(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)实用新型专利

(10)授权公告号 CN 211958778 U
(45)授权公告日 2020.11.17

(21)申请号 202020632434.4

(22)申请日 2020.04.24

(73)专利权人 清华大学
地址 100084 北京市海淀区清华园1号
专利权人 清华四川能源互联网研究院

(72)发明人 赵彪 宋强 余占清 屈鲁 曾嵘 李海波 高浪

(74)专利代理机构 北京知联天下知识产权代理事务所(普通合伙) 11594
代理人 张陆军 张迎新

(51)Int.Cl.
H02J 3/36(2006.01)
H02M 5/458(2006.01)
H02M 3/335(2006.01)

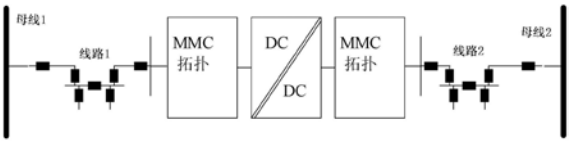
权利要求书1页 说明书5页 附图5页

(54)实用新型名称

一种柔性直流背靠背系统

(57)摘要

本实用新型公开了一种柔性直流背靠背系统，包括第一MMC拓扑、DC-DC变换器模块及第二MMC拓扑，所述DC-DC变换器模块的两端分别与第一MMC拓扑、第二MMC拓扑连接，所述第一MMC拓扑和第二MMC拓扑均为具有故障自清除能力的高纹波MMC拓扑。本实用新型所述的柔性直流背靠背系统取消了联结变压器，采用直流变压器实现--电气隔离，可以大幅减小系统重量和体积。同时，本实用新型可以实现交直流故障在us级切断，和传统的柔性直流背靠背系统在ms级切断故障点相比，反应速度更快，系统可靠性更高。



CN 211958778 U

1.一种柔性直流背靠背系统,其特征在于,包括第一MMC拓扑、DC-DC变换器模块及第二MMC拓扑,

所述DC-DC变换器模块的两端分别与所述第一MMC拓扑、第二MMC拓扑连接,

所述第一MMC拓扑和第二MMC拓扑均为具有故障自清除能力的高纹波MMC拓扑。

2.根据权利要求1所述的柔性直流背靠背系统,其特征在于,所述DC-DC变换器模块包括至少一个双有源全桥DC-DC变换器。

3.根据权利要求2所述的柔性直流背靠背系统,其特征在于,所述DC-DC变换器模块包括多个所述双有源全桥DC-DC变换器,

多个所述双有源全桥DC-DC变换器之间输入串联且输出串联。

4.根据权利要求1所述的柔性直流背靠背系统,其特征在于,所述DC-DC变换器模块采用中频隔离的方式,开关频率在1kHz以内。

5.根据权利要求1所述的柔性直流背靠背系统,其特征在于,所述高纹波MMC拓扑包括多个MMC桥臂,

每个所述MMC桥臂包括上桥臂和下桥臂,

所述上桥臂和所述下桥臂均包括多个依次串联的MMC子模块。

6.根据权利要求5所述的柔性直流背靠背系统,其特征在于,所述MMC子模块采用全桥和半桥的混合拓扑、箝位双子模块拓扑或者交叉箝位子模块拓扑。

7.根据权利要求1所述的柔性直流背靠背系统,其特征在于,所述高纹波MMC拓扑的电容纹波大于10%。

一种柔性直流背靠背系统

技术领域

[0001] 本实用新型属于电力技术领域，特别涉及一种柔性直流背靠背系统及其运行方法。

背景技术

[0002] 背靠背直流输电系统是输电线路长度为零的直流输电系统。这种类型的直流输电主要用于两个非同步运行(不同频率或相同频率但非同步)的交流电力系统之间的联网或送电，也称为非同步联络站。背靠背直流输电的整流站设备和逆变站设备通常装在一个换流站内，也称为背靠背换流站。在背靠背换流站内，整流器和逆变器的直流侧通过平波电抗器相连，构成直流侧的闭环回路；而其交流侧则分别与联接电网的连接点相连，从而形成两个电力系统的非同步联网，被联电网之间交换功率的大小和方向均由控制系统快速方便地进行控制。

[0003] 请参照图1，目前，传统的柔性直流背靠背系统两端交流侧均通过工频隔离的联结变压器接入交直流系统，由于连接变压器的接入，柔性直流背靠背系统存在重量和体积过大，造成成本较高的缺点。同时，传统的柔性背靠背系统还存在发生故障时，切断故障点速度慢，可靠性差的缺点。

