



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 107112923 B

(45)授权公告日 2019.10.08

(21)申请号 201480084286.4

(22)申请日 2014.12.22

(65)同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 107112923 A

(43)申请公布日 2017.08.29

(85)PCT国际申请进入国家阶段日  
2017.06.21

(86)PCT国际申请的申请数据  
PCT/EP2014/079057 2014.12.22

(87)PCT国际申请的公布数据  
W02016/101985 EN 2016.06.30

(73)专利权人 ABB瑞士股份有限公司  
地址 瑞士巴登

(72)发明人 S·萨布拉玛尼安

(74)专利代理机构 北京市金杜律师事务所  
11256

代理人 王茂华

(51)Int.Cl.

H02M 7/757(2006.01) (续)

(56)对比文件

WO 2014082657 A1,2014.06.05,  
CN 102656764 A,2012.09.05,  
CN 102170110 A,2011.08.31, (续)

审查员 储维坤

权利要求书2页 说明书11页 附图6页

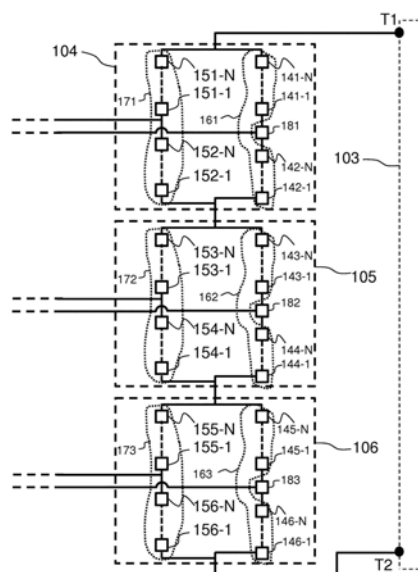
(54)发明名称

具有晶闸管阀的模块化多电平变换器

(57)摘要

公开一种接口装置(100),被配置成将交流AC电力系统(102)与直流DC电力系统(103)耦合,或反之亦然。接口装置(100)包括多个串联连接的变换器模块(104,105,106)。各变换器模块(104,105,106)包括被配置成例如基于DC电力系统的电压向AC波形的至少一部分提供电压贡献的至少一个多电平变换器单元(141-1, ..., 141-N, 142-1, ..., 142-N, 143-1, ..., 143-N, 144-1, ..., 144-N, 145-1, ..., 145-N, 146-1, ..., 146-N)。各变换器模块(104,105,106)包括被电连接至多电平变换器单元(141-1, ..., 141-N, 142-1, ..., 142-N, 143-1, ..., 143-N, 144-1, ..., 144-N, 145-1, ..., 145-N, 146-1, ..., 146-N)且包括至少两个反并联晶闸管的至少一个换流阀(151-1, ..., 151-N, 152-1, ..., 152-N, 153-1, ..., 153-N, 154-1, ..., 154-N, 155-1, ..., 155-N, 156-1, ..., 156-N)。换流阀(151-1, ..., 151-N, 152-1, ..., 152-N, 153-1, ..., 153-N, 154-1, ..., 154-N, 155-1, ..., 155-N, 156-1, ..., 156-N)可在具有选定电流传导方向的导通状态与非导通状态之间可控地切换以便选

择性地控制由至少一个多电平变换器单元(141-1, ..., 141-N, 142-1, ..., 142-N, 143-1, ..., 143-N, 144-1, ..., 144-N, 145-1, ..., 145-N, 146-1, ..., 146-N)提供的任何电压贡献的极性。换流阀(151-1, ..., 151-N, 152-1, ..., 152-N, 153-1, ..., 153-N, 154-1, ..., 154-N, 155-1, ..., 155-N, 156-1, ..., 156-N)也可以用作故障保护例如以使过电流转移。



CN 107112923 B

[转续页]

[接上页]

(51) Int.Cl.

*H02M 7/797*(2006.01)

(56)对比文件

US 6118676 A,2000.09.12,

1. 一种接口装置(100),被配置成将包括多个相的交流AC电力系统(102)与直流DC电力系统(103)耦合,所述接口装置包括:

多个变换器模块(104,105,106),用于DC电力到AC电力的转换,或反之亦然,所述多个变换器模块被串联地电连接,各变换器模块与其中的一个相对应并且被配置成提供AC波形的至少一部分,并且各变换器模块包括:

至少一个多电平变换器单元(141-1, ..., 141-N, 142-1, ..., 142-N, 143-1, ..., 143-N, 144-1, ..., 144-N, 145-1, ..., 145-N, 146-1, ..., 146-N),各多电平变换器单元被配置成基于所述DC电力系统的电压向所述AC波形提供电压贡献;和

被电连接至所述至少一个多电平变换器单元的至少一个换流阀(151-1, ..., 151-N, 152-1, ..., 152-N, 153-1, ..., 153-N,

154-1, ..., 154-N, 155-1, ..., 155-N, 156-1, ..., 156-N),

其中所述接口装置被配置成使得所述至少一个换流阀能够受控地在具有选定电流导通方向的导通状态和非导通状态之间切换,其中所述至少一个换流阀包括至少两个反并联的晶闸管(194,195);

所述接口装置进一步包括控制单元(101),所述控制单元(101)被配置成至少关于所述至少一个换流阀的切换控制所述至少一个换流阀的操作,关于切换的所述控制包括选择性地控制由所述至少一个多电平变换器单元提供的任何电压贡献的极性,其中所述控制单元被配置成响应于接收指示出所述接口装置中存在故障电流的指示而控制所述至少一个换流阀的切换,以便使所述故障电流按路线通过所述至少一个换流阀并绕过所述至少一个多电平变换器单元的至少一部分。

2. 根据权利要求1所述的接口装置,各变换器模块进一步包括至少一个换向单元(181, 182, 183),其被电连接至所述至少一个换流阀并且能够切换以便选择性地引起所述至少一个换流阀进入所述非导通状态。

3. 根据权利要求2所述的接口装置,其中所述至少一个换向单元包括能来自DC电力系统的DC电力选择性地充电并选择性地放电的至少一个电能存储元件(186-1, 186-2),其中通过所述换向单元的切换,所述电能存储元件能提供跨所述晶闸管中的至少一个晶闸管的选择电压,以便使所述至少一个晶闸管切换成非导通状态。

4. 根据权利要求2或3所述的接口装置,其中所述至少一个换向单元包括全桥单元。

5. 根据权利要求1至3中的任一项所述的接口装置,各多电平变换器单元包括能来自所述DC电力系统的DC电力选择性地充电并选择性地放电的至少一个电能存储元件(193),各多电平变换器单元被配置成基于所述电能存储元件的电压向所述AC电压波形提供电压贡献。

6. 根据权利要求1至3中的任一项所述的接口装置,其中所述多个变换器模块被串联地电连接在第一DC极(T1)与第二DC极(T2)之间,或在DC极与大地之间。

7. 根据权利要求6所述的接口装置,其中所述控制单元被配置成响应于接收指示出由在所述第一DC极和所述第二DC极中的一个处的故障引起的在所述接口装置中的故障电流的存在的指示而控制所述至少一个换流阀的切换,以便使来自所述第一DC极和所述第二DC极中的存在有故障的一个的所述故障电流按路线通过所述至少一个换流阀到所述第一DC极和所述第二DC极中的另一个,其中所述至少一个多电平变换器单元的至少一部分被绕

过。

8. 根据权利要求1至3中的任一项所述的接口装置,其中各变换器模块包括:

被电连接在多电平变换器单元臂(161,162,163)中的多个多电平变换器单元(141-1, ..., 141-N, 142-1, ..., 142-N, 143-1, ..., 143-N, 144-1, ..., 144-N, 145-1, ..., 145-N, 146-1, ..., 146-N);和

被电连接在换流阀臂(171,172,173)中的多个换流阀(151-1, ..., 151-N, 152-1, ..., 152-N, 153-1, ..., 153-N, 154-1, ..., 154-N, 155-1, ..., 155-N, 156-1, ..., 156-N)。

9. 根据权利要求8所述的接口装置,进一步包括被连接在所述AC电力系统与所述换流阀臂的中点和所述多电平变换器单元臂的中点之间的至少一个变压器(107,108,109)。

10. 根据权利要求8所述的接口装置,其中所述多电平变换器单元臂和所述换流阀臂并联地电连接。

11. 根据权利要求2或3所述的接口装置,其中各变换器模块包括:

被电连接在多电平变换器单元臂(161,162,163)中的多个多电平变换器单元(141-1, ..., 141-N, 142-1, ..., 142-N, 143-1, ..., 143-N, 144-1, ..., 144-N, 145-1, ..., 145-N, 146-1, ..., 146-N);

其中所述多电平变换器单元臂中的所述多电平变换器单元中的至少一个包括全桥单元,并且其中所述至少一个换向单元包括含全桥单元的所述至少一个多电平变换器单元,或者由含全桥单元的所述至少一个多电平变换器单元构成。

