



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103036468 A

(43) 申请公布日 2013. 04. 10

(21) 申请号 201310020919. 2

(22) 申请日 2013. 01. 21

(71) 申请人 南京航空航天大学  
地址 210016 江苏省南京市御道街 29 号

(72) 发明人 陈乾宏 杨鸣强

(74) 专利代理机构 南京汇盛专利商标事务所  
(普通合伙) 32238

代理人 张立荣

(51) Int. Cl.

H02M 7/72(2006. 01)

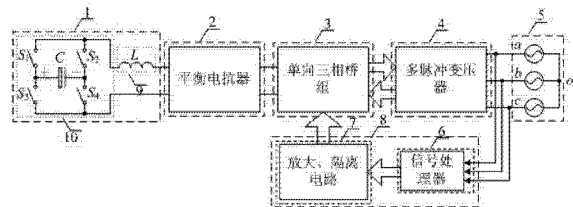
权利要求书 1 页 说明书 5 页 附图 5 页

(54) 发明名称

基于可变极性直流母线的电流源型双向多脉冲变流器

(57) 摘要

本发明提供一种基于可变极性直流母线的电流源型双向多脉冲变流器,它包括直流侧电路(1)和三相交流电源(5),还包括单向三相桥组(3)、多脉冲变压器(4)和控制电路(8),其中直流侧电路(1)、单向三相桥组(3)、多脉冲变压器(4)、三相交流电源(5)依次连接;所述控制电路(8)的信号输入端连接在多脉冲变压器(4)与三相交流电源(5)之间,控制电路(8)的控制端与所述单向三相桥组(3)连接。本发明提出的电路拓扑可实现电流源型多脉冲逆变器能量双向流动,直接对三相交流侧电流进行控制,控制器与滤波器各自独立,设计简单,可靠性高,适用于各种需要多脉冲变流器实现双向能量传输的场合。



1. 基于可变极性直流母线的电流源型双向多脉冲变流器,它包括直流侧电路(1)和三相交流电源(5),其特征是:直流侧电路可选择接入后续电路的极性,同时系统还包括单向三相桥组(3)、多脉冲变压器(4)和控制电路(8),其中直流侧电路(1)、单向三相桥组(3)、多脉冲变压器(4)、三相交流电源(5)依次连接;所述控制电路(8)的信号输入端连接在多脉冲变压器(4)与三相交流电源(5)之间,控制电路(8)的控制端与所述单向三相桥组(3)连接。

2. 根据权利要求1所述的双向多脉冲变流器,其特征在于:所述控制电路(8)包括信号处理器(6)与放大、隔离电路(7),其中信号处理器(6)的信号输入端连接在多脉冲变压器(4)与三相交流电源(5)之间,放大、隔离电路(7)的输出端与单向三相桥组(3)连接。

3. 根据权利要求1所述的双向多脉冲变流器,其特征在于:所述直流侧电路(1)由滤波电感(9)与可选极性直流母线电路(10)组成,可选极性直流母线电路(10)由电压双象限,电流单象限的开关管或复合开关管组成单相桥,直流负载两端分别接于单相桥两桥臂中点。

4. 根据权利要求1、2或3所述的双向多脉冲变流器,其特征在于:所述单向三相桥组(3)中三相桥的组数与多脉冲双向变流器(4)的脉冲数相对应,其中6脉冲双向变流器对应1组三相桥,12脉冲双向变流器对应2组三相桥,18脉冲双向变流器对应3组三相桥,24脉冲双向变流器对应4组三相桥。

5. 根据权利要求4所述的双向多脉冲变流器,其特征在于:所述的6、12、18、24脉冲变压器为自耦型、隔离型,并包括其各种绕组结构类型。

6. 根据权利要求1所述的双向多脉冲变流器,其特征在于:所述单向三相桥组(3)的开关管采用单向晶闸管或IGBT反串二极管、MOSFET反串二极管的复合开关管。

7. 根据权利要求6所述的双向多脉冲变流器,其特征在于:所述单向三相桥组(3)的接法为各三相桥两端同极性端点相连,再与直流侧电路两端点相连,各桥臂中点依次与多脉冲变压器(4)对应接口连接。

8. 根据权利要求4所述的双向多脉冲变流器,其特征在于:当系统为12或24脉冲双向变流器时,所述直流侧电路(1)与单向三相桥组(3)之间接入平衡电抗器(2),单向三相桥组(3)各三相桥两端端点与多脉冲变流器(4)的平衡电抗器相连,各桥臂中点依次与多脉冲变压器对应接口连接。

## 基于可变极性直流母线的电流源型双向多脉冲变流器

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种基于可变极性直流母线的电流源型双向多脉冲变流器,属于功率电子变换的范畴。

