



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 112491272 A

(43) 申请公布日 2021. 03. 12

(21) 申请号 202011306469.X

(51) Int. Cl.

(22) 申请日 2020.11.20

H02M 3/158 (2006.01)

H02M 1/38 (2007.01)

(71) 申请人 国网山西省电力公司电力科学研究院

地址 030001 山西省太原市迎泽区青年路6号

申请人 国网山西省电力公司  
太原理工大学

(72) 发明人 常潇 王金浩 高乐 唐保国  
刘翼肇 刘志良 李胜文 张昊  
樊瑞 赵军 张敏 肖莹 冯磊  
孟润泉

(74) 专利代理机构 太原市科瑞达专利代理有限公司 14101

代理人 李富元

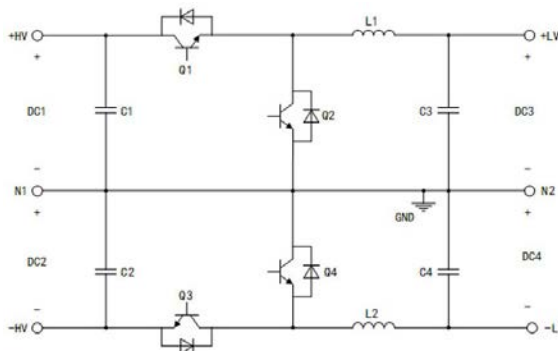
权利要求书1页 说明书4页 附图3页

(54) 发明名称

一种双极性双向直流变压器

(57) 摘要

本发明涉及电功率变换器领域。一种双极性双向直流变压器，包括4个绝缘栅双极晶体管、2个电感和4个电容，该双极性双向直流变压器高压正极+HV连接第一绝缘栅双极晶体管Q1的集电极、第一电容的C1的一端，该双极性双向直流变压器的高压正极-HV连接第三绝缘栅双极晶体管Q3的发射极、第二电容的C2的一端。本发明既可以实现双极供电，有可以实现单极独立供电，提高了供电的灵活性与可靠性。



1. 一种双极性双向直流变压器,其特征在于:包括4个绝缘栅双极晶体管、2个电感和4个电容,该双极性双向直流变压器高压正极+HV连接第一绝缘栅双极晶体管Q1的集电极、第一电容的C1的一端,该双极性双向直流变压器的高压正极-HV连接第三绝缘栅双极晶体管Q3的发射极、第二电容的C2的一端,第一绝缘栅双极晶体管Q1的发射极分别连接第二绝缘栅双极晶体管Q2的集电极和第一电感L1的一端,第三绝缘栅双极晶体管Q3的集电极分别连接第四绝缘栅双极晶体管Q4的发射极和第二电感L2的一端,该双极性双向直流变压器的低压正极+LV连接第一电感L1的另一端和第三电容的C3的一端,该双极性双向直流变压器的低压负极-LV连接第二电感L2的另一端和第四电容的C4的一端,第一电容的C1的另一端、第二电容的C2的另一端、第三电容的C3的另一端、第四电容的C4的另一端、第二绝缘栅双极晶体管Q2的发射极、第四绝缘栅双极晶体管Q4的集电极接地。

2. 根据权利要求1所述的一种双极性双向直流变压器,其特征在于:还包括四个二极管,每个绝缘栅双极晶体管两端均反并联一个二极管,即每个绝缘栅双极晶体管的发射极连接二极管的正极,每个绝缘栅双极晶体管的集电极都连接二极管的负极,其目的是在绝缘栅双极晶体管关断期间将第一电感L1、第二电感L2中的能量传递到负载中,从而进行降压或者升压。

3. 根据权利要求2所述的一种双极性双向直流变压器,其特征在于:第一绝缘栅双极晶体管Q1与第三绝缘栅双极晶体管Q3控制变压器功率正向流动,可将高压侧输入电压转换为低压侧输出电压;第二绝缘栅双极晶体管Q2与第四绝缘栅双极晶体管Q4控制变压器功率正向流动,可将低压侧输入电压转换为高压侧输出电压。

4. 根据权利要求3所述的一种双极性双向直流变压器,其特征在于:第一绝缘栅双极晶体管Q1、第三绝缘栅双极晶体管Q3、第二绝缘栅双极晶体管Q2、第四绝缘栅双极晶体管Q4在控制变压器功率正、反向流动时的驱动信号为独立PWM控制,目的是防止高开关频率时Q1与Q2、Q3与Q4同时导通引起的直通问题。

