



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 106063110 B

(45)授权公告日 2019.05.14

(21)申请号 201580010730.2

(51)Int.CI.

(22)申请日 2015.02.25

H02M 7/487(2007.01)

(65)同一申请的已公布的文献号

H02M 3/158(2006.01)

申请公布号 CN 106063110 A

H02M 7/537(2006.01)

(43)申请公布日 2016.10.26

H02M 3/156(2006.01)

(30)优先权数据

G05F 1/67(2006.01)

14/193842 2014.02.28 US

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

(56)对比文件

2016.08.26

CN 102545479 A, 2012.07.04,

(86)PCT国际申请的申请数据

CN 102959843 A, 2013.03.06,

PCT/US2015/017529 2015.02.25

CN 101584102 A, 2009.11.18,

(87)PCT国际申请的公布数据

CN 101924467 A, 2010.12.22,

W02015/130787 EN 2015.09.03

US 2013063184 A1, 2013.03.14,

(73)专利权人 科锐

CN 202374014 U, 2012.08.08,

地址 美国北卡罗来纳州

CN 101330259 A, 2008.12.24,

(72)发明人 X·C·刘 J·莫克肯

RALPH M 等.Comparative evaluation of

(74)专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司 72001

SiC and Si PV inverter systems based on

代理人 申屠伟进 陈岚

power density and efficiency as

indicators of initial cost and operating
revenue.《2013 IEEE 14th workshop on
control and modeling for power
electronics(COMPEL), IEEE》.2013,

审查员 陈艺文

权利要求书3页 说明书7页 附图3页

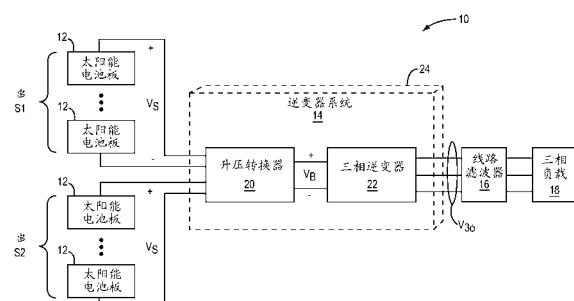
(54)发明名称

功率转换电子器件

(57)摘要

描述了一种功率转换设备及其个体部件。一般而言，功率转换设备将从诸如太阳能电池板的串之类的适当源接收的DC输出转换成AC输出。AC输出可以是单相或三相正弦AC信号。逆变器系统可以包括作为DC到DC转换器的升压转换器以及本质上作为DC-AC转换器的逆变器。在操作中，升压转换器会将来自适当源的DC输出升压到期望DC输出电压。逆变器会以诸如50或60赫兹之类的期望频率将DC输出电压转换成期望单相或三相输出电压。升压转换器和逆变器可以被一起封装在适当的密封且防风雨的外壳中。

B
CN 106063110 B



1. 一种功率转换设备,包括:

外壳;

DC-DC转换电路,被配置成将第一DC信号转换成第二DC信号,并包括第一主切换电路,所述第一主切换电路包括:

在转换过程期间硬切换的多个碳化硅晶体管;

在至少两个碳化硅晶体管的漏极和源极之间反并联耦合的二极管(D3,D6,D9,D12);和

至少一个主信号路径,所述至少一个主信号路径包括在所述至少一个主信号路径中串联放置的一对并联碳化硅二极管;以及

逆变器,被配置成将第二DC信号转换成正弦AC信号,并包括第二主切换电路,所述第二主切换电路具有在转换过程期间硬切换的碳化硅晶体管。

2. 如权利要求1所述的功率转换设备,其中所述功率转换设备具有重量和能够在约1千瓦/千克的输出功率与重量比。

3. 如权利要求1所述的功率转换设备,其中所述功率转换设备具有重量和能够在约1千瓦/千克与3千瓦/千克之间实现的输出功率与重量比。

4. 如权利要求1所述的功率转换设备,其中针对第一和第二主切换电路两者的碳化硅晶体管中的至少两个直接与彼此并联耦合。

5. 如权利要求1所述的功率转换设备,进一步包括:控制器,被配置成在DC到DC转换期间以70千赫兹与100千赫兹之间的频率在接通和关断状态之间切换所述第一主切换电路的碳化硅晶体管。

6. 如权利要求1所述的功率转换设备,进一步包括:控制器,被配置成在AC到DC转换期间以35千赫兹与60千赫兹之间的频率在接通和关断状态之间切换所述第二主切换电路的碳化硅晶体管。

7. 如权利要求1所述的功率转换设备,进一步包括第一控制器和第二控制器,并且其中:

所述功率转换设备具有重量和能够在约1千瓦/千克与3千瓦/千克之间实现的输出功率与重量比;

针对第一和第二主切换电路两者的碳化硅晶体管中的至少两个直接与彼此并联耦合;

所述第一控制器被配置成在DC到DC转换期间以70千赫兹与100千赫兹之间的频率在接通和关断状态之间切换所述第一主切换电路的碳化硅晶体管;以及

所述第二控制器被配置成在AC到DC转换期间以35千赫兹与60千赫兹之间的频率在接通和关断状态之间切换所述第二主切换电路的碳化硅晶体管。

8. 一种升压转换器,包括:

至少一个串联路径,耦合在输入与输出之间,并包括能量存储器件和至少一个串联连接的碳化硅二极管;

对于所述至少一个串联路径中的每一个,耦合在所述至少一个串联路径上的点与地之间的分流电路,并包括:

直接与彼此并联耦合的至少两个碳化硅晶体管;和

在所述至少两个碳化硅晶体管的漏极和源极之间反并联耦合的二极管(D3,D6,D9,

D12)；以及

控制器，被配置成在接通和关断状态之间切换所述分流电路，以提供所述输入与所述输出之间的DC到DC转换，使得在所述DC到DC转换期间在接通和关断状态之间对所述至少两个碳化硅晶体管进行硬切换。

