结构升级转型的背景下,新能源汽车产业已经进入高速发展的“快车道”,随着新能源车的电驱动正向多合一高度集成、高转矩密度、高功率密度、高安全等级的方向发展,电机控制器及电子功率器件的热损耗也大量增多,对散热提出更高要求,而散热的好坏直接影响电机控制器的安全可靠运行,进而影响驱动电机的性能及整车的性能和效率。当控制器处于峰值工作状态时,其温度将迅速升高,一旦超出控制器的安全温度范围,会导致控制器电子器件的稳定性下降或失效,甚至造成关键部件烧毁。

[0003] 目前,现有技术中的电机控制器的液冷板存在的问题是,冷却液从液冷板进口进入液冷板流道,从液冷板进口至液冷板出口,冷却液在流动过程中不断吸收热量,冷却液温度不断升高。靠近液冷板流道进口区域的冷却液温度低,相对应的IGBT(即绝缘栅双极型晶体管)半桥的散热效果好,IGBT半桥的温度低;靠近液冷板流道出口区域的冷却液温度高,相对应的IGBT半桥的散热效果较差,IGBT半桥的温升容易超标,易造成IGBT模块失效或烧毁;同时,散热基板温度分布不均匀、温差大,运行过程中IGBT模块会产生较大的周期性热应力,严重时影响电子器件的安全稳定运行。

[0004] 然而,现有控制器液冷板的流道结构依靠经验进行设计,需要反复进行试验和改模,试验周期长、设计效率低,增加产品开发成本和开发周期。缺乏控制器液冷板流道结构设计方法,液冷板流道结构设计不合理,容易出现液冷板冷却不均匀,IGBT模块局部温升超标,造成功率功率器件失效或烧毁;同时,散热基板温度分布不均,运行过程中IGBT模块会产生较大的周期性热应力,严重时影响电子器件的正常工作。

发明内容

[0005] 本发明的目的是针对现有技术存在的不足,提供一种驱动电机控制器分区液冷板,解决现有技术中的液冷板流道结构的设计方法的设计周期和改模周期长的技术问题。

[0006] 本发明的目的是这样实现的:

[0007] 一种驱动电机控制器分区液冷板,包括控制器外壳,所述控制器外壳内侧设有散热基板,所述散热基板与控制器外壳之间通过密封圈进行密封形成液冷板流道,所述控制器外壳上设有与液冷板流道连通的流道进口和流道出口,所述散热基板的上端面设有IGBT模块,所述散热基板的下端面设有与IGBT模块对应的散热柱,所述散热柱位于液冷板流道内,所述液冷板流道包括两个流道区域,分别与IGBT模块的两个IGBT半桥对应,从流道进口至流道出口分别为第一流道区域、第二流道区域;

[0008] 其中,所述IGBT半桥的长度为L,所述IGBT半桥的宽度为B,所述散热柱的高度为h,所述第一流道区域的散热柱的直径为 d_1 、所述第一流道区域的散热柱之间的列间距为 s_1 、所

述第一流道区域的散热柱之间的排间距为 c_1 、所述第二流道区域的散热柱的直径为 d_2 、所述第二流道区域的散热柱之间的列间距为 s_2 和所述第二流道区域的散热柱之间的排间距为 c_2 之间满足的关系式为：

$$[0009] \quad 0.88 \leq \left(\frac{s_1 c_2}{c_1 s_2} \right)^{0.2} \left(\frac{L - d_2 \left[\frac{L}{s_2} \right]}{L - d_1 \left[\frac{L}{s_1} \right]} \right)^{0.6} \left(\frac{d_2}{d_1} \right)^{0.4} \left(\frac{BL + \pi h d_1 [B/c_1][L/s_1] - \frac{\pi d_1^2 [B/c_1][L/s_1]}{4}}{BL + \pi h d_2 [B/c_2][L/s_2] - \frac{\pi d_2^2 [B/c_2][L/s_2]}{4}} \right) \leq 0.97 ;$$

[0010] 进一步地,所述液冷板流道包括三个流道区域,分别与IGBT模块的三个IGBT半桥对应,从液冷板流道的流道进口至流道出口分别为第一流道区域、第二流道区域、第三流道区域;

[0011] 其中,所述IGBT半桥的长度为 L ,所述IGBT半桥的宽度为 B ,所述散热柱的高度为 h ,所述第一流道区域的散热柱的直径为 d_1 、所述第一流道区域的散热柱之间的列间距为 s_1 、所述第一流道区域的散热柱之间的排间距为 c_1 、所述第二流道区域的散热柱的直径为 d_2 、所述第二流道区域的散热柱之间的列间距为 s_2 、所述第二流道区域的散热柱之间的排间距为 c_2 、所述第三流道区域的散热柱的直径为 d_3 、所述第三流道区域的散热柱之间的列间距为 s_3 、所述第三流道区域的散热柱之间的排间距为 c_3 之间满足的关系式为：

$$[0012] \quad 0.88 \leq \left(\frac{s_1 c_2}{c_1 s_2} \right)^{0.2} \left(\frac{L - d_2 \left[\frac{L}{s_2} \right]}{L - d_1 \left[\frac{L}{s_1} \right]} \right)^{0.6} \left(\frac{d_2}{d_1} \right)^{0.4} \left(\frac{BL + \pi h d_1 [B/c_1][L/s_1] - \frac{\pi d_1^2 [B/c_1][L/s_1]}{4}}{BL + \pi h d_2 [B/c_2][L/s_2] - \frac{\pi d_2^2 [B/c_2][L/s_2]}{4}} \right) \leq 0.97 ;$$

$$\text{和/或, } 0.88 \leq \left(\frac{s_2 c_3}{c_2 s_3} \right)^{0.2} \left(\frac{L - d_3 \left[\frac{L}{s_3} \right]}{L - d_2 \left[\frac{L}{s_2} \right]} \right)^{0.6} \left(\frac{d_3}{d_2} \right)^{0.4} \left(\frac{BL + \pi h d_2 [B/c_2][L/s_2] - \frac{\pi d_2^2 [B/c_2][L/s_2]}{4}}{BL + \pi h d_3 [B/c_3][L/s_3] - \frac{\pi d_3^2 [B/c_3][L/s_3]}{4}} \right) \leq 0.97 .$$

