



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 106169873 A

(43)申请公布日 2016. 11. 30

(21)申请号 201610576934.9

(22)申请日 2016.07.21

(71)申请人 连云港杰瑞电子有限公司

地址 222000 江苏省连云港市海州区圣湖路18号

(72)发明人 刘传亮 孙涛 高玺 肖化
阳良春 张敏 杨涛 马柏平
杨静 马德宝

(74)专利代理机构 连云港润知专利代理事务所
32255

代理人 刘喜莲

(51) Int. Cl.

H02M 3/335(2006.01)

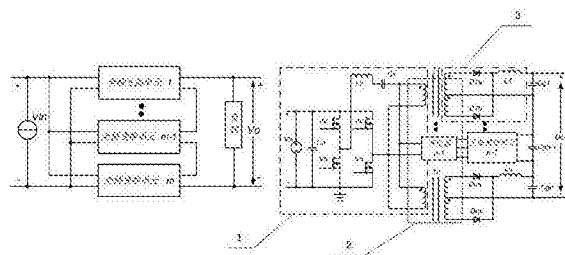
权利要求书1页 说明书4页 附图3页

(54)发明名称

适用于高压或大电流输出的混合串并联全桥电路及其控制方法

(57)摘要

本发明是一种适用于高压或大电流输出的混合串并联全桥电路,属于电力电子变换领域。该混合串并联全桥电路是由 m 个全桥变换单元分别在输入侧并联,输出侧串联/并联构成; $m \geq 2$;输出侧串联时适用于高电压输出场合,输出侧并联时适用于大电流输出场合。本发明还公开了适用于高压或大电流输出的混合串并联全桥电路的控制方法。本发明中各全桥变换单元间具有自主均压/均流能力,全桥变换单元内部各变压器及输出整流滤波部分强迫均压/均流,电路结构扩容能力好,适用于高压输出/大电流输出的应用场合,工程应用价值高。



1. 一种适用于高压或大电流输出的混合串并联全桥电路,其特征在于:该混合串并联全桥电路是由 m 个全桥变换单元分别在输入侧并联,输出侧串联/并联构成; m 为正整数且 $m \geq 2$;输出侧串联时适用于高电压输出场合,输出侧并联时适用于大电流输出场合。

2. 根据权利要求1所述的适用于高压或大电流输出的混合串并联全桥电路,其特征在于,每个全桥变换单元包括:

四个MOS管、一个串联隔直电容、一个串联谐振电感、 n 个隔离变压器、 $2n$ 个整流二极管、 n 个滤波电感以及滤波电容, n 为正整数且 $n \geq 1$;

其中四个MOS管构成全桥变换器的原边桥臂, n 个变压器的原边绕组并联或串联成为全桥变换单元的原边绕组,每个变压器的副边绕组与两颗整流二极管构成全波整流单元, n 个全波整流单元通过输出滤波电感后在输出电容端串联或并联,实现输出电压倍压或输出电流扩流;变压器原边并联对应的输出端为电容两端串联,变压器原边电压相等保证副边电容电压均匀;变压器原边串联对应的输出端为电容两端并联,变压器原边电流相等保证副边各全波整流单元流经的电流均流。

3. 根据权利要求2所述的适用于高压或大电流输出的混合串并联全桥电路,其特征在于, $2 \leq m \leq 10$ 、 $1 \leq n \leq 10$ 。

4. 根据权利要求3所述的适用于高压或大电流输出的混合串并联全桥电路,其特征在于, $2 \leq m \leq 6$ 、 $1 \leq n \leq 6$ 。

5. 一种如权利要求2所述的混合串并联全桥电路的控制方法,其特征在于:

(1)全桥变换单元采用移相控制ZVS PWM或下管调制ZVS PWM全桥软开关控制方法,通过原边的串联谐振电感加快实现滞后MOS管的软开关;

(2) $m=1$ 的全桥变换单元为主控单元,其控制输入信号为输出电压反馈信号和变压器原边电流隔离采样信号,其控制输出信号为四个MOS管的驱动信号; $m \geq 2$ 的全桥变换单元为不控单元,其四个MOS管的驱动信号由 $m=1$ 的主控单元给出,相位相同,移相角度或占空比相等。

