



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102148579 A

(43) 申请公布日 2011. 08. 10

(21) 申请号 201010597222. 8

(22) 申请日 2010. 12. 20

(71) 申请人 中国电力科学研究院

地址 100192 北京市海淀区清河小营东路
15号

申请人 上海市电力公司

(72) 发明人 赵岩 刘栋 王姗姗 贺之渊

滕乐天 何维国 刘隽 张新刚

(74) 专利代理机构 北京安博达知识产权代理有
限公司 11271

代理人 徐国文

(51) Int. Cl.

H02M 7/217(2006. 01)

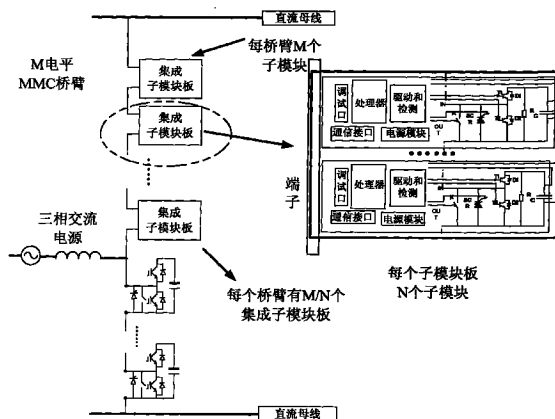
权利要求书 2 页 说明书 4 页 附图 4 页

(54) 发明名称

一种模拟 MMC 多个子模块的等时间常数缩小
子模块板

(57) 摘要

本发明涉及用于模拟大容量模块化多电平电压源换流器 (Multi-level Modular Convert) 的动态模拟试验用子模块电路板, 电路板上有多
个独立的按照等时间常数法缩小参数的 MMC 换流器子模块, 电压等级小于 50V ; 多个子模块完全独立, 之间为串联关系 ; 子模块包括各自独立的控制和编解码芯片、光纤通道、主电路 (有电容器及与其并联的上下串联结构的两只 IGBT、与下 IGBT 并联的旁路开关、用于保护 IGBT 和电容的与下 IGBT 并联的晶闸管)、IGBT 和晶闸管驱动电路、电容电压采样电路、电路板隔离电源。



1. 一种模拟多电平电压源换流器 MMC 多个子模块的等时间常数缩小子模块板,其特征在于包括:

该多子模块板卡为 PCB 板;

一个机箱内可集成 5-20 个子模块板卡,板卡之间的主电路和电源回路通过机箱的背板总线进行连接,结构紧凑,可引出多个检测点;

所述每个板卡上集成了 N 个控制电路和主电路都相互独立的按系数缩小的 MMC 子模块,所述 N 为自然数;

所述每个 MMC 子模块为级联关系、功能完全独立,每个 MMC 子模块之间通过所述板卡上的 PCB 走线进行连接;

每个 MMC 子模块都有各自独立的数字控制芯片、编解码电路、光纤通道、AD 采样电路和子模块主电路,所述主电路包括两个串联的 IGBT、一个电容器、一个旁路开关和晶闸管;

所述每个 MMC 子模块主电路的结构为:

所述 MMC 子模块的主电路中:两个串联的自带反并联二极管的绝缘栅双极型功率管 IGBT,所述绝缘栅双极型功率管 IGBT 可用低压金氧半场效晶体管 MOSFET 代替,作为可投入可切除的有极性电解电容器,两个串联的 IGBT 中的上 IGBT 的发射极连接下 IGBT 的集电极(是否正确?),并联电容器的正极连接上 IGBT 的集电极,负极连接下 IGBT 的发射极,均压电阻与并联电容并联,所述多个 MMC 子模块同时投入串联回路时,相同阻值的电阻也为串联,起着均衡模块电压的作用;

所述子模块与外部电路的连接从下 IGBT 正负极分别引出;

所述主电路的上下两个 IGBT 脉冲为互锁关系,电容电压稳定时,如果给上 IGBT 发送开通指令,下 IGBT 则关断,则从外部电路看,子模块电压为电容电压;如果给上 IGBT 发送关断指令,则下 IGBT 导通,从外部电路看,子模块电压为接近于零,于是子模块在串联电路中的电平可任意控制为零或电容电压;

