



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103518166 A

(43) 申请公布日 2014. 01. 15

(21) 申请号 201280022518. 4

(22) 申请日 2012. 05. 21

(30) 优先权数据

61/519, 242 2011. 05. 19 US

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2013. 11. 08

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/US2012/038756 2012. 05. 21

(87) PCT国际申请的公布数据

W02012/159101 EN 2012. 11. 22

(71) 申请人 恩菲斯能源公司

地址 美国加利福尼亚州

(72) 发明人 马丁·冯纳格

唐纳德·理查德·奇曼克

(74) 专利代理机构 北京英赛嘉华知识产权代理

有限责任公司 11204

代理人 余滕 王艳春

(51) Int. Cl.

G05F 1/66 (2006. 01)

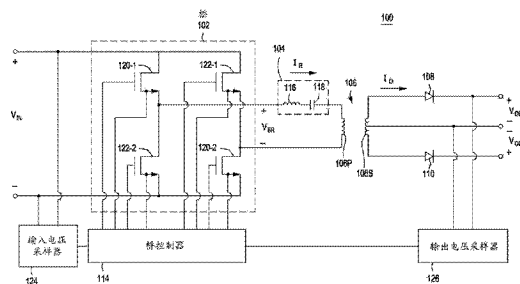
权利要求书1页 说明书6页 附图4页

(54) 发明名称

用于控制谐振变换器输出功率的方法和设备

(57) 摘要

用于控制功率变换的方法和设备。在一个实施方式中,该方法包括:基于谐振变换器中的电压转换计算电压比;将电压比和阈值相比较;以及独立于谐振变换器的开关频率,基于电压比是否满足阈值控制来自谐振变换器的功率输出。



1. 一种用于控制功率变换的方法,包括:
基于谐振变换器中的电压转换计算电压比;
将所述电压比和阈值相比较;以及
独立于所述谐振变换器的开关频率,基于所述电压比是否满足所述阈值控制来自所述谐振变换器的功率输出。
2. 如权利要求 1 所述的方法,其中所述电压比是所述谐振变换器的输入电压与所述谐振变换器的输出电压的比率。
3. 如权利要求 1 所述的方法,其中控制所述功率输出包括将桥作为全 H 桥或者半 H 桥操作。
4. 如权利要求 3 所述的方法,其中当所述电压比超过所述阈值时所述桥作为所述半 H 桥操作。
5. 如权利要求 3 所述的方法,还包括:当将所述桥在所述全 H 桥与所述半 H 桥之间转换时,控制所述谐振变换器的谐振电路的元件的充电。
6. 如权利要求 5 所述的方法,其中所述充电通过调制所述桥的占空比控制。
7. 如权利要求 1 所述的方法,其中所述阈值为 $(5/3) * (N1/N2)$,其中 N1 是所述谐振变换器的变压器的初级绕组的匝数,而 N2 是所述变压器的次级绕组的匝数。
8. 用于控制功率变换的设备,包括:
桥控制器,所述桥控制器用于(1)基于谐振变换器中的电压转换来计算电压比;(2)将所述电压比和阈值相比较;以及(3)独立于所述谐振变换器的开关频率,基于所述电压比是否满足所述阈值控制来自所述谐振变换器的功率输出。
9. 如权利要求 5 所述的设备,其中所述电压比是所述谐振变换器的输入电压与所述谐振变换器的输出电压的比率。
10. 如权利要求 8 所述的设备,其中控制所述功率输出包括将桥作为全 H 桥或者半 H 桥操作。
11. 如权利要求 10 所述的设备,其中当所述电压比超过所述阈值时所述桥作为所述半 H 桥操作。
12. 如权利要求 10 所述的设备,其中所述桥控制器在将所述桥在所述全 H 桥与所述半 H 桥之间转换时,控制所述谐振变换器的谐振电路的元件的充电。
13. 如权利要求 12 所述的设备,其中所述充电通过调制所述桥的占空比控制。
14. 如权利要求 8 所述的设备,其中所述阈值为 $(5/3) * (N1/N2)$,其中 N1 是所述谐振变换器的变压器的初级绕组的匝数,而 N2 是所述变压器的次级绕组的匝数。
15. 如权利要求 8-14 中任一项所述的设备,还包括光伏(PV)模块,所述光伏模块耦合至所述谐振变换器,用于向所述谐振变换器提供 DC 输入。

用于控制谐振变换器输出功率的方法和设备

技术领域

[0001] 本公开的实施方式大致涉及功率变换,并且具体地涉及控制谐振变换器中的功率变换。

背景技术

[0002] 谐振变换器提供很多相对于其它类型功率变换器的优点。这些优点可以包括低噪音、低元件应力、低元件数量、以及可预见的传导为主的损耗。因而谐振变换器可以是比其它类型变换器更小、成本更少、而且更有效率的设备。