12. 根据权利要求11所述的接口装置,其中所述多电平变换器单元臂中的所述多个多电平变换器单元中的每一个包括全桥单元,并且其中所述至少一个换向单元包括所述多电平变换器单元臂中的所述多电平变换器单元中的任一个,或者由所述多电平变换器单元臂中的所述多电平变换器单元中的任一个构成。

13. 根据权利要求1至3中的任一项所述的接口装置,其中所述至少一个多电平变换器单元包括半桥单元或全桥单元。

14. 一种换流站,被配置成将交流电力系统(102)与直流电力系统(103)耦合,所述换流站包括根据权利要求1至13中的任一项所述的接口装置(100)。

15. 一种电力系统(200),包括交流AC电力系统(102)和直流DC电力系统(103),所述电力系统包括被配置成将所述AC电力系统与所述DC电力系统耦合的根据权利要求1至13中的任一项所述的接口装置(100)。

## 具有晶闸管阀的模块化多电平变换器

### 技术领域

[0001] 本发明大体涉及电力传输系统的领域,例如高压直流(HVDC)电力传输系统。具体地,本发明涉及交流(AC)电力系统与直流(DC)电力系统之间的接口装置、例如AC电力系统与DC电力系统之间的换流站(converter station)。

### 背景技术

[0002] 归因于对电力供给或输送及相互连接的电力传输和配电系统的不断增加的需要,HVDC电力传输变得越来越重要。诸如电功率配电或传输系统等的电力系统一般包括用于保护、监测和控制包括在电力系统中的其他组成部件的操作和/或功能性的保护系统,该其他组成部件因此可以被称为被保护单元。这样的保护系统可以例如能够检测电力系统的电力线路、变压器和/或其他部件或组成部件中的短路、过电流和过电压。保护系统可以包括保护设备,诸如断路器,用于通过使断路器断开或跳闸而将例如在电力传输和配电系统线路中发生的任何可能的故障隔离。在故障已清除之后,例如通过对检测到故障的组成部件进行修理和/或维修,可以通过使断路器闭合来恢复功率流。

[0003] 已知接口装置连接在AC电力系统与DC电力系统之间。这样的布置典型地包括变换器,诸如电压源变换器,用于AC电力到DC电力的转换,或反之亦然。接口装置具有用于耦合至DC电力系统的DC侧和用于耦合至AC电力系统的AC侧。接口装置往往包括具有连接至AC系统的初级侧和用于耦合至变换器的次级侧的变压器。

[0004] 例如在HVDC电力系统中,一般包括有包括或构成HVDC换流站的接口装置,HVDC换流站是被配置成将高压DC转换成AC(或反之亦然)的一种类型的站。HVDC换流站可以包括诸如变换器自身(或者串联或并联连接的多个变换器)、一个或多个变压器、电容器、滤波器和/或其他辅助元件等的多个元件。变换器可以包括诸如半导体器件等的多个基于固态的器件并且可以被分类为线路换向变换器或电压源变换器、例如取决于变换器上采用的开关(或开关器件)的类型。诸如IGBT等的多个固态半导体器件可以被连接到一起、例如串联连接,以形成HVDC变换器的构建块或单元。

[0005] 例如关于用于离岸应用的HVDC变换器,一个关注点可能是换流站的体积,一般期望其尽可能小。换流站的体积的减小一般势必造成换流站的成本上的减小并且还有例如离岸平台的成本上的减小。与经典变换器相比,模块化多电平变换器(MMC)通常具有相对小的体积或“占用空间”,因为MMC一般不要求通常具有相对大的体积或占用空间的AC滤波器或DC无源滤波器。MMC可以例如包括作为构建块的级联两电平(CTL)变换器单元。变换器体积与变换器单元的数量成正比。各CTL变换器单元通常包括作为开关或开关器件的两个IGBT和电能存储元件。诸如电容器等的电能存储元件一般具有相对大的体积或占用空间。用于减小变换器体积的一个可能性是减少变换器单元的数量。

### 发明内容

[0006] 可以使用不同的HVDC变换器拓扑,其示例是并联MMC和串联MMC。在具有并联MMC拓

扑的HVDC变换器中,变换器相脚被并联地电连接在DC极(参照HVDC变换器的双极布置)之间,并且包括级联的变换器单元,其例如可以是半桥变换器单元(两电平)或全桥变换器单元(三电平)。各相脚通常包括两个相臂,其可以被称为正变换器臂和负变换器臂,或者上变换器臂和下变换器臂。各变换器臂可以被构造成以便能够承受DC极-DC极电压。在具有串联MMC拓扑的HVDC变换器中,变换器相脚被跨DC极串联地电连接(再次参照HVDC变换器的双极布置)。对于并联MMC拓扑变换器,各相脚通常包括两个相臂,其可以被称为正变换器臂和负变换器臂,或者上变换器臂和下变换器臂。

[0007] 串联MMC拓扑变换器所要求的变换器单元的总数量可以是并联MMC拓扑变换器所要求的变换器单元的总数量的一半或大约一半。因此,基于所要求的组成部件的总数量的减少和换流站所要求的较小体积两者,与使用并联MMC拓扑变换器相比,使用串联MMC拓扑变换器可以势必造成较低成本。即使与使用并联MMC拓扑变换器相比,通过使用串联MMC拓扑变换器可以获得在变换器体积上的显著减小,对于要求更小空间的换流站是期望的。

[0008] 鉴于以上情况,本发明的关注点是提供被配置将交流(AC)电力系统与直流(DC)电力系统耦合的接口装置,其可以允许便于变换器体积上的减小。

[0009] 为解决该关注点和其他关注点中的至少一个,提供了如本文下面所述的接口装置。优选实施例由如本文下面所述的其它实施例限定。

[0010] 根据第一方面,提供有一种被配置成将AC电力系统与DC电力系统耦合(或反之亦然)的接口装置。接口装置包括用于AC电力到DC电力的转换(或反之亦然)的多个变换器模块。变换器模块被串联地电连接。各变换器模块被配置成提供AC波形(例如AC电压波形)的至少一部分。各变换器模块包括至少一个多电平变换器单元,其中各多电平变换器单元被配置成例如基于DC电力系统的电压向AC电压波形提供电压贡献。各变换器模块包括被电连接至至少一个多电平变换器单元的至少一个换流阀。接口装置被配置或布置成使得至少一个换流阀可在具有选定电流传导方向的导通状态与非导通状态之间可控地切换,以便选择性地控制由至少一个多电平变换器单元提供的任何电压贡献的极性。至少一个换流阀包括至少两个反并联的晶闸管。

[0011] 接口装置可以例如被包括在换流站(例如HVDC换流站中)或构成换流站(例如HVDC换流站)。

[0012] 通过变换器模块,其中的每一个包括被串联地电连接的至少一个多电平变换器单元,接口装置采用了串联MMC拓扑。与采用并联MMC拓扑相比,可以获得变换器体积上的减小。进而,这可以允许用于接口装置的相对低的成本,和进一步的在其中采用接口装置的任何应用(例如如离岸应用中)的HVDC变换器的成本降低。此外,通过包括多电平变换器单元的变换器模块,接口装置可以根据MMC原理操作,由此,总变换器体积可以保持相对低,因为MMC一般不要求AC滤波器或DC无源滤波器。

[0013] 各多电平变换器单元被配置成基于例如DC电力系统的电压向AC电压波形提供电压贡献。多电平变换器单元因此可以用于合成期望的AC电压波形,以满足或者AC电力系统或者DC电力系统的要求。接口装置因此可以被操作为电压源变换器,其中DC侧电压建立AC侧电压。

[0014] 至少一个换流阀可以替代地被称为导向阀(director valve),或AC波形成形器,因为至少一个换流阀可以选择性地控制由至少一个多电平变换器单元提供的任何电压贡

献的极性。与使用包括诸如IGBT等的开关或开关器件以及反并联二极管的换流阀相比,包括至少两个反并联晶闸管的至少一个换流阀的使用可以提供若干优点。

[0015] 例如,在某些情况期间、一般在异常情况期间、诸如在DC电力系统中、接口装置中和/或DC电力系统中的故障期间,可能存在有接口装置的组成部件会经受到的相对高的电流并因此是相对高的电压。例如在变换器模块的AC侧或AC母线上的单相到负DC极故障期间(例如,在变换器模块与布置在变换器模块和AC电力系统间的变压器之间的电流路径中),变换器模块中的至少一个(例如,最接近DC极的一个)的上或正变换器臂可能归因于故障电流而直接暴露于相对高的DC电压,该DC电压可以给变换器臂中的诸如电容器等的电能存储元件充电。例如在双极多相配置中,这可以适用于最接近正DC极的变换器模块的上或正变换器臂,并且还有最接近负DC极的变换器模块的下、负变换器臂。用于处理这样的状况的一个解决方案是将电能存储元件定额过高以便具有用以处理可能发生的高DC电压的能力。然而,变换器臂中的诸如电容器等的电能存储元件的定额过高会增加换流站的总体积以及其成本两者。