[0013] 进一步地,所述液冷板流道的长度为 l , $(B \cdot n - 10) \text{ mm} \leq l \leq (B \cdot n + 10) \text{ mm}$;和/或,所述液冷板流道的宽度为 b , $(L - 5) \text{ mm} \leq b \leq (L + 5) \text{ mm}$;

[0014] 其中, B 为IGBT半桥的宽度,所述 L 为IGBT半桥的长度,所述 n 为IGBT半桥的数量。

[0015] 进一步地,所述散热柱为圆柱形,散热柱的排列方式为叉排。

[0016] 进一步地,所述散热柱的高度 h , $3 \text{ mm} \leq h \leq 10 \text{ mm}$ 。

[0017] 进一步地,所述散热柱分为三个区域,从液冷板流道的流道进口至流道出口,分别为与IGBT模块的第一IGBT半桥对应的第一流道区域的散热柱、与IGBT模块的第二IGBT半桥对应的第二流道区域的散热柱、与IGBT模块的第三IGBT半桥对应的第三流道区域的散热柱;

[0018] 所述第一流道区域的散热柱的直径为 d_1 , $1 \text{ mm} \leq d_1 \leq 5 \text{ mm}$;所述第一流道区域的散热柱沿第一预设方向间隔设置,相邻两个散热柱之间的列间距为 s_1 , $1 \text{ mm} \leq s_1 - d_1 \leq 5 \text{ mm}$,所述第一流道区域的散热柱沿第二预设方向间隔设置,相邻两排散热柱之间的排间距为 c_1 , $1 \text{ mm} \leq c_1 - d_1 \leq 5 \text{ mm}$;

[0019] 所述第二流道区域的散热柱的直径为 d_2 , $1 \text{ mm} \leq d_2 \leq 5 \text{ mm}$;所述第二流道区域的散热

柱沿第一预设方向间隔设置,相邻两个散热柱之间的列间距为 s_2 , $1\text{mm} \leq s_2 - d_2 \leq 5\text{mm}$,所述第二流道区域的散热柱沿第二预设方向间隔设置,相邻两排散热柱之间的排间距为 c_2 , $1\text{mm} \leq c_2 - d_2 \leq 5\text{mm}$;

[0020] 所述第三流道区域的散热柱的直径为 d_3 , $1\text{mm} \leq d_3 \leq 5\text{mm}$;所述第三流道区域的散热柱沿第一预设方向间隔设置,相邻两个散热柱之间的列间距为 s_3 , $1\text{mm} \leq s_3 - d_3 \leq 5\text{mm}$,所述第三流道区域的散热柱沿第二预设方向间隔设置,相邻两排散热柱之间的排间距为 c_3 , $1\text{mm} \leq c_3 - d_3 \leq 5\text{mm}$ 。

[0021] 进一步地,所述第一流道区域的散热柱沿第一预设方向间隔设置,每排散热柱的数量为 $\left[\frac{L}{s_1}\right]$,所述第一流道区域的散热柱沿第二预设方向间隔设置,所述散热柱的排数为 $\left[\frac{B}{c_1}\right]$;

[0022] 所述第二流道区域的散热柱沿第一预设方向间隔设置,每排散热柱的数量为 $\left[\frac{L}{s_2}\right]$,所述第二流道区域的散热柱沿第二预设方向间隔设置,所述散热柱的排数为 $\left[\frac{B}{c_2}\right]$;

[0023] 所述第三流道区域的散热柱沿第一预设方向间隔设置,每排散热柱的数量为 $\left[\frac{L}{s_3}\right]$,所述第三流道区域的散热柱沿第二预设方向间隔设置,所述散热柱的排数为 $\left[\frac{B}{c_3}\right]$;其中符号 $[\]$ 代表取整数。

[0024] 进一步地,所述控制器外壳内侧设有用于形成液冷板流道的凹槽,所述凹槽的槽底两侧分别设有液冷板流道的流道进口和流道出口,所述控制器外壳上靠近凹槽设有与密封圈配合的密封槽。

[0025] 进一步地,所述散热基板采用铜或碳化硅铝材料制成,所述散热柱采用铝、或铝合金、或铜材料制成。

[0026] 进一步地,所述控制器外壳采用铝或铝合金材料制成。

[0027] 本发明的驱动电机控制器分区液冷板与现有技术相比,有益效果在于:应用本发明的技术方案,对于驱动电机控制器液冷板而言,通过上述关于液冷板流道内散热柱的结构参数和排列参数的计算公式,能够便于得到液冷板流道内散热柱的具体参数尺寸和排列位置之间的关系,上述计算公式是根据外部强制对流传热规律所得到的,因而能够使得液冷板在能够保证温度均匀性和散热性能的基础上选定以及计算出流道内散热柱的具体尺寸和排列位置,从而简化了驱动电机控制器液冷板流道结构的设计过程,极大地降低了驱动电机控制器液冷板流道的设计周期和改模周期。因此,通过本发明提供的技术方案,能够解决现有技术中的驱动电机控制器液冷板流道结构的设计方法的设计和改模周期长的技术问题。

附图说明

[0028] 构成本申请的一部分的说明书附图用来提供对本发明的进一步理解,本发明的示

意性实施例及其说明用于解释本发明,并不构成对本发明的不当限定。

[0029] 图1为驱动电机控制器分区液冷板结构示意图;

[0030] 图2为控制器外壳外侧结构示意图;

[0031] 图3为驱动电机控制器分区液冷板剖视图;

[0032] 图4为驱动电机控制器分区液冷板侧视图;

[0033] 图5为IGBT模块在散热基板上结构示意图;

[0034] 图6为散热柱在散热基板上的结构示意图。

[0035] 附图标记:IGBT模块1,第一IGBT半桥11,第二IGBT半桥12,第三IGBT半桥13,控制器外壳2,散热基板3,液冷板流道4,第一流道区域41,第二流道区域42,第二流道区域43,流道进口44,流道出口45,散热柱5,密封圈6。

