



(12) 实用新型专利

(10) 授权公告号 CN 204030990 U

(45) 授权公告日 2014. 12. 17

(21) 申请号 201420507350. 2

(ESM) 同样的发明创造已同日申请发明专利

(22) 申请日 2014. 09. 04

(73) 专利权人 永济新时速电机电器有限责任公
司

地址 044500 山西省运城市永济市电机大街
18 号

(72) 发明人 陈宏 冷丽英 刘革莉 尹梅
赵一洁

(74) 专利代理机构 太原科卫专利事务所 (普通
合伙) 14100

代理人 朱源

(51) Int. Cl.

H02M 7/00 (2006. 01)

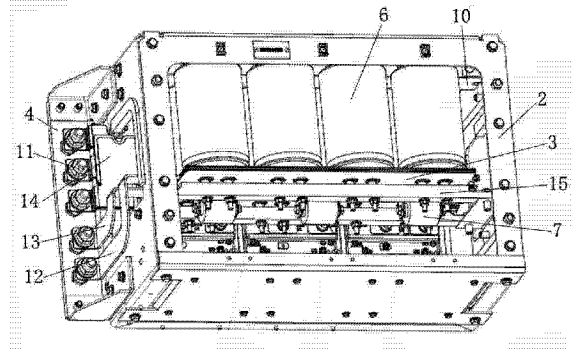
权利要求书2页 说明书5页 附图3页

(54) 实用新型名称

叠层喷涂排与复合母排混合使用的新型功率
变换单元

(57) 摘要

本实用新型为一种叠层喷涂排与复合母排混
合使用的新型功率变换单元,解决了传统的电
缆连接方式对外输出外形凌乱、不易扩容、
当电流增大无法布局和连接等问题。本实用
新型包括风冷散热器、框架、复合母排、安
装板、三个 IGBT、八个支撑电容、三个吸
收电容、三个驱动电路板和两个放电电阻,
本实用新型以风冷散热器为基础,采用了多
种母排层叠式模块化设计。本实用新型采
用模块化设计,节省空间,便于维护更换,
降低维护成本;本实用新型采用多种类型
复合母排组合使用技术,提高主电路的可
靠性,完全避免线缆在狭窄的空间绕行的
困难,且结构紧凑,便于更大功率的扩展,
也能减小因故障造成的运营损失和维修
成本。



1. 一种叠层喷涂排与复合母排混合使用的新型功率变换单元,其特征在于:包括风冷散热器(1)、框架(2)、复合母排(3)、安装板(4)、三个 IGBT (5)、八个支撑电容(6)、三个吸收电容(7)、三个驱动电路板(8)和两个放电电阻;框架(2)安装于风冷散热器(1)顶部,复合母排(3)安装在框架(2)内左右框壁之间;三个 IGBT (5)安装于风冷散热器(1)基板的表面,并且分别与复合母排(3)连接;八个支撑电容(6)通过绝缘支撑板(10)安装于框架(2)内位于后框壁与复合母排(3)之间的位置,八个支撑电容(6)分为上下两排,每排四个支撑电容(6),支撑电容(6)的导电端子与复合母排(3)的相应导电端子通过设置在支撑电容(6)上的柱头螺栓紧密连接;三个吸收电容(7)分别与复合母排(3)连接;三个驱动电路板(8)通过绝缘子安装在框架(2)内的前框壁上;两个放电电阻分别与复合母排(3)连接;安装板(4)固定于框架(2)的左框壁或右框壁外侧的底部,安装板(4)上安装有五个铜插针连接器(11),其中,前两个铜插针连接器(11)分别通过 DC- 喷涂母排(12)和 DC+ 喷涂母排(13)与复合母排(3)连接,后三个铜插针连接器(11)通过叠层喷涂复合母排(14)分别与三个 IGBT (5)连接。