还具有子模块电压检测电路,测量的是每个电容的端电压,子模块电压检测电路检测电容电压并传给电路板上多个子模块共用的数字处理器,运行中子模块的电容由 IGBT 控制是否将其串入电路的桥臂;

所述主电路中的晶闸管的作用是保护 IGBT;

所述旁路开关的作用是当子模块出现故障时,能够将该子模块从大量的串联模块中旁路,同时保持其他模块的电流通路;

所述多个子模块共用的数字控制芯片和解码芯片对多个串联子模块的电容电压值进行整理,并将其与各个 IGBT 驱动芯片反馈的状态一起编码后,通过光纤通道送给上层控制系统;光纤通道还负责将上层控制系统确定的各个子模块的 IGBT、晶闸管和旁路开关的开通/闭锁指令送至子模块电路板。

2. 根据权利要求 1 所述的装置,其特征在于该子模块板卡集成了多个级联的低压子模块,每个子模块由小型低压元器件组成,包括数字处理器和上下串联的 IGBT;每个子模块还包括用以保护 IGBT 的晶闸管和旁路开关;将一个或多个级联的独立子模块集成到一块 PCB 板上,以实现紧凑化。

3. 依据权利要求 1-2 中任一所述的装置,其特征在于该 PCB 板通过电位隔离,将 1 个或多个子模块集成在一块 PCB 板上,各子模块采用独立、互不通信的数字处理器对子模块

的开关元件进行控制,并对各自子模块电容电压和各元件状态进行监控和测量后,与上级控制系统交互。

4. 根据权利 3 所述的装置,其特征在于采用一个开关电源为多个子模块板并联供电,但该电源进入不同板卡后,再通过各个子模块板相互隔离的开关电源进行转换,同一子模块板的上下 IGBT 之间也采取相互隔离的电源模块进行供电。

5. 根据权利 4 所述的装置,其特征在于所述电源模块是 24V 的开关电源模块,每个电路板上具有多个隔离的电源模块,负责控制芯片、驱动芯片、采样芯片和电路损耗的供电。

一种模拟 MMC 多个子模块的等时间常数缩小子模块板

技术领域

[0001] 本发明属于电力电子领域,涉及一种用于模块化多电平(MMC)电压源换流器(VSC)的低压模拟试验装置,更具体涉及一种模拟 MMC 多个子模块的等时间常数缩小子模块板。

背景技术

[0002] 目前应用于柔性直流输电的电压源换流器分为两种:一种是基于大功率 IGBT 串联技术的两电平或三电平换流器,一种是采用高压子模块级联技术的模块化多电平电压源换流器(MMC-VSC)。

[0003] 对于后者,其三相换流器由六个桥臂构成,每个桥臂由多个级联高压子模块构成。而每个高压子模块使用电力电容器作为可投入或切除的单个直流电压源(可达 1.2kV),两只大功率 IGBT 串联作为投切开关,电容器的正极连接上管 IGBT 的源极,负极连接下 IGBT 的发射极。下管 IGBT 的源极和发射极分别由端子母排引出,作为模块的输出端子。下管 IGBT 可以与晶闸管和旁路开关并联,以在电流过大时保护 IGBT。

[0004] 可见在电容器电压稳定时,由控制脉冲分别控制上下管 IGBT 的通断,即可控制高压子模块电容投入级联或旁路。多个子模块级联连接构成电压源换流器的桥臂时,根据不同的调制算法,可以调制出多个电平阶梯。尤其当调制波为工频基波且级联模块数较多时,在其一相的上下桥臂中点可调制出接近正弦的单相电压源。而六桥臂即可构成三相电压源换流器。

[0005] 由于这种换流器控制算法较复杂,针对系统不同的运行状态,其换流器的控制和保护策略需要大量的试验进行验证。

[0006] 现有的换流器试验装置主要是全尺寸的高压子模块,只能以较少的数量构成试验桥臂;或是按照某种比例缩小但功率元器件之间仍采用线缆连接的拓扑,整个子模块放置与机柜架中。

[0007] 以上方案由于采用高压分立元件,其电压等级高、体积大,且模块较少,调制出的阶梯波谐波大,波形较差,主要用于模块电气特性和兼容性的验证。

[0008] 即使降低了电压等级,增加了单个桥臂级联的模块数,但由于每个子模块的分立元件之间仍然采用线缆和紧固螺丝连接,元件放置在绝缘板上或固定在机柜之中,体积难以缩小,且接插件的损耗较大。

