



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104753125 A

(43) 申请公布日 2015. 07. 01

(21) 申请号 201410800472. 5

(22) 申请日 2014. 12. 19

(30) 优先权数据

14/145, 371 2013. 12. 31 US

(71) 申请人 英飞凌科技奥地利有限公司

地址 奥地利菲拉赫

(72) 发明人 G·德伯伊

(74) 专利代理机构 北京市金杜律师事务所

11256

代理人 郑立柱

(51) Int. Cl.

H02J 7/00(2006. 01)

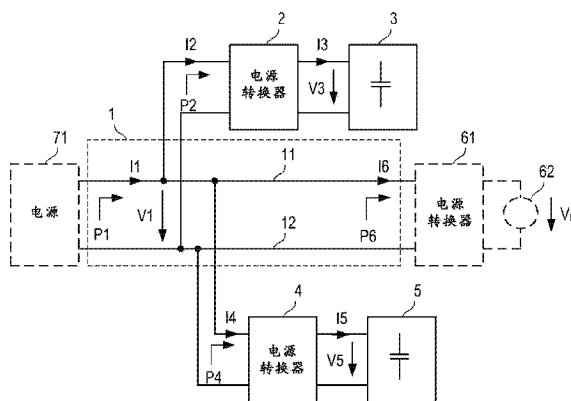
权利要求书3页 说明书16页 附图15页

(54) 发明名称

功率存储和供应系统

(57) 摘要

依照实施例,一种系统包括电源供应总线、第一电源转换器和第二电源转换器,该电源供应总线被配置为被耦接至电源,该第一电源转换器被耦接在电源供应总线和第一电荷存储设备之间,该第二电源转换器被耦接在电源供应总线和第二电荷存储设备之间。在该系统的第一运行模式中,第一电源转换器被配置为仅在充电模式和放电模式中的一个中运行,在充电模式中其对第一电荷存储设备进行充电,在放电模式中其对第一电荷存储设备进行放电,并且第二电源转换器被配置为在充电模式或放电模式中运行,在充电模式中其对第二电荷存储设备进行充电,在放电模式中其对第二电荷存储设备进行放电。



1. 一种系统,包括:

电源供应总线,其被配置为被耦接至电源;

第一电源转换器,其被耦接在所述电源供应总线和第一电荷存储设备之间;以及

第二电源转换器,其被耦接在所述电源供应总线和第二电荷存储设备之间;

其中在所述系统的第一运行模式中,所述第一电源转换器被配置为仅在对所述第一电荷存储设备进行充电的充电模式和对所述第一电荷存储设备进行放电的放电模式中的一种模式中运行,并且所述第二电源转换器被配置为在对所述第二电荷存储设备进行充电的充电模式或对所述第二电荷存储设备进行放电的放电模式中运行。

2. 如权利要求 1 所述的系统,

其中所述系统被配置为在一天中进入所述第一运行模式少于 10 次。

3. 如权利要求 1 所述的系统,

其中在所述第一运行模式中,所述第二电源转换器被配置为通过对所述第二电荷存储设备进行充电和放电中的一种来控制所述电源供应总线上的可用的总线电压。

4. 如权利要求 3 所述的系统,

其中在所述第一运行模式中,所述第二电源转换器被配置为

当所述总线电压降至第一电压阈值以下时,进入所述放电模式,并且

当所述总线电压降至第一电压阈值以下时,进入所述充电模式,并且

当所述总线电压升至第二电压阈值以上时,进入所述放电模式,所述第二电压阈值高于所述第一电压阈值。

5. 如权利要求 1 所述的系统,

其中在所述系统的第二运行模式中,所述第一电源转换器被配置为仅在所述放电模式下运行,并且所述第二电源转换器被配置为在所述充电模式或在所述放电模式中运行。

6. 如权利要求 5 所述的系统,

其中所述系统被配置为在一天中进入所述第二运行模式少于 5 次。

7. 如权利要求 5 所述的系统,

其中在所述第二运行模式中,所述第二电源转换器被配置为通过对所述第二电荷存储设备进行充电和放电中的一种来控制所述电源供应总线上的可用的总线电压。

8. 如权利要求 7 所述的系统,

其中在所述第二运行模式中,所述第二电源转换器被配置为

当所述总线电压升至第三电压阈值以上时,进入所述充电模式,并且

当所述总线电压降至第四电压阈值以下时,进入所述放电模式,所述第四电压阈值低于所述第三电压阈值。

9. 如权利要求 1 所述的系统,

其中在所述系统的第三运行模式中,所述第一电源转换器被停用,并且所述第二电源转换器被配置为以所述充电模式或以所述放电模式运行。

10. 如权利要求 9 所述的系统,

其中在所述第一运行模式中,所述第二电源转换器被配置为通过对所述第二电荷存储设备进行充电和放电中的一种来控制所述电源供应总线上的可用的总线电压。

11. 如权利要求 1 所述的系统,

其中所述系统被配置为根据被从下列项组成的组中选择的至少一个参数进入所述第一运行模式：

时间；以及

所述电源供应总线上的可用电压。

12. 如权利要求 1 所述的系统，

其中在所述第一运行模式中，所述第一电源转换器被配置为以恒定电流模式或以恒定电压模式对所述第一电荷存储设备进行充电。

13. 如权利要求 1 所述的系统，进一步包括：

第三电源转换器，其被耦接至所述电源供应总线，并且被配置为被耦接至负载和电力网；以及

功率计，其被配置为被耦接在所述第三电源转换器和所述电力网之间，并且被配置为提供功率计信号。

14. 如权利要求 13 所述的系统，

其中在所述第一运行模式中，

所述第三电源转换器被配置为控制所述电源供应总线上可用的总线电压，以及

所述第二电源转换器被配置为基于所述功率计信号对所述第二电荷存储设备进行充电和放电中的一种。

15. 如权利要求 14 所述的系统，

其中所述第二电源转换器被进一步配置为基于电源阈值电平，对所述第二电荷存储设备进行充电和放电中的一种。

16. 如权利要求 15 所述的系统，

其中所述电源阈值电平基于所述第二电荷存储设备的充电状态。

17. 如权利要求 14 所述的系统，

其中所述系统被配置为基于预定义的计时方案进入所述第一运行模式。

18. 如权利要求 1 所述的系统，

其中所述第一电源转换器包括多个转换器级的级联，所述多个转换器级中的每一个包括输入端和输出端，

其中所述第一电荷存储设备包括多个存储单元，每个存储单元被与所述多个转换器级中的一个转换器级的所述输出端耦接。

19. 如权利要求 1 所述的系统，

其中所述第一电荷存储设备是第一类型电荷存储设备，并且所述第二电荷存储设备是第二类型电荷存储设备，所述第二类型电荷存储设备不同于所述第一类型电荷存储设备。

20. 如权利要求 19 所述的系统，

其中所述第一电荷存储设备具有比所述第二电荷存储设备低的功率密度。

21. 如权利要求 19 所述的系统，

其中所述第一电荷存储设备包括被从以下项组成的组中选择的至少一种蓄能器：

铅酸蓄能器；以及

锂离子蓄能器。

22. 如权利要求 14 所述的系统，

其中所述第二电荷存储设备包括超级电容器。

23. 一种方法,包括:

在系统的第一运行模式中,仅以对第一电荷存储设备进行充电的充电模式和对所述第一电荷存储设备进行放电的放电模式中的一种模式来运行第一电源转换器,所述第一电源转换器被耦接至电源供应总线,以及

在所述第一运行模式中,以对第二电荷存储设备进行充电的充电模式或对所述第二电荷存储设备进行放电的放电模式来运行第二电源转换器,所述第二电源转换器被耦接至所述电源供应总线。

功率存储和供应系统

技术领域

[0001] 本发明的实施例涉及系统，具体地涉及功率存储和供应系统。

背景技术

[0002] 使用可持续能源（例如，太阳能发电厂或风力发电厂）的电力供应系统，普遍地独立于功率消耗者的需要提供能量。因此，当能量消耗较低和能源的生成高时可存在过量的能量，而且当能量的消耗高和能量的生成较低时缺乏能量。例如，太阳能发电厂通常分别地在中午时提供最大功率，此时家庭中的功率消耗是相对低的（因为电光源并不被需要），并且在晚上时显著地供应较少的电力或无电力供应，此时功率消耗可能很高。因此，在由可持续能源提供电能的情况下，主要问题之一是过量能量的存储。

发明内容

[0003] 一个实施例涉及系统。该系统包括电源供应总线、第一电源转换器和第二电源转换器，该电源供应总线被配置为被耦接至电源，该第一电源转换器被耦接在电源供应总线和第一电荷存储设备之间，该第二电源转换器被耦接在电源供应总线和第二电荷存储设备之间。在该系统的第一运行模式中，第一电源转换器被配置为仅在充电模式和放电模式中的一个中运行，在充电模式中其对第一电荷存储设备进行充电，在放电模式中其对第一电荷存储设备进行放电，并且第二电源转换器被配置为在充电模式或放电模式中运行，在充电模式中其对第二电荷存储设备进行充电，在放电模式中其对第二电荷存储设备进行放电。

[0004] 另一个实施例涉及一种方法。该方法包括在系统的第一运行模式下运行第一电源转换器，该第一电源转换器仅在充电模式和放电模式中的一个中被耦接至电源供应总线，在充电模式中其对第一电荷存储设备进行充电，在放电模式中其对第一电荷存储设备进行放电，并且在该第一运行模式下运行第二电源转换器，该第二电源转换器在充电模式或放电模式中被耦接至该电源供应总线，在充电模式中其对第二电荷存储设备进行充电，在放电模式中其对第二电荷存储设备进行放电。

附图说明

[0005] 示例将在下文中参考附图进行说明。附图用于说明特定的原理，从而仅对于理解这些原理必须的方面被示出。附图不一定是按比例示出的。在附图中，相同的附图标记表示类似特征。

[0006] 图 1 示意性地示出了在一天之内可持续能源的功率生成和功率消耗；

[0007] 图 2 示出了功率存储和电力供应系统的一个实施例，该系统包括电源供应总线、第一电源转换器和第二电源转换器；

[0008] 图 3A-3C 示出了说明整个功率生成、整个功率消耗和由第一电源转换器和第二电源转换器所接收 / 提供的功率的时序图；

[0009] 图 4 示出了说明在第一运行模式下,第一电源转换器和第二电源转换器的运行的一个实施例的状态图;

[0010] 图 5 示出了总线参考电压与第一阈值电压和第二阈值电压之间的关系;

[0011] 图 6 示出了说明在第二运行模式下,第一电源转换器和第二电源转换器的运行的一个实施例的状态图;

[0012] 图 7 示出了总线参考电压与第三阈值电压和第四阈值电压之间的关系;

[0013] 图 8 示出了说明在第三运行模式下,第一电源转换器和第二电源转换器的运行的一个实施例的状态图;

[0014] 图 9 示出了总线参考电压与第五阈值电压和第六阈值电压之间的关系;

[0015] 图 10 示出了第一运行模式、第二运行模式和第三运行模式之间的过渡的一个实施例;

[0016] 图 11 示出了第一运行模式、第二运行模式和第三运行模式之间的过渡的一个实施例;

[0017] 图 12 示出了第一运行模式、第二运行模式和第三运行模式之间的过渡的另一个实施例;

[0018] 图 13 示出了说明在充电模式下第一电源转换器的运行的一个实施例的时序图;

[0019] 图 14 示出了说明在放电模式下第一电源转换器的运行的一个实施例的时序图;

[0020] 图 15 示出了第一电荷存储设备的一个实施例;

[0021] 图 16 示出了第二电荷存储设备的一个实施例;

[0022] 图 17 示出了第一电源转换器的一个实施例;

[0023] 图 18 示出了第二电源转换器的一个实施例;

[0024] 图 19 示出了第一电源转换器的一个实施例;

[0025] 图 20 示出了第二电源转换器的一个实施例;

[0026] 图 21 示出了第一电源转换器的另一个实施例;

[0027] 图 22 示出了第二电源转换器的另一个实施例;

[0028] 图 23 示出了电源供应电路的另一个实施例;

[0029] 图 24 示出了用于在充电模式和放电模式下运行第一电源转换器的计时方案的一个实施例;

[0030] 图 25 示出了用于在充电模式和放电模式下运行第一电源转换器的计时方案的一个实施例;

[0031] 图 26 示出了用于在充电模式和放电模式下运行第一电源转换器的计时方案的一个实施例;

[0032] 图 27 示出了第三电源转换器电路的一个实施例;以及

[0033] 图 28 示出了电源供应器电路的另一个实施例。

[0034] 在下面的具体实施方式中,参考了附图。附图形成具体实施方式的一部分,并且以示例的方式示出了本发明可以被实施的特定实施例。应当理解的是在本文中所描述的各种实施例的特征可彼此结合,除非另有特别说明。

具体实施方式

[0035] 图 1 示出了功率生成和功率消耗场景的一个示例。具体地,图 1 示出了说明在一天之中(从 0:00 至 24:00)由可持续电源所生成的功率 PP 以及由消耗者(比如,私人家庭)从电力网中所消耗的功率 PC 的时序图。在图 1 所示的实施例中,可持续电源是例如太阳能发电厂,其仅能够在日出 t_{SR} 和日落 t_{SS} 之间供应功率。图 1 中的实线表示在其中有从日出 t_{SR} 直至日落 t_{SS} 的日照的场景。虚线表示在其中是多云或局部多云的场景,在此场景中,由电源提供的功率 PP 比在日照场景中要低。

[0036] 参考图 1,在清早和傍晚时,存在功率 PC 被消耗、但没有生成的功率 PP 的时段。并且在夜晚期间,功率 PC 被消耗,例如冰箱、空调、散热器等的运行。此外,存在时段(例如,在正午),电源所产生的功率 PP 比消耗者所消耗的要多。为了在电源不供应电功率的时段期间提供电功率,并且为了使用在每天在功率生成高于功率消耗的时间期间所产生的过量功率,亟需存储电功率(电能)。

[0037] 电能(其是电功率的时间积分)能够被存储在电荷存储设备中。基本上,存在两种类型的电荷存储设备,其在功率密度、能量密度和可能的充电周期/放电周期的最大数方面不同。功率密度定义存储设备可接收或提供的最大电功率和存储设备的体积之间的比(功率密度的单位通常被给出为 W/l(瓦特每升))。功率密度越高,在给定的存储设备体积时,越多功率能够被存储设备所提供/接收。能量密度定义存储设备可接收或提供的最大电能和存储设备的体积之间的比(功率密度的单位通常被给出为 Wh/l(瓦特时每升))。能量密度越高,在给定的存储设备体积时,越多能量能够被该存储设备所存储。充电周期/放电周期定义存储设备在所设定的退化作用之前可经历的充电周期/放电周期的数量,退化作用降低电容和/或降低存储能量的能力。

[0038] 基本上,具有高功率密度的存储设备具有相对低的能量密度,反之亦然。例如,双层电容器(超级电容器)具有高达 $1E5(10^5)$ W/l 的功率密度,但具有能量密度仅在 10Wh/l 和 20Wh/l 之间,然而锂离子电池具有低了 10 倍的功率密度仅达 $1E4$ W/l,但具有 40 倍高的能量密度高达 400Wh/l。甚至,铅酸蓄能器具有比双层电容器更高的能量密度。铅酸蓄能器的能量密度高达 90Wh/l,但是最大功率密度仅 900W/l。

[0039] 双层电容器具有比锂离子电池或铅酸蓄能器更高的充电周期/放电周期的最大数。目前,铅酸蓄能器比锂离子蓄能器更便宜,从而虽然铅酸蓄能器具有比锂离子蓄能器更低的功率密度和更低的能量密度,有应用中铅酸蓄能器被用来代替锂离子蓄能器。

