



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 112930644 A

(43) 申请公布日 2021.06.08

(21) 申请号 201980069067.1

(51) Int.Cl.

(22) 申请日 2019.06.28

H02M 1/42 (2007.01)

(85) PCT国际申请进入国家阶段日
2021.04.19

H02M 1/00 (2007.01)

H02M 1/10 (2006.01)

(86) PCT国际申请的申请数据
PCT/US2019/039868 2019.06.28

H02M 3/335 (2006.01)

H02M 3/337 (2006.01)

H02M 1/12 (2006.01)

(87) PCT国际申请的公布数据
W02020/101755 EN 2020.05.22

(71) 申请人 华为技术有限公司
地址 518129 广东省深圳市龙岗区坂田华为总部办公楼

(72) 发明人 傅电波 戴和平

(74) 专利代理机构 深圳市深佳知识产权代理事务所(普通合伙) 44285

代理人 常忠良

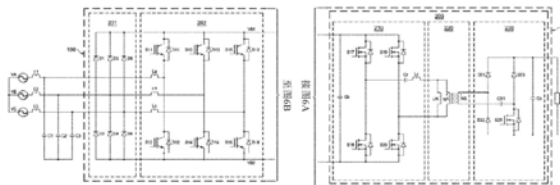
权利要求书3页 说明书11页 附图12页

(54) 发明名称

具有用于大功率的二极管整流器和作为功率因数校正的有源桥的混合馈电设备

(57) 摘要

电力转换系统包括第一整流器和第二整流器。第一整流器被配置成在第一操作频率下操作。第一整流器被配置成与三相电源连接。第一电力量从三相电源流经第一整流器。第二整流器被配置成在第二操作频率下操作。第二整流器被配置成与第一整流器并联连接,并且第二电力量从三相电源流经第二整流器。第二操作频率高于第一操作频率,并且第二电力量是第一电力量的一部分。



1. 一种系统,包括:

第一整流器,其耦接至三相电源并且被配置成在第一操作频率下操作,第一电力量从所述三相电源流经所述第一整流器;以及

第二整流器,其耦接至所述三相电源并且被配置成在高于所述第一操作频率的第二操作频率下操作,第二电力量从所述三相电源流经所述第二整流器,所述第二电力量是所述第一电力量的一部分。

2. 根据权利要求1所述的系统,其中,所述第一整流器是三相二极管整流器,并且所述第二整流器是三相功率因数校正转换器。

3. 根据权利要求1至2中任一项所述的系统,其中,所述三相功率因数校正转换器是三角电流模式功率因数校正转换器,所述三角电流模式功率因数校正转换器包括:

第一电感器,其连接在所述三相电源的第一相与第一开关支路之间;

第二电感器,其连接在所述三相电源的第二相与第二开关支路之间;以及

第三电感器,其连接在所述三相电源的第三相与第三开关支路之间,并且其中,所述第一开关支路、所述第二开关支路和所述第三开关支路连接在所述三相二极管整流器的第一输出端子与所述三相二极管整流器的第二输出端子之间。

4. 根据权利要求3所述的系统,其中,所述第一电感器、所述第二电感器和所述第三电感器彼此磁耦合。

5. 根据权利要求1至4中任一项所述的系统,还包括:

电磁干扰(EMI)滤波器,其连接在所述三相电源与所述三相二极管整流器之间。

6. 根据权利要求2至5中任一项所述的系统,还包括:

隔离式电力转换器,其连接至所述三相二极管整流器的输出端子,其中,所述隔离式电力转换器包括初级网络、变压器和次级网络,并且其中,所述初级网络是全桥电感器-电感器-电容器(LLC)转换器。

7. 根据权利要求6所述的系统,其中,所述次级网络包括:

第一二极管和第二二极管,所述第一二极管和所述第二二极管彼此串联连接,所述第一二极管和所述第二二极管的公共节点连接至所述变压器的次级绕组的第一端子;以及

第三二极管和第五开关,所述第三二极管和所述第五开关彼此串联连接,所述第三二极管和所述第五开关的公共节点通过次级电容器连接至所述变压器的所述次级绕组的第二端子,其中,通过将所述第五开关固定为常开状态,所述次级网络被配置为倍压器。

8. 根据权利要求6所述的系统,其中,所述次级网络包括:

第一开关和第二开关,所述第一开关和所述第二开关彼此串联连接,所述第一开关和所述第二开关的公共节点连接至所述变压器的次级绕组的第一端子;以及

第三开关和第四开关,所述第三开关和所述第四开关彼此串联连接,所述第三开关和所述第四开关的公共节点通过次级电容器连接至所述变压器的所述次级绕组的第二端子,其中,通过将所述第四开关固定为常开状态,所述次级网络被配置为倍压器。

9. 根据权利要求6所述的系统,其中,所述次级网络包括:

第一次级整流器,包括:

第一二极管和第二二极管,所述第一二极管和所述第二二极管彼此串联连接,所述第一二极管和所述第二二极管的公共节点连接至所述变压器的第一次级绕组的第一端子;以

及

第三二极管和第五开关,所述第三二极管和所述第五开关彼此串联连接,所述第三二极管和所述第五开关的公共节点通过第一次级电容器连接至所述变压器的所述第一次级绕组的第二端子;以及

第二次级整流器,包括:

第一开关和第二开关,所述第一开关和所述第二开关彼此串联连接,所述第一开关和所述第二开关的公共节点连接至所述变压器的第二次级绕组的第一端子;以及

第三开关和第四开关,所述第三开关和所述第四开关彼此串联连接,所述第三开关和所述第四开关的公共节点通过第二次级电容器连接至所述变压器的所述第二次级绕组的第二端子。

10. 根据权利要求1至6及9中任一项所述的系统,其中,通过将所述第四开关和所述第五开关两者固定为常开状态,所述第一次级整流器和所述第二次级整流器分别被配置为第一倍压器和第二倍压器。

11. 根据权利要求1至10中任一项所述的系统,其中,所述第二整流器由六个绝缘栅双极晶体管(IGBT)器件形成。

12. 一种方法,包括:

将第一电力量从交流(AC)电源通过第一电力转换装置传输至直流(DC)负载,所述第一电力转换装置被配置成在第一操作频率下操作;以及

将第二电力量从所述AC电源通过第二电力转换装置传输至所述DC负载,所述第二电力转换装置被配置成在高于所述第一操作频率的第二操作频率下操作,所述第二电力量是所述第一电力量的一部分。

13. 根据权利要求12所述的方法,还包括:

检测施加至隔离式电力转换器的输入电压,所述隔离式电力转换器连接至所述第一电力转换装置的输出和所述第二电力转换装置的输出;以及

如果施加至所述隔离式电力转换器的输入电压低于预定阈值,则将所述隔离式电力转换器的次级整流器的开关配置为常开开关以将所述次级整流器配置为倍压器。

14. 根据权利要求12至13中任一项所述的方法,其中,所述隔离式电力转换器包括彼此级联连接的初级网络、变压器和次级整流器,并且其中,所述初级网络是全桥电感器-电感器-电容器(LLC)转换器,并且所述次级整流器包括:

第一二极管和第二二极管,所述第一二极管和所述第二二极管彼此串联连接,所述第一二极管和所述第二二极管的公共节点连接至所述变压器的次级绕组的第一端子;以及

第三二极管和所述开关,所述第三二极管和所述开关彼此串联连接,所述第三二极管和所述开关的公共节点通过次级电容器连接至所述变压器的所述次级绕组的第二端子。

15. 根据权利要求12至14中任一项所述的方法,还包括:

将所述第二电力转换装置配置成以三角电流模式操作以实现单位功率因数。

16. 根据权利要求12至15中任一项所述的方法,其中,所述第一电力转换装置是三相二极管整流器,并且所述第二电力转换装置是三相功率因数校正装置。

17. 一种系统,包括:

第一电力转换装置,其连接在三相电源与DC电压母线之间并且被配置成在第一操作频

率下操作,第一电力量从所述三相电源通过所述第一电力转换装置流向所述DC电压母线;

第二电力转换装置,其连接在所述三相电源与所述DC电压母线之间并且被配置成在高于所述第一操作频率的第二操作频率下操作,第二电力量从所述三相电源通过所述第二电力转换装置流向所述DC电压母线,所述第二电力量是所述第一电力量的一部分;以及

隔离式电力转换器,其连接至所述DC电压母线。

18. 根据权利要求17所述的系统,其中,所述第一电力转换装置是三相二极管整流器,并且所述第二电力转换装置是三相功率因数校正转换器。

19. 根据权利要求17至18中任一项所述的系统,其中,所述隔离式电力转换器是包括彼此级联连接的初级网络、变压器和次级网络的电感器-电感器-电容器(LLC)电力转换器。

20. 根据权利要求17至19中任一项所述的系统,其中,所述次级网络包括第一次级整流器和第二次级整流器,所述第一次级整流器的输出和所述第二次级整流器的输出并联连接,并且其中:

所述第一次级整流器包括:

第一二极管和第二二极管,所述第一二极管和所述第二二极管彼此串联连接,所述第一二极管和所述第二二极管的公共节点连接至所述变压器的第一次级绕组的第一端子;以及

第三二极管和第五开关,所述第三二极管和所述第五开关彼此串联连接,所述第三二极管和所述第五开关的公共节点通过第一次级电容器连接至所述变压器的所述第一次级绕组的第二端子;以及

所述第二次级整流器包括:

第一开关和第二开关,所述第一开关和所述第二开关彼此串联连接,所述第一开关和所述第二开关的公共节点连接至所述变压器的第二次级绕组的第一端子;以及

第三开关和第四开关,所述第三开关和所述第四开关彼此串联连接,所述第三开关和所述第四开关的公共节点通过第二次级电容器连接至所述变压器的所述第二次级绕组的第二端子。

具有用于大功率的二极管整流器和作为功率因数校正的有源桥的混合馈电设备

技术领域

[0001] 本公开内容涉及高效的电力转换系统,并且在特定实施方式中,涉及连接在三相AC电源与诸如电池组的负载之间的高效的电力转换系统。

背景技术

[0002] 由于新技术的指数级发展的持续改进,电力电子行业经历了快速的增长。随着电力电子技术的进一步发展,车载电池充电器已经成为一些新能源应用的关键要素。最重要的新能源应用之一即为电动车辆(electric vehicle, EV)。不同的EV配备有不同容量和电压的电池。EV需要合适的充电器用于为各种电池充电。

[0003] 车载电池充电器包括用于将交流(alternating current, AC)电力转换成直流(direct current, DC)电力的电气电路。车载电池充电器可以包括AC/DC级和DC/DC级。AC/DC级的输入连接至AC市电线。AC/DC级用于将来自AC市电线的AC输入电压转换成合适的DC母线电压。AC/DC级可以包括各种电磁干扰(electromagnetic interference, EMI)滤波器、由四个二极管形成的桥式整流器以及功率因数校正电路。

