(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 102891611 A
(43)申请公布日 2013.01.23

(21)申请号 201210222899.2

(22)申请日 2012.06.30

(71)申请人 华为技术有限公司
地址 518129 广东省深圳市龙岗区坂田华为总部办公楼

(72)发明人 何波 傅电波 吕艺行

(74)专利代理机构 北京同立钧成知识产权代理有限公司 11205
代理人 刘芳

(51)Int.Cl.
H02M 5/458(2006.01)

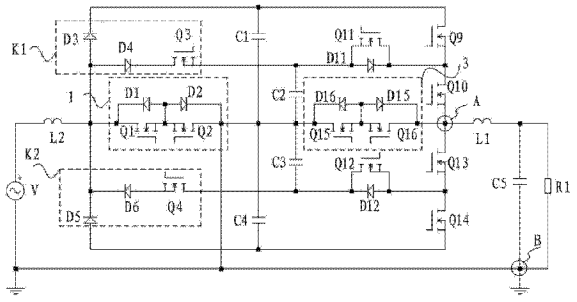
权利要求书 6 页 说明书 15 页 附图 9 页

(54)发明名称

五电平功率变换器及其控制方法、控制装置

(57)摘要

本发明提供一种五电平功率变换器及其控制方法、控制装置。其中，该五电平功率变换器包括逆变器，以及至少一个整流器；所述整流器包括至少一个整流控制电路，两两并联的四个电容，第一电容至第四电容的各第一端共地；所述整流控制电路用于分别向第一电容至第四电容的各第二端输入电流，且第一电容的第二端和第二电容的第二端上积累的电荷极性与第三电容的第二端和第四电容的第二端上积累的电荷极性相反；所述逆变器包括放电控制电路，以及串联的第一电感单元和第一负载，放电控制电路用于依次从整流器的四个电容的第二端放电，放电电流经过串联的第一电感单元和第一负载，且对第一电容至第四电容中任一电容的充电和放电错开。



CN 102891611 A

1. 一种五电平功率变换器，包括逆变器，以及至少一个整流器，其特征在于，所述整流器包括整流控制电路，并联的第一电容和第二电容，以及并联的第三电容和第四电容，所述第一电容的第一端、第二电容的第一端、第三电容的第一端和第四电容的第一端共地；

所述整流控制电路用于分别向所述第一电容的第二端、所述第二电容的第二端、所述第三电容的第二端和所述第四电容的第二端输入电流，且所述第一电容的第二端和所述第二电容的第二端上积累的电荷极性相同，所述第一电容的第二端上积累的电量大于所述第二电容的第二端上积累的电量；所述第三电容的第二端和所述第四电容的第二端上积累的电荷极性相同，所述第四电容的第二端上积累的电量大于所述第三电容的第二端上积累的电量，且所述第一电容的第二端和所述第二电容的第二端上积累的电荷极性与所述第三电容的第二端和所述第四电容的第二端上积累的电荷极性相反；

所述逆变器包括放电控制电路，以及串联的第一电感单元和第一负载，所述第一电感单元的第一端和所述第一负载的第一端连接，所述第一负载的第二端接地，所述放电控制电路用于依次从所述整流器的第二电容的第二端、第一电容的第二端、第三电容的第二端和第四电容的第二端放电，放电电流经过所述串联的第一电感单元和第一负载，且对所述第一电容、第二电容、第三电容和第四电容中任一电容的充电和放电错开。

2. 根据权利要求 1 所述的五电平功率变换器，其特征在于，所述整流控制电路包括第二电感单元、第一切换电路、第一控制电路和第二控制电路，所述第二电感单元的第一端连接外部输入电源；

所述第一控制电路包括第三二极管、第四二极管和第三开关管，所述第三二极管串联在所述第一电容的第二端和所述第二电感单元的第二端之间的电路上，所述第三二极管的正极和所述第二电感单元的第二端连接，所述第三二极管的负极与所述第一电容的第二端连接；所述第四二极管和第三开关管串联在所述第二电容的第二端和所述第二电感单元的第二端之间的电路上，且所述第四二极管的正极与所述第二电感单元的第二端连接；

所述第二控制电路包括第五二极管、第六二极管和第四开关管，所述第五二极管串联在所述第四电容的第二端和所述第二电感单元的第二端之间的电路上，所述第五二极管的正极和所述第二电感单元的第二端连接，所述第五二极管的负极与所述第四电容的第二端连接；所述第六二极管和第四开关管串联在所述第三电容的第二端和所述第二电感单元的第二端之间的电路上，且所述第六二极管的正极与所述第二电感单元的第二端连接；

所述第一切换电路用于切换外部输入电源提供的储能电流从所述第二电感单元的第一端流向所述第二电感单元的第二端，或从所述第二电感单元的第二端流向所述第二电感单元的第一端。

3. 根据权利要求 2 所述的五电平功率变换器，其特征在于，所述第一切换电路包括串联的第一开关管和第二开关管，以及串联的第一二极管和第二二极管，所述第一二极管和第二二极管的极性相对设置，且所述第一开关管和第二开关管之间，与所述第一二极管和第二二极管之间连通。

4. 根据权利要求 2 所述的五电平功率变换器，其特征在于，所述外部输入电源包括外部交流输入电源和电池组，所述外部交流输入电源与所述第二电感单元的第一端之间通过交流开关元件连接；

在所述整流器包括一个整流控制电路时，所述电池组包括第一电池单元和第二电池单

元，所述第一电池单元的正极与所述整流控制电路的第二电感单元的第一端通过直流开关元件连接，所述第一电池单元的负极接地，所述第二电池单元的负极与所述整流控制电路的第二电感单元的第一端通过直流开关元件连接，所述第二电池单元的正极接地；

或在包括第一整流器和第二整流器时，所述电池组包括第三电池单元和第四电池单元，所述第三电池单元的正极与所述第一整流器的第二电感单元的第一端通过直流开关元件连接，所述第三电池单元的负极接地，所述第四电池单元的负极与所述第二整流器的第二电感单元的第一端通过直流开关元件连接，所述第四电池单元的正极接地。

5. 根据权利要求 1 所述的五电平功率变换器，其特征在于，所述整流控制电路包括第三电感单元、第四电感单元、第二切换电路、第三控制电路和第四控制电路，所述第三电感单元的第一端，以及所述第四电感单元的第一端连接外部输入电源；

所述第三控制电路包括第七二极管、第八二极管和第五开关管，所述第七二极管串联在所述第一电容的第二端和所述第三电感单元的第二端之间的电路上，所述第七二极管的正极和所述第三电感单元的第二端连接，所述第七二极管的负极与所述第一电容的第二端连接；所述第八二极管和第五开关管串联在所述第二电容的第二端和所述第三电感单元的第二端之间的电路上，且所述第八二极管的正极与所述第三电感单元的第二端连接；

所述第四控制电路包括第九二极管、第十二极管和第六开关管，所述第九二极管串联在所述第四电容的第二端和所述第四电感单元的第二端之间的电路上，所述第九二极管的正极和所述第四电感单元的第二端连接，所述第九二极管的负极与所述第四电容的第二端连接；所述第十二极管和第六开关管串联在所述第三电容的第二端和所述第四电感单元的第二端之间的电路上，且所述第十二极管的正极与所述第四电感单元的第二端连接；

所述第二切换电路用于切换外部输入电源提供的储能电流从所述第三电感单元的第一端流向所述第三电感单元的第二端，或从所述第四电感单元的第二端流向所述第四电感单元的第一端。

6. 根据权利要求 5 所述的五电平功率变换器，其特征在于，所述第二切换电路包括第七开关管和第八开关管，所述第七开关管的一端与所述第三电感单元的第二端连接，另一端接地，所述第八开关管的一端与所述第四电感单元的第二端连接，另一端接地。

7. 根据权利要求 5 所述的五电平功率转换器，其特征在于，所述外部输入电源包括外部交流输入电源或电池组，所述外部输入电源与所述第三电感单元的第一端之间，以及所述外部交流输入电源与所述第四电感单元的第一端之间通过交流开关元件连接；

所述电池组包括第五电池单元和第六电池单元，所述第五电池单元的正极与第三电感单元的第一端通过直流开关元件连接，所述第五电池单元的负极接地，所述第六电池单元的负极与第四电感单元的第一端通过直流开关元件连接，所述第六电池单元的正极接地。

8. 根据权利要求 2 或 5 所述的五电平功率转换器，其特征在于，所述第一电感单元、第二电感单元、第三电感单元或第四电感单元为如下任一组成方式：

单一电感元件组成、多个电感元件并联组成或多个电感元件串联组成。

9. 根据权利要求 1-8 任一所述的五电平功率变换器，其特征在于，所述放电控制电路包括第九开关管、第十开关管、第十一开关管、第十二开关管、第十三开关管、第十四开关管和第三切换电路；

所述第九开关管的第一端与所述第一电容的第二端连接，所述第九开关管的第二端与

所述第十开关管的第一端连接，所述第十开关管的第二端与所述第一电感单元的第二端连接，所述第十一开关管的第一端与所述第二电容的第二端连接，所述第十一开关管的第二端与所述第十开关管的第一端连接；所述第十四开关管的第一端与所述第四电容的第二端连接，所述第十四开关管的第二端与所述第十三开关管的第一端连接，所述第十三开关管的第二端与所述第一电感单元的第二端连接，所述第十二开关管的第一端与第三电容的第二端连接，所述第十二开关管的第二端与第十四开关管的第二端连接；

所述第三切换电路的第一端与所述第一电感单元的第二端连接，所述第三切换电路的第二端接地，用于分时实现从所述第三切换电路的第二端到第一端正向导通，或从第三切换电路的第一端到第二端反向导通。

10. 一种针对权利要求 1-9 任一所述的五电平功率变换器的控制方法，其特征在于，该五电平功率变换器的控制方法包括：

控制所述整流控制电路分别向所述第一电容的第二端、所述第二电容的第二端、所述第三电容的第二端和所述第四电容的第二端输入电流，且所述第一电容的第二端和所述第二电容的第二端上积累的电荷极性相同，所述第一电容的第二端上积累的电量大于所述第二电容的第二端上积累的电量；所述第三电容的第二端和所述第四电容的第二端上积累的电荷极性相同，所述第四电容的第二端上积累的电量大于所述第三电容的第二端上积累的电量，且所述第一电容的第二端和所述第二电容的第二端上积累的电荷极性与所述第三电容的第二端和所述第四电容的第二端上积累的电荷极性相反；

控制所述放电控制电路依次从所述整流器的第二电容的第二端、第一电容的第二端、第三电容的第二端和第四电容的第二端放电，放电电流经过所述串联的第一电感单元和第一负载，且对所述第一电容、第二电容、第三电容和第四电容中任一电容的充电和放电错开。

11. 根据权利要求 10 所述的五电平功率变换器的控制方法，其特征在于，所述控制所述整流控制电路分别向所述第一电容的第二端、所述第二电容的第二端、所述第三电容的第二端和所述第四电容的第二端输入电流包括：

控制第一切换电路切换外部输入电源提供的储能电流从所述第二电感单元的第一端流向所述第二电感单元的第二端，对第二电感单元储能；

关闭第一切换电路，第二电感单元分别对第一电容和第二电容充电，且控制串联在所述第二电容的第二端和所述第二电感单元的第二端之间的第三开关管的占空比，使第一电容的第二端上积累的电量大于所述第二电容的第二端上积累的电量；

控制第一切换电路切换外部输入电源提供的储能电流从所述第二电感单元的第二端流向所述第二电感单元的第一端，对第二电感单元储能；

关闭第一切换电路，第二电感单元分别对第三电容和第四电容充电，且控制串联在所述第三电容的第二端和所述第二电感单元的第二端之间的第四开关管的占空比，使第四电容的第二端上积累的电量大于所述第三电容的第二端上积累的电量。

12. 根据权利要求 10 所述的五电平功率变换器的控制方法，其特征在于，所述控制所述整流控制电路分别向所述第一电容的第二端、所述第二电容的第二端、所述第三电容的第二端和所述第四电容的第二端输入电流包括：

控制第二切换电路切换外部输入电源提供的储能电流从所述第三电感单元的第一端

流向所述第三电感单元的第二端，对第三电感单元储能；

关闭第二切换电路，第二电感单元分别对第一电容和第二电容充电，且控制串联在所述第二电容的第二端和所述第三电感单元的第二端之间的第五开关管的占空比，使第一电容的第二端上积累的电量大于所述第二电容的第二端上积累的电量；

控制第二切换电路切换外部输入电源提供的储能电流从所述第四电感单元的第二端流向所述第四电感单元的第一端；

关闭第二切换电路，第二电感单元分别对第三电容和第四电容充电，且控制串联在所述第三电容的第二端和所述第三电感单元的第二端之间的第六开关管的占空比，使第四电容的第二端上积累的电量大于所述第三电容的第二端上积累的电量。