[0004] 因此，如何解决传统的柔性直流背靠背系统可靠性差，重量和体积都过大，成本高是本领域亟需解决的问题。

实用新型内容

[0005] 针对上述问题，本实用新型提供了一种柔性直流背靠背系统及其运行方法。

[0006] 一种柔性直流背靠背系统，包括第一MMC拓扑、DC-DC变换器模块及第二MMC拓扑，

[0007] 所述DC-DC变换器模块的两端分别与第一MMC拓扑、第二MMC拓扑连接，

[0008] 所述第一MMC拓扑和第二MMC拓扑均为具有故障自清除能力的高纹波 MMC拓扑。

[0009] 优选的，所述DC-DC变换器模块包括至少一个双有源全桥DC-DC变换器。

[0010] 优选的，所述DC-DC变换器模块包括多个所述双有源全桥DC-DC变换器，

[0011] 多个所述双有源全桥DC-DC变换器之间输入串联输出串联。

[0012] 优选的，所述DC-DC变换器模块采用中频隔离的方式，开关频率在1kHz 以内。

[0013] 优选的，所述的具有故障自清除能力的高纹波MMC拓扑包括多个MMC 桥臂，

[0014] 每个所述MMC桥臂包括上桥臂和下桥臂，

[0015] 所述上桥臂和所述下桥臂均包括多个依次串联的MMC子模块。

[0016] 优选的，所述MMC子模块采用全桥和半桥的混合拓扑、箝位双子模块拓扑或者交叉箝位子模块拓扑。

[0017] 优选的，所述具有故障自清除能力的高纹波MMC拓扑的电容纹波大于 10％。

[0018] 本实用新型所述的柔性直流背靠背系统取消了联结变压器，采用直流变压器实现--电气隔离，可以大幅减小系统重量和体积。同时，本实用新型可以实现交直流故障在us

级切断，和传统的柔性直流背靠背系统在ms级切断故障点相比，反应速度更快，系统可靠性更高。

[0019] 本实用新型的其它特征和优点将在随后的说明书中阐述，并且，部分地从说明书中变得显而易见，或者通过实施本实用新型而了解。本实用新型的目的和其他优点可通过在说明书、权利要求书以及附图中所指出的结构来实现和获得。

附图说明

[0020] 为了更清楚地说明本实用新型实施例或现有技术中的技术方案，下面将对实施例或现有技术描述中所需要使用的附图作一简单地介绍，显而易见地，下面描述中的附图是本实用新型的一些实施例，对于本领域普通技术人员来讲，在不付出创造性劳动的前提下，还可以根据这些附图获得其他的附图。

[0021] 图1示出了根据现有技术的柔性直流背靠背系统的结构；

[0022] 图2示出了根据本实用新型实施例的柔性直流背靠背系统的结构；

[0023] 图3示出了根据本实用新型实施例的柔性直流背靠背系统的拓扑结构；

[0024] 图4示出了所述MMC子模块的第一种拓扑结构；

[0025] 图5示出了所述MMC子模块的第二种拓扑结构；

[0026] 图6示出了所述MMC子模块的第三种拓扑结构；

[0027] 图7示出了所述双有源全桥DC-DC变换器的拓扑结构。

具体实施方式

[0028] 为使本实用新型实施例的目的、技术方案和优点更加清楚，下面将结合本实用新型实施例中的附图，对本实用新型实施例中的技术方案进行清楚、完整地说明，显然，所描述的实施例是本实用新型一部分实施例，而不是全部的实施例。基于本实用新型中的实施例，本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例，都属于本实用新型保护的范围。

[0029] 请参考图2，本实用新型公开了一种柔性直流背靠背系统，所述柔性直流背靠背系统包括第一MMC拓扑、DC-DC变换器模块及第二MMC拓扑，所述 DC-DC变换器模块的两端分别与第一MMC拓扑、第二MMC拓扑连接，所述第一MMC拓扑和第二MMC拓扑均为具有故障自清除能力的高纹波MMC拓扑。所述MMC是指模块化多电平换流器。本实施例所述的柔性直流背靠背系统具有对称的电路结构，可以实现双向的功率传输，同时可以引出直流端口，适用于高压大容量的场合。

[0030] 本实施例所述的第一MMC拓扑及第二MMC拓扑还分别通过线路1与线路2与母线连接。其中，与第一MMC拓扑连接的母线被命名为第一母线即母线1，与所述第二MMC拓扑连接的母线被命名为第二母线即母线2。其中，所述第一MMC拓扑用于实现第一母线的交流电与所述DC-DC变换器模块的直流电相互转化，所述述第二MMC拓扑用于实现第二母线的交流电与所述 DC-DC变换器模块的直流电相互转化。所述DC-DC变换器模块，用于实现所述第一MMC拓扑和第二MMC拓扑之间的电压转化，控制两端交流变电站的功率交换，可以保证负荷均分，提升供电效率和设备利用率。

