

[19] 中华人民共和国国家知识产权局



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200610010549.4

[51] Int. Cl.

H02M 1/00 (2006.01)

H02M 3/28 (2006.01)

H02M 3/315 (2006.01)

H02M 3/06 (2006.01)

H05K 7/02 (2006.01)

H05K 7/20 (2006.01)

[45] 授权公告日 2009年2月18日

[11] 授权公告号 CN 100463338C

[22] 申请日 2006.9.15

[21] 申请号 200610010549.4

[73] 专利权人 哈尔滨九洲电气股份有限公司

地址 150081 黑龙江省哈尔滨市南岗区哈平路162号

[72] 发明人 李凯 白德芳 丁兆国 周维来 刘志强

[56] 参考文献

CN2384366Y 2000.6.21

CN2737062Y 2005.10.26

US5930112A 1999.7.27

CN1424810A 2003.6.18

CN2591859Y 2003.12.10

CN2547063Y 2003.4.23

JP9-308265A 1997.11.28

审查员 崔海波

[74] 专利代理机构 哈尔滨市哈科专利事务所有限责任公司

代理人 祖玉清

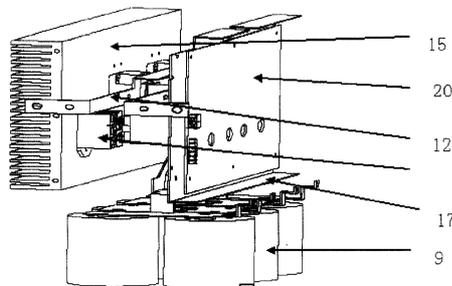
权利要求书2页 说明书7页 附图3页

[54] 发明名称

高压变频标准换流功率单元

[57] 摘要

本发明提供的是一种高压变频标准换流功率单元，它包括壳体、功能器件、控制板、电容阵列和散热器，电容阵列组立式布置于单元底部，散热器立式布于电容阵列上方的一侧，另一侧布置控制板，在控制板与功率器件之间设置屏蔽板，功率器件布置于散热器表面，需要连接的部分之间通过铜带进行电气连接。本发明重要的电气特性是：“具有高等级的电磁兼容性能，能够在工业严酷等级的电快速脉冲群、静电放电、射频场的电磁环境条件下正常运行。”



1、一种高压变频标准换流功率单元，它包括壳体、输入部分、控制回路和主回路，其特征是：

输入部分包括工频交流电源(1)接入端；控制回路包括控制回路保险(2)、隔离电源变压器(3)、控制板(4)、整流桥(5)和第一扼流环(6)；主回路包括主回路保险(7)、全桥二极管(8)、电容阵列(9)、电容均压板(10)、旁通扼流环(11)、铜带(12)、晶闸管(13)、IGBT(14)和散热器(15)；

工频交流电源(1)接入主回路保险(7)和控制回路保险(2)，从主回路保险(7)接入全桥二极管(8)，二极管输出正极的电缆通过旁通扼流环(11)接入电容阵列(9)正极，二极管负极通过电缆接入电容阵列(9)负极，电容阵列正负极通过铜带(12)连到 IGBT(14)，IGBT(14)输出通过铜带(12)连到输出端子，另一路通过第一扼流环(6)连到整流桥(5)，再从整流桥(5)连到晶闸管(13)；控制回路保险(2)接入隔离电源变压器(3)，隔离电源变压器(3)二次侧接入控制板(4)供电端，控制板(4)输出 IGBT 驱动(15)到 IGBT(14)，输出晶闸管驱动到晶闸管(13)，电容阵列(9)中的电容接入电容均压板(10)，电容均压板(10)接入控制板(4)；

电容阵列立式布置于单元底部，散热器立式布于电容阵列上方的一侧，另一侧布置控制板，整流桥(5)、晶闸管(13)、旁通扼流环(11)、IGBT(14)和全桥二极管(8)布置于散热器表面，在控制板与所述散热器表面布置的元件之间设置屏蔽板，需要连接的部分之间通过铜带进行电气连接。

