



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 109617394 B

(45) 授权公告日 2021.08.17

(21) 申请号 201811485337.0

JP 2015019533 A, 2015.01.29

(22) 申请日 2018.12.05

WO 2017090118 A1, 2017.06.01

(65) 同一申请的已公布的文献号

郝瑞祥 等. 一种具有自动均压均流特性的组合式 LLC 谐振变换器. 《电工技术学报》. 2016,

申请公布号 CN 109617394 A

审查员 涂颂亿

(43) 申请公布日 2019.04.12

(73) 专利权人 成都芯源系统有限公司

地址 611731 四川省成都市成都高新综合
保税区科新路8号成都芯源系统有限
公司

(72) 发明人 郑皓谦

(51) Int. Cl.

H02M 3/07 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 208063044 U, 2018.11.06

CN 101154891 A, 2008.04.02

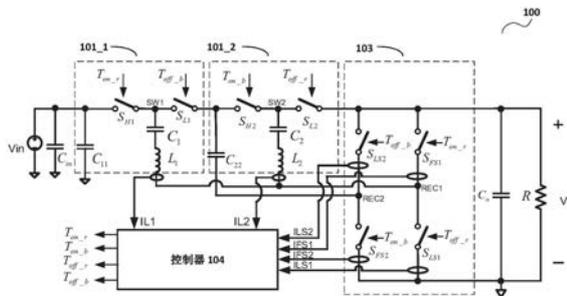
权利要求书3页 说明书6页 附图12页

(54) 发明名称

谐振开关电容变换器及其控制器和控制方法

(57) 摘要

公开了谐振开关电容变换器及其控制器和控制方法。该控制方法包括：基于流过第一和第二变换单元内谐振腔的电流决定第一和第二变换单元内上端开关管的共同导通时刻，以及第一和第二变换单元内下端开关管的共同导通时刻；检测流过第一整流开关管、第二整流开关管、第三整流开关管以及第四整流开关管的电流是否过零，并根据检测结果分别决定第一变换单元内上端开关管的关断时刻、第二变换单元内上端开关管的关断时刻、第二变换单元内下端开关管的关断时刻、以及第一变换单元内下端开关管的关断时刻。



1. 一种谐振开关电容变换器的控制方法,该谐振开关电容变换器包括第一变换单元、第二变换单元以及整流单元,其中第一变换单元和第二变换单元均具有第一端、第二端、第三端、第四端与开关节点,且均包括耦接在第一端与第三端之间的钳位电容器、耦接在第一端与开关节点之间的上端开关管、耦接在开关节点与第二端之间的下端开关管、以及耦接在开关节点与第四端之间的谐振腔;第二变换单元的第一端耦接至第一变换单元的第二端;整流单元包括第一整流开关管、第二整流开关管、第三整流开关管以及第四整流开关管,第一整流开关管与第四整流开关管的第一端耦接在一起并耦接至第二变换单元的第二端,第二整流开关管与第三整流开关管的第二端耦接至参考地,第一整流开关管的第二端与第三整流开关管的第一端耦接在一起并耦接至第一和第二变换单元的第四端,第四整流开关管的第二端与第二整流开关管的第一端耦接在一起并耦接至第二变换单元的第三端;该控制方法包括:

检测流过第一和第二变换单元内谐振腔的电流,并基于流过第一和第二变换单元内谐振腔的电流决定第一和第二变换单元内上端开关管的共同导通时刻,以及第一和第二变换单元内下端开关管的共同导通时刻;以及

检测流过第一整流开关管、第二整流开关管、第三整流开关管以及第四整流开关管的电流是否过零,并根据检测结果分别决定第一变换单元内上端开关管的关断时刻、第二变换单元内上端开关管的关断时刻、第二变换单元内下端开关管的关断时刻、以及第一变换单元内下端开关管的关断时刻;其中

当检测到流过第二整流开关管的电流过零时,将第二变换单元内的上端开关管关断;

当检测到流过第一整流开关管的电流过零时,将第一变换单元内的上端开关管关断;

当检测到流过第四整流开关管的电流过零时,将第一变换单元内的下端开关管关断;

以及

当检测到流过第三整流开关管的电流过零时,将第二变换单元内的下端开关管关断。

2. 如权利要求1所述的控制方法,其中第一至第四整流开关管均为可控开关管,第一整流开关管的导通与关断与第一变换单元内上端开关管同步,第二整流开关管的导通与关断与第二变换单元内上端开关管同步,第三整流开关管的导通与关断与第二变换单元内下端开关管同步,第四整流开关管的导通与关断与第一变换单元内下端开关管同步。

3. 如权利要求1所述的控制方法,其中:

当检测到流过第一和第二变换单元内谐振腔的电流分别自相应开关节点流出且彼此相等时,将第一和第二变换单元内的上端开关管导通;

当检测到流过第一和第二变换单元内谐振腔的电流分别流入相应开关节点且彼此相等时,将第一和第二变换单元内的下端开关管导通。

4. 如权利要求1所述的控制方法,其中:

当检测到流过第一和第二变换单元内谐振腔的电流均完成过零并转变为自相应开关节点流出时,将第一和第二变换单元内的上端开关管导通;

当检测到流过第一和第二变换单元内谐振腔的电流均完成过零并转变为流入相应开关节点时,将第一和第二变换单元内的下端开关管导通。

5. 一种谐振开关电容变换器的控制器,该谐振开关电容变换器包括第一变换单元、第二变换单元以及整流单元,其中第一变换单元和第二变换单元均具有第一端、第二端、第三

端、第四端与开关节点,且均包括耦接在第一端与第三端之间的钳位电容器、耦接在第一端与开关节点之间的上端开关管、耦接在开关节点与第二端之间的下端开关管、以及耦接在开关节点与第四端之间的谐振腔;第二变换单元的第一端耦接至第一变换单元的第二端;整流单元包括第一整流开关管、第二整流开关管、第三整流开关管以及第四整流开关管,第一整流开关管与第四整流开关管的第一端耦接在一起并耦接至第二变换单元的第二端,第二整流开关管与第三整流开关管的第二端耦接至参考地,第一整流开关管的第二端与第三整流开关管的第一端耦接在一起并耦接至第一和第二变换单元的第四端,第四整流开关管的第二端与第二整流开关管的第一端耦接在一起并耦接至第二变换单元的第三端;该控制器基于流过第一和第二变换单元内谐振腔的电流以及流过第一至第四整流开关管的电流产生第一至第四控制信号,以分别控制第一变换单元内的上端开关管、第二变换单元内的上端开关管、第二变换单元内的下端开关管以及第一变换单元内的下端开关管;其中

该控制器检测流过第一和第二变换单元内谐振腔的电流,并基于流过第一和第二变换单元内谐振腔的电流决定第一和第二变换单元内上端开关管的共同导通时刻,以及第一和第二变换单元内下端开关管的共同导通时刻;

该控制器还检测流过第一整流开关管、第二整流开关管、第三整流开关管以及第四整流开关管的电流是否过零,并根据检测结果分别决定第一变换单元内上端开关管的关断时刻、第二变换单元内上端开关管的关断时刻、第二变换单元内下端开关管的关断时刻、以及第一变换单元内下端开关管的关断时刻;其中

当控制器检测到流过第二整流开关管的电流过零时,将第二变换单元内的上端开关管关断;

当控制器检测到流过第一整流开关管的电流过零时,将第一变换单元内的上端开关管关断;

当控制器检测到流过第四整流开关管的电流过零时,将第一变换单元内的下端开关管关断;以及

当控制器检测到流过第三整流开关管的电流过零时,将第二变换单元内的下端开关管关断。

6. 如权利要求5所述的控制器,其中第一至第四整流开关管均为可控开关管,且分别受第一至第四控制信号控制。

7. 如权利要求5所述的控制器,其中:

当控制器检测到流过第一和第二变换单元内谐振腔的电流分别自相应开关节点流出且彼此相等时,将第一和第二变换单元内的上端开关管导通;

当控制器检测到流过第一和第二变换单元内谐振腔的电流分别流入相应开关节点且彼此相等时,将第一和第二变换单元内的下端开关管导通。

8. 如权利要求5所述的控制器,其中:

当控制器检测到流过第一和第二变换单元内谐振腔的电流均完成过零并转变为自相应开关节点流出时,将第一和第二变换单元内的上端开关管导通;

当控制器检测到流过第一和第二变换单元内谐振腔的电流均完成过零并转变为流入相应开关节点时,将第一和第二变换单元内的下端开关管导通。

9. 如权利要求5所述的控制器,包括:

导通决策电路,检测流过第一和第二变换单元内谐振腔的电流,并基于流过第一和第二变换单元内谐振腔的电流产生第一导通控制信号和第二导通控制信号;

