



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103368359 B

(45) 授权公告日 2016. 04. 13

(21) 申请号 201210104947. 8

CN 101689804 A, 2010. 03. 31,

(22) 申请日 2012. 04. 11

US 2004/0062006 A1, 2004. 04. 01,

(73) 专利权人 台达电子工业股份有限公司

审查员 周杰

地址 中国台湾桃园县

(72) 发明人 官威 江剑 李拔高 严开田

吴洪洋

(74) 专利代理机构 隆天知识产权代理有限公司

72003

代理人 姜燕 邢雪红

(51) Int. Cl.

H02M 1/00(2007. 01)

H05K 7/20(2006. 01)

(56) 对比文件

CN 202135072 U, 2012. 02. 01,

CN 201975982 U, 2011. 09. 14,

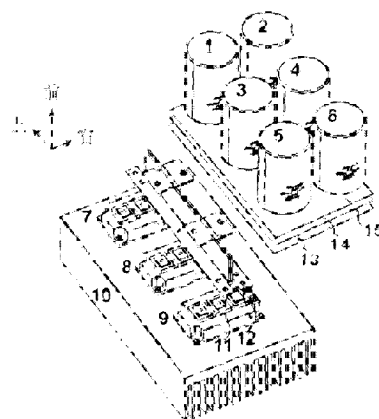
权利要求书2页 说明书10页 附图8页

(54) 发明名称

变流器功率单元及其母线排

(57) 摘要

一种变流器功率单元,包括:散热器;n个功率开关模块,设置在该散热器上;第一叠层母线排组,包括第一母线排和第二母线排;电容组,包括m个电容;以及第二叠层母线排组,包括第三母线排、第四母线排,其中所述第一母线排与所述第三母线排相连接,所述第二母线排与所述第四母线排相连接;以及n个功率开关模块构成的区域在第一平面上的垂直投影区域设为第一投影区域,所述电容组在所述第一平面上的垂直投影区域设为第二投影区域,所述第一投影区域与所述第二投影区域具有一交叠区域,其中,所述第一平面为与所述电容组的轴向相垂直的平面。本发明能够减小变流器的换流回路中的杂散电感。



1. 一种变流器功率单元,包括:

散热器;

n 个功率开关模块,设置在所述散热器上,每一个所述功率开关模块包括正极和负极,其中 $n \geq 1$ 且 n 为自然数;

第一叠层母线排组,包括第一母线排和第二母线排,其中所述第一母线排连接所述功率开关模块的正极,而所述第二母线排连接所述功率开关模块的负极;

电容组,包括 m 个电容,所述电容组包括正极和负极,所述电容组的正极和负极所在端朝向所述 n 个功率开关模块;其中 $m \geq 1$ 且 m 为自然数;以及

第二叠层母线排组,包括第三母线排和第四母线排,其中所述第三母线排连接所述电容组的正极,所述第四母线排连接所述电容组的负极,其中

所述第一母线排与所述第三母线排相连接,所述第二母线排与所述第四母线排相连接,以及

所述 n 个功率开关模块构成的区域在第一平面上的垂直投影区域设为第一投影区域,所述电容组在所述第一平面上的垂直投影区域设为第二投影区域,所述第一投影区域与所述第二投影区域具有一交叠区域,其中,所述第一平面为与所述电容组的轴向相垂直的平面;

其中,所述第一母线排和第二母线排的每一个分别包括:功率开关模块连接部,位于所述第一母线排或所述第二母线排的一边且分别连接至每一个所述功率开关模块的正极或负极,所述功率开关模块连接部上设有功率开关模块连接孔,并且所述功率开关模块连接部为与所述第一平面平行的完整条排。

2. 根据权利要求 1 所述的变流器功率单元,其中,所述第一母线排和第二母线排的每一个还分别包括电容组连接部,位于所述第一母线排或所述第二母线排的另一边且分别连接至所述第三母线排或所述第四母线排,所述电容组连接部上设有电容组连接孔。

3. 根据权利要求 2 所述的变流器功率单元,其中,所述第一母线排和所述第二母线排的每一个还分别包括:支撑部,分别与所述第一母线排或所述第二母线排的所述功率开关模块连接部和所述电容组连接部连接,所述第一母线排的支撑部与所述第二母线排的支撑部相邻叠置形成支撑部并排结构,所述第一母线排的功率开关模块连接部和电容组连接部设置于所述支撑部并排结构的一侧,所述第二母线排的功率开关模块连接部和电容组连接部设置于所述支撑部并排结构的另一侧。

4. 根据权利要求 3 所述的变流器功率单元,其中,所述第一母线排和所述第二母线排各自的功率开关模块连接部、电容组连接部以及所述支撑部并排结构共同构成了“工”字形,其中所述支撑部并排结构构成所述“工”字形的中间竖条,分别位于所述支撑部并排结构两侧的两个所述功率开关模块连接部共同构成所述“工”字形的下横条,以及分别位于所述支撑部并排结构两侧的两个所述电容组连接部共同构成所述“工”字形的上横条。

5. 根据权利要求 3 所述的变流器功率单元,其中,两个所述电容组连接部分别为完整的条排或有缺口的不完整的条排。

6. 根据权利要求 3 所述的变流器功率单元,其中,两个所述支撑部具有预设长度和预设宽度。

7. 根据权利要求 6 所述的变流器功率单元,其中,所述的预设长度大于等于沿所述第

一投影区域的长度方向而位于其两端的两个所述功率开关模块相同极性端之间的距离。

8. 根据权利要求 3 所述的变流器功率单元, 其中, 所述支撑部并排结构的两个支撑部之间设置有绝缘层。

9. 根据权利要求 3 所述的变流器功率单元, 其中, 所述支撑部并排结构的两个支撑部的间隔距离小于等于所述功率开关模块的正极与负极之间的距离。

10. 根据权利要求 3 所述的变流器功率单元, 其中, 所述第一母线排和所述第二母线排沿所述支撑部并排结构的长度延伸方向镜像对称设置。

11. 根据权利要求 6 所述的变流器功率单元, 其中, 所述功率开关模块连接孔或所述电容组连接孔相对于所述支撑部的所述预设长度的垂直平分面对称设置。

12. 根据权利要求 1 所述的变流器功率单元, 其中, 所述第一投影区域的中心点设为第一中心点, 所述第二投影区域的中心点设为第二中心点, 所述第一中心点和所述第二中心点之间的距离 d 满足以下要求:

$$0 \leq d \leq L/2$$

其中, L 为所述第一投影区域的长度。

13. 根据权利要求 1 的所述的变流器功率单元, 其中, 所述功率开关模块为 IGBT 模块、MOSFET 模块或 IGCT 模块。

14. 根据权利要求 1 所述的变流器功率单元, 其中, 所述功率单元具有一路、三路或多路交流输出。

15. 根据权利要求 14 所述的变流器功率单元, 其中, 所述功率单元为单相功率单元、三相功率或多相功率单元。

16. 一种变流器功率单元的母线排, 包括如权利要求 1 至 15 的任意一个所述的第一母线排和第二母线排。

变流器功率单元及其母线排

技术领域

[0001] 本申请涉及一种大功率变流器,尤其是涉及一种大功率变流器的功率单元及其母线排的结构。

背景技术

[0002] 当今电力电子技术的发展是向着高频化、大功率化以及功率密度更大化的方向。在大功率(几百 kw 到几 Mw 的功率等级)的变流器中高频化的体现是选用更高的开关频率(从几 kHz 到几十 kHz),大功率化的体现是选用更大额定电流的功率模块(IGBT/IGCT 等),而功率密度更大化的要求是在单位体积内的功率要越做越大,也就是说在相同的功率等级下需要变流器的体积越来越小。

[0003] 随之而来就有越来越多的新技术应用于大功率变流器中,比如利用多个 IGBT 模块的并联来达到更大电流的输出能力(即相同输出电压下的更大功率),利用叠层母线排(Laminated bus bar)的设计来减小直流母线电容内部的杂散电感以及直流母线电容与 IGBT 功率模块之间的杂散电感等等。

发明内容

[0004] 为克服现有技术的缺陷,本发明提出一种大功率变流器的功率单元及其母线排,具体而言,本发明通过改进功率单元及其母线排的结构和布置方式,使得直流母线电容内部互联的杂散电感以及直流母线电容与功率开关模块之间的杂散电感最小化。

[0005] 本发明的进一步的目的在于使得功率开关模块与直流母线电容之间具有均等的杂散电感,并且使得变流器的各功率单元具有较小的体积,从而整个系统具有较高的功率密度。