适用于高压或大电流输出的混合串并联全桥电路及其控制方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种大功率DC/DC电源,特别是一种适用于高压或大电流输出的混合串并联全桥电路,属于电力电子变换领域。

背景技术

[0002] 舰船及雷达系统中各类设备的供电系统多为分布式供电:输入的三相380VAC交流电经过整流滤波和功率因数校正电路后产生高压直流电,再通过大功率DC/DC变换器将高压直流电转化为母线电压给后级分布式用电设备供电。在传输线较长的场合,多使用高压直流电供电以减小传输电流,降低传输阻抗,此时多将母线电压设置为300VDC~450VDC。输出电压高导致副边全波整流单元中二极管选型困难,即使有合适的型号,其元器件性能参数也较差,存在着损耗大,可靠性低等问题。

[0003] 随着分布式用电设备的增多,系统所需的功率增大,母线所提供的电流也越来越大,已经达到几百甚至上千安培。

[0004] 目前大功率一次稳压电源多采用全桥拓扑,传统的变压器多为单颗E型磁芯,体积较大,不易做到扁平化,限制了变换器的整体高度;在大电流输出场合,变压器的副边绕组多使用铜箔,增大了绕制难度。同时,为了进一步加大输出功率,变换器内部多采用两个(或两个以上)全桥变换器并联实现功率扩展,每个变换器独立控制。为了避免工作时变换器之间不均流导致单个变换器过热甚至损坏的情况发生,保证变换器之间输出电流近似相等,功率平均分布,必须在变换器内部增加均流电路,从而使得变换器的控制电路更加复杂,可靠性降低。

发明内容

[0005] 本发明所要解决的技术问题是针对现有技术的不足,提供一种新的适用于高压或大电流输出的混合串并联全桥电路,能够降低输出整流器件电压或电流应力,降低变压器的加工难度。

[0006] 本发明所要解决的另一个技术问题是提供了前述适用于高压或大电流输出的混合串并联全桥电路的制控方法。

[0007] 本发明所要解决的技术问题是通过以下的技术方案来实现的。本发明是一种适用于高压或大电流输出的混合串并联全桥电路,其特点是:该混合串并联全桥电路是由m个全桥变换单元分别在输入侧并联,输出侧串联/并联构成;m为正整数且 $m \geq 2$;输出侧串联时适用于高电压输出场合,输出侧并联时适用于大电流输出场合。

[0008] 本发明所述的适用于高压或大电流输出的混合串并联全桥电路,优选的全桥变换单元包括:

四个MOS管、一个串联隔直电容、一个串联谐振电感、n个隔离变压器、2n个整流二极管、n个滤波电感以及滤波电容,n为正整数且 $n \geq 1$;

其中四个MOS管构成全桥变换器的原边桥臂， n 个变压器的原边绕组并联或串联成为全桥变换单元的原边绕组，每个变压器的副边绕组与两颗整流二极管构成全波整流单元， n 个全波整流单元通过输出滤波电感后在输出电容端串联或并联，实现输出电压倍压或输出电流扩流；变压器原边并联对应的输出端为电容两端串联，变压器原边电压相等保证副边电容电压均匀；变压器原边串联对应的输出端为电容两端并联，变压器原边电流相等保证副边各全波整流单元流经的电流均流。

[0009] 本发明混合串并联全桥电路中， m 、 n 的取值按照需要进行选取，没有限制，优选： $2 \leq m \leq 10$ 、 $1 \leq n \leq 10$ ；进一步优选： $2 \leq m \leq 6$ 、 $1 \leq n \leq 6$ 。