第一过零检测电路,检测流过第一整流开关管的电流是否过零,并产生第一过零检测信号;

第二过零检测电路,检测流过第二整流开关管的电流是否过零,并产生第二过零检测信号;

第三过零检测电路,检测流过第三整流开关管的电流是否过零,并产生第三过零检测信号;

第四过零检测电路,检测流过第四整流开关管的电流是否过零,并产生第四过零检测信号;

第一逻辑电路,耦接至导通决策电路与第一过零检测电路,根据第一导通控制信号与第一过零检测信号产生第一控制信号以控制第一变换单元内的上端开关管;

第二逻辑电路,耦接至导通决策电路与第二过零检测电路,根据第一导通控制信号与第二过零检测信号产生第二控制信号以控制第二变换单元内的上端开关管;

第三逻辑电路,耦接至导通决策电路与第三过零检测电路,根据第二导通控制信号与第三过零检测信号产生第三控制信号以控制第二变换单元内的下端开关管;以及

第四逻辑电路,耦接至导通决策电路与第四过零检测电路,根据第二导通控制信号与第四过零检测信号产生第四控制信号以控制第一变换单元内的下端开关管。

10. 如权利要求5所述的控制器,其中谐振开关电容变换器还包括与第一和第二变换单元具有相同内部结构的第三变换单元,其中第三变换单元的第一端耦接至第一变换单元的第二端,第三变换单元的第二端耦接至第二变换单元的第一端,第三变换单元的第三端耦接至第二变换单元的第三端,第三变换单元的第四端耦接至第二变换单元的第四端,第三变换单元内的上端开关管与下端开关管分别受第二与第四控制信号控制。

11. 一种谐振开关电容变换器,包括如权利要求5至10中任一项所述的控制器。

谐振开关电容变换器及其控制器和控制方法

技术领域

[0001] 本发明涉及电子电路,尤其涉及谐振开关电容变换器及其控制器和控制方法。

背景技术

[0002] 谐振开关电容变换器与传统的开关电容变换器相比,其充放电电容均工作在谐振状态,因此不存在电流尖峰问题,可以应用于输出电流较大的场合。如图1A和1B所示,传统的谐振型开关电容变换器通常采用占空比为50%的控制信号来控制,为了实现零电流开关,该控制信号的频率需要被设置为与谐振电路的谐振频率相等。然而,由于每个谐振电路的等效电路不同,且谐振元件的参数存在固有的制造差异,要实现所有开关管的零电流开关比较困难。目前常采用的解决方法是将电容器C11、C22的容值设置为远大于电容器C1、C2的容值,以减小不同谐振电路间谐振频率的差异,但这无疑会对谐振开关电容变换器的体积造成不利影响。

发明内容

[0003] 为了解决上述问题,本发明的实施例提供一种谐振开关电容变换器的控制方法,该谐振开关电容变换器包括第一变换单元、第二变换单元以及整流单元。其中第一变换单元和第二变换单元均具有第一端、第二端、第三端、第四端与开关节点,且均包括耦接在第一端与第三端之间的钳位电容器、耦接在第一端与开关节点之间的上端开关管、耦接在开关节点与第二端之间的下端开关管、以及耦接在开关节点与第四端之间的谐振腔。第二变换单元的第一端耦接至第一变换单元的第二端。整流单元包括第一整流开关管、第二整流开关管、第三整流开关管以及第四整流开关管,第一整流开关管与第四整流开关管的第一端耦接在一起并耦接至第二变换单元的第二端,第二整流开关管与第三整流开关管的第二端耦接至参考地,第一整流开关管的第二端与第三整流开关管的第一端耦接在一起并耦接至第一和第二变换单元的第四端,第四整流开关管的第二端与第二整流开关管的第一端耦接在一起并耦接至第二变换单元的第三端。该控制方法包括:基于流过第一和第二变换单元内谐振腔的电流决定第一和第二变换单元内上端开关管的共同导通时刻,以及第一和第二变换单元内下端开关管的共同导通时刻;以及检测流过第一整流开关管、第二整流开关管、第三整流开关管以及第四整流开关管的电流是否过零,并根据检测结果分别决定第一变换单元内上端开关管的关断时刻、第二变换单元内上端开关管的关断时刻、第二变换单元内下端开关管的关断时刻、以及第一变换单元内下端开关管的关断时刻。

[0004] 本发明的实施例还提供一种谐振开关电容变换器的控制器,该控制器基于流过第一和第二变换单元内谐振腔的电流以及流过第一至第四整流开关管的电流产生第一至第四控制信号,以分别控制第一变换单元内的上端开关管、第二变换单元内的上端开关管、第二变换单元内的下端开关管以及第一变换单元内的下端开关管。其中该控制器基于流过第一和第二变换单元内谐振腔的电流决定第一和第二变换单元内上端开关管的共同导通时刻,以及第一和第二变换单元内下端开关管的共同导通时刻;该控制器还检测流过第一整

流开关管、第二整流开关管、第三整流开关管以及第四整流开关管的电流是否过零,并根据检测结果分别决定第一变换单元内上端开关管的关断时刻、第二变换单元内上端开关管的关断时刻、第二变换单元内下端开关管的关断时刻、以及第一变换单元内下端开关管的关断时刻。

[0005] 根据本发明实施例的一种谐振开关电容变换器,包括如前所述的控制器。

附图说明

[0006] 以下结合附图对本发明的实施例做具体说明。本领域技术人员可以理解,这些附图均是示例性的,而且并非完全按比例绘制。

[0007] 图1A和1B为现有谐振开关电容变换器的电路原理图与波形图;

[0008] 图2A为根据本发明实施例的谐振开关电容变换器100的示意性框图;

[0009] 图2B为根据本发明实施例的谐振开关电容变换器100中变换单元的电路原理图;

[0010] 图3为根据本发明实施例的谐振开关电容变换器100A的电路原理图;

[0011] 图4A为根据本发明一实施例的谐振开关电容变换器的控制方法的流程图;

[0012] 图4B为根据本发明实施例的采用图4A所示控制方法的谐振开关电容变换器100A的工作波形图;

[0013] 图5A-5F为根据本发明一实施例的采用图4A所示控制方法的谐振开关电容变换器100A在不同时段的工作原理图;

[0014] 图6A为根据本发明另一实施例的谐振开关电容变换器的控制方法的流程图;

[0015] 图6B为根据本发明实施例的采用图6A所示控制方法的谐振开关电容变换器100A的工作波形图;

[0016] 图7为根据本发明实施例的控制器104A的示意性框图;

[0017] 图8为根据本发明实施例的谐振开关电容变换器200的示意性框图;

[0018] 图9为根据本发明实施例的谐振开关电容变换器300的示意性框图。

具体实施方式

[0019] 下面将结合附图详细描述本发明的具体实施例,应当注意,这里描述的实施例只用于举例说明,并不用于限制本发明。在以下描述中,为了便于对本发明的透彻理解,阐述了大量特定细节。然而,本领域普通技术人员可以理解,这些特定细节并非为实施本发明所必需。此外,在一些实施例中,为了避免混淆本发明,未对公知的电路、材料或方法做具体描述。

[0020] 在整个说明书中,对“一个实施例”、“实施例”、“一个示例”或“示例”的提及意味着:结合该实施例或示例描述的特定特征、结构或特性被包含在本发明至少一个实施例中。因此,在整个说明书的各个地方出现的短语“在一个实施例中”、“在实施例中”、“一个示例”或“示例”不一定都指同一实施例或示例。此外,可以以任何适当的组合和/或子组合将特定的特征、结构或特性组合在一个或多个实施例或示例中。此外,本领域普通技术人员应当理解,在此提供的附图均是为了说明的目的,并且附图不一定是按比例绘制的。应当理解,当称元件“连接到”或“耦接”到另一元件时,它可以是直接连接或耦接到另一元件或者可以存在中间元件。相反,当称元件“直接连接到”或“直接耦接到”另一元件时,不存在中间元件。

