



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 109757124 A

(43)申请公布日 2019.05.14

(21)申请号 201780049258.2

(74)专利代理机构 永新专利商标代理有限公司
72002

(22)申请日 2017.07.31

代理人 李光颖 王英

(30)优先权数据

16182162.4 2016.08.01 EP

(51)Int.Cl.

H02M 3/337(2006.01)

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

H02M 7/483(2007.01)

2019.02.01

H02M 7/49(2007.01)

(86)PCT国际申请的申请数据

H02M 1/00(2007.01)

PCT/EP2017/069278 2017.07.31

(87)PCT国际申请的公布数据

W02018/024655 EN 2018.02.08

(71)申请人 皇家飞利浦有限公司

地址 荷兰艾恩德霍芬

(72)发明人 A·加西亚伊托尔莫 B·瓦格纳

P·吕尔肯斯

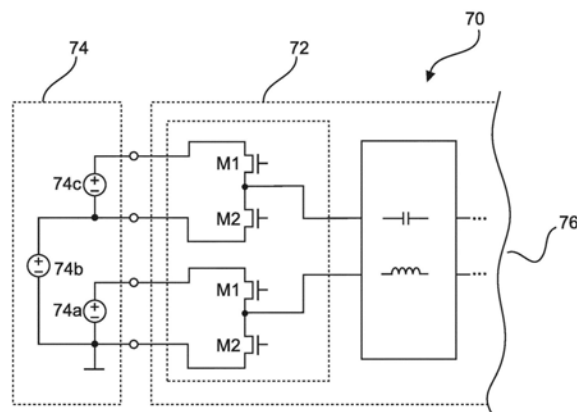
权利要求书3页 说明书9页 附图7页

(54)发明名称

多电平谐振DC-DC转换器

(57)摘要

谐振DC-DC转换器使用开关网络利用谐振回路将单个DC电压提高至工作DC电平。然而,高电压DC电源系统,例如用于向X射线源供电的高电压DC电源系统,越来越多地被集成到更小的形状因子中,并且能够利用多个DC-DC电源来向这样的X射线源供电正变得有吸引力。本发明提供用于谐振DC-DC转换器的拓扑、DC电源系统和操作DC-DC谐振转换器的方法。所提出的拓扑使用开关网络将多个DC电源连接到谐振回路,以实现输入功率的更灵活的提供。



1. 一种谐振DC-DC转换器(40、53、60),包括:

-谐振回路(42、58、62),其具有第一输入节点(52、55)和第二输入节点(54、57);

-开关网络(44、56、64),其被配置为从具有相对于地电压的电源轨电压的第一组外部电压源中选择第一外部电压源,并且被配置为从具有相对于地电压的电源轨电压的第二组外部电压源中选择第二外部电压源,并且将选定的第一外部电压源和第二外部电压源连接到所述谐振回路的相应的第一输入节点(52、55)和第二输入节点(54、57);以及

-整流器(48),其被配置为对从所述谐振回路输出的电压进行整流,并且被配置为将经整流的电压供应到所述谐振DC-DC转换器的一组输出节点;

其中,所述开关网络(44、56、64)包括第一开关臂(S1)和第二开关臂(S2);并且

其中,所述第一开关臂(S1)被配置为能够切换地将所述第一组外部电压源中选择的所述第一外部电压源施加到所述谐振回路的所述第一输入节点(52、55),并且所述第二开关臂(S2)被配置为能够切换地将所述第二组外部电压源中选择的所述第二外部电压源施加到所述谐振回路的所述第二输入节点(54、57),从而在所述谐振回路的所述第一输入节点和所述第二输入节点处生成多电平切换电压;

其中,所述第一开关臂(S1)和所述第二开关臂(S2)分别包括第一多个开关元件(M1、M2、M5)和第二多个开关元件(M3、M4、M6);

其中,所述谐振回路的所述第一输入节点和所述第二输入节点被配置为接收具有大于两个电平的多电压电平的多电平输入电压,并且其中,针对要被施加在所述谐振回路的每个输入节点处的每个不同的电源电压提供一个开关元件;并且

其中,除了所述外部电压源的所述电源轨电压之外,所述多电平切换电压还能够呈现一个或多个中间电压电平。

2. 根据权利要求1所述的谐振DC-DC转换器(40、53、60),

其中,所述开关网络(44、56、64)被配置为切换所述第一多个开关元件和所述第二多个开关元件中的开关元件(M1、M2、M3、M4、M5、M6),使得在所述开关网络的任何切换阶段中,所述第一多个开关元件和所述第二多个开关元件中的每个多个开关元件中的一个开关元件处于低阻抗状况中,并且所述第一多个开关元件和所述第二多个开关元件中的其余开关元件处于高阻抗状况中。

3. 根据权利要求1或2中的一项所述的谐振DC-DC转换器(40、53、60),

其中,所述开关网络(44、56、64)包括第一开关元件(M1),所述第一开关元件被配置为将被连接到所述第一组外部电压源的第一电源节点连接到所述谐振回路(48、58、62)的所述第一输入节点(52、55);

其中,所述开关网络包括第二开关元件(M2),所述第二开关元件被配置为将被连接到所述第一组外部电压源的第二电源节点连接到所述谐振回路(48、58、62)的所述第一输入节点。

4. 根据权利要求3所述的谐振DC-DC转换器(40、53、60),

其中,所述开关网络(44、56、64)包括第三开关元件(M3),所述第三开关元件被配置为将被连接到所述第二组外部电压源的第三电源节点连接到所述谐振回路(48、58、62)的所述第二输入节点(54、57);

其中,所述开关网络包括第四开关元件(M4),所述第四开关元件被配置为将被连接到

所述第二外部电压源的第四电源节点连接到所述谐振回路(48、58、62)的所述第二输入节点。

5. 根据任一前述权利要求所述的谐振DC-DC转换器(40、53、60)，

其中，所述谐振回路包括与所述谐振回路(48、58、62)的所述第一输入节点(52、55)和/或所述第二输入节点(54、57)串联连接的DC阻隔电容器。

6. 根据任一前述权利要求所述的谐振DC-DC转换器(40、53、60)，

其中，所述谐振回路(48、58、62)包括变压器。

7. 根据任一前述权利要求所述的谐振DC-DC转换器(40、53、60)，

其中，所述开关元件(M1、M2、M3；M4、M5、M6)是MOSFET。

8. 一种DC电源系统(70)，包括：

-根据权利要求1至7中的一项所述的谐振DC-DC转换器(40、53、60)；

-被连接到所述谐振DC-DC转换器的第一组外部电压源($V_1、\dots、V_N$)和第二组外部电压源($V_{k+1}、\dots、V_N$)，所述第一组外部电压源和所述第二组外部电压源被配置为将至少第一外部电源电压和第二外部电源电压供应到所述谐振DC-DC转换器；