13. 根据权利要求 10-12 任一所述的五电平功率变换器的控制方法，其特征在于，所述控制方法包括：

控制第十一开关管常通，第十开关管处于开关状态，第九开关管处于关断状态，第二电容放电，放电电流依次经过第一电感单元和第一负载；

控制第十开关管常通，第九开关管处于开关状态，第十一开关管常通，第一电容放电，放电电流依次经过第一电感单元和第一负载；

控制第十一开关管常通，第十开关管处于开关状态，第九开关管 Q9 处于关断状态，第二电容放电，放电电流依次经过第一电感单元和第一负载；

控制第三切换电路切换至从所述第三切换电路的第二端到第一端正向导通；

控制第十二开关管常通，第十三开关管处于开关状态，第十四开关管处于关断状态，第三电容放电，放电电流依次经过第一电感单元和第一负载；

控制第十三开关管常通，第十四开关管处于开关状态，第十二开关管常通，第四电容放电，放电电流依次经过第一电感单元和第一负载；

控制第十二开关管常通，第十三开关管处于开关状态，第十四开关管处于关断状态，第三电容放电，放电电流依次经过第一电感单元和第一负载；

控制第三切换电路切换至从所述第三切换电路的第一端到第二端反向导通。

14. 一种针对权利要求 1-9 任一所述的五电平功率变换器的控制装置，其特征在于，包括：

整流控制模块，用于控制所述整流控制电路分别向所述第一电容的第二端、所述第二电容的第二端、所述第三电容的第二端和所述第四电容的第二端输入电流，且所述第一电容的第二端和所述第二电容的第二端上积累的电荷极性相同，所述第一电容的第二端上积累的电量大于所述第二电容的第二端上积累的电量；所述第三电容的第二端和所述第四电容的第二端上积累的电荷极性相同，所述第四电容的第二端上积累的电量大于所述第三电容的第二端上积累的电量，且所述第一电容的第二端和所述第二电容的第二端上积累的电荷极性与所述第三电容的第二端和所述第四电容的第二端上积累的电荷极性相反；

逆变控制模块，用于控制所述放电控制电路依次从所述整流器的第二电容的第二端、第一电容的第二端、第三电容的第二端和第四电容的第二端放电，放电电流经过所述串联的第一电感单元和第一负载，且对所述第一电容、第二电容、第三电容和第四电容中任一电容的充电和放电错开。

15. 根据权利要求 14 所述的装置，其特征在于，所述整流控制模块包括：

第一整流控制单元，用于控制第一切换电路切换外部输入电源提供的储能电流从所述第二电感单元的第一端流向所述第二电感单元的第二端，对第二电感单元储能；

第二整流控制单元，用于关闭第一切换电路，第二电感单元分别对第一电容和第二电容充电，且控制串联在所述第二电容的第二端和所述第二电感单元的第二端之间的第三开关管的占空比，使第一电容的第二端上积累的电量大于所述第二电容的第二端上积累的电量；

第三整流控制单元，用于控制第一切换电路切换外部输入电源提供的储能电流从所述第二电感单元的第二端流向所述第二电感单元的第一端，对第二电感单元储能；

第四整流控制单元，用于关闭第一切换电路，第二电感单元分别对第三电容和第四电容充电，且控制串联在所述第三电容的第二端和所述第二电感单元的第二端之间的第四开关管的占空比，使第四电容的第二端上积累的电量大于所述第三电容的第二端上积累的电量。

16. 根据权利要求 14 所述的装置，其特征在于，所述整流控制模块包括：

第五整流控制单元，用于控制第二切换电路切换外部输入电源提供的储能电流从所述第三电感单元的第一端流向所述第三电感单元的第二端，对第三电感单元储能；

第六整流控制单元，用于关闭第二切换电路，第二电感单元分别对第一电容和第二电容充电，且控制串联在所述第二电容的第二端和所述第三电感单元的第二端之间的第五开关管的占空比，使第一电容的第二端上积累的电量大于所述第二电容的第二端上积累的电量；

第七整流控制单元，用于控制第二切换电路切换外部输入电源提供的储能电流从所述第四电感单元的第二端流向所述第四电感单元的第一端；

第八整流控制单元，用于关闭第二切换电路，第二电感单元分别对第三电容和第四电容充电，且控制串联在所述第三电容的第二端和所述第三电感单元的第二端之间的第六开关管的占空比，使第四电容的第二端上积累的电量大于所述第三电容的第二端上积累的电量。

17. 根据权利要求 14 所述的装置，其特征在于，所述逆变控制模块包括：

第一逆变控制单元，用于控制第十一开关管常通，第十开关管处于开关状态，第九开关管处于关断状态，第二电容放电，放电电流依次经过第一电感单元和第一负载；

第二逆变控制单元，用于控制第十开关管常通，第九开关管处于开关状态，第十一开关管常通，第一电容放电，放电电流依次经过第一电感单元和第一负载；

第三逆变控制单元，用于控制第十一开关管常通，第十开关管处于开关状态，第九开关管处于关断状态，第二电容放电，放电电流依次经过第一电感单元和第一负载；

第四逆变控制单元，用于控制第三切换电路切换至从所述第三切换电路的第二端到第一端正向导通；

第五逆变控制单元，用于控制第十二开关管常通，第十三开关管处于开关状态，第十四开关管 Q14 处于关断状态，第三电容放电，放电电流依次经过第一电感单元和第一负载；

第六逆变控制单元，用于控制第十三开关管常通，第十四开关管处于开关状态，第十二开关管常通，第四电容放电，放电电流依次经过第一电感单元和第一负载；

第七逆变控制单元，用于控制第十二开关管常通，第十三开关管处于开关状态，第十四

开关管处于关断状态，第三电容放电，放电电流依次经过第一电感单元和第一负载；

第八逆变控制单元，用于控制第三切换电路切换至从所述第三切换电路的第一端到第二端反向导通。

五电平功率变换器及其控制方法、控制装置

技术领域

[0001] 本发明涉及功率变换技术，尤其涉及一种五电平功率变换器及其控制方法、控制装置。

背景技术

[0002] 不间断电源系统(Uninterruptible Power System,UPS)是一种含有储能装置，以整流器和逆变器为主要组成部分的恒压恒频的功率变换器。其主要用于给单台计算机、计算机网络系统或其它电力电子设备提供不间断的电力供应。当市电输入正常时，UPS 将市电稳压后供应给负载使用，此时的 UPS 相当于一台交流市电稳压器，同时它还向内部储能装置充电；当市电中断时，UPS 立即将内部储能装置储存的电能，通过逆变转换的方法向负载继续提供交流电，使负载维持正常工作。

[0003] 功率变换器的整流器在市电工作模式下实现输入功率因数校正(Power Factor Correction,PFC)功能，在放电模式下提升电压至直流 BUS 电压；而逆变器把直流 BUS 电压转换为交流电压，然后提供给负载。整流器一般由双升压型 Boost 电路、或 Vienna 整流器等来实现，逆变器一般可以为普通两电平半桥 / 全桥、或三电平中性点钳位等类型。

[0004] 现有技术中的功率变换器，通常只能进行四电平功率变换，输出四电平电压。

发明内容

[0005] 针对现有技术的上述缺陷，本发明实施例提供一种五电平功率变换器及其控制方法，用以实现五电平方式的工作模式。

[0006] 本发明实施例一方面提供一种五电平功率变换器，包括逆变器，以及至少一个整流器，所述整流器包括整流控制电路，并联的第一电容和第二电容，以及并联的第三电容和第四电容，所述第一电容的第一端、第二电容的第一端、第三电容的第一端和第四电容的第一端共地；

[0007] 所述整流控制电路用于分别向所述第一电容的第二端、所述第二电容的第二端、所述第三电容的第二端和所述第四电容的第二端输入电流，且所述第一电容的第二端和所述第二电容的第二端上积累的电荷极性相同，所述第一电容的第二端上积累的电量大于所述第二电容的第二端上积累的电量；所述第三电容的第二端和所述第四电容的第二端上积累的电荷极性相同，所述第四电容的第二端上积累的电量大于所述第三电容的第二端上积累的电量，且所述第一电容的第二端和所述第二电容的第二端上积累的电荷极性与所述第三电容的第二端和所述第四电容的第二端上积累的电荷极性相反；

[0008] 所述逆变器包括放电控制电路，以及串联的第一电感单元和第一负载，所述第一电感单元的第一端和所述第一负载的第一端连接，所述第一负载的第二端接地，所述放电控制电路用于依次从所述整流器的第二电容的第二端、第一电容的第二端、第三电容的第二端和第四电容的第二端放电，放电电流经过所述串联的第一电感单元和第一负载，且对所述第一电容、第二电容、第三电容和第四电容中任一电容的充电和放电错开。

[0009] 可选的，所述整流控制电路包括第二电感单元、第一切换电路、第一控制电路和第二控制电路，所述第二电感单元的第一端连接外部输入电源；

[0010] 所述第一控制电路包括第三二极管、第四二极管和第三开关管，所述第三二极管串联在所述第一电容的第二端和所述第二电感单元的第二端之间的电路上，所述第三二极管的正极和所述第二电感单元的第二端连接，所述第三二极管的负极与所述第一电容的第二端连接；所述第四二极管和第三开关管串联在所述第二电容的第二端和所述第二电感单元的第二端之间的电路上，且所述第四二极管的正极与所述第二电感单元的第二端连接；

[0011] 所述第二控制电路包括第五二极管、第六二极管和第四开关管，所述第五二极管串联在所述第四电容的第二端和所述第二电感单元的第二端之间的电路上，所述第五二极管的正极和所述第二电感单元的第二端连接，所述第五二极管的负极与所述第四电容的第二端连接；所述第六二极管和第四开关管串联在所述第三电容的第二端和所述第二电感单元的第二端之间的电路上，且所述第六二极管的正极与所述第二电感单元的第二端连接；

[0012] 所述第一切换电路用于切换外部输入电源提供的储能电流从所述第二电感单元的第一端流向所述第二电感单元的第二端，或从所述第二电感单元的第二端流向所述第二电感单元的第一端。

[0013] 或者，所述第一切换电路包括串联的第一开关管和第二开关管，以及串联的第一二极管和第二二极管，所述第一二极管和第二二极管的极性相对设置，且所述第一开关管和第二开关管之间，与所述第一二极管和第二二极管之间连通。

[0014] 另外，所述外部输入电源包括外部交流输入电源和电池组，所述外部交流输入电源与所述第二电感单元的第一端之间通过交流开关元件连接；

[0015] 在所述整流器包括一个整流控制电路时，所述电池组包括第一电池单元和第二电池单元，所述第一电池单元的正极与所述整流控制电路的第二电感单元的第一端通过直流开关元件连接，所述第一电池单元的负极接地，所述第二电池单元的负极与所述整流控制电路的第二电感单元的第一端通过直流开关元件连接，所述第二电池单元的正极接地；

[0016] 或在包括第一整流器和第二整流器时，所述电池组包括第三电池单元和第四电池单元，所述第三电池单元的正极与所述第一整流器的第二电感单元的第一端通过直流开关元件连接，所述第三电池单元的负极接地，所述第四电池单元的负极与所述第二整流器的第二电感单元的第一端通过直流开关元件连接，所述第四电池单元的正极接地。

[0017] 所述整流控制电路包括第三电感单元、第四电感单元、第二切换电路、第三控制电路和第四控制电路，所述第三电感单元的第一端，以及所述第四电感单元的第一端连接外部输入电源；

[0018] 所述第三控制电路包括第七二极管、第八二极管和第五开关管，所述第七二极管串联在所述第一电容的第二端和所述第三电感单元的第二端之间的电路上，所述第七二极管的正极和所述第三电感单元的第二端连接，所述第七二极管的负极与所述第一电容的第二端连接；所述第八二极管和第五开关管串联在所述第二电容的第二端和所述第三电感单元的第二端之间的电路上，且所述第八二极管的正极与所述第三电感单元的第二端连接；

[0019] 所述第四控制电路包括第九二极管、第十二极管和第六开关管，所述第九二极管串联在所述第四电容的第二端和所述第四电感单元的第二端之间的电路上，所述第九二极管的正极和所述第四电感单元的第二端连接，所述第九二极管的负极与所述第四电容的第

二端连接；所述第十二极管和第六开关管串联在所述第三电容的第二端和所述第四电感单元的第二端之间的电路上，且所述第十二极管的正极与所述第四电感单元的第二端连接；

[0020] 所述第二切换电路用于切换外部输入电源提供的储能电流从所述第三电感单元的第一端流向所述第三电感单元的第二端，或从所述第四电感单元的第二端流向所述第四电感单元的第一端。

[0021] 或者，所述第二切换电路包括第七开关管和第八开关管，所述第七开关管的一端与所述第三电感单元的第二端连接，另一端接地，所述第八开关管的一端与所述第四电感单元的第二端连接，另一端接地。

[0022] 或者，所述外部输入电源包括外部交流输入电源或电池组，所述外部输入电源与所述第三电感单元的第一端之间，以及所述外部交流输入电源与所述第四电感单元的第一端之间通过交流开关元件连接；

[0023] 所述电池组包括第五电池单元和第六电池单元，所述第五电池单元的正极与第三电感单元的第一端通过直流开关元件连接，所述第五电池单元的负极接地，所述第六电池单元的负极与第四电感单元的第一端通过直流开关元件连接，所述第六电池单元的正极接地。

[0024] 或者，所述第一电感单元、第二电感单元、第三电感单元或第四电感单元为如下任一组成方式：

[0025] 单一电感元件组成、多个电感元件并联组成或多个电感元件串联组成。

[0026] 同时上述实施例中所述放电控制电路包括第九开关管、第十开关管、第十一开关管、第十二开关管、第十三开关管、第十四开关管和第三切换电路；

[0027] 所述第九开关管的第一端与所述第一电容的第二端连接，所述第九开关管的第二端与所述第十开关管的第一端连接，所述第十开关管的第二端与所述第一电感单元的第二端连接，所述第十一开关管的第一端与所述第二电容的第二端连接，所述第十一开关管的第二端与所述第十开关管的第一端连接；所述第十四开关管的第一端与所述第四电容的第二端连接，所述第十四开关管的第二端与所述第十三开关管的第一端连接，所述第十三开关管的第二端与所述第一电感单元的第二端连接，所述第十二开关管的第一端与第三电容的第二端连接，所述第十二开关管的第二端与第十四开关管的第二端连接；

