



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102761286 B

(45) 授权公告日 2014. 12. 03

(21) 申请号 201210255932. 1

审查员 周容

(22) 申请日 2012. 07. 23

(73) 专利权人 阳光电源股份有限公司

地址 230088 安徽省合肥市高新区天湖路 2 号

(72) 发明人 汪洪亮 赵为 胡兵

(74) 专利代理机构 北京集佳知识产权代理有限公司 11227

代理人 王宝筠

(51) Int. Cl.

H02M 7/515(2007. 01)

(56) 对比文件

CN 102594187 A, 2012. 07. 18,

JP 4599959 B2, 2010. 12. 15,

JP H10108474 A, 1998. 04. 24,

CN 102594188 A, 2012. 07. 18,

CN 102035418 A, 2011. 04. 27,

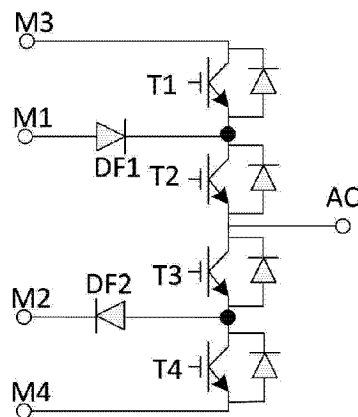
权利要求书3页 说明书12页 附图8页

(54) 发明名称

一种四电平逆变拓扑单元及四电平逆变器

(57) 摘要

本申请提供的四电平逆变拓扑单元包括四个反向并联二极管的开关管和两个二极管, 相对于现有的四电平逆变器中半导体器件数量较多, 由此加大了逆变器及其引用电路的成本, 且由于四电平逆变器中半导体器件数量较多导致增加逆变器及其应用电路的封装难度的技术问题, 本申请提供的四电平逆变拓扑单元在实现单相和多相应用时, 在保证将直流逆变为交流的同时, 减少了整个逆变器的半导体元器件的数量, 体积较小, 成本较低, 同时, 减小了其应用电路的封装难度。



1. 一种四电平逆变拓扑单元,其特征在于,包括开关管 T1、开关管 T2、开关管 T3、开关管 T4、二极管 DF1 和二极管 DF2 ;

每个开关管反向并联一个二极管 ;

该拓扑单元的第一直流输入端 M1 通过依次串联的二极管 DF1、开关管 T2、开关管 T3 和二极管 DF2 与该拓扑单元的第二直流输入端 M2 相连 ;

该拓扑单元的第三直流输入端 M3 通过开关管 T1 与二极管 DF1 和开关管 T2 的连接线相连 ;

开关管 T3 和二极管 DF2 的连接线通过开关管 T4 与该拓扑单元的第四直流输入端 M4 相连 ;

开关管 T2 和开关管 T3 的连接线与该拓扑单元的交流输出端 AC 相连接。

2. 根据权利要求 1 所述的四电平逆变拓扑单元,其特征在于,该四电平逆变拓扑单元对应的六个工作模块分别为 :

第一工作模式 :开关管 T2 导通,其余开关管均截止 ;

第二工作模式 :开关管 T1 和开关管 T2 导通,其余开关管均截止 ;

第三工作模式 :开关管 T2 导通,或开关管 T1 和开关管 T2 导通,其余开关管均截止 ;

第四工作模式 :开关管 T3 导通,其余开关管均截止 ;

第五工作模式 :开关管 T3 和开关管 T4 导通,其余开关管均截止 ;

第六工作模式 :开关管 T3 导通,或开关管 T3 和开关管 T4 导通,其余开关管均截止。

3. 一种四电平逆变器,其特征在于,包括直流输入单元和一个如权利要求 1 或权利要求 2 所述的拓扑单元,其中 :

所述直流输入单元的第一直流正电平 PV1+ 与该拓扑单元的第一直流输入端 M1 相连,所述直流输入单元的第二直流正电平 PV2+ 与该拓扑单元的第三直流输入端 M3 相连,所述直流输入单元的第一直流负电平 PV1- 与该拓扑单元的第二直流输入端 M2 相连,所述直流输入单元的第二直流负电平 PV2- 与该拓扑单元的第四直流输入端 M4 相连 ;

该拓扑单元的交流输出端 AC 与该逆变器的交流输出端相连。

4. 一种四电平逆变器,其特征在于,包括直流输入单元和两个如权利要求 1 或权利要求 2 所述的拓扑单元 :第一拓扑单元和第二拓扑单元 ;

直流输入单元的第一直流正电平 PV1+ 与第一拓扑单元和第二拓扑单元的各第一直流输入端 M1 相连 ;

直流输入单元的第一直流负电平 PV1- 与第一拓扑单元和第二拓扑单元的各第二直流输入端 M2 相连 ;

直流输入单元的第二直流正电平 PV2+ 与第一拓扑单元和第二拓扑单元的各第三直流输入端 M3 相连 ;

直流输入单元的第二直流负电平 PV2- 与第一拓扑单元和第二拓扑单元的各第四直流输入端 M4 相连 ;

第一拓扑单元的交流输出端 AC 与该逆变器的第一交流输出端相连,第二拓扑单元的交流输出端 AC 与该逆变器的第二交流输出端相连。

5. 一种四电平逆变器,其特征在于,包括直流输入单元和三个如权利要求 1 或权利要求 2 所述的拓扑单元 :第一拓扑单元、第二拓扑单元和第三拓扑单元 ;

直流输入单元的第一直流正电平 PV1+ 与第一拓扑单元和、第二拓扑单元和第三拓扑单元的各第一直流输入端 M1 相连；

直流输入单元的第一直流负电平 PV1- 与第一拓扑单元、第二拓扑单元和第三拓扑单元的各第二直流输入端 M2 相连；

直流输入单元的第二直流正电平 PV2+ 与第一拓扑单元、第二拓扑单元和第三拓扑单元的各第三直流输入端 M3 相连；

直流输入单元的第二直流负电平 PV2- 与第一拓扑单元、第二拓扑单元和第三拓扑单元的各第四直流输入端 M4 相连；

第一拓扑单元的交流输出端 AC 与该逆变器的第一交流输出端相连，第二拓扑单元的交流输出端 AC 与该逆变器的第二交流输出端相连，第三拓扑单元的交流输出端 AC 与该逆变器的第三交流输出端相连。

6. 一种四电平逆变器，其特征在于，包括直流输入单元和四个如权利要求 1 或权利要求 2 所述的拓扑单元；第一拓扑单元、第二拓扑单元、第三拓扑单元和第四拓扑单元；

直流输入单元的第一直流正电平 PV1+ 与第一拓扑单元和、第二拓扑单元、第三拓扑单元和第四拓扑单元的各第一直流输入端 M1 相连；

直流输入单元的第一直流负电平 PV1- 与第一拓扑单元、第二拓扑单元、第三拓扑单元和第四拓扑单元的各第二直流输入端 M2 相连；

直流输入单元的第二直流正电平 PV2+ 与第一拓扑单元、第二拓扑单元、第三拓扑单元和第四拓扑单元的各第三直流输入端 M3 相连；

直流输入单元的第二直流负电平 PV2- 与第一拓扑单元、第二拓扑单元、第三拓扑单元和第四拓扑单元的各第四直流输入端 M4 相连；

第一拓扑单元的交流输出端 AC 与该逆变器的第一交流输出端相连，第二拓扑单元的交流输出端 AC 与该逆变器的第二交流输出端相连，第三拓扑单元的交流输出端 AC 与该逆变器的第三交流输出端相连，第四拓扑单元的交流输出端 AC 与该逆变器的第四交流输出端相连。

7. 根据权利要求 3、4、5 和 6 任意一项所述的四电平逆变器，其特征在于，所述直流输入单元包括电容 CA1、电容 CA2、电容 CA3、电感 L1、电感 L2、开关管 TB1、开关管 TB2、二极管 DB1 和二极管 DB2，其中：

直流电源的正端与电容 CA1 的第一端相连，直流电源的负端与电容 CA1 的第二端相连；

电容 CA1 的第一端和直流电源的连接线通过依次串联的电感 L1 和开关管 TB1 与电容 CA1 的第二端和直流电源的连接线相连；

电容 CA1 的第一端和直流电源的连接线通过依次串联的开关管 TB2 和电感 L2 与电容 CA1 的第二端和直流电源的连接线相连；

电感 L1 和开关管 TB1 的连接线通过依次串联的二极管 DB1 和电容 CA2 与电容 CA1 的第二端和直流电源的连接线相连；

电容 CA1 的第一端和直流电源的连接线通过依次串联的电容 CA3 和二极管 DB2 与开关管 TB2 和电感 L2 的连接线相连；

二极管 DB1 和电容 CA2 的连接线与该直流输入单元的第二直流正电平 PV2+ 相连，电

容 CA1 的第一端和直流电源的连接线与该直流输入单元的第一直流正电平 PV1+ 相连, 电容 CA1 的第二端和直流电源的连接线与该直流输入单元的第一直流负电平 PV1- 相连, 电容 CA3 和二极管 DB2 的连接线与该直流输入单元的第二直流负电平 PV2- 相连。

8. 根据权利要求 3、4、5 和 6 任意一项所述的四电平逆变器, 其特征在于, 所述直流输入单元包括电容 CA1、电容 CA2、电容 CA3、电感 L1、电感 L2、开关管 TB1、开关管 TB2、二极管 DB1 和二极管 DB2, 其中:

直流电源的正端与电容 CA1 的第一端相连, 直流电源的负端与电容 CA1 的第二端相连;

电容 CA1 的第一端和直流电源的连接线通过依次串联的电感 L1 和开关管 TB1 与电容 CA1 的第二端和直流电源的连接线相连;

电容 CA1 的第一端和直流电源的连接线通过依次串联的开关管 TB2 和电感 L2 与电容 CA1 的第二端和直流电源的连接线相连;