[0003] 在一些谐振变换器中,全H桥将DC输入电压变换至作为对谐振回路的输入。通常,H桥以回路的谐振频率或者近似回路的谐振频率操作。但是,对于变换器的可用输入电压和/或输出电压要求的变化可能需要H桥操作频率从谐振频率转移以控制变换器的输出功率流。因为操作频率增大,所以对H桥开关的开关损耗增大并且降低变换器的效率。

[0004] 因而,在本领域中需要有效地控制谐振变换器的输出功率的方法和设备。

发明内容

[0005] 本发明的实施方式大致涉及用于控制功率变换的方法和设备。在一个实施方式中,该方法包括:基于谐振变换器中的电压转换计算电压比;将该电压比与阈值相比较;以及独立于谐振变换器的开关频率,基于电压比是否满足阈值控制来自谐振变换器的功率输出。

附图说明

[0006] 因此上面提到的本发明的特征可被详细理解的方式、上面简要概括的本发明的更具体的描述可参考实施方式,其中一些实施方式在附图中示出。然而,注意,附图仅示出了本发明的典型实施方式,并且因此不被认为是限制本发明的范围,对于本发明,可承认其它等效的实施方式。

[0007] 图1是根据本发明的一个或多个实施方式的谐振变换器的框图;

[0008] 图2是根据本发明的一个或多个实施方式的桥控制器的框图;

[0009] 图3是用于调制来自根据本发明的一个或多个实施方式的谐振功率变换器的输出功率的方法的流程图;以及

[0010] 图4是使用本发明的一个或多个实施方式的用于功率变换的系统的框图;

具体实施方式

[0011] 图1是根据本发明的一个或多个实施方式的谐振变换器100的框图。该框图仅描绘了无数种可能的系统配置的一种变型。本发明可在多种发电环境和系统中工作。

[0012] 谐振变换器100是DC-DC变换器,包括耦合在电感器116、电容器118、和变压器106的初级绕组106p的串联组合的两端的桥102。桥102是全H桥,包括开关120-1、120-2、

122-1、和 122-2（例如，n 型金属氧化物半导体场效应晶体管，或 MOSFET），这些开关被设置成使得开关 120-1/120-2 和开关 122-1/122-2 分别形成 H 桥的第一对角和第二对角。开关 120-1、120-2、122-1、和 122-2 中每个的门接线端和源接线端都耦合至桥控制器 114，用于可操作地控制开关。在其它实施方式中，开关 120-1、120-2、122-1、和 122-2 可以是任何其他合适的电子开关，诸如绝缘栅双极型晶体管（IGBT）、双极结型晶体管（BJT）、p 型 MOSFET、门极可关断晶闸管（GTO）等。

[0013] 桥 102 的第一输出端耦合在开关 120-1 与 122-2 之间，并且还耦合至电容器 116 的第一端。电容器 116 的第二端耦合至电感器 118 的第一端，而电感器 118 的第二端耦合至初级绕组 106P 的第一端。电感器 116 和电容器 118 形成具有 100 千赫（kHz）或者接近 100 千赫（kHz）的谐振频率的串联谐振电路 104；例如，电感器 116 可以是 5 微亨（ μH ）电感器，而电容器 118 可以是 500 毫微法（nF）电容器。在其它实施方式中，谐振电路 104 可以具有不同的谐振频率。在一些替代实施方式中，电感器 116 可以呈现为变压器 106 的漏电感而不是独立的电感器，从而减少谐振变换器 100 的总元件数量。在其它替代实施方式中，其它类型的谐振电路（例如，串联 LC、并联 LC、串并联 LLC、串并联 LCC、串并联 LLCC 等）可以在谐振变换器 100 在应用。

[0014] 初级绕组 106p 的第二端耦合至桥 102 的第二输出端，第二输出端耦合在开关 122-1 与 120-2 之间。此外，输入电压采样器 124 耦合在桥 102 的输入的两端并且耦合至控制器 114。

[0015] 桥 102 通常以 100 千赫（kHz）的开关频率操作，即，谐振电路 104 的谐振频率，并且能够根据至桥的 DC 电压源在例如从 60 伏至 600 伏特之间转换。在其它实施方式中，桥 102 可以在不同的开关频率操作。

[0016] 在变压器 106 的第二侧，次级绕组 106s 的第一端耦合至二极管 108 的阳极端。二极管 108 的阴极端耦合至谐振变换器 100 的第一输出端。中心抽头耦合至次级绕组 106s 并充当谐振变换器 100 的第二输出端。次级绕组 106s 的第二端耦合至二极管 110 的阳极端。二极管 110 的阴极端耦合至谐振变换器 100 的第三输出端。输出电压采样器 126 耦合至二极管 108 的阴极端、中心抽头、以及桥控制器 114。在一些实施方式中，AC 开关级（未示出）可以耦合至谐振变换器 100 的输出端，以将产生的 DC 电流变换至 AC 输出。

