

1. 一种逆变器,其特征在于:包括电容 C1、C2,三个串连的功率开关管 T1、T2、T7, H 桥电路, DC/DC 变换器;功率开关管 T1 的集电极连接到直流电源的正输出端,功率开关管 T1 的发射极与功率开关管 T2 的集电极连接,该连接点连接到 H 桥电路的第一输入端,所述 H 桥电路包括 4 个功率开关管 T3、T4、T5、T6,功率开关管 T3、T5 的集电极相连作为 H 桥电路的第一输入端,功率开关管 T4、T6 的发射极相连作为 H 桥电路的第二输入端,连接到直流电源的负输出端,功率开关管 T3 的发射极与功率开关管 T4 的集电极连接,该连接点作为 H 桥电路的第一输出端,功率开关管 T5 的发射极与功率开关管 T6 的集电极连接,该连接点作为 H 桥电路的第二输出端,H 桥电路的两个输出端分别连接到电网,功率开关管 T1、T2、T3、T4、T5、T6、T7 上分别反并联一个二极管 D1、D2、D3、D4、D5、D6、D7,所述 DC/DC 变换器的输入端和接地端分别连接在直流电源的两端,直流电源的正负输出端之间连接所述电容 C2,DC/DC 变换器的正输出端与直流电源的负输出端之间连接所述电容 C1,功率开关管 T2 的发射极与功率开关管 T7 的发射极连接,功率开关管 T7 的集电极连接到 DC/DC 变换器的正输出端。

2. 如权利要求 1 所述的逆变器,其特征在于:所述的逆变器工作在以下的模态:

模态 H1: 开关管 T2, T3, T6, T7 导通, 其余截止, 电流经: DC+ → T7 → D2 → T3 → Vgrid → T6 → PV-;

模态 H2: 开关管 T2, T3, T6, T7 导通, 其余截止, 电流经: PV- → D6 → Vgrid → D3 → T2 → D7 → DC+;

模态 H3: 开关管 T2, T4, T5, T7 导通, 其余截止, 电流经: DC+ → T7 → D2 → T5 → Vgrid → T4 → PV-;

模态 H4: 开关管 T2, T4, T5, T7 导通, 其余截止, 电流经: PV- → D4 → Vgrid → D5 → T2 → D7 → DC+;

模态 H5: 开关管 T1, T3, T6 导通, 其余截止, 电流经: PV+ → T1 → T3 → Vgrid → T6 → PV-;

模态 H6: 开关管 T1, T3, T6 导通, 其余截止, 电流经: PV- → D6 → Vgrid → D3 → D1 → PV+;

模态 H7: 开关管 T1, T4, T5 导通, 其余截止, 电流经: PV+ → T1 → T5 → Vgrid → T4 → PV-;

模态 H8: 开关管 T1, T4, T5 导通, 其余截止, 电流经: PV- → D4 → Vgrid → D5 → D1 → PV+;

模态 H9: 开关管 T3, T5 导通, 其余截止, 电流经: D5 → T3 → Vgrid → D5;

模态 H10: 开关管 T3, T5 导通, 其余截止, 电流经: D3 → T5 → Vgrid → D3;

上述各模态中, DC+ 代表 DC/DC 变换器的正输出端, PV+ 代表直流电源的正输出端, PV- 代表直流电源的负输出端, Vgrid 代表电网。

3. 如权利要求 2 所述的逆变器,其特征在于:当直流电源输出电压 V2 高于逆变器最低工作电压 Vm,控制逆变器,使其工作时通过 DC/DC 变换器工作获得电压 V1 满足 $V1 < Vm$ 。

4. 如权利要求 2 所述的逆变器,其特征在于:当直流电源输出电压 V2 高于逆变器最低工作电压 Vm,控制逆变器,使其工作时通过 DC/DC 变换器工作获得电压 V1 满足 $V2 > V1 > Vm$ 。

5. 如权利要求 1 至 4 任一项所述的逆变器,其特征在于:将所述的功率开关管 T1、T2、T3、T4、T5、T6、T7 以及六个二极管 D1、D2、D3、D4、D5、D6、D7 称为第一功率开关管单元,所

述逆变器还包括结构与第一功率开关管单元完全相同的第二、三功率开关管单元；

以第一功率开关管单元说明，其中功率开关管 T1 的集电极作为第二电平端、功率开关管 T7 的集电极作为第一电平端、H 桥电路的第二输入端作为第零电平端、H 桥电路的第一输出端与第二输出端分别作为交流输出端；

其中，每个功率开关管单元的第二电平端均连接到直流电源的正输出端，第零电平端均连接到直流电源的负输出端，第一电平端均连接到 DC/DC 变换器的正输出端。

6. 一种逆变器，其特征在于：包括电容 C1、C2，三个串连的功率开关管 T1、T2、T7，H 桥电路，DC/DC 变换器；所述 H 桥电路包括 4 个功率开关管 T3、T4、T5、T6，功率开关管 T3、T5 的集电极相连作为 H 桥电路的第一输入端，连接到直流电源的正输出端，功率开关管 T4、T6 的发射极相连作为 H 桥电路的第二输入端，功率开关管 T3 的发射极与功率开关管 T4 的集电极连接，该连接点作为 H 桥电路的第一输出端，功率开关管 T5 的发射极与功率开关管 T6 的集电极连接，该连接点作为 H 桥电路的第二输出端，H 桥电路的两个输出端分别连接到电网，功率开关管 T1、T2、T3、T4、T5、T6、T7 上分别反并联一个二极管 D1、D2、D3、D4、D5、D6、D7，所述 DC/DC 变换器的输入端和接地端连接直流电源的正输出端，直流电源的正负输出端之间连接所述电容 C2，DC/DC 变换器的负输出端与直流电源的正输出端之间连接所述电容 C1，功率开关管 T7 的发射极连接到 DC/DC 变换器的负输出端，功率开关管 T2 的发射极连接到直流电源的负输出端，功率开关管 T7 的集电极与功率开关管 T1 的集电极连接，功率开关管 T1 的发射极与功率开关管 T2 的集电极连接，该连接点连接到 H 桥电路的第二输入端。

7. 如权利要求 6 所述的逆变器，其特征在于：所述的逆变器工作在以下的模态：

模态 H1：开关管 T2，T3，T6 导通，其余截止，电流经：PV+ → T3 → Vgrid → T6 → T2 → PV-；

模态 H2：开关管 T2，T3，T6 导通，其余截止，电流经：PV- → D2 → D6 → Vgrid → D3 → PV+；

模态 H3：开关管 T2，T4，T5 导通，其余截止，电流经：PV+ → T5 → Vgrid → T4 → T2 → PV-；

模态 H4：开关管 T2，T4，T5 导通，其余截止，电流经：PV- → D2 → D4 → Vgrid → D5 → PV+；

模态 H5：开关管 T1，T3，T6，T7 导通，其余截止，电流经：PV+ → T3 → Vgrid → T6 → D1 → T7 → DC-；

模态 H6：开关管 T1，T3，T6，T7 导通，其余截止，电流经：DC- → D7 → T1 → D6 → Vgrid → D3 → PV+；

模态 H7：开关管 T1，T4，T5，T7 导通，其余截止，电流经：PV+ → T5 → Vgrid → T4 → D1 → T7 → DC-；

模态 H8：开关管 T1，T4，T5，T7 导通，其余截止，电流经：DC- → D7 → T1 → D4 → Vgrid → D5 → PV+；

模态 H9：开关管 T4，T6 导通，其余截止，电流经：T6 → D4 → Vgrid → T6；

模态 H10：开关管 T4，T6 导通，其余截止，电流经：T4 → D6 → Vgrid → T4；

上述各模态中，DC- 代表 DC/DC 变换器的负输出端，PV+ 代表直流电源的正输出端，PV- 代表直流电源的负输出端，Vgrid 代表电网。

8. 如权利要求 7 所述的逆变器,其特征在於:当直流电源输出电压 V_2 高于逆变器最低工作电压 V_m ,控制逆变器,其工作时通过 DC/DC 变换器工作获得电压 V_1 , V_1 满足以下条件: $V_1 < V_m$ 。

9. 如权利要求 7 所述的逆变器,其特征在於:当直流电源输出电压 V_2 高于逆变器最低工作电压 V_m ,控制逆变器,其工作时通过 DC/DC 变换器工作获得电压 V_1 , V_1 满足以下条件: $V_2 > V_1 > V_m$ 。

10. 如权利要求 6 至 9 任一项所述的逆变器,其特征在於:将所述的七个功率开关管 T1、T2、T3、T4、T5、T6、T7 以及七个二极管 D1、D2、D3、D4、D5、D6、D7 称为第一功率开关管单元,所述逆变器还包括结构与第一功率开关管单元完全相同的第二、三功率开关管单元;

以第一功率开关管单元说明,其中 H 桥电路的第一输入端作为第二电平端、功率开关管 T7 的发射极作为第一电平端、功率开关管 T2 的发射极作为第零电平端、H 桥电路的第一输出端与第二输出端分别作为交流输出端;

其中,每个功率开关管单元的第二电平端均连接到直流电源的正输出端,第零电平端均连接到直流电源的负输出端,第一电平端均连接到 DC/DC 变换器的负输出端。

11. 一种逆变器,其特征在於:包括电容 C1、C2,两个串连的功率开关管 T1、T7,二极管 D2、H 桥电路,DC/DC 变换器;功率开关管 T1 的集电极连接到直流电源的正输出端,功率开关管 T1 的发射极与二极管 D2 的阴极连接,该连接点连接到 H 桥电路的第一输入端,所述 H 桥电路包括 4 个功率开关管 T3、T4、T5、T6,功率开关管 T3、T5 的集电极相连作为 H 桥电路的第一输入端,功率开关管 T4、T6 的发射极相连作为 H 桥电路的第二输入端,连接到直流电源的负输出端,功率开关管 T3 的发射极与功率开关管 T4 的集电极连接,该连接点作为 H 桥电路的第一输出端,功率开关管 T5 的发射极与功率开关管 T6 的集电极连接,该连接点作为 H 桥电路的第二输出端,H 桥电路的两个输出端分别连接到电网,功率开关管 T1、T3、T4、T5、T6、T7 上分别反并联一个二极管 D1、D3、D4、D5、D6、D7,所述 DC/DC 变换器的输入端和接地端分别连接在直流电源的两端,直流电源的正负输出端之间连接所述电容 C2,DC/DC 变换器的正输出端与直流电源的负输出端之间连接所述电容 C1,二极管 D2 的阳极与功率开关管 T7 的发射极连接,功率开关管 T7 的集电极连接到 DC/DC 变换器的正输出端。

12. 如权利要求 11 所述的逆变器,其特征在於:所述的逆变器工作在以下的模态:

模态 H1: 开关管 T3, T6, T7 导通,其余截止,电流经:DC+ → T7 → D2 → T3 → Vgrid → T6 → PV-;

模态 H3: 开关管 T4, T5, T7 导通,其余截止,电流经:DC+ → T7 → D2 → T5 → Vgrid → T4 → PV-;

模态 H5: 开关管 T1, T3, T6 导通,其余截止,电流经:PV+ → T1 → T3 → Vgrid → T6 → PV-;

模态 H6: 开关管 T1, T3, T6 导通,其余截止,电流经:PV- → D6 → Vgrid → D3 → D1 → PV+;

模态 H7: 开关管 T1, T4, T5 导通,其余截止,电流经:PV+ → T1 → T5 → Vgrid → T4 → PV-;

模态 H8: 开关管 T1, T4, T5 导通,其余截止,电流经:PV- → D4 → Vgrid → D5 → D1 → PV+;

模态 H9: 开关管 T3, T5 导通, 其余截止, 电流经: $D5 \rightarrow T3 \rightarrow V_{grid} \rightarrow D5$;

模态 H10: 开关管 T3, T5 导通, 其余截止, 电流经: $D3 \rightarrow T5 \rightarrow V_{grid} \rightarrow D3$;

上述各模态中, DC+ 代表 DC/DC 变换器的正输出端, PV+ 代表直流电源的正输出端, PV- 代表直流电源的负输出端, V_{grid} 代表电网。

13. 如权利要求 12 所述的逆变器, 其特征在于: 当直流电源输出电压 $V2$ 高于逆变器最低工作电压 V_m , 控制逆变器, 使其工作时通过 DC/DC 变换器工作获得电压 $V1$ 满足 $V1 < V_m$ 。

14. 如权利要求 12 所述的逆变器, 其特征在于: 当直流电源输出电压 $V2$ 高于逆变器最低工作电压 V_m , 控制逆变器, 使其工作时通过 DC/DC 变换器工作获得电压 $V1$ 满足 $V2 > V1 > V_m$ 。

15. 如权利要求 11 至 14 任一项所述的逆变器, 其特征在于: 将所述的功率开关管 T1、T3、T4、T5、T6、T7 以及七个二极管 D1、D2、D3、D4、D5、D6、D7 称为第一功率开关管单元, 所述逆变器还包括结构与第一功率开关管单元完全相同的第二、三功率开关管单元;

以第一功率开关管单元说明, 其中功率开关管 T1 的集电极作为第二电平端、功率开关管 T7 的集电极作为第一电平端、H 桥电路的第二输入端作为第零电平端、H 桥电路的第一输出端与第二输出端分别作为交流输出端;

其中, 每个功率开关管单元的第二电平端均连接到直流电源的正输出端, 第零电平端均连接到直流电源的负输出端, 第一电平端均连接到 DC/DC 变换器的正输出端。

16. 一种逆变器, 其特征在于: 包括电容 C1、C2, 两个串连的功率开关管 T2、T7, 二极管 D1, H 桥电路, DC/DC 变换器; 所述 H 桥电路包括 4 个功率开关管 T3、T4、T5、T6, 功率开关管 T3、T5 的集电极相连作为 H 桥电路的第一输入端, 连接到直流电源的正输出端, 功率开关管 T4、T6 的发射极相连作为 H 桥电路的第二输入端, 功率开关管 T3 的发射极与功率开关管 T4 的集电极连接, 该连接点作为 H 桥电路的第一输出端, 功率开关管 T5 的发射极与功率开关管 T6 的集电极连接, 该连接点作为 H 桥电路的第二输出端, H 桥电路的两个输出端分别连接到电网, 功率开关管 T2、T3、T4、T5、T6、T7 上分别反并联一个二极管 D2、D3、D4、D5、D6、D7, 所述 DC/DC 变换器的输入端和接地端连接直流电源的正输出端, 直流电源的正负输出端之间连接所述电容 C2, DC/DC 变换器的负输出端与直流电源的正输出端之间连接所述电容 C1, 功率开关管 T7 的发射极连接到 DC/DC 变换器的负输出端, 功率开关管 T2 的发射极连接到直流电源的负输出端, 功率开关管 T7 的集电极与二极管 D1 的阴极连接, 二极管 D1 的阳极与功率开关管 T2 的集电极连接, 该连接点连接到 H 桥电路的第二输入端。

17. 如权利要求 16 所述的逆变器, 其特征在于: 所述的逆变器工作在以下的模态:

模态 H1: 开关管 T2, T3, T6 导通, 其余截止, 电流经: $PV+ \rightarrow T3 \rightarrow V_{grid} \rightarrow T6 \rightarrow T2 \rightarrow PV-$;

模态 H2: 开关管 T2, T3, T6 导通, 其余截止, 电流经: $PV- \rightarrow D2 \rightarrow D6 \rightarrow V_{grid} \rightarrow D3 \rightarrow PV+$;

模态 H3: 开关管 T2, T4, T5 导通, 其余截止, 电流经: $PV+ \rightarrow T5 \rightarrow V_{grid} \rightarrow T4 \rightarrow T2 \rightarrow PV-$;

模态 H4: 开关管 T2, T4, T5 导通, 其余截止, 电流经: $PV- \rightarrow D2 \rightarrow D4 \rightarrow V_{grid} \rightarrow D5 \rightarrow PV+$;

模态 H5: 开关管 T3, T6, T7 导通, 其余截止, 电流

经:PV+ → T3 → Vgrid → T6 → D1 → T7 → DC-;

模态 H7: 开关管 T4, T5, T7 导通, 其余截止, 电流经:PV+ → T5 → Vgrid → T4 → D1 → T7 → DC-;