### 背景技术

[0002] 多脉冲逆变技术采用移相变压器对多相逆变的输出进行叠加,消除低次谐波,合成的波形逼近正弦波,具有谐波含量少、开关频率低、可靠性高、效率高、过载能力强、不会产生额外的电磁干扰等优点,同时,系统中的移相变压器还可使输入输出电气隔离,对电网污染小。基于以上特点,多脉冲逆变技术广泛应用于大功率交流驱动、新能源应用和电能质量控制中。

[0003] 根据叠加对象不同,多脉冲逆变技术可分为电压源型(即实现电压叠加)与电流源型(即实现电流叠加)。在并网逆变场合,通过电压叠加控制进网电流时,系统必须引入设计十分复杂的高阶滤波器,易引起系级不稳定,降低了多脉冲变流器的可靠性。若采用电流源型多脉冲逆变器(即实现电流叠加),将直接对网侧电流进行控制,滤波与控制都十分简单,可靠性高。但目前的电流源型逆变器通过分立的移相变压器输出侧并联实现电流叠加,磁性元件数量多,系统体积大。

[0004] 同时,近些年来,随着新能源技术的发展与节能环保意识的深入,作为对偶功率变换结构的逆变器与整流器之间的边界越来越模糊,变流器在不同时刻需完成不同形式功率变换(整流或逆变)的场合越来越多。如在直流微网场合,当新能源供电过剩时,需通过变流器将剩余电能经逆变后并入电网,当新能源供电不足时,需通过变流器将电网电能经整流后供给负载。在电力机车牵引场合,当机车正常运行时,三相电能需通过变流器将交流电能变换为直流电能为机车电动机供电,当机车减速时,需通过变流器将电动机回馈的直流电能变换为低谐波的交流电并入电网,实现电能的充分利用。综上所述,实现能量双向流动既是多脉冲逆变器未来发展的必然要求,也将使多脉冲技术在逆变与整流场合实现通用,进一步拓展其应用场合。

[0005] 南京航空航天大学的许爱国在“城市轨道交通再生制动能量利用技术研究”一文中提出将电压源型多脉冲变流器通过空间矢量调制的控制方法实现能量的双向流动。但如前所述,通过电压叠加控制进网电流使系统必须引入设计十分复杂的高阶滤波器,且易引起系级不稳定,降低了多脉冲变流器的可靠性。若能实现电流源型多脉冲逆变器能量双向流动,其将直接对网侧电流进行控制,滤波与控制都十分简单,可靠性高。但如前所述,目前的电流源型多脉冲逆变器通过分立的移相变压器输出侧并联实现电流叠加,磁性元件数量多,系统体积大;同时,系统的开关管通常采用晶闸管或二极管,其单向导电性使传统的电流源型多脉冲逆变器无法在逆变的基础上实现整流,即双向传输能量。

### 发明内容

[0006] 本发明的目的是在传统电流源型多脉冲逆变器控制与滤波简便的优点基础上,缩

小其磁性元件的体积重量,克服其能量无法双向传输的缺点,提出一种基于双向开关管的电流源型双向多脉冲变流器。

[0007] 本发明的目的是通过以下措施实现的:

基于可变极性直流母线的电流源型双向多脉冲变流器,它包括直流侧电路和三相交流电源,还包括单向三相桥组、多脉冲变压器和控制电路,其中直流侧电路、单向三相桥组、多脉冲变压器、三相交流电源依次连接;所述控制电路的信号输入端连接在多脉冲变压器与三相交流电源之间,控制电路的控制端与所述单向三相桥组连接。

[0008] 系统中直流母线可选择接入电路的极性,直流侧中串入电感使直流侧近似为恒定电流源,后级依次接能量单向流动的三相桥组、多脉冲变压器、三相交流电源。

[0009] 所述控制电路包括信号处理器与放大、隔离电路,其中信号处理器的信号输入端连接在多脉冲变压器与三相交流电源之间,放大、隔离电路的输出端与单向三相桥组连接。

[0010] 所述直流侧电路由滤波电感与可选极性直流母线电路组成,可选极性直流母线电路由电压双象限,电流单象限的开关管或复合开关管组成单相桥,直流负载两端分别接于单相桥两桥臂中点。

[0011] 单向三相桥组即能量传输时电流流动方向不能改变的三相桥组,其开关管采用单向晶闸管或 IGBT 反串二极管、MOSFET 反串二极管的复合开关管。

[0012] 单向三相桥组中三相桥的组数与多脉冲双向变流器的脉冲数相对应,其中 6 脉冲双向变流器对应 1 组三相桥,12 脉冲双向变流器对应 2 组三相桥,18 脉冲双向变流器对应 3 组三相桥,24 脉冲双向变流器对应 4 组三相桥。