9. 如权利要求8所述的升压转换器，其中所述至少一个串联连接的碳化硅二极管包括直接与彼此并联耦合的至少两个碳化硅二极管。

10. 如权利要求8所述的升压转换器，其中所述控制器被配置成以70千赫兹与100千赫兹之间的频率在接通和关断状态之间切换所述分流电路。

11. 如权利要求8所述的升压转换器，其中所述控制器被配置成以约75千赫兹的频率在接通和关断状态之间切换所述分流电路。

12. 如权利要求8所述的升压转换器，进一步包括印刷电路板，并且其中能量存储器件是连同所述至少一个串联路径和所述分流电路安装在所述印刷电路板上的串联电感器，并且所述升压转换器具有能够超过7千瓦/千克的输出功率与重量比。

13. 如权利要求8所述的升压转换器，进一步包括印刷电路板，并且其中能量存储器件是连同所述至少一个串联路径和所述分流电路安装在所述印刷电路板上的串联电感器，并且所述升压转换器具有能够实现在约7千瓦/千克与21千瓦/千克之间的输出功率与重量比。

14. 如权利要求8所述的升压转换器，其中所述至少一个串联路径包括多个串联路径，其中每一个串联路径包括作为所述能量存储器件的串联电感器，并且每一个分流电路的切换是交织的。

15. 如权利要求8所述的升压转换器，其中所述至少两个碳化硅晶体管是MOSFET。

16. 如权利要求8所述的升压转换器，进一步包括印刷电路板，其中：

所述至少一个串联连接的碳化硅二极管包括直接与彼此并联耦合的至少两个碳化硅二极管；

所述控制器被配置成以70千赫兹与100千赫兹之间的频率在接通和关断状态之间切换所述分流电路；以及

所述能量存储器件是连同所述至少一个串联路径和所述分流电路安装在所述印刷电路板上的串联电感器，并且所述升压转换器具有能够实现在约7千瓦/千克与21千瓦/千克之间的输出功率与重量比。

17. 一种逆变器，包括：

顶轨；

底轨；

耦合到第一输出的第一脚；

耦合在所述第一脚与所述顶轨之间的第一上主开关以及耦合在所述第一脚与所述底轨之间的第一下主开关，其中所述第一上主开关和所述第一下主开关各自包括：

直接与彼此并联耦合的至少两个碳化硅晶体管；和

在至少两个碳化硅晶体管之间反并联耦合的二极管(D14,D15)；以及

控制器，被配置成在接通和关断状态之间切换所述第一上主开关和所述第一下主开关，以提供所述顶轨和所述底轨与所述第一输出之间的第一AC到DC转换，使得在所述第一

AC到DC转换期间在接通和关断状态之间对第一上主开关和第一下主开关的至少两个碳化硅晶体管进行硬切换。

18. 如权利要求17所述的逆变器,其中所述第一脚包括由一对串联连接的晶体管和一对串联连接的二极管形成的双向辅助开关,其中串联连接的二极管中的每一个与该对串联连接的晶体管中对应的一个晶体管反并联耦合。

19. 如权利要求17所述的逆变器,其中所述逆变器是三相逆变器,且进一步包括:

耦合到第二输出的第二脚;

耦合在所述第二脚与所述顶轨之间的第二上主开关以及耦合在所述第二脚与所述底轨之间的第二下主开关,其中所述第二上主开关和所述第二下主开关各自包括直接与彼此并联耦合的至少两个碳化硅晶体管;

耦合到第三输出的第三脚;以及

耦合在所述第三脚与所述顶轨之间的第三上主开关以及耦合在所述第三脚与所述底轨之间的第三下主开关,其中所述第三上主开关和所述第三下主开关各自包括直接与彼此并联耦合的至少两个碳化硅晶体管,并且其中所述控制器进一步被配置成;

在接通和关断状态之间切换所述第二上主开关和所述第二下主开关,以提供所述顶轨和所述底轨与所述第二输出之间的第二AC到DC转换,使得在所述第二AC到DC转换期间在接通和关断状态之间对第二上和下主开关的至少两个碳化硅晶体管进行硬切换;以及

在接通和关断状态之间切换所述第三上主开关和所述第三下主开关,以提供所述顶轨和所述底轨与所述第三输出之间的第三AC到DC转换,使得在所述第三AC到DC转换期间在接通和关断状态之间对第二上和下主开关的至少两个碳化硅晶体管进行硬切换,使得来自第一、第二和第三输出的正弦AC输出信号彼此异相120度。

20. 如权利要求19所述的逆变器,其中第一、第二和第三脚中的每一个:

在中性节点与第一、第二和第三输出中对应的一个之间延伸;并且

包括由一对串联连接的晶体管和一对串联连接的二极管形成的双向辅助开关,其中串联连接的二极管中的每一个与该对串联连接的晶体管中对应的一个晶体管反并联耦合。

21. 如权利要求17所述的逆变器,其中所述控制器被配置成以35千赫兹与60千赫兹之间的频率在接通和关断状态之间切换上和下主开关。

22. 如权利要求17所述的逆变器,其中所述控制器被配置成以约50千赫兹的频率在接通和关断状态之间切换上和下主开关。

23. 如权利要求17所述的逆变器, 其中所述逆变器是T型三相逆变器。

功率转换电子器件

技术领域

[0001] 本公开涉及功率转换电子器件。

背景技术

[0002] 功率转换电子器件的领域涉及电力的控制和转换。由于可以以直流(DC)或交流(AC)格式以及在不同电压或电流级别处提供和使用功率,因此存在针对更高效且更有成本效益的DC到DC转换器、AC到DC转换器、AC到AC转换器和DC到AC逆变器的持续需要。随着正在进行的收获绿色能量(诸如太阳能和风能)的运动,存在针对用于在商业和住宅建筑物的屋顶上安装的太阳能发电系统的DC到DC转换器和DC到AC逆变器的不断增长的需求,其中出于安装和建筑这两者的原因,功率转换系统的总体重量变成问题。

发明内容

[0003] 本公开涉及一种功率转换设备及其个体部件。一般而言,功率转换设备将从适当源(诸如,太阳能电池板的串)接收的DC输出转换成AC输出。AC输出可以是单相或三相正弦AC信号。逆变器系统可以包括作为DC到DC转换器的升压转换器以及本质上作为DC-AC转换器的逆变器。在操作中,升压转换器会将来自适当源的DC输出升压到期望DC输出电压。逆变器会以期望频率(诸如50或60赫兹)将DC输出电压转换成期望单相或三相输出电压。升压转换器和逆变器可以被一起封装在适当的密封且防风雨的外壳中。