[0006] 为实现上述发明目的,提供一种变流器功率单元,包括:散热器;n 个功率开关模块,设置在所述散热器上,每一个所述功率开关模块具有正极和负极,其中 $n \geq 1$ 且 n 为自然数;第一叠层母线排组,包括第一母线排和第二母线排,其中所述第一母线排连接所述功率开关模块的正极,而所述第二母线排连接所述功率开关模块的负极;电容组,包括 m 个电容,所述电容组包括正极和负极,其中 $m \geq 1$ 且 m 为自然数;以及第二叠层母线排组,包括第三母线排和第四母线排,其中所述第三母线排连接所述电容组的正极,所述第四母线排连接所述电容组的负极,其中所述第一母线排与所述第三母线排相连接,所述第二母线排与所述第四母线排相连接;以及所述 n 个功率开关模块构成的区域在第一平面上的垂直投影区域设为第一投影区域,所述电容组在所述第一平面上的垂直投影区域设为第二投影区域,所述第一投影区域与所述第二投影区域具有一交叠区域,其中,所述第一平面为与所述电容组的轴向相垂直的平面。

[0007] 根据实施例,所述第一母线排和所述第二母线排的每一个分别包括:功率开关模块连接部,位于所述第一母线排或所述第二母线排的一边且分别连接至每一个所述功率开关模块的正极或负极,所述功率开关模块连接部上设有功率开关模块连接孔;以及电容组

连接部,位于所述第一母线排或所述第二母线排的另一边且分别连接至所述第三母线排或所述第四母线排,所述电容组连接部上设有电容组连接孔。

[0008] 根据实施例,所述第一母线排和所述第二母线排的每一个还分别包括:支撑部,分别与所述第一母线排或所述第二母线排的所述功率开关模块连接部和所述电容组连接部连接,所述第一母线排的支撑部与所述第二母线排的支撑部相邻叠置形成支撑部并排结构,所述第一母线排的功率开关模块连接部和电容组连接部设置于所述支撑部并排结构的一侧,所述第二母线排的功率开关模块连接部和电容组连接部设置于所述支撑部并排结构的另一侧。

[0009] 根据实施例,所述第一母线排和所述第二母线排各自的功率开关模块连接部、电容组连接部以及所述支撑部并排结构共同构成了“工”字形,其中所述支撑部并排结构构成所述“工”字形的中间竖条,分别位于所述支撑部并排结构两侧的两个所述功率开关模块连接部共同构成所述“工”字形的下横条,以及分别位于所述支撑部并排结构两侧的两个所述电容组连接部共同构成所述“工”字形的上横条。

[0010] 根据实施例,两个所述功率开关模块连接部和两个所述电容组连接部分别为完整的条排或有缺口的不完整的条排。

[0011] 根据实施例,两个所述支撑部具有预设长度和预设宽度。

[0012] 根据实施例,所述的预设长度大于等于沿所述第一投影区域的长度方向而位于其两端的两个所述功率开关模块相同极性端之间的距离。

[0013] 根据实施例,所述支撑部并排结构的两个支撑部之间设置有绝缘层。

[0014] 根据实施例,所述支撑部并排结构的两个支撑部的间隔距离小于等于所述功率开关模块的正极与负极之间的距离。

[0015] 根据实施例,所述第一母线排和所述第二母线排沿所述支撑部并排结构的长度延伸方向镜像对称设置。

[0016] 根据实施例,所述功率开关模块连接孔或所述电容组连接孔相对于所述支撑部的所述预设长度的垂直平分面对称设置。

[0017] 根据实施例,所述第一投影区域的中心点设为第一中心点,所述第二投影区域的中心点设为第二中心点,所述第一中心点和所述第二中心点之间的距离 d 满足以下要求: $0 \leq d \leq L/2$, 其中, L 为所述第一投影区域的长度。

[0018] 根据实施例,所述功率开关模块为 IGBT 模块、MOSFET 模块或 IGCT 模块。

[0019] 根据实施例,所述功率单元具有一路、三路或多路交流输出。

[0020] 根据实施例,所述功率单元为单相功率单元、三相功率单元或多相功率单元。

[0021] 为实现上述发明目的,还提供一种变流器功率单元的母线排,包括如上所述的第一母线排和第二母线排。

[0022] 本申请的变流器的功率单元采用“工”字形叠层母线排作为各功率开关单元的母线排,这种合理而紧凑的结构可以大大减小变流器的换流回路中的杂散电感,并且,这种“工”字形叠层母线排的结构使得各功率开关模块到各直流母线电容的电流回路的长度基本对称,也使得各功率开关模块在换流时的动态电流基本相等。从而实现了各功率开关模块之间基本相同的工作状态,不会出现某个器件承受过大动态电流而影响其可靠性的问题,整个系统的使用安全性和寿命也得以提高。

[0023] 在本申请的实施例中,如果功率开关模块(包括下方的散热器)的宽度是 W_1 ,高度是 H_1 ,而电容组的宽度是 W_2 ,高度是 H_2 ,功率开关模块与电容组组合构成的功率单元的宽度为 W_1 或 W_2 中较大的一个,高度为 H_1 或 H_2 中较大的一个。当设计的 W_1 与 W_2 , H_1 与 H_2 的差值为较小时,即, W_1 与 W_2 、 H_1 与 H_2 近似相等,那么与现有技术中将电容组放置于功率开关模块的左侧或右侧的结构相比,本申请的变流器的功率单元及其柜体的宽度可以减小一半左右。或者与现有技术中将电容组放置于功率开关模块的上侧或下侧的结构相比,本申请的变流器的各功率单元及其柜体的高度可以减小一半左右。因此,本申请能够大大提高了整个系统的空间利用率和功率密度。

附图说明

[0024] 参见如下的附图来详细描述配置和实施例,其中以相同的附图标记指代相同的元件。

[0025] 图 1 为示出根据现有技术的一个实施例的变流器功率单元的透视图

[0026] 图 2 为示出根据现有技术的另一个实施例的变流器功率单元的透视图

[0027] 图 3 为示出变流器的单相功率单元的电路图

[0028] 图 4 为示出由三个图 3 所示的单相功率单元组成的三相变流器的电路图

[0029] 图 5 为示出三相变流器的功率单元的电路图

[0030] 图 6 为示出变流器的功率开关模块的结构示意图。

[0031] 图 7 为示出采用 IGBT 模块作为功率开关模块时的电气连接电路图

[0032] 图 8 为示出采用 MOSFET 模块作为功率开关模块时的电气连接电路图

[0033] 图 9 为示出根据本申请一个实施例的变流器功率单元的透视图

[0034] 图 10 为示出如图 9 所示的变流器功率单元的侧视图

[0035] 图 11 为示出如图 9 所示的变流器功率单元的正视图

[0036] 图 12 为示出根据本申请的一个实施例的叠层母线排的透视图

[0037] 图 13 为示出如图 12 所示的叠层母线排的正视图

[0038] 图 14 为示出如图 12 所示的叠层母线排的俯视图

[0039] 图 15 为示出如图 12 所示的叠层母线排的侧视图

[0040] 图 16 为根据本申请一个实施例的三相变流器的透视图

[0041] 图 17 为如图 16 所示的三相变流器在去掉电容组及用以连接电容组的叠层母线排时的正视图

[0042] 图 18 为如图 16 的三相变流器的电容组及用以连接电容组的叠层母线排的拆分透视图

[0043] 图 19 为如图 18 所示的电容组及用以连接电容组的叠层母线排的后视图

[0044] 图 20 为如图 16 所示的三相变流器的用以连接功率开关模块的叠层母线排与用以连接电容组的叠层母线排之间的连接关系示意图

具体实施方式

[0045] 以下将结合附图具体描述本发明的多个实施方式。为明确说明起见,多个实施例的细节将在以下叙述中一并说明。然而,应了解到,这些实施例的细节不应该被用以限制本

发明。

[0046] 在此后的说明中,对各部件的方位性描述均以附图所示的将变流器安装在柜体中的实际方位为准,例如,如图 1 和图 16 的箭头所示,在安装于柜体中之后,从变流器的散热器 10 朝向功率开关模块的方向被定义为前后方向,功率开关模块的正极、负极和输出端 3 点形成的直线被定义为左右方向,而与上述两个方向均垂直的方向被定义为上下方向。

[0047] 为了描述的方便或清楚起见,附图中示出的尺寸可被夸大、省略或示意性地示出。并且,元件的尺寸无须严格按比例示出。

[0048] 如图 1 ~ 2 所示,在大功率变流器的功率结构中,通常主要包括以下几部分:散热器;设置在散热器上的功率开关模块;直流母线电容;以及用以电连接功率开关模块和直流母线电容的母线排。

[0049] 本文以两电平拓扑的大功率电压源变流器(VSC, Voltage Source Converter)的功率结构部分的设计为例进行说明。如图 3 所示,变流器的单相功率单元由三个并联的功率开关模块 7 ~ 9、直流母线电容 1 ~ 6、在这两者之间连接用的母线排 11'、12' 及 13 ~ 15 以及散热器 10 等组成。其中各功率开关模块 7 ~ 9 的正极或负极分别通过母线排 12' 或 11' 连接,各功率开关模块 7 ~ 9 的交流输出端 OP 通过母线排 16 连接以输出一个交流电压或电流。

