



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 113424127 B

(45) 授权公告日 2023. 01. 06

(21) 申请号 202080010949.3

(22) 申请日 2020.03.06

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 113424127 A

(43) 申请公布日 2021.09.21

(30) 优先权数据
62/814,629 2019.03.06 US

(85) PCT国际申请进入国家阶段日
2021.07.27

(86) PCT国际申请的申请数据
PCT/CN2020/078111 2020.03.06

(87) PCT国际申请的公布数据
W02020/177757 EN 2020.09.10

(73) 专利权人 华为数字能源技术有限公司

地址 518043 广东省深圳市福田区香蜜湖
街道香安社区安托山六路33号安托山
总部大厦A座研发39层01号

(72) 发明人 戴和平 邹鹏

(74) 专利代理机构 北京龙双利达知识产权代理
有限公司 11329

专利代理师 毛威 肖鹏

(51) Int. Cl.
G05F 1/10 (2006.01)

审查员 王佳玉

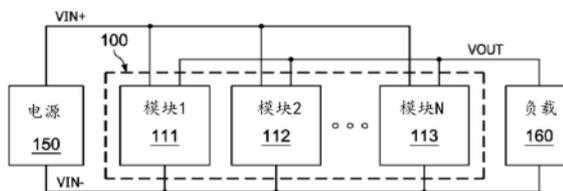
权利要求书1页 说明书16页 附图10页

(54) 发明名称

集成功率调节器和方法

(57) 摘要

一种集成功率调节器包括并联连接在电源的正极和负极之间的多个功率转换模块。所述多个功率转换模块中的每个功率转换模块包括多个并联连接在所述电源的正极与负极之间的功率转换单元。所述多个功率转换单元的第一功率转换单元和第二功率转换单元配置为在两个不同的运行阶段中运行。所述多个功率转换单元的第三功率转换单元和第四功率转换单元配置为在同一运行阶段中运行。



1. 一种控制集成功率调节器的方法,其特征在于,所述方法包括:

配置功率调节器 $M \times N$ 的功率转换单元在 N 个运行阶段运行,所述功率调节器连接在电源和负载之间, N 和 M 为大于或等于2的预设整数;

在轻负载运行期间,关闭多个所述功率转换单元以减少开关损耗,同时保持纹波减少;

在负载瞬变过程中,动态调整所述 N 个运行阶段以提高瞬态响应性能;

所述功率调节器包括并联连接在电源的正极和负极之间的 N 个功率转换模块;

所述 N 个功率转换模块中的每个功率转换模块包括并联连接在电源的正极和负极之间的 M 个所述功率转换单元;

所述 N 个功率转换模块被配置为以交错的方式运行在 N 个运行阶段;

所述 M 个所述功率转换单元由相同的栅极驱动信号控制,其中,在相邻两个功率转换模块的栅极驱动信号之间放置时延 T/N ,其中 T 为功率调节器的开关周期。

2. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述方法还包括:

在所述负载瞬变过程中,动态减少相邻两个功率转换模块之间的时延,以提高瞬态响应性能。

3. 一种集成功率调节器,其特征在于,包括:

所述集成功率调节器连接在电源和负载之间,所述集成功率调节器包括配置在 N 个运行阶段的 $M \times N$ 个功率转换单元, N 和 M 为大于或等于2的预设整数;

在轻负载运行期间,所述集成功率调节器关闭多个所述功率转换单元以减少开关损耗,同时保持纹波减少;

在负载瞬变过程中,所述集成功率调节器动态调整所述 N 个运行阶段以提高瞬态响应性能;

所述集成功率调节器包括并联连接在电源的正极和负极之间的 N 个功率转换模块;

所述 N 个功率转换模块中的每个功率转换模块包括并联连接在电源的正极和负极之间的 M 个所述功率转换单元;

所述 N 个功率转换模块被配置为以交错的方式运行在 N 个运行阶段;

所述 M 个所述功率转换单元由相同的栅极驱动信号控制,其中,在相邻两个功率转换模块的栅极驱动信号之间放置时延 T/N ,其中 T 为功率调节器的开关周期。

4. 根据权利要求3所述的集成功率调节器,其特征在于,在所述负载瞬变过程中,所述集成功率调节器动态减少相邻两个功率转换模块之间的时延,以提高瞬态响应性能。

集成功率调节器和方法

技术领域

[0001] 本申请涉及一种集成功率调节器和方法,并且特别地,涉及一种用于在大电流应用中转换能量的M×N相集成功率调节器。

背景技术

[0002] 随着技术的进一步发展,人工智能(artificial intelligence, AI)已经成为进一步提高计算技术能力的有效替换方案。基于AI的计算机展示了人类的智慧,例如感知、学习、推理和解决问题。

[0003] 图形处理单元(graphical processing units, GPU)可以基于AI的计算机器来实现。图形处理单元通过并行计算提高性能。随着图形处理单元的计算能力增加,对电力的需求持续上升。

[0004] 为了有效地为低压、大电流负载(例如,图形处理单元)供电,采用了直接到芯片的电源架构。例如,直接到芯片的电源架构的输入是48V配电总线。直接到芯片的电源架构的输出是低至0.45V的IC电压。通过直接到芯片的电源架构的电流高达1000A。在直接到芯片的电源架构中,电感必须承受大电流应力。

[0005] 集成功率调节器可以实现高效率的大电流应用。典型的集成功率调节器包括多个运行在不同相位的降压功率转换器,从而实现快速瞬态响应、精确的电压调节和更小的输出电压纹波。在轻负载运行下,集成功率调节器的效率会因大量开关元件以高开关频率工作而产生的开关损耗而显著下降。

[0006] 在诸如便携式设备(例如,智能电话和笔记本电脑)的一些应用中,轻负载效率非常重要。因此,需要能够在各种操作条件下实现高效率的集成调节器。

发明内容

[0007] 通过本公开的优选实施例,这些和其他问题通常得到解决或规避,并通常获得技术优势,该实施例提供了用于提高轻负载效率的集成功率调节器。

[0008] 根据实施例,设备包括多个并联连接在电源的正极和负极之间的功率转换模块。多个功率转换模块中的每个功率转换模块包括多个并联连接于所述电源的正极与负极之间的功率转换单元。所述多个功率转换单元的第一功率转换单元和第二功率转换单元配置为在两个不同的运行阶段运行。所述多个功率转换单元的第三功率转换单元和第四功率转换单元配置为在同一运行阶段运行。

[0009] 在一些实施例中,多个功率转换模块被配置为以交错方式在不同的运行阶段运行,并且同一功率转换模块的多个功率转换单元由相同的栅极驱动信号控制。在备选实施例中,多个功率转换模块配置为在同一运行阶段运行,且同一功率转换模块的多个功率转换单元配置为以交错方式运行。

[0010] 在一些实施例中,第一功率转换模块和第二功率转换模块配置为以交错方式在两个不同的运行阶段中运行,所述第一功率转换单元和第二功率转换单元分别位于第一功率

转换模块和第二功率转换模块中。第三功率转换单元和第四功率转换单元位于同一功率转换模块中。

[0011] 在一些实施例中,第一功率转换单元和第二功率转换单元位于同一功率转换模块中,该模块具有多个在多个运行阶段中运行的功率转换单元。所述第一功率转换模块和所述第二功率转换模块配置为在同一运行阶段运行,所述第三功率转换单元和第四功率转换单元分别位于第一功率转换模块和第二功率转换模块中。

[0012] 在一些实施例中,多个功率转换单元的至少两个电感器相互磁耦合。在备选实施例中,多个功率转换单元的所有电感器相互磁耦合。

[0013] 根据另一实施例,一种方法包括配置功率调节器的 $M \times N$ 功率转换单元以在 N 个运行阶段中运行。 N 和 M 是大于或等于2的预设整数。在轻负载运行期间,关闭多个功率转换单元以减少开关损耗,同时保持纹波减少。

[0014] 在一些实施例中,该功率调节器包括并联连接在电源的正极和负极之间的 N 个功率转换模块,它们。所述 N 个功率转换模块中的每个功率转换模块包括并联连接在电源的正极和负极之间的 M 个功率转换单元。 N 个功率转换模块配置为交错运行在 N 个运行阶段。 M 个功率转换单元由相同的栅极驱动信号控制。该方法包括在轻负载运行期间,关闭每个功率转换模块中的一个功率转换单元,以减少开关损耗,同时保持纹波减少。该方法还包括在轻负载运行时,关闭一个功率转换模块以减少开关损耗,同时改善纹波降低。

[0015] 在一些实施例中,该功率调节器包括并联连接在电源的正极和负极之间的 M 个功率转换模块。所述 M 个功率转换模块中的每个功率转换模块包括并联连接在电源的正极和负极之间的 N 个功率转换单元。所述 M 个功率转换模块配置为运行在同一运行阶段,每个功率转换模块的 N 个功率转换单元配置为在 N 个运行阶段交错运行。该方法包括在轻负载运行期间,关闭一个功率转换模块以减少开关损耗,同时保持纹波减少。该方法还包括在轻载运行期间,关闭一个功率转换单元以减少开关损耗,同时改善纹波降低。

[0016] 根据另一个实施例,一种方法包括配置功率调节器的 $M \times N$ 功率转换单元在 N 个运行阶段中运行。功率调节器连接在电源和负载之间, N 和 M 是大于或等于2的预设整数。在轻负载运行期间,关闭多个功率转换单元以减少开关损耗,同时保持纹波减少;在负载瞬变期间,动态调整 N 个运行阶段,以提高瞬态响应性能。

[0017] 在一些实施例中,该功率调节器包括并联连接在电源的正极和负极之间的 N 个功率转换模块。所述 N 个功率转换模块中的每个功率转换模块包括并联连接在电源的正极和负极之间的 M 个功率转换单元。所述 N 个功率转换模块配置为在 N 个运行阶段以交错方式运行,所述 M 个功率转换单元由相同的栅极驱动信号控制。在相邻两个功率转换模块的栅极驱动信号之间设置 T/N 时延。 T 是功率调节器的一个开关周期。该方法包括在负载瞬变过程中,动态减少相邻两个功率转换模块之间的时延,以提高瞬态响应性能。

[0018] 本公开的实施例的优点是 $M \times N$ 集成功率调节器,用于在大电流应用中提高功率转换系统的效率、可靠性和成本。

[0019] 上述已较广泛地概述了本公开的特征和技术优势,以便更好地理解下文公开的详细描述。本公开的附加特征和优点将在下文描述,它们构成本公开的权利要求的主题。本领域的技术人员应该理解,所公开的概念和具体实施例可以很容易地用作修改或设计用于执行本公开内容的相同目的的其他结构或过程的基础。本领域的技术人员还应认识到,这种