相同的附图标记指示相同的元件。

[0021] 图2A为根据本发明实施例的谐振开关电容变换器100的示意性框图,该变换器100包括输入电容器 C_{in} 、第一变换单元101_1、第二变换单元101_2、整流单元103、输出电容器 C_o 以及控制器104。输入电容器 C_{in} 耦接在输入电压 V_{in} 与参考地之间,输出电容器 C_o 与负载 R 并联,耦接在输出电压 V_o 与参考地之间。变换单元101_1和101_2具有基本相同的内部结构。如图2B所示,每个变换单元均具有第一端、第二端、第三端、第四端与开关节点,且均包括耦接在第一端与第三端之间的钳位电容器、耦接在第一端与开关节点之间的上端开关管、耦接在开关节点与第二端之间的下端开关管、以及耦接在开关节点与第四端之间的谐振腔。具体地,如图2A所示,第一变换单元101_1包括第一钳位电容器 C_{11} 、第一上端开关管 SH_1 、第一下端开关管 SL_2 以及第一谐振腔,第二变换单元101_2包括第二钳位电容器 C_{22} 、第二上端开关管 SH_2 、第二下端开关管 SL_2 以及第二谐振腔。第一变换单元101_1的第一端耦接至输入电压 V_{in} ,第二变换单元101_2的第一端耦接至第一变换单元101_1的第二端,第二变换单元101_2的第二端耦接至输出电压 V_o 。

[0022] 在图2A所示的实施例中,第一谐振腔包含串联连接的第一谐振电容器 C_1 和第一谐振电感器 L_1 ,第二谐振腔包含串联连接的第二谐振电容器 C_2 和第二谐振电感器 L_2 。但本领域技术人员可以理解,谐振腔也可以采用其他的谐振架构,这样的变形并未超出本发明的保护范围。

[0023] 整流单元103包括整流开关管 SFS_1 、 SFS_2 、 SLS_1 、 SLS_2 。开关管 SFS_1 与 SLS_2 的第一端耦接在一起并耦接至第二变换单元101_2的第二端。开关管 SFS_2 与 SLS_1 的第二端耦接至参考地。开关管 SFS_1 的第二端与开关管 SLS_1 的第一端耦接以形成第一整流节点 REC_1 ,并耦接至变换单元101_1和101_2的第四端。开关管 SLS_2 的第二端与开关管 SFS_2 的第一端耦接以形成第二整流节点 REC_2 ,并耦接至第二变换单元101_2的第三端。第一变换单元101_1的第三端耦接至参考地。

[0024] 控制器104基于流过第一谐振腔的电流 I_{L1} 、流过第二谐振腔的电流 I_{L2} 、以及流过各整流开关管的电流 I_{FS1} 、 I_{FS2} 、 I_{LS1} 、 I_{LS2} 产生控制信号 T_{on_r} 、 T_{on_b} 、 T_{off_r} 、 T_{off_b} ,其中 T_{on_r} 用以控制开关管 SH_1 和 SFS_1 , T_{on_b} 用以控制开关管 SH_2 和 SFS_2 , T_{off_r} 用以控制开关管 SL_2 和 SLS_1 , T_{off_b} 用以控制开关管 SL_1 和 SLS_2 。具体地,控制器104基于电流 I_{L1} 和 I_{L2} 决定开关管 SH_1 、 SH_2 、 SFS_1 、 SFS_2 的共同导通时刻,以及开关管 SL_1 、 SL_2 、 SLS_1 、 SLS_2 的共同导通时刻。例如,控制器104可以通过判断电流 I_{L1} 与 I_{L2} 是否相等来决定各开关管的导通时刻,也可以通过判断电流 I_{L1} 和 I_{L2} 是否均完成过零来决定各开关管的导通时刻。

[0025] 该控制器104还检测流过各整流开关管的电流 I_{FS1} 、 I_{FS2} 、 I_{LS1} 、 I_{LS2} 是否过零,并根据检测结果分别决定开关管 SH_1 和 SFS_1 的共同关断时刻、开关管 SH_2 和 SFS_2 的共同关断时刻、开关管 SLS_2 和 SL_1 的共同关断时刻、以及开关管 SLS_1 和 SLS_2 的共同关断时刻。

[0026] 变换器100中各开关管可以采用任何合适的可控半导体器件,例如图3中所示的金属氧化物半导体场效应晶体管(MOSFET)。

[0027] 图4A为根据本发明一实施例的谐振开关电容变换器的控制方法的流程图,包括步骤S401-S406。

[0028] 步骤S401:当检测到电流 I_{L1} 和 I_{L2} 分别自相应开关节点(SW_1 、 SW_2)流出且彼此相等时,将开关管 SH_1 、 SH_2 、 SFS_1 、 SFS_2 导通。

[0029] 步骤402:当检测到流过开关管SFS2的电流IFS2过零时,将开关管SH2、SFS2关断。

[0030] 步骤S403:当检测到流过开关管SFS1的电流IFS1过零时时,将开关管SH1和SFS1关断。

[0031] 步骤S404:当检测到电流IL1和IL2分别流入相应开关节点且彼此相等时,将开关管SL1、SL2、SLS1、SLS2导通。

[0032] 步骤S405:当检测到流过开关管SLS2的电流ILS2过零时,将开关管SL1、SLS2关断。

[0033] 步骤S406:当检测到流过开关管SLS1的电流ILS1过零时,将开关管SL2和SLS1关断。

[0034] 以下结合图4B与5A-5F对变换器的工作原理作进一步阐述,其中图4B为采用图4A所示控制方法的谐振开关电容变换器100A的工作波形图,图5A-5F为采用图4A所示控制方法的谐振开关电容变换器100A在不同时段的工作原理图。

[0035] 在 t_0-t_1 时间段,控制信号Ton_b和Ton_r为高电平,Toff_b和Toff_r为低电平,开关管SH1、SH2、SFS1、SFS2导通,开关管SL1、SL2、SLS1、SLS2关断,对应等效电路如图5A所示。电容器C11中存储的能量被放电至电容器C1和Co,该路径中的谐振频率可以表示为:

$$[0036] \quad F_{RS_ton_r} = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_1[(C_{in} + C_{11}) // C_1 // C_o]}}$$

[0037] 电容器C22中存储的能量被放电至电容器C2和输出电容器Co,该路径中的谐振频率可以表示为:

$$[0038] \quad F_{RS_ton_b} = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_1(C_{11} // C_1 // C_o)}}$$

[0039] 在 t_1 时刻,控制器检测到流过开关管SFS2的电流IFS2过零,控制信号Ton_b变为低电平,将开关管SH2和SFS2关断。在其后直至 t_3 的时间段中,电流IL2流过开关管SH2的体二极管,其谐振频率主要由开关管SFS2的漏源电容决定。

[0040] 在 t_2 时刻,控制器检测到流过开关管SFS1的电流IFS1过零,控制信号Ton_r变为低电平,将开关管SH1和SFS1关断。随后,电流IL1在 t_2-t_3 时间段内完成换向。

[0041] 在 t_3 时刻,控制器检测到电流IL1与电流IL2相等,控制信号Toff_b和Toff_r变为高电平,将开关管SL1、SL2、SLS1、SLS2导通。此时电流IL1的方向与IL2一样,均自整流节点REC1流入至各自对应的开关节点。在 t_0-t_3 时间段内,电流IFS1等于电流IL1与IL2之和,电流IFS2与电流IL2相等。

[0042] 在 t_3-t_4 时间段,开关管SH1、SH2、SFS1、SFS2关断,开关管SL1、SL2、SLS1、SLS2导通,对应等效电路如图5D所示。电容器C1中存储的能量被放电至电容器C22和Co,该路径中的谐振频率可以表示为:

$$[0043] \quad F_{RS_toff_b} = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_1(C_{22} // C_1 // C_o)}}$$

[0044] 电容器C2中存储的能量被放电至电容器Co,该路径中的谐振频率可以表示为:

$$[0045] \quad F_{RS_toff_r} = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_2(C_2 // C_o)}}$$

[0046] 在 t_4 时刻,控制器检测到流过开关管SLS2的电流ILS2过零,控制信号Toff_b变为低电平,将开关管SL1和SLS2关断。在其后直至 t_6 的时间段中,电流IL1流过开关管SL1的体

二极管,其谐振频率主要由开关管SLS2的漏源电容决定。

[0047] 在 t_5 时刻,控制器检测到流过开关管SLS1的电流ILS1过零,控制信号Toff_r变为低电平,将开关管SL2和SLS1关断。随后,电流IL2在 t_5-t_6 时间段内完成换向。

[0048] 在 t_6 时刻,控制器检测到电流IL1与IL2相等,控制信号Ton_b和Ton_r变为高电平,将开关管SH1、SH2、SFS1、SFS2导通,变换器进入下一周期。此时电流IL2的方向与IL1一样,均自各自对应的开关节点流出至整流节点REC1。在 t_3-t_6 时间段内,电流ILS1等于电流IL1与IL2之和,电流ILS2与电流IL1相等。