2. 根据权利要求 1 所述的叠层喷涂排与复合母排混合使用的新型功率变换单元,其特征在于:复合母排(3)包括三个形状为扁平状且叠放在一起的母排,三个母排为 DC+ 母排、DC- 母排以及位于中间层的 M 母排,相邻的母排之间设有聚酯薄膜;DC+ 母排、DC- 母排和 M 母排的右侧侧边上各设有一个放电电阻连接部(3-1),三个放电电阻连接部(3-1)上下错开布置,其中一个放电电阻的一端与 DC+ 母排上的放电电阻连接部(3-1)连接、另一端与 M 母排上的放电电阻连接部(3-1)连接,其中另一个放电电阻的一端与 DC- 母排上的放电电阻连接部(3-1)连接、另一端与 M 母排上的放电电阻连接部(3-1)连接;DC+ 母排和 DC- 母排的左侧侧边上各设有一个输入端连接部(3-2),两个输入端连接部(3-2)上下错开布置,DC+ 喷涂母排(13)与 DC+ 母排上的输入端连接部(3-2)连接,DC- 喷涂母排(12)与 DC- 母排上的输入端连接部(3-2)连接;DC+ 母排和 DC- 母排的底边上各设有三个 IGBT 连接部(3-3),并且 DC+ 母排上的三个 IGBT 连接部(3-3)和 DC- 母排上的三个 IGBT 连接部(3-3)交叉布置,形成三组 IGBT 连接部(3-3),三个 IGBT (5)分别与三组 IGBT 连接部(3-3)连接;三个母排作为一个整体,在其整体的水平中线上开设有三个贯穿母排整体的窗口(3-4),每个窗口(3-4)的两侧分别设有一个吸收电容连接部(3-5),每个窗口(3-4)上的两个吸收电容连接部(3-5)一个与 DC+ 母排连接、一个与 DC- 母排连接,三个吸收电容(7)分别安装在三个窗口(3-4)上,并与该窗口(3-4)上的两个吸收电容连接部(3-5)连接;三个母排作为一个整体,在其整体的水平中线上方的位置设有四组支撑电容端子组,每组支撑电容端子组包括两个支撑电容端子(3-6),从左至右第一、三、六、八个支撑电容端子(3-6)与 M 母排连接,第二、四个支撑电容端子(3-6)与 DC+ 母排连接,第五、七个支撑电容端子(3-6)与 DC- 母排连接;三个母排作为一个整体,在其整体的水平中线下方的位置设有四组支撑电容端子组,每组支撑电容端子组包括两个支撑电容端子(3-6),从左至右第二、四、五、七个支撑电容端子(3-6)与 M 母排连接,第六、八个支撑电容端子(3-6)与 DC+ 母排连接,第一、三个支撑电容端子(3-6)与 DC- 母排连接;上排的四个支撑电容(6)分别与上排的四组支撑电容端子组连接,下排的四个支撑电容(6)分别与下排的四组支撑电容端子组连接。

3. 根据权利要求 1 所述的叠层喷涂排与复合母排混合使用的新型功率变换单元,其特征在于:叠层喷涂复合母排(14)包括由下而上层叠设置、表面电解镀锡且长度递减的 T、S、

R 三层铜排,相邻铜排之间粘附有聚酯薄膜; T、S、R 三层铜排均通过一端上下对齐,且 T、S、R 三层铜排的对齐端端部各设有一个带输出连接孔(14-1)的连接部,T、S、R 三层铜排通过其上的输出连接孔(14-1)与安装板(4)上的后三个铜插针连接器(11)连接;T、S、R 三层铜排的非对齐端的侧边向外延设有带 IGBT 连接孔(14-2)的连接部,T、S、R 三层铜排通过其上的 IGBT 连接孔(14-2)分别与三个 IGBT (5)连接。

4. 根据权利要求 2 所述的叠层喷涂排与复合母排混合使用的新型功率变换单元,其特征在于:框架(2)内左右框壁之间固定有上下两个绝缘支撑条(15),两个绝缘支撑条(15)位于前框壁和复合母排(3)之间并且紧贴复合母排(3)设置,上方的绝缘支撑条(15)与复合母排(3)上排的四组支撑电容端子组对齐设置,下方的绝缘支撑条(15)与复合母排下排的四组支撑电容端子组对齐设置;设置在支撑电容(6)前端的两根柱头螺栓先后穿过复合母排(3)上对应的支撑电容端子组以及绝缘支撑条(15)后用螺母紧固,实现支撑电容(6)前端的固定;绝缘支撑板(10)固定于框架(2)内左右框壁之间位于支撑电容(6)末端与后框壁之间的位置,绝缘支撑板(10)的两端分别通过固定在左右框壁上的 U 型安装架(9)实现与框架(2)的固定,支撑电容(6)的末端设有一根柱头螺栓,柱头螺栓上通过螺母紧固有 L 型安装架(16),L 型安装架(16)固定在绝缘支撑板(10)上,实现支撑电容(6)后端的固定。

叠层喷涂排与复合母排混合使用的新型功率变换单元

技术领域

[0001] 本实用新型涉及机车交流技术领域,具体是一种叠层喷涂排与复合母排混合使用的新型功率变换单元。

背景技术

[0002] 随着机车交流技术的发展,采用大功率 IGBT 为开关元件的变流器应用日益广泛,为了方便主电路的维护,将一种主电路的多个 IGBT 器件进行安装集成,形成功率模块单元,主要功能包括主电路的连接、器件的开关驱动控制和散热。

[0003] 电力机车辅助逆变功率单元是机车辅助供电系统装置的核心部件,它从机车的中间直流回路取电,经过功率模块上 IGBT 组成的三相电路进行逆变后,为列车的辅助用电设备供电。散热方面采用了强迫风冷的铝散热器。

[0004] 现有的机车辅助逆变功率电路在结构上不独立,主电路间采用普通铜排和电缆连接。这样设计的缺点有:1)功率电路的结构未采用独立的功率单元形式,功率电路出现故障时,不利于维护和更换;2)电路寄生电感大,功率器件容易损坏,电路可靠性差、效率低;3)采用普通铜排连接,整个主电路结构臃肿,占据空间大,电气间隙距离要求大。