的等效结构不脱离所附权利要求中阐述的本公开的范围。

附图说明

[0020] 为了更完整地理解本公开及其优点,现结合附图参考以下描述,其中:

[0021] 图1示出了根据本公开的各种实施例的集成功率调节器的框图;

[0022] 图2示出了根据本公开的各种实施例的图1中所示的功率转换模块的框图;

[0023] 图3示出了根据本公开的各种实施例的图2中所示的功率转换模块的示意图;

[0024] 图4示出了根据本公开的各种实施例的另一个功率转换模块的示意图;

[0025] 图5示出了根据本公开的各种实施例的又一功率转换模块的示意图;

[0026] 图6示出了根据本公开的各种实施例应用于图1中所示的集成功率调节器的第一控制方案;

[0027] 图7示出了根据本公开的各种实施例应用于图1中所示的集成功率调节器的第二控制方案;

[0028] 图8示出了根据本公开的各种实施例的用于控制图1所示的集成功率调节器的方法的流程图;

[0029] 图9示出了根据本公开的各种实施例的用于控制图1中所示的集成功率调节器的另一种方法的流程图;

[0030] 图10示出了根据本公开的各种实施例应用于图1中所示的集成功率调节器的第三控制方案;

[0031] 图11示出了根据本公开的各种实施例应用于图1中所示的集成功率调节器的第四控制方案;

[0032] 图12示出了根据本公开的各种实施例的用于控制图1中所示的集成功率调节器的又一种方法的流程图;

[0033] 图13示出了根据本公开的各种实施例的用于控制图1中所示的集成功率调节器的又一种方法的流程图;

[0034] 图14图示了根据本公开的各种实施例的另一个集成功率调节器的框图;

[0035] 图15图示了根据本公开的各种实施例的另一个集成功率调节器;

[0036] 图16示出了根据本公开的各种实施例的 3×3 集成功率调节器;和

[0037] 图17示出了根据本公开的各种实施例的 4×6 集成功率调节器。

[0038] 除非另有说明,不同图中对应的数字和符号一般指对应的部分。绘制这些图是为了清楚地说明各种实施例的相关方面并且不一定按比例绘制。

具体实施方式

[0039] 下面详细讨论当前优选实施例的制造和使用。然而,应当理解的是,本公开提供了可以体现在多种特定上下文中的许多适用的发明概念。所讨论的具体实施例仅用于说明制作和使用本公开的具体方式,并不限制本公开的范围。

[0040] 本公开将描述关于特定上下文中的优选实施例,即用于在大电流应用中转换能量的 $M \times N$ 相集成功率调节器。然而,本公开也可以应用于各种功率调节器。在下文中,将参考附图详细解释各种实施例。

[0041] 图1示出了根据本公开的各种实施例的集成功率调节器的框图。集成功率调节器100连接在电源150和负载160之间。集成功率调节器100是一个降压功率转换系统,将能量从电源150转换为低电压大电流负载(如负载160)。如图1所示,电源150的正极用VIN+表示。电源150的负极用VIN-表示。集成功率调节器100的输出用VOUT表示。

[0042] 在一些实施例中,电源150被实现为48伏直流配电总线。另外,电源150可以作为其他合适的直流电源实施,如太阳能电池板、能量存储单元、电池组、从公用线路转换能量的电源转换器、发电机、可再生电源、它们的任何组合等等。

[0043] 负载160可以是一个处理器,例如中央处理器(central processing unit,CPU)、图形处理器(graphics processing unit,GPU)、专用集成电路(application-specific integrated circuit,ASIC),以及它们的任何组合等等。或者,所述负载160可以是多个下游功率变换器。

[0044] 集成功率调节器100由并联连接在VIN+和VIN-之间的N个功率转换模块组成,如图1所示。N是一个预先设定的大于或等于2的整数。每个功率转换模块由M个功率转换单元组成。M是一个预先设定的大于或等于2的整数。功率转换单元的详细结构如下图2-3所示。

[0045] 如图1所示,第一功率转换模块111具有连接到VIN+的第一输入端,连接到VIN-的第二输入端和连接到VOUT的输出端。同样,第二功率转换模块112和第N功率转换模块113具有连接到VIN+的第一输入端、连接到VIN-的第二输入端和连接到VOUT的输出端。

[0046] 在一些实施例中,N个功率转换模块中的每个功率转换模块包括并联连接的M个功率转换单元。每个功率转换单元是一个降压功率转换器,如降压开关转换器。所述降压功率转换器包括高边开关、低边开关和电感器。在一些实施例中,所述M个功率转换单元的高边开关的导通周期相等。集成功率调节器100的占空比D定义为高边开关的导通周期除以集成功率调节器100的开关周期。

[0047] 需要说明的是,VIN+和VIN-之间的电容器(capacitors)可以添加到每个功率转换单元或功率转换模块中,且VOUT和VIN-之间的电容器(capacitors)可以加入到每个功率转换单元或功率转换模块以降低噪声和/或提高动态响应性能。

[0048] 在运行时,流经集成功率调节器100的电流均匀地分布在图1所示的N个功率转换模块中。此外,流经每个功率转换模块的电流均匀地分布在M个功率转换单元的电感器中。换句话说,流经每个功率转换单元电感器的平均电流等于平均负载电流除以 $M \times N$ 。

[0049] 在运行时,N个功率转换模块可配置为在N个不同的运行阶段运行。每个功率转换模块的功率转换单元由相同的栅极驱动信号触发。在一些实施例中,开关周期被分为N个等周期。每个周期是两个相邻运行阶段之间的时间延迟。图1中的N个功率转换模块配置为在N个运行阶段运行。每个功率转换模块配置在相应的运行阶段运行。相邻两个功率转换模块(如功率转换模块111和112)的开启边缘被 T/N 时延隔开。在备选实施例中,图1中的N个功率转换模块配置为在N个运行阶段中运行,每个运行阶段都是动态可调的。例如,在负载瞬变时,相邻两个功率转换模块(如功率转换模块111和112)的通电边缘被小于 T/N 的时延隔开。这样减小的时间延迟有助于提高集成功率调节器100的瞬态响应性能。

[0050] 具有上述 $M \times N$ 集成功率调节器的一个优点是,集成功率调节器可以通过N组交错控制方案控制 $M \times N$ 功率转换单元。这样的控制系统配置有助于简化集成功率调节器100的控制系统设计。

[0051] 在运行时,可将N个功率转换模块配置为在同一运行阶段运行。每个功率转换模块的功率转换单元配置为M个不同的运行阶段运行。在一些实施例中,开关周期被划分为M个等周期。每个周期是两个相邻运行阶段之间的时间延迟。每个功率转换模块的M个功率转换单元配置为在M个运行阶段运行。每个功率转换单元配置为在相应的运行阶段中运行。两个相邻的功率转换单元的开启边缘用T/M时延隔开。在备选实施例中,所述M功率转换单元配置为在M个运行阶段中运行,每个运行阶段都是动态可调的。例如,在负载瞬变时,相邻的两个功率转换单元的开启边缘被小于T/M的时延隔开。这样减小的时间延长有助于提高集成功率调节器100的瞬态响应性能。

[0052] 在运行时,N个功率转换模块可配置为在N个不同的运行阶段运行。相邻两个功率转换模块(如功率转换模块111和112)的开启边缘被T/N时延隔开。每个功率转换模块的功率转换单元配置为在M个不同的运行阶段运行。相邻两个功率转换单元的开启边缘被时延 $T/(M \cdot N)$ 隔开。在备选实施例中,图1中的N个功率转换模块配置为在N个运行阶段中运行,每个运行阶段都是动态可调的。同样,M个功率转换单元被配置为在M个运行阶段中运行,每个运行阶段都是动态可调的。这种可调时滞有助于提高集成功率调节器100的瞬态响应性能。

[0053] 图2显示了根据本公开的各种实施例所示的功率转换模块的框图。以第一功率转换模块111为例说明如图1所示的多个功率转换模块的结构。第一功率转换模块111包括第一功率转换单元211、第二功率转换单元212和第M个功率转换单元213。如图2所示,第一功率转换单元211具有连接到VIN+的第一输入端,连接到VIN-的第二输入端,连接到VOUT的输出端。同样,第二功率转换单元212和第M个功率转换单元213具有连接到VIN+的第一输入端、连接到VIN-的第二输入端和连接到VOUT的输出端。下面将结合图3对图2所示的功率转换单元的详细示意图进行说明。

[0054] 图3示出了根据本公开的各种实施例所示的功率转换模块的示意图。如图3所示,第一功率转换单元211、第二功率转换单元212和第M个功率转换单元213具有类似的示意图结构。为简单起见,下面只详细讨论第一个功率转换单元211的示意图。

[0055] 如图3所示,第一功率转换单元211包括高边开关SH11、低边开关SL11和电感器L11。VIN+和VIN-之间串联高边开关SH11和低边开关SL11。电感器L11连接在SH11和SL11的共同节点与VOUT之间。

[0056] 在运行中,图3的功率转换单元的开关能够实现零电压开关(zero voltage switching,ZVS)。在每个开关周期中,流过每个电感器L11的电流从正到零,并进一步变为负,以实现ZVS。ZVS操作有助于实现更高的效率和更低的电磁干扰(electromagnetic interference,EMI)。

[0057] 根据实施例,图3的开关(例如开关SH11-SH1M和SL11-SL1M)可以是金属氧化物半导体场效应晶体管(metal oxide semiconductor field-effect transistor,MOSFET)器件。或者,开关元件可以是任何可控开关,如绝缘栅双极晶体管(insulated gate bipolar transistor,IGBT)器件,集成栅整流晶闸管(integrated gate commutated thyristor,IGCT)器件,栅极关断晶闸管(gate turn-off thyristor,GTO)器件,可控硅整流(silicon controlled rectifier,SCR)器件,结栅场效应晶体管(junction gate field-effect transistor,JFET)器件,MOS控制晶闸管(MOS controlled thyristor,MCT)器件等。此外,

该开关可实现为氮化镓 (gallium nitride, GaN) 基半导体器件、碳化硅 (silicon carbide, SiC) 基半导体器件等。

[0058] 值得注意的是,虽然图3显示了SH11-SH1M和SL11-SL1M开关是作为单一的n型晶体管来实现的,但本领域技术人员会发现可能有许多变化、修改和替代方案。例如,根据不同的应用和设计需要,至少有一部分开关SH11-SH1M和SL11-SL1M可以实现为p型晶体管。此外,图3所示的每个开关可以实现为并联连接的多个开关。此外,电容器可以与一个开关并联,以实现ZVS/零电流开关(zero current switching, ZCS)。