[0049] 图6A为根据本发明另一实施例的谐振开关电容变换器的控制方法的流程图,该控制方法包括步骤S601-S606。

[0050] 步骤S601:当检测到电流IL1和IL2均完成过零并转变为自相应开关节点流出时,将开关管SH1、SH2、SFS1、SFS2导通。

[0051] 步骤S602:当检测流过开关管SFS2的电流IFS2过零时,将开关管SH2、SFS2关断。

[0052] 步骤S603:当检测到流过开关管SFS1的电流IFS1过零时,将开关管SH1和SFS1关断。

[0053] 步骤S604:当检测到电流IL1和IL2均完成过零并转变为流入相应开关节点时,将开关管SL1、SL2、SLS1、SLS2导通。

[0054] 步骤S605:当检测到流过开关管SLS2的电流ILS2过零时,将开关管SL1、SLS2关断。

[0055] 步骤S606:当检测到流过开关管SLS1的电流ILS1过零时,将开关管SL2和SLS1关断。

[0056] 图6B为根据采用图6A所示控制方法的谐振开关电容变换器100A的工作波形图。由图6B可以看出,各开关管的导通时刻由IL1与IL2中较后过零者决定。

[0057] 图7为根据本发明实施例的控制器104A的示意性框图,包括导通决策电路141、第一过零检测电路142、第二过零检测电路143、第三过零检测电路144、第四过零检测电路145、第一逻辑电路146、第二逻辑电路147、第三逻辑电路148以及第四逻辑电路149。导通决策电路141检测电流IL1与IL2,并基于电流IL1和IL2产生第一导通控制信号SET1和第二导通控制信号SET2。导通决策电路141可以检测电流IL1与IL2是否相等,或检测电流IL1和IL2是否均完成过零,并根据检测结果和电流IL1、IL2此时的电流方向产生导通控制信号SET1和SET2。

[0058] 第一过零检测电路142检测流过开关管SFS1的电流IFS1是否过零,并产生第一过零检测信号ZCD1。第二过零检测电路143检测流过开关管SFS2的电流IFS2是否过零,并产生第二过零检测信号ZCD2。第三过零检测电路144检测流过开关管SLS1的电流ILS1是否过零,并产生第三过零检测信号ZCD3。第四过零检测电路145检测流过开关管SLS2的电流ILS2是否过零,并产生第四过零检测信号ZCD4。具体应用中,可以采样对应电流(例如通过采样电阻器、电流互感器等方式),并基于采样所得信号进行比较操作来实现相应的检测。

[0059] 第一逻辑电路146耦接至导通决策电路141与第一过零检测电路142,根据第一导通控制信号SET1与第一过零检测信号ZCD1产生控制信号Ton_r以控制开关管SH1和SFS1。第二逻辑电路147耦接至导通决策电路141与第二过零检测电路143,根据第一导通控制信号SET1与第二过零检测信号ZCD2产生控制信号Ton_b以控制开关管SH2和SFS2。第三逻辑电路148耦接至导通决策电路141与第三过零检测电路144,根据第二导通控制信号SET2与第三

过零检测信号ZCD3产生控制信号Toff_r以控制开关管SL2和SLS1。第四逻辑电路149耦接至导通决策电路141与第四过零检测电路145,根据第二导通控制信号SET2与第四过零检测信号ZCD4产生控制信号Toff_b以控制开关管SL1和SLS2。

[0060] 尽管前述实施例中均以包含两个变换单元、变换比率为4:1的谐振开关电容变换器为例,但本发明也同样适用于具有其他结构的谐振开关电容变换器。图8为根据本发明实施例的谐振开关电容变换器200的示意性框图,与图2A所示实施例相比,该变换器在变换单元101_1与第二变换单元101_2之间还耦接有其它变换单元101_3~101_n。这些变换单元也具有如图2B所示的内部结构,它们内部的上端开关管和下端开关管分别受控于控制信号Ton_b和Toff_b。

[0061] 此外,除了MOSEFT之类的可控开关管,本领域普通技术人员可以理解,前述实施例中整流单元内的整流开关管也可以采用不控开关管,例如图9中所示的二极管。这些变形均未超出本发明的保护范围。而且,在一些实施例中,变换器中的电容器Cin在某些应用中可能被省略,或者与电容器C11合并在一起。电容器C11也并非一定需要连接至参考地,而可以连接至其它合适的位置。

[0062] 虽然已参照几个典型实施例描述了本发明,但应当理解,所用的术语是说明和示例性、而非限制性的术语。由于本发明能够以多种形式具体实施而不脱离发明的精神或实质,所以应当理解,上述实施例不限于任何前述的细节,而应在随附权利要求所限定的精神和范围内广泛地解释,因此落入权利要求或其等效范围内的全部变化和改型都应为随附权利要求所涵盖。