[0013] 所述的 6、12、18、24 脉冲变压器为自耦型或隔离型,并包括其各种绕组结构类型,例如 12、18 脉冲变压器绕组结构可以是 P 型(Polygon),D 型(Delta)或者是 DT 型。

[0014] 所述单向三相桥组的接法可以为各三相桥两端同极性端点相连,再与直流侧电路两端点相连,各桥臂中点依次与多脉冲变压器对应接口连接。

[0015] 当系统为 12 或 24 脉冲双向变流器时,所述直流侧电路与单向三相桥组之间最好接入平衡电抗器,以实现各三相桥电流均流。

[0016] 单向三相桥组各三相桥两端端点与多脉冲变流器的平衡电抗器相连,各桥臂中点依次与多脉冲变压器对应接口连接。

[0017] 控制电路根据电路工作在整流或逆变状态,导通可选极性直流母线电路中相应的开关管,选择直流母线电路接入系统的极性。当工作在整流状态时,通过开关管切换,使直流母线正极与后级单向电路电流输出端相连,负极与后级单向电路电流输入端相连,当工作在逆变状态时,通过开关管切换,使直流母线正极与后级单向电路电流输入端相连,负极与后级单向电路电流输出端相连。系统工作在整流或并网逆变状态时,控制电路中信号处理器检测出三相电源的周期,找到某相电压由负变正的过零点,以相应多脉冲变流器开关管导通矢量图中对应矢量为起点,依次生成驱动信号,并经放大、隔离电路对其进行放大、隔离,以导通相应开关管相应角度。若系统工作在无源逆变状态时则只需以任意矢量为起点,按照开关管导通矢量图依次导通开关管即可。同时,由于电流源型变流器直流侧将串入电感维持其电流恒定,为防止出现系统无电流通路导致电感能量无处泄放进而损坏电路,需在即将交替导通的两管驱动之间加入换相重叠角。

[0018] 本发明与现有技术相比的主要技术特点:

1、本发明采用集成式的多脉冲变压器取代了传统电流源型逆变器中分立的移相变压器，显著减小了系统磁性元件的体积；

2、采用电压双象限、电流单象限的开关管或复合开关管组成三相桥的基本开关单元，防止了在换相重叠角度内开关管出现短路情况，并实现了其零电流关断；

3、采用可选极性直流母线电路，通过在不同变流状态下改变直流母电路接入系统的极性，可使原本只具有单向导电能力的开关管实现了能量的双向流动；通过信号处理器检测三相电源相角与周期，结合各多脉冲变流器的导通矢量图生成驱动信号，实现了对电流双向流动的有效控制。

[0019] 基于以上提出的电路拓扑结构，本发明实现了传统电流源型多脉冲逆变器能量的双向流动；相较于传统电流源型多脉冲逆变器，系统磁性元件体积有了显著减小；相较于电压源型多脉冲双向变流器，其具有控制环路与滤波器设计简单，系统可靠性高等优点。