电感 L1 和开关管 TB1 的连接线通过依次串联的二极管 DB1 和电容 CA2 与电容 CA1 的第一端和直流电源的连接线相连;

电容 CA1 的第二端和直流电源的连接线通过依次串联的电容 CA3 和二极管 DB2 与开关管 TB2 和电感 L2 的连接线相连;

二极管 DB1 和电容 CA2 的连接线与该直流输入单元的第二直流正电平 PV2+ 相连, 电容 CA1 的第一端和直流电源的连接线与该直流输入单元的第一直流正电平 PV1+ 相连, 电容 CA1 的第二端和直流电源的连接线与该直流输入单元的第一直流负电平 PV1- 相连, 电容 CA3 和二极管 DB2 的连接线与该直流输入单元的第二直流负电平 PV2- 相连。

9. 根据权利要求 3、4、5 和 6 任意一项所述的四电平逆变器, 其特征在于, 所述直流输入单元包括电容 CB1、电容 CB2、电容 CA2、电容 CA3、电感 L1、电感 L2、开关管 TB1、开关管 TB2、二极管 DB1 和二极管 DB2, 其中:

直流电源的正端通过依次串联的电容 CB1 和电容 CB2 与直流电源的负端相连;

电容 CB1 和直流电源的连接线通过依次串联的电感 L1、开关管 TB1、开关管 TB2 和电感 L2 与电容 CB2 和直流电源的连接线相连;

电容 CB1 和电容 CB2 的连接线与开关管 TB1 和开关管 TB2 的连接线相连;

电感 L1 和开关管 TB1 的连接线通过依次串联的二极管 DB1 和电容 CA2 与电容 CB1 和直流电源的连接线相连;

电容 CB2 和直流电源的连接线通过依次串联的电容 CA3 和二极管 DB2 与开关管 TB2 和电感 L2 的连接线相连;

二极管 DB1 和电容 CA2 的连接线与该直流输入单元的第二直流正电平 PV2+ 相连, 电容 CB1 和直流电源的连接线与该直流输入单元的第一直流正电平 PV1+ 相连, 电容 CB2 和直流电源的连接线与该直流输入单元的第一直流负电平 PV1- 相连, 电容 CA3 和二极管 DB2 的连接线与该直流输入单元的第二直流负电平 PV2- 相连。

一种四电平逆变拓扑单元及四电平逆变器

技术领域

[0001] 本申请涉及电力电子技术领域,特别涉及一种四电平逆变拓扑单元及四电平逆变器。

背景技术

[0002] 逆变器是将直流电转变为交流电的设备。随着技术的不断发展和进步,人们生活水平的不断提高,逆变器也成为了人们应急和外出的一种重要设备。目前的逆变器多为二极管钳位型逆变器或飞跨电容型逆变器。

[0003] 图 1 和图 2 分别示出了传统四电平逆变器的部分结构。其中,图 1 为二极管钳位型四电平逆变器的部分结构,图 2 为飞跨电容型四电平逆变器的部分结构。在图 1 所示逆变器结构中,通过电容 C1、C2 和 C3 产生四个不同电位的电信号,并且每个四电平拓扑单元包括六个开关管和十个二极管;在图 2 所示逆变器结构中,每个四电平拓扑单元包括六个开关管和六个二极管,且逆变器中通过设置电容 C1、C2、C3、C4、C5 和 C6 来产生四个不同电位的电信号。

[0004] 由上述可知,传统的二极管钳位型四电平逆变器和飞跨电容型四电平逆变器中半导体器件数量较多,由此加大了逆变器及其应用电路的成本,同时,增加了逆变器及其应用电路的封装难度。

发明内容

[0005] 本申请所要解决的技术问题是提供一种四电平逆变拓扑单元及四电平逆变器,用以解决现有的四电平逆变器中半导体器件数量较多,由此加大了逆变器及其引用电路的成本的技术问题,同时避免了由于四电平逆变器中半导体器件数量较多导致增加逆变器及其应用电路的封装难度的技术问题。

[0006] 本申请提供了一种四电平逆变拓扑单元,包括开关管 T1、开关管 T2、开关管 T3、开关管 T4、二极管 DF1 和二极管 DF2;

[0007] 每个开关管反向并联一个二极管;

[0008] 该拓扑单元的第一直流输入端 M1 通过依次串联的二极管 DF1、开关管 T2、开关管 T3 和二极管 DF2 与该拓扑单元的第二直流输入端 M2 相连;

[0009] 该拓扑单元的第三直流输入端 M3 通过开关管 T1 与二极管 DF1 和开关管 T2 的连接线相连;

[0010] 开关管 T3 和二极管 DF2 的连接线通过开关管 T4 与该拓扑单元的第四直流输入端 M4 相连;

[0011] 开关管 T2 和开关管 T3 的连接线与该拓扑单元的交流输出端 AC 相连接。

[0012] 上述四电平逆变拓扑单元,优选地,该四电平逆变拓扑单元对应的六个工作模块分别为:

[0013] 第一工作模态:开关管 T2 导通,其余开关管均截止;

- [0014] 第二工作模态 : 开关管 T1 和开关管 T2 导通, 其余开关管均截止 ;
- [0015] 第三工作模态 : 开关管 T2 导通, 或开关管 T1 和开关管 T2 导通, 其余开关管均截止 ;
- [0016] 第四工作模态 : 开关管 T3 导通, 其余开关管均截止 ;
- [0017] 第五工作模态 : 开关管 T3 和开关管 T4 导通, 其余开关管均截止 ;
- [0018] 第六工作模态 : 开关管 T3 导通, 或开关管 T3 和开关管 T4 导通, 其余开关管均截止。
- [0019] 本申请还提供了一种四电平逆变器, 包括直流输入单元和一个如上述任意一种所述的拓扑单元, 其中 :
- [0020] 所述直流输入单元的第一直流正电平 PV1+ 与该逆变单元的第一直流输入端 M1 相连, 所述直流输入单元的第二直流正电平 PV2+ 与该逆变单元的第三直流输入端 M3 相连, 所述直流输入单元的第一直流负电平 PV1- 与该逆变单元的第二直流输入端 M2 相连, 所述直流输入单元的第二直流负电平 PV2- 与该逆变单元的第四直流输入端 M4 相连 ;
- [0021] 该逆变单元的交流输出端 AC 与该逆变器的交流输出端相连。
- [0022] 本申请还提供了一种四电平逆变器, 包括直流输入单元和两个如上述任意一种所述的拓扑单元 : 第一拓扑单元和第二拓扑单元 ;
- [0023] 直流输入单元的第一直流正电平 PV1+ 与第一拓扑单元和第二拓扑单元的各第一直流输入端 M1 相连 ;
- [0024] 直流输入单元的第一直流负电平 PV1- 与第一拓扑单元和第二拓扑单元的各第二直流输入端 M2 相连 ;
- [0025] 直流输入单元的第二直流正电平 PV2+ 与第一拓扑单元和第二拓扑单元的各第三直流输入端 M3 相连 ;
- [0026] 直流输入单元的第二直流负电平 PV2- 与第一拓扑单元和第二拓扑单元的各第四直流输入端 M4 相连 ;
- [0027] 第一拓扑单元的交流输出端 AC 与该逆变器的第一交流输出端相连, 第二拓扑单元的交流输出端 AC 与该逆变器的第二交流输出端相连。
- [0028] 本申请还提供了一种四电平逆变器, 包括直流输入单元和三个如上述任意一种所述的拓扑单元 : 第一拓扑单元、第二拓扑单元和第三拓扑单元 ;
- [0029] 直流输入单元的第一直流正电平 PV1+ 与第一拓扑单元和、第二拓扑单元和第三拓扑单元的各第一直流输入端 M1 相连 ;
- [0030] 直流输入单元的第一直流负电平 PV1- 与第一拓扑单元、第二拓扑单元和第三拓扑单元的各第二直流输入端 M2 相连 ;
- [0031] 直流输入单元的第二直流正电平 PV2+ 与第一拓扑单元、第二拓扑单元和第三拓扑单元的各第三直流输入端 M3 相连 ;
- [0032] 直流输入单元的第二直流负电平 PV2- 与第一拓扑单元、第二拓扑单元和第三拓扑单元的各第四直流输入端 M4 相连 ;
- [0033] 第一拓扑单元的交流输出端 AC 与该逆变器的第一交流输出端相连, 第二拓扑单元的交流输出端 AC 与该逆变器的第二交流输出端相连, 第三拓扑单元的交流输出端 AC 与该逆变器的第三交流输出端相连。

[0034] 本申请还提供了一种四电平逆变器,包括直流输入单元和四个如上述任意一种所述的拓扑单元:第一拓扑单元、第二拓扑单元、第三拓扑单元和第四拓扑单元;

[0035] 直流输入单元的第一直流正电平 PV1+ 与第一拓扑单元和、第二拓扑单元、第三拓扑单元和第四拓扑单元的各第一直流输入端 M1 相连;

[0036] 直流输入单元的第一直流负电平 PV1- 与第一拓扑单元、第二拓扑单元、第三拓扑单元和第四拓扑单元的各第二直流输入端 M2 相连;

[0037] 直流输入单元的第二直流正电平 PV2+ 与第一拓扑单元、第二拓扑单元、第三拓扑单元和第四拓扑单元的各第三直流输入端 M3 相连;

[0038] 直流输入单元的第二直流负电平 PV2- 与第一拓扑单元、第二拓扑单元、第三拓扑单元和第四拓扑单元的各第四直流输入端 M4 相连;

[0039] 第一拓扑单元的交流输出端 AC 与该逆变器的第一交流输出端相连,第二拓扑单元的交流输出端 AC 与该逆变器的第二交流输出端相连,第三拓扑单元的交流输出端 AC 与该逆变器的第三交流输出端相连,第四拓扑单元的交流输出端 AC 与该逆变器的第四交流输出端相连。