2、根据权利要求 1 所述的高压变频标准换流功率单元，其特征是：壳体为 U 型壳体(16)。

3、根据权利要求 2 所述的高压变频标准换流功率单元，其特征是：电容阵列(9)是采用 6 个 400V/4700uF 铝电解电容，三串两并，用支架固定。

4、根据权利要求 3 所述的高压变频标准换流功率单元，其特征是：散热器(15)是采用型材 45DQ230 加工而成，两侧切面设置有加工丝孔，功率器件在表面横列安装，用螺丝固定于 U 形壳体(16)侧面。

5、根据权利要求 4 所述的高压变频标准换流功率单元，其特征是：U 形壳体(16)采用普通 1.5mm 镀锌板制成，内部长度与散热器(15)长度一致，在底部有电容阵列(9)固定孔，两侧有散热器(15)、屏蔽板(17)、工频交流电源(1)接入端、控制回路保险(2)、隔离电源变压器(3)、第一扼流环(6)、主回路保险(7)、铜带(12)和侧板(18)的固定孔。

6、根据权利要求 5 所述的高压变频标准换流功率单元，其特征是：屏蔽板(17)是采用普通 1.5mm 镀锌板制成，在中间对应于 IGBT(14)的位置加工有直径 24mm 的过孔，在朝向控制

板(4)内侧有一层 0.2mm 的绝缘板。

7、根据权利要求 6 所述的高压变频标准换流功率单元，其特征是：在散热器(15)表面用螺丝固定、从前到后是整流桥(5)、晶闸管(13)、旁通扼流环(11)、IGBT(14)和全桥二极管(8)，呈纵向结构，先整流，后 H 桥逆变。

8、根据权利要求 7 所述的高压变频标准换流功率单元，其特征是：铜带为两根铜带组成的曲折结构或人字形结构，IGBT 第一输出、IGBT 第二输出的铜带采用三个绝缘子与 U 型壳体(16)形成的三点固定结构，其中两个装在 U 形壳体(16)前侧，一个装于 IGBT 第一输出、IGBT 第二输出的铜带之间。

9、根据权利要求 8 所述的高压变频标准换流功率单元，其特征是：其 IGBT(14)驱动回路连接是从控制板(4)和屏蔽板(17)共同构成的驱动线过孔进行布线。

高压变频标准换流功率单元

（一）技术领域

本发明涉及一种电力电子换流装置，具体地说是一种用于多电平单元串联电压源型的高压变频器中用于实现功率变换的系统，工程中称为换流功率单元。

（二）背景技术

我国的电机设计理念与技术 50 年代学自苏联，在工业设计上留有很大的余量，系统运行时电能利用率低。在电力市场对应用高压变频器的节能具有了很大的需求。

据国家《电动机调速技术产业化途径与对策的研究》报告中，中国发电量总量的 66% 消耗在电动机上。而中国目前电动机总装机容量已超过 40 万千瓦，高压电机约占一半，高压电机中近 70% 拖动的负载是风机、泵类、压缩机，其中一半适合调速，即有约 7.5 万千瓦的高压电机处在浪费运行的状态。

在变频器中，最关键的器件是高压大功率可关断器件 IGBT（绝缘门极双极型晶体管），在国内不能生产，在全世界范围内，只有德国英飞凌下属的 EUPEC 子公司和日本三菱公司生产。由于各国间的高科技限制，就举例对于中国高科技进口产品管制较松的德国而言，根据《eupec IGBT 应用指南》所注明：除 FF200R33KF2C 外，所有 EUPEC IHV，电压大于 2500V 耐压的 IGBT 模块，均受欧洲出口限制，需办理最终用途说明，不能用于军事目的。

由于 IGBT 型号的限制，在国内的高压变频器只有采用多电平单元串联电压源型原理结构进行研发和制作。电压等级是 3kV，需用 9 个功率换流单元，电压等级是 6kV，需用 18 个功率换流单元，电压等级是 10kV，需用 27 个功率换流单元。变频器的电压等级越高，则换流单元的数量就相应增加。