[0005] 现有的辅助逆变功率电路对外电连接普遍使用电缆或铜排。这样设计的缺点为:功率电路对外电连接使用电缆或铜排时,不但在走线布局、端子连接上占据大量的空间,而且在电缆面积变大、主回路电流变大的情况下,线缆在狭窄的空间中无法折弯,功率模块维护更换时工作量大,耗时长,可能会影响机车正常运营。

发明内容

[0006] 本实用新型为一种叠层喷涂排与复合母排混合使用的新型功率变换单元。解决如下问题:1)解决电路杂散电感大,功率器件容易损坏,电路可靠性差的问题;2)解决主电路电缆连接多,布局复杂、成本高、质量不可靠的问题;3)减小系统体积、重量,并且方便主电路的维修维护。

[0007] 本实用新型是通过如下技术方案实现的:

[0008] 一种叠层喷涂排与复合母排混合使用的新型功率变换单元,包括风冷散热器、框架、复合母排、安装板、三个 IGBT、八个支撑电容、三个吸收电容、三个驱动电路板和两个放电电阻;框架安装于风冷散热器顶部,复合母排安装在框架内左右框壁之间;三个 IGBT 安装于风冷散热器基板的表面,并且分别与复合母排连接;八个支撑电容通过绝缘支撑板安装于框架内位于后框壁与复合母排之间的位置,八个支撑电容分为上下两排,每排四个支撑电容,支撑电容的导电端子与复合母排的相应导电端子通过设置在支撑电容上的柱头螺栓紧密连接;三个吸收电容分别与复合母排连接;三个驱动电路板通过绝缘子安装在框架内的前框壁上;两个放电电阻分别与复合母排连接;安装板固定于框架的左框壁或右框壁外侧的底部,安装板上安装有五个铜插针连接器,其中,前两个铜插针连接器分别通过 DC- 喷涂母排和 DC+ 喷涂母排与复合母排连接,后三个铜插针连接器通过叠层喷涂复合母

排分别与三个 IGBT 连接；两个放电电阻分别与复合母排连接。

[0009] 进一步地，复合母排包括三个形状为扁平状且叠放在一起的母排，三个母排为 DC+ 母排、DC- 母排以及位于中间层的 M 母排，相邻的母排之间设有聚酯薄膜；DC+ 母排、DC- 母排和 M 母排的右侧侧边上各设有一个放电电阻连接部，三个放电电阻连接部上下错开布置，其中一个放电电阻的一端与 DC+ 母排上的放电电阻连接部连接、另一端与 M 母排上的放电电阻连接部连接，其中另一个放电电阻的一端与 DC- 母排上的放电电阻连接部连接、另一端与 M 母排上的放电电阻连接部连接；DC+ 母排和 DC- 母排的左侧侧边上各设有一个输入端连接部，两个输入端连接部上下错开布置，其中 DC- 母排上的输入端连接部与安装板上的第一个铜插针连接器连接，DC+ 母排上的输入端连接部与安装板上的第二个铜插针连接器连接；DC+ 母排和 DC- 母排的底边上各设有三个 IGBT 连接部，并且 DC+ 母排上的三个 IGBT 连接部和 DC- 母排上的三个 IGBT 连接部交叉布置，形成三组 IGBT 连接部，三个 IGBT 分别与三组 IGBT 连接部连接；三个母排作为一个整体，在其整体的水平中线上开设有三个贯穿母排整体的窗口，每个窗口的两侧分别设有一个吸收电容连接部，每个窗口上的两个吸收电容连接部一个与 DC+ 母排连接、一个与 DC- 母排连接，三个吸收电容分别安装在三个窗口上，并与该窗口上的两个吸收电容连接部连接；三个母排作为一个整体，在其整体的水平中线上方的位置设有四组支撑电容端子组，每组支撑电容端子组包括两个支撑电容端子，从左至右第一、三、六、八个支撑电容端子与 M 母排连接，第二、四个支撑电容端子与 DC+ 母排连接，第五、七个支撑电容端子与 DC- 母排连接；三个母排作为一个整体，在其整体的水平中线下方的位置设有四组支撑电容端子组，每组支撑电容端子组包括两个支撑电容端子，从左至右第二、四、五、七个支撑电容端子与 M 母排连接，第六、八个支撑电容端子与 DC+ 母排连接，第一、三个支撑电容端子与 DC- 母排连接；上排的四个支撑电容分别与上排的四组支撑电容端子组连接，下排的四个支撑电容分别与下排的四组支撑电容端子组连接（即支撑电容的导电端子与支撑电容端子紧密连接）。

[0010] 叠层喷涂复合母排包括由下而上层叠设置、表面电解镀锡且长度递减的 T、S、R 三层铜排，相邻铜排之间粘附有聚酯薄膜；T、S、R 三层铜排均通过一端上下对齐，且 T、S、R 三层铜排的对齐端端部各设有一个输出端连接孔，三个输出端连接孔错开布置且分别与安装板上的后三个铜插针连接器连接；T、S、R 三层铜排的非对齐端的侧边向外延设有带 IGBT 连接孔的连接部，T、S、R 三层铜排通过其上的 IGBT 连接孔分别与三个 IGBT 连接。

