

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局

(43) 国际公布日
2014 年 12 月 31 日 (31.12.2014)

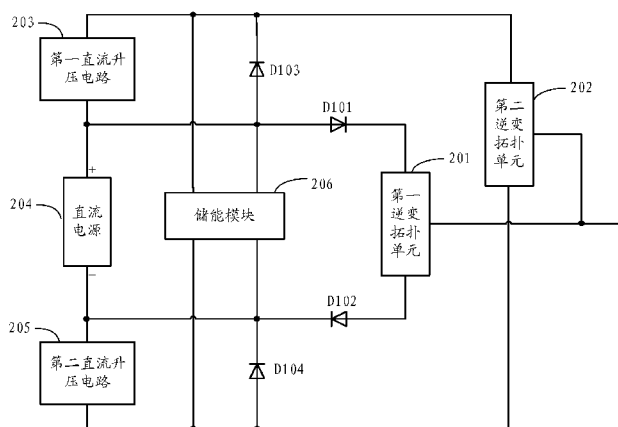


(10) 国际公布号
WO 2014/206092 A1

- (51) 国际专利分类号:
H02M 7/537 (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2014/071990
- (22) 国际申请日: 2014 年 2 月 12 日 (12.02.2014)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
201310254333.2 2013 年 6 月 24 日 (24.06.2013) CN
- (71) 申请人: 华为技术有限公司 (HUAWEI TECHNOLOGIES CO., LTD.) [CN/CN]; 中国广东省深圳市龙岗区坂田华为总部办公楼, Guangdong 518129 (CN)。
- (72) 发明人: 胡炎申 (HU, Yanshen); 中国广东省深圳市龙岗区坂田华为总部办公楼, Guangdong 518129 (CN)。
- (74) 代理人: 深圳市深佳知识产权代理事务所 (普通合伙) (SHENPAT INTELLECTUAL PROPERTY AGENCY); 中国广东省深圳市国贸大厦 15 楼西座 1521 室, Guangdong 518014 (CN)。
- (81) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW。
- (84) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。
- 本国际公布:
— 包括国际检索报告(条约第 21 条(3))。

(54) Title: SINGLE-PHASE INVERTER AND THREE-PHASE INVERTER

(54) 发明名称: 一种单相逆变器 and 三相逆变器



- 201 First inversion topology unit
202 Second inversion topology unit
203 First direct-current boost circuit
204 Direct-current power supply
205 Second direct-current boost circuit
206 Energy storage module

图 2 /Fig.2

(57) Abstract: A single-phase inverter and a three-phase inverter. The single-phase inverter comprises a first inversion topology unit, a second inversion topology unit, a first direct-current boost circuit, a second direct-current boost circuit, a first diode, a second diode, a third diode and a fourth diode, wherein the first inversion topology unit is connected between the positive output of a direct-current power supply and the negative output of the direct-current power supply; the second inversion topology unit is connected between the negative electrode of the third diode and the positive electrode of the fourth diode; and the middle point of the first inversion topology unit is connected to the middle point of the second inversion topology unit and is used as the alternating-current output of the single-phase inverter. When a high voltage is output by the direct-current power supply, the first inversion topology unit and the second inversion topology unit operate in a parallel structure. The parallel structure reduces the conduction loss of a switch tube by reducing the current flowing through the switch tube, so that the heat loss of the inverter is reduced, and thus the operating efficiency of the inverter is further improved.

(57) 摘要:

[见续页]



一种单相逆变器和三相逆变器，单相逆变器包括第一逆变拓扑单元、第二逆变拓扑单元、第一直流升压电路、第二直流升压电路、第一二极管、第二二极管、第三二极管、和第四二极管；直流电源的正输出端和所述直流电源的负输出端之间连接第一逆变拓扑单元；第三二极管的负极和第四二极管的正极之间连接有第二逆变拓扑单元；所述第一逆变拓扑单元的中点与所述第二逆变拓扑单元的中点相连，作为所述单相逆变器的交流输出端。在直流电源输出高电压时，第一逆变拓扑单元和第二逆变拓扑单元工作于并联结构，该并联结构通过减小流过开关管的电流降低了开关管的导通损耗，使得减少了逆变器的热量损耗，从而进一步提高了逆变器的工作效率。

一种单相逆变器和三相逆变器

本申请要求于 2013 年 6 月 24 日提交中国专利局、申请号为 201310254333.2、发明名称为“一种单相逆变器和三相逆变器”的中国专利
5 申请的优先权，其全部内容通过引用结合在本申请中。

技术领域

本发明涉及电力电子技术领域，尤其是涉及一种单相逆变器和三相逆变器。

10 背景技术

逆变器将直流电源输出的直流电压转换成交流电压后，输出给负载电路，
现有的逆变器根据直流电源输出的直流电压的高低，具有两种不同的工作模
式。以图 1 所示的五电平单相逆变器为例，在直流电源 3 输出低电压时，直
流升压电路 Boost 电路 51 或 Boost 电路 53 工作，该五电平逆变器为五电平
15 工作模式，在直流电源 3 输出高电压时，直流升压电路 Boost 电路 51 和 Boost
电路 53 均不工作，此时该五电平逆变器为三电平工作模式。其中，在该五电
平逆变器为三电平工作模式时，能够输出“+1”、“0”、“-1”三种电平，当仅
有开关管 21 高频开关工作时，该五电平逆变器输出“+1”电平，当仅有开
关管 35 和开关管 39 低频开关工作时，该五电平逆变器输出“0”电平，当仅
20 有开关管 25 高频开关工作时，该五电平逆变器输出“-1”电平。可以看出，当
该五电平逆变器处于三电平工作模式，并且输出“+1”电平时，直流电源 3
输出的高电压通过母线 15 输出给开关管 21，此时流经开关管 21 的电流较大，
而根据导通损耗 P 的计算公式： $P=I^2 \times R$ ，其中 I 为流经开关管的电流， R 为
开关管的导通电阻，可以看出，此时开关管 21 的导通损耗很大。同理，当该
25 五电平逆变器处于三电平工作模式，并且输出“-1”电平时，开关管 25 的导
通损耗很大。当开关管的导通损耗较大时，使得逆变器的热量损耗较大，从
而降低逆变器的工作效率。

发明内容

本发明实施例提供了一种单相逆变器和三相逆变器，能够实现在直流电源输出高电压时，降低开关管的导通损耗，从而减少逆变器的热量损耗，以提高逆变器的工作效率。

为此，本发明实施例解决技术问题的技术方案是：

- 5 第一方面，本发明实施例提供了一种单相逆变器，所述逆变器包括第一逆变拓扑单元、第二逆变拓扑单元、第一直流升压电路、第二直流升压电路、第一二极管、第二二极管、第三二极管、和第四二极管；

直流电源的正输出端和第一直流升压电路的输入端连接到第三二极管的正极；

- 10 直流电源的负输出端和第二直流升压电路的输入端连接到第四二极管的负极；

所述直流电源的正输出端和所述直流电源的负输出端之间连接第一逆变拓扑单元；

第一直流升压电路的输出端连接到第三二极管的负极；

- 15 第二直流升压电路的输出端连接到第四二极管的正极；

第三二极管的负极和第四二极管的正极之间连接有第二逆变拓扑单元；

所述直流电源、第一直流升压电路和第二直流升压电路的输出电压由储能模块进行储能；

所述第一逆变拓扑单元和第二逆变拓扑单元均由偶数个开关管组成；

- 20 所述第一逆变拓扑单元的中点与所述第二逆变拓扑单元的中点相连，作为所述逆变器的交流输出端；所述第一逆变拓扑单元的中点与直流电源的正输出端的连接电路上还串联第一二极管，所述第一二极管使得电流从所述直流电源的正输出端流向第一逆变拓扑单元的中点，所述第一逆变拓扑单元的中点与直流电源的负输出端的连接电路上还串联第二二极管，所述第二二极管使得电
- 25 从所述第一逆变拓扑单元的中点流向直流电源的负输出端。

在第一方面的第一种可能的实现方式中，所述储能模块包括第一储能单元、第二储能单元、第三储能单元和第四储能单元；

所述第一储能单元的第一端连接到直流电源的正输出端；

所述第二储能单元的第一端连接到直流电源的负输出端；

所述第三储能单元的第一端连接到第一直流升压电路的输出端;

所述第四储能单元的第一端连接到第二直流升压电路的输出端;

所述第一储能单元的第二端、第二储能单元的第二端、和第三储能单元的第二端连接到第四储能单元的第二端。

- 5 结合第一方面的第一种可能的实现方式,在第一方面的第二种可能的实现方式中,若所述第一逆变拓扑单元具有续流支路,则所述第一逆变拓扑单元的续流支路与所述第一储能单元的第二端相连;所述第一储能单元的第二端接地或者所述交流输出端与所述第一储能单元的第二端之间连接交流负载;

- 10 若所述第二逆变拓扑单元具有续流支路,则所述第二逆变拓扑单元的续流支路与所述第一储能单元的第二端相连;所述第一储能单元的第二端接地,或者所述交流输出端与所述第一储能单元的第二端之间连接交流负载;

若所述第一逆变拓扑单元和所述第二逆变拓扑单元均不具有续流支路,则所述第一储能单元的第二端接地。

- 15 结合第一方面的第一种或者第二种可能的实现方式,在第一方面的第三种可能的实现方式中,当第一逆变拓扑单元为两电平逆变拓扑单元时,第二逆变拓扑单元为 I 型三电平逆变拓扑单元,当第一逆变拓扑单元为 T 型三电平逆变拓扑单元时,第二逆变拓扑单元为 I 型三电平逆变拓扑单元或 T 型三电平逆变拓扑单元,当第一逆变拓扑单元为 I 型三电平逆变拓扑单元时,第二逆变拓扑单元为两电平逆变拓扑单元或 T 型三电平逆变拓扑单元;

- 20 所述两电平逆变拓扑单元包括串联的并且导通方向相同的两个开关管;

- 25 所述 I 型三电平逆变拓扑单元包括串联的并且导通方向相同的四个开关管和第一续流支路,所述第一续流支路包括串联的两个二极管,所述第一续流支路并联在所述 I 型三电平逆变拓扑单元中间的两个开关管的串联电路的两端,并且所述第一续流支路中的两个二极管的导通方向与所述 I 型三电平逆变拓扑单元开关管的导通方向相反;

所述 T 型三电平逆变拓扑单元包括串联的并且导通方向相同的两个开关管和第二续流支路,所述第二续流支路包括两个导通方向相反的开关管,所述第二续流支路连接在所述 T 型三电平逆变拓扑单元的串联的两个开关管的中点。

结合第一方面的第三种可能的实现方式,在第一方面的第四种可能的实现方式中,所述第一逆变拓扑单元为两电平逆变拓扑单元,包括串联的并且导通方向相同的第一开关管和第二开关管,第一开关管和第一二极管串联在第一支路上,第二开关管和第二二极管串联在第二支路上,第一支路的第一端连接直流电源的正输出端,第一支路的第二端连接第二支路的第一端,第二支路的第二端连接直流电源的负输出端;第一开关管和第一二极管的导通方向使得电流从第一支路的第一端流向第二端,第二开关管和第二二极管的导通方向使得电流从第二支路的第一端流向第二端;第一支路的第二端为交流输出端;

所述第二逆变拓扑单元为 I 型三电平逆变拓扑单元,包括串联的并且导通方向相同的第三开关管、第四开关管、第五开关管和第六开关管,以及第一续流支路;所述第一续流支路包括第五二极管和第六二极管;所述第三开关管、第四开关管、第五开关管和第六开关管依次串联在所述第三二极管的负极和第四二极管的正极之间,所述第三开关管、第四开关管、第五开关管和第六开关管的导通方向使得电流从所述第三二极管流向所述第四二极管;所述第五二极管的正极和第六二极管的负极连接第一储能单元的第二端,所述第五二极管的负极连接在第三开关管和第四开关管之间,所述第六二极管的正极连接在第五开关管和第六开关管之间。

结合第一方面的第四种可能的实现方式,在第一方面的第五种可能的实现方式中,所述逆变器具有第一工作模式和第二工作模式;其中,在第一工作模式下,所述第一直流升压电路和第二直流升压电路均不工作,并且所述逆变器工作在第一模态、第二模态、第三模态或第四模态,所述逆变器工作在第一模态时,所述逆变器仅有第一开关管、第三开关管和第四开关管处于工作状态,所述逆变器工作在第二模态时,所述逆变器仅有所述第四开关管处于工作状态,所述逆变器工作在第三模态时,所述逆变器仅有所述第二开关管、第五开关管和第六开关管处于工作状态,所述逆变器工作在第四模态时,所述逆变器仅有所述第五开关管处于工作状态。

结合第一方面的第五种可能的实现方式,在第一方面的第六种可能的实现方式中,所述逆变器处于第一模态时,所述第三开关管和第四开关管先于所述第一开关管处于工作状态;

所述逆变器处于第三模态时,所述第五开关管和第六开关管先于所述第二开关管处于工作状态。

结合第一方面的第五种可能的实现方式,在第一方面的第七种可能的实现方式中,所述逆变器处于第二工作模式下时,所述逆变器工作在第一模态、第二模态、第三模态、第四模态、第五模态或第六模态,所述逆变器工作在第一模态时,所述逆变器仅有第一直流升压电路、第三开关管和第四开关管处于工作状态,所述逆变器工作在第二模态时,所述逆变器仅有第一开关管处于工作状态,所述逆变器工作在第三模态时,所述逆变器仅有第四开关管处于工作状态,所述逆变器处于第四模态时,所述逆变器仅有第二直流升压电路、第五开关管和第六开关管处于工作状态,所述逆变器处于第五模态时,所述逆变器仅有第二开关管处于工作状态,所述逆变器处于第六模态时,所述逆变器仅有第五开关管处于工作状态。

结合第一方面的第三种可能的实现方式,在第一方面的第八种可能的实现方式中,所述第一逆变拓扑单元为 T 型三电平逆变拓扑单元,包括串联的并且导通方向的第一开关管和第二开关管,以及第二续流支路,所述第二续流支路包括串联并且导通方向相反的第七开关管和第八开关管;第一开关管和第一二极管串联在第一支路上,第二开关管和第二二极管串联在第二支路上,第一支路的第一端连接直流电源的正输出端,第一支路的第二端连接第二支路的第一端,第二支路的第二端连接直流电源的负输出端。第一开关管和第一二极管的导通方向使得电流从第一支路的第一端流向第二端,第二开关管和第二二极管的导通方向使得电流从第二支路的第一端流向第二端;第一支路的第二端为交流输出端;

所述第二逆变拓扑单元为 I 型三电平逆变拓扑单元,包括串联的并且导通方向相同的第三开关管、第四开关管、第五开关管和第六开关管,以及第一续流支路;所述第一续流支路包括第五二极管和第六二极管;所述第三开关管、第四开关管、第五开关管和第六开关管依次串联在所述第三二极管的负极和第四二极管的正极之间,所述第三开关管、第四开关管、第五开关管和第六开关管的导通方向使得电流从所述第三二极管流向所述第四二极管;所述第五二极管的正极和第六二极管的负极连接第一储能单元的第二端,所述第五二极管的

负极连接在第三开关管和第四开关管之间,所述第六二极管的正极连接在第五开关管和第六开关管之间;

第七开关管和第八开关管的串联电路连接在第一储能单元和第二储能单元的公共节点,与第一支路的第二端之间;第七开关管的导通方向使得电流从第一储能单元和第二储能单元的公共节点流向第一支路的第二端,第八开关管的导通方向使得电流从第一支路的第二端流向第一储能单元和第二储能单元的公共节点。

结合第一方面的第八种可能的实现方式,在第一方面的第九种可能的实现方式中,所述逆变器具有第一工作模式和第二工作模式;其中,在第一工作模式下,所述第一直流升压电路和第二直流升压电路均不工作,并且所述逆变器工作在第一模态、第二模态、第三模态或第四模态,所述逆变器工作在第一模态时,所述逆变器仅有第一开关管、第三开关管、第四开关管处于工作状态,所述逆变器工作在第二模态时,所述逆变器仅有所述第四开关管和第七开关管处于工作状态,所述逆变器工作在第三模态时,所述逆变器仅有所述第二开关管、第五开关管、第六开关管处于工作状态,所述逆变器工作在第四模态时,所述逆变器仅有所述第五开关管和第八开关管处于工作状态。

结合第一方面的第九种可能的实现方式,在第一方面的第十种可能的实现方式中,所述逆变器处于第二工作模式下时,所述逆变器工作在第一模态、第二模态、第三模态、第四模态、第五模态或第六模态,所述逆变器工作在第一模态时,所述逆变器仅有第一直流升压电路、第三开关管和第四开关管处于工作状态,所述逆变器工作在第二模态时,所述逆变器仅有第一开关管处于工作状态,所述逆变器工作在第三模态时,所述逆变器仅有第四开关管和第七开关管处于工作状态,所述逆变器处于第四模态时,所述逆变器仅有第二直流升压电路、第五开关管和第六开关管处于工作状态,所述逆变器处于第五模态时,所述逆变器仅有第二开关管处于工作状态,所述逆变器处于第六模态时,所述逆变器仅有第五开关管和第八开关管处于工作状态。

结合第一方面的第三种可能的实现方式,在第一方面的第十一种可能的实现方式中,所述第一逆变拓扑单元为 I 型三电平逆变拓扑单元,包括串联的并且导通方向相同的第三开关管、第四开关管、第五开关管和第六开关管,以及

第一续流支路;所述第一续流支路包括第五二极管和第六二极管;第三开关管、第四开关管以及第一二极管串联在第三支路上,第五开关管、第六开关管以及第二二极管串联在第四支路上,第三支路的第一端连接直流电源的正输出端,第三支路的第二端连接第四支路的第一端,第四支路的第二端连接直流电源的负输出端;第三开关管、第四开关管和第一二极管的导通方向使得电流从第三支路的第一端流向第二端,第五开关管、第六开关管和第二二极管的导通方向使得电流从第四支路的第一端流向第二端;第五二极管的正极和第六二极管的负极连接第一储能单元的第二端,所述第五二极管的负极连接在第三开关管和第四开关管之间,所述第六二极管的正极连接在第五开关管和第六开关管之间;第三支路的第二端为交流输出端;

所述第二逆变拓扑单元为两电平逆变拓扑单元,包括串联的并且导通方向相同的第一开关管和第二开关管,所述第一开关管和第二开关管串联在第三二极管的负极和第四二极管的正极之间,所述第一开关管和第二开关管的导通方向使得电流从所述第三二极管流向所述第四二极管。

结合第一方面的第十一种可能的实现方式,在第一方面的第十二种可能的实现方式中,所述逆变器具有第一工作模式和第二工作模式;其中,在第一工作模式下,所述第一直流升压电路和第二直流升压电路均不工作,并且所述逆变器工作在第一模态、第二模态、第三模态或第四模态,所述逆变器工作在第一模态时,所述逆变器仅有第一开关管、第三开关管和第四开关管处于工作状态,所述逆变器工作在第二模态时,所述逆变器仅有所述第四开关管处于工作状态,所述逆变器工作在第三模态时,所述逆变器仅有第二开关管、第五开关管和第六开关管处于工作状态,所述逆变器工作在第四模态时,所述逆变器仅有所述第五开关管处于工作状态。

结合第一方面的第十二种可能的实现方式,在第一方面的第十三种可能的实现方式中,所述逆变器处于第二工作模式下时,所述逆变器工作在第一模态、第二模态、第三模态、第四模态、第五模态或第六模态,所述逆变器工作在第一模态时,所述逆变器仅有第一直流升压电路和第一开关管处于工作状态,所述逆变器工作在第二模态时,所述逆变器仅有第三开关管和第四开关管处于工作状态,所述逆变器工作在第三模态时,所述逆变器仅有第四开关管处于工作

状态,所述逆变器处于第四模态时,所述逆变器仅有第二直流升压电路和第二开关管处于工作状态,所述逆变器处于第五模态时,所述逆变器仅有第五开关管和第六开关管处于工作状态,所述逆变器处于第六模态时,所述逆变器仅有第五开关管处于工作状态。

- 5 结合第一方面的第三种可能的实现方式,在第一方面的第十四种可能的实现方式中,所述第一逆变拓扑单元为 I 型三电平逆变拓扑单元,包括串联的并且导通方向相同的第三开关管、第四开关管、第五开关管和第六开关管,以及第一续流支路;所述第一续流支路包括第五二极管和第六二极管;第三开关管、第四开关管以及第一二极管串联在第三支路上,第五开关管、第六开关管以及第二二极管串联在第四支路上,第三支路的第一端连接直流电源的正输出端,第三支路的第二端连接第四支路的第一端,第四支路的第二端连接直流电源的负输出端;第三开关管、第四开关管和第一二极管的导通方向使得电流从第三支路的第一端流向第二端,第五开关管、第六开关管和第二二极管的导通方向使得电流从第四支路的第一端流向第二端;第五二极管的正极和第六二极管的负极连接第一储能单元的第二端,所述第五二极管的负极连接在第三开关管和第四开关管之间,所述第六二极管的正极连接在第五开关管和第六开关管之间;第三支路的第二端为交流输出端;
- 10
- 15

- 所述第二逆变拓扑单元为 T 型三电平逆变拓扑单元,包括串联的并且导通方向相同的第一开关管和第二开关管,以及第二续流支路,所述第二续流支路包括串联并且导通方向相反的第七开关管和第八开关管;所述第一开关管和第二开关管串联在第三二极管的负极和第四二极管的正极之间,所述第一开关管和第二开关管的导通方向使得电流从所述第三二极管流向所述第四二极管,第七开关管和第八开关管的串联电路连接在第一储能单元和第二储能单元的公共节点,与第一开关管和第二开关管的公共节点之间。
- 20