模态 H9: 开关管 T4, T6 导通, 其余截止, 电流经:T6 → D4 → Vgrid → T6;

模态 H10: 开关管 T4, T6 导通, 其余截止, 电流经:T4 → D6 → Vgrid → T4;

上述各模态中, DC- 代表 DC/DC 变换器的负输出端, PV+ 代表直流电源的正输出端, PV- 代表直流电源的负输出端, Vgrid 代表电网。

18. 如权利要求 17 所述的逆变器, 其特征在于: 当直流电源输出电压 V_2 高于逆变器最低工作电压 V_m , 控制逆变器, 其工作时通过 DC/DC 变换器工作获得电压为 V_1 , V_1 满足以下条件: $V_1 < V_m$ 。

19. 如权利要求 17 所述的逆变器, 其特征在于: 当直流电源输出电压 V_2 高于逆变器最低工作电压 V_m , 控制逆变器, 其工作时通过 DC/DC 变换器工作获得电压 V_1 , V_1 满足以下条件: $V_2 > V_1 > V_m$ 。

20. 如权利要求 16 至 19 任一项所述的逆变器, 其特征在于: 将所述的六个功率开关管 T2、T3、T4、T5、T6、T7 以及七个二极管 D1、D2、D3、D4、D5、D6、D7 称为第一功率开关管单元, 所述逆变器还包括结构与第一功率开关管单元完全相同的第二、三功率开关管单元;

以第一功率开关管单元说明, 其中其中 H 桥电路的第一输入端作为第二电平端、功率开关管 T7 的发射极作为第一电平端、功率开关管 T2 的发射极作为第零电平端、H 桥电路的第一输出端与第二输出端分别作为交流输出端;

其中, 每个功率开关管单元的第二电平端均连接到直流电源的正输出端, 第零电平端均连接到直流电源的负输出端, 第一电平端均连接到 DC/DC 变换器的负输出端。

21. 一种如权利要求 5、10、15 或 20 任一项所述的逆变器在三相系统中的应用电路, 其特征在于: 每个功率开关管单元的交流输出端分别连接到三相系统中的三个原边绕组的两端。

逆变器及其在三相系统中的应用电路

技术领域

[0001] 本发明实施例涉及逆变器及其应用电路,具体是无变压器型光伏并网逆变器及其在三相系统中的应用电路。

背景技术

[0002] 根据逆变器应用场合和控制方式的不同可分为离网型逆变器和并网型逆变器,在并网型逆变器中根据是否带有变压器又可分为变压器隔离型逆变器和无变压器型逆变器。无变压器型逆变器由于系统结构简单,效率高,体积小,成本低等诸多优点,得到了快速的发展。已经成为光伏中小功率的主流。

[0003] 现有常用的无变压器型逆变器为 H4 拓扑,也就是由 4 个开关器件构成的 H 桥电路,如图 1 所示,该光伏逆变器使用开关器件 46、48、50、52 组成 H 桥电路 24,将 PV 阵列 12 的变化的 DC 电压转化为电网 14 需要的固定频率 AC 电压,并使用 DC 链路 16 来实现中间的能量存储级,具体的,逆变器首先将不稳定的 PV 阵列 12 的 DC 电压 18 经由升压变换器变换为大于电网电压的稳定的 DC 电压 20,随后将稳定的 DC 电压 20 经由 H 桥电路 24 变换为可被并网入电网 14 内的电流 22,开关器件 46、48、50、52 在高频下进行开关动作。升压变换器由电感、二极管、及一个开关器件 44 组成。

[0004] 但是无变压器型逆变器由于不能实现直流输入源和交流负载间的电气隔离,漏电流问题是其可靠性的关键指标之一。漏电流是由同时存在于电网侧零线与火线上的共模干扰引起的,理论上,当共模电压为一常量时,即可消除共模电流。

[0005] 传统的 H4 拓扑采用双极性调制时,共模电压可以始终为一常量,可以很好的抑制漏电流,但是,采用双极性调制时,每次换流时都会有两组开关器件参与换流,开关损耗增加,另外,电网电流在过零点时出现较大纹波,若要保证较高的输出电流质量,必须加入大滤波电感,这使得逆变器的效率降低。为获得较高的效率,常采用单极性调制策略,而单极性虽然克服了开关损耗大及输出波形差的缺点,但在运行中,会存在以开关频率变化的共模电压,引起漏电流。因此,传统的 H4 拓扑已不能同时兼顾漏电流和高效率两个问题。

[0006] 为消除单极性 SPWM 调制产生的高频共模电压,必须使得续流阶段的续流回路嵌位在直流电源电压的一半,达到消除共模电压的目的。

[0007] 多电平相对于两电平在效率方面有较大的优势也已获得较大的关注,非隔离型逆变器中应用三电平技术,漏电流问题是个急迫的问题,现有专利 EP2053732A2 实现了五个电平的输出,如图 2 所示,为专利 EP2053732A2 公开的一种拓扑结构,但该类拓扑由于没有中间电平工作时的无功流通过路径,电流过零处产生较大的共模电压。且为限制电流单相流动,多用了两个二极管器件 D11、D12。

[0008] 中国专利申请 CN101814856A 公开了一种非隔离光伏并网逆变器及其开关控制时序,如图 3 所示,包括分压电容支路 1、箝位支路 2 以及全桥基本单元 3;分压电容支路 1 包括电容 Cdc1、电容 Cdc2;箝位支路 2 包括开关管 S1、开关管 S2;全桥基本单元 3 包括开关管 S3、开关管 S4、开关管 S5、开关管 S6,其在全桥电路的基础上加入两支可控开关管 S1、S2 和

分压电容 Cdc1、Cdc2 构成双向箝位支路,并配合开关时序可以实现续流阶段时续流回路电位处于二分之一的电池电压,从而消除非隔离并网逆变器的漏电流;并保证了功率传输阶段输出电流仅流经 3 支开关管,有效降低了导通损耗。该逆变器实际还是工作在三电平,并且如果要保证达到专利中所述的续流回路电位处于二分之一的电池电压,两个电容之间的中点电位一定要保证为二分之一的电池电压,这种中点平衡控制在实际操作中是困难的,需要通过复杂的控制方法。

[0009] 综上,为保证高效率采用五电平输出,同时保证高效率和减小漏电流是一个急迫的问题。

发明内容

[0010] 本发明实施例要解决的技术问题在于提供四种新的单相五电平拓扑逆变器,以达到减小漏电流同时保证逆变器高效率的目的,本发明实施例并同时提供了逆变器在三相系统中的应用电路。

[0011] 本发明实施例采用以下技术方案解决上述技术问题之一的:一种逆变器,包括电容 C1、C2、三个串连的功率开关管 T1、T2、T7、H 桥电路,DC/DC 变换器,功率开关管 T1 的集电极连接到直流电源的正输出端,功率开关管 T1 的发射极与功率开关管 T2 的集电极连接,该连接点连接到 H 桥电路的第一输入端,所述 H 桥电路包括 4 个功率开关管 T3、T4、T5、T6,功率开关管 T3、T5 的集电极相连作为 H 桥电路的第一输入端,功率开关管 T4、T6 的发射极相连作为 H 桥电路的第二输入端,连接到直流电源的负输出端,功率开关管 T3 的发射极与功率开关管 T4 的集电极连接,该连接点作为 H 桥电路的第一输出端,功率开关管 T5 的发射极与功率开关管 T6 的集电极连接,该连接点作为 H 桥电路的第二输出端,H 桥电路的两个输出端分别连接到电网,功率开关管 T1、T2、T3、T4、T5、T6、T7 上分别反并联一个二极管 D1、D2、D3、D4、D5、D6、D7,所述 DC/DC 变换器的输入端和接地端分别连接在直流电源的两端,直流电源的正负输出端之间连接所述电容 C2,DC/DC 变换器的正输出端与直流电源的负输出端之间连接所述电容 C1,功率开关管 T2 的发射极连接到 DC/DC 变换器的正输出端。

[0012] 本发明实施例进一步具体为:

[0013] 所述的逆变器工作在以下的模态:

[0014] 模态 H1:开关管 T2, T3, T6, T7 导通,其余截止;

[0015] 模态 H2:开关管 T2, T3, T6, T7 导通,其余截止,电流流向与模态 H1 相反;

[0016] 模态 H3:开关管 T2, T4, T5, T7 导通,其余截止;

[0017] 模态 H4:开关管 T2, T4, T5, T7 导通,其余截止,电流流向与模态 H3 相反;

[0018] 模态 H5:开关管 T1, T3, T6 导通,其余截止;

[0019] 模态 H6:开关管 T1, T3, T6 导通,其余截止,电流流向与模态 H5 相反;

[0020] 模态 H7:开关管 T1, T4, T5 导通,其余截止;

[0021] 模态 H8:开关管 T1, T4, T5 导通,其余截止,电流流向与模态 H7 相反;

[0022] 模态 H9:开关管 T3, T5 导通,其余截止;

[0023] 模态 H10:开关管 T3, T5 导通,其余截止,电流流向与模态 H9 相反。

[0024] 当直流电源输出电压 V2 高于逆变器最低工作电压 Vm 时,才能保证逆变器的正常工作,根据直流电源电压可以分为两种情况工作:第一,直流电源输出电压比逆变器最低工

作电压稍高,使其工作时通过 DC/DC 变换器工作获得电压 $V1 < V_m$,第二:直流电源输出电压比逆变器最低工作电压高较多,通过 DC/DC 变换器工作获得电压 $V1$ 满足 $V2 > V1 > V_m$ 。

[0025] 进一步的,其中功率开关管 T1、T2、T3、T4、T5、T6、T7 以及所述七个二极管 D1、D2、D3、D4、D5、D6、D7 封装为一个封装器件,其中功率开关管 T1 的集电极作为封装器件的第二电平端、功率开关管 T7 的集电极作为封装器件的第一电平端、H 桥电路的第二输入端作为封装器件的第零电平端、H 桥电路的第一输出端与第二输出端分别作为封装器件的交流输出 AC1 和 AC2 端。

[0026] 进一步的,将所述的功率开关管 T1、T2、T3、T4、T5、T6、T7 以及七个二极管 D1、D2、D3、D4、D5、D6、D7 称为第一功率开关管单元,所述逆变器还包括结构与第一功率开关管单元完全相同的第二、三功率开关管单元;

[0027] 以第一功率开关管单元说明,其中 H 桥电路的第一输入端作为第二电平端、功率开关管 T1 的集电极作为第一电平端、功率开关管 T2 的发射极作为第零电平端、H 桥电路的第一输出端与第二输出端分别作为交流输出端;

[0028] 其中,每个功率开关管单元的第二电平端均连接到直流电源的正输出端,第零电平端均连接到直流电源的负输出端,第一电平端均连接到 DC/DC 变换器的正输出端。

[0029] 所述第二、三功率开关管单元的工作过程与第一功率开关管单元的工作过程完全相同。

[0030] 所述第二、三功率开关管单元均可以作成如第一功率开关管单元的封装器件。

[0031] 本发明实施例采用以下技术方案解决上述技术问题之二的:提供了一种与上述逆变器对偶拓扑的逆变器,包括电容 C1、C2、三个串连的功率开关管 T1、T2、T7、H 桥电路,DC/DC 变换器,所述 H 桥电路包括 4 个功率开关管 T3、T4、T5、T6,功率开关管 T3、T5 的集电极相连作为 H 桥电路的第一输入端,连接到直流电源的正输出端,功率开关管 T4、T6 的发射极相连作为 H 桥电路的第二输入端,功率开关管 T3 的发射极与功率开关管 T4 的集电极连接,该连接点作为 H 桥电路的第一输出端,功率开关管 T5 的发射极与功率开关管 T6 的集电极连接,该连接点作为 H 桥电路的第二输出端,H 桥电路的两个输出端分别连接到电网,功率开关管 T1、T2、T3、T4、T5、T6、T7 上分别反并联一个二极管 D1、D2、D3、D4、D5、D6、D7,所述 DC/DC 变换器的输入端和接地端连接在直流电源的正输出端,直流电源的正负输出端之间连接所述电容 C2,DC/DC 变换器的负输出端与直流电源的正输出端之间连接所述电容 C1,功率开关管 T7 的发射极连接到 DC/DC 变换器的负输出端,功率开关管 T2 的发射极连接到直流电源的负输出端,功率开关管 T7 的集电极与功率开关管 T1 的集电极连接,功率开关管 T1 的发射极与功率开关管 T2 的集电极连接,该连接点连接到 H 桥电路的第二输入端。

[0032] 作为上述方案的进一步改进:

[0033] 所述的逆变器工作在以下的模态:

[0034] 模态 H1:开关管 T2, T3, T6 导通,其余截止;

[0035] 模态 H2:开关管 T2, T3, T6 导通,其余截止,电流流向与模态 H1 相反;

[0036] 模态 H3:开关管 T2, T4, T5 导通,其余截止;

[0037] 模态 H4:开关管 T2, T4, T5 导通,其余截止,电流流向与模态 H3 相反;

[0038] 模态 H5:开关管 T1, T3, T6, T7 导通,其余截止;

[0039] 模态 H6:开关管 T1, T3, T6, T7 导通,其余截止,电流流向与模态 H5 相反;

- [0040] 模态 H7 :开关管 T1, T4, T5, T7 导通, 其余截止 ;
- [0041] 模态 H8 :开关管 T1, T4, T5, T7 导通, 其余截止, 电流流向与模态 H7 相反 ;
- [0042] 模态 H9 :开关管 T4, T6 导通, 其余截止 ;
- [0043] 模态 H10 :开关管 T4, T6 导通, 其余截止, 电流流向与模态 H9 相反。
- [0044] 直流电源输出电压 V2 高于逆变器最低工作电压 V_m , 以满足逆变器工作的基本要求, 通过控制降压型 DC/DC 变换器的工作, 得到 DC/DC 变换器的输出电压 V1, 具体存在两种情况 : (1) $V2 > V1 > V_m$ 、(2) $V1 < V_m$ 。
- [0045] 进一步的, 其中功率开关管 T1、T2、T3、T4、T5、T6、T7 以及所述七个二极管 D1、D2、D3、D4、D5、D6、D7 封装为一个封装器件, 其中 H 桥电路的第一输入端作为封装器件的第二电平端、功率开关管 T1 的集电极作为封装器件的第一电平端、功率开关管 T2 的发射极作为封装器件的第零电平端、H 桥电路的第一输出端与第二输出端分别作为封装器件的交流输出 AC1 和 AC2 端。
- [0046] 进一步的, 将所述的功率开关管 T1、T2、T3、T4、T5、T6、T7 以及七个二极管 D1、D2、D3、D4、D5、D6、D7 称为第一功率开关管单元, 所述逆变器还包括结构与第一功率开关管单元完全相同的第二、三功率开关管单元 ;
- [0047] 以第一功率开关管单元说明, 其中其中 H 桥电路的第一输入端作为第二电平端、功率开关管 T1 的集电极作为第一电平端、功率开关管 T2 的发射极作为第零电平端、H 桥电路的第一输出端与第二输出端分别作为交流输出端 ;
- [0048] 第一、二、三功率开关管单元并联在直流电源的正负输出端之间, 其中, 每个功率开关管单元的第二电平端均连接到直流电源的正输出端, 第零电平端均连接到直流电源的负输出端, 第一电平端均连接到 DC/DC 变换器的负输出端。
- [0049] 所述第二、三功率开关管单元均可以作成如第一功率开关管单元的封装器件。
- [0050] 本发明实施例采用以下技术方案解决上述技术问题之三的 : 一种逆变器, 包括电容 C1、C2、两个串连的功率开关管 T1、T7、二极管 D2、H 桥电路, DC/DC 变换器, 功率开关管 T1 的集电极连接到直流电源的正输出端, 功率开关管 T1 的发射极与二极管 D2 的阴极连接, 该连接点连接到 H 桥电路的第一输入端, 所述 H 桥电路包括 4 个功率开关管 T3、T4、T5、T6, 功率开关管 T3、T5 的集电极相连作为 H 桥电路的第一输入端, 功率开关管 T4、T6 的发射极相连作为 H 桥电路的第二输入端, 连接到直流电源的负输出端, 功率开关管 T3 的发射极与功率开关管 T4 的集电极连接, 该连接点作为 H 桥电路的第一输出端, 功率开关管 T5 的发射极与功率开关管 T6 的集电极连接, 该连接点作为 H 桥电路的第二输出端, H 桥电路的两个输出端分别连接到电网, 功率开关管 T1、T3、T4、T5、T6、T7 上分别反并联一个二极管 D1、D3、D4、D5、D6、D7, 所述 DC/DC 变换器的输入端和接地端分别连接在直流电源的两端, 直流电源的正负输出端之间连接所述电容 C2, DC/DC 变换器的正输出端与直流电源的负输出端之间连接所述电容 C1, 二极管 D2 的阳极与功率开关管 T7 的发射极连接, 功率开关管 T7 的集电极连接到 DC/DC 变换器的正输出端。
- [0051] 该实施例进一步具体为 :
- [0052] 所述的逆变器工作在以下的模态 :
- [0053] 模态 H1 : 开关管 T3, T6, T7 导通, 其余截止, 电流经 : $DC+ \rightarrow T7 \rightarrow D2 \rightarrow T3 \rightarrow V_{grid} \rightarrow T6 \rightarrow PV-$;

