



# (12) 实用新型专利

(10) 授权公告号 CN 204835528 U

(45) 授权公告日 2015. 12. 02

(21) 申请号 201520580961. 4

H02J 3/01(2006. 01)

(22) 申请日 2015. 08. 05

(73) 专利权人 天津出入境检验检疫局工业产品  
安全技术中心

地址 300308 天津市滨海新区空港经济区东  
五道 2 号

(72) 发明人 李翔 傅志强 田恺 冯文燕  
赵黎华

(74) 专利代理机构 天津中环专利商标代理有限  
公司 12105

代理人 王凤英

(51) Int. Cl.

H02J 3/00(2006. 01)

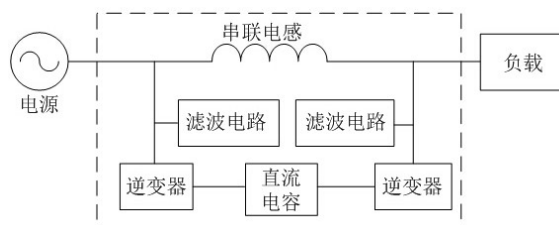
权利要求书1页 说明书3页 附图2页

## (54) 实用新型名称

一种综合电能质量调节器的主电路拓扑

## (57) 摘要

本实用新型公开了一种综合电能质量调节器的  
主电路拓扑。本设计包括电源侧低通滤波电路、  
电源侧逆变电路、直流电容、负载侧逆变电路、  
负载侧低通滤波器和串联电感，串联电感串联于电  
源与负载之间，电源侧、负载侧逆变电路通过直流  
电容连接，电源侧逆变电路经电源侧低通滤波电  
路连至电源侧，负载侧逆变电路经负载侧低通滤  
波器电路连至负载侧。本设计可实现：当电源电  
压发生跌落时，可维持负载电压为额定电压；当  
负载为非线性负载时，可使电源供电波形为基频  
正弦波；当负载存在不对称时，可使电源供电波  
形保持正序对称；提高电源侧的功率因数。与传  
统的综合电能质量调节器相比，省去了电源与负  
载之间的串联变压器，成本较低且结构简单，控制  
方便。



1. 一种综合电能质量调节器的主电路拓扑,其特征在于:包括电源侧低通滤波电路、电源侧逆变电路、直流电容、负载侧逆变电路、负载侧低通滤波器和串联电感,其中,串联电感连接于电源与负载之间,电源侧逆变电路与负载侧逆变电路共用直流电容,电源侧逆变电路经电源侧低通滤波电路连接至电源侧,负载侧逆变电路经负载侧低通滤波器电路连接至负载侧。