[0017] 在操作期间，桥 102 从 DC 电压源诸如一个或多个可再生能源（例如，光伏（PV）模块、风力农场、水电系统等）、电池、或任何合适的 DC 功率源接收输入电压 V_{in} 。桥控制器 114 以 100kHz 的频率交替地激活 / 禁用 H 桥对角（即， 180° 异相位）以生成桥输出电压 V_{br} ，桥输出电压 V_{br} 是双极方波。桥输出电压 V_{br} 导致流过谐振电路 104 和初级绕组 106p 的电流 I_r ，由此引起在次级绕组 106s 中的交流电流。变压器 106 可以是用于将电压从初级增大至次级的升压变压器（例如，对于由 PV 模块产生的 DC 输入，变压器 106 通常会升压变压器）或者可替代地是用于降低电压的降压变压器。变压器的类型取决于功率变换器的应用；例如，对于 DC 输入由一个光伏（PV）模块产生且输出是 AC 电源（电网）型电压的可再生应用，典型的匝数比将是 1:6。

[0018] 次级绕组 106s 产生频率为 100kHz 的近于正弦的电流波形 I_o ，然后电流波形 I_o 由二极管 108 和二极管 110 整流从而分别产生在谐振变换器 100 的第一输出端与第二输出端之间的输出电压 $+V_{out}$ 、以及在谐振变换器 100 的第三输出端与第四输出端之间的输出

电压 $-V_{out}$ 。电流波形 I_o 的振幅且由此通过谐振变换器 100 产生的输出功率由桥 102 的开关频率确定,并且能够通过适当地调整 H 桥的开关频率而增大或减小;即,输送至输出端 (V_{out}) 的电流(和功率)在信号频率离开谐振电路 104 的谐振频率时变化。

[0019] 桥控制器 114 操作开关 120-1、120-2、122-1、和 122-2 使得所希望的输出功率由谐振变换器 100 产生。在一些实施方式中,谐振变换器 100 从 PV 模块接收输入功率,桥控制器 114 可以操作 H 桥开关使得 PV 模块在最大功率点(MPP)偏置。

[0020] 输入电压采样器 124 对输入电压 V_{in} 采样并产生表示所采样输入电压的值(“输入电压样本”),而输出电压采样器 126 对输出电压 V_{out} 采样并产生表示所采样输出电压的值(“输出电压样本”)。在一些实施方式中,输入电压采样器 124 和输出电压采样器 126 可以分别在 1kHz 和 50kHz 的速率进行这种采样。在一些实施方式中,输入电压采样器 124 和输出电压采样器 126 中每个都包括用于产生数字形式样本的模数变换器(ADC)。

[0021] 输入电压采样器 124 和输出电压采样器 126 分别将输入电压样本和输出电压样本耦合至桥控制器 114。根据本发明的一个或多个实施方式,桥控制器 114 计算输入电压与输出电压的比率(即, V_{in}/V_{out}) 并将计算的电压比与阈值相比较。在一些实施方式中,该操作可以以与输出电压采样器 126 相同的采样速率(例如, 50kHz)进行。如果该电压比超过阈值,那么桥控制器 114 通过例如,禁用开关 122-1,激活开关 120-2,并且基于电流开关频率交替地操作开关 120-1 和 122-2 而有效地将桥 102 作为半 H 桥进行操作。可替代地,为了实现半 H 桥操作,桥控制器 114 可以适当地在桥 102 内激活 / 禁用开关的其它组合。通过将桥 102 作为半 H 桥进行操作,来自桥 102 的峰间输出电压在不需要改变桥 102 的操作频率的情况下从 $2V_{in}$ 降低至 V_{in} 。如果计算的电压比低于阈值,那么如前所述,桥控制器 114 将桥 102 作为全 H 桥进行操作。通过桥 102 在半 H 桥操作与全 H 桥操作之间的转换,谐振变换器 100 的输出功率能够有效地控制,同时使桥 102 中的开关损耗降至最低。在某些实施方式中,阈值可以使得 $V_{out}=0.6*V_{in}*(N2/N1)$,其中 $N1$ 和 $N2$ 分别是 106p 和 106s 的匝数。

[0022] 在一些实施方式中,为了减少瞬态效应,电容器 118 在桥 102 在半 H 桥操作与全 H 桥操作之间转换时可以以受控的方式进行充电或者放电;为了抑制偏置电压的瞬态振荡,这可以通过调制桥的占空比完成(有效地调制 DC 偏置电压)。例如,在全 H 桥操作期间,电容器 118 可以具有平均准零值,那么当桥操作转换至半 H 桥操作时,电容器 118 可以以受控方式充电至值 V_{in} 。这种控制可以在全 H 桥操作与半 H 桥操作之间的过渡期间完成;另外和 / 或可替代地,脉冲宽度可以在实际模式改变之前和 / 或之后调制。

[0023] 在一个或者多个替代性实施方式中,谐振变换器 100 可以交错两个或更多的功率和 / 或在多个操作模式之间转换。由谐振变换器 100 产生的能量可以由一个或多个装置使用和 / 或可以为以后使用而储存,例如,利用电池、加热的水、液压抽吸、水氢转换等。