[0040] 上述任意一种所述的四电平逆变器,优选地,所述直流输入单元包括电容 CA1、电容 CA2、电容 CA3、电感 L1、电感 L2、开关管 TB1、开关管 TB2、二极管 DB1 和二极管 DB2,其中:

[0041] 直流电源的正端与电容 CA1 的第一端相连,直流电源的负端与电容 CA1 的第二端相连;

[0042] 电容 CA1 的第一端和直流电源的连接线通过依次串联的电感 L1 和开关管 TB1 与电容 CA1 的第二端和直流电源的连接线相连;

[0043] 电容 CA1 的第一端和直流电源的连接线通过依次串联的开关管 TB2 和电感 L2 与电容 CA1 的第二端和直流电源的连接线相连;

[0044] 电感 L1 和开关管 TB1 的连接线通过依次串联的二极管 DB1 和电容 CA2 与电容 CA1 的第二端和直流电源的连接线相连;

[0045] 电容 CA1 的第一端和直流电源的连接线通过依次串联的电容 CA3 和二极管 DB2 与开关管 TB2 和电感 L2 的连接线相连;

[0046] 二极管 DB1 和电容 CA2 的连接线与该直流输入单元的第二直流正电平 PV2+ 相连,电容 CA1 的第一端和直流电源的连接线与该直流输入单元的第一直流正电平 PV1+ 相连,电容 CA1 的第二端和直流电源的连接线与该直流输入单元的第一直流负电平 PV1- 相连,电容 CA3 和二极管 DB2 的连接线与该直流输入单元的第二直流负电平 PV2- 相连。

[0047] 上述任意一种所述的四电平逆变器,优选地,所述直流输入单元包括电容 CA1、电容 CA2、电容 CA3、电感 L1、电感 L2、开关管 TB1、开关管 TB2、二极管 DB1 和二极管 DB2,其中:

[0048] 直流电源的正端与电容 CA1 的第一端相连,直流电源的负端与电容 CA1 的第二端相连;

[0049] 电容 CA1 的第一端和直流电源的连接线通过依次串联的电感 L1 和开关管 TB1 与电容 CA1 的第二端和直流电源的连接线相连;

[0050] 电容 CA1 的第一端和直流电源的连接线通过依次串联的开关管 TB2 和电感 L2 与电容 CA1 的第二端和直流电源的连接线相连;

[0051] 电感 L1 和开关管 TB1 的连接线通过依次串联的二极管 DB1 和电容 CA2 与电容 CA1

的第一端和直流电源的连接线相连；

[0052] 电容 CA1 的第二端和直流电源的连接线通过依次串联的电容 CA3 和二极管 DB2 与开关管 TB2 和电感 L2 的连接线相连；

[0053] 二极管 DB1 和电容 CA2 的连接线与该直流输入单元的第二直流正电平 PV2+ 相连，电容 CA1 的第一端和直流电源的连接线与该直流输入单元的第一直流正电平 PV1+ 相连，电容 CA1 的第二端和直流电源的连接线与该直流输入单元的第一直流负电平 PV1- 相连，电容 CA3 和二极管 DB2 的连接线与该直流输入单元的第二直流负电平 PV2- 相连。

[0054] 上述任意一种所述的四电平逆变器，优选地，所述直流输入单元包括电容 CB1、电容 CB2、电容 CA2、电容 CA3、电感 L1、电感 L2、开关管 TB1、开关管 TB2、二极管 DB1 和二极管 DB2，其中：

[0055] 直流电源的正端通过依次串联的电容 CB1 和电容 CB2 与直流电源的负端相连；

[0056] 电容 CB1 和直流电源的连接线通过依次串联的电感 L1、开关管 TB1、开关管 TB2 和电感 L2 与电容 CB2 和直流电源的连接线相连；

[0057] 电容 CB1 和电容 CB2 的连接线与开关管 TB1 和开关管 TB2 的连接线相连；

[0058] 电感 L1 和开关管 TB1 的连接线通过依次串联的二极管 DB1 和电容 CA2 与电容 CB1 和直流电源的连接线相连；

[0059] 电容 CB2 和直流电源的连接线通过依次串联的电容 CA3 和二极管 DB2 与开关管 TB2 和电感 L2 的连接线相连；

[0060] 二极管 DB1 和电容 CA2 的连接线与该直流输入单元的第二直流正电平 PV2+ 相连，电容 CB1 和直流电源的连接线与该直流输入单元的第一直流正电平 PV1+ 相连，电容 CB2 和直流电源的连接线与该直流输入单元的第一直流负电平 PV1- 相连，电容 CA3 和二极管 DB2 的连接线与该直流输入单元的第二直流负电平 PV2- 相连。

[0061] 由上述可知，本申请提供的四电平逆变拓扑单元包括四个反向并联二极管的开关管和两个二极管，相对于现有的四电平逆变器中半导体器件数量较多，由此加大了逆变器及其引用电路的成本，且由于四电平逆变器中半导体器件数量较多导致增加逆变器及其引用电路的封装难度的技术问题，本申请提供的四电平逆变拓扑单元在实现单相和多相应用时，在保证将直流逆变为交流的同时，减少了整个逆变器的半导体元器件的数量，体积较小，成本较低，同时，减小了其应用电路的封装难度。

附图说明

[0062] 为了更清楚地说明本申请实施例中的技术方案，下面将对实施例描述中所需要使用的附图作简单地介绍，显而易见地，下面描述中的附图仅仅是本申请的一些实施例，对于本领域普通技术人员来讲，在不付出创造性劳动性的前提下，还可以根据这些附图获得其他的附图。

[0063] 图 1 为现有技术中的二极管钳位型四电平逆变器的拓扑图；

[0064] 图 2 为现有技术中的飞跨电容型四电平逆变器的拓扑图；

[0065] 图 3 为本申请提供的一种四电平逆变拓扑单元实施例一的拓扑图；

[0066] 图 4 为本申请提供的一种四电平逆变拓扑单元实施例一处于第一工作模态的拓扑图；

- [0067] 图 5 为本申请提供的一种四电平逆变拓扑单元实施例一处于第二工作模态的拓扑图；
- [0068] 图 6 为本申请提供的一种四电平逆变拓扑单元实施例一处于第三工作模态的拓扑图；
- [0069] 图 7 为本申请提供的一种四电平逆变拓扑单元实施例一处于第四工作模态的拓扑图；
- [0070] 图 8 为本申请提供的一种四电平逆变拓扑单元实施例一处于第五工作模态的拓扑图；
- [0071] 图 9 为本申请提供的一种四电平逆变拓扑单元实施例一处于第六工作模态的拓扑图；
- [0072] 图 10 为本申请提供的一种四电平逆变拓扑单元实施例一中时序生成正弦波的一种时序调制图；
- [0073] 图 11 为本申请提供的一种四电平逆变拓扑单元实施例一中时序生成正弦波的另一时序调制图；
- [0074] 图 12 为本申请提供的一种四电平逆变器实施例二的拓扑图；
- [0075] 图 13 为本申请提供的一种四电平逆变器实施例二的另一拓扑图；
- [0076] 图 14 为本申请提供的一种四电平逆变器实施例二的另一拓扑图；
- [0077] 图 15 为本申请提供的一种四电平逆变器实施例二的另一拓扑图；
- [0078] 图 16 为本申请提供的一种四电平逆变拓扑单元实施例一的等效图；
- [0079] 图 17 为本申请提供的一种四电平逆变器实施例三的拓扑图；
- [0080] 图 18 为本申请提供的一种四电平逆变器实施例三的另一拓扑图；
- [0081] 图 19 为本申请提供的一种四电平逆变器实施例三的另一拓扑图；
- [0082] 图 20 为本申请提供的一种四电平逆变器实施例三的另一拓扑图；
- [0083] 图 21 为本申请提供的一种四电平逆变器实施例三的另一拓扑图；
- [0084] 图 22 为本申请提供的一种四电平逆变器实施例四的拓扑图；
- [0085] 图 23 为本申请提供的一种四电平逆变器实施例四的另一拓扑图；
- [0086] 图 24 为本申请提供的一种四电平逆变器实施例四的另一拓扑图；
- [0087] 图 25 为本申请提供的一种四电平逆变器实施例四的另一拓扑图；
- [0088] 图 26 为本申请提供的一种四电平逆变器实施例四的另一拓扑图。

具体实施方式

[0089] 下面将结合本申请实施例中的附图,对本申请实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例仅仅是本申请一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本申请中的实施例,本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都属于本申请保护的范围。

[0090] 参考图 3,其示出了本申请提供的一种四电平逆变拓扑单元实施例一的拓扑图,所述四电平逆变拓扑单元包括开关管 T1、开关管 T2、开关管 T3、开关管 T4、二极管 DF1 和二极管 DF2；

[0091] 每个开关管反向并联一个二极管；

[0092] 该拓扑单元的第一直流输入端 M1 通过依次串联的二极管 DF1、开关管 T2、开关管 T3 和二极管 DF2 与该拓扑单元的第二直流输入端 M2 相连；

[0093] 该拓扑单元的第三直流输入端 M3 通过开关管 T1 与二极管 DF1 和开关管 T2 的连接线相连；

[0094] 开关管 T3 和二极管 DF2 的连接线通过开关管 T4 与该拓扑单元的第四直流输入端 M4 相连；

[0095] 开关管 T2 和开关管 T3 的连接线与该拓扑单元的交流输出端 AC 相连接。

[0096] 其中，以上拓扑单元的开关管可以为 IGBT 管、MOSFET 管、IGCT 管、或 IEGT 管。可以理解的是，以上开关管也可以选择其他类型的开关管。