5. 根据权利要求4所述的一种双极性双向直流变压器,其特征在于:第一电感L1、第二电感L2在直流变压器正向工作时有储能与滤波的作用,在直流变压器反向工作时仅有储能的作用;第一电容的C1、第二电容的C2在直流变压器反向工作时有稳压与滤波的作用;第三电容的C3、第四电容的C4在直流变压器正向工作时有滤波的作用。

6. 根据权利要求5所述的一种双极性双向直流变压器,其特征在于:在功率正向流动时,分别控制第一绝缘栅双极晶体管Q1与第三绝缘栅双极晶体管Q3周期性导通,电路等效为两个降压斩波电路,在第一绝缘栅双极晶体管Q1与第三绝缘栅双极晶体管Q3导通时,双极性双向直流变压器的高压侧分别向电感第一电感L1、第二电感L2及双极性双向直流变压器的低压侧负载提供电能,在第一绝缘栅双极晶体管Q1与第三绝缘栅双极晶体管Q3关断时,第一电感L1、第二电感L2通过二极管续流,低压侧负载两端的电压均0。

## 一种双极性双向直流变压器

### 技术领域

[0001] 本发明涉及电功率变换器领域。

### 背景技术

[0002] 直流变压器是一种基于电力电子变换技术的电功率变换器,是连接两种不同电压值的直流母线的关键设备。低压直流配电网可分为单极供电与双极供电,其中双极供电具有更高的灵活性与可靠性,且双极供电有伪双极和真双极两种实现形式。为了满足不同的供电方式,需要不同结构的直流变压器,因此根据输出电压的极性可将直流变压器分为单极型、伪双极型与真双极型。其中单极型直流变压器仅需满足功率额定值与能量双向流动这两点,设计成本最低;伪双极型直流变压器一般通过接地电阻或电容的中点接地,设计起来也很方便,但缺点是负载只能接到正输出母线与负输出母线之间,正、负输出母线不可单独带负载;真双极型直流变压器不仅可以将负载接到正输出母线与负输出母线之间,而且正、负输出母线可以单独带负载或者带不平衡负载,但其设计起来也更困难一些,目前的研究成果也比较有限。随着用户对配电网灵活性与可靠性的要求越来越高,具有真双极特性的直流变压器将具有更广泛的应用前景与市场价值。

[0003] 直流变压器根据输入侧与输出侧有无直接电气上的连接可分为隔离型与非隔离型,目前各种具有真双极特性的直流变压器主电路拓扑电路大多针对隔离型来设计,虽然可靠性更高一些,但由于隔离变压器的存在,会影响运行效率的提高。专利CN202010076552.6“一种具有双极输出电压自平衡能力的直流固态变压器”,提出了一种具有双极输出电压自平衡能力的直流固态变压器,直接实现双极输出,无需额外的开关器件。该直流变压器适用于对效率要求不高,而对设计成本要求较高的场合;专利CN201910962620.6“双极性直流变压器、及其控制方法和装置”,提出一种含多个功率子模块的具有真双极特性的直流变压器,适用于中高压大功率场合,可靠性较高,但由于功率子模块内部拓扑同样采用隔离型拓扑,因此无法实现较高的效率,且其设计成本也比较高。

[0004] 对于一些对效率要求特别高的场合,通常采用非隔离型拓扑,其中半桥型非隔离拓扑不仅效率可以满足98%以上的要求,且适用于大功率场合,在低压用直流变压器中应用广泛。专利CN201820920739.8“一种低压直流双向双极性DCDC变换器”,提出一种非隔离型低压直流双向双极性DCDC变换器,能实现能量双向流动,并保证双极直流电压平衡,但由于其输入侧上端与上一级直流正母线相连,下端与上一级直流负母线相连,一旦上一级正母线或负母线由于检修等原因需要断开时,该直流变压器输出侧就无法仅以单极性运行,其运行可靠性不高。

### 发明内容

[0005] 本发明所要解决的技术问题是:如何克服当前具有双极性特性的直流变压器运行效率不够高、设计成本比较大的缺点,提出一种具有双极性输出特性的非隔离型直流变压器,适用于低压配电网,满足能量双向流动、双极性输入输出、既能双极运行又能单极独立