其中，所述谐振DC-DC转换器被配置为将输出电压供应到负载电源连接。

9. 根据权利要求8所述的DC电源系统，

其中，所述第一组外部电压源或所述第二组外部电压源($V_1、\dots、V_N$)中的至少一个电压源被提供为地。

10. 根据权利要求8所述的DC电源系统，

其中，所述第一组外部电压源或所述第二组外部电压源($V_1、\dots、V_N$)中的至少两个电压源将相同的电压值输入到所述谐振DC-DC转换器。

11. 根据权利要求8所述的DC电源系统，

其中，所述第一组外部电压源和所述第二组外部电压源包括浮动电压源。

12. 一种操作DC-DC谐振转换器的方法，包括：

a) 在开关网络的第一输入节点处接收从第一组外部电压源($V_1、\dots、V_k$)中选择的第一电源电压，所述第一组外部电压源具有相对于地电压的电源轨电压；

b) 在所述开关网络的第二输入节点处接收从第二组外部电压源($V_{k+1}、\dots、V_N$)中选择第二电源电压，所述第二组外部电压源具有相对于地电压的电源轨电压；

c) 交替地将所述第一电源电压和所述第二电源电压施加到谐振回路的相应的第一输入节点和第二输入节点，从而在所述谐振回路的所述第一输入节点和所述第二输入节点处生成切换电压，其中，第一开关臂(S1)和第二开关臂(S2)分别包括第一多个开关元件(M1、M2、M5)和第二多个开关元件(M3、M4、M6)，其中，所述谐振回路的所述第一输入节点和所述第二输入节点被配置为接收具有大于两个电平的多电压电平的多电平输入电压，并且其中，针对要被施加在所述谐振回路的每个输入节点处的每个不同的电源电压提供一个开关元件，并且其中，除了所述外部电压源的所述电源轨电压之外，所述多电平切换电压还能够呈现一个或多个中间电压电平；

d) 对从所述谐振回路输出的电压进行整流；以及

e) 将来自所述谐振回路的经整流的电压供应为输出电压。

13. 根据权利要求12所述的方法，其中，步骤c)还包括：

c1) 对所述开关网络的开关元件进行配置,从而将所述第一多个开关元件和所述第二多个开关元件中的每个多个开关元件中的一个开关元件设置在低阻抗状况中,并且将所述第一多个开关元件和所述第二多个开关元件中的其余开关元件设置在高阻抗状况中。

多电平谐振DC-DC转换器

技术领域

[0001] 本发明总体上涉及谐振DC-DC转换器、包括谐振DC-DC转换器的DC电源系统以及用于操作谐振DC-DC转换器的方法的领域。

背景技术

[0002] 例如在X射线应用中使用的高电压生成器通常使用谐振转换器拓扑,这是因为这样的应用的高电压和高功率要求。图1中图示了一般谐振转换器拓扑。DC电源10提供跨通用谐振转换器12的输入端子的DC电压。具有电源开关的第一级14控制从电源10提供的电压。谐振回路16和变压器18提供电压增益和电流隔离。整流器20被提供,其也可以提供电压增益。因此,可以将经转换的DC电压供应到负载22。

[0003] 尽管谐振转换器拓扑是X射线应用中的有效且高效的电源拓扑,但是对进一步小型化硬件并改进电源效率和灵活性的需求意味着能够进一步改进这样的拓扑。

[0004] US 2014/0146572讨论了采用上面讨论的谐振转换器拓扑的类的功率转换器。

[0005] T.-F.Wu和J.-C.Hung的“A PDM Controlled Series Resonant Multi-level Converter Applied for X-ray Generators”(Power Electronics Specialists Conference,1999.PESC 99.30th Annual IEEE Charleston,SC,USA 27June-1July 1999, Piscataway,NJ,USA IEEE,US,第2卷,1999年6月27日,第1177-1182页)是这样的论文,其介绍了对应用于X射线生成器的脉冲密度调制控制的串联谐振多电平转换器的分析、设计和实际考虑。所提出的转换器在100kHz处操作,并且具有30kW的最大输出功率。转换器的谐振回路在略高于其谐振的情况下操作,以在切换过渡处实现零电压切换和低关断损耗,从而实现低损耗。在多电平配置的情况下,施加在开关上的电压仅为输入电压的一半。

[0006] DE102005036806A1描述了针对并联谐振变换器提供变压器的次级侧的公共串联电路,所述并联谐振变换器可以经由相应的变压器连接或连接到负载电路。因此,不管频率确定部件的分散,能够实现的是,在谐振转换器的桥电路的同步时钟的情况下,所有谐振转换器以近似相同的功率馈送输出侧负载电路。

[0007] CN102201754B描述了具有恒定切换频率并且基于串联谐振软开关的多电平逆变器的拓扑和恒定频率电压滞后控制。多电平逆变器包括单向多电平逆变器和双向多电平逆变器;开关设备被布置在单向多电平逆变器的一侧;在相同状态下,在不同的谐振电流方向上采用互补导电方式;开关设备被布置在双向多电平逆变器的两侧并且容易控制;电压滞后控制包括直接电压滞后控制和间接电压滞后控制;在直接电压滞后控制中,输出电压被采取作为比较对象;并且在间接滞后控制中,调节器的输出被采取作为比较对象。由于基于多电平逆变器的电压滞后控制的采取,可以实现关于输出电压的快速和稳定的控制;并且电压滞后控制可以应用于高频DC/DC(直流-直流)转换器。

发明内容

[0008] 根据第一方面,提供了一种谐振DC-DC转换器。

[0009] 所述谐振DC-DC转换器包括：

[0010] -谐振回路(resonant tank),其具有第一输入节点和第二输入节点；

[0011] -开关网络,其被配置为从第一组外部电压源中选择第一外部电压源并且被配置为从第二组外部电压源中选择第二外部电压源,并且将选定的第一外部电压源和第二外部电压源连接到谐振回路的相应的第一输入节点和第二输入节点。

[0012] 谐振DC-DC转换器还包括整流器,所述整流器被配置为对从谐振回路输出的电压进行整流,并且被配置为将经整流的电压供应到谐振DC-DC转换器的一组输出节点。

[0013] 开关网络包括第一开关臂和第二开关臂。

[0014] 第一开关臂被配置为可切换地将第一组外部电压源中选择的第一外部电压源施加到谐振回路的第一输入节点,并且第二开关臂被配置为可切换地将第二组外部电压源中选择的第二外部电压源施加到谐振回路的第二输入节点,从而在谐振回路的第一输入节点和第二输入节点处生成多电平切换电压。

[0015] 因此,提供了一种谐振转换器拓扑,其可以生成DC电压以从多个不同的输入DC源向负载供电。

[0016] 任选地,谐振DC-DC转换器被布置为使得第一开关臂和第二开关臂分别包括第一多个开关元件和第二多个开关元件。开关网络被配置为切换第一多个开关元件和第二多个开关元件中的开关元件,使得在开关网络的任何切换阶段中,第一多个开关元件和第二多个开关元件中的每个多个开关元件中的一个开关元件处于低阻抗状况中,并且第一多个开关元件和第二多个开关元件的其余开关元件处于高阻抗状况中。

[0017] 因此,在任何一个时间处,一个开关臂将来自一组DC源中的一个DC源的DC电压供应到谐振转换器的第一/或第二节点。

[0018] 任选地,所述开关网络包括第一开关元件,所述第一开关元件被配置为将连接到所述第一组外部电压源的第一电源节点连接到所述谐振回路的第一输入节点,并且所述开关网络包括第二开关元件,所述第二开关元件被配置为将连接到所述第一组外部电压源的第二电源节点连接到所述谐振回路的第一输入节点。

[0019] 任选地,所述开关网络包括第三开关元件,所述第三开关元件被配置为将连接到所述第二组外部电压源的第三电源节点连接到所述谐振回路的第二输入节点,并且所述开关网络包括第四开关元件,所述第四开关元件被配置为将连接到所述第二组外部电压源的第四电源节点连接到所述谐振回路的第二输入节点。

[0020] 任选地,谐振回路的第一输入节点和第二输入节点被配置为接收具有大于两个电平的多个电压电平的多电平输入电压,并且其中,针对要被施加在所述谐振回路的每个输入节点处的每个不同的电源电压提供一个开关元件。