[0024] 图 2 是根据本发明的一个或多个实施方式的桥控制器 114 的框图。桥控制器 114 包括均耦合至中央处理单元(CPU)202 的辅助电路 204 和存储器 206。CPU 202 可以包括一个或多个传统的可用微处理器或微控制器;可替代地, CPU 202 可包括一个或多个专用集成电路(ASIC)。辅助电路 204 是用于提升 CPU 202 的功能的已知电路。这种电路包括但不限于缓存、电源、时钟电路、总线、输入 / 输出(I/O)电路等。控制器 114 可以使用通用计算机实现,通用计算机在执行具体软件时变成用于执行本发明的各种实施方式的专用计算

机。

[0025] 存储器 206 可以包括随机存取存储器、只读存储器、可移动磁盘存储器、闪存、以及这些类型的存储器的各种组合。存储器 206 有时被称为主存储器,并且可部分地用作缓存存储器或缓冲存储器。存储器 206 一般存储操作系统(OS)208,如果有必要,其存储可由 CPU 能力支持的控制器 114 的操作系统(OS)208。在一些实施方式中,OS 208 可以是市场上可买到的若干操作系统中的一个,诸如但不限于 LINUX、实时操作系统(RTOS)等。

[0026] 存储器 206 可以存储多种形式的应用软件,诸如用于控制桥 102 的操作并执行与本发明相关的功能的桥控制模块 210。例如,桥控制器 114 执行桥控制模块 210 以基于输出功率要求调整桥开关频率高于或者低于标称的 100kHz 频率,从而计算电压比 V_{in}/V_{out} 、将电压比与阈值比较、以及基于电压比是否满足阈值而将桥 102 作为半 H 桥或全 H 桥操作。对于 PV 模块耦合在谐振变换器 100 的输入的实施方式,桥控制模块 210 可以确定用于在 PV 模块的 MPP 偏置 PV 模块的操作点并且相应地调整桥 102 的开关频率以达到 MPP 操作。关于由桥控制器 114 提供的功能性的更多细节在以下关于图 3 进行描述。

[0027] 存储器 206 可以另外存储用于存储谐振变换器 100 和 / 或本发明相关的操作的数据的数据库 212,诸如用于与电压比 V_{in}/V_{out} 进行比较的一个或多个阈值。

[0028] 在其它实施方式中,CPU 202 可以是微控制器,该微控制器包括用于存储控制器固件的内部存储器,控制器固件在执行时提供以下描述的关于图 3 的控制器功能。

[0029] 图 3 是用于调制来自根据本发明的一个或多个实施方式的谐振功率变换器的输出功率的方法 300 的流程图。方法 300 是桥控制器 114 的实施。

[0030] 谐振变换器是在其输入包括全 H 桥的 DC-DC 变换器(例如,谐振变换器 100 包括桥 102)。谐振变换器可以包括任何类型的谐振电路,例如,串联 LC、并联 LC、串并联 LLC、串并联 LCC、串并联 LLCC 等。在一些实施方式中,谐振变换器耦合至一个或多个可再生能源,诸如, PV 模块、风力农场、水电系统等,用于接收 DC 输入电压。此外或可替代地,谐振变换器可以耦合至一个或多个其它源的 DC 电源,诸如电池。

[0031] 在一个或多个替代实施方式中,谐振变换器可以包括耦合至 DC 输出端的 AC 开关级以将产生的 DC 输出转换为 AC 输出。由谐振变换器产生的能量可以由一个或多个装置使用和 / 或可以为以后使用而储存,例如,利用电池、加热的水、液压抽吸、水氢转换等。

[0032] 方法 300 于步骤 302 开始并进行至步骤 304。在步骤 304,谐振变换器桥基于输出功率要求以近似谐振电路的谐振频率(例如,100kHz)作为全 H 桥操作(例如,由桥控制器驱动,诸如桥控制器 114),以将 DC 输入电压 V_{in} 转换为 DC 输出电压 V_{out} 。在一些实施方式中,谐振变换器可以耦合至 PV 模块从而接收输入电压 V_{in} ,并且谐振变换器桥可以以某一频率操作使得 PV 模块在 MPP 点偏置。例如,桥控制器,诸如桥控制器 114,可以为实现 MPP 确定合适的操作频率并相应地操作桥。

[0033] 方法 300 进行至确定电压比 V_{in}/V_{out} 的步骤 306。谐振变换器可以包括用于采样输入电压和输出电压的电压采样器(例如,输入电压采样器 124、输出电压采样器 126)并且生成指示采样电压(“电压样本”)的值。在一些实施方式中,输入电压采样器和输出电压采样器可以分别以 1kHz 和 50kHz 的速率执行这种采样。然后电压样本可以用于,例如在桥控制器,计算电压比 V_{in}/V_{out} 。

[0034] 方法 300 进行至步骤 308,在步骤 308,将计算的电压比 V_{in}/V_{out} 例如由桥控制器

与阈值相比较。在一些实施方式中,电压比可以以与输出电压采样器采样输出电压的速率(例如,50kHz)相同的速率确定并与阈值相比较。在步骤 310,确定电压比 V_{in}/V_{out} 是否超过阈值。如果电压比 V_{in}/V_{out} 未超过阈值,那么方法 300 返回步骤 304。如果电压比 V_{in}/V_{out} 超过阈值,那么方法 300 进行至步骤 312。