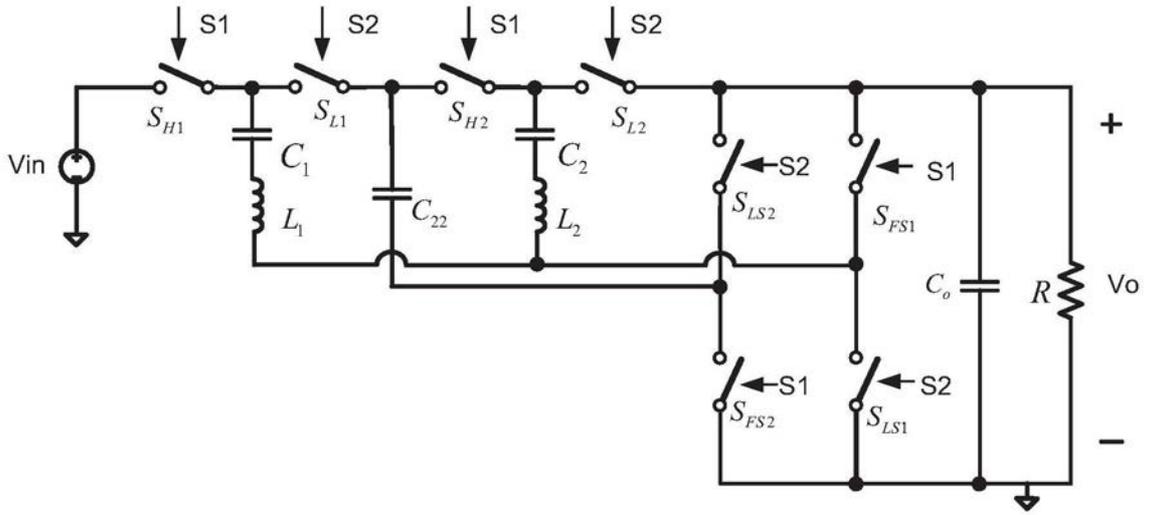


图1A

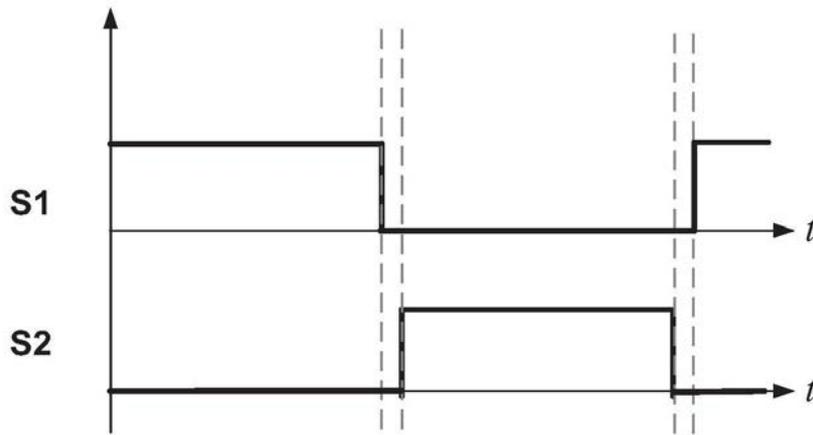


图1B

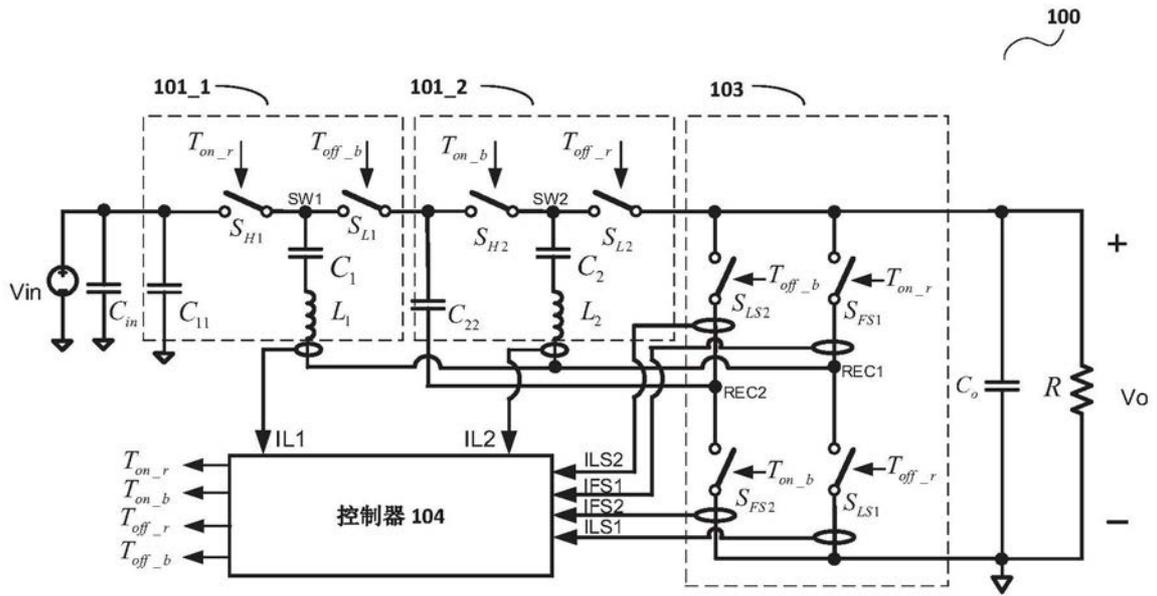


图2A

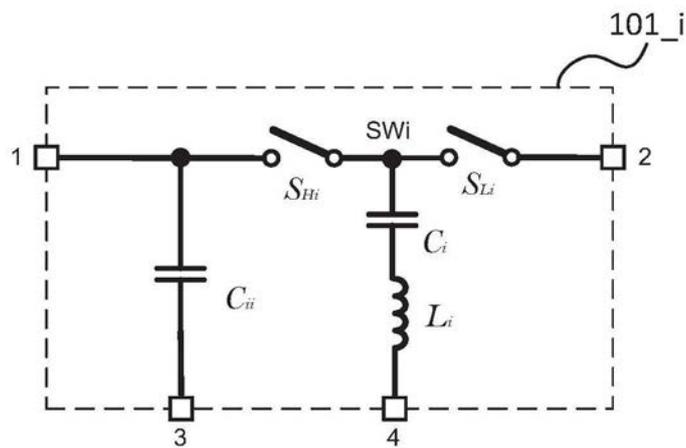


图2B

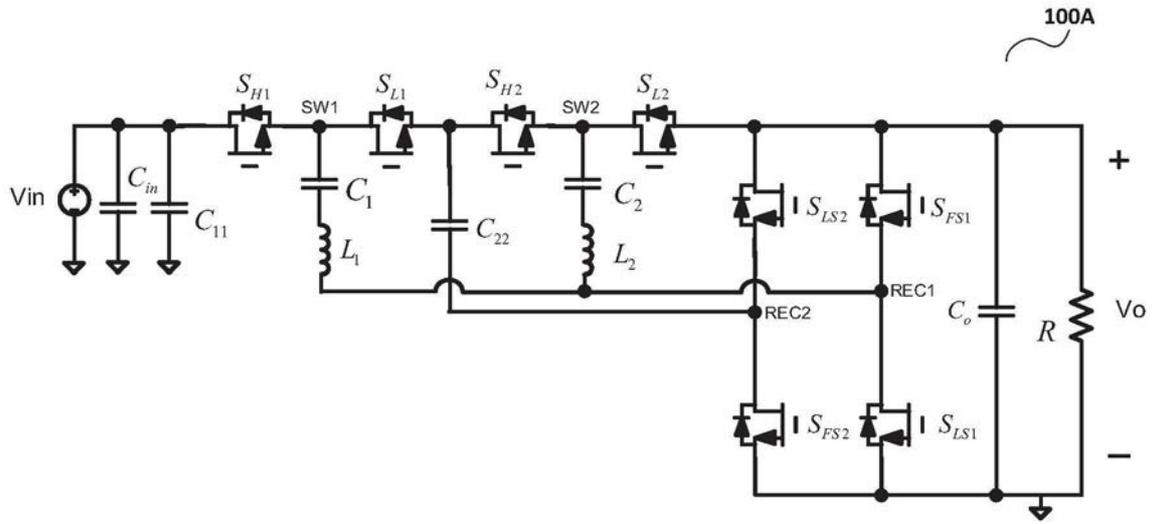