[0016] 借助于包括至少两个反并联晶闸管的至少一个换流阀,可以根据要求或取决于情况的期望使电流选择性地按路线通过至少一个换流阀,例如以便选择性地绕过变换器单元或变换器单元臂。这与使用包括诸如IGBT等的开关或开关元件以及反并联二极管的换流阀相反,这不可以提供电流的选择性按路线以绕过另一组成部件的能力或有限的能力。例如在如前面提到的变换器模块的AC侧或AC母线上的单相到负DC极故障期间,至少一个换流阀可以用于使故障电流按路线通过至少一个换流阀以便绕过例如变换器模块中的至少一个的上或正变换器臂,由此避免变换器模块中的诸如电容器等的电能存储元件(多个)的可能的过度充电,由此可以减小或者甚至避免将变换器模块中的这样的电能存储元件(多个)定额过高的需要。因此,借助于包括至少两个反并联晶闸管的至少一个换流阀,换流站的总体积以及其成本可以被保持相对低。

[0017] 多个变换器模块可以串联地电连接在例如第一DC极与第二DC极之间,或在DC极与大地之间。

[0018] 接口装置可以包括被配置成控制接口装置的一个或多个其他组成部件的操作的控制单元。例如,控制单元可以被配置成至少关于换流阀的切换而控制至少一个换流阀。

[0019] 在电力系统中发生故障、诸如例如DC链路故障的情况下,至少一个换流阀的反并联晶闸管可以用来控制接口装置内的故障电流路径、即借助于至少一个换流阀中的反并联晶闸管的受控切换以选择性地使接口装置内的故障电流路由,以便选择性地使至少一个换流阀在具有选定电流传导方向的导通状态与非导通状态之间切换。

[0020] 例如,控制单元可以配置成响应于接收指示了接口装置中的故障电流的存在的指示而控制至少一个换流阀的切换以便使故障电流按路线通过至少一个换流阀并绕过至少一个多电平变换器单元的至少一部分。优选地,至少一个多电平变换器单元中的诸如电容器等的任何电能存储元件可以被以该方式绕过,以便避免归因于故障电流的电能存储元件的过度充电。指示了接口装置中的故障电流的存在的指示可以例如通过从用于保护、监测和控制包括在电力系统中的组成部件的操作和/或功能性的保护系统或模块而发送至控制单元。指示可以使用如本领域已知的有线和/或无线通信路径来发送。故障可以例如是在以DC极和第二DC极中的一个处的故障,或者变换器模块的AC侧或AC母线上的单相到负DC极故

障。控制单元可以被配置成响应于接收指示了由第一DC极和第二DC极中的一个处的故障引起的接口装置中的故障电流的存在的指示而控制至少一个换流阀的切换以便使来自第一DC极和第二DC极中的存在有故障的一个的故障电流按路线通过至少一个换流阀到第一DC极和第二DC极中的另一个,同时绕过至少一个多电平变换器单元的至少一部分。例如在变换器模块的AC侧或AC母线上的单相到负DC极故障期间,至少一个换流阀可以用于使故障电流按路线通过至少一个换流阀以便绕过例如变换器模块中的至少一个变换器模块的上或正变换器臂,由此避免变换器模块中的诸如电容器等的电能存储元件的可能的过度充电。故障电流于是可以例如经由变换器模块的下或负变换器臂的二极管被路由。二极管浪涌电流额定值优选地基于估计最大故障电流或由估计最大故障电流限定。变换器臂的绕过可以被执行直到布置在变换器模块的AC侧或AC母线与AC电力系统之间的电流路径中的AC断路器已经跳闸或断开。

[0021] 如前面所提到的,至少一个换流阀可在具有选定电流传导方向的导通状态与非导通状态之间可控地切换,以便选择性地控制由至少一个多电平变换器单元提供的任何电压贡献的极性。至少一个换流阀的切换可以例如基于AC电力系统的基频。至少一个换流阀的切换可以例如借助于或基于以与本领域已知的方式生成控制信号(例如,由控制单元)并将控制信号供给至至少一个换流阀(的晶闸管)来执行。

[0022] 例如,至少一个换流阀可以被切换成使得电流被从一对反并联晶闸管中的晶闸管中的一个换向至另一晶闸管,并且切换可以优选地被控制成使得电流从一个晶闸管无缝地并且原则上在任何负载和功率因素条件下换向到另一个。至少一个换流阀的使得电流被从一对反并联晶闸管中的晶闸管中的一个换向至另一晶闸管的切换可以在零电压下或在相对低的电压下执行,由此切换损耗可以被保持相对低。因此,鉴于包括反并联晶闸管的至少一个换流阀,至少一个换流阀(的晶闸管)的切换可以在相对低的频率、电流和/或电压下执行,这可以被称为“软切换”,并且所以可以在给定的时间段期间在电压和/或电流上存在有相对小的改变,由此切换损耗可以被保持相对低。还有,晶闸管与例如IGBT相比具有低导通损耗。

[0023] 至少一个换流阀包括至少两个反并联的晶闸管,并且根据本发明的一个或多个实施例可以仅包括成对反并联晶闸管,或者仅包括不是自换向的开关元件。因此,接口装置被配置成使得至少一个换流阀可在具有选定电流传导方向的导通状态与非导通状态之间可控地切换,以便选择性地控制由至少一个多电平变换器单元提供的任何电压贡献的极性。为此,接口装置或者可能是各变换器模块可以例如包括至少一个换向单元,其被电连接至DC电力系统且电连接至至少一个换流阀。换向单元可以是可切换的以便选择性地引起至少一个换流阀(例如其中包括换向单元或换向单元与之相关联的变换器模块的至少一个换流阀)进入非导通状态。也就是,换向单元可以提供用于至少一个换流阀(的晶闸管)的强制换向的电压。

[0024] AC电力系统可以包括多个相。各变换器模块可以对应于相中的一个。变换器模块与相之间的对应关系可以是一对一的,并且所以可以存在有对应于各相的分离的或特定的变换器模块。接口装置因此可以是多相布置。

[0025] 被电连接至DC电力系统的多个变换器模块可以例如串联地电连接在第一DC极与第二DC极之间,或者在DC极与大地之间。因此,接口装置可以例如根据单极配置或双极配置



来配置。然而接口装置不限于此,而是可以例如替代地根据非对称单极配置来配置。

[0026] 在本申请的上下文中,关于多电平变换器单元,意味着被配置成以便能够提供可用于形成AC电压(波形)的多个(两个或更多)电压电平的变换器单元。

[0027] 多电平变换器单元可以例如包括半桥或两个电平的单元、或者全桥或三个电平的单元。

[0028] 多电平变换器单元可以例如包括与开关元件的串联连接电连接(例如并联)的至少一个电容器和/或另一类型的电能存储元件,开关元件例如包括集成栅极换向晶体管(IGBT)-二极管对,各IGBT-二极管对包括一个或多个IGBT和相对于IGBT(多个)以反并联方式布置的二极管。

[0029] 在本申请的上下文中,关于反并联(或反向并联)的诸如晶闸管等的电气器件,意味着并联地电连接但是具有其相对于彼此相反的极性的器件。因此,在本申请的上下文中,关于反并联的晶闸管,意味着相对于彼此以反并联方式布置的晶闸管。

[0030] 接口装置可以包括用于接口装置到DC电力系统的耦合的DC侧和用于接口装置到AC电力系统的耦合的AC侧。AC侧和/或DC侧可以例如包括至少一个端子。

[0031] 在本申请的上下文中,关于换流阀的非导通状态,意味着其中没有或仅有非常少的通过换流阀的电流的传导的状态。因此,换向单元可以是可切换成以便(基本上)阻止换流阀传导电流。

[0032] 至少一个换向单元可以例如包括至少一个电能存储元件、例如电容器,其可以用来来自DC电力系统的DC电力选择性地充电和选择性地放电。通过换向单元的切换,可以提供跨换流阀中的晶闸管中的至少一个的选择电压,以便将至少一个晶闸管切换成非导通状态。换流阀中的其他晶闸管(多个)可以处于导通状态。由此,换流阀可以被切换至具有选定电流传导方向的导通状态。

[0033] 多电平变换器单元可以例如包括至少一个电能存储元件、例如电容器,其可以用来来自DC电力系统的DC电力选择性地充电和选择性地放电。各多电平变换器单元可以被配置成基于电能存储元件的电压、例如跨电能存储元件的电压向AC电压波形提供电压贡献。

[0034] 至少一个或每一个变换器模块可以包括被电连接在多电平变换器单元臂中的多个多电平变换器单元,和/或被电连接在换流阀臂中的多个换流阀。至少一个变压器可以被连接在AC电力系统在换流阀臂的中点和多电平变换器单元臂的中点之间。多电平变换器单元臂和换流阀臂可以例如并联地电连接。