- 25 结合第一方面的第十四种可能的实现方式,在第一方面的第十五种可能的实现方式中,其特征在于,所述逆变器具有第一工作模式和第二工作模式;其中,在第一工作模式下,所述第一直流升压电路和第二直流升压电路均不工作,并且所述逆变器工作在第一模态、第二模态、第三模态或第四模态,所述逆变器工作在第一模态时,所述逆变器仅有第一开关管、第三开关管和第四开关管

处于工作状态,所述逆变器工作在第二模态时,所述逆变器仅有所述第四开关管和第七开关管处于工作状态,所述逆变器工作在第三模态时,所述逆变器仅有所述第二开关管、第五开关管和第六开关管处于工作状态,所述逆变器工作在第四模态时,所述逆变器仅有所述第五开关管和第八开关管处于工作状态。

5 结合第一方面的第十五种可能的实现方式,在第一方面的第十六种可能的实现方式中,所述逆变器处于第二工作模式下时,所述逆变器工作在第一模态、第二模态、第三模态、第四模态、第五模态或第六模态,所述逆变器工作在第一模态时,所述逆变器仅有第一直流升压电路和第一开关管处于工作状态,所述逆变器工作在第二模态时,所述逆变器仅有第三开关管和第四开关管处于工作状态,所述逆变器工作在第三模态时,所述逆变器仅有第四开关管和第七开关管处于工作状态,所述逆变器工作在第四模态时,所述逆变器仅有第二直流升压电路和第二开关管处于工作状态,所述逆变器处于第五模态时,所述逆变器仅有第五开关管和第六开关管处于工作状态,所述逆变器处于第六模态时,所述逆变器仅有第五开关管和第八开关管处于工作状态。

15 结合第一方面的第三种可能的实现方式,在第一方面的第十七种可能的实现方式中,所述第一逆变拓扑单元为T型三电平逆变拓扑单元,包括串联的并且导通方向的第一开关管和第二开关管,以及第二续流支路,所述第二续流支路包括串联并且导通方向相反的第七开关管和第八开关管;第一开关管和第一二极管串联在第一支路上,第二开关管和第二二极管串联在第二支路上,第一支路的第一端连接直流电源的正输出端,第一支路的第二端连接第二支路的第一端,第二支路的第二端连接直流电源的负输出端。第一开关管和第一二极管的导通方向使得电流从第一支路的第一端流向第二端,第二开关管和第二二极管的导通方向使得电流从第二支路的第一端流向第二端;第七开关管和第八开关管的串联电路连接在第一储能单元和第二储能单元的公共节点,与第一支路的第二端之间;第一支路的第二端为交流输出端;

25 所述第二逆变拓扑单元为T型三电平逆变拓扑单元,包括串联的并且导通方向相同的第九开关管和第十开关管,以及第三续流支路,所述第三续流支路包括串联并且导通方向相反的第十一开关管和第十二开关管;所述第十一开关管和第十二开关管串联在第一储能单元和第二储能单元的公共节点,与第九开

关管和第十开关管的公共节点之间,第十一开关管的导通方向使得电流从第一储能单元和第二储能单元的公共节点流向第九开关管和第十开关管的公共节点,第十二开关管的导通方向使得电流从第九开关管和第十开关管的公共节点流向第一储能单元和第二储能单元的公共节点。

- 5 结合第一方面的第十七种可能的实现方式,在第一方面的第十八种可能的实现方式中,所述逆变器具有第一工作模式和第二工作模式;其中,在第一工作模式下,所述第一直流升压电路和第二直流升压电路均不工作,并且所述逆变器工作在第一模态、第二模态、第三模态或第四模态,所述逆变器工作在第一模态时,所述逆变器仅有第一开关管和第九开关管处于工作状态,所述逆变器工作在第二模态时,所述逆变器仅有所述第七开关管和第十一开关管处于工作状态,所述逆变器工作在第三模态时,所述逆变器仅有所述第二开关管和第十开关管处于工作状态,所述逆变器工作在第四模态时,所述逆变器仅有所述第八开关管和第十二开关管处于工作状态。

- 15 结合第一方面的第十八种可能的实现方式,在第一方面的第十九种可能的实现方式中,所述逆变器处于第二工作模式下时,所述逆变器工作在第一模态、第二模态、第三模态、第四模态、第五模态或第六模态,所述逆变器工作在第一模态时,所述逆变器仅有第一直流升压电路和第九开关管处于工作状态,所述逆变器工作在第二模态时,所述逆变器仅有第一开关管处于工作状态,所述逆变器工作在第三模态时,所述逆变器仅有第七开关管和第十一开关管处于工作状态,所述逆变器处于第四模态时,所述逆变器仅有第二直流升压电路和第十开关管处于工作状态,所述逆变器处于第五模态时,所述逆变器仅有第二开关管处于工作状态,所述逆变器处于第六模态时,所述逆变器仅有第八开关管和第十二开关管处于工作状态。

- 25 在第一方面的第二十种可能的实现方式中,所述第一直流升压电路包括第一电感、第七二极管和第十三开关管;所述第二直流升压电路包括第二电感、第八二极管和第十四开关管;

所述第一电感的第一端连接直流电源的正输出端,所述第二电感的第一端连接直流电源的负输出端,所述第一电感的第二端和第二电感的第二端之间连接第十三开关管和第十四开关管的串联电路,第十三开关管和第十四开关管的

公共节点接地;所述第十三开关管的导通方向使得电流从所述第一电感的第二端流向第十三开关管和第十四开关管的公共节点,所述第十四开关管的导通方向使得电流从所述第十三开关管和第十四开关管的公共节点流向第二电感的第二端;

5 第一电感的第二端连接第七二极管的正极,第七二极管的负极连接第三二极管的负极;

第二电感的第二端连接第八二极管的负极,第八二极管的正极连接第四二极管的正极。

10 第二方面,本发明实施例提供了一种三相逆变器,所述三相逆变器包括三个结构相同的单相逆变器,各个单相逆变器为上述第一方面,或者第一方面的第一种可能至第二十种可能的任一种可能的实现方式的单相逆变器;

各个单相逆变器的交流输出端作为所述三相逆变器的三相交流输出端。

15 同现有技术相比,本发明实施例中,由第一二极管、第一逆变拓扑单元和第二二极管组成的桥臂,与由第三二极管、第二逆变拓扑单元和第四二极管组成的桥臂并联在直流电源的两端。因此,当直流电源输出高电压时,第一直流升压电压和第二直流升压电路不工作,第一逆变拓扑单元和第二逆变拓扑单元工作于并联结构,该并联结构减小了流过每个逆变拓扑单元的开关管的电流,根据导通损耗 P 的计算公式: $P = I^2 \times R$, 其中 I 为流经开关管的电流, R 为开关管的导通电阻,可以看出,通过减小流过开关管的电流降低了开关管的导通损耗。同时开关管的导通损耗的降低,减少了逆变器的热量损耗,从而进一步提高了逆变器的工作效率。

20

附图说明

图 1 为现有技术中的五电平逆变器;

25 图 2 为本发明实施例提供的单相逆变器的第一实施例的结构示意图;

图 3 为一种两电平逆变拓扑单元的结构示意图;

图 4 为一种 I 型三电平逆变拓扑单元的结构示意图;

图 5 为一种 T 型三电平逆变拓扑单元的结构示意图;

图 6 为本发明实施例提供的单相逆变器的第二实施例的具体电路图;

图 7 为本发明实施例提供的单相逆变器的第三实施例的具体电路图;

图 8 为本发明实施例提供的单相逆变器的第四实施例的具体电路图;

图 9 为本发明实施例提供的单相逆变器的第五实施例的具体电路图;

5 图 10 为本发明实施例提供的单相逆变器的第六实施例的具体电路图。

具体实施方式

图 1 为一种现有的五电平单相逆变器, 在直流电源 3 输出低电压时, 直流升压电路 Boost 电路 51 或 Boost 电路 53 工作, 该五电平逆变器为五电平工作模式, 在直流电源 3 输出高电压时, 直流升压电路 Boost 电路 51 和 Boost 电路 53 均不工作, 此时该五电平逆变器为三电平工作模式。其中, 在该五电平逆变器为五电平工作模式时, 能够输出 “+2”、“+1”、“0”、“-1”、“-2” 五种电平, 当仅有直流升压电路 Boost 电路 51 工作、开关管 59 高频开关工作、开关管 21 低频开关工作时, 该五电平逆变器输出 “+2” 电平, 当仅有开关管 21 高频开关工作时, 该五电平逆变器输出 “+1” 电平, 当仅有开关管 35 和开关管 39 低频开关工作时, 该五电平逆变器输出 “0” 电平, 当仅有开关管 25 高频开关工作时, 该五电平逆变器输出 “-1” 电平, 当仅有直流升压电路 Boost 电路 53 工作、开关管 61 高频开关工作、开关管 25 低频开关工作时, 该五电平逆变器输出 “-2” 电平。在该五电平逆变器为三电平工作模式时, 能够输出 “+1”、“0”、“-1” 三种电平, 当仅有开关管 21 高频开关工作时, 该五电平逆变器输出 “+1” 电平, 当仅有开关管 35 和开关管 39 低频开关工作时, 该五电平逆变器输出 “0” 电平, 当仅有开关管 25 高频开关工作时, 该五电平逆变器输出 “-1” 电平。可以看出, 当该五电平逆变器处于三电平工作模式, 并且输出 “+1” 电平时, 直流电源 3 输出的高电压通过母线 15 输出给开关管 21, 此时流经开关管 21 的电流较大, 而根据导通损耗 P 的计算公式: $P = I^2 \times R$, 其中 I 为流经开关管的电流, R 为开关管的导通电阻, 可以看出, 此时开关管 21 的导通损耗很大。同理, 当该五电平逆变器处于三电平工作模式, 并且输出 “-1” 电平时, 开关管 25 的导通损耗很大。开关管的导通损耗较大时, 会使得逆变器的热量损耗较大, 从而降低逆变器的工作效率。

而在本发明实施例中，提供了一种单相逆变器和三相逆变器，能够在直流电源输出高电压（即直流升压电路不工作时，也就是逆变器处于少电平工作模式时），降低开关管的导通损耗，从而减少逆变器的热量损耗，以进一步提高逆变器的工作效率。

5 为使本发明的上述目的、特征和优点能够更加明显易懂，下面结合附图对本发明实施例进行详细描述。

实施例一

请参阅图 2，本发明提供了单相逆变器的第一实施例，在本实施例中，所述逆变器包括第一逆变拓扑单元 201、第二逆变拓扑单元 202、第一直流升压
10 电路 203、第二直流升压电路 205、第一二极管 D101、第二二极管 D102、第三二极管 D103 和第四二极管 D104。其中，第一逆变拓扑单元和第二逆变拓扑单元均可以为目前存在的任一种由偶数个开关管组成的逆变器的拓扑结构，例如三电平逆变拓扑单元、五电平逆变拓扑单元等。第一直流升压电路或第二直流升压电路可以为任一种具有直流升压作用的 DC/DC 变换器，例如，第一直流升
15 压电路或第二直流升压电路可以为 Boost 电路、也可以为 Buck 电路等。

直流电源 204 的正输出端和第一直流升压电路 203 的输入端连接到第三二极管 D103 的正极。

直流电源 204 的负输出端和第二直流升压电路 205 的输入端连接到第四二极管 D104 的负极。

20 直流电源 204 的正输出端和所述直流电源 204 的负输出端之间连接第一逆变拓扑单元 201。

第一直流升压电路 203 的输出端连接到第三二极管 D103 的负极。

第二直流升压电路 205 的输出端连接到第四二极管 D104 的正极。

25 第三二极管 D103 的负极和第四二极管 D104 的正极之间连接有第二逆变拓扑单元 202。

所述直流电源 204、第一直流升压电路 203 和第二直流升压电路 205 的输出电压由储能模块 206 进行储能。

第一逆变拓扑单元 201 和第二逆变拓扑单元 202 均由偶数个开关管组成。开关管指的是功率开关管，可以是 MOSFET (Metal-Oxide-Semiconductor

Field-Effect Transistor, 金属-氧化层-半导体-场效晶体管)、IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor, 绝缘栅双极型晶体管)等, 开关管器件本身均并联有一个反向二极管。

第一逆变拓扑单元 201 的中点与第二逆变拓扑单元 202 的中点相连, 作为
5 所述逆变器的交流输出端, 该交流输出端可以连接交流负载; 所述第一逆变拓扑单元 201 的中点与直流电源的正输出端的连接电路上还串联第一二极管 D101, 所述第一二极管 D101 使得电流从所述直流电源 204 的正输出端流向第一逆变拓扑单元 201 的中点, 所述第一逆变拓扑单元 201 的中点与直流电源 204 的负输出端的连接电路上还串联第二二极管 D102, 所述第二二极管 D102
10 使得电流从所述第一逆变拓扑单元 201 的中点流向直流电源 204 的负输出端, 也就是说, 本实施例中可以如图 2 所示, 第一二极管 D101 的正极连接直流电源 204 的正输出端, 第一二极管 D101 的负极和第二二极管 D102 的正极之间连接第一逆变拓扑单元, 第二二极管 D102 的负极连接直流电源的负输出端, 也可以不如图 2 所示, 而是第一二极管 D101 或者第二二极管 D102 串联在第一逆
15 变拓扑单元中的各个开关管之间, 只需满足将不连接第一二极管 D101 和第二二极管 D102 时的第一逆变拓扑单元 201 中点作为交流输出端, 之后将第一二极管 D101 串联在直流电源 204 的正输出端和第一逆变拓扑单元 201 的中点的连接电路上, 将第二二极管 D102 串联在第一逆变拓扑单元 201 的中点和直流电源 204 的负输出端之间。其中, 第一二极管 D101 的正极在靠近直流电源 204
20 一侧, 负极在靠近第一逆变拓扑单元 201 中点的一侧, 第二二极管 D102 的正极在靠近第一逆变拓扑单元 201 中点的一侧, 负极在靠近直流电源 204 的一侧。

本实施例中的逆变器可以具有两种不同的工作模式, 其中, 直流电源 204 输出高电压时, 逆变器在第一工作模式下, 此时第一直流升压电路 203 和第二
25 直流升压电路 205 不工作, 第一逆变拓扑单元 201 和第二逆变拓扑单元 202 工作于并联模式; 直流电源 204 输出低电压时, 逆变器在第二工作模式下, 此时第一直流升压电路 203 和第二直流升压电路 205 工作。

通过上述技术方案可以看出, 同现有技术相比, 本实施例中, 由第一二极管 D101、第一逆变拓扑单元 201 和第二二极管 D102 组成的桥臂, 与由第三二极管 D103、第二逆变拓扑单元 202 和第四二极管 D104 组成的桥臂并联在直流

电源 204 的两端。因此，当直流电源输出高电压时，第一直流升压电压 203 和第二直流升压电路 205 不工作，第一逆变拓扑单元 201 和第二逆变拓扑单元 202 工作于并联结构，该并联结构减小了流过每个逆变拓扑单元的开关管的电流，根据导通损耗 P 的计算公式： $P=I^2 \times R$ ，其中 I 为流经开关管的电流， R 为开关管的导通电阻，可以看出，本实施例中通过减小流过开关管的电流降低了开关管的导通损耗。同时开关管的导通损耗的降低，减少了逆变器的热量损耗，从而进一步提高了逆变器的工作效率。

并且，在本发明实施例中，当直流电源输出低电压，即第一直流升压电路或第二直流升压电路工作时，第一逆变拓扑单元和第二逆变拓扑单元可以在不同的模式下，此时能够减少开关管的使用时间从而延长其使用寿命。这是因为，图 1 中的逆变器在五电平工作模式时，输出“+2”电平时，开关管 59 高频开关，开关管 21 低频开关，而在输出“+1”电平时，开关管 21 高频开关，因此开关管 21 在输出为正电平时始终处于工作状态。而本实施例中，可以在输出为正电平时分别通过第一逆变拓扑单元和第二逆变拓扑单元输出不同的电平，因此避免开关管一直处于工作状态，减少开关管的使用时间从而延长了其使用寿命。同理，在逆变器输出负电平时也能够减少开关管的使用时间。

本实施例中的储能模块 206 可以包括第一储能单元、第二储能单元、第三储能单元和第四储能单元。所述第一储能单元的第一端连接到直流电源 204 的正输出端；所述第二储能单元的第一端连接到直流电源 204 的负输出端；所述第三储能单元的第一端连接到第一直流升压电路 203 的输出端；所述第四储能单元的第一端连接到第二直流升压电路 205 的输出端。所述第一储能单元的第二端、第二储能单元的第二端、和第三储能单元的第二端连接到第四储能单元的第二端。当然，储能单元也可以有其他的组成形式，只要能够对直流电源、第一直流升压电路和第二直流升压电路的输出电压进行储能即可，本发明对此不做限定。

并且，所述第一储能单元、第二储能单元、第三储能单元和第四储能单元均可以由至少一个电容组成，此外，第三储能单元可以由并联在第三二极管 D103 的两端的电容和第一储能单元组成，也就是说，可以在第三二极管 D103 的正极和负极之间并联电容，由该电容和第一储能单元共同组成第三储能单

元。同样，第四储能单元也可以由并联在第四二极管 D104 的两端的电容和第二储能单元组成。

本实施例中逆变器的交流输出端可以连接交流负载，具体连接时可以是第一储能单元的第二端接地，并且交流输出端接交流负载的一端，交流负载的另一端接地；也可以是交流输出端和第一储能单元的第二端分别连接交流负载的两端。

在第一逆变拓扑单元或第二逆变拓扑单元中，可能具有续流支路，也可能不具有续流支路。其中，续流支路指的是使得逆变器输出零电平的续流电路。下面分别说明第一逆变拓扑单元和第二逆变拓扑单元具有续流支路以及不具有续流支路时交流输出端的连接方式，在下面的说明中，以储能模块包括第一

若第一逆变拓扑单元具有续流支路，第一逆变拓扑单元的续流支路与第一储能单元的第二端相连。此时可以是第一储能单元的第二端接地，并且交流输出端连接交流负载；或者也可以是交流输出端和第一储能单元的第二端之间连接交流负载。需要说明的是，此时第二逆变拓扑单元可以具有续流支路，也可以不具有续流支路，本发明对此不做限定。

若第二逆变拓扑单元具有续流支路，第二逆变拓扑单元的续流支路与第一储能单元的第二端相连。此时可以是第一储能单元的第二端接地，并且交流输出端连接交流负载；或者也可以是交流输出端和第一储能单元的第二端之间连接交流负载。需要说明的是，此时第一逆变拓扑单元可以具有续流支路，也可以不具有续流支路，本发明对此不做限定。

若所述第一逆变拓扑单元和所述第二逆变拓扑单元均不具有续流支路，则所述第一储能单元的第二端接地，并且交流输出端连接交流负载。

第一逆变拓扑单元和第二逆变拓扑单元均可以为目前存在的任一种由偶数个开关管组成的逆变器的拓扑结构，并且优选地，第一逆变拓扑单元和第二逆变拓扑单元均不具有直流升压电路。在本发明实施例中，提供五电平逆变器的五个具体实施例，在这五个具体实施例中，当第一逆变拓扑单元为两电平逆变拓扑单元时，第二逆变拓扑单元为 I 型三电平逆变拓扑单元，当第一逆变拓扑单元为 T 型三电平逆变拓扑单元时，第二逆变拓扑单元为 I 型三电平逆变拓

扑单元或 T 型三电平逆变拓扑单元, 当第一逆变拓扑单元为 I 型三电平逆变拓扑单元时, 第二逆变拓扑单元为两电平逆变拓扑单元或 T 型三电平逆变拓扑单元。

首先对两电平逆变拓扑单元、I 型三电平逆变拓扑单元、以及 T 型三电平
5 逆变拓扑单元这三种逆变拓扑单元的结构作具体说明。

如图 3 所示, 两电平逆变拓扑单元包括串联的并且导通方向相同的两个开关管, 即第一开关管 Q101 和第二开关管 Q102, 在图 3 中, 第一开关管 Q101 和第二开关管 Q102 并联在直流电源 V 的两端, 直流电源 V 的两端还并联有第一电容 C11 和第二电容 C12 的串联电路, 第一电容 C11 和第二电容 C12 的公共
10 节点接地。第一开关管 Q101 和第二开关管 Q102 的公共节点为交流输出端, 连接电感 L13 的一端, 电感 L13 的另一端通过并联的电容 C15 和负载电阻 R 接地。

如图 4 所示, I 型三电平逆变拓扑单元包括串联的并且导通方向相同的四个开关管和第一续流支路, 所述导通方向相同的四个开关管具体为第三开关管 Q103、第四开关管 Q104、第五开关管 Q105 和第六开关管 Q106。所述第一续流
15 支路包括串联的两个二极管, 即第五二极管 D105 和第六二极管 D106, 所述第一续流支路并联在所述 I 型三电平逆变拓扑单元中间的两个开关管的串联电路的两端, 也就是说, 第五二极管 D105 和第六二极管 D106 的串联电路并联在第四开关管 Q104 和第五开关管 Q105 的串联电路的两端。并且所述第一续流支路中的两个二极管的导通方向与所述 I 型三电平逆变拓扑单元中间的两个开
20 关管的导通方向相反。在图 4 中, I 型三电平逆变拓扑单元并联在直流电源 V 的两端, 直流电源 V 的两端还并联有第一电容 C11 和第二电容 C12 的串联电路, 第一电容 C11 和第二电容 C12 的公共节点连接所述第一续流支路的中点, 即第五二极管 D105 和第六二极管 D106 的公共节点, 并且该公共节点接地。第四开关管 Q104 和第五开关管 Q105 的公共节点为交流输出端, 连接电感 L13 的一端,
25 电感 L13 的另一端通过并联的电容 C15 和负载电阻 R 接地。

如图 5 所示, T 型三电平逆变拓扑单元包括串联的并且导通方向相同的两个开关管和第一续流支路。所述串联的并且导通方向相同的两个开关管具体为第一开关管 Q101 和第二开关管 Q102, 第二续流支路包括导通方向相反的两个开关管, 即第七开关管 Q107 和第八开关管 Q108, 所述第二续流支路连接在所