[0028] 所述第三切换电路的第一端与所述第一电感单元的第二端连接，所述第三切换电路的第二端接地，用于分时实现从所述第三切换电路的第二端到第一端正向导通，或从第三切换电路的第一端到第二端反向导通。

[0029] 本发明实施例另一方面提供一种针对上述五电平功率变换器的控制方法，该五电平功率变换器的控制方法包括：

[0030] 控制所述整流控制电路分别向所述第一电容的第二端、所述第二电容的第二端、所述第三电容的第二端和所述第四电容的第二端输入电流，且所述第一电容的第二端和所述第二电容的第二端上积累的电荷极性相同，所述第一电容的第二端上积累的电量大于所述第二电容的第二端上积累的电量；所述第三电容的第二端和所述第四电容的第二端上积累的电荷极性相同，所述第四电容的第二端上积累的电量大于所述第三电容的第二端上积累的电量，且所述第一电容的第二端和所述第二电容的第二端上积累的电荷极性与所述第三电容的第二端和所述第四电容的第二端上积累的电荷极性相反；

[0031] 控制所述放电控制电路依次从所述整流器的第二电容的第二端、第一电容的第二端、第三电容的第二端和第四电容的第二端放电，放电电流经过所述串联的第一电感单元和第一负载，且对所述第一电容、第二电容、第三电容和第四电容中任一电容的充电和放电错开。

[0032] 本发明实施例又一方面提供一种针对上述的五电平功率变换器的控制装置，该装置包括：

[0033] 整流控制模块，用于控制所述整流控制电路分别向所述第一电容的第二端、所述第二电容的第二端、所述第三电容的第二端和所述第四电容的第二端输入电流，且所述第一电容的第二端和所述第二电容的第二端上积累的电荷极性相同，所述第一电容的第二端上积累的电量大于所述第二电容的第二端上积累的电量；所述第三电容的第二端和所述第四电容的第二端上积累的电荷极性相同，所述第四电容的第二端上积累的电量大于所述第三电容的第二端上积累的电量，且所述第一电容的第二端和所述第二电容的第二端上积累的电荷极性与所述第三电容的第二端和所述第四电容的第二端上积累的电荷极性相反；

[0034] 逆变控制模块，用于控制所述放电控制电路依次从所述整流器的第二电容的第二端、第一电容的第二端、第三电容的第二端和第四电容的第二端放电，放电电流经过所述串联的第一电感单元和第一负载，且对所述第一电容、第二电容、第三电容和第四电容中任一电容的充电和放电错开。

[0035] 本发明实施例提供的五电平功率变换器及其控制方法、控制装置，其中的五电平功率变换器，包括逆变器，以及至少一个整流器，整流器包括整流控制电路，并联的第一电容和第二电容，以及并联的第三电容和第四电容，第一电容的第一端、第二电容的第一端、第三电容的第一端和第四电容的第一端共地；其中的整流控制电路能够对第一电容、第二电容、第三电容和第四电容进行充电，使得第一电容的第二端和所述第二电容的第二端上积累的电荷极性相同，所述第一电容的第二端上积累的电量大于所述第二电容的第二端上积累的电量；所述第三电容的第二端和所述第四电容的第二端上积累的电荷极性相同，所述第四电容的第二端上积累的电量大于所述第三电容的第二端上积累的电量，且所述第一电容的第二端和所述第二电容的第二端上积累的电荷极性与所述第三电容的第二端和所述第四电容的第二端上积累的电荷极性相反。而逆变器的放电控制电路，用于依次从所述整流器的第二电容的第二端、第一电容的第二端、第三电容的第二端和第四电容的第二端放电，从而实现五电平的工作模式。

附图说明

[0036] 为了更清楚地说明本发明实施例或现有技术中的技术方案，下面将对实施例或现有技术描述中所需要使用的附图作一简单地介绍，显而易见地，下面描述中的附图是本发明的一些实施例，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。

[0037] 图 1 为本发明五电平功率变换器实施例一的电路构架图；

[0038] 图 2 为本发明五电平功率变换器实施例二的电路构架图；

[0039] 图 3 为本发明五电平功率变换器实施例三的电路构架图；

[0040] 图 4 为本发明五电平功率变换器实施例四的电路构架图；

[0041] 图 5 为本发明五电平功率变换器的控制方法实施例一的流程图；

[0042] 图 6 为本发明五电平功率变换器的控制方法实施例二的流程图；

[0043] 图 7 为本发明五电平功率变换器的控制方法实施例三的流程图；

[0044] 图 8 为本发明五电平功率变换器的控制方法实施例四的流程图；

[0045] 图 9 为本发明五电平功率变换器的控制方法实施例四的工作电压波形示意图；

[0046] 图 10 为本发明五电平功率变换器的控制装置实施例一的结构示意图；

[0047] 图 11 为本发明五电平功率变换器的控制装置实施例二的结构示意图；

[0048] 图 12 为本发明五电平功率变换器的控制装置实施例三的结构示意图；

[0049] 图 13 为本发明五电平功率变换器的控制装置实施例四的结构示意图。

具体实施方式

[0050] 为使本发明实施例的目的、技术方案和优点更加清楚，下面将结合本发明实施例中的附图，对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述，显然，所描述的实施例是本发明一部分实施例，而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例，本领域普通技术人员在没有作出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例，都属于本发明保护的范围。

[0051] 本发明实施例提供的五电平功率变换器及其控制方法，能够实现五电平工作，可应用于 UPS 系统中；当系统在交流电下工作时，五电平功率变换器的整流器可将交流输入整流成直流，并实现输入功率因数校正 PFC 功能；当交流电中断时，五电平功率变换器立即将内部储能装置储存的电能，通过逆变转换的方法向负载继续提供交流电，使负载维持正常工作。

[0052] 本发明实施例提供的五电平功率变换器的功率变换拓扑由整流器与逆变器两部分构成，整流器用来将交流输入整流成直流，并实现功率因数校正功能 PFC；逆变器用来将整流后的直流电压逆变成交流输出电压。

[0053] 图 1 为本发明五电平功率变换器实施例一的电路构架图，图 2 为本发明五电平功率变换器实施例二的电路构架图，图 3 为本发明五电平功率变换器实施例三的电路构架图，图 4 为本发明五电平功率变换器实施例四的电路构架图。如图 1、2、3 或 4 所示，本发明实施例提供的五电平功率变换器，包括逆变器，以及至少一个整流器，整流器包括整流控制电路，并联的第一电容 C1 和第二电容 C2，以及并联的第三电容 C3 和第四电容 C4，第一电容 C1 的第一端、第二电容 C2 的第一端、第三电容 C3 的第一端和第四电容 C4 的第一端共地；

[0054] 整流控制电路用于分别向第一电容 C1 的第二端、第二电容 C2 的第二端、第三电容 C3 的第二端和第四电容 C4 的第二端输入电流，且第一电容 C1 的第二端和第二电容 C2 的第二端上积累的电荷极性相同，第一电容 C1 的第二端上积累的电量大于第二电容 C2 的第二端上积累的电量；第三电容 C3 的第二端和第四电容 C4 的第二端上积累的电荷极性相同，第四电容 C4 的第二端上积累的电量大于第三电容 C3 的第二端上积累的电量，且第一电容 C1 的第二端和第二电容 C2 的第二端上积累的电荷极性与第三电容 C3 的第二端和第四电容 C4 的第二端上积累的电荷极性相反；

[0055] 逆变器包括放电控制电路，以及串联的第一电感单元 L1 和第一负载 R1，第一电感单元 L1 的第一端和第一负载 R1 的第一端连接，第一负载 R1 的第二端接地，第五电容 C5 与第一负载并联。放电控制电路用于依次从整流器的第二电容 C2 的第二端、第一电容 C1 的

第二端、第三电容 C3 的第二端和第四电容 C4 的第二端放电，放电电流经过串联的第一电感单元 L1 和第一负载 R1，且对第一电容 C1、第二电容 C2、第三电容 C3 和第四电容 C4 中任一电容的充电和放电错开。

[0056] 本发明五电平功率变换器实施例一通过其整流器的整流控制电路和逆变器的放电控制电路，实现五电平输出，并实现输入功率因数校正 PFC 功能。

[0057] 本发明上述实施例提供的五电平功率变换器，其中整流器的整流控制电路可以由多种形式构成。例如图 1 所示，其中的整流控制电路包括第二电感单元 L2、第一切换电路 1、第一控制电路 K1 和第二控制电路 K2，第二电感单元 L2 的第一端连接外部输入电源；

[0058] 第一控制电路 K1 包括第三二极管 D3、第四二极管 D4 和第三开关管 Q3，第三二极管 D3 串联在第一电容 C1 的第二端和第二电感单元 L2 的第二端之间的电路上，第三二极管 D3 的正极和第二电感单元 L2 的第二端连接，第三二极管 D3 的负极与第一电容 C1 的第二端连接；第四二极管 D4 和第三开关管 Q3 串联在第二电容 C2 的第二端和第二电感单元 L2 的第二端之间的电路上，且第四二极管 D4 的正极与第二电感单元 L2 的第二端连接；

[0059] 第二控制电路 K2 包括第五二极管 D5、第六二极管 D6 和第四开关管 Q4，第五二极管 D5 串联在第四电容 C4 的第二端和第二电感单元 L2 的第二端之间的电路上，第五二极管 D5 的正极和第二电感单元 L2 的第二端连接，第五二极管 D5 的负极与第四电容 C4 的第二端连接；第六二极管 D6 和第四开关管 Q4 串联在第三电容 C3 的第二端和第二电感单元 L2 的第二端之间的电路上，且第六二极管 D6 的正极与第二电感单元 L2 的第二端连接；

[0060] 第一切换电路 1 用于切换外部输入电源提供的储能电流从第二电感单元 L2 的第一端流向第二电感单元 L2 的第二端，或从第二电感单元 L2 的第二端流向第二电感单元 L2 的第一端。

[0061] 本发明实施例的五电平功率变换器，第一切换电路 1 包括串联的第一开关管 Q1 和第二开关管 Q2，以及串联的第一二极管 D1 和第二二极管 D2，第一二极管 D1 和第二二极管 D2 的极性相对设置，且第一开关管 Q1 和第二开关管 Q2 之间，与第一二极管 D1 和第二二极管 D2 之间连通。

[0062] 本发明实施例的五电平功率变换器中的五电平整流器在常规 Vienna 整流器的基础上，正、负 BUS 电压各附加一个支路，第三开关管 Q3、第四二极管 D4 构成正 BUS 电压的支路，第四开关管 Q4、第六二极管 D6 构成负 BUS 电压的支路；五电平逆变器在常规 I 型三电平中性点钳位逆变器的基础上，增加两个支路，第十一开关管 Q11 对应输出正弦波正半周，第十二开关管 Q12 对应输出正弦波负半周。

[0063] 可选的，上述实施例中各开关管可以是金属 - 氧化层 - 半导体 - 场效晶体管，简称金氧半场效晶体管（Metal-Oxide-Semiconductor Field-Effect Transistor，MOSFET）、绝缘栅双极型晶体管（Insulated Gate Bipolar Transistor，IGBT）或其他开关器件；数量可以是一个，还可以是多个串联、直接并联构成，或电路上实现交错并联；

[0064] 整流器各二极管可以是常规二极管，还可以是 MOSFET、IGBT 等开关器件构成同步整流；数量可以是一个，还可以是多个串联、并联构成；

[0065] 整流器第二电感单元可以是一个，还可以是多个并联、串联的电感单元构成；

[0066] 本发明实施例的五电平功率变换器中的五电平整流器由常规 Vienna 整流器改进而来，在保持 Vienna 整流器高效率优点的基础上，实现五电平方式工作。由于实现五电平

工作，可进一步减小 PFC 电感的感量。

[0067] 如图 2 所示，本发明实施例二的五电平功率变换器，外部输入电源包括外部交流输入电源 V 和电池组，外部交流输入电源 V 与第二电感单元 L2 的第一端之间通过交流开关元件 TR1 连接；

[0068] 该实施例整流器包括一个整流控制电路，电池组包括第一电池单元 V1 和第二电池单元 V2，第一电池单元 V1 的正极与整流控制电路的第二电感单元 L2 的第一端通过直流开关元件 X1 连接，第一电池单元 V1 的负极接地，第二电池单元 V2 的负极与整流控制电路的第二电感单元 L2 的第一端通过直流开关元件 X2 连接，第二电池单元 V2 的正极接地；

[0069] 该实施例是将图 1 的电路进行改进，增加输入交流电、电池切换电路的交流开关元件 TR1、直流开关元件 X1、直流开关元件 X2，构成如图 2 所示的功率变换器实施例二的电路原理图。其中与两组电池单元串联的第五电感单元 L3、第六电感单元 L4 起换流平滑作用。

[0070] 该实施例电路工作原理与图 1 相似，不同的地方在于加入交流电、电池切换电路后，共用一套五电平整流器。在交流电工作模式下，五电平整流器实现 PFC 的功能；在电池工作模式下，五电平整流器实现直流升压的功能。

[0071] 本发明上述实施例中，在电池工作模式下，第一电池单元 V1 和第二电池单元 V2 共用一套升压电路，在其切换时如果电路存在寄生、或控制信号出现异常时，有可能将两组电池直接短路。为了避免这样的风险，各电池单元可以增加过流保护保险丝。另外，还可以进一步的增加第五电感单元 L5 和第六电感单元 L6 起换流平滑作用。

[0072] 如图 3 所示，本发明实施例三的五电平功率变换器，外部输入电源包括外部交流输入电源 V 和电池组，外部交流输入电源 V 与第二电感单元 L2 的第一端之间通过交流开关元件 TR1 连接；