[0054] 模态 H3: 开关管 T4, T5, T7 导通, 其余截止, 电流经: DC+ → T7 → D2 → T5 → Vgrid → T4 → PV-;

[0055] 模态 H5: 开关管 T1, T3, T6 导通, 其余截止, 电流经: PV+ → T1 → T3 → Vgrid → T6 → PV-;

[0056] 模态 H6: 开关管 T1, T3, T6 导通, 其余截止, 电流经: PV- → D6 → Vgrid → D3 → D1 → PV+;

[0057] 模态 H7: 开关管 T1, T4, T5 导通, 其余截止, 电流经: PV+ → T1 → T5 → Vgrid → T4 → PV-;

[0058] 模态 H8: 开关管 T1, T4, T5 导通, 其余截止, 电流经: PV- → D4 → Vgrid → D5 → D1 → PV+;

[0059] 模态 H9: 开关管 T3, T5 导通, 其余截止, 电流经: D5 → T3 → Vgrid → D5;

[0060] 模态 H10: 开关管 T3, T5 导通, 其余截止, 电流经: D3 → T5 → Vgrid → D3;

[0061] 上述各模态中, DC+ 代表 DC/DC 变换器的正输出端, PV+ 代表直流电源的正输出端, PV- 代表直流电源的负输出端, Vgrid 代表电网。

[0062] 该种结构的逆变器具有以下两种控制策略:

[0063] 当直流电源输出电压 V_2 高于逆变器最低工作电压 V_m , 控制逆变器, 使其工作时通过 DC/DC 变换器工作获得电压 V_1 满足 $V_1 < V_m$;

[0064] 当直流电源输出电压 V_2 高于逆变器最低工作电压 V_m , 控制逆变器, 使其工作时通过 DC/DC 变换器工作获得电压 V_1 满足 $V_2 > V_1 > V_m$ 。

[0065] 将所述的功率开关管 T1、T3、T4、T5、T6、T7 以及六个二极管 D1、D2、D3、D4、D5、D6、D7 称为第一功率开关管单元, 所述逆变器还包括结构与第一功率开关管单元完全相同的第二、三功率开关管单元;

[0066] 以第一功率开关管单元说明, 其中功率开关管 T1 的集电极作为第二电平端、功率开关管 T7 的集电极作为第一电平端、H 桥电路的第二输入端作为第零电平端、H 桥电路的第一输出端与第二输出端分别作为交流输出端;

[0067] 其中, 每个功率开关管单元的第二电平端均连接到直流电源的正输出端, 第零电平端均连接到直流电源的负输出端, 第一电平端均连接到 DC/DC 变换器的正输出端。

[0068] 本发明实施例采用以下技术方案解决上述技术问题之四的: 一种逆变器, 包括电容 C1、C2、两个串连的功率开关管 T2、T7、二极管 D1、H 桥电路, DC/DC 变换器, 所述 H 桥电路包括 4 个功率开关管 T3、T4、T5、T6, 功率开关管 T3、T5 的集电极相连作为 H 桥电路的第一输入端, 连接到直流电源的正输出端, 功率开关管 T4、T6 的发射极相连作为 H 桥电路的第二输入端, 功率开关管 T3 的发射极与功率开关管 T4 的集电极连接, 该连接点作为 H 桥电路的第一输出端, 功率开关管 T5 的发射极与功率开关管 T6 的集电极连接, 该连接点作为 H 桥电路的第二输出端, H 桥电路的两个输出端分别连接到电网, 功率开关管 T2、T3、T4、T5、T6、T7 上分别反并联一个二极管 D2、D3、D4、D5、D6、D7, 所述 DC/DC 变换器的输入端和接地端连接直流电源的正输出端, 直流电源的正负输出端之间连接所述电容 C2, DC/DC 变换器的负输出端与直流电源的正输出端之间连接所述电容 C1, 功率开关管 T7 的发射极连接到 DC/DC 变换器的负输出端, 功率开关管 T2 的发射极连接到直流电源的负输出端, 功率开关管 T7 的集电极与二极管 D1 的阴极连接, 二极管 D1 的阳极与功率开关管 T2 的集电极连接, 该连接

点连接到 H 桥电路的第二输入端。

[0069] 该实施例进一步具体为：

[0070] 所述的逆变器工作在以下的模态：

[0071] 模态 H1：开关管 T2, T3, T6 导通，其余截止，电流经：
PV+ → T3 → Vgrid → T6 → T2 → PV-；

[0072] 模态 H2：开关管 T2, T3, T6 导通，其余截止，电流经：
PV- → D2 → D6 → Vgrid → D3 → PV+；

[0073] 模态 H3：开关管 T2, T4, T5 导通，其余截止，电流经：
PV+ → T5 → Vgrid → T4 → T2 → PV-；

[0074] 模态 H4：开关管 T2, T4, T5 导通，其余截止，电流经：
PV- → D2 → D4 → Vgrid → D5 → PV+；

[0075] 模态 H5：开关管 T3, T6, T7 导通，其余截止，电流经：
PV+ → T3 → Vgrid → T6 → D1 → T7 → DC-；

[0076] 模态 H7：开关管 T4, T5, T7 导通，其余截止，电流经：
PV+ → T5 → Vgrid → T4 → D1 → T7 → DC-；

[0077] 模态 H9：开关管 T4, T6 导通，其余截止，电流经：T6 → D4 → Vgrid → T6；

[0078] 模态 H10：开关管 T4, T6 导通，其余截止，电流经：T4 → D6 → Vgrid → T4；

[0079] 上述各模态中，DC- 代表 DC/DC 变换器的负输出端，PV+ 代表直流电源的正输出端，PV- 代表直流电源的负输出端，Vgrid 代表电网。

[0080] 该种结构的逆变器具有以下两种控制策略：

[0081] 当直流电源输出电压 V2 高于逆变器最低工作电压 Vm，控制逆变器，其工作时通过 DC/DC 变换器工作获得电压为 V1，V1 满足以下条件： $V1 < Vm$ ；

[0082] 当直流电源输出电压 V2 高于逆变器最低工作电压 Vm，控制逆变器，其工作时通过 DC/DC 变换器工作获得电压 V1，V1 满足以下条件： $V2 > V1 > Vm$ 。

[0083] 将所述的六个功率开关管 T2、T3、T4、T5、T6、T7 以及七个二极管 D1、D2、D3、D4、D5、D6、D7 称为第一功率开关管单元，所述逆变器还包括结构与第一功率开关管单元完全相同的第二、三功率开关管单元；

[0084] 以第一功率开关管单元说明，其中其中 H 桥电路的第一输入端作为第二电平端、功率开关管 T7 的发射极作为第一电平端、功率开关管 T2 的发射极作为第零电平端、H 桥电路的第一输出端与第二输出端分别作为交流输出端；

[0085] 其中，每个功率开关管单元的第二电平端均连接到直流电源的正输出端，第零电平端均连接到直流电源的负输出端，第一电平端均连接到 DC/DC 变换器的负输出端。

[0086] 本发明实施例采用以下技术方案解决上述技术问题之五的：一种上述具有三个功率开关管单元的逆变器在三相系统中的应用电路，其中每个功率开关管单元的交流输出端分别连接到三相系统中的三个原边绕组的两端。

[0087] 本发明实施例的优点在于：提供了四种新的单相五电平拓扑逆变器，得到高效率的逆变器，并采用特定的调制策略使共模电压近似为常数，以达到减小漏电流的目的；同时为考虑直流电压的宽范围，前级采用带有降压的单元构造出三个电平，利用换相电路可以构造出五电平逆变器，因直流侧的三个电平不是由两个电容分压获得，所以规避了多电平

电容电压的中点平衡控制的问题。

附图说明

- [0088] 图 1 是现有常用的 H4 拓扑型结构逆变器的结构图。
- [0089] 图 2 是专利 EP2053732A2 公开的一种逆变器拓扑结构图。
- [0090] 图 3 是中国专利申请 CN101814856A 公开的一种逆变器拓扑结构图。
- [0091] 图 4 是本发明第一实施例主电路的构成方式,其中 T1、T2、T7 位于 H 桥电路的第一输入端。
- [0092] 图 5a 至图 5i 为图 4 中主电路的 12 种工作模态图。
- [0093] 图 6 中 (a) 和 (b) 分别为第一实施例的其中一种调制策略的桥臂电压以及共模电压。
- [0094] 图 7 中 (a) 和 (b) 分别为第一实施例的另一种调制策略的桥臂电压以及共模电压。
- [0095] 图 8 是第一实施例中的 DC/DC 变换器采用的一种具体结构的主电路图。
- [0096] 图 9 是本发明第一实施例的功率开关管封装后示意图。
- [0097] 图 10 和图 11 是本发明第一实施例在三相系统中的两种应用电路结构。
- [0098] 图 12 是本发明第二实施例主电路的构成方式,其中 T1、T2、T7 位于 H 桥电路的第二输入端。
- [0099] 图 13 中 (a) 和 (b) 分别为第二实施例的其中一种调制策略的桥臂电压以及共模电压。
- [0100] 图 14 中 (a) 和 (b) 分别为第二实施例的另一种调制策略的桥臂电压以及共模电压。
- [0101] 图 15 是第二实施例的逆变器结构中 DC/DC 变换器采用的一种具体结构的主电路图。
- [0102] 图 16 是本发明第二实施例的功率开关管封装后示意图。
- [0103] 图 17 和图 18 是本发明第二实施例在三相系统中的两种应用电路结构。
- [0104] 图 19 是本发明第三实施例主电路的构成方式,也既是第一实施例的简化电路。
- [0105] 图 20a 至图 20h 为图 19 中主电路的 8 种工作模态图。
- [0106] 图 21 是本发明第四实施例主电路的构成方式,也既是第二实施例的简化电路。
- [0107] 上述图中主要符号名称:
- [0108] DC/DC :DC/DC 变换器 C1、C2 :电容
- [0109] T1、T2、T3、T4、T5、T6、T7 :功率开关管
- [0110] D1、D2、D3、D4、D5、D6、D7 :二极管
- [0111] L1、L2 :电感 Vgrid :电网
- [0112] PV+ :直流电源的正输出端 PV- :直流电源的负输出端
- [0113] DC+ :DC/DC 变换器的正输出端 DC- :DC/DC 变换器的负输出端
- [0114] V2 :直流电源两端的电压 V1 :DC/DC 变换器输出端的电压
- [0115] Vab :桥臂输出电压,即 H 桥电路的第一输出端 a 和第二输出端 b 之间的电压

具体实施方式

[0116] 第一实施例

[0117] 请参阅图 4, 本发明实施例提供了一种逆变器, 包括 DC/DC 变换器、电容 C1、C2、三个串连的功率开关管 T1、T2、T7, H 桥电路。

[0118] 所述 DC/DC 变换器的输入端和接地端分别连接在直流电源的两端。

[0119] 直流电源的正负输出端之间连接所述电容 C2, DC/DC 变换器的正输出端与直流电源的负输出端之间连接所述电容 C1。

[0120] 功率开关管 T1、T2、T7 上分别反并联一个二极管 D1、D2、D7, 功率开关管 T1 的集电极连接到直流电源的正输出端, 功率开关管 T7 的集电极连接到 DC/DC 变换器的正输出端, 功率开关管 T1 的发射极与功率开关管 T2 的集电极连接, 该连接点连接到 H 桥电路的第一输入端。

[0121] 所述 H 桥电路包括 4 个功率开关管 T3、T4、T5、T6, 功率开关管 T3、T5 的集电极相连作为 H 桥电路的第一输入端, 功率开关管 T4、T6 的发射极相连作为 H 桥电路的第二输入端, 功率开关管 T3 的发射极与功率开关管 T4 的集电极连接, 该连接点 a 作为 H 桥电路的第一输出端, 功率开关管 T5 的发射极与功率开关管 T6 的集电极连接, 该连接点 b 作为 H 桥电路的第二输出端。H 桥电路的第二输入端连接到直流电源的负输出端。功率开关管 T3、T4、T5、T6 上分别反并联一个二极管 D3、D4、D5、D6。

[0122] 进一步地, 该逆变器还包括连接在 H 桥电路的输出端与电网之间的滤波电路, 具体的, 该滤波电路为 L 型结构, 包括两个电感 L1、L2, 所述电感 L1 一端连接至 H 桥电路的第一输出端, 另一端连接至电网, 所述电感 L2 一端连接至 H 桥电路的第二输出端, 另一端连接至电网。

[0123] 请参阅图 5a 至图 5i, 本发明实施例逆变器的工作模态分析如下:

[0124] 模态 H1: 开关管 T2, T3, T6, T7 导通, 其余截止。电流经: DC+ → T7 → D2 → T3 → L1 → Vgrid → L2 → T6 → PV-, 桥臂输出电压 $V_{ab} = V_1$ 。

[0125] 模态 H2: 开关管 T2, T3, T6, T7 导通, 其余截止。电流经: PV- → D6 → L2 → Vgrid → L1 → D3 → T2 → D7 → DC+, 桥臂输出电压 $V_{ab} = V_1$ 。

[0126] 模态 H3: 开关管 T2, T4, T5, T7 导通, 其余截止。电流经: DC+ → T7 → D2 → T5 → L2 → Vgrid → L1 → T4 → PV-, 桥臂输出电压 $V_{ab} = -V_1$ 。

[0127] 模态 H4: 开关管 T2, T4, T5, T7 导通, 其余截止。电流经: PV- → D4 → L1 → Vgrid → L2 → D5 → T2 → D7 → DC+, 桥臂输出电压 $V_{ab} = -V_1$ 。

[0128] 模态 H5: 开关管 T1, T3, T6 导通, 其余截止。电流经: PV+ → T1 → T3 → L1 → Vgrid → L2 → T6 → PV-, 桥臂输出电压 $V_{ab} = V_2$ 。

[0129] 模态 H6: 开关管 T1, T3, T6 导通, 其余截止。电流经: PV- → D6 → L2 → Vgrid → L1 → D3 → D1 → PV+, 桥臂输出电压 $V_{ab} = V_2$ 。

[0130] 模态 H7: 开关管 T1, T4, T5 导通, 其余截止。电流经: PV+ → T1 → T5 → L2 → Vgrid → L1 → T4 → PV-, 桥臂输出电压 $V_{ab} = -V_2$ 。

[0131] 模态 H8: 开关管 T1, T4, T5 导通, 其余截止。电流经: PV- → D4 → L1 → Vgrid → L2 → D5 → D1 → PV+, 桥臂输出电压 $V_{ab} = -V_2$ 。

[0132] 模态 H9: 开关管 T3, T5 导通, 其余截止。电流经: D5 → T3 → L1 → Vgrid → L2 → D5,

桥臂输出电压 $V_{ab} = 0$ 。

[0133] 模态 H10: 开关管 T3, T5 导通, 其余截止。电流经: $D3 \rightarrow T5 \rightarrow L2 \rightarrow V_{grid} \rightarrow L1 \rightarrow D3$, 桥臂输出电压 $V_{ab} = 0$ 。