[0059] 图4示出了根据本公开的各种实施例的另一个功率转换模块的示意图。图4所示的功率转换模块与图3所示的功率转换模块类似,不同之处在于M个功率转换单元的至少两个电感器(例如L11和L12)相互磁耦合。

[0060] 应该注意的是,图4中使用的磁耦合纯粹是为了演示目的而选择的,并不打算将本公开的各种实施例限制为任何特定的磁耦合配置。本领域的普通技术人员将认识许多变化、替代和修改。例如,所述M功率转换单元的至少两个电感器可磁耦合到相邻功率转换模块的一个或多个电感器,从而减小所述磁性组件的尺寸。此外,N个功率转换模块的耦合电感可以相互磁耦合。

[0061] 图5示出了根据本公开的各种实施例的另一种功率转换模块的示意图。图5所示的功率转换模块与图4所示的功率转换模块类似,不同之处在于M个功率转换单元的所有电感器(如L11-L1M)都是磁耦合的。

[0062] 应该注意的是,图5中使用的磁耦合纯粹是为了演示目的而选择的,并不打算将本公开的各种实施例限制为任何特定的磁耦合配置。本领域的普通技术人员将认识许多变化、替代和修改。例如,所述M功率转换单元的M个电感器可磁耦合到相邻功率转换模块的一个或多个电感器,从而减小所述磁性组件的尺寸。此外,N个功率转换模块的耦合电感可以相互磁耦合。

[0063] 图6示出了根据本公开的各种实施例应用于图1所示的集成功率调节器的第一控制方案。在一些实施例中,集成功率调节器的N个功率转换模块配置为在N个不同的运行阶段运行。每个功率转换模块由M个功率转换单元组成。将同一功率转换模块的M个功率转换单元配置为在同一运行阶段运行。换句话说,M功率转换单元的前沿被同时或几乎同时触发。例如,M功率转换单元的高边开关由相同的高边栅极驱动信号控制。同样,M个功率转换单元的低边开关由相同的低边栅极驱动信号控制。

[0064] 为了响应N个不同的运行阶段,集成功率调节器100的开关周期被分为N个相等的部分。第一功率转换模块111的高边开关的前沿在开关周期开始时被触发。第二功率转换模块112的高边开关前沿在 T/N 处触发,如图6所示。第N功率转换模块113的高边开关前沿在 $T \cdot (N-1)/N$ 处触发。换句话说,在两个相邻的功率转换模块之间存在时延或相移。时间延迟或者相移等于 T/N 。

[0065] 图7说明了根据本公开的各种实施例应用于图1所示的集成功率调节器的第二控制方案。图7所示的集成功率调节器的系统配置与图6所示类似,只是相邻两个功率转换模块之间的时延是动态可调的。

[0066] 在一些实施例中,集成功率调节器的N个功率转换模块被配置为在N个不同的运行阶段运行。根据N个不同的运行阶段,集成功率调节器的一个开关周期被分为N个部分。第一

功率转换模块111的高边开关的前沿在开关周期开始时被触发。所述第二功率转换模块112的高边开关的前沿在 $a \cdot T$ 处触发,其中 a 为 $0 \sim 1$ 的预定参数。第 n 个功率转换模块113的高边开关前沿在 $b \cdot T$ 触发,其中 b 为预定参数,取值范围为 $0 \sim 1$ 。在一些实施例中, b 大于 a 。

[0067] 在负载瞬变过程中,相邻两个功率转换模块(如功率转换模块111和112)之间的时延(如 $a \cdot T$)是动态可调的。例如,在 0 到 $a \cdot T$ 之间的某个时刻,对集成功率调节器100施加负载瞬变。为了获得更好的负载瞬态响应性能,立即打开第二功率转换模块112的高边开关。也就是说,减小了第一功率转换模块111与第二功率转换模块112之间的时延,从而在检测到负载瞬变后立即触发第二功率转换模块112的高边开关传导。

[0068] 图8示出了根据本公开的各种实施例控制图1所示的集成功率调节器的方法的流程图。图8所示的流程图只是一个示例,不应过度限制权利要求的范围。本领域的普通技术人员能够识别许多变化、替代和修改。例如,图8中所示的各个步骤可以添加、删除、替换、重新排列和重复。

[0069] 参照图1,集成功率调节器100由 N 个功率转换模块组成,它们并联连接在电源的正极和负极之间。 N 个功率转换模块中的每个功率转换模块由并联连接在电源正负极之间的 M 个功率转换单元组成。在一些实施例中, N 个功率转换模块被配置为以交错方式在 N 个运行阶段中运行,并且由相同的栅极驱动信号控制 M 个功率转换单元。

[0070] 在步骤802,第一传感装置被配置为检测集成功率调节器的输出电压。第二传感装置配置为检测所述集成功率调节器的负载电流。

[0071] 在步骤804,在响应轻负载操作时,每个功率转换模块的一个功率转换单元被关闭。由于在每个功率转换模块中关闭一个功率转换单元,因此集成功率调节器的开关损耗相应降低。

[0072] 需要注意的是,为了提高轻负载效率而关闭一个或多个功率转换单元也可称为单元脱落。单元脱落技术通过关闭一个或多个功率转换单元来提高轻负载效率。通过关闭多个功率转换单元,为每一个被关闭的功率转换单元节省开关MOSFET的功耗。

[0073] 应该进一步指出,步骤804所述的控制方法可以再次应用于关闭额外的功率转换单元。功率转换单元数由 M 减少到 1 后,可以关闭功率转换模块(包含 1 个有功功率转换单元和 $M-1$ 非功功率转换单元),进一步降低开关损耗。因此,功率转换模块的总数从 N 个减少到 $N-1$ 个。在负载进一步下降后,额外的功率转换模块将被关闭。在超轻负载运行时,可能只有一个有功功率转换单元将电源和负载之间的能量转换。

[0074] 在步骤806,当集成功率调节器离开轻负载运行后,启用非活动功率转换单元能够减少传导损耗。

[0075] 图9示出了根据本公开的各种实施例控制图1所示的集成功率调节器的另一方法的流程图。图9所示的流程图只是一个示例,它不应该过度限制权利要求的范围。本领域的普通技术人员能够识别许多变化、替代和修改。例如,图9中所示的各个步骤可以被添加、删除、替换、重新排列和重复。

[0076] 在步骤902,第一传感装置被配置为检测集成功率调节器的输出电压。第二传感装置配置为检测所述集成功率调节器的负载电流。

[0077] 在步骤904,当集成功率调节器在特定占空比运行时,一个功率转换模块被关闭,以响应轻负载操作。由于关闭了一个功率转换模块,因此降低了集成功率调节器的开关损

耗。例如,集成功率调节器为 3×3 集成功率调节器。在特定的输入/输出电压比下,集成功率调节器的占空比为50%。当集成功率调节器进入轻负载运行时,功率转换模块被关闭。由于关闭了一个功率转换模块,总运行阶段数从3个减少到2个。对于50%的占空比,集成的功率调节器具有两相交错的工作方式,能够完全消除输出电流纹波。因此,在轻负载运行期间,首先关闭功率转换模块。随着负载的进一步下降,其余两个功率转换模块也适用上述相对于图8的控制方法。

[0078] 在步骤906,当集成功率调节器离开轻负载运行后,非活动功率转换模块被启用,以减少传导损耗。

[0079] 图10示出了根据本公开的各种实施例适用于图1所示的集成功率调节器的第三种控制方案。在一些实施例中,集成功率调节器的N个功率转换模块配置为在同一运行阶段运行。换句话说,N个功率转换模块的第一个功率转换单元的前沿被同时或几乎同时触发。例如,所述N个功率转换模块的所述第一功率转换单元的所述高边开关由同一高边栅极驱动信号控制。所述N个功率转换模块的第一功率转换单元的低边开关由同一低边栅极驱动信号控制。

[0080] 每个功率转换模块由M个功率转换单元组成。同一个功率转换模块的M个功率转换单元配置为在M个不同的运行阶段运行。为了响应M个不同的运行阶段,集成功率调节器的一个开关周期被分为M个相等的部分。第一功率转换单元211的高边开关的前沿在开关周期开始时被触发。第二功率转换单元212的高边开关的前沿在 T/M 处触发。第M个功率转换单元213高边开关前沿在 $T \cdot (M-1)/M$ 处触发。

[0081] 图11说明了根据本公开的各种实施例适用于图1所示的集成功率调节器的第四种控制方案。图11所示的集成功率调节器的系统配置与图10所示类似,不同之处在于相邻两个功率转换单元之间的时延是动态可调的。

[0082] 在一些实施例中,第一功率转换模块111的M个功率转换单元被配置为在M个不同的运行阶段中运行。针对M个不同的运行阶段,集成功率调节器的一个开关周期被分为M个部分。第一功率转换单元211的高边开关的前沿在开关周期的开始被触发。第二功率转换单元212的高边开关的前沿在 $c \cdot T$ 处触发,其中c为预定参数,取值范围为 $0 \sim 1$ 。第M个功率转换单元213的高边开关前沿在 $d \cdot T$ 处触发,其中d为预定参数,取值范围为 $0 \sim 1$ 。在一些实施例中,d大于c。

[0083] 在负载瞬变过程中,相邻两个功率转换单元(例如,功率转换单元211和212)之间的时延(例如, $c \cdot T$)是动态可调的。例如,在0到 $c \cdot T$ 之间的某个时刻,对集成功率调节器100施加负载瞬变。为了获得更好的负载瞬态响应性能,立即打开第二功率转换单元212的高边开关。也就是说,减小了第一功率转换单元211与第二功率转换单元212之间的时间延迟,从而在检测到负载瞬变后立即触发第二功率转换单元212的高边开关的开启。

[0084] 图12示出了根据本公开的各种实施例控制图1所示的集成功率调节器的另一种方法的流程图。图12所示的流程图只是一个示例,它不应该过度限制权利要求的范围。本领域的普通技术人员能够识别许多变化、替代和修改。例如,图12中所示的各个步骤可以被添加、删除、替换、重新排列和重复。

[0085] 参照图1,集成功率调节器100由N个功率转换模块组成,它们并联连接在电源的正极和负极之间。N个功率转换模块中的每个功率转换模块由并联连接在电源正负极之间的M

个功率转换单元组成。在一些实施例中，N个功率转换模块被配置为在相同的运行阶段中运行，且M个功率转换单元以交错的方式在M个不同的运行阶段中运行。

[0086] 在步骤1202，第一传感装置被配置为检测集成功率调节器的输出电压。第二传感装置配置为检测所述集成功率调节器的负载电流。

[0087] 在步骤1204，在响应轻负载操作时，一个功率转换模块被关闭。由于关闭了一个功率转换模块，从而降低了集成功率调节器的开关损耗。关闭功率转换模块对集成功率调节器的交错运行没有影响。