图3

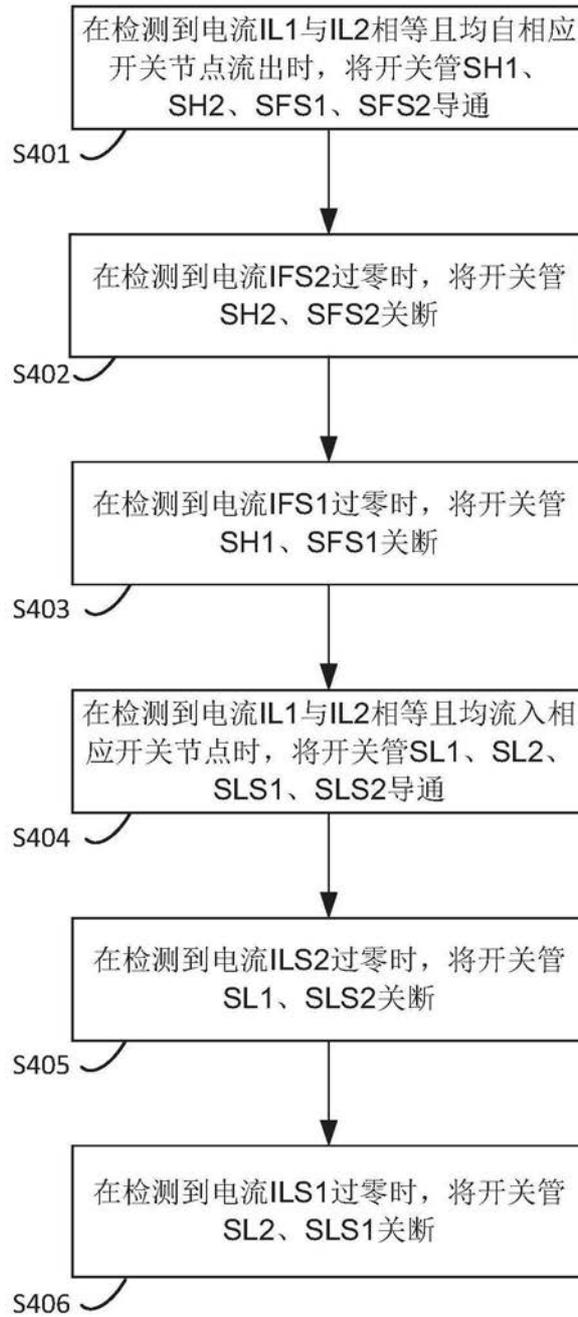


图4A

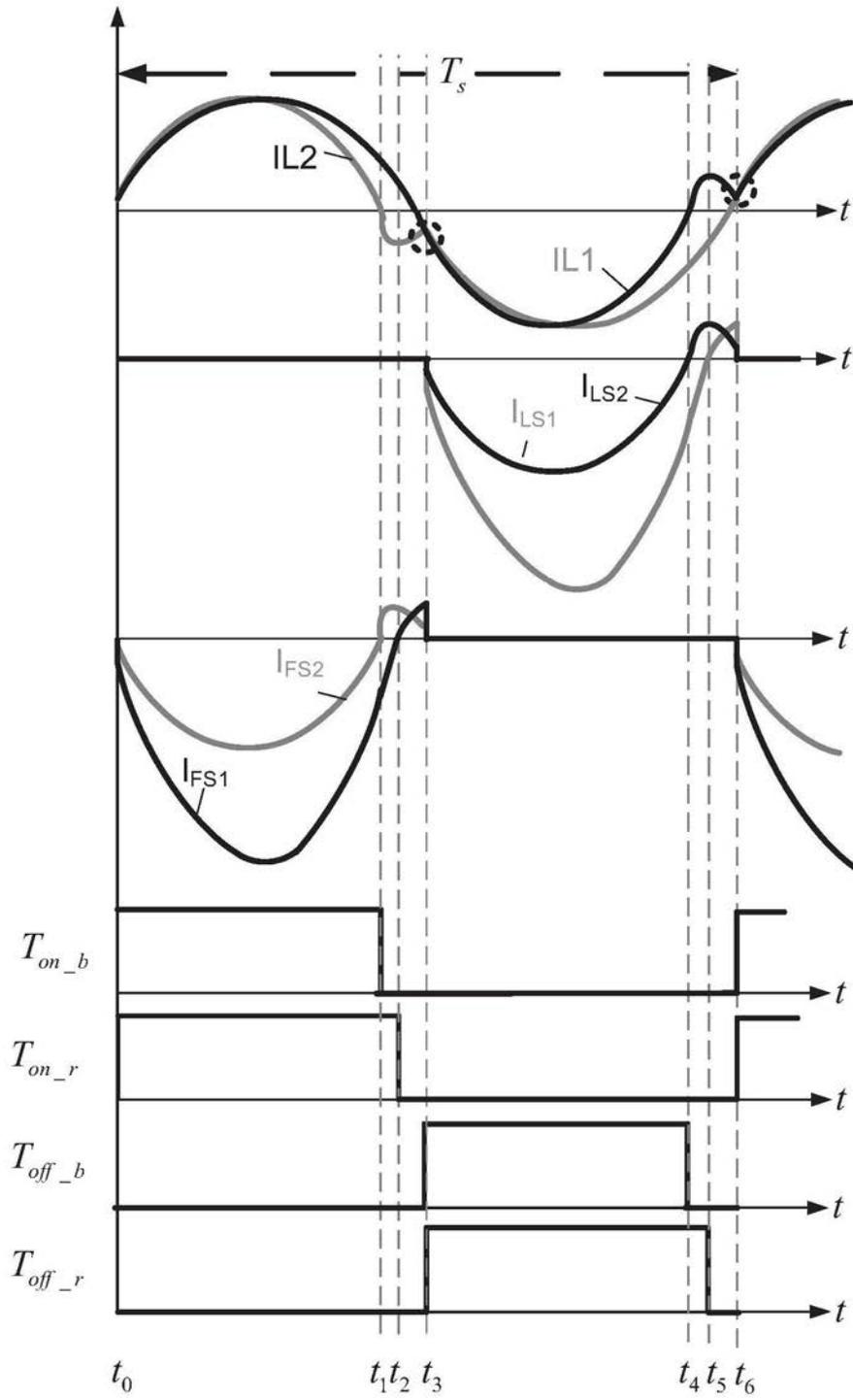


图4B

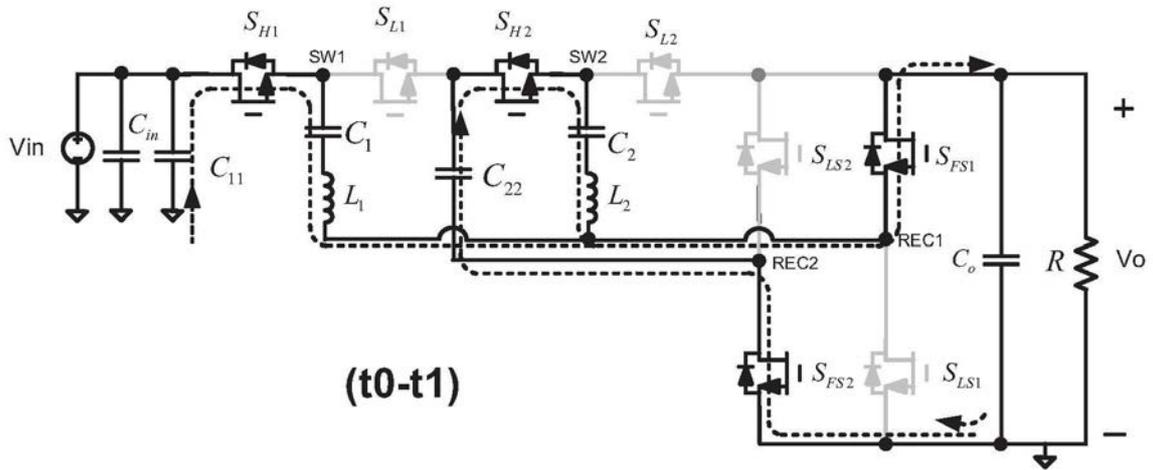


图5A

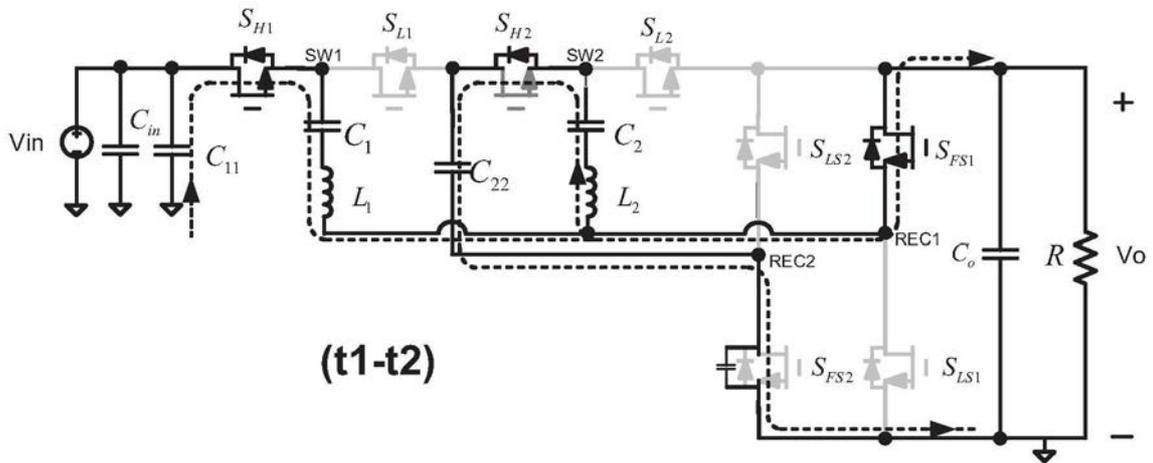


图5B