对应不同的电压等级的变频器中的功率单元来说，虽然在不同等级的变频器中每个换流功率单元的电压等级和输出功率没有改变。但是功率单元的电磁运行环境却变得越来越恶劣。随着总电压等级和总输出功率的提高，每个标准功率单元内部干扰能量的空间分布加大、时间分布非周期性加强、干扰频率的频谱带宽增加、发射干扰源增多等不利因素相应增加，其严酷的电磁兼容环境严重影响功率换流单元正常运行，使高压变频器的性能下降和稳定性降低。

在目前，对于多电压单元串联电压源型原理的高压变频器中，在国际和国内，对于其功率换流单元均注重的是功率和散热，没有专门针对于电磁兼容性和标准化的技术方案。

(三) 发明内容

本发明的目的是提供一种具有高等级电磁兼容性能的高压变频标准换流功率单元。

本发明的目的是这样实现的：它包括壳体、输入部分、控制回路和主回路，具体的元件为：输入部分包括工频交流电源 1 接入端，控制回路包括控制回路保险 2、隔离电源变压器 3、控制板 4、整流桥 5 和第一扼流环 6；主回路包括主回路保险 7、全桥二极管 8、电容阵列 9、电容均压板 10、旁通扼流环 11、铜带 12、晶闸管 13、IGBT14 和散热器 15；壳体为 U 型壳体 16。电气连接方法是：工频交流电源 1 接入主回路保险 7 和控制回路保险 2，从主回路保险 7 接入全桥二极管 8，二极管输出正极的电缆通过旁通扼流环 11 接入电容阵列 9 正极，二极管负极通过电缆接入电容阵列 9 负极，电容阵列正负通过铜带 12 连到 IGBT14，IGBT14 输出通过铜带 12 连到输出端子，另一路通过第一扼流环 6 连到整流桥 5，从整流桥 5 到晶闸管 13；控制回路保险 2 接入隔离电源变压器 3，隔离电源变压器 3 二次侧接入控制板 4 供电端。控制板 4 输出 IGBT 驱动 15 到 IGBT14，输出晶闸管驱动到晶闸管 13，电容阵列 9 中的电容接入电容均压板 10，并在电容均压板 10 接入控制板 4；电容阵列立式布置于单元底部，散热器立式布于电容阵列上方的一侧，另一侧布置控制板，整流桥 5、晶闸管 13、旁通扼流环 11、IGBT14 和全桥二极管 8 布置于散热器表面，在控制板与所述散热器表面布置的元件之间设置屏蔽板，需要连接的部分之间通过铜带进行电气连接。

结构安装方式是：整流桥 5，IGBT14，晶闸管 13 和全桥二极管 8、旁通扼流环 11 安装于散热器 15 表面。电容均压板 10 安装于电容阵列 9 侧面。控制板 4 安装于屏蔽板 17 表面。散热器 15、电容阵列 9、屏蔽板 17、工频交流电源接入端 1，控制回路保险 2、隔离电源变压器 3、第一扼流环 6、主回路保险 7、铜带 12 和侧板均装于 U 型壳体 16 上。

本发明重要的电气特性是：“具有高等级的电磁兼容性能，能够在工业严酷等级的电快速脉冲群、静电放电、射频场的电磁环境条件下正常运行。”

本发明还包括以下一些结构特征：

1. 主回路器件采用相对位置布置结构，包括控制板 4、电容阵列 9、散热器和屏蔽板，电容阵列 9 在底部，散热器固定于左侧部，控制板 4 固定于右侧部，屏蔽板 17 在散热器 15 与控制板 4 的中间。
2. 主回路的电容阵列 9 采用 6 个 400V/4700uF 铝电解电容，三串两并，用支架固定。
3. 散热器 15 采用型材 45DQ230 加工而成，两侧切面设置有加工丝孔，功率器件在表面横列安装，用螺丝固定于壳体侧面。