[0134] 模态 H11: 开关管 T4, T6 导通, 其余截止。电流经: $T6 \rightarrow D4 \rightarrow L1 \rightarrow V_{grid} \rightarrow L2 \rightarrow T6$, 桥臂输出电压 $V_{ab} = 0$ 。

[0135] 模态 H12: 开关管 T4, T6 导通, 其余截止。电流经: $T4 \rightarrow D6 \rightarrow L2 \rightarrow V_{grid} \rightarrow L1 \rightarrow T4$, 桥臂输出电压 $V_{ab} = 0$ 。

[0136] 共模电压 $V_{CM} = (V_{aN} + V_{bN})/2$, 依次计算上述模态的共模电压。考虑到开关管寄生电容的作用, 可以近似认为共模电压如下计算所得。

[0137] 模态 H1, H2: $V_{aN} = V1, V_{bN} = 0$, 因此, $V_{CM} = V1/2$;

[0138] 模态 H3, H4: $V_{aN} = 0, V_{bN} = V1$, 因此, $V_{CM} = V1/2$;

[0139] 模态 H5, H6: $V_{aN} = V2, V_{bN} = 0$, 因此, $V_{CM} = V2/2$;

[0140] 模态 H7, H8: $V_{aN} = 0, V_{bN} = V2$, 因此, $V_{CM} = V2/2$;

[0141] 模态 H9, H10: $V_{aN} = V1/2, V_{bN} = V1/2$, 因此, $V_{CM} = V1/2$;

[0142] 模态 H11, H12: $V_{aN} = 0, V_{bN} = V0$, 因此, $V_{CM} = 0$ 。

[0143] 各种工作模式下的共模电压如下表一所示:

[0144] 表一各种工作模式的共模电压

[0145]

工作模式	桥臂输出电压 V_{ab}	共模电压 V_{CM}	电流流向
H1, H2	V1	V1/2	H1- 正向电流, H2- 负向电流
H3, H4	-V1	V1/2	H3- 负向电流, H4- 正向电流
H5, H6	V2	V2/2	H5- 正向电流, H6- 负向电流
H7, H8	-V2	V2/2	H7- 负向电流, H8- 正向电流
H9, H10	0	V1/2	H9- 正向电流, H10- 负向电流
H11, H12	0	0	H11- 正向电流, H12- 负向电流

[0146] 由 H9、H10 工作模式组合以及 H11、H12 工作模式组合均可以得到 $V_{ab} = 0$ 电平, 不同之处在于共模电压, 而其他模式的共模电压为 $V1/2$ 或 $V2/2$ 。为了尽可能保证漏电流较小, 取共模电压接近的一组, 从而舍弃了 H11, H12 工作模式, 由 H9、H10 工作模式组合 $V_{ab} = 0$ 电平。

[0147] 需要说明的是, 由于开关器件寄生电容的存在, 寄生电容上的电压不能瞬时突变, 因此, H9、H10 模式对应的共模电压可以视为保持其上一模式 (H1/H2/H3/H4) 的共模电压 $V1/2$ 。

[0148] 从上述分析可知, 该结构的逆变器, 中间电平并不是由两个电容分压获得, 因此 $V1$ 不一定要等于 $V2/2$, 因此, 规避了多电平控制的中点平衡控制的问题, 实现容易。

[0149] 采用以上模态的逆变器的工作过程分析如下：

[0150] 假定满足逆变器最低工作电压为 V_m (一般为电网电压的幅值或峰值), PV (直流电源) 输出电压 V_2 高于逆变器最低工作电压 V_m , 采用以下所述的调制策略。

[0151] (1) 通过 Buck 降压电路 DC/DC 变换器工作获得电压 V_1 , 使 $V_1 < V_m$, 桥臂电压和共模电压如图 6(a)、(b) 所示。

[0152] 此种调制策略适合 PV 电压比逆变器最低工作电压 - 略大, 所以可以得到 $V_1 < V_m$, 此时根据比较获得模态切换点 t_0 、 t_1 、 t_2 、 t_3 、 t_4 、 t_5 、 t_6 的值。

[0153] (2) 通过 Buck 降压电路 DC/DC 变换器工作获得电压 V_1 , 使 $V_1 > V_m$, 桥臂电压和共模电压如图 7(a)、(b) 所示。

[0154] 此种调制策略适合 PV 电压比逆变器最低工作电压大很多, 此时, 降压以后得到的 V_1 是小于 V_2 的, 但 V_1 与 V_2 的值不能相差太多, 否则共模电压变化较大, 产生漏电流, V_1 与 V_2 的值也不能太接近, 从而使输出电流畸变达不到要求, 最佳状态即是 $V_2 > V_1 > V_m$ 。

[0155] 如图 8 所示, 是该实施例的 DC/DC 变换器采用的一种具体结构的主电路图。此时, DC/DC 变换器包括功率开关管 TB、二极管 DB、电感 LB。

[0156] 图 9 是该种结构的逆变器的部分结构封装示意图, 其中功率开关管 T1 的集电极作为封装器件的第二电平端、功率开关管 T7 的集电极作为封装器件的第一电平端、H 桥电路的第二输入端作为封装器件的第零电平端、H 桥电路的第一输出端与第二输出端分别作为封装器件的交流输出 AC1 和 AC2 端。

[0157] 图 10 和图 11 是该实施例一在三相系统中的两种应用电路结构。两种应用电路方式基本相似, 其区别在于, 其中图 10 是应用在三相三线制的三相系统中的结构图, 图 11 是应用在三相四线制的三相系统中的结构图。

[0158] 该逆变器应用在三相系统中的连接结构为, 三组如图 9 所示的封装器件并联在直流电源的正负输出端之间, 其中, 每个封装器件的第二电平端均连接到直流电源的正输出端, 第零电平端均连接到直流电源的负输出端, 第一电平端均连接到 DC/DC 变换器的正输出端, DC/DC 变换器的输入端和接地端分别连接到直流电源的正负输出端, 直流电源的正负输出端之间连接电容 C2, DC/DC 变换器的正输出端和直流电源的负输出端之间连接电容 C1, 每个封装器件的交流输出 AC1 和 AC2 端分别连接到三相系统中的三个原边绕组的两端。

[0159] 第二实施例

[0160] 图 12 是本发明第二实施例主电路, 其与上述第一实施例具有相同的组成元件, 其区别仅在于, 其中功率开关管 T1、T2、T7 位于 H 桥电路的第二输入端, 是上述第一实施例的对偶拓扑。其具体结构如下所述。

[0161] 所述 DC/DC 变换器的输入端和接地端都连接在直流电源的正输出端。

[0162] 直流电源的正负输出端之间连接所述电容 C2, DC/DC 变换器的负输出端与直流电源的正输出端之间连接所述电容 C1。

[0163] 功率开关管 T1、T2、T7 上分别反并联一个二极管 D1、D2、D7, 功率开关管 T7 的发射极连接到 DC/DC 变换器的负输出端, 功率开关管 T2 的发射极连接到直流电源的负输出端, 功率开关管 T7 的集电极与功率开关管 T1 的集电极连接, 功率开关管 T1 的发射极与功率开关管 T2 的集电极连接, 该连接点连接到 H 桥电路的第二输入端。

[0164] 所述 H 桥电路包括 4 个功率开关管 T3、T4、T5、T6, 功率开关管 T3、T5 的集电极相

连作为 H 桥电路的第一输入端,功率开关管 T4、T6 的发射极相连作为 H 桥电路的第二输入端,功率开关管 T3 的发射极与功率开关管 T4 的集电极连接,该连接点作为 H 桥电路的第一输出端,功率开关管 T5 的发射极与功率开关管 T6 的集电极连接,该连接点作为 H 桥电路的第二输出端。功率开关管 T3、T4、T5、T6 上分别反并联一个二极管 D3、D4、D5、D6。

[0165] 该逆变器还包括滤波电路,所述滤波电路包括两个电感 L1、L2,所述电感 L1 一端连接至 H 桥电路的第一输出端,另一端连接至电网,所述电感 L2 一端连接至 H 桥电路的第二输出端,另一端连接至电网。

[0166] 该种结构的逆变器的工作模态及调制策略原理与上述第一种结构的逆变器拓扑相同,在这里简单介绍。

[0167] 该逆变器的工作模态分析如下:

[0168] 模态 H1: 开关管 T2, T3, T6 导通, 其余截止。电流经: PV+ → T3 → L1 → Vgrid → L2 → T6 → T2 → PV-, 桥臂输出电压 $V_{ab} = V_2$ 。

[0169] 模态 H2: 开关管 T2, T3, T6 导通, 其余截止。电流经: PV- → D2 → D6 → L2 → Vgrid → L1 → D3 → PV+, 桥臂输出电压 $V_{ab} = V_2$ 。

[0170] 模态 H3: 开关管 T2, T4, T5 导通, 其余截止。电流经: PV+ → T5 → L2 → Vgrid → L1 → T4 → T2 → PV-, 桥臂输出电压 $V_{ab} = -V_2$ 。

[0171] 模态 H4: 开关管 T2, T4, T5 导通, 其余截止。电流经: PV- → D2 → D4 → L1 → Vgrid → L2 → D5 → PV+, 桥臂输出电压 $V_{ab} = -V_2$ 。

[0172] 模态 H5: 开关管 T1, T3, T6, T7 导通, 其余截止。电流经: PV+ → T3 → L1 → Vgrid → L2 → T6 → D1 → T7 → DC-, 桥臂输出电压 $V_{ab} = V_1$ 。

[0173] 模态 H6: 开关管 T1, T3, T6, T7 导通, 其余截止。电流经: DC- → D7 → T1 → D6 → L2 → Vgrid → L1 → D3 → PV+, 桥臂输出电压 $V_{ab} = V_1$ 。

[0174] 模态 H7: 开关管 T1, T4, T5, T7 导通, 其余截止。电流经: PV+ → T5 → L2 → Vgrid → L1 → T4 → D1 → T7 → DC-, 桥臂输出电压 $V_{ab} = -V_1$ 。

[0175] 模态 H8: 开关管 T1, T4, T5, T7 导通, 其余截止。电流经: DC- → D7 → T1 → D4 → L1 → Vgrid → L2 → D5 → PV+, 桥臂输出电压 $V_{ab} = -V_1$ 。

[0176] 模态 H9: 开关管 T4, T6 导通, 其余截止。电流经: T6 → D4 → L1 → Vgrid → L2 → T6, 桥臂输出电压 $V_{ab} = 0$ 。

[0177] 模态 H10: 开关管 T4, T6 导通, 其余截止。电流经: T4 → D6 → L2 → Vgrid → L1 → T4, 桥臂输出电压 $V_{ab} = 0$ 。

[0178] 模态 H11: 开关管 T3, T5 导通, 其余截止。电流经: D5 → T3 → L1 → Vgrid → L2 → D5, 桥臂输出电压 $V_{ab} = 0$ 。

[0179] 模态 H12: 开关管 T3, T5 导通, 其余截止。电流经: D3 → T5 → L2 → Vgrid → L1 → D3, 桥臂输出电压 $V_{ab} = 0$ 。

[0180] 共模电压 $V_{CM} = (V_{aN} + V_{bN}) / 2$, 依次计算上述模态的共模电压。考虑到开关管寄生电容的作用, 可以近似认为共模电压如下表二所示。

[0181] 表二各种工作模态的共模电压

[0182]

工作模式	桥臂输出电压 V_{ab}	共模电压 V_{CM}	电流流向
------	-----------------	---------------	------

[0183]

H1, H2	V_2	$V_2/2$	H1- 正向电流, H2- 负向电流
H3, H4	$-V_2$	$V_2/2$	H3- 负向电流, H4- 正向电流
H5, H6	V_1	$V_2-V_1/2$	H5- 正向电流, H6- 负向电流
H7, H8	$-V_1$	$V_2-V_1/2$	H7- 负向电流, H8- 正向电流
H9, H10	0	$V_2-V_1/2$	H9- 正向电流, H10- 负向电流
H11, H12	0	V_2	H11- 正向电流, H12- 负向电流

[0184] 同上述第一种结构的分析,舍弃了H11,H12工作模式,由H9、H10工作模式组合 $V_{ab} = 0$ 电平。

[0185] 从上述分析可知,该结构的逆变器,中间电平并不是由两个电容分压获得,因此 V_2 不一定要等于两倍 V_1 ,因此,规避了多电平控制的中点平衡控制的问题,实现容易。

[0186] 采用以上模式的逆变器的工作过程分析如下:

[0187] 假定满足逆变器最低工作电压为 V_m (一般为电网电压的幅值或峰值),PV (直流电源) 输出电压 V_2 高于逆变器最低工作电压 V_m ,采用以下所述的调制策略。

[0188] (1) 通过 Buck 降压电路 DC/DC 变换器工作获得电压 V_1 ,使 $V_1 < V_m$,桥臂电压和共模电压如图 13(a)、(b) 所示。

[0189] (2) 通过 Buck 降压电路 DC/DC 变换器工作获得电压 V_1 ,使 $V_2 > V_1 > V_m$,桥臂电压和共模电压如图 14(a)、(b) 所示。

[0190] 图 15 是图 12 所示结构中的 DC/DC 变换器采用的一种具体结构的主电路图。图 16 是本发明实施例第二实施例的功率开关管封装后示意图。

[0191] 该种结构的逆变器拓扑同样可以应用在三相三线制的和三相四线制的三相系统中,如图 17 和图 18 所示。此时,功率开关管 T1、T2、T3、T4、T5、T6、T7 作为一个封装器件,其中 H 桥电路的第一输入端作为封装器件的第二电平端、功率开关管 T7 的发射极作为封装器件的第一电平端、功率开关管 T2 的发射极作为封装器件的零电平端、H 桥电路的第一输出端与第二输出端分别作为封装器件的交流输出 AC1 和 AC2 端,三组所述的封装器件并联在直流电源的正负输出端之间,其中,每个封装器件的第二电平端均连接到直流电源的正输出端,零电平端均连接到直流电源的负输出端,第一电平端均连接到 DC/DC 变换器的负输出端,DC/DC 变换器的输入端和接地端分别连接到直流电源的正负输出端,直流电源的正负输出端之间连接电容 C_2 ,DC/DC 变换器的负输出端和直流电源的正输出端之间连接电容 C_1 ,每个封装器件的交流输出 AC1 和 AC2 端分别连接到三相系统中的三个原边绕组的两端。

[0192] 第三实施例

[0193] 请参阅图 19,该实施例与实施例一的区别在于少了一个功率开关管 T2,其他部分

的结构均相同。

[0194] 请参阅图 20a 至图 20h, 该实施例逆变器的工作模态分析如下:

[0195] 模态 H1: 开关管 T3, T6, T7 导通, 其余截止。电流经: $DC+ \rightarrow T7 \rightarrow D2 \rightarrow T3 \rightarrow L1 \rightarrow V_{grid} \rightarrow L2 \rightarrow T6 \rightarrow PV-$, 桥臂输出电压 $V_{ab} = V_1$ 。

[0196] 模态 H3: 开关管 T4, T5, T7 导通, 其余截止。电流经: $DC+ \rightarrow T7 \rightarrow D2 \rightarrow T5 \rightarrow L2 \rightarrow V_{grid} \rightarrow L1 \rightarrow T4 \rightarrow PV-$, 桥臂输出电压 $V_{ab} = -V_1$ 。

[0197] 模态 H5: 开关管 T1, T3, T6 导通, 其余截止。电流经: $PV+ \rightarrow T1 \rightarrow T3 \rightarrow L1 \rightarrow V_{grid} \rightarrow L2 \rightarrow T6 \rightarrow PV-$, 桥臂输出电压 $V_{ab} = V_2$ 。

[0198] 模态 H6: 开关管 T1, T3, T6 导通, 其余截止。电流经: $PV- \rightarrow D6 \rightarrow L2 \rightarrow V_{grid} \rightarrow L1 \rightarrow D3 \rightarrow D1 \rightarrow PV+$, 桥臂输出电压 $V_{ab} = V_2$ 。

[0199] 模态 H7: 开关管 T1, T4, T5 导通, 其余截止。电流经: $PV+ \rightarrow T1 \rightarrow T5 \rightarrow L2 \rightarrow V_{grid} \rightarrow L1 \rightarrow T4 \rightarrow PV-$, 桥臂输出电压 $V_{ab} = -V_2$ 。