具体实施方式

[0036] 需要说明的是,在不冲突的情况下,本申请中的实施例及实施例中的特征可以相互组合。下面将参考附图并结合实施例来详细说明本发明。

[0037] 参考图1至图6,一种驱动电机控制器分区液冷板,包括控制器外壳2,所述控制器外壳2内侧设有散热基板3,所述散热基板3与控制器外壳2之间通过密封圈6进行密封形成液冷板流道4,所述控制器外壳2上设有与液冷板流道4连通的流道进口44和流道出口45,所述控制器外壳2内侧设有用于形成液冷板流道4的凹槽,所述凹槽的槽底两侧分别设有液冷板流道4的流道进口44和流道出口45,所述控制器外壳2上靠近凹槽设有与密封圈6配合的密封槽,所述密封圈6位于密封槽内为控制器外壳2与散热基板3之间的间隙进行密封。所述散热基板3的上端面设有IGBT模块,所述散热基板3的下端面设有与IGBT模块1对应的散热柱5,所述散热柱5位于液冷板流道4内,所述散热柱5与控制器外壳2的凹槽的槽底之间可留有小间隙。所述液冷板流道4包括两个流道区域,分别与IGBT模块1的两个IGBT半桥对应,从流道进口44至流道出口45分别为第一流道区域41、第二流道区域42;

[0038] 其中,所述IGBT半桥的长度为L,所述IGBT半桥的宽度为B,所述散热柱的高度为h,所述第一流道区域的散热柱的直径为 d_1 、所述第一流道区域的散热柱之间的列间距为 s_1 、所述第一流道区域的散热柱之间的排间距为 c_1 、所述第二流道区域的散热柱的直径为 d_2 、所述第二流道区域的散热柱之间的列间距为 s_2 和所述第二流道区域的散热柱之间的排间距为 c_2 之间满足的关系式为:

$$[0039] \quad 0.88 \leq \left(\frac{s_1 c_2}{c_1 s_2} \right)^{0.2} \left(\frac{L - d_2 \left[\frac{L}{s_2} \right]}{L - d_1 \left[\frac{L}{s_1} \right]} \right)^{0.6} \left(\frac{d_2}{d_1} \right)^{0.4} \left(\frac{BL + \pi h d_1 [B/c_1] \left[\frac{L}{s_1} \right] - \frac{\pi d_1^2 [B/c_1] \left[\frac{L}{s_1} \right]}{4}}{BL + \pi h d_2 [B/c_2] \left[\frac{L}{s_2} \right] - \frac{\pi d_2^2 [B/c_2] \left[\frac{L}{s_2} \right]}{4}} \right) \leq 0.97;$$

[0040] 优选地,所述液冷板流道4包括三个流道区域,分别与IGBT模块1的三个IGBT半桥对应,从液冷板流道4的流道进口44至流道出口45分别为第一流道区域41、第二流道区域42、第三流道区域43;

[0041] 其中,所述IGBT半桥的长度为L,所述IGBT半桥的宽度为B,所述散热柱的高度为h,所述第一流道区域的散热柱的直径为 d_1 、所述第一流道区域的散热柱之间的列间距为 s_1 、所述第一流道区域的散热柱之间的排间距为 c_1 、所述第二流道区域的散热柱的直径为 d_2 、所述

第二流道区域的散热柱之间的列间距为 s_2 、所述第二流道区域的散热柱之间的排间距为 c_2 、所述第三流道区域的散热柱的直径为 d_3 、所述第三流道区域的散热柱之间的列间距为 s_3 、所述第三流道区域的散热柱之间的排间距为 c_3 之间满足的关系式为：

$$[0042] \quad 0.88 \leq \left(\frac{s_1 c_2}{c_1 s_2} \right)^{0.2} \left(\frac{L - d_2 \left[\frac{L}{s_2} \right]}{L - d_1 \left[\frac{L}{s_1} \right]} \right)^{0.6} \left(\frac{d_2}{d_1} \right)^{0.4} \left(\frac{BL + \pi h d_1 [B/c_1 \lfloor L/s_1 \rfloor] - \frac{\pi d_1^2 [B/c_1 \lfloor L/s_1 \rfloor]}{4}}{BL + \pi h d_2 [B/c_2 \lfloor L/s_2 \rfloor] - \frac{\pi d_2^2 [B/c_2 \lfloor L/s_2 \rfloor]}{4}} \right) \leq 0.97 ;$$

$$\text{和/或, } 0.88 \leq \left(\frac{s_2 c_3}{c_2 s_3} \right)^{0.2} \left(\frac{L - d_3 \left[\frac{L}{s_3} \right]}{L - d_2 \left[\frac{L}{s_2} \right]} \right)^{0.6} \left(\frac{d_3}{d_2} \right)^{0.4} \left(\frac{BL + \pi h d_2 [B/c_2 \lfloor L/s_2 \rfloor] - \frac{\pi d_2^2 [B/c_2 \lfloor L/s_2 \rfloor]}{4}}{BL + \pi h d_3 [B/c_3 \lfloor L/s_3 \rfloor] - \frac{\pi d_3^2 [B/c_3 \lfloor L/s_3 \rfloor]}{4}} \right) \leq 0.97 .$$

[0043] 需要说明的是,本实施例的液冷板流道4为冷却液流道,驱动电机控制器分区液冷板的主要功能是为IGBT模块1散热,通过冷却液流过液冷板流道4,将IGBT模块1的损耗热量带走,降低IGBT模块1的温升,使IGBT模块运行在安全的温度范围内,保证控制器稳定运行的可靠性。

[0044] 采用本实施例提供的驱动电机控制器分区液冷板,通过根据上述关系式以及散热过程中的流体横掠管束外部强制对流传热规律,能够得到驱动电机控制器分区液冷板流道结构的多个具体参数尺寸之间的关系,上述关系式基于驱动电机控制器分区液冷板的散热柱5的直径、散热柱5之间的列间距、以及散热柱5之间的排间距对驱动电机控制器分区液冷板的散热性能和散热基板3的温度分布的影响规律,提升了散热基板3温度分布的均匀性,降低了IGBT模块1局部温升超标的风险,减小了IGBT模块的周期性热应力,提高了驱动电机控制器稳定运行的可靠性。