[0004] 在一个实施例中,功率转换设备包括外壳、DC-DC转换电路和逆变器。DC-DC转换电路被配置成将第一DC信号转换成第二DC信号,并包括第一主切换电路,所述第一主切换电路具有在转换过程期间硬切换的碳化硅晶体管。逆变器被配置成将第二DC信号转换成正弦AC信号,并包括第二主切换电路,所述第二主切换电路具有在转换过程期间硬切换的碳化硅晶体管。第一和第二主切换电路两者的碳化硅晶体管可以与彼此直接并联耦合。此外,第一切换电路可以包括至少一个主信号路径,所述至少一个主信号路径包括在所述至少一个主信号路径中串联放置的一对并联碳化硅二极管。

[0005] 在其中包括外壳和电子器件的功率转换设备具有重量,并可以实现可超过1千瓦/千克的输出功率与重量比,且特别地可以实现约1千瓦/千克与3千瓦/千克之间的功率与重量比。功率转换设备可以包括一个或多个控制器,所述一个或多个控制器被配置成在DC到DC转换期间以70千赫兹与100千赫兹之间的频率在开和关状态之间切换第一主切换电路的碳化硅晶体管,并在AC到DC转换期间以35千赫兹与60千赫兹之间的频率在开和关状态之间切换第二主切换电路的碳化硅晶体管。

[0006] 在阅读与附图各图相关联的优选实施例的以下详细描述之后,本领域技术人员将领会到本公开的范围并认识到其附加方面。

附图说明

[0007] 并入到本说明书中且形成本说明书的一部分的附图各图图示了本公开的若干方

面，并与描述一起服务于解释本公开的原理。

[0008] 图1图示了根据本公开的一个实施例的太阳能环境。

[0009] 图2是根据本公开的一个实施例的图1的太阳能环境中的升压转换器的示意图。

[0010] 图3是根据本公开的一个实施例的三相逆变器的示意图。

具体实施方式

[0011] 下面阐述的实施例表示使本领域技术人员能够实践实施例并说明实践实施例的最佳模式所必需的信息。在按照附图各图阅读以下描述时，本领域技术人员将理解本公开的概念并将认识到本文未特别地解决的这些概念的应用。应当理解，这些概念和应用落在本公开和所附权利要求书的范围内。

[0012] 将理解的是，尽管本文可以使用术语第一、第二等来描述各种元件，但这些元件不应当被这些术语限制。这些术语仅被用于将一个元件与另一个元件区分开来。例如，在不脱离本公开的范围的情况下，第一元件可以被称为第二元件，并且类似地，第二元件可以被称为第一元件。如本文使用的那样，术语“和/或”包括关联列出的项目中的一个或多个中的任一个和所有组合。

[0013] 将理解的是，当诸如层、区或衬底之类的元件被称作“处于”另一元件“上”或延伸“到”另一元件“上”时，该元件可以直接处于该另一元件上或直接延伸到该另一元件上，或者居间元件也可以存在。相比而言，当元件被称作“直接处于”另一元件“上”或“直接”延伸“到”另一元件“上”时，没有居间元件存在。同样地，将理解的是，当诸如层、区或衬底之类的元件被称作“处于”另一元件“上方”或延伸“在”另一元件“上方”时，该元件可以直接处于该另一元件上方或直接延伸在该另一元件上方，或者居间元件也可以存在。相比而言，当元件被称作“直接处于”另一元件“上方”或“直接”延伸“在”另一元件“上方”时，没有居间元件存在。还将理解的是，当元件被称作“连接”或“耦合”到另一元件时，该元件可以直接连接或耦合到该另一元件，或者居间元件可以存在。相比而言，当元件被称作“直接连接”或“直接耦合”到另一元件时，没有居间元件存在。

[0014] 本文可以使用诸如“在……之下”或“在……之上”或“上”或“下”或“水平”或“垂直”之类的相对术语来描述一个元件、层或区与另一元件、层或区的关系，如各图中所示。将理解的是，这些术语和上面讨论的那些术语意图涵盖除各图中描绘的取向外器件的不同取向。

[0015] 本文使用的术语仅用于描述特定实施例的目的，而不意图作为本公开的限制。如本文使用的那样，单数形式“一”、“一个”和“该”意图也包括复数形式，除非上下文以其他方式清楚地指示。将进一步理解，术语“包含”、“包含着”、“包括”和/或“包括着”在本文中使用时指定所声明的特征、整体、步骤、操作、元件和/或部件的存在，但不排除一个或多个其他特征、整体、步骤、操作、元件、部件和/或其组的存在或添加。

[0016] 除非以其他方式定义，本文使用的所有术语（包括技术和科学术语）具有如本公开所属领域的普通技术人员通常理解的相同含义。将进一步理解，本文使用的术语应当被解释为具有与其在本说明书的上下文和相关领域中的含义一致的含义，且不会在理想化或过分正式的意义上解释，除非本文明确如此定义。

[0017] 参照图1，图示了示例性太阳能环境10。多个太阳能电池板12给逆变器系统14馈

电,逆变器系统14将从太阳能电池板12接收的DC输入转换成AC输出。AC输出由线路滤波器16滤波并被馈送到三相负载18,三相负载18可以表示电力网、建筑物电力系统、电动机等等。

[0018] 逆变器系统14可以包括作为DC到DC转换器的升压转换器20和作为DC-AC转换器的三相逆变器22。如所示,升压转换器20具有两个DC输入,其中每一个DC输入接收串联连接的太阳能电池板12的对应串S1、S2的DC输出。每一个串S1的DC输出电压被称作“ V_S ”。尽管升压转换器20被图示为具有两个DC输入,但升压转换器20可以具有单个DC输入或多于两个DC输入并可以从除太阳能电池板12外的器件接收功率。