[0050] 如图 4 所示,可采用三组上述的单相功率单元 P1 ~ P3 来组成三相变流器,其中每一相功率单元的部件的结构和性能均相同。每一相功率单元的母线排的正负极 BUS+/BUS- 分别互联, P1 的输出极 OP 接 A 相电抗器 L1, P2 的输出极 OP 接 B 相电抗器 L2, P3 的输出极 OP 接 C 相电抗器 L3。

[0051] 另外,也可以在一个散热器上形成 3 相功率单元,如图 5 所示。与图 3 在一个散热器上形成的单相功率单元不同的是,每个功率开关模块的交流输出端 OP-A、OP-B 和 OP-C 分别通过母线排 16 ~ 18 连接以输出三个交流电压或电流(A 相、B 相和 C 相)至电抗器。

[0052] 其中,如图 1 ~ 2 所示,单相功率单元中的功率开关模块的布置方式例如可以是三个并联的功率开关模块 7 ~ 9 等距地放置在竖直的散热器上(以上下通风模式为例,水平通风模式与之类似),用母线排 11'、12' 分别连接功率开关模块 7 ~ 9 的负极或正极,方便与直流母线电容 1 ~ 6 组成的电容组 CAP 的正负极相接。直流母线电容组 CAP 中的电容用叠层母线排 13 ~ 15 连接起来。条形母线排 11' 和 12' 的一侧分别与功率开关模块的负极或正极连接(锁附)在一起,另一侧分别通过叠层母线排 13 ~ 14 与电容组 CAP 的正负极锁附在一起。

[0053] 仍然以在一个散热器上形成的单相功率单元为例,如图 3 所示,所述母线排 12'、11' 和 13 ~ 15 包括:分别连接功率开关模块 7 ~ 9 的正负极以引出正极端子 BUS+ 和负极端子 BUS- 的条形母线排 12' 和 11';连接电容组 CAP 中的电容 1、3、5 的正极以引出正极端子 BUS+ 的叠层母线排 14,连接电容组 CAP 中的电容 2、4、6 的负极以引出负极端子 BUS- 的叠层母线排 13,以及依次串联连接电容 1、3、5 的负极和电容 2、4、6 的正极以作为中性极端子 BUSN 的叠层母线排 15。

[0054] 其中,电容组 CAP 采用叠层母线排的连接方式可以有效地减小电容内部连接的杂散电感,进而减小功率开关模块在开关工作时的电压应力,提高其工作的可靠性。

[0055] 变流器的功率开关模块所采用的开关器件 7 ~ 9 有 62mm、EconoDual、PrimePACK

和 IHM/IHV 等封装形式可选用,而 62mm、PrimePACK 以及 IHM/IHV 这些封装形式的共同点是电气连接端子都在 IGBT 模块的顶部分布,而不是像 EconoDual 封装形式一样在两侧分布。

[0056] 以下以所述开关器件选用 62mm 封装的 IGBT 模块为例进行说明。62mm 封装形式的 IGBT 模块的结构示意图如图 6 所示,其电气连接电路如图 7 所示。其中,C1 是 IGBT 上管的集电极端子,位于 IGBT 模块 3 个端子的一侧并作为 IGBT 模块的正极,在电路中需与条形母线排 12' 相连;E2 是 IGBT 下管的发射极端子,位于 IGBT 模块 3 个端子的中间并作为 IGBT 模块的负极,在电路中需与条形母线排 11' 相连;C2E1 是 IGBT 上管的发射极与 IGBT 下管的集电极连接而形成的端子,位于 IGBT 模块的另一侧,在电路中需与变频器的输出极 OP 相连。

[0057] 可选地,所述开关器件也可以选用 62mm 封装的 MOSFET 模块,其结构示意图仍然如图 6 所示,其电气连接电路如图 8 所示。其中,D1 是 MOSFET 上管的漏极端子,位于 MOSFET 模块 3 个端子的一侧并作为 MOSFET 模块的正极,在电路中需与条形母线排 12' 相连;S2 是 MOSFET 下管的源极端子,位于 MOSFET 模块 3 个端子的中间并作为 MOSFET 模块的负极,在电路中需与条形母线排 11' 相连;D2S1 是 MOSFET 上管的源极与 MOSFET 下管的漏极连接而形成的端子,位于 MOSFET 模块的另一侧,在电路中需与变频器的输出极 OP 相连。此外,还可以选用诸如 IGCT 模块等本领域所公知的其他类型的模块来作为功率开关模块。

[0058] 在图 3 的功率电路中,每个单相功率单元是以 3 个 IGBT 模块并联,以母线排 11' 连接各 IGBT 模块的 E2 端,以母线排 12' 连接各 IGBT 模块的 C1 端,母线排 16 连接各 IGBT 模块的 C2E1 端作为输出极 OP。

[0059] 在现有技术中,对于功率开关模块(例如采用 IGBT 模块,后文将以 IGBT 模块指代功率开关模块)和直流母线电容的连接结构而言,通常有 2 种形式。一种是将电容组 CAP 放置在并联的 IGBT 模块的左侧或者右侧,如图 1 所示。连接 IGBT 模块的正负极的条形母线排 12' 和 11' 向左侧或右侧延伸至分别连接电容组 CAP 的正极、负极的叠层母线排 14、13,条形母线排 12' 与叠层母线排 14 相连,条形母线排 11' 和叠层母线排 13 连接。

[0060] 但这种结构形式有 2 个缺点。一是连接 IGBT 模块的母线排 11'、12' 由于需要避开其他端子或者变频器上的其他部件,使得母线排 11'、12' 的有效宽度变窄,无法如连接电容的叠层母线排 13 ~ 15 那样设计成大面积的叠层母线排结构,只能以较窄的铜条方式来实现(后文称之为条形母线排),从而限制了母线排杂散电感的进一步的减小。二是由于电容组 CAP 被放置在 IGBT 模块一侧,如果 IGBT 模块以及散热器占的宽度是 W1,电容组 CAP 占的宽度是 W2,那么由电容组 CAP 和 IGBT 模块形成的单相功率单元所占的宽度就是 W1 与 W2 之和。因而由 3 个这样的单相功率单元 3 组合起来的变频器所占的宽度相对较大,需要较宽的柜体来容置,这就使得系统的功率密度较小。

[0061] 另外一种常见的结构形式是将直流母线电容组放置在并联的 IGBT 模块的上侧或者下侧,如图 2 所示。此时,母线排 11'、12' 为了避开其他部件而垂直延伸到叠层母线排 13 ~ 14,同样也只能制成条形,而由于直流母线电容组被放置在 IGBT 模块的上侧或下侧,如果电容组 CAP 占的高度是 H1,功率开关模块及散热器占的高度是 H2,则单相功率单元所占的高度就是 H1 与 H2 之和,因而同样存在系统功率密度较小的缺点。此外,由于这种放置方式使得 3 个并联的 IGBT 模块 7 ~ 9 相对于直流母线电容组 CAP 的距离不一样,连接在二者之间的条形母线排 11' 和 12' 的引线距离也长短不一,所以引线的杂散电感也大小不一。

由于在功率开关模块的动态换流过程中,杂散电感越小则 IGBT 模块的动态电流越大,那么在 3 个并联的具有不同换流回路杂散电感的 IGBT 模块之间,杂散电感最小的 IGBT 模块 7 的动态电流最大,而杂散电感最大的 IGBT 模块 9 的动态电流最小。这样会造成 3 个 IGBT 模块的动态电流不一致,承受较大动态电流的 IGBT 模块的使用安全性和寿命要低于承受较小动态电流的 IGBT 模块,最终会降低整个系统的可靠性和使用寿命。

[0062] 根据上述可知,在大功率变流器的功率结构中,功率开关模块与直流母线电容组之间形成的换流回路的杂散电应当越小越好。杂散电感越大,功率开关模块在关断时形成的电压尖峰就会越大,如果该电压尖峰超过了功率开关模块的额定耐压,那么就会造成功率开关模块的过压损坏。所以在功率结构设计中要尽可能的减小换流回路的杂散电感。而有效减小换流回路的杂散电感的方法之一就是改善功率开关模块与直流母线电容组之间的连接的叠成母线排的设计。

[0063] 【本申请的实施例】

[0064] 在下文所列举的实施例中,将采用相同的附图标记指代与上述实施例中的部件相同的部件。

[0065] 变流器的换流回路 loop 由两部分组成,一是由分别连接各功率开关模块的正负极的叠层母线排 12、11(第一和第二母线排)所组成的第一叠层母线排组,二是由分别连接直流母线电容的正负极的叠层母线排 14、13(第三和第四母线排)、所组成的第二叠层母线排组,且所述第二叠层母线排组还可以包括另一个具有中性极端子 BUSN 的叠层母线排 15(第五母线排),其中叠层母线排 12、11、14、13、15 均为导电材质。这两部分的杂散电感都会影响整个换流回路的杂散电感,在功率结构设计时应考虑如何将其优化,使得杂散电感最小。