[0045] 采用本实施例提供的驱动电机控制器分区液冷板,通过上述关于液冷板流道结构的参数的计算公式,能够便于得到驱动电机控制器分区液冷板流道结构散热柱5的具体参数尺寸和排列位置之间的关系,从而简化了驱动电机控制器液冷板流道结构的设计过程,极大的降低了驱动电机控制器液冷板流道结构的设计周期和试模周期。因此,本发明的驱动电机控制器分区液冷板,能够解决现有技术中的驱动电机控制器的液冷板的设计方法的设计周期和试模周期长的技术问题。

[0046] 具体的,所述液冷板流道4的长度为 l , $(B \cdot n - 10) \text{ mm} \leq l \leq (B \cdot n + 10) \text{ mm}$;和/或,所述液冷板流道4的宽度为 b , $(L - 5) \text{ mm} \leq b \leq (L + 5) \text{ mm}$;

[0047] 其中, B 为IGBT半桥的宽度,所述 L 为IGBT半桥的长度,所述 n 为IGBT半桥的数量。本实施例的IGBT半桥的数量 $n=3$,是电动汽车行业内驱动电机控制器IGBT模块的IGBT半桥的常用数量。液冷板流道4的长度和宽度分别满足上述两个关系式,这样,能够防止液冷板流道4的长度和宽度太小而发生散热能力不足或散热基板3温度均匀性差,也能够防止驱动电机控制器分区液冷板结构尺寸过大而增加材料成本和体积。

[0048] 具体的,所述散热柱5为圆柱形,散热柱5的排列方式为叉排。所述散热柱沿第一预设方向间隔设置,所述散热柱沿第二预设方向间隔设置。这样,能够提高冷却液在液冷板流道3内的湍流扰动强度,进而增强强制对流传热性能,以提高控制器液冷板的散热能力,降

低IGBT模块的温升。本实施例的第一预设方向为液冷板流道4的宽度方向,第二预设方向为液冷板流道4的长度方向。

[0049] 具体的,所述散热柱(5)的高度 h , $3\text{mm} \leq h \leq 10\text{mm}$,从而能够获得较好的散热效果。

[0050] 具体的,所述散热柱5分为三个区域,从液冷板流道4的流道进口44至流道出口45,分别为与IGBT模块1的第一IGBT半桥11对应的第一流道区域的散热柱、与IGBT模块1的第二IGBT半桥12对应的第二流道区域的散热柱、与IGBT模块1的第三IGBT半桥13对应的第三流道区域的散热柱;从液冷板流道4的流道进口44至流道出口45,冷却液在流动过程中不断吸收IGBT模块1的损耗热量,冷却液的温度不断升高,冷却液的散热能力逐渐减弱;将液冷板流道4分为第一流道区域41、第二流道区域42、第三流道区域43,这样,根据冷却液温度变化规律,在不同的流道区域设计不同的散热柱结构参数和排列位置,能够保证液冷板散热均匀性,防止因第三IGBT半桥13的温升超标而造成功率器件失效或损坏。

[0051] 所述第一流道区域的散热柱的直径为 d_1 , $1\text{mm} \leq d_1 \leq 5\text{mm}$;所述第一流道区域的散热柱沿第一预设方向间隔设置,相邻两个散热柱之间的列间距为 s_1 , $1\text{mm} \leq s_1 - d_1 \leq 5\text{mm}$,所述第一流道区域的散热柱沿第二预设方向间隔设置,相邻两排散热柱之间的排间距为 c_1 , $1\text{mm} \leq c_1 - d_1 \leq 5\text{mm}$;

[0052] 所述第二流道区域的散热柱的直径为 d_2 , $1\text{mm} \leq d_2 \leq 5\text{mm}$;所述第二流道区域的散热柱沿第一预设方向间隔设置,相邻两个散热柱之间的列间距为 s_2 , $1\text{mm} \leq s_2 - d_2 \leq 5\text{mm}$,所述第二流道区域的散热柱沿第二预设方向间隔设置,相邻两排散热柱之间的排间距为 c_2 , $1\text{mm} \leq c_2 - d_2 \leq 5\text{mm}$;

[0053] 所述第三流道区域的散热柱的直径为 d_3 , $1\text{mm} \leq d_3 \leq 5\text{mm}$;所述第三流道区域的散热柱沿第一预设方向间隔设置,相邻两个散热柱之间的列间距为 s_3 , $1\text{mm} \leq s_3 - d_3 \leq 5\text{mm}$,所述第三流道区域的散热柱沿第二预设方向间隔设置,相邻两排散热柱之间的排间距为 c_3 , $1\text{mm} \leq c_3 - d_3 \leq 5\text{mm}$ 。

[0054] 根据工艺加工可行性,当散热柱5的直径小于1mm时,散热基板散热柱的加工难度将显著增加;当散热柱5的直径大于5mm时,散热柱5后方会产生较大的涡流区域,导致液冷板的对流传热性能显著降低。第一流道区域41内的相邻两个散热柱5之间的列间距、第二流道区域42内的相邻两个散热柱5之间的列间距和第三流道区域43内的相邻两个散热柱5之间的列间距分别满足上述三个关系式,以使液冷板流道能够满足流动阻力损失要求,并且保证液冷板的强制对流传热性能;当相邻两个散热柱之间的流道尺寸小于1mm时,因流体流道太窄,流道截面积过小,使流速过大,导致液冷板流道内的流动阻力损失会显著增大;当相邻两个散热柱之间的流道尺寸大于5mm时,因流体流道截面积过大,使得流速过小,导致液冷板流道内强制对流传热性能显著下降。第一流道区域41内的相邻两排散热柱5之间的排间距、第二流道区域42内的相邻两排散热柱5之间的排间距和第三流道区域43内的相邻两排散热柱5之间的排间距分别满足上述三个关系式,以使液冷板流道能够满足流动阻力损失要求,并且保证液冷板流道4内散热柱5的强制对流传热总面积,以满足液冷板的散热量需求。