[0010] 本发明还公开了一种如以上技术方案所述的混合串并联全桥电路的控制方法，其特点是：

(1)全桥变换单元采用移相控制ZVS PWM或下管调制ZVS PWM全桥软开关控制方法，通过原边的串联谐振电感加快实现滞后MOS管的软开关；

服(2) $m=1$ 的全桥变换单元为主控单元，其控制输入信号为输出电压反馈信号和变压器原边电流隔离采样信号，其控制输出信号为四个MOS管的驱动信号； $m \geq 2$ 的全桥变换单元为不控单元，其四个MOS管的驱动信号由 $m=1$ 的主控单元给出，相位相同，移相角度或占空比相等。

[0011] 移相控制ZVS PWM或下管调制ZVS PWM全桥软开关控制方法中通过增加谐振电感来帮助实现滞后MOS管的ZVS。串联谐振电感及变压器漏感导致变压器原边电流存在明显的换向时间，在这个时间内虽然变压器原边有正方向方波，但原边电流不足以提供负载电流，负载仍处于续流状态，在这段时间内副边丢失了相应的电压方波，造成占空比丢失。在相同的串联谐振电感条件下，负载电流越大，原边电流换向时间越长，占空比丢失越严重，相同驱动占空比时，输出电压越低。

[0012] 下面分别就全桥变换单元间均压/均流的机理进行说明：

对于 m 个全桥变换器单元，其串联谐振电感相同，驱动移相角度或占空比相等，当某个全桥变换单元由于参数不一致导致输出电压升高，输出串联保证其电流相等，则该全桥变换单元的输出功率变大，原边电压相等必然导致原边电流增大，增大的原边电流导致原边换流时间变长，等效占空比丢失变严重，全桥变换单元的输出电压变低，进而强迫其输出电压降低，经过一段时间后，各全桥变换单元之间的输出电压近似相等，实现了各全桥变换单元间的自主均压。

[0013] 对于全桥变换单元内部的 n 个变压器，其原边绕组并联，变压器原边电压相等，变压器副边电压跟随原边电压，副边全波整流和输出电感的电压相等，从而实现全桥变换单元中各变压器及副边并联的全波整流和输出滤波单元间的强迫均压。

[0014] 对于 m 个全桥变换器单元，其串联谐振电感相同，驱动移相角度或占空比相等，当其中某个全桥变换单元的输出电流变大后，谐振电感会导致原边换流时间变长，等效占空比丢失变严重，全桥变换单元的输出电压变低，进而强迫其输出电流减小，经过一段时间后，各全桥变换单元之间的输出电流近似相等，实现了各全桥变换单元间的自主均流。

[0015] 对于全桥变换单元内部的 n 个变压器，其原边绕组串联，变压器原边电流相等，变压器副边电流跟随原边电流，副边全波整流和输出电感的电流相等，从而实现全桥变换单元中各变压器及副边并联的全波整流和输出滤波单元间的强迫均流。

[0016] 稳定工作时,对于输出电容串联的情况,每个全桥变换单元的输出电压为 V_o/m ,输出电流为 I_o ,全桥变换单元中输出全波整流二极管的电压应力降低至原来的 $1/(m \times n)$,电流应力一致,有利于二极管的选型和性能参数的提升。

[0017] 对于输出电容并联的情况,每个全桥变换单元的输出电压为 V_o ,输出电流为 I_o/m ,全桥变换单元中输出全波整流二极管电流和平均滤波电感电流为 $I_o/(m \times n)$,输出整流二极管和滤波电感的电流应力降低,有利于二极管的选型和输出滤波电感设计。

[0018] 稳定工作时,对于输出电容串联情况,每个变压器原边的电压为 V_{in} ,变压器副边电压整流后输出电压为 $V_o/(m \times n)$,相同原边匝数时,原边匝数可降低至 $1/(m \times n)$,有利于降低变压器高度,实现变换器扁平化设计

每个变压器原边的电压为 V_{in}/n ,变压器副边电压整流后输出电压为 V_o ,相同副边匝数时,原边匝数可降低至 $1/n$,同时流经的电流减小,可以选择更细的线径,有利于降低变压器高度,实现变换器扁平化设计。