[0073] 该实施例包括两个整流器，即包括第一整流器和第二整流器，电池组包括第三电池单元 V3 和第四电池单元 V4，第三电池单元 V3 的正极与第一整流器的第二电感单元 L2 的第一端通过直流开关元件 X3 连接，第三电池单元 V3 的负极接地，第四电池单元 V4 的负极与第二整流器的第二电感单元 L2 的第一端通过直流开关元件 X4 连接，第四电池单元 V4 的正极接地。

[0074] 该实施例是将上述图 2 进一步改进，使用两套整流器，构成如图 3 所示的五电平功率变换器实施例三的电路原理图。

[0075] 该实施例电路工作原理与图 2 相似，不同的地方在于，在电池工作模式下，第三电池单元 V3 和第四电池单元 V4 工作时，分别使用两套独立的五电平整流器，不存在电池切换时的任何风险。并且，在交流电工作模式下，两套五电平整流器既可以直接并联工作，还可以实现交错并联工作，降低了功率开关管的导通损耗，提高了效率。

[0076] 上述电路整流器由单电感两路输出双 Boost、或 Vienna 整流器构成，使用二极管与功率开关管构成开关支路：主路输出较高的电压；支路输出较低的电压：

[0077] 如图 4 所示，本发明实施例四的五电平功率变换器，整流控制电路包括第三电感单元 L3、第四电感单元 L4、第二切换电路 2、第三控制电路 K3 和第四控制电路 K4，第三电感单元 L3 的第一端，以及第四电感单元 L4 的第一端连接外部输入电源；

[0078] 第三控制电路 K3 包括第七二极管 D7、第八二极管 D8 和第五开关管 Q5，第七二极

管 D7 串联在第一电容 C1 的第二端和第三电感单元 L3 的第二端之间的电路上，第七二极管 D7 的正极和第三电感单元 L3 的第二端连接，第七二极管 D7 的负极与第一电容 C1 的第二端连接；第八二极管 D8 和第五开关管 Q5 串联在第二电容 C2 的第二端和第三电感单元 L3 的第二端之间的电路上，且第八二极管 D8 的正极与第三电感单元 L3 的第二端连接；

[0079] 第四控制电路 K4 包括第九二极管 D9、第十二极管 D10 和第六开关管 Q6，第九二极管 D9 串联在第四电容 C4 的第二端和第四电感单元 L4 的第二端之间的电路上，第九二极管 D9 的正极和第四电感单元 L4 的第二端连接，第九二极管 D9 的负极与第四电容 C4 的第二端连接；第十二极管 D10 和第六开关管 Q6 串联在第三电容 C3 的第二端和第四电感单元 L4 的第二端之间的电路上，且第十二极管 D10 的正极与第四电感单元 L4 的第二端连接；

[0080] 本实施例的五电平功率变换器的第二切换电路 2 用于切换外部输入电源提供的储能电流从第三电感单元 L3 的第一端流向第三电感单元 L3 的第二端，或从第四电感单元 L4 的第二端流向第四电感单元 L4 的第一端。

[0081] 具体的，该第二切换电路 2 可以包括第七开关管 Q7 和第八开关管 Q8 以及第十三二极管 D13 和第十四二极管 D14，第七开关管 Q7 的一端与第三电感单元 L3 的第二端及第十三二极管 D13 负极连接，另一端接地，第八开关管 Q8 的一端与第四电感单元 L4 的第二端及第十四二极管 D14 正极连接，另一端接地，第十三二极管 D13 正极与第十四二极管 D14 负极接地。

[0082] 该实施例的五电平功率转换器，外部输入电源包括外部交流输入电源 V 或电池组，外部输入电源与第三电感单元 L3 的第一端之间，以及外部交流输入电源 V 与第四电感单元 L4 的第一端之间通过交流开关元件连接；

[0083] 电池组包括第五电池单元 V5 和第六电池单元 V6，第五电池单元 V5 的正极与第三电感单元 L3 的第一端通过直流开关元件 X5 连接，第五电池单元 V5 的负极接地，第六电池单元 V6 的负极与第四电感单元 L4 的第一端通过直流开关元件 X6 连接，第六电池单元 V6 的正极接地。

[0084] 该实施例是将实施例一的功率变换器构架中的五电平整流器改为五电平双 Boost 电路，并且增加交流、电池输入的控制继电器、或可控硅 SCR，构成如图 4 所示的五电平功率变换器实施例四的电路原理图。

[0085] 进一步地，上述各实施例中的五电平功率转换器，第一电感单元 L1、第二电感单元 L2、第三电感单元 L3 或第四电感单元 L4 为如下任一组成方式：

[0086] 单一电感元件组成、多个电感元件并联组成或多个电感元件串联组成。

[0087] 可选的，上述实施例二至四的五电平功率变换器中的电路可使用两组电池，输入端配置合适的开关器件，五电平整流器就可以具有直流升压的功能，构成输出正、负 BUS 电压和正、负 Vin。因此，电池工作模式完全可复用整流模式的功率器件。另外，上述电路也可在单电池组下工作。电池输入的开关器件可以使用单向可控硅 SCR、继电器、及功率开关管等；交流输入开关器件可以使用三端双向交流开关 TRIAC、继电器、及功率开关管等。

[0088] 同时，上述各实施例中的五电平功率变换器，放电控制电路包括第九开关管 Q9、第十开关管 Q10、第十一开关管 Q11、第十二开关管 Q12、第十三开关管 Q13、第十四开关管 Q14 和第三切换电路 3；

[0089] 第九开关管 Q9 的第一端与第一电容 C1 的第二端连接，第九开关管 Q9 的第二端与

第十开关管 Q10 的第一端连接，第十开关管 Q10 的第二端与第一电感单元 L1 的第二端连接，第十一开关管 Q11 的第一端与第二电容 C2 的第二端及第十一二极管 D11 的正极连接，第十一开关管 Q11 的第二端与第十开关管 Q10 的第一端及第十一二极管 D11 的负极连接；第十四开关管 Q14 的第一端与第四电容 C4 的第二端连接，第十四开关管 Q14 的第二端与第十三开关管 Q13 的第一端连接，第十三开关管 Q13 的第二端与第一电感单元 L1 的第二端连接，第十二开关管 Q12 的第一端与第三电容 C3 的第二端及及第十二二极管 D12 的负极连接，第十二开关管 Q12 的第二端与第十四开关管 Q14 的第二端及第十二二极管 D12 的正极连接；

[0090] 第三切换电路 3 的第一端与第一电感单元 L1 的第二端连接，第三切换电路 3 的第二端接地，用于分时实现从第三切换电路 3 的第二端到第一端正向导通，或从第三切换电路 3 的第一端到第二端反向导通。

[0091] 可选的，上述放电控制电路的逆变器使用五电平结构，四个逆变主开关管 Q9、Q10、Q13、Q14 接成“I”形结构；两个逆变续流开关管 Q11、Q12 接成“T”形结构；逆变器外接管 Q9、Q14 连接正、负 BUS 电压；逆变器内接管 Q10、Q13 连接正、负 Vin 电压。

[0092] 上述各实施例的五电平功率变换器通过由整流器与逆变器两部分构成的整流控制电路和放电控制电路，由整流器将交流输入整流成直流，并实现功率因数校正功能 PFC；由逆变器将整流后的直流电压逆变成交流输出电压，从而实现输出五电平的电路。

[0093] 图 5 为本发明五电平功率变换器的控制方法实施例一的流程图，如图 5 所示，同时参见图 1- 图 4，该五电平功率变换器的控制方法实施例是与上述五电平功率变换器实施例一相对应，是针对上述各实施例的五电平功率变换器进行控制的方法，该五电平功率变换器的控制方法包括：

[0094] 步骤 501、控制整流控制电路分别向第一电容 C 1 的第二端、第二电容 C2 的第二端、第三电容 C3 的第二端和第四电容 C4 的第二端输入电流，且第一电容 C 1 的第二端和第二电容 C2 的第二端上积累的电荷极性相同，第一电容 C1 的第二端上积累的电量大于第二电容 C2 的第二端上积累的电量；第三电容 C3 的第二端和第四电容 C4 的第二端上积累的电荷极性相同，第四电容 C4 的第二端上积累的电量大于第三电容 C3 的第二端上积累的电量，且第一电容 C 1 的第二端和第二电容 C2 的第二端上积累的电荷极性与第三电容 C3 的第二端和第四电容 C4 的第二端上积累的电荷极性相反；

[0095] 步骤 502、控制放电控制电路依次从整流器的第二电容 C2 的第二端、第一电容 C1 的第二端、第三电容 C3 的第二端和第四电容 C4 的第二端放电，放电电流经过串联的第一电感单元 L1 和第一负载 R1，且对第一电容 C1、第二电容 C2、第三电容 C3 和第四电容 C4 中任一电容的充电和放电错开。

[0096] 本发明实施例提供的五电平功率变换器的控制方法通过控制整流控制电路分别向第一电容 C1 至第四电容 C4 的输入电流，以实现电容的储能，以及控制放电控制电路依次从整流器的第一电容 C1 至第四电容 C4 放电，将电容储存的能量释放出来，从而实现五电平输出，以供 UPS 系统使用，同时可实现输入功率因数校正 PFC 功能。

[0097] 图 6 为本发明五电平功率变换器的控制方法实施例二的流程图，如图 6 所示，同时参见图 1，可选的，上述方法实施例一中，步骤 501 中所述控制整流控制电路分别向第一电容 C1 的第二端、第二电容 C2 的第二端、第三电容 C3 的第二端和第四电容 C4 的第二端输入

电流包括：

[0098] 步骤 601、控制第一切换电路 1 切换外部输入电源提供的储能电流从第二电感单元 L2 的第一端流向第二电感单元 L2 的第二端，对第二电感单元 L2 储能；

[0099] 步骤 602、关闭第一切换电路 1，第二电感单元 L2 分别对第一电容 C1 和第二电容 C2 充电，且控制串联在第二电容 C2 的第二端和第二电感单元 L2 的第二端之间的第三开关管 Q3 的占空比，使第一电容 C1 的第二端上积累的电量大于第二电容 C2 的第二端上积累的电量；

[0100] 步骤 603、控制第一切换电路 1 切换外部输入电源提供的储能电流从第二电感单元 L2 的第二端流向第二电感单元 L2 的第一端，对第二电感单元 L2 储能；

[0101] 步骤 604、关闭第一切换电路 1，第二电感单元 L2 分别对第三电容 C3 和第四电容 C4 充电，且控制串联在第三电容 C3 的第二端和第二电感单元 L2 的第二端之间的第四开关管 Q4 的占空比，使第四电容 C4 的第二端上积累的电量大于第三电容 C3 的第二端上积累的电量。

[0102] 下面以输入电压正弦波正半周为例，对于上述方法实施例一和实施二中五电平整流器的工作原理简述如下：

[0103] 第一开关管 Q1 导通时，电流流过输入的电压线以及第二电感单元 L2、第一开关管 Q1、第二二极管 D2，再返回至输出线，PFC 的第二电感单元 L2 储能；第一开关管 Q1 关断时，第二电感单元 L2 的释放能量存在两个通路：一是第二电感单元 L2 通过第三二极管 D3 给第一电容 C1 充电，第一电容 C1 两端形成正 BUS 电压；二是第二电感单元 L2 通过开关状态的第三开关管 Q3 导通时给第二电容 C2 充电，第二电容 C2 两端形成正 Vin 电压。改变第三开关管 Q3 的占空比，可以控制提供给第二电容 C2 充电能量的多少，第二电容 C2 两端电压从而达到正 Vin 电压的设定值。第三开关管 Q3 只能在第二电感单元 L2 释放能量期间导通，以维持正常工作。本质上，第三二极管 D3、第一电容 C1 构成升压 Boost 变换器，第一电容 C1 两端实现正 BUS 电压输出；第四二极管 D4、第三开关管 Q3 及第二电容 C2 构成降压 Buck 变换器，第二电容 C2 两端实现正 Vin 电压输出。

[0104] 五电平整流器的输入电压正弦波负半周与此相似，其是第二开关管 Q2、第一二极管 D1 导通，输入电流与正半周时相反，即流经第二电感单元 L2 的电流相反，在储能后关断对第三电容 C3 和第四电容 C4 充电，在此不再复述。

[0105] 该实施例通过第一切换电路 1 的切换，可以实现对第一电容 C1 和第二电容 C2 的储能或是对第三电容 C3 和第四电容 C4 的储能，同时在储能电路的中点即第一电容 C1 和第四电容 C4 之间的点构成零电平，因此，五电平整流器电路可实现正、负 BUS 电压，正、负 Vin 电压和零电平。

[0106] 图 7 为本发明五电平功率变换器的控制方法实施例三的流程图，该五电平功率变换器的控制方法实施例三与上述五电平功率变换器实施例四相对应，如图 7 所示，同时参见图 4，或者，上述方法实施例一中，步骤 501 中所述控制整流控制电路控制整流控制电路分别向第一电容 C1 的第二端、第二电容 C2 的第二端、第三电容 C3 的第二端和第四电容 C4 的第二端输入电流包括：

[0107] 步骤 701、控制第二切换电路 2 切换外部输入电源提供的储能电流从第三电感单元 L3 的第一端流向第三电感单元 L3 的第二端，对第三电感单元 L3 储能；

[0108] 步骤 702、关闭第二切换电路 2，第二电感单元 L2 分别对第一电容 C1 和第二电容 C2 充电，且控制串联在第二电容 C2 的第二端和第三电感单元 L3 的第二端之间的第五开关管 Q5 的占空比，使第一电容 C1 的第二端上积累的电量大于第二电容 C2 的第二端上积累的电量；