[0055] 具体的,所述第一流道区域的散热柱沿第一预设方向间隔设置,每排散热柱的数量为 $\left\lceil \frac{L}{s_1} \right\rceil$,所述第一流道区域的散热柱沿第二预设方向间隔设置,所述散热柱的排数为

$$\left[\frac{B}{c_1} \right];$$

[0056] 所述第二流道区域的散热柱沿第一预设方向间隔设置,每排散热柱的数量为 $\left[\frac{L}{s_2} \right]$,所述第二流道区域的散热柱沿第二预设方向间隔设置,所述散热柱的排数为 $\left[\frac{B}{c_2} \right]$;

[0057] 所述第三流道区域的散热柱沿第一预设方向间隔设置,每排散热柱的数量为 $\left[\frac{L}{s_3} \right]$,所述第三流道区域的散热柱沿第二预设方向间隔设置,所述散热柱的排数为 $\left[\frac{B}{c_3} \right]$;其中符号 $[]$ 代表取整数。

[0058] 具体的,所述散热基板3采用铜或碳化硅铝等材料制成,所述散热柱5采用铝、或铝合金、或铜等金属材料制成。所述控制器外壳2采用铝或铝合金等金属材料制成。散热基板3、散热柱5和控制器外壳2均由高导热材料制成,这样,能够便于提高热传导效果,以提高IGBT模块1向散热基板3和散热柱5的传热能力,提升驱动电机控制器分区液冷板的散热性能,降低IGBT模块1的温升,提高控制器的温升可靠性。所述散热基板3与控制器外壳2通过螺栓、焊接等常规连接方式,所述散热基板3与散热柱5采用焊接、一体成型等常规连接方式。

[0059] 需要说明的是,所述IGBT模块安装在散热基板3的上端面,并由3个IGBT半桥组成,IGBT是主要发热热源。本实施例的相邻IGBT半桥最高温升的差值小于等于2℃。

[0060] 单个IGBT半桥的发热量 Φ ,IGBT模块由n个IGBT半桥组成, q_m 为冷却液的质量流量,c为冷却液的比热容,冷却液流过液冷板流道吸收IGBT的损耗热量,冷却液温度逐渐升高,冷却液进口与冷却液出口的温差 Δt :

$$[0061] \quad \Delta t = \frac{n\Phi}{q_m c};$$

[0062] 液冷板流道壁面与冷却液之间的接触面积为A,液冷板流道壁面与冷却液之间的对流传热系数 h' ,液冷板流道壁面平均温度为 $t_{\text{板}}$,冷却液平均温度为 $t_{\text{液}}$,液冷板流道壁面与冷却液之间的强制对流传热量 $\Phi_{\text{对流}}$:

$$[0063] \quad \Phi_{\text{对流}} = h' A (t_{\text{板}} - t_{\text{液}});$$

[0064] 液冷板流道内单相流体对流传热的努塞尔数Nu,受冷却液的流动雷诺数Re和普朗特数Pr的影响:

$$[0065] \quad Nu = f(Re, Pr);$$

[0066] 冷却液的导热系数为 λ ,散热柱的直径为d,液冷板流道壁面与冷却液之间的对流传热系数 h' ;

$$[0067] \quad h' = Nu \lambda / d;$$

[0068] 在液冷板冷却散热过程中,热量传递过程中的热流量满足关系式:

$$[0069] \quad \Phi = \Phi_{\text{对流}};$$

[0070] 以上五个公式均为常规理论公式,本领域技术人员可以理解其具体含义与计算方式。

[0071] 根据液冷板冷却散热过程中的热量传递规律,通过理论推导、数值模拟和实验验

证,发现了液冷板散热柱直径、散热柱列间距、以及散热柱排间距对散热基板温度分布的影响规律,获得了驱动电机控制器分区液冷板的流道结构设计方法,实现控制器液冷板的流道结构快速设计,提高控制器液冷板的设计效率,减少试验和改模次数,降低驱动电机控制器液冷板开发成本,提升液冷板的均匀散热性能,防止IGBT模块局部温升过高,降低IGBT模块热应力,提高驱动电机控制器长期稳定运行的安全性和可靠性。

[0072] 本发明的驱动电机控制器分区液冷板实现了如下技术效果:提供一种驱动电机控制器分区液冷板流道结构设计方法,提高驱动电机控制器液冷板流道结构设计效率,减少试验次数和改模次数,缩短开发周期,减少开发成本和试验成本,降低IGBT模块局部温升过高风险,提高液散热基板的温度均匀性,减小运行过程中IGBT模块的周期性热应力,满足驱动电机控制器内功率器件温升安规要求,提高驱动电机控制器长期稳定运行可靠性。

[0073] 需要注意的是,这里所使用术语仅是为了描述具体实施方式,而非意图限制根据本申请的示例性实施方式。如在这里所使用的,除非上下文另外明确指出,否则单数形式也意图包括复数形式,此外,还应当理解的是,当在本说明书中使用术语“包含”和或“包括”时,其指明存在特征、步骤、操作、器件、组件和或它们的组合。

[0074] 除非另外具体说明,否则在这些实施例中阐述的部件和步骤的相对位置、数字表达式和数值不限制本申请的范围。同时,应当明白,为了便于描述,附图中所示出的各个部分的尺寸并不是按照实际的比例关系绘制的。对于相关领域普通技术人员已知的技术、方法和设备可能不作详细讨论,但在适当情况下,所述技术、方法和设备应当被视为授权说明书的一部分。在这里示出和讨论的所有示例中,任何具体值应被解释为仅仅是示例性的,而不是作为限制。因此,示例性实施例的其他示例可以具有不同的值。应注意到:相似的标号和字母在下面的附图中表示类似项,因此,一旦某一项在一个附图中被定义,则在随后的附图中不需要对其进行进一步讨论。

[0075] 在本申请的描述中,需要理解的是,方位词如“前、后、上、下、左、右”、“横向、竖向、垂直、水平”和“顶、底”等所指示的方位或位置关系通常是基于附图所示的方位或位置关系,仅是为了便于描述本申请和简化描述,在未作相反说明的情况下,这些方位词并不指示和暗示所指的装置或元件必须具有特定的方位或者以特定的方位构造和操作,因此不能理解为对本申请保护范围的限制;方位词“内、外”是指相对于各部件本身的轮廓的内外。