2. 根据权利要求1所述的一种综合电能质量调节器的主电路拓扑,其特征在于:所述的串联电感包括电感LBa、电感LBb、电感LBc;电源侧低通滤波电路包括电容Cf<sub>sa</sub>、电容Cf<sub>sb</sub>、电容Cf<sub>sc</sub>以及电感Lf<sub>sa</sub>、电感Lf<sub>sb</sub>、电感Lf<sub>sc</sub>;电源侧逆变电路包括IGBT模块Vs1、IGBT模块Vs2、IGBT模块Vs3、IGBT模块Vs4、IGBT模块Vs5、IGBT模块Vs6以及二极管VDs1、二极管VDs2、二极管VDs3、二极管VDs4、二极管VDs5、二极管VDs6;负载侧逆变电路包括IGBT模块VL1、IGBT模块VL2、IGBT模块VL3、IGBT模块VL4、IGBT模块VL5、IGBT模块VL6以及二极管VDL1、二极管VDL2、二极管VDL3、二极管VDL4、二极管VDL5、二极管VDL6;负载侧低通滤波器包括电感LfLa、电感LfLb、电感LfLc以及电容CfLa、电感CfLb、电感CfLc;电源的A、B、C端分别通过电感LBa、电感LBb、电感LBc连接至负载;电容Cf<sub>sa</sub>、电容Cf<sub>sb</sub>和电容Cf<sub>sc</sub>的一端相连接,电容Cf<sub>sa</sub>、电容Cf<sub>sb</sub>和电容Cf<sub>sc</sub>的另一端与电感Lf<sub>sa</sub>、电感Lf<sub>sb</sub>、电感Lf<sub>sc</sub>的一端连接后分别接至电源的A、B、C端;电感Lf<sub>sa</sub>、电感Lf<sub>sb</sub>和电感Lf<sub>sc</sub>的另一端分别连接至IGBT模块Vs5、IGBT模块Vs3、IGBT模块Vs1的发射极以及二极管VDs5、二极管VDs3、二极管VDs1的正极,同时还连接IGBT模块Vs2、IGBT模块Vs6、IGBT模块Vs4的集电极以及二极管VDs2、二极管VDs6、二极管VDs4的负极,IGBT模块Vs1、IGBT模块Vs2、IGBT模块Vs3、IGBT模块Vs4、IGBT模块Vs5和IGBT模块Vs6的门极分别连接控制电路的电源侧逆变电路脉冲控制输出;IGBT模块Vs1、IGBT模块Vs3、IGBT模块Vs5的集电极以及二极管VDs1、二极管VDs3、二极管VDs5的负极连接至直流电容Cd的正极,IGBT模块Vs4、IGBT模块Vs6、IGBT模块Vs2的发射极以及二极管VDs4、二极管VDs6、二极管VDs2的正极分别连接直流电容Cd的负极,直流电容Cd的正极同时连接至IGBT模块VL1、IGBT模块VL3、IGBT模块VL5的集电极以及二极管VDL1、二极管VDL3、二极管VDL5的负极,直流电容Cd的负极同时连接至IGBT模块VL4、IGBT模块VL6、IGBT模块VL2的发射极以及二极管VDL4、二极管VDL6、二极管VDL2的正极;IGBT模块VL1、IGBT模块VL2、IGBT模块VL3、IGBT模块VL4、IGBT模块VL5和IGBT模块VL6的门极分别连接控制电路的负载侧逆变电路脉冲控制输出;IGBT模块VL1、IGBT模块VL3、IGBT模块VL5的发射极以及二极管VDL1、二极管VDL3、二极管VDL5的正极和IGBT模块VL4、IGBT模块VL6、IGBT模块VL2的集电极以及二极管VDL4、二极管VDL6、二极管VDL2的负极分别通过电感LfLa、电感LfLb、电感LfLc连接至电感LBa、电感LBb、电感LBc与负载之间,同时还分别连接电容Cf<sub>sa</sub>、电容Cf<sub>sb</sub>和电容Cf<sub>sc</sub>的一端,电容Cf<sub>sa</sub>、电容Cf<sub>sb</sub>、电容Cf<sub>sc</sub>的另一端之间相连接。

## 一种综合电能质量调节器的主电路拓扑

### 技术领域

[0001] 本实用新型涉及电能质量及其控制技术,尤其涉及一种综合电能质量调节器的主电路拓扑。主电路拓扑是电气行业的一个通常的称谓,表示系统主电路架构或连接关系。

### 背景技术

[0002] 电能是当今社会中应用最为广泛的一种能源形式,随着社会的进步和现代科学技术的飞速发展,对电能的需求也在不断地增加。同时,电能质量的问题也越来越受到重视,一方面,电力用户对供电的可靠性及质量的要求都在不断提高;另一方面,一些大容量的、不对称的、非线性的电气设备也会给电能质量带来越来越多的冲击和干扰。国内外对电能质量问题的认识在不断地加深,对改善电能质量的技术和装置的研究也在不断发展。供电部门旨在为用户提供一个理想的正弦波供电电压,按定义,理想的正弦电压波形具有下列特征:固定的幅值、固定的频率和三相平衡。然而,由于一些常见的系统原因和一些偶然事故的影响,如短路故障等,很难保证为用户提供这样的理想供电电压。另一方面,供电部门也希望用户能够从供电电源汲取正弦波的电流,从而不会对电源的供电质量造成不利影响。

[0003] 目前,改善电能质量主要手段是借助于电力电子装置,但常见的电能质量调节装置的功能比较单一,如动态电压恢复器、有源滤波器和无功补偿装置等,能够较全面地实现用户电能质量调节的装置是综合电能质量调节器(UPQC),由于这种装置采用的是串联型和并联型变流器以及串联变压器的结构,成本较高,控制上也较为复杂,其应用受到了很大的限制。