[0097] 由上述方案可知，本申请提供的四电平逆变拓扑单元包括四个反向并联二极管的开关管和两个二极管，相对于现有的四电平逆变器中半导体器件数量较多，由此加大了逆变器及其引用电路的成本，且由于四电平逆变器中半导体器件数量较多导致增加逆变器及其应用电路的封装难度的技术问题，本申请提供的四电平逆变拓扑单元在保证将直流逆变为交流的同时，减少了整个逆变器的半导体元器件的数量，体积较小，成本较低，同时，减小了其应用电路的封装难度。

[0098] 其中，本申请提供的四电平逆变拓扑单元实施例一在实现直流电与交流电的转换时，包括六个工作模态，下面结合附图来对图 3 所示的五电平逆变器的六种工作模态进行详细分析。

[0099] 其中，二极管 D1 与开关管 T1 反向并联，二极管 D2 与开关管 T2 反向并联，二极管 D3 与开关管 T3 反向并联，二极管 D4 与开关管 T4 反向并联。

[0100] 参考图 4，其示出了本申请提供的四电平逆变拓扑单元实施例一的第一工作模态的拓扑图。

[0101] 第一工作模态：开关管 T2 导通，其余开关管均截止；

[0102] 其中，不导通的路径在图中以细实线示出，导通的路径以粗实线示出。

[0103] 电流的路径为：M1-DF1-T2-AC。

[0104] 参考图 5，其示出了本申请提供的四电平逆变拓扑单元实施例一的第二工作模态的拓扑图。

[0105] 第二工作模态：开关管 T1 和开关管 T2 同时导通，其余开关管均截止；

[0106] 其中，不导通的路径在图中以细实线示出，导通的路径以粗实线示出。

[0107] 电流路径为：M3-T1-T2-AC。

[0108] 参考图 6，其示出了本申请提供的四电平逆变拓扑单元实施例一的第三工作模态的拓扑图。

[0109] 第三工作模态：开关管 T2 导通，或开关管 T1 和开关管 T2 同时导通，其余开关管均截止；

[0110] 其中，不导通的路径在图中以细实线示出，导通的路径以粗实线示出。

[0111] 电流路径为：AC-D2-D1-M3。

[0112] 参考图 7，其示出了本申请提供的四电平逆变拓扑单元实施例一的第四工作模态的拓扑图。

[0113] 第四工作模态：开关管 T3 导通，其余开关管均截止；

- [0114] 其中,不导通的路径在图中以细实线示出,导通的路径以粗实线示出。
- [0115] 电流路径为:AC-T3-DF2-M2。
- [0116] 参考图 8,其示出了本申请提供的四电平逆变拓扑单元实施例一的第五工作模式的拓扑图。
- [0117] 第五工作模式:开关管 T3 和开关管 T4 导通,其余开关管均截止;
- [0118] 其中,不导通的路径在图中以细实线示出,导通的路径以粗实线示出。
- [0119] 电流路径为:AC-T3-T4-M4。
- [0120] 参考图 9,其示出了本申请提供的四电平逆变拓扑单元实施例一的第六工作模式的拓扑图。
- [0121] 第六工作模式:开关管 T3 导通,或开关管 T3 和开关管 T4 同时导通,其余开关管均截止;
- [0122] 其中,不导通的路径在图中以细实线示出,导通的路径以粗实线示出。
- [0123] 电流路径为:M4-D4-D3-AC。
- [0124] 通过对上述图 4、图 5、图 7、图 8 所示的工作模式的时序进行控制,就能得到需要的正弦交流电,图 10、图 11 为时序控制图,其中, u 为逆变器输出的电压波形。
- [0125] 例如:假定上述拓扑单元的四个直流输入端 M1、M2、M3、M4 的输入电压分别为: $+V1$ 、 $-V1$ 、 $+V2$ 、 $-V2$,则第一工作模式能获得电压 $V1$,第二工作模式获得电压 $V2$,第四工作模式获得电压 $-V1$,第五工作模式获得电压 $-V2$,设满足逆变要求的最小逆变电压为 V_m 。
- [0126] 当 $V1 < V_m < V2$ 时,按图 10 所示的时序进行控制,即 t_0 时刻~ t_1 时刻、 t_2 时刻~ t_4 时刻以及 t_5 时刻~ t_6 时刻,第一工作模式和第四工作模式交替工作, t_1 时刻~ t_2 时刻,第一工作模式和第二工作模式交替工作, t_4 时刻~ t_5 时刻,第四工作模式和第五工作模式交替工作;
- [0127] 当 $V_m < V1 < V2$ 时,按图 11 所示的时序进行控制,具体时序控制参见图 11,再此不在赘述。
- [0128] 由上述可知,本申请提供的四电平逆变拓扑单元实施例一采用四电平技术拟合正弦波的思路,相对于现有技术来说共模电压小,纹波损耗较低,转换效率较高。
- [0129] 参考图 12,其示出了本申请提供的一种四电平逆变器实施例二的拓扑图,所述四电平逆变器实施例二包括直流输入单元 1201 和一个如实施例一所述的拓扑单元,其中:
- [0130] 所述直流输入单元 1201 的第一直流正电平 PV1+ 与该逆变单元的第一直流输入端 M1 相连,所述直流输入单元 1201 的第二直流正电平 PV2+ 与该逆变单元的第三直流输入端 M3 相连,所述直流输入单元 1201 的第一直流负电平 PV1- 与该逆变单元的第二直流输入端 M2 相连,所述直流输入单元 1201 的第二直流负电平 PV2- 与该逆变单元的第四直流输入端 M4 相连;
- [0131] 该逆变单元的交流输出端 AC 与该逆变器的交流输出端相连。
- [0132] 其中,所述直流输入单元 1201 的实现方式有多种:
- [0133] 优选地,参考图 13,其示出了本申请提供的一种四电平逆变器实施例二的另一拓扑图,其中,所述直流输入单元 1201 包括电容 CA1、电容 CA2、电容 CA3、电感 L1、电感 L2、开关管 TB1、开关管 TB2、二极管 DB1 和二极管 DB2,其中:
- [0134] 直流电源 PV 的正端与电容 CA1 的第一端相连,直流电源 PV 的负端与电容 CA1 的

第二端相连；

[0135] 电容 CA1 的第一端和直流电源 PV 的连接线通过依次串联的电感 L1 和开关管 TB1 与电容 CA1 的第二端和直流电源 PV 的连接线相连；

[0136] 电容 CA1 的第一端和直流电源 PV 的连接线通过依次串联的开关管 TB2 和电感 L2 与电容 CA1 的第二端和直流电源 PV 的连接线相连；

[0137] 电感 L1 和开关管 TB1 的连接线通过依次串联的二极管 DB1 和电容 CA2 与电容 CA1 的第二端和直流电源 PV 的连接线相连；

[0138] 电容 CA1 的第一端和直流电源 PV 的连接线通过依次串联的电容 CA3 和二极管 DB2 与开关管 TB2 和电感 L2 的连接线相连；

[0139] 二极管 DB 1 和电容 CA2 的连接线与该直流输入单元的第二直流正电平 PV2+ 相连,电容 CA1 的第一端和直流电源 PV 的连接线与该直流输入单元的第一直流正电平 PV1+ 相连,电容 CA1 的第二端和直流电源 PV 的连接线与该直流输入单元的第一直流负电平 PV1- 相连,电容 CA3 和二极管 DB2 的连接线与该直流输入单元的第二直流负电平 PV2- 相连。

[0140] 优选地,参考图 14,其示出了本申请提供的一种四电平逆变器实施例二的另一拓扑图,其中,所述直流输入单元 1201 包括电容 CA1、电容 CA2、电容 CA3、电感 L1、电感 L2、开关管 TB1、开关管 TB2、二极管 DB1 和二极管 DB2,其中：

[0141] 直流电源 PV 的正端与电容 CA1 的第一端相连,直流电源 PV 的负端与电容 CA1 的第二端相连；

[0142] 电容 CA1 的第一端和直流电源 PV 的连接线通过依次串联的电感 L1 和开关管 TB 1 与电容 CA1 的第二端和直流电源 PV 的连接线相连；

[0143] 电容 CA1 的第一端和直流电源 PV 的连接线通过依次串联的开关管 TB2 和电感 L2 与电容 CA1 的第二端和直流电源 PV 的连接线相连；

[0144] 电感 L1 和开关管 TB 1 的连接线通过依次串联的二极管 DB1 和电容 CA2 与电容 CA1 的第一端和直流电源 PV 的连接线相连；

[0145] 电容 CA1 的第二端和直流电源 PV 的连接线通过依次串联的电容 CA3 和二极管 DB2 与开关管 TB2 和电感 L2 的连接线相连；

[0146] 二极管 DB1 和电容 CA2 的连接线与该直流输入单元的第二直流正电平 PV2+ 相连,电容 CA1 的第一端和直流电源 PV 的连接线与该直流输入单元的第一直流正电平 PV1+ 相连,电容 CA1 的第二端和直流电源 PV 的连接线与该直流输入单元的第一直流负电平 PV1- 相连,电容 CA3 和二极管 DB2 的连接线与该直流输入单元的第二直流负电平 PV2- 相连。

[0147] 优选地,参考图 15,其示出了本申请提供的一种四电平逆变器实施例二的另一拓扑图,其中,所述直流输入单元 1201 包括电容 CB1、电容 CB2、电容 CA2、电容 CA3、电感 L1、电感 L2、开关管 TB1、开关管 TB2、二极管 DB1 和二极管 DB2,其中：

[0148] 直流电源 PV 的正端通过依次串联的电容 CB1 和电容 CB2 与直流电源 PV 的负端相连；

[0149] 电容 CB1 和直流电源 PV 的连接线通过依次串联的电感 L1、开关管 TB1、开关管 TB2 和电感 L2 与电容 CB2 和直流电源 PV 的连接线相连；