[0035] 根据本发明的一个或多个实施例,多电平变换器单元臂中的多电平变换器单元中的至少一个可以包括全桥单元。根据一个示例,至少一个换向单元可以包括含全桥单元的至少一个多电平变换器单元,或者由含全桥单元的至少一个多电平变换器单元构成。根据另一示例,多电平变换器单元臂中的多个多电平变换器单元中的每一个可以包括全桥单元,并且至少一个换向单元可以包括多电平变换器单元臂中的多电平变换器单元中的任一个,或者由多电平变换器单元臂中的多电平变换器单元中的任一个构成。根据后一示例,换向单元可以因此包括多电平变换器单元臂中可用的多电平变换器单元中的任一个,或者由多电平变换器单元臂中可用的多电平变换器单元中的任一个构成。

[0036] 根据第二方面,提供有一种被配置成将AC电力系统与DC电力系统耦合的换流站。换流站包括根据第一方面的接口装置,或者由根据第一方面的接口装置构成。换流站可以

例如被包括在HVDC换流站中或由HVDC换流站构成。

[0037] 根据第三方面,提供有一种包括AC电力系统和DC电力系统的电力系统。根据第三方面的电力系统包括根据第一方面的被配置成将AC电力系统与DC电力系统耦合的接口装置。电力系统可以例如包括HVDC电力系统和/或DC电网。

[0038] 下面借助于示例性实施例来描述本发明的进一步的目的和优点。需注意的是,本发明涉及权利要求内记载的特征的所有可能的组合。当研究随附权利要求和本文中的描述时,本发明的进一步特征及其优点将变得显而易见。本领域技术人员将认识到,本发明的不同特征可以被组合以创建除本文所描述的那些以外的实施例。

## 附图说明

[0039] 下面将参照附图来描述本发明的示例性实施例。

[0040] 图1是根据本发明的实施例的接口装置的示意性电路图。

[0041] 图2是依照本发明的实施例的接口装置的一部分的示意性电路图。

[0042] 图3是依照本发明的实施例的多电平变换器单元的示意性电路图。

[0043] 图4是依照本发明的实施例的多电平变换器单元的示意性电路图。

[0044] 图5是依照本发明的实施例的换流阀的示意性电路图。

[0045] 图6是依照本发明的实施例的换向单元的示意性电路图。

[0046] 图7是根据本发明的实施例的电力系统的示意性框图。

[0047] 所有图都是示意性的、不一定按比例绘制并且一般仅示出为了阐明本发明的实施例所必要的部分,其中其他部分可以省略或仅仅建议的。

## 具体实施方式

[0048] 现在将在下文中参照其中示出了本发明的示例性实施例的附图来描述本发明。然而,本发明可以以许多不同的形式来体现并且不应该被解释为限于本文所陈述的本发明的实施例;而是,这些实施例通过示例提供使得本公开会将本发明的范围传达该本领域技术人员。

[0049] 图1是根据本发明的实施例的接口装置100的示意性电路图。接口装置100被配置成将AC电力系统102与DC电力系统103耦合,或反之亦然。接口装置100、AC电力系统102和DC电力系统103可以被包括在电力系统中或构成电力系统。接口装置100包括用于AC电力到DC电力的转换(或反之亦然)的三个变换器模块104、105、106。

[0050] 变换器模块104、105、106被串联地电连接。例如,依照图1中图示出的本发明的实施例,变换器模块104、105、106可以被串联地电连接在第一DC极或端子T1与第二DC极或端子T2之间。第一DC极或端子T1可以处于DC电压 $+U_d$ 。第二DC极或端子T2可以处于DC电压 $-U_d$ 。替代地或另外地(图1中未指示),变换器模块104、105、106可以被串联地电连接在DC极与大地之间。因此,接口装置100可以例如根据单极配置、双极配置或非对称单极配置来配置。

[0051] 变换器模块104、105、106中的每一个可以被配置成提供AC波形(例如AC电压波形)的至少一部分。为此,变换器模块104、105、106中的每一个可以包括至少一个多电平变换器单元(图1中未示出),其中各多电平变换器单元被配置成例如(至少)基于DC电力系统的电压向AC电压波形提供电压贡献。

[0052] AC电力系统102可以包括多个相。根据示例,AC电力系统102可以是三相电力系统。依照图1中图示出的本发明的实施例,AC电力系统102是三相电力系统,包括用于将AC电力系统102与DC电力系统103耦合(或反之亦然)的三个导体或相,并且变换器模块104、105、106中的每一个对应于一个相,使得在变换器模块104、105、106与三个相之间存在有一对一的对应关系。然而,需理解的是,如图1(并且还有下文描述的图2)所图示的相的数量以及变换器模块的数量是根据示例的,并且原则上任何数量的相和任何数量的变换器模块是可能的,例如,一个或两个相,和/或两个或四个变换器模块。

[0053] 如图1所图示的,(三个)相和(三个)变换器模块104、105、106可以被串联地电连接在DC侧上以便共享DC链路电压。

[0054] 接口装置100可以包括变压器,变压器可以包括用于变压器到AC电力系统102的耦合的初级侧和用于变压器到变换器模块104、105、106的耦合的次级侧。依照图1中图示出的本发明的实施例,变压器是三相变压器,其可以被视作包括三个(分离的)“相变压器”107、108、109,每个相一个相变压器。相变压器107、108、109中的每一个可以包括用于相变压器107、108、109到AC电力系统102的耦合的初级侧和用于相变压器107、108、109到相应的变换器模块104、105、106的耦合的次级侧。各个相变压器107、108、109的初级侧可以包括被布置成耦合至AC电力系统102的一组初级绕组。各个相变压器107、108、109的次级侧可以包括被布置成耦合至相应的变换器模块104、105、106的一组次级绕组。相变压器107、108、109中的每一个可以独立于其他的进行控制和/或操作。

[0055] 接口装置100可以包括布置在变换器模块104、105、106的AC侧或AC母线与AC电力系统之间的电流路径中的断路器。因此,断路器可以是AC断路器。依照图1中图示出的本发明的实施例,断路器可以被视作包括三个(分离的)“相断路器”110、111、112,每个相一个相断路器。此外,依照图1中图示出的本发明的实施例,相断路器110、111、112可以布置在相应的相变压器107、108、109与AC电力系统102之间的电流路径中。相断路器110、111、112中的每一个被配置成在相断路器110、111、112的触点(图1中未示出)的断开时可控地实现电流路径中的电流的流动的停止。相断路器110、111、112可以例如布置在相应的相变压器107、108、109的那组初级绕组与AC电力系统102之间的电流路径中。相断路器110、111、112中的每一个可以是可能独立于其他的进行控制和/或操作。

[0056] 如图1所图示的,相中的每一个可以包括布置在相应的相变压器107、108、109与AC电力系统102之间的电流路径中的电抗器或电感器113、114、115。例如,根据图1,电抗器或电感器113、114、115可以布置在相应的相断路器110、111、112与AC电力系统102之间的电流路径中。

[0057] 此外,如图1所图示的,相中的每一个可以分别通过端子T3、T4和T5耦合至AC电力系统102。

[0058] 需理解的是,在接口装置100中可以包括图1中未图示的各种组成部件。因此图1中未示出的这样的组成部件可以例如包括电阻器、电容器、滤波器、附加变压器和/或其他辅助元件。

[0059] 图2是图1中图示出的接口装置100的一部分的示意性电路图,图示出变换器模块104、105、106的示例性配置。如前面关于图1所提到的,变换器模块104、105、106中的每一个可以被配置成提供AC波形(例如AC电压波形)的至少一部分。为此,变换器模块104、105、106

中的每一个可以包括多个多电平变换器单元,各多电平变换器单元被配置成例如(至少)基于DC电力系统103的电压向AC电压波形提供电压贡献。

[0060] 变换器模块104可以包括被电连接(例如如图2所图示串联)的且布置在多电平变换器单元臂161中的多个多电平变换器单元141-1, ..., 141-N和142-1, ..., 142-N。多电平变换器单元臂161的多电平变换器单元141-1, ..., 141-N构成变换器模块104的上多电平变换器单元臂,并且多电平变换器单元臂161的多电平变换器单元142-1, ..., 142-N构成变换器模块104的下多电平变换器单元臂。

[0061] 类似地,变换器模块105可以包括被电连接(例如如图2所图示串联)的且布置在多电平变换器单元臂162中的多个多电平变换器单元143-1, ..., 143-N和144-1, ..., 144-N。多电平变换器单元臂162的多电平变换器单元143-1, ..., 143-N构成变换器模块105的上多电平变换器单元臂,并且多电平变换器单元臂162的多电平变换器单元144-1, ..., 144-N构成变换器模块105的下多电平变换器单元臂。

[0062] 类似地,变换器模块106可以包括被电连接(例如如图2所图示串联)的且布置在多电平变换器单元臂163中的多个多电平变换器单元145-1, ..., 145-N和146-1, ..., 146-N。多电平变换器单元臂163的多电平变换器单元145-1, ..., 145-N构成变换器模块106的上多电平变换器单元臂,并且多电平变换器单元臂163的多电平变换器单元146-1, ..., 146-N构成变换器模块106的下多电平变换器单元臂。