[0004] EMI滤波器用于降低可能会引起对车载电池充电器中的其他装置的干扰的高频噪声。作为采用EMI滤波器的结果,车载电池充电器可以满足各种EMI规程。桥式整流器将AC电压转换成全波整流DC电压。这样的全波整流DC电压为功率因数校正电路提供DC输入电压。功率因数校正电路可以以合适的电力转换器例如升压转换器实现。通过采用适当的控制电路,升压转换器能够将输入线电流整形为正弦波并且与AC输入源的正弦波输入电压同相。作为结果,AC/DC级的功率因数可以如各种国际标准所要求的接近于一。

[0005] DC/DC级连接在AC/DC级的输出与多个电池之间。DC/DC级可以包括隔离式DC/DC电力转换器,该隔离式DC/DC电力转换器具有一个初级绕组、次级绕组和次级整流器以用于将DC母线电压转换成用于对EV电池充电的DC电压。

发明内容

[0006] 本公开内容提供用于在AC电源与电池之间进行电力传输的电力转换系统和方法,通过本公开内容的优选实施方式,这些问题通常得以解决或规避并且通常实现了技术优势。

[0007] 根据实施方式,一种电力转换系统,包括:第一整流器,其耦接至三相电源并且被配置成在第一操作频率下操作,第一电力量从三相电源流经第一整流器;第二整流器,其耦接至三相电源并且被配置成在高于第一操作频率的第二操作频率下操作,第二电力量从三相电源流经第二整流器,第二电力量是第一电力量的一部分。

[0008] 第一整流器是三相二极管整流器。第二整流器是三相功率因数校正转换器。三相功率因数校正转换器是三角电流模式功率因数校正转换器,该三角电流模式功率因数校正转换器包括:第一电感器,其连接在三相电源的第一相与第一开关支路之间;第二电感器,

其连接在三相电源的第二相与第二开关支路之间;以及第三电感器,其连接在三相电源的第三相与第三开关支路之间,并且其中,第一开关支路、第二开关支路和第三开关支路连接在三相二极管整流器的第一输出端子与三相二极管整流器的第二输出端子之间。第一电感器、第二电感器和第三电感器彼此磁耦合。

[0009] 电力转换系统还包括连接至三相二极管整流器的输出端子的隔离式电力转换器。隔离式电力转换器包括初级网络、变压器和次级网络。初级网络是全桥电感器-电感器-电容器(inductor-inductor-capacitor,LLC)转换器。

[0010] 在一些实施方式中,次级网络包括:第一二极管和第二二极管,第一二极管和第二二极管彼此串联连接,第一二极管和第二二极管的公共节点连接至变压器的次级绕组的第一端子;以及第三二极管和第五开关,第三二极管和第五开关彼此串联连接,第三二极管和第五开关的公共节点通过次级电容器连接至变压器的次级绕组的第二端子,其中,通过将第五开关固定为常开状态,次级网络被配置为倍压器。

[0011] 在替选实施方式中,次级网络包括:第一开关和第二开关,第一开关和第二开关彼此串联连接,第一开关和第二开关的公共节点连接至变压器的次级绕组的第一端子;以及第三开关和第四开关,第三开关和第四开关彼此串联连接,第三开关和第四开关的公共节点通过次级电容器连接至变压器的次级绕组的第二端子,其中,通过将第四开关固定为常开状态,次级网络被配置为倍压器。

[0012] 在替选实施方式中,次级网络包括第一次级整流器和第二次级整流器。第一次级整流器包括:第一二极管和第二二极管,第一二极管和第二二极管彼此串联连接,第一二极管和第二二极管的公共节点连接至变压器的第一次级绕组的第一端子;以及第三二极管和第五开关,第三二极管和第五开关彼此串联连接,第三二极管和第五开关的公共节点通过第一次级电容器连接至变压器的第一次级绕组的第二端子。第二次级整流器包括:第一开关和第二开关,第一开关和第二开关彼此串联连接,第一开关和第二开关的公共节点连接至变压器的第二次级绕组的第一端子;以及第三开关和第四开关,第三开关和第四开关彼此串联连接,第三开关和第四开关的公共节点通过第二次级电容器连接至变压器的第二次级绕组的第二端子。通过将第四开关和第五开关两者均固定为常开状态,第一次级整流器和第二次级整流器分别被配置为第一倍压器和第二倍压器。

[0013] 根据另一实施方式,一种方法,包括:将第一电力量从交流(alternating current,AC)电源通过第一电力转换装置传输至直流(direct current,DC)负载,第一电力转换装置被配置成在第一操作频率下操作;以及将第二电力量从AC电源通过第二电力转换装置传输至DC负载,第二电力转换装置被配置成在高于第一操作频率的第二操作频率下操作,第二电力量是第一电力量的一部分。

[0014] 该方法还包括:检测施加至隔离式电力转换器的输入电压,该隔离式电力转换器连接至第一电力转换装置的输出和第二电力转换装置的输出;以及如果施加至隔离式电力转换器的输入电压低于预定阈值,则将隔离式电力转换器的次级整流器的开关配置为常开开关以将次级整流器配置为倍压器。

[0015] 该方法还包括将第二电力转换装置配置成以三角电流模式操作以实现单位功率因数。第一电力转换装置是三相二极管整流器。第二电力转换装置是三相功率因数校正装置。

[0016] 根据又一实施方式,电力转换系统包括:第一电力转换装置,其连接在三相电源与DC电压母线之间并且被配置成在第一操作频率下操作,第一电力量从三相电源通过第一电力转换装置流向DC电压母线;第二电力转换装置,其连接在三相电源与DC电压母线之间并且被配置成在高于第一操作频率的第二操作频率下操作,第二电力量从三相电源通过第二电力转换装置流向DC电压母线,第二电力量是第一电力量的一部分,并且隔离式电力转换器连接至DC电压母线。

[0017] 第一电力转换装置是三相二极管整流器。第二电力转换装置是三相功率因数校正转换器。隔离式电力转换器是包括彼此级联连接的初级网络、变压器和次级网络的电感器-电感器-电容器(inductor-inductor-capacitor,LLC)电力转换器。

[0018] 本公开内容的实施方式的优势是实现AC电源与DC负载例如EV电池之间的高效电力转换系统。

[0019] 前述已经相当宽泛地概述了本公开内容的特征和技术优势,以便可以更好地理解随后对本公开内容的详细描述。下文将描述本公开内容的附加特征和优势,所述附加特征和优势形成本公开内容的权利要求的主题。本领域技术人员应当认识到,所公开的构思和具体实施方式可以被容易地用作修改或设计用于实现本公开内容相同的目的的其他结构或处理的基础。本领域技术人员还应当认识到,这样的等同结构并未脱离在所附权利要求书中阐明的本公开内容的精神和范围。

附图说明

[0020] 为了更完整地理解本公开内容及其优势,现在参考以下结合附图进行的描述,在附图中:

[0021] 图1示出了根据本公开内容的各种实施方式的电力转换系统;

[0022] 图2示出了根据本公开内容的各种实施方式的在图1中示出的电力转换系统的实现方式的框图;

[0023] 图3示出了根据本公开内容的各种实施方式的在图2中示出的电力转换系统的第一实现方式的示意图;

[0024] 图4示出了根据本公开内容的各种实施方式的在图2中示出的电力转换系统的第二实现方式的示意图;

[0025] 图5示出了根据本公开内容的各种实施方式的在图2中示出的电力转换系统的隔离式电力转换设备的框图;

[0026] 图6A和图6B在整个说明书中被统称为图6。图6示出了根据本公开内容的各种实施方式的隔离式电力转换设备的第一实现方式的示意图;

[0027] 图7A和图7B在整个说明书中被统称为图7。图7示出了根据本公开内容的各种实施方式的隔离式电力转换设备的第二实现方式的示意图;

[0028] 图8A和图8B在整个说明书中被统称为图8。图8示出了根据本公开内容的各种实施方式的隔离式电力转换设备的第三实现方式的示意图;以及

[0029] 图9示出了根据本公开内容的各种实施方式的用于控制图1中示出的电力转换系统的方法的流程图。

[0030] 除非另有指示,否则不同附图中的相应附图标记和符号通常指代相应的部分。附

图被绘制成清楚地示出各种实施方式的相关方面,并且不一定按比例绘制。

具体实施方式

[0031] 下面详细讨论当前优选实施方式的实现和使用。然而,应当理解,本公开内容提供了许多可以在多种特定上下文中实施的可应用的发明构思。所讨论的具体实施方式仅说明实现和使用本公开内容的具体方式,并不限制本公开内容的范围。

[0032] 将在特定上下文中关于优选实施方式即用于为电动车辆的电池充电的电力转换系统来描述本公开内容。然而,本公开内容也可以应用于各种电力转换系统。在下文中,将参照附图详细说明各种实施方式。

[0033] 图1示出了根据本公开内容的各种实施方式的电力转换系统。电力转换系统100连接在AC元件101与DC元件103之间。取决于不同的应用和设计需求,AC元件101可以被实现为三相AC电源或单相AC电源。同样,DC元件103可以被实现为单个电池或者串联和/或并联连接的多个电池。

[0034] 在一些实施方式中,电力转换系统100被配置成将AC电力转换成DC电力。AC元件101被实现为来自公用电网的AC电源。更具体地,AC元件101可以被实现为三相AC电源。DC元件103可以是半导体芯片、电池、下游电力转换器等。在一些实施方式中,DC元件103可以是电动车辆的电池组。图1中示出的电力转换系统100可以起到电动车辆充电转换器的作用。

[0035] 在整个说明书中,AC元件101可备选地被称为三相AC源。DC元件103可备选地被称为DC负载。

[0036] 如图1所示,电力转换系统100包括第一电力转换设备201、第二电力转换设备202和隔离式电力转换设备203。在整个说明书中,第一电力转换设备201可以可备选地被称为第一电力转换装置。同样,第二电力转换设备202可以可备选地被称为第二电力转换装置。在一些实施方式中,第一电力转换设备201和第二电力转换设备202并联连接在三相AC电源101与隔离式电力转换设备203之间。在一些实施方式中,第一电力转换设备201是未受控制的电力转换设备。第二电力转换设备202被配置成以三角电流模式(triangular current mode, TCM)操作以针对电力转换系统100实现单位功率因数。在一些实施方式中,第一电力转换设备201被实现为三相二极管整流器。第二电力转换设备202被实现为三相功率因数校正装置。功率因数校正装置被配置成使得通过调整流入功率因数校正装置的输入电流来将电力转换系统100的功率因数调整至约等于一的水平。

[0037] 在一些实施方式中,隔离式电力转换设备203是包括初级开关网络以及与初级开关网络磁耦合的次级开关网络的电感器-电感器-电容器(inductor-inductor-capacitor, LLC)转换器。初级开关网络是LLC转换器的初级侧。LLC转换器的次级开关网络被配置为次级整流器。