发明内容

[0009] 本发明提供了一种用于模块化多电平电压源换流器(MMC-VSC)换流阀试验的低压子模块板,该板为 PCB 板,每块板可集成 1 个或多个子模块。其中每个子模块包括数字处理器部分(SMC)、子模块主电路部分、通信与电源电路部分。子模块的主要作用是开关元件 IGBT 控制该模块中电容器的投入和切除,由于多个子模块为级联连接,投入不同数量的模块电容,可以调制出不同的阶梯电压波,从而可形成近似工频正弦波,与交流直流系统进行

能量交换。

[0010] 本发明的一种模拟多电平电压源换流器 MMC 多个子模块的等时间常数缩小子模块板,包括:

[0011] 该多子模块板卡为 PCB 板;

[0012] 一个机箱内可集成 5-20 个子模块板卡,板卡之间的主电路和电源回路通过机箱的背板总线进行连接,结构紧凑,可引出多个检测点;

[0013] 所述每个板卡上集成了 N 个控制电路和主电路都相互独立的按系数缩小的 MMC 子模块,所述 N 为自然数;

[0014] 所述每个 MMC 子模块为级联关系、功能完全独立,每个 MMC 子模块之间通过所述板卡上的 PCB 走线进行连接;

[0015] 每个 MMC 子模块都有各自独立的数字控制芯片、编解码电路、光纤通道、AD 采样电路和子模块主电路,所述主电路包括两个串联的 IGBT、一个电容器、一个旁路开关和晶闸管;

[0016] 所述每个 MMC 子模块主电路的结构为:

[0017] 所述 MMC 子模块的主电路中:两个串联的自带反并联二极管的绝缘栅双极型功率管 IGBT,所述绝缘栅双极型功率管 IGBT 可用低压金氧半场效晶体管 MOSFET 代替,作为可投入可切除的有极性电解电容器,两个串联的 IGBT 中的上 IGBT 的发射极连接下 IGBT 的集电极(是否正确?),并联电容器的正极连接上 IGBT 的集电极,负极连接下 IGBT 的发射极,均压电阻与并联电容并联,所述多个 MMC 子模块同时投入串联回路时,相同阻值的电阻也为串联,起着均衡模块电压的作用;

[0018] 所述子模块与外部电路的连接从下 IGBT 正负极分别引出;

[0019] 所述主电路的上下两个 IGBT 脉冲为互锁关系,电容电压稳定时,如果给上 IGBT 发送开通指令,下 IGBT 则关断,则从外部电路看,子模块电压为电容电压;如果给上 IGBT 发送关断指令,则下 IGBT 导通,从外部电路看,子模块电压为接近于零,于是子模块在串联电路中的电平可任意控制为零或电容电压;

[0020] 还具有子模块电压检测电路,测量的是每个电容的端电压,子模块电压检测电路检测电容电压并传给电路板上多个子模块共用的数字处理器,运行中子模块的电容由 IGBT 控制是否将其串入电路的桥臂;

[0021] 所述主电路中的晶闸管的作用是保护 IGBT;

[0022] 所述旁路开关的作用是当子模块出现故障时,能够将该子模块从大量的串联模块中旁路,同时保持其他模块的电流通路;

[0023] 所述多个子模块共用的数字控制芯片和解码芯片对多个串联子模块的电容电压值进行整理,并将其与各个 IGBT 驱动芯片反馈的状态一起编码后,通过光纤通道送给上层控制系统;光纤通道还负责将上层控制系统确定的各个子模块的 IGBT、晶闸管和旁路开关的开通/闭锁指令送至子模块电路板。

[0024] 其中,该子模块板卡集成了多个级联的低压子模块,每个子模块由小型低压元器件组成,包括数字处理器和上下串联的 IGBT;每个子模块还包括用以保护 IGBT 的晶闸管和旁路开关;将一个或多个级联的独立子模块集成到一块 PCB 板上,以实现紧凑化。