[0040] 第一类型的电荷存储设备(比如,铅酸蓄能器或锂离子蓄能器)具有相对高的能量密度,但是不能够像第二类型的电荷存储设备(比如,超级电容器(超级电容, super cap))一样经常进行充电/放电。此外,该第二类型的电荷存储设备比第一类型的电荷存储设备具有更高的功率密度。

[0041] 图 2 示意性地示出了电力供应系统的一个实施例,该电力供应系统包括第一电荷存储设备 3 和第二电荷存储设备 5。根据一个实施例,第一电荷存储设备 3 是第一类型的电荷存储设备,并且第二电荷存储设备 5 是第二类型的电荷存储设备。因此,该系统能够利用两种类型的电荷存储设备的益处。在下文中,第一类型的第一电荷存储设备 3 将被简称为第一类型电荷存储设备,并且第二类型的电荷存储设备 5 将被简称为第二类型电荷存储设备 5。

[0042] 参考图 2,该系统进一步包括电源供应总线 1 电源供应总线 1 被配置为从电源

71(在图2中以虚线示出)接收电功率 P_1 ,并向负载供应电功率 P_6 。该负载可包括电源转换器(电源逆变器)61和电力网62,电力网62被耦接至电源转换器61的输出端。电源转换器61可以是常规电源转换器,能够从电源供应总线接收DC功率并向电力网62供应AC功率。电源供应总线1可包括第一供应线路11和第二供应线路12。第一供应线路11和第二供应线路12之间的电压 V_1 将在下文被称为总线电压 V_1 。在下文中,由电源供应总线从电源71接收的电流 I_1 将被称为输入电流,并且从电源供应总线1被提供给负载的电流 I_6 将被称为输出电流。

[0043] 参考图2,第一电源转换器2被耦接在电源供应总线1和第一存储设备3之间。即,第一电源转换器2的输入端被耦接至电源供应总线1,并且第一电源转换器2的输出端被耦接至第一存储设备3。第二电源转换器4被耦接在电源供应总线1和第二存储设备之间。即,第二电源转换器4的输入端被耦接至电源供应总线1,并且第二电源转换器4的输出端被耦接至第二类型存储设备5。

[0044] 在图2所示的系统中,电源供应总线1可仅从电源71接收功率,并且可仅向负载61、62供应功率。第一电源转换器2可从电源供应总线1接收功率以便对第一存储设备3进行充电,或者向电源供应总线1供电以便对第一类型存储设备3进行放电。在第一电源转换器2对第一类型存储设备3进行充电的第一电源转换器2的运行模式将在下文被称为充电模式,并且在第一电源转换器2对第一类型存储设备3进行放电的第一电源转换器2的运行模式将在下文被称为放电模式。在充电模式中,电流 I_2 从电源供应总线1流入第一电源转换器2之中,并且电流 I_3 (充电电流)从电源转换器2流入第一类型存储设备3之中。在放电模式中,电流 I_3 (放电电流)在与图2所表明的方向相反的方向上,从第一类型存储设备3流入电源转换器2之中,并且电流 I_2 从第一电源转换器2流入电源供应总线1之中。

[0045] 相同地,第二电源转换器4可从电源供应总线1接收功率以便对第二存储设备5进行充电,或者可向电源供应总线1供电以便对第二类型存储设备5进行放电。第二电源转换器4对第二类型存储设备5进行充电的第二电源转换器4的运行模式将在下文被称为充电模式,并且第二电源转换器4对第二类型存储设备5进行放电的第二电源转换器4的运行模式将在下文被称为放电模式。在充电模式中,电流 I_4 在图2所表明的方向上从电源供应总线1流入第二电源转换器4之中,并且电流 I_5 (充电电流)在图2所表明的方向上从第二电源转换器4流入第二类型存储设备5之中。在放电模式中,电流 I_5 (放电电流)在与图2所表明的方向相反的方向上,从第二类型存储设备5流入第二电源转换器4之中,并且电流 I_4 在与图2所表明的方向相反的方向上,从电源转换器4流入电源供应总线1之中。

[0046] 在图2所示的系统中,

$$[0047] \quad P_1 = P_2 + P_4 + P_6 \quad (1),$$

[0048] 其中 P_1 表示由电源供应总线从电源71所接收的功率 P_1 ,并且 P_6 表示从电源供应总线1向负载61、61所供应的功率。功率 P_1 由总线电压 V_1 乘以输入电流 I_1 给定,并且功率 P_6 由总线电压 V_1 乘以输出电流 I_6 给定。在方程式(1)中, P_1 和 P_6 是正的。

[0049] 此外,在方程式(1)中, P_2 表示第一电源转换器2的输入/输出功率,并且 P_4 表示第二电源转换器4的输入/输出功率。 P_2 由总线电压 V_1 乘以电流 I_2 给定,当第一电源

转换器 2 在充电模式中和从电源供应总线 1 接收功率时 P2 是正的,并且当第一电源转换器 2 在放电模式中和向电源供应总线 1 供应功率时 P2 是负的。相同地, P4 由总线电压 V1 乘以电流 I4 给定,当第二电源转换器 4 在充电模式中和从电源供应总线 1 接收功率时 P4 是正的,并且当第二电源转换器 4 在放电模式中和向电源供应总线 1 供应功率时 P4 是负的。

[0050] 由电源供应总线 1 从电源 71 接收的功率 P1 可在一天之中根据参考图 1 所说明的所生成的功率 PP 而变化。由负载 61、62 所接收的功率 P6 可在一天之中根据参考图 1 所说明的功率消耗 PC 而变化。图 1 所示的曲线仅用于说明当可持续电源(能源)被采用时,功率生成 PP 和功率消耗 PC 很少匹配。功率产生生成 PP 和功率消耗 PC 的特定曲线可根据电源的特定类型和使用者(负载)的特定类型以不同方式变化。例如当电源包括风力发电厂时,功率甚至可以在晚上被生成,但仅在由足够风的时间时。

[0051] 在图 2 所示的系统中,在功率生成高于功率消耗时,第一存储设备 3 和第二存储设备 5 存储从电源供应总线所接收的电能,并且在功率消耗 PC 高于功率生成时,向电源供应总线 1 供能。这将参考图 3A 至图 3C 进行说明。

[0052] 图 3A 示出了在一天中由电源供应总线 1 从电源所接收的功率 P1 以及从电源供应总线 1 向负载 61、62 所供应的功率 P6 的时序图。功率 P1、P2 由外部实体被定义,外部实体即提供其能够提供的功率 P1 的电源 71 以及接收其需要的功率的负载 61、62。

[0053] 图 3B 示出了由电源供应总线 1 从电源 71 所接收的功率 P1 以及由电源供应总线 1 向负载 61、62 所供应的功率 P6 之间的差异 P1-P6。在图 3B 所示的示例中,当由电源供应总线 1 所接收的功率比由电源供应总线 1 所供应的多时,该差异 P1-P6 是正的,并且当负载 61、62 的功率消耗高于电源 71 的功率生成时,该差异 P1-P6 是负的。在存在过量功率 ($P1-P6 > 0$) 时,第一存储设备和第二存储设备 3、5 中的至少一个可存储能量。相应地,当功率消耗高于功率生成时,第一存储设备和第二存储设备 3、5 中的至少一个可向电源供应总线 1 供应能量。

[0054] 根据一个实施例,第一电源转换器 2 和第二电源转换器 4 运行第一存储设备 3 和第二存储设备 5,以使第一存储设备 3 比第二存储设备 5 具有更少的充电周期/放电周期。在本文中,“充电周期”表示各存储设备被充电的时间段,并且“放电周期”表示各存储设备被放电的时间段。根据一个实施例,第一电源转换器和第二电源转换器 2、4 运行第一存储设备和第二存储设备 3、5,以使在 24 小时中第一存储设备 3 具有最大值为 5 的充电周期/放电周期数(10 个整体周期,其中一个周期是充电周期或者放电周期)、3 个充电周期/放电周期(6 个整体周期)、2 个充电周期/放电周期(4 个整体周期),或甚至 1 个充电周期/放电周期(2 个整体周期)。

[0055] 图 3C 示出了说明一个实施例时序图,在该实施例中,第一类型存储设备 3 在 24 小时内具有仅 1 个充电周期(在第一时间 t1 和第二时间 t2 之间)和仅 1 个放电周期(在第三时间 t3 和第四时间 t4 之间)。具体地,图 3C 示出了功率 P2 的时序图,功率 P2 由第一电源转换器 2 从电源供应总线 1 接收并被用于对第一类型存储设备 3 进行充电,或由第一电源转换器 2 向电源供应总线 1 所供应并被从第一存储设备接收。在图 3C 所示的实施例中,当电源转换器 2 从电源供应总线 1 接收功率时,该功率 P2 是正的,并且当电源转换器 2 向电源供应总线 1 供电时,该功率 P2 是负的。图 3C 还示出了功率 P4,功率 P4 由第二电源转换器 4 从电源供应总线 1 接收并被用于对第二类型存储设备 5 进行充电,或由第二电源转

换器 4 向电源供应总线 1 所供应并被从第二存储设备 5 接收。在图 3C 所示的实施例中,当第二电源转换器 4 从电源供应总线 1 接收功率时,该功率 P_4 是正的,并且当第二电源转换器 4 向电源供应总线 1 供电时,该功率 P_4 是负的。

[0056] 在图 3C 所示的实施例中,在充电周期中由第二电源转换器 2 所接收的功率 P_2 被示为基本上恒定,并且由第二电源转换器 2 向电源供应总线所供应的功率 P_2 被示为基本上恒定。然而,这仅是示例,并仅用于说明的目的。在充电周期中,第二电源转换器 2 的功率消耗可根据第一类型存储设备 3 的特定类型和根据充电特性变化。相应地,在放电周期中,由第二电源转换器 2 向电源供应总线 1 供应的功率 P_2 可根据第一类型存储设备 3 的特定类型和根据所期望的放电特性变化。

[0057] 参考图 3C,第二存储设备 5 在 24 小时内具有数个充电周期 / 放电周期。在第一存储设备 3 既不被充电也不被放电的那些时期内,从而 $P_2 = 0$,当存在过量功率 ($P_1 - P_6 > 0$) 时,第一存储设备 5 被充电,并且当功率消耗高于功率生成 ($P_1 - P_6 < 0$) 时,第二存储设备 5 被放电。在 $P_2 = 0$ 的那些时期中,

[0058] $P_4 = P_1 - P_6$ (2)。

[0059] 即,第二电源转换器 4 平衡了差异 $P_1 - P_6$ 。在第一存储设备 3 的充电周期中,当 $P_1 - P_6 > P_2$ 时第二存储设备 5 被充电,并且当 $P_1 - P_6 < P_2$ 时其被放电。也就是说,可存在因为第一存储设备 3,而使得第二存储设备 5 被放电的时期。当 $|P_6 - P_1| < |P_2|$ 时在第一存储设备 3 的放电周期中,第二类型存储设备 5 被充电。图 2 中所示的系统可利用两种类型的存储设备的好处,也就是第一存储设备 1 的高功率密度和第二存储设备的经历多个充电周期 / 放电周期而不明显退化的能力。

[0060] 第一转换器 2 和第二周期 4 如何控制第一类型存储设备 3 和第二类型存储设备 5 的充电和放电的实施例将在下文中进行说明。

[0061] 图 4 示出了图 2 所示系统的状态图的一个实施例。图 5 示出了该系统的第一运行模式 110。第一运行模式 110 对应于第一存储设备 3 的充电周期。也即,第一类型存储设备 3 在第一运行模式 110 中一致被充电。在第一运行模式 110 中,第二存储设备 5 可如本文上述所说明的被充电或被放电。因此,第一运行模式 110 可包括两种不同运行模式(子模式)111、112。在运行模式 111 中,第一电源转换器 2 和第二电源转换器 4 处于充电模式中,以对第一类型存储设备 3 和第二类型存储设备 5 两者进行充电。在运行模式 112 中,第一电源转换器 2 处于充电模式中,以对第一类型存储设备 3 进行充电,并且第二电源转换器 4 处于放电模式中,以对第二类型存储设备 5 进行放电。可替换地,第一类型存储设备 3 可在第一运行模式 110 中一直被放电。

[0062] 根据一个实施例,在第一运行模式 110 中,系统根据总线电压 V_1 的电压水平在运行模式 111 和运行模式 112 之间切换。根据一个实施例,在第一运行模式 110 中,第二电源转换器 4 控制由第二电源转换器 4 所接收的或由第二电源转换器 4 所供应的功率 P_4 ,从而总线电压 V_1 的电压水平基本上恒定并且等于参考电压水平 V_{1_REF} 。根据一个实施例,参考电压水平从 380V 和 480V 之间的范围被选择。该参考电压水平可取决于被连接至电源供应总线的负载的类型。根据一个实施例,负载包括电力网,并且参考电压水平 V_{1_REF} 高于电力网电压 V_N 的最大电压水平。

[0063] 如果在第一电源转换器 2 和第二电源转换器 4 两者分别对存储设备 3、5 进行充电

的运行模式 111 中,由第一电源转换器 2 所接收的功率 P_2 高于电源供应总线 1 上的可用功率,第二电源转换器 4 不再能够通过第二类型存储设备进行充电而调节总线电压 V_1 。在此情况下,总线电压 V_1 必然会降低至参考电压 V_{1_REF} 以下。根据一个实施例,第一电源转换器 2 从充电模式切换至放电模式,从而当总线电压 V_1 的电压水平降至第一阈值电压 V_{th1} 以下时,该第一阈值电压 V_{th1} 在第一参考电压 V_{1_REF} 以下 ($V_{th1} < V_{1_REF}$),该系统从运行模式 111 切换至运行模式 112。如果第二电源转换器 4 处于放电模式中且电源供应总线上的可用功率变得高于由第一电源转换器 2 所接收到的功率 P_2 ,然后第二电源转换器 4 不能够通过对第二类型存储设备 5 进行放电而调节总线电压 V_1 。在此情况下,总线电压 V_1 的电压水平必然增加至参考电压 V_{1_REF} 以上。根据一个实施例,第二电源转换器 3 从放电模式切换至充电模式,从而当总线电压 V_1 的电压水平增加至第二阈值电压 V_{th2} 以上时,该第二阈值电压 V_{th2} 高于参考电压 V_{1_REF} ,该系统从运行模式 112 切换至运行模式 111。参考电压 V_{1_REF} 与第一阈值电压和第二阈值电压 V_{th1} 、 V_{th2} 的电压水平的实施例在图 5 中被示出。

[0064] 参考图 4,决定第二电源转换器 4 从充电模式切换至放电模式或者从放电模式切换至充电模式,是根据总线电压 V_1 的电压水平。根据一个实施例,仅总线电压 V_1 的瞬间电压水平在此决定中被考虑。根据另一个实施例,总线电压 V_1 的电压水平被滤过,并且在充电模式和放电模式之间切换的决定,是基于通过总线电压 V_1 的电压水平的滤波所获得的滤波信号。根据一个实施例,该滤波器具有 I 特性或 PI 特性。使用被滤波的总线电压 V_1 代替直接使用总线电压 V_1 可有助于防止总线电压 V_1 的电压尖峰错误地使第二电源转换器 4 在充电模式和放电模式之间切换。

[0065] 图 6 示出了在第二运行模式 120 中系统的运行的一个实施例。第二运行模式 120 对应于第一类型的存储设备 3 的放电周期。也即,第一类型的存储设备 3 在第二运行模式 120 中一至被放电。在第二运行模式 120 中,第二电源转换器 4 处于放电模式,以便对第二类型的存储装置 5 放电并向电源供应总线供应功率,或者处于充电模式,以便从电源供应总线接收功率并对第二类型的存储设备 5 充电。因此,在第二运行模式 120 中存在两种不同的运行模式(子模式)。在图 6 所示的运行模式 121 中,第一电源转换器 2 和第二电源转换器 4 两者均处于放电模式。在运行模式 122 中,第一电源转换器 2 处于放电模式,并且第二电源转换器 4 处于充电模式。