[0088] 需要注意的是，第1204步骤所描述的控制方法可以再次用于关闭额外的功率转换模块。当功率转换模块从N减少到1后，剩余功率转换模块中的一个功率转换单元将被关闭，以进一步降低开关损耗。因此，功率转换单元的总数从M减少到M-1。在负载进一步下降后，额外的功率转换单元被相应地关闭。在超轻负载运行时，可能只有一个有功功率转换单元将能量从电源转换到负载。

[0089] 在步骤1206，当集成的功率调节器离开轻负载运行后，启用非活动功率转换单元和/或功率转换模块能够减少传导损耗。

[0090] 图13示出了根据本公开的各种实施例控制图1所示的集成功率调节器的另一种方法的流程图。图13所示的流程图仅仅是一个示例，不应过度限制权利要求的范围。本领域的技术人员能够识别许多变化、替代和修改。例如，图13中所示的各个步骤可以被添加、删除、替换、重新排列和重复。

[0091] 在步骤1302，第一传感装置被配置为检测集成功率调节器的输出电压。第二传感装置配置为检测所述集成功率调节器的负载电流。

[0092] 在步骤1304，当集成功率调节器在特定占空比运行时，一个功率转换单元被关闭，以响应轻负载操作。由于关闭了一个功率转换单元，因此降低了集成功率调节器的开关损耗。例如，集成功率调节器为 3×3 集成功率调节器。三个功率转换模块工作在同一阶段。每个功率转换模块的三个功率转换单元以交错的方式运行在三个不同的阶段。在特定的输入/输出电压比下，集成功率调节器的占空比为50%。当集成功率调节器进入轻负载运行时，每个功率转换模块的一个功率转换单元被关闭。由于关闭了一个功率转换模块，每个功率转换模块的总运行阶段数从3个减少到2个。对于50%的占空比，集成的功率调节器具有两相交错的工作方式，能够完全消除输出电流纹波。因此，在轻负载操作期间，首先关闭功率转换单元。采用该控制方案，可以实现纹波消除。

[0093] 在步骤1306，当集成功率调节器离开轻负载运行后，启用非活动功率转换单元能够减少传导损耗。

[0094] 图14示出了根据本公开的各种实施例的另一集成功率调节器的框图。图14所示的功率转换模块与图1所示的功率转换模块相似，只是每个功率转换模块中的功率转换单元的个数不是固定的。在一些实施例中，第一功率转换模块111包括M个功率转换单元。第二功率转换模块112包括 $2 \cdot M$ 个功率转换单元。第N功率转换模块113由 $N \cdot M$ 个功率转换单元组成。图14所示的每个功率转换模块中的功率转换单元的数量只是一个示例。根据不同的应用和设计需要，每个功率转换模块中的功率转换单元的数量可能会有所不同。需要注意的是，上述针对图1-13的控制方案适用于图14所示的集成功率调节器。

[0095] 图15说明了根据本公开的各种实施例的另一种集成功率调节器。图15所示的集成

功率调节器与图1-3所示的集成功率调节器类似,不同之处在于功率转换模块和功率转换单元的运行方式是交错的。

[0096] 如图15所示,功率转换模块和功率转换单元是交错排列的。两个相邻的功率转换模块之间存在 T/N 时延。同样,相邻的两个功率转换单元之间存在 $T/(N \cdot M)$ 时延。

[0097] 图16示出了根据本公开的各种实施例的 3×3 集成功率调节器。图16所示的集成功率调节器与图1-3所示的集成功率调节器类似,为避免重复,故不再赘述。

[0098] 在一些实施例中,三个功率转换模块111、112和113在三个不同的运行阶段运行。每个功率转换模块(如功率转换模块111)由三个功率转换单元组成。如图16所示,第一功率转换模块111包括第一功率转换单元211、第二功率转换单元212和第三功率转换单元213。同一功率转换模块的三个功率转换单元运行在同一运行阶段。换句话说,三个功率转换单元的高边开关由同一个高边栅极驱动信号控制。同样,三个功率转换单元的低边开关由相同的低边栅极驱动信号控制。

[0099] 表1显示了传统三相集成功率调节器与图16所示 3×3 集成功率调节器的比较结果。在一些实施例中,传统三相集成功率调节器和 3×3 集成功率调节器都以50%的占空比运行。传统三相集成功率调节器的三个功率转换模块在三个不同的相位上以交错的方式运行。传统三相集成功率调节器的每一个功率转换模块被认为是一个功率转换单元,以便进行比较。 3×3 集成功率调节器的功率转换模块111、112、113在三个不同的运行阶段运行。 3×3 集成功率调节器的每个功率转换模块的三个功率转换单元运行在同一运行阶段。

[0100] 需要注意的是,在关闭一个或多个功率转换模块后,交错式功率转换模块能够调整相移以获得适当的系统配置。例如,在一个功率转换模块被关闭后,其余的功率转换模块可以调整相移从而实现两相交错运行。在占空比为50%时,这样的两相交错运行有助于消除输出电流/电压纹波。同样,在关闭一个或多个功率转换单元后,交错式功率转换单元能够调整相移以获得适当的系统配置。

[0101] 表1

项目		常规三相调节器 (情况 1)	3×3 集成调节器 (情况 2)	
工作周期		50%	50%	
每个模块等效电感器数		L	L	
每个单元电感器数		L	3×L	
每个模块单元数		1	3	
相位数		3	3	
[0102] 正常运行	每个模块的 电流纹波	$V_o / (2 \times f_s \times L)$	$V_o / (2 \times f_s \times L)$	
	每个单元的 电流纹波	$V_o / (2 \times f_s \times L)$	$V_o / (6 \times f_s \times L)$	
	输出总纹波 电流	$V_o / (6 \times f_s \times L)$	$V_o / (6 \times f_s \times L)$	
情况 1: 减	每个模块的	$V_o / (2 \times f_s \times L)$	$V_o / (3 \times f_s \times L)$	
[0103] 少一个阶段	电流纹波			
	每个单元的 电流纹波	$V_o / (2 \times f_s \times L)$	$V_o / (6 \times f_s \times L)$	
	情况 2: 减 少一个单 元	输出总纹波 电流	0	$V_o / (9 \times f_s \times L)$
	情况 1: 减 少 2 个阶段	每个模块的 电流纹波	$V_o / (2 \times f_s \times L)$	$V_o / (6 \times f_s \times L)$
	情况 2: 减 少 2 个单元	每个单元的 电流纹波	$V_o / (2 \times f_s \times L)$	$V_o / (6 \times f_s \times L)$
	输出总纹波 电流	$V_o / (2 \times f_s \times L)$	$V_o / (18 \times f_s \times L)$	

[0104] 如表1所示,3×3集成功率调节器的功率转换单元的电感数是传统集成功率调节器的功率转换单元的电感数的三倍,因此,对于传统的三相集成功率调节器和3模块3×3集成电源功率调节器,每个模块或每相的等效电感是相同的。

[0105] 在正常工作模式下,常规三相集成功率调节器各功率转换模块的电流纹波与3×3集成功率调节器各功率转换模块的电流纹波一样大。3×3集成功率调节器各功率转换单元的电流纹波是常规三相集成功率调节器功率转换单元电流纹波的三分之一。常规三相集成功率调节器的输出总电流纹波与3×3集成功率调节器的输出总电流纹波一样大。

[0106] 在轻负载运行模式下,为了减少开关损耗,3×3集成功率调节器的每个功率转换模块都减少了一个功率转换单元。3×3综合功率调节器仍保持三相交错运行。对于传统的三相集成功率调节器,减少一个功率转换模块以减少开关损耗。如表1所示,3×3集成功率调节器每功率转换模块的电流纹波等于 $2 \cdot (1-d) \cdot V_o / (f_s \cdot 3 \cdot L)$,其中 f_s 和 V_o 分别为3×3集成功率调节器的开关频率和输出电压。上述电流纹波方程可简化为 $V_o / (3 \cdot f_s \cdot L)$,如表1所示。由于交错运行,3×3集成功率调节器的输出总电流纹波等于 $V_o / (9 \cdot f_s \cdot L)$ 。相比之下,传统的三相集成功率调节器在减少一个功率转换模块后变成了两相集成功率调节器。在50%占空比时,两相集成功率调节器输出总电流纹波为零,如表1所示。

[0107] 在轻负载运行模式下,为了进一步降低开关损耗,3×3集成功率调节器的每个功率转换模块都减少了两个功率转换单元。3×3综合功率调节器仍保持三相交错运行。在传统的三相集成功率调节器中,为了减少开关损耗,去掉了两个功率转换模块。如表1所示,3×3集成功率调节器每功率转换模块的电流纹波等于 $V_o / (6 \cdot f_s \cdot L)$,如表1所示。由于交错操作,3×3集成功率调节器的输出总电流纹波等于 $V_o / (18 \cdot f_s \cdot L)$ 。相比之下,传统的三相集成功率调节器在减少两个功率转换模块后变成单相集成功率调节器。在50%占空比时,单相集成功率调节器输出总电流纹波等于 $V_o / (2 \cdot f_s \cdot L)$,如表1所示。

[0108] 如表1所示,3×3集成功率调节器在降低一个或多个功率转换单元后,输出总电流纹波明显减小。如果功率转换系统在不同工作条件下要求输出相同的电流或电压纹波,则在降低功率转换单元后,可相应降低3×3集成功率调节器的开关频率。降低的开关频率可以进一步降低3×3集成功率调节器的开关功率损耗。

[0109] 表1所示的一个优点是,每个功率转换模块中的功率转换单元可以在不改变交错运行的情况下被丢弃,从而达到降低功耗的目的。因此,集成的功率调节器既能实现轻负载运行时的省电,又能消除/降低输出电压纹波。