[0063] 在图2中图示出的本发明的实施例中,变换器模块104、105、106的上多电平变换器单元臂和下多电平变换器单元臂各包括N个多电平变换器单元,其中N是整数,诸如十、十五或二十。然而,需理解的是,变换器模块104、105、106中的每一个可以原则上可以包括任何数量的多电平变换器单元。根据示例,变换器模块104、105、106中的每一个可以包括单个多电平变换器单元。

[0064] 现在参见图3,示出有图2中示出的多电平变换器单元141-1的示例配置。需理解的是,图2中示出的其他多电平变换器单元141-N、142-1, ..., 142-N、143-1, ..., 143-N、144-1, ..., 144-N、145-1, ..., 145-N、146-1, ..., 146-N中的任一个都可以以与图3中图示出的多电平变换器单元141-1相同的方式或类似的方式配置。根据图3中图示出的示例,多电平变换器单元141-1包括两个开关或开关元件191、192和电容器193。根据图3中图示出的示例,开关或开关元件191、192中的每一个包括晶体管以及二极管。晶体管可以例如包括绝缘栅双极晶体管(IGBT)。需理解的是,图3中示出的开关元件191、192是根据示例的,并且可以使用任何其他类型的开关元件。还有,多电平变换器单元141-1不限于使用电容器193作为电能存储元件,而是可以采用其他类型的电能存储元件。参照图2,电容器193可以用来自DC电力系统103的DC电力选择性地充电并且选择性地放电。多电平变换器单元141-1由此可以被控制以便基于电容器193(或另一电能存储元件)的电压向AC电压波形提供电压贡献。

[0065] 图3图示出被配置为半桥电路的多电平变换器单元141-1,其中两个开关或开关元件191、192跨电能存储元件193串联地连接,以开关或开关元件191、192与电能存储元件193端子中的一个之间的中点连接作为外部连接。然而,需理解的是该配置是根据非限制性示例的并且变型是可能的。例如,多电平变换器单元141-1可以被配置为全桥电路。将多电平变换器单元141-1配置为全桥电路可以允许或便于电能存储元件193以任一极性插入到电路中。图4图示出被配置为全桥电路的多电平变换器单元141-1。图4中图示出的多电平变换

器单元141-1包括四个开关或开关元件191、192、196、197,各包括晶体管(例如,IGBT)以及二极管。图4中图示出的多电平变换器单元141-1进一步包括呈电容器193的形式的电能存储元件。

[0066] 进一步参照图2,多电平变换器单元141-1, ..., 141-N、142-1, ..., 142-N、143-1, ..., 143-N、144-1, ..., 144-N、145-1, ..., 145-N和146-1, ..., 146-N中的任一个可以例如包括半桥或两电平单元、或者全桥或三电平单元。

[0067] 进一步参照图2,变换器模块104、105、106中的每一个可以包括多个换流阀。多个换流阀被电连接至多电平变换器单元,并且可在具有选择电流传导方向的导通状态与非导通状态之间可控地切换,以便选择性地控制由相应的多电平变换器单元提供的任何电压贡献的极性。

[0068] 变换器模块104可以包括被电连接(例如如图2所图示串联)的且布置在换流阀臂171中的多个换流阀151-1, ..., 151-N和152-1, ..., 152-N。换流阀臂171的换流阀151-1, ..., 151-N构成变换器模块104的上换流阀臂,并且换流阀臂的换流阀152-1, ..., 152-N构成变换器模块104的下换流阀臂。

[0069] 类似地,变换器模块105可以包括被电连接(例如如图2所图示串联)的且布置在换流阀臂172中的多个换流阀153-1, ..., 153-N和154-1, ..., 154-N。换流阀臂172的换流阀153-1, ..., 153-N构成变换器模块105的上换流阀臂,并且换流阀臂的换流阀154-1, ..., 154-N构成变换器模块105的下换流阀臂。

[0070] 类似地,变换器模块106可以包括被电连接(例如如图2所图示串联)的且布置在换流阀臂173中的多个换流阀155-1, ..., 155-N和156-1, ..., 156-N。换流阀臂173的换流阀155-1, ..., 155-N构成变换器模块106的上换流阀臂,并且换流阀臂的换流阀156-1, ..., 156-N构成变换器模块106的下换流阀臂。

[0071] 在图2中图示出的本发明的实施例中,变换器模块104、105、106的上换流阀臂和下换流阀臂各包括N个换流阀,其中N是整数,诸如十、十五或二十。然而,需理解的是,变换器模块104、105、106中的每一个可以原则上可以包括任何数量的换流阀。根据示例,变换器模块104、105、106中的每一个可以包括单个换流阀。

[0072] 现在参见图5,示出有图2中示出的换流阀151-1的示例配置。需理解的是,图2中示出的其他换流阀151-N、152-1, ..., 152-N、153-1, ..., 153-N、154-1, ..., 154-N、155-1, ..., 155-N、156-1, ..., 156-N中的任一个可以以与图5中图示出的换流阀151-1相同的方式或类似的方式配置。根据图5中图示出的示例,换流阀151-1包括至少两个反并联的晶闸管194、195。如图5所图示的,晶闸管194、195并联地电连接并且具有其相对于彼此反向的极性。由此,换流阀151-1可以展现出可控双向开关的能力或容量。

[0073] 进一步参照图1和图2,相变压器107、108、109可以连接在AC电力系统102与对应的换流阀臂171、172、173的中点与对应的多级变换器单元臂161、162、163的中点之间。

[0074] 多级变换器单元臂161、162、163的中点可以被限定为将相应多电平变换器单元臂161、162、163的一侧上的上多电平变换器单元臂与相应多电平变换器单元臂161、162、163的另一侧上的下多电平变换器单元臂连接的点。例如当多电平变换器单元臂161、162、163中的多电平变换器单元串联地电连接时,中点可以被限定为如下的点,在该处多电平变换器单元中的一半或近似一半的多电平变换器单元设置在中点的一侧上并且多电平变换器

单元中的剩余的那些设置在中点的另一侧上。

[0075] 类似地,换流阀臂171、172、173的中点可以被限定为将相应换流阀臂171、172、173的在一侧上的上换流阀臂与相应换流阀臂171、172、173的在另一侧上的下换流阀臂连接的点。例如当换流阀臂171、172、173中的换流阀串联地电连接时,中点可以被限定为如下的点,在该处换流阀中的一半或近似一半换器阀设置在中点的一侧并且换流阀中的剩余的那些设置在中点的另一侧上。

[0076] 如图2所图示的,对于变换器模块104、105、106中的任一个,相应变换器模块104、105、106中的多电平变换器单元臂171、172、173和换流阀臂161、162、163可以例如并联地电连接。

[0077] 进一步参照图2,变换器模块104、105、106中的任一个可以包括被电连接至相应换流阀151-1, ..., 151-N、152-1, ..., 152-N、153-1, ..., 153-N、154-1, ..., 154-N、155-1, ..., 155-N、156-1, ..., 156-N且可切换以便引起相应换流阀151-1, ..., 151-N、152-1, ..., 152-N、153-1, ..., 153-N、154-1, ..., 154-N、155-1, ..., 155-N、156-1, ..., 156-N进入非导通状态的换向单元181、182、183。

[0078] 现在参见图6,示出有图2中示出的换向单元181的示例配置。需理解的是,图2中示出的其他换向单元182、183中的任一个可以以与图6中图示出的换向单元181相同的方式或类似的方式配置。一般地,换向单元181、182、183中的每一个可以包括至少一个电能存储元件,诸如电容器,其可以用来自DC电力系统102的DC电力选择性地充电并且选择性地放电,其中通过换向单元181、182、183的切换,可以提供跨换流阀151-1, ..., 151-N、152-1, ..., 152-N、153-1, ..., 153-N、154-1, ..., 154-N、155-1, ..., 155-N、156-1, ..., 156-N中的晶闸管194、195中的至少一个的选择电压,并且可切换以便引起相应的换流阀151-1, ..., 151-N、152-1, ..., 152-N、153-1, ..., 153-N、154-1, ..., 154-N、155-1, ..., 155-N、156-1, ..., 156-N以将至少一个晶闸管194、195切换成非导通状态。根据图6中图示出的示例,换向单元181包括呈电容器形式的两个电能存储元件186-1、186-2。电容器186-1、186-2中的每一个被布置在分别具有四个开关元件187-1至187-4和187-5至187-8的相应的全桥单元184、185中。根据图6中图示出的示例,开关元件187-1至187-8包括晶体管以及二极管。晶体管可以例如包括IGBT。需理解的是,图6中示出的开关元件187-1至187-8是根据示例的,并且可以使用其他类型的开关元件。因此,换向单元181、182、183中的任一个可以优选地包括依照图6中图示出的本发明的实施例的全桥单元。然而,这不是必要的。换向单元181、182、183中的任一个可以例如包括半桥单元。换向单元181、182、183不限于使用电容器186-1、186-2作为电能存储元件,而是可以采用任何类型的电能存储元件。如图2所图示的,换向单元181、182、183可以例如分别布置在多电平变换器单元臂161、162、163的中点处。