4. U形壳体 16, 它是采用普通 1.5mm 镀锌板制成, 内部长度与散热器 15 长度一致。在底部加工电容阵列 9 固定孔, 两侧加工散热器 15、屏蔽板 17、工频交流电源 1 接入端、控制回路保险 2、隔离电源变压器 3、第一扼流环 6、主回路保险 7、铜带 12 和侧板的固定孔。
5. 屏蔽板 17 是采用普通 1.5mm 镀锌板制成, 在中间对应于 IGBT14 的位置加工有直径 24mm 的过孔, 在朝向控制板 4 内侧有一层 0.2mm 的绝缘板。
6. 铜带 12 采用 1.0 铜紫铜板加工后镀锡制作, 总计 5 根。是 IGBT 第一输出、IGBT 第二输出、电容正极连接、电容负极连接、电容串联连接。
7. 功率器件安装位置是: 在散热器 15 表面用螺丝固定, 从前到后是整流桥 5、晶闸管 13、旁通旁通扼流环 11、IGBT14 和全桥二极管 8, 呈纵向结构, 先整流, 后 H 桥逆变。
8. 铜带连接结构, 在根扰的曲折结构或人字形结构, IGBT 第一输出、IGBT 第二输出的铜带采用三个绝缘子与 U 型壳体 16 形成的三点固定结构, 其中两个装在 U 形壳体 16 前侧, 一个装于 IGBT 输出 1、IGBT 输出 2 铜带之间。
9. 散热结构, 散热器 15 后侧肋片和侧板后侧形成主风道结构, 散热器 15 表面、屏蔽板 17 后侧和侧板顶侧形成副风道结构。
10. 电气连接中, 其 IGBT14 驱动回路连接是从控制板 4 和屏蔽板 17 共同构成的驱动线过孔进行布线, 可以达到从控制板 4 到 IGBT14 驱动的电气连接线的长度为最短。
11. 扼流环采用国产 C 型铁氧体的二块并列, 在上绕制有二圈线缆制成。

本发明包括以下电气特征:

1. 将三相工频交流电通过六相桥式整流二极管变换为直流, 输出二相频率受控的 PWM 电压波形的电压源型换流功率系统, 在中间加入保险进行过流与短路保护。
2. 变换输出的直流通过一个扼流环进入电容阵列组进行平波与储能;
3. 四个电压等级是 1700V 的 IGBT 组成一个 H 桥逆变回路, 将电容阵列中储存的直流转换成可调 PWM 波形;
4. PWM 波通铜带接到端子, 在中间并联一个整流桥与可控硅, 实现旁通功能; 在铜带与整流桥中串入一个扼流环;
5. IGBT 的开断控制和旁通可控硅的导通控制通过控制板实现。
6. 在输入六相桥式整流二极管输出加 CJE 专用电容, 与扼流环构成输入谐波吸收系统; 在 IGBT 与电容连接处加入 CJE 专用电容, 吸收 IGBT 关断的冲击;
7. 控制板安装于屏蔽板了, 屏蔽板是独创的半包围结构, 能在单元整体恶劣的电磁环境中,

为控制板屏蔽出一个相对洁净的电磁空间；

8. IGBT 输出的 PWM 电压波形功率铜带和电容连接铜带，都采用单回路对称平行结构，使其围起的电磁空间最小，对外部的电磁干扰小。

本发明的独有优点有：

- 1、独创的器件相对位置排列结构：即“电容阵列组立式布置于单元底部，散热器立式布于侧面，另一侧面布置控制板，在控制板与功率器件之间布置屏蔽板。功率器件布置于散热器表面，使用铜带进行电气连接。
- 2、高等级的电磁兼容性能：通过创新型电气、电子、结构的技术方案，使本发明“具有高等级的电磁兼容性能，能够在工业严酷等级的电快速脉冲群、静电放电、射频场的电磁环境条件下正常运行。
- 3、稳定的 U 形框架结构：U 形壳体 16 是用一张镀锌板制作的 U 形的铁板框架，散热器 15 的两端分别加工出安装孔，U 形壳体在前后侧加工出散热器安装孔，当散热器 15 与 U 形壳体 16 用螺丝压紧后，即形成了一个稳定的框架结构，具有极强的抗变形能力，独创的结构可将所有元件全部固定于 U 形壳体 16 上，在较宽松的工艺安装环境下即可达到较高的安装精度；
- 4、IGBT 输出铜带采用独创的曲折结构：对电容与 IGBT 连接铜带采用中间绝缘板隔高的人字形层叠结构。其回路围起面积最小，正负回路相互对应，发射电磁干扰的能力减小，同时其接收干扰的能力也减小；
- 5、洁净电磁空间：控制板是标准功率单元的核心，也是对电磁环境要求最严的地方，采用特制的屏蔽板，结合 U 形壳体，在控制板周围形成电磁屏蔽空间，将电磁干扰最强烈的内部铜带结构全部屏蔽，保持功率变换单元内核心控制系统处于安全的电磁兼容环境下；
- 6、最短 IGBT 驱动布线距离：IGBT 驱动的信号是属于电平驱动，其电压低，且驱动电流极小，故极易受干扰，而驱动信号是单元运行的基准，故其要求从驱动器到 IGBT 驱动端子距离要短，且尽量避免与大电流回路并行，创建空间独立布线结构，IGBT 驱动回路从控制板专设的过线孔进行布线，不但距离最短，且不与主回路铜带并行，符合电磁兼容对其最高的标准。
- 7、单元内的双风道系统：屏蔽板、散热器表面、U 形壳体形成了一个箱形结构，在后侧开出通风孔，与前侧进线孔形成了副风道结构，用于散热器表面功率器件的外壳温度与电容阵列的散热，散热器的肋片形成主风道，前侧进风，后侧出风。用于对功率器