[0110] 表2显示了3×3集成功率调节器在去掉一个或多个功率转换模块或功率转换单元后的电流纹波。

[0111] 表2

项目		3×3 稳压集成电路
工作周期		50%
每个模块等效电感数		L
每个单元电感器数		3×L
每个模块单元数		3
阶段数		3
正常操作	每个模块的电流纹波	$V_o / (2 \times f_s \times L)$
	每个单元的电流纹波	$V_o / (6 \times f_s \times L)$
	输出总纹波电流	$V_o / (6 \times f_s \times L)$
[0112] 减少一个模块，两个模块是激活的	每个模块的电流纹波	$V_o / (2 \times f_s \times L)$
	每个单元的电流纹波	$V_o / (6 \times f_s \times L)$
	输出总纹波电流	0
从两个激活的模块中分别减少一个单元	每个模块的电流纹波	$V_o / (3 \times f_s \times L)$
	每个单元的电流纹波	$V_o / (6 \times f_s \times L)$
	输出总纹波电流	0
从两个激活的模块中分别减少两个单元	每个模块的电流纹波	$V_o / (6 \times f_s \times L)$
	每个单元的电流纹波	$V_o / (6 \times f_s \times L)$
[0113] 减少一个模块，一个模块处于激活状态 (其余模块中只有一个激活的单元)	纹波	
	输出总纹波电流	0
	每个模块的电流纹波	$V_o / (6 \times f_s \times L)$
	每个单元的电流纹波	$V_o / (6 \times f_s \times L)$
	输出总纹波电流	$V_o / (6 \times f_s \times L)$

[0114] 表2所示的正常运行的电流纹波与表1所示类似，因此不再赘述。在响应轻负载运

行模式时,减少一个功率转换模块。由于减少了一个功率转换模块,3×3集成功率调节器变成了两相集成调节器。在50%占空比时,3×3集成功率调节器(两相集成功率调节器)输出总电流纹波为零,如表2所示。

[0115] 为了进一步降低开关损耗,在3×3集成功率调节器的每个剩余有功功率转换模块上都减少了一个功率转换单元。3×3集成功率调节器(两个有功功率转换模块,各有两个功率转换单元)输出总电流纹波为零,如表2所示。此外,从3×3集成功率调节器集的每个剩余有功功率转换模块中去掉两个功率转换单元。3×3集成功率调节器(两个有功功率转换模块,各有一个功率转换单元)输出总电流纹波为零,如表2所示。此外,还减少了一个功率转换模块,降低了开关损耗。3×3集成功率调节器成为单相集成调节器。所述剩余功率转换模块包括一个有功功率转换单元。3×3集成功率调节器输出总电流纹波等于 $V_o / (6 \cdot f_s \cdot L)$,如表2所示。

[0116] 图17说明了根据本公开的各种实施例的4×6集成功率调节器。图17所示的集成功率调节器与图1-3所示的集成功率调节器类似,为避免重复,故不再赘述。

[0117] 在一些实施例中,六个功率转换模块111-116在六个不同的运行阶段中运行。每个功率转换模块(如功率转换模块111)由四个功率转换单元组成。如图17所示,第一功率转换模块111包括功率转换单元211-214。同一功率转换模块的四个功率转换单元运行在同一运行阶段。换句话说,四个功率转换单元的高边开关由同一个高边栅极驱动信号控制。同样,四个功率转换单元的低边开关由相同的低边栅极驱动信号控制。

[0118] 表3示出了传统六相集成功率调节器与图17所示4×6集成功率调节器的比较结果。在一些实施例中,传统的六相集成功率调节器和4×6集成功率调节器都以50%的占空比运行。传统的六相集成功率调节器的六个功率转换模块以交错的方式在六个不同的相位中工作。传统六相集成功率调节器的每一个功率转换模块被认为是一个功率转换单元,以便进行比较。4×6集成功率调节器的六个功率转换模块111-116分六个不同的运行阶段。4×6综合功率调节器各功率转换模块的四个功率转换单元运行在同一运行阶段。

[0119] 需要注意的是,在关闭一个或多个功率转换模块后,交错式功率转换模块能够调整相移以获得适当的系统配置。例如,在一个功率转换模块被关闭后,其余的功率转换模块可以调整相移,从而实现五相交错操作。同样,在关闭一个或多个功率转换单元后,交错功率转换单元能够调整相移以获得适当的系统配置。

[0120] 表3

项目		常规六相调节器 (情况 1)	6×4 集成调节器 (情况 2)
工作周期		50%	50%
每个模块等效电感数		L	L
每个单元电感器数		L	4×L
每个模块单元数		1	4
阶段数		6	6
正常操作	每个模块的 电流纹波	$V_o / (2 \times f_s \times L)$	$V_o / (2 \times f_s \times L)$
	每个单元的 电流纹波	$V_o / (2 \times f_s \times L)$	$V_o / (8 \times f_s \times L)$
	输出总纹波 电流	0	0
[0121] 情况 1: 减少一个模块	每个模块的 电流纹波	$V_o / (2 \times f_s \times L)$	$3 \times V_o / (8 \times f_s \times L)$
	每个单元的 电流纹波	$V_o / (2 \times f_s \times L)$	$V_o / (8 \times f_s \times L)$
	情况 2: 减少一个单元	输出总纹波 电流	$V_o / (10 \times f_s \times L)$
情况 1: 减少两个模块	每个模块的 电流纹波	$V_o / (2 \times f_s \times L)$	$V_o / (4 \times f_s \times L)$
	每个单元的 电流纹波	$V_o / (2 \times f_s \times L)$	$V_o / (8 \times f_s \times L)$
	情况 2: 减少两个单元	输出总纹波 电流	0
情况 1: 减少三个模块	每个模块的 电流纹波	$V_o / (2 \times f_s \times L)$	$V_o / (8 \times f_s \times L)$
	每个单元的 电流纹波	$V_o / (2 \times f_s \times L)$	$V_o / (8 \times f_s \times L)$
	情况 2: 减少三个单元	输出总纹波 电流	$V_o / (6 \times f_s \times L)$
[0122]	元	电流	

[0123] 如表3所示,对于每个模块等效电感相同的情况下,4×6集成功率调节器的功率转换单元电感是传统六相集成功率调节器功率转换单元电感的4倍。

[0124] 在正常工作模式下,传统六相集成功率调节器各功率转换模块的电流纹波与4×6集成功率调节器各功率转换模块的电流纹波一样大。4×6集成功率调节器各功率转换单元的电流纹波是常规六相集成功率调节器功率转换单元电流纹波的四分之一。4×6集成功率调节器与传统的六相集成功率调节器均可实现纹波消除。

[0125] 在轻负载运行模式下,为了减少开关损耗,4×6集成功率调节器的每个功率转换模块都减少了一个功率转换单元。4×6集成功率调节器仍保持六相交错运行。对于传统的六相集成功率调节器,减少一个功率转换模块就可以减少开关损耗。如表3所示,4×6集成功率调节器每个功率转换模块的电流纹波等于 $3 \cdot V_o / (8 \cdot f_s \cdot L)$ 。由于上述纹波消除,4×6集成功率调节器的输出总电流纹波等于零。而传统的六相集成功率调节器在降低一个功率转换模块后变成了五相集成功率调节器。传统的六相集成功率调节器的电流纹波等于 $V_o / (10 \cdot f_s \cdot L)$,如表3所示。

[0126] 在轻负载运行模式下,为了进一步降低开关损耗,4×6集成功率调节器的每个功率转换模块都减少了两个功率转换单元。4×6集成功率调节器仍保持六相交错运行。对于传统的六相集成功率调节器,为了减少开关损耗,需要减少两个功率转换模块。如表3所示,4×6集成功率调节器每功率转换模块的电流纹波等于 $V_o / (4 \cdot f_s \cdot L)$,如表3所示。由于上述纹波消除,4×6集成功率调节器的输出总电流纹波等于零。相比之下,传统的六相集成功率调节器在减少两个功率转换模块后变成了四相集成功率调节器。在50%占空比时,传统的六相集成功率调节器的输出总电流纹波为零,如表3所示。

[0127] 此外,从4×6集成功率调节器的每个功率转换模块中去掉了三个功率转换单元。4×6集成功率调节器仍保持六相交错运行。对于传统的六相集成功率调节器,为了减少开关损耗,需要减少三个功率转换模块。如表3所示,4×6集成功率调节器每功率转换模块的电流纹波等于 $V_o / (8 \cdot f_s \cdot L)$ 如表3所示。由于上述纹波消除,4×6集成功率调节器的输出总电流纹波等于零。而传统的六相集成功率调节器在降低3个功率转换模块后变成了3相集成功率调节器。传统的六相集成功率调节器输出总电流纹波等于 $V_o / (6 \cdot f_s \cdot L)$,如表3所示。

[0128] 虽然本公开的实施例及其优点已被详细描述,但应当理解的是,在不脱离所附权利要求书限定的本公开的精神和范围的情况下,可以在此进行各种改变、替换和变更。

[0129] 此外,本申请的范围并旨在限于说明书中描述的过程、机器、制造、物质组成、手段、方法和步骤的特定实施例。作为本领域普通技术人员将容易地从本公开的公开中理解,目前存在的或以后将开发的执行基本相同功能的过程、机器、制造、物质组合物、手段、方法或步骤或者实现与根据本公开可以利用的在此描述的相应实施例基本相同的结果。因此,所附权利要求书旨在将这些过程、机器、制造、物质组成、手段、方法或步骤包括在其范围内。因此,说明书和附图仅可视为所附权利要求所限定的本公开的说明,并拟包括属于本公开范围内的任何和所有修改、变更、组合或同等内容。