[0066] 根据本申请的实施例,变流器的功率单元以 2 电平的电路拓扑为例进行说明。单相桥臂以 3 个功率开关模块并联构成。但本申请的实施例不限于此,也可以是 1 个功率开关模块,或以 2 个以上直至 n 个功率开关模并联(n 为大于等于 1 的自然数)构成一个变流器的功率单元。功率单元中的电容组 CAP 以 6 个直流母线电容串并联组成。但本申请的实施例不限于此,电容组 CAP 也可以仅包括 1 个直流母线电容,或包括 2 个以上直至 m 个(m 为大于等于 1 的自然数)。

[0067] n 个功率开关模块的相同极性端可以同向设置,且可以沿着功率开关模块的宽度方向(即,由图 9 中的向上箭头所标出的上下方向)并列排布,所述电容组 CAP 的各直流母线电容的电极均朝着功率开关模块方向(即,沿与图 9 中的向前箭头标出方向相反的方向)设置,从而使得所述电容组 CAP 能够经由彼此连接的所述第二叠层母线排组和第一叠层母线排组而基本上叠置于 n 个功率开关模块前方。但本申请的实施例不限于此,例如,n 个功率开关模块还可以沿着其长度方向(即,由图 9 中的向右箭头标出的左右方向)并列排布,等等。

[0068] 与之前描述的情形类似,本申请中的功率开关模块可以采用 IGBT 模块、MOSFET 模块或 IGCT 模块等,且在后文中均以 IGBT 模块指代功率开关模块。

[0069] 根据本申请的实施例,如图 9 和图 10 所示,变流器的功率单元包括散热器 10、在散热器 10 上并排设置的 IGBT 模块 7~9(可以以相等的间距均匀放置)、以 2×3 阵列形式设置的直流母线电容 1~6(可以均匀放置并组成电容组 CAP)、IGBT 模块的叠层母线排 11~

12、以及直流母线电容 1 ~ 6 的叠层母线排 13 ~ 15。但本申请的实施例不限于此。

[0070] 根据本申请的实施例,所述功率单元可以具有一路、三路或多路交流输出。例如,当所述功率单元具有一路交流输出时,所述功率单元即为单相功率单元,其电路图类似于如图 3 所示的电路图,此时各功率开关模块 7 ~ 9 的交流输出端 OP 通过一个母线排(例如母线排 16)连接以输出一个交流电压或电流。当所述功率单元具有三路交流输出时,所述功率单元即为三相功率单元,其电路图类似于如图 5 所示的电路图,此时各功率开关模块 7 ~ 9 的交流输出端 OP-A、OP-B 和 OP-C 分别通过各自的母线排(例如母线排 16 ~ 18)输出三个交流电压或电流(A 相、B 相和 C 相)至电抗器。当所述功率单元具有除了 1 路和 3 路交流输出之外的多路交流输出时,可以以此类推。

[0071] 其中,叠层母线排 11 的一侧连接各 IGBT 模块 7 ~ 9 的负极,另一侧连接电容组 CAP 的叠层母线排 13。而叠层母线排 12 的一侧连接各 IGBT 模块 7 ~ 9 的正极,另一侧连接电容组 CAP 的叠层母线排 14,从而使得所述功率开关模块的正极与所述电容组 CAP 的正极相连,且所述功率开关模块的负极与所述电容组 CAP 的负极相连。

[0072] 所述电容组 CAP 通过所述第一叠层母线排组和所述第二叠层母线排组叠置于所述功率开关模块 7 ~ 9 的前方。

[0073] 根据本申请的实施例,如图 11 所示,如果将从所述功率开关模块 7 ~ 9 朝向所述电容组 CAP 的方向设定为轴向(也可称之为电容组的轴向,即由图 9 中的向前箭头标出的前后方向),n 个功率开关模块构成的区域在轴向垂直投影平面(第一平面)上的投影区域 S1 与电容组 CAP 在轴向垂直投影平面上的投影区域 S2 具有交叠区域 S3(图 11 中位于点划线框内的区域)。投影区域 S1 的中心点被设定为第一中心点 O_1 ,投影区域 S2 的中心点被设定为第二中心点 O_2 ,则该第一中心点 O_1 和该第二中心点 O_2 之间的距离 d 应该满足以下要求: $0 \leq d \leq L/2$,其中,L 为 n 个功率开关模块构成的区域在轴向垂直投影平面上的投影区域 S1 的长度,该长度是指该区域 S1 沿图 9 至图 11 所示的向上箭头标出的上下方向延伸的长度。

[0074] 其中,所述 n 个功率开关模块构成的区域在轴向垂直投影平面上的投影区域 S1 可以随着功率开关模块的数目而变化,例如当 $n = 1$ 时,该区域 S1 可以为该功率开关模块本身的投影区域,当 $n = 2$ 时,该区域 S1 为两个功率开关模块本身加上它们之间的间距所构成的投影区域,当 $n = 3、4、5 \dots$ 时,可以以此类推。但本申请的实施例不限于此。同理,电容组 CAP 在轴向垂直投影平面上的投影区域 S2 也可以此方式限定。

[0075] 根据本申请的实施例,叠层母线排 12 和叠层母线排 11 的每一个分别包括:功率开关模块连接部,位于所述叠层母线排 12 或叠层母线排 11 的一边且分别连接至每一个所述功率开关模块的正极或负极,功率开关模块连接部上设有功率开关模块连接孔;以及电容组连接部,位于叠层母线排 12 或叠层母线排 11 的另一边且分别连接至叠层母线排 14 或叠层母线排 13,电容组连接部上设有电容组连接孔。

[0076] 叠层母线排 12 和叠层母线排 11 的每一个还分别包括:支撑部,分别与叠层母线排 12 或叠层母线排 11 的功率开关模块连接部和电容组连接部连接,叠层母线排 12 的支撑部与叠层母线排 11 的支撑部相邻叠置形成支撑部并排结构,叠层母线排 12 的功率开关模块连接部和电容组连接部设置于所述支撑部并排结构的一侧,叠层母线排 11 的功率开关模块连接部和电容组连接部设置于所述支撑部并排结构的另一侧。

[0077] IGBT 模块的叠层母线排 11 和 12 的具体结构如图 12 ~ 15 所示。以叠层母线排 12 为例,其包括:IGBT 模块连接部(即功率开关模块连接部)12-a、支撑部 12-b、以及电容组连接部 12-c。

[0078] 通过将叠层母线排 12 的一端向一侧弯折约 90 度,形成 IGBT 模块连接部 12-a,在该 IGBT 模块连接部 12-a 上开有 3 个功率开关模块连接孔(IGBT 模块连接孔)12-1、12-2、12-3,对应连接至 IGBT 模块 7 ~ 9 的三个 C1 端子(正极)。

[0079] 根据本申请的实施例,IGBT 模块连接部 12-a 不限于是由整个弯折部构成的完整的条排,也可以由在其间挖有缺口的几个部分(各部分可分别称之为端子排)组成的不完整的条排,不完整条排上的端子排的长度均小于支撑部 12-b 的预设长度。

[0080] 将叠层母线排 12 的另一端也向同一侧弯折约 90 度,形成电容组连接部 12-c,在本实施例中,电容组连接部 12-c 包括 2 个电容组连接孔 12-4 和 12-5,这 2 个电容组连接孔 12-4 和 12-5 可分别设置在与其位置对应的、其间挖有缺口的不完整的条排上,用于分别连接电容组 CAP 的叠层母线排 14。当然电容组连接孔不限于 2 个,也可以 1 个或多于 2 个。同时也不限于在其间挖有缺口的几个部分组成的不完整的条排的形式,还可以是如上述 IGBT 模块连接部 12-a 那样的由整个弯折部构成的完整的条排,并在该条排的相应位置开孔 12-4 和 12-5。

[0081] 根据本发明的实施例,IGBT 模块的叠层母线排的支撑部 12-b 是具有一预设长度和预设宽度的长方形平板。支撑部 12-b 用以连接 IGBT 模块连接部 12-a 与电容组连接部 12-c,可以起到支撑的作用。支撑部 12-b 的预设长度方向是指该支撑部 12-b 沿图 9 至图 12 所示的向上箭头标出的上下方向延伸的方向,而支撑部 12-b 的预设宽度方向是指该支撑部 12-b 沿图 9 至图 12 所示的向前箭头标出的前后方向延伸的方向。

[0082] 所述支撑部的预设长度大于等于沿所述 n 个功率开关模块构成的区域在轴向垂直投影平面上的投影区域 S1 的长度方向而位于其两端的两个所述功率开关模块的相同极性端之间的距离,而支撑部的预设宽度可大于等于 0。例如,根据本实施例,支撑部 12-b 的预设长度可大于等于 IGBT 模块 7 的端子 C1(正极)与 IGBT 模块 9 的端子 C1(正极)之间的距离。但本申请的实施例不限于此。