[0021] 因此,谐振转换器拓扑可以用于从多组DC电压源生成DC电压。

[0022] 任选地,第一组外部电压源和第二组外部电压源均包括一个电压源。

[0023] 任选地,谐振回路包括与谐振回路的第一输入节点和/或第二输入节点串联连接的DC阻隔电容器。

[0024] 任选地,谐振回路包括变压器。

[0025] 任选地,开关元件是MOSFET。

[0026] 根据第二方面,提供了一种DC电源系统。所述系统包括：

- [0027] -根据前一方面或其实施例的谐振DC-DC转换器;以及
- [0028] -连接到谐振DC-DC转换器的第一组外部电压源和第二组外部电压源,其被配置为向谐振DC-DC转换器供应至少第一外部电源电压和第二外部电源电压。
- [0029] 谐振DC-DC转换器被配置为将输出电压供应到负载电源连接。
- [0030] 任选地,该组外部电压源中的至少一个电压源被提供为地。
- [0031] 任选地,该组外部电压源中的至少两个电压源向谐振DC-DC转换器输入相同的电压值。
- [0032] 根据第三方面,提供了一种操作DC-DC谐振转换器的方法,包括:
- [0033] a) 在开关网络的第一输入节点处接收从第一组外部电压源中选择的第一电源电压;
- [0034] b) 在开关网络的第二输入节点处接收从第二组外部电压源中选择第二电源电压;
- [0035] c) 交替地将第一电源电压和第二电源电压施加到谐振回路的相应的第一输入节点和第二输入节点,从而在谐振回路的第一输入节点和第二输入节点处生成切换电压;
- [0036] d) 对从谐振回路输出的电压进行整流;并且
- [0037] e) 从谐振回路供应经整流的电压作为输出电压。
- [0038] 任选地,步骤c) 还包括:
- [0039] c1) 配置开关网络的开关元件,从而将第一多个开关元件和第二多个开关元件中的每个多个开关元件中的一个开关元件设置在低阻抗状况中,并且将第一多个开关元件和第二多个开关元件中的其余开关元件设置在高阻抗状况中。
- [0040] 在以下描述中,术语“谐振回路”意指具有电感和电容电抗的组合的部件的网络。
- [0041] 在以下描述中,术语“开关网络”意指在施加控制信号后可在高阻抗状况与低阻抗状况之间切换的多个电学部件。这样的部件的范例是MOSFET(金属氧化物半导体场效应晶体管)或功率BJT(双极结型晶体管)。这些部件被布置在MISO(多输入、单输出)网络中,使得能够重新定向在MISO网络的输入端子与输出端子之间的DC电压的路径。
- [0042] 在以下描述中,术语“高阻抗”指的是被关断的开关元件(例如MOSFET)的特性(即,控制电压防止在开关元件的漏极与源极之间的电流,或者超过一或几十M Ω 的非常高电阻跨开关元件的漏极和源极出现)。
- [0043] 在以下描述中,术语“低阻抗”是指被接通的开关元件(例如MOSFET)的特性(即,控制电压启用在开关元件的漏极和源极之间的电流,或低于几百或几十m Ω 的非常低的电阻跨开关元件的漏极与源极出现)。
- [0044] 因此,本发明的基本概念是提供一种谐振DC-DC转换器,其中,开关网络被配置为使得能够从多组DC电源向谐振转换器供电。

附图说明

- [0045] 将参考以下附图描述示范性实施例。
- [0046] 图1示出了谐振转换器拓扑的一般概念。
- [0047] 图2示出了常规谐振转换器拓扑的开关网络的示意图。
- [0048] 图3示出了常规谐振转换器拓扑的示意图。

- [0049] 图4示出了根据第一方面的谐振DC-DC转换器拓扑的框图。
- [0050] 图5示出了根据第一方面的谐振DC-DC转换器的实施例的开关网络的示意性视图。
- [0051] 图6示出了根据第一方面的多电平谐振DC-DC转换器的实施例的示意性视图。
- [0052] 图7示出了根据第二方面的DC电源系统的实施例的示意性视图。
- [0053] 图8示出了根据第三方面的方法的流程图。
- [0054] 图9示出了谐振转换器的操作的范例波形。

具体实施方式

[0055] 当必须以高效的方式提供DC-DC转换时谐振DC-DC转换器拓扑是受欢迎的,例如在X射线系统中。从对背景技术部分中讨论的图1的一般谐振DC-DC转换器拓扑的讨论出发,将意识到,存在DC-DC转换器拓扑的许多整体变型。取决于转换器变型,每个框的实施方式能够不同。然而,不管转换器变型,本领域中已知的谐振DC-DC转换器从一个外部电源供电,并且这样的谐振DC-DC转换器向一个负载供电。

[0056] 图2图示了常规谐振DC-DC转换器拓扑26的变型。谐振DC-DC转换器26从单个DC源24供电。开关网络28被提供为由开关A1、A2、A3、A4构成的全桥转换器,开关A1、A2、A3、A4以全桥布置连接,从而向谐振回路30供电。开关网络28有时被称为“逆变器”。全桥是包括变压器的常规谐振DC-DC转换器中的优选输入级,如在医学X射线应用中是典型的。

[0057] 图3图示了变型半桥谐振DC-DC转换器34拓扑,其包括单个DC电压源32、开关网络36,其向谐振回路38供电。开关网络36仅包括开关元件A1和A2。谐振DC-DC转换器34与谐振DC-DC转换器26之间的差异在于,在谐振DC-DC转换器34中,DC-DC转换器26的开关元件A3已经由开路替换,并且DC-DC转换器26的开关元件A4已经由短路替换。

[0058] 在图2的变型中,两组开关元件(A1、A2和A3、A4)全桥转换器从相同的电源(恒压电源24)供电。其还向相同的负载、浮动输出(在这种情况下是谐振回路30)以及谐振转换器26的其余部分供电。开关网络28和负载连接,使得可以将电源电压(V_g)或地(GND)施加到负载的每一端,这意味着谐振回路可以由三种不同的电压(V_g 、GND和 $-V_g$)供电。

[0059] 上述方法的问题在于X射线设备继续小型化,并且因此电源单元也必须收缩。当设计集成或嵌入式系统时,设计选择常常由设备形状因子约束。在嵌入式系统中,多个电源系统常常可用,并且重新使用可用电源电压能够是有利的。

[0060] 因此,根据第一方面,提供了一种谐振DC-DC转换器40。

[0061] 图4示出了谐振转换器40的拓扑的一般实施例。

[0062] 谐振DC-DC转换器40包括:

[0063] -谐振回路42,其具有第一输入节点52和第二输入节点54;

[0064] -开关网络44,其被配置为从第一组46外部电压源 V_1 、...、 V_k 中选择第一外部电压源并且被配置为从第二组47外部电压源 V_{k+1} 、...、 V_N 中选择第二外部电压源,并且将选定的第一和第二外部电压源连接到谐振回路的相应的第一输入节点52和第二输入节点54;以及

[0065] -整流器48,其被配置为对从谐振回路输出的电压进行整流,并且被配置为将经整流的电压供应到谐振DC-DC转换器的输出节点。

[0066] 开关网络44包括第一开关臂S1和第二开关臂S2。

[0067] 第一开关臂S1被配置为可切换地将来自第一组46外部电压源 V_1 、...、 V_k 的第一外

部电压源施加到谐振回路的第一输入节点52,并且第二开关臂S2被配置为可切换地将来自第二组47的外部电压源 V_{k+1} 、...、 V_N 的第二外部电压源施加到谐振回路的第二输入节点54,从而在谐振回路的第一和第二输入节点处生成多电平切换电压。