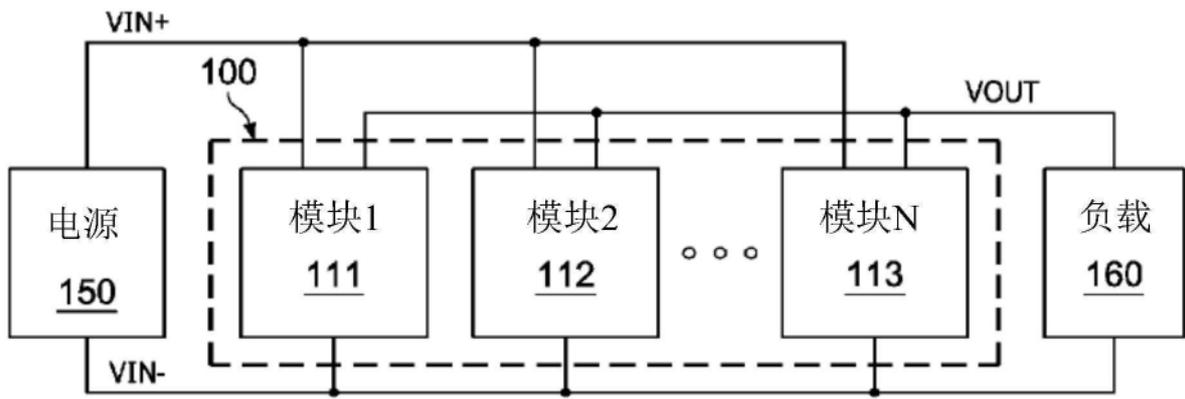


图1

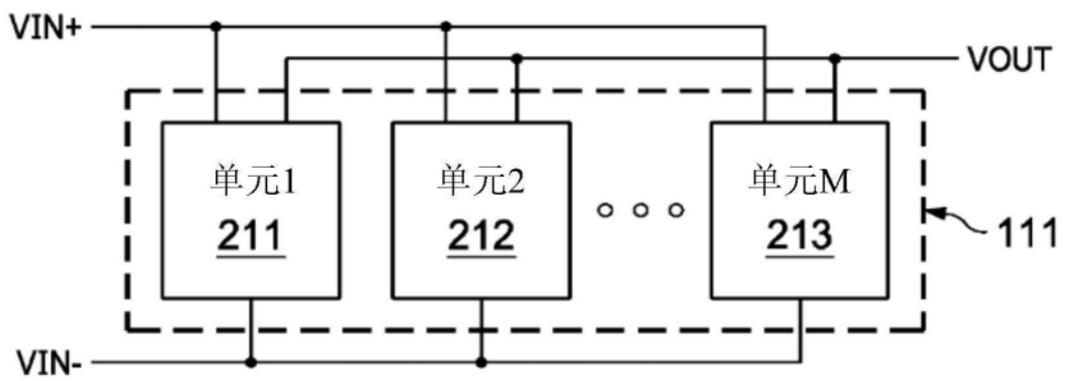


图2

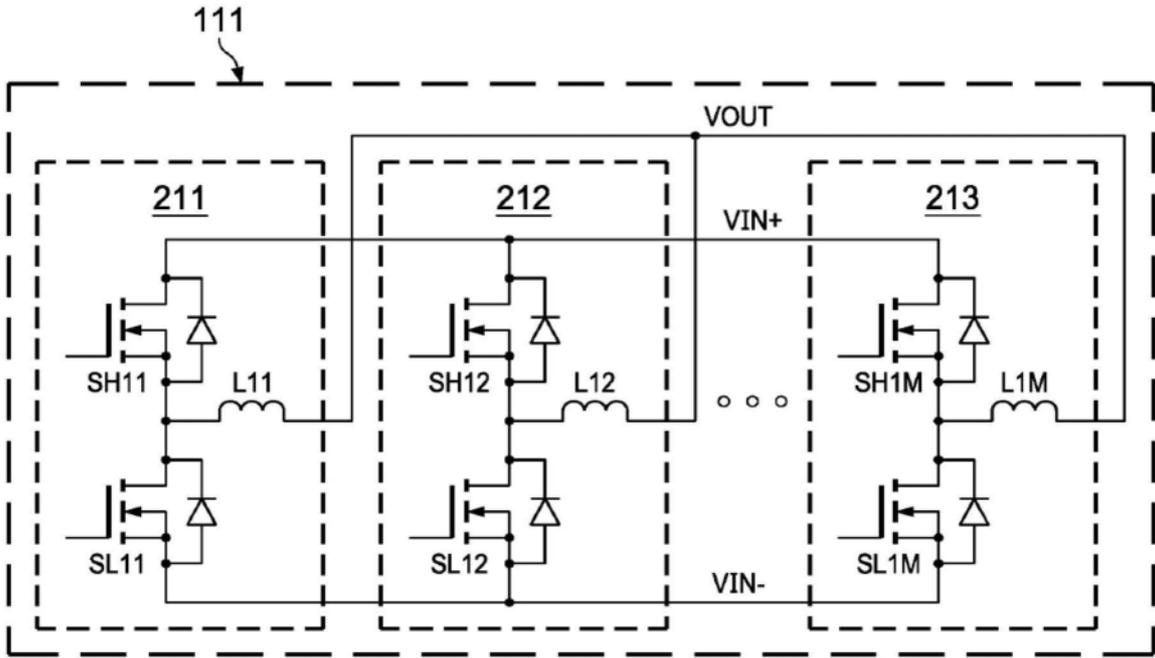


图3

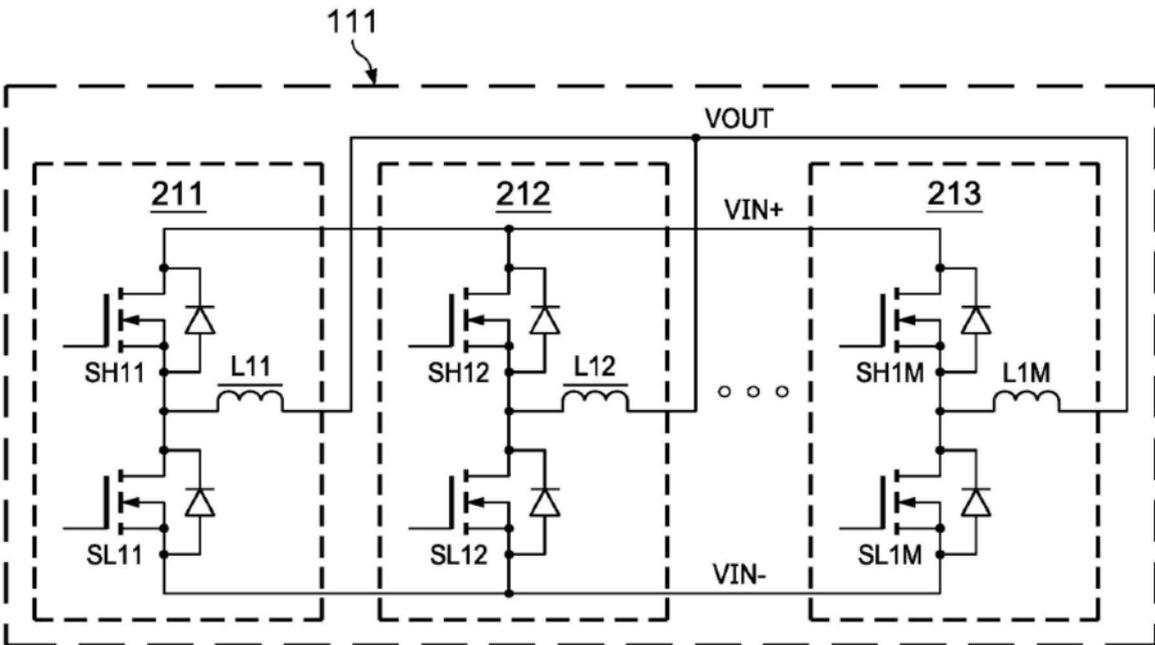


图4

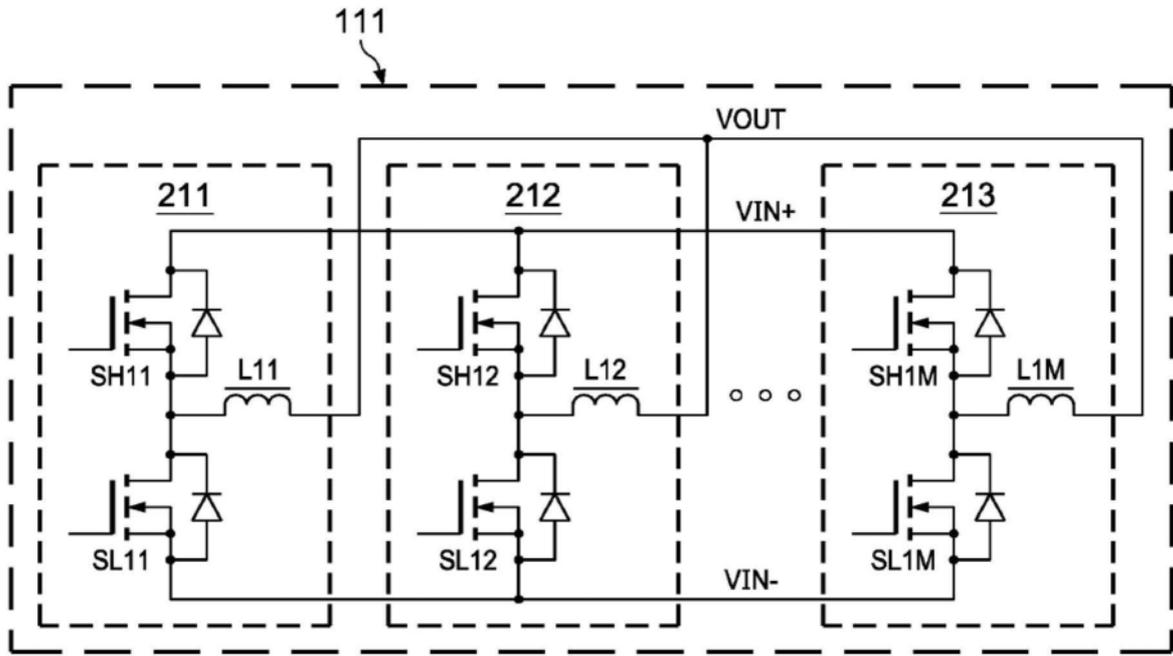


图5