[0079] 如前面所指示的,变换器模块104、105、106的多电平变换器单元141-1, ..., 141-N、142-1, ..., 142-N、143-1, ..., 143-N、144-1, ..., 144-N、145-1, ..., 145-N和146-1, ..., 146-N被配置成例如(至少)基于DC电力系统103的电压向AC电压波形提供电压贡献。多电平变换器单元141-1, ..., 141-N、142-1, ..., 142-N、143-1, ..., 143-N、144-1, ..., 144-N、145-1, ..., 145-N和146-1, ..., 146-N因此可以用于合成期望的AC电压波形以便满足或者AC电力系统102或者DC电力系统103的要求。接口装置110因此可以被操作为电压源变换器,其中DC侧电压建立AC侧电压。通过作为多电平变换器单元的变换器单元141-1, ..., 141-N、142-1, ..., 142-N、

143-1, ..., 143-N、144-1, ..., 144-N、145-1, ..., 145-N和146-1, ..., 146-N, 各多电平变换器单元141-1, ..., 141-N、142-1, ..., 142-N、143-1, ..., 143-N、144-1, ..., 144-N、145-1, ..., 145-N和146-1, ..., 146-N被配置成以便能够提供可在形成AC电压波形的诸如两个或更多电压电平等的多个电压电平。

[0080] 通过变换器模块104、105、106 (的组成部件) 的操作和控制来形成AC电压波形可以使用本身本领域已知的一般原理来执行。对于各相, 取决于各多电平变换器单元中的开关或开关元件191、192中的哪一个被接通(即, 处于导通状态), 电能存储元件193可以被绕过或者被连接至电路。各多电平变换器单元由此可以充当可能独立的、分离的可控电压源。依照本发明的实施例, 多电平变换器单元141-1是两电平变换器, 其可以生成零电压或者跨电能存储元件(例如, 电容器) 193的电压。利用被电连接(例如诸如图2所图示串联) 的大量多电平变换器单元, 其中串联连接的多电平变换器单元形成了多电平变换器单元臂161、162、163, 可以提供可用于合成阶梯电压波形的大量电压电平。用以描述这一点的另一方式是, 各相的AC输出处的电压可以可控地在大量离散电压电平之间切换, 大量离散电压电平基于或对应于分别在第一DC极或端子T1处和第二DC极或端子T2处的电位 $+U_d$ 和 $-U_d$ 。由多电平变换器单元提供的电压贡献的极性可以由换流阀控制(以便产生正或负电压贡献), 由此允许阶梯电压波形被合成, 其例如可以近似正弦波或正弦曲线。

[0081] 现在参见图7, 示出有根据本发明的实施例的电力系统200的示意性框图。电力系统200包括AC电力系统102和DC电力系统103, AC电力系统102和DC电力系统103分别通过端子T1和T3耦合或连接至被配置成将AC电力系统102与DC电力系统103耦合(或反之亦然)的接口装置100。接口装置100可以例如依照上面参照图1至图5所描述的本发明的实施例中的任一个来配置。如图7所图示的, 接口装置100可以包括被配置成控制接口装置100的一个或多个其他组成部件的操作的控制单元101。例如参照图2, 控制单元101可以被配置成控制换流阀151-1, ..., 151-N、152-1, ..., 152-N、153-1, ..., 153-N、154-1, ..., 154-N、155-1, ..., 155-N、156-1, ..., 156-N、例如关于其切换。

[0082] 总而言之, 公开了一种被配置成将AC电力系统与DC电力系统耦合(或反之亦然)的接口装置。接口装置包括多个串联连接的变换器模块。各变换器模块包括例如基于DC电力系统的电压向AC波形的至少一部分提供电压贡献的至少一个多电平变换器单元。各变换器模块包括被电连接至至少一个多电平变换器单元且包括至少两个反并联晶闸管的至少一个换流阀。至少一个换流阀可在具有选定电流传导方向的导通状态与非导通状态之间可控地切换, 以便选择性地控制由至少一个多电平变换器单元提供的任何电压贡献的极性。

[0083] 虽然已在附图和前面的描述中说明了本发明, 但是这样的说明应该被视为说明性或示例性的并且不是限制性的; 本发明不限于所公开的实施例。本领域技术人员可以在实践所要求保护的本发明时从对附图、公开和随附权利要求的研究中理解并实现对所公开的实施例做出的其他变化。在权利要求中, 词语“包括”不排除其他元件或步骤, 并且不定冠词“一”或“一个”不排除多个。相互不同的从属权利要求中记载了某些措施这个纯粹的事实不表明这些措施的组合不能有利地使用。权利要求中的任何附图标记都不应该解释为限制权利要求的范围。