运行的高效、可靠的真双极直流变压器。

[0006] 本发明所采用的技术方案是：一种双极性双向直流变压器，包括4个绝缘栅双极晶体管、2个电感和4个电容，该双极性双向直流变压器高压正极+HV连接第一绝缘栅双极晶体管Q1的集电极、第一电容的C1的一端，该双极性双向直流变压器的高压正极-HV连接第三绝缘栅双极晶体管Q3的发射极、第二电容的C2的一端，第一绝缘栅双极晶体管Q1的发射极分别连接第二绝缘栅双极晶体管Q2的集电极和第一电感L1的一端，第三绝缘栅双极晶体管Q3的集电极分别连接第四绝缘栅双极晶体管Q4的发射极和第二电感L2的一端，该双极性双向直流变压器的低压正极+LV连接第一电感L1的另一端和第三电容的C3的一端，该双极性双向直流变压器的低压负极-LV连接第二电感L2的另一端和第四电容的C4的一端，第一电容的C1的另一端、第二电容的C2的另一端、第三电容的C3的另一端、第四电容的C4的另一端、第二绝缘栅双极晶体管Q2的发射极、第四绝缘栅双极晶体管Q4的集电极接地。

[0007] 还包括四个二极管，每个绝缘栅双极晶体管两端均反并联一个二极管，即每个绝缘栅双极晶体管的发射极连接二极管的正极，每个绝缘栅双极晶体管的集电极都连接二极管的负极。其目的是在绝缘栅双极晶体管关断期间将第一电感L1、第二电感L2中的能量传递到负载中，从而进行降压或者升压。

[0008] 第一绝缘栅双极晶体管Q1与第三绝缘栅双极晶体管Q3控制变压器功率正向流动，可将高压侧输入电压转换为低压侧输出电压；第二绝缘栅双极晶体管Q2与第四绝缘栅双极晶体管Q4控制变压器功率正向流动，可将低压侧输入电压转换为高压侧输出电压。

[0009] 第一绝缘栅双极晶体管Q1、第三绝缘栅双极晶体管Q3、第二绝缘栅双极晶体管Q2、第四绝缘栅双极晶体管Q4在控制变压器功率正、反向流动时的驱动信号为独立PWM控制，目的是防止高开关频率时Q1与Q2、Q3与Q4同时导通引起的直通问题。

[0010] 第一电感L1、第二电感L2在直流变压器正向工作时有储能与滤波的作用，在直流变压器反向工作时仅有储能的作用；第一电容的C1、第二电容的C2在直流变压器反向工作时有稳压与滤波的作用；第三电容的C3、第四电容的C4在直流变压器正向工作时有滤波的作用。

[0011] 在功率正向流动时，分别控制第一绝缘栅双极晶体管Q1与第三绝缘栅双极晶体管Q3周期性导通，电路等效为两个降压斩波电路。在第一绝缘栅双极晶体管Q1与第三绝缘栅双极晶体管Q3导通时，双极性双向直流变压器的高压侧分别向电感第一电感L1、第二电感L2及双极性双向直流变压器的低压侧负载提供电能，在第一绝缘栅双极晶体管Q1与第三绝缘栅双极晶体管Q3关断时，第一电感L1、第二电感L2通过二极管续流，低压侧负载两端的电压均0。

[0012] 本发明的有益效果是：本发明提供的低压配网用直流变压器是基于非隔离半桥双向变换器的真双极直流变压器，继承了半桥拓扑的高效率、大功率的特点，仅包含4个全控型功率器件，避免了引入隔离变压器而造成的效率降低、体积增大、设计难度增大的问题。与现有直流变压器相比，本发明既可以实现双极供电，有可以实现单极独立供电，提高了供电的灵活性与可靠性。