[0038] 在一些实施方式中,LLC转换器能够在基本等于LLC转换器的谐振频率的开关频率下操作。作为使LLC电力转换器在基本等于谐振频率的开关频率下操作的结果,电力转换系统100是高效的电力转换系统。

[0039] 在操作时,为了实现高效率 and 单位功率因数,从三相AC电源101到DC负载103的电力通过两条路线即包括二极管整流器的第一路线和包括功率因数校正装置的第二路线输送。在一些实施方式中,从三相AC电源101通过功率因数校正装置流向DC负载103的电力是

从三相AC电源101通过二极管整流器流向DC负载103的电力的一部分。例如,仅总电力的约15%传递经过功率因数校正装置。总电力的大多数(85%)传递经过二极管整流器。两条不同的电力输送路线之间的这种不均匀电力分配有助于提高电力转换系统100的效率。

[0040] 图2示出了根据本公开内容的各种实施方式的在图1中示出的电力转换系统的实现方式的框图。电力转换系统100包括第一电力转换设备201和第二电力转换设备202。如图2所示,第一电力转换设备201被实现为二极管整流器。第二电力转换设备202被实现为功率因数校正(power factor correction, PFC)装置。在整个说明书中,第一电力转换设备201可以可替代地被称为二极管整流器。第二电力转换设备202可以可替代地被称为功率因数校正装置。此外,第一电力转换设备201可以可替代地被称为第一整流器。第二电力转换设备202可以可替代地被称为第二整流器。

[0041] 如图2所示,二极管整流器201和功率因数校正装置202并联连接在三相AC电源101与电容器Cb之间。电力转换系统100还包括连接在电容器Cb与DC负载103之间的隔离式电力转换设备203。

[0042] 如图2所示,三相AC电源101的输出具有三相,即相a、相b和相c。二极管整流器201的第一输入和功率因数校正装置202的第一输入连接至相a(电流Ia流经相a)。三相AC电源101的输出电流Ia被分成分别流入二极管整流器201和功率因数校正装置202的两个电流。同样,三相AC电源101的输出电流Ib和Ic被分成分别流入二极管整流器201和功率因数校正装置202的两个电流。二极管整流器201的输出和功率因数校正装置202的输出并联连接并且进一步连接至隔离式电力转换设备203。

[0043] 如图2所示,电容器Cb跨隔离式电力转换设备203的输入端子布置。电容器Cb用于平滑通过二极管整流器201和功率因数校正装置202生成的输出电压。应当注意,取决于不同的应用和设计需求,电容器Cb可以被实现为串联连接的多个电容器。

[0044] 在一些实施方式中,电力转换系统100可以包括连接在三相AC电源101与二极管整流器201之间的电磁干扰(electromagnetic interference, EMI)滤波器。EMI滤波器用于降低可能引起对电力转换系统100中的其他装置的干扰的高频噪声。作为采用EMI滤波器的结果,电力转换系统100可以满足各种EMI规程。

[0045] EMI滤波器可以包括多个无源部件,所述无源部件包括电容器和电感器。电感器允许DC电流或低频电流通过,同时阻断不期望的高频电流。电容器提供低阻抗路径以从EMI滤波器转移走不期望的高频电流或噪声。不期望的高频电流流回输入电源或流入地。

[0046] 在一些实施方式中,EMI滤波器被设计成衰减差模噪声和共模噪声两者。EMI滤波器可以包括两个差模电感器、两个共模电感器以及多个滤波电容器。两个差模电感器连同多个滤波电容器被实现成滤除电力转换系统100内的差模噪声。两个共模电感器用于滤除电力转换系统100内的共模噪声。

[0047] 应当注意,功率因数校正装置202可以被实现为任何合适的功率因数校正转换器,例如有源升压功率因数校正整流器、Vienna整流器等。下面将关于图3至图4描述功率因数校正装置202和二极管整流器201的详细示意图。

[0048] 在一些实施方式中,隔离式电力转换设备203被实现为全桥LLC电力转换器。可替代地,当用串联连接的两个电容器代替电容器Cb时,隔离式电力转换设备203可以被实现为三电平LLC电力转换器。

[0049] 在一些实施方式中,隔离式电力转换设备203被配置为在不远离LLC电力转换器的谐振频率的范围内的开关频率下操作的用于调整的电力转换器。在一些实施方式中,隔离式电力转换设备203的开关的开关频率可以在窄范围(例如,LLC电力转换器的谐振回路(resonant tank)的谐振频率的 $\pm 5\%$)内调整。对隔离式电力转换设备203的开关的开关频率调整有助于调整电力转换系统100的输出电压。这样,隔离式电力转换装置203在三相AC交流电源101与DC负载103之间提供高效的电力输送路径。

[0050] 应当注意,将隔离式电力转换设备203实现为LLC电力转换器仅是示例,这不应当适当地限制权利要求的范围。本领域的普通技术人员将认识到许多变型、替换和修改。例如,隔离式电力转换设备203可以被实现为任何合适的隔离式电力转换器,例如反激式转换器、正向转换器、推挽转换器、半桥转换器、全桥转换器、其任意组合等。

[0051] 在操作时,二极管整流器201被配置成在等于市电频率(例如,60Hz)的操作频率下操作。功率因数校正装置202被配置成在约100KHz至约10MHz的范围内的操作频率下操作。换句话说,功率因数校正装置202的操作频率比二极管整流器201的操作频率高得多。从三相AC电源101到DC负载103的电力在二极管整流器201与功率因数校正装置202之间不均匀地分配。在一些实施方式中,流经二极管整流器201的电力与流经功率因数校正装置202的电力之比等于85:15。由于仅总电力的一部分(例如,总电力的15%)流经功率因数校正装置202,因此可以相应减少功率因数校正装置202中的高频电感器和开关的传导损耗以及成本。

[0052] 在操作时,在诸如三角电流模式控制的适当控制方案下调整功率因数校正装置202的输入电流,使得电力转换系统100的功率因数接近于一(1)。此外,在诸如开关频率控制机制的适当控制方案下,控制隔离式电力转换设备203以将调整后的输出电压施加至DC负载103。

[0053] 上述系统配置的一个有利特征是电力转换系统100能够实现高效率 and 单位功率因数。特别地,二极管整流器201可以被实现为在市电频率下操作的未受控制且高效的整流器。电力的大多数(例如,总电力的85%)可以流经二极管整流器201。作为结果,电力转换系统100可以通过高效的二极管整流器来实现高效率。另一方面,功率因数校正装置202能够通过采用三角电流模式控制而有助于电力转换系统100实现单位功率因数。

[0054] 图3示出了根据本公开内容的各种实施方式的在图2中示出的电力转换系统的第一实现方式的示意图。电力转换系统包括EMI滤波器、二极管整流器201、功率因数校正装置202以及隔离式电力转换设备203。

[0055] 二极管整流器201将AC输入波形转换成脉动DC波形。电容器Cb用于减小脉动DC波形中的纹波含量。二极管整流器201包括六个二极管。六个二极管形成三个支路。第一支路包括跨第一电压母线VB1和第二电压母线VB2串联连接的二极管D1和D2。二极管D1和D2的公共节点通过第一EMI电感器L1连接至三相AC源的第一相VA。

[0056] 二极管整流器201的第二支路包括跨第一电压母线VB1和第二电压母线VB2串联连接的二极管D3和D4。二极管D3和D4的公共节点通过第二EMI电感器L2连接至三相AC源的第二相VB。二极管整流器201的第三支路包括跨第一电压母线VB1和第二电压母线VB2串联连接的二极管D5和D6。二极管D5和D6的公共节点通过第三EMI电感器L3连接至三相AC源的第三相VC。三相二极管整流器的操作原理是公知的,并且因此本文不进行讨论。

[0057] 功率因数校正装置202被实现为三相升压功率因数校正转换器。功率因数校正装置202包括分别连接至三相AC电源的三个相的三个升压转换器。第一升压转换器包括第一电感器La、第一开关S11和第二开关S12。第一开关S11和第二开关S12跨第一电压母线VB1和第二电压母线VB2串联连接。第一电感器La连接在第一EMI电感器L1与第一开关S11和第二开关S12的公共节点之间。

[0058] 第二升压转换器包括第二电感器Lb、第三开关S13和第四开关S14。第三开关S13和第四开关S14跨第一电压母线VB1和第二电压母线VB2串联连接。第二电感器Lb连接在第二EMI电感器L2与第三开关S13和第四开关S14的公共节点之间。

[0059] 第三升压转换器包括第三电感器Lc、第五开关S15和第六开关S16。第五开关S15和第六开关S16跨第一电压母线VB1和第二电压母线VB2串联连接。第三电感器Lc连接在第三EMI电感器L3与第五开关S15和第六开关S16的公共节点之间。

[0060] 在操作时,将三角电流模式控制方案应用于三相升压功率因数校正转换器。在AC波形(例如,来自VA的AC波形)的前半周期中,流经第一电感器La的电流是形状为三角形的正电流。在AC波形的后半周期中,流经第一电感器La的电流是形状为三角形的负电流。换句话说,流经第一电感器La的电流与由第一相VA生成的正弦波形同相。通过采用三角电流模式控制方案,三相升压功率因数校正转换器能够针对电力转换系统100实现单位功率因数。

[0061] 根据实施方式,开关(例如,开关S11至S16)可以是绝缘栅双极晶体管(insulated gate bipolar transistor,IGBT)器件。可替代地,开关元件可以是任何可控开关,例如金属氧化物半导体场效应晶体管(metal oxide semiconductor field effect transistor,MOSFET)器件、集成门极换流晶闸管(integrated gate commutated thyristor,IGCT)器件、栅极可关断晶闸管(gate turn-off thyristor,GTO)器件、可控硅整流器(silicon controlled rectifier,SCR)器件、结栅场效应晶体管(junction gate field-effect transistor,JFET)器件、MOS控制晶闸管(MOS controlled thyristor,MCT)器件、基于氮化镓(galliumnitride,GaN)的功率器件、基于碳化硅(silicon carbide,SiC)的功率器件等。

[0062] 应当注意,当开关S11至S16由MOSFET器件实现时,开关S11至S16的体二极管可以被用于提供续流通道。另一方面,当开关S11至S16由IGBT器件实现时,需要单独的续流二极管与其对应的开关并联连接。

[0063] 如图3所示,需要二极管D11、D12、D13、D14、D15和D16提供反向传导路径。换句话说,二极管D11至D16是反并联二极管。在一些实施方式中,二极管D11至D16与它们相应的IGBT器件S11至S16共封装。在替代实施方式中,二极管D11至D16被放置在它们相应的IGBT器件S11至S16外部。

[0064] 还应当注意,虽然图3示出了每个双向开关由以反并联布置方式连接的二极管和IGBT器件形成,但是本领域的普通技术人员将认识到许多变型、替代和修改。例如,双向开关可以由一些新的半导体开关例如反并联反向阻断IGBT布置来实现。本文对IGBT器件的讨论可应用于本公开内容的其他IGBT器件。