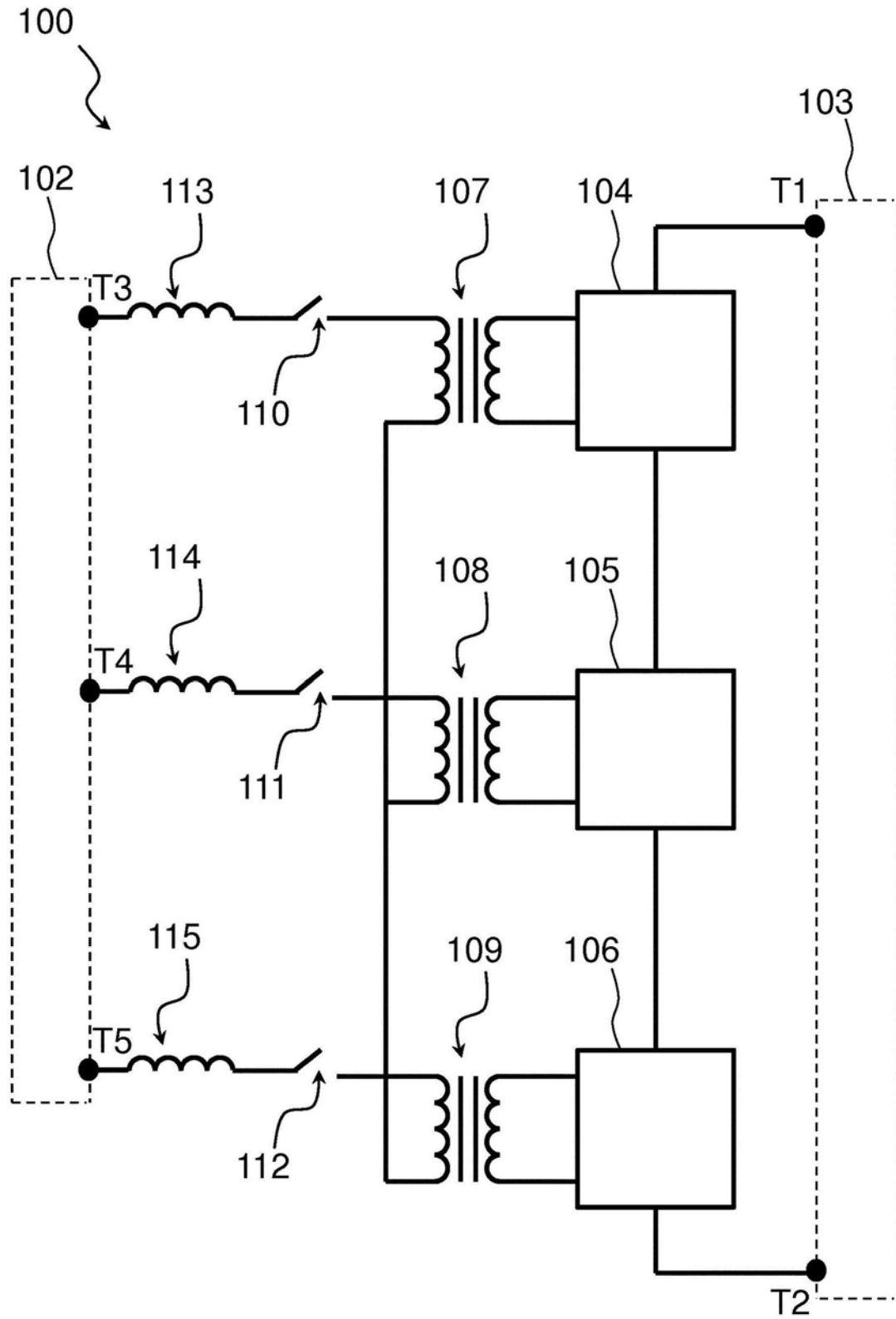


图1



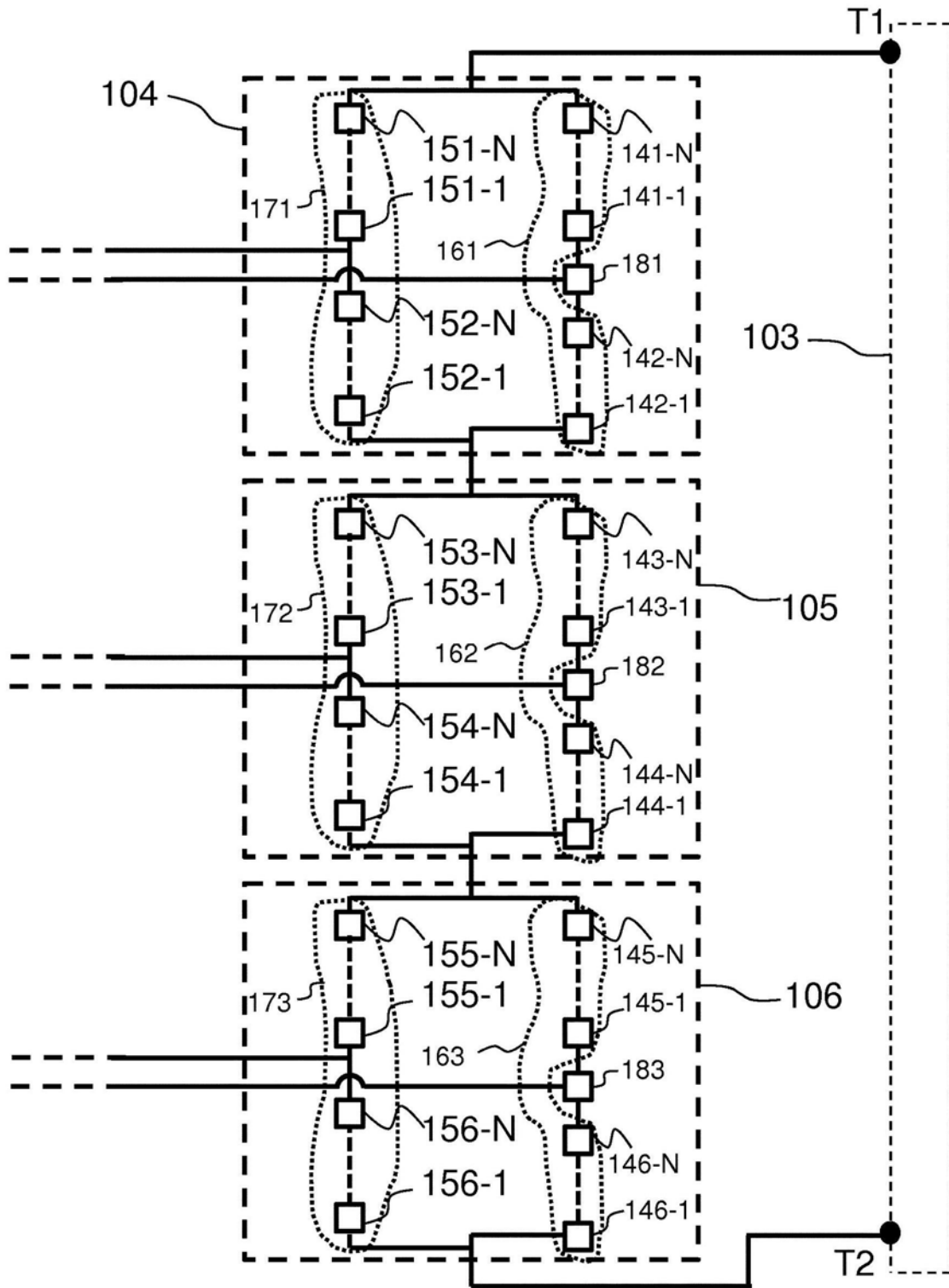


图2

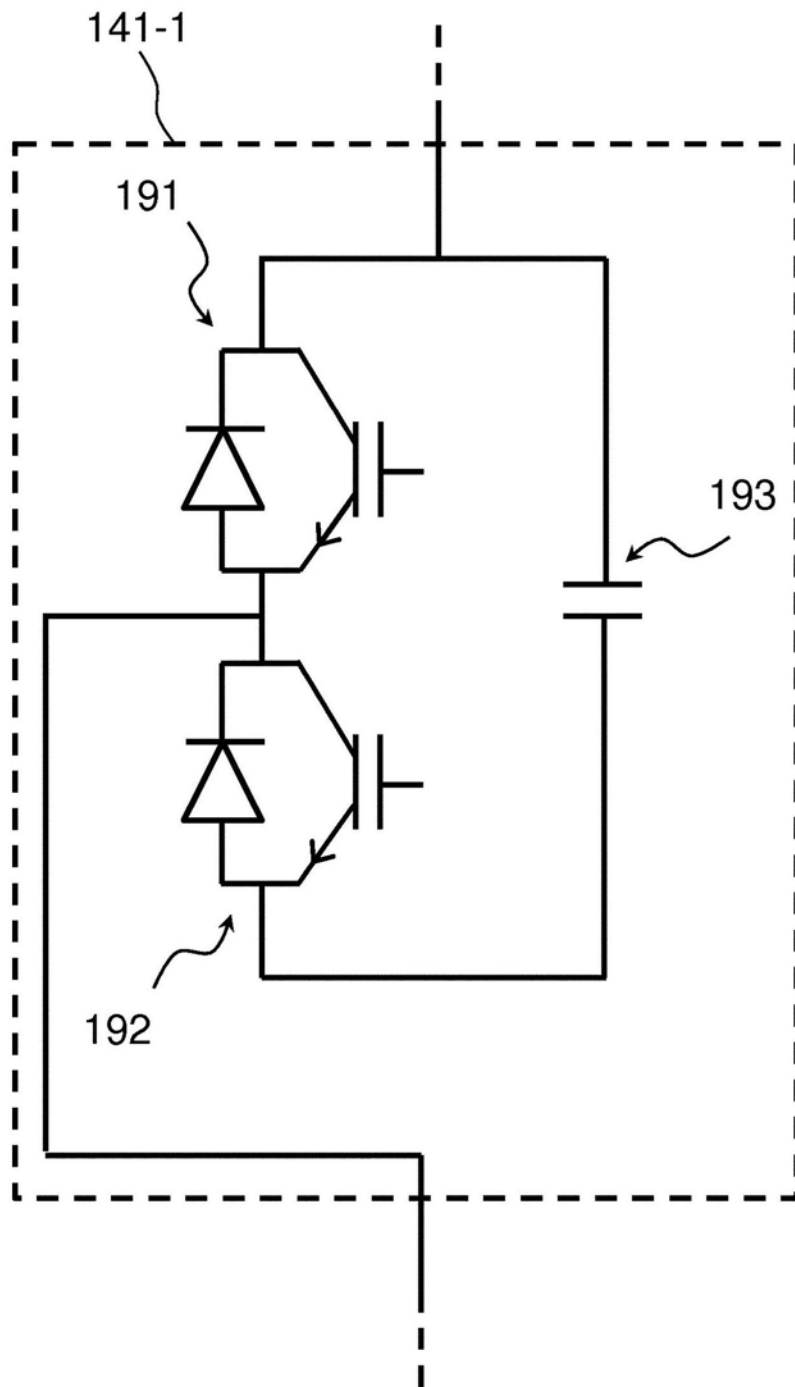


图3