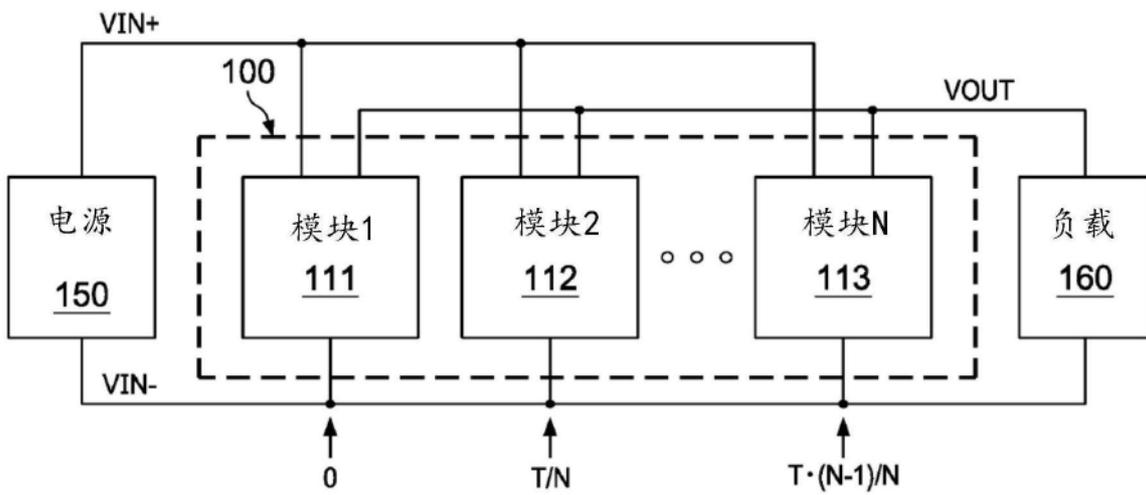


图6

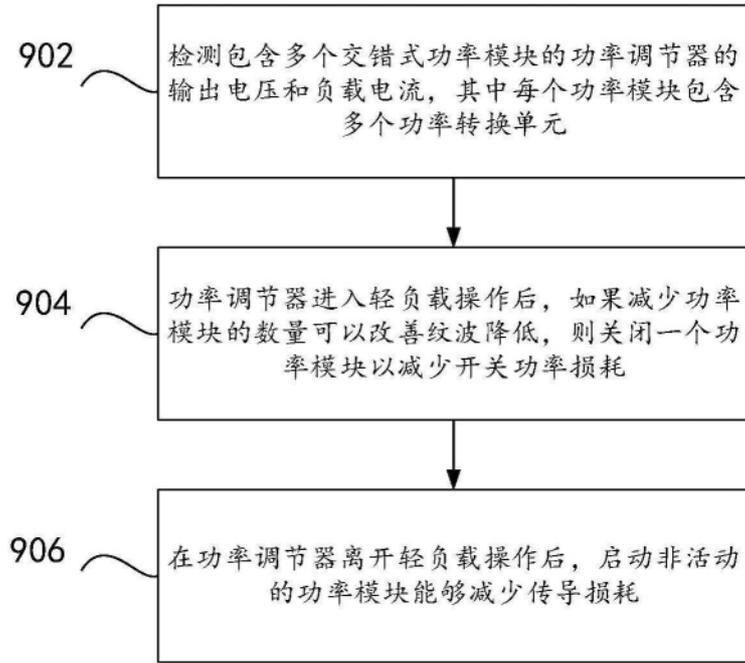


图9

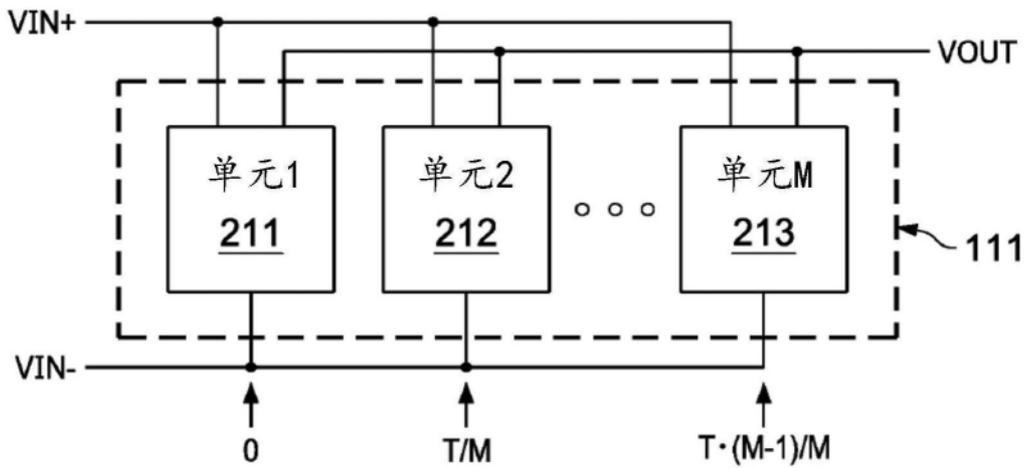


图10

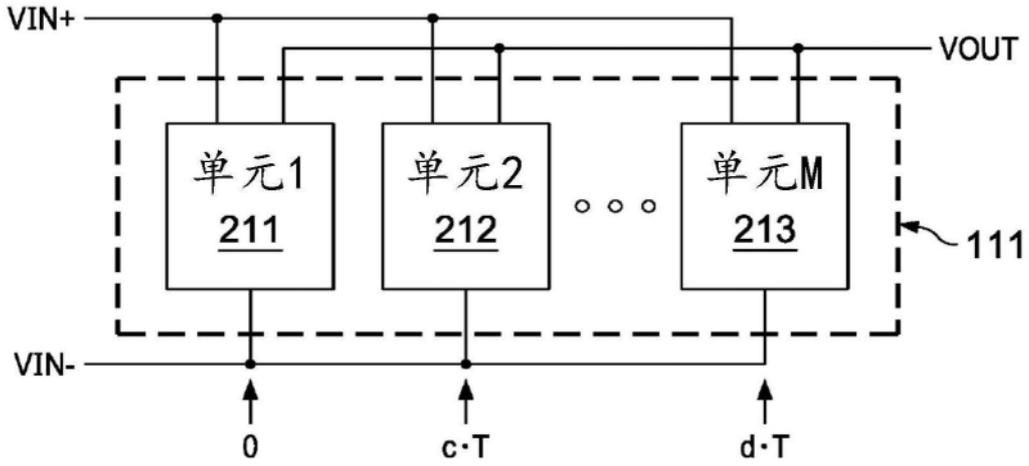


图11

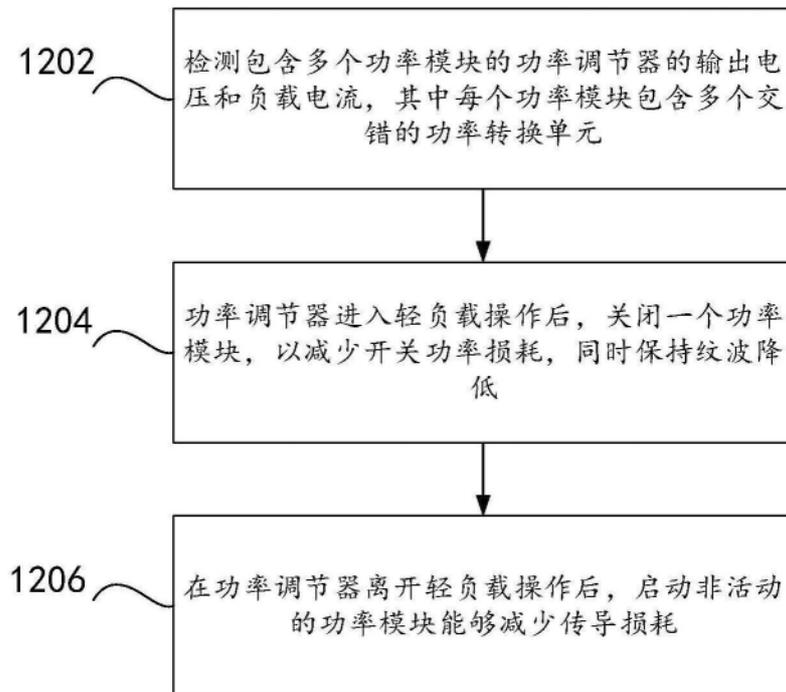


图12