[0083] 试验表明,支撑部 12-b 的预设长度越大,预设宽度越小,则叠层母线排具有的杂散电感越小。然而,在实际制造叠层母线排 11 和 12 时,支撑部的预设长度可能受限于 IGBT 模块的高度及其他因素而无法无限加大,而支撑部的预设宽度很可能也会受限于变流器的安装在该支撑部附近的某些部件的尺寸和安装位置。

[0084] 与叠层母线排 12 的结构类似,叠层母线排 11 同样包括:IGBT 模块连接部 11-a、支撑部 11-b、以及电容组连接部 11-c,其中 IGBT 模块连接部 11-a 上开有 3 个 IGBT 模块连接孔 11-1、11-2 和 11-3,用以分别连接 IGBT 模块 7 ~ 9 的端子 E2(负极),而电容组连接部 11-c 包括 2 个端子排,并在其上分别开设电容组连接孔 11-4 和 11-5,分别连接电容组的叠层母线排 13。

[0085] 叠层母线排 11 与 12 具有左右对称的结构,即,叠层母线排 11 和叠层母线排 12 沿所述支撑部 11-b 和 12-b 的长度延伸方向镜像对称设置。

[0086] 如图 12 和图 14 所示,两个支撑部 11-b 和 12-b 相邻叠置形成支撑部并排结构,这两个支撑部 11-b 和 12-b 之间可以设置有绝缘层。两个 IGBT 模块连接部 11-a 和 12-a 分

别位于该支撑部并排结构的两侧并靠近 IGBT 模块 7 ~ 9 一端,两个电容组连接部 11-c 和 12-c 分别位于该支撑部并排结构的两侧并靠近电容组一端。

[0087] 这样,叠层母线排 11 和 12 的功率开关模块连接部、支撑部和电容组连接部共同形成一种“工”字形结构,其中两个支撑部 11-b 和 12-b 及介于其间的绝缘层作为该“工”字形的中间竖条,两个功率开关模块连接部 11-a 和 12-a 和两个电容组连接部 11-c 和 12-c 分别作为该“工”字形的左半边和右半边的上、下横条。

[0088] 其中,如图 12 所示,所述功率开关模块连接孔 11-1、11-2 和 11-3 以及 12-1、12-2 和 12-3 或所述电容组连接孔 11-4 和 11-5 以及 12-4 和 12-5 可以分别相对于所述支撑部的预设长度的垂直平分面 M(以图 12 中的点划线区域表示)对称设置。

[0089] 此外,所述功率开关模块 7 ~ 9 在结构上也可以关于所述第一中心点 O_1 上下对称和左右对称设置;并且所述电容组 CAP 在结构上可以关于所述第二中心点 O_2 上下对称和左右对称设置。但本申请的实施例不限于此。例如,IGBT 模块 7、8 和 9 也可以不相等的间距固定在垂直放置的散热器 10 上,此时的叠层母线排 11、12 的 IGBT 模块连接部需要与相连的 IGBT 模块的设置位置对应。

[0090] 在安装时,叠层母线排 11 和 12 的支撑部 11-b 和 12-b 紧密地背靠背叠置在一起,中间以一张绝缘层隔开以保证足够的耐压,从而形成支撑部并排结构。两个叠层母线排的支撑部之间的距离应小于或等于任意一个 IGBT 模块的两个端子 C1(正极)和 E2(负极)之间的距离(对于 62mm 封装的模块而言,这一距离约为 14mm)。叠层母线排 11、12 的长度(对应于支撑部的预设长度)较大,叠层母线排 11、12 的宽度(对应于支撑部的预设宽度)较小,因而具有比图 1 和图 2 示出的现有技术中的条形母线排 11' 和 12' 小得多的杂散电感,这样就可以减小 IGBT 的换流回路的杂散电感总量。试验表明,现有技术中的条形母线排 11' 和 12' 的杂散电感的值一般在 200nH 以上,本申请的叠层母线排 11 和 12 的杂散电感可以降到 100nH 以内。

[0091] 根据本申请的实施例,电容组连接部 11-c 上的端子排相对于所述支撑部的预设长度的垂直平分面 M 对称分布,电容组连接部 12-c 上的端子排也相对于所述支撑部的预设长度的垂直平分面 M 对称分布,可使得 3 个 IGBT 模块 7 ~ 9 得到更为均等的杂散电感量,并使得每个 IGBT 模块在换流时具有同样的动态电流。最终使得各并联的 IGBT 的工作状态一致,使用寿命一致,从而提高了整个系统的可靠性以及使用寿命。

[0092] 正如之前所述,还可以由 3 个前述的单相功率单元共同组成三相变流器。图 16 为根据本申请一个实施例的三相变流器的透视图。

[0093] 将 3 个单相的功率模块并列放置于各自的容纳柜中,用以构成 3 相变流器的 A/B/C 三相,图 17 示出在去掉位于前方的直流母线电容组 CAP 及其连接叠层母线排 13 ~ 15 之后的散热器、IGBT 模块和各自的叠层母线排 11 和 12 的结构配置。

[0094] 再参阅图 16,3 个电容组中的 CAP1 包括 6 个电容放在 A 相 IGBT 模块的前方,电容组 CAP2 包括 6 个电容放在 B 相 IGBT 模块的前方,电容组 CAP3 包括 6 个电容放在 C 相 IGBT 模块的前方。3 个电容组 CAP1、CAP2 和 CAP3 可以用各自连成一个整体的叠层母线排 13 ~ 15 进行连接。叠层母线排 13 ~ 15 的具体结构如图 18 所示。叠层母线排 13 ~ 15 是相互紧密层叠在一起的大面积叠层式母线排,每两个叠层母线排之间插入绝缘层以达到足够的绝缘强度要求。叠层母线排 13 连接电容组 CAP1、CAP2、CAP3 中电容 2、4、6 的负极作为负极

端子 BUS-, 叠层母线排 14 连接电容组 CAP1、CAP2、CAP3 中电容 1、3、5 的正极作为正极端子 BUS+, 叠层母线排 15 串联连接电容组 CAP1、CAP2、CAP3 中电容 1、3、5 的负极以及电容 2、4、6 的正极作为中性极端子 BUSN。各层叠层母线排 13 ~ 15 需在需要露出其他叠层母线排的电气连接的端子处开设足够大的孔 (如图 19 所示), 以满足彼此绝缘的要求。

[0095] 叠层母线排 13 ~ 15 在连接 3 相电容组 CAP 的同时也需要连接各相的叠层母线排 11-12, 如图 20 所示, 叠层母线排 13 在连接叠层母线排 11 的端子排 11-4 和 11-5 的相应位置处应设有对应的压铆螺孔 (或凸台螺孔) 13-1 和 13-2, 而叠层母线排 14 在连接叠层母线排 12 的端子排 12-4 和 12-5 的相应位置处应设有对应的压铆螺孔 (或凸台螺孔) 14-1 和 14-2, 同时在叠层母线排 13 的对应位置处开设足够大的孔以露出所述压铆螺孔 (或凸台螺孔) 14-1 和 14-2。此时, 叠层母线排 11 的端子排 11-4 和 11-5 分别连接至叠层母线排 13 的两个螺孔 13-1 和 13-2, 叠层母线排 12 的端子排 12-4 和 12-5 分别连接至叠层母线排 14 的两个螺孔 14-1 和 14-2, 由图 20 中的虚线示出其连接关系。但本申请的实施例不限于此。

[0096] 对于本领域技术人员来说, 显然可对本发明作各种变化与修改而不脱离本发明的精神和范围。因此, 本发明意图涵盖对本发明做出的各种修改和变化, 只要它们落在所附权利要求及其等同方案的保护范围内即可。