[0019] 本发明混合串并联全桥电路结构是由 $m(m \geq 2)$ 个全桥变换单元分别在输入端并联和输出端并联或串联构成,负载为单个大电流大功率负载。

[0020] 本发明可应用于大电流大功率DC/DC设计,能够降低整流器件及变压器绕组的电流应力,降低大电流所产生的线压降,提高电源设计效率;此外还有利于分散变压器和功率器件上的功耗,有利于电源模块的热传到和扁平化设计。电源同时并具备良好的扩容能力,具有很好的工程应用价值。能够降低输出整流器件电压/电流应力,降低变压器的加工难度,各个全桥变换单元之间具备自主均压/均流能力,全桥变换单元内部的各变压器和输出全波整流及滤波电路强迫均压或均流,具有很好的工程应用价值。

附图说明

[0021] 图1是本发明适用于高压输出的混合串并联全桥电路的整体电路框图;

图2为本发明适用于大电流输出的混合串并联全桥电路的整体电路框图;

图3为实施例3的混合串并联全桥电路的电路图。

[0022] 图1、图2中:1为全桥变换单元中原边桥臂,2为全桥变换单元中串并隔离变压器,3为全波整流单元;

L_x ——谐振电感, $L_1 \dots L_n$ ——输出滤波电感, C_a ——母线输入滤波电容, C_x ——隔直电容、 $C_{g1} \dots C_{gn}$ ——串联输出时滤波电容, C_g ——输出并联时滤波单元中的公共电容; V_a, V_b, V_c, V_d ——MOS管, $T_1 \dots T_n$ ——高频隔离变压器, $D_{1a}-D_{1b} \dots D_{na}-D_{nb}$ ——整流二极管。

具体实施方式

[0023] 以下参照附图,进一步对本发明混合串并联全桥电路结构具体实施方式进行说明,以使本技术领域的技术人员进一步地理解本发明,而不构成对本发明权利的限制。

[0024] 实施例1,参照图1和图2,一种适用于高压或大电流输出的混合串并联全桥电路:该混合串并联全桥电路是由 m 个全桥变换单元分别在输入侧并联,输出侧串联/并联构成; m 为正整数且 $m \geq 2$;输出侧串联时适用于高电压输出场合,输出侧并联时适用于大电流输出场合。

[0025] 每个全桥变换单元包括：

四个MOS管、一个串联隔直电容、一个串联谐振电感、 n 个隔离变压器、 $2n$ 个整流二极管、 n 个滤波电感以及滤波电容， n 为正整数且 $n \geq 1$ ；

其中四个MOS管构成全桥变换器的原边桥臂1， n 个变压器2的原边绕组并联或串联成为全桥变换单元的原边绕组，每个变压器2的副边绕组与两颗整流二极管构成全波整流单元3， n 个全波整流单元通过输出滤波电感后在输出电容端串联或并联，实现输出电压倍压或输出电流扩流；变压器原边并联对应的输出端为电容两端串联，变压器原边电压相等保证副边电容电压均匀；变压器原边串联对应的输出端为电容两端并联，变压器原边电流相等保证副边各全波整流单元流经的电流均流。

[0026] 实施例2，利用实施例1所述的混合串并联全桥电路的控制方法是：

(1)全桥变换单元采用移相控制ZVS PWM或下管调制ZVS PWM全桥软开关控制方法，通过原边的串联谐振电感加快实现滞后MOS管的软开关；

(2) $m=1$ 的全桥变换单元为主控单元，其控制输入信号为输出电压反馈信号和变压器原边电流隔离采样信号，其控制输出信号为四个MOS管的驱动信号； $m \geq 2$ 的全桥变换单元为不控单元，其四个MOS管的驱动信号由 $m=1$ 的主控单元给出，相位相同，移相角度或占空比相等。