## 附图说明

[0020] 附图 1 是本发明的基于可变极性直流母线的电流源型双向多脉冲变流器结构示意图。

[0021] 附图 2 是本发明的一种放大、隔离电路的结构示意图。

[0022] 附图 3 是本发明的隔离型 6 脉冲双向变流器结构示意图。

[0023] 附图 4 是本发明的自耦型 12 脉冲双向变流器结构示意图。

[0024] 附图 5 是本发明的隔离型 18 脉冲双向变流器结构示意图。

[0025] 附图 6 是本发明的自耦型 24 脉冲双向变流器结构示意图。

[0026] 附图 7 是本发明的 18 脉冲双向变流器单向三相桥结构示意图。

[0027] 附图 8 是本发明的 18 脉冲双向变流器开关管导通矢量图。

[0028] 附图 9 是本发明的双向多脉冲变流器结构中直流侧与单向三相桥组中开关单元的一种接线图。

[0029] 附图 10 是本发明的 18 脉冲双向变流器工作在整流状态时输入电压与电流波形图。

[0030] 附图 11 是本发明的 18 脉冲双向变流器工作在无源逆变状态时阻性负载的电压波形。

[0031] 上述附图中主要符号名称：1 为直流侧电路，2 为平衡电抗器，3 为可逆三相桥组，4 为多脉冲变压器，5 为三相交流电源，6 为锁相环，7 为驱动器，8 为控制电路，9 为滤波电感，10 为可选极性直流母线电路， $v_{pulse}$  为 DSP 生成的脉冲信号， $C_p$  为加速电容， $R_p$  为匹配电阻， $v_{drive}$  为经放大、隔离电路后得到的驱动信号，后接开关管， $v_a$ 、 $v_b$ 、 $v_c$  为三相相电压， $o$  为三相电压中点， $a$ 、 $b$ 、 $c$ 、 $a'$ 、 $b'$ 、 $c'$ 、 $a''$ 、 $b''$ 、 $c''$ 、 $a_1$ 、 $a_2$ 、 $a_3$ 、 $a_4$ 、 $b_1$ 、 $b_2$ 、 $b_3$ 、 $b_4$ 、 $c_1$ 、 $c_2$ 、 $c_3$ 、 $c_4$  为变压器构造的电压矢量与相应的桥臂编号， $V_{ab}$ 、 $V_{ac}$  等为开关管导通矢量， $L_1$ 、 $L_2$ 、 $L_3$  为平衡电抗器， $L$  为直流侧电感， $C$  为直流侧电容， $S_1$ 、 $S_2$ 、 $S_3$ 、 $S_4$  为开关管， $Q_1$ 、 $Q_2$ 、 $Q_3$ 、 $Q_4$  为晶闸管。

## 具体实施方式

[0032] 实施例一：

附图 1 给出了本发明的基于可变极性直流母线的电流源型双向多脉冲变流器结构示

意图,包括直流侧电路(1)、可逆三相桥组(3)、多脉冲变压器(4)、三相交流电源(5)和控制电路(8)。当系统为 12 或 24 脉冲双向变流器时,直流侧电路(1)与可逆三相桥组(3)之间最好接入平衡电抗器(2),实现各三相桥电流均流。所述直流侧电路(1)由滤波电感(9)与可选极性直流母线电路(10)组成。所述可选极性直流母线电路(10)由电压双象限,电流单象限的开关管或复合开关管组成单相桥,直流负载两端分别接于单相桥两桥臂中点。控制电路(8)由信号处理器(6)与放大、隔离电路(7)组成。所述多脉冲变压器包括其各种变形。所述单向三相桥组结构中三相桥的组数与多脉冲双向变流器的脉冲数有关,其中 6 脉冲双向变流器对应 1 组三相桥,12 脉冲双向变流器对应 2 组三相桥,18 脉冲双向变流器对应 3 组三相桥,24 脉冲双向变流器对应 4 组三相桥。

[0033] 附图 1 中给出了控制电路框图(8),其中信号处理器(6)可以采用能检测波形过零点与周期的 DSP 芯片或其他模拟与数字电路;放大、隔离电路(7)采用各种对驱动信号进行放大、隔离的电路拓扑。图 2 为一种放大隔离电路,其中放大电路采用三极管组成的图腾柱电路,隔离电路采用 HCPL3120 芯片实现各驱动信号隔离。其控制过程为:根据电路工作在整流或逆变状态,导通可选极性直流母线电路(10)中  $S_1$  和  $S_4$  或  $S_2$  和  $S_3$ ,选择直流母线电路接入系统的极性;系统工作在整流或并网逆变状态时,控制电路中信号处理器检测出三相电源的周期,找到某相电压由负变正的过零点,以相应多脉冲变流器开关管导通矢量图中对应矢量为起点,依次生成驱动信号,并经放大、隔离电路对其进行放大、隔离,以导通相应开关管相应角度。当系统工作在无源逆变状态时则只需以任意矢量为起点,按照开关管导通矢量图依次导通开关管即可。

[0034] 实施例二:

如图 3 所示,本发明中隔离型 6 脉冲双向变流器结构示意图。该结构中直流侧电路(1)与单向三相桥组(3)之间不接平衡电抗器(2),各三相桥两端同极性端点相连,再与直流侧电路两端点相连,各桥臂中点依次与多脉冲变压器对应接口连接。

[0035]

实施例三:

如图 4 所示,本发明的自耦型 12 脉冲双向变流器结构。

[0036] 实施例四:

附图 9 为直流侧与单向三相桥组中开关单元的一种接法,其中直流侧中由  $Q_1$ 、 $Q_2$ 、 $Q_3$ 、 $Q_4$  四个晶闸管组成可选极性直流母线电路,三相桥的开关单元为 IGBT 反串二极管,其中反串二极管的作用为:防止存在换相重叠的两管在电流换相结束后短路,进而实现开关管零电流关断。需要说明的是,此三相桥开关管接法不唯一,其为电压双象限,电流单象限的开关管或复合开关管,如还可以为单向晶闸管, MOSFET 反串二极管等。

[0037] 下面将以附图 5 所示隔离型 18 脉冲双向变流器为例,详细介绍本发明的工作原理。

[0038] 隔离型 18 脉冲双向变流器单相三相桥组部分如附图 7 所示,为三个三相桥并联,共九组桥臂,可按照变压器构造的电压矢量对应编号为  $a$ 、 $b$ 、 $c$ 、 $a'$ 、 $b'$ 、 $c'$ 、 $a''$ 、 $b''$ 、 $c''$ 。