述 T 型三电平逆变拓扑单元的串联的两个开关管的中点，即第一开关管 Q101 和第二开关管 Q102 的中点。在图 5 中，第一开关管 Q101 和第二开关管 Q102 的串联电路并联在直流电源 V 的两端，直流电源 V 的两端还并联有第一电容 C11 和第二电容 C12 的串联电路，第一电容 C11 和第二电容 C12 的公共节点连接所述第二续流支路，实际上，第二续流支路串联在第一电容 C11 和第二电容 C12 的公共节点、以及第一开关管 Q101 和第二开关管 Q102 的公共节点之间，并且第一电容 C11 和第二电容 C12 的公共节点接地。第一开关管 Q101 和第二开关管 Q102 的公共节点为交流输出端，连接电感 L13 的一端，电感 L13 的另一端通过并联的电容 C15 和负载电阻 R 接地。

在图 3 至图 5 中，直流电源的个数不受限定，例如，可以如图 3 至图 5 所示，只有一个直流电源，并联在逆变拓扑单元的两端，也可以有两个直流电源，两个直流电源串联后并联在逆变拓扑单元的两端，并且此时两个直流电源的公共节点连接第一电容 C11 和第二电容 C12 的公共节点。

下面介绍本发明实施例提供的五电平单相逆变器的五个具体实施例，在该五个具体实施例中，当第一逆变拓扑单元为两电平逆变拓扑单元时，第二逆变拓扑单元为 I 型三电平逆变拓扑单元，当第一逆变拓扑单元为 T 型三电平逆变拓扑单元时，第二逆变拓扑单元为 I 型三电平逆变拓扑单元或 T 型三电平逆变拓扑单元，当第一逆变拓扑单元为 I 型三电平逆变拓扑单元时，第二逆变拓扑单元为两电平逆变拓扑单元或 T 型三电平逆变拓扑单元。

首先通过一个实施例介绍第一逆变拓扑单元为两电平逆变拓扑单元，并且第二逆变拓扑单元为 I 型三电平逆变拓扑单元时的五电平单相逆变器的具体结构。

实施例二

在本实施例中，以第一直流升压电路以及第二直流升压电路均为 Boost 电路，第一储能单元为第一电容 C11、第二储能单元为第二电容 C12、第三储能单元为第三电容 C13 并且第四储能单元为第四电容 C14 为例加以说明。实际上，本发明实施例对第一直流升压电路、第二直流升压电路、第一储能单元、第二储能单元、第三储能单元和第四储能单元的组成和结构并不加以限定。

请参阅图 6，本发明提供了单相逆变器的第二实施例，在本实施例中，所

述逆变器包括第一逆变拓扑单元 201、第二逆变拓扑单元 202、第一直流升压电路 203、第二直流升压电路 205、第一二极管 D101、第二二极管 D102、第三二极管 D103、和第四二极管 D104。第一直流升压电路 203 包括第一电感 L11、第七二极管 D107 和第十三开关管 Q113，第二直流升压电路 205 包括第二电感 L12、第八二极管 D108 和第十四开关管 Q114。

直流电源 V 的正输出端、第一电感 L11 的第一端、和第一电容 C11 的第一端连接到第三二极管 D103 的正极。直流电源 V 的负输出端、第二电感 L12 的第一端、和第二电容 C12 的第一端连接到第四二极管 D104 的负极。

第一电感 L11 的第二端连接第七二极管 D107 的正极，第二电感 L12 的第二端连接第八二极管 D108 的负极，第一电感 L11 的第二端和第二电感 L12 的第二端之间还连接有第十三开关管 Q113 和第十四开关管 Q114 的串联电路，具体地，第十三开关管 Q113 连接第一电感，第十四开关管 Q114 连接第二电感。第十三开关管 Q113 和第十四开关管 Q114 的公共节点接地；第十三开关管 Q113 的导通方向使得电流从第一电感 L11 的第二端流向第十三开关管 Q113 和第十四开关管 Q114 的公共节点，第十四开关管 Q114 的导通方向使得电流从第十三开关管 Q113 和第十四开关管 Q114 的公共节点流向第二电感 L12 的第二端。

第七二极管 D107 的负极和第三电容 C13 的第一端连接到第三二极管 D103 的负极。第八二极管 D108 的正极和第四电容 C14 的第一端连接到第四二极管 D104 的正极。

第一电容 C11 的第二端、第二电容 C12 的第二端、和第三电容 C13 的第二端连接到第四电容 C14 的第二端，并且第一电容 C11 的第二端连接第十三开关管 Q113 和第十四开关管 Q114 的公共节点。

第一逆变拓扑单元 201 为两电平逆变拓扑单元，包括串联的并且导通方向相同的第一开关管 Q101 和第二开关管 Q102，第一开关管 Q101 和第一二极管 D101 串联在第一支路上，第二开关管 Q102 和第二二极管 D102 串联在第二支路上，第一支路的第一端连接直流电源 V 的正输出端，第一支路的第二端连接第二支路的第一端，第二支路的第二端连接直流电源 V 的负输出端。第一开关管 Q101 和第一二极管 D101 的导通方向使得电流从第一支路的第一端流向第二端，第二开关管 Q102 和第二二极管 D102 的导通方向使得电流从第二支路的第

一端流向第二端。

需要说明的是，本实施例中，第一支路包括串联的第一二极管 D101 和第一开关管 Q101，第一二极管 D101 和第一开关管 Q101 的位置关系可以如图 6 所示，即第一二极管 D101 的正极连接直流电源 V 的正输出端，第一二极管 D101 的负极连接第一开关管 Q101，也可以将图 6 中的第一二极管 D101 和第一开关管 Q101 的位置互换，此时直流电源 V 的正输出端和第一二极管 D101 的正极之间连接第一开关管 Q101。同样，第二支路包括串联的第二二极管 D102 和第二开关管 Q102，第二二极管 D102 和第二开关管 Q102 的位置关系可以如图 6 所示，即第二二极管 D102 的负极连接直流电源 V 的负输出端，第二二极管 D102 的正极连接第二开关管 Q102，也可以将图 6 中的第二二极管 D102 和第二开关管 Q102 的位置互换，此时第二二极管 D102 的正极和直流电源 V 的负输出端之间连接第二开关管 Q102。

第二逆变拓扑单元 202 为 I 型三电平逆变拓扑单元，包括串联的并且导通方向相同的第三开关管 Q103、第四开关管 Q104、第五开关管 Q105 和第六开关管 Q106，以及第一续流支路。所述第一续流支路包括第五二极管 D105 和第六二极管 D106。第三开关管 Q103、第四开关管 Q104、第五开关管 Q105 和第六开关管 Q106 依次串联在所述第三二极管 D103 的负极和第四二极管 D104 的正极之间，第三开关管 Q103、第四开关管 Q104、第五开关管 Q105 和第六开关管 Q106 的导通方向使得电流从所述第三二极管 D103 流向所述第四二极管 D104。第五二极管 D105 的正极和第六二极管 D106 的负极连接第一电容 C11 的第二端，所述第五二极管 D105 的负极连接在第三开关管 Q103 和第四开关管 Q104 之间，所述第六二极管 D106 的正极连接在第五开关管 Q105 和第六开关管 Q106 之间。

第四开关管 Q104 和第五开关管 Q105 的公共节点与第一支路的第二端相连，作为本实施例逆变器的交流输出端。

在本实施例中，第一电容 C11 的第二端接地，交流输出端连接交流负载，例如交流输出端可以如图 6 所示，连接电感 L13，电感 L13 串联负载电阻 R，负载电阻 R 的两端并联电容 C15。而在其它实施例中，第一电容 C11 的第二端也可以不接地，而是交流输出端与第一电容 C11 的第二端之间连接交流负载。

通过上述技术方案可以看出,同现有技术相比,本发明实施例中,由第一二极管 D101、两电平逆变拓扑单元和第二二极管 D102 组成的桥臂,与由第三二极管 D103、I 型三电平逆变拓扑单元和第四二极管 D104 组成的桥臂并联在直流电源 V 的两端。因此,当直流电源输出高电压时,第十三开关管 Q113 和第十四开关管 Q114 不工作,两电平逆变拓扑单元和 I 型三电平逆变拓扑单元工作于并联结构,该并联结构减小了流过每个逆变拓扑单元的开关管的电流,根据导通损耗 P 的计算公式: $P = I^2 \times R$, 其中 I 为流经开关管的电流, R 为开关管的导通电阻,可以看出,本实施例中通过减小流过开关管的电流降低了开关管的导通损耗。同时开关管的导通损耗的降低,减少了逆变器的热量损耗,从而进一步提高了逆变器的工作效率。

图 6 所示的单相逆变器为五电平逆变器,下面介绍该逆变器的工作模式。

该逆变器具有两种不同的工作模式,即第一工作模式和第二工作模式。其中,在直流电源输出高电压时,该逆变器工作在第一工作模式下,此时逆变器为三电平工作模式,能够输出“+1”、“0”和“-1”三种电平;直流电源输出低电压时,该逆变器工作在第二工作模式下,此时逆变器为五电平工作模式,能够输出“+2”、“+1”、“0”、“-1”和“-2”五种电平。下面分别对这两个工作模式作具体说明。

在第一工作模式下,第一直流升压电路和第二直流升压电路均不工作,即第十三开关管 Q113 和第十四开关管 Q114 均不工作,所述逆变器工作在第一模态、第二模态、第三模态或第四模态。

具体地,所述逆变器工作在第一模态时,所述逆变器中仅有第一开关管 Q101、第三开关管 Q103、第四开关管 Q104 处于工作状态,而第二开关管 Q102、第五开关管 Q105、第六开关管 Q106、以及第十三开关管 Q113、第十四开关管 Q114 均不工作。此时直流电源 V 正输出端输出的母线电压加在第一开关管 Q101、与第三开关管 Q103、第四开关管 Q104 的并联电路上,因此,相比流过图 1 所示的五电平逆变器中的开关管 21 的电流,流过本实施例的逆变器中第一开关管 Q101、第三开关管 Q103、以及第四开关管 Q104 中每一个开关管的电流减小,从而导通损耗更小。此时,逆变器输出“+1”电平。

当所述逆变器处于第一模态时,在并联工作的两条电路中,一条只有第一

开关管 Q101 一个开关管，而另一条则有第三开关管 Q103 和第四开关管 Q104，因此，加在第一开关管 Q101 上的压降更大，此时为了减轻第一开关管 Q101 的工作负担，可以使得第三开关管 Q103 和第四开关管 Q104 先于所述第一开关管 Q101 处于工作状态，这样通过第三开关管 Q103 和第四开关管 Q104 先导通，
5 控制了并联电路两端的压降，从而限制了第一开关管 Q101 两端的电压，减轻了第一开关管 Q101 的开关损耗。

在这里需要说明的是，开关管处于工作状态具体可以为开关管以一定频率开关工作、或者也可以为常通工作。在第一模式时，一种较优的方案是，第一开关管 Q101 以第一频率开关工作、第三开关管 Q103 以第二频率开关工作、第
10 四开关管 Q104 以第三频率开关工作，其中，第一频率大于第三频率，第二频率大于第三频率。第一频率和第二频率可以为高频，第三频率可以为低频。具体地，在本发明中，高频可以为大于或等于 1kHz 的频率，低频可以为小于 1kHz 的频率，例如交流电网的频率 50Hz。

所述逆变器工作在第二模态时，所述逆变器仅有所述第四开关管 Q104 处
15 于工作状态，而第一开关管 Q101、第二开关管 Q102、第三开关管 Q103、第五开关管 Q105、第六开关管 Q106、以及第十三开关管 Q113、第十四开关管 Q114 均不工作。第一续流支路中的第五二极管 D105 与第四开关管 Q104 构成续流通路，此时，逆变器输出“0”电平。一种较优的方案是，第四开关管以第三频率开关工作。

所述逆变器工作在第三模态时，所述逆变器中仅有第二开关管 Q102、第
20 五开关管 Q105、第六开关管 Q106 处于工作状态，而第一开关管 Q101、第三开关管 Q103、第四开关管 Q104、以及第十三开关管 Q113、第十四开关管 Q114 均不工作。此时直流电源 V 负输出端输出的母线电压加在第二开关管 Q102、与第五开关管 Q105、第六开关管 Q106 的并联电路上，因此，相比流过图 1 所
25 示的五电平逆变器中的开关管 25 的电流，流过本实施例的逆变器中第二开关管 Q102、第五开关管 Q105、以及第六开关管 Q106 中每一个开关管的电流减小，从而导通损耗更小。此时，逆变器输出“-1”电平。一种较优的方案是，第二开关管 Q102 以第一频率开关工作、第六开关管 Q106 以第二频率开关工作、第五开关管 Q105 以第三频率开关工作，其中，第一频率大于第三频率，第二频

率大于第三频率。第一频率和第二频率可以为高频，第三频率可以为低频。

当所述逆变器处于第三模态时，在并联工作的两条电路中，一条只有第二开关管 Q102，而另一条则有第五开关管 Q105 和第六开关管 Q106，因此，加在第二开关管 Q102 的压降更大，此时为了减轻第二开关管 Q102 的工作负担，可以使得第五开关管 Q105 和第六开关管 Q106 先于所述第二开关管 Q102 处于工作状态，这样通过第五开关管 Q105 和第六开关管 Q106 先导通，控制了并联电路两端的压降，从而限制了第二开关管 Q102 两端的电压，减轻了第二开关管 Q102 的开关损耗。

所述逆变器工作在第四模态时，所述逆变器仅有所述第五开关管 Q105 处于工作状态，而第一开关管 Q101、第二开关管 Q102、第三开关管 Q103、第四开关管 Q104、第六开关管 Q106、以及第十三开关管 Q113、第十四开关管 Q114 均不工作。第一续流支路中的第六二极管 D106 与第五开关管 Q105 构成续流通路，此时，逆变器输出“0”电平。一种较优的方案是，第五开关管以第三频率开关工作。

所述逆变器通过工作在上述四个模态，可以输出三电平交流电压，例如，以逆变器输出交流正弦波为例，在输出一个周期的正弦波的过程中，逆变器依次工作在第一模态、第二模态、第三模态和第四模态，其中，逆变器工作在第一模态时，输出正半周的正弦波，工作在第二模态时，输出零电平，工作在第三模态时，输出负半周的正弦波，工作在第四模态时，输出零电平。

下面介绍本实施例逆变器的第二工作模式，即直流电源输出低电平时的五电平工作模式。需要说明的是，下面介绍的第二工作模式，为本实施例中的逆变器工作在第二工作模式时的一种优选的方式。

在第二工作模式下，所述逆变器工作在第一模态、第二模态、第三模态、第四模态、第五模态或第六模态。

具体地，所述逆变器工作在第一模态时，所述逆变器中仅有第三开关管 Q103、第四开关管 Q104 和第十三开关管 Q113 处于工作状态，而第一开关管 Q101、第二开关管 Q102、第五开关管 Q105、第六开关管 Q106、以及第十四开关管 Q114 均不工作。此时第七二极管 D107 输出的将直流电源升压后的母线电压加在第三开关管 Q103 和第四开关管 Q104 的串联电路上。此时，逆变器输出

“+2”电平。

在第一模式时，一种较优的方案是，第三开关管 Q103 以第二频率开关工作、第四开关管 Q104 以第三频率开关工作，第十三开关管 Q113 以第四频率开关工作，其中，第二频率大于第三频率，第四频率大于第三频率。第四频率可以
5 以为高频。

所述逆变器工作在第二模态时，由于此时直流电源输出低电压，因此所述逆变器中可以是仅有第一开关管 Q101 处于工作状态，而第二开关管 Q102、第三开关管 Q103、第四开关管 Q104、第五开关管 Q105、第六开关管 Q106、以及第十三开关管 Q113、第十四开关管 Q114 均不工作。此时直流电源 V 正输出端
10 输出的母线电压加在第一开关管 Q101 上。此时，逆变器输出“+1”电平。其中，一种较优的方案是，第一开关管 Q101 以第一频率开关工作。本实施例逆变器在第一模态时，通过第三开关管和第四开关管输出“+2”电平，在第二模态时，通过第一开关管输出“+1”电平，相比于图 1 中开关管 21 在输出“+2”和“+1”电平始终开关工作，本实施例中的逆变器的第四开关管 Q104 工作时
15 间更短，因此寿命更长。

为了实现能够降低开关管的导通损耗，所述逆变器工作在第二模态时也可以是仅有第一开关管 Q101、第三开关管 Q103、第四开关管 Q104 处于工作状态，而第二开关管 Q102、第五开关管 Q105、第六开关管 Q106、以及第十三开关管 Q113、第十四开关管 Q114 均不工作。此时直流电源 V 正输出端输出的母线电
20 压加在第一开关管 Q101、与第三开关管 Q103、第四开关管 Q104 的并联电路上，因此，相比流过图 1 所示的五电平逆变器中的开关管 21 的电流，流过本实施例的逆变器中第一开关管 Q101、第三开关管 Q103、以及第四开关管 Q104 中每一个开关管的电流减小，从而导通损耗更小。此时，逆变器输出“+1”电平。一种较优的方案是，第一开关管 Q101 以第一频率开关工作、第三开关管 Q103
25 以第二频率开关工作、第四开关管 Q104 以第三频率开关工作，其中，第一频率大于第三频率，第二频率大于第三频率。此时，也可以使得第三开关管 Q103 和第四开关管 Q104 先于第一开关管 Q101 导通。

所述逆变器工作在第三模态时，所述逆变器仅有所述第四开关管 Q104 处于工作状态，而第一开关管 Q101、第二开关管 Q102、第三开关管 Q103、第五

开关管 Q105、第六开关管 Q106、以及第十三开关管 Q113、第十四开关管 Q114 均不工作。第一续流支路中的第五二极管 D105 与第四开关管 Q104 构成续流通路，此时，逆变器输出“0”电平。一种较优的方案是，第四开关管以第三频率开关工作。在本实施例的逆变器中，第四开关管在第一模态和第三模态时，
5 均以第三频率，即低频进行工作，而图 1 中的开关管 21 在输出为“+2”电平时，进行低频开关，在输出为“+1”电平时，进行高频开关，因此，相比于图 1 中的逆变器，本实施例逆变器中的第四开关管不需要进行高低频转换，因此开关损耗更低。

所述逆变器工作在第四模态时，所述逆变器中仅有第五开关管 Q105、第六开关管 Q106 和第十四开关管 Q114 处于工作状态，而第一开关管 Q101、第二开关管 Q102、第三开关管 Q103、第四开关管 Q104、以及第十三开关管 Q113 均不工作。此时第八二极管 D108 输出的将直流电源升压后的母线电压加在第五开关管 Q105 和第六开关管 Q106 的串联电路上。此时，逆变器输出“-2”电平。
10

在第四模式时，一种较优的方案是，第六开关管 Q106 以第二频率开关工作、第五开关管 Q105 以第三频率开关工作，第十四开关管 Q114 以第四频率开关工作，其中，第二频率大于第三频率，第四频率大于第三频率。
15

所述逆变器工作在第五模态时，由于此时直流电源输出低电压，因此所述逆变器中可以是仅有第二开关管 Q102 处于工作状态，而第一开关管 Q101、第三开关管 Q103、第四开关管 Q104、第五开关管 Q105、第六开关管 Q106、以及第十三开关管 Q113、第十四开关管 Q114 均不工作，此时直流电源 V 负输出端输出的母线电压加在第二开关管 Q102 上。此时，逆变器输出“-1”电平。其中，一种较优的方案是，第二开关管 Q102 以第一频率开关工作。本实施例逆变器在第四模态时，通过第五开关管和第六开关管输出“-2”电平，在第五模态时，通过第二开关管输出“-1”电平，相比于图 1 中开关管 25 在输出“-2”
20 和“-1”电平始终开关工作，本实施例中的逆变器的第五开关管 Q105 工作时间更短，因此寿命更长。
25

为了实现能够降低开关管的导通损耗，所述逆变器工作在第五模态时也可以是仅有第二开关管 Q102、第五开关管 Q105、第六开关管 Q106 处于工作状态，

而第一开关管 Q101、第三开关管 Q103、第四开关管 Q104、以及第十三开关管 Q113、第十四开关管 Q114 均不工作等等。此时直流电源 V 负输出端输出的母线电压加在第二开关管 Q102、与第五开关管 Q105、第六开关管 Q106 的并联电路上，因此，相比流过图 1 所示的五电平逆变器中的开关管 25 的电流，流过本实施例的逆变器中第二开关管 Q102、第五开关管 Q105、以及第六开关管 Q106 中每一个开关管的电流减小，从而导通损耗更小。此时，逆变器输出“-1”电平。一种较优的方案是，第二开关管 Q102 以第一频率开关工作、第六开关管 Q106 以第二频率开关工作、第五开关管 Q105 以第三频率开关工作，其中，第一频率大于第三频率，第二频率大于第三频率。此时，也可以使得第五开关管 Q105 和第六开关管 Q106 先于第二开关管 Q102 导通。

所述逆变器工作在第六模态时，所述逆变器仅有所述第五开关管 Q105 处于工作状态，而第一开关管 Q101、第二开关管 Q102、第三开关管 Q103、第四开关管 Q104、第六开关管 Q106、以及第十三开关管 Q113、第十四开关管 Q114 均不工作。第一续流支路中的第六二极管 D106 与第五开关管 Q105 构成续流通路，此时，逆变器输出“0”电平。一种较优的方案是，第五开关管以第三频率开关工作。在本实施例的逆变器中，第五开关管在第四模态和第六模态时，均以第三频率，即低频进行工作，而图 1 中的开关管 25 在输出为“-2”电平时，进行低频开关，在输出为“-1”电平时，进行高频开关，因此，相比于图 1 中的逆变器，本实施例逆变器中的第五开关管不需要进行高低频转换，因此开关损耗更低。