[0066] 根据一个实施例,在第二运行模式 120 中,第二电源转换器 4 被配置为通过对第二存储设备 5 进行充电或放电,控制总线电压 V_1 的电压水平为基本恒定并等于参考电压 V_{1_REF} 。根据一个实施例,第二电源转换器 4 根据总线电压 V_1 的电压水平在充电模式和放电模式之间切换。参考图 6,当总线电压 V_1 的电压水平增加至第三阈值电压 V_{th3} 以上时,第三阈值电压高于参考电压 V_{1_REF} ,第二电源转换器 4 可从放电模式切换至充电模式。当第一电源转换器 2 和第二电源转换器 4 均向电源供应总线 1 供电时,总线电压的 V_1 的电压水平可增加至第三阈值电压 V_{th3} ,但电源供应总线 1 上所需的功率低于由第一电源转换器 2 所提供的功率 P_2 。在此情况下,第二转换器 4 切换至充电模式,以从电源供应总线 1 接收过量的功率。相应地,当总线电压 V_1 的电压水平降至第四阈值电压 V_{th4} 以下时,电源转换器 4 可从充电模式切换至放电模式。当电源供应总线 1 上所需的功率高于由第二电源转换器 4 所提供的功率 P_2 时,总线电压 V_1 可降至第四阈值电压 V_{th4} 以下。参考电压 V_{1_REF} 与第三阈值电压和第四阈值电压 V_{th3} 、 V_{th4} 的电压水平的实施例在图 7 中被示出。

[0067] 根据一个实施例,第三阈值电压 V_{th3} 对应于第二阈值电压 V_{th2} ($V_{th2} = V_{th3}$), 并且第四阈值电压 V_{th4} 对应于第一阈值电压 V_{th1} ($V_{th1} = V_{th4}$)。

[0068] 参考图 8, 该系统还可以在第三运行模式 130 中运行, 在该模式中第一电源转换器 2 被停用 (关断), 并且第二电源转换器 4 处于充电模式或放电模式。在该第三运行模式 130 中, 第一电源转换器 2 既不接收功率也不向电源供应总线 1 供电。在此运行模式 130 中, 第二电源转换器 4 可通过对第二类型存储设备 5 进行充电或者放电, 调节总线电压 V_{1REF} 的电压水平。因此, 在第二运行模式中存在两种不同运行模式 (子模式)。在运行模式 131 中, 第二电源转换器 4 处于充电模式, 并且在运行模式 132 中, 第二电源转换器 4 处于放电模式。类似在第一运行模式 110 和第二运行模式 120 中, 第二电源转换器 4 可根据总线电压 $V1$ 的电压水平在充电模式和放电模式之间切换。根据一个实施例, 当总线电压 $V1$ 的电压水平降至第五阈值电压 V_{th5} 以下时, 第五阈值电压 V_{th5} 低于参考电压 V_{1REF} , 第二电源转换器 4 从充电模式变成放电模式。当由负载 61、62 所接收的功率 $P6$ 变成高于由电源 71 所供应的功率 $P1$ 时, 总线电压 $V1$ 的电压水平可在第三运行模式中降至第五阈值电压 V_{th5} 以下。当总线电压 $V1$ 的电压水平增加至第六阈值电压 V_{th6} 以上时, 第六阈值电压 V_{th6} 高于参考电压 V_{1REF} , 第二电源转换器 4 可从放电模式切换至充电模式。当由电源 71 所生成的功率 $P1$ 高于由负载 61、62 所接收的功率 $P6$ 时, 总线电压 $V1$ 可增加至第六阈值电压 V_{th6} 以上。

[0069] 该系统可以不同方式在第一运行模式 110、第二运行模式 120 和第三运行模式 130 之间切换。根据一个实施例, 该系统基于时间进入该运行模式 110、120、130。也即, 该系统可在预定时间时进入第一运行模式 110, 并可在预定时间时离开第一运行模式 110, 并且该系统可在预定时间时进入第二运行模式 120, 并可在预定时间时离开第二运行模式 120。例如, 该时间可根据日升和日落的时间被选择。

[0070] 图 10 示出了说明该系统基于时间的运行的状态图。参考图 10, 该系统在第一时间 $t1$ (还参见图 3A 至图 3C) 时进入第一运行模式 110, 并且在第二时间 $t2$ 时离开第一运行模式 110。此外, 该系统在第三时间 $t3$ 时进入第二运行模式 120, 并且在第四时间 $t4$ 时离开第二运行模式 120。在此实施例中, 该系统假定在第一运行模式和第二运行模式 110、120 之间的第三运行模式 130。

[0071] 根据图 11 所示的另一个实施例, 第二时间 $t2$ 对应于第三时间 $t3$, 从而系统直接从第一运行模式 110 切换至第二运行模式 120, 在该第一运行模式 110 中第一电源转换器 2 对第一存储设备 3 进行充电, 在该第二运行模式 120 中第一电源转换器 2 对第一存储设备 3 进行放电。

[0072] 根据图 12 所示的另一个实施例, 第一电源转换器 2 根据总线电压 $V1$ 的电压水平进入充电模式和放电模式中的至少一种。根据一个实施例, 当总线电压 $V1$ 的电压水平增加至第七阈值电压 V_{th7} 时, 第一电源转换器 2 进入充电模式, 这等价于该系统进入第一运行模式 110。根据一个实施例, 该第七阈值电压 V_{th7} 高于第二阈值电压 V_{th2} 、第三阈值电压 V_{th3} 和第六阈值电压 V_{th6} 。当比负载 61、62 和第一电源转换器 2 一起可从电源供应总线 1 中所抽取的, 电源 71 供应更多功率 $P1$ 时, 总线电压 $V1$ 可达到第七阈值电压 V_{th7} 。相应地, 当总线电压 $V1$ 的电压水平降至低于第八阈值电压 V_{th8} 时, 第一电源转换器 2 可进入放电模式。如下文所说明的, 该第八阈值电压 V_{th8} 低于第一阈值电压 V_{th1} 、第四阈值电压 V_{th4}

和第五阈值电压 V_{th5} 。当比电源 71 和第一电源转换器 2 一起可供应的, 负载 61、62 从电源供应总线 1 抽取更多的功率时, 总线电压 V_1 可降至第八阈值电压 V_{th8} 以下。

[0073] 根据一个实施例, 该系统在预定义的时期内停留在第一运行模式 110 中。也即, 第一类型存储设备 3 在预定义时期被充电。可替换地, 该系统停留在第一运行模式 110 中, 直至第一类型存储设备 3 两端的电压 V_3 已达到预定义阈值。相应地, 该系统在预定义的时期内停留在第二运行模式 120 中, 或者可停留在第二运行模式 120 中直至第一类型存储设备 3 两端的电压 V_3 已降至或低于预定义于阈值。

[0074] 除了时间和总线电压 V_1 , 其他参数可被用于决定进入第一模式和第二模式 110、120 中的一种。

[0075] 第一电源转换器 2 在充电模式中的一种运行方式在下文中参考图 13 进行说明。参考图 13, 第一电源转换器 2 可以恒定电流充电模式或恒定电压充电模式对第一类型存储设备 3 进行充电。在恒定电流充电模式中, 第一电源转换器 2 向第一存储设备 3 供应基本恒定的电流 I_3 。该充电电流 I_3 可导致第一类型存储设备 3 两端的电压增加。参考图 13, 当电压 V_3 达到参考电压水平 V_{3REF} 时, 第一电源转换器 2 可进入恒定电压充电模式。在此恒定电压充电模式中, 第一电源转换器 2 基本保持电压 V_3 的恒定, 这可导致充电电流 I_3 的减少。在该定电流充电模式中, 充电电流 I_3 的电流水平基本对应于参考电流水平

[0076] I_{3REF} , 同时电压 V_3 可变化。在恒定电压充电模式中, 电压 V_3 的电压水平基本对应于参考电压水平 V_{3REF} , 同时充电电流 I_3 可变化。根据一个实施例, 当充电电流 I_3 的电流水平减少至最小电流水平 I_{3MIN} 时, 第一电源转换器 3 停止对第一存储设备 3 的充电。

[0077] 参考图 14, 在放电模式中, 第一电源转换器 2 可以恒定电流放电模式或恒定电压放电模式运行。在恒定电流放电模式中, 第一电源转换器 2 对第一类型存储设备 3 进行放电, 从而放电电流 ($-I_3$) 的电流水平基本对应于参考电流水平 I_{3REF} 。在恒定电流放电模式中, 该参考电流水平 I_{3REF} 可对应于在恒定电流充电模式中的参考电流水平, 或可不同于在恒定电流充电模式中的参考电流水平。在恒定电压放电模式中, 第一电源转换器 2 对第一类型存储设备 3 进行放电, 从而电压 V_3 的电压水平基本保持在预定义电压水平 V_{3MIN} 。参考图 14, 在恒定电流放电模式中, 放电电流的电流水平基本恒定, 同时存储设备电压 V_3 的电压水平可变化。在恒定电压放电模式中, 存储设备电压 V_3 的电压水平基本恒定, 同时放电电流的电流可变化。根据一个实施例, 当放电电流的电流水平已达到预定义的最小电流水平时, 第一电源转换器 2 停止对第一存储设备 3 的放电。

[0078] 参考图 15, 第一类型存储设备 3 可包括被串联连接的多个存储单元 3_1 、 3_2 、 3_3 , 具有单个存储单元 3_1 - 3_3 的串联电路被耦接至第一类型存储设备 3 的输入端。相应地, 参考图 16, 第二类型存储设备 5 可包括被串联连接的多个存储单元 5_1 、 5_2 、 5_3 。

[0079] 第一电源转换器 2 和第二电源转换器 4 每个均能够本领域已知的常规电源转换器拓扑被实现, 特别是 DC/DC 电源转换器拓扑。为了说明的目的并且不将电源供应电路的实施例限制在具有特定电源转换器拓扑的第一电源转换器 2 和第二电源转换器 4, 图 17 和图 18 每个分别示出了第一电源转换器 2 和第二电源转换器 4 的一个实施例。图 16 中的电源转换器被实施为具有降压转换器拓扑的开关模式电源转换器。电源转换器 2 具有输入端 20_1 、 20_2 和输出端 20_3 、 20_4 , 输入端 20_1 、 20_2 被配置为被耦接至电源供应总线 1, 输出端 20_3 、 20_4 被配置为被耦接至第一存储设备 3。该电源转换器包括被串联连接的第一开关 21 和第二开

关 22, 其中具有第一开关 21 和第二开关 22 的串联电路被耦接在第一输入节点 20_1 和第二输入节点 20_2 之间。感应式存储元件 23 (比如, 扼流器 (choke)) 被耦接在该开关串联电流和第一输出节点 20_3 之间。第二输出节点 20_4 对应于在此实施例中的第二输入节点 20_2 。

[0080] 在充电模式中, 图 17 所示的电源转换器 2 以降压转换器运行,

[0081] 并且在放电模式中, 该电源转换器 2 以升压转换器运行。在该运行模式中的每个中, PWM (脉冲宽度调制) 控制器 24 以脉冲宽度调制 (PWM) 方式控制第一开关 21 和第二开关 22。该 PWM 控制器 24 接收电压信号 S_{V_3} 和电流信号 S_{I_3} , 该电压信号 S_{V_3} 代表的是在输出端 20_3 、 20_4

[0082] 处的存储设备电压 V_3 , 该电流信号 S_{I_3} 代表的是在输出端 20_3 、 20_4 处的电流 I_3 。参考在图 12 和图 13 的环境中所提供的说明, 在充电模式中和在放电模式中, PWM 控制器 24 可控制输出端 20_3 、 20_4 处的电流 I_3 或存储设备的电压 V_3 。在充电模式中, 电流 I_3 在图 16 所示的方向上流动, 在放电模式中, 电流 I_3 在相反的方向上流动。

[0083] 电流 I_3 和电压 V_3 中的每个能够通过适当地调整第一驱动信号和第二驱动信号 S_{21} 、 S_{22} 的占空比被控制, 该第一驱动信号和第二驱动信号 S_{21} 、 S_{22} 分部驱动第一开关 21 和第二开关 22。驱动第一开关和第二开关 21、22 包括多个时间上的后续的驱动周期。在充电模式中, 在每个驱动周期中, PWM 控制器 24 在接通期 (on-period) 内接通第一开关 21, 同时第二开关 22 关断。在此接通期内, 电能感应式地被存储在存储元件 23 中。在接通期结束时, 第一开关 21 关断并且第二开关 22 接通。在此时期中, 第二开关 22 充当续流元件, 其能够使存储元件 23 中先前所存储的能量被转移至其所被耦接至的输出端 20_3 、 20_4 和第一存储设备 3。每个驱动周期可持续预定义的时间段。电流 I_3 和电压 V_3 能够通过调节第一开关 21 的占空比被控制 (被调节)。该占空比由接通期的持续时间和一个驱动周期的持续时间之间的关系给定。

[0084] 在放电模式中, 电源转换器 2 充当升压转换器。在此运行模式中, 在每个驱动周期中, PWM 控制器 24 在接通期接通第二开关 22 同时第一开关 21 关断。在此接通期中, 电能被感应式地存储在存储元件 23 中。在接通期结束时, 第二开关 22 关断并且第一开关 21 被接通。在此时期中, 存储元件 23 中先前所存储的能量被分别转移至输入端 20_1 、 20_2 和电源供应总线 1。在此运行模式中, 电流 I_3 或电压 V_3 能够通过适当地控制第二开关 22 的占空比由 PWM 控制器 24 进行控制。

[0085] 在放电模式中在每个驱动周期中, 当第二开关 2 接通时或在其接通之前, 第一开关 21 关断。相应地, 在充电模式中, 在每个驱动周期结束时第二开关 22 关断, 该驱动周期结束时是在第一开关 21 被再次接通之前。

[0086] 图 18 示出了第二电源转换器 4 的一个实施例。在该实施例中, 第二电源转换器 4 被实施为具有降压转换器拓扑, 并且类似参考图 16 所说明的第一电源转换器 2, 其包括第一开关 41 和第二开关 42 和感应式存储元件 43, 第一开关 41 和第二开关 42 被耦接至具有第一输入节点 40_1 和第二输入节点 40_2 的输入端 40_1 、 40_2 , 存储元件 43 被耦接在开关串联电路的分接头 (tap) 和第一输出节点 40_3 之间。第二输出节点 40_4 对应于第二输入节点 40_2 。具有第一开关 41 和第二开关 42 的串联电路被耦接在第一输入节点 40_1 和第二输入节点 40_2 之间。

[0087] PWM 控制器 44 根据总线电压信号 S_{V_1} 控制第一开关 41 和第二开关 42。该总线电

压信号 S_{V1} 代表的是总线电压 $V1$ 。在充电模式中,也即当电源转换器 4 将功率从输入端 40_1 、 40_2 传输至输出端 40_3 、 40_4 时, PWM 控制器 44 根据总线电压信号 S_{V1} 控制第一开关 41 的占空比,以使总线电压 $V1$ 的电压水平对应于先前所说明过的参考电压水平 V_{1REF} 。在放电模式中,也即当电源转换器 4 将功率从输出端 40_3 、 40_4 (从第二存储设备 5) 转移至输入端 40_1 、 40_2 时, PWM 控制器 44 根据总线电压信号 S_{V1} 控制第二开关 42 的占空比,以使总线电压 $V1$ 的电压水平对应于本文先前所说明过的参考电压水平 V_{1REF} 。以先前所说明过的方式, PWM 控制器 44 根据总线电压 $V1$ 可在充电模式和放电模式之间切换。

[0088] 此外,第一电源转换器 2 和第二电源转换器 4 分别可提供用于电源供应总线 1 与第一电荷存储设备和第二电荷存储设备 3、5 之间的电流隔离。此电流隔离可在电源供应电路中有用,在电源供应电路中总线电压 $V1$ 分别地明显高于第一电荷存储设备 3 和第二电荷存储设备 5 的电压 $V3$ 和 $V5$ 中的一个 (比如,多于其 3 倍、多于其 5 倍,或者甚至多于其 10 倍)。