[0039] 附图 9 中开关管电流流通方向只能从下往上,则当电路工作在整流状态时,直流侧  $Q_1$ 、 $Q_4$  导通,并由信号处理器检测出三相电源的周期,找到  $a$  相电压由负变正的过零点,在此处导通矢量  $V_{cb}10^\circ$ ,即驱动  $c$  桥臂上管与  $b$  桥臂下管导通  $10^\circ$ ,之后按照附图 8 所示开

关管导通矢量图顺时针依次导通  $V_{c'b}$ 、 $V_{a'b}$  等矢量  $20^\circ$ 。当电路工作在并网逆变状态时,直流侧  $Q_2$ 、 $Q_3$  导通,并由信号处理器检测出三相电源的周期,找到  $a$  相电压由负变正的过零点,在此处导通矢量  $V_{bc}10^\circ$ ,即驱动  $b$  桥臂上管与  $c$  桥臂下管导通  $10^\circ$ ,之后按照附图 8 所示开关管导通矢量图顺时针依次导通  $V_{bc}$ 、 $V_{ba}$  等矢量  $20^\circ$ 。若电路工作在无源逆变状态时则只需以任意矢量为起点,按照开关管导通矢量图依次导通开关管即可。同时,由于本发明多脉冲变流器属于电流源型变换器,在直流侧将串入电感维持直流侧电流恒定,为防止出现三相桥无电流通路导致电感能量无处泄放,进而损坏电路,需在即将交替导通的两管驱动之间加入换相重叠角。

[0040] 实施例五:

本发明的自耦型 24 脉冲双向变流器的结构如图 6 所示。

[0041] 应用实例

为验证本发明的可行性,以附图 5 所示的隔离型 18 脉冲双向变流器为例进行实验验证,其中信号处理器采用 TMS320F2812 型号的 DSP 芯片。附图 10 为变流器工作在整流状态时  $a$  相输入电压与输入电流的波形,其中  $v_a$ 、 $v_b$  分别为  $a$  相与  $b$  相相电压, $i_a$ 、 $i_b$  分别为  $a$  相与  $b$  相输入电流。附图 11 为变流器工作在无源逆变状态,交流侧接阻性负载时  $v_a$ 、 $v_b$  波形(电流波形与其呈比例关系)。可以看出,系统实现了电流源型多脉冲逆变器能量的双向流动。

[0042] 其他类型多脉冲双向变流器的工作原理与上述类似。

[0043] 由以上描述可知,本发明提出的基于可变极性直流母线的电流源型双向多脉冲变流器具有以下优点:

① 能够实现传统电流源型多脉冲逆变器能量的双向流动。

[0044] ② 相较于传统电流源型多脉冲逆变器,系统磁性元件体积有了显著减小。

[0045] ③ 系统控制与滤波简单,损耗小,可靠性高。

[0046] 本发明根据电路工作在整流或逆变状态,导通可选极性直流母线电路(10)中相应的开关管,选择直流母线接入系统的极性。

[0047] 当工作在整流状态时,通过开关管切换,使直流母线正极与后级单向电路电流输出端相连,负极与后级单向电路电流输入端相连,

当工作在逆变状态时,通过开关管切换,使直流母线正极与后级单向电路电流输入端相连,负极与后级单向电路电流输出端相连。

[0048] 系统工作在整流或并网逆变状态时,控制电路(8)中信号处理器(6)检测出三相电源的周期,找到某相电压由负变正的过零点,以相应多脉冲变流器开关管导通矢量图中对应矢量为起点,依次生成驱动信号,并经放大、隔离电路(7)对其进行放大、隔离,以导通相应开关管相应角度。

[0049] 若系统工作在无源逆变状态时则只需以任意矢量为起点,按照开关管导通矢量图依次导通开关管即可。其中信号处理器(6)可以为能检测波形过零点与周期的 DSP 或其他模拟与数字电路,放大、隔离电路(7)可以为各种对驱动信号进行放大、隔离的电路拓扑。