[0109] 步骤 703、控制第二切换电路 2 切换外部输入电源提供的储能电流从第四电感单元 L4 的第二端流向第四电感单元 L4 的第一端；

[0110] 步骤 704、关闭第二切换电路 2，第二电感单元 L2 分别对第三电容 C3 和第四电容 C4 充电，且控制串联在第三电容 C3 的第二端和第三电感单元 L3 的第二端之间的第六开关管 Q6 的占空比，使第四电容 C4 的第二端上积累的电量大于第三电容 C3 的第二端上积累的电量。

[0111] 该五电平功率变换器的控制方法实施例三电路工作原理与上述方法实施例相似，只是使用两套 Boost 电路，构成双 Boost 电路，实现输出正、负 BUS 电压。同时使用第五开关管 Q5、第八二极管 D8 与第六开关管 Q6、第十二极管 D10 两个支路，构成支路正、负 Vin 电压。控制继电器或可控硅 SCR 直流开关元件 X5 与直流开关元件 X6 构成电池工作模式的切换开关，而交流开关元件 X7、交流开关元件 X8 构成交流电工作模式的切换开关，用于切换对第一电容 C1 和第二电容 C2 的储能或是对第三电容 C3 和第四电容 C4 的储能。以适应 UPS 的系统应用。可选的，即使使用单组电池，系统也可正常工作。

[0112] 图 8 为本发明五电平功率变换器的控制方法实施例四的流程图，图 9 为本发明五电平功率变换器的控制方法实施例四的工作电压波形示意图，其中图 9 中的 T1-T6 为时间段；该五电平功率变换器的控制方法实施例四与图 1- 图 4 的五电平功率变换器实施例相对应，如图 8 和图 9 所示，同时参见图 1- 图 4，进一步的，该五电平功率变换器的控制方法实施例还包括：

[0113] 步骤 801、对应 T1 时间段，控制第十一开关管 Q11 常通，第十开关管 Q10 处于开关状态，第九开关管 Q9 处于关断状态，第二电容 C2 放电，放电电流依次经过第一电感单元 L1 和第一负载 R1；

[0114] 步骤 802、对应 T2 时间段，控制第十开关管 Q10 常通，第九开关管 Q9 处于开关状态，第十一开关管 Q11 常通，第一电容 C1 放电，放电电流依次经过第一电感单元 L1 和第一负载 R1；

[0115] 步骤 803、对应 T3 时间段，控制第十一开关管 Q11 常通，第十开关管 Q10 处于开关状态，第九开关管 Q9 处于关断状态，第二电容 C2 放电，放电电流依次经过第一电感单元 L1 和第一负载 R1；

[0116] 步骤 804、控制第三切换电路 3 切换至从第三切换电路 3 的第二端到第一端正向导通；

[0117] 步骤 805、对应 T4 时间段，控制第十二开关管 Q12 常通，第十三开关管 Q13 处于开关状态，第十四开关管 Q14 处于关断状态，第三电容 C3 放电，放电电流依次经过第一电感单元 L1 和第一负载 R1；

[0118] 步骤 806、对应 T5 时间段，控制第十三开关管 Q13 常通，第十四开关管 Q14 处于开关状态，第十二开关管 Q12 常通，第四电容 C4 放电，放电电流依次经过第一电感单元 L1 和第一负载 R1；

[0119] 步骤807、对应T6时间段，控制第十二开关管Q12常通，第十三开关管Q13处于开关状态，第十四开关管Q14处于关断状态，第三电容C3放电，放电电流依次经过第一电感单元L1和第一负载R1；

[0120] 步骤808、控制第三切换电路3切换至从第三切换电路3的第一端到第二端反向导通。

[0121] 如图9所示，该实施例构造两种不同的正、负BUS电压和正、负Vin电压(Boost输出电压+BUS、-BUS，Buck输出电压+Vin、-Vin)以及零电平，可实现逆变中点电压的五电平。如图9所示，图中坐标横轴为时间t，上图纵轴为上述实施例中的第一负载R1两端的输出电压Vout波形，下图纵轴为逆变中点AB点之间的输出电压Vmid波形图；输出电压Vout正弦波是第五电容C5、第一负载R1两端电压，是A、B两点之间的波形Vmid经过第一电感单元L1、第五电容C5滤波后，把高频方波滤成正弦波输出。

[0122] 下面以输入电压正弦波正半周为例，将该实施例中五电平逆变器的工作原理，参照图9进行说明如下：

[0123] 输出电压中点的电压分两种情况：即输出正弦波电压波形分为两段：输出电压Vout小于第二电容C2两端的电压和输出电压Vout大于第二电容C2两端的电压的情况，从而存在两种工作模态。其中工作模态1：为T1时间段和T3时间段，分别对应上述步骤801和803，为输出电压Vout小于第二电容C2两端的电压的情况，此时第十一开关管Q11常通，第十开关管Q10工作在开关状态，第十五开关管Q15、第十五二极管D15构成续流通路，得到逆变中点AB点之间的输出电压的+Vin电压和零电平。工作模态2：为T2时间段，对应上述步骤802，为输出电压Vout大于第二电容C2两端的电压的情况，此时第十开关管Q10常通，第九开关管Q9工作在开关状态，第十开关管Q10、第十一二极管D11构成续流通路，得到逆变中点AB点之间的输出电压的+Vin电压和+BUS电压。上述续流通路在竖桥臂，也就是在第九开关管Q9、第十开关管Q10处于关断状态时，可以给第一电感单元L1提供一个续流通路，实现输出的逆变中点的零电平。

[0124] 具体的，在正半周时，得到+BUS电压、+Vin电压的过程分别为：T2时间段时，当上述步骤802中的第九开关管Q9、第十开关管Q10导通时，来自前面Boost上第一电容C1的能量传给第一电感单元L1及输出，AB点之间的这个+BUS电压也可叫+2电平。T1时间段和T3时间段时，当上述步骤801和803中的第九开关管Q9关断时，第十一二极管D11、第十开关管Q10导通，来自前方第二电容C2的能量传给第一电感单元L1及输出，AB点之间的这个+Vin电压也可叫+1电平；上述续流通路工作时，上述步骤801和803中的第九开关管Q9、第十开关管Q10全部关断、而第十五开关管Q15、第十五二极管D15导通时，AB点之间的零电平在第一电感单元L1及输出得到。

[0125] 因此，输出电压中点可得到三种电平：+Vin，+BUS，及零电平。

[0126] 五电平逆变器的输出电压正弦波负半周与此相似，负半周同样道理可得到-Vin，-BUS，分别对应-1、-2电平以及T4时间段、T6时间段和T5时间段。在此不再复述。

[0127] 该实施例由于直流输入电压较低，构造正弦波下半段时可降低开关管内管的开关损耗。同时，BOOST电路只处理部分功率，导通损耗小，实现多电平，开关损耗也可以减小。由于逆变中点电压为五电平，还可降低输出逆变电感大小，同时改进输出电流谐波，改进输

出电压畸变率 THDv。另外，与一般三电平逆变器一样，第十五二极管 D15、第十六二极管 D16 使用快恢复二极管，为了进一步提高效率，可使用采用并联的 MOSFET/IGBT 的形式，并联的开关管器件还可以提供无功补偿电流通路。同时，采用合适的控制逻辑，逆变器输出限流时，导通第十五开关管 Q15 和第十五二极管 D15、或第十六开关管 Q16 和第十六二极管 D16，提供输出电流续流通路，可降低开关管电压应力。另外，功率管开关管集中放置，有利于提高器件利用率，便于集成在单个功率模块内以降低功耗。

[0128] 上述各实施例的五电平功率变换器的控制方法，通过对由整流器与逆变器两部分构成的电路的控制，能够实现五电平工作，可应用于 UPS 系统中；当交流电中断时，UPS 立即将内部储能装置储存的电能，通过逆变转换的方法向负载继续提供交流电，使负载维持正常工作。

[0129] 与上述的控制方法实施例对应的，本发明还提供了一种能够针对图 1- 图 4 所示的五电平功率变换器进行控制的控制装置，图 10 为本发明五电平功率变换器的控制装置实施例一的结构示意图，如图 10 所示，同时参见图 1- 图 4，该装置实施例是针对上述的五电平功率变换器进行控制的装置，该装置包括：

[0130] 整流控制模块 1001，用于控制整流控制电路分别向第一电容 C1 的第二端、第二电容 C2 的第二端、第三电容 C3 的第二端和第四电容 C4 的第二端输入电流，且第一电容 C1 的第二端和第二电容 C2 的第二端上积累的电荷极性相同，第一电容 C1 的第二端上积累的电量大于第二电容 C2 的第二端上积累的电量；第三电容 C3 的第二端和第四电容 C4 的第二端上积累的电荷极性相同，第四电容 C4 的第二端上积累的电量大于第三电容 C3 的第二端上积累的电量，且第一电容 C1 的第二端和第二电容 C2 的第二端上积累的电荷极性与第三电容 C3 的第二端和第四电容 C4 的第二端上积累的电荷极性相反；

[0131] 逆变控制模块 1002，用于控制放电控制电路依次从整流器的第二电容 C2 的第二端、第一电容 C1 的第二端、第三电容 C3 的第二端和第四电容 C4 的第二端放电，放电电流经过串联的第一电感单元 L1 和第一负载 R1，且对第一电容 C1、第二电容 C2、第三电容 C3 和第四电容 C4 中任一电容的充电和放电错开。

[0132] 本发明五电平功率变换器的控制装置实施例一通过其整流控制模块 1001 和逆变控制模块 1002，分别实现对第一电容 C1 和第二电容 C2 的储能或放电，或是实现对第三电容 C3 和第四电容 C4 的储能和放电，从而实现五电平输出，并实现输入功率因数校正 PFC 功能。

[0133] 本发明实施例提供的五电平功率变换器的控制装置，其中整流控制模块是可以由多种形式构成。例如，可以为如下图 11 的形式。图 11 为本发明五电平功率变换器的控制装置实施例二的结构示意图，该实施例二中的整流控制模块和图 1 中所示的整流控制电路相对应，如图 11 所示，同时参见图 1，该整流控制模块包括：

[0134] 第一整流控制单元 1101，用于控制第一切换电路 1 切换外部输入电源提供的储能电流从第二电感单元 L2 的第一端流向第二电感单元 L2 的第二端，对第二电感单元 L2 储能；

[0135] 第二整流控制单元 1102，用于关闭第一切换电路 1，第二电感单元 L2 分别对第一电容 C1 和第二电容 C2 充电，且控制串联在第二电容 C2 的第二端和第二电感单元 L2 的第二端之间的第三开关管 Q3 的占空比，使第一电容 C1 的第二端上积累的电量大于第二电容

C2 的第二端上积累的电量；

[0136] 第三整流控制单元 1103，用于控制第一切换电路 1 切换外部输入电源提供的储能电流从第二电感单元 L2 的第二端流向第二电感单元 L2 的第一端，对第二电感单元 L2 储能；

[0137] 第四整流控制单元 1104，用于关闭第一切换电路 1，第二电感单元 L2 分别对第三电容 C3 和第四电容 C4 充电，且控制串联在第三电容 C3 的第二端和第二电感单元 L2 的第二端之间的第四开关管 Q4 的占空比，使第四电容 C4 的第二端上积累的电量大于第三电容 C3 的第二端上积累的电量。

[0138] 该实施例通过第一切换电路 1 的切换，实现切换外部输入电源提供的储能电流从第二电感单元 L2 的第一端流向第二电感单元 L2 的第二端，或是从第二电感单元 L2 的第二端流向第二电感单元 L2 的第一端，实现对第二电感单元 L2 储能，然后通过关闭第一切换电路 1 实现对第一电容 C1 和第二电容 C2 或是对第三电容 C3 和第四电容 C4 的充电过程。

[0139] 图 12 为本发明五电平功率变换器的控制装置实施例三的结构示意图，该实施例三中的整流控制模块和图 4 中所示的整流控制电路相对应，如图 12 所示，同时参见图 4，该整流控制模块包括：

[0140] 第五整流控制单元 1201，用于控制第二切换电路 2 切换外部输入电源提供的储能电流从第三电感单元 L3 的第一端流向第三电感单元 L3 的第二端，对第三电感单元 L3 储能；

[0141] 第六整流控制单元 1202，用于关闭第二切换电路 2，第二电感单元 L2 分别对第一电容 C1 和第二电容 C2 充电，且控制串联在第二电容 C2 的第二端和第三电感单元 L3 的第二端之间的第五开关管 Q5 的占空比，使第一电容 C1 的第二端上积累的电量大于第二电容 C2 的第二端上积累的电量；

[0142] 第七整流控制单元 1203，用于控制第二切换电路 2 切换外部输入电源提供的储能电流从第四电感单元 L4 的第二端流向第四电感单元 L4 的第一端；

[0143] 第八整流控制单元 1204，用于关闭第二切换电路 2，第二电感单元 L2 分别对第三电容 C3 和第四电容 C4 充电，且控制串联在第三电容 C3 的第二端和第三电感单元 L3 的第二端之间的第六开关管 Q6 的占空比，使第四电容 C4 的第二端上积累的电量大于第三电容 C3 的第二端上积累的电量。

[0144] 该实施例通过第二切换电路 2 的切换，实现切换外部输入电源提供的储能电流从第三电感单元 L3 的第一端流向第三电感单元 L3 的第二端，实现对第三电感单元 L3 储能；或是从第四电感单元 L4 的第二端流向第四电感单元 L4 的第一端，实现对第四电感单元 L4 储能，然后通过关闭第二切换电路 2 实现对第一电容 C 1 和第二电容 C2 或是对第三电容 C3 和第四电容 C4 的充电过程。