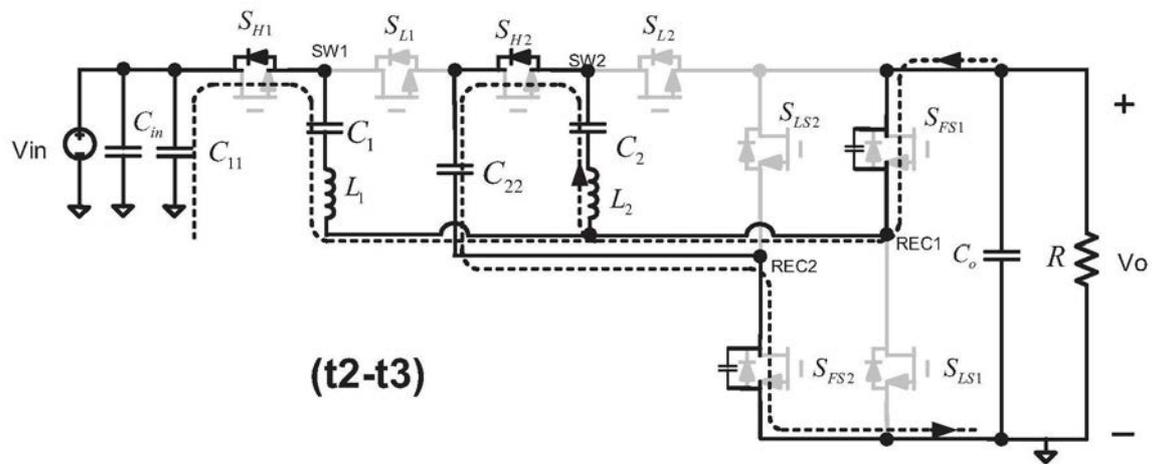


图5C

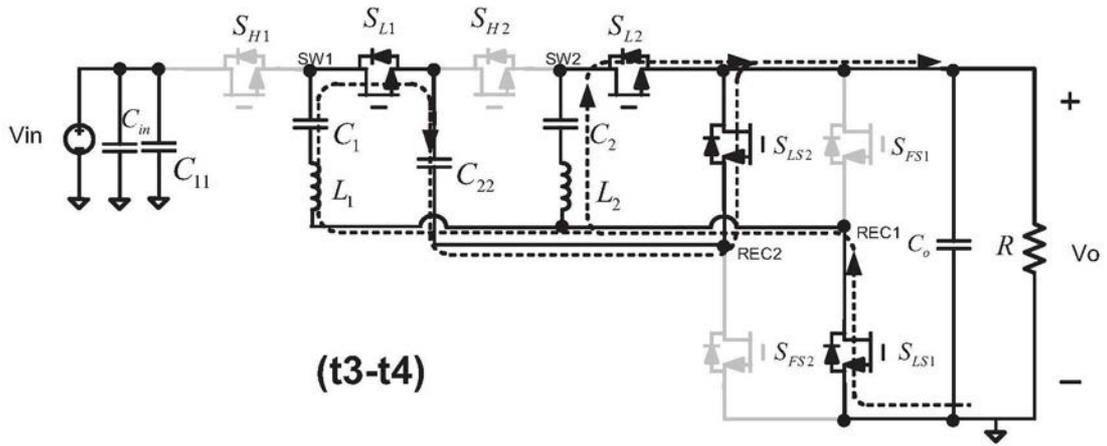


图5D

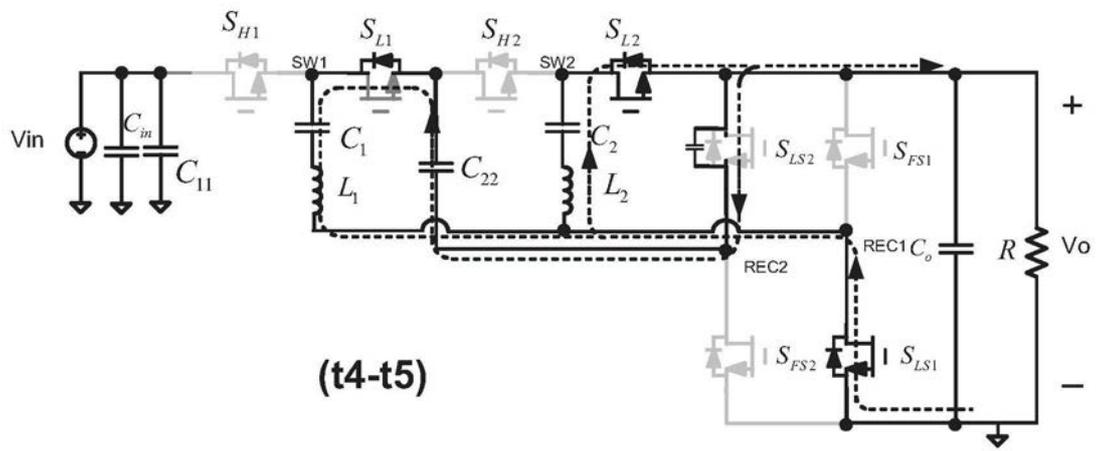


图5E

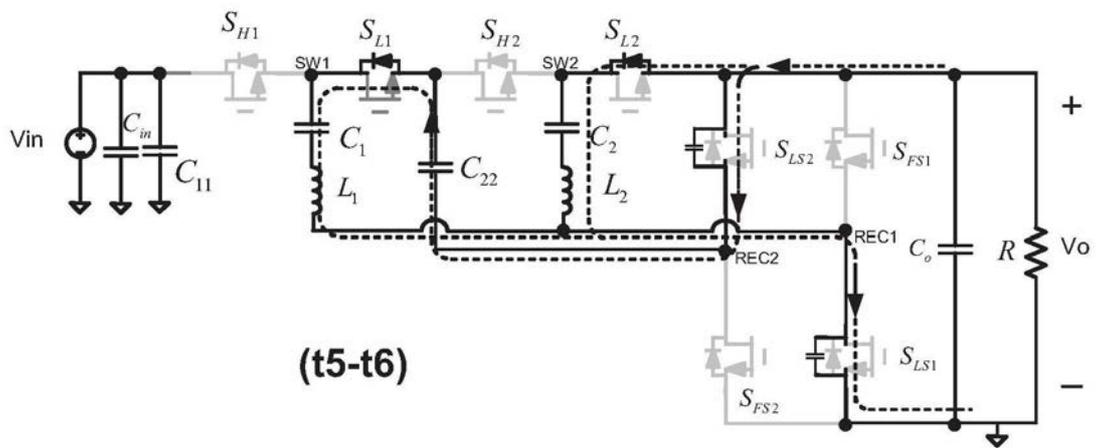


图5F