[0011] 框架内左右框壁之间固定有上下两个绝缘支撑条，两个绝缘支撑条位于前框架和复合母排之间并且紧贴复合母排设置，上方的绝缘支撑条与复合母排上排的四组支撑电容端子组对齐设置，下方的绝缘支撑条与复合母排下排的四组支撑电容端子组对齐设置；设置在支撑电容前端的两根柱头螺栓先后穿过复合母排上对应的支撑电容端子组以及绝缘支撑条后用螺母紧固，实现支撑电容前端的固定；绝缘支撑板固定于框架内左右框壁之间位于支撑电容末端与后框壁之间的位置，绝缘支撑板的两端分别通过固定在左右框壁上的 U 型安装架实现与框架的固定，支撑电容的末端设有柱头螺栓，柱头螺栓上通过螺母紧固有 L 型安装架，L 型安装架固定在绝缘支撑板上，实现支撑电容（6）后端的固定。

[0012] 本实用新型设计的功率变换单元实现了直流电压支撑、过电压吸收、IGBT 驱动与保护、功率器件散热等功能，并最终实现将输入的直流电逆变为三相交流电输出。电路结构及原理图如图 5 所示，从图 5 中可知：

[0013] 一、主电路部分：

[0014] V1-V3 为 IGBT，三只双管 IGBT 通过外部复合母排和 RST 三相输出叠层喷涂复合母排连接后形成标准三相逆变主电路，通过控制单元对 IGBT 的开关控制，实现直流到三相交流的功率变换。

[0015] C1-C3 为主电路过电压吸收电容，用来吸收 IGBT 关断时，在直流回路产生的过电压。

[0016] C4-C11 为主电路的直流端支撑电容，用来支撑直流回路电压，保证直流回路电压的波动在要求的范围内。

[0017] R1、R2 为直流回路的放电电阻。保证主电路断电后，直流回路电容上的残余电压在要求的时间内降低到安全电压以下。

[0018] DC+、DC- 为功率单元的直流输入。

[0019] R、S、T 为功率单元的三相交流输出。

[0020] 二、控制部分：

[0021] DBR、DBS、DBT 是 IGBT 的驱动电路，每块驱动电路板提供两路驱动信号，驱动一个逆变桥臂的两个 IGBT 单元工作，同时将 IGBT 开关状态信号反馈给控制单元。

[0022] T1 为温度检测开关，当功率变换单元散热器的温度高于设定值时，开关状态发生变换，并将此开关信号传送给控制单元。

[0023] 本实用新型采用了多种母排层叠式模块化设计，最下面为风冷散热器，功率器件安装在风冷散热器的表面，功率器件表面通过复合母排、叠层喷涂复合母排、DC+/DC- 喷涂母排将三相逆变主电路的所有部件连接在一起并对外输入输出。复合母排采用标准三层铜排叠加，包含 DC+ 层、DC- 层和中间的 M 层，完成了电容串并联功能；DC+、DC- 直接采用喷涂母排结构，R、S、T 采用了叠层喷涂复合母排。对外输入输出统一整齐，既减小了主电路的杂散电感，降低 IGBT 关断时的过电压，又充分利用了狭窄的空间，使外观整齐美观。

[0024] 本实用新型的有益效果为：

[0025] 1) 采用模块化设计，节省空间，便于维护更换，降低维护成本；

[0026] 2) 采用多种类型复合母排组合使用技术，提高主电路的可靠性，完全避免线缆在狭窄的空间绕行的困难，且结构紧凑，便于更大功率的扩展，也能减小因故障造成的运营损失和维修成本。

附图说明

[0027] 图 1 为本实用新型装置正面立体结构图。

[0028] 图 2 为本实用新型装置背面立体结构图。

[0029] 图 3 为本实用新型装置中各母排连接的正面立体结构图。

[0030] 图 4 为本实用新型装置中各母排连接的背面立体结构图。

[0031] 图 5 为本实用新型装置电路结构及原理图。

[0032] 图中：1- 风冷散热器、2- 框架、3- 复合母排、3-1- 放电电阻连接部、3-2- 输入端连接部、3-3-IGBT 连接部、3-4- 窗口、3-5- 吸收电容连接部、3-6- 支撑电容端子、4- 安装板、5-IGBT、6- 支撑电容、7- 吸收电容、8- 驱动电路板、9-U 型安装架、10- 绝缘支撑板、11- 铜插针连接器、12-DC- 喷涂母排、13-DC+ 喷涂母排、14- 叠层喷涂复合母排、14-1- 输出连接孔、