[0145] 图 13 为本发明五电平功率变换器的控制装置实施例四的结构示意图，该实施例四中的逆变控制模块和图 1- 图 4 中所示的逆变控制电路相对应，同时下述各单元对应完成图 9 中各时间段的输出电压，如图图 9 和 13 所示，同时参见图 1- 图 4，上述装置各实施例的逆变控制模块包括：

[0146] 第一逆变控制单元 1301，输出电压对应 T1 时间段，用于控制第十一开关管 Q11 常通，第十开关管 Q10 处于开关状态，第九开关管 Q9 处于关断状态，第二电容 C2 放电，放电电

流依次经过第一电感单元 L1 和第一负载 R1 ；

[0147] 第二逆变控制单元 1302，输出电压对应 T2 时间段，用于控制第十开关管 Q10 常通，第九开关管 Q9 处于开关状态，第十一开关管 Q11 常通，第一电容 C1 放电，放电电流依次经过第一电感单元 L1 和第一负载 R1 ；

[0148] 第三逆变控制单元 1303，输出电压对应 T3 时间段，用于控制第十一开关管 Q11 常通，第十开关管 Q10 处于开关状态，第九开关管 Q9 处于关断状态，第二电容 C2 放电，放电电流依次经过第一电感单元 L1 和第一负载 R1 ；

[0149] 第四逆变控制单元 1304，用于控制第三切换电路 3 切换至从第三切换电路 3 的第二端到第一端正向导通 ；

[0150] 第五逆变控制单元 1305，输出电压对应 T4 时间段，用于控制第十二开关管 Q12 常通，第十三开关管 Q13 处于开关状态，第十四开关管 Q14 处于关断状态，第三电容 C3 放电，放电电流依次经过第一电感单元 L1 和第一负载 R1 ；

[0151] 第六逆变控制单元 1306，输出电压对应 T5 时间段，用于控制第十三开关管 Q13 常通，第十四开关管 Q14 处于开关状态，第十二开关管 Q12 常通，第四电容 C4 放电，放电电流依次经过第一电感单元 L1 和第一负载 R1 ；

[0152] 第七逆变控制单元 1307，输出电压对应 T6 时间段，用于控制第十二开关管 Q12 常通，第十三开关管 Q13 处于开关状态，第十四开关管 Q14 处于关断状态，第三电容 C3 放电，放电电流依次经过第一电感单元 L1 和第一负载 R1 ；

[0153] 第八逆变控制单元 1308，用于控制第三切换电路 3 切换至从第三切换电路 3 的第一端到第二端反向导通。

[0154] 上述各实施例的五电平功率变换器的控制装置通过由整流控制模块与逆变控制模块两部分构成的电路，由整流控制模块控制电路将交流输入整流成直流，并实现功率因数校正功能 PFC ；由逆变控制模块控制电路将整流后的直流电压逆变成交流输出电压。从而实现输出五电平的电路。

[0155] 上述装置实施例电路的控制器可使用数字信号处理芯片，如微控制单元 (Micro Control Unit，MCU)、数字信号处理 (Digital Signal Processing，DSP) 器、或复杂可编程逻辑器件 (Complex Programmable Logic Device，CPLD) 等实现 ；

[0156] 综上所述，本发明实施例技术方案是在功率变换器的基础上，通过增加支路的形式，实现整流器、逆变器的五电平工作。具体的，将五电平逆变器、整流器进行级联组合，可构成高性能在线式 UPS 系统，这种 UPS 具有五电平逆变器、整流器的优点，如较低的功率管导通损耗、开关损耗、较小的逆变、整流电感的感量、更好的输入、输出总谐波失真 THD 等。本发明实施例电路拓扑可以灵活地构成单相、及三相 UPS，及三相中的有 / 无中性线系统等。可以实现交流市电模式下的交错并联，同时可以方便地通过输入切换开关实现电池模式工作时的交错并联。并且整体电路结构简单、工作可靠。

[0157] 最后应说明的是 ：以上各实施例仅用以说明本发明的技术方案，而非对其限制 ；尽管参照前述各实施例对本发明进行了详细的说明，本领域的普通技术人员应当理解 ：其依然可以对前述各实施例所记载的技术方案进行修改，或者对其中部分或者全部技术特征进行等同替换 ；而这些修改或者替换，并不使相应技术方案的本质脱离本发明各实施例技术方案的范围。

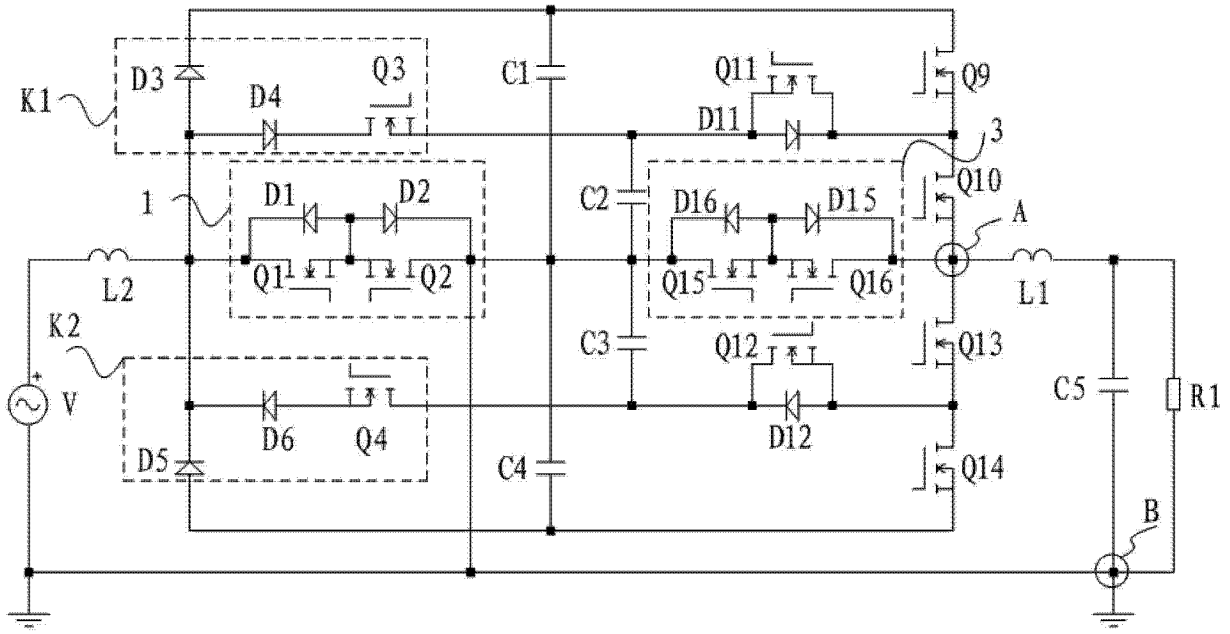

K1
D3
D4
Q3
C1
Q11
Q9
D11
3
Q10
1
D1
D2
C2
D16
D15
A
L2
Q1
Q2
Q15
Q16
L1
K2
C3
Q12
Q13
V
D6
Q4
C5
R1
D5
D12
C4
Q14
B

图 1

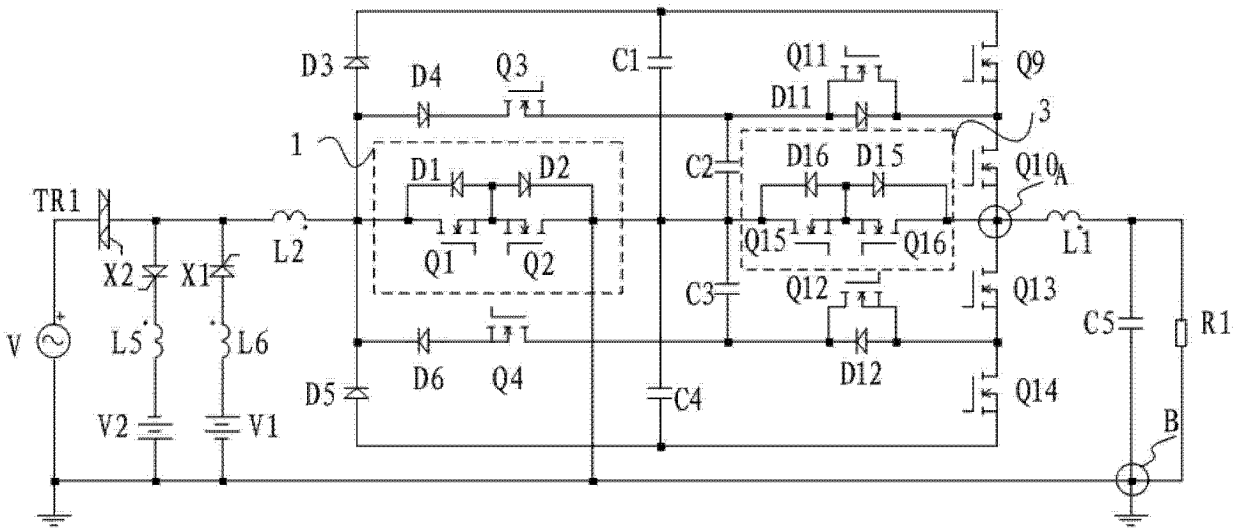

D3
D4
Q3
C1
Q11
Q9
D11
3
1
D1
D2
C2
D16
D15
Q10
A
TR1
L2
Q1
Q2
Q15
Q16
L1
X2
X1
C3
Q12
Q13
V
L5
L6
C5
R1
D6
Q4
D5
D12
C4
Q14
V2
V1
B

图 2

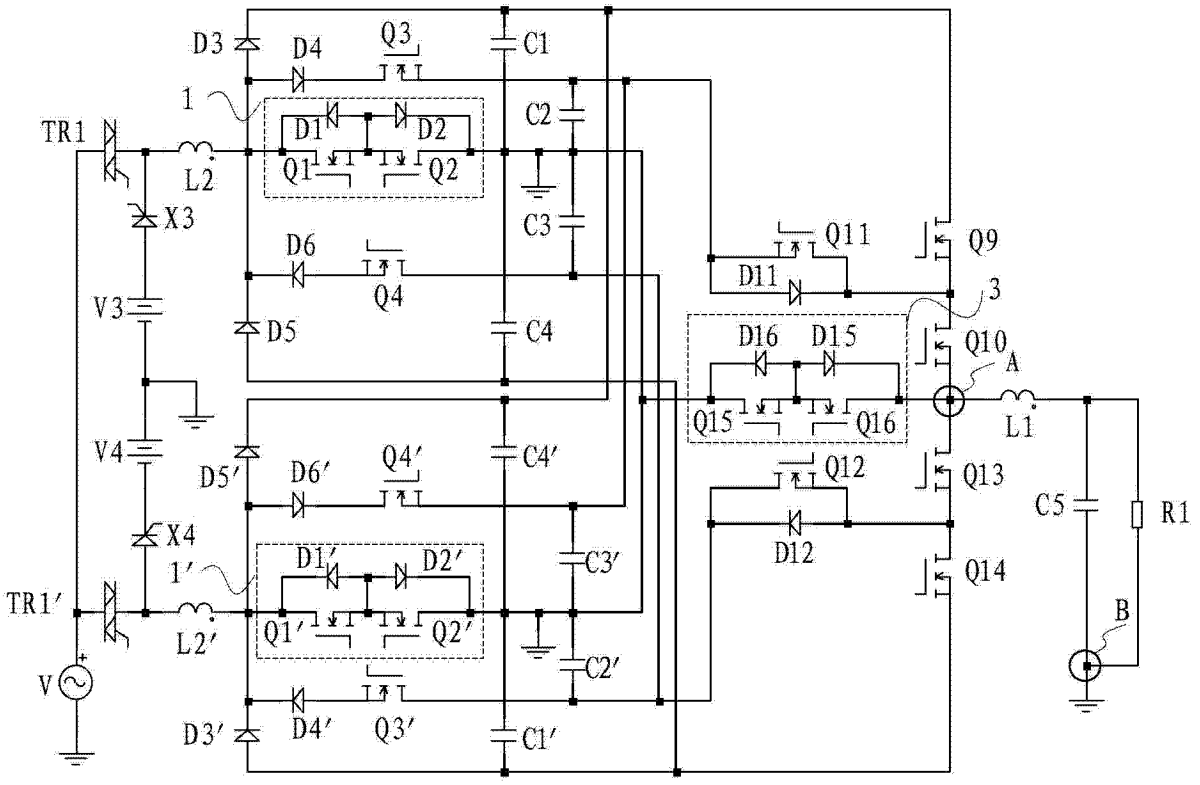

D3
D4
Q3
C1
1
TR1
D1
D2
C2
L2
Q1
Q2
X3
C3
D6
Q4
Q11
Q9
D11
3
V3
D5
C4
D16
D15
Q10
A
Q15
Q16
L1
V4
D5′
D6′
Q4′
C4′
Q12
Q13
C5
R1
X4
D12
D1′
D2′
C3′
Q14
1′
TR1′
Q1′
Q2′
B
L2′
C2′
V
D3′
D4′
Q3′
C1′