[0200] 模态 H8: 开关管 T1, T4, T5 导通, 其余截止。电流经: $PV- \rightarrow D4 \rightarrow L1 \rightarrow V_{grid} \rightarrow L2 \rightarrow D5 \rightarrow D1 \rightarrow PV+$, 桥臂输出电压 $V_{ab} = -V_2$ 。

[0201] 模态 H9: 开关管 T3, T5 导通, 其余截止。电流经: $D5 \rightarrow T3 \rightarrow L1 \rightarrow V_{grid} \rightarrow L2 \rightarrow D5$, 桥臂输出电压 $V_{ab} = 0$ 。

[0202] 模态 H10: 开关管 T3, T5 导通, 其余截止。电流经: $D3 \rightarrow T5 \rightarrow L2 \rightarrow V_{grid} \rightarrow L1 \rightarrow D3$, 桥臂输出电压 $V_{ab} = 0$ 。

[0203] 模态 H11: 开关管 T4, T6 导通, 其余截止。电流经: $T6 \rightarrow D4 \rightarrow L1 \rightarrow V_{grid} \rightarrow L2 \rightarrow T6$, 桥臂输出电压 $V_{ab} = 0$ 。

[0204] 模态 H12: 开关管 T4, T6 导通, 其余截止。电流经: $T4 \rightarrow D6 \rightarrow L2 \rightarrow V_{grid} \rightarrow L1 \rightarrow T4$, 桥臂输出电压 $V_{ab} = 0$ 。

[0205] 图 20a 至图 20h 中示出了前 8 个模态: 模态 H1、模态 H3、模态 H5、模态 H6、模态 H7、模态 H8、模态 H9、模态 H10。

[0206] 共模电压 $V_{CM} = (V_{aN} + V_{bN}) / 2$, 依次计算上述模态的共模电压。考虑到开关管寄生电容的作用, 可以近似认为共模电压如下计算所得。

[0207] 模态 H1: $V_{aN} = V_1, V_{bN} = 0$, 因此, $V_{CM} = V_1 / 2$;

[0208] 模态 H3: $V_{aN} = 0, V_{bN} = V_1$, 因此, $V_{CM} = V_1 / 2$;

[0209] 模态 H5, H6: $V_{aN} = V_2, V_{bN} = 0$, 因此, $V_{CM} = V_2 / 2$;

[0210] 模态 H7, H8: $V_{aN} = 0, V_{bN} = V_2$, 因此, $V_{CM} = V_2 / 2$;

[0211] 模态 H9, H10: $V_{aN} = V_1 / 2, V_{bN} = V_1 / 2$, 因此, $V_{CM} = V_1 / 2$;

[0212] 模态 H11, H12: $V_{aN} = 0, V_{bN} = 0$, 因此, $V_{CM} = 0$ 。

[0213] 也即比上述第二实施例少了两个模态: H2、H4。

[0214] 各种工作模态下的共模电压如下表三所示:

[0215] 表三各种工作模态的共模电压

[0216]

工作模式	桥臂输出电压 V_{ab}	共模电压 V_{CM}	电流流向
H1	V_1	$V_1/2$	H1- 正向电流, H2- 负向电流
H3	$-V_1$	$V_1/2$	H3- 负向电流, H4- 正向电流
H5, H6	V_2	$V_2/2$	H5- 正向电流, H6- 负向电流
H7, H8	$-V_2$	$V_2/2$	H7- 负向电流, H8- 正向电流
H9, H10	0	$V_1/2$	H9- 正向电流, H10- 负向电流
H11, H12	0	0	H11- 正向电流, H12- 负向电流

[0217] 与实施例一相同的原理,舍弃了 H11, H12 工作模式,由 H9、H10 工作模式组合 $V_{ab} = 0$ 电平。

[0218] 从上述分析可知,该结构的逆变器,中间电平并不是由两个电容分压获得,因此 V_1 不一定要等于 $V_2/2$,因此,规避了多电平控制的中点平衡控制的问题,实现容易。

[0219] 采用以上模式的逆变器的工作过程分析如下:

[0220] 假定满足逆变器最低工作电压为 V_m (一般为电网电压的幅值或峰值),PV (直流电源) 输出电压 V_2 高于逆变器最低工作电压 V_m ,采用以下所述的调制策略。

[0221] (1) 通过 Buck 降压电路 DC/DC 变换器工作获得电压 V_1 ,使 $V_1 < V_m$,桥臂电压和共模电压如图 6(a)、(b) 所示。

[0222] 此种调制策略适合 PV 电压比逆变器最低工作电压 - 略大,所以可以得到 $V_1 < V_m$,此时根据比较获得模式切换点 t_0 、 t_1 、 t_2 、 t_3 、 t_4 、 t_5 、 t_6 的值。

[0223] (2) 通过 Buck 降压电路 DC/DC 变换器工作获得电压 V_1 ,使 $V_1 > V_m$,桥臂电压和共模电压如图 7(a)、(b) 所示。

[0224] 此种调制策略适合 PV 电压比逆变器最低工作电压大很多,此时,降压以后得到的 V_1 是小于 V_2 的,但 V_1 与 V_2 的值不能相差太多,否则共模电压变化较大,产生漏电流, V_1 与 V_2 的值也不能太接近,从而使输出电流畸变达不到要求,最佳状态即是 $V_2 > V_1 > V_m$ 。

[0225] 该种结构的逆变器同样可以进行部分结构的封装,其中功率开关管 T1 的集电极作为封装器件的第二电平端、功率开关管 T7 的集电极作为封装器件的第一电平端、H 桥电路的第二输入端作为封装器件的第零电平端、H 桥电路的第一输出端与第二输出端分别作为封装器件的交流输出 AC1 和 AC2 端。

[0226] 该种结构的逆变器同样可以应用在三相三线制或者三相四线制的三相系统中。应用时,三组上述封装器件并联在直流电源的正负输出端之间,其中,每个封装器件的第二电平端均连接到直流电源的正输出端,第零电平端均连接到直流电源的负输出端,第一电平端均连接到 DC/DC 变换器的正输出端,DC/DC 变换器的输入端和接地端分别连接到直流电源的正负输出端,直流电源的正负输出端之间连接电容 C_2 ,DC/DC 变换器的正输出端和直流电源的负输出端之间连接电容 C_1 ,每个封装器件的交流输出 AC1 和 AC2 端分别连接到三相系统中的三个原边绕组的两端。

[0227] 第四实施例

[0228] 请参阅图 21, 图 21 是本发明第四实施例主电路, 也即是上述第二实施例的简化电路, 其与上述第二实施例的区别仅在于, 少了一个功率开关管 T1, 其他结构完全相同。

[0229] 该逆变器的工作模态分析如下:

[0230] 模态 H1: 开关管 T2, T3, T6 导通, 其余截止。电流经: PV+ → T3 → L1 → Vgrid → L2 → T6 → T2 → PV-, 桥臂输出电压 $V_{ab} = V_2$ 。

[0231] 模态 H2: 开关管 T2, T3, T6 导通, 其余截止。电流经: PV- → D2 → D6 → L2 → Vgrid → L1 → D3 → PV+, 桥臂输出电压 $V_{ab} = V_2$ 。

[0232] 模态 H3: 开关管 T2, T4, T5 导通, 其余截止。电流经: PV+ → T5 → L2 → Vgrid → L1 → T4 → T2 → PV-, 桥臂输出电压 $V_{ab} = -V_2$ 。

[0233] 模态 H4: 开关管 T2, T4, T5 导通, 其余截止。电流经: PV- → D2 → D4 → L1 → Vgrid → L2 → D5 → PV+, 桥臂输出电压 $V_{ab} = -V_2$ 。

[0234] 模态 H5: 开关管 T3, T6, T7 导通, 其余截止。电流经: PV+ → T3 → L1 → Vgrid → L2 → T6 → D1 → T7 → DC-, 桥臂输出电压 $V_{ab} = V_1$ 。

[0235] 模态 H7: 开关管 T4, T5, T7 导通, 其余截止。电流经: PV+ → T5 → L2 → Vgrid → L1 → T4 → D1 → T7 → DC-, 桥臂输出电压 $V_{ab} = -V_1$ 。

[0236] 模态 H9: 开关管 T4, T6 导通, 其余截止。电流经: T6 → D4 → L1 → Vgrid → L2 → T6, 桥臂输出电压 $V_{ab} = 0$ 。

[0237] 模态 H10: 开关管 T4, T6 导通, 其余截止。电流经: T4 → D6 → L2 → Vgrid → L1 → T4, 桥臂输出电压 $V_{ab} = 0$ 。

[0238] 模态 H11: 开关管 T3, T5 导通, 其余截止。电流经: D5 → T3 → L1 → Vgrid → L2 → D5, 桥臂输出电压 $V_{ab} = 0$ 。

[0239] 模态 H12: 开关管 T3, T5 导通, 其余截止。电流经: D3 → T5 → L2 → Vgrid → L1 → D3, 桥臂输出电压 $V_{ab} = 0$ 。

[0240] 也即比上述第二实施例少了两个模态: H6、H8。

[0241] 共模电压 $V_{CM} = (V_{aN} + V_{bN}) / 2$, 依次计算上述模态的共模电压。考虑到开关管寄生电容的作用, 可以近似认为共模电压如下表四所示。

[0242] 表四各种工作模态的共模电压

[0243]

工作模态	桥臂输出电压 V_{ab}	共模电压 V_{CM}	电流流向
H1, H2	V_2	$V_2/2$	H1- 正向电流, H2- 负向电流
H3, H4	$-V_2$	$V_2/2$	H3- 负向电流, H4- 正向电流
H5	V_1	$V_2 - V_1/2$	H5- 正向电流, H6- 负向电流
H7	$-V_1$	$V_2 - V_1/2$	H7- 负向电流, H8- 正向电流
H9, H10	0	$V_2 - V_1/2$	H9- 正向电流, H10- 负向电流
H11, H12	0	V_2	H11- 正向电流, H12- 负向电流

[0244] 同上述分析,舍弃了 H11, H12 工作模态,由 H9、H10 工作模态组合 $V_{ab} = 0$ 电平。

[0245] 从上述分析可知,该结构的逆变器,中间电平并不是由两个电容分压获得,因此 V_2 不一定要等于两倍 V_1 ,因此,规避了多电平控制的中点平衡控制的问题,实现容易。

[0246] 采用以上模态的逆变器的工作过程分析如下:

[0247] 假定满足逆变器最低工作电压为 V_m (一般为电网电压的幅值或峰值),PV (直流电源) 输出电压 V_2 高于逆变器最低工作电压 V_m ,采用以下所述的调制策略。

[0248] (1) 通过 Buck 降压电路 DC/DC 变换器工作获得电压 V_1 ,使 $V_1 < V_m$,桥臂电压和共模电压如图 13(a)、(b) 所示。

[0249] (2) 通过 Buck 降压电路 DC/DC 变换器工作获得电压 V_1 ,使 $V_2 > V_1 > V_m$,桥臂电压和共模电压如图 14(a)、(b) 所示。

[0250] 该种结构的逆变器拓扑同样可以应用在三相三线制的和三相四线制的三相系统中,此时,功率开关管 T2、T3、T4、T5、T6、T7 作为一个封装器件,其中 H 桥电路的第一输入端作为封装器件的第二电平端、功率开关管 T7 的发射极作为封装器件的第一电平端、功率开关管 T2 的发射极作为封装器件的第零电平端、H 桥电路的第一输出端与第二输出端分别作为封装器件的交流输出 AC1 和 AC2 端,三组所述的封装器件并联在直流电源的正负输出端之间,其中,每个封装器件的第二电平端均连接到直流电源的正输出端,第零电平端均连接到直流电源的负输出端,第一电平端均连接到 DC/DC 变换器的负输出端,DC/DC 变换器的输入端和接地端分别连接到直流电源的正负输出端,直流电源的正负输出端之间连接电容 C2,DC/DC 变换器的负输出端和直流电源的正输出端之间连接电容 C1,每个封装器件的交流输出 AC1 和 AC2 端分别连接到三相系统中的三个原边绕组的两端。

[0251] 上述四个实施例中提到的功率开关管可以采用晶闸管、MOSFET (金属氧化物半导体场效应晶体管)、JFET (结型场效应管)、IGBT (绝缘栅双极型) 等等开关管。

[0252] 需要说明的是,上述四个实施例中的直流电源实际应用中可以为太阳能电池,还可以是其他直流电源。上述四个实施例中的滤波电路还可以为 LC 型或 LCL 型结构。

[0253] 虽然以上描述了本发明实施例的具体实施方式,但是熟悉本技术领域的技术人员应当理解,我们所描述的具体的实施例只是说明性的,而不是用于对本发明实施例的范围的限定,熟悉本领域的技术人员在依照本发明实施例的精神所作的等效的修饰以及变化,都应当涵盖在本发明实施例的权利要求所保护的范围内。

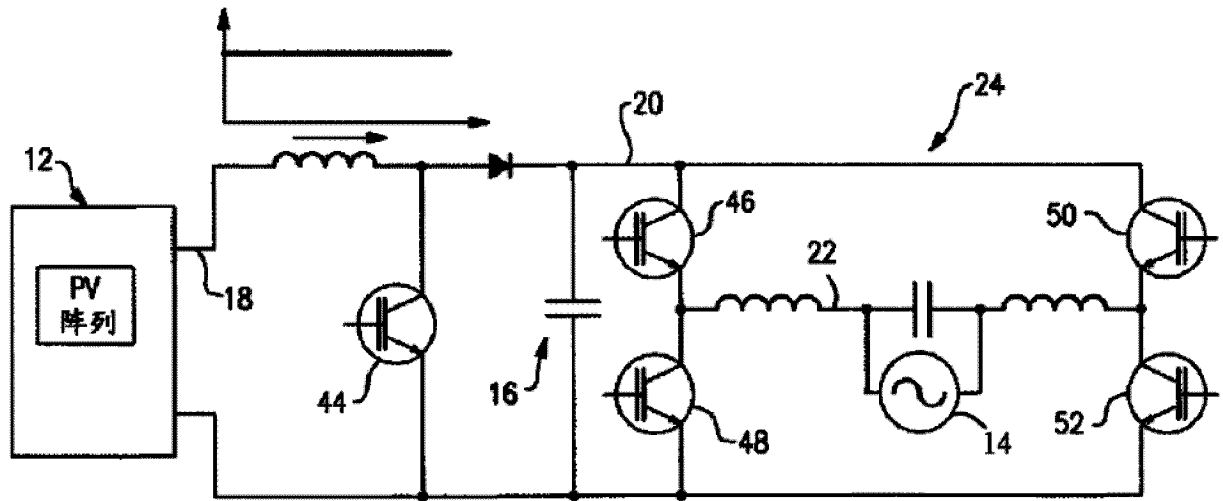


图 1

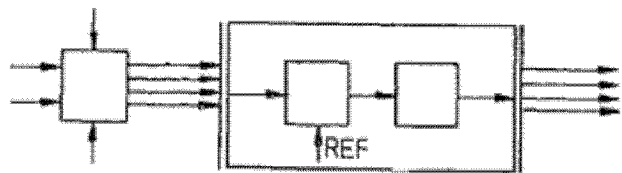
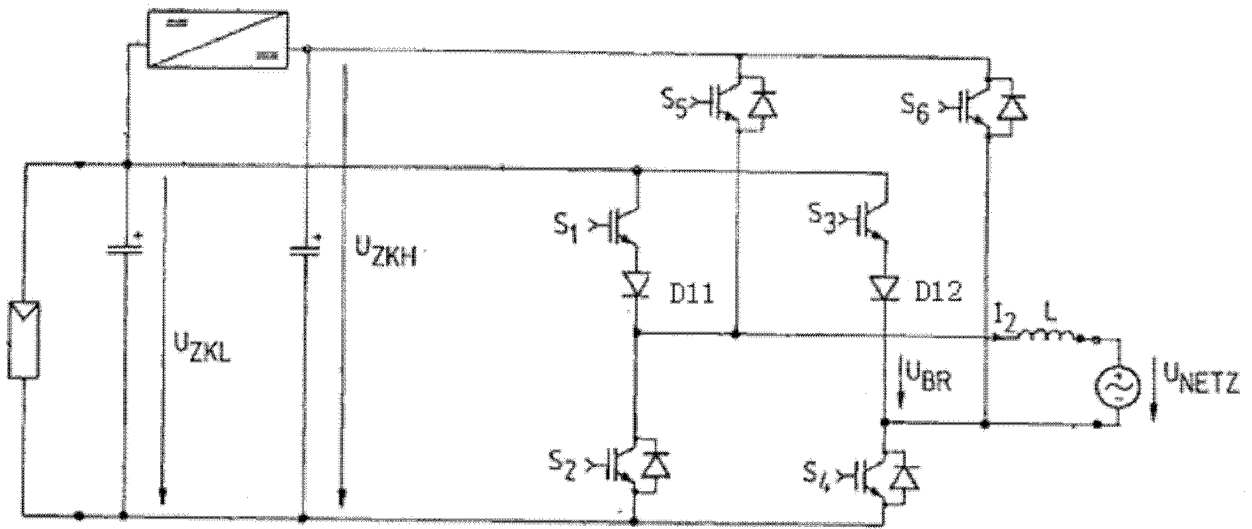