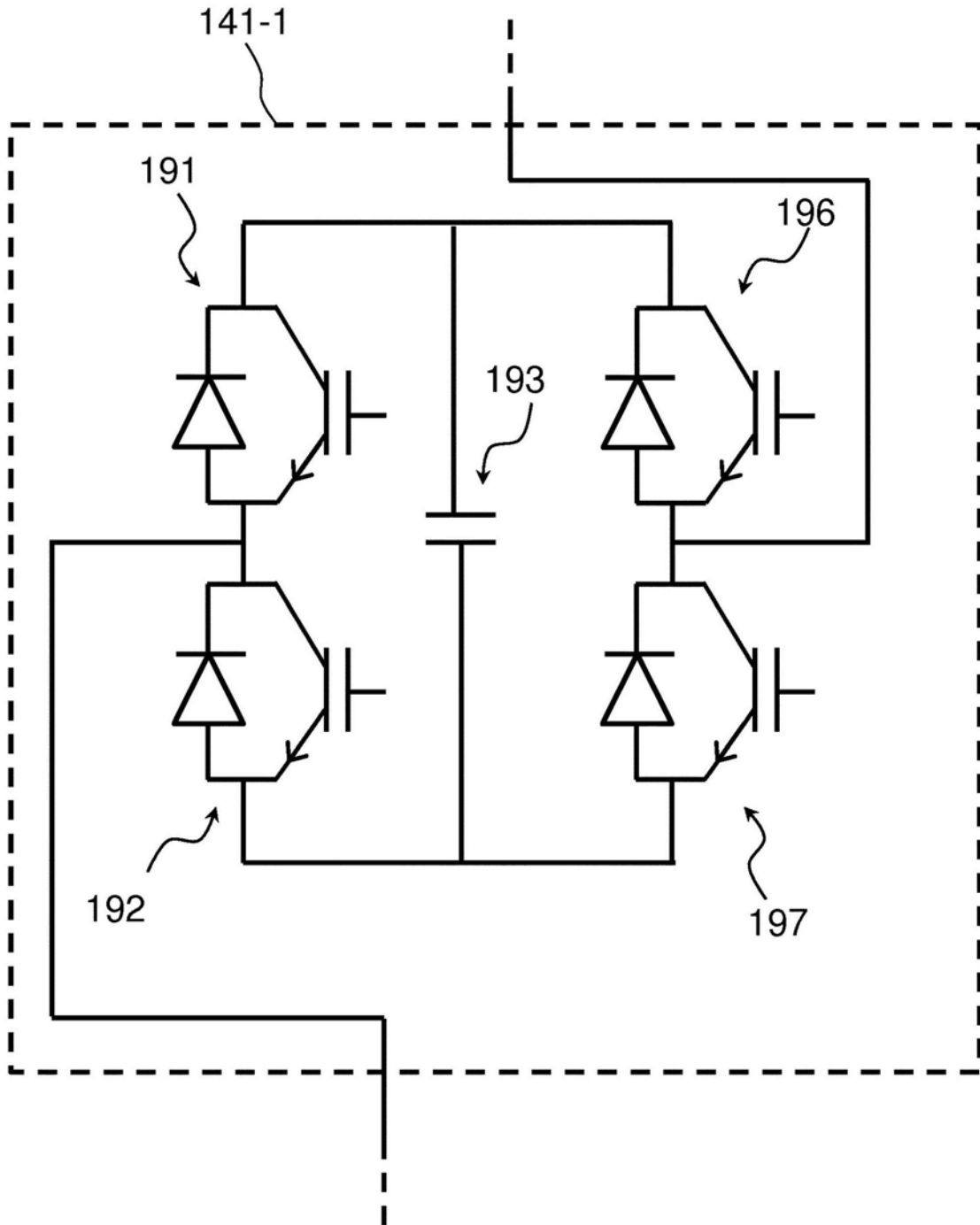


图4

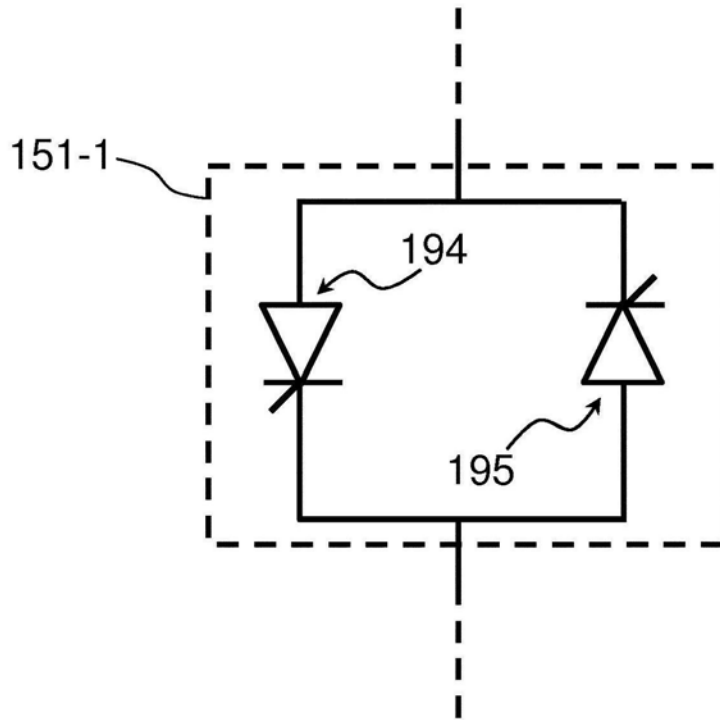


图5

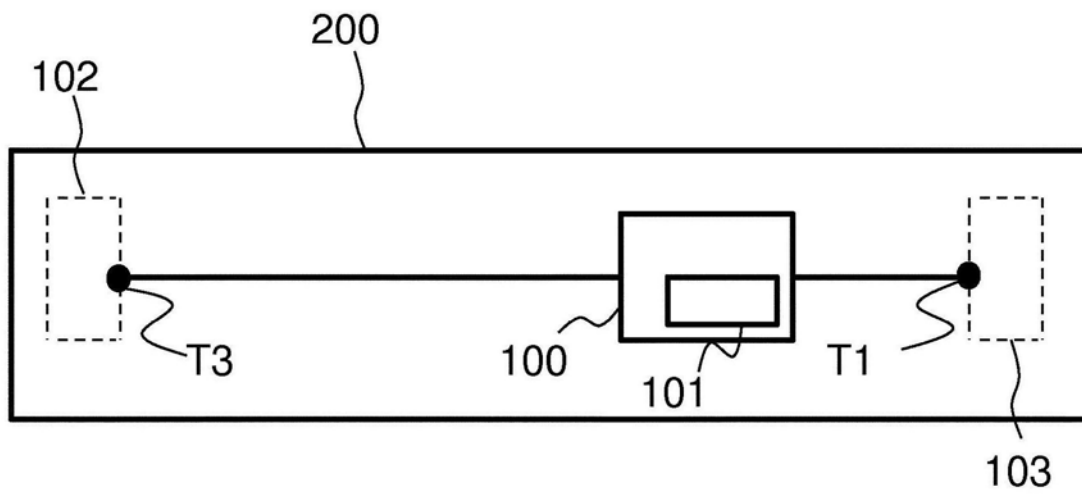


图7

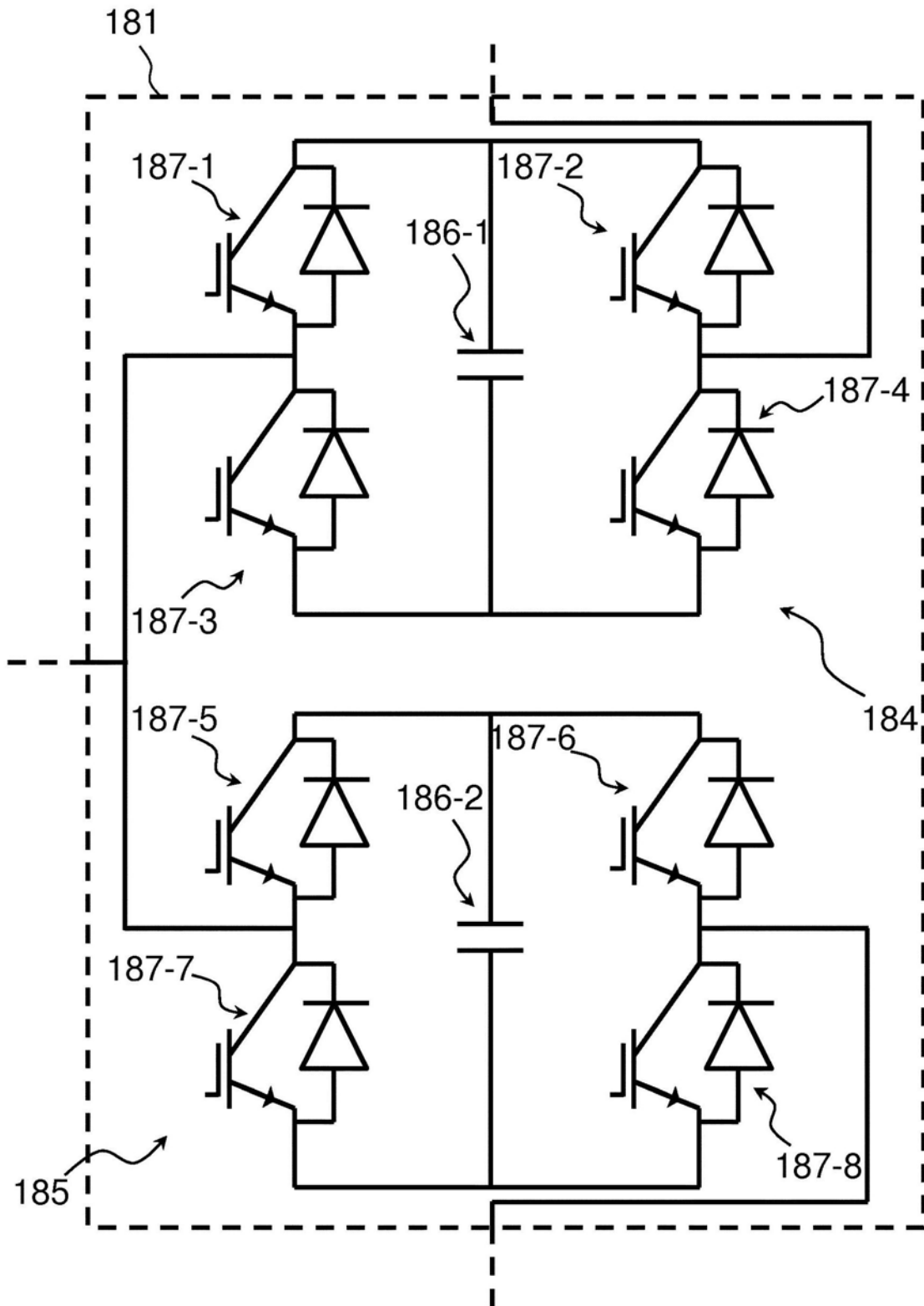


图6