图 3

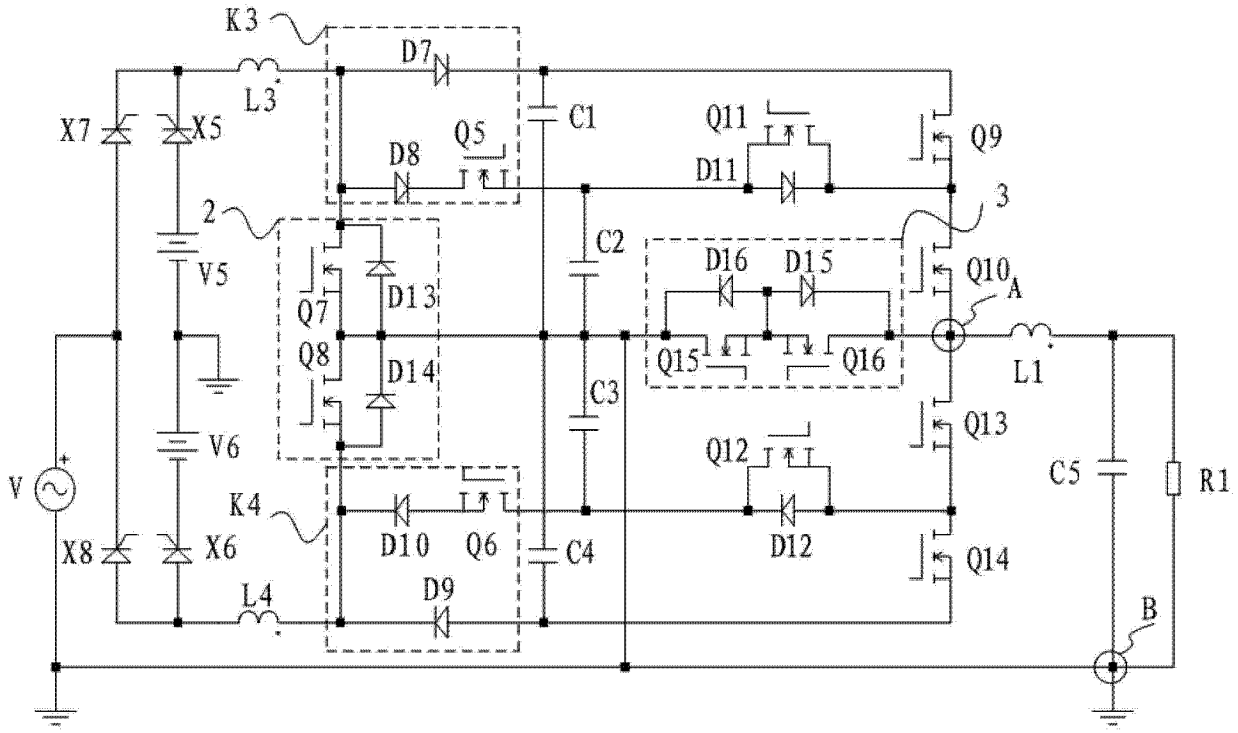

K3
D7
L3
X7
X5
C1
Q11
Q9
D8
Q5
D11
2
3
C2
D16
D15
V5
Q7
D13
Q10
A
Q8
D14
Q15
Q16
L1
C3
V6
Q13
Q12
C5
R1
V
K4
D10
Q6
C4
D12
X8
X6
Q14
L4
D9
B

图 4

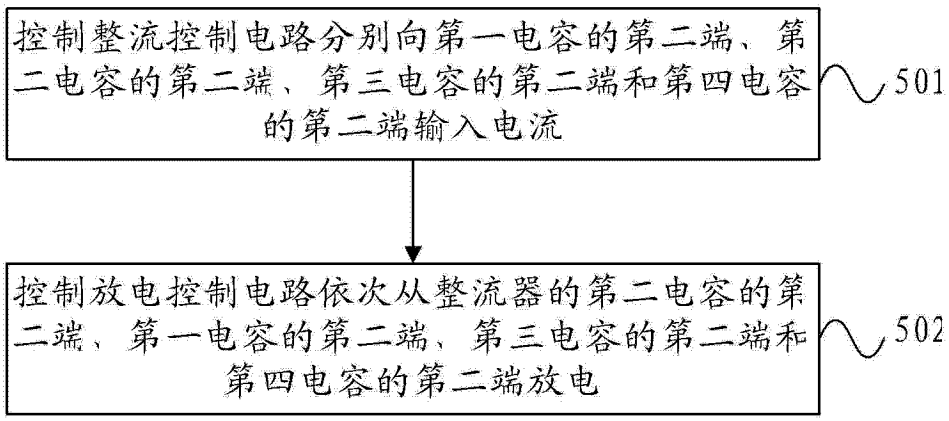

控制整流控制电路分别向第一电容的第二端、第二电容的第二端、第三电容的第二端和第四电容的第二端输入电流
501
控制放电控制电路依次从整流器的第二电容的第二端、第一电容的第二端、第三电容的第二端和第四电容的第二端放电
502

图 5

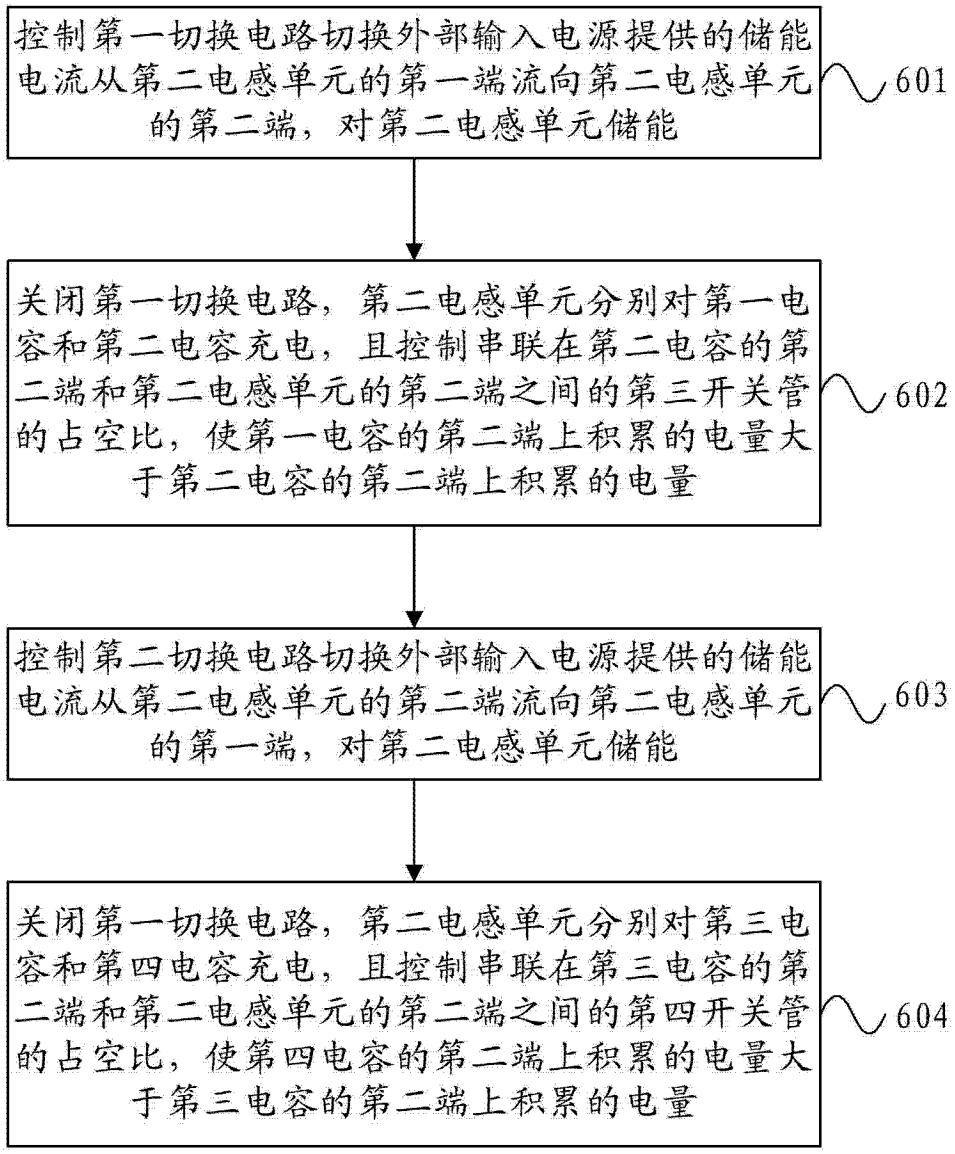

控制第一切换电路切换外部输入电源提供的储能电流从第二电感单元的第一端流向第二电感单元的第二端，对第二电感单元储能
601
关闭第一切换电路，第二电感单元分别对第一电容和第二电容充电，且控制串联在第二电容的第二端和第二电感单元的第二端之间的第三开关管的占空比，使第一电容的第二端上积累的电量大于第二电容的第二端上积累的电量
602
控制第二切换电路切换外部输入电源提供的储能电流从第二电感单元的第二端流向第二电感单元的第一端，对第二电感单元储能
603
关闭第一切换电路，第二电感单元分别对第三电容和第四电容充电，且控制串联在第三电容的第二端和第二电感单元的第二端之间的第四开关管的占空比，使第四电容的第二端上积累的电量大于第三电容的第二端上积累的电量
604

图 6

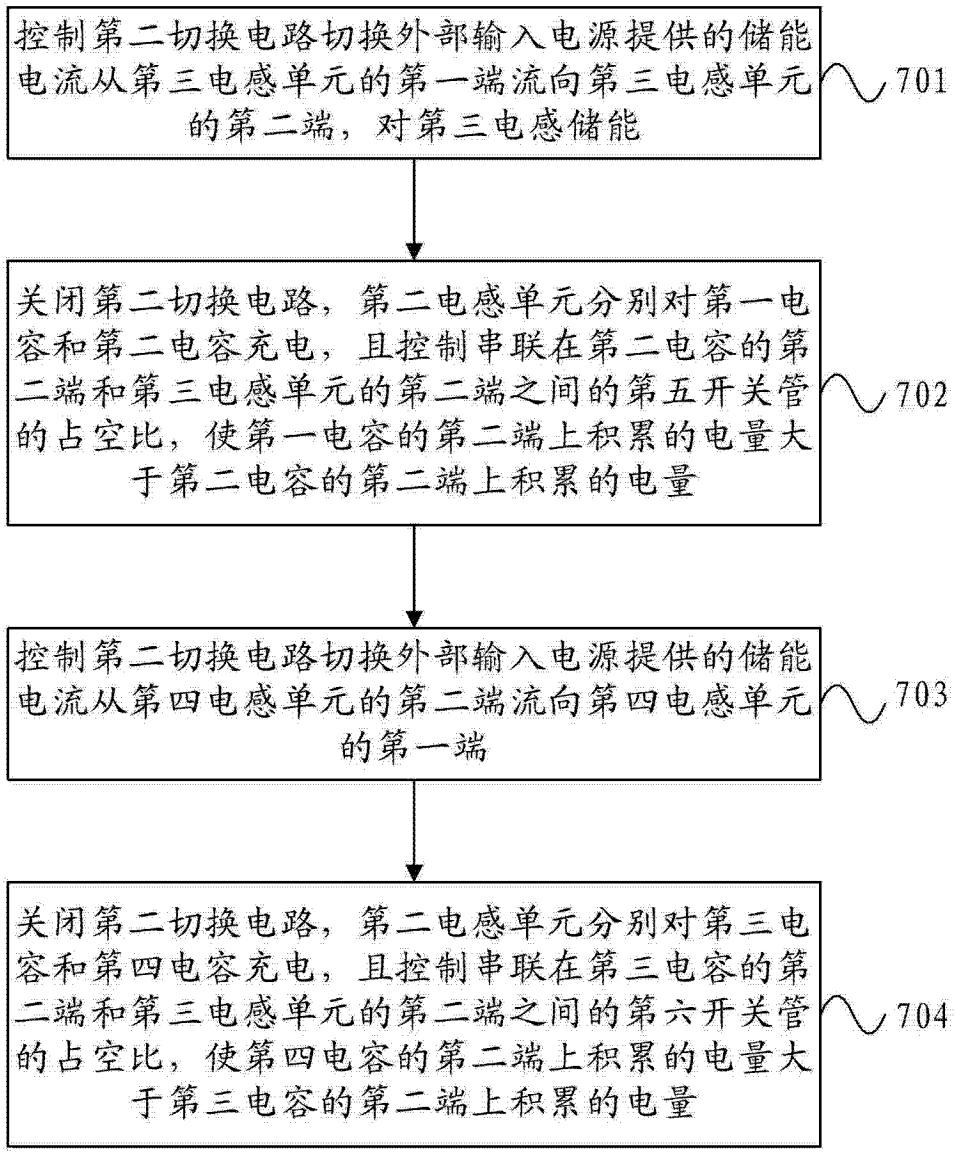

控制第二切换电路切换外部输入电源提供的储能电流从第三电感单元的第一端流向第三电感单元的第二端，对第三电感储能
701
关闭第二切换电路，第二电感单元分别对第一电容和第二电容充电，且控制串联在第二电容的第二端和第三电感单元的第二端之间的第五开关管的占空比，使第一电容的第二端上积累的电量大于第二电容的第二端上积累的电量
702
控制第二切换电路切换外部输入电源提供的储能电流从第四电感单元的第二端流向第四电感单元的第一端
703
关闭第二切换电路，第二电感单元分别对第三电容和第四电容充电，且控制串联在第三电容的第二端和第三电感单元的第二端之间的第六开关管的占空比，使第四电容的第二端上积累的电量大于第三电容的第二端上积累的电量
704