[0065] EMI滤波器可以包括电感器L1至L3以及电容器C1至C3。电感器L1至L3允许DC电流或低频电流通过,同时阻断不期望的高频电流。电容器C1至C3提供低阻抗路径以从EMI滤波器转移走不期望的高频电流或噪声。不期望的高频电流流回输入电源或流入地。

[0066] 图4示出了根据本公开内容的各种实施方式的在图2中示出的电力转换系统的第

二实现方式的示意图。除了功率因数校正装置202的电感器La、Lb和Lc如图4所示彼此磁耦合之外,图4中示出的电力转换系统与图3中示出的电力转换系统类似。

[0067] 具有图4中示出的耦合的电感器的一个有利特征在于将三个电感器La、Lb和Lc磁耦合在一起可以有助于减小功率因数校正装置202中的电流纹波。

[0068] 图5示出了根据本公开内容的各种实施方式的在图2中示出的电力转换系统中的隔离式电力转换设备的框图。如图5所示,隔离式电力转换设备203包括在电容器Cb与DC负载103之间级联连接的初级网络210、变压器220和次级网络230。

[0069] 初级网络210包括多个开关和谐振回路。在一些实施方式中,初级网络210中的多个开关的开关频率等于谐振回路的谐振频率。可替代地,取决于设计需求和不同的应用,多个开关的开关频率可以在窄的范围内变化,以有助于隔离式电力转换设备203调整电力转换系统100的输出电压。下面将关于图6至图8描述隔离式电力转换设备203的初级网络210的详细示意图。

[0070] 变压器220在隔离式电力转换设备203的初级侧与次级侧之间提供电气隔离。根据实施方式,变压器220可以由两个变压器绕组即初级变压器绕组和次级变压器绕组形成。可替代地,变压器220可以具有经中心抽头的次级,以便具有包括初级变压器绕组、第一次级变压器绕组和第二次级变压器绕组的三个变压器绕组。

[0071] 应当注意,本文中并且贯穿整个说明书说明的变压器仅是示例,其不应不适当地限制权利要求的范围。本领域的普通技术人员将认识到许多变型、替换和修改。例如,变压器220还可以包括各种偏置绕组和栅极驱动辅助绕组。

[0072] 次级网络230将从变压器220的输出接收的交变极性波形转换成施加于DC负载103的单极性波形。次级网络230可以由两对开关元件例如n型金属氧化物半导体(n-type metal oxide semiconductor, NMOS)晶体管形成。可替代地,次级网络230可以由两对二极管形成。此外,次级网络230可以由其他类型的可控器件形成,所述其他类型的可控器件例如金属氧化物半导体场效应晶体管(metal oxide semiconductor field effect transistor, MOSFET)器件、双极结型晶体管(bipolar junction transistor, BJT)器件、超结型晶体管(super junction transistor, SJT)器件、绝缘栅双极型晶体管(insulated gate bipolar transistor, IGBT)器件等。下面将关于图6至图8描述隔离式电力转换设备203的次级网络230的详细示意图。

[0073] 图6示出了根据本公开内容的各种实施方式的隔离式电力转换设备的第一实现方式的示意图。隔离式电力转换设备203被实现为如图6中示出的LLC电力转换器。DC负载由RL表示,其可以是电池、下游转换器、电阻器、其任意组合等。在整个说明书中,隔离式电力转换设备203可以可替代地被称为LLC电力转换器。

[0074] 如图6所示, LLC电力转换器203包括包含开关网络和谐振回路的初级网络210、变压器220以及次级网络230。如图6所示,开关网络、谐振回路、变压器220以及次级网络230在电压母线VB1、VB2与DC负载RL之间级联连接。

[0075] 开关网络包括两个开关支路。第一开关支路包括在第一电压母线VB1与第二电压母线VB2之间串联连接的开关S17和S18。第二开关支路包括在第一电压母线VB1与第二电压母线VB2之间串联连接的开关S19和S20。开关S17和S18的公共节点通过谐振回路连接至初级绕组NP的第一端子。开关S19和S20的公共节点连接至变压器220的初级绕组NP的第二端

子。

[0076] 谐振回路可以以多种方式实现。例如,如图6所示,谐振回路包括串联谐振电感器 L_r 、并联谐振电感器 L_m 和串联谐振电容器 C_r 。

[0077] 串联谐振电感器和并联谐振电感器可以被实现为外部电感器。本领域技术人员将认识到,可以存在许多变型、替选和修改。例如,串联谐振电感器可以被实现为变压器220的漏电感。

[0078] 总之,谐振回路包括三个关键的谐振元件,即串联谐振电感器、串联谐振电容器和并联谐振电感器。这样的配置通常被称为LLC谐振转换器。根据LLC谐振转换器的操作原理,在约等于谐振回路的谐振频率的开关频率下,谐振回路有助于实现针对初级侧开关元件的零电压切换以及针对次级侧开关元件的零电流切换。

[0079] 如图6所示,变压器220可以由两个变压器绕组即初级变压器绕组NP和次级变压器绕组NS形成。可替选地,变压器220可以具有经中心抽头的次级,以便具有包括初级变压器绕组、第一次级变压器绕组和第二次级变压器绕组的三个变压器绕组。

[0080] 次级网络230被实现为次级整流器,该次级整流器将从变压器220的输出接收的交变极性波形转换成单极性波形。次级网络230包括开关S25和二极管D21至D23。如图6所示,二极管D21和D22跨输出电容器 C_o 的两个端子串联连接。同样,二极管D23和开关S25跨输出电容器 C_o 的两个端子串联连接。二极管D21和D22的公共节点连接至次级绕组NS的第一端子。二极管D23和开关S25的公共节点通过次级电容器CS1连接至次级绕组NS的第二端子。

[0081] 次级电容器CS1用于实现倍压器功能。例如,在开关S25被配置为常开开关的情况下,次级网络230被配置为倍压器。更具体地,次级网络230根据由次级绕组NS生成的输入电压对次级电容器CS充电。输入电压和次级电容器CS1两端的电压相加。作为将输入电压和次级电容器CS两端的电压相加的结果,次级网络230的输出电压约是输入电压的两倍。在整个说明书中,将开关配置为常开开关可替选地被称为将开关固定为常开状态。

[0082] 图7示出了根据本公开内容的各种实施方式的隔离式电力转换设备的第二实现方式的示意图。除了次级网络230中的二极管被相应的开关S21至S23替代之外,图7中示出的LLC电力变换器203与图6中示出的电力变换器203类似。在操作时,控制开关S21至S23的栅极,使得开关S21至S23模拟图6中示出的相应二极管的操作。具有图7中示出的LLC电力转换器的一个有利特征在于开关S21至S23可以有助于节省由二极管的正向压降引起的传导损耗。

[0083] 图8示出了根据本公开内容的各种实施方式的隔离式电力转换设备的第三实现方式的示意图。除了变压器220包括两个次级绕组并且图8中示出的次级网络230包括两个整流器电路之外,图8中示出的LLC电力转换器203与图6中示出的LLC电力转换器203类似。

[0084] 如图8所示,变压器220可以由三个变压器绕组即初级变压器绕组NP和两个次级变压器绕组NS11和NS12形成。次级网络230包括第一次级整流器和第二次级整流器,第一次级整流器的输出和第二次级整流器的输出并联连接。如图8所示,第一次级整流器(D21至D23和S25)连接在第一次级绕组NS11与输出电容器 C_o 之间。第一次级整流器的操作原理与以上关于图6描述的次级网络的操作原理类似,并且因此此处不进行讨论。第二次级整流器(S21至S24)连接在第二次级绕组NS12与输出电容器 C_o 之间。第二次级整流器的操作原理与以上关于图7描述的次级网络的操作原理类似,并且因此此处不进行讨论。

[0085] 图8中示出的次级电容器CS1和CS2用于实现倍压器功能。应当注意,在第一次级整流器被配置为倍压器的情况下,第二次级整流器也应被配置为倍压器。换句话说,在开关S25被配置为常开开关的情况下,开关S24被配置为常开开关。

[0086] 图9示出了根据本公开内容的各种实施方式的用于控制图1中示出的电力转换系统的方法的流程图。图9中示出的该流程图仅是示例,其不应不适当地限制权利要求的范围。本领域的普通技术人员将认识到许多变型、替换和修改。例如,图9中示出的各种步骤可以被添加、被移除、被代替、被重新布置和被重复。

[0087] 电力转换系统包括连接在AC电源与DC负载之间的二极管整流器、功率因数校正装置以及隔离式电力转换器。二极管整流器和功率因数校正装置并联连接在AC电源与隔离式电力转换器之间。在电力转换系统被配置为AC/DC电力转换系统的情况下,来自AC电源的电力通过两条不同的路线被输送至隔离式电力转换器。换句话说,电力部分地通过二极管整流器并且部分地通过功率因数校正装置。通过二极管整流器的电力大于通过功率因数校正装置的电力。

[0088] 二极管整流器是在市电频率下操作的未受控制的电力转换设备。功率因数校正装置在比市电频率高得多的开关频率下操作。通过三角电流模式控制方案对功率因数校正装置进行控制。在三角电流模式控制方案下,功率因数校正装置能够针对电力转换系统实现单位功率因数。

[0089] 隔离式电力转换器被实现为LLC电力转换器。取决于不同的应用和设计需求,LLC电力转换器的次级整流器可以被配置为倍压器。

[0090] 在步骤902处,将第一电力量从AC电源通过第一电力转换设备传输至DC负载,第一电力转换设备被实现为在第一操作频率例如市电频率(60Hz)下操作的二极管整流器。

[0091] 在步骤904处,将第二电力量从AC电源通过第二电力转换设备传输至DC负载。第二电力转换设备被实现为功率因数校正装置。功率因数校正装置被配置成在第二操作频率下操作,第二操作频率比第一操作频率高得多。功率因数校正装置和二极管整流器并联连接在AC电源与隔离式电力转换器之间。第二电力量是第一电力量的一部分。例如,第二电力量约为从AC电源传输至DC负载的总电力的15%。第一电力量约为从AC电源传输至DC负载的总电力的85%。

[0092] 在步骤906处,如果施加至隔离式转换器的输入电压低于预定阈值,则将隔离式转换器的次级整流器的开关配置成常开开关。作为使该开关成为常开开关的结果,隔离式转换器的次级整流器被配置为倍压器。

[0093] 尽管已经详细描述了本公开内容的实施方式及其优势,但是应当理解,在不脱离由所附权利要求书限定的本公开内容的精神和范围的情况下可以在本文中做出各种修改、替换和更改。