[0150] 电容 CB1 和电容 CB2 的连接线与开关管 TB1 和开关管 TB2 的连接线相连；

[0151] 电感 L1 和开关管 TB1 的连接线通过依次串联的二极管 DB1 和电容 CA2 与电容 CB1 和直流电源 PV 的连接线相连；

[0152] 电容 CB1 和直流电源 PV 的连接线通过依次串联的电容 CA3 和二极管 DB2 与开关管 TB2 和电感 L2 的连接线相连；

[0153] 二极管 DB1 和电容 CA2 的连接线与该直流输入单位的第二直流正电平 PV2+ 相连，电容 CB1 和直流电源 PV 的连接线与该直流输入单位的第一直流正电平 PV1+ 相连，电容 CB2 和直流电源 PV 的连接线与该直流输入单位的第一直流负电平 PV1- 相连，电容 CA3 和二极管 DB2 的连接线与该直流输入单位的第二直流负电平 PV2- 相连。

[0154] 由上述方案可知，相对于现有的四电平逆变器中半导体器件数量较多，由此加大了逆变器及其引用电路的成本，且由于四电平逆变器中半导体器件数量较多导致增加逆变器及其应用电路的封装难度的技术问题，本申请提供的四电平逆变器实施例二，即本申请实施例一在实现单相时，在保证将直流逆变为交流的同时，减少了整个逆变器的半导体元器件的数量，体积较小，成本较低。

[0155] 需要说明的是，上述本申请提供的四电平逆变拓扑单元实施例一的工作模式描述适用于本申请提供的四电平逆变器实施例二的工作模式，通过采用四电平技术拟合正弦波思路，相对于现有技术来说共模电压小，纹波损耗较低，转换效率较高。

[0156] 参考图 16，其示出了本申请提供的四电平逆变拓扑单元实施例一的等效图。

[0157] 参考图 17，其示出了本申请提供的一种四电平逆变器实施例三的拓扑图，为单相全桥四电平逆变器，所述四电平逆变器包括直流输入单元 1701 和两个如图 16 所示的拓扑单元：第一拓扑单元和第二拓扑单元；

[0158] 直流输入单元的 1701 第一直流正电平 PV1+ 与第一拓扑单元` 和第二拓扑单元的各第一直流输入端 M1 相连；

[0159] 直流输入单元 1701 的第一直流负电平 PV1- 与第一拓扑单元和第二拓扑单元的各第二直流输入端 M2 相连；

[0160] 直流输入单元 1701 的第二直流正电平 PV2+ 与第一拓扑单元和第二拓扑单元的各第三直流输入端 M3 相连；

[0161] 直流输入单元 1701 的第二直流负电平 PV2- 与第一拓扑单元和第二拓扑单元的各第四直流输入端 M4 相连；

[0162] 第一拓扑单元的交流输出端 AC 与该逆变器的第一交流输出端 O1 相连，第二拓扑单元的交流输出端 AC 与该逆变器的第二交流输出端 O2 相连。

[0163] 需要说明的是，为减少本申请实施例三输出的交流电的谐波含量，可以在如图 17 所示的逆变器增加滤波单元，即通过设置电感和电容来实现交流电的滤波。参考图 18，其示出了本申请提供的一种四电平逆变器实施例三的另一拓扑图，其中，所述四电平逆变器还包括电感 L1801、电容 C1801 和电感 L1802，其中：

[0164] 第一拓扑单元的交流输出端 AC 通过依次串联的电感 L1801、电容 C1801 和电感 L1802 与第二拓扑单元的交流输出端 AC 相连；

[0165] 电感 L1801 和电容 C1801 的连接线与该逆变器的第一交流输出端 O1 相连，电容 C1801 和电感 L1802 的连接线与该逆变器的第二交流输出端 O2 相连。

[0166] 其中,所述直流输入单元 1701 由多种实现方式:

[0167] 参考图 19,其示出了本申请提供的一种四电平逆变器实施例三的另一拓扑图,其中,所述直流输入单元 1701 的组成与连接结构与如图 13 所示的本申请实施例二中所述直流输入单元 1201 中所述一致,在此不再阐述;

[0168] 参考图 20,其示出了本申请提供的一种四电平逆变器实施例三的另一拓扑图,其中,所述直流输入单元 1701 的组成与连接结构与如图 14 所示的本申请实施例二中所述直流输入单元 1201 中所述一致,在此不再阐述;

[0169] 参考图 21,其示出了本申请提供的一种四电平逆变器实施例三的另一拓扑图,其中,所述直流输入单元 1701 的组成与连接结构与如图 15 所示的本申请实施例二中所述直流输入单元 1201 中所述一致,在此不再阐述。

[0170] 需要说明的是,上述如图 18 所示的由多个电感和电容组成的滤波单元同样适用于如图 19、图 20、图 21 中所示的四电平逆变器,在此不再详细描述。

[0171] 由上述方案可知,相对于现有的四电平逆变器中半导体器件数量较多,由此加大了逆变器及其引用电路的成本,且由于四电平逆变器中半导体器件数量较多导致增加逆变器及其应用电路的封装难度的技术问题,本申请提供的四电平逆变器实施例三,即本申请实施例一在实现两相应用时,在保证将直流逆变为交流的同时,减少了整个逆变器的半导体元器件的数量,体积较小,成本较低。

[0172] 需要说明的是,上述本申请提供的四电平逆变拓扑单元实施例一的工作模态描述适用于本申请提供的四电平逆变器实施例三的工作模态,通过采用四电平技术拟合正弦波思路,相对于现有技术来说共模电压小,纹波损耗较低,转换效率较高。

[0173] 参考图 22,其示出了本申请提供的一种四电平逆变器实施例四的拓扑图,所述四电平逆变器包括直流输入单元 2201 和三个如图 16 所述的拓扑单元:第一拓扑单元、第二拓扑单元和第三拓扑单元;

[0174] 直流输入单元 2201 的第一直流正电平 PV1+ 与第一拓扑单元和、第二拓扑单元和第三拓扑单元的各第一直流输入端 M1 相连;

[0175] 直流输入单元 2201 的第一直流负电平 PV1- 与第一拓扑单元、第二拓扑单元和第三拓扑单元的各第二直流输入端 M2 相连;

[0176] 直流输入单元 2201 的第二直流正电平 PV2+ 与第一拓扑单元、第二拓扑单元和第三拓扑单元的各第三直流输入端 M3 相连;

[0177] 直流输入单元 2201 的第二直流负电平 PV2- 与第一拓扑单元、第二拓扑单元和第三拓扑单元的各第四直流输入端 M4 相连;

[0178] 第一拓扑单元的交流输出端 AC 与该逆变器的第一交流输出端 O1 相连,第二拓扑单元的交流输出端 AC 与该逆变器的第二交流输出端 O2 相连,第三拓扑单元的交流输出端 AC 与该逆变器的第三交流输出端 O3 相连。

[0179] 需要说明的是,为减少本申请实施例四输出的交流电的谐波含量,可以在如图 22 所示的逆变器增加滤波单元,即通过设置电感和电容来实现交流电的滤波。参考图 23,其示出了本申请提供的一种四电平逆变器实施例四的另一拓扑图,为三相三线四电平逆变器,其中,所述四电平逆变器还包括电感 L2301、电感 L2302、电感 L2303、电容 C2301、电容 C2302 和电容 C2303,其中:

[0180] 第一拓扑单元的交流输出端 AC 通过依次串联的电感 L2301、电容 C2301、电容 C2302 和电感 L2302 与第二拓扑单元的交流输出端 AC 相连；

[0181] 第三拓扑单元的交流输出端 AC 通过依次串联的电感 L2303 和电容 C2303 与电容 C2301 和电容 C2302 的连接线相连；

[0182] 电感 L2301 和电容 C2301 的连接线与该逆变器的第一交流输出端 01 相连，电容 C2302 和电感 L2302 的连接线与该逆变器的第二交流输出端 02 相连，电感 L2303 和电容 C2303 的连接线与该逆变器的第三交流输出端 03 相连。

[0183] 其中，所述直流输入单元 2201 由多种实现方式：

[0184] 参考图 24，其示出了本申请提供的一种四电平逆变器实施例四的另一拓扑图，其中，所述直流输入单元 2201 的组成与连接结构与如图 13 所示的本申请实施例二中所述直流输入单元 1201 中所述一致，在此不再阐述；

[0185] 参考图 25，其示出了本申请提供的一种四电平逆变器实施例四的另一拓扑图，其中，所述直流输入单元 2201 的组成与连接结构与如图 14 所示的本申请实施例二中所述直流输入单元 1201 中所述一致，在此不再阐述；

[0186] 参考图 26，其示出了本申请提供的一种四电平逆变器实施例四的另一拓扑图，其中，所述直流输入单元 2201 的组成与连接结构与如图 15 所示的本申请实施例二中所述直流输入单元 1201 中所述一致，在此不再阐述。

[0187] 需要说明的是，上述如图 23 所示的由多个电感和电容组成的滤波单元同样适用于如图 24、图 25、图 26 中所示的四电平逆变器，在此不再详细描述。

[0188] 进一步的，在图 26 所示的实施方式中，电容 C2301、电容 C2302 和电容 C2303 的公共端还可以与电容 CB1 和电容 CB2 的公共端相连，即是三相四线式五电平逆变器。

[0189] 由上述方案可知，相对于现有的四电平逆变器中半导体器件数量较多，由此加大了逆变器及其引用电路的成本，且由于四电平逆变器中半导体器件数量较多导致增加逆变器及其应用电路的封装难度的技术问题，本申请提供的四电平逆变器实施例四，即本申请实施例一在实现三相应用时，在保证将直流逆变为交流的同时，减少了整个逆变器的半导体元器件的数量，体积较小，成本较低。

[0190] 需要说明的是，上述本申请提供的四电平逆变拓扑单元实施例一的工作模式描述适用于本申请提供的四电平逆变器实施例四的工作模式，通过采用四电平技术拟合正弦波思路，相对于现有技术来说共模电压小，纹波损耗较低，转换效率较高。