[0027] 实施例3，一种适用于高压或大电流输出的混合串并联全桥电路应用实例：

参照图3，实例的输入为三相380V交流，输出为50V/200A，三相380V交流经三相PFC电路升压值630V直流作为后级混合串并联全桥电路的输入；后级混合串并联全桥电路包含两个全桥变换单元， $m=1$ 全桥变换单元为主控单元，主控单元中的主控制板采集输出电压信号，同时通过电流互感器 T_s 采集原边电流信号，将采集到的电压和电流信号作为反馈输入信号控制输出电压稳定，主控板中的控制芯片选择intersil公司的ISL6754，采用下管调制ZVS控制方式，ISL6754的四路驱动输出供给主控单元内的隔离驱动电路以驱动原边桥臂，同时输出给从控单元控制电路； $m=2$ 全桥变换单元为从控单元，其从控制板的输入为主控单元中主控制板的驱动输出和电流互感器 T_{s2} 采集的原边电流信号，电流采样信号仅作为过流保护和短路保护电路的输入信号，从控板输出给隔离驱动电路以驱动从控单元的原边桥臂，从控单元的四路驱动与主空单元的四路驱动同相位同占空比。

[0028] 每个全桥变换单元内部包含4个变压器和4个输出全波整流单元，四颗电容 $C1 \sim C4$ 并联构成输出电容 C_{g1} ，4各变压器原边绕组串联，4个全波整流单元在电容 C_{g1} 两端并联，变压原副边匝比为11:5:5。