[0094] 此外,本申请的范围不旨在限于说明书中描述的处理、机器、制造、物质组成、手段、方法和步骤的特定实施方式。本领域普通技术人员根据本发明的公开内容将容易理解,可以使用当前存在或之后开发的执行本文中所描述的对应实施方式基本相同的功能或者实现与本文中所描述的对应实施方式基本相同的结果的处理、机器、制造、物质组成、手段、方法或步骤。因此,所附权利要求书旨在在其范围内包括这样的处理、机器、制造、物质组成、手段、方法或步骤。因此,说明书和附图仅被视为是对由所附权利要求书限定的本公开

内容的说明,并且被预期涵盖落入本公开内容的范围内的任何和所有修改、变型、组合或等同方案。

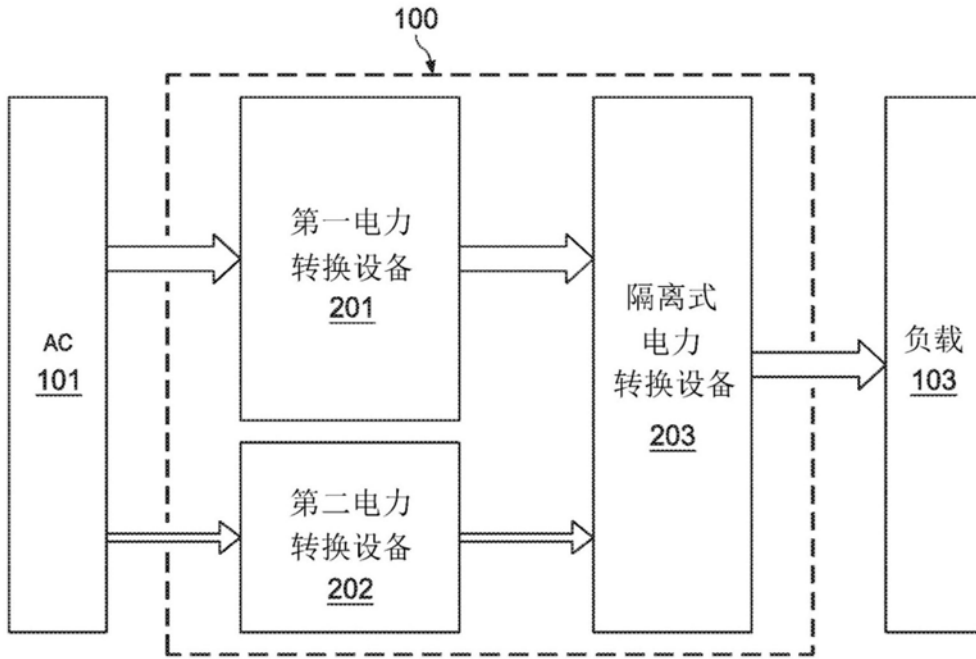


图1

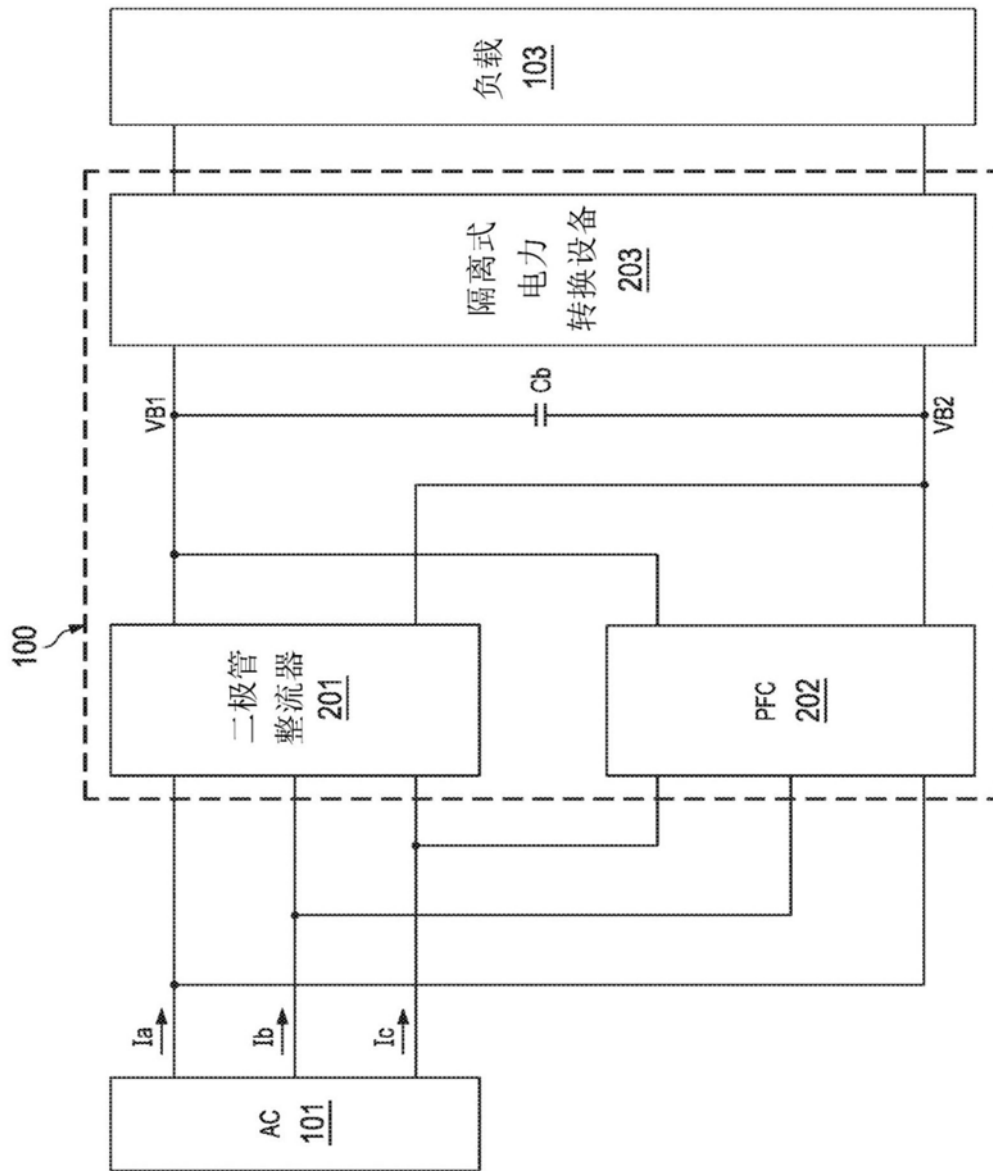


图2

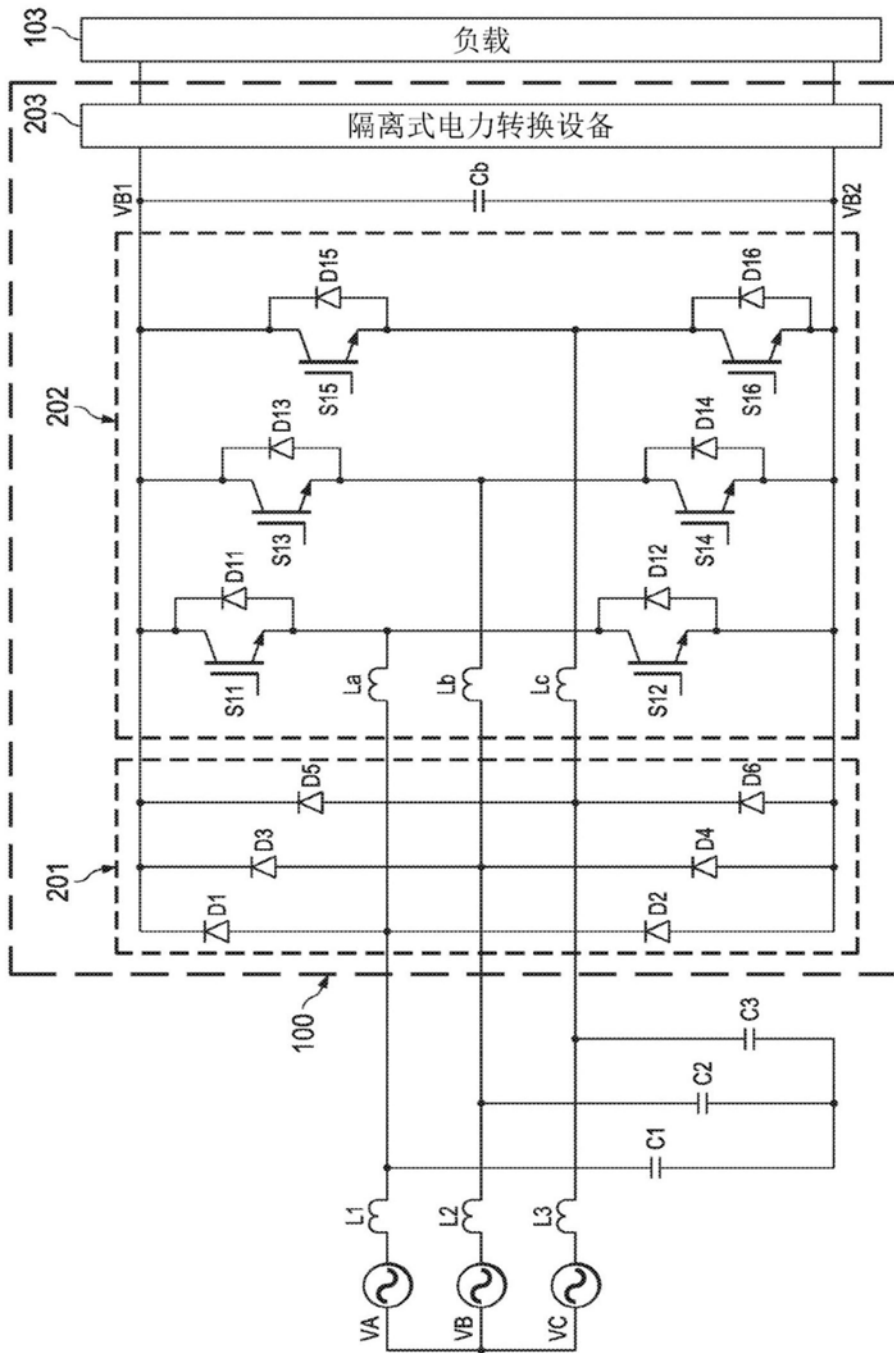


图3

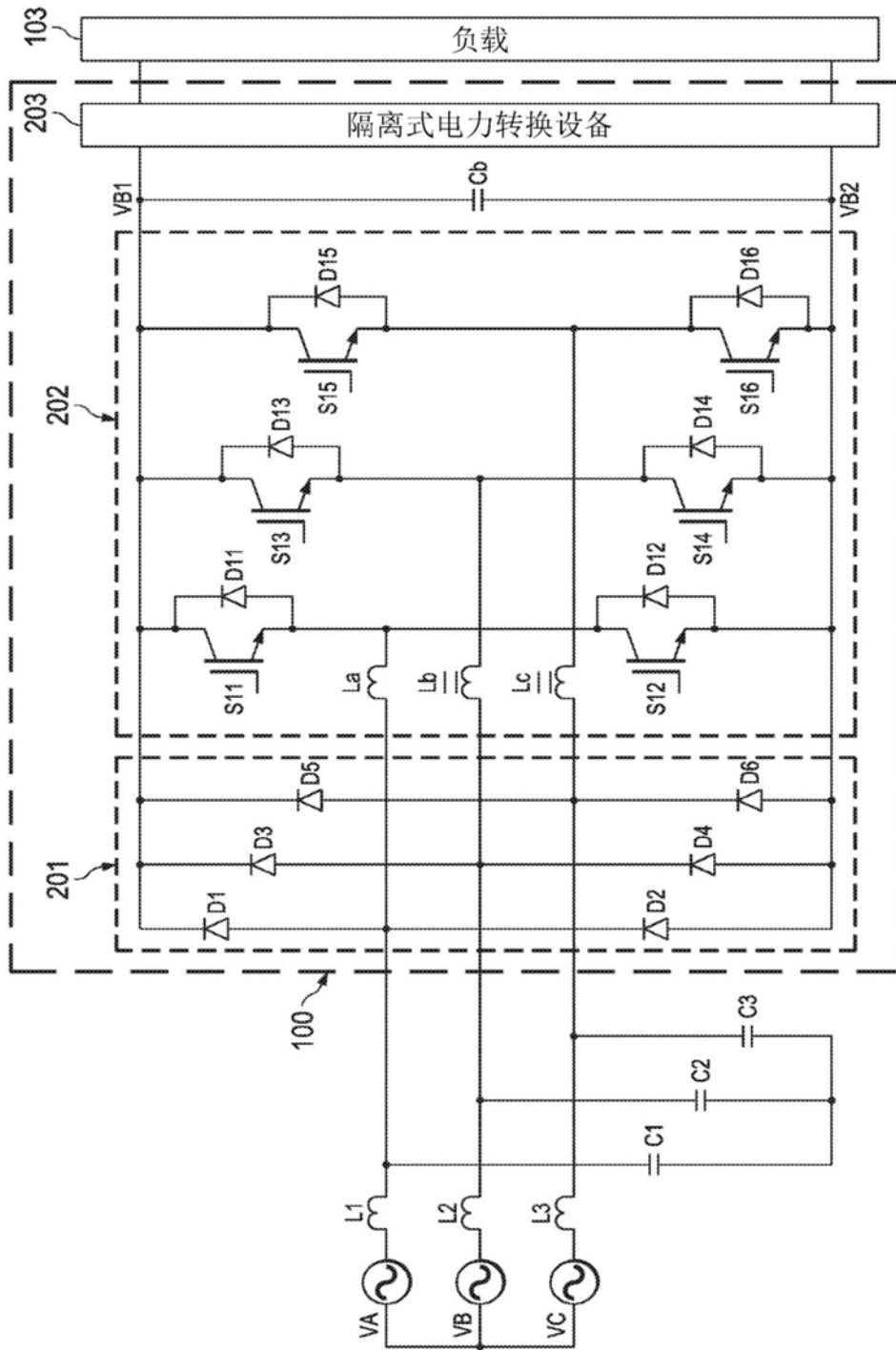


图4