[0068] 谐振转换器40包括允许来自第一组46外部电源电压 $46V_1$ 、...、 V_k 的第一DC电源经由第一开关臂S1连接到谐振回路42的端口。

[0069] 来自第二组外部电源电压 $47V_{k+1}$ 、...、 V_N 的第二DC电源可以经由第二开关臂S2连接到谐振回路。

[0070] 因此,开关网络44的第一开关臂S1使得第一组电压源 $46V_1$ 、...、 V_k 中的外部电源之一能够连接到谐振回路的第一节点52。

[0071] 同样,开关网络44的第二开关臂S2使得第二组外部电压源 $47V_{k+1}$ 、...、 V_N 中的外部电源之一能够连接到谐振回路的第二节点54。

[0072] 谐振回路42具有第一输入节点52和第二输入节点54。第一开关臂S1将第一节点52连接到第一组46外部电源电压 V_1 、...、 V_k 中的外部电压源之一。第二开关臂S2将第二节点54连接到第二组外部电源电压 $47V_{k+1}$ 、...、 V_N 中的外部电压源之一。

[0073] 因此,提供了一种谐振转换器拓扑,其可以生成DC电压以从多个不同组DC源向外部负载49供电。

[0074] 任选地,第一开关臂S1被配置为交替地连接第一组46外部电压源 V_1 、...、 V_k 中的外部电压源,使得来自第一组46外部电压源 V_1 、...、 V_k 的一个外部电压源在任何一个时间连接到谐振回路的第一节点52。

[0075] 任选地,第二开关臂S2被配置为交替地连接第一组47外部电压源 V_{k+1} 、...、 V_N 中的外部电压源,使得来自第二组47外部电压源 V_{k+1} 、...、 V_N 中的一个外部电压源在任何一个时间连接到谐振回路的第二节点54。

[0076] 图5示意性地图示了根据实施例的谐振DC-DC转换器拓扑54的示范性实施方式。

[0077] 在这种情况下,谐振DC-DC转换器53被配置为可连接到第一DC-DC电源52a和第二DC-DC电源52b。在该范例中,谐振回路58的第一节点55可经由开关网络56的第一开关臂S1连接到第一DC-DC电源52a。谐振回路58的第二节点57可经由开关网络56的第二开关臂S2连接到第二DC-DC电源52b。尽管图示了两个DC-DC电源(一个在第一组中,一个在第二组中),但是将意识到,谐振转换器的每个节点55、57可以由一个或多个DC-DC电源供电。

[0078] 开关网络56包括串联连接的开关元件M1和M2,以及串联连接的开关元件M3和M4。开关元件M1和M2形成第一开关臂S1。开关元件M3和M4形成第二开关臂S2。当M1被设置在低阻抗状态中并且M2被设置在高阻抗状态中时,形成52b的第一电压连接与谐振回路58之间的路径。当M1被设置在高阻抗状态中并且M2被设置在低阻抗状态中时,形成52b的第二电压连接与谐振回路之间的路径。

[0079] 当M3被设置在低阻抗状态中并且M4可以被设置在高阻抗状态中时,形成52a的第一电压连接与谐振回路58之间的路径。当M3被设置在高阻抗状态中并且M4被设置在低阻抗状态中时,形成52a的第二电压连接与谐振回路之间的路径。

[0080] 将意识到,开关元件M1-M4由各种模拟开关模块或数字开关模块(未示出)控制。在开关元件M1-M4包括MOSFET的示范性情况下,模拟或数字开关模块用于控制MOSFET栅极连接。可以使用向谐振回路58提供切换式多电平DC电能的序列来控制开关元件,如图9的图形

图示的。在这个意义上,在实施例中,术语多电平意味着谐振回路的输入节点处的切换式DC电能可以具有接地电压和电源电压,而且由于来自第一组和第二组外部电压源中的电压源的电压源电平的组合,具有中间切换式DC电压电平。

[0081] 因此,根据实施例,术语“多电平切换电压”意味着可以呈现除了外部电压源的电源轨电压之外的一个或多个中间电压电平的电压。

[0082] 表1中示出了图5中示出的范例MOSFET开关网络56的示范性切换序列:

开关 /阶段	1	2
M1	0	1

M2	1	0
M3	0	1
M4	1	0

[0085] 表1

[0086] 图5的开关网络的示范性切换阶段

[0087] 表1描述了四个开关元件M1-M4的两阶段切换例程。逻辑“1”指示相关开关元件的低阻抗,逻辑“0”指示相关开关元件的高阻抗。

[0088] 表1与图5的示意图的比较揭示了,当在阶段1到2之间步进时,开关M1-M4以这样的方式被致动:谐振回路58的第一输入节点55和第二输入节点57中的每个一次连接到一个电源电压。换言之,不存在V1+和V1-以及V2+和V2-的端子直接连接到彼此的情况。

[0089] 该硬件配置能够与许多不同类型的DC-DC电源一起使用。然而,在图5的范例中,DC-DC电源52a和52b是相同的。

[0090] 该切换方案可以推广到开关网络的不同实施例。例如,被配置为由四个电源驱动的谐振DC-DC转换器或被配置为由三个多电平电源驱动的谐振DC-DC转换器将遵循不允许相同DC电源的电源轨经由开关元件连接在一起相同原理。

[0091] 来自52a和52b的DC电压的切换施加使得谐振回路能够提供大的AC电压,从而例如使得能够为X射线设备高效地供电。

[0092] 任选地,谐振DC-DC转换器被布置成使得第一开关臂M1、M2和第二开关臂M3、M4分别包括第一和第二多个开关元件,并且使得开关网络44、56、64被配置为切换第一和第二多个开关元件中的开关元件,使得在开关网络的任何切换阶段中,第一和第二多个开关元件中的每个的一个开关元件处于低阻抗状况中,并且第一和第二多个开关元件的其余开关元件处于高阻抗状况中。

[0093] 因此,在任何一个时间处,一个开关臂从一个DC源提供DC电压。

[0094] 任选地,开关网络56包括第一开关元件M1,所述第一开关元件M1被配置为将连接到第一电源电压的第一电源节点连接到谐振回路58的第一输入节点,并且开关网络56包括第二开关元件M2,所述第二开关元件M2被配置为将连接到第一电源电压的第二电源节点连接到谐振回路58的第一输入节点。

[0095] 任选地,开关网络58包括第三开关元件M3,所述第三开关元件M3被配置为将连接

到第二电源电压的第三电源节点连接到谐振回路56的第二输入节点,并且开关网络56包括第四开关元件,所述第四开关元件被配置为将连接到二电源电压的第四电源节点连接到谐振回路58的第二输入节点。

[0096] 提供不同的DC电源意味着DC电源的电源电压可以不同,使得谐振回路58被加载有DC电压。

[0097] 任选地,谐振回路包括与谐振回路的第一和/或第二输入节点串联连接的DC阻隔电容器。这用于防止DC电流流过谐振回路58的节点55至57。

[0098] 任选地,开关元件是MOSFET。然而,可以使用其他电源开关元件,诸如双极结型晶体管(BJT)、TRIAC、晶闸管、绝缘栅场效应晶体管(IGFET)等。

[0099] 任选地,谐振回路包括变压器。

[0100] 如果使用更多的开关元件,则可以连接更多的电源,如多电平DC-DC转换器的情况中的那样。

[0101] 图6图示了具有第一多电平DC输入 V_{M1} 和第二多电平DC输入 V_{M2} 的多电平谐振转换器60。在这种情况下,多电平DC输入中的每个为每个输入端子提供三个不同的DC输入电压。然而,将意识到,可以提供任意数量的多电平输入组,并且每个多电平输入可以针对每个输入端具有任意数量的电压。此外,根据实施例,与第二组多电平输入相比,第一组多电平输入可以具有不同数量的多电平输入。