[0035] 在步骤 312,桥作为半 H 桥操作,而不是全 H 桥。例如,H 桥的一个开关(例如,开关 122-1)可以连续地禁用,而 H 桥的另一开关(例如,开关 120-2)连续激活,而剩下的开关(例如,开关 120-1 和 122-2)同步 180° 异相地操作。这种操作在不需要改变桥的操作频率的情况下将桥输出电压降低一半。

[0036] 在一些实施方式中,为了减少瞬态效应,在变换器的谐振电路中的一个或多个电容器可以在半 H 桥操作与全 H 桥操作之间转换时以受控的方式进行充电。例如,当以全 H 桥模式操作时,谐振电路 104 中的电容器 118 可以具有平均准零值。当从全 H 桥操作转换至半 H 桥操作时,那么电容器 118 可以以受控方式充电至值 V_{in} 以减少来自转换至半 H 桥操作的任何瞬态效应。为了抑制偏置电压的瞬态振荡,这可以通过调制桥的占空比完成(从而有效地调制 DC 偏置电压)。例如,在全 H 桥操作期间,电容器 118 可以具有平均准零值,那么当桥操作转换至半 H 桥操作时,电容器 118 可以以受控方式充电至值 V_{in} 。这种控制可以在全 H 桥操作与半 H 桥操作之间的过度期间完成;另外和/或可替代地,脉冲宽度可以在实际模式改变之前和/或之后调制。

[0037] 方法 300 进行至步骤 314,在步骤 314 决定是否继续操作谐振变换器。如果在步骤 314 决定继续操作,那么方法 300 返回步骤 306。如果在步骤 314 决定不再继续操作,那么方法 300 进行至该方法结束的步骤 316。

[0038] 图 4 是使用本发明的一个或多个实施方式的用于功率变换的系统的框图。该框图仅描绘出无数可以利用本发明的可能的系统配置和装置中的一个变型。本发明能够在任何需要谐振变换器从而将第一 DC 功率转换为第二 DC 功率的系统或装置中使用,诸如 DC-DC 变换器、DC-AC 变换器等。

[0039] 系统 300 包括多个功率变换器 402-1、402-2、402-3……402-N,共同被称为功率变换器 202;多个 DC 电源 404-1、404-2、404-3……404-N,共同被称为 DC 电源 404;控制器 406;总线 408;以及载荷中心 410。DC 电源 404 可以是任何用于提供 DC 功率的合适的 DC 源,诸如上一功率变换级的输出、电池、可再生能源(例如,太阳能板或光伏(PV)模块、风力涡轮机、水力发电系统、或类似的可再生能源)等。

[0040] 每个功率变换器 402-1、402-2、402-3……402-N 分别耦合至 DC 电源 404-1、404-2、404-3……404-N;在一些替代的实施方式中,多个 DC 电源 404 可以耦合至单一的功率变换器 402。功率变换器 402 通过总线 408 耦合至控制器 406。控制器 406 能够通过无线和/或有线通信与功率变换器 402 通信从而提供对功率变换器 402 的有效控制。功率变换器 402 通过总线 408 进一步耦合至载荷中心 410。

[0041] 功率变换器 402 将来自 DC 电源 404 的 DC 功率转换至输出功率;在一些实施方式中,该输出功率可以是 DC 输出功率(即,功率变换器 402 是 DC-DC 变换器),而在其它实施方式中,该输出功率可以是 AC 输出功率(即,功率变换器 402 是 DC-AC 变换器)。功率变换器 402 通过总线 408 将产生的输出功率耦合至载荷中心 410。然后产生的功率可以分配使用,例如分配至一个或多个装置,和/或产生的能量可以为以后使用而储存,例如,使用电池、

加热的水、液压抽吸、水氢转换等。在一些实施方式中,功率变换器 402 将 DC 输入功率转换至符合商业电网的 AC 功率并通过载荷中心将 AC 功率耦合至商业电网。

[0042] 功率变换器 402 中每个都包括在将 DC 输入功率转换为输出功率中使用的谐振变换器 100 (即,功率变换器 402-1、402-2、402-3……402-N 分别包括谐振变换器 100-1、100-2、100-3……100-N)。谐振变换器 100 如前所述地操作以将第一 DC 功率(即,DC 输入功率)转换为第二 DC 功率,其中谐振变换器的 H 桥基于谐振变换器的输入电压和输出电压的比率(即, V_{in}/V_{out})是否满足阈值而作为或者全 H 桥或者半 H 桥操作。

[0043] 本发明的实施方式的前面描述包括执行所描述的功能的多个执行所述各种功能的元件、设备、电路和 / 或组件。例如,桥 102 是用于从 DC 输入电压产生双极方波电压的装置的示例,而桥控制器 114 是用于以下操作的装置的示例,即:计算谐振变换器中关于电压转换的电压比;将电压比和阈值相比较;以及独立于谐振变换器的开关频率,基于电压比是否满足阈值控制来自谐振变换器的功率输出。这些元件、设备、电路和 / 或组件是分别用于执行其上述功能的装置的示例性实施。