所述逆变器通过工作在上述六个模态，可以输出五电平交流电压，例如，以逆变器输出交流正弦波为例，在输出一个周期的正弦波的过程中，逆变器依次工作在第二模态、第一模态、第二模态、第三模态、第五模态、第四模态、第五模态和第六模态，其中，逆变器工作在第二模态、第一模态、和第二模态时，输出正半周的正弦波，工作在第三模态时，输出零电平，工作在第五模态、第四模态、和第五模态时，输出负半周的正弦波，工作在第六模态时，输出零电平。

下面通过一个实施例，说明第一逆变拓扑单元为 T 型三电平逆变拓扑单元，并且第二逆变拓扑单元为 I 型三电平逆变拓扑单元时的具体结构。

实施例三

在本实施例中，以第一直流升压电路以及第二直流升压电路均为 Boost 电路，第一储能单元为第一电容 C11、第二储能单元为第二电容 C12、第三储能单元为第三电容 C13 并且第四储能单元为第四电容 C14 为例加以说明。实际上，本发明实施例对第一直流升压电路、第二直流升压电路、第一储能单元、第二储能单元、第三储能单元和第四储能单元的组成和结构并不加以限定。

请参阅图 7，本发明提供了单相逆变器的第三实施例，在本实施例中，所述逆变器包括第一逆变拓扑单元 201、第二逆变拓扑单元 202、第一直流升压电路 203、第二直流升压电路 205、第一二极管 D101、第二二极管 D102、第三二极管 D103、和第四二极管 D104。第一直流升压电路 203 包括第一电感 L11、第七二极管 D107 和第十三开关管 Q113，第二直流升压电路 205 包括第二电感 L12、第八二极管 D108 和第十四开关管 Q114。需要说明的是，本实施例中逆变器的具体结构与第二实施例的逆变器相比，区别仅在于增加了第七开关管 Q107 和第八开关管 Q108。下面介绍本实施例的逆变器的具体结构：

直流电源 V 的正输出端、第一电感 L11 的第一端、和第一电容 C11 的第一端连接到第三二极管 D103 的正极。直流电源 V 的负输出端、第二电感 L12 的第一端、和第二电容 C12 的第一端连接到第四二极管 D104 的负极。

第一电感 L11 的第二端连接第七二极管 D107 的正极，第二电感 L12 的第二端连接第八二极管 D108 的负极，第一电感 L11 的第二端和第二电感 L12 的第二端之间还连接有第十三开关管 Q113 和第十四开关管 Q114 的串联电路，具体地，第十三开关管 Q113 连接第一电感，第十四开关管 Q114 连接第二电感。第十三开关管 Q113 和第十四开关管 Q114 的公共节点接地；第十三开关管 Q113 的导通方向使得电流从第一电感 L11 的第二端流向第十三开关管 Q113 和第十四开关管 Q114 的公共节点，第十四开关管 Q114 的导通方向使得电流从第十三开关管 Q113 和第十四开关管 Q114 的公共节点流向第二电感 L12 的第二端。

第七二极管 D107 的负极和第三电容 C13 的第一端连接到第三二极管 D103 的负极。第八二极管 D108 的正极和第四电容 C14 的第一端连接到第四二极管 D104 的正极。

第一电容 C11 的第二端、第二电容 C12 的第二端、和第三电容 C13 的第二

端连接到第四电容 C14 的第二端, 并且第一电容 C11 的第二端连接第十三开关管 Q113 和第十四开关管 Q114 的公共节点。

第一逆变拓扑单元 201 为 T 型三电平逆变拓扑单元, 包括串联的并且导通方向相同的第一开关管 Q101 和第二开关管 Q102, 以及第二续流支路, 所述第二续流支路包括串联并且导通方向相反的第七开关管 Q107 和第八开关管 Q108。第一开关管 Q101 和第一二极管 D101 串联在第一支路上, 第二开关管 Q102 和第二二极管 D102 串联在第二支路上, 第一支路的第一端连接直流电源 V 的正输出端, 第一支路的第二端连接第二支路的第一端, 第二支路的第二端连接直流电源 V 的负输出端。第一开关管 Q101 和第一二极管 D101 的导通方向使得电流从第一支路的第一端流向第二端, 第二开关管 Q102 和第二二极管 D102 的导通方向使得电流从第二支路的第一端流向第二端。

需要说明的是, 本实施例中, 第一支路包括串联的第一二极管 D101 和第一开关管 Q101, 第一二极管 D101 和第一开关管 Q101 的位置关系可以如图 7 所示, 即第一二极管 D101 的正极连接直流电源 V 的正输出端, 第一二极管 D101 的负极连接第一开关管 Q101, 也可以将图 7 中的第一二极管 D101 和第一开关管 Q101 的位置互换, 此时直流电源 V 的正输出端和第一二极管 D101 的正极之间连接第一开关管 Q101。同样, 第二支路包括串联的第二二极管 D102 和第二开关管 Q102, 第二二极管 D102 和第二开关管 Q102 的位置关系可以如图 7 所示, 即第二二极管 D102 的负极连接直流电源 V 的负输出端, 第二二极管 D102 的正极连接第二开关管 Q102, 也可以将图 7 中的第二二极管 D102 和第二开关管 Q102 的位置互换, 此时第二二极管 D102 的正极和直流电源 V 的负输出端之间连接第二开关管 Q102。

第二逆变拓扑单元 202 为 I 型三电平逆变拓扑单元, 包括串联的并且导通方向相同的第三开关管 Q103、第四开关管 Q104、第五开关管 Q105 和第六开关管 Q106, 以及第一续流支路。所述第一续流支路包括第五二极管 D105 和第六二极管 D106。第三开关管 Q103、第四开关管 Q104、第五开关管 Q105 和第六开关管 Q106 依次串联在所述第三二极管 D103 的负极和第四二极管 D104 的正极之间, 第三开关管 Q103、第四开关管 Q104、第五开关管 Q105 和第六开关管 Q106 的导通方向使得电流从所述第三二极管 D103 流向所述第四二极管 D104。

第五二极管 D105 的正极和第六二极管 D106 的负极连接第一电容 C11 的第二端, 所述第五二极管 D105 的负极连接在第三开关管 Q103 和第四开关管 Q104 之间, 所述第六二极管 D106 的正极连接在第五开关管 Q105 和第六开关管 Q106 之间。

5 第四开关管 Q104 和第五开关管 Q105 的公共节点与第一支路的第二端相连, 作为本实施例逆变器的交流输出端。

在本实施例中, 第一电容 C11 的第二端接地, 交流输出端连接交流负载, 例如如图 7 所示, 交流输出端连接电感 L13, 电感 L13 串联负载电阻 R, 负载电阻 R 的两端并联电容 C15。而在其它实施例中, 第一电容 C11 的第二端也可以不接地, 而是交流输出端与第一电容 C11 的第二端之间连接交流负载。

本实施例与第二实施例相比, 电路结构上仅增加了第七开关管 Q107 和第八开关管 Q108, 而其他器件及其连接方式与第二实施例, 即图 6 所示的电路结构相同, 因此下面重点说明第七开关管 Q107 和第八开关管 Q108 的连接方式。

15 第七开关管 Q107 和第八开关管 Q108 的串联电路连接在第一电容 C11 和第二电容 C12 的公共节点, 与第一支路的第二端之间。需要说明的是, 本实施例中第七开关管 Q107 和第八开关管 Q108 的位置关系可以如图 7 所示, 即第七开关管 Q107 连接第一电容 C11 和第二电容 C12 的公共节点, 第八开关管 Q108 连接第一支路的第二端, 也可以将第七开关管 Q107 和第八开关管 Q108 的位置互换。第七开关管的导通方向使得电流从第一电容 C11 和第二电容 C12 的公共节点流向第一支路的第二端, 第八开关管的导通方向使得电流从第一支路的第二端流向第一电容 C11 和第二电容 C12 的公共节点。

25 通过上述技术方案可以看出, 同现有技术相比, 本发明实施例中, 由第一二极管 D101、T 型三电平逆变拓扑单元和第二二极管 D102 组成的桥臂, 与由第三二极管 D103、I 型三电平逆变拓扑单元和第四二极管 D104 组成的桥臂并联在直流电源 V 的两端。因此, 当直流电源输出高电压时, 第十三开关管 Q113 和第十四开关管 Q114 不工作, T 型三电平逆变拓扑单元和 I 型三电平逆变拓扑单元工作于并联结构, 该并联结构减小了流过每个逆变拓扑单元的开关管的电流, 根据导通损耗 P 的计算公式: $P = I^2 \times R$, 其中 I 为流经开关管的电流, R 为开关管的导通电阻, 可以看出, 本实施例中通过减小流过开关管的电流降

低了开关管的导通损耗。同时开关管的导通损耗的降低，减少了逆变器的热量损耗，从而进一步提高了逆变器的工作效率。

同时，同现有技术相比，本实施例的逆变器具有并联的两个续流支路，因此在输出为零电平时，每条续流支路流过的电流更小，从而在输出为零电平时也降低了开关管的导通损耗。

图 7 所示的单相逆变器为五电平逆变器，下面介绍该逆变器的工作模式。

该逆变器具有两种不同的工作模式，即第一工作模式和第二工作模式。其中，在直流电源输出高电压时，该逆变器工作在第一工作模式下，此时逆变器为三电平工作模式，能够输出“+1”、“0”和“-1”电平；直流电源输出低电压时，该逆变器工作在第二工作模式下，此时逆变器为五电平工作模式，能够输出“+2”、“+1”、“0”、“-1”和“-2”电平。下面分别对这两个工作模式作具体说明。

在第一工作模式下，第一直流升压电路和第二直流升压电路均不工作，即第十三开关管 Q113 和第十四开关管 Q114 均不工作，所述逆变器工作在第一模态、第二模态、第三模态或第四模态。其中，第一模态和第三模态时，本实施例的逆变器与第二实施例的逆变器的工作情况相同，故对第一模态和第三模态做简略说明，详细请参见第二实施例的相关之处，这里重点说明本实施例的第二模态和第四模态的工作情况。

在第一工作模式下，第一直流升压电路和第二直流升压电路均不工作，即第十三开关管 Q113 和第十四开关管 Q114 均不工作，所述逆变器工作在第一模态、第二模态、第三模态或第四模态。

具体地，所述逆变器工作在第一模态时，所述逆变器中仅有第一开关管 Q101、第三开关管 Q103、第四开关管 Q104 处于工作状态，而第二开关管 Q102、第五开关管 Q105、第六开关管 Q106、第七开关管 Q107、第八开关管 Q108 以及第十三开关管 Q113、第十四开关管 Q114 均不工作。相比于流过图 1 所示的五电平逆变器中的开关管 21 的电流，流过本实施例逆变器中第一开关管 Q101、第三开关管 Q103、以及第四开关管 Q104 中每一个开关管的电流减小，从而导通损耗更小。此时，逆变器输出“+1”电平。可以使得第三开关管 Q103 和第

四开关管 Q104 先于所述第一开关管 Q101 处于工作状态。

在第一模式时，一种较优的方案是，第一开关管 Q101 以第一频率开关工作、第三开关管 Q103 以第二频率开关工作、第四开关管 Q104 以第三频率开关工作。

5 所述逆变器工作在第二模态时，所述逆变器仅有所述第四开关管 Q104 和第七开关管 Q107 处于工作状态，而第一开关管 Q101、第二开关管 Q102、第三开关管 Q103、第五开关管 Q105、第六开关管 Q106、第八开关管 Q108 以及第十三开关管 Q113、第十四开关管 Q114 均不工作。第一续流支路中的第五二极管 D105 与第四开关管 Q104 构成续流通路，并且第二续流支路中的第七开关管
10 Q107，以及第八开关管 Q108 的反向并联二极管构成续流通路，该逆变器具有两条并联的续流通路。此时，逆变器输出“0”电平。一种较优的方案是，第四开关管和第七开关管均以第三频率开关工作。

所述逆变器工作在第三模态时，所述逆变器中仅有第二开关管 Q102、第五开关管 Q105、第六开关管 Q106 处于工作状态，而第一开关管 Q101、第三开关管 Q103、第四开关管 Q104、第七开关管 Q107、第八开关管 Q108 以及第十三开关管 Q113、第十四开关管 Q114 均不工作。相比于流过图 1 所示的五电平
15 逆变器中的开关管 25 的电流，流过本实施例的逆变器中第二开关管 Q102、第五开关管 Q105、以及第六开关管 Q106 中每一个开关管的电流减小，从而导通损耗更小。此时，逆变器输出“-1”电平。可以使得第五开关管 Q105 和第六
20 开关管 Q106 先于所述第二开关管 Q102 处于工作状态。

在第三模态时一种较优的方案是，第二开关管 Q102 以第一频率开关工作、第六开关管 Q106 以第二频率开关工作、第五开关管 Q105 以第三频率开关工作。

所述逆变器工作在第四模态时，所述逆变器仅有所述第五开关管 Q105 和第八开关管 Q108 处于工作状态，而第一开关管 Q101、第二开关管 Q102、第三
25 开关管 Q103、第四开关管 Q104、第六开关管 Q106、第七开关管 Q107 以及第十三开关管 Q113、第十四开关管 Q114 均不工作。第一续流支路中的第六二极管 D106 与第五开关管 Q105 构成续流通路，并且第二续流支路中的第七开关管 Q107 的反向并联二极管与第八开关管 Q108 构成续流通路，该逆变器具有两条并联的续流通路。此时，逆变器输出“0”电平。一种较优的方案是，第五开

关管和第八开关管均以第三频率开关工作。

在第二工作模式下，所述逆变器工作在第一模态、第二模态、第三模态、第四模态、第五模态或第六模态。其中，第一模态、第二模式、第四模式和第五模态时，本实施例的逆变器与图 6 所示的逆变器的工作情况相同，故对第一模态、第二模式、第四模式和第五模态做简略说明，详细请参见第二实施例的相关之处，并且重点说明本实施例的第三模态和第六模态的工作情况。

具体地，所述逆变器工作在第一模态时，所述逆变器中仅有第三开关管 Q103、第四开关管 Q104 和第十三开关管 Q113 处于工作状态，而第一开关管 Q101、第二开关管 Q102、第五开关管 Q105、第六开关管 Q106、第七开关管 Q107、第八开关管 Q108 以及第十四开关管 Q114 均不工作。此时，逆变器输出“+2”电平。

在第一模式时，一种较优的方案是，第三开关管 Q103 以第二频率开关工作、第四开关管 Q104 以第三频率开关工作，第十三开关管 Q113 以第四频率开关工作。

所述逆变器工作在第二模态时，所述逆变器中可以是仅有第一开关管 Q101 处于工作状态，而第二开关管 Q102、第三开关管 Q103、第四开关管 Q104、第五开关管 Q105、第六开关管 Q106、第七开关管 Q107、第八开关管 Q108 以及第十三开关管 Q113、第十四开关管 Q114 均不工作。此时，逆变器输出“+1”电平。其中，一种较优的方案是，第一开关管 Q101 以第一频率开关工作。

为了实现能够降低开关管的导通损耗，所述逆变器工作在第二模态时也可以是仅有第一开关管 Q101、第三开关管 Q103、第四开关管 Q104 处于工作状态，而第二开关管 Q102、第五开关管 Q105、第六开关管 Q106、第七开关管 Q107、第八开关管 Q108 以及第十三开关管 Q113、第十四开关管 Q114 均不工作。

所述逆变器工作在第三模态时，所述逆变器仅有所述第四开关管 Q104 和第七开关管 Q107 处于工作状态，而第一开关管 Q101、第二开关管 Q102、第三开关管 Q103、第五开关管 Q105、第六开关管 Q106、第八开关管 Q108 以及第十三开关管 Q113、第十四开关管 Q114 均不工作。第一续流支路中的第五二极管 D105 与第四开关管 Q104 构成续流通路，并且第二续流支路中的第七开关管

Q107, 以及第八开关管 Q108 的反向并联二极管构成续流通路, 该逆变器具有两条并联的续流通路。此时, 逆变器输出“0”电平。一种较优的方案是, 第四开关管和第七开关管均以第三频率开关工作。

5 所述逆变器工作在第四模态时, 所述逆变器中仅有第五开关管 Q105、第六开关管 Q106 和第十四开关管 Q114 处于工作状态, 而第一开关管 Q101、第二开关管 Q102、第三开关管 Q103、第四开关管 Q104、第七开关管 Q107、第八开关管 Q108 以及第十三开关管 Q113 均不工作。此时, 逆变器输出“-2”电平。

10 在第四模式时, 一种较优的方案是, 第六开关管 Q106 以第二频率开关工作、第五开关管 Q105 以第三频率开关工作, 第十四开关管 Q114 以第四频率开关工作。

所述逆变器工作在第五模态时, 所述逆变器中可以是仅有第二开关管 Q102 处于工作状态, 而第一开关管 Q101、第三开关管 Q103、第四开关管 Q104、第五开关管 Q105、第六开关管 Q106、第七开关管 Q107、第八开关管 108 以及第十三开关管 Q113、第十四开关管 Q114 均不工作。此时, 逆变器输出“-1”
15 电平。其中, 一种较优的方案是, 第二开关管 Q102 以第一频率开关工作。

为了实现能够降低开关管的导通损耗, 所述逆变器工作在第五模态时也可以是仅有第二开关管 Q102、第五开关管 Q105、第六开关管 Q106 处于工作状态, 而第一开关管 Q101、第三开关管 Q103、第四开关管 Q104、第七开关管 Q107、第八开关管 Q108 以及第十三开关管 Q113、第十四开关管 Q114 均不工作等等。

20 所述逆变器工作在第六模态时, 所述逆变器仅有所述第五开关管 Q105 和第八开关管 Q108 处于工作状态, 而第一开关管 Q101、第二开关管 Q102、第三开关管 Q103、第四开关管 Q104、第六开关管 Q106、第七开关管 Q107 以及第十三开关管 Q113、第十四开关管 Q114 均不工作。第一续流支路中的第六二极管 D106 与第五开关管 Q105 构成续流通路, 并且第二续流支路中的第七开关管
25 Q107 的反向并联二极管与第八开关管 Q108 构成续流通路, 该逆变器具有两条并联的续流通路。此时, 逆变器输出“0”电平。一种较优的方案是, 第五开关管和第八开关管均以第三频率开关工作。

可以看出, 在输出零电平时, 第一续流支路和第二续流支路并联工作, 因此每个续流支路流过的电流减小, 从而降低了开关管的导通损耗。

下面通过一个实施例，说明第一逆变拓扑单元为 I 型三电平逆变拓扑单元，并且第二逆变拓扑单元为两电平逆变拓扑单元时单相逆变器的具体结构。

实施例四

在本实施例中，以第一直流升压电路以及第二直流升压电路均为 Boost 电路，第一储能单元为第一电容 C11、第二储能单元为第二电容 C12、第三储能单元为第三电容 C13 并且第四储能单元为第四电容 C14 为例加以说明。实际上，本发明实施例对第一直流升压电路、第二直流升压电路、第一储能单元、第二储能单元、第三储能单元和第四储能单元的组成和结构并不加以限定。

请参阅图 8，本发明提供了单相逆变器的第四实施例，在本实施例中，所述逆变器包括第一逆变拓扑单元 201、第二逆变拓扑单元 202、第一直流升压电路 203、第二直流升压电路 205、第一二极管 D101、第二二极管 D102、第三二极管 D103、和第四二极管 D104。第一直流升压电路 203 包括第一电感 L11、第七二极管 D107 和第十三开关管 Q113，第二直流升压电路 205 包括第二电感 L12、第八二极管 D108 和第十四开关管 Q114。

本实施例中的逆变器与第二实施例，即图 6 所示的逆变器所具有的器件完全相同，区别仅在于将第二实施例中的第一逆变拓扑单元和第二逆变拓扑单元的位置互换，因此下面只介绍第一逆变拓扑单元、第二逆变拓扑单元及两者与其他器件的连接关系，而其余的器件及连接关系请参见第二实施例的相关内容，这里不再赘述。

第一逆变拓扑单元 201 为 I 型三电平逆变拓扑单元，包括串联的并且导通方向相同的第三开关管 Q103、第四开关管 Q104、第五开关管 Q105 和第六开关管 Q106，以及第一续流支路。所述第一续流支路包括第五二极管 D105 和第六二极管 D106。第三开关管 Q103、第四开关管 Q104 以及第一二极管 D101 串联在第三支路上，第五开关管 Q105、第六开关管 Q106 以及第二二极管 D102 串联在第四支路上，第三支路的第一端连接直流电源的正输出端，第三支路的第二端连接第四支路的第一端，第四支路的第二端连接直流电源的负输出端；第三开关管 Q103、第四开关管 Q104 和第一二极管 D102 的导通方向使得电流从第三支路的第一端流向第二端，第五开关管 Q105、第六开关管 Q106 和第二二极管 D102 的导通方向使得电流从第四支路的第一端流向第二端。第五二极管

D105 的正极和第六二极管 D106 的负极连接第一电容 C11 的第二端, 所述第五二极管 D105 的负极连接在第三开关管 Q103 和第四开关管 Q104 之间, 所述第六二极管 D106 的正极连接在第五开关管 Q105 和第六开关管 Q106 之间。

需要说明的是, 本实施例中, 第三支路包括串联的第一二极管 D101 和第三开关管 Q103、第四开关管 Q104, 第三开关管 Q103、第四开关管 Q104 和第一开关管 Q101 的位置关系可以如图 8 所示, 即第一二极管 D101 的正极连接直流电源 V 的正输出端, 第一二极管 D101 的负极连接第三开关管 Q103 和第四开关管 Q104, 也可以将第一二极管 D101 与第三开关管 Q103 或者第四开关管 Q104 的位置互换。同样, 第四支路包括串联的第二二极管 D102 和第五开关管 Q105、第六开关管 Q106, 第二二极管 D102 和第五开关管 Q105、第六开关管 Q106 的位置关系可以如图 8 所示, 也可以将第二二极管 D102 与第五开关管 Q105 或者第六开关管 Q106 的位置互换。