[0025] 其中,该 PCB 板通过电位隔离,将 1 个或多个子模块集成在一块 PCB 板上,各子模

块采用独立、互不通信的数字处理器对子模块的开关元件进行控制,并对各自子模块电容电压和各元件状态进行监控和测量后,与上级控制系统交互。

[0026] 其中,采用一个开关电源为多个子模块板并联供电,但该电源进入不同板卡后,再通过各个子模块板相互隔离的开关电源进行转换,同一子模块板的上下 IGBT 之间也采取相互隔离的电源模块进行供电。

[0027] 其中,所述电源模块是 24V 的开关电源模块,每个电路板上具有多个隔离的电源模块,负责控制芯片、驱动芯片、采样芯片和电路损耗的供电。

[0028] 本发明技术方案的优点是:

[0029] 本发明介绍的子模块板可以满足具有很高级联模块数的 MMC 结构低压试验用换流阀要求,将多个具有独立控制器的子模块集成在一块标准 3U~6U 的 PCB 板卡上;再通过串联不同数目的 PCB 板卡,可搭建不同子模块数的换流阀桥臂;最后所有板卡通过背板插槽连接成一个换流阀桥臂。该结构提高了运行稳定性且降低了连接点损耗,由于板卡上每个子模块均为独立控制和独立并联供电,从而大大提高了可靠性。

[0030] 本发明技术方案的有益效果是:

[0031] 1. 本发明介绍的 MMC 换流器试验用子模块板设计成熟,经过数百小时的运行证明,该结构具有高可靠性和电磁兼容性;

[0032] 2. 本发明介绍的子模块板上的多个子模块各自采用独立的数字控制器,相互干扰小,可独立旁路故障模块,可靠性高;

[0033] 3. 本发明介绍的子模块避免了传统子模块的分立元器件之间连接端子造成的损耗;

[0034] 本发明介绍的多个子模块板之间采用标准机箱背板走线的方式,主电路和电源均采用背板走线,且引出所有测试点,便于调试。

附图说明

[0035] 下面结合附图对本发明进一步说明。

[0036] 图 1 是多个子模块板卡通过机箱背板总线进行级联、形成桥臂的拓扑,且由独立的开关电源板为该桥臂上的多个子模块板卡供电。

[0037] 图 2 是在一个本发明的子模块板构成的完整的 MMC 换流阀中,该子模块板与子模块、与换流阀的关系图。在一块 PCB 板卡上,集成了 1-N 个功能和电路完全相同、各自具有独立数字控制器的子模块。

[0038] 图 3 是多个子模块板卡通过级联形成桥臂,由电源板通过背板总线的电源接口为该桥臂上板卡进行供电的示意图。

[0039] 附图 4 是多个集成子模块板卡通过背板构成子模块机箱的拓扑,各子模块板卡的供电电源由背板总线端子提供,板卡之间的电路连接也通过背板总线端子实现。

附图 5 是机箱背板的设计图。

具体实施方式

[0040] 如附图 1 所示为传统的模块化多电平电压源换流器桥臂子模块连接示意图。子模块主电路采用分立的电容、电阻、IGBT 模块等元器件,安装在结构件或绝缘板上,一般采用

紧固螺丝或插座进行连接。数字元件和检测等弱电部分与主电路有足够的绝缘距离防止控制器被干扰,电压足够高时,子模块控制器与上级阀控制器之间一般采用光纤通信进行隔离。

[0041] 附图 2 为本发明装置的功能示意图,在一块子模块板卡上,集成了多个逻辑上相互独立的子模块,子模块的数量根据板卡的尺寸可以进行调整,如一个 2U 高度的标准 PCB 板可集成约 2 个子模块,6U 板卡可集成 6-8 个子模块。

[0042] 子模块板的特征是在其功能上主要分成三部分:

[0043] 第一是级联子模块主电路部分。每个子模块提供固定电压值的可投入直流电源。当某个子模块上管 IGBT 关断而下管开通时,电容被旁路,该子模块不提供直流电压;当某个子模块下管 IGBT 关断而上管开通时,电容被投入串联桥臂,该子模块提供直流电压。按此结构模块数足够多时,可调制出非常接近正弦的阶梯波。

[0044] 每个子模块的结构如图 2 中板卡的右侧所示,主要构成包括带反并联二极管的 IGBT 模块(可以用小功率 MOSFET 代替)(S1、S2)、储能电容(C)、并联均压电阻(R)、散热器(图中未画出)、低压子模块中可分别用三极管和固态继电器模拟的续流晶闸管(SCR)、旁路开关(K)等。