[0102] 在这种情况下,谐振回路62通过开关网络64经由开关M1、M2、M3、M4、M5、M6连接到特定电压。可以使用额外的开关将端部连接到其他电压。

[0103] 任选地,第一和第二输入节点被配置为接收具有大于两个电平的多电压电平的多电平输入电压。

[0104] 因此,谐振转换器拓扑可以用于从多电平DC电压电源生成DC-DC电压。

[0105] 根据第二方面,提供了一种DC电源系统70。DC电源系统70包括:

[0106] -如第一方面及其实施例中描述的谐振DC-DC转换器72;

[0107] -第一组外部电压源74a以及第二组外部电压源74b、74c,其连接到谐振DC-DC转换器72,以向谐振DC-DC转换器提供至少第一和第二外部电源电压,其中,谐振DC-DC转换器被配置为将输出电压供应到负载电源连接76。

[0108] 任选地,第一组和/或第二组外部电压源中的至少一个电压源被提供为地。

[0109] 任选地,第一组和/或第二组外部电压源中的至少两个电压源向谐振DC-DC转换器输入相同的电压值。

[0110] 根据第二方面的实施例,该组外部电压源包括多个独立和接地的电源。任选地,多个独立和接地的电源中的每个电源可以呈现不同的DC值。

[0111] 根据第二方面的实施例,一个输入电压轨从常规接地电源供电,并且另一个从具有电压偏移的电源供电。

[0112] 根据第二方面的实施例,两个输入电压轨在一个端子处与电容器一起连接到地,而其余两个端子由接地电源供电。

[0113] 图7图示了根据第一方面的具有谐振DC-DC转换器72的DC电源系统70。图7图示了从接地的DC电源74a以及叠加在DC电源74b上的DC偏移电源74c向谐振DC-DC转换器供电的范例。

[0114] 根据第二方面的实施例,第一组外部电源中的外部电源的数量 $k=2$,并且第一和第二组外部电源中的电源的总数量 $N=4$ 。在这种情况下,第一组外部电源46提供 V_1 和 V_2 。第二组外部电源47提供 V_3 和 V_4 。根据范例,电压 V_2 和 V_4 相等,并且 V_1 和 V_3 相等。

[0115] 当然, k 可以是任何整数,并且 N 可以是大于 k 的任何整数。此外,可以提供第三、第四和第五组外部电源。

[0116] 根据第三方面,提供了一种操作DC-DC谐振转换器的方法。

[0117] 所述方法包括:

[0118] a) 在开关网络的第一输入节点处接收从第一组外部电压源 V_1 、...、 V_k 中选择的第一电源电压;

[0119] b) 在开关网络的第二输入节点处接收从第二组外部电压源 V_{k+1} 、...、 V_N 中选择的第二电源电压;

[0120] c) 交替地将第一电源电压和第二电源电压施加到谐振回路的相应的第一输入节点和第二输入节点,从而在谐振回路的第一输入节点和第二输入节点处生成切换电压;

[0121] d) 对从谐振回路输出的电压进行整流;并且

[0122] e) 从谐振回路供应经整流的电压作为输出电压。

[0123] 图8图示了根据第三方面的方法。

[0124] 根据第三方面的实施例,所述方法还包括:

[0125] c1) 配置开关网络的开关元件从将第一和第二多个开关元件中的每个的一个开关元件设置在低阻抗状况中,并且将第一和第二多个开关元件的其余开关元件设置在高阻抗状况中。因此,上面描述的本发明的方面和实施例已经讨论了提供更灵活的谐振转换器拓扑,其可以基于从任意布置的输入DC-DC电源组(网络)供应的DC功率向高功率DC负载供电。这是由于允许将多电平切换DC电压提供给DC-DC谐振转换器中的谐振回路的输入节点的拓扑。

[0126] 图9图示了在逆变器具有接地支路和浮动支路的布置中的谐振转换器的操作的范例波形组。在两个图形中,x轴表示时间。在两个图形中,y轴表示特定时间处特定节点处的电压。上图形表示施加到类似于图5的电路的电路的晶体管M1-M4的栅极的切换信号。上图形中的四条迹线被示出以基于归一化幅度来图示定时相位关系,并且因此上图形中的四条迹线的y轴值不是实际值。图9的上图形中的最上面的迹线表示栅极切换信号M1,并且三个下迹线分别表示栅极切换信号M2、M3和M4。下图形表示接地支路和浮动支路处的逆变器电压,其产生于M1-M4晶体管相位关系。在这种情况下,y轴值表示接地支路和浮动支路处的模拟逆变器电压。跨逆变器的接地支路和浮动支路的更大范围的电压可以由开关网络提供,以输入到谐振回路。因此,图9图示了多电平切换DC概念,拓扑使得能够输入到谐振回路。

[0127] 根据第三方面的实施例,第一组和第二组外部电压源包括浮动电压源。

[0128] 将意识到,上面的讨论涉及高电压DC-DC生成器,其在X射线成像器领域中具有应用。然而,在许多应用中存在高功率密度处的小型化的类似要求,并且本申请不限于用于X射线应用的高电压DC-DC生成器。

[0129] 必须注意,参考不同的主题描述了本发明的实施例。具体地,参考方法类型权利要求描述了一些实施例,而参考装置类型权利要求描述了其他实施例。然而,本领域技术人员将从以上和以下描述中了解到,除非另行通知,否则除了属于一种类型主题的特征的任何

组合之外,与不同主题相关的特征之间的任何组合还被认为与本申请一起被公开。然而,所有特征可以被组合,从而提供不只是功能的简单加和的协同效果。

[0130] 尽管已经在附图和前面的描述中详细图示和描述了本发明,但是这样的图示和描述应被认为是说明性或示范性的而非限制性的。本发明不限于所公开的实施例。通过研究附图、公开内容和从属权利要求,本领域技术人员在实践所要求保护的发明时可以理解和实现对所公开实施例的其他变型。

[0131] 在权利要求中,词语“包括”不排除其他元件或步骤,并且词语“一”或“一个”不排除多个。单个处理器或其他单元可以履行权利要求中记载的若干项的功能。尽管在互不相同的从属权利要求中记载了特定措施,但是这并不指示不能有利地使用这些措施的组合。权利要求中的任何附图标记不应被解释为对范围的限制。