第二逆变拓扑单元 202 为两电平逆变拓扑单元, 包括串联的并且导通方向相同的第一开关管 Q101 和第二开关管 Q102。所述第一开关管 Q101 和第二开关管 Q102 串联在第三二极管 D103 的负极和第四二极管 D104 的正极之间, 所述第一开关管和第二开关管的导通方向使得电流从所述第三二极管流向所述第四二极管。

第一开关管 Q101 和第二开关管 Q102 的公共节点与第三支路的第二端相连, 作为本实施例逆变器的交流输出端。

通过上述技术方案可以看出, 同现有技术相比, 本发明实施例中, 由第一二极管 D101、I 型三电平逆变拓扑单元和第二二极管 D102 组成的桥臂, 与由第三二极管 D103、两电平逆变拓扑单元和第四二极管 D104 组成的桥臂并联在直流电源 V 的两端。因此, 当直流电源输出高电压时, 第十三开关管 Q113 和第十四开关管 Q114 不工作, 两电平逆变拓扑单元和 I 型三电平逆变拓扑单元工作于并联结构, 该并联结构减小了流过每个逆变拓扑单元的开关管的电流, 根据导通损耗 P 的计算公式: $P = I^2 \times R$, 其中 I 为流经开关管的电流, R 为开关管的导通电阻, 可以看出, 本实施例中通过减小流过开关管的电流降低了开关管的导通损耗。同时开关管的导通损耗的降低, 减少了逆变器的热量损耗, 从而进一步提高了逆变器的工作效率。

图 8 所示的单相逆变器为五电平逆变器, 具有第一工作模式和第二工作模式, 其中第一工作模式与图 6 所示的逆变器的第一工作模式中的具体工作情况完全相同, 这里不再赘述。

在第二工作模式下, 本实施例逆变器工作在第一模态、第二模态、第三模态、第四模态、第五模态或第六模态。

具体地, 所述逆变器工作在第一模态时, 所述逆变器中仅有第一开关管 Q101 和第十三开关管 Q113 处于工作状态, 而第二开关管 Q102、第三开关管 Q103、第四开关管 Q104、第五开关管 Q105、第六开关管 Q106、以及第十四开关管 Q114 均不工作。此时第七二极管 D107 输出的将直流电源升压后的母线电压加在第一开关管 Q101 上。此时, 逆变器输出 “+2” 电平。

在第一模式时, 一种较优的方案是, 第一开关管 Q101 以第一频率开关工作, 第十三开关管以第四频率开关工作。

所述逆变器工作在第二模态时, 所述逆变器中可以是仅有第三开关管 Q103 和第四开关管 Q104 处于工作状态, 而第一开关管 Q101、第二开关管 Q102、第五开关管 Q105、第六开关管 Q106、以及第十三开关管 Q113、第十四开关管 Q114 均不工作。此时直流电源 V 正输出端输出的母线电压加在第三开关管 Q103 和第四开关管 Q104 上。此时, 逆变器输出 “+1” 电平。其中, 一种较优的方案是, 第三开关管 Q103 以第二频率开关工作, 第四开关管 Q104 以第三频率开关工作。此时, 本实施例逆变器在第一模态时, 通过第一开关管输出 “+2” 电平, 在第二模态时, 通过第三开关管和第四开关管输出 “+1” 电平, 相比于图 1 中开关管 21 在输出 “+2” 和 “+1” 电平始终开关工作, 本实施例中的逆变器的第四开关管 Q104 工作时间更短, 因此寿命更长。

为了实现能够降低开关管的导通损耗, 所述逆变器工作在第二模态时也可以是仅有第一开关管 Q101、第三开关管 Q103、第四开关管 Q104 处于工作状态, 而第二开关管 Q102、第五开关管 Q105、第六开关管 Q106、以及第十三开关管 Q113、第十四开关管 Q114 均不工作。

所述逆变器工作在第三模态时, 所述逆变器仅有所述第四开关管 Q104 处于工作状态, 而第一开关管 Q101、第二开关管 Q102、第三开关管 Q103、第五开关管 Q105、第六开关管 Q106、以及第十三开关管 Q113、第十四开关管 Q114

均不工作。第一续流支路中的第五二极管 D105 与第四开关管 Q104 构成续流通路，此时，逆变器输出“0”电平。一种较优的方案是，第四开关管以第三频率开关工作。在本实施例的逆变器中，第四开关管在第一模态和第三模态时，均以第三频率，即低频进行工作，而图 1 中的开关管 21 在输出为“+2”电平时，进行低频开关，在输出为“+1”电平时，进行高频开关，因此，相比于图 1 中的逆变器，本实施例逆变器中的第四开关管不需要进行高低频转换，因此开关损耗更低。

所述逆变器工作在第四模态时，所述逆变器中仅有第二开关管 Q102 和第十四开关管 Q114 处于工作状态，而第一开关管 Q101、第三开关管 Q103、第四开关管 Q104、第五开关管 Q105、第六开关管 Q106、以及第十三开关管 Q113 均不工作。此时第八二极管 D108 输出的将直流电源升压后的母线电压加在第二开关管 Q102 上。此时，逆变器输出“-2”电平。

在第四模式时，一种较优的方案是，第二开关管 Q102 以第一频率开关工作，第十四开关管以第四频率开关工作。

所述逆变器工作在第五模态时，所述逆变器中可以是仅有第五开关管 Q105 和第六开关管处于工作状态，而第一开关管 Q101、第二开关管 Q102、第三开关管 Q103、第四开关管 Q104 以及第十三开关管 Q113、第十四开关管 Q114 均不工作，此时直流电源 V 负输出端输出的母线电压加在第二开关管 Q102 上。此时，逆变器输出“-1”电平。其中，一种较优的方案是，第六开关管 Q106 以第二频率开关工作，第五开关管 Q105 以第三频率开关工作。本实施例逆变器在第四模态时，通过第二开关管输出“-2”电平，在第五模态时，通过第五开关管和第六开关管输出“-1”电平，相比于图 1 中开关管 25 在输出“-2”和“-1”电平始终开关工作，本实施例中的逆变器的第五开关管 Q105 工作时间更短，因此寿命更长。

为了实现能够降低开关管的导通损耗，所述逆变器工作在第五模态时也可以是仅有第二开关管 Q102、第五开关管 Q105、第六开关管 Q106 处于工作状态，而第一开关管 Q101、第三开关管 Q103、第四开关管 Q104、以及第十三开关管 Q113、第十四开关管 Q114 均不工作等等。

所述逆变器工作在第六模态时，所述逆变器仅有所述第五开关管 Q105 处

于工作状态，而第一开关管 Q101、第二开关管 Q102、第三开关管 Q103、第四开关管 Q104、第六开关管 Q106、以及第十三开关管 Q113、第十四开关管 Q114 均不工作。第一续流支路中的第六二极管 D106 与第五开关管 Q105 构成续流通路，此时，逆变器输出“0”电平。一种较优的方案是，第五开关管以第三频率开关工作。

可以看出，本实施例中的逆变器在第二工作模式下时，Boost 电路升压后的高电压通过仅具有一个开关管的桥臂进行输出，而没有升压的直流电源输出的低电压通过两个开关管的桥臂进行输出，显然结构不如图 6 所示的逆变器合理。

下面通过一个实施例，说明第一逆变拓扑单元为 I 型三电平逆变拓扑单元，并且第二逆变拓扑单元为 T 型三电平逆变拓扑单元时的具体结构。

实施例五

在本实施例中，以第一直流升压电路以及第二直流升压电路均为 Boost 电路，第一储能单元为第一电容 C11、第二储能单元为第二电容 C12、第三储能单元为第三电容 C13 并且第四储能单元为第四电容 C14 为例加以说明。实际上，本发明实施例对第一直流升压电路、第二直流升压电路、第一储能单元、第二储能单元、第三储能单元和第四储能单元的组成和结构并不加以限定。

请参阅图 9，本发明提供了单相逆变器的第五实施例，在本实施例中，所述逆变器包括第一逆变拓扑单元 201、第二逆变拓扑单元 202、第一直流升压电路 203、第二直流升压电路 205、第一二极管 D101、第二二极管 D102、第三二极管 D103、和第四二极管 D104。第一直流升压电路 203 包括第一电感 L11、第七二极管 D107 和第十三开关管 Q113，第二直流升压电路 205 包括第二电感 L12、第八二极管 D108 和第十四开关管 Q114。

本实施例中的逆变器与第三实施例，即图 7 所示的逆变器所具有的器件完全相同，区别仅在于将第三实施例中的第一逆变拓扑单元和第二逆变拓扑单元的位置互换，因此下面只介绍第一逆变拓扑单元、第二逆变拓扑单元及两者与其他器件的连接关系，而其余的器件请参见第三实施例的相关内容，这里不再赘述。

第一逆变拓扑单元 201 为 I 型三电平逆变拓扑单元，包括串联的并且导通

方向相同的第三开关管 Q103、第四开关管 Q104、第五开关管 Q105 和第六开关管 Q106，以及第一续流支路。所述第一续流支路包括第五二极管 D105 和第六二极管 D106。所述第一续流支路包括第五二极管 D105 和第六二极管 D106。第三开关管 Q103、第四开关管 Q104 以及第一二极管 D101 串联在第三支路上，
5 第五开关管 Q105、第六开关管 Q106 以及第二二极管 D102 串联在第四支路上，第三支路的第一端连接直流电源的正输出端，第三支路的第二端连接第四支路的第一端，第四支路的第二端连接直流电源的负输出端；第三开关管 Q103、第四开关管 Q104 和第一二极管 D102 的导通方向使得电流从第三支路的第一端流向第二端，第五开关管 Q105、第六开关管 Q106 和第二二极管 D102 的导通
10 方向使得电流从第四支路的第一端流向第二端。第五二极管 D105 的正极和第六二极管 D106 的负极连接第一电容 C11 的第二端，所述第五二极管 D105 的负极连接在第三开关管 Q103 和第四开关管 Q104 之间，所述第六二极管 D106 的正极连接在第五开关管 Q105 和第六开关管 Q106 之间。

需要说明的是，本实施例中，第三支路包括串联的第一二极管 D101 和第三开关管 Q103、第四开关管 Q104，第三开关管 Q103、第四开关管 Q104 和第一开关管 Q101 的位置关系可以如图 9 所示，即第一二极管 D101 的正极连接直流电源 V 的正输出端，第一二极管 D101 的负极连接第三开关管 Q103 和第四开关管 Q104，也可以将第一二极管 D101 与第三开关管 Q103 或者第四开关管 Q104 的位置互换。同样，第四支路包括串联的第二二极管 D102 和第五开关管 Q105、
15 第六开关管 Q106，第二二极管 D102 和第五开关管 Q105、第六开关管 Q106 的位置关系可以如图 9 所示，也可以将第二二极管 D102 与第五开关管 Q105 或者第六开关管 Q106 的位置互换。

本实施例中，第二逆变拓扑单元 202 为 T 型三电平逆变拓扑单元，包括串联的并且导通方向相同的第一开关管 Q101 和第二开关管 Q102，以及第二续流支路，所述第二续流支路包括串联并且导通方向相反的第七开关管 Q107 和第八开关管 Q108。所述第一开关管 Q101 和第二开关管 Q102 串联在第三二极管 D103 的负极和第四二极管 D104 的正极之间，所述第一开关管和第二开关管的导通方向使得电流从所述第三二极管流向所述第四二极管。第七开关管 Q107 和第八开关管 Q108 的串联电路连接在第一电容 C11 和第二电容 C12 的公共节
25

点,与第一开关管 Q101 和第二开关管 Q102 的公共节点之间。

需要说明的是,本实施例中第七开关管 Q107 和第八开关管 Q108 的位置关系可以如图 9 所示,即第七开关管 Q107 连接第一电容 C11 和第二电容 C12 的公共节点,第八开关管 Q108 连接第一开关管 Q101 和第二开关管 Q102 的公共节点,也可以将第七开关管 Q107 和第八开关管 Q108 的位置互换。第七开关管的导通方向使得电流从第一电容 C11 和第二电容 C12 的公共节点流向第一开关管 Q101 和第二开关管 Q102 的公共节点,第八开关管的导通方向使得电流从第一开关管 Q101 和第二开关管 Q102 的公共节点流向第一电容 C11 和第二电容 C12 的公共节点。

第四开关管 Q104 和第五开关管 Q105 的公共节点与第三支路的第二端相连,作为本实施例逆变器的交流输出端。

通过上述技术方案可以看出,同现有技术相比,本发明实施例中,由第一二极管 D101、I 型三电平逆变拓扑单元和第二二极管 D102 组成的桥臂,与由第三二极管 D103、T 型三电平逆变拓扑单元和第四二极管 D104 组成的桥臂并联在直流电源 V 的两端。因此,当直流电源输出高电压时,第十三开关管 Q113 和第十四开关管 Q114 不工作,T 型三电平逆变拓扑单元和 I 型三电平逆变拓扑单元工作于并联结构,该并联结构减小了流过每个逆变拓扑单元的开关管的电流,根据导通损耗 P 的计算公式: $P = I^2 \times R$, 其中 I 为流经开关管的电流, R 为开关管的导通电阻,可以看出,本实施例中通过减小流过开关管的电流降低了开关管的导通损耗。同时开关管的导通损耗的降低,减少了逆变器的热量损耗,从而进一步提高了逆变器的工作效率。

同时,同现有技术相比,本实施例的逆变器具有并联的两个续流支路,因此在输出为零电平时,每条续流支路流过的电流更小,从而在输出为零电平时也降低了开关管的导通损耗。

图 9 所示的单相逆变器为五电平逆变器,具有第一工作模式和第二工作模式,其中第一工作模式与图 7 所示的逆变器的第一工作模式中的具体工作情况完全相同,这里不再赘述。

在第二工作模式下,本实施例逆变器工作在第一模态、第二模态、第三模态、第四模态、第五模态或第六模态。

具体地，所述逆变器工作在第一模态时，所述逆变器中仅有第一开关管 Q101 和第十三开关管 Q113 处于工作状态，而第二开关管 Q102、第三开关管 Q103、第四开关管 Q104、第五开关管 Q105、第六开关管 Q106、第七开关管 Q107、第八开关管 Q108 以及第十四开关管 Q114 均不工作。此时第七二极管 D107 输出的将直流电源升压后的母线电压加在第一开关管 Q101 上。此时，逆变器输出“+2”电平。

在第一模式时，一种较优的方案是，第一开关管 Q101 以第一频率开关工作，第十三开关管以第四频率开关工作。

所述逆变器工作在第二模态时，所述逆变器中可以是仅有第三开关管 Q103 和第四开关管 Q104 处于工作状态，而第一开关管 Q101、第二开关管 Q102、第五开关管 Q105、第六开关管 Q106、第七开关管 Q107、第八开关管 Q108 以及第十三开关管 Q113、第十四开关管 Q114 均不工作。此时直流电源 V 正输出端输出的母线电压加在第三开关管 Q103 和第四开关管 Q104 上。此时，逆变器输出“+1”电平。其中，一种较优的方案是，第三开关管 Q103 以第二频率开关工作，第四开关管 Q104 以第三频率开关工作。本实施例逆变器在第一模态时，通过第一开关管输出“+2”电平，在第二模态时，通过第三开关管和第四开关管输出“+1”电平，相比于图 1 中开关管 21 在输出“+2”和“+1”电平始终开关工作，本实施例中的逆变器的第四开关管 Q104 工作时间更短，因此寿命更长。

为了实现能够降低开关管的导通损耗，所述逆变器工作在第二模态时也可以是仅有第一开关管 Q101、第三开关管 Q103、第四开关管 Q104 处于工作状态，而第二开关管 Q102、第五开关管 Q105、第六开关管 Q106、第七开关管 Q107、第八开关管 Q108 以及第十三开关管 Q113、第十四开关管 Q114 均不工作。所述逆变器工作在第三模态时，所述逆变器仅有所述第四开关管 Q104 和第七开关管 Q107 处于工作状态，而第一开关管 Q101、第二开关管 Q102、第三开关管 Q103、第五开关管 Q105、第六开关管 Q106、第八开关管 Q108 以及第十三开关管 Q113、第十四开关管 Q114 均不工作。第一续流支路中的第五二极管 D105 与第四开关管 Q104 构成续流通路，并且第二续流支路中的第七开关管 Q107，以及第八开关管 Q108 的反向并联二极管构成续流通路，该逆变器具有两条并

联的续流通路。此时，逆变器输出“0”电平。一种较优的方案是，第四开关管和第七开关管均以第三频率开关工作。在本实施例的逆变器中，第四开关管在第一模态和第三模态时，均以第三频率，即低频进行工作，而图1中的开关管21在输出为“+2”电平时，进行低频开关，在输出为“+1”电平时，进行高频开关，因此，相比于图1中的逆变器，本实施例逆变器中的第四开关管不需要进行高低频转换，因此开关损耗更低。

所述逆变器工作在第四模态时，所述逆变器中仅有第二开关管Q102和第十四开关管Q114处于工作状态，而第一开关管Q101、第三开关管Q103、第四开关管Q104、第五开关管Q105、第六开关管Q106、第七开关管Q107、第八开关管Q108以及第十三开关管Q113均不工作。此时第八二极管D108输出的将直流电源升压后的母线电压加在第二开关管Q102上。此时，逆变器输出“-2”电平。

在第四模式时，一种较优的方案是，第二开关管Q102以第一频率开关工作，第十四开关管以第四频率开关工作。

所述逆变器工作在第五模态时，所述逆变器中可以是仅有第五开关管Q105和第六开关管Q106处于工作状态，而第一开关管Q101、第二开关管Q102、第三开关管Q103、第四开关管Q104、第七开关管Q107、第八开关管Q108以及第十三开关管Q113、第十四开关管Q114均不工作，此时直流电源V负输出端输出的母线电压加在第二开关管Q102上。此时，逆变器输出“-1”电平。

其中，一种较优的方案是，第六开关管Q106以第二频率开关工作，第五开关管Q105以第三频率开关工作。本实施例逆变器在第四模态时，通过第二开关管输出“-2”电平，在第五模态时，通过第五开关管和第六开关管输出“-1”电平，相比于图1中开关管25在输出“-2”和“-1”电平始终开关工作，本实施例中的逆变器的第五开关管Q105工作时间更短，因此寿命更长。

为了实现能够降低开关管的导通损耗，所述逆变器工作在第五模态时也可以是仅有第二开关管Q102、第五开关管Q105、第六开关管Q106处于工作状态，而第一开关管Q101、第三开关管Q103、第四开关管Q104、以及第十三开关管Q113、第十四开关管Q114均不工作等等。

所述逆变器工作在第六模态时，所述逆变器仅有所述第五开关管Q105和

第八开关管 Q108 处于工作状态，而第一开关管 Q101、第二开关管 Q102、第三开关管 Q103、第四开关管 Q104、第六开关管 Q106、第七开关管 Q107 以及第十三开关管 Q113、第十四开关管 Q114 均不工作。第一续流支路中的第六二极管 D106 与第五开关管 Q105 构成续流通路，并且第二续流支路中的第七开关管 Q107 的反向并联二极管与第八开关管 Q108 构成续流通路，该逆变器具有两条并联的续流通路。此时，逆变器输出“0”电平。一种较优的方案是，第五开关管和第八开关管均以第三频率开关工作。在本实施例的逆变器中，第五开关管在第四模态和第六模态时，均以第三频率，即低频进行工作，而图 1 中的开关管 25 在输出为“-2”电平时，进行低频开关，在输出为“-1”电平时，进行高频开关，因此，相比于图 1 中的逆变器，本实施例逆变器中的第五开关管不需要进行高低频转换，因此开关损耗更低。

可以看出，在输出零电平时，第一续流支路和第二续流支路并联工作，因此每个续流支路流过的电流减小，从而降低了开关管的导通损耗。

下面通过一个实施例，说明第一逆变拓扑单元为 T 型三电平逆变拓扑单元，并且第二逆变拓扑单元也为 T 型三电平逆变拓扑单元时的具体结构。

实施例六

在本实施例中，以第一直流升压电路以及第二直流升压电路均为 Boost 电路，第一储能单元为第一电容 C11、第二储能单元为第二电容 C12、第三储能单元为第三电容 C13 并且第四储能单元为第四电容 C14 为例加以说明。实际上，本发明实施例对第一直流升压电路、第二直流升压电路、第一储能单元、第二储能单元、第三储能单元和第四储能单元的组成和结构并不加以限定。

请参阅图 10，本发明提供了单相逆变器的第六实施例，在本实施例中，所述逆变器包括第一逆变拓扑单元 201、第二逆变拓扑单元 202、第一直流升压电路 203、第二直流升压电路 205、第一二极管 D101、第二二极管 D102、第三二极管 D103、和第四二极管 D104。第一直流升压电路 203 包括第一电感 L11、第七二极管 D107 和第十三开关管 Q113，第二直流升压电路 205 包括第二电感 L12、第八二极管 D108 和第十四开关管 Q114。

直流电源 V 的正输出端、第一电感 L11 的第一端、第一电容 C11 的第一端连接到第三二极管 D103 的正极。直流电源 V 的负输出端、第二电感 L12 的第

一端、第二电容 C12 的第一端连接到第四二极管 D104 的负极。

第一电感 L11 的第二端连接第九二极管 D201 的正极，第二电感 L12 的第二端连接第十二极管 D202 的负极，第一电感 L11 的第二端和第二电感 L12 的第二端之间还连接有第十五开关管 Q301 和第十六开关管 Q302 的串联电路，具体地，可以是第十五开关管 Q301 连接第一电感，第十六开关管 Q302 连接第二电感。第十五开关管 Q301 和第十六开关管 Q302 的公共节点接地；第十五开关管 Q301 的导通方向使得电流从第一电感 L11 的第二端流向第十五开关管 Q301 和第十六开关管 Q302 的公共节点，第十六开关管 Q302 的导通方向使得电流从第十五开关管 Q301 和第十六开关管 Q302 的公共节点流向第二电感 L12 的第二端。