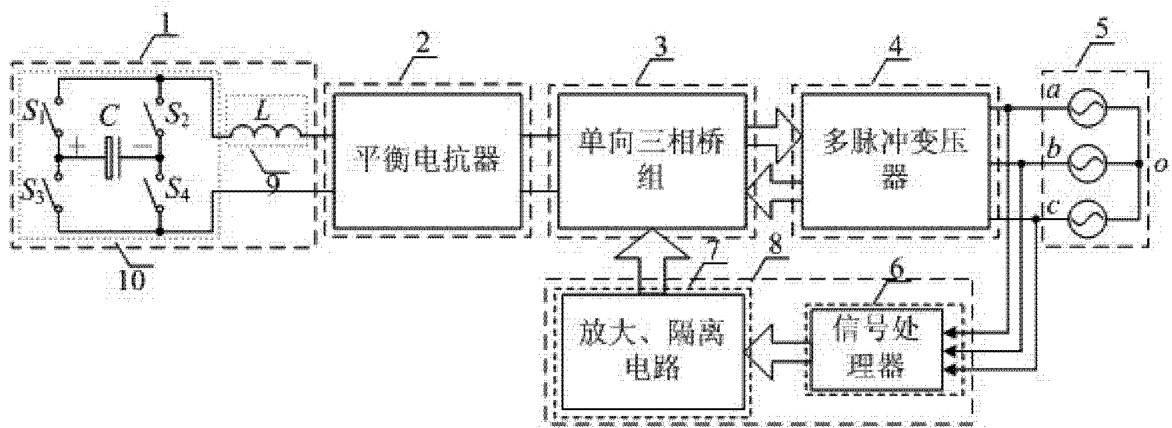


图 1

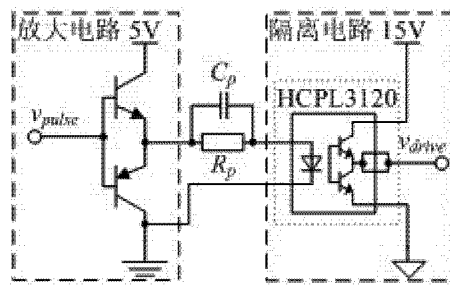


图 2

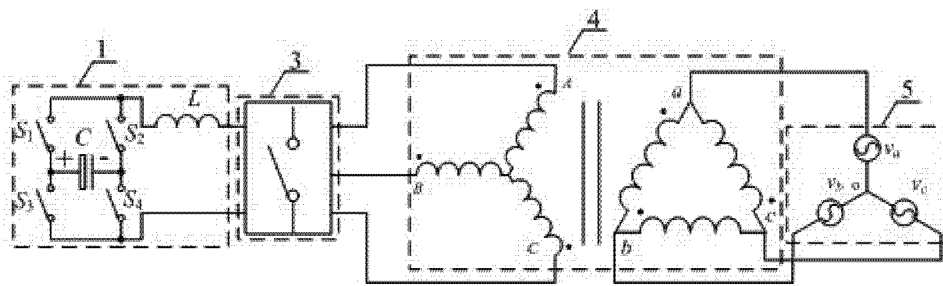


图 3



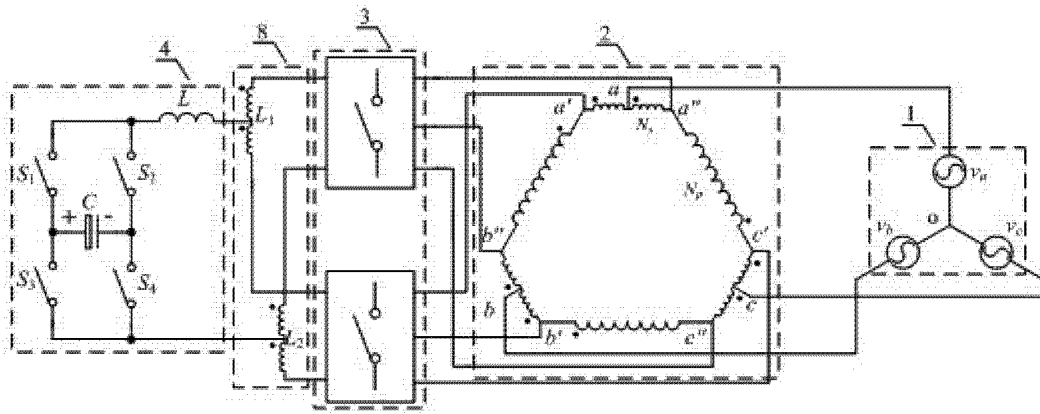