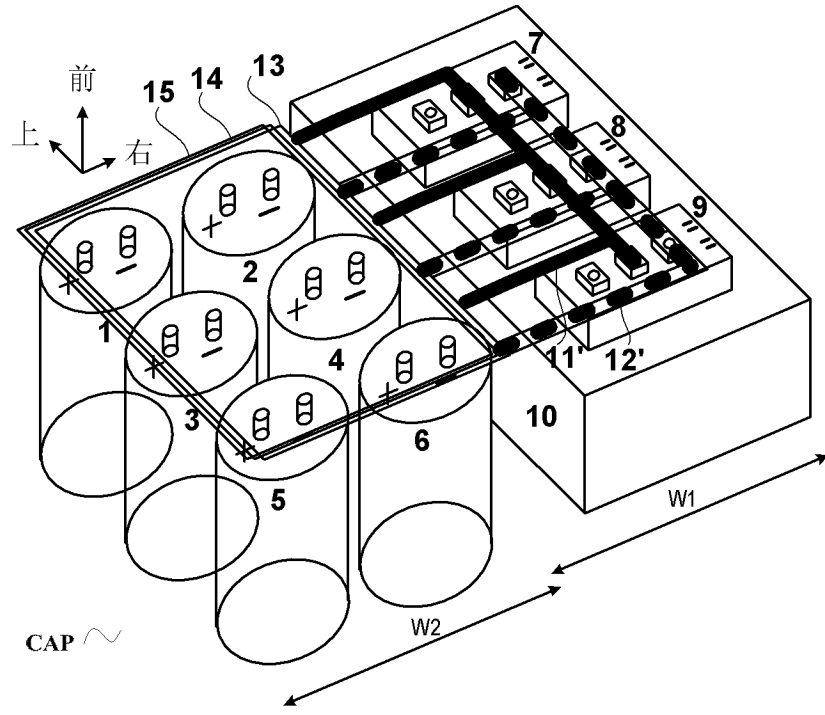


图 1

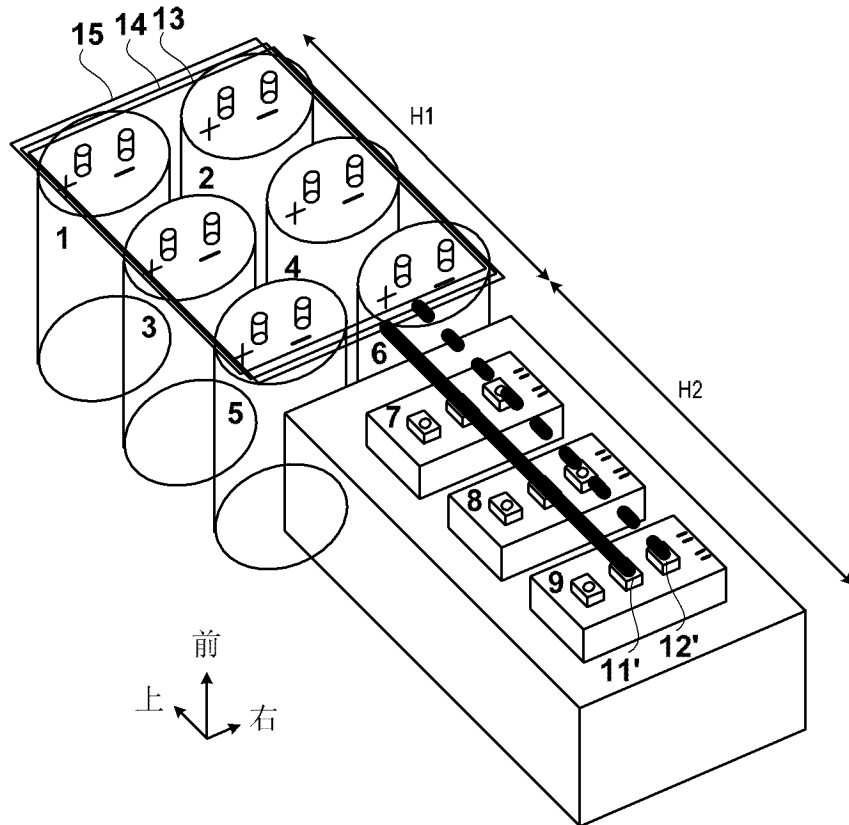


图 2

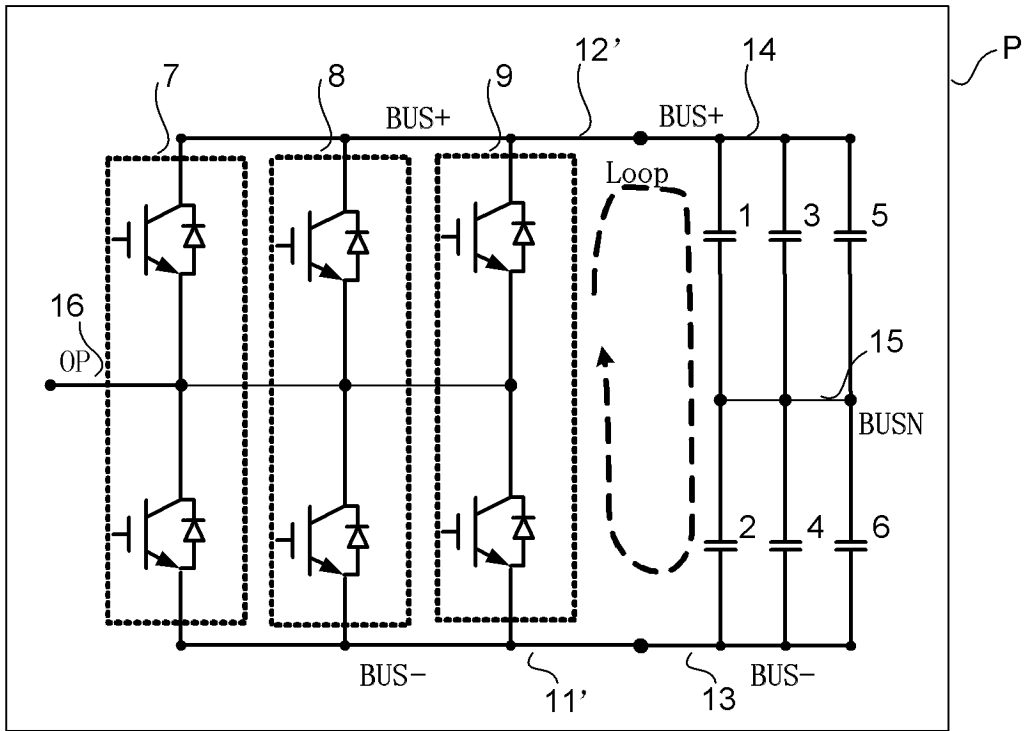


图 3

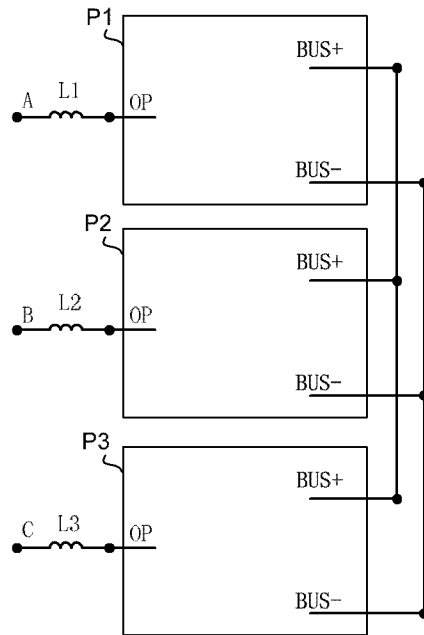


图 4

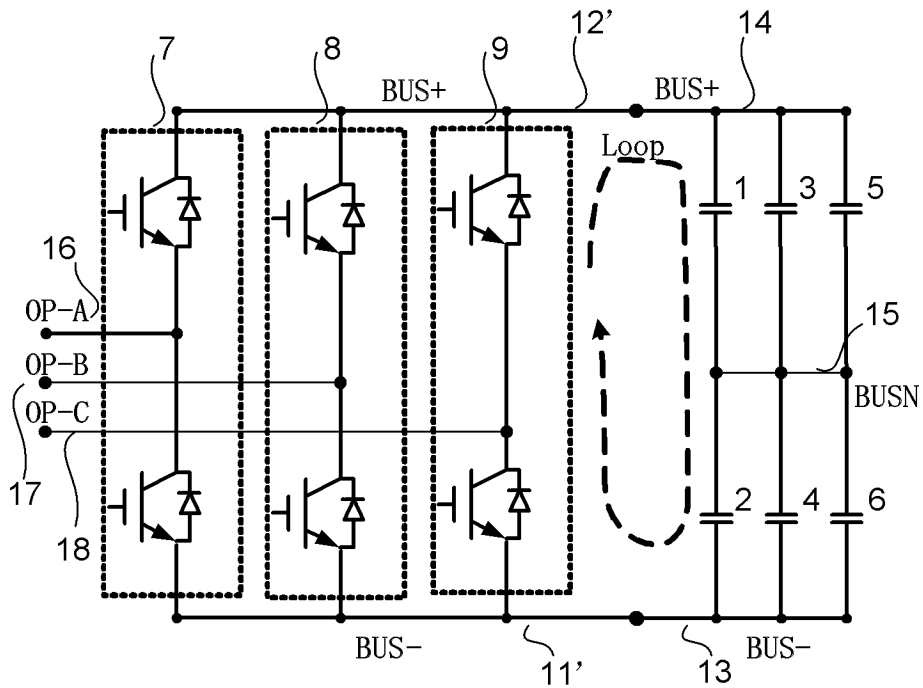


图 5

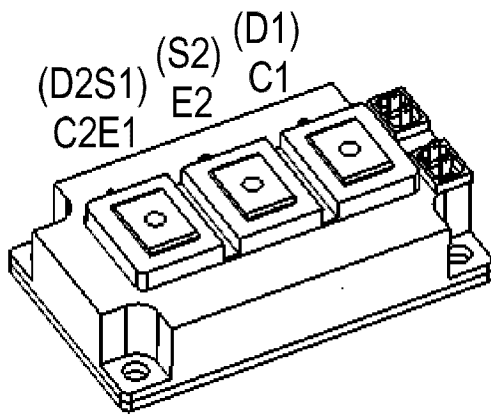


图 6

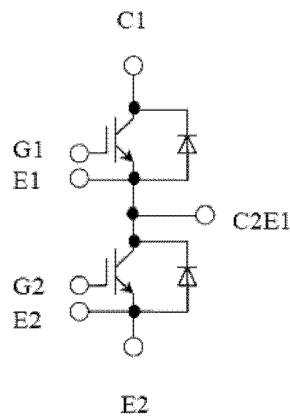