[0045] 第二部分是检测和控制部分,主要由数字处理器(可能包括单片机、CPLD、FPGA、DSP 等)和电压检测检测、开关器件驱动部分组成。

[0046] 第三部分是通信部分,处理器完成板卡状态的汇总并编码后,可与上级控制器进行信息交互,也可以接受来自上级的信息和指令以对本板进行控制。通信方式包括多种形式。

[0047] 第三部分是供电部分和接口部分,多个板卡以同一个开关电源提供板用电,进入板卡后再以各自独立的开关电源模块隔离,防止串扰。

[0048] 本发明包括的子模块连接方式并不仅包括图 2 所示的形式,只要在物理上属于多个模块于同一板卡上级联且个子模块实用独立的控制和通信电路的结构均属于申请保护范围。

[0049] 如附图 3 所示,其给出多个子模块板卡通过级联形成桥臂,由电源板通过背板总线的电源针脚为该桥臂上的多个子模块板卡进行供电。而子模块电容与交直流系统进行能量交换的电流与供电电源无关,相互独立。

[0050] 如附图 4 和附图 5 所示,其特征是机箱背板的设计。机箱背板总线提供子模块板之间主电路的电流通路、子模块板电源通路、测试信号通道三种功能,总线插槽中这三类端子分别对应着子模块板和电源板上插头中针脚三类功能。

[0051] 此处已经根据特定的示例性实施例对本发明进行了描述。对本领域的技术人员来说在不脱离本发明的范围下进行适当的替换或修改将是显而易见的。示例性的实施例仅仅是例证性的,而不是对本发明的范围的限制,本发明的范围由所附的权利要求定义。