[0019] 在操作中,升压转换器20会将这两个串S1和S2的DC输出电压 V_S 升压到期望DC输出电压 V_B ,该期望DC输出电压 V_B 被馈送到三相逆变器22。三相逆变器22会以期望频率(诸如50或60赫兹)将来自升压转换器20的DC输出电压 V_B 转换成期望三相输出电压 $V_{3\Phi}$ 。升压转换器20和三相逆变器22可以被一起封装在适当的密封且防风雨的外壳24中。

[0020] 在一个实施例中,为了实现(线到线测量的)480伏RMS的三相输出电压 $V_{3\Phi}$,应当给三相逆变器22呈现至少650伏的(来自升压转换器20的)DC输出电压 V_B 、800伏的目标DC输出电压 V_B 。照此,升压转换器20会将串S1和S2的可变DC输出电压 V_S 升压到至少650伏的DC输出电压 V_B ,且如果基于串S1和S2的DC输出电压 V_S 的电平可实现的话,升压到800伏的固定DC输出电压 V_B 。在另一实施例中,为了实现(线到线测量的)690伏RMS的三相输出电压 $V_{3\Phi}$,应当给三相逆变器22呈现至少935伏的(来自升压转换器20的)DC输出电压 V_B 、1000伏的目标DC输出电压 V_B 。照此,升压转换器20会将串S1和S2的DC输出电压 V_S 升压到至少935伏的DC输出电压 V_B ,且如果基于串S1和S2的DC输出电压 V_S 的电平可实现的话,升压到1000伏的DC输出电压 V_B 。

[0021] 现在转至图2,图示了示例性升压转换器20的高级示意图。尽管该特定升压转换器配置作为示例而被提供,但本公开的概念将等同适用于对本领域技术人员来说已知的任何数目的升压转换器配置。所图示的升压转换器20具有四通道交织升压转换器配置。每一个通道是利用字母A至D命名的,且合并足够的电路以提供DC到DC转换。

[0022] 通道A和B被布置成处理来自串S1的DC输出,并且通道C和D被布置成处理来自串S2的DC输出。特别地,串S1的太阳能电池板12耦合在端子TM1和TM2之间,端子TM1和TM2分别耦合到共模扼流圈CH1的相对线圈的输入。大电容器C1可以跨端子TM1和TM2耦合。共模扼流圈CH1的上线圈的输出表示针对通道A和B的输入。大电容器C2耦合在针对通道A和B的输入与地之间。共模扼流圈CH1的下线圈的输出连结到地。

[0023] 通道A端接于节点N0处,并包括沿串联路径的串联电感器L1以及一对并联二极管D1和D2。二极管D1和D2的阳极耦合到电感器L1,并且阴极耦合到输出节点N0。在沿主路径且处于电感器L1与二极管D1和D2之间的点处,提供对地的分流电路。分流电路包括一对并联晶体管T1和T2以及至少一个反并联二极管D3。二极管D3可以表示集成在晶体管T1和T2内的体二极管,或可以是附加二极管。照此,晶体管T1和T2的栅极、漏极和源极分别直接耦合到彼此。二极管D3以反并联的方式跨晶体管T1和T2的漏极和源极耦合。在该实施例中,分流电路被视为主切换电路。针对转换器的主切换电路将包括切换最大电流和/或电压的那些晶体管。

[0024] 如所标注的那样,通道A和通道B共享相同输入。像通道A那样,通道B端接于节点N0

处，并包括串联电感器L2以及一对并联二极管D4和D5。在处于电感器L2与二极管D4和D5之间的点处，提供对地的分流电路。分流电路包括一对并联晶体管T3和T4以及至少一个反并联二极管D6。二极管D6可以表示集成在晶体管T3和T4内的体二极管，或可以是附加二极管。如上，晶体管T3和T4的栅极、漏极和源极分别直接耦合到彼此。

[0025] 通道C和D被布置成处理来自串S2的输出。串S2的太阳能电池板12耦合在端子TM3和TM4之间，端子TM3和TM4分别耦合到共模扼流圈CH2的相对线圈的输入。大电容器C3可以跨端子TM3和TM4耦合。共模扼流圈CH2的上线圈的输出表示针对通道C和D的输入。另一大电容器C4耦合在针对通道C和D的输入与地之间。共模扼流圈CH2的下线圈的输出连结到地。

[0026] 像通道A和B那样，通道C端接于节点N0处，并包括串联电感器L3以及一对并联二极管D7和D8。在处于电感器L3与二极管D7和D8之间的点处，提供对地的分流电路。分流电路包括一对并联晶体管T5和T6以及至少一个反并联二极管D9。

[0027] 像通道A、B和C那样，通道D端接于节点N0处，并包括串联电感器L4以及一对并联二极管D10和D11。在处于电感器L4与二极管D10和D11之间的点处，提供对地的分流电路。分流电路包括一对并联晶体管T7和T8以及至少一个反并联二极管D12。分流电路的晶体管T1-T8一般被称作针对升压转换器20的切换晶体管。一对串联电容器C5和C6耦合在节点N0与地之间。节点N0表示升压转换器20的输出，并且照此，DC输出电压V_B被提供在节点N0处。

[0028] 模拟或数字升压控制器26控制升压转换器20的总体升压功能。一般而言，通道A和B会将串S1的DC输出电压V_S转换成期望DC输出电压V_B。通道C和D会将串S2的DC输出电压V_S转换成期望输出电压V_B。特别地，不是所有通道都需要同时操作。例如，在某些条件下，这四个通道A至D中的仅一个、两个或三个需要在任何给定时间处操作。确定要操作的通道A至D的数目可以取决于负载需求、相应串S1和S2的输出功率等等。

[0029] 进一步，串S1和S2的DC输出电压V_S可以在任何给定时间处不同以及连续地随时间变化。照此，为了将串S1和S2的连续变化且潜在地不同的输出电压V_S转换成期望(且公共)输出电压V_B，升压控制器26将动态地控制通道A至D的个体升压功能。在该实施例中，升压控制器26监视针对通道A和B的输入处的第一输入电流I₁、针对通道C和D的输入处的第二输入电流I₂、以及DC输出电压V_B，以确定如何控制针对通道A至D中的每一个的个体升压功能。