[0076] 为了便于描述,在这里可以使用空间相对术语,如“在……之上”、“在……上方”、“在……上表面”、“上面的”、“上端面的”等,用来描述如在图中所示的一个器件或特征与其他器件或特征的空间位置关系。应当理解的是,空间相对术语旨在包含除了器件在图中所描述的方位之外的在使用或操作中的不同方位。例如,如果附图中的器件被倒置,则描述为“在其他器件或构造上方”或“在其他器件或构造之上”的器件之后将被定为“在其他器件或构造下方”或“在其他器件或构造之下”。因而,示例性术语“在……上方”可以包括“在……上方”和“在……下方”两种方位。该器件也可以其他不同方式定位(旋转90度或处于其他方位),并且对这里所使用的空间相对描述作出相应解释。

[0077] 此外,需要说明的是,使用“第一”、“第二”等词语来限定零部件,仅仅是为了便于对相应零部件进行区别,如没有另行声明,上述词语并没有特殊含义,因此不能理解为对本申请保护范围的限制。

[0078] 为了便于描述,在这里可以以上所述仅为本发明的优选实施例而已,并不用于限

制本发明,对于本领域的技术人员来说,本发明可以有各种变更和变化。凡在本发明的精神和原则之内,所作的任何修改、等同替换、改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。