14-2-IGBT 连接孔、15- 绝缘支撑条、16- L 型安装架。

具体实施方式

[0033] 以下结合附图对本实用新型作进一步地描述：

[0034] 如图 1 至图 4 所示，一种叠层喷涂排与复合母排混合使用的新型功率变换单元，包括风冷散热器 1、框架 2、复合母排 3、安装板 4、三个 IGBT5、八个支撑电容 6、三个吸收电容 7、三个驱动电路板 8 和两个放电电阻；框架 2 安装于风冷散热器 1 顶部，复合母排 3 安装在框架 2 内左右框壁之间；三个 IGBT5 安装于风冷散热器 1 基板的表面，并且分别与复合母排 3 连接；八个支撑电容 6 通过绝缘支撑板 10 安装于框架 2 内位于后框壁与复合母排 3 之间的位置，八个支撑电容 6 分为上下两排，每排四个支撑电容 6，支撑电容 6 的导电端子与复合母排 3 的相应导电端子通过设置在支撑电容 6 上的柱头螺栓紧密连接；三个吸收电容 7 分别与复合母排 3 连接；三个驱动电路板 8 通过绝缘子安装在框架 2 内的前框壁上，驱动电路板 8 与 IGBT 5 之间的驱动与状态反馈信号采用快速插针式连接，驱动电路板 8 与单元外部的控制单元采用连接器连接；两个放电电阻分别与复合母排 3 连接；安装板 4 固定于框架 2 的左框壁或右框壁外侧的底部，安装板 4 上安装有五个铜插针连接器 11，其中，前两个铜插针连接器 11 分别通过 DC- 喷涂母排 12 和 DC+ 喷涂母排 13 与复合母排 3 连接，后三个铜插针连接器 11 通过叠层喷涂复合母排 14 分别与三个 IGBT5 连接。

[0035] 具体实施时，复合母排 3 包括三个形状为扁平状且叠放在一起的母排，三个母排为 DC+ 母排、DC- 母排以及位于中间层的 M 母排，相邻的母排之间设有聚酯薄膜；DC+ 母排、DC- 母排和 M 母排的右侧侧边上各设有一个放电电阻连接部 3-1，三个放电电阻连接部 3-1 上下错开布置，其中一个放电电阻的一端与 DC+ 母排上的放电电阻连接部 3-1 连接、另一端与 M 母排上的放电电阻连接部 3-1 连接，其中另一个放电电阻的一端与 DC- 母排上的放电电阻连接部 3-1 连接、另一端与 M 母排上的放电电阻连接部 3-1 连接；DC+ 母排和 DC- 母排的左侧侧边上各设有一个输入端连接部 3-2，两个输入端连接部 3-2 上下错开布置，DC+ 喷涂母排 13 与 DC+ 母排上的输入端连接部 3-2 连接，DC- 喷涂母排 12 与 DC- 母排上的输入端连接部 3-2 连接；DC+ 母排和 DC- 母排的底边上各设有三个 IGBT 连接部 3-3，并且 DC+ 母排上的三个 IGBT 连接部 3-3 和 DC- 母排上的三个 IGBT 连接部 3-3 交叉布置，形成三组 IGBT 连接部 3-3，三个 IGBT5 分别与三组 IGBT 连接部 3-3 连接；三个母排作为一个整体，在其整体的水平中线上开设有三个贯穿母排整体的窗口 3-4，每个窗口 3-4 的两侧分别设有一个吸收电容连接部 3-5，每个窗口 3-4 上的两个吸收电容连接部 3-5 一个与 DC+ 母排连接、一个与 DC- 母排连接，三个吸收电容 7 分别安装在三个窗口 3-4 上，并与该窗口 3-4 上的两个吸收电容连接部 3-5 连接；三个母排作为一个整体，在其整体的水平中线上方的位置设有四组支撑电容端子组，每组支撑电容端子组包括两个支撑电容端子 3-6，从左至右第一、三、六、八个支撑电容端子 3-6 与 M 母排连接，第二、四个支撑电容端子 3-6 与 DC+ 母排连接，第五、七个支撑电容端子 3-6 与 DC- 母排连接；三个母排作为一个整体，在其整体的水平中线下方的位置设有四组支撑电容端子组，每组支撑电容端子组包括两个支撑电容端子 3-6，从左至右第二、四、五、七个支撑电容端子 3-6 与 M 母排连接，第六、八个支撑电容端子 3-6 与 DC+ 母排连接，第一、三个支撑电容端子 3-6 与 DC- 母排连接；上排的四个支撑电容 6 分别与上排的四组支撑电容端子组连接，下排的四个支撑电容 6 分别与下排的四组支撑电容端

子组连接。

[0036] 叠层喷涂复合母排 14 包括由下而上层叠设置、表面电解镀锡且长度递减的 T、S、R 三层铜排,相邻铜排之间粘附有聚酯薄膜 14-1; T、S、R 三层铜排均通过一端上下对齐,且 T、S、R 三层铜排的对齐端端部各设有一个带输出连接孔 14-2 的连接部,T、S、R 三层铜排通过其上的输出连接孔 14-2 与安装板 4 上的后三个铜插针连接器 11 连接;T、S、R 三层铜排的非对齐端的侧边向外延设有带 IGBT 连接孔 14-3 的连接部,T、S、R 三层铜排通过其上的 IGBT 连接孔 14-3 分别与三个 IGBT5 连接。