[0031] 本实施例所述的柔性直流背靠背系统，和传统的柔性直流背靠背系统相比，取消

了联结变压器，采用直流变压器实现电气隔离，可以大幅减小系统重量和降低成本。同时，本实施例所述柔性直流背靠背系统中的第一 MMC拓扑和第二MMC拓扑均为具有故障自清除能力的高纹波MMC拓扑，在直流侧或者交流侧发生故障后，开关管可以迅速闭锁，从而快速切除故障点。本实施例所述的柔性直流背靠背系统可以实现交直流故障在us级切断，和传统的柔性直流背靠背系统在ms级切断故障点相比，反应速度更快，系统可靠性更高。

[0032] 具体的，所述DC-DC变换器模块采用中频隔离的方式，开关频率在1kHz 以内。采用基于中频隔离的DC-DC变换器模块，大幅减小直流变压器的模块数量，在保证高压大容量应用的同时，降低系统重量、体积和成本，降低电力电子变压器的体积和重量。

[0033] 请参照图3，本实施例所述的所述DC-DC变换器模块包括至少一个双有源全桥DC-DC变换器。其中，所述DC-DC变换器模块还可以包括多个所述双有源全桥DC-DC变换器，多个所述双有源全桥DC-DC变换器之间输入串联输出串联。

[0034] 本实施例所述的具有故障自清除能力的高纹波MMC拓扑包括多个MMC 桥臂。本实施例示例性的给出了所述第一MMC拓扑和第二MMC拓扑均由3 个MMC桥臂构成。每个所述MMC桥臂包括上桥臂和下桥臂，所述上桥臂和所述下桥臂均包括多个依次串联的MMC子模块SM。本实施例所述的MMC拓扑可以工作在控直流电压模式、控交流电压模式和控功率模式。其中，所述具有故障自清除能力的高纹波MMC拓扑的电容纹波大于10％，可以减小 MMC子模块SM的电容用量。

[0035] 请参照图4，图4示例性的给出了所述MMC子模块SM的第一种拓扑结构，所述MMC子模块SM采用全桥和半桥的混合拓扑。

[0036] 其中，所述半桥子模块由开关管S9、S10，二极管D9、D10及电容Cd 构成。所述开关管S9与所述二极管D9反向并联，所述开关管S10与所述二极管D10反向并联，所述开关管S9与S10串联，再与所述电容Cd并联，构成所述半桥子模块。所述开关管S9与S10串联的连接点与所述电容Cd 的一个端点作为半桥子模块的输入输出端。

[0037] 所述全桥子模块由开关管S11、S12、S13、S14，二极管D11、D12、D13、 D14及电容Cd构成。所述开关管S11与所述二极管D11反向并联，所述开关管S12与所述二极管D12反向并联，所述开关管S13与所述二极管D13 反向并联，所述开关管S14与所述二极管D14反向并联。所述开关管S11 与S12串联、所述开关管S13与S14串联，构成两个半桥，两个半桥与所述电容Cd并联，构成所述全桥子模块。所述开关管S11与S12串联的连接点和所述开关管S13与S14串联的连接点作为全桥子模块的输入输出端。

[0038] 请参照图5，图5示例性的给出了所述MMC子模块SM的第二种拓扑结构，所述MMC子模块SM采用箝位双子模块拓扑。

[0039] 其中，所述箝位双子模块拓扑包括开关管S15、S16、S17、S18、S19，电容Cd1、Cd2及附加二极管D1和D2，所述开关管S15、S16、S17、S18、 S19分别反向串联一个二极管。

[0040] 所述开关管S15与S16串联，然后与电容Cd1并联。开关管S15、S16 与电容Cd1作为一个整体，与二极管D1串联，构成第一分支。具体的，所述电容Cd1的第二端与所述二极管D1的阳极连接。

[0041] 所述开关管S17与S18串联，然后与电容Cd2并联。所述开关管S17、 S18与电容Cd2作为一个整体，与二极管D2串联，构成第二分支。具体的，所述电容Cd2的第一端与二极管D2的阴极相连。

[0042] 所述第一分支、第二分支与所述开关管S19三者并联。具体的，所述电容Cd1的第一端与所述开关管S19的第一极、所述二极管D2的阳极相连，所述二极管D1的阴极与开关管S19的第二极、电容Cd2的第二端相连。