[0030] 每一个通道A至D是通过利用个体控制信号驱动并联晶体管T1-T2(通道A)、T3-T4(通道B)、T5-T6(通道C)和T7-T8(通道D)的对应的栅极来个体控制的。这些控制信号可以是具有可变占空比的脉冲宽度调制(PWM)信号。实质上，每一个控制信号的占空比控制针对对应通道A至D的有效电压增益。增加占空比增加了电压增益，并且反之亦然。通过监视针对给定通道A至D的输入电流I₁、I₂以及输出电压V_B，升压控制器26可以调整针对对应控制信号的占空比，以确保输出电压V_B维持期望电平。

[0031] 对于通道A，当对应控制信号处于接通晶体管T1-T2的状态中时，通过晶体管T1-T2将经过电感器L1的电流引导到地。在该阶段期间，基于晶体管T1-T2保持接通多长时间，使流经电感器L1的电流向着期望水平增加。二极管D1-D2将阻碍电流从节点N0流回到通道A中。当控制信号处于关断晶体管T1-T2的状态中时，流经电感器L1的电流通过二极管D1和D2而被迫使到节点N0，并给电容器C5、C6充电或驱动三相逆变器22。通道B至D以相同方式操作。

[0032] 当所有或多个通道A至D正在操作时，贯穿切换时段，可以使相应控制信号的相位

偏移。假定每一个控制信号具有相同操作频率，则使控制信号的相位偏移使来自通道A至D中的每一个在节点N0处出现的输出波形偏移。使来自不同通道A至D的输出波形偏移往往显著地减少在节点N0处在输出电压V_B中出现的波纹的量。在操作期间，升压控制器26可以实现最大功率点跟踪(MPPT)，其是本领域技术人员已知的技术，用以基于太阳能电池板12在任何给定时间处的输出来收获来自这些太阳能电池板12的最大功率。

[0033] 在一个实施例中，晶体管T1-T8和二极管D1-D12是碳化硅功率器件。晶体管T1-T8可以是半导体场效应晶体管(MOSFET)、绝缘栅双极结型晶体管(IGBT)等等上的金属。二极管D1-D12可以是硅PIN或肖特基(Schottky)二极管。

[0034] 与软切换相反，通过针对晶体管T1-T8和二极管D1-D12使用碳化硅，可以对晶体管进行硬切换，并且晶体管以比硅基系统高得多的切换频率进行操作。当在从相反状态接通或关断晶体管时跨晶体管的电压和经过晶体管的电流均不为零时，硬切换发生。软切换一般需要附加电路和更复杂的切换控制来确保在从相反状态接通或关断晶体管时跨晶体管的电压或经过晶体管的电流为零。照此，当允许硬切换时，升压控制器26不必采用如此复杂的控制方案，并且由于附加软切换电路不是必要的，因此电子器件简单得多、占据更少空间且重量更小。示例性碳化硅晶体管是C2M0080120D，并且示例性碳化硅二极管是C4D10120D，其由Durham, NC的Cree公司制造。

[0035] 分流电路的晶体管T1-T8的切换频率可以超过70千赫兹且可以典型地落在70千赫兹到100千赫兹之间的范围内。示例性切换频率是75千赫兹。与碳化硅基系统相反，硅基系统一般被限于以25千赫兹或更小进行操作。一般而言，更高切换频率对应于更高转换效率。升压转换器20可以在800伏、1000伏和更高处针对处于和超过5千瓦、10千瓦和25千瓦的输出功率水平提供大于99%以及甚至99.25%的输出效率。

[0036] 特别地，可以在单个印刷电路板(PCB)上提供包括相对较大共模扼流圈CH1、CH2和电感器L1、L2、L3、L4的针对升压转换器20的电路。在该配置(且包括印刷电路板和所图示的电子器件)中，升压转换器20具有可超过7千瓦每千克且在7千瓦每千克到21千瓦每千克的范围内操作的功率与重量比。当提供这些水平处的功率时，强制空气冷却可能是必要的。

[0037] 参照图3，提供了三相逆变器22的示例性配置。尽管许多不同类型的逆变器可以利用本文公开的概念，但在该示例中使用三级T型逆变器架构。一般而言，三相逆变器22包括三个相脚(phase leg)PL1、PL2和PL3、顶轨TR和底轨BR。针对三个相脚PL1、PL2和PL3的电路以相似方式工作。相脚PL1、PL2和PL3中的每一个起作用以将来自升压转换器20的DC输出电压V_B转换成正弦输出。仅有的区别是：三个相脚PL1、PL2和PL3的输出O₁、O₂和O₃处的AC电压和电流彼此异相120度。最初详细描述相脚PL1的电路和操作。

[0038] 三相逆变器22包括两个串联电容器C7、C8，其耦合在顶轨TR与底轨BR之间。电容器C7、C8之间提供的节点提供中性节点N。中性节点N表示公共点，相脚PL1、PL2和PL3中的每一个从该公共点分支。

[0039] 相脚PL1包括串联连接在中性节点N与输出O₁之间的双向辅助开关和电感器L5。双向辅助开关包括两个晶体管T9、T10以及两个二极管D12、D13。在下面将进一步描述的某些条件下，双向辅助开关被配置成使得电流可以从中性节点N经过晶体管T9和二极管D13流到输出O₁，并可以从输出O₁经过晶体管T10和二极管D12流到中性节点N。

[0040] 双向辅助开关与电感器L5之间的节点经由上主开关耦合到顶轨TR且经由下主开

关耦合到底轨BR。上主开关是包括两个并联连接的晶体管T11、T12和至少一个反并联二极管D14的切换电路，该至少一个反并联二极管D14可以是针对晶体管T11、T12之一的外部二极管或体二极管。类似地，下主开关包括两个并联连接的晶体管T13、T14和至少一个反并联二极管D15，该至少一个反并联二极管D15可以是针对晶体管T13、T14之一的外部二极管或体二极管。晶体管T11、T12的漏极、栅极和源极各自分别直接耦合在一起。晶体管T13、T14的漏极、栅极和源极以相同方式耦合。在该实施例中，上和下主开关各自被视为主切换电路。针对逆变器的主切换电路将包括切换最大电流和/或电压的那些晶体管。