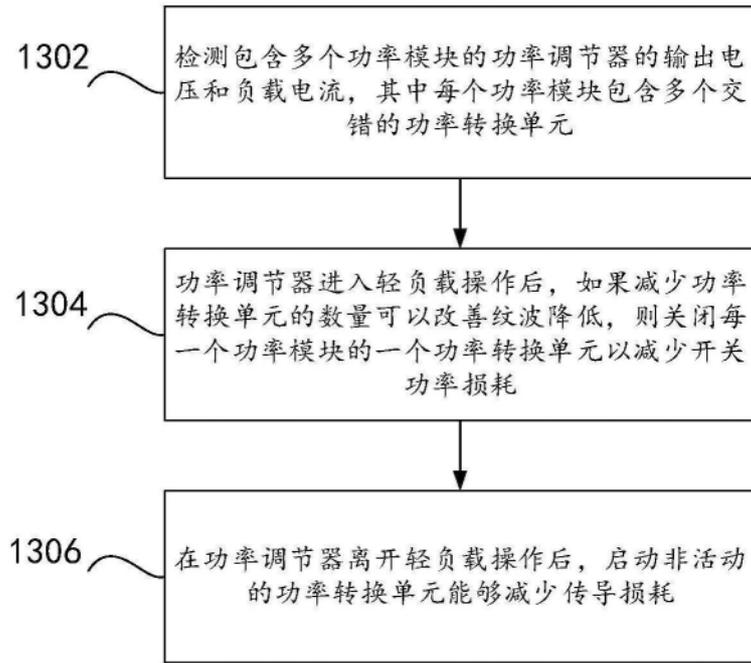


图13

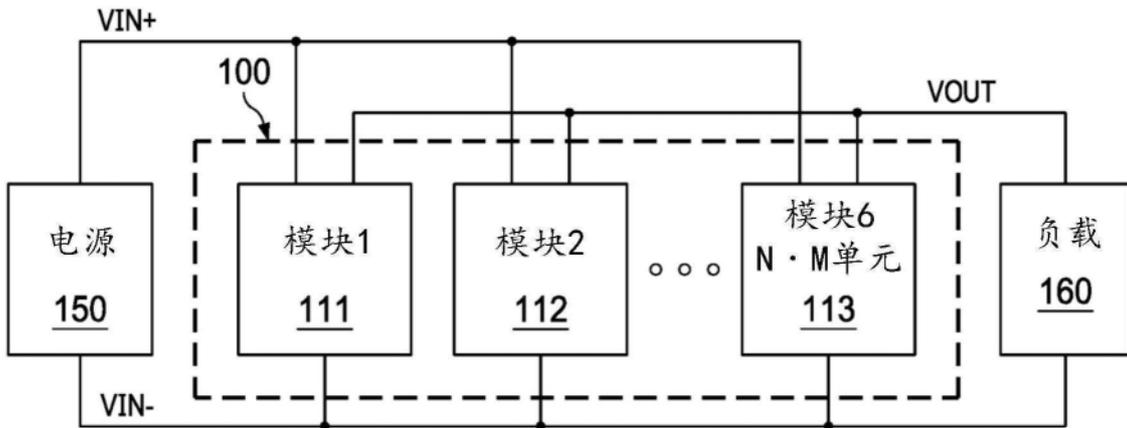


图14

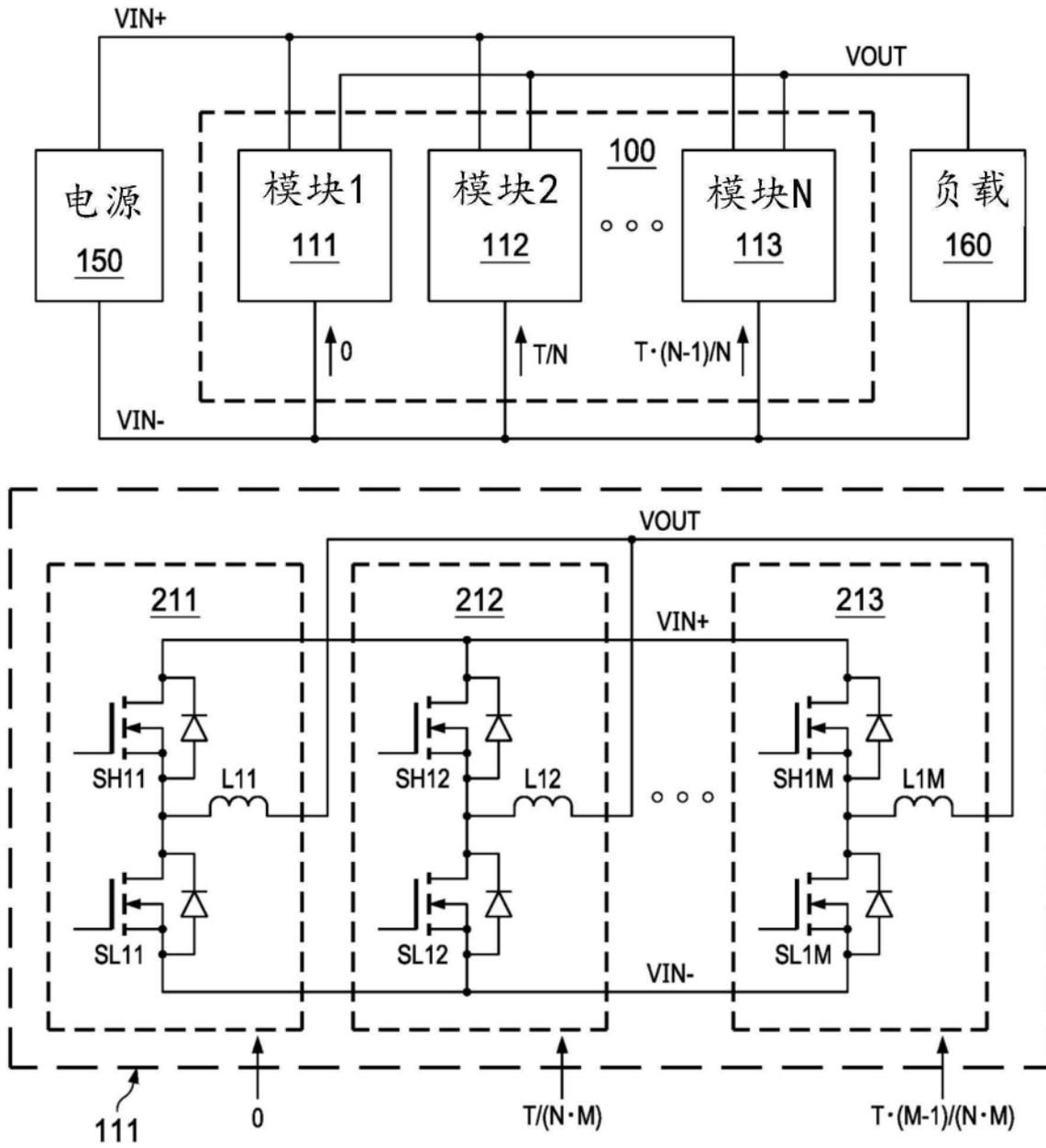


图15

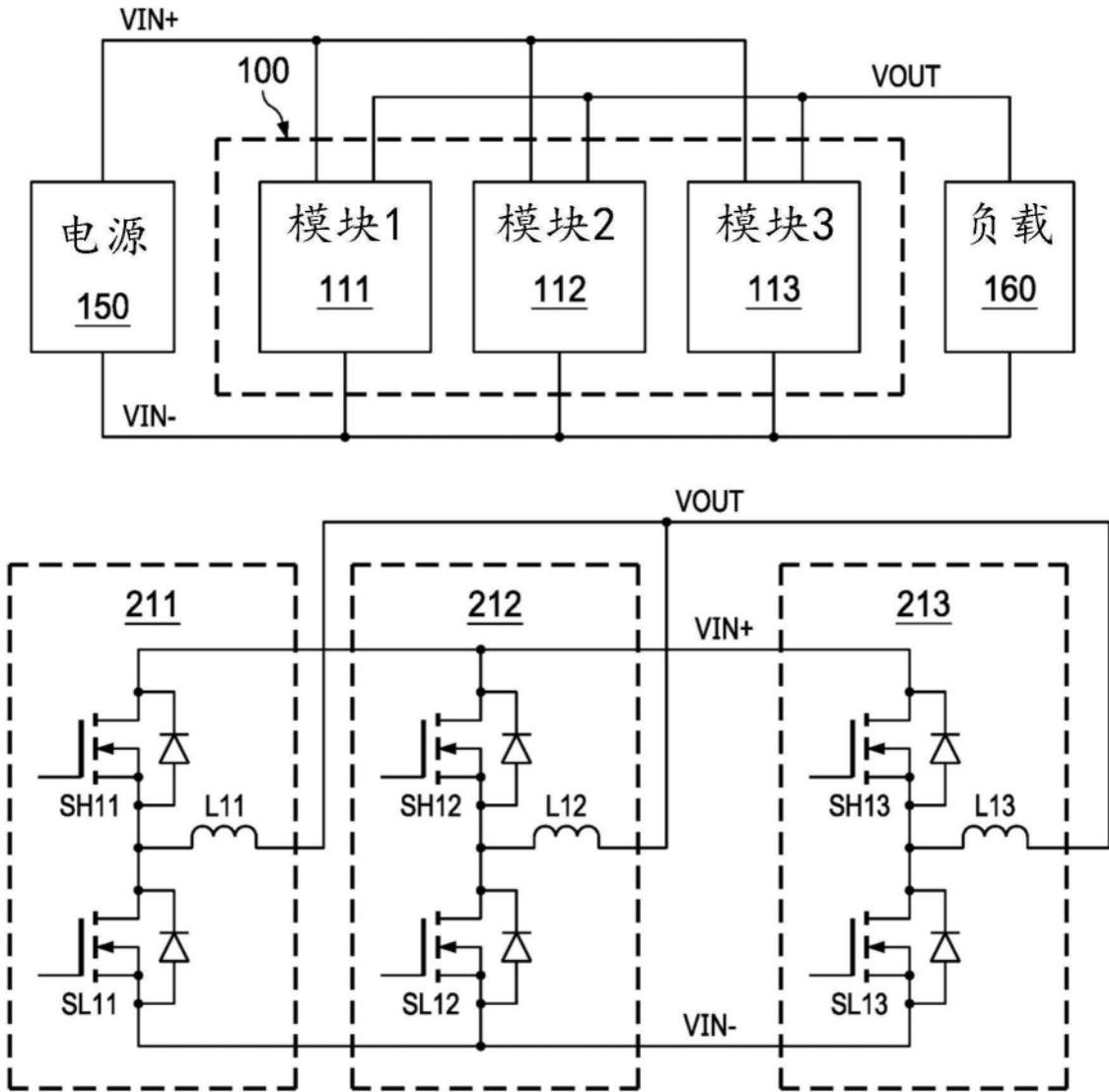


图16

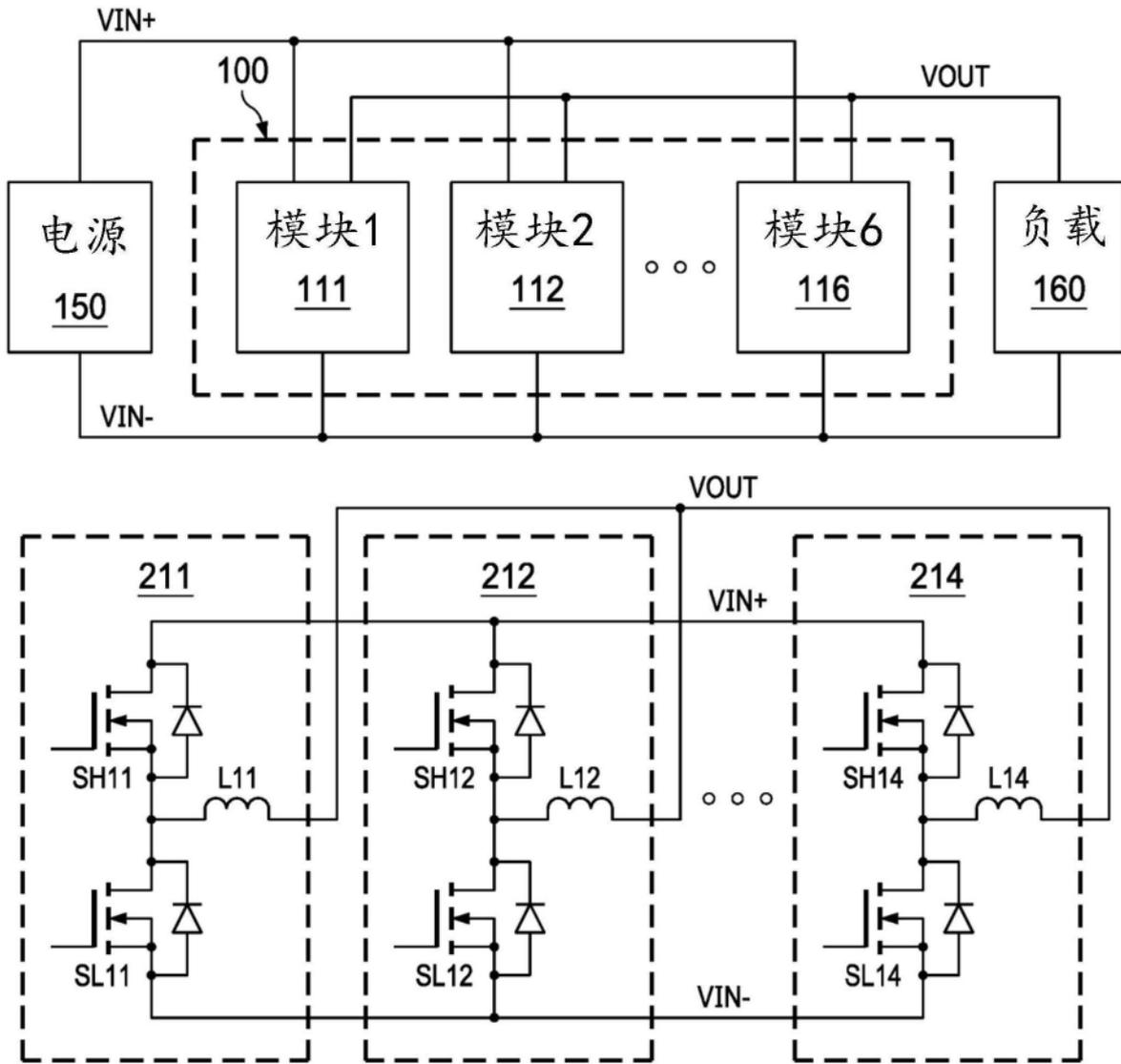


图17