图 7

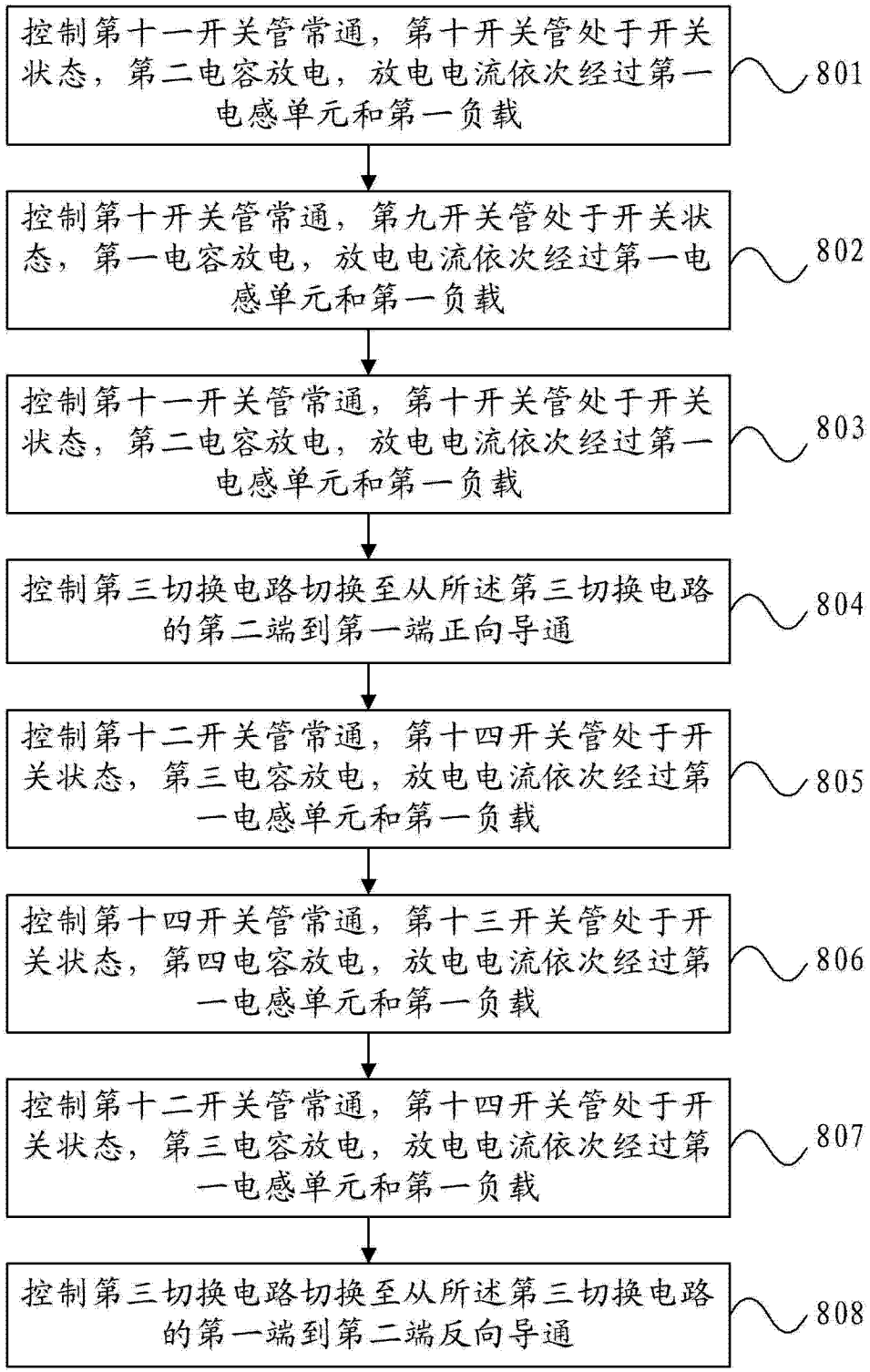

控制第十一开关管常通，第十开关管处于开关状态，第二电容放电，放电电流依次经过第一电感单元和第一负载
801
控制第十开关管常通，第九开关管处于开关状态，第一电容放电，放电电流依次经过第一电感单元和第一负载
802
控制第十一开关管常通，第十开关管处于开关状态，第二电容放电，放电电流依次经过第一电感单元和第一负载
803
控制第三切换电路切换至从所述第三切换电路的第二端到第一端正向导通
804
控制第十二开关管常通，第十四开关管处于开关状态，第三电容放电，放电电流依次经过第一电感单元和第一负载
805
控制第十四开关管常通，第十三开关管处于开关状态，第四电容放电，放电电流依次经过第一电感单元和第一负载
806
控制第十二开关管常通，第十四开关管处于开关状态，第三电容放电，放电电流依次经过第一电感单元和第一负载
807
控制第三切换电路切换至从所述第三切换电路的第一端到第二端反向导通
808

图 8

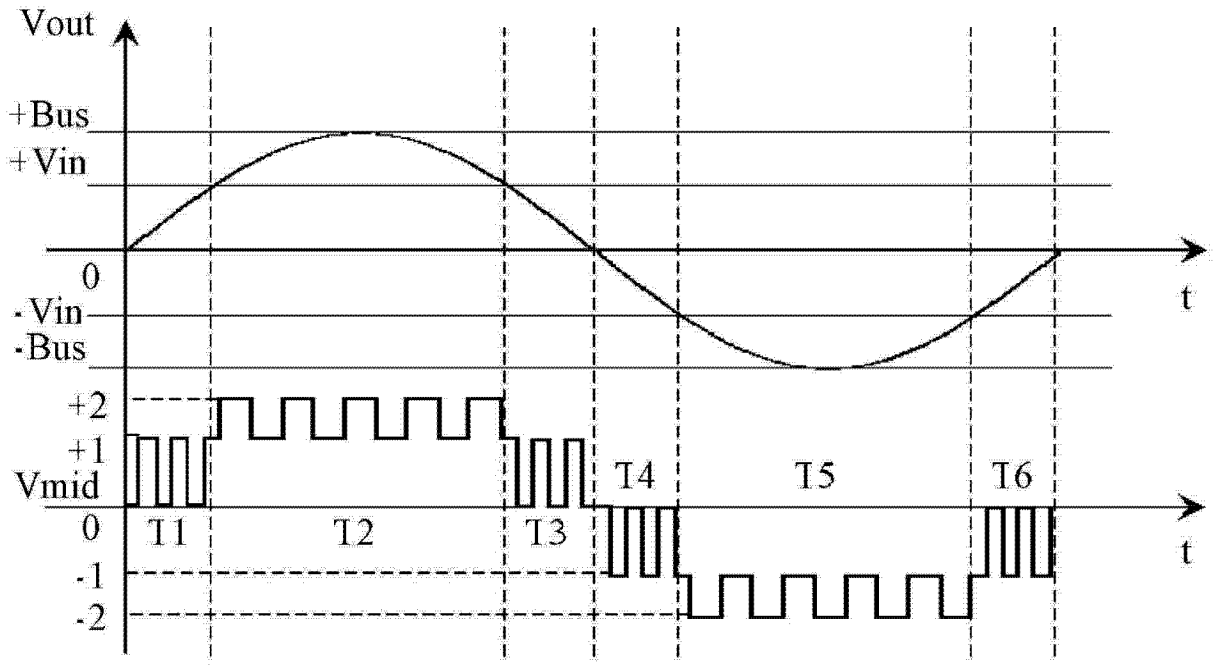

Vout
+Bus
+Vin
0
-Vin
-Bus
t
+2
+1
Vmid
0
-1
-2
T1
T2
T3
T4
T5
T6
t

图 9

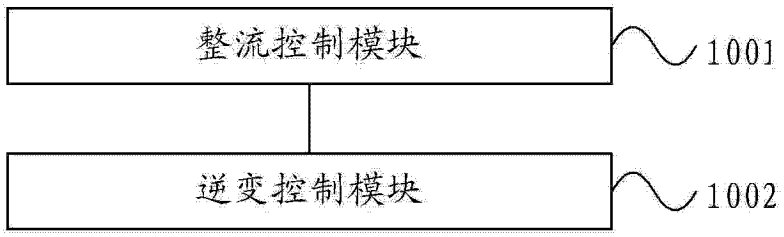

整流控制模块
1001
逆变控制模块
1002

图 10

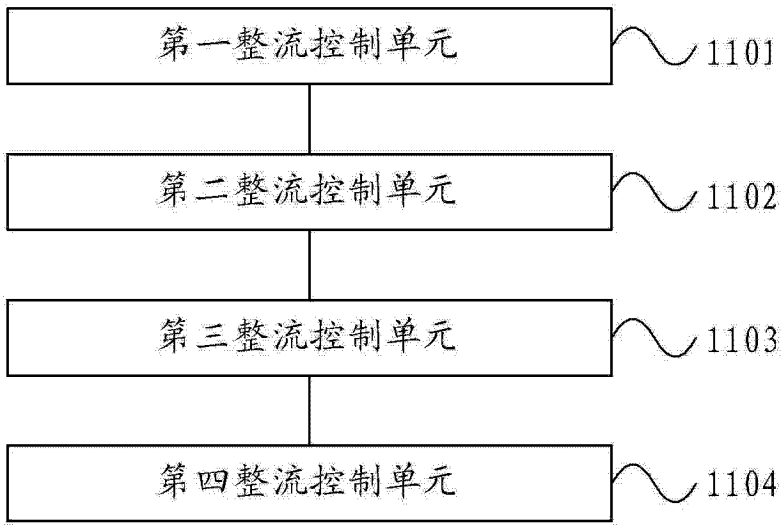

第一整流控制单元
1101
第二整流控制单元
1102
第三整流控制单元
1103
第四整流控制单元
1104

图 11

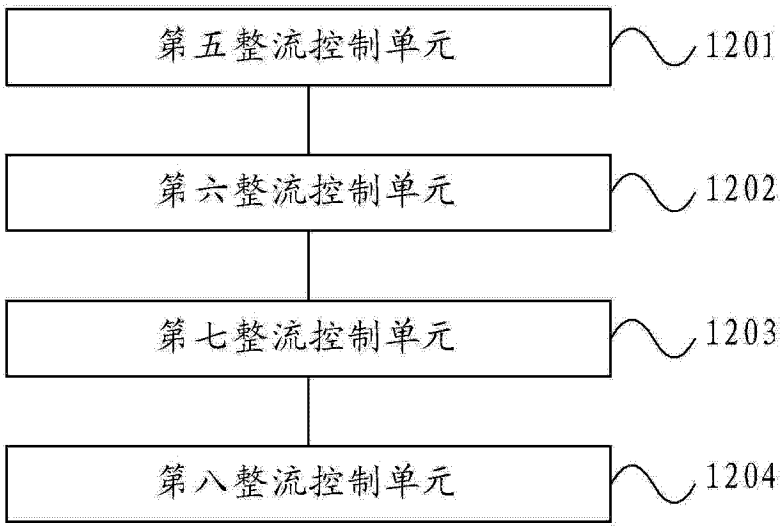

第五整流控制单元
1201
第六整流控制单元
1202
第七整流控制单元
1203
第八整流控制单元
1204

图 12

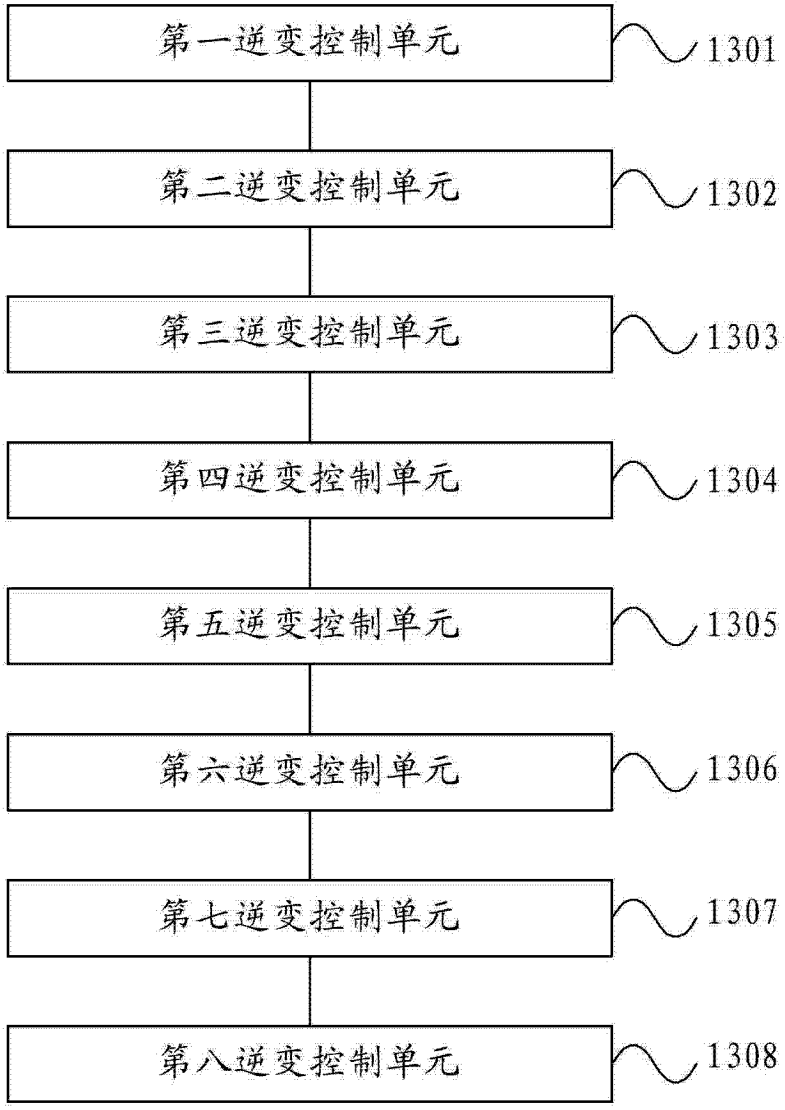

第一逆变控制单元
1301
第二逆变控制单元
1302
第三逆变控制单元
1303
第四逆变控制单元
1304
第五逆变控制单元
1305
第六逆变控制单元
1306
第七逆变控制单元
1307
第八逆变控制单元
1308

图 13