图 7

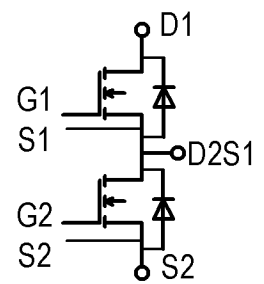


图 8

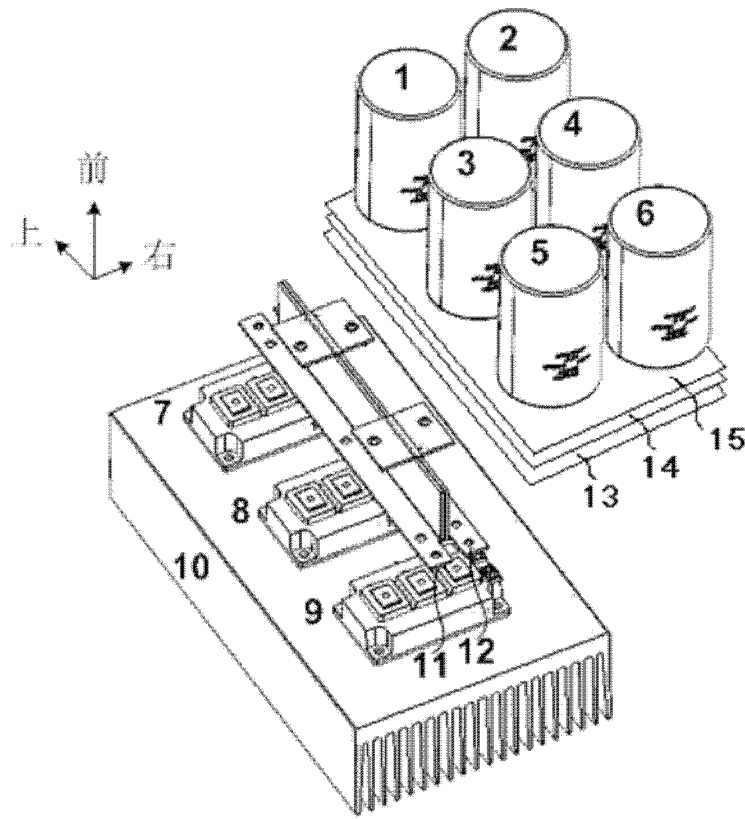


图 9

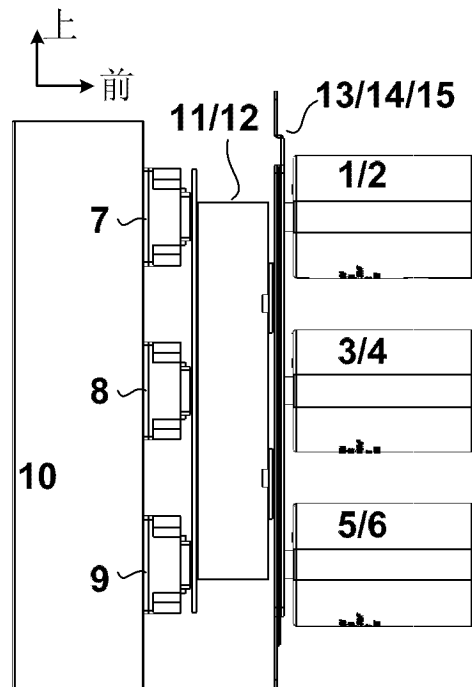


图 10

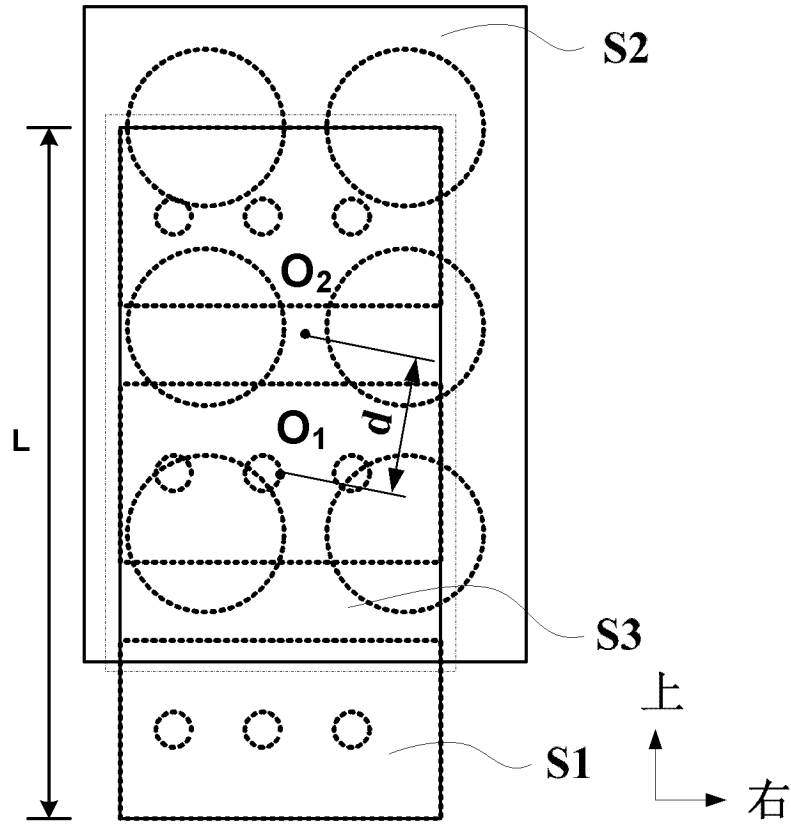


图 11

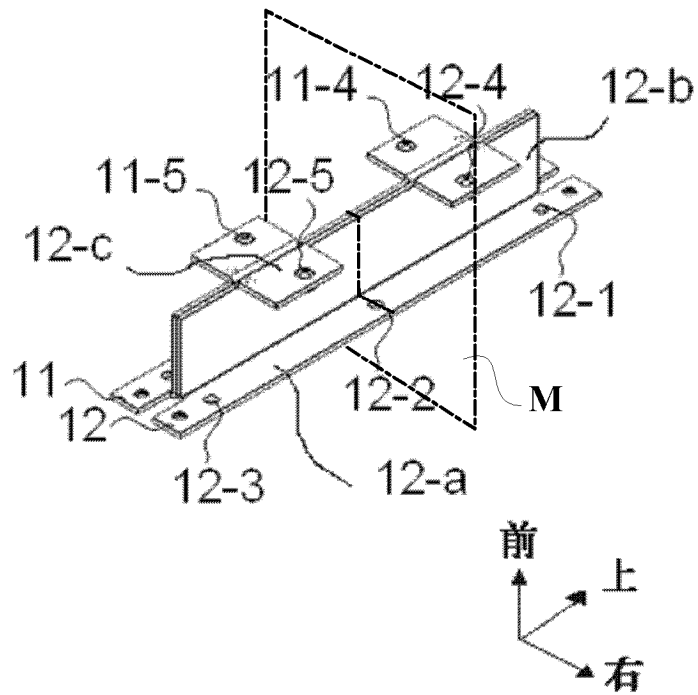


图 12

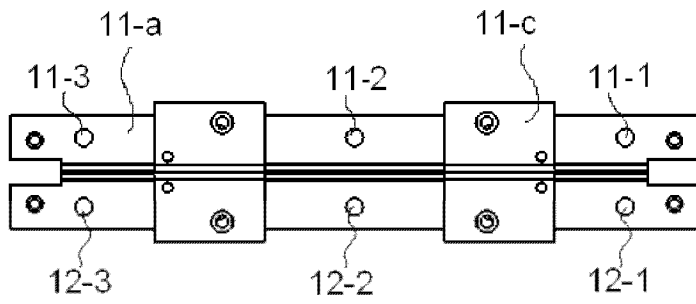


图 13