图 2

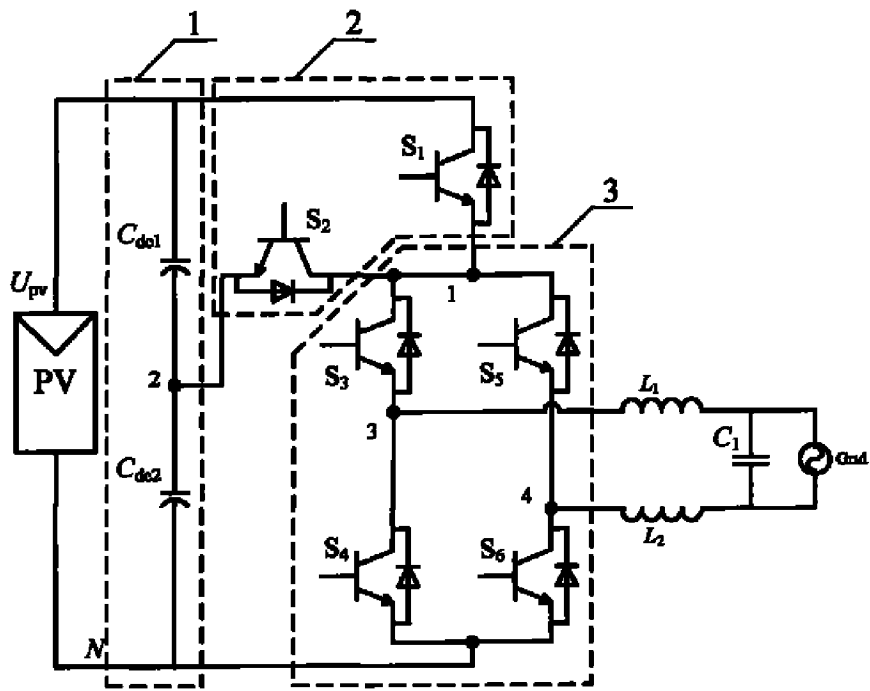


图 3

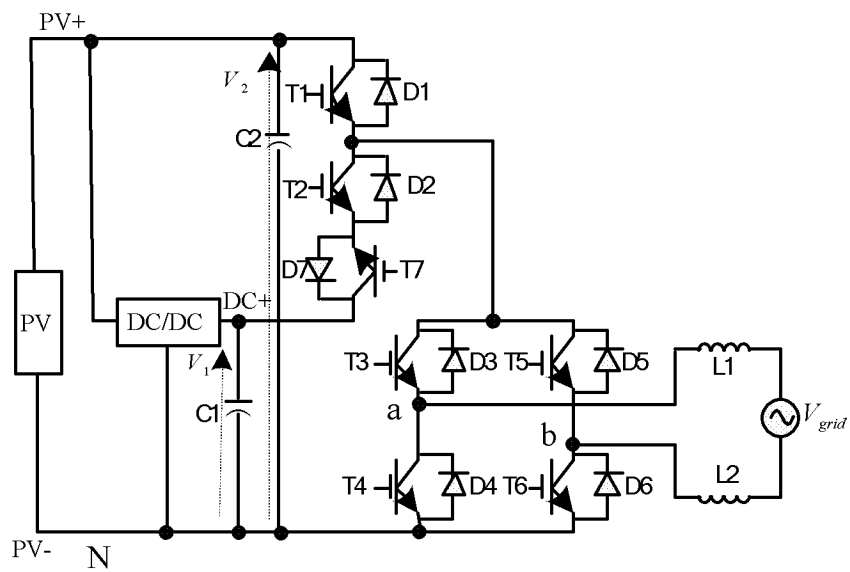
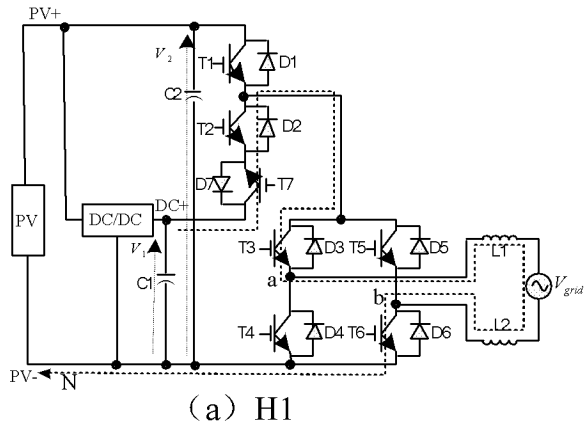
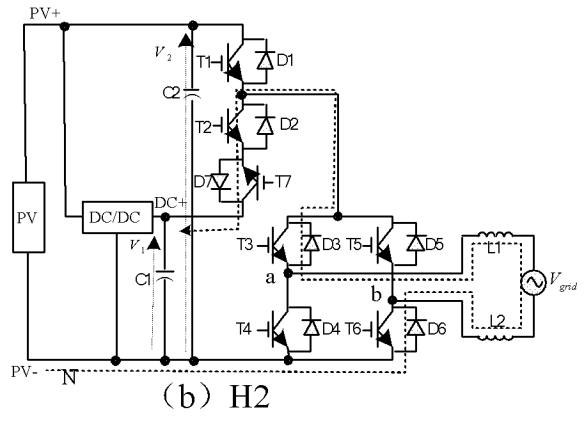