[0089] 在此情况下,第一电源转换器 2 和第二电源转换器 4 每个分别包括变压器或者用于电流隔离电源供应总线 1 与第一电荷存储设备和第二电荷存储设备 3、5 的其他装置。在此情况下,第一电源转换器 2 和第二电源转换器 4 中的每个能够被实施为具有如《软切换转换器拓扑、双向转换器拓扑、隔离 AC/DC 转换器拓扑的比较评价 (Comparative evaluation of soft-switching, bidirectional, isolated AC/DC converter topologies)》中 (页码 1067-1074) 的图 2a 和图 2b 所公开的拓扑,该论文在 2012 年 2 月 5 日至 9 日的第 27 届年度 IEEE 应用电力电子会议和博览会中由 Everts, J.、Krismer, F.、Van den Keybus, J.、Driesen, J.、Kolar, J. W. 公开,其通过全面地参考其整体在本文中被公开。也即,第一电源转换器 2 和第二电源转换器 4 中的每个能够被实施为具有如 Everts 等人的图 2a 和 2b 中所示的双有源电桥 (DAB) 拓扑。

[0090] 被实施为具有全桥-全桥 DAB 拓扑 (如 Everts 所公开的) 的第一电源转换器 2 的一个实施例在图 19 中被示出。应当注意的是,图 19 中所示出的电源转换器拓扑仅是示例。提供用于电流隔离的其他双向电源转换器拓扑,特别是其他 DC/DC 电源转换器拓扑也可被使用。

[0091] 参考图 19,第一电源转换器 2 包括第一 (全) 桥电路 25,第一桥电路 25 包括两个半桥,每个半桥包括高侧开关 251、253 和低侧开关 252、254。桥电路 25 被连接在用于接收供应电压 $V1$ 的输入节点 20_1 、 20_2 之间。具有感应式存储元件 23 和变压器 26 的初级绕组 261 的串联电路被连接在该两个半桥的输出节点之间。输出节点是一个半桥的高侧开关 251、253 和低侧开关 252、254 的共同的电路节点。变压器 26 提供用于第一电源转换器 2 的输入端 20_1 、 20_2 和输出端 20_3 、 20_4 之间的电流隔离,并且包括感应地与初级绕组 261 耦接的次级绕组 262。具有两个半桥的第二桥电路 27 被耦接在次级绕组 262 和输出节点 20_3 、 20_4 之间,该两个半桥每个包括高侧开关 271、273 和低侧开关 272、274。该半桥中的每个包括输入端,该输入端是一个半桥的高侧开关 271、273 和低侧开关 272、274 的共同的电路节点。第一半桥的输入端 271、272 被连接至次级绕组 262 的第一端,并且第二半桥的输入端 273、274 被连接至次级绕组 262 的第二端。具有高侧开关 271、273 和对应的低侧开关 272、274 的串联电路被连接在输出节点 20_3 、 20_4 之间。

[0092] 图 19 中所示的桥电路 25、27 的开关 251-254、271-274 可被实施以包括与该开关

并联连接的整流器元件（续流元件）（比如二极管）。该开关能被所述为常规的电子开关，比如，MOSFET（金属氧化物场效应晶体管）、IGBT（绝缘栅双极型晶体管）、JFET（结场效应晶体管）、HEMT（高电子迁移率晶体管）等。当开关 251-24 被实施为 MOSFET 时，该 MOSFET 的内部体二极管能够被用作整流器元件，从而不需要另外的整流器元件。

[0093] 参考图 19，控制电路 24 控制两个桥电路 25、27 的运行。对此，该开关中的每个均从控制电路 24 接收单独的驱动信号。该驱动信号在图 19 中被称为 S251-S254 和 S271-S274。在图 19 中，S25 表示由驱动电路 24 所提供以控制第一桥电路 25 的多个驱动信号，并且 S27 表示由驱动电路 24 所提供以控制第二桥电路 27 的多个驱动信号。

[0094] 根据一个实施例，第一桥电路 25 的单独开关 251-254 的接通和关断的计时是这样，从而当各开关两端的电压是 0 时，开关 251-254 中的至少一些被接通和 / 或关断。这被称为零电压开关 (ZVS)。

[0095] 图 19 中所示的第一电源转换器 2 能够被双向地运行。也即，电源转换器 2 能够被运行以从电源供应总线 1 向第一电荷存储设备 3 供电，或者从第一电荷存储设备 3 向电源供应总线 1 供电。

[0096] 图 20 示出了以全桥-全桥 DAB 拓扑被实现的第一电源转换器 4 的一个实施例，该全桥-全桥 DAB 拓扑对应于参考图 19 所说明的第一电源转换器 2 的拓扑。类似参考图 19 所说明的第一电源转换器 2，第二电源转换器 4 包括第一桥电路 45 和第二桥电路 47，第一桥电路 45 具有两个半桥，每个半桥包括高侧开关 451、453 和低侧开关 452、454，第二桥电路 47 具有两个半桥，每个半桥包括高侧开关 471、473 和低侧开关 472、474。具有感应式存储元件（比如，扼流器）和变压器 46 的初级绕组 461 的串联电路被耦接在第一桥电路 45 的半桥的输出端之间，并且变压器 46 的次级绕组 462 被耦接在第二桥电路 47 的半桥的输出端（输入端）之间。第一桥电路 45 的半桥被连接在第二电源转换器 4 的输入节点 40_1 、 40_2 之间，并且第二桥电路 47 的半桥被连接在第二电源转换器 4 的输出节点 40_3 、 40_4 之间。类似参考图 19 所说明的第一电源转换器 2，参考图 20 所说明的第二电源转换器 4 能够被双向地运行。

[0097] 图 21 示出了第一电源转换器 2 及其所被耦接至的第一存储设备 3 的另一个实施例。在此实施例中，第一电源转换器 2 包括多个转换器级 2_1 、 2_2 、 2_p ，其中该转换器级 2_1 、 2_2 、 2_p 中的每个具有被耦接至其的一个存储单元 3_1 、 3_2 、 3_p 。在图 21 中所示的存储单元 3_1 - 3_p 中的每个可包括被串联连接或被并联连接的多个子单元。在图 21 中所示的转换器级 2_1 - 2_p 中的每个可以以参考图 17 所说明的降压转换器拓扑被实施。可替换地，该转换器级 2_1 - 2_p 中的每个包括被耦接至该转换器级的输入端的输入电容器 25_1 - 25_p 。单个转换器级 2_1 - 2_p 是级联的。也即，单个电容器 25_1 - 25_p 被串联连接，其中具有单个输入电容器 25_1 - 25_p 的串联电路被耦接至电源供应总线 1。在具有第一电源转换器 2 和第一类型存储设备 3 的该布置中，转换器级 2_1 、 2_2 、 2_p 中的每个可在充电模式中独立地对各存储单元 3_1 - 3_p 进行充电。在放电模式中，该多个转换器级中的一个可充当主级 (master stage)，该主级定义各存储单元的放电电流。根据该由该主转换器级所定义的放电电流，其他转换器级对对应的存储单元进行放电。

[0098] 图 22 示出了第二电源转换器 4 及其所被耦接至的第二存储设备 5 的另外的实施例。类似图 21 中所示出的第一电源转换器 2，图 22 中所示的第二电源转换器 4 包括多个

转换器级 4_1 、 4_2 、 4_r ，其中该转换器级 4_1 、 4_2 、 4_r 中的每个均具有第一存储设备 5 的被耦接至该级的一个存储单元 5_1 、 5_2 、 5_r 。单个转换器级 4_1 – 4_r 可以以参考图 17 所说明的降压转换器拓扑被实施。可替换地，每个转换器级 4_1 – 4_r 包括输入电容器 45_1 、 45_2 、 45_r 。单个输入电容器 45_1 – 45_r 被串联连接。具有单个输入电容器 45_1 – 45_r 的串联电路被耦接至电源供应总线 1。在该第二电源转换器 4 中，该多个转换器级中的一个可充当主级，该主级根据总线电压 V1 定义各存储单元的充电电流 / 放电电流，以便控制（调节）总线电压 V1。根据该由该主转换器级所定义的充电电流 / 放电电流，其他转换器级对对应的存储单元进行充电 / 放电。

[0099] 图 23 示出了电源供应系统的另外的实施例。在该系统中，电源 62 表示提供交流的参考供应电压 V_n 的电力网。负载 71 被连接至电源转换器 61 的输出端和电力网 62，从而负载 71 能够由电源转换器 61 和电力网 62 两者供应。图 23 中所示的负载 71 可表示一个负载，或者可表示具有多个负载的负载布置。根据一个实施例，负载 71 表示在一个家庭、一栋建筑或甚至数栋建筑中的多个负载。在该系统中，能够有数个负载供应场景。

[0100] a. 负载 71 可仅从电源转换器 61 接收功率，其中电源转换器 61 可以或不额外地向电力网供应功率电力网。

[0101] b. 负载 71 可从电源转换器 61 和电力网 62 接收功率。

[0102] c. 负载 71 可仅从电力网 62 接收电源，其中电源转换器 61 可以或不额外地接收来自电力网的功率电力网并且向电源供应总线 1 供电。假如电源转换器可从电力网接收功率，那电源转换器 61 被配置为双向地运行。也即，电源转换器 61 被配置为从电源供应总线 1 接收功率（特别是直流 DC 功率），并且分别向负载 71 和电力网 62 供电（特别是交流 AC 功率），或者从电力网 62 接收功率（特别是 AC 功率），并且向电源供应总线 1 供电（特别是 DC 功率）。

[0103] 这可亟需保持来自电力网 62 的整个功率消耗尽可能的低，该功率消耗是由负载 71 和电源转换器 61 中的至少一个从电力网 62 所消耗的功率。根据一个实施例，功率计 72 被耦接在负载 71 和电力网 62 之间。功率计 72 被配置为提供功率计信号，该功率计信号表示流向电力网的功率或来自电力网的功率。功率计信号 72 表示功率水平和功率流的方向，该功率水平是流向电力网 62 或来自电力网 62 的功率的量，功率流的方向也即电力网 62 是否从电源转换器 61 接收功率，或者电力网是否向电源转换器 61 和负载 71 中的至少一个供电。

[0104] 根据一个实施例，第一电源转换器 2 和第二电源转换器 4 中的至少一个根据功率计信号 S72 运行。根据一个实施例，第三电源转换器 61 被配置，以通过适当地调节第三电源转换器 61 从电源供应总线 1 所接收的功率 P6，控制电源供应总线 1 上的供应电压 V1。在此实施例中，第一电源转换器 2 根据预定义的计时方案对第一电荷存储设备 3 进行充电或放电，并且第二电源转换器 4 根据功率计信号 S72 对第二电荷存储设备进行充电或放电。

[0105] “通过第一电源转换器 2 根据预定义的计时方案对第一电荷存储设备 3 进行充电或放电”可包括在预定义时期之内的至少一个充电周期和在预定义时期中的放电周期。图 24 示出了在 24 小时内包括在时间 t_1 和 t_2 之间的一个充电周期以及在时间 t_3 和 t_4 之间的一个放电周期的计时方案的一个实施例。根据一个实施例，在充电周期中，第一电源转换器 2 被配置为对第一电荷存储设备进行充电，直至第一电荷存储设备达到预定义充电状态。也即，当第一电荷存储设备 3 在充电周期中达到预定义充电状态时，第一电源转换器 2

可停止对第一电荷存储设备 3 的充电。“充电状态 (charge state)”由相对于能被存储的最大电荷量,第一电荷存储设备 3 中所存储的电荷量来定义。例如,当充电状态是 80%时,最大电荷量的 80%已被存储在电荷存储设备中。根据一个实施例,在放电周期中,第一电源转换器 2 被配置为对第一电荷存储设备充电,直至该第一电荷存储设备达到预定义充电状态。

[0106] 根据一个实施例,在 24 小时中存在两个或多个时间上隔开的充电周期,并且根据一个实施例,在 24 小时中存在两个或多个时间上隔开的放电周期。具有两个充电周期和一个放电周期的计时方案的一个实施例在图 25 中被示出。具有一个充电周期和两个放电周期的计时方案的一个实施例在图 26 中被示出。根据另一个实施例,在 24 小时中存在两个或多个充电周期和两个或多个放电周期。充电周期和放电周期可交错或可不交错。当其交错时,在两个连续的充电周期之间存在至少一个放电周期,或者在两个连续的放电周期之间存在至少一个充电周期。

[0107] 用于通过第一电源转换器 2 对第一电荷存储设备 3 进行充电/放电的计时方案可以是,在由电源提供的功率 P_1 高于由第三电源转换器 61 所接收的功率时期中,第一电荷存储设备 3 被充电,并且在由电源提供的功率 P_1 低于由第三电源转换器 61 所接收的功率时期中,第一电荷存储设备 3 被放电。该时期可基于以往所观察到的功率生成和功率消耗场景被设置。此外,该时期可基于一年中的时间和天气预报中的至少一个而变化。例如,充电周期在冬季中可比夏季中开始的较晚,并且放电周期在冬季中可比在夏季中开始的较早。例如,充电周期在预报预测多云的那些天中更短些。

[0108] “根据功率计信号 S72 对第二电荷存储设备进行充电或放电”可包括对第二电荷存储设备 5 进行充电或放电,以使由负载 71 从电力网 62 所接收到的功率在预定义功率阈值以下。这将在下文中进行说明。

[0109] 由负载 71 从电力网 62 所接收的功率由功率计信号 S72 表示。参考本文先前所提供的说明,第三电源转换器 61 可被配置为控制总线电压 V_1 。在此情况下,由第三电源转换器 61 分别向负载 71 和/或电力网 62 所提供的平均功率为以使总线电压 V_1 基本恒定。“由第三电源转换器 61 所提供的平均功率”是在交流的网电压 V_n 的至少一个周期之上的由第三电源转换器所提供的功率的平均值。当总线电压 V_1 基本恒定时,由第三电源转换器 61 所接收的平均功率 P_6 对应于输入功率 P_1 减去由第一电源转换器 2 所接收/提供的功率 P_2 和由第二电源转换器 4 所接收/提供的功率 P_4 。也即:

$$[0110] \quad P_6 = P_1 - P_2 - P_4 \quad (3),$$

[0111] 其中 P_2 是正的或负的取决于第一电源转换器 2 是否从电源供应总线接收功率(是否在充电模式中),或是否向电源供应总线供应功率(是否在放电模式中)。相应地, P_4 是正的或负的取决于第二电源转换器 4 是否从电源供应总线接收功率(处于充电模式中),或是否向电源供应总线供应功率(处于放电模式中)。

[0112] 输入功率 P_1 的功率水平取决于例如天气状况,并且由第一电源转换器 2 所接收/提供的功率时取决于在充电模式、放电模式中运行第一电源转换器或停用第一电源转换器 2 的计时方案。因此,类似在先前所说明的实施例中,电源供应总线 1 上的可用功率能够通过调节第二电源转换器 4 从电源供应总线 1 接收的或向电源供应总线供应的功率 P_4 而被改变。照此,由第三电源转换器 61 向电力网 62 所供应的功率能够被调节。这将在下文中

进行说明。

[0113] 以说明为目的,假定功率计信号 S72 表明被供应给电力网 62 的功率增加至预定功率阈值以上。这可出现,负载 71 的功率消耗增加并且由第三电源转换器所接收(和供应)的功率 P6 起先保持未被改变的时候,或者电源供应总线 1 上的可用功率增加,从而第三电源转换器 61 分别向负载 71 和电力网 62 供应更多功率的时候。随后可出现,输入功率 P1 增加的时候,或第一电源转换器开始从电源供应总线 1 接收更少功率或开始向电源供应总线 1 供应更多功率的时候。随着功率计信号 S72 表明被提供给电力网 62 的功率增加至预定义阈值以上,第二电源转换器可增加从电源供应总线 1 所接收的功率 P4 的功率水平,以减少在电源供应总线 1 上的可用功率。同样地,当功率计信号表明向电力网所供应的功率已降至预定义阈值以下时,第二电源转换器 4 可减少从电源供应总线所接收的功率 P4 的功率水平,或可甚至向电源供应总线 1 供应功率 P4。