### 发明内容

[0004] 本实用新型的目的是设计一种结构简单、易于控制并具有多种电能质量指标调节功能的新型综合电能质量调节器的主电路拓扑结构。

[0005] 本实用新型采取的技术方案是:一种综合电能质量调节器的主电路拓扑,其特征在于:包括电源侧低通滤波电路、电源侧逆变电路、直流电容、负载侧逆变电路、负载侧低通滤波器和串联电感,其中,串联电感连接于电源与负载之间,电源侧逆变电路与负载侧逆变电路共用直流电容,电源侧逆变电路经电源侧低通滤波电路连接至电源侧,负载侧逆变电路经负载侧低通滤波电路连接至负载侧。

[0006] 本实用新型所产生的有益效果是:采用本实用新型的主电路拓扑,辅以先进的检测和控制策略,则可实现功能全面的电能质量控制与调节,将采用本拓扑的电能质量调节器接于供电电源与用电负载之间,可实现如下电能质量控制功能:

- [0007] 1、当电源电压发生跌落时,可维持负载电压为额定电压;
- [0008] 2、当负载为非线性负载时,可使电源供电波形为基频正弦波;
- [0009] 3、当负载存在一定程度的不对称时,可使电源供电波形保持正序对称;
- [0010] 4、提高电源侧的功率因数。

[0011] 本实用新型的优点在于：与传统的综合电能质量调节器相比，省去了电源与负载之间的串联变压器，成本较低且结构简单，控制方便。

## 附图说明

[0012] 图 1 为本实用新型的主电路结构示意图；

[0013] 图 2 为本实用新型的主电路原理图。

## 具体实施方式

[0014] 以下结合附图对本实用新型作进一步说明：

[0015] 参照图 1 和图 2，本实用新型包括电源侧低通滤波电路 1、电源侧逆变电路 2、直流电容 3、负载侧逆变电路 4、负载侧低通滤波器 5 和串联电感 6，其中，串联电感 6 连接于电源与负载（Load）之间，电源侧逆变电路与负载侧逆变电路共用直流电容，电源侧逆变电路 2 经电源侧低通滤波电路 3 连接至电源侧，负载侧逆变电路 4 经负载侧低通滤波器电路 5 连接至负载侧。