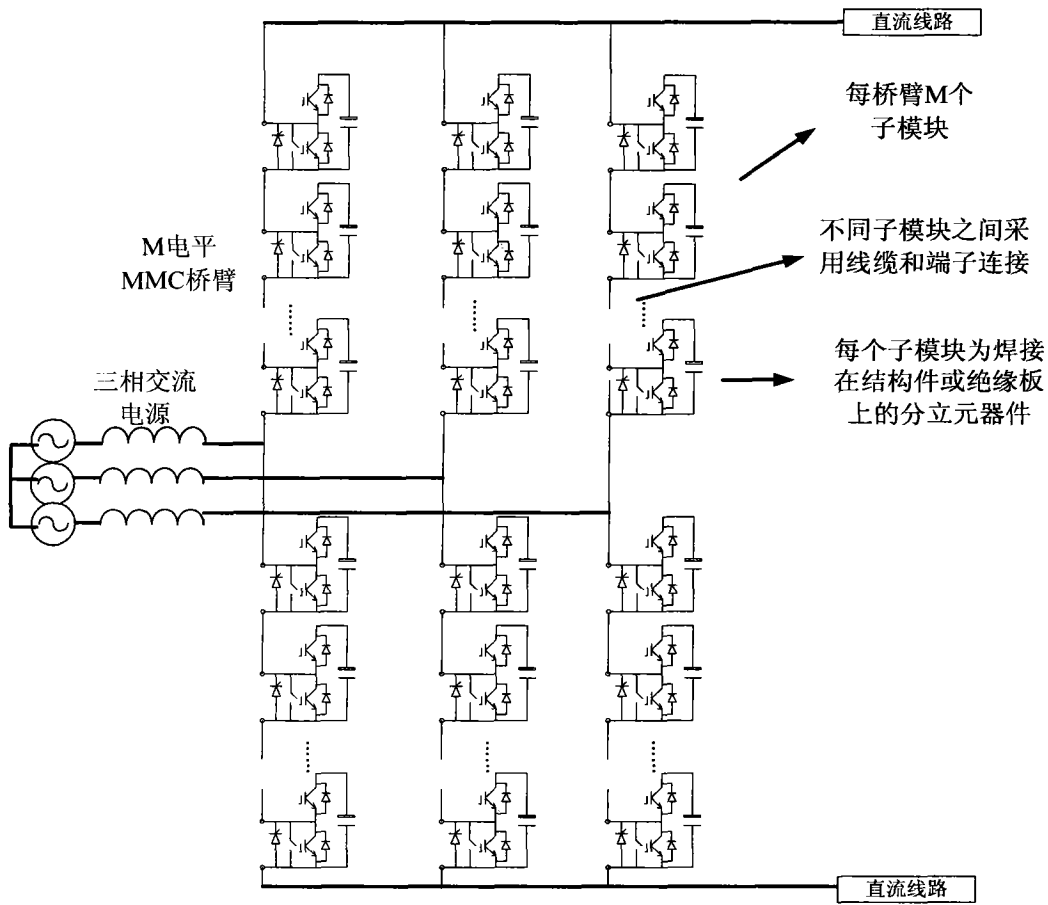


图 1

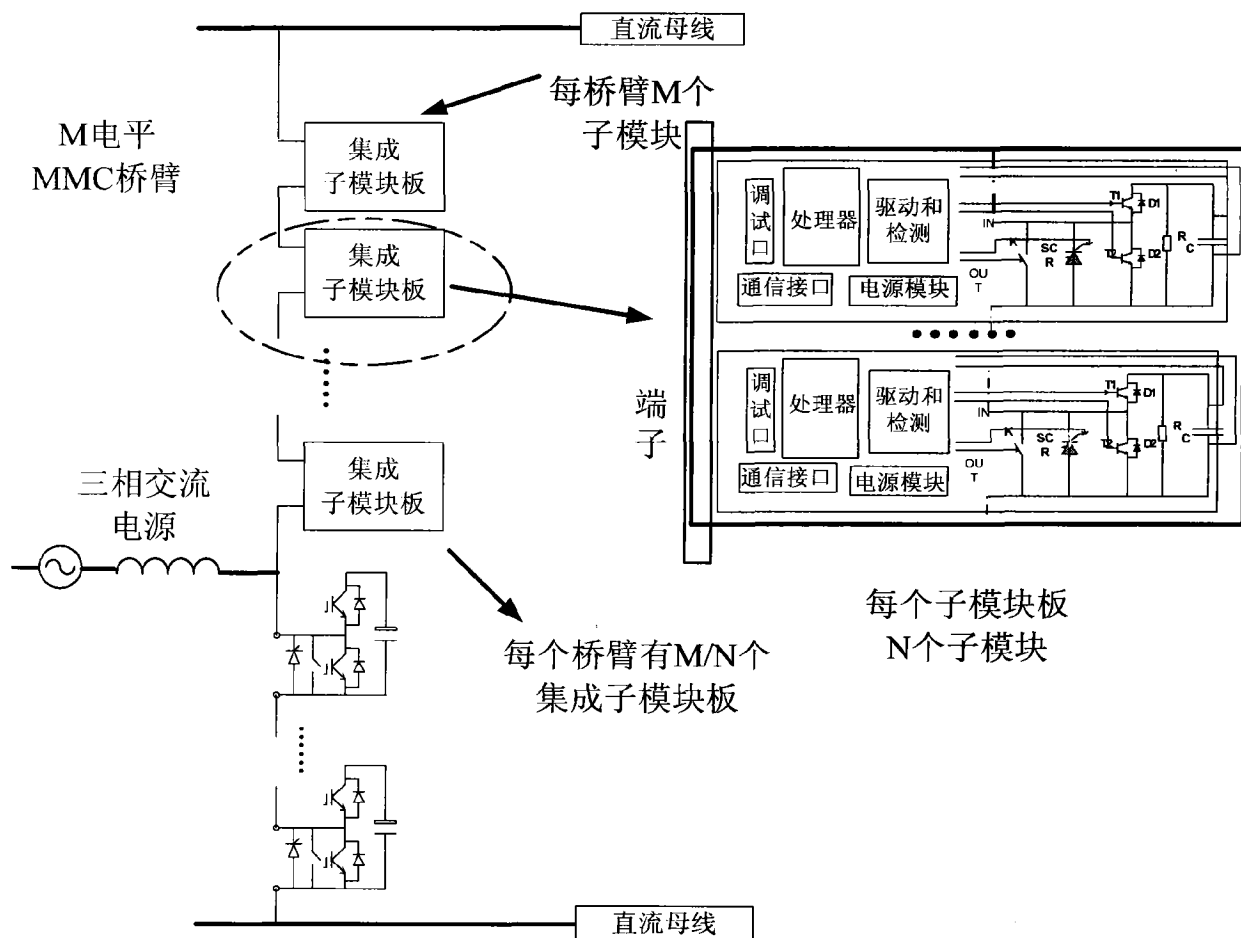