[0043] 所述开关管S15与S16串联的连接点与开关管S17与S18串联的连接点作为箝位双子模块拓扑的输入输出端。

[0044] 请参照图6，图6示例性的给出了所述MMC子模块SM的第三种拓扑结构，所述MMC子模块SM采用交叉箝位子模块拓扑。

[0045] 其中，所述交叉箝位子模块拓扑包括开关管S20、S21、S22及S23，二级管D15、D16，集成门极换流晶闸管(IGCT)S24和电容Cd3、Cd4，所述开关管S20、S21、S22及S23分别反向串联一个二极管。

[0046] 其中，所述开关管S20和S21串联，然后与所述电容Cd3并联，所述开关管S22和所述开关管S23串联，然后与所述电容Cd4并联。

[0047] 所述二极管D15的第一极与所述电容Cd3的第一端、二极管D16的第一极连接，所述二极管D15的第二极与所述电容Cd3的第二端连接。

[0048] 所述二极管D16的第一极还与所述IGCT S24的第二极、电容Cd4的第一端连接，所述二极管D16的第二极与所述IGCT S24的第一极、电容Cd4 的第二端连接。

[0049] 所述开关管S20与S21串联的连接点与开关管S22与S23串联的连接点作为交叉箝位子模块拓扑的输入输出端。

[0050] 请参照图7，图7示例性的给出了所述双有源全桥DC-DC变换器的一种拓扑结构，所述双有源全桥DC-DC变换器包括输入侧全桥电路、变压器和输出侧全桥电路，所述变压器连接所述输入侧全桥电路和所述输出侧全桥电路，所述输入侧全桥电路与所述变压器之间还串联了电感L。本实施例所述的双有源全桥DC-DC变换器可以工作在控直流电压模式和控功率模式。

[0051] 所述输入侧全桥电路包括四个开关管S1、S2、S3、S4，所述开关管S1、 S2、S3、S4分别反向并联二极管；所述第一开关管S1与所述第二开关管 S2串联，构成第一半桥电路；所述第四开关管S4和所述第三开关管S3串联，构成第二半桥电路；所述第一半桥电路与第二半桥电路并联，构成输入侧全桥电路。具体的，输入侧全桥电路还包括第一电容C1，所述第一电容C1与所述第一半桥电路、第二半桥电路并联。

[0052] 其中，从所述第一半桥电路、第二半桥电路的两个连接点引出所述输入侧全桥电路的输入端，所述输入侧全桥电路的输入端与所述第一MMC拓扑连接。从所述第一开关管S1与所述第二开关管S2的连接点及所述第四开关管S4和所述第三开关管S3的连接点引出所述输入侧全桥电路的输出端。所述输入侧全桥电路的输出端与变压器的原边连接。

[0053] 所述输出侧全桥电路包括四个开关管S5、S6、S7及S8，所述四个开关管S5、S6、S7及S8分别反向并联二极管。所述第五开关管S5与所述第六开关管S6串联，构成第三半桥电路；所述第八开关管S8与所述第七开关管S7串联，构成第四半桥电路；所述第三半桥电路与所述第四半桥电路并联，构成输出侧全桥电路。具体的，所述输出侧全桥电路还包括第二电容C2，所述第二电容C2与所述第三半桥电路、第四半桥电路并联。

[0054] 其中，从所述第三半桥电路、第四半桥电路的两个连接点引出所述输出侧全桥电路的输出端，所述输出侧全桥电路的输出端与所述第二MMC拓扑连接。

[0055] 从所述第五开关管S5与所述第六开关管S6的连接点及所述第八开关管S8和所述第七开关管S7的连接点引出所述输出侧全桥电路的输入端。所述输出侧全桥电路的输入端与变压器的副边连接。

[0056] 本实施例还给上述柔性直流背靠背系统的运行方法，本实施例所述的 MMC拓扑可以工作在控直流电压模式、控交流电压模式和控功率模式；DC-DC 变换器模块可以工作在控直流电压模式和控功率模式，所述运行方法包括：

[0057] 背靠背模式，所述第一MMC拓扑及第二MMC拓扑均工作在控直流电压模式，所述DC-DC变换器模块控制第一MMC拓扑连接的变电站与第二MMC 拓扑连接的变电站之间的功率交换；

[0058] 不间断供电模式，第二MMC拓扑工作在控直流电压模式，所述DC-DC 变换器模块工作在直流电压模式控制第一MMC拓扑侧直流电压，第一MMC 拓扑工作在控交流电压模式、给与第一MMC拓扑连接的交流母线馈线上的负荷供电；