[0114] 功率阈值可以是正的或负的。在第一情况下,功率被供应给电力网 62,在第二情况下,功率被从电力网接收。例如,如果预定义的功率阈值基本是 0,基本上没有功率被供应给电力网 62,并且基本上没有功率被从电力网接收。

[0115] 根据一个实施例,该功率阈值取决于第二电荷存储设备 5 的充电状态。例如,功率阈值随着第二电荷存储设备的充电状态的增加而增加,以允许随着充电状态的增加,更多的功率被供应给电力网 62,或更少的功率被从电力网 62 接收。相应地,功率阈值随着第二电荷存储设备的充电状态的减少而减少,以允许随着充电状态的减少,更少的功率被供应给电力网 62 或更多的功率被从电力网 62 接收。功率阈值可随着充电状态的增加/减少而连续地增加/减少,或可逐步地增加/减少。

[0116] 图 27 示出了第三电源转换器 61 的一个实施例,第三升压转换器 61 被配置为接收(DC) 总线电压 V1 并分别向负载 71 和电力网 62 供应电流 I7。该类型的电路在本领域中是公知的,并且仅在下文中简短地进行说明。本领域中已知类似的电路可被用来代替。

[0117] 在此电源转换器 61 中,电流 I7 可以与网电压 V_N 同相,或者在该电流与网电压 V_N 之间可存在预定义的相位移。参考图 27,第三电源转换器 61 包括具有两个半桥的桥电路 611,该两个半桥每个包括高侧开关 612、614 和低侧开关 613、615,并且每个被连接在第三电源转换器 61 的输入节点 610₁、610₂ 之间。输入节点 610₁、610₂ 被连接至电源供应总线 1,用于接收总线电压。第一半桥电路 612、613 的输出节点被耦接至第三电源转换器 61 的第一输出节点 611₁,并且第二半桥 614、615 的输出节点被耦接至第三电源转换器 61 的第一输出节点 611₂。开关中的每个可被实施为类似在上述的图 19 和图 20 中所公开的开关。

[0118] 至少一个感应式存储元件(比如,扼流器)被耦接在第一半桥和第二半桥中的一个的输出节点和各第一输出节点和第二输出节点 611₁、611₂ 之间。在图 27 所示的实施例中,第一感应式存储元件 616 被连接在第一半桥 612、613 和第一输出节点 611₁ 之间,并且第二感应式存储元件 618 被连接在第二半桥 614、615 和第二输出节点 611₂ 之间。然而,这仅是示例,该感应式存储元件中的一个将足够。

[0119] 参考图 27,控制电路基于表示网电压的网电压信号 S_{VN} 、表示输出电流的输出电流信号 S_{I7} 、表示总线电压 V1 的总线电压信号驱动开关 612-615。在图 27 中,参考符号(reference character) S611 表示桥电路 611 从控制电路接收的多个驱动信号 S612-S615。根据一个实施例,输出电流 I7 是具有例如正弦波形的交流电。根据一个实施例,在电流 I7

的正半波期间,控制电路以 PWM 方式运行第一半桥 612、613 的高侧开关 612 和低侧开关 613,从而在同一时间该开关中的仅一个被接通。在此运行模式中,第二半桥 614、615 的高侧开关 614 永久关断,并且第二半桥 614、615 的低侧开关 615 一直接通。在电流 I7 的负半波期间,控制电路以 PWM 方式运行第二半桥 614、615 的高侧开关 614 和低侧开关 615,从而在同一时间该开关中的仅一个被接通。在此运行模式中,第一半桥 612、613 的低侧开关 613 一直接通,并且第一半桥 612、613 的高侧开关 612 一直关断。控制电路 617 被配置为在第一半桥 612、613 的 PWM 模式中和第二半桥 614、615 的 PWM 模式中调节占空比,从而输出电流 I7 与网电压 V_n 是同相(或存在预定义相差)并且总线电压 V1 的电压水平被设置为预定义阈值电平。

[0120] 第一电源转换器 2 和第二电源转换器 4 在本文前文中被描述为电功率转换器。也即该电源转换器 2 将电力转换为功率。然而,这仅是示例。根据另一个实施例,第一电源转换器 2 和第二电源转换器 2、4 中的至少一个(必然,第一电源转换器)被配置为使用电功率合成燃料(比如,氢气或甲烷),并使用该燃料来生成电功率。

[0121] 图 24 示出了电源供应系统的一个实施例,在该电源供应系统中,第一电源转换器 8 被配置为,从电源供应总线 1 接收电功率并使用电功率 P2 和基础材料生成燃料,或者接收燃料并通过燃烧该燃料向电源供应总线 1 供应电功率 P2。该燃料可以是氢气,在此情况下基础材料是水。该燃料可被存储在存储装置 9(比如,燃料罐)中并从存储装置 9 中接收。与电功率转换器不同,电源转换器 8 内部可包括两个单独的转换器,也即用于合成燃料的一个转换器(比如,电解装置)以及用于燃烧燃料的一个转换器(比如,燃料单元)。

[0122] 虽然本发明的各种示例性实施例已被公开,但不脱离本发明的精神和范围,本领域的技术人员显然能够做出各种变化和修改,以达到本发明的优点中的一些。对于本领域的熟练技术人员而言,执行相同功能的其他部件可以被适当取代是显而易见的。应当提及的是,即使在未被明确提及的情况下,参考特定附图说明的特征可与其他附图的特征结合。此外,本发明的方法可使用适当的处理器指令在完全的软件实施中被实现,或者在利用硬件逻辑和软件逻辑的结合的混合实现中达到相同的结果。对本发明概念的此种修改旨在被所附权利要求涵盖。

[0123] 空间相关术语比如“在...之下 (under、below、lower)”、“在...之上 (over、upper)”等等,被用于简化描述,以解释一个元件相对于第二元件的定位。这些术语旨在涵盖除了图中所描述的不同方位之外的设备的不同方位。此外,术语比如“第一 (first)”、“第二 (second)”等等,也用于描述各自元件、区域、部分等,并且也并非意在限制。贯穿整个描述类似的术语指类似的元件。

[0124] 如本文所用,术语“具有 (having)”、“包括 (containing、including、comprising)”等是开放式术语,表示所陈述的元件或特征的存在,但并不排除其它的元件或特征。冠词“一 (a 或 an)”和“该 (the)”旨在包括复数以及单数,除非上下文另有明确说明。