图 4

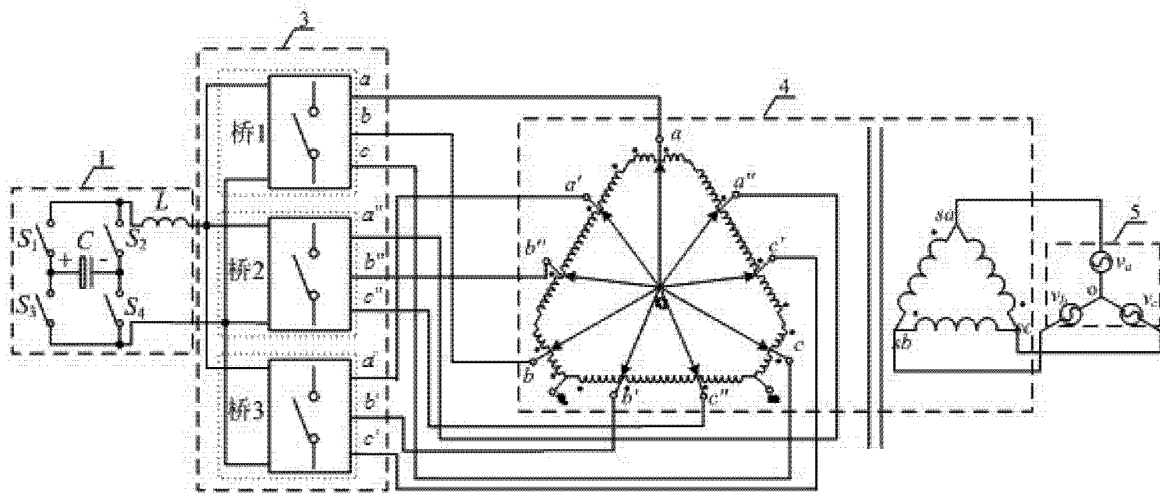


图 5

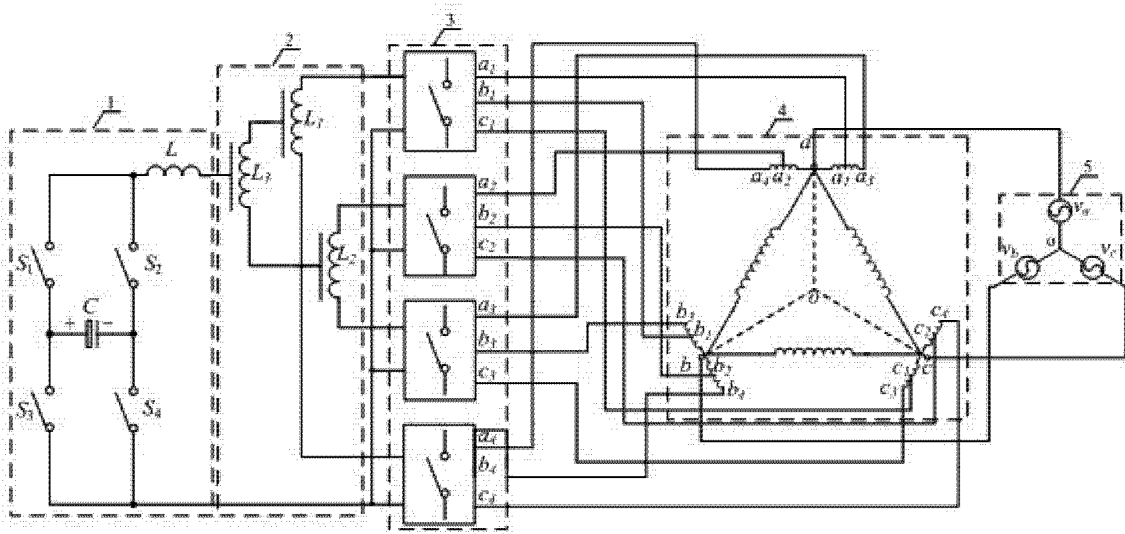


图 6

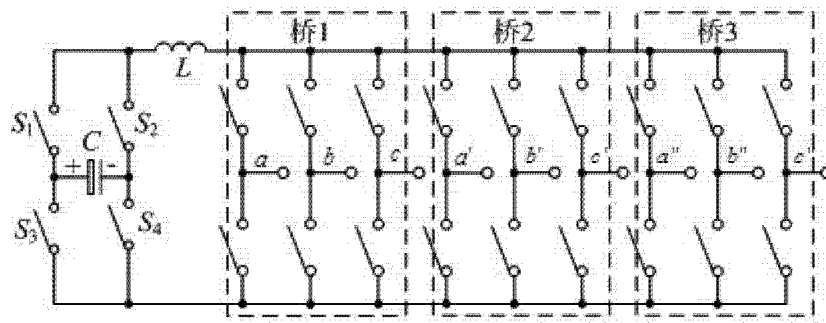


图 7