[0191] 同样的，本申请四电平逆变拓扑单元的方案，同样适用于三相四线式逆变器，所述三相四线式逆变器包括直流输入单元和四个如图 16 所示的逆变拓扑单元，其接线方式与上述四电平逆变器实施例二、四电平逆变器实施例三和四电平逆变器实施例四相似，在此不在赘述。

[0192] 需要说明的是，本说明书中的各个实施例均采用递进的方式描述，每个实施例重点说明的都是与其他实施例的不同之处，各个实施例之间相同相似的部分互相参见即可。

[0193] 最后，还需要说明的是，在本文中，诸如第一和第二等之类的关系术语仅仅用来将一个实体或者操作与另一个实体或操作区分开来，而不一定要求或者暗示这些实体或操作之间存在任何这种实际的关系或者顺序。而且，术语“包括”、“包含”或者其任何其他变体意在涵盖非排他性的包含，从而使得包括一系列要素的过程、方法、物品或者设备不仅包括

那些要素,而且还包括没有明确列出的其他要素,或者是还包括为这种过程、方法、物品或者设备所固有的要素。在没有更多限制的情况下,由语句“包括一个……”限定的要素,并不排除在包括所述要素的过程、方法、物品或者设备中还存在另外的相同要素。

[0194] 以上对本申请所提供的一种四电平逆变拓扑单元及四电平逆变器进行了详细介绍,本文中应用了具体个例对本申请的原理及实施方式进行了阐述,以上实施例的说明只是用于帮助理解本申请的方法及其核心思想;同时,对于本领域的一般技术人员,依据本申请的思想,在具体实施方式及应用范围上均会有改变之处,综上所述,本说明书内容不应理解为对本申请的限制。