[0037] 框架 2 内左右框壁之间固定有上下两个绝缘支撑条 15,两个绝缘支撑条 15 位于前框壁和复合母排 3 之间并且紧贴复合母排 3 设置,上方的绝缘支撑条 15 与复合母排 3 上排的四组支撑电容端子组对齐设置,下方的绝缘支撑条 15 与复合母排下排的四组支撑电容端子组对齐设置;设置在支撑电容 6 前端的两根柱头螺栓先后穿过复合母排 3 上对应的支撑电容端子组以及绝缘支撑条 15 后用螺母紧固,实现支撑电容 6 前端的固定;绝缘支撑板 10 固定于框架 2 内左右框壁之间位于支撑电容 6 末端与后框壁之间的位置,绝缘支撑板 10 的两端分别通过固定在左右框壁上的 U 型安装架 9 实现与框架 2 的固定,支撑电容 6 的末端设有一根柱头螺栓,柱头螺栓上通过螺母紧固有 L 型安装架 16,L 型安装架 16 固定在绝缘支撑板 10 上,实现支撑电容(6)后端的固定。

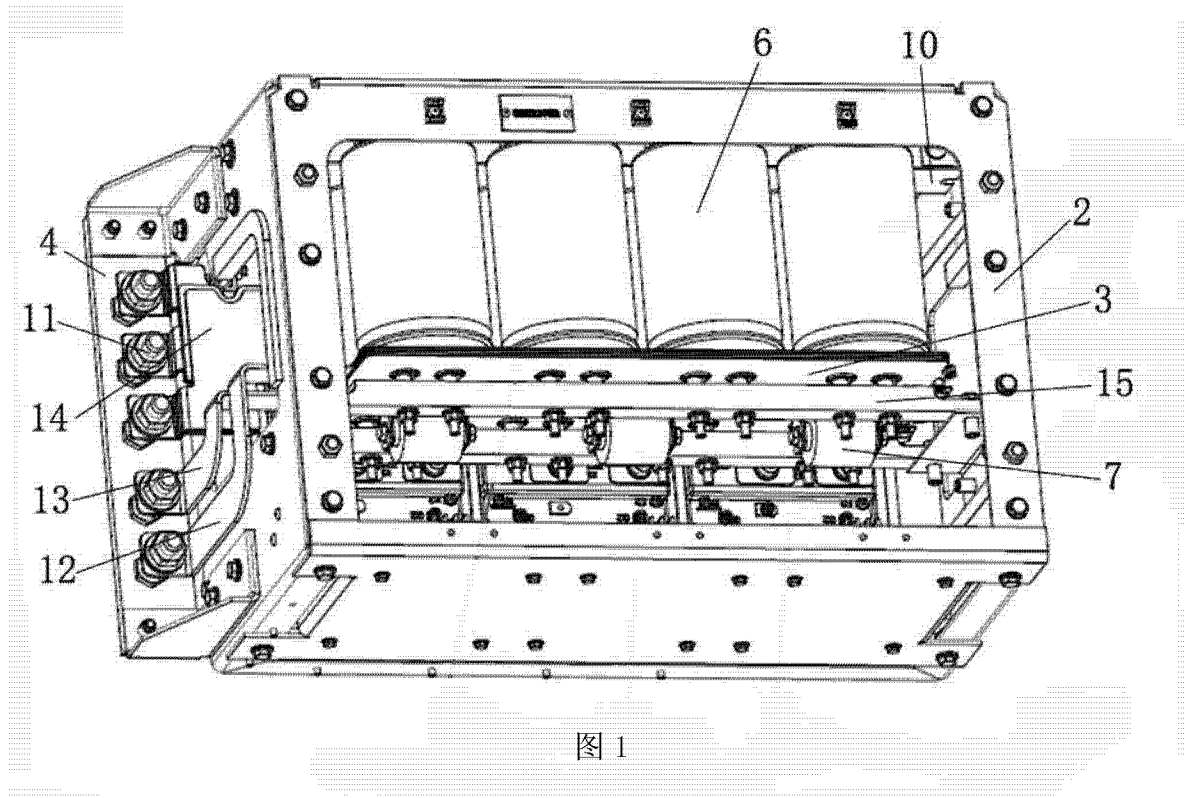