件的基底传导过的热量进行散热降温。保持功率器件在额定温度范围内正常运行。

- 8、高标准性：高压变频标准换流功率单元全部完成，可以保证在不进行任何更改的情况下，直接用其组成多种电压等级的高压变频器。

附录：电磁兼容试验参数

- 1、具体的电磁兼容测试项目：

电快速瞬变脉冲群抗扰度测试；静电放电抗扰度测试；射频电磁场辐射抗扰度测试；

- 2、电快速瞬变脉冲群抗扰度测试数据：

电快速瞬变脉冲群					
序号	等级	电压	频率	时间	单元状态
1	2	1.0KV	5KHz	300s	正常运行
2	3	2.0KV	5KHz	300s	正常运行
3	4	3.0KV	2.5KHz	30s	正常运行
6	4	4.0KV	2.5KHz	300s	正常运行
8	4	4.0KV	5KHz	60s	正常运行
9	4	4.0KV	5KHz	300s	正常运行

- 3、静电放电测试数据：

静电放电					
序号	等级	试验电压	放电类型	位置	单元状态
1	1	2.0KV	接触放电	四角	正常运行
2	2	4.0KV	接触放电	四角	正常运行
3	3	6.0KV	接触放电	四角	正常运行
4	4	8.0KV	接触放电	四角	正常运行
5	4	8.0KV	接触放电	外壳中心	正常运行
6	1	2.0KV	空气放电	四角	正常运行
7	2	4.0KV	空气放电	四角	正常运行
8	3	8.0KV	空气放电	四角	正常运行
9	4	15KV	空气放电	四角	正常运行 运行灯亮度波动
10	4	15KV	空气放电	外壳中心	正常运行

- 4、射频电磁场辐射抗扰度试验：

射频电磁场辐射抗扰度测试 8M 频率，等级 3，试验场强 10V/m，设定时间为 30 分钟。在测试时将高压变频标准换流功率单元处于最高频率输出状态。

在一个小时后，重新进入电磁兼容试验室，高压变频标准换流功率单元的状态指示与测试小箱面板数据，高压变频标准换流功率单元射频电磁场辐射环境测试环境中工作正常。

（四）附图说明

图 1 是本发明高压变频标准换流功率单元的创新型电气、电子、结构的技术方案图。

图 2 是本发明高压变频标准换流功率单元原理图；

图 3 是本发明高压变频标准换流功率单元的 U 形壳体结构图；

图 4 是本发明高压变频标准换流功率单元的内部铜带结构图。

图 5 是本发明高压变频标准换流功率单元的组装完成图。

（五）具体实施方式

下面结合附图举例对本发明作更详细的描述：

结合附图 1，是本发明的重点是创新型电气、电子、结构的技术方案，即“电容阵列组立式布置于单元底部，散热器立式布于侧面，另一侧面布置控制板，在控制板与功率器件之间布置屏蔽板。功率器件布置于散热器表面，使用铜带进行电气连接。