图 4



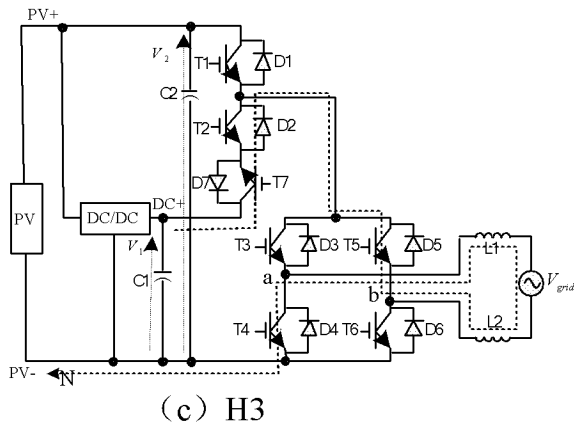
(a) H1

图 5a



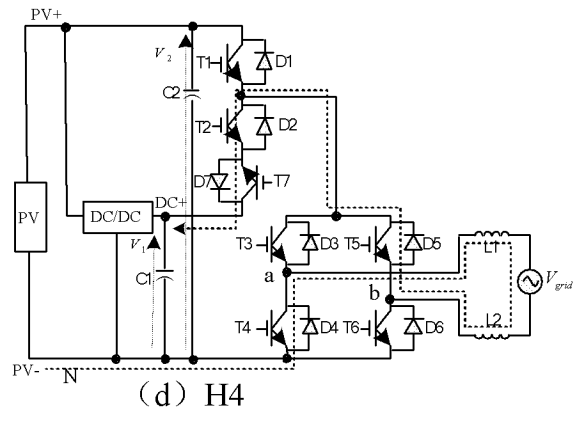
(b) H2

图 5b



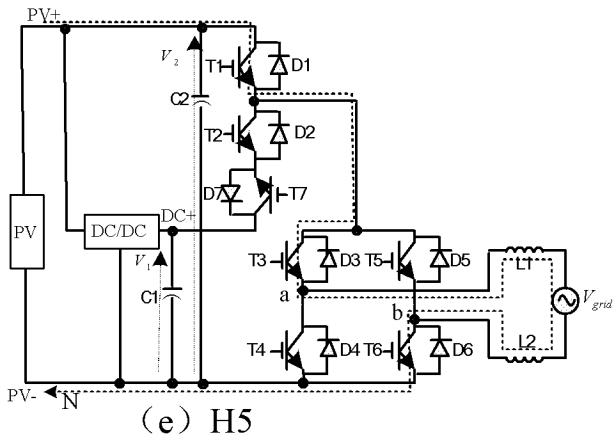
(c) H3

图 5c



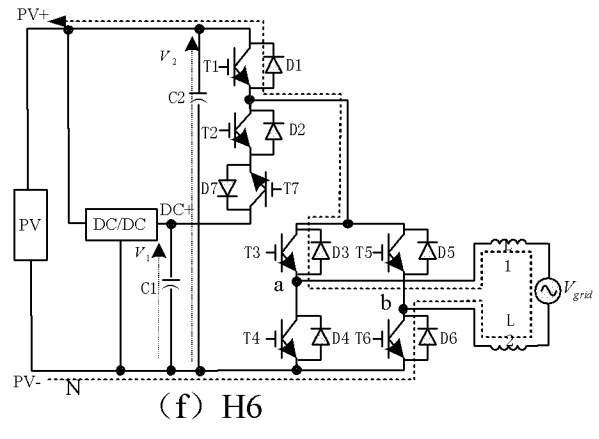
(d) H4

图 5d



(e) H5

图 5e



(f) H6

图 5f

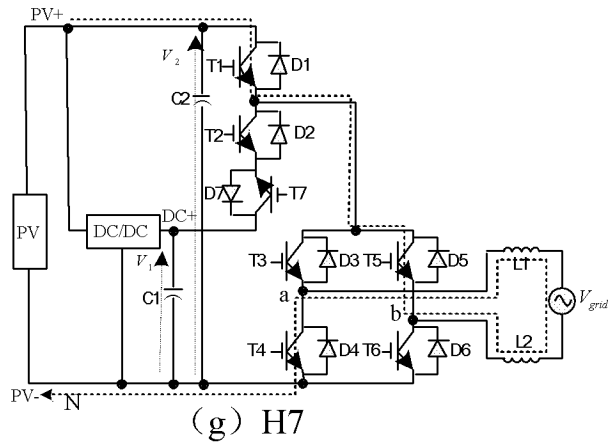


图 5g

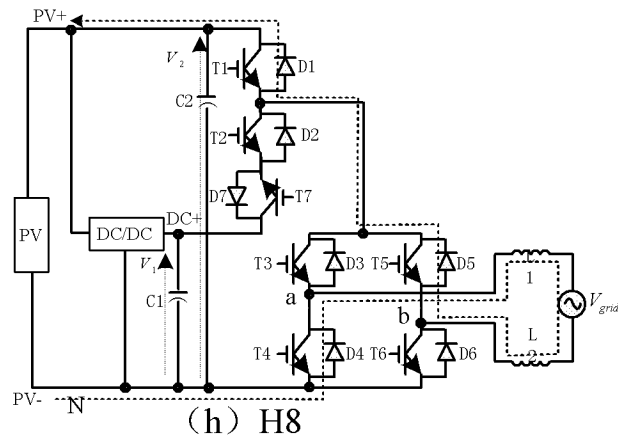


图 5h

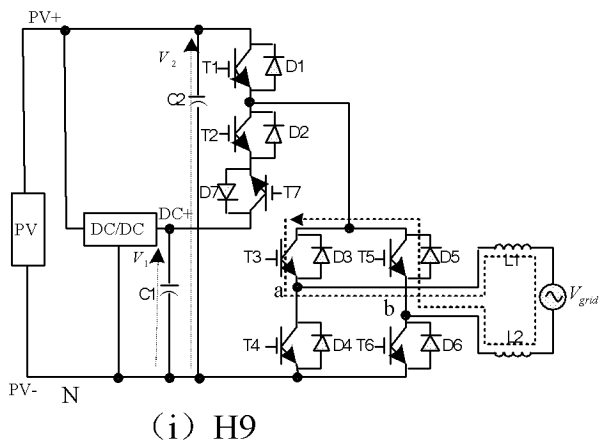


图 5i

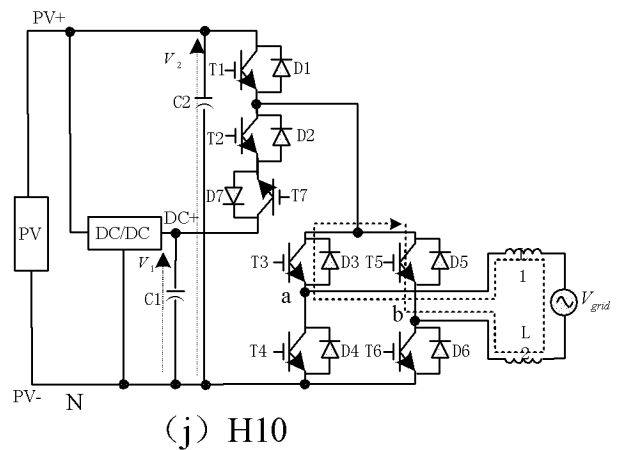


图 5j

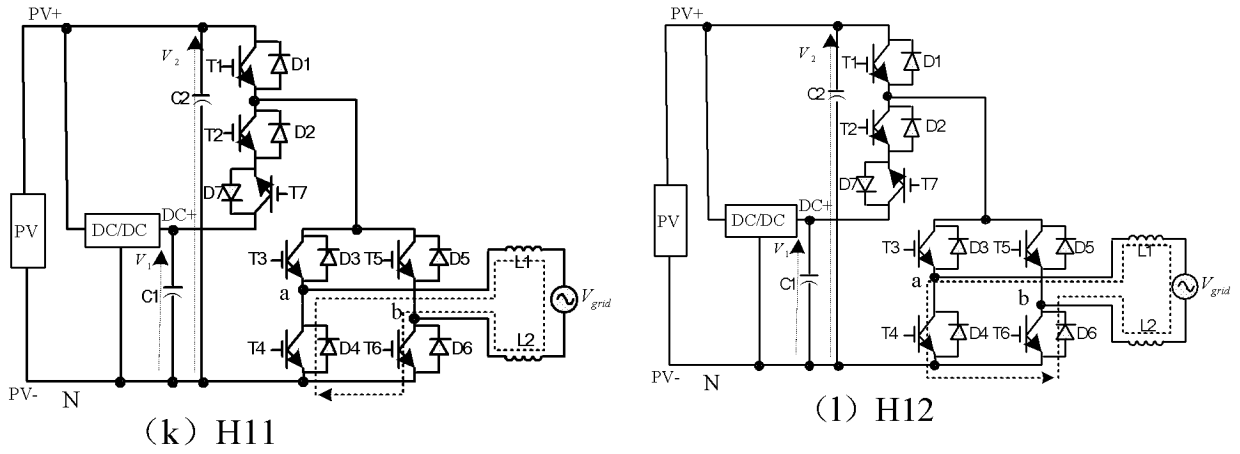


图 5k

图 5l

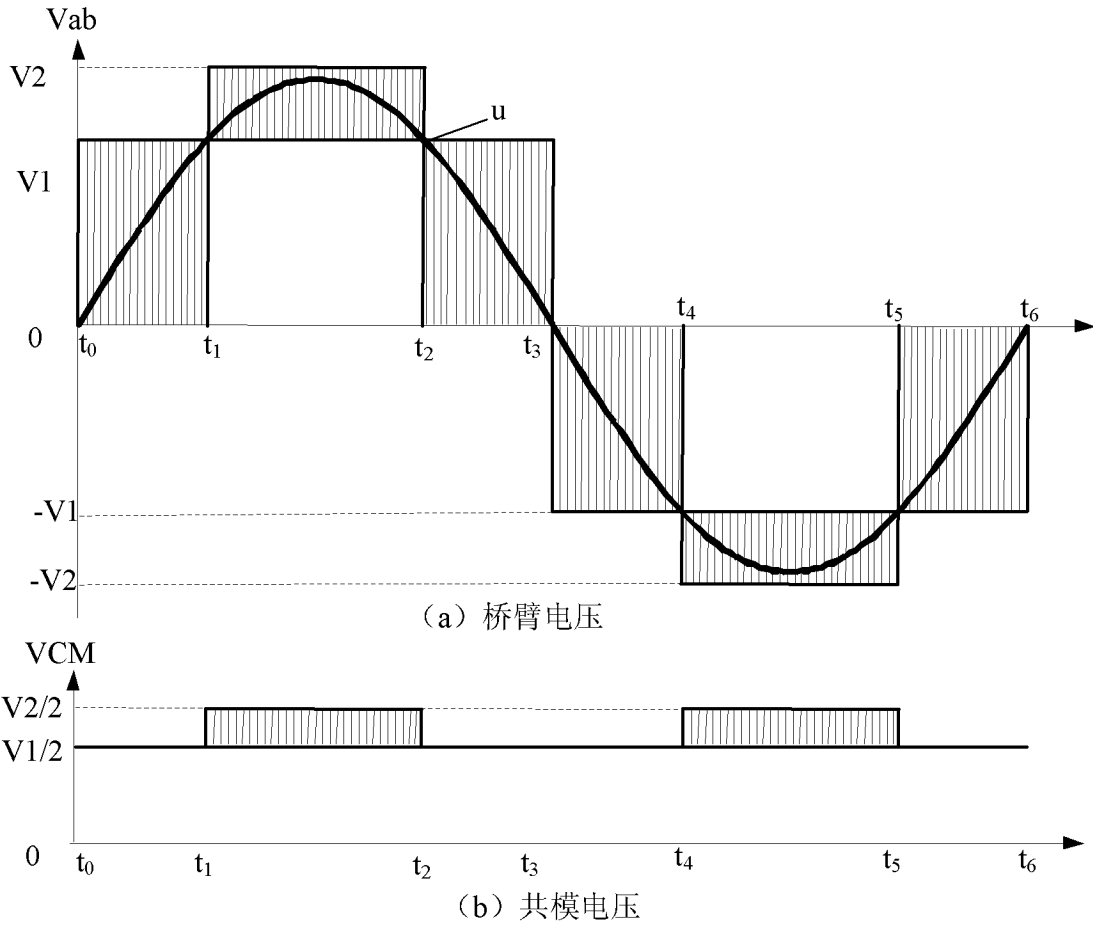


图 6

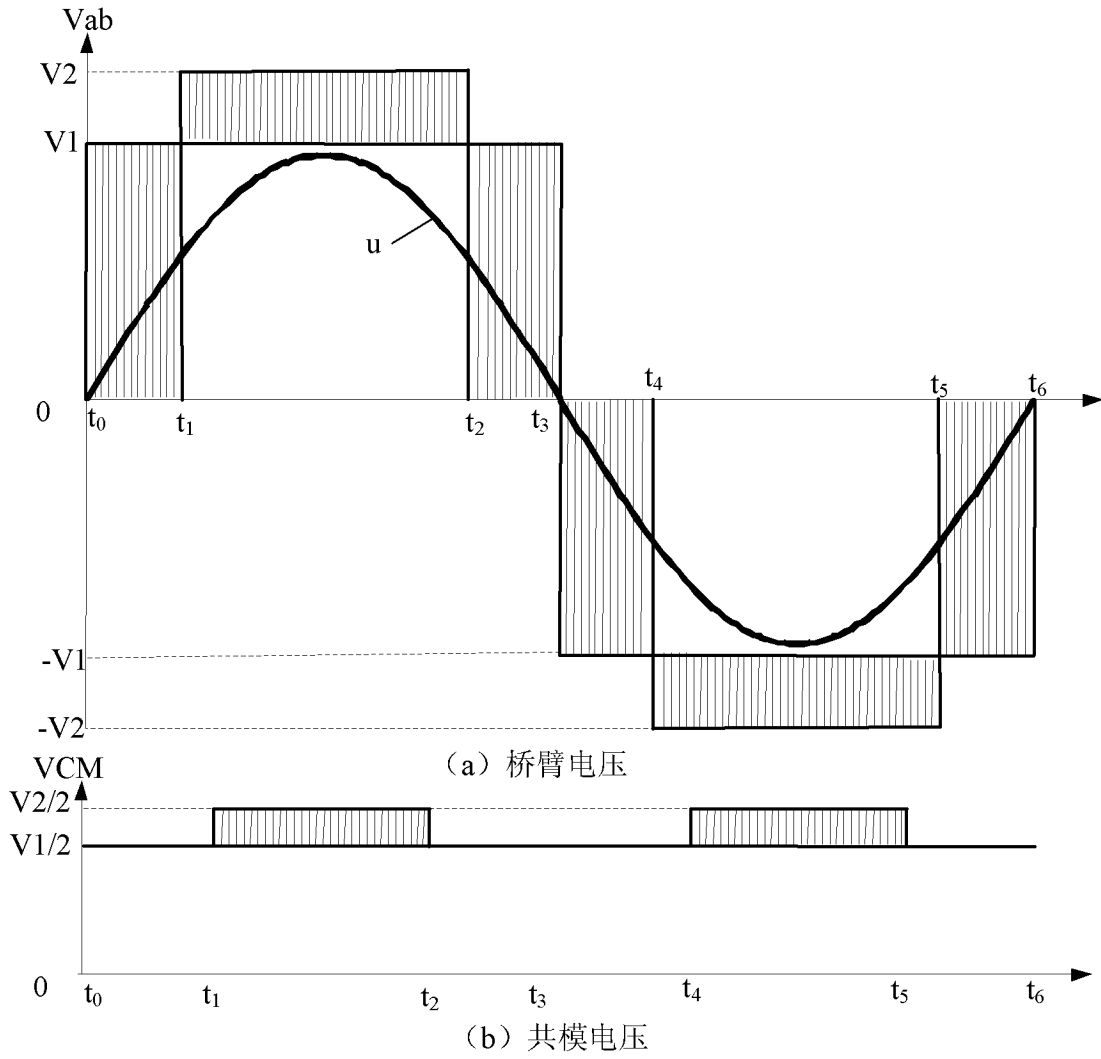


图 7

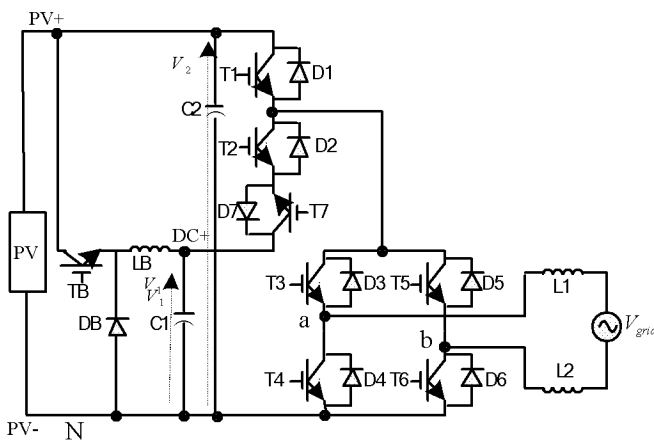


图 8

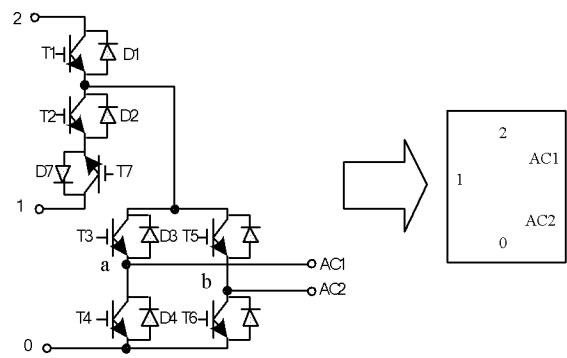


图 9

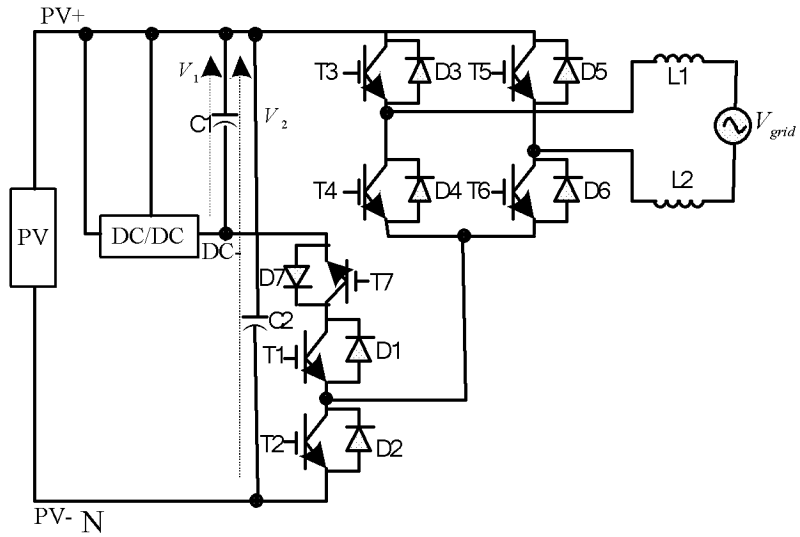


图 12

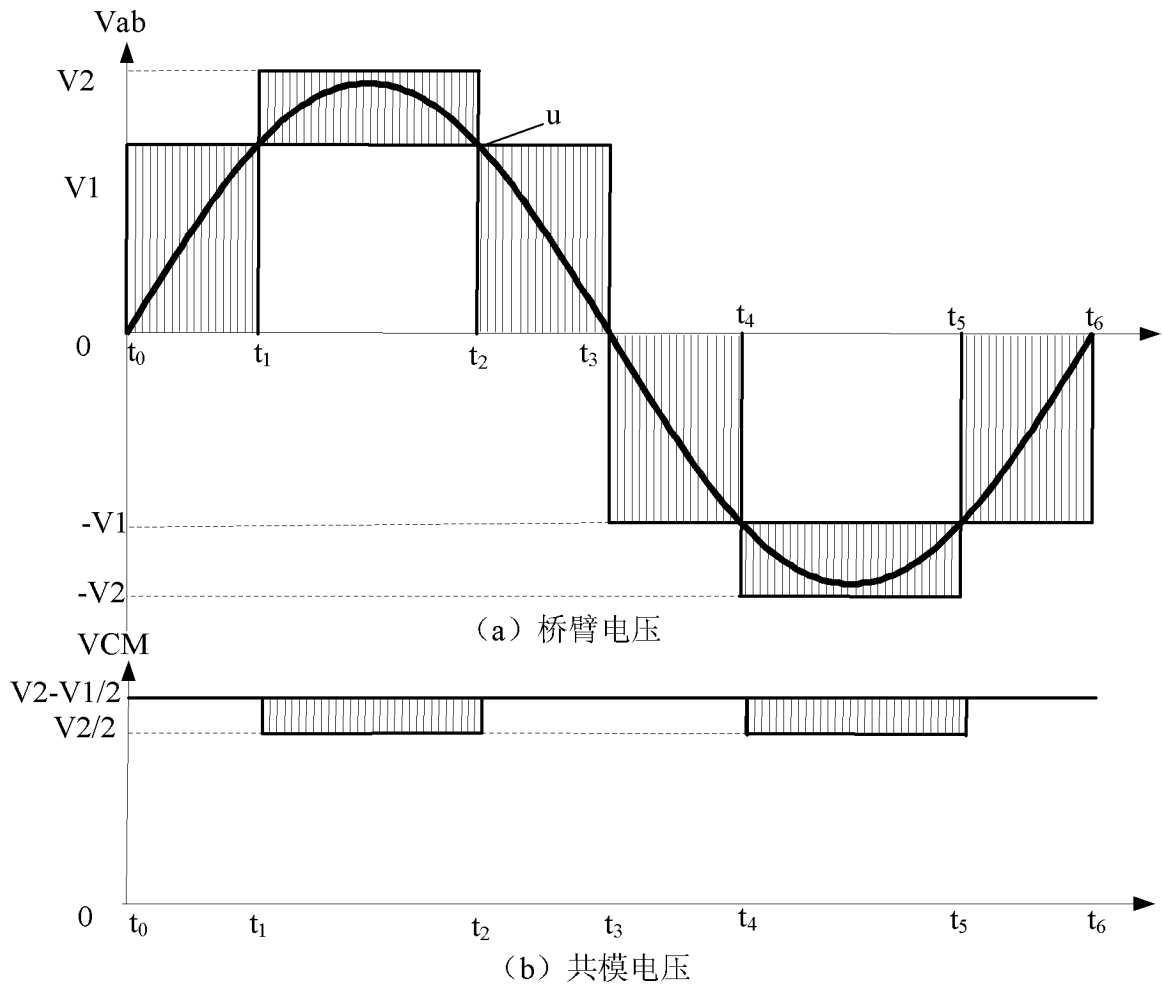