[0125] 考虑到上述变化和应用的范围,应当理解的是,本发明既不由前述具体实施方式限制,也不由附图限制。相反,本发明旨在仅由权利要求及其等同物限制。

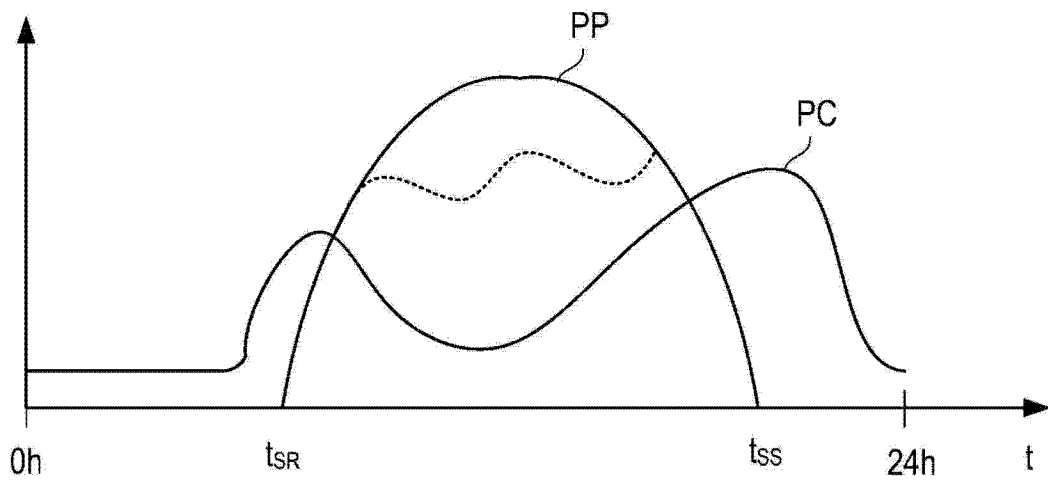


图 1

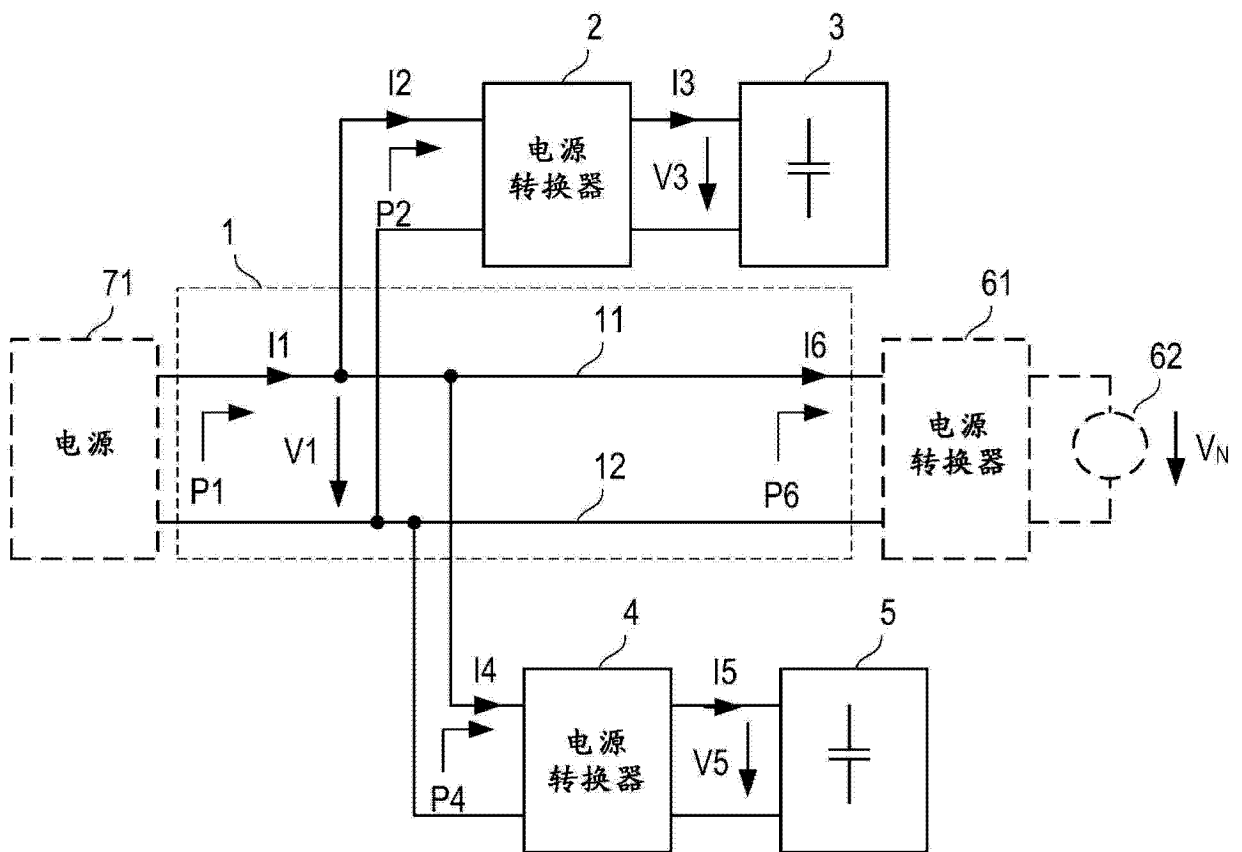


图 2

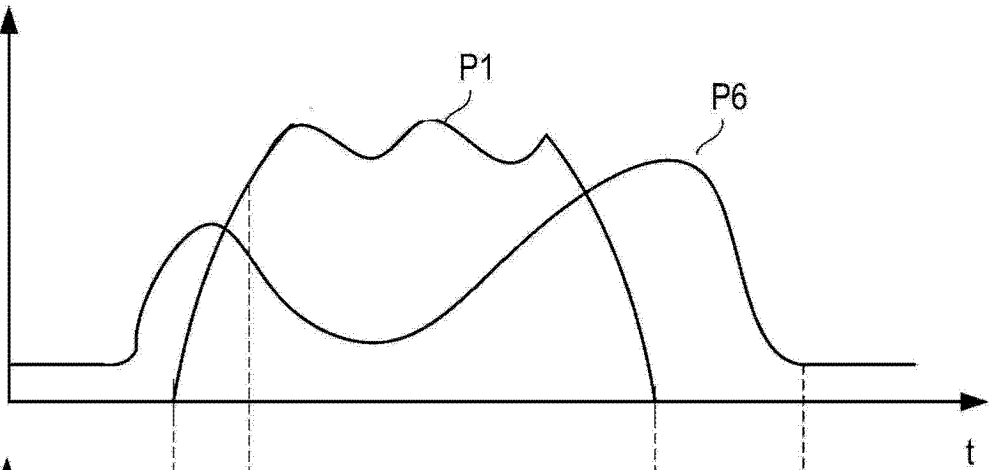


图 3A

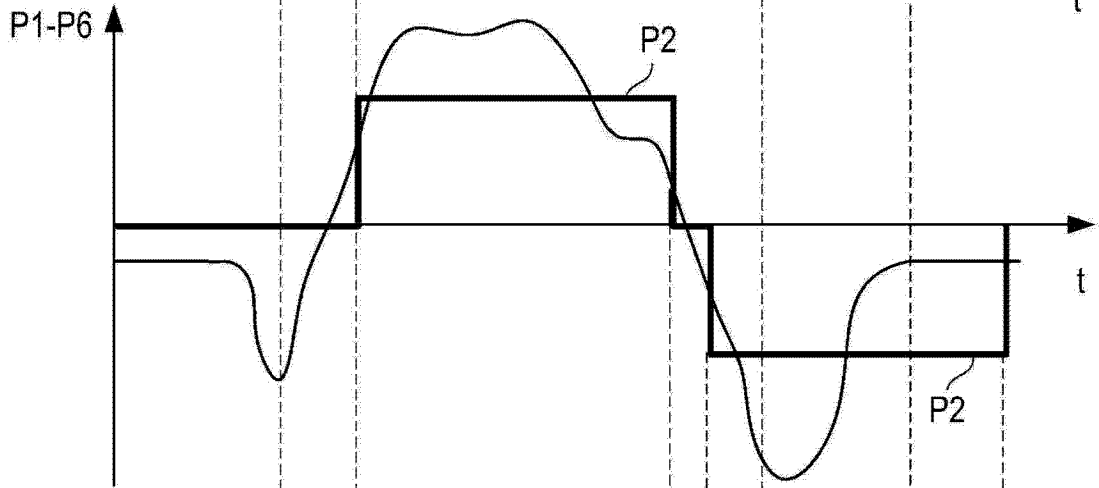


图 3B

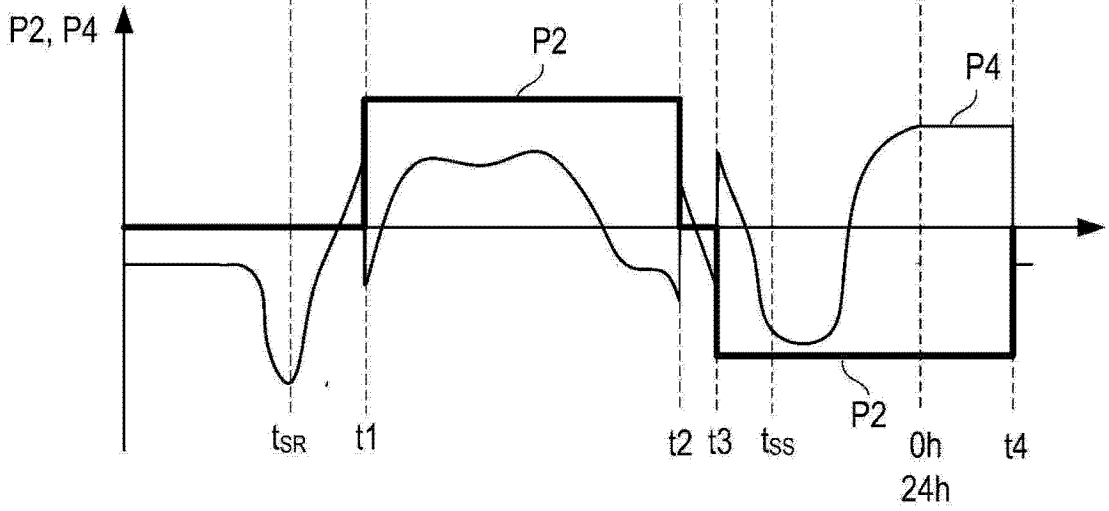


图 3C

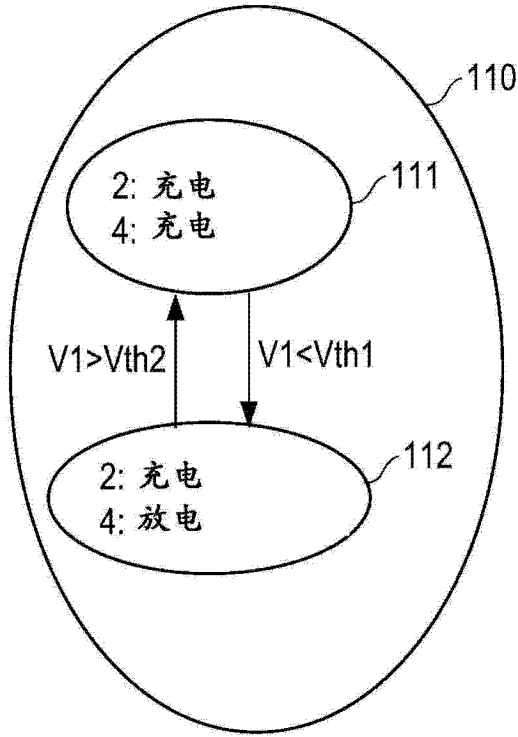


图 4

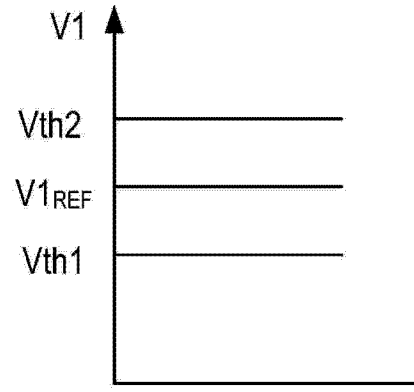


图 5

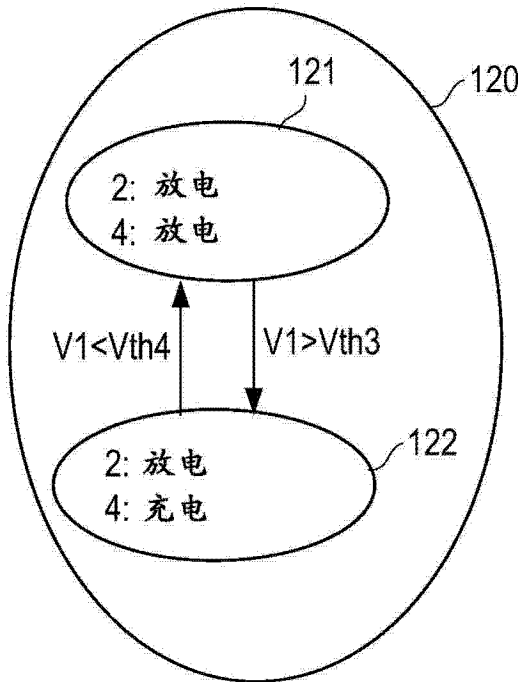


图 6

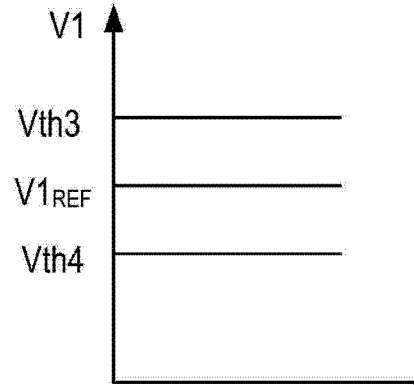


图 7