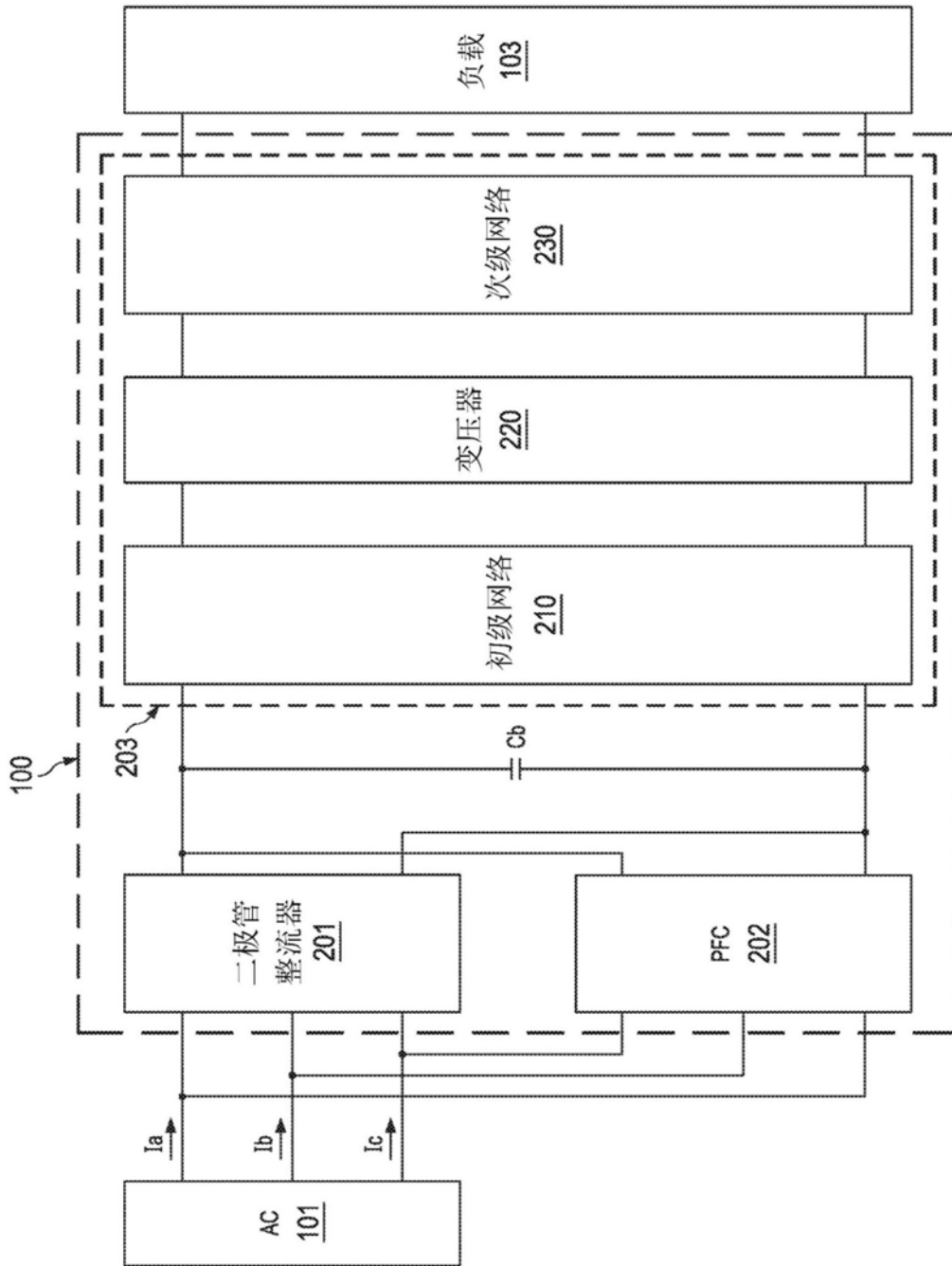


图5

至图6B

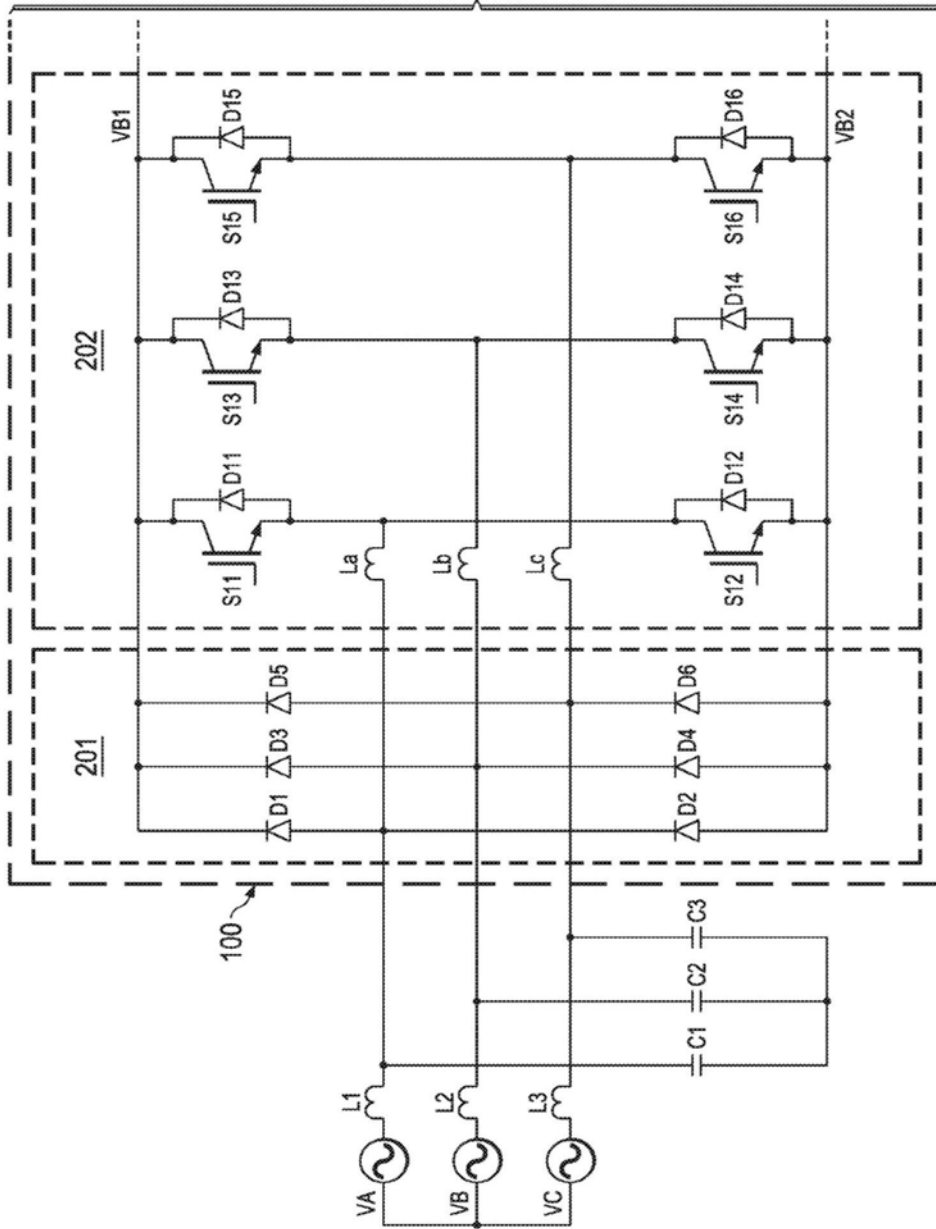
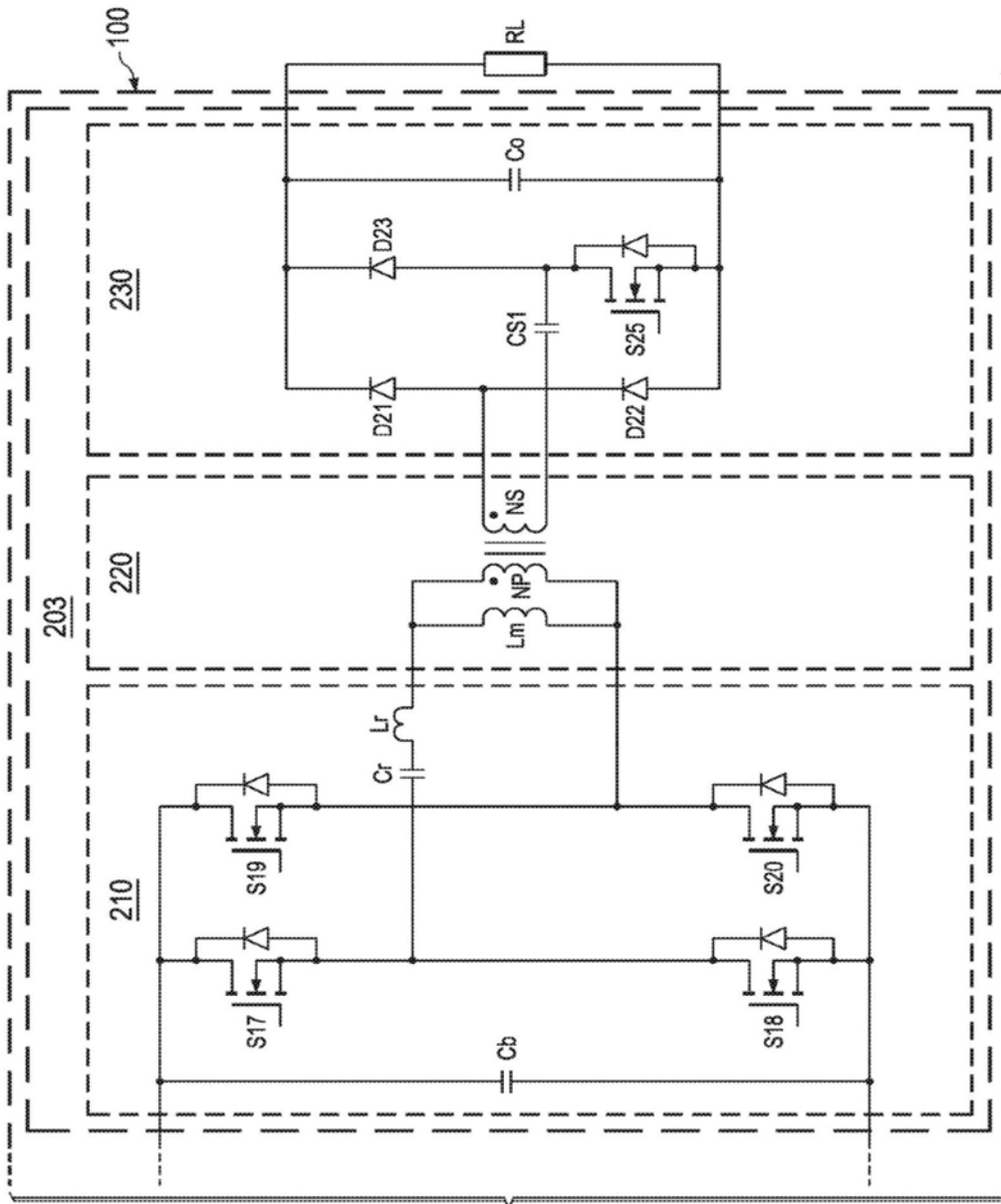


图6A



接图6A

图6B

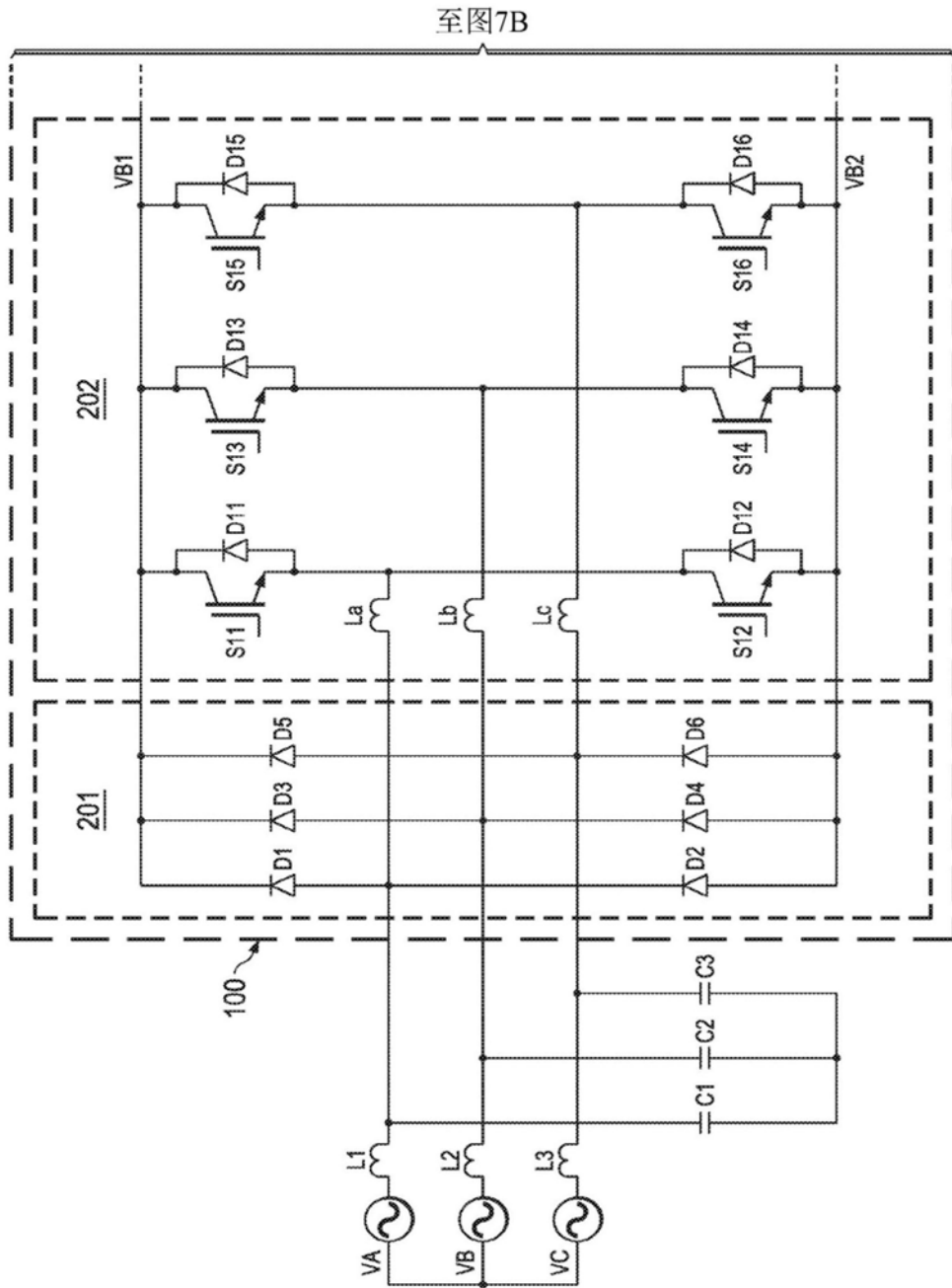
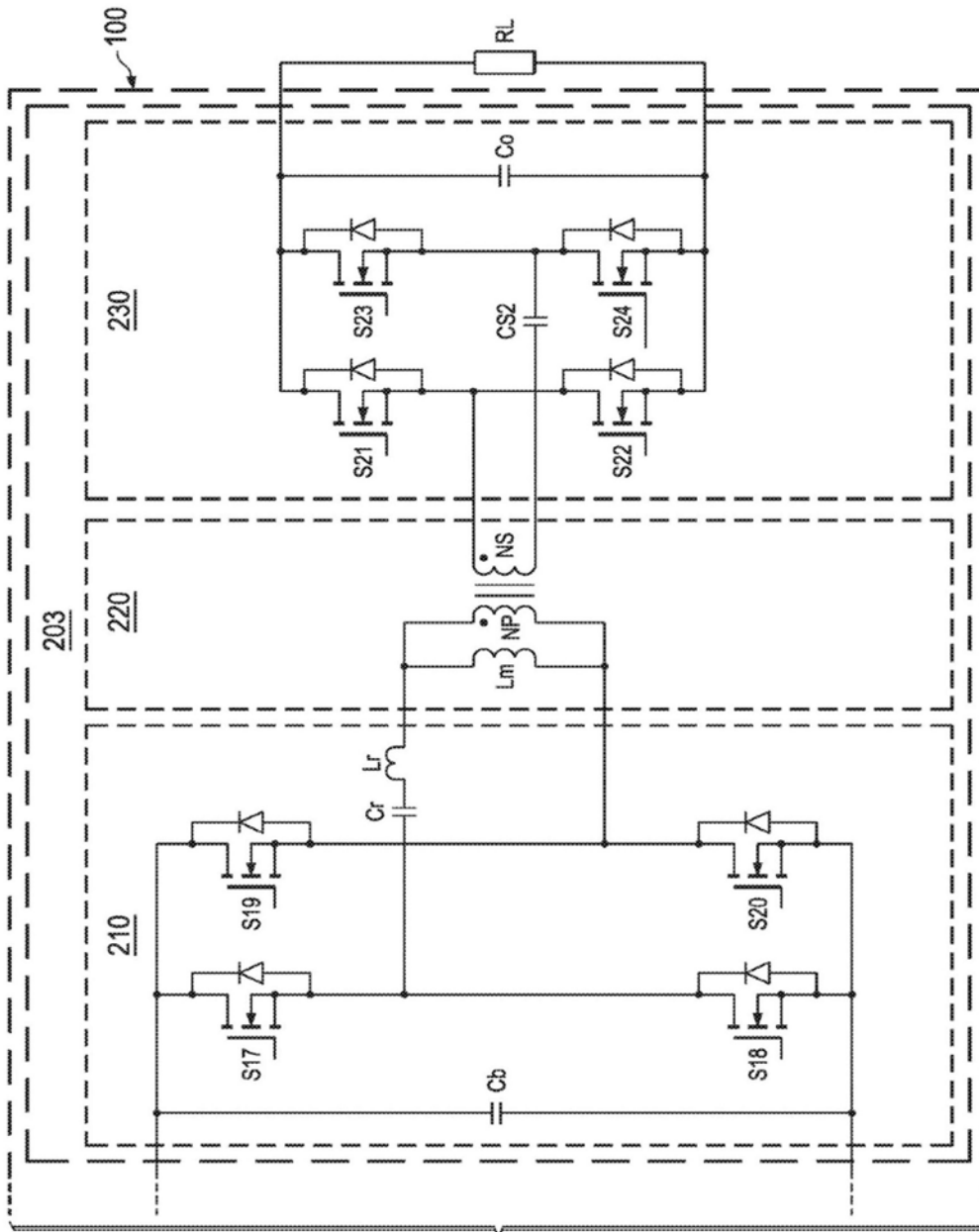