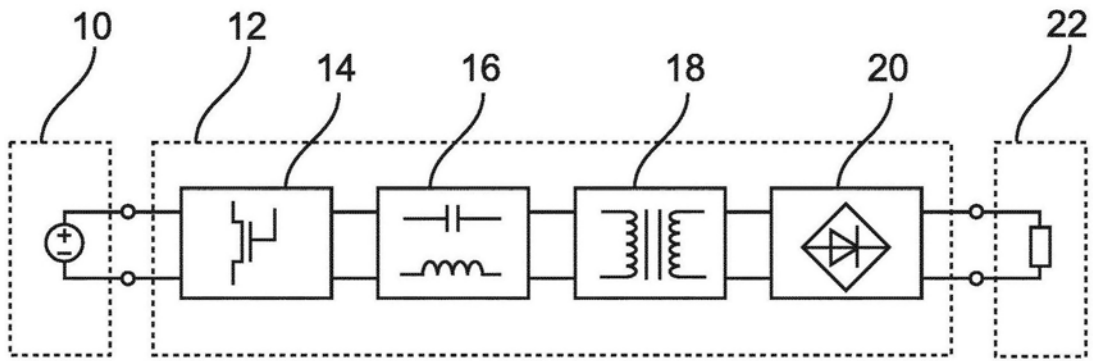


图1

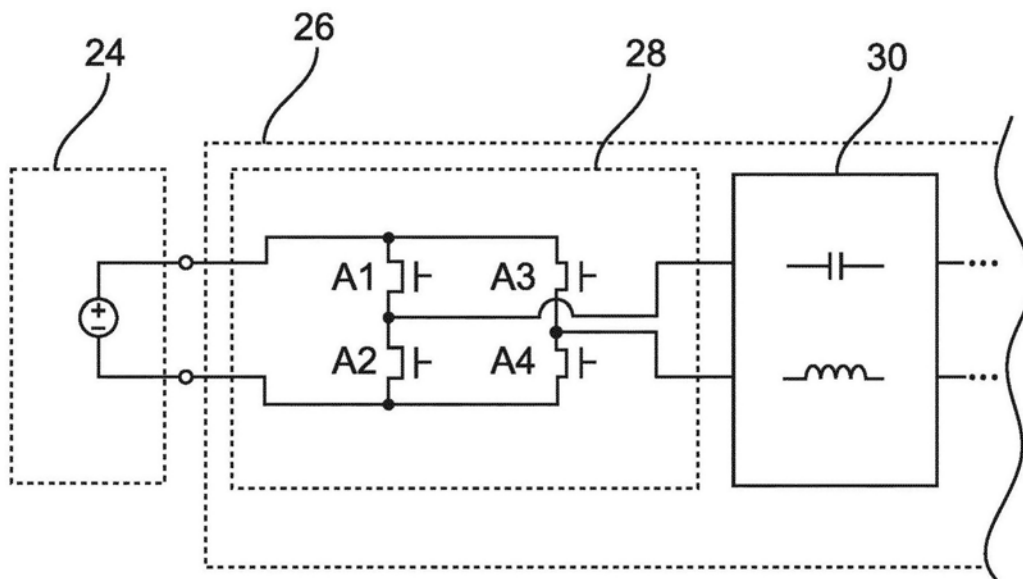


图2

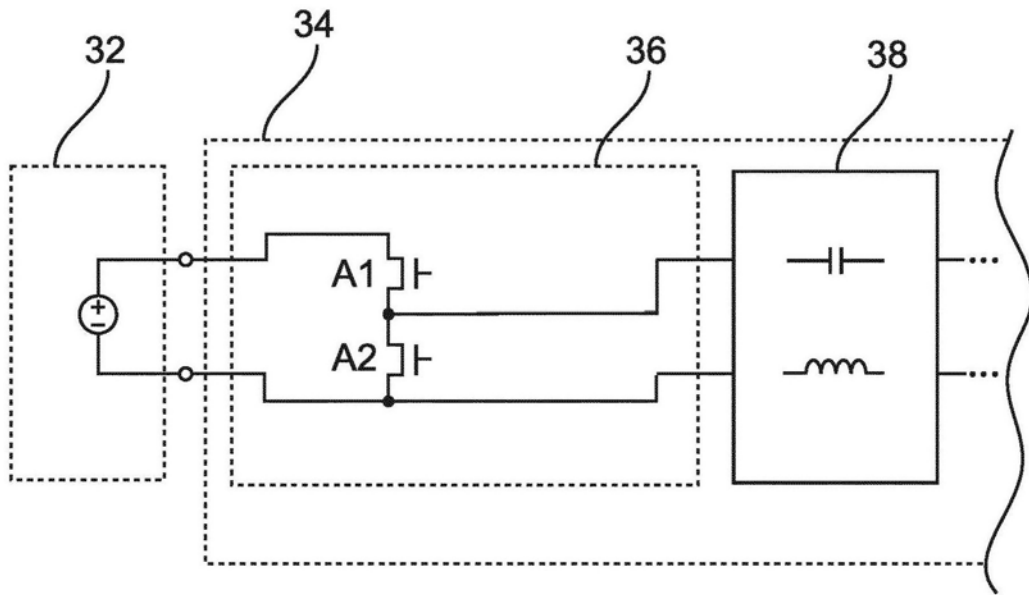


图3