结合附图 2，是本发明的原理接线图，其是工频交流电源 1 接入主回路保险 7 和控制回路保险 2，从主回路保险 7 接入全桥二极管 8，二极管输出正极的电缆通过旁通扼流环 11 接入电容阵列 9 正极，二极管负极通过电缆接入电容阵列 9 负极，电容阵列正负通过铜带 12 连到 IGBT14，IGBT14 输出通过铜带 12 连到输出端子，另一路通过第一扼流环 6 连到整流桥 5，从整流桥 5 到晶闸管 13，控制回路保险 2 接入隔离电源变压器 3，隔离电源变压器 3 二次侧接入控制板 4 供电端。控制板 4 输出 IGBT 驱动 15 到 IGBT14，输出晶闸管驱动到晶闸管 13，电容阵列 9 中的电容接入电容均压板 10，并在电容均压板 10 接入控制板 4。

结合附图 3，是本发明的 U 形壳体 16，它是采用普通 1.5mm 镀锌板制成，内部长度与散热器 15 长度一致。在底部加工电容阵列 9 固定孔，两侧加工散热器 15、屏蔽板 17、工频交流电源接入端 1，控制回路保险 2、隔离电源变压器 3、第一扼流环 6、主回路保险 7、铜带 12 和侧板的固定孔。独创的 U 形结构具有散热器配套的框架固定结构，具有极强的抗变形能力，可将所有元件全部固定于其上，在较宽松的工艺安装环境下即可达到较高的安装精度。

结合附图 4，是本发明的连接铜带结构，其铜带 12 采用 1.0 铜紫铜板加工后镀锡，又分为两种结构，一个是二根铜带组成的 IGBT 输出的曲折结构，另一个是二根铜带组成的人字形结构，其正负回路相互对应，其回路围起面积最小，发射电磁干扰的能力减小，同时其接

收干扰的能力也减小。

结合附图 5，是本发明进行结构安装，整流桥 5，IGBT14，晶闸管 13 和全桥二极管 8 旁通旁通扼流环 11 安装于散热器 15 表面。电容均压板 10 安装于电容阵列 9 侧面。控制板 4 安装于屏蔽板 17 表面。散热器 15、电容阵列 9、屏蔽板 17、工频交流电源接入端 1，控制回路保险 2、隔离电源变压器 3、第一扼流环 6、主回路保险 7、均装于 U 型壳体 16 上。铜带 12 按附图 3 的结构形式进行组装，最后将侧板组装。其控制部份空间具有高抗电磁干扰的结构外形。控制板是标准功率单元的核心，也是对电磁环境要求最严的地方，采用特制的屏蔽板，结合 U 形壳体，在控制板周围形成电磁屏蔽空间，将电磁干扰最强烈的内部铜带结构全部屏蔽，保持功率变换单元内核心控制系统处于安全的电磁兼容环境下。IGBT 驱动的信号是属于电平驱动，其电压低，且驱动电流极小，故极易受干扰。而驱动信号是单元运行的基准，故其要求从驱动器到 IGBT 驱动端子距离要短，且尽量避免与大电流回路并行。