图 1

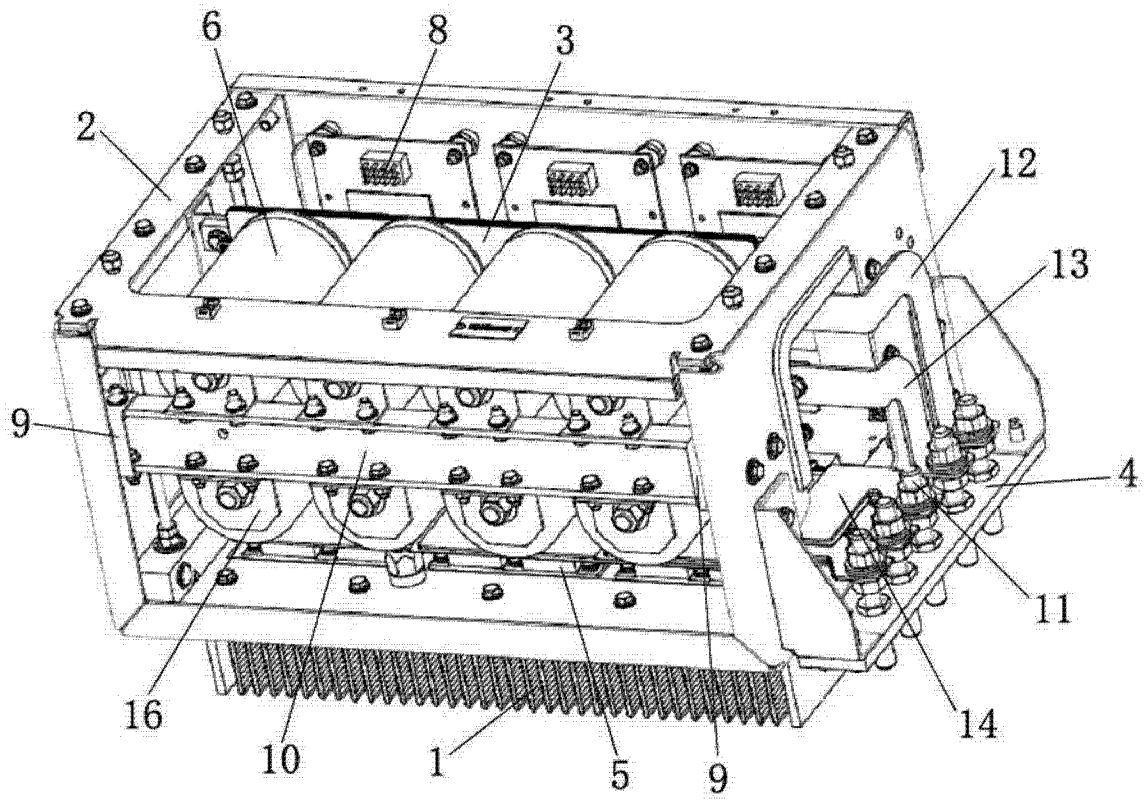


图 2

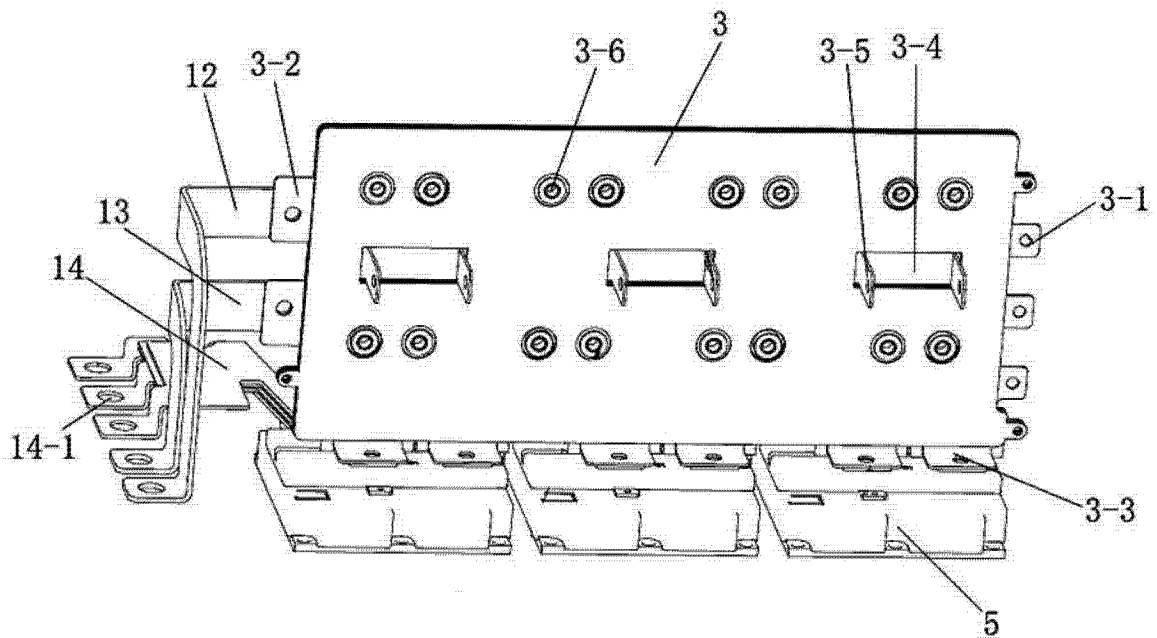


图 3

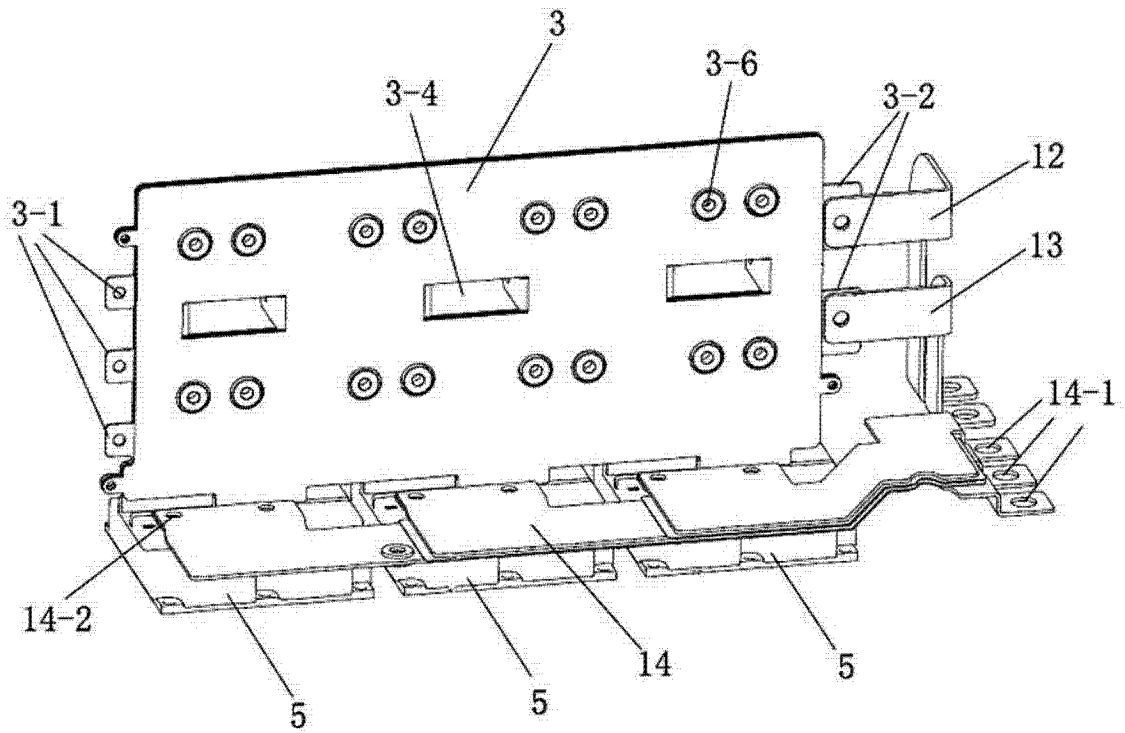


图 4

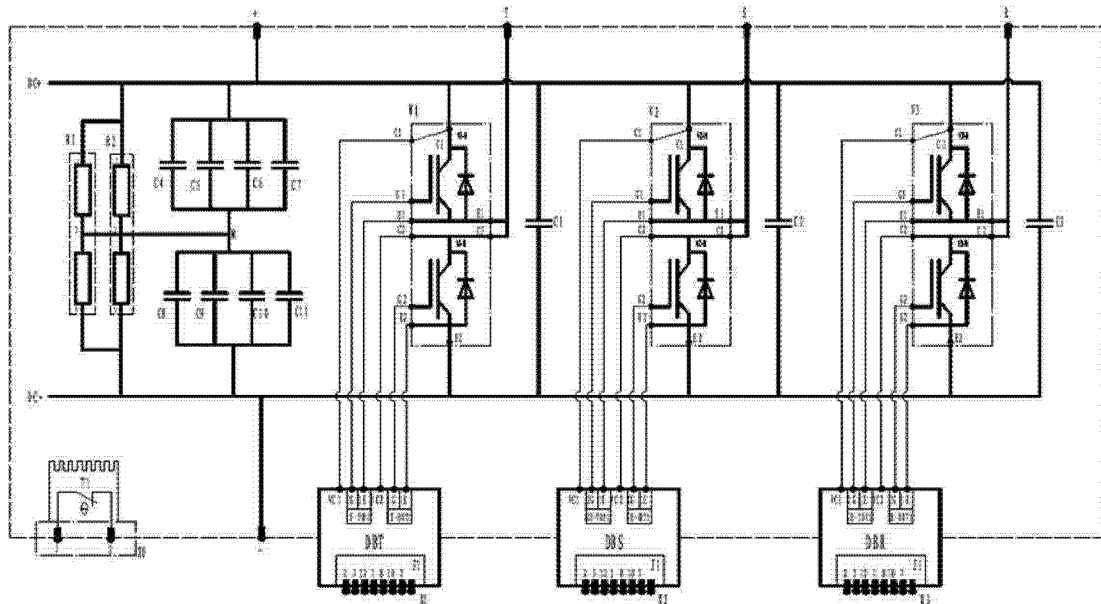


图 5