第九二极管 D201 的负极和第三电容 C13 的第一端连接到第三二极管 D103 的负极。第十二极管 D202 的正极和第四电容 C14 的第一端连接到第四二极管 D104 的正极。

第一电容 C11 的第二端、第二电容 C12 的第二端、和第三电容 C13 的第二端连接到第四电容 C14 的第二端，并且第一电容 C11 的第二端连接第十五开关管 Q301 和第十六开关管 Q302 的公共节点。

在本实施例中，第一逆变拓扑单元 201 为 T 型三电平逆变拓扑单元，包括串联的并且导通方向相同的第一开关管 Q101 和第二开关管 Q102，以及第二续流支路，所述第二续流支路包括串联并且导通方向相反的第七开关管 Q107 和第八开关管 Q108。第一开关管 Q101 和第一二极管 D101 串联在第一支路上，第二开关管 Q102 和第二二极管 D102 串联在第二支路上，第一支路的第一端连接直流电源 V 的正输出端，第一支路的第二端连接第二支路的第一端，第二支路的第二端连接直流电源 V 的负输出端。第一开关管 Q101 和第一二极管 D101 的导通方向使得电流从第一支路的第一端流向第二端，第二开关管 Q102 和第二二极管 D102 的导通方向使得电流从第二支路的第一端流向第二端。

需要说明的是，本实施例中，第一支路包括串联的第一二极管 D101 和第一开关管 Q101，第一二极管 D101 和第一开关管 Q101 的位置关系可以如图 10 所示，即第一二极管 D101 的正极连接直流电源 V 的正输出端，第一二极管 D101 的负极连接第一开关管 Q101，也可以将图 10 中的第一二极管 D101 和第一开

关管 Q101 的位置互换,此时直流电源 V 的正输出端和第一二极管 D101 的正极之间连接第一开关管 Q101。同样,第二支路包括串联的第二二极管 D102 和第二开关管 Q102,第二二极管 D102 和第二开关管 Q102 的位置关系可以如图 10 所示,即第二二极管 D102 的负极连接直流电源 V 的负输出端,第二二极管 D102 的正极连接第二开关管 Q102,也可以将图 10 中的第二二极管 D102 和第二开关管 Q102 的位置互换,此时第二二极管 D102 的正极和直流电源 V 的负输出端之间连接第二开关管 Q102。

第七开关管 Q107 和第八开关管 Q108 的串联电路连接在第一电容 C11 和第二电容 C12 的公共节点,与第一支路的第二端之间。需要说明的是,本实施例中第七开关管 Q107 和第八开关管 Q108 的位置关系可以如图 10 所示,即第七开关管 Q107 连接第一电容 C11 和第二电容 C12 的公共节点,第八开关管 Q108 连接第一支路的第二端,也可以将第七开关管 Q107 和第八开关管 Q108 的位置互换。第七开关管的导通方向使得电流从第一电容 C11 和第二电容 C12 的公共节点流向第一支路的第二端,第八开关管的导通方向使得电流从第一支路的第二端流向第一电容 C11 和第二电容 C12 的公共节点。

第二逆变拓扑单元 202 为 T 型三电平逆变拓扑单元,包括串联的并且导通方向相同的第九开关管 Q109 和第十开关管 Q110,以及第三续流支路,所述第三续流支路包括串联并且导通方向相反的第十一开关管 Q111 和第十二开关管 Q112。第十一开关管 Q111 和第十二开关管 Q112 串联电路连接在第一电容 C11 和第二电容 C12 的公共节点,与第九开关管 Q109 和第十开关管 Q110 的公共节点之间。需要说明的是,本实施例中第十一开关管 Q111 和第十二开关管 Q112 的位置关系可以如图 10 所示,也可以位置互换。第十一开关管的导通方向使得电流从第一电容 C11 和第二电容 C12 的公共节点流向第九开关管 Q109 和第十开关管 Q110 的公共节点,第十二开关管的导通方向使得电流从第九开关管 Q109 和第十开关管 Q110 的公共节点流向第一电容 C11 和第二电容 C12 的公共节点。

第九开关管 Q109 和第十开关管 Q110 的公共节点与第一支路的第二端相连,作为本实施例逆变器的交流输出端。

在本实施例中,第一电容 C11 的第二端接地,交流输出端连接交流负载,

例如可以如图 10 所示, 连接电感 L13, 电感 L13 串联负载电阻 R, 负载电阻 R 的两端并联电容 C15。而在其它实施例中, 第一电容 C11 的第二端也可以不接地, 而是交流输出端与第一电容 C11 的第二端之间连接交流负载。

通过上述技术方案可以看出, 同现有技术相比, 本发明实施例中, 由第一
5 二极管 D101、T 型三电平逆变拓扑单元和第二二极管 D102 组成的桥臂, 与由
第三二极管 D103、T 型三电平逆变拓扑单元和第四二极管 D104 组成的桥臂并
联在直流电源 V 的两端。因此, 当直流电源输出高电压时, 第十三开关管 Q113
和第十四开关管 Q114 不工作, 两个 T 型三电平逆变拓扑单元工作于并联结构,
该并联结构减小了流过每个逆变拓扑单元的开关管的电流, 根据导通损耗 P
10 的计算公式: $P = I^2 \times R$, 其中 I 为流经开关管的电流, R 为开关管的导通电阻,
可以看出, 本实施例中通过减小流过开关管的电流降低了开关管的导通损耗。
同时开关管的导通损耗的降低, 减少了逆变器的热量损耗, 从而进一步提高了
逆变器的工作效率。

同时, 同现有技术相比, 本实施例的逆变器具有并联的两个续流支路, 即
15 第二续流支路和第三续流支路, 因此在输出为零电平时, 每条续流支路流过的
电流更小, 从而在输出为零电平时也降低了开关管的导通损耗。

图 10 所示的单相逆变器为五电平逆变器, 下面介绍该逆变器的工作模式。

该逆变器具有两种不同的工作模式, 即第一工作模式和第二工作模式。其
中, 在直流电源输出高电压时, 该逆变器工作在第一工作模式下, 此时逆变器
20 为三电平工作模式, 能够输出 “+1”、“0” 和 “-1” 电平; 直流电源输出低电
压时, 该逆变器工作在第二工作模式下, 此时逆变器为五电平工作模式, 能够
输出 “+2”、“+1”、“0”、“-1” 和 “-2” 电平。下面分别对这两个工作模式作
具体说明。

在第一工作模式下, 第一直流升压电路和第二直流升压电路均不工作, 即
25 第十三开关管 Q113 和第十四开关管 Q114 均不工作, 所述逆变器工作在第一模
态、第二模态、第三模态或第四模态。

具体地, 所述逆变器工作在第一模态时, 所述逆变器中仅有第一开关管
Q101 和第九开关管 Q109 处于工作状态, 而第二开关管 Q102、第七开关管 Q107、

第八开关管 Q108、第十开关管 Q110、第十一开关管 Q111、第十二开关管 Q112 以及第十三开关管 Q113、第十四开关管 Q114 均不工作。此时直流电源 V 正输出端输出的母线电压加在第一开关管 Q101 和与第九开关管 Q109 的并联电路上，因此，流过本实施例的逆变器中第一开关管 Q101、第九开关管 Q109 中每一个开关管的电流为流过图 1 所示的五电平逆变器中的开关管 21 的电流的一半，从而导通损耗更小。此时，逆变器输出“+1”电平。

在第一模式时，一种较优的方案是，第一开关管 Q101 和第九开关管 Q109 均以第一频率开关工作。

所述逆变器工作在第二模态时，所述逆变器仅有所述第七开关管 Q107 和第十一开关管 Q111 处于工作状态，而第一开关管 Q101、第二开关管 Q102、第八开关管 Q108、第九开关管 Q109、第十开关管 Q110、第十二开关管 Q112 以及第十三开关管 Q113、第十四开关管 Q114 均不工作。第二续流支路中的第七开关管 Q107，以及第八开关管 Q108 的反向并联二极管构成续流通路，并且第三续流支路中的第十一开关管 Q111，以及第十二开关管 Q112 的反向并联二极管构成续流通路，该逆变器具有两条并联的续流通路。此时，逆变器输出“0”电平。一种较优的方案是，第七开关管和第十一开关管以第三频率开关工作。

所述逆变器工作在第三模态时，所述逆变器中仅有第二开关管 Q102 和第十开关管 Q110 处于工作状态，而第一开关管 Q101、第七开关管 Q107、第八开关管 Q108、第九开关管 Q109、第十一开关管 Q111、第十二开关管 Q112 以及第十三开关管 Q113、第十四开关管 Q114 均不工作。此时直流电源 V 正输出端输出的母线电压加在第二开关管 Q102 和与第十开关管 Q110 的并联电路上，因此，流过本实施例的逆变器中第二开关管 Q102、第十开关管 Q110 中每一个开关管的电流为流过图 1 所示的五电平逆变器中的开关管 25 的电流的一半，从而导通损耗更小。此时，逆变器输出“+1”电平。

在第三模式时，一种较优的方案是，第二开关管 Q102 和第十开关管 Q110 均以第一频率开关工作。

所述逆变器工作在第四模态时，所述逆变器仅有第八开关管 Q108 和第十二开关管 Q112 处于工作状态，而第一开关管 Q101、第二开关管 Q102、第七开关管 Q107、第九开关管 Q109、第十开关管 Q110、第十一开关管 Q111 以及第

十三开关管 Q113、第十四开关管 Q114 均不工作。第二续流支路中的第七开关管 Q107 的反向并联二极管与第八开关管 Q108 构成续流通路, 第三续流支路中的第十一开关管 Q111 的反向并联二极管与第十二开关管 Q112 构成续流通路, 该逆变器具有两条并联的续流通路。此时, 逆变器输出 “0” 电平。一种较优的方案是, 第八开关管和第十二开关管以第三频率开关工作。

所述逆变器通过工作在上述四个模态, 可以输出三电平交流电压, 例如, 以逆变器输出交流正弦波为例, 逆变器依次工作在第一模态、第二模态、第三模态和第四模态, 其中, 逆变器工作在第一模态时, 输出正半周的正弦波, 工作在第二模态时, 输出零电平, 工作在第三模态时, 输出负半周的正弦波, 工作在第四模态时, 输出零电平。

在第二工作模式下, 所述逆变器工作在第一模态、第二模态、第三模态、第四模态、第五模态或第六模态。

具体地, 所述逆变器工作在第一模态时, 所述逆变器中仅有第九开关管 Q109 和第十三开关管 Q113 处于工作状态, 而第一开关管 Q101、第二开关管 Q102、第七开关管 Q107、第八开关管 Q108、第十开关管 Q110、第十一开关管 Q111、第十二开关管 Q112 以及第十四开关管 Q114 均不工作。此时直流电源 V 正输出端输出的母线电压加在第九开关管 Q109 上。此时, 逆变器输出 “+2” 电平。

在第一模式时, 一种较优的方案是, 第九开关管 Q109 以第一频率开关工作, 第十三开关管 Q113 以第四频率开关工作。

所述逆变器工作在第二模态时, 由于此时直流电源输出低电压, 因此所述逆变器中可以是仅有第一开关管 Q101 处于工作状态, 而第二开关管 Q102、第七开关管 Q107、第八开关管 Q108、第九开关管 Q109、第十开关管 Q110、第十一开关管 Q111、第十二开关管 Q112 以及第十三开关管 Q113、第十四开关管 Q114 均不工作。此时直流电源 V 正输出端输出的母线电压加在第一开关管 Q101 上。此时, 逆变器输出 “+1” 电平。其中, 一种较优的方案是, 第一开关管 Q101 以第一频率开关工作。本实施例逆变器在第一模态时, 通过第九开关管输出 “+2” 电平, 在第二模态时, 通过第一开关管输出 “+1” 电平, 相比于图 1 中开关管 21 在输出 “+2” 和 “+1” 电平始终开关工作, 本实施例中的逆变

器的第一开关管 Q101 工作时间更短，因此寿命更长。

为了实现能够降低开关管的导通损耗，所述逆变器工作在第二模态时也可以是仅有第一开关管 Q101 和第九开关管 Q109 处于工作状态，而第二开关管 Q102、第七开关管 Q107、第八开关管 Q108、第十开关管 Q110、第十一开关管 Q111、第十二开关管 Q112 以及第十三开关管 Q113、第十四开关管 Q114 均不工作。此时直流电源 V 正输出端输出的母线电压加在第一开关管 Q101 和与第九开关管 Q109 的并联电路上，因此，流过本实施例的逆变器中第一开关管 Q101、第九开关管 Q109 中每一个开关管的电流为流过图 1 所示的五电平逆变器中的开关管 21 的电流的一半，从而导通损耗更小。此时，逆变器输出 “+1” 电平。其中，一种较优的方案是，第一开关管 Q101 和第九开关管 Q109 均以第一频率开关工作。

所述逆变器工作在第三模态时，所述逆变器仅有所述第七开关管 Q107 和第十一开关管 Q111 处于工作状态，而第一开关管 Q101、第二开关管 Q102、第八开关管 Q108、第九开关管 Q109、第十开关管 Q110、第十二开关管 Q112 以及第十三开关管 Q113、第十四开关管 Q114 均不工作。第二续流支路中的第七开关管 Q107，以及第八开关管 Q108 的反向并联二极管构成续流通路，并且第三续流支路中的第十一开关管 Q111，以及第十二开关管 Q112 的反向并联二极管构成续流通路，该逆变器具有两条并联的续流通路。此时，逆变器输出 “0” 电平。一种较优的方案是，第七开关管和第十一开关管以第三频率开关工作。

所述逆变器工作在第四模态时，所述逆变器中仅有第十开关管 Q110 和第十四开关管 Q114 处于工作状态，而第一开关管 Q101、第二开关管 Q102、第七开关管 Q107、第八开关管 Q108、第九开关管 Q109、第十一开关管 Q111、第十二开关管 Q112 以及第十三开关管 Q113 均不工作。此时直流电源 V 正输出端输出的母线电压加在第十开关管 Q110 上。此时，逆变器输出 “+2” 电平。

在第四模式时，一种较优的方案是，第十开关管 Q110 以第一频率开关工作。

所述逆变器工作在第五模态时，由于此时直流电源输出低电压，因此所述逆变器中可以是仅有第二开关管 Q102 处于工作状态，而第一开关管 Q101、第七开关管 Q107、第八开关管 Q108、第九开关管 Q109、第十开关管 Q110、第十

一开关管 Q111、第十二开关管 Q112 以及第十三开关管 Q113、第十四开关管 Q114 均不工作。此时直流电源 V 正输出端输出的母线电压加在第二开关管 Q102 上。此时，逆变器输出“+1”电平。其中，一种较优的方案是，第二开关管 Q102 以第一频率开关工作。本实施例逆变器在第四模态时，通过第十开关管
5 输出“-2”电平，在第五模态时，通过第二开关管输出“-1”电平，相比于图 1 中开关管 25 在输出“-2”和“-1”电平始终开关工作，本实施例中的逆变器的第二开关管 Q102 工作时间更短，因此寿命更长。

为了实现能够降低开关管的导通损耗，所述逆变器工作在第二模态时也可以是仅有第二开关管 Q102 和第十开关管 Q110 处于工作状态，而第一开关管
10 Q101、第七开关管 Q107、第八开关管 Q108、第九开关管 Q109、第十一开关管 Q111、第十二开关管 Q112 以及第十三开关管 Q113、第十四开关管 Q114 均不工作。此时直流电源 V 正输出端输出的母线电压加在第二开关管 Q102 和第十开关管 Q110 的并联电路上，因此，流过本实施例的逆变器中第二开关管 Q102、第十开关管 Q110 中每一个开关管的电流为流过图 1 所示的五电平逆变器中的
15 开关管 25 的电流的一半，从而导通损耗更小。此时，逆变器输出“+1”电平。其中，一种较优的方案是，第二开关管 Q102 和第十开关管 Q110 均以第一频率开关工作。

所述逆变器工作在第六模态时，所述逆变器仅有第八开关管 Q108 和第十二开关管 Q112 处于工作状态，而第一开关管 Q101、第二开关管 Q102、第七开关管 Q107、第九开关管 Q109、第十开关管 Q110、第十一开关管 Q111 以及第十三开关管 Q113、第十四开关管 Q114 均不工作。第二续流支路中的第七开关管 Q107 的反向并联二极管与第八开关管 Q108 构成续流通路，第三续流支路中的第十一开关管 Q111 的反向并联二极管与第十二开关管 Q112 构成续流通路，该逆变器具有两条并联的续流通路。此时，逆变器输出“0”电平。一种较优
20 的方案是，第八开关管和第十二开关管以第三频率开关工作。

所述逆变器通过工作在上述六个模态，可以输出五电平交流电压，例如，以逆变器输出交流正弦波为例，逆变器依次工作在第二模态、第一模态、第二模态、第三模态、第五模态、第四模态、第五模态和第六模态，其中，逆变器工作在第二模态、第一模态、和第二模态时，输出正半周的正弦波，工作在第

三模态时，输出零电平，工作在第五模态、第四模态、和第五模态时，输出负半周的正弦波，工作在第六模态时，输出零电平。

实施例七

5 本发明还提供了一种三相逆变器的具体实施例，在本实施例中，所述三相逆变器包括三个结构相同的单相逆变器，其中，各个单相逆变器均为本发明任一个实施例提供的单相逆变器。

各个单相逆变器的交流输出端作为本实施例的三相逆变器的三相交流输出端。

10 通过上述技术方案可以看出，同现有技术相比，本实施例的三相逆变器包括三个结构相同的单相逆变器，在各个单相逆变器中，由第一二极管 D101、第一逆变拓扑单元和第二二极管 D102 组成的桥臂，与由第三二极管 D103、第二逆变拓扑单元和第四二极管 D104 组成的桥臂并联在直流电源的两端。因此，当直流电源输出高电压时，第一直流升压电压 203 和第二直流升压电路 205 不工作，第一逆变拓扑单元和第二逆变拓扑单元工作于并联结构，该并联结构
15 减小了流过每个逆变拓扑单元的开关管的电流，根据导通损耗 P 的计算公式： $P = I^2 \times R$ ，其中 I 为流经开关管的电流， R 为开关管的导通电阻。可以看出，本实施例通过减小流过三相逆变器中的每个单相逆变器中的开关管的电流，从而降低了开关管的损耗，同时开关管的导通损耗的降低，减少了本实施例的三相逆变器的热量损耗，从而进一步提高了本实施例的三相逆变器的工作效率。

20 在本实施例三相逆变器中的各个单相逆变器中，当储能模块包括第一储能单元、第二储能单元、第三储能单元以及第四储能单元时，各个单相逆变器中的第一储能单元的第二端接地。

本实施例的三相逆变器的各个单相逆变器均具有第一工作模式和第二工作模式，具体请参见本发明各个实施例中的单相逆变器的工作情况，这里不再赘述。需要说明的是，本实施例的三相逆变器中的各个单相逆变器不仅结构相同，而且工作方式也完全相同，也就是说，在任一时刻时，各个单相逆变器所处的工作模式和工作模态完全一致。
25

以上所述仅是本发明的优选实施方式，应当指出，对于本技术领域的普通技术人员来说，在不脱离本发明原理的前提下，还可以作出若干改进和润饰，

这些改进和润饰也应视为本发明的保护范围。

权 利 要 求

1、一种单相逆变器，其特征在于，所述逆变器包括第一逆变拓扑单元、第二逆变拓扑单元、第一直流升压电路、第二直流升压电路、第一二极管、第二二极管、第三二极管、和第四二极管；

5 直流电源的正输出端和第一直流升压电路的输入端连接到第三二极管的正极；

直流电源的负输出端和第二直流升压电路的输入端连接到第四二极管的负极；

10 所述直流电源的正输出端和所述直流电源的负输出端之间连接第一逆变拓扑单元；

第一直流升压电路的输出端连接到第三二极管的负极；

第二直流升压电路的输出端连接到第四二极管的正极；

第三二极管的负极和第四二极管的正极之间连接有第二逆变拓扑单元；

15 所述直流电源、第一直流升压电路和第二直流升压电路的输出电压由储能模块进行储能；

所述第一逆变拓扑单元和第二逆变拓扑单元均由偶数个开关管组成；

20 所述第一逆变拓扑单元的中点与所述第二逆变拓扑单元的中点相连，作为所述逆变器的交流输出端；所述第一逆变拓扑单元的中点与直流电源的正输出端的连接电路上还串联第一二极管，所述第一二极管使得电流从所述直流电源的正输出端流向第一逆变拓扑单元的中点，所述第一逆变拓扑单元的中点与直流电源的负输出端的连接电路上还串联第二二极管，所述第二二极管使得电流从所述第一逆变拓扑单元的中点流向直流电源的负输出端。

2、根据权利要求 1 所述的逆变器，其特征在于，所述储能模块包括第一储能单元、第二储能单元、第三储能单元和第四储能单元；

25 所述第一储能单元的第一端连接到直流电源的正输出端；

所述第二储能单元的第一端连接到直流电源的负输出端；

所述第三储能单元的第一端连接到第一直流升压电路的输出端；

所述第四储能单元的第一端连接到第二直流升压电路的输出端；

所述第一储能单元的第二端、第二储能单元的第二端、和第三储能单元的

第二端连接到第四储能单元的第二端。

3、根据权利要求 2 所述的逆变器，其特征在于，若所述第一逆变拓扑单元具有续流支路，则所述第一逆变拓扑单元的续流支路与所述第一储能单元的第二端相连；所述第一储能单元的第二端接地或者所述交流输出端与所述第一
5 储能单元的第二端之间连接交流负载；