根据以上要求，在本发明中，创建空间独立布线结构，IGBT 驱动回路从控制板专设的过线孔进行布线，不但距离最短，且不与主回路铜带并行，符合电磁兼容对其最高的标准。

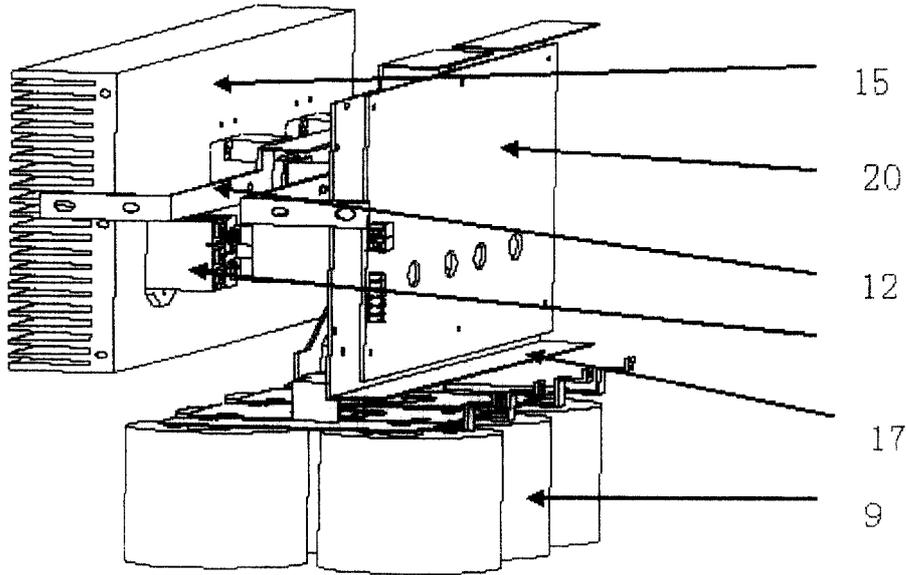


图 1

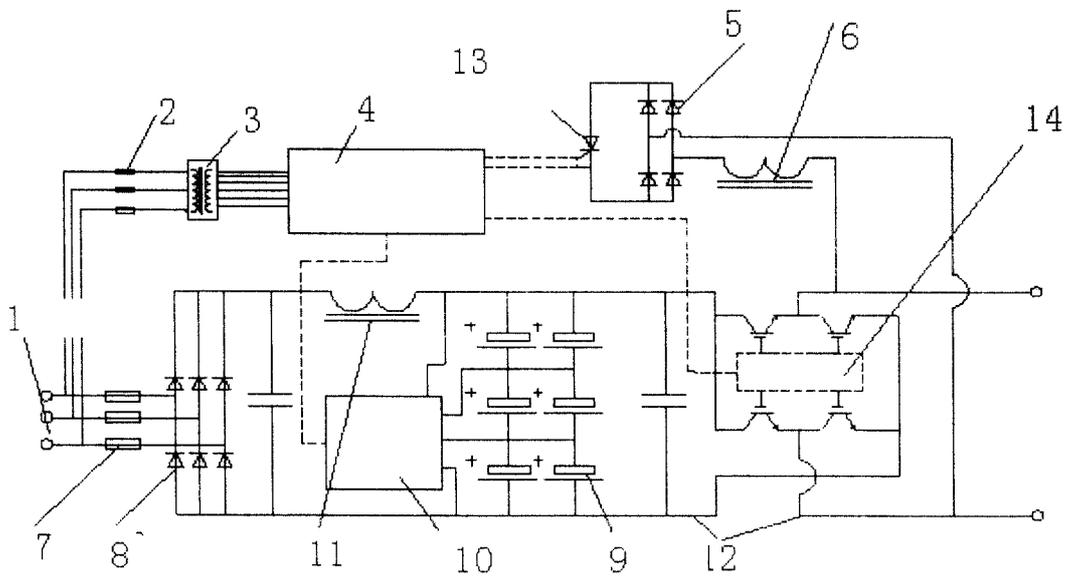