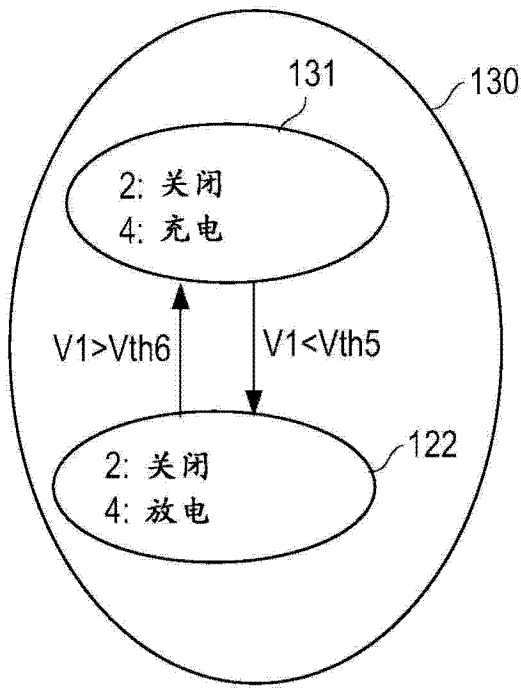


图 8

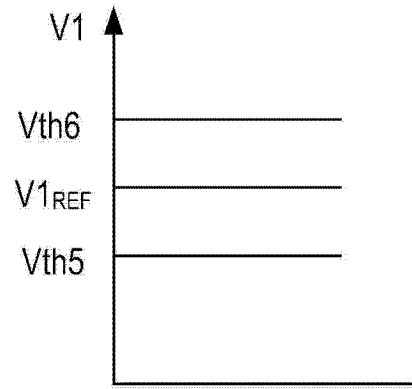


图 9

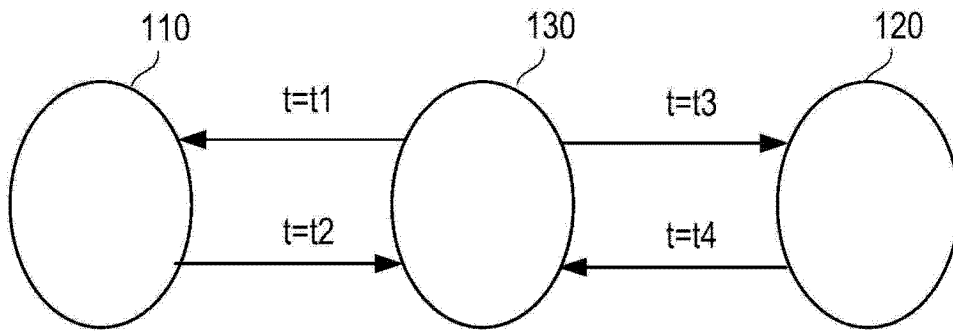


图 10

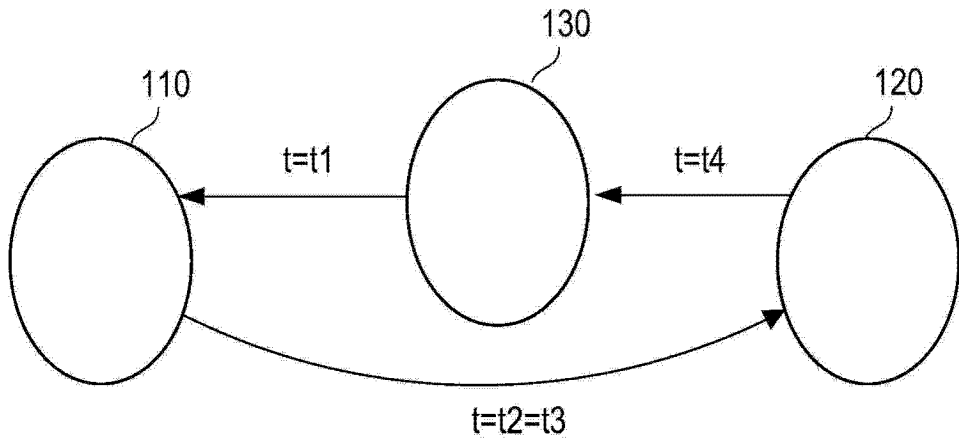


图 11

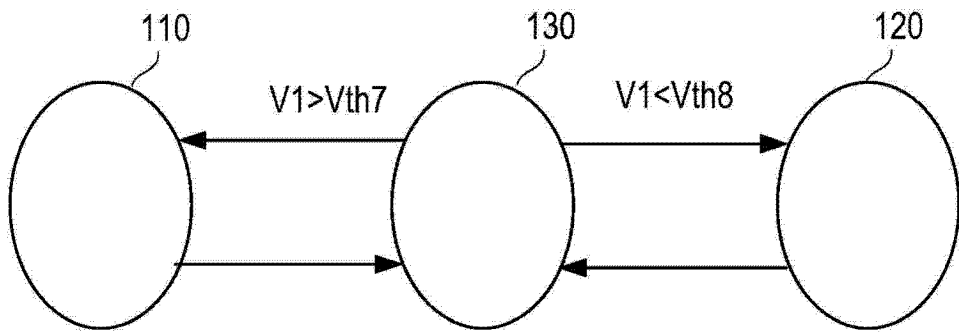


图 12

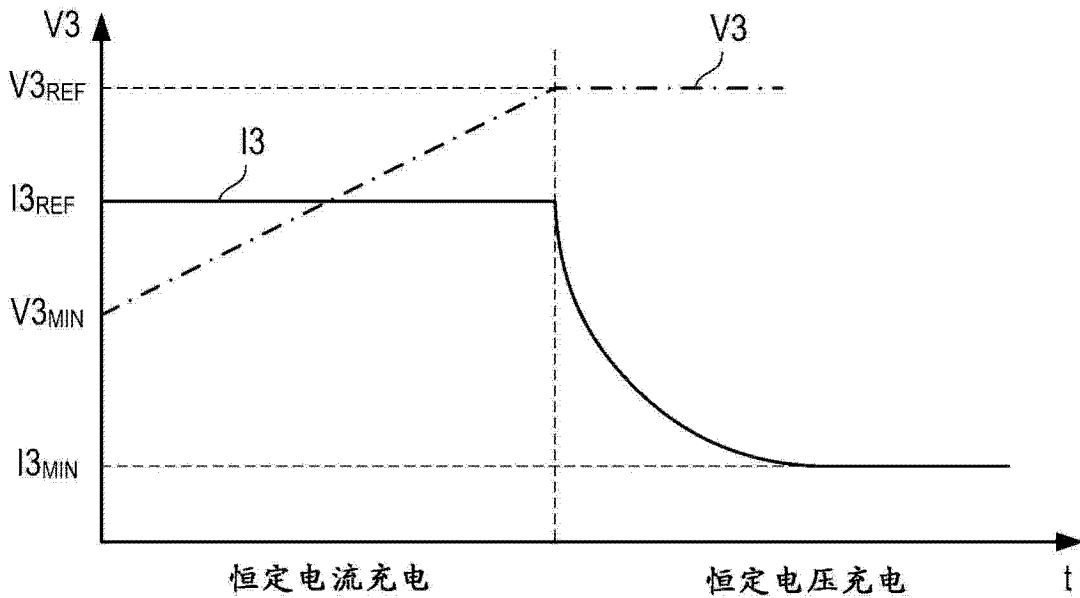


图 13

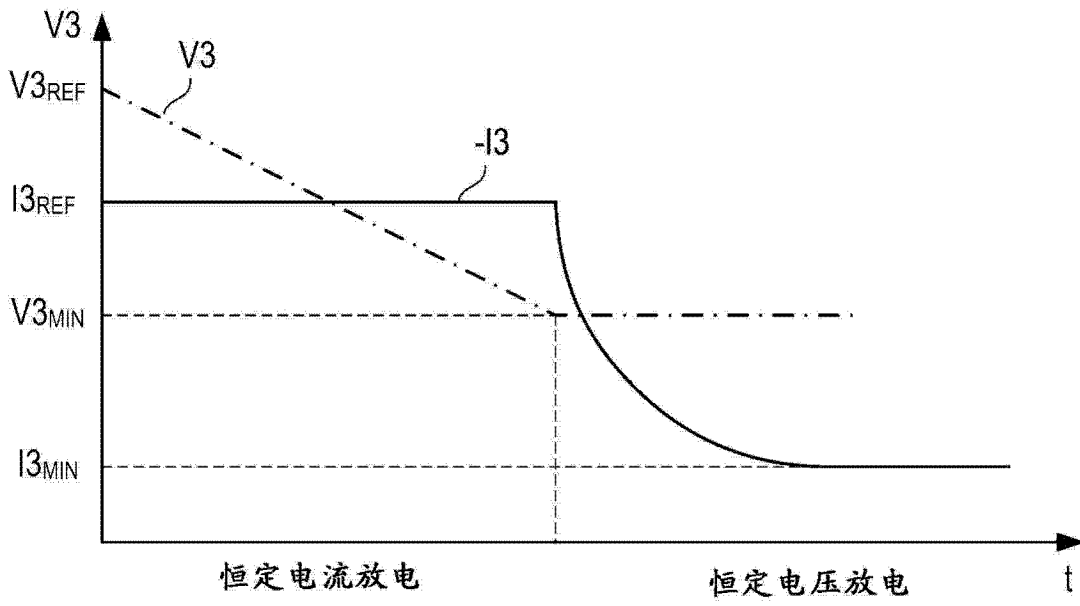


图 14

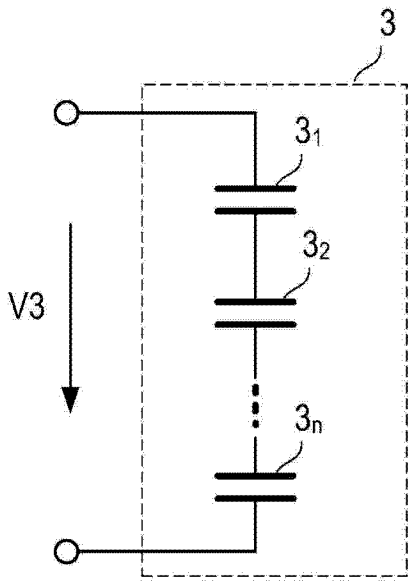


图 15

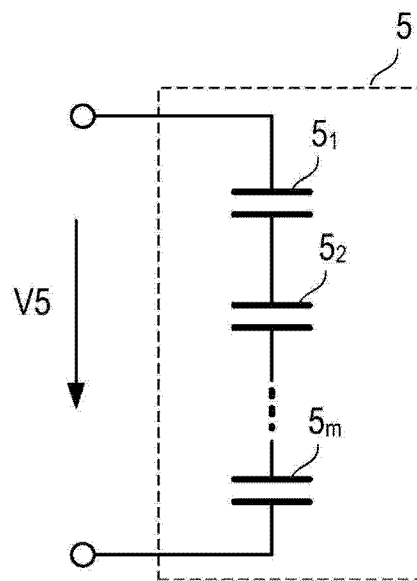


图 16

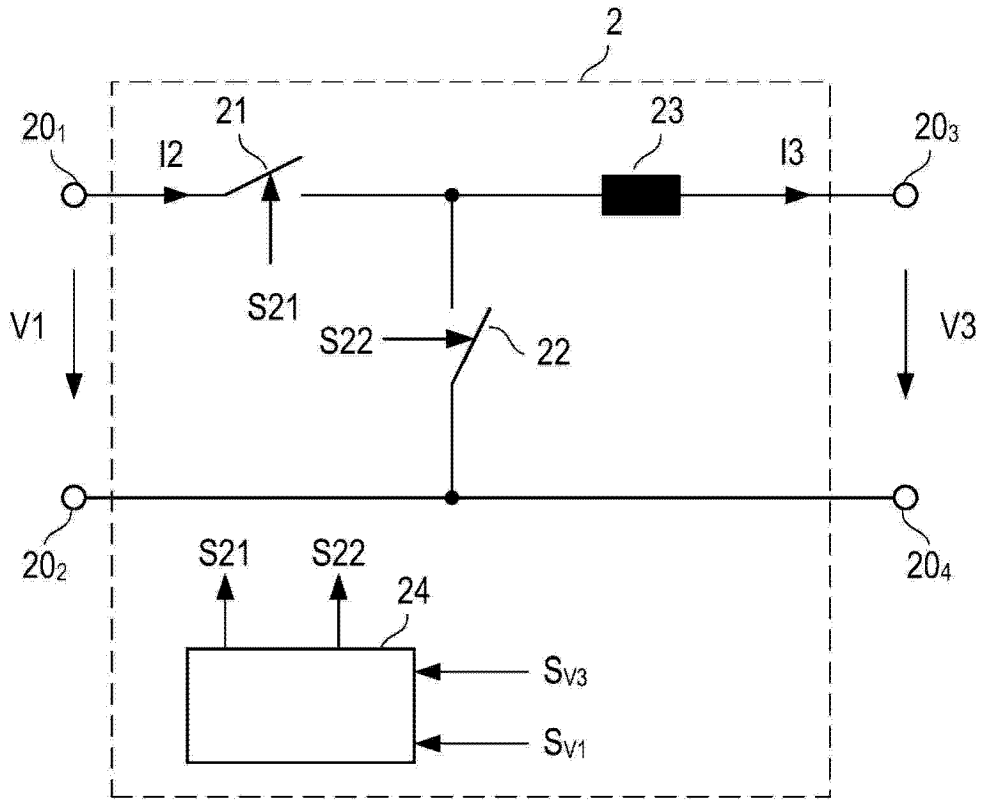


图 17

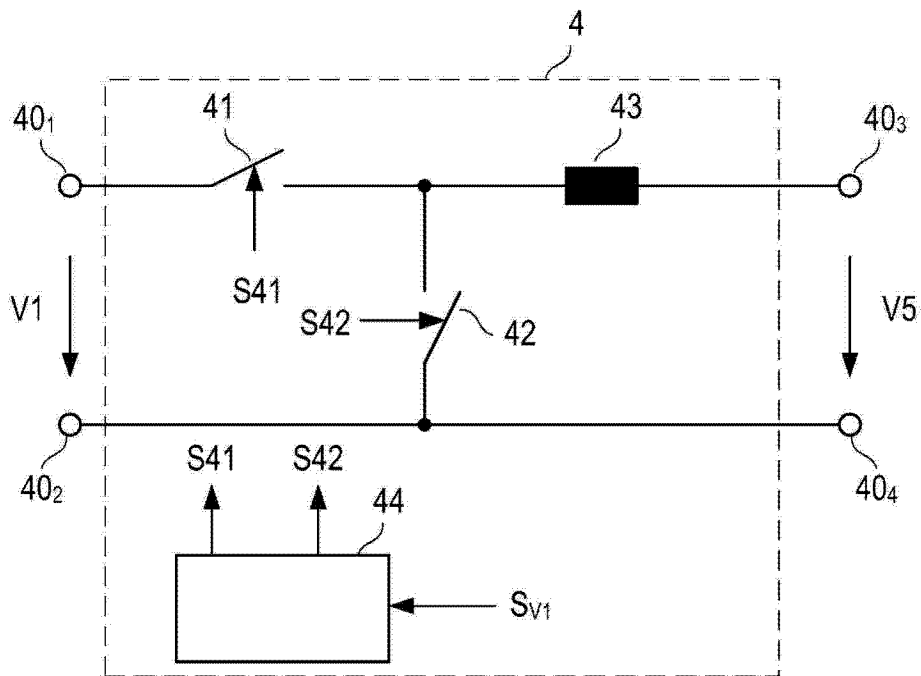