[0044] 虽然前述是针对本发明的实施方式,但是可想到本发明的其它和进一步的实施方式而不背离本发明的基本范围,本发明的范围由下面的权利要求确定。

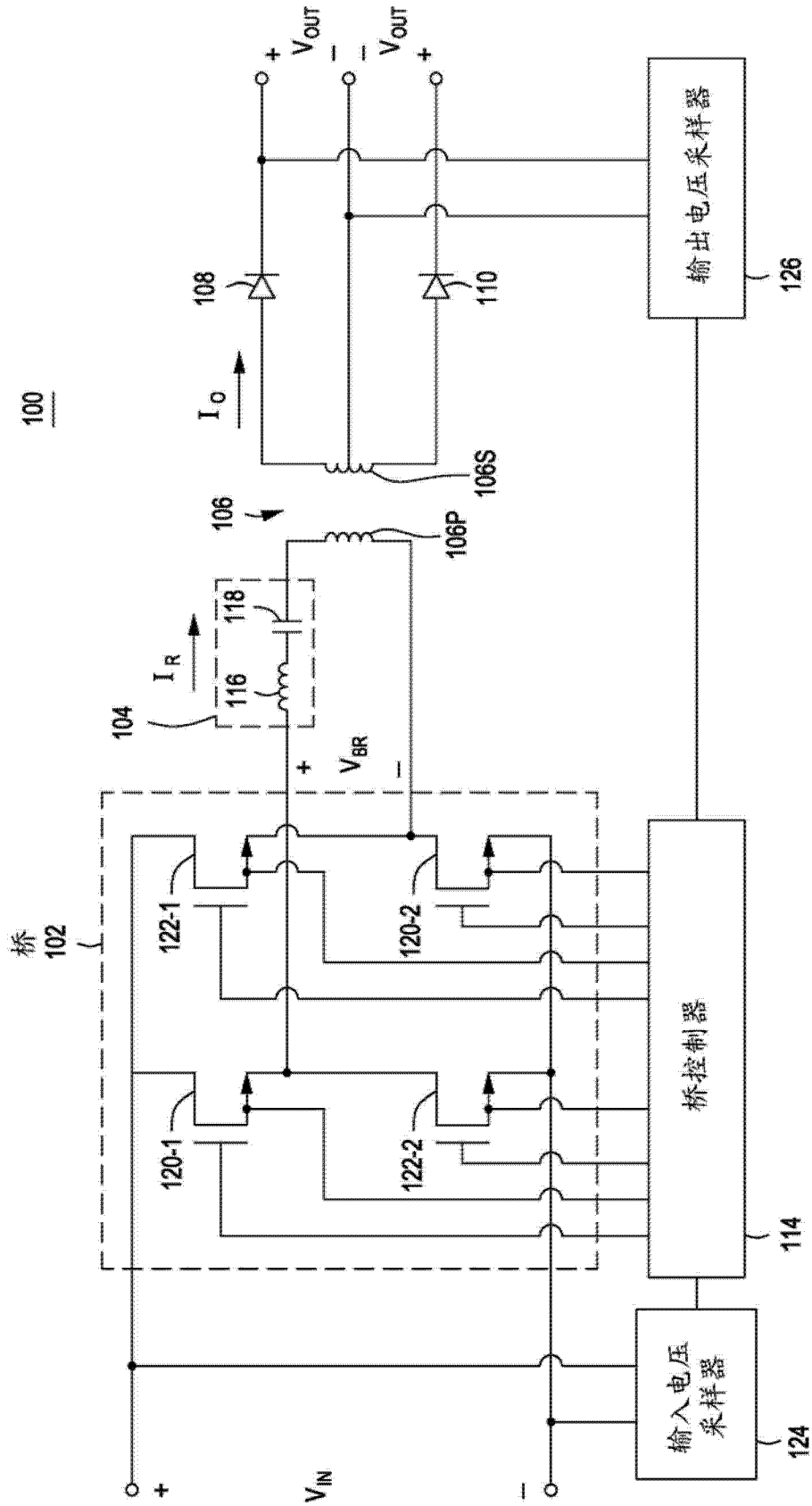


图 1

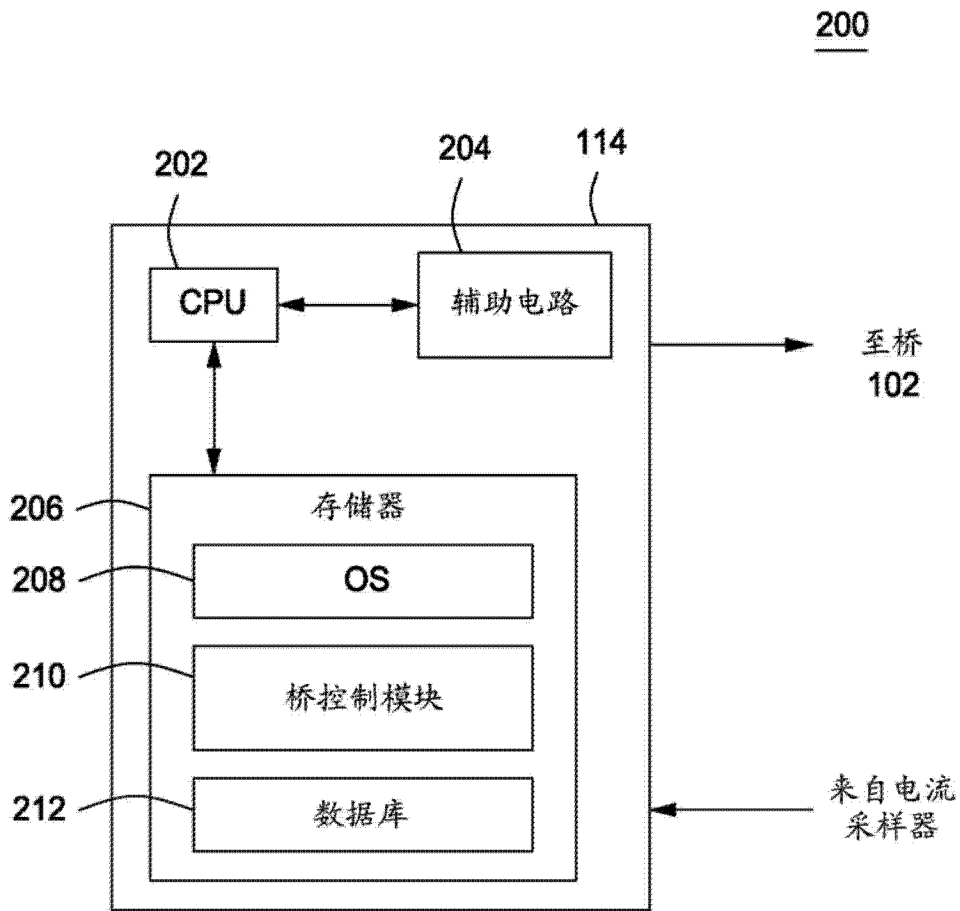


图 2

300