图 2

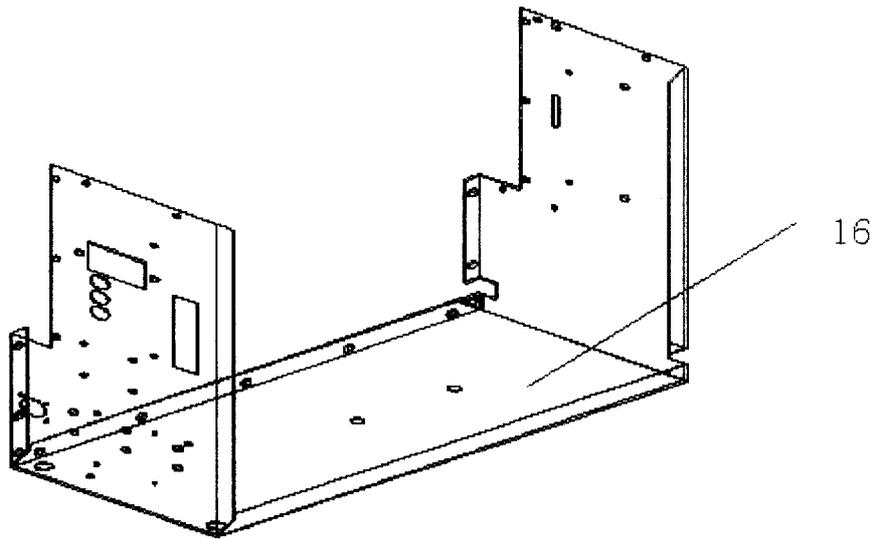


图 3

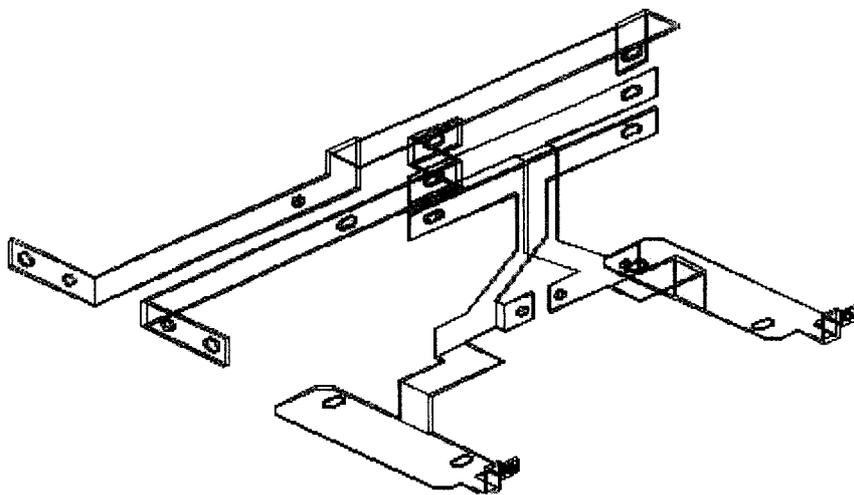


图 4

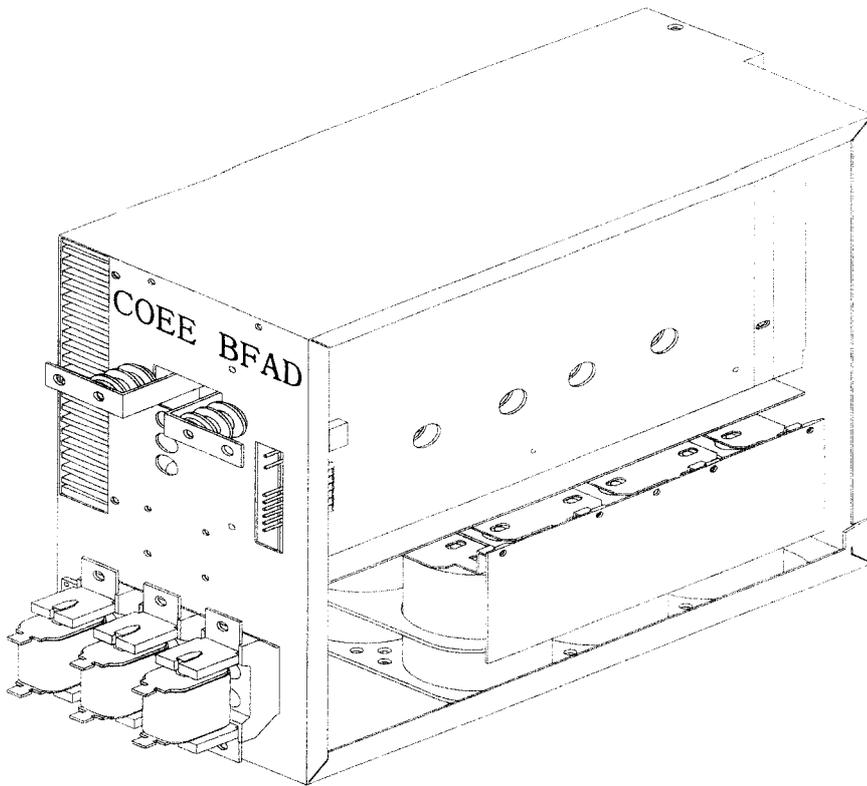


图 5