若所述第二逆变拓扑单元具有续流支路，则所述第二逆变拓扑单元的续流支路与所述第一储能单元的第二端相连；所述第一储能单元的第二端接地，或者所述交流输出端与所述第一储能单元的第二端之间连接交流负载；

若所述第一逆变拓扑单元和所述第二逆变拓扑单元均不具有续流支路，则
10 所述第一储能单元的第二端接地。

4、根据权利要求 2 或 3 所述的逆变器，其特征在于，

当第一逆变拓扑单元为两电平逆变拓扑单元时，第二逆变拓扑单元为 I 型三电平逆变拓扑单元，当第一逆变拓扑单元为 T 型三电平逆变拓扑单元时，第二逆变拓扑单元为 I 型三电平逆变拓扑单元或 T 型三电平逆变拓扑单元，当
15 第一逆变拓扑单元为 I 型三电平逆变拓扑单元时，第二逆变拓扑单元为两电平逆变拓扑单元或 T 型三电平逆变拓扑单元；

所述两电平逆变拓扑单元包括串联的并且导通方向相同的两个开关管；

所述 I 型三电平逆变拓扑单元包括串联的并且导通方向相同的四个开关管和第一续流支路，所述第一续流支路包括串联的两个二极管，所述第一续流支路并联在所述 I 型三电平逆变拓扑单元中间的两个开关管的串联电路的两
20 端，并且所述第一续流支路中的两个二极管的导通方向与所述 I 型三电平逆变拓扑单元开关管的导通方向相反；

所述 T 型三电平逆变拓扑单元包括串联的并且导通方向相同的两个开关管和第二续流支路，所述第二续流支路包括两个导通方向相反的开关管，所述
25 第二续流支路连接在所述 T 型三电平逆变拓扑单元的串联的两个开关管的中点。

5、根据权利要求 4 所述的逆变器，其特征在于，所述第一逆变拓扑单元为两电平逆变拓扑单元，包括串联的并且导通方向相同的第一开关管和第二开关管，第一开关管和第一二极管串联在第一支路上，第二开关管和第二二极管

串联在第二支路上,第一支路的第一端连接直流电源的正输出端,第一支路的第二端连接第二支路的第一端,第二支路的第二端连接直流电源的负输出端;第一开关管和第一二极管的导通方向使得电流从第一支路的第一端流向第二端,第二开关管和第二二极管的导通方向使得电流从第二支路的第一端流向第二端;第一支路的第二端为交流输出端;

所述第二逆变拓扑单元为 I 型三电平逆变拓扑单元,包括串联的并且导通方向相同的第三开关管、第四开关管、第五开关管和第六开关管,以及第一续流支路;所述第一续流支路包括第五二极管和第六二极管;所述第三开关管、第四开关管、第五开关管和第六开关管依次串联在所述第三二极管的负极和第四二极管的正极之间,所述第三开关管、第四开关管、第五开关管和第六开关管的导通方向使得电流从所述第三二极管流向所述第四二极管;所述第五二极管的正极和第六二极管的负极连接第一储能单元的第二端,所述第五二极管的负极连接在第三开关管和第四开关管之间,所述第六二极管的正极连接在第五开关管和第六开关管之间。

6、根据权利要求 5 所述的逆变器,其特征在于,所述逆变器具有第一工作模式和第二工作模式;其中,在第一工作模式下,所述第一直流升压电路和第二直流升压电路均不工作,并且所述逆变器工作在第一模态、第二模态、第三模态或第四模态,所述逆变器工作在第一模态时,所述逆变器仅有第一开关管、第三开关管和第四开关管处于工作状态,所述逆变器工作在第二模态时,所述逆变器仅有所述第四开关管处于工作状态,所述逆变器工作在第三模态时,所述逆变器仅有所述第二开关管、第五开关管和第六开关管处于工作状态,所述逆变器工作在第四模态时,所述逆变器仅有所述第五开关管处于工作状态。

7、根据权利要求 6 所述的逆变器,其特征在于,所述逆变器处于第一模态时,所述第三开关管和第四开关管先于所述第一开关管处于工作状态;

所述逆变器处于第三模态时,所述第五开关管和第六开关管先于所述第二开关管处于工作状态。

8、根据权利要求 6 所述的逆变器,其特征在于,所述逆变器处于第二工作模式下时,所述逆变器工作在第一模态、第二模态、第三模态、第四模态、

第五模态或第六模态,所述逆变器工作在第一模态时,所述逆变器仅有第一直流升压电路、第三开关管和第四开关管处于工作状态,所述逆变器工作在第二模态时,所述逆变器仅有第一开关管处于工作状态,所述逆变器工作在第三模态时,所述逆变器仅有第四开关管处于工作状态,所述逆变器处于第四模态时,所述逆变器仅有第二直流升压电路、第五开关管和第六开关管处于工作状态,所述逆变器处于第五模态时,所述逆变器仅有第二开关管处于工作状态,所述逆变器处于第六模态时,所述逆变器仅有第五开关管处于工作状态。

9、根据权利要求4所述的逆变器,其特征在于,所述第一逆变拓扑单元为T型三电平逆变拓扑单元,包括串联的并且导通方向的第一开关管和第二开关管,以及第二续流支路,所述第二续流支路包括串联并且导通方向相反的第七开关管和第八开关管;第一开关管和第一二极管串联在第一支路上,第二开关管和第二二极管串联在第二支路上,第一支路的第一端连接直流电源的正输出端,第一支路的第二端连接第二支路的第一端,第二支路的第二端连接直流电源的负输出端。第一开关管和第一二极管的导通方向使得电流从第一支路的第一端流向第二端,第二开关管和第二二极管的导通方向使得电流从第二支路的第一端流向第二端;第一支路的第二端为交流输出端;

所述第二逆变拓扑单元为I型三电平逆变拓扑单元,包括串联的并且导通方向相同的第三开关管、第四开关管、第五开关管和第六开关管,以及第一续流支路;所述第一续流支路包括第五二极管和第六二极管;所述第三开关管、第四开关管、第五开关管和第六开关管依次串联在所述第三二极管的负极和第四二极管的正极之间,所述第三开关管、第四开关管、第五开关管和第六开关管的导通方向使得电流从所述第三二极管流向所述第四二极管;所述第五二极管的正极和第六二极管的负极连接第一储能单元的第二端,所述第五二极管的负极连接在第三开关管和第四开关管之间,所述第六二极管的正极连接在第五开关管和第六开关管之间;

第七开关管和第八开关管的串联电路连接在第一储能单元和第二储能单元的公共节点,与第一支路的第二端之间;第七开关管的导通方向使得电流从第一储能单元和第二储能单元的公共节点流向第一支路的第二端,第八开关管的导通方向使得电流从第一支路的第二端流向第一储能单元和第二储能单元

的公共节点。

10、根据权利要求 9 所述的逆变器，其特征在于，所述逆变器具有第一工作模式和第二工作模式；其中，在第一工作模式下，所述第一直流升压电路和第二直流升压电路均不工作，并且所述逆变器工作在第一模态、第二模态、第三模态或第四模态，所述逆变器工作在第一模态时，所述逆变器仅有第一开关管、第三开关管、第四开关管处于工作状态，所述逆变器工作在第二模态时，所述逆变器仅有所述第四开关管和第七开关管处于工作状态，所述逆变器工作在第三模态时，所述逆变器仅有所述第二开关管、第五开关管、第六开关管处于工作状态，所述逆变器工作在第四模态时，所述逆变器仅有所述第五开关管和第八开关管处于工作状态。

11、根据权利要求 10 所述的逆变器，其特征在于，所述逆变器处于第二工作模式下时，所述逆变器工作在第一模态、第二模态、第三模态、第四模态、第五模态或第六模态，所述逆变器工作在第一模态时，所述逆变器仅有第一直流升压电路、第三开关管和第四开关管处于工作状态，所述逆变器工作在第二模态时，所述逆变器仅有第一开关管处于工作状态，所述逆变器工作在第三模态时，所述逆变器仅有第四开关管和第七开关管处于工作状态，所述逆变器处于第四模态时，所述逆变器仅有第二直流升压电路、第五开关管和第六开关管处于工作状态，所述逆变器处于第五模态时，所述逆变器仅有第二开关管处于工作状态，所述逆变器处于第六模态时，所述逆变器仅有第五开关管和第八开关管处于工作状态。

12、根据权利要求 4 所述的逆变器，其特征在于，所述第一逆变拓扑单元为 I 型三电平逆变拓扑单元，包括串联的并且导通方向相同的第三开关管、第四开关管、第五开关管和第六开关管，以及第一续流支路；所述第一续流支路包括第五二极管和第六二极管；第三开关管、第四开关管以及第一二极管串联在第三支路上，第五开关管、第六开关管以及第二二极管串联在第四支路上，第三支路的第一端连接直流电源的正输出端，第三支路的第二端连接第四支路的第一端，第四支路的第二端连接直流电源的负输出端；第三开关管、第四开关管和第一二极管的导通方向使得电流从第三支路的第一端流向第二端，第五开关管、第六开关管和第二二极管的导通方向使得电流从第四支路的第一端流

向第二端；第五二极管的正极和第六二极管的负极连接第一储能单元的第二端，所述第五二极管的负极连接在第三开关管和第四开关管之间，所述第六二极管的正极连接在第五开关管和第六开关管之间；第三支路的第二端为交流输出端；

- 5 所述第二逆变拓扑单元为两电平逆变拓扑单元，包括串联的并且导通方向相同的第一开关管和第二开关管，所述第一开关管和第二开关管串联在第三二极管的负极和第四二极管的正极之间，所述第一开关管和第二开关管的导通方向使得电流从所述第三二极管流向所述第四二极管。

13、根据权利要求 12 所述的逆变器，其特征在于，所述逆变器具有第一工作模式和第二工作模式；其中，在第一工作模式下，所述第一直流升压电路和第二直流升压电路均不工作，并且所述逆变器工作在第一模态、第二模态、第三模态或第四模态，所述逆变器工作在第一模态时，所述逆变器仅有第一开关管、第三开关管和第四开关管处于工作状态，所述逆变器工作在第二模态时，所述逆变器仅有所述第四开关管处于工作状态，所述逆变器工作在第三模态时，所述逆变器仅有第二开关管、第五开关管和第六开关管处于工作状态，所述逆变器工作在第四模态时，所述逆变器仅有所述第五开关管处于工作状态。

14、根据权利要求 13 所述的逆变器，其特征在于，所述逆变器处于第二工作模式下时，所述逆变器工作在第一模态、第二模态、第三模态、第四模态、第五模态或第六模态，所述逆变器工作在第一模态时，所述逆变器仅有第一直流升压电路和第一开关管处于工作状态，所述逆变器工作在第二模态时，所述逆变器仅有第三开关管和第四开关管处于工作状态，所述逆变器工作在第三模态时，所述逆变器仅有第四开关管处于工作状态，所述逆变器处于第四模态时，所述逆变器仅有第二直流升压电路和第二开关管处于工作状态，所述逆变器处于第五模态时，所述逆变器仅有第五开关管和第六开关管处于工作状态，所述逆变器处于第六模态时，所述逆变器仅有第五开关管处于工作状态。

15、根据权利要求 4 所述的逆变器，其特征在于，所述第一逆变拓扑单元为 I 型三电平逆变拓扑单元，包括串联的并且导通方向相同的第三开关管、第四开关管、第五开关管和第六开关管，以及第一续流支路；所述第一续流支路包括第五二极管和第六二极管；第三开关管、第四开关管以及第一二极管串联

在第三支路上, 第五开关管、第六开关管以及第二二极管串联在第四支路上, 第三支路的第一端连接直流电源的正输出端, 第三支路的第二端连接第四支路的第一端, 第四支路的第二端连接直流电源的负输出端; 第三开关管、第四开关管和第一二极管的导通方向使得电流从第三支路的第一端流向第二端, 第五开关管、第六开关管和第二二极管的导通方向使得电流从第四支路的第一端流向第二端; 第五二极管的正极和第六二极管的负极连接第一储能单元的第二端, 所述第五二极管的负极连接在第三开关管和第四开关管之间, 所述第六二极管的正极连接在第五开关管和第六开关管之间; 第三支路的第二端为交流输出端;

- 10 所述第二逆变拓扑单元为 T 型三电平逆变拓扑单元, 包括串联的并且导通方向相同的第一开关管和第二开关管, 以及第二续流支路, 所述第二续流支路包括串联并且导通方向相反的第七开关管和第八开关管; 所述第一开关管和第二开关管串联在第三二极管的负极和第四二极管的正极之间, 所述第一开关管和第二开关管的导通方向使得电流从所述第三二极管流向所述第四二极管, 第七开关管和第八开关管的串联电路连接在第一储能单元和第二储能单元的公共节点, 与第一开关管和第二开关管的公共节点之间。

- 16、根据权利要求 15 所述的逆变器, 其特征在于, 所述逆变器具有第一工作模式和第二工作模式; 其中, 在第一工作模式下, 所述第一直流升压电路和第二直流升压电路均不工作, 并且所述逆变器工作在第一模态、第二模态、第三模态或第四模态, 所述逆变器工作在第一模态时, 所述逆变器仅有第一开关管、第三开关管和第四开关管处于工作状态, 所述逆变器工作在第二模态时, 所述逆变器仅有所述第四开关管和第七开关管处于工作状态, 所述逆变器工作在第三模态时, 所述逆变器仅有所述第二开关管、第五开关管和第六开关管处于工作状态, 所述逆变器工作在第四模态时, 所述逆变器仅有所述第五开关管和第八开关管处于工作状态。

17、根据权利要求 16 所述的逆变器, 其特征在于, 所述逆变器处于第二工作模式下时, 所述逆变器工作在第一模态、第二模态、第三模态、第四模态、第五模态或第六模态, 所述逆变器工作在第一模态时, 所述逆变器仅有第一直流升压电路和第一开关管处于工作状态, 所述逆变器工作在第二模态时, 所述

逆变器仅有第三开关管和第四开关管处于工作状态,所述逆变器工作在第三模态时,所述逆变器仅有第四开关管和第七开关管处于工作状态,所述逆变器工作在第四模态时,所述逆变器仅有第二直流升压电路和第二开关管处于工作状态,所述逆变器处于第五模态时,所述逆变器仅有第五开关管和第六开关管处于工作状态,所述逆变器处于第六模态时,所述逆变器仅有第五开关管和第八开关管处于工作状态。

18、根据权利要求4所述的逆变器,其特征在于,所述第一逆变拓扑单元为T型三电平逆变拓扑单元,包括串联的并且导通方向的第一开关管和第二开关管,以及第二续流支路,所述第二续流支路包括串联并且导通方向相反的第七开关管和第八开关管;第一开关管和第一二极管串联在第一支路上,第二开关管和第二二极管串联在第二支路上,第一支路的第一端连接直流电源的正输出端,第一支路的第二端连接第二支路的第一端,第二支路的第二端连接直流电源的负输出端。第一开关管和第一二极管的导通方向使得电流从第一支路的第一端流向第二端,第二开关管和第二二极管的导通方向使得电流从第二支路的第一端流向第二端;第七开关管和第八开关管的串联电路连接在第一储能单元和第二储能单元的公共节点,与第一支路的第二端之间;第一支路的第二端为交流输出端;

所述第二逆变拓扑单元为T型三电平逆变拓扑单元,包括串联的并且导通方向相同的第九开关管和第十开关管,以及第三续流支路,所述第三续流支路包括串联并且导通方向相反的第十一开关管和第十二开关管;所述第十一开关管和第十二开关管串联在第一储能单元和第二储能单元的公共节点,与第九开关管和第十开关管的公共节点之间,第十一开关管的导通方向使得电流从第一储能单元和第二储能单元的公共节点流向第九开关管和第十开关管的公共节点,第十二开关管的导通方向使得电流从第九开关管和第十开关管的公共节点流向第一储能单元和第二储能单元的公共节点。

19、根据权利要求18所述的逆变器,其特征在于,所述逆变器具有第一工作模式和第二工作模式;其中,在第一工作模式下,所述第一直流升压电路和第二直流升压电路均不工作,并且所述逆变器工作在第一模态、第二模态、第三模态或第四模态,所述逆变器工作在第一模态时,所述逆变器仅有第一开

关管和第九开关管处于工作状态,所述逆变器工作在第二模态时,所述逆变器仅有所述第七开关管和第十一开关管处于工作状态,所述逆变器工作在第三模态时,所述逆变器仅有所述第二开关管和第十开关管处于工作状态,所述逆变器工作在第四模态时,所述逆变器仅有所述第八开关管和第十二开关管处于工作状态。

20、根据权利要求 19 所述的逆变器,其特征在于,所述逆变器处于第二工作模式下时,所述逆变器工作在第一模态、第二模态、第三模态、第四模态、第五模态或第六模态,所述逆变器工作在第一模态时,所述逆变器仅有第一直流升压电路和第九开关管处于工作状态,所述逆变器工作在第二模态时,所述逆变器仅有第一开关管处于工作状态,所述逆变器工作在第三模态时,所述逆变器仅有第七开关管和第十一开关管处于工作状态,所述逆变器处于第四模态时,所述逆变器仅有第二直流升压电路和第十开关管处于工作状态,所述逆变器处于第五模态时,所述逆变器仅有第二开关管处于工作状态,所述逆变器处于第六模态时,所述逆变器仅有第八开关管和第十二开关管处于工作状态。

21、根据权利要求 1 所述的逆变器,其特征在于,所述第一直流升压电路包括第一电感、第七二极管和第十三开关管;所述第二直流升压电路包括第二电感、第八二极管和第十四开关管;

所述第一电感的第一端连接直流电源的正输出端,所述第二电感的第一端连接直流电源的负输出端,所述第一电感的第二端和第二电感的第二端之间连接第十三开关管和第十四开关管的串联电路,第十三开关管和第十四开关管的公共节点接地;所述第十三开关管的导通方向使得电流从所述第一电感的第二端流向第十三开关管和第十四开关管的公共节点,所述第十四开关管的导通方向使得电流从所述第十三开关管和第十四开关管的公共节点流向第二电感的第二端;

第一电感的第二端连接第七二极管的正极,第七二极管的负极连接第三二极管的负极;