图 2

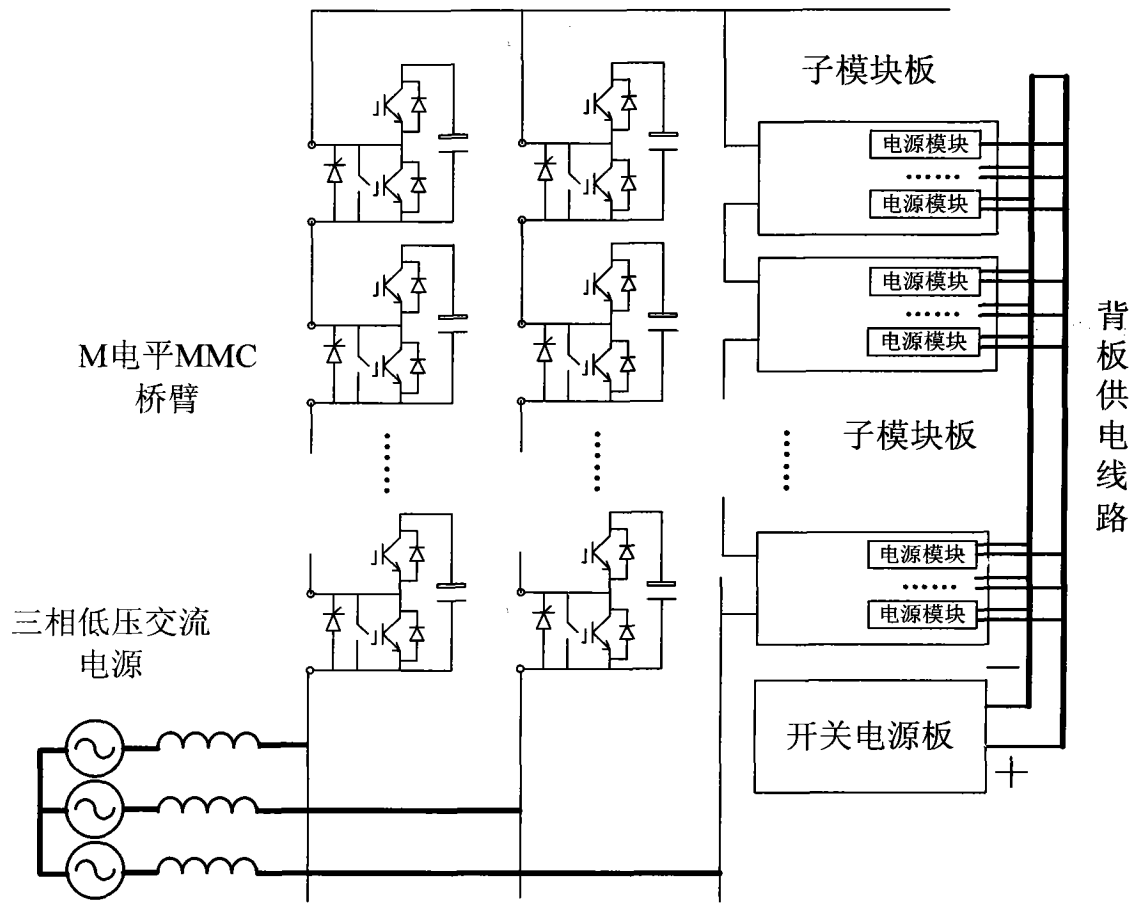


图 3