## 附图说明

[0013] 图1为本发明一种双极性双向直流变压器的结构示意图；

图2为本发明实施例中直流变压器功率正向流动时绝缘栅双极晶体管与电力二极管状态图；

图3为本发明实施例中直流变压器功率反向流动时绝缘栅双极晶体管与电力二极管状态图；

图4为本发明实施例中直流变压器正母线单极运行时绝缘栅双极晶体管与电力二极管状态图；

图5为本发明实施例中直流变压器负母线单极运行时绝缘栅双极晶体管与电力二极管状态图。

### 具体实施方式

[0014] 如图1所示,一种双极性双向直流变压器,包括4个绝缘栅双极晶体管、2个电感、4个电容、四个二极管,该双极性双向直流变压器高压正极+HV连接第一绝缘栅双极晶体管Q1的集电极、第一电容的C1的一端,该双极性双向直流变压器的高压正极-HV连接第三绝缘栅双极晶体管Q3的发射极、第二电容的C2的一端,第一绝缘栅双极晶体管Q1的发射极分别连接第二绝缘栅双极晶体管Q2的集电极和第一电感L1的一端,第三绝缘栅双极晶体管Q3的集电极分别连接第四绝缘栅双极晶体管Q4的发射极和第二电感L2的一端,该双极性双向直流变压器的低压正极+LV连接第一电感L1的另一端和第三电容的C3的一端,该双极性双向直流变压器的低压负极-LV连接第二电感L2的另一端和第四电容的C4的一端,第一电容的C1的另一端、第二电容的C2的另一端、第三电容的C3的另一端、第四电容的C4的另一端、第二绝缘栅双极晶体管Q2的发射极、第四绝缘栅双极晶体管Q4的集电极接地。每个绝缘栅双极晶体管两端均反并联一个二极管,即每个绝缘栅双极晶体管的发射极连接二极管的正极,每个绝缘栅双极晶体管的集电极都连接二极管的负极。其目的是在绝缘栅双极晶体管关断期间将第一电感L1、第二电感L2中的能量传递到负载中,从而进行降压或者升压。

[0015] 其中,所述的直流变压器的第一和第三绝缘栅双极晶体管Q1与Q3控制变压器功率正向流动,可将高压侧输入电压转换为低压侧输出电压;绝缘栅双极晶体管Q2与Q4控制变压器功率正向流动,可将低压侧输入电压转换为高压侧输出电压。

[0016] 上述直流变压器中,绝缘栅双极晶体管Q1与Q2、Q3与Q4在控制变压器功率正、反向流动时的驱动信号为独立PWM控制。当功率正向流动时,仅通过PWM控制Q1、Q3导通或者关断,而Q2、Q4在PWM的一个控制周期内全程处于关断状态;当功率反向流动时,仅通过PWM控制Q2、Q4导通或者关断,而Q1、Q3在PWM的一个控制周期内全程处于关断状态,其目的是防止高开关频率时Q1与Q2、Q3与Q4同时导通引起的直通问题。

[0017] 上述直流变压器中,反并联在绝缘栅双极晶体管两端的电力二极管,其目的是在绝缘栅双极晶体管关断期间将储能电感L1、L2中的能量传递到负载中,从而进行降压或者升压。

[0018] 上述直流变压器中,电感L1、L2在直流变压器正向工作时有储能与滤波的作用,在直流变压器反向工作时仅有储能的作用;电容C1、C2在直流变压器反向工作时有稳压与滤波的作用;电容C3、C4在直流变压器正向工作时有滤波的作用。

[0019] 上述直流变压器中,接地中性线输入端N1分别与高压侧直流电网DC1的负极、高压侧直流电网DC2的正极相连,输出端N2分别与低压侧直流电网DC3的负极、低压侧直流电网

DC4的正极相连,其目的是使高压侧与低压侧的母线具有双极的特性,即高压侧为+HV与-HV双极直流母线,低压侧为+LV与-LV双极直流母线,提高了供电的灵活性与可靠性。

[0020] 根据直流变压器高压侧与低压侧能量流动方向的不同,所述直流变压器有功率正向流动与功率反向流动两种工作模式;根据直流变压器正、负母线是否同时有电压,所述直流变压器有双极供电和单极独立供电两种供电方式。

[0021] 所述直流变压器在功率正向流动时,分别控制绝缘栅双极晶体管Q1、Q3周期性导通,电路等效为两个降压斩波电路。在Q1、Q3导通时,高压侧直流电网DC1、DC2分别向电感L1、L2及低压侧负载提供电能,此时低压侧负载两端的电压分别为DC1与DC2;在Q1、Q3关断时,电感L1、L2通过二极管续流,低压侧负载两端的电压均近似为0。