图 13

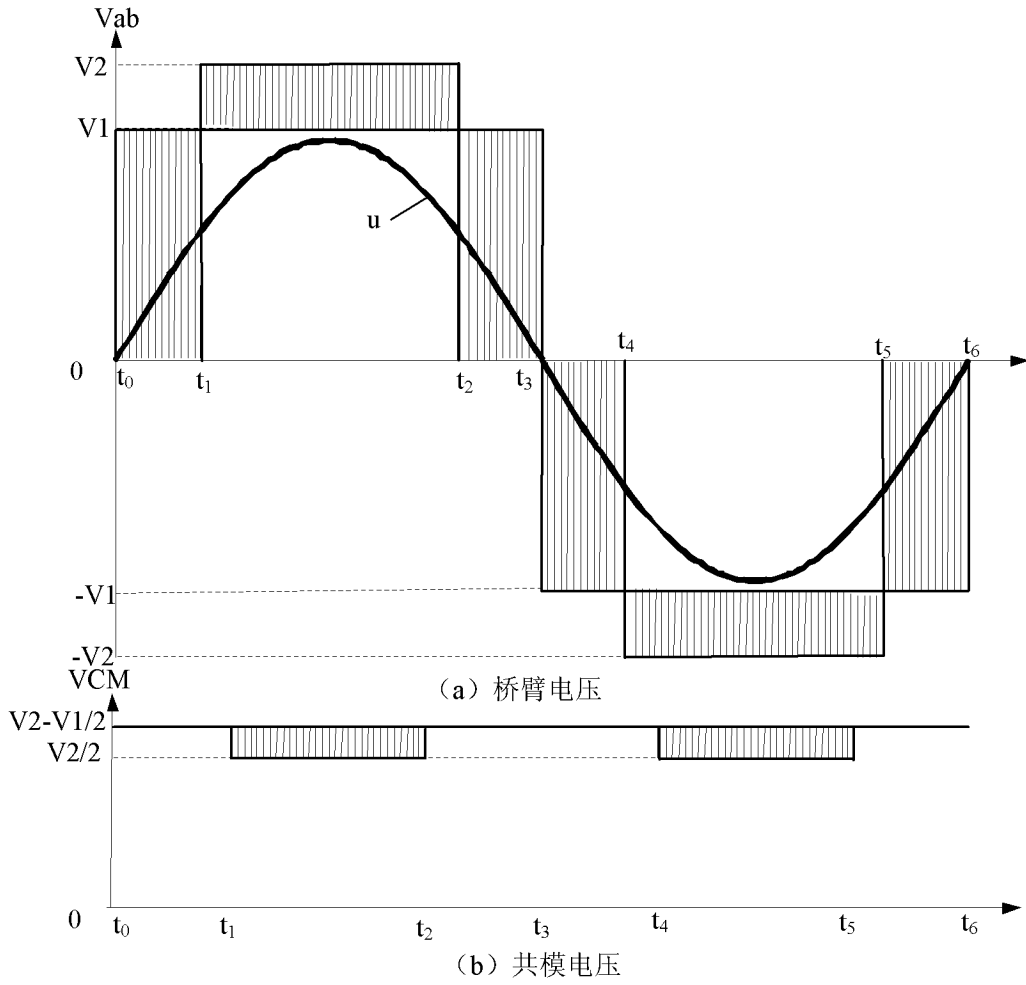


图 14

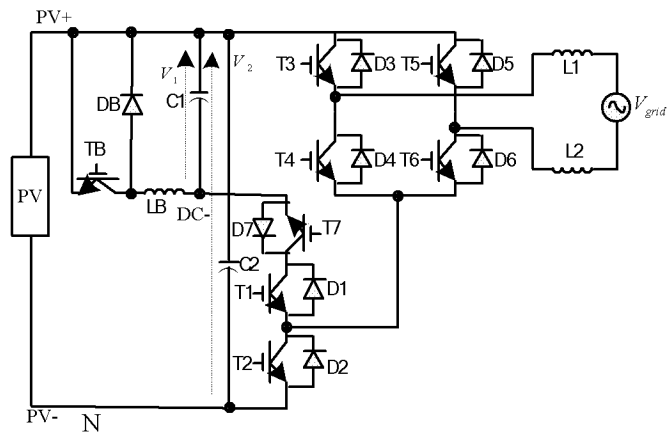


图 15

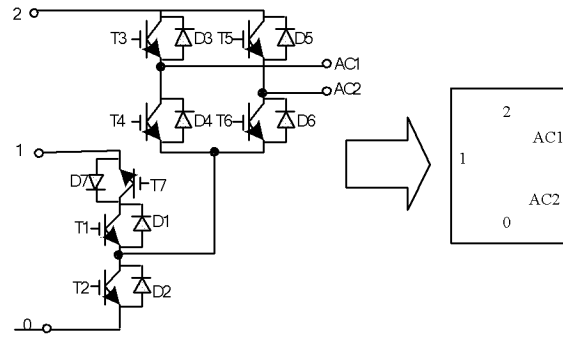


图 16

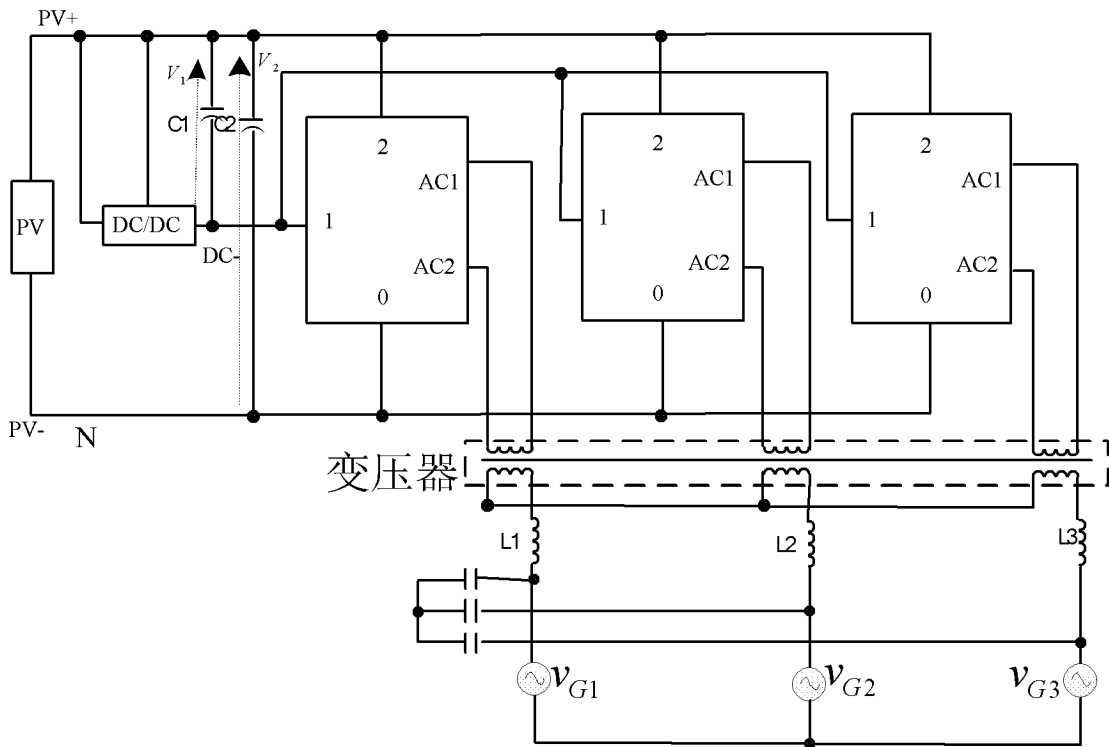


图 17

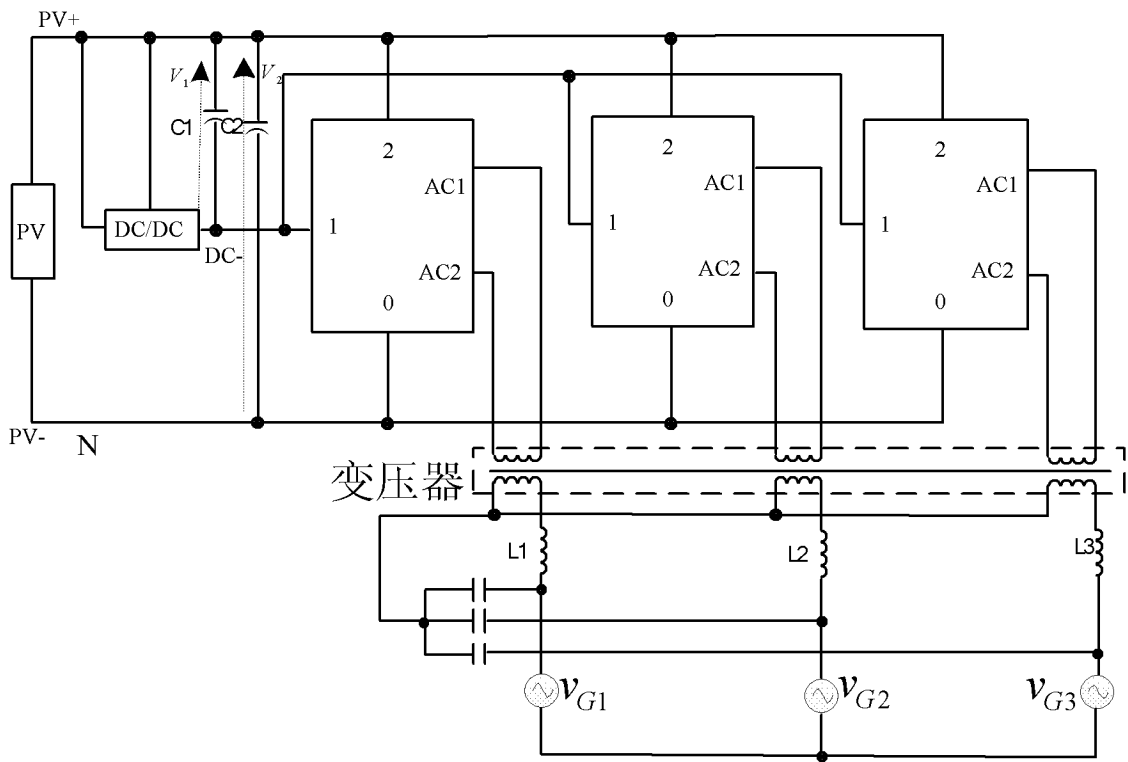


图 18

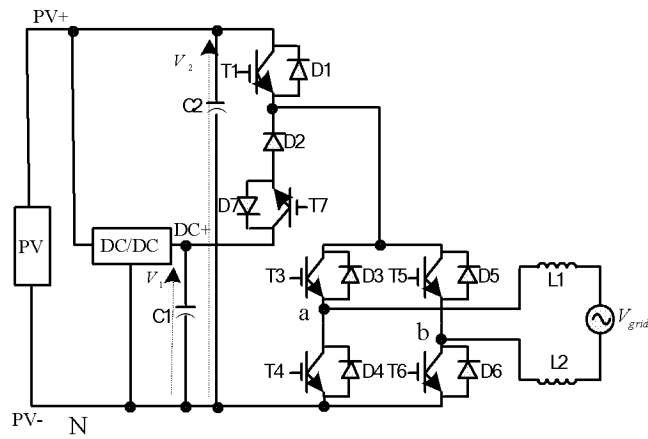
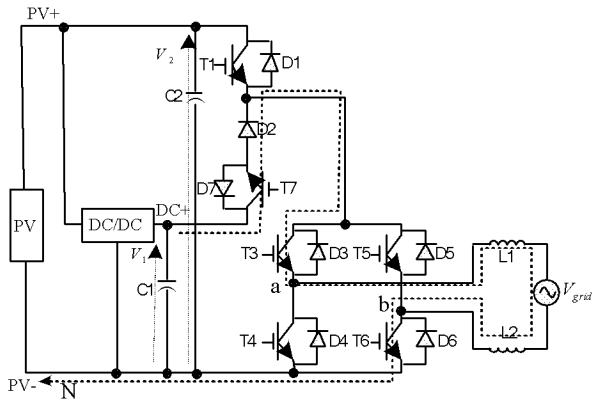
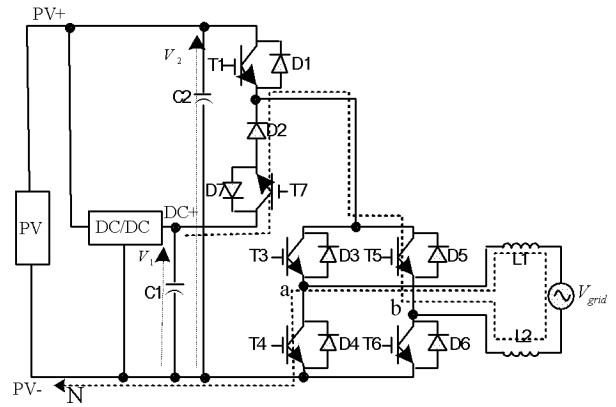


图 19



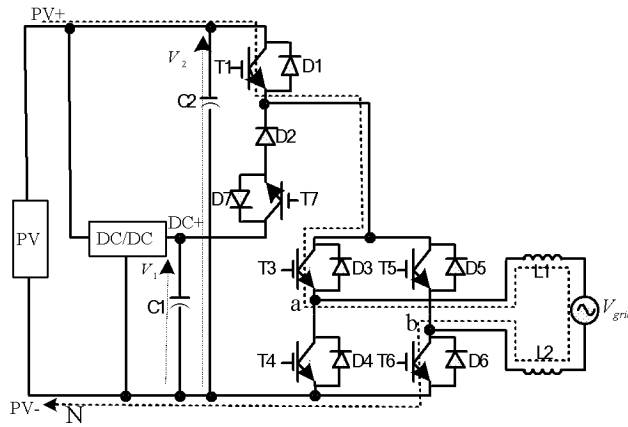
H1

图 20a



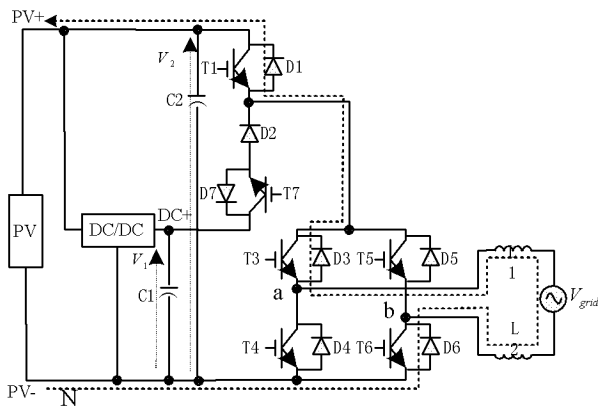
H3

图 20b



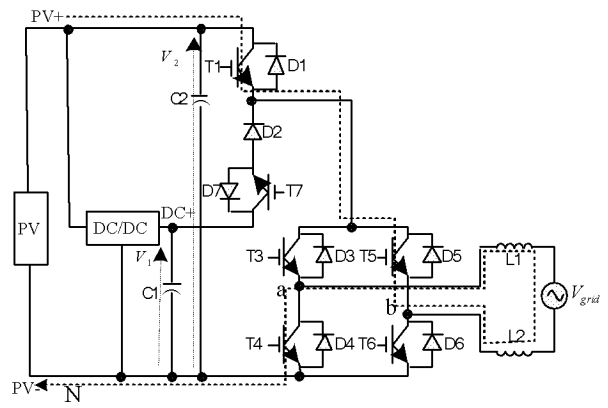
H5

图 20c



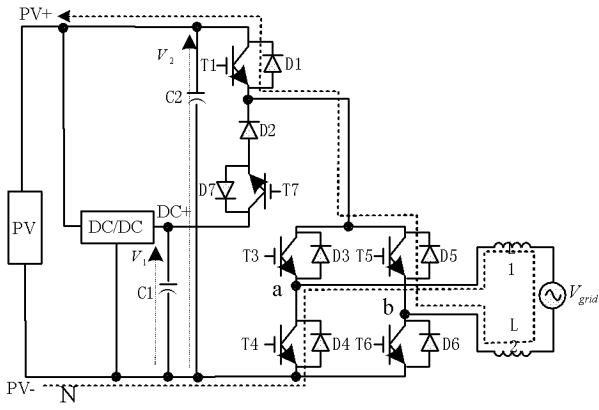
H6

图 20d



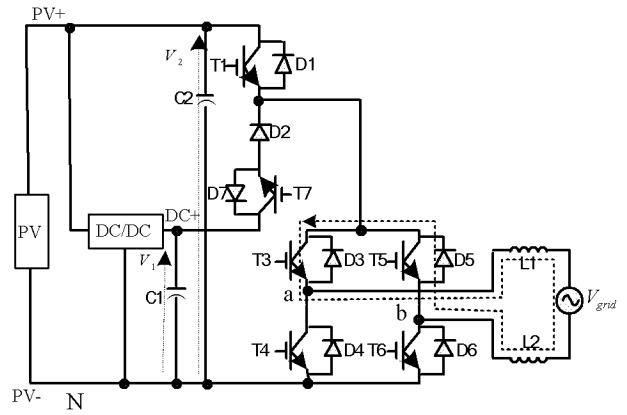
H7

图 20e



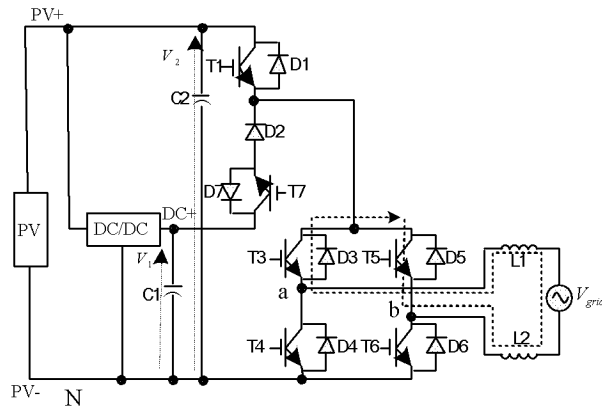
H8

图 20f



H9

图 20g



H10

图 20h

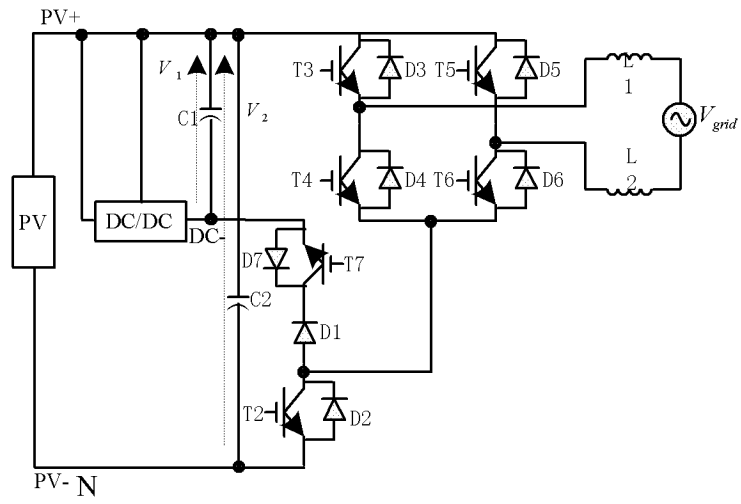


图 21