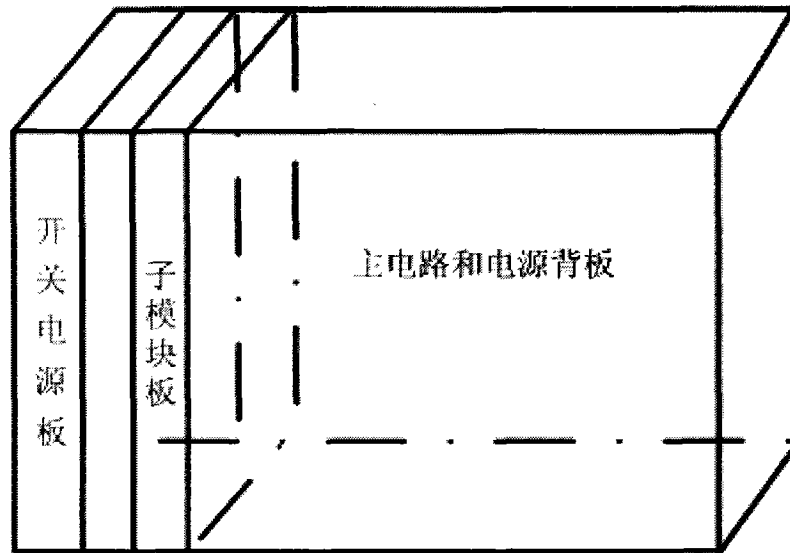


图 4

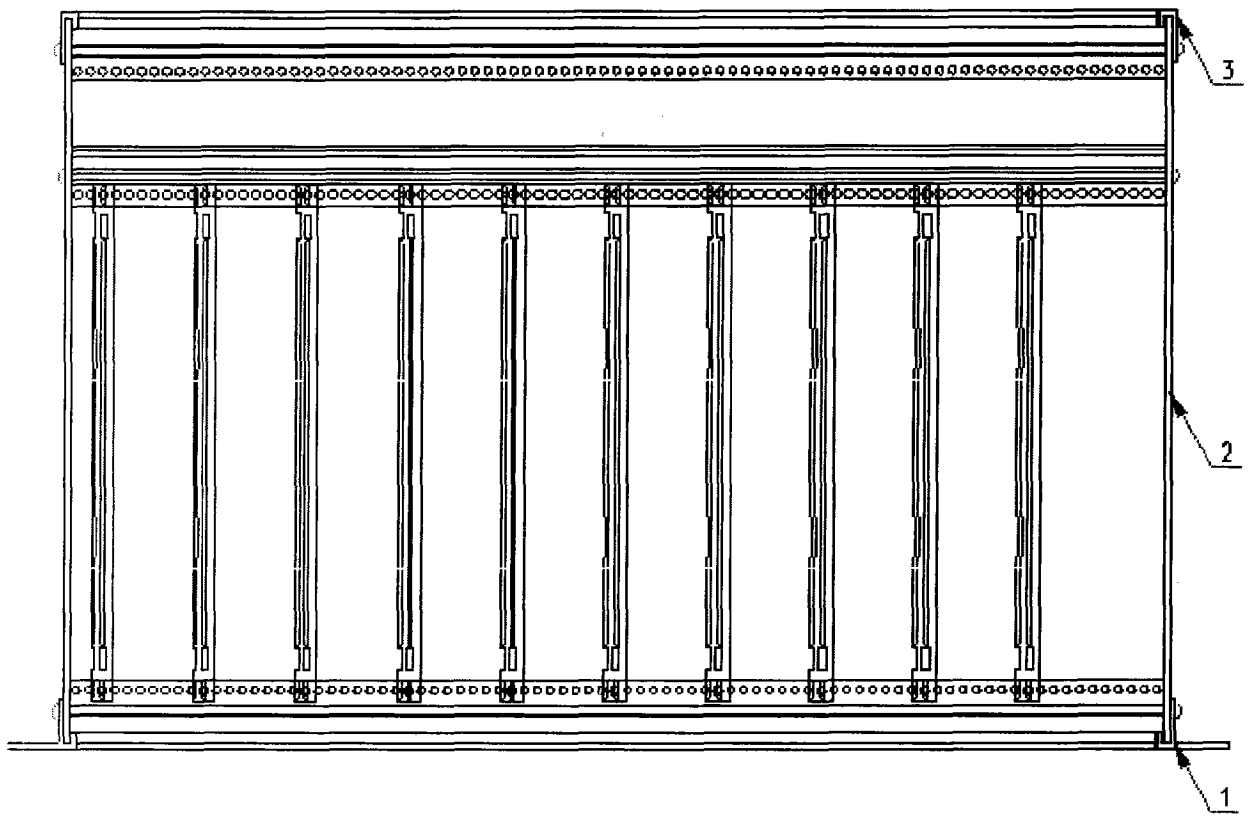


图 5