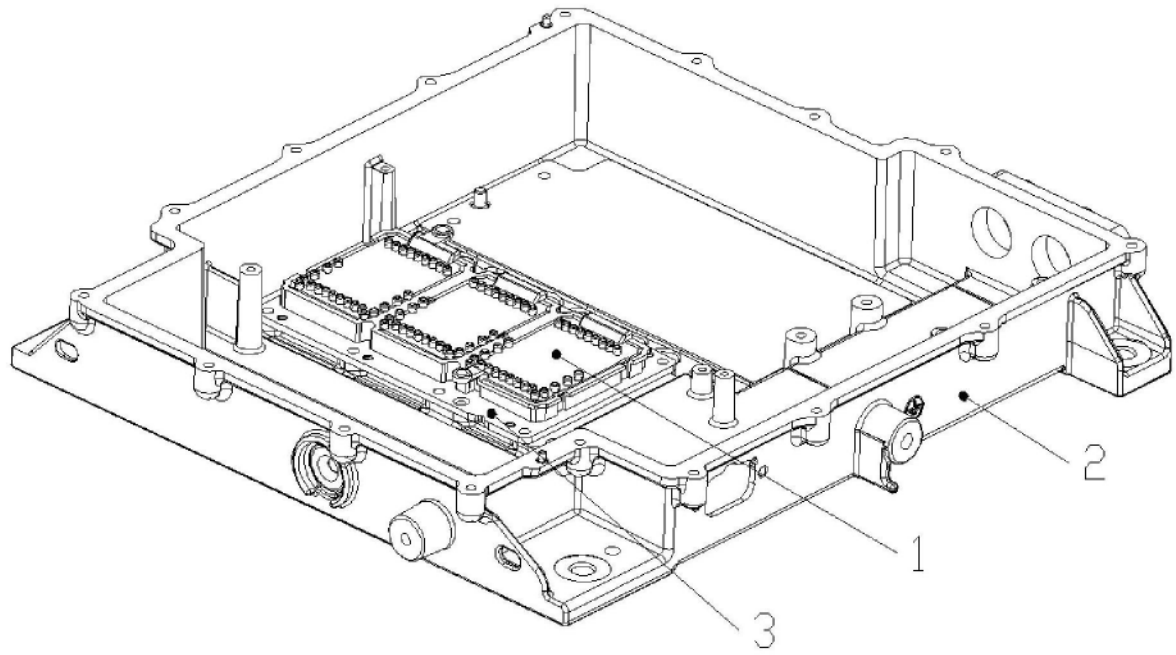


图1

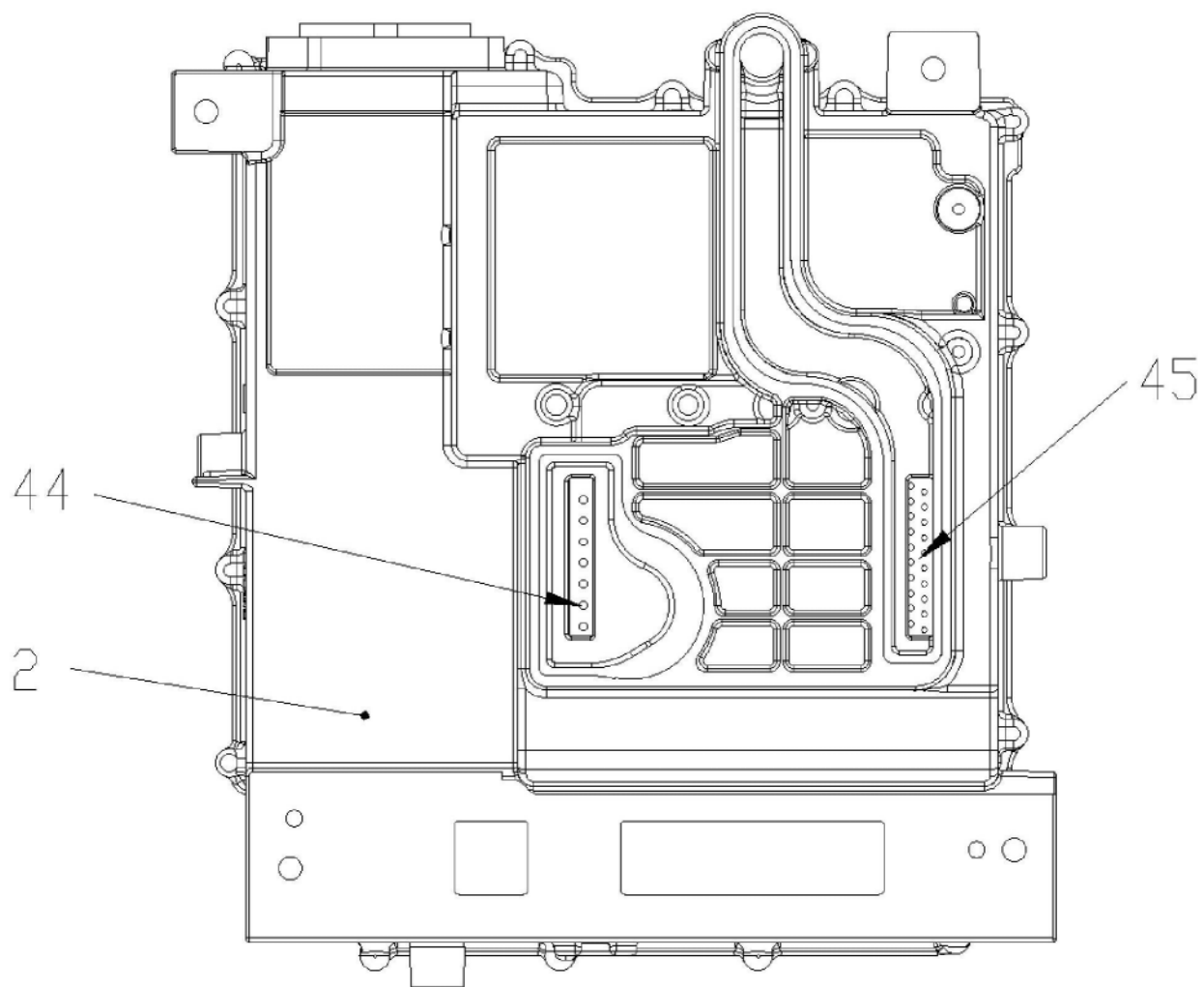


图2

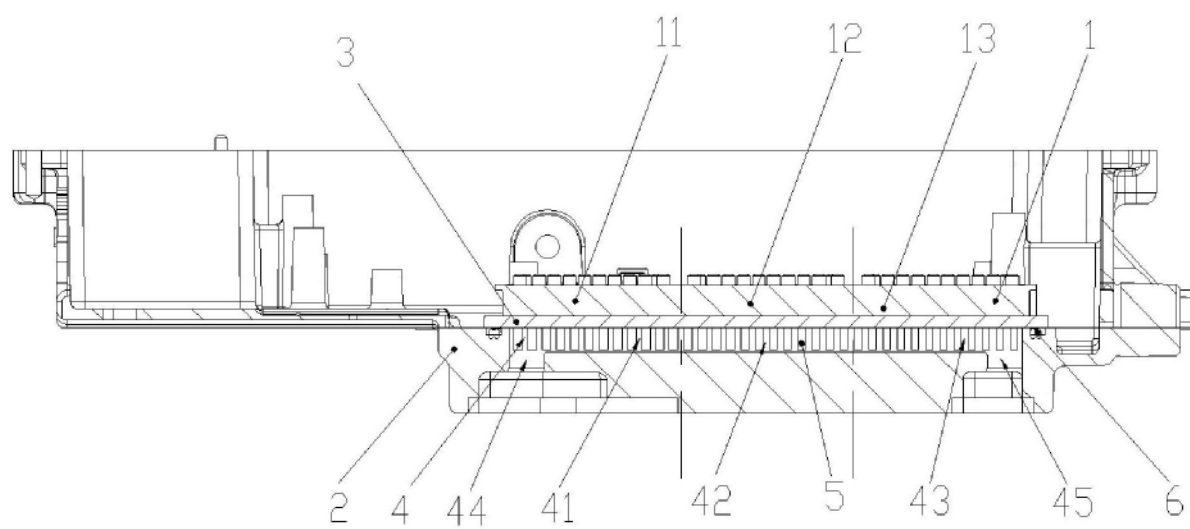


图3