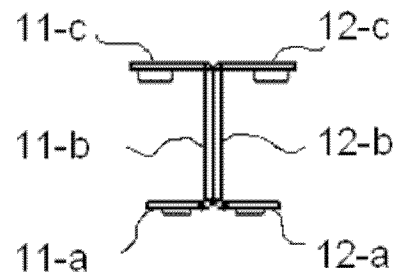


图 14

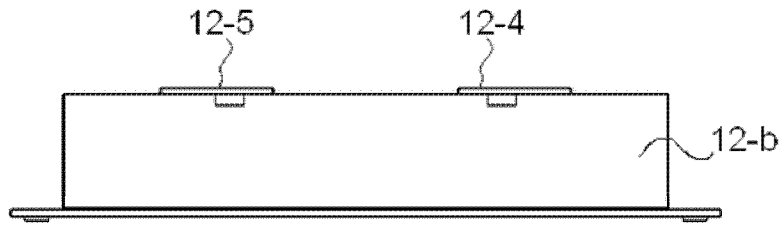


图 15

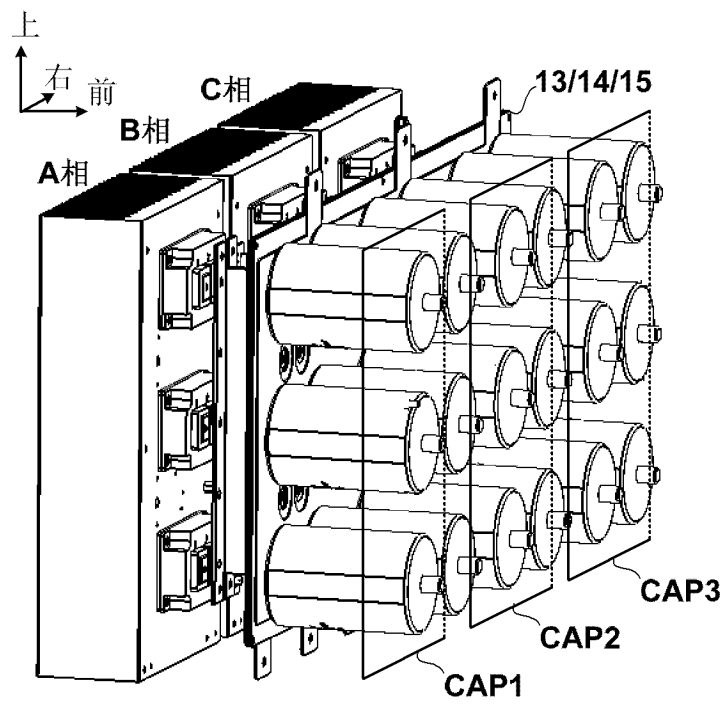


图 16

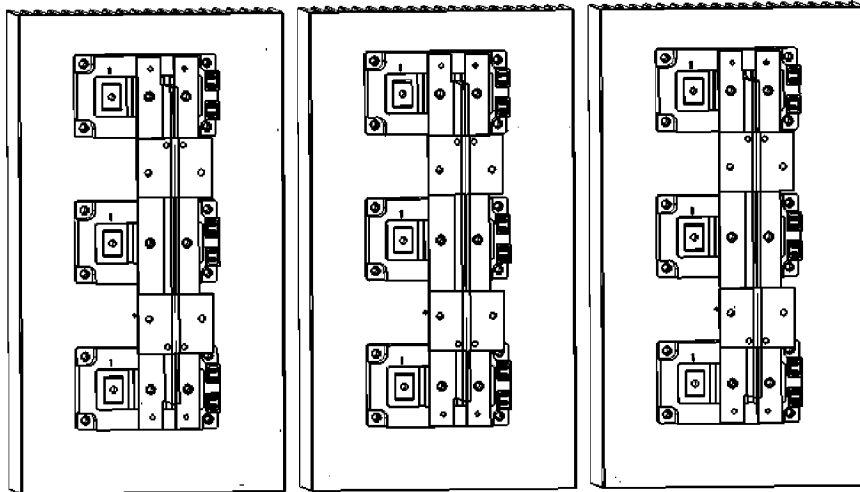


图 17

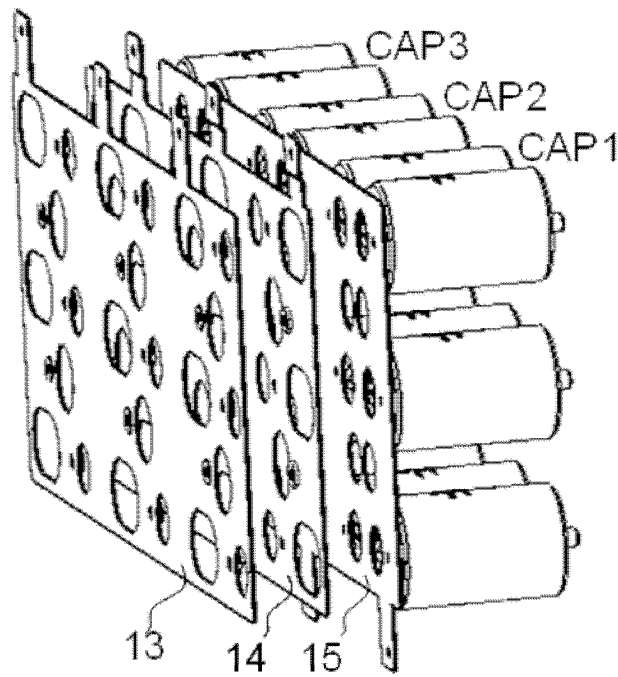


图 18

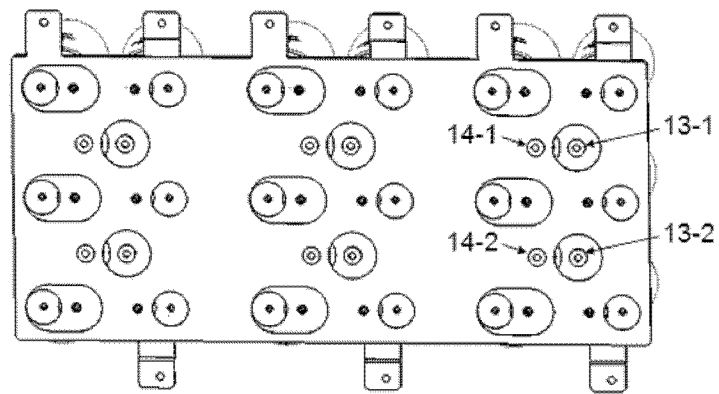


图 19

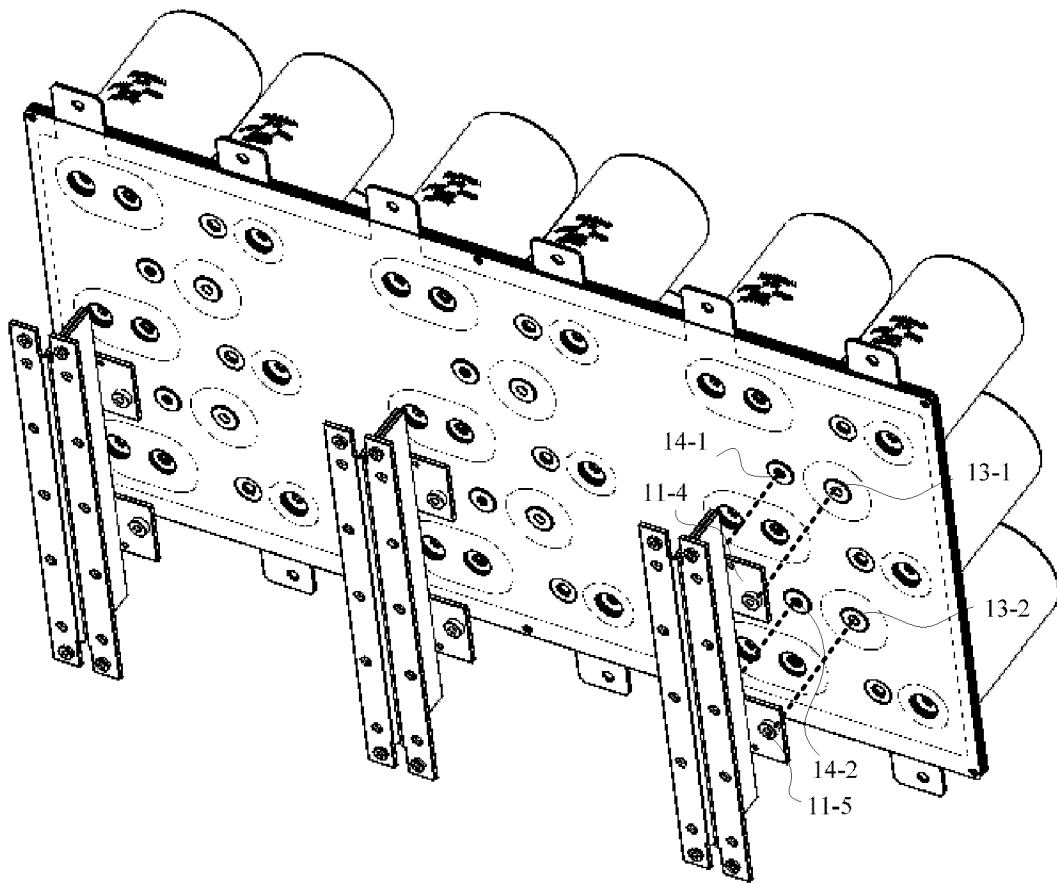


图 20