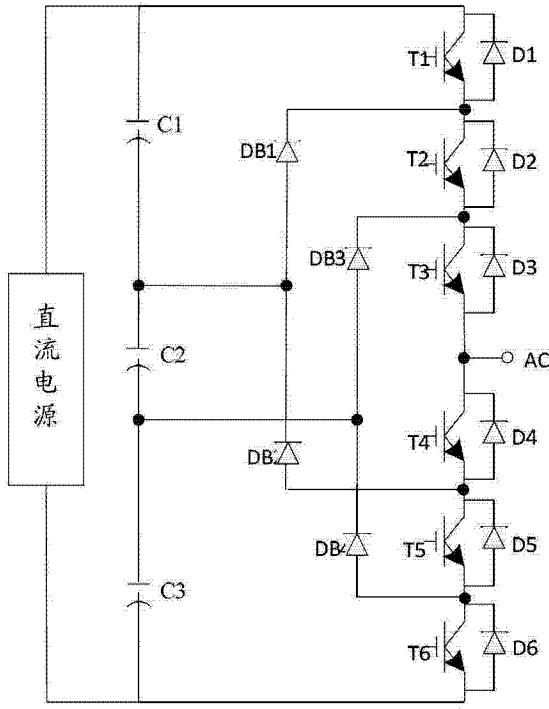


图 1

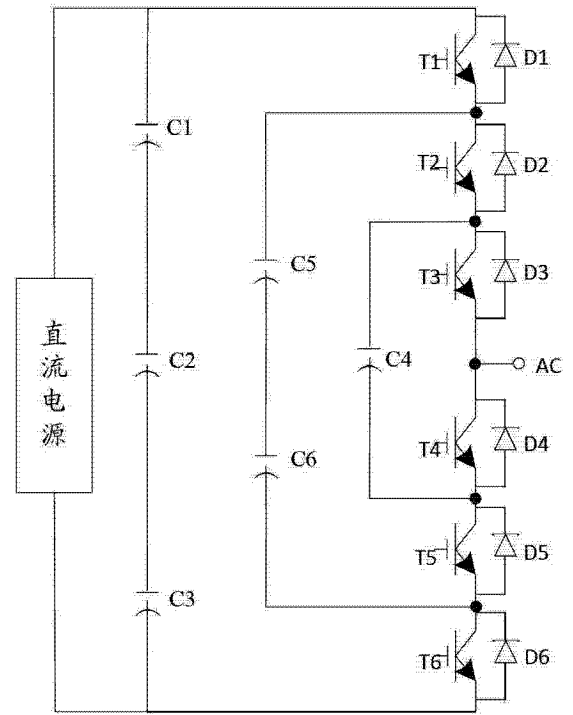


图 2

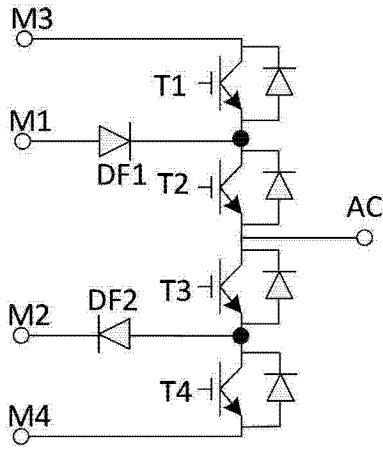


图 3

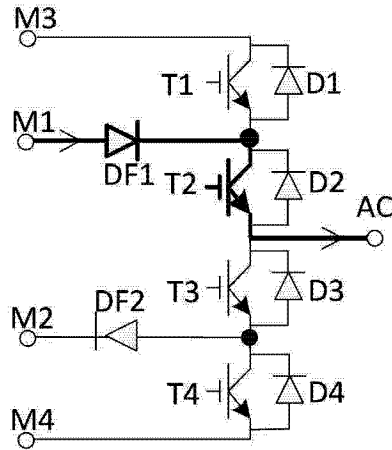


图 4

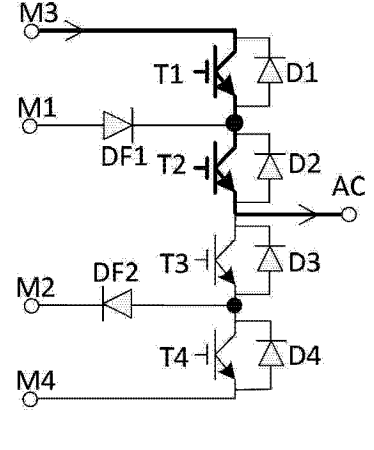


图 5

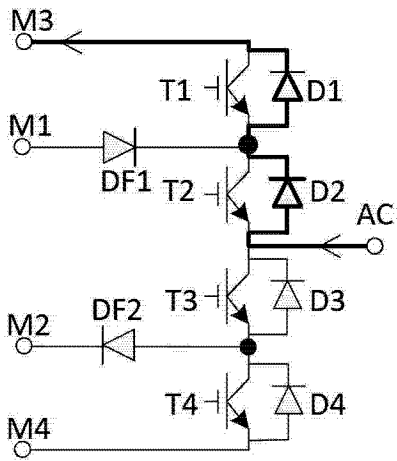


图 6

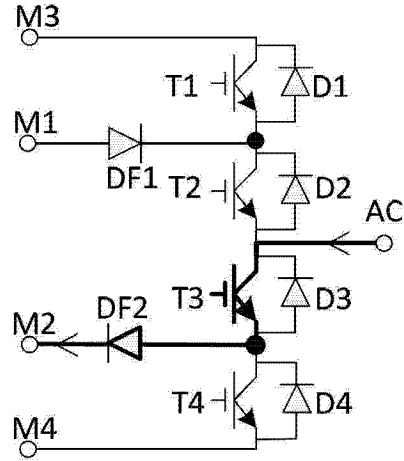


图 7

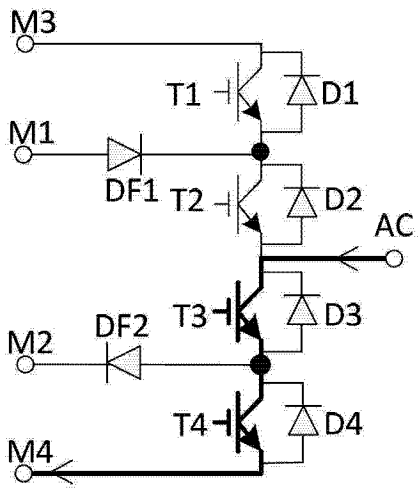


图 8

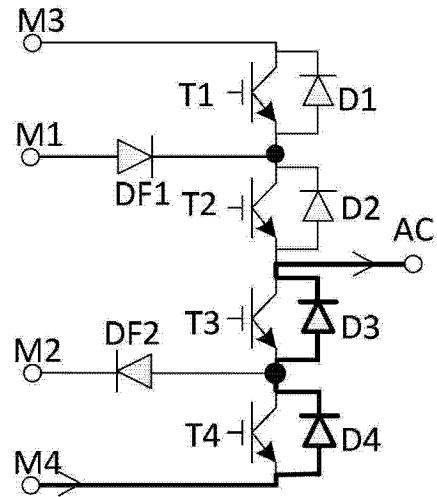


图 9

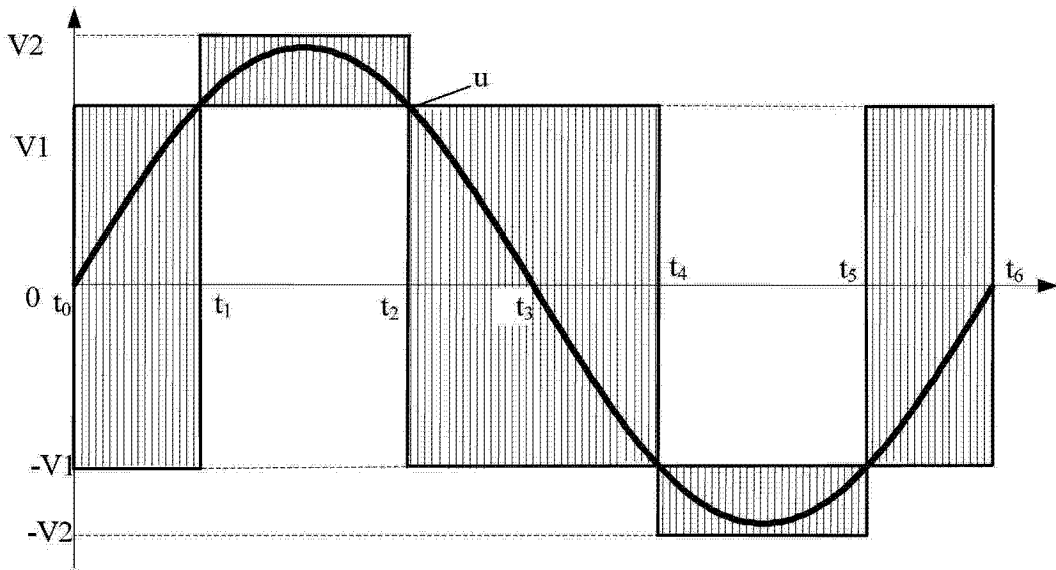


图 10

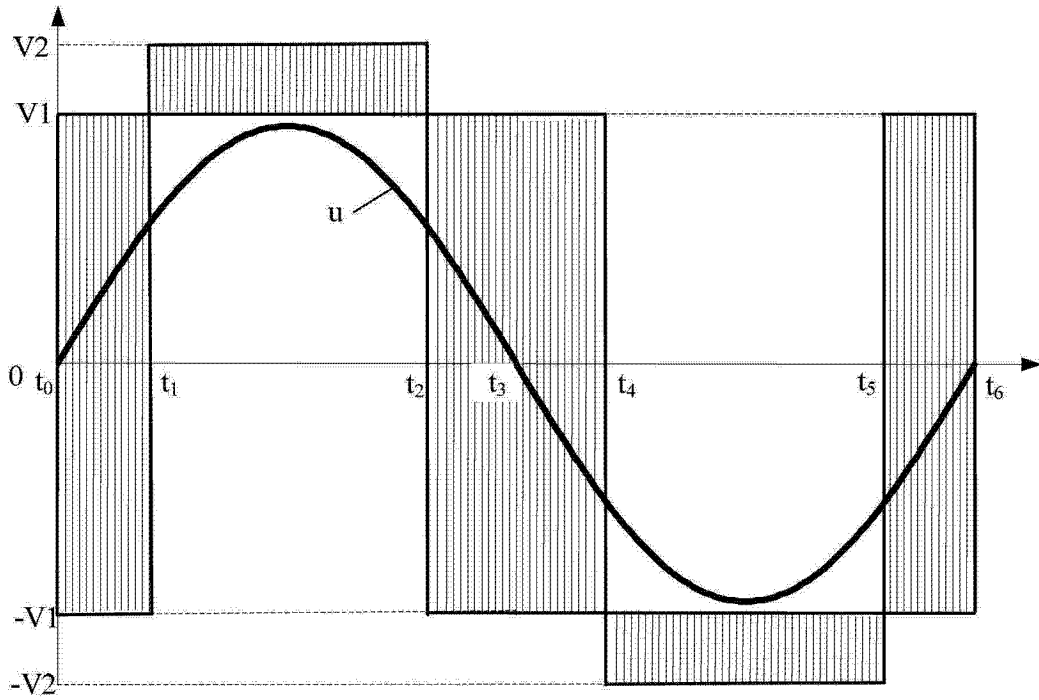


图 11

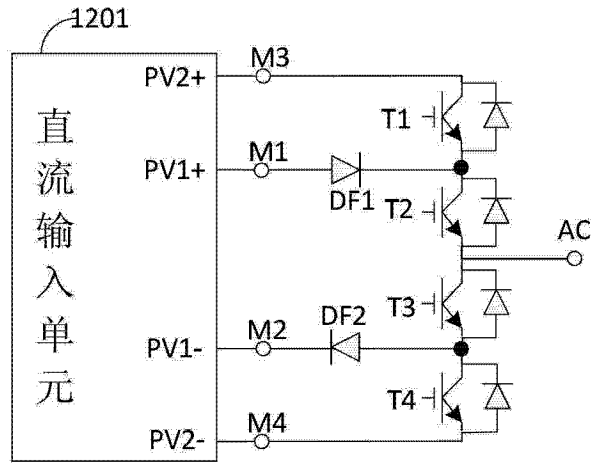