[0022] 所述直流变压器在功率反向流动时,分别控制绝缘栅双极晶体管Q2、Q4周期性导通,电路等效为两个升压斩波电路。在Q2、Q4导通时,低压侧直流电网DC3、DC4分别向电感L1、L2储存电能,同时电容C1、C2分别向高压侧负载提供电能,基本保持输出电压为恒定值;在Q2、Q4导通时,低压侧直流电网DC3、DC4与电感L1、L2共同向电容C1、C2充电并向高压侧负载提供能量。

[0023] 所述直流变压器在单极独立供电时,可仅高压侧可仅输入DC1或DC2,低压侧可仅输出DC3或DC4,通过单独控制Q1、Q2或Q3、Q4可使正母线单极供电或负母线单极供电具有能量双向流动的功能。

[0024] 所述直流变压器是一种真双极直流变压器,其输出侧正、负直流母线可单独带负载或带不平衡负载。

[0025] 当采用双极供电方式时,绝缘栅双极晶体管Q1、Q3与Q2、Q4分别控制高压侧正、负直流母线与低压侧正、负直流母线的电压。

[0026] 当功率正向流动时,如附图2所示,高压侧直流母线向低压侧直流母线输出能量,分别控制绝缘栅双极晶体管Q1与Q3来调整低压侧正、负直流母线电压的大小,其两端反并联的二极管由于只承受反向电压,因此全程不导通;而绝缘栅双极晶体管Q2与Q4全程无驱动信号,其两端反并联的二极管在Q1、Q3关断期间承受正向电压,电感L1与L2上的电流因此得以续流。

[0027] 当功率反向流动时,如附图3所示,低压侧直流母线向高压侧直流母线输出能量,分别控制绝缘栅双极晶体管Q2与Q4来调整高压侧正、负直流母线电压的大小,其两端反并联的二极管由于只承受反向电压,因此全程不导通;而绝缘栅双极晶体管Q1与Q3全程无驱动信号,其两端反并联的二极管在Q2与Q3关断期间承受正向电压,电感L1、L2与低压侧直流电网DC3、DC4因此得以向高压侧直流母线和电容C1、C2提供能量。

[0028] 当以正母线单极独立供电时,如附图4所示,能量仅在高压侧正直流母线与低压侧正直流母线之间流动,分别控制绝缘栅双极晶体管Q1与Q2来控制能量流动的方向;而绝缘栅双极晶体管Q3与Q4始终保持关断,其两端反并联的二极管始终只承受反向电压,因此全程不导通,高压侧负直流母线与低压侧负直流母线不存在能量传输。

[0029] 当以负母线单极独立供电时,如附图5所示,能量仅在高压侧负直流母线与低压侧负直流母线之间流动,分别控制绝缘栅双极晶体管Q3与Q4来控制能量流动的方向;而绝缘栅双极晶体管Q1与Q2始终保持关断,其两端反并联的二极管始终只承受反向电压,因此全程不导通,高压侧正直流母线与低压侧正直流母线不存在能量传输。