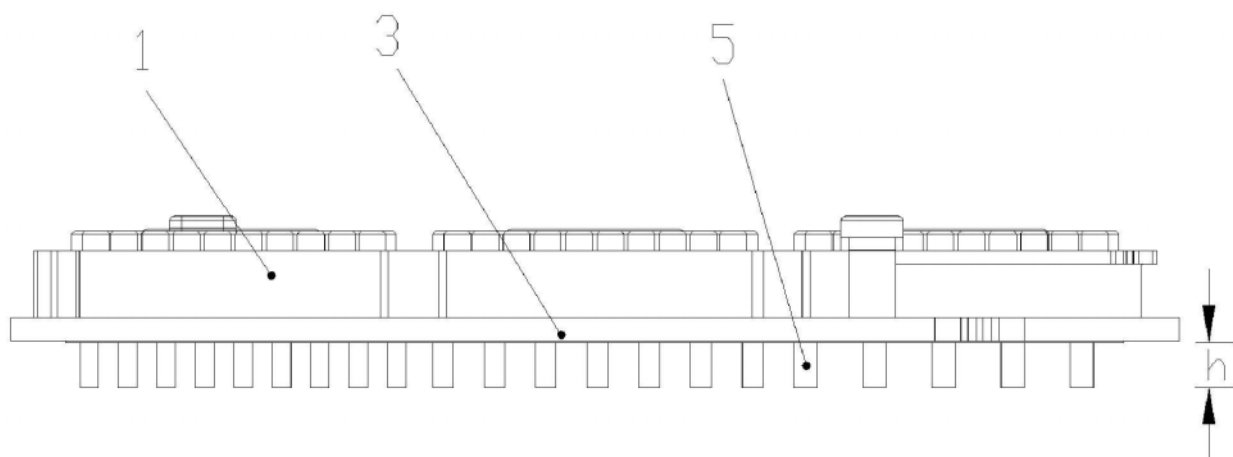


图4

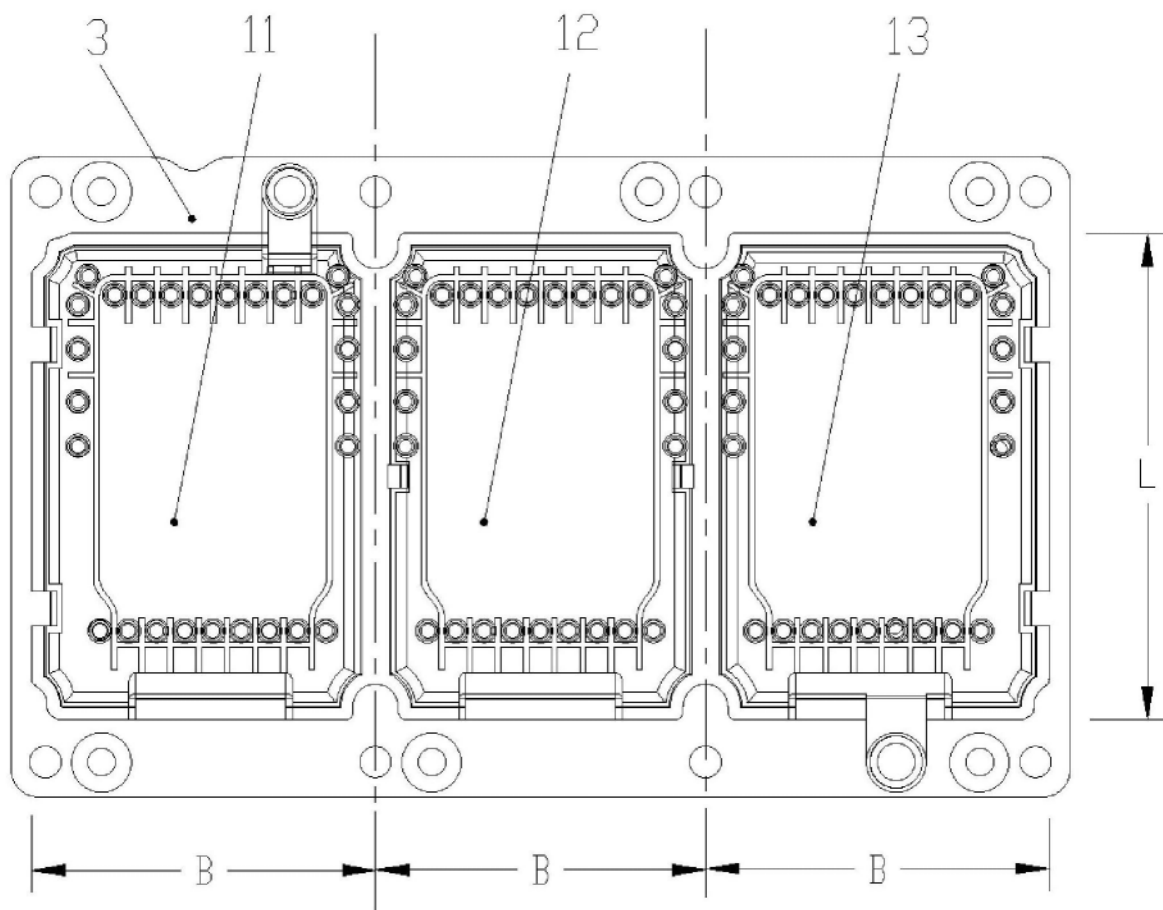


图5

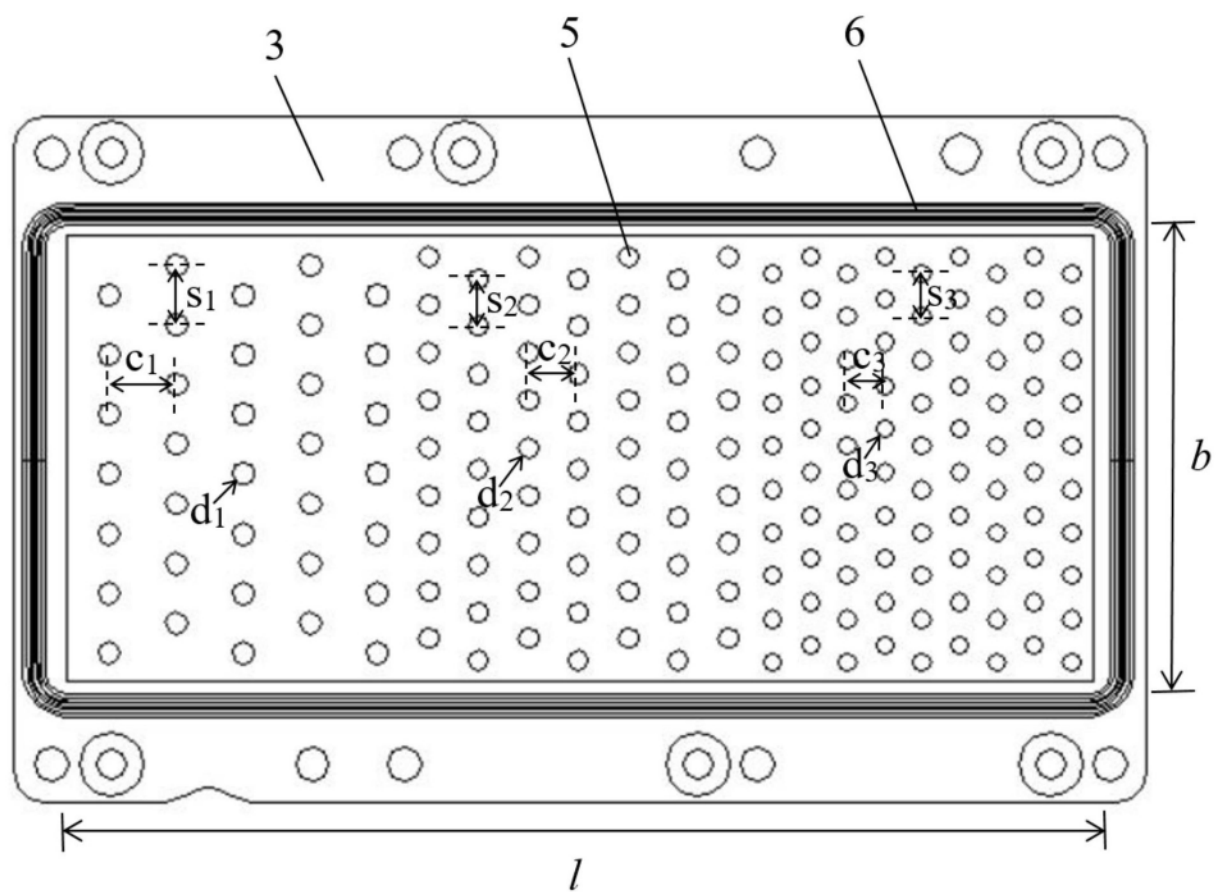


图6