[0059] STATCOM模式，所述第一MMC拓扑与所述第二MMC拓扑均独立工作在 STATCOM运行模式。

[0060] 其中，所述STATCOM模式还包括：

[0061] 所述第一MMC拓扑闭锁，所述第二MMC拓扑工作在STATCOM运行模式。

[0062] 本实施例所述柔性直流背靠背系统的运行方法具有多种运行模式，包括背靠背模式，不间断供电模式，即UPS供电模式以及STATCOM模式，对于交流系统而言具有良好的冗余性能，可以有效地提高交流系统的可靠性。

[0063] 尽管参照前述实施例对本实用新型进行了详细的说明，本领域的普通技术人员应当理解：其依然可以对前述各实施例所记载的技术方案进行修改，或者对其中部分技术特征进行等同替换；而这些修改或者替换，并不使相应技术方案的本质脱离本实用新型各实施例技术方案的精神和范围。

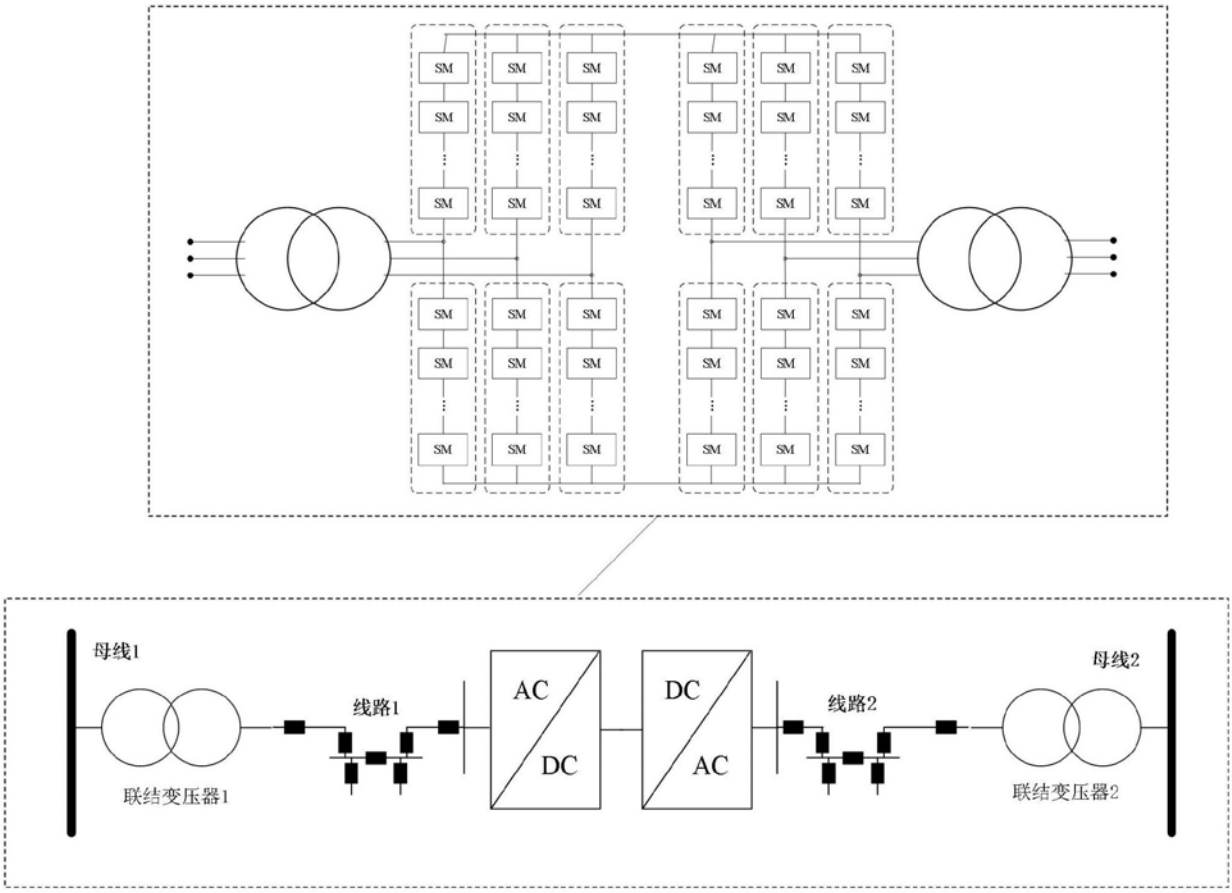

SM
母线1
线路1
AC
DC
DC
AC
线路2
母线2
联结变压器1
联结变压器2

图1

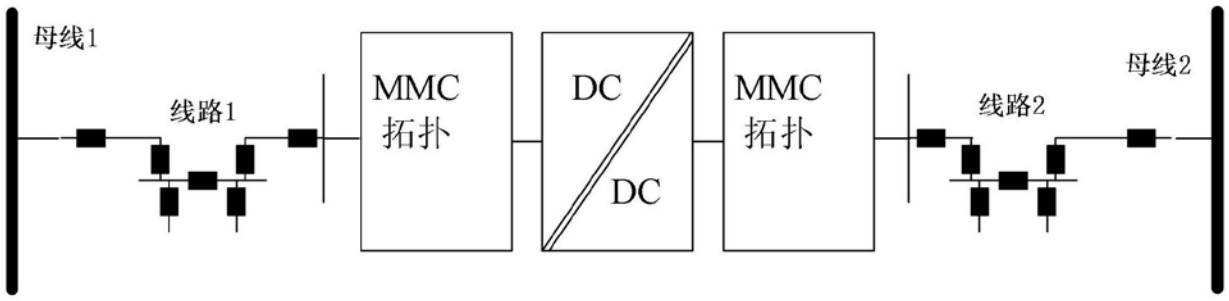

母线1
线路1
MMC
拓扑
DC
DC
MMC
拓扑
线路2
母线2

图2

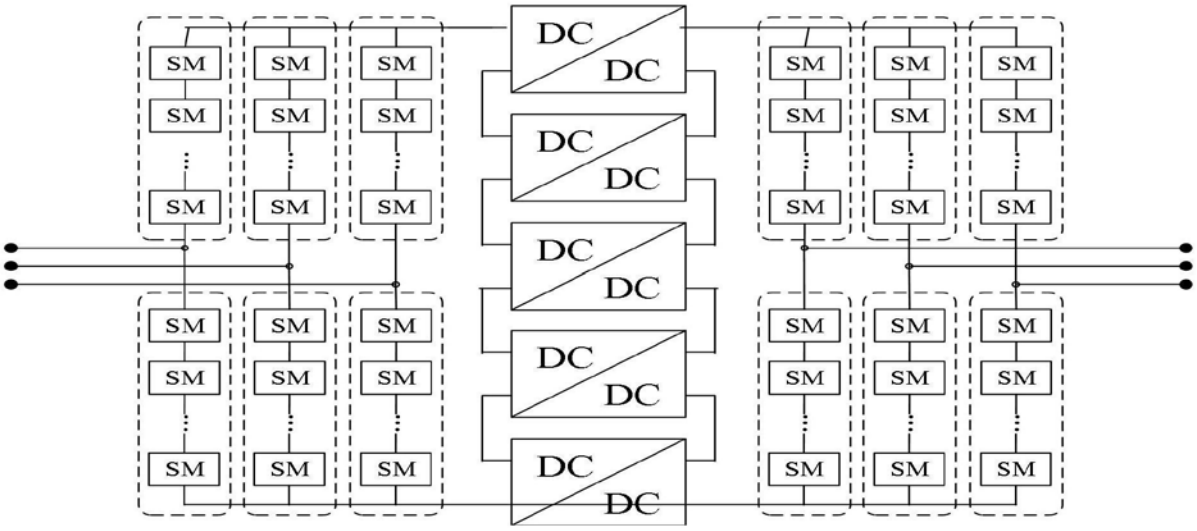