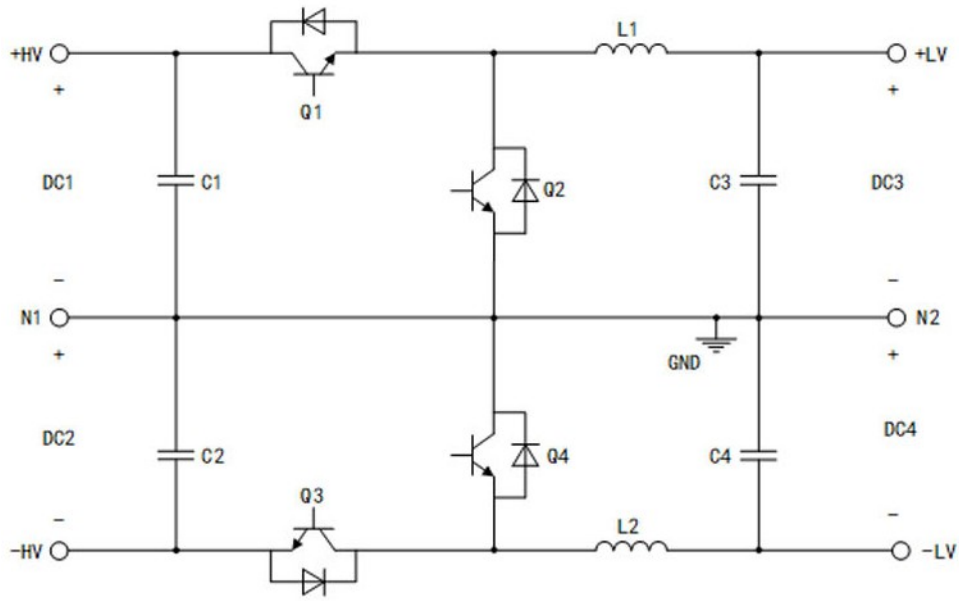


图1

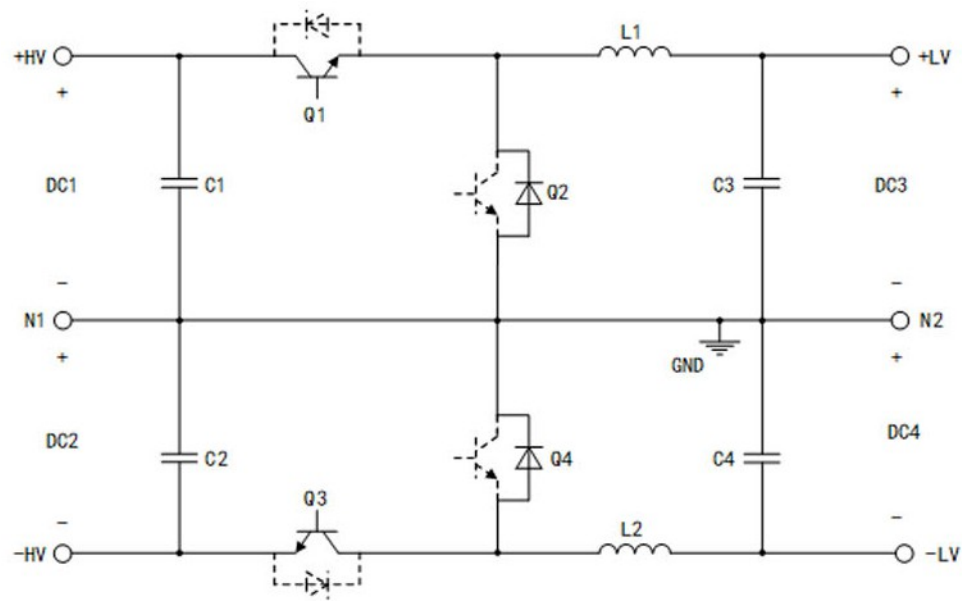


图2

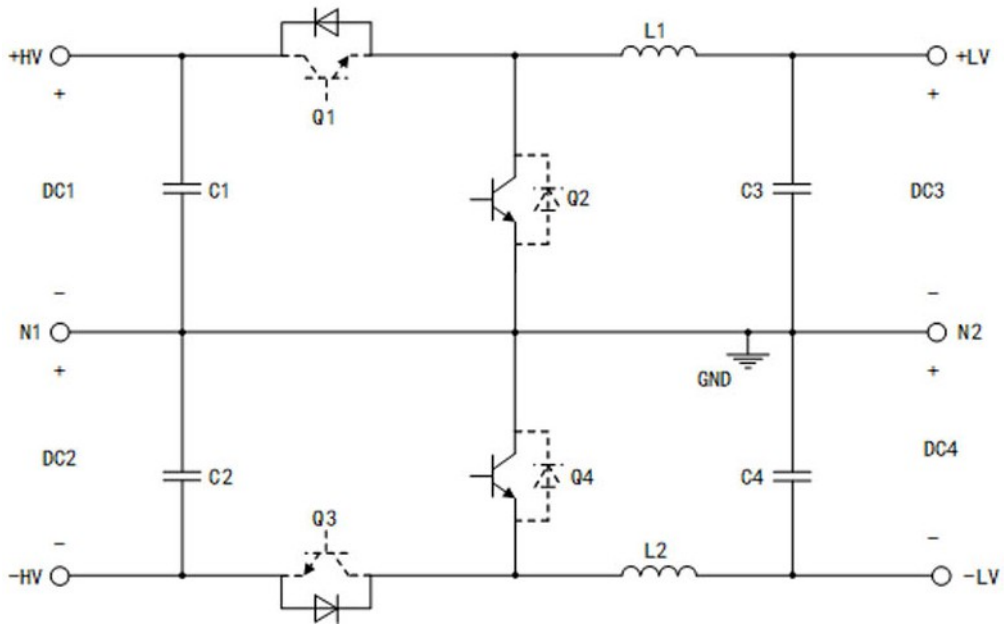