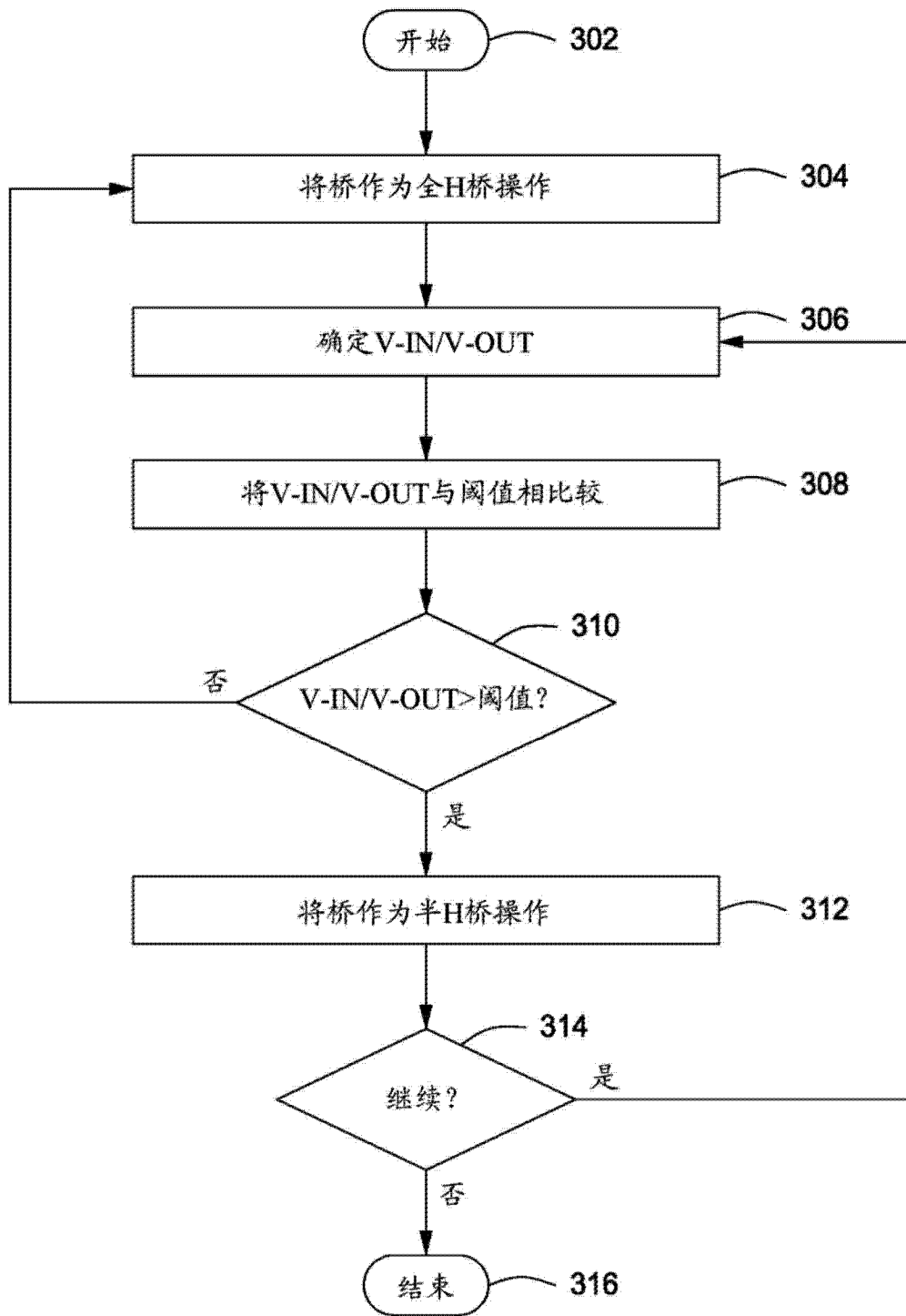


图 3

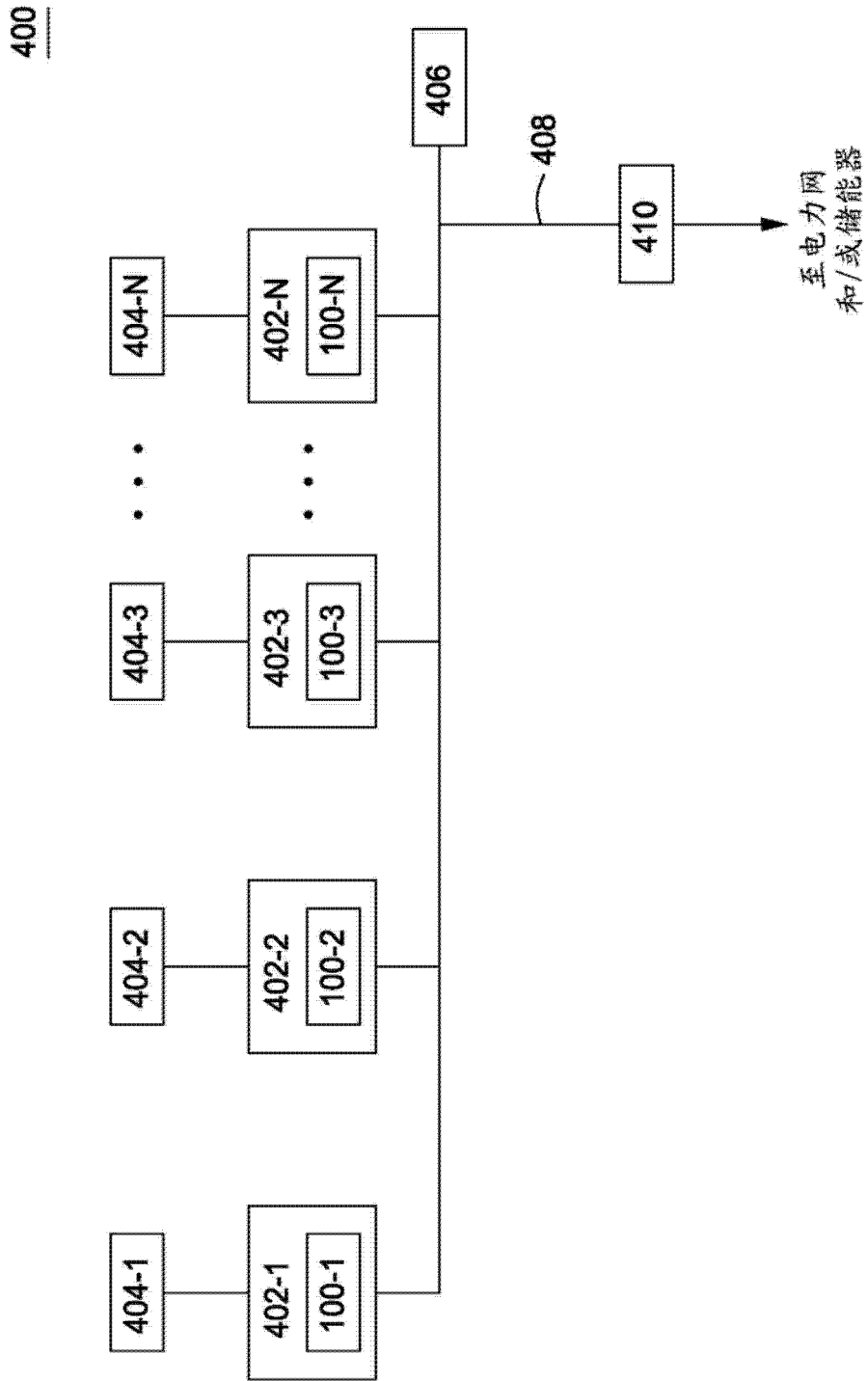


图 4