图3

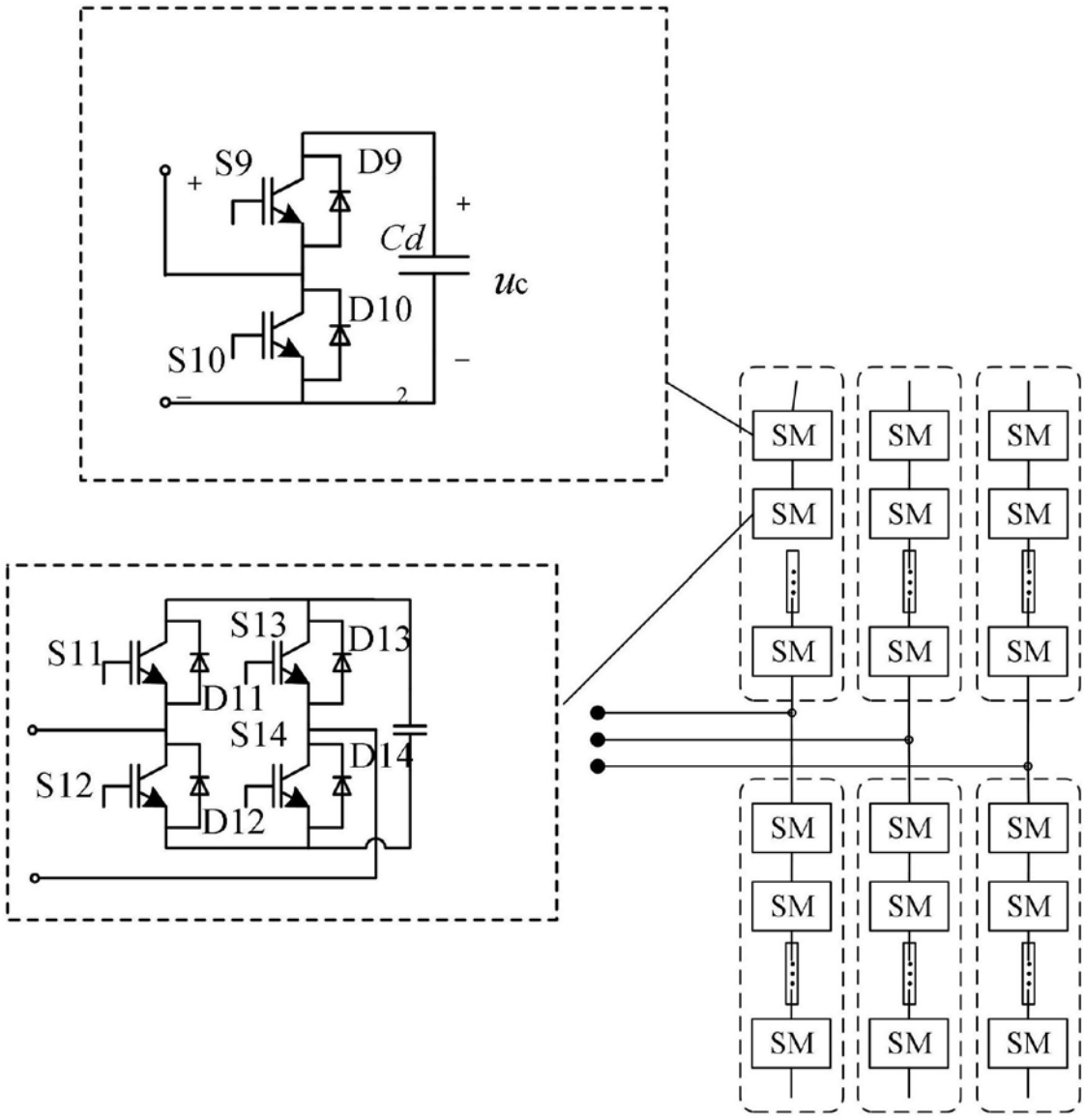


图4

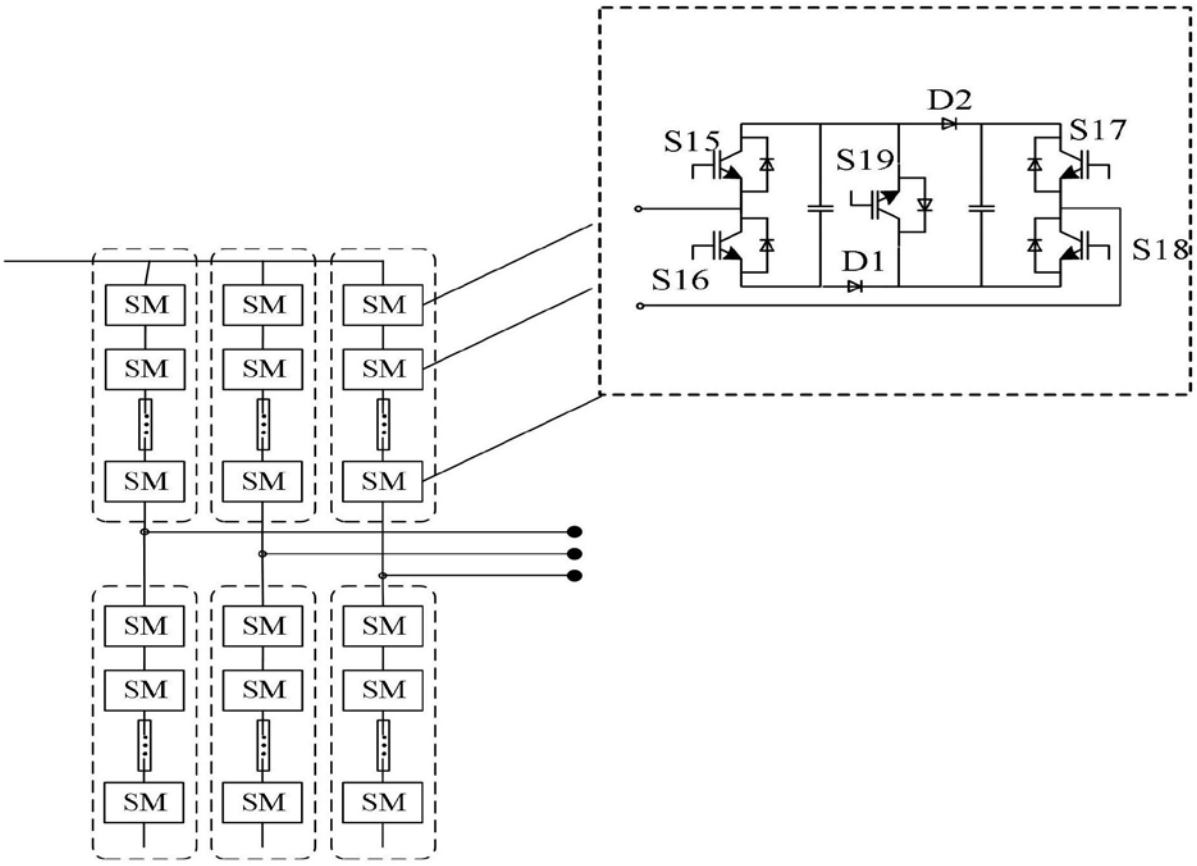


图5

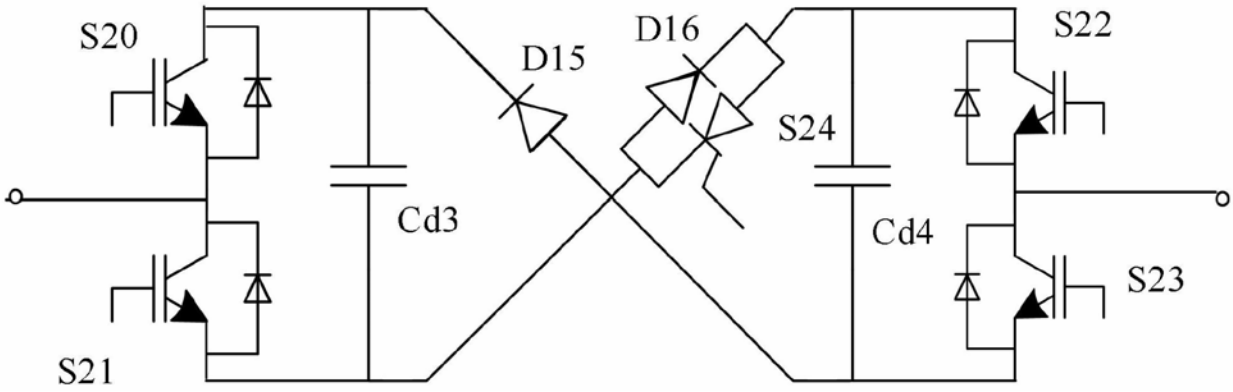


图6

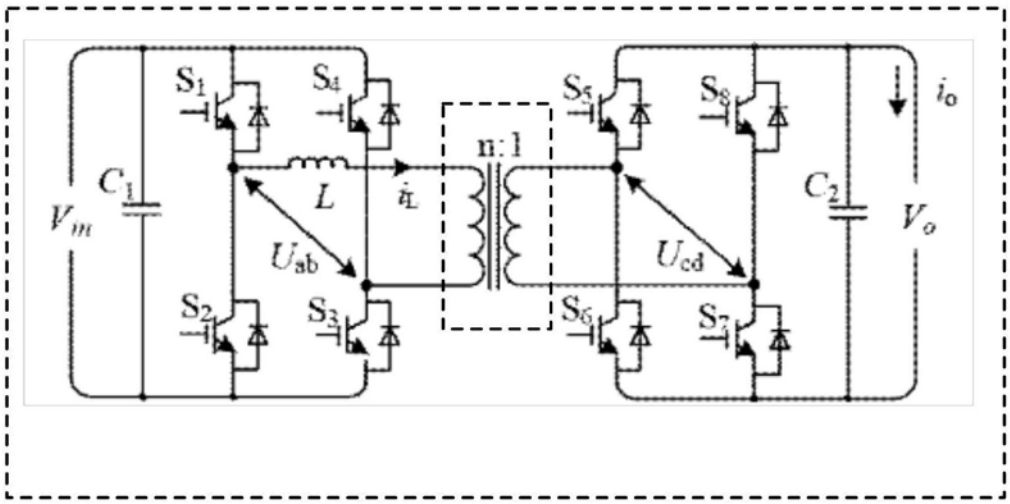


图7