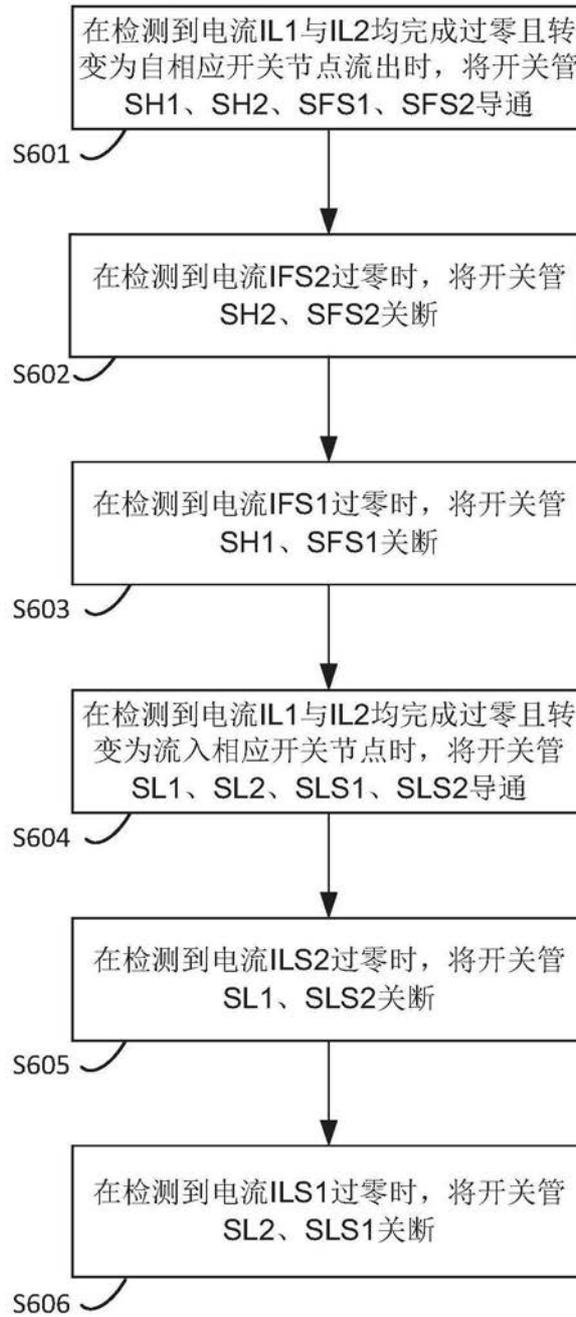


图6A

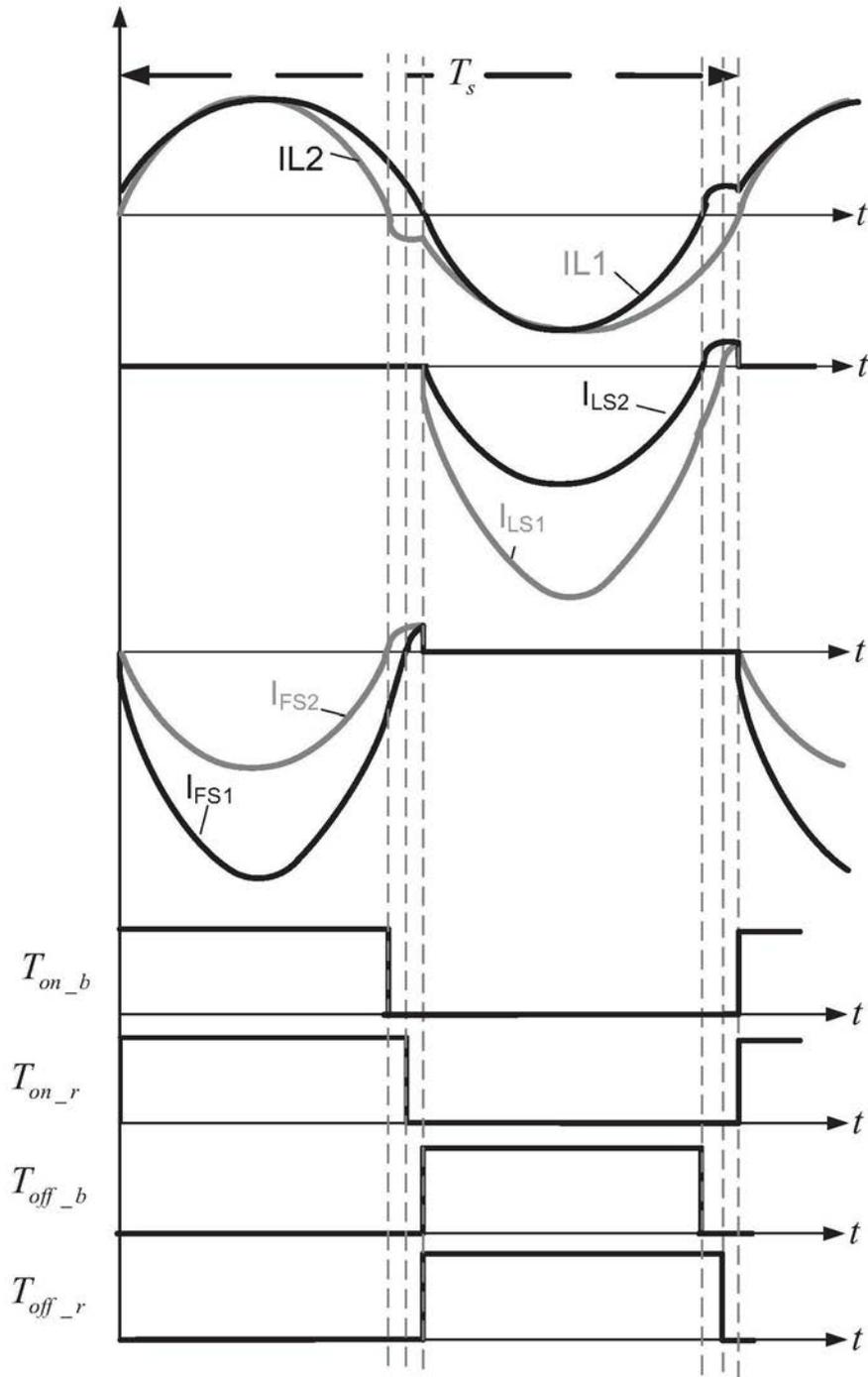


图6B

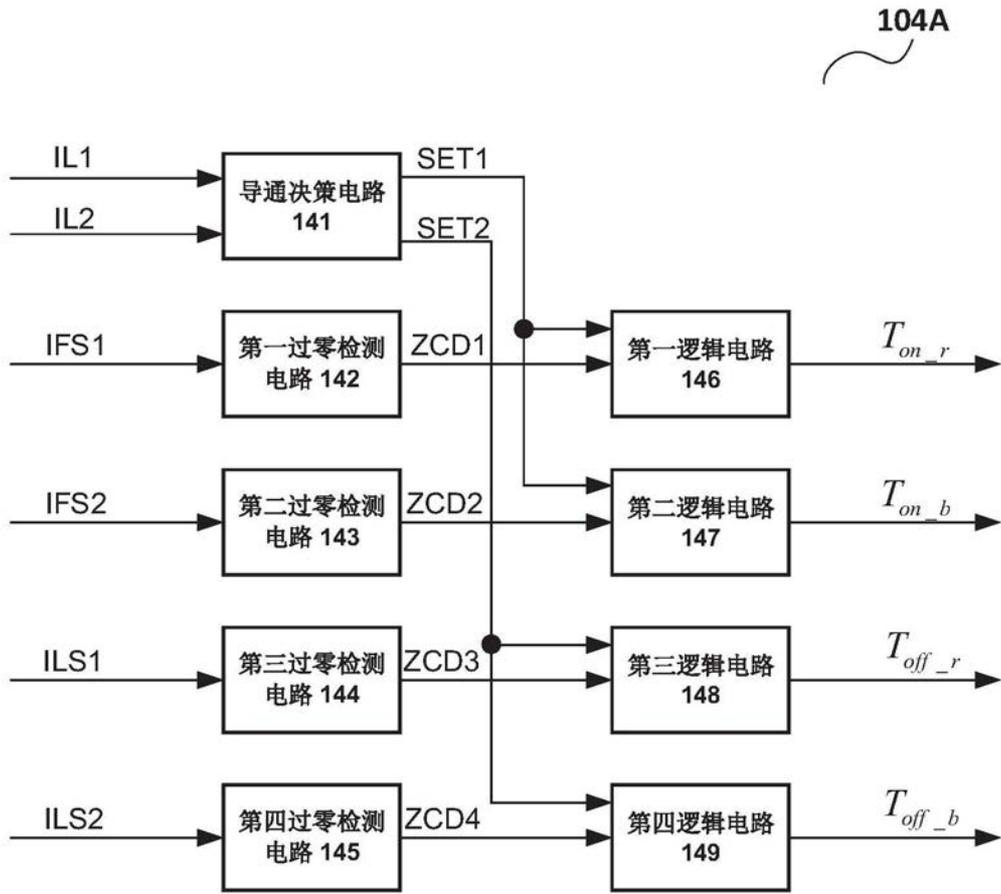


图7

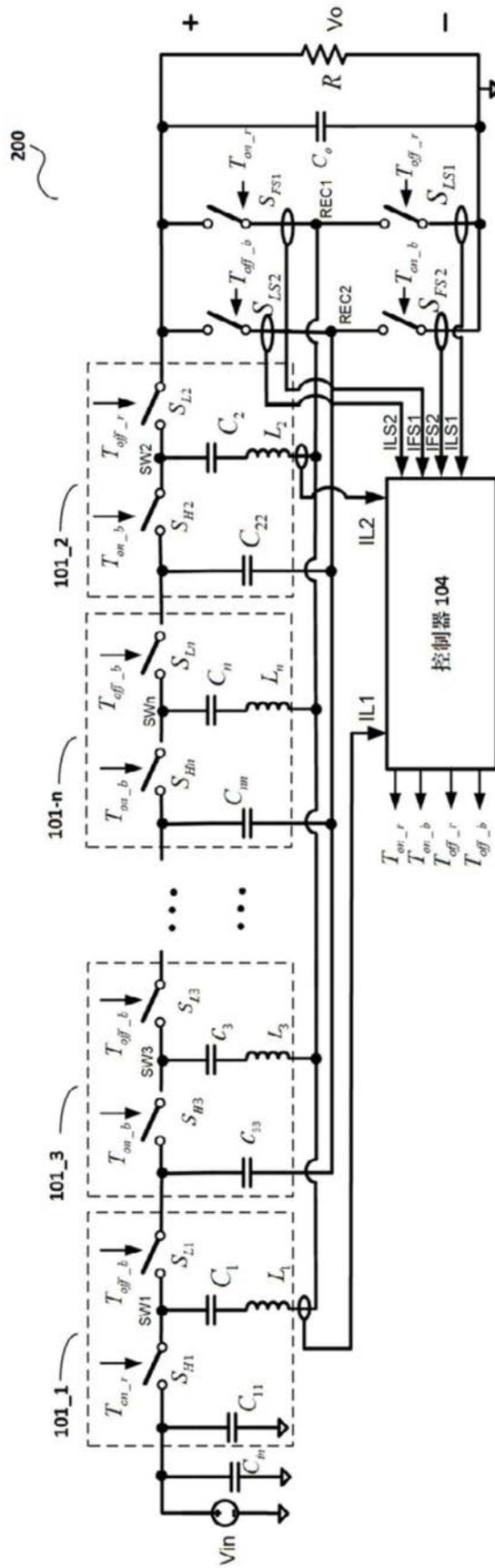


图8

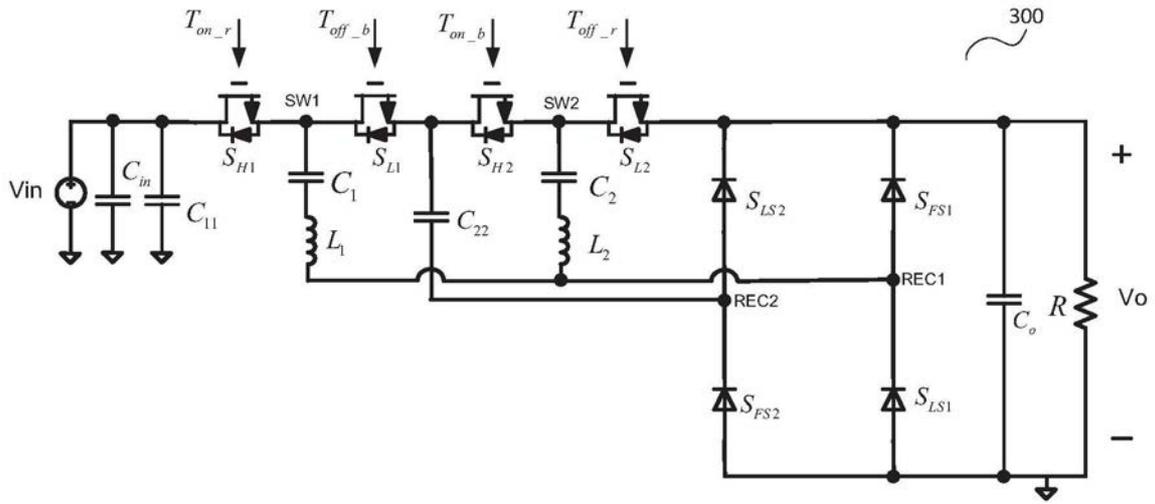


图9