[0041] 三相逆变器22还包括逆变器控制器28，该逆变器控制器28可以是模拟的或数字的且被配置成针对脚PL1、PL2和PL3中的每一个的双向辅助开关、上主开关和下主开关提供独立控制信号CS。再次主要参照相脚PL1，采用四个控制信号。第一控制信号CS1被提供给上主开关中的两个晶体管T11、T12的栅极；第二控制信号CS2被提供给下主开关中的晶体管T13、T14的栅极；第三控制信号CS3被提供给双向辅助开关中的晶体管T9的栅极，并且第四控制信号CS4被提供给双向辅助开关中的晶体管T10的栅极。

[0042] 如所指出，针对相脚PL1、PL2和PL3中的每一个的目标是从DC信号创建正弦AC输出信号，在该情况下，DC信号是来自升压转换器20的输出电压V_B。对于相脚PL1，本质上存在三个操作状态。第一状态对应于正弦AC输出信号的正半周期，第二状态对应于正弦AC输出信号的负半周期，并且第三状态对应于正弦AC输出信号的零交叉。

[0043] 在当正在生成正半周期时的第一状态期间，控制信号CS2和CS4被配置成关断下主开关的并联晶体管T13、T14以及关断双向辅助开关的晶体管T10。进一步，控制信号CS1和CS3被配置成以互补的方式接通和关断上主开关的并联晶体管T11、T12和双向辅助开关的晶体管T9。照此，在正半周期期间在顶轨TR与中性节点N之间快速切换双向辅助开关与电感器L5之间的节点，以控制经过电感器L5的正电流流动。在一个实施例中，控制信号CS1和CS3是在正半周期的开始和结束处比在正半周期的中间中提供更窄（更低占空比）脉冲的互补正弦PWM信号。

[0044] 在当正在生成负半周期时的第二状态期间，控制信号CS1和CS3被配置成关断上主开关的并联晶体管T11、T12以及关断双向辅助开关的晶体管T9。进一步，控制信号CS2和CS4被配置成以互补的方式接通和关断下主开关的并联晶体管T13、T14和双向辅助开关的晶体管T10。照此，在负半周期期间在底轨BR与中性节点N之间快速切换双向辅助开关与电感器L5之间的节点，以控制经过电感器L5的负电流流动。对于正半周期，控制信号CS1和CS3还可以是互补正弦PWM信号。在AC输出信号中的零交叉（第三状态）附近，上主开关、下主开关和双向辅助开关中的所有晶体管可以通过它们的对应控制信号CS1至CS4而关断。

[0045] 相脚PL2和PL3的操作和配置与相脚PL1相似。相脚PL2包括串联连接在中性节点N与输出O₂之间的双向辅助开关和电感器L6。双向辅助开关包括两个晶体管T15、T16和两个二极管D16、D17。双向辅助开关与电感器L6之间的节点经由上主开关耦合到顶轨TR且经由下主开关耦合到底轨BR。

[0046] 上主开关包括两个并联连接的晶体管T17、T18和至少一个反并联二极管D18，该至少一个反并联二极管D18可以是针对晶体管T17、T18之一的外部二极管或体二极管。类似地，下主开关包括两个并联连接的晶体管T19、T20和至少一个反并联二极管D19，该至少一个反并联二极管D19可以是针对晶体管T19、T20之一的外部二极管或体二极管。晶体管T17、

T18的漏极、栅极和源极各自分别直接耦合在一起。晶体管T19、T20的漏极、栅极和源极以相同方式耦合。针对与控制信号的配置相关联的细节,参考与相脚PL1相关联的描述。

[0047] 相脚PL3也包括串联连接在中性节点N与输出O₃之间的双向辅助开关和电感器L7。双向辅助开关包括两个晶体管T21、T22和两个二极管D20、D21。双向辅助开关与电感器L7之间的节点经由上主开关耦合到顶轨TR且经由下主开关耦合到底轨BR。

[0048] 上主开关包括两个并联连接的晶体管T23、T24和至少一个反并联二极管D22,该至少一个反并联二极管D22可以是针对晶体管T23、T24之一的外部二极管或体二极管。类似地,下主开关包括两个并联连接的晶体管T25、T26和至少一个反并联二极管D23,该至少一个反并联二极管D23可以是针对晶体管T25、T26之一的外部二极管或体二极管。晶体管T23、T24的漏极、栅极和源极各自分别直接耦合在一起。晶体管T25、T26的漏极、栅极和源极以相同方式耦合。针对与控制信号的配置相关联的细节,参考与相脚PL1相关联的描述。还要注意,电容器C9、C10和C11耦合在相应输出O₁、O₂和O₃之间。

[0049] 为了维持在输出O₁、O₂和O₃处提供的三个正弦AC输出信号的适当相位、频率和幅度,逆变器控制器28可以监视各种相脚PL1、PL2和PL3的输出电流I₀连同来自升压转换器20的DC输出电压V_B,并基于此来生成各种控制信号CS。本领域技术人员将领会到,可替换的逆变器配置是可用的,并且本公开的概念适用于这些配置。进一步,本领域技术人员将认识到用于生成期望AC输出信号的可替换控制方案。

[0050] 如在升压转换器20中那样,三相逆变器22的晶体管T9-T26和二极管D12-D23可以是碳化硅功率器件。晶体管T9-T26可以是MOSFET、IGBT等等。二极管D12-D23可以是硅Pin或肖特基二极管。示例性碳化硅晶体管是C2M0080120D,并且示例性碳化硅二极管是C4D10120D,其由Durham, NC的Cree公司制造。

[0051] 与软切换相反,通过针对晶体管T9-T26和二极管D12-D23使用碳化硅,可以对晶体管进行硬切换,并且晶体管以比硅基系统高得多的切换频率进行操作。照此,当允许硬切换时,逆变器控制器28不必采用如此复杂的控制方案,并且由于附加软切换电路不是必要的,因此电子器件简单得多、占据更少空间且重量更小。分流电路的晶体管T9-T26的切换频率可以超过35千赫兹且可以典型地落在35千赫兹到60千赫兹之间的范围内。示例性切换频率是35千赫兹。进一步,对于空气冷却系统,在其包括外壳24和所有电子器件的总体逆变器系统14可以具有重量和大于1千瓦/千克的输出功率与重量比。在一个实施例中,逆变器系统14可以实现约1千瓦/千克与3千瓦/千克之间的输出功率与重量比。