[0016] 串联电感包括电感 L<sub>Ba</sub>、电感 L<sub>Bb</sub>、电感 L<sub>Bc</sub>；电源侧低通滤波电路包括电容 C<sub>fSa</sub>、电容 C<sub>fSb</sub>、电容 C<sub>fSc</sub> 以及电感 L<sub>fSa</sub>、电感 L<sub>fSb</sub>、电感 L<sub>fSc</sub>；电源侧逆变电路包括 IGBT 模块 V<sub>s1</sub>、IGBT 模块 V<sub>s2</sub>、IGBT 模块 V<sub>s3</sub>、IGBT 模块 V<sub>s4</sub>、IGBT 模块 V<sub>s5</sub>、IGBT 模块 V<sub>s6</sub> 以及二极管 V<sub>Ds1</sub>、二极管 V<sub>Ds2</sub>、二极管 V<sub>Ds3</sub>、二极管 V<sub>Ds4</sub>、二极管 V<sub>Ds5</sub>、二极管 V<sub>Ds6</sub>；负载侧逆变电路包括 IGBT 模块 V<sub>L1</sub>、IGBT 模块 V<sub>L2</sub>、IGBT 模块 V<sub>L3</sub>、IGBT 模块 V<sub>L4</sub>、IGBT 模块 V<sub>L5</sub>、IGBT 模块 V<sub>L6</sub> 以及二极管 V<sub>DL1</sub>、二极管 V<sub>DL2</sub>、二极管 V<sub>DL3</sub>、二极管 V<sub>DL4</sub>、二极管 V<sub>DL5</sub>、二极管 V<sub>DL6</sub>；负载侧低通滤波器包括电感 L<sub>fLa</sub>、电感 L<sub>fLb</sub>、电感 L<sub>fLc</sub> 以及电容 C<sub>fLa</sub>、电感 C<sub>fLb</sub>、电感 C<sub>fLc</sub>；电源的 A、B、C 端分别通过电感 L<sub>Ba</sub>、电感 L<sub>Bb</sub>、电感 L<sub>Bc</sub> 连接至负载；电容 C<sub>fSa</sub>、电容 C<sub>fSb</sub> 和电容 C<sub>fSc</sub> 的一端相连接，电容 C<sub>fSa</sub>、电容 C<sub>fSb</sub> 和电容 C<sub>fSc</sub> 的另一端与电感 L<sub>fSa</sub>、电感 L<sub>fSb</sub>、电感 L<sub>fSc</sub> 的一端连接后分别接至电源的 A、B、C 端；电感 L<sub>fSa</sub>、电感 L<sub>fSb</sub> 和电感 L<sub>fSc</sub> 的另一端分别连接至 IGBT 模块 V<sub>s5</sub>、IGBT 模块 V<sub>s3</sub>、IGBT 模块 V<sub>s1</sub> 的发射极以及二极管 V<sub>Ds5</sub>、二极管 V<sub>Ds3</sub>、二极管 V<sub>Ds1</sub> 的正极，同时还连接 IGBT 模块 V<sub>s2</sub>、IGBT 模块 V<sub>s6</sub>、IGBT 模块 V<sub>s4</sub> 的集电极以及二极管 V<sub>Ds2</sub>、二极管 V<sub>Ds6</sub>、二极管 V<sub>Ds4</sub> 的负极，IGBT 模块 V<sub>s1</sub>、IGBT 模块 V<sub>s2</sub>、IGBT 模块 V<sub>s3</sub>、IGBT 模块 V<sub>s4</sub>、IGBT 模块 V<sub>s5</sub> 和 IGBT 模块 V<sub>s6</sub> 的门极分别连接控制电路的电源侧逆变电路脉冲控制输出；IGBT 模块 V<sub>s1</sub>、IGBT 模块 V<sub>s3</sub>、IGBT 模块 V<sub>s5</sub> 的集电极以及二极管 V<sub>Ds1</sub>、二极管 V<sub>Ds3</sub>、二极管 V<sub>Ds5</sub> 的负极连接至直流电容 C<sub>d</sub> 的正极，IGBT 模块 V<sub>s4</sub>、IGBT 模块 V<sub>s6</sub>、IGBT 模块 V<sub>s2</sub> 的发射极以及二极管 V<sub>Ds4</sub>、二极管 V<sub>Ds6</sub>、二极管 V<sub>Ds2</sub> 的正极分别连接直流电容 C<sub>d</sub> 的负极，直流电容 C<sub>d</sub> 的正极同时连接至 IGBT 模块 V<sub>L1</sub>、IGBT 模块 V<sub>L3</sub>、IGBT 模块 V<sub>L5</sub> 的集电极以及二极管 V<sub>DL1</sub>、二极管 V<sub>DL3</sub>、二极管 V<sub>DL5</sub> 的负极，直流电容 C<sub>d</sub> 的负极同时连接至 IGBT 模块 V<sub>L4</sub>、IGBT 模块 V<sub>L6</sub>、IGBT 模块 V<sub>L2</sub> 的发射极以及二极管 V<sub>DL4</sub>、二极管 V<sub>DL6</sub>、二极管 V<sub>DL2</sub> 的正极；IGBT 模块 V<sub>L1</sub>、IGBT 模块 V<sub>L2</sub>、IGBT 模块 V<sub>L3</sub>、IGBT 模块 V<sub>L4</sub>、IGBT 模块 V<sub>L5</sub> 和 IGBT 模块 V<sub>L6</sub> 的门极分别连接控制电路的负载侧逆变电路脉冲控制输出；IGBT 模块 V<sub>L1</sub>、IGBT 模块 V<sub>L3</sub>、IGBT 模块 V<sub>L5</sub> 的发射极以及二极管 V<sub>DL1</sub>、二极管 V<sub>DL3</sub>、二极管 V<sub>DL5</sub> 的正极和 IGBT 模块 V<sub>L4</sub>、IGBT 模块 V<sub>L6</sub>、IGBT 模块 V<sub>L2</sub> 的集电极以及二极管 V<sub>DL4</sub>、二极管 V<sub>DL6</sub>、二极管 V<sub>DL2</sub> 的负极分别通过电感 L<sub>fLa</sub>、电