图 12

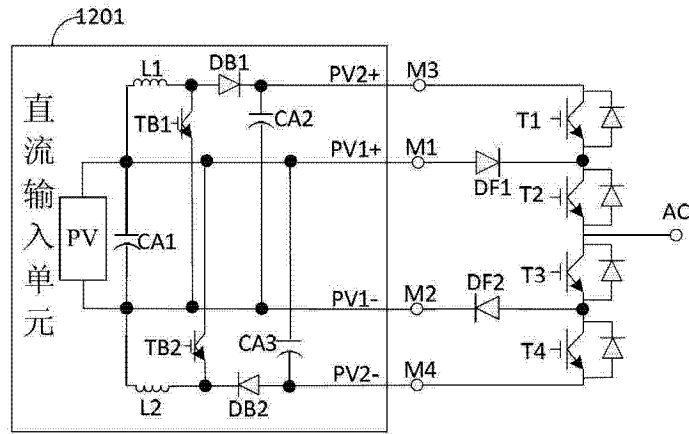


图 13

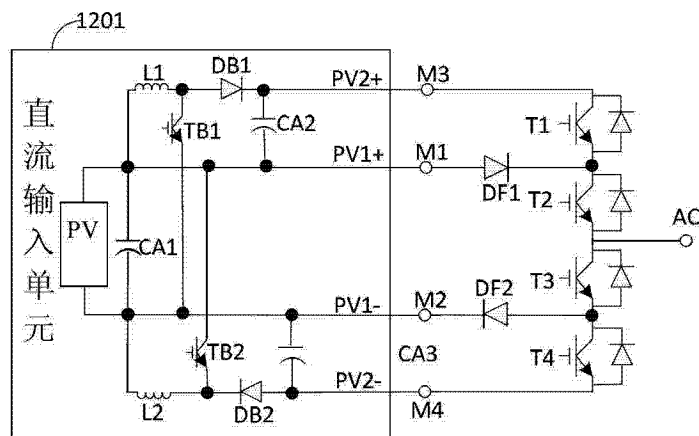


图 14

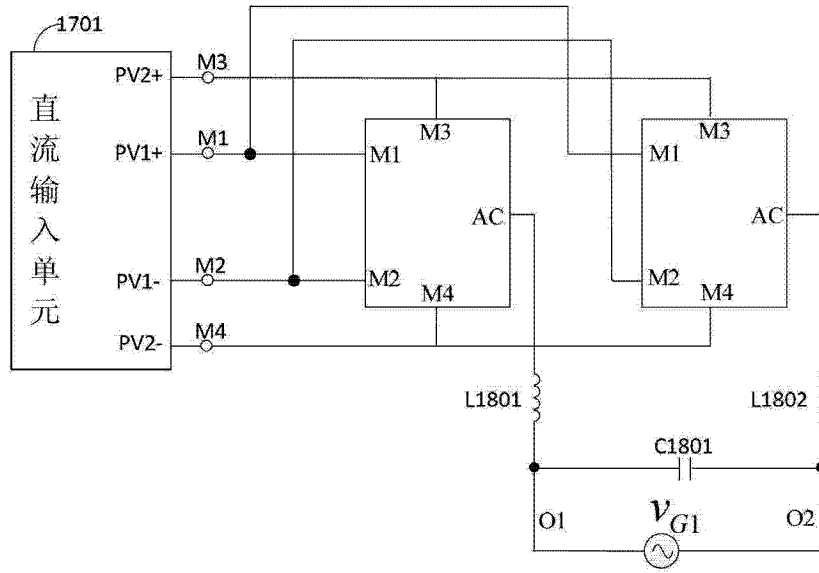


图 18

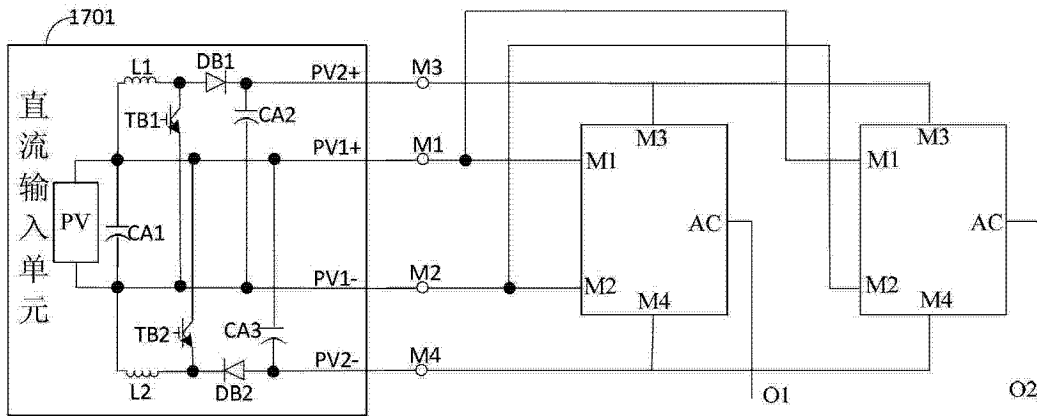


图 19

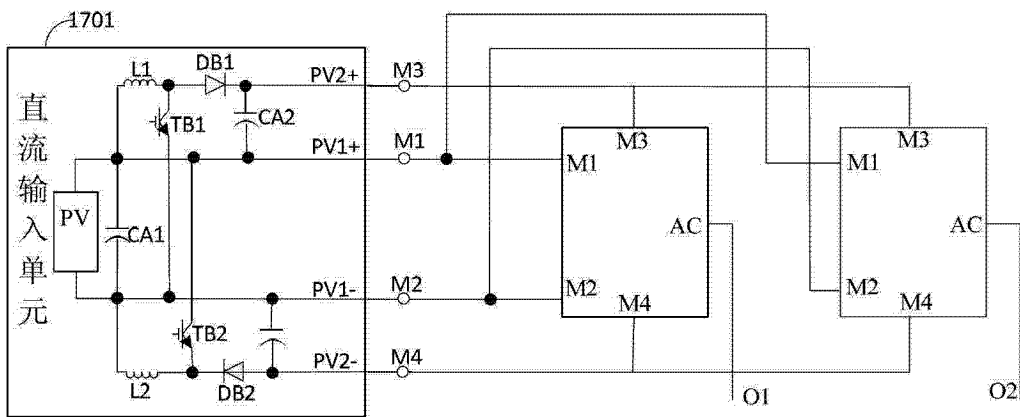


图 20

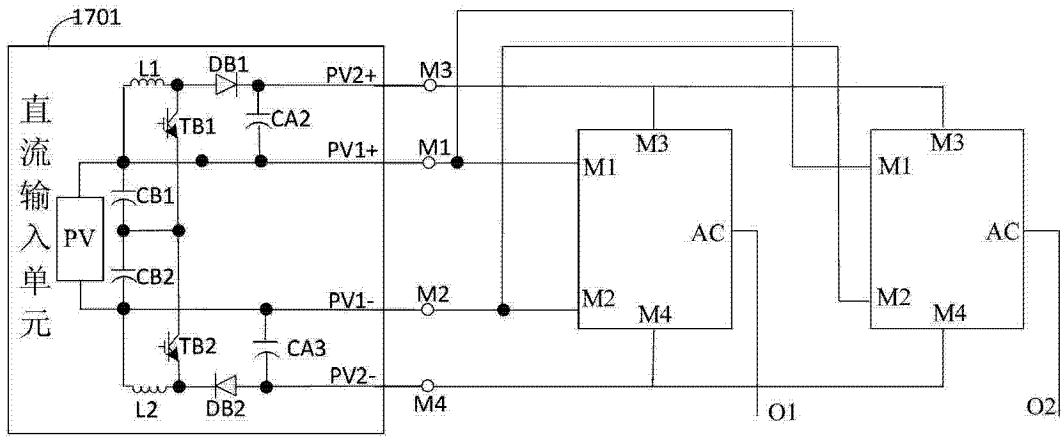


图 21

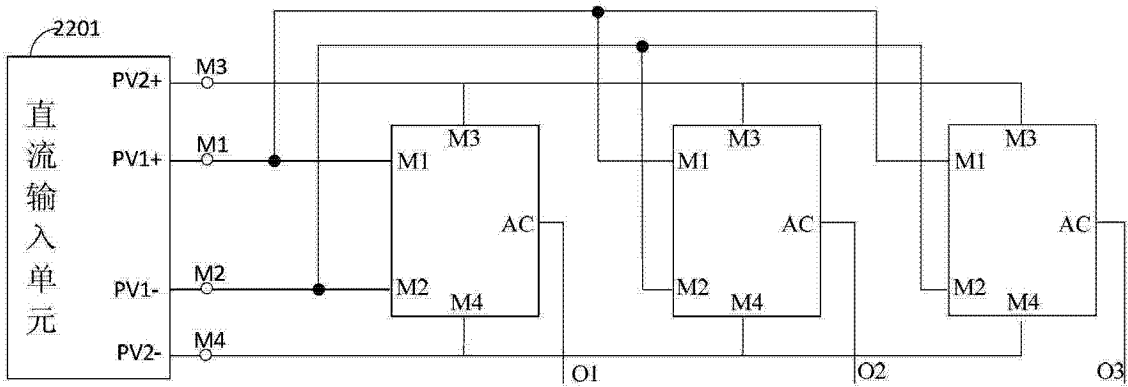


图 22

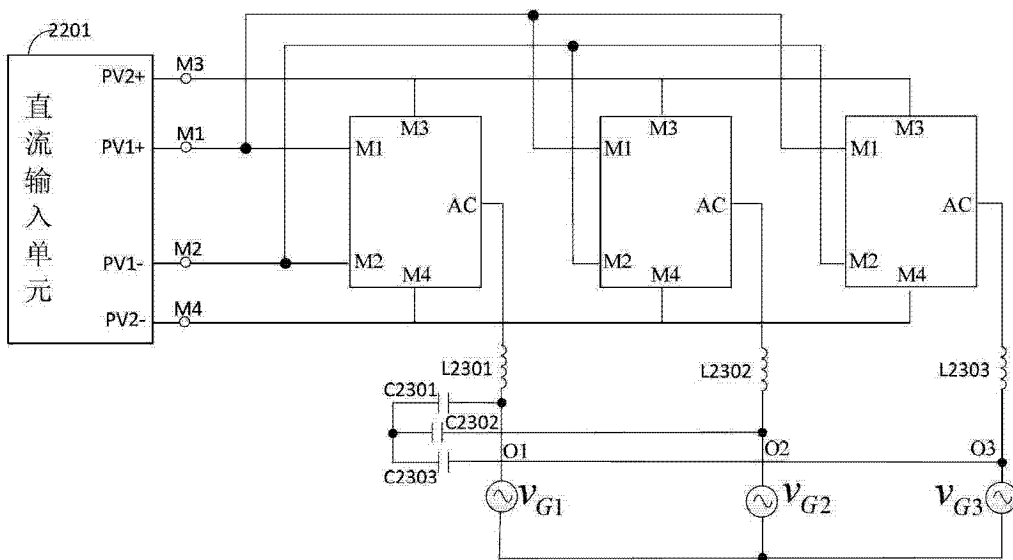


图 23

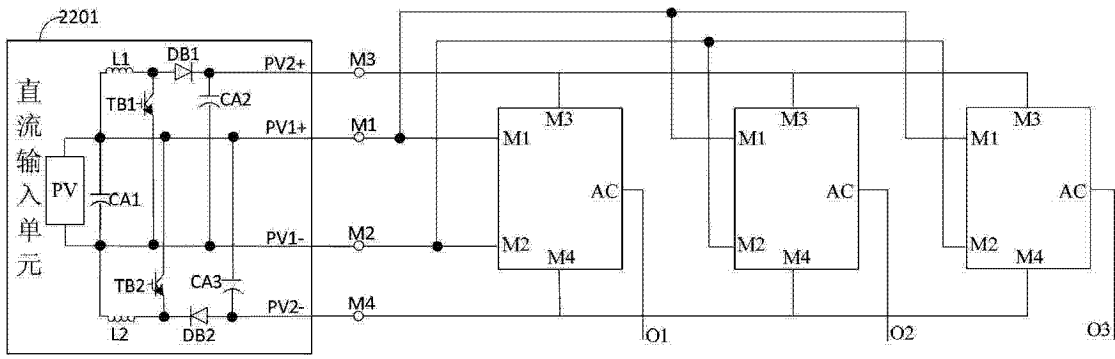


图 24

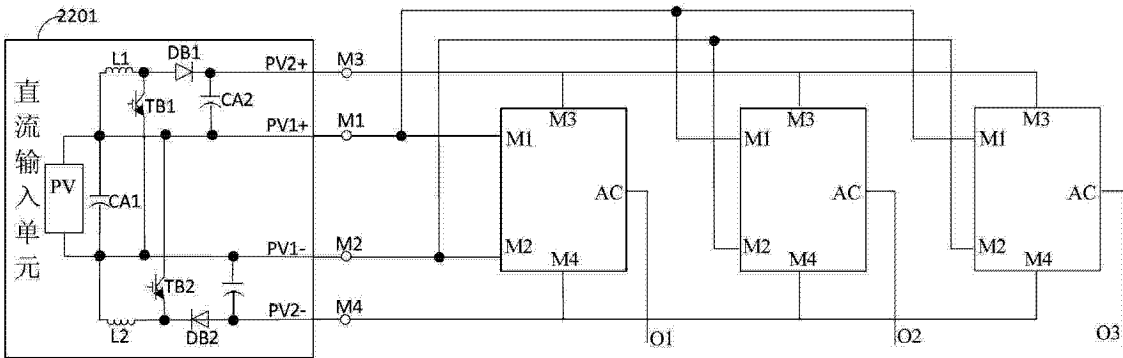


图 25

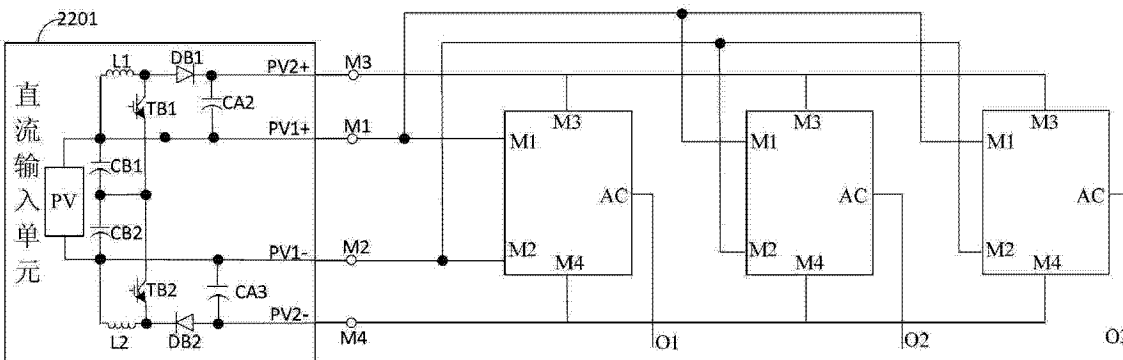


图 26