[0052] 本领域技术人员将认识到对本公开的优选实施例的改进和修改。所有这样的改进和修改是在本文公开的概念和所附权利要求书的范围内考虑的。

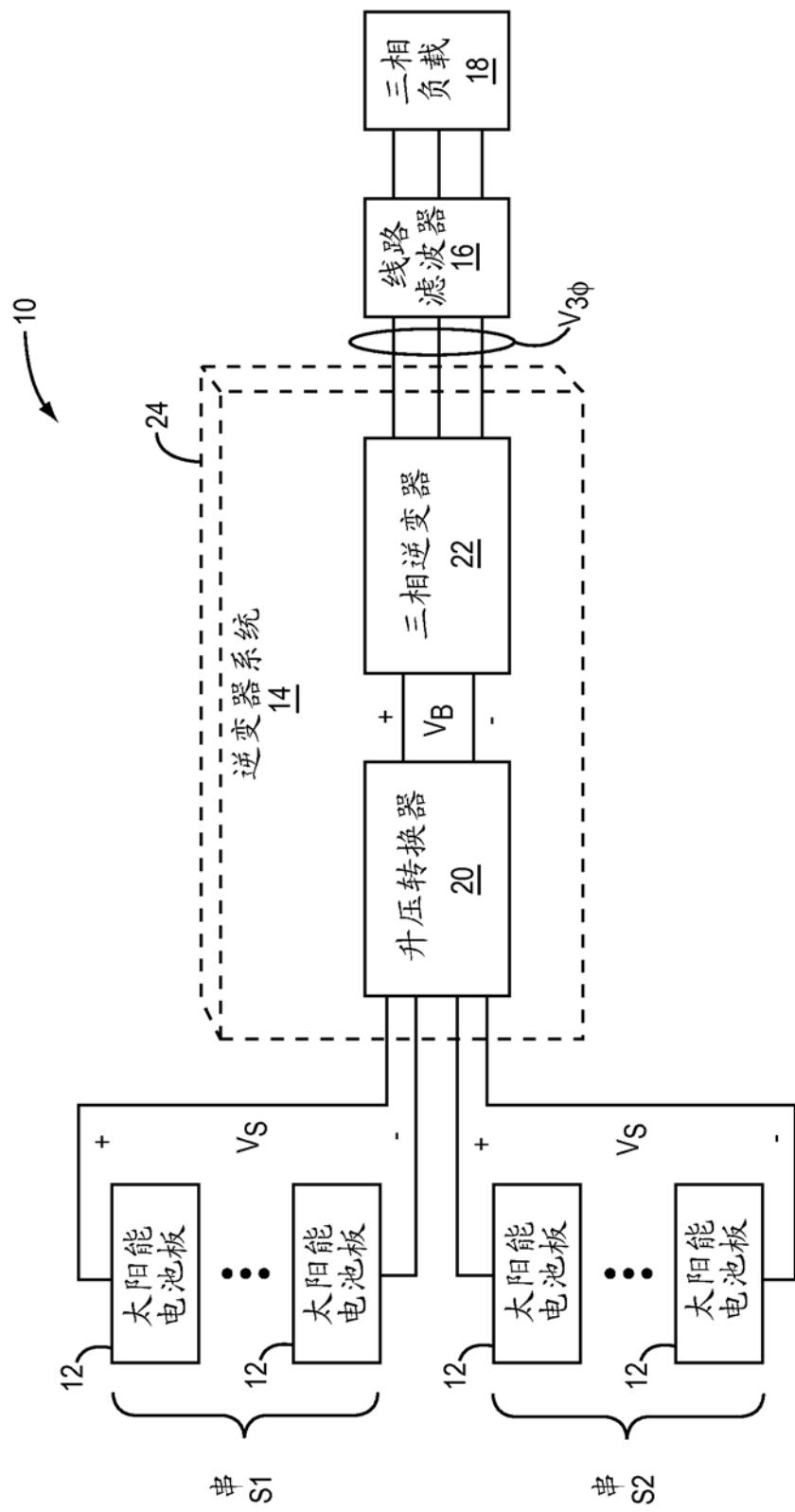