感  $L_{fLb}$ 、电感  $L_{fLc}$  连接至电感  $L_{Ba}$ 、电感  $L_{Bb}$ 、电感  $L_{Bc}$  与负载之间,同时还分别连接电容  $C_{fSa}$ 、电容  $C_{fSb}$  和电容  $C_{fSc}$  的一端,电容  $C_{fSa}$ 、电容  $C_{fSb}$ 、电容  $C_{fSc}$  的另一端之间相连接。

[0017] 串联电感 6 连接与电源与负载之间,电源侧逆变电路 2 和负载侧逆变电路 4 共用直流电容 3,电源侧逆变电路 2 经电源侧低通滤波器电路 1 后,并联连接于电源侧,负载侧逆变电路 4 经负载侧低通滤波器电路 5 后,并联连接于负载侧。

[0018] 串联电感 6 根据应用场合的供电电源电压等级及用户的用电功率进行设计和选择,使得当供电电压正常且装置运行在设计功率下时,负载电压与电源电压之间的相位差为  $35^\circ$  左右。电源侧逆变电路 2 和负载侧逆变电路 4 由全控功率开关器件组成,可选用西门康 BSM 系统 IGBT。电源侧低通滤波电路 1 和负载侧低通滤波电路 5 采用典型的 LC 滤波电路。电源侧逆变电路 2 和负载侧逆变电路 4 共用的直流电容 3 选择铝电解电容。

[0019] 本实用新型提供的主电路拓扑,辅以先进的控制策略和控制电路,可以实现用相对简单的电路结构实现电能质量的综合调节,充分利用电力电子技术,提高电能质量控制的技术水平。

[0020] 本实用新型除了能够实现上述的电能质量的在线调节,还可以辅以适当的固态开关和附加的控制策略,借助于直流电容 3 的储能与负载侧逆变电路 4,在电源供电中断的情况下,充当不间断供电电源(UPS)的作用,提高供电的可靠性。

[0021] 本实用新型的工作原理是:当电源电压发生跌落时,通过控制负载侧逆变电路 4 的注入电流,改变连接串联电感 6 上的电压,从而使电源电压与电感电压叠加后得到额定大小的负载电压;当带非线性负载时,控制负载侧逆变电路 4 向系统注入相应的谐波电流,以抵消负载电流中谐波分量;当负载不对称时,控制负载侧逆变电路 4 向系统注入相应的负序电流分量,以抵消负载电流中负序分量;通过控制电源侧逆变电路 2 向电源端的连接点注入适当的无功功率,提高电源供电的功率因数;控制电源侧逆变电路 2 从电源吸收有功功率,为直流电容 3 充电,维持电容电压的稳定;电源侧低通滤波电路 1 和负载侧低通滤波电路 5 分别吸收电源侧逆变电路 2 和负载侧逆变电路 5 的交流侧输出电流中的高次谐波分量。