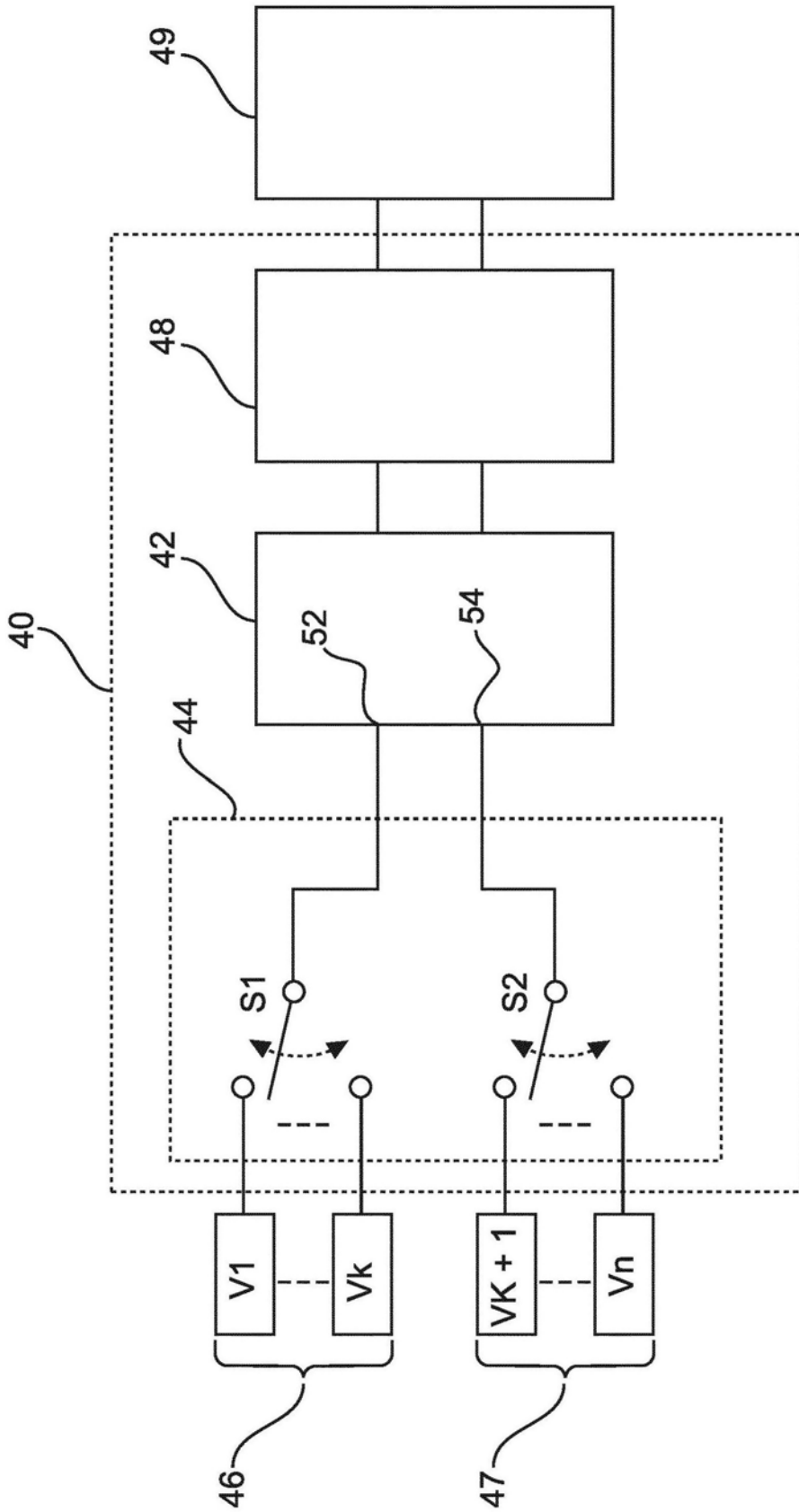


图4

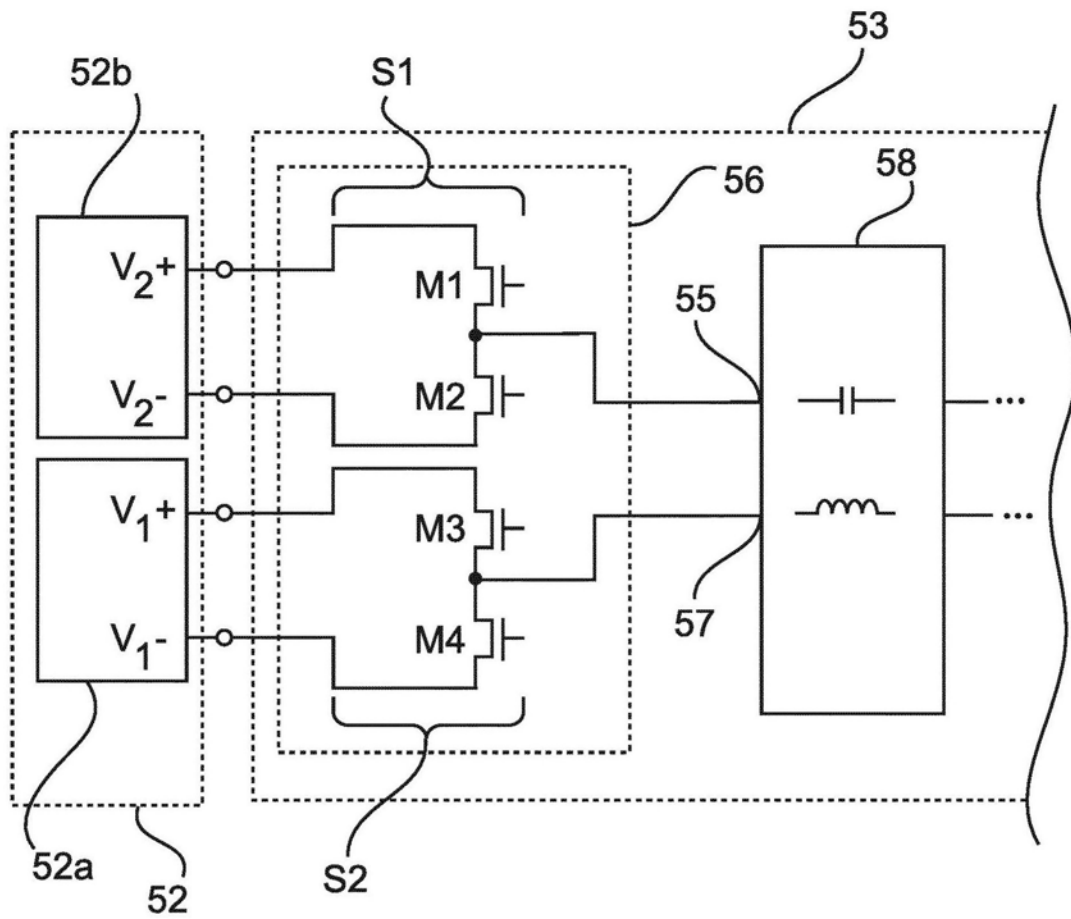


图5

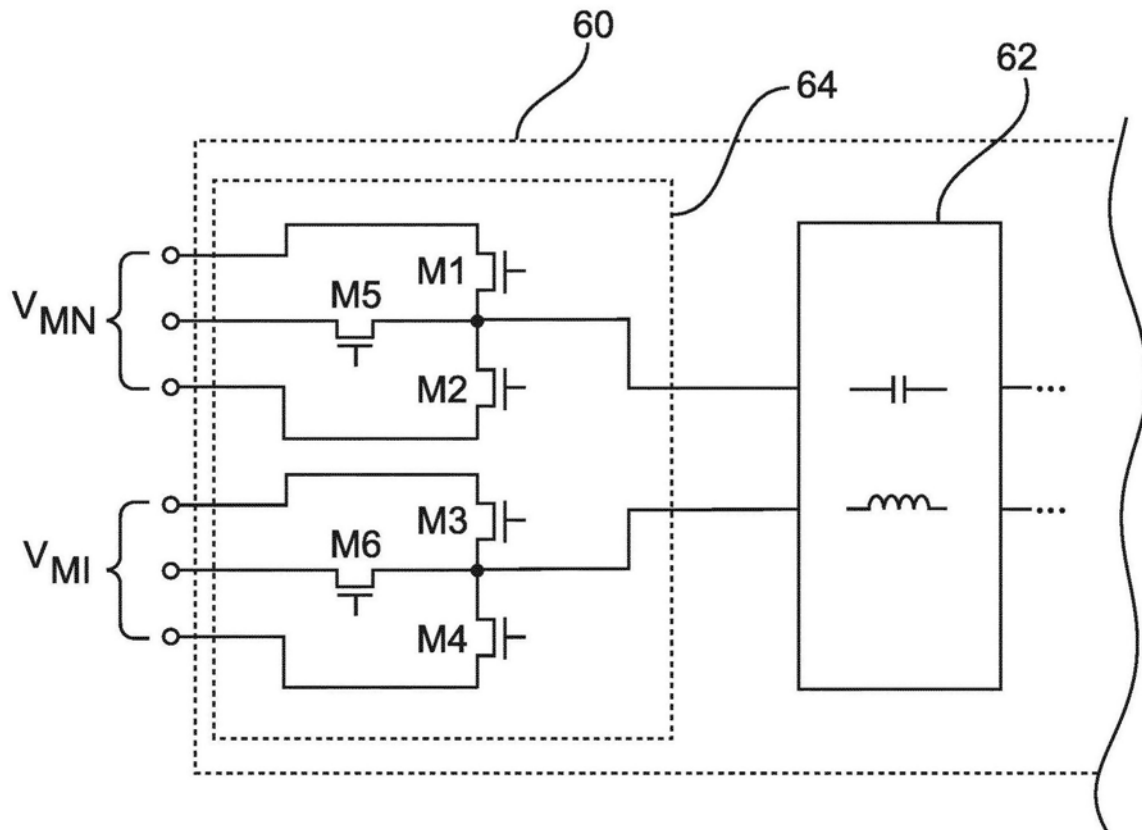


图6