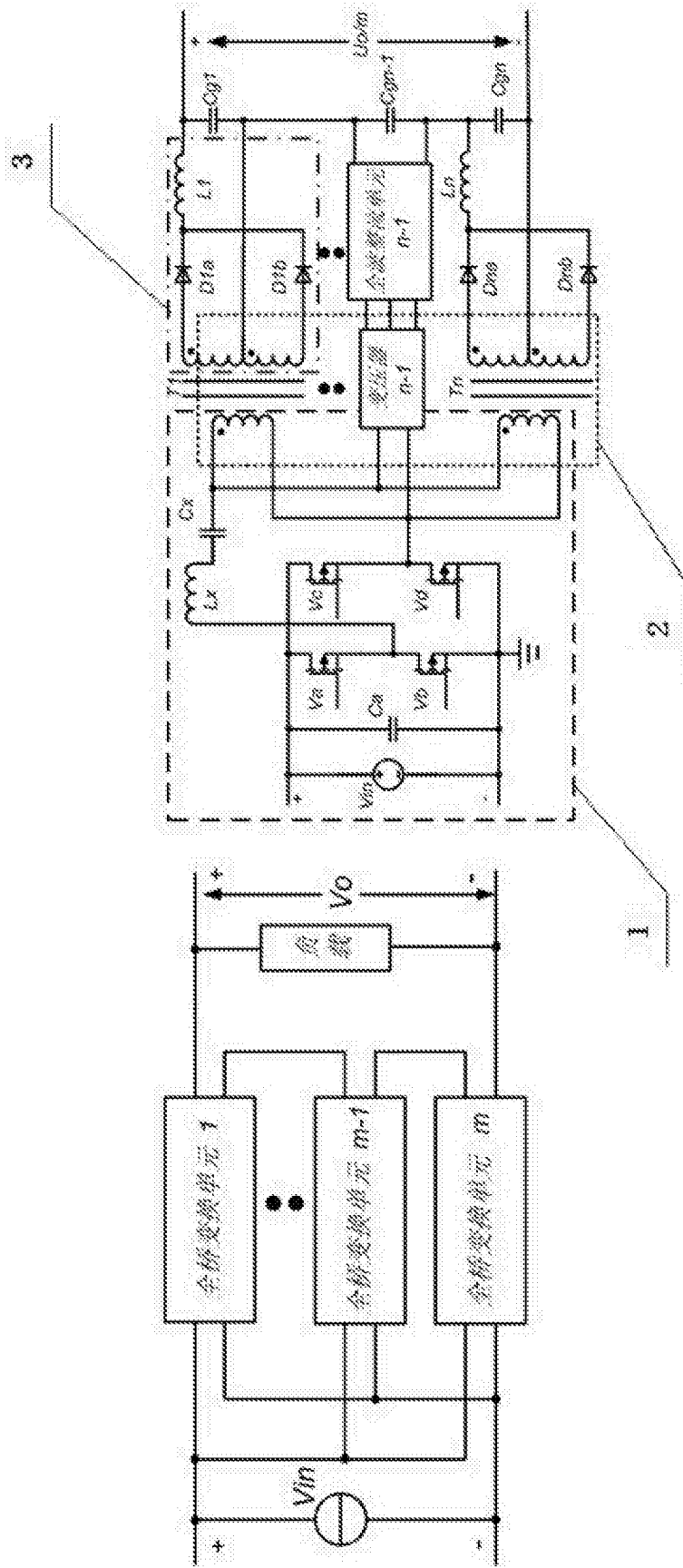


图1

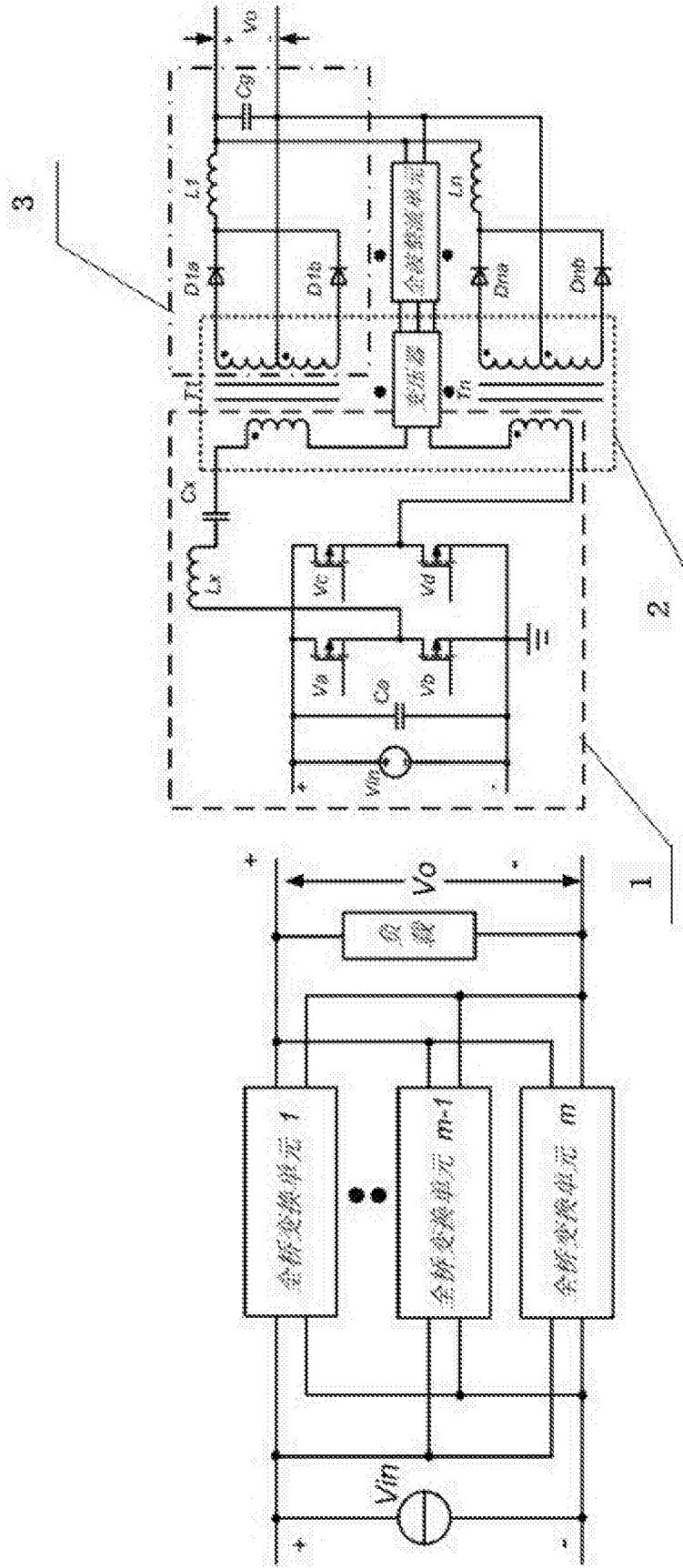