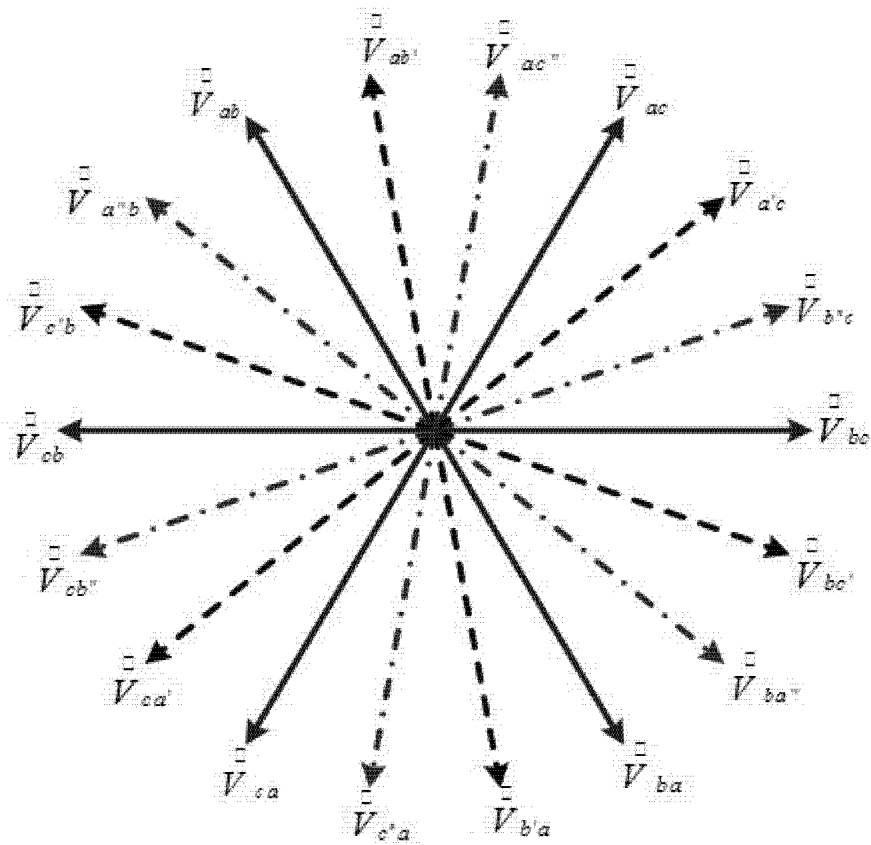


图 8

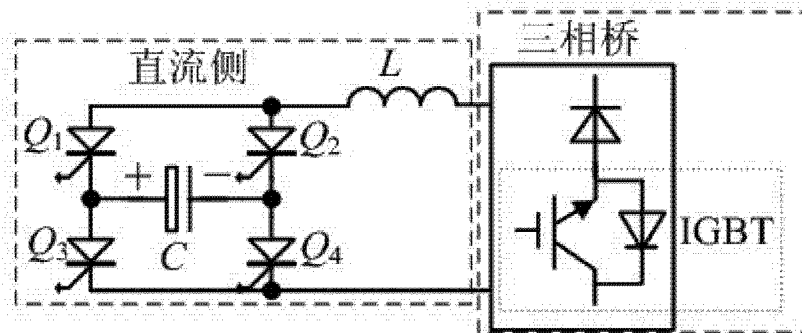


图 9

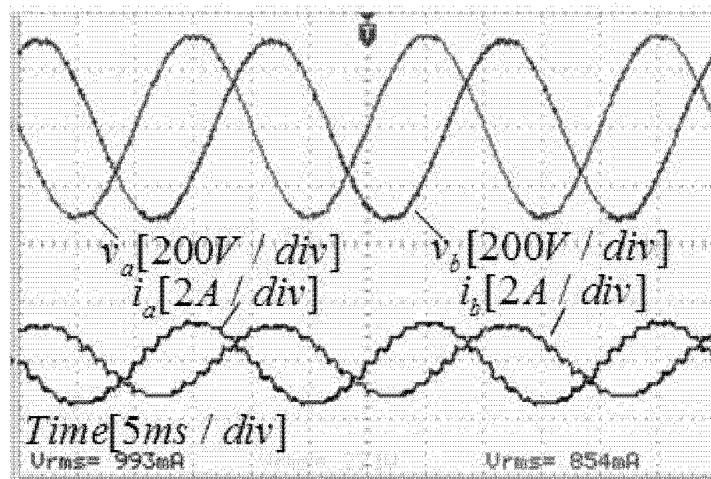


图 10

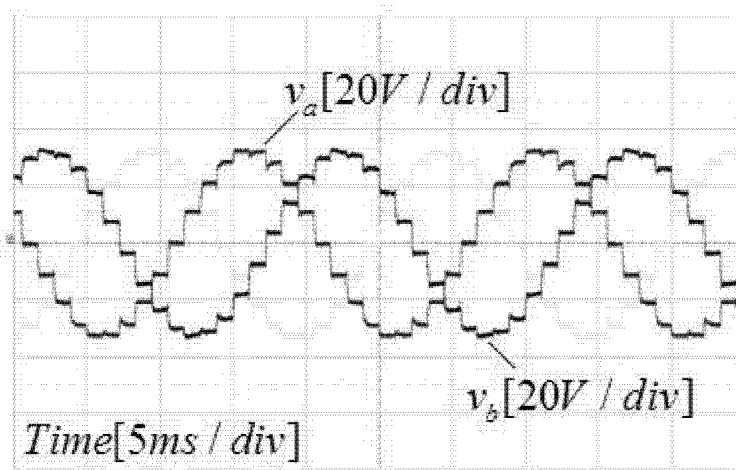


图 11