图 1

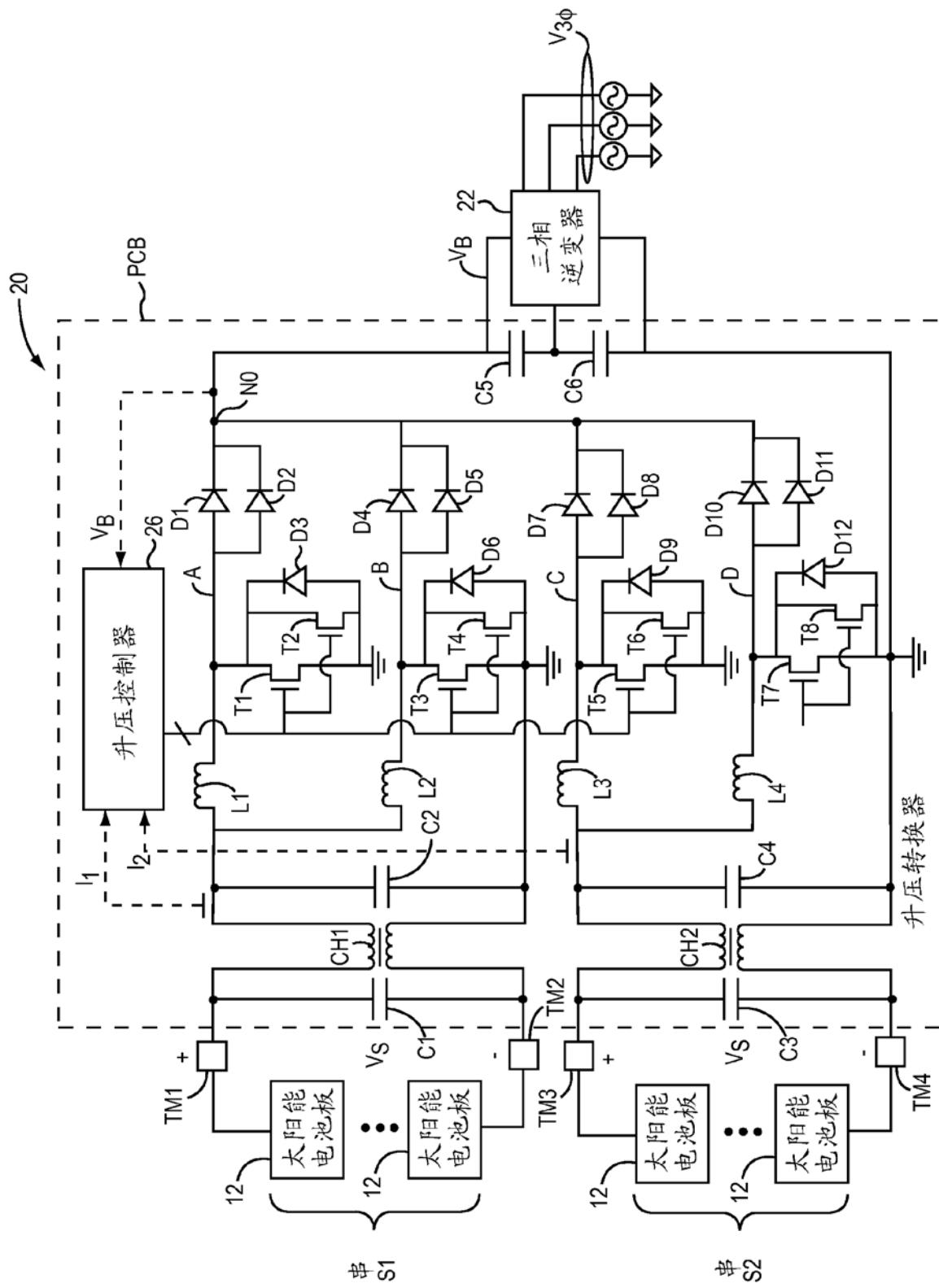


图 2

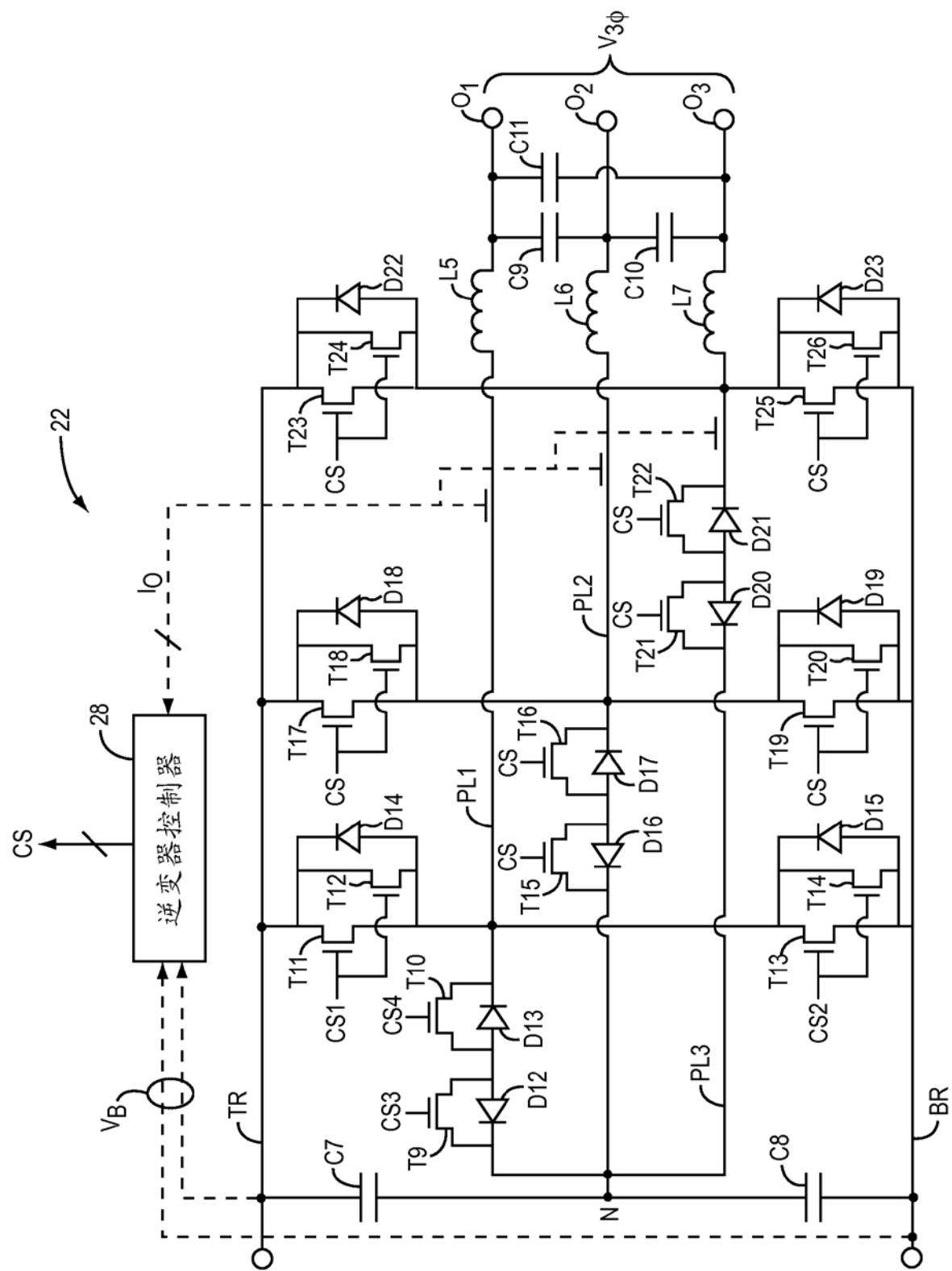


图 3