图2

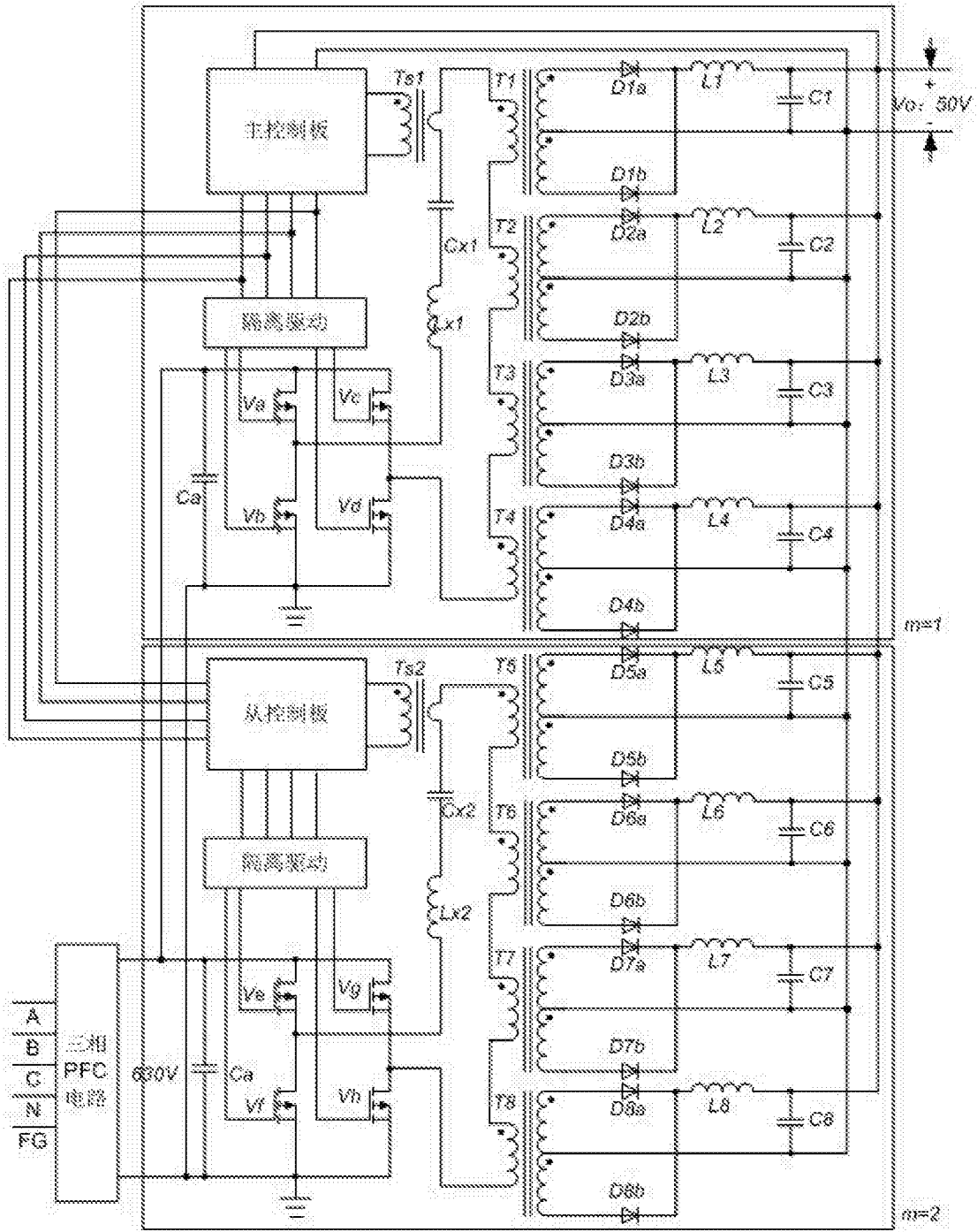


图3