图3

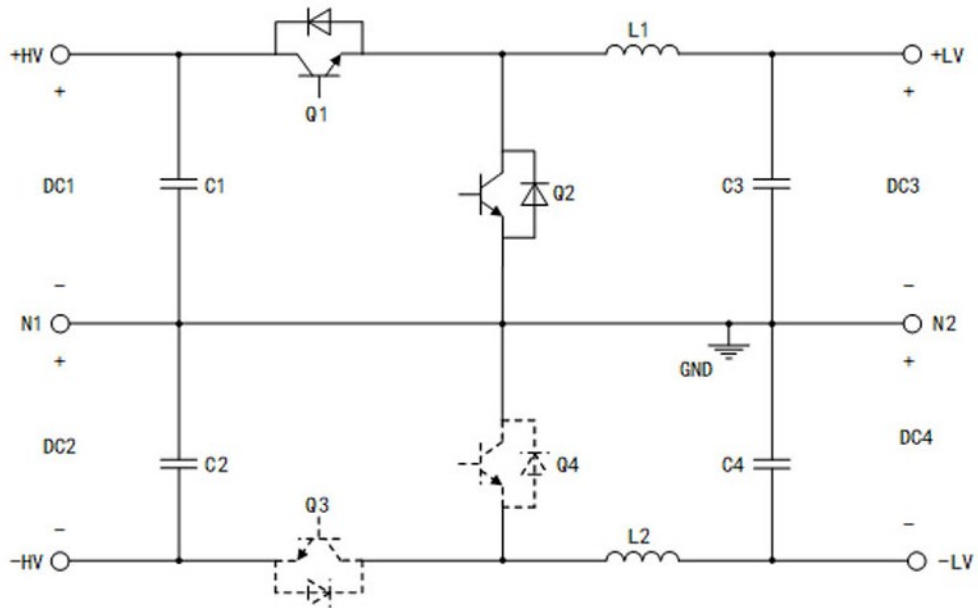


图4



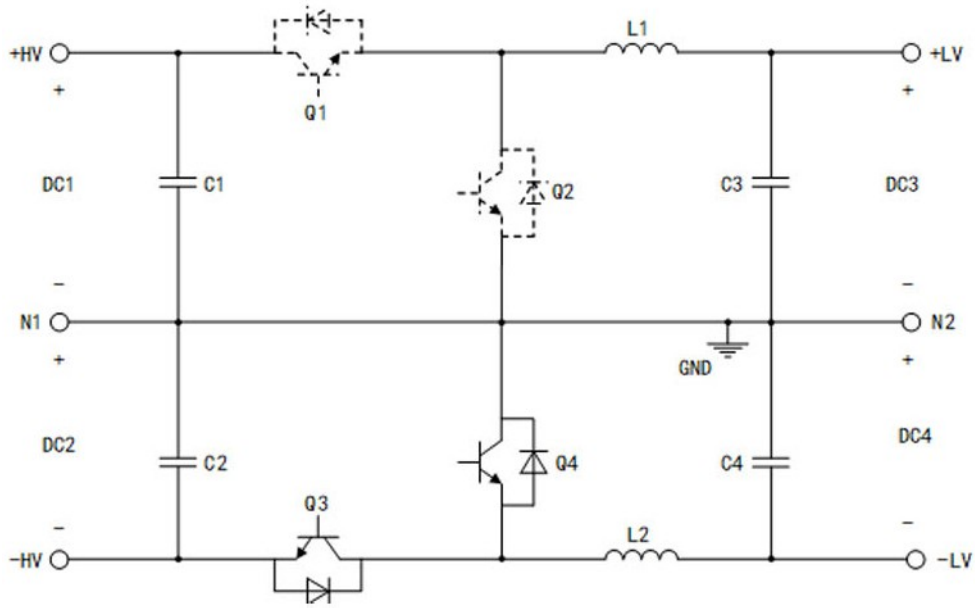


图5