图 18

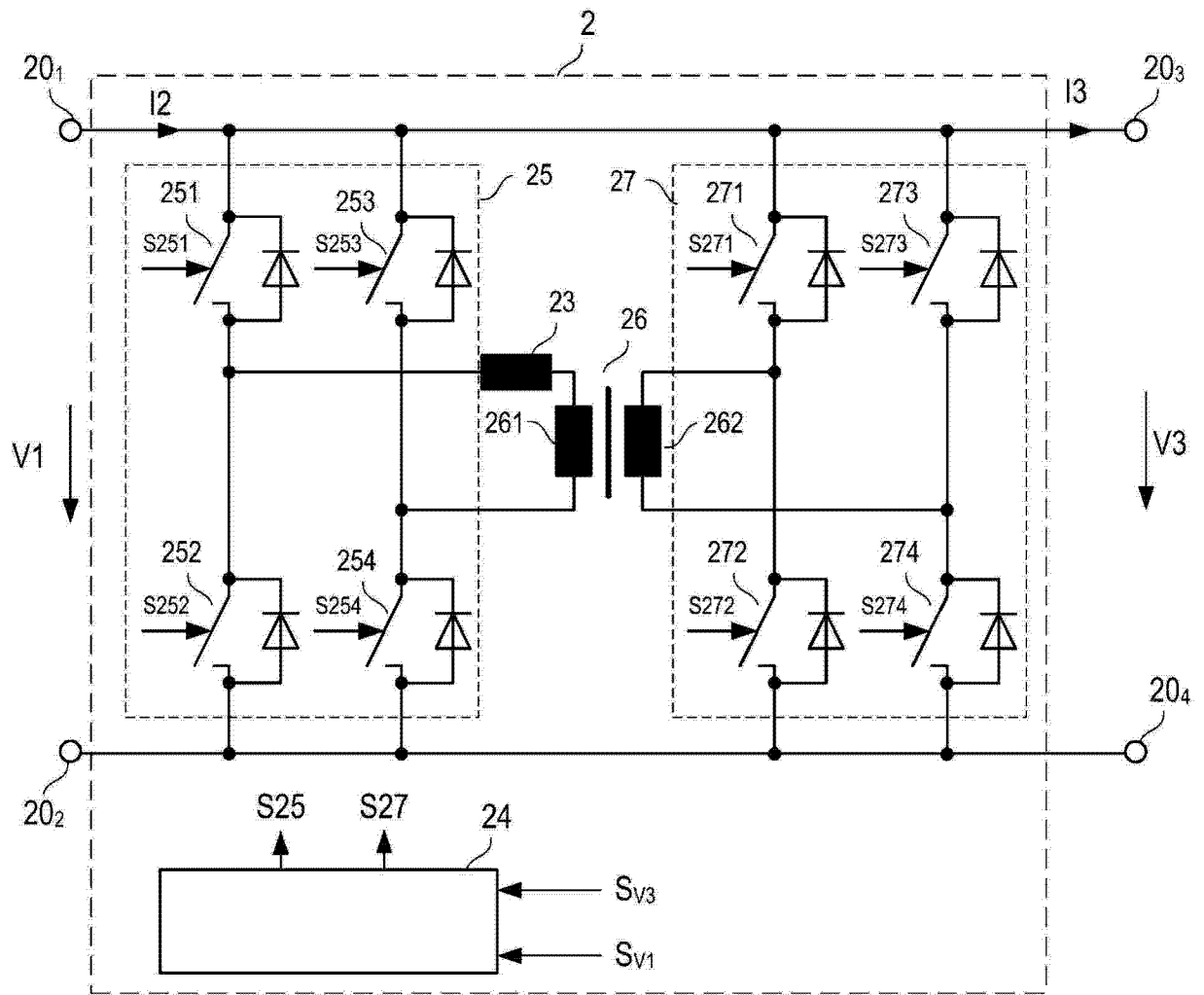


图 19

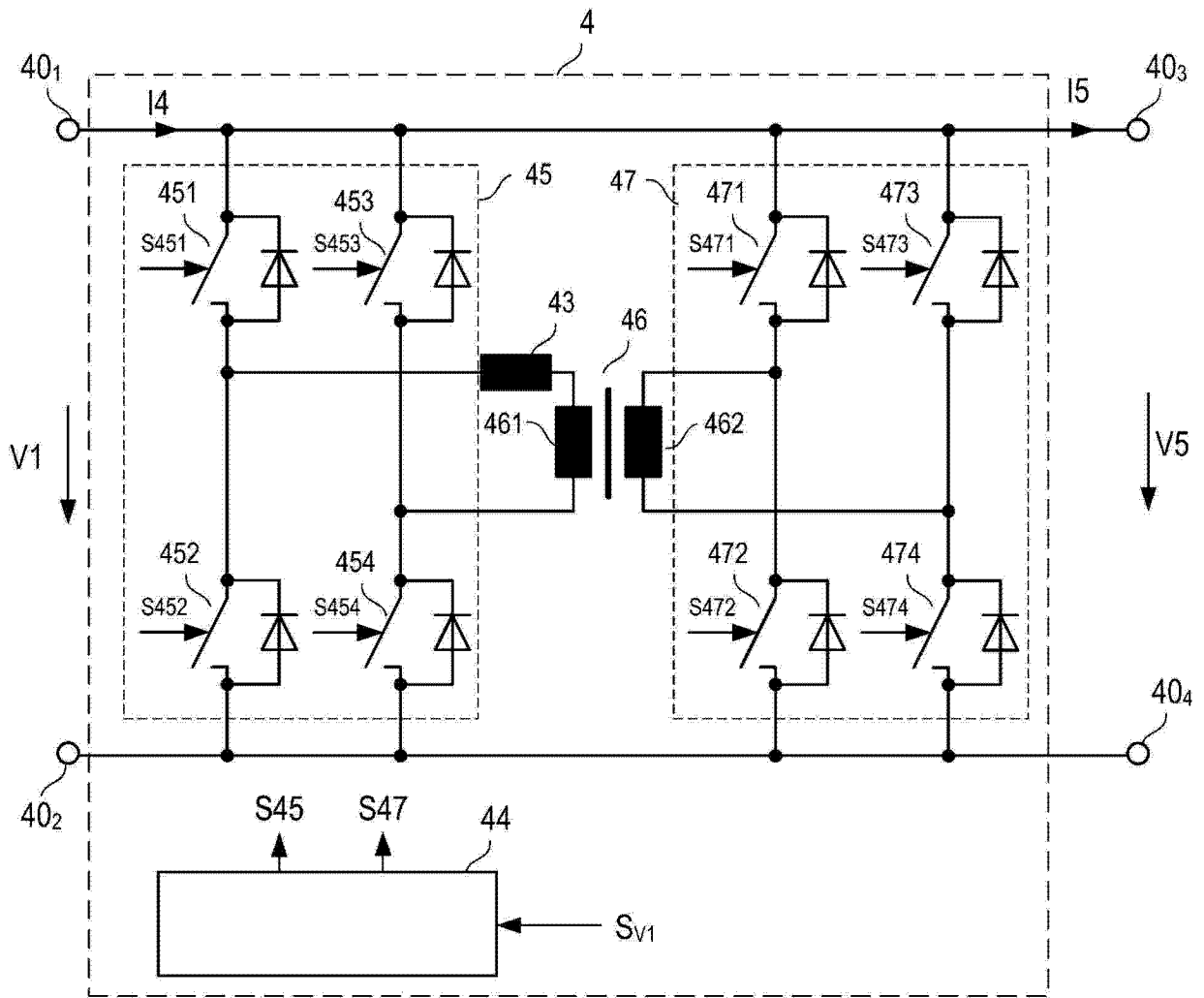


图 20

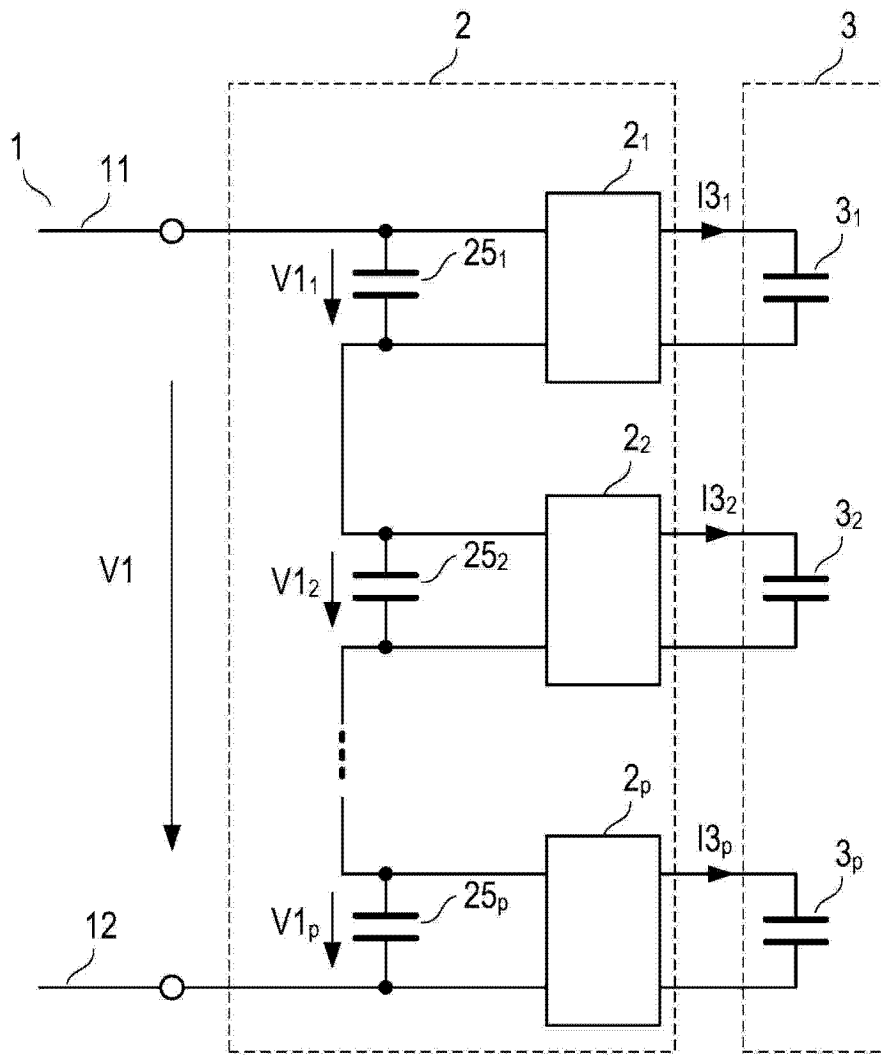


图 21

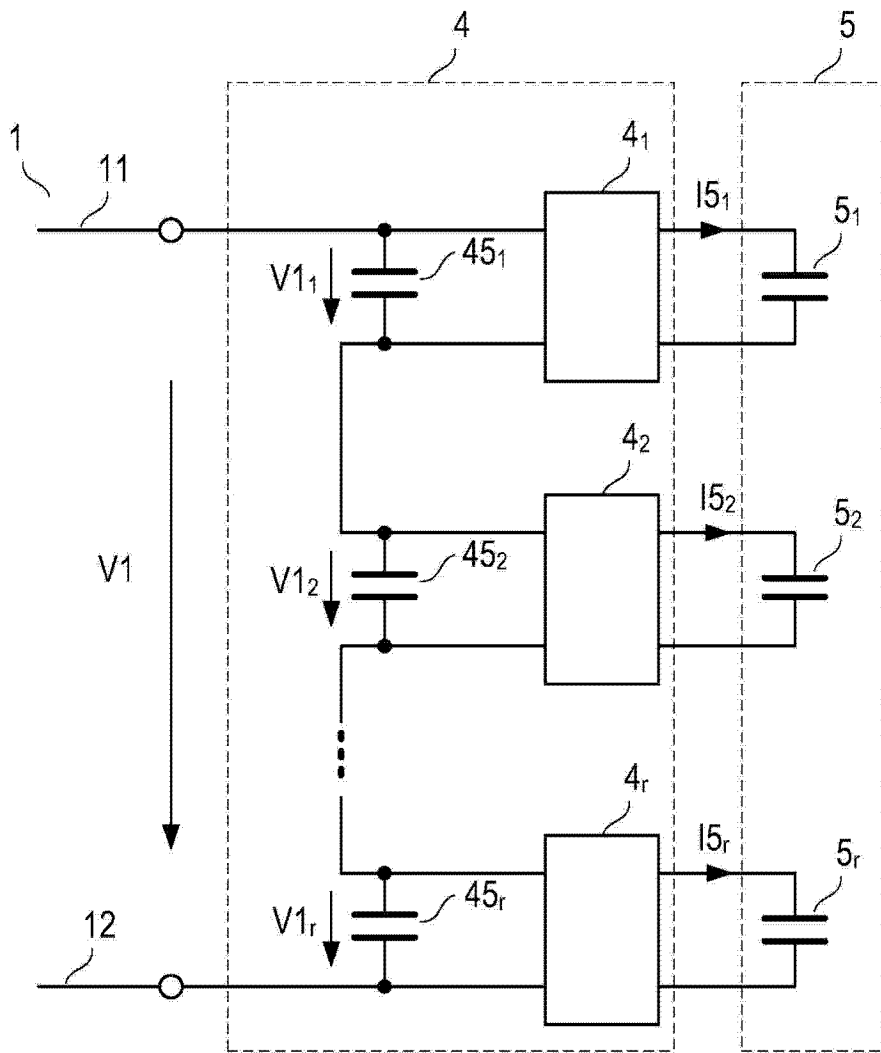


图 22

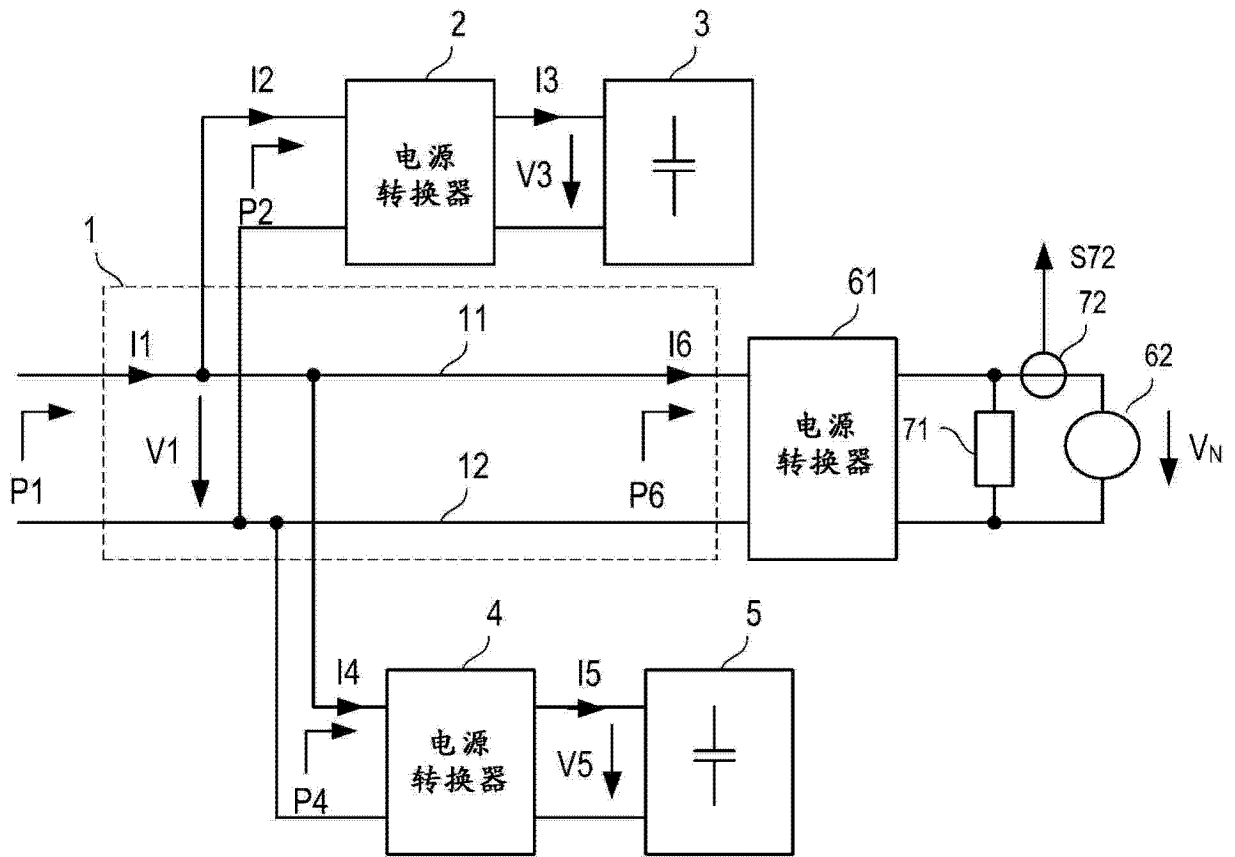


图 23

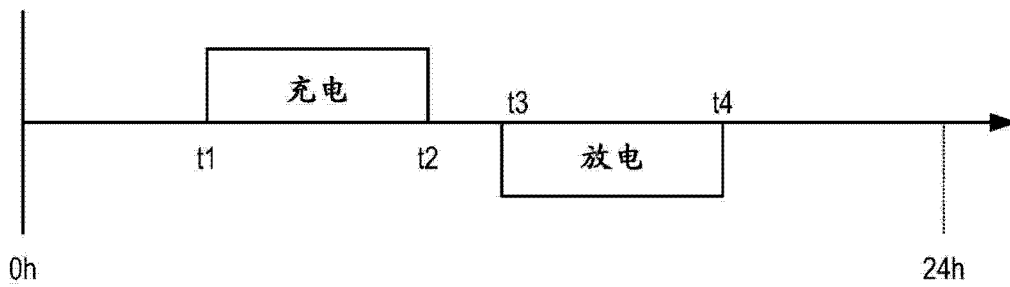


图 24

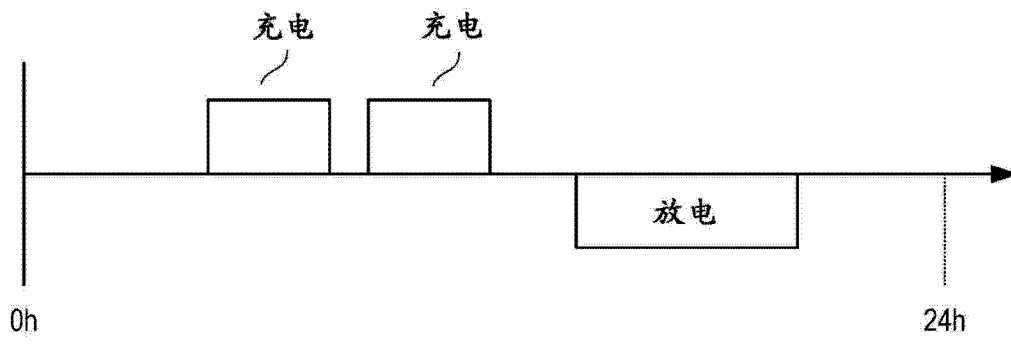


图 25

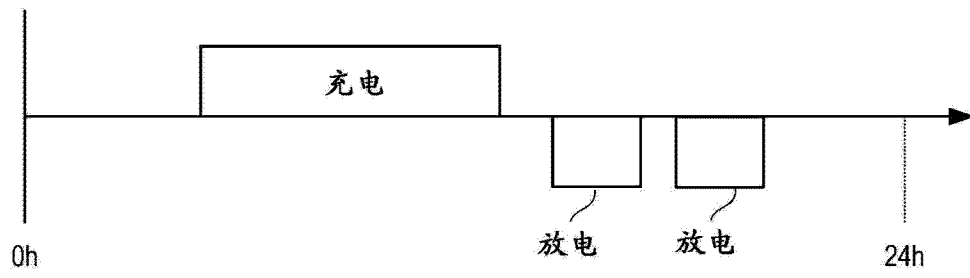


图 26

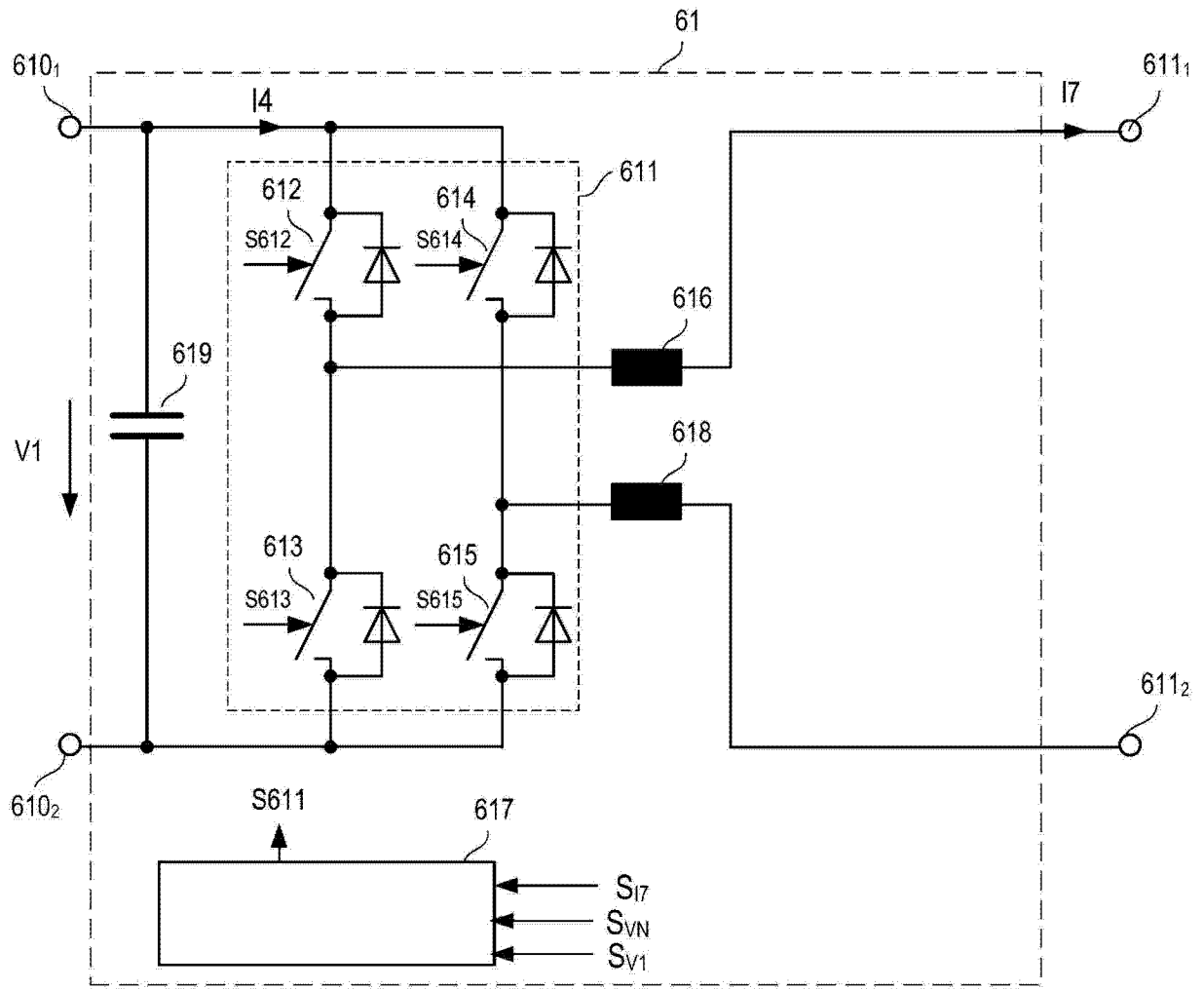


图 27

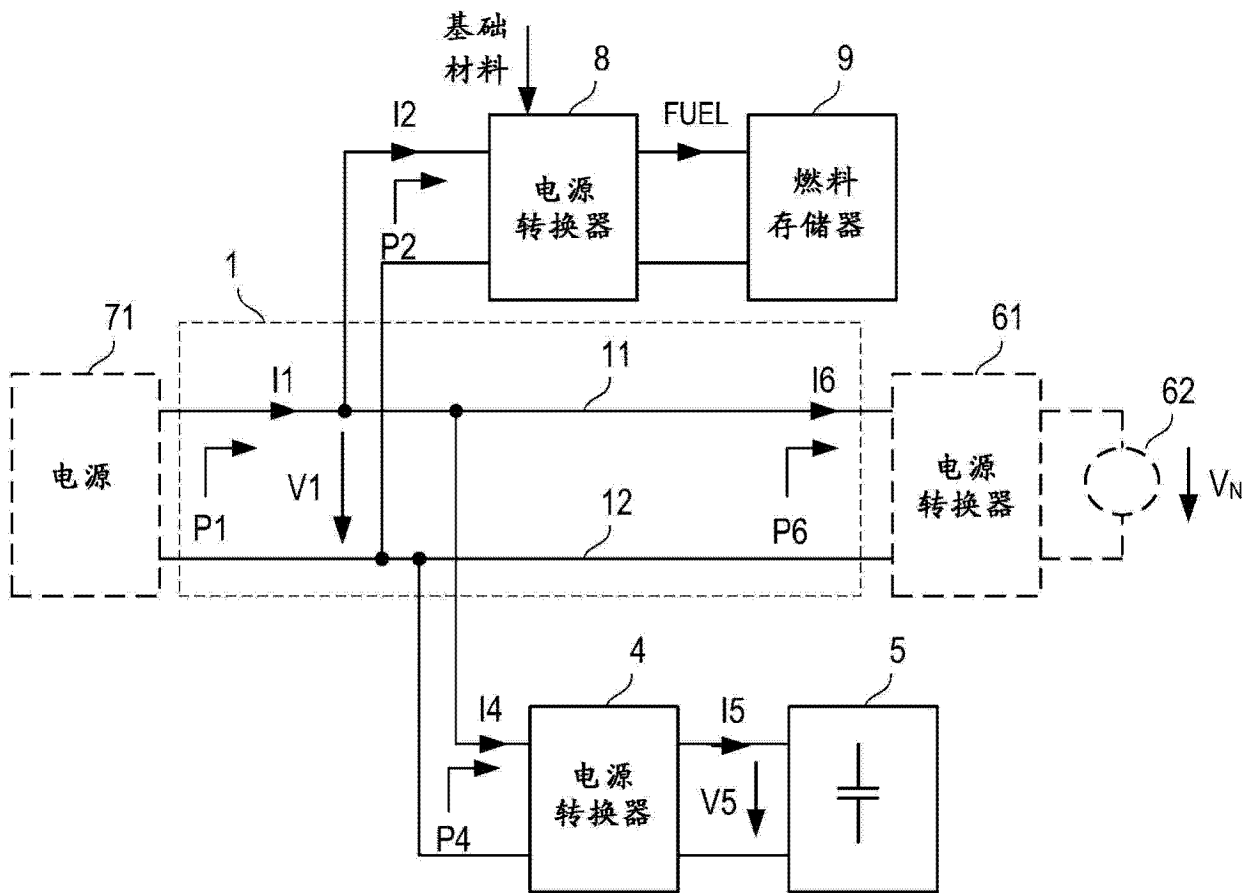


图 28