图7A



接图7A

图7B

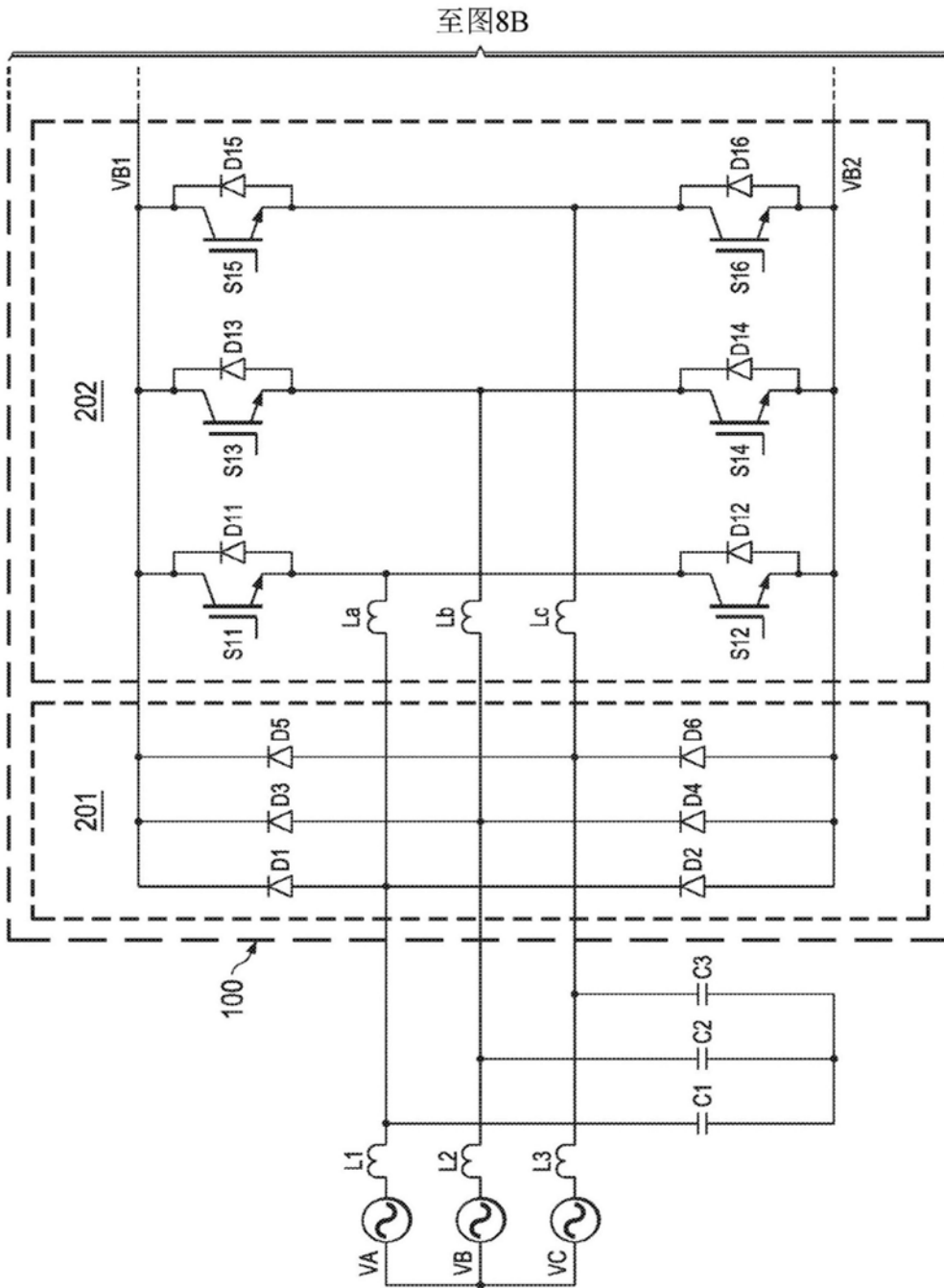
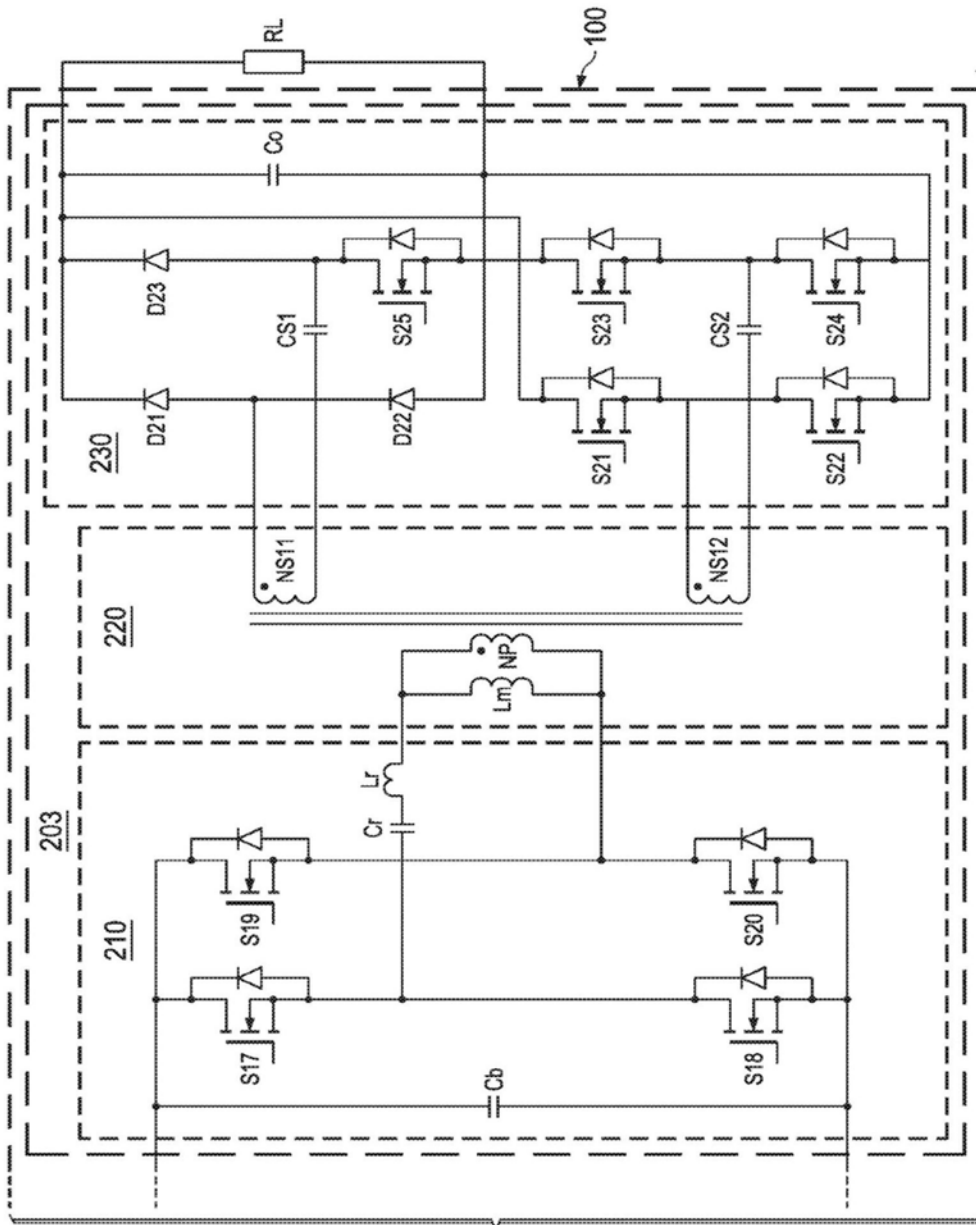


图8A



接图8A

图8B

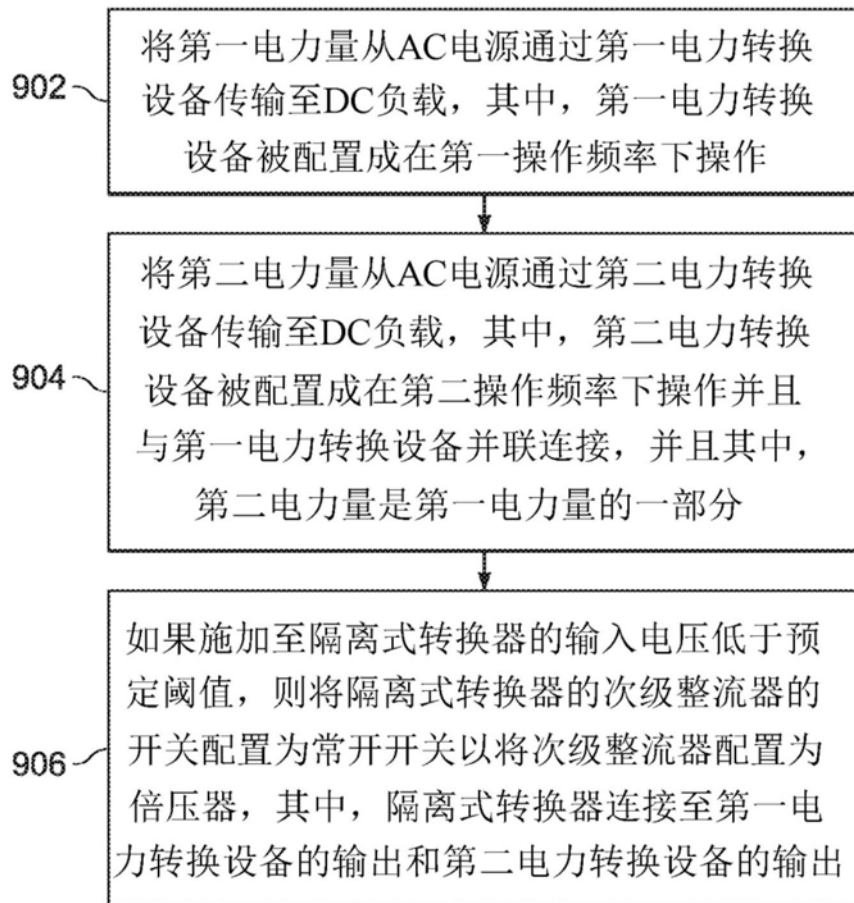


图9