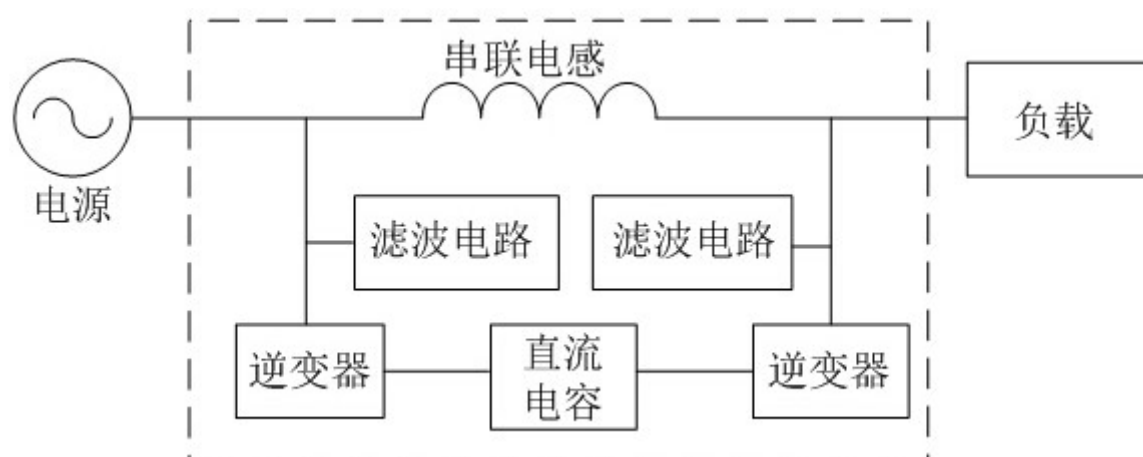


图 1

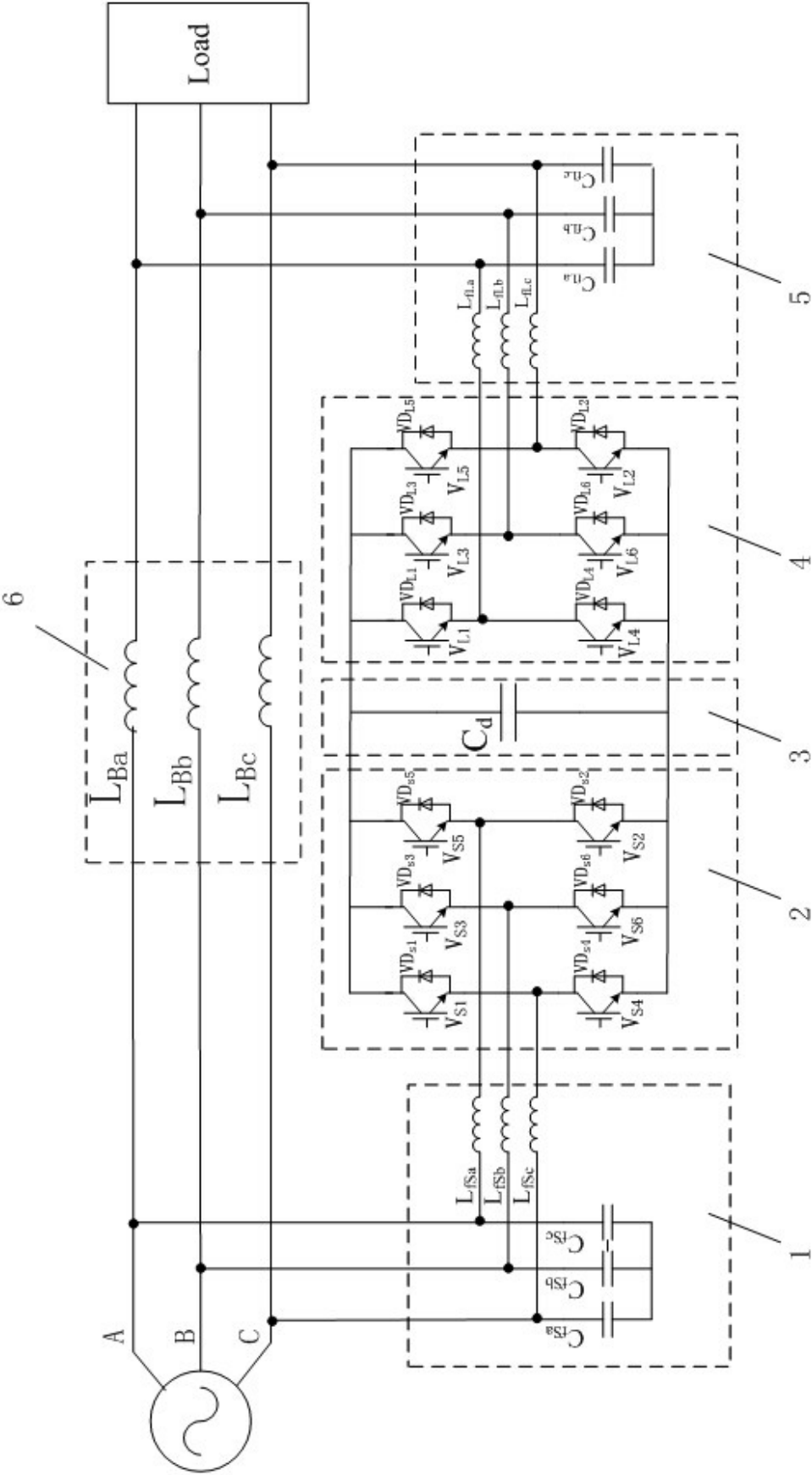


图 2