第二电感的第二端连接第八二极管的负极,第八二极管的正极连接第四二极管的正极。

22、一种三相逆变器,其特征在于,所述三相逆变器包括三个结构相同的

单相逆变器，各个单相逆变器为如权利要求 1 至 21 任意一项所述的单相逆变器；

各个单相逆变器的交流输出端作为所述三相逆变器的三相交流输出端。

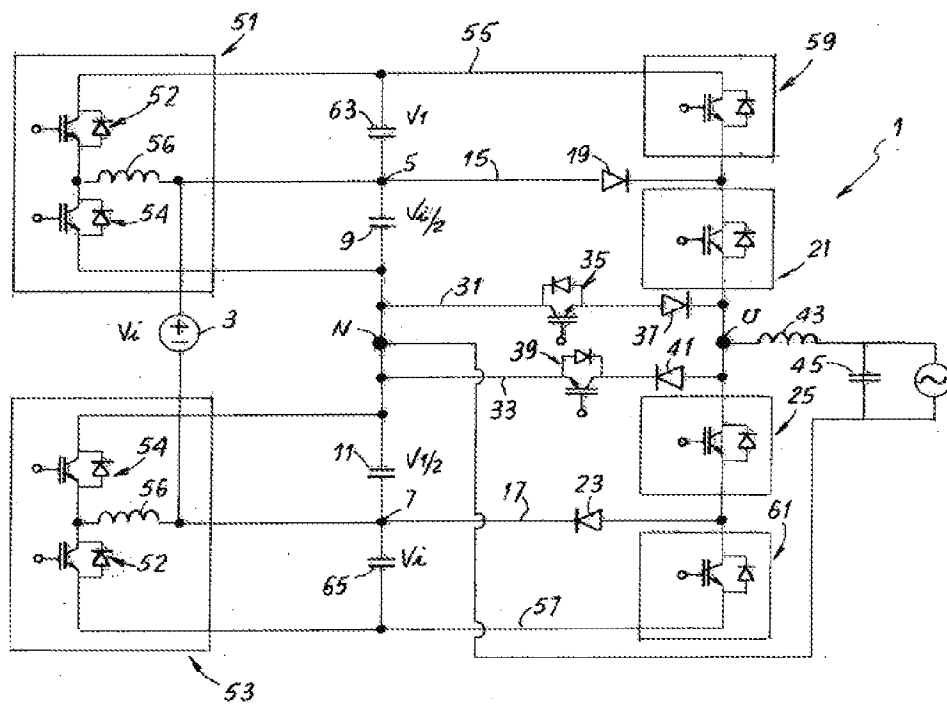


图 1

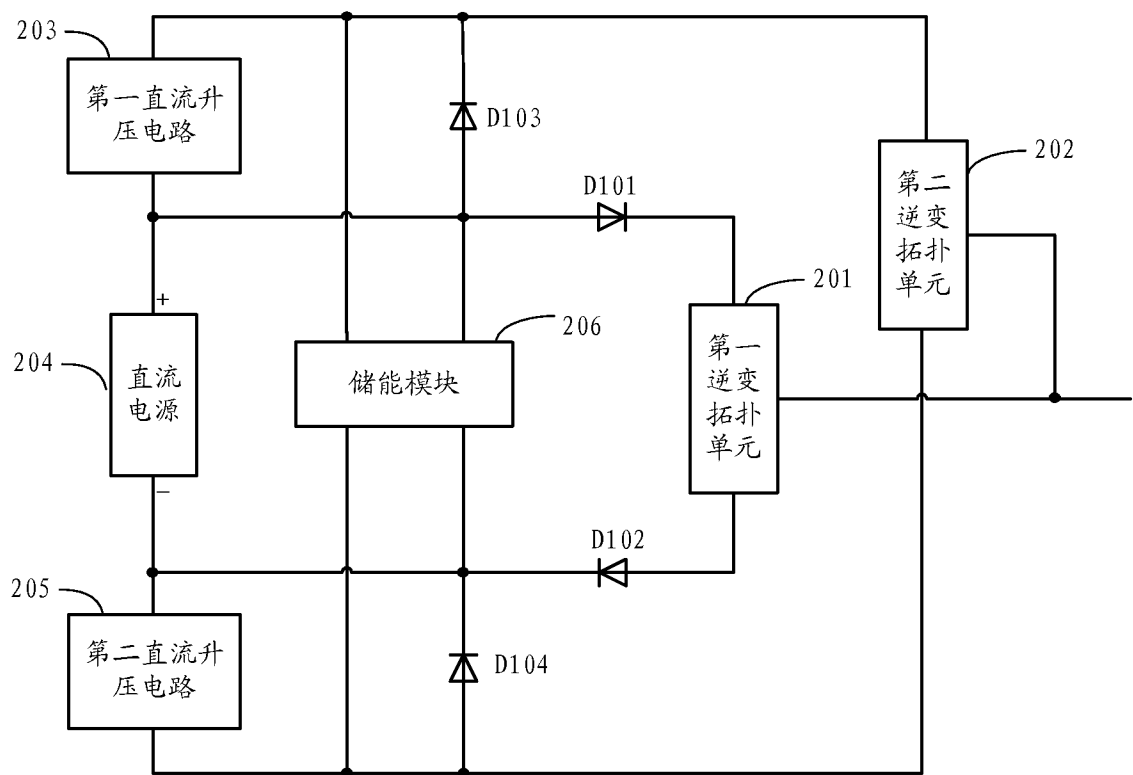


图 2

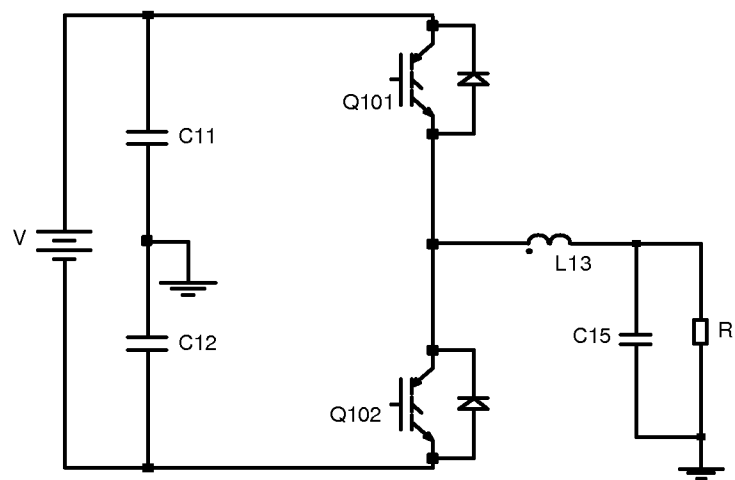


图 3

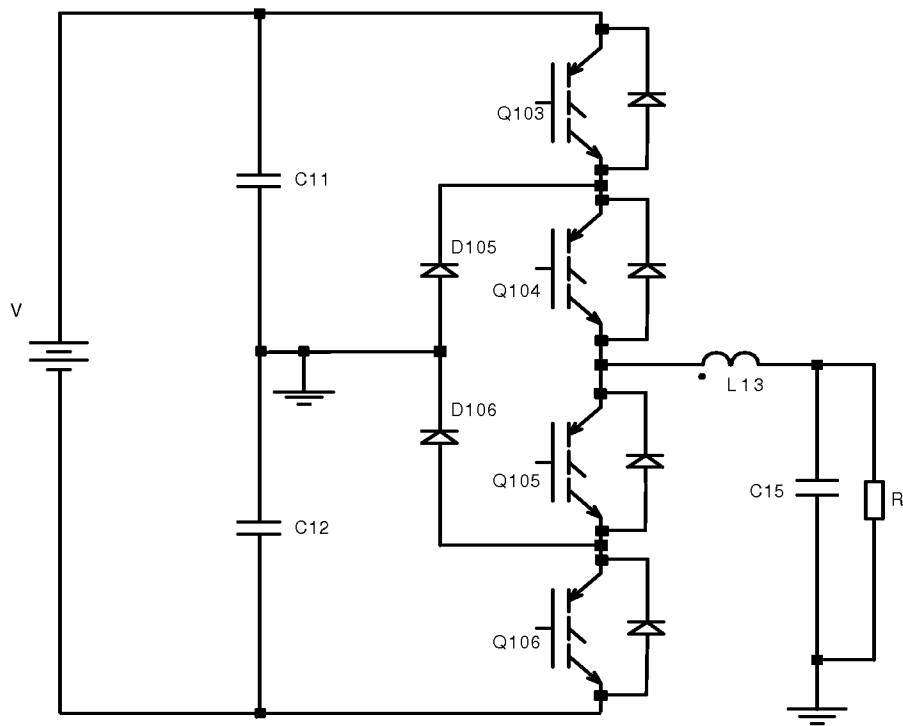


图 4

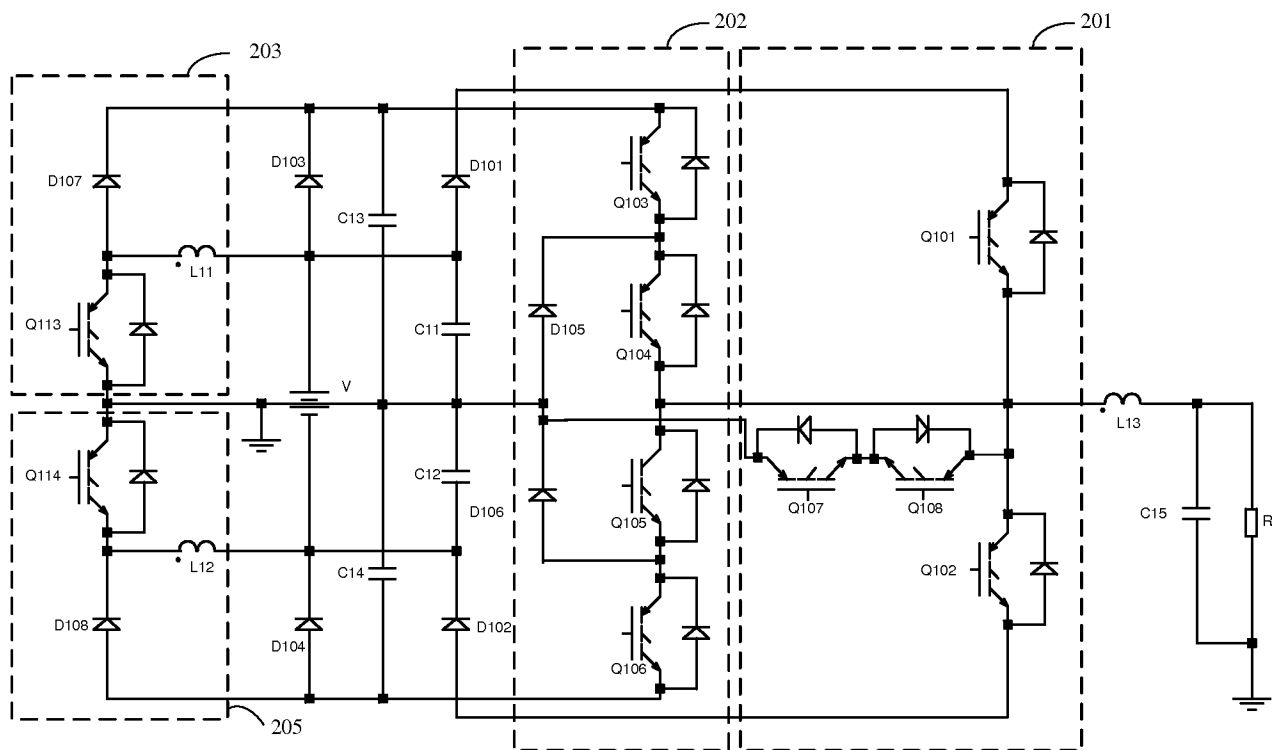


图 7

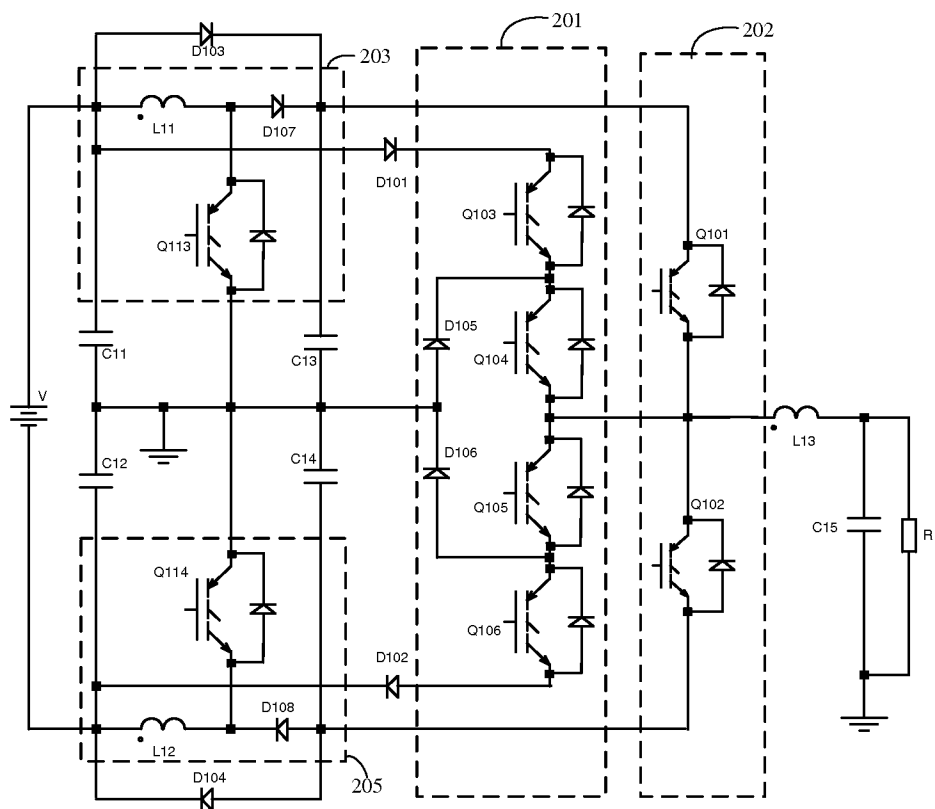


图 8

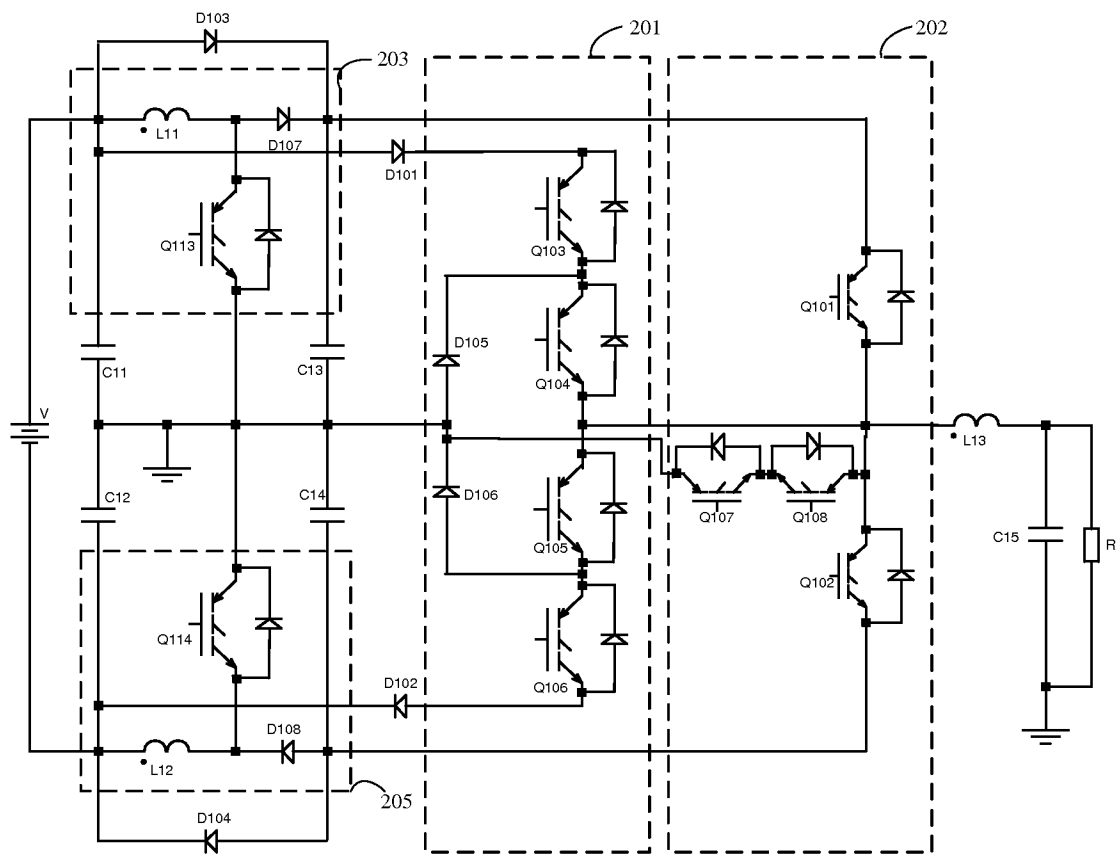


图 9

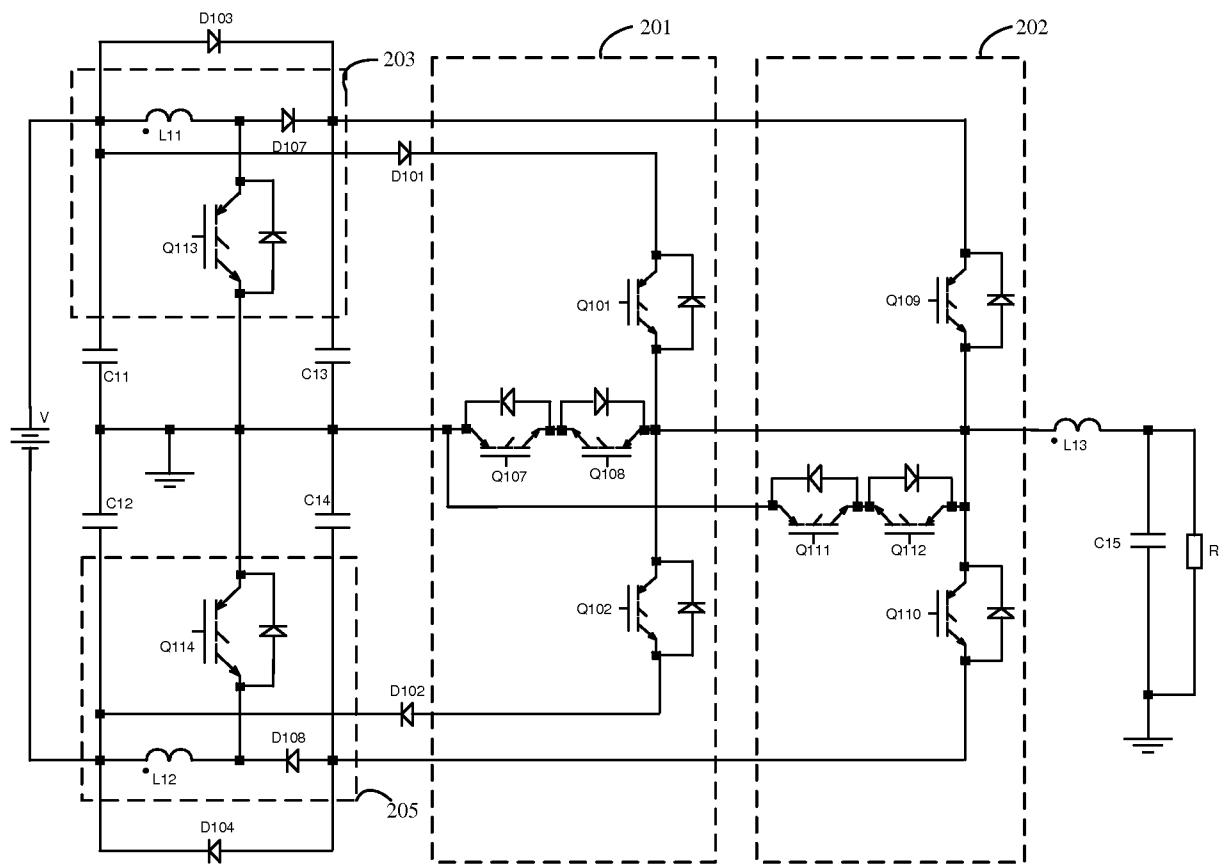


图 10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2014/071990

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H02M 7/537 (2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H02M 7/

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

CNABS, CNKI, DWPI, SIPOABS, VEN: T type, I type, 1 type, first, second, huawei, inverter, boost, step w up, neutral, centr+, middle, midpoint, T s topology, I s topology, 1 s topology, three w level, five w level, /ft 5h007/aa03 and 5h007/cc01

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
PX	CN 103354427 A (HUAWEI TECHNOLOGIES CO., LTD.), 16 October 2013 (16.10.2013), the whole document	1-22
A	CN 103023363 A (HUAWEI TECHNOLOGIES CO., LTD.), 03 April 2013 (03.04.2013), description, paragraphs [0031]-[0068], and figure 2	1-22
A	EP 2525484 A1 (CONVERTEAM TECHNOLOGY LTD.), 21 November 2012 (21.11.2012), the whole document	1-22
A	JP 2012-253981 A (FUJI ELECTRIC CO., LTD.), 20 December 2012 (20.12.2012), the whole document	1-22
A	CN 102611343 A (HUAWEI TECHNOLOGIES CO., LTD.), 25 July 2012 (25.07.2012), the whole document	1-22
A	CN 102882406 A (JIANGSU DAQO KFINE ELECTRIC CO., LTD.), 16 January 2013 (16.01.2013), the whole document	1-22

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search 22 April 2014 (22.04.2014)	Date of mailing of the international search report 14 May 2014 (14.05.2014)
Name and mailing address of the ISA/CN: State Intellectual Property Office of the P. R. China No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing 100088, China Facsimile No.: (86-10) 62019451	Authorized officer DING, Ran Telephone No.: (86-10) 62413303

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2014/071990

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 102624266 A (HUAWEI TECHNOLOGIES CO., LTD.), 01 August 2012 (01.08.2012), the whole document	1-22

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/CN2014/071990

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
CN 103354427 A	16.10.2013	None	
CN 103023363 A	03.04.2013	None	
EP 2525484 A1	21.11.2012	EP 2525484 B1	27.11.2013
		US 2013044526 A1	21.02.2013
		FR 2975549 A1	23.11.2012
JP 2012-253981 A	20.12.2012	None	
CN 102611343 A	25.07.2012	WO 2013135050 A1	19.09.2013
		EP 2662966 A1	13.11.2013
CN 102882406 A	16.01.2013	None	
CN 102624266 A	01.08.2012	None	

A. 主题的分类		
H02M7/537 (2006.01)i		
按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类		
B. 检索领域		
检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)		
H02M7/-		
包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献		
在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称, 和使用的检索词(如使用))		
CNABS;CNKI;DWPI;SIPOABS;VEN:华为, 逆变, 升压, 中点, T型, I型, 1型, 三电平, 五电平, 5电平, 第一, 第二, huawei, inverter, boost, step w up, neutral, centr+, middle, midpoint, T s topology, I s topology, l s topology, three w level, five w level, /ft 5h007/aa03 and 5h007/cc01		
C. 相关文件		
类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求
PX	CN 103354427A (华为技术有限公司) 2013年 10月 16日 (2013 - 10 - 16) 全文	1-22
A	CN 103023363A (华为技术有限公司) 2013年 4月 03日 (2013 - 04 - 03) 说明书第[0031]-[0068]段, 附图2	1-22
A	EP 2525484A1 ((CONVERTEAM TECHNOLOGY LTD.)) 2012年 11月 21日 (2012 - 11 - 21) 全文	1-22
A	JP 特开2012-253981A (富士电机株式会社) 2012年 12月 20日 (2012 - 12 - 20) 全文	1-22
A	CN 102611343A (华为技术有限公司) 2012年 7月 25日 (2012 - 07 - 25) 全文	1-22
A	CN 102882406A (江苏大全凯帆电器股份有限公司) 2013年 1月 16日 (2013 - 01 - 16) 全文	1-22
☒ 其余文件在C栏的续页中列出。 ☒ 见同族专利附件。		
* 引用文件的具体类型: “A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件 “E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利 “L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件(如具体说明的) “O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件 “P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件 “T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件 “X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性 “Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性 “&” 同族专利的文件		
国际检索实际完成的日期		国际检索报告邮寄日期
2014年 4月 22日		2014年 5月 14日
ISA/CN的名称和邮寄地址		受权官员
中华人民共和国国家知识产权局 (ISA/CN) 中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088 中国		丁冉
传真号 (86-10)62019451		电话号码 (86-10)62413303

C. 相关文件		
类 型*	引用文件，必要时，指明相关段落	相关的权利要求
A	CN 102624266A（华为技术有限公司）2012年 8月 01日（2012 - 08 - 01） 全文	1-22

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2014/071990

检索报告引用的专利文件		公布日 (年/月/日)	同族专利	公布日 (年/月/日)
CN	103354427A	2013年 10月 16日	无	
CN	103023363A	2013年 4月 03日	无	
EP	2525484A1	2012年 11月 21日	EP 2525484B1	2013年 11月 27日
			US 2013044526A1	2013年 2月 21日
			FR 2975549A1	2012年 11月 23日
JP	特开 2012-253981A	2012年 12月 20日	无	
CN	102611343A	2012年 7月 25日	WO 2013135050A1	2013年 9月 19日
			EP 2662966A1	2013年 11月 13日
CN	102882406A	2013年 1月 16日	无	
CN	102624266A	2012年 8月 01日	无	