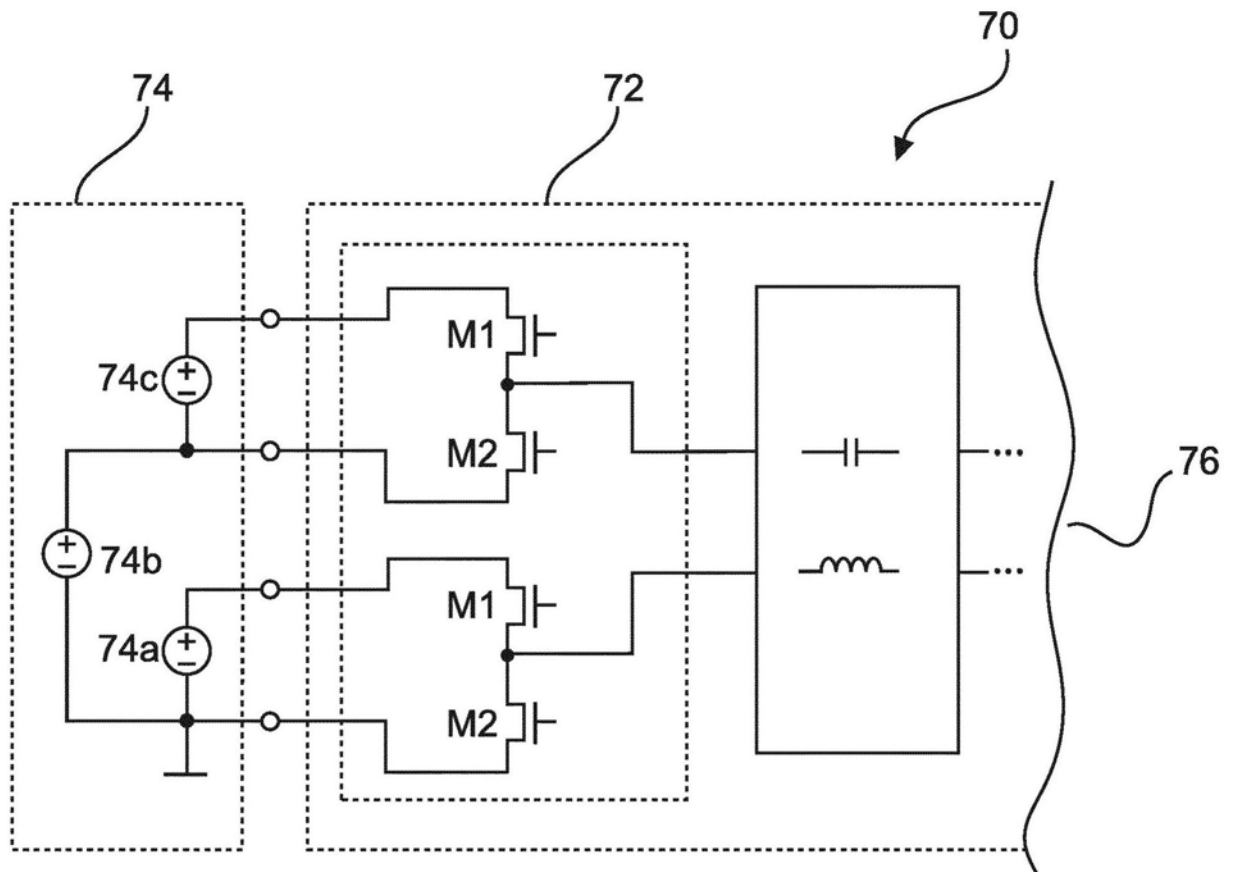


图7

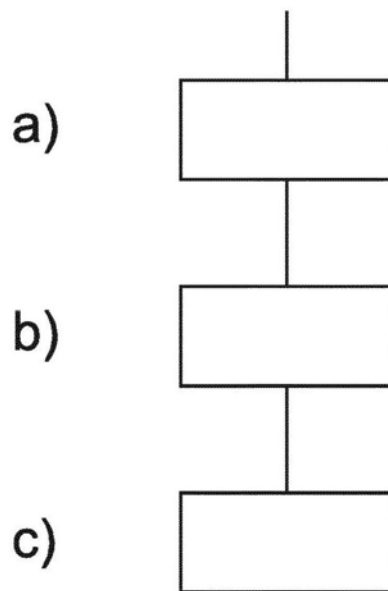


图8

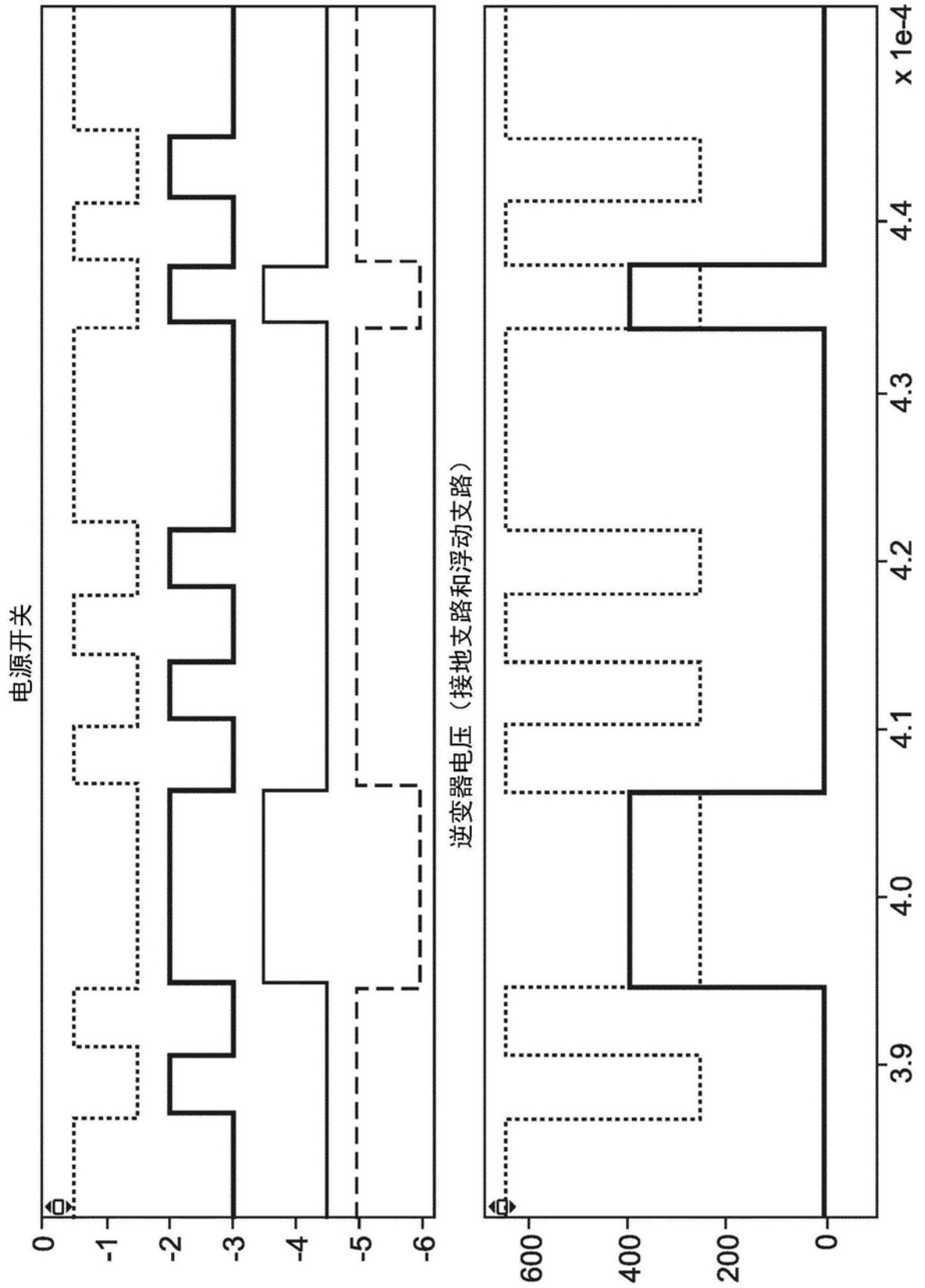


图9