



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 116848774 A

(43) 申请公布日 2023. 10. 03

(21) 申请号 202180092816.X

(22) 申请日 2021.10.29

(30) 优先权数据

20211860.0 2020.12.04 EP

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2023.08.02

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/EP2021/080121 2021.10.29

(87) PCT国际申请的公布数据

W02022/117269 EN 2022.06.09

(71) 申请人 斯塔布尔能源有限责任公司

地址 德国慕尼黑

(72) 发明人 A·辛格 R·拉多伊契奇

(74) 专利代理机构 北京汇知杰知识产权代理有限公司 11587

专利代理师 李洁 魏文浩

(51) Int.Cl.

H02M 7/483 (2006.01)

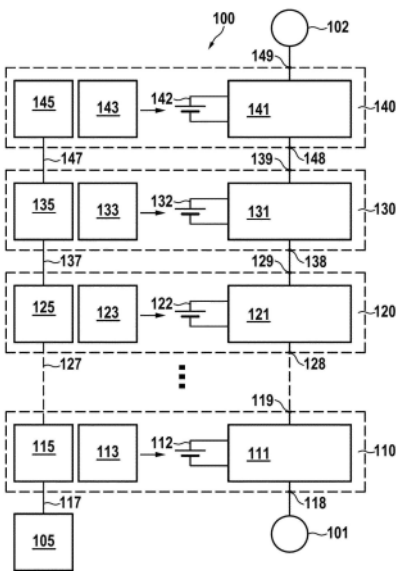
权利要求书3页 说明书13页 附图9页

(54) 发明名称

具有温度管理的电池存储系统

(57) 摘要

一种模块化多电平转换器具有多个转换器模块和一个控制器,所述控制器被配置为通过以下方式来单独地操作转换器模块中的至少一个:以一频率连接和断开连接其电池以选择性地升高和/或降低其电池的温度。所述模块化多电平转换器中的每个电池5可以被单独地控制。



1. 一种模块化多电平转换器(100), 包括控制器(105、115、125、135、145)和串联连接的多个转换器模块(110、120、130、140), 所述转换器模块(110、120、130、140)中的每个进一步包括:

- 至少一个模块第一端口(118、128、138、148),
- 至少一个模块第二端口(119、129、139、149),
- 电池(112、122、132、142),
- 包括至少一个开关的切换电路(111、121、131、141), 所述切换电路(111、121、131、141)至少被配置为交替地

a) 在第一状态下, 将所述电池(112、122、132、142)连接在所述至少一个模块第一端口(118、128、138、148)和所述至少一个模块第二端口(119、129、139、149)之间, 以及

b) 在第二状态下, 将所述电池与所述至少一个模块第一端口(118、128、138、148)和/或所述至少一个模块第二端口(119、129、139、149)断开连接, 并且进一步将所述至少一个模块第一端口(118、128、138、148)直接连接到所述至少一个模块第二端口(119、129、139、149),

- 至少一个温度传感器(113、123、133、143), 其被配置为向所述控制器(105、115、125、135、145)提供所述电池(112、

122、132、142)的温度值;

其特征在于,

所述控制器(105、115、125、135、145)被配置为通过以下方式单独地操作所述转换器模块(110、120、130、140)中的至少一个: 基于其电池(112、122、132、142)的温度使所述切换电路(111、121、131、141)在第一持续时间内在所述第一状态下并且在第二持续时间内在所述第二状态下。

2. 根据权利要求1所述的多电平转换器,

其特征在于,

所述至少一个温度传感器(113、123、133、143)包括微控制器, 所述微控制器被配置为评估所述电池的至少一个电流和/或至少一个电压以估计所述电池的温度。

3. 根据前述权利要求中任一项所述的多电平转换器,

其特征在于,

所述至少一个温度传感器(113、123、133、143)包括热传感器, 所述热传感器热耦合到所述电池, 使得所述热传感器和所述电池之间的热阻低于所述热传感器和所述切换电路之间的热阻, 并且其中所述电池能够与所述切换电路热绝缘。

4. 根据前述权利要求中任一项权利要求所述的多电平转换器,

其特征在于,

所述控制器(105、115、125、135、145)被配置为修改在所述第一状态和所述第二状态之间切换的频率和/或占空比, 和/或

所述控制器被配置为

增加通过电池(112、122、132、142)的RMS(均方根)电流以升高电池温度, 并且

降低通过电池(112、122、132、142)的所述RMS电流以降低所述电池温度。

5. 根据前述权利要求中任一项所述的多电平转换器,

其特征在于，

转换器模块的所述第一状态的所述第一持续时间和所述第二状态的所述第二持续时间适于获得其电池(112、122、132、142)的预定温度。

6. 根据前述权利要求中任一项所述的多电平转换器，

其特征在于，

第一转换器模块(110、120、130、140)的在所述第一状态下的所述第一持续时间和在所述第二状态下的所述第二持续时间适于提高其第一电池(112、122、132、142)的热耗散，其中所述第一转换器模块的第一电池(112、122、132、142)具有比第二转换器模块(110、120、130、140)的第二电池(112、122、132、142)的温度值更低的温度值。

7. 根据权利要求1所述的多电平转换器，

其特征在于，

所述控制器被配置为执行以下步骤

- 获得多个转换器模块(110、120、130、140)的多个电池(112、122、132、142)中的每个的温度值，

- 基于所述温度值和预定温度值之间的差异来计算所述多个电池(112、122、132、142)中的每个的电功率耗散设定点，

- 计算在所述状态和所述第二状态之间切换以获得计算的功率耗散的频率和/或占空比，

- 向所述多个转换器模块(110、120、130、140)中的每个提供控制信号，以在计算的频率和/或占空比操作所述多个转换器模块(110、120、130、140)中的每个的同时，获得所述多电平转换器的预定输出电压波形。

8. 根据前一项权利要求所述的多电平转换器，

其特征在于，

所述预定温度值对于所述多个电池(112、122、132、142)中的每个是相同的。

9. 根据权利要求1或2所述的多电平转换器，

其特征在于，

所述控制器(105、115、125、135、145)被配置为以在所述第一状态和所述第二状态之间切换的频率和/或占空比来操作所述模块中的至少一个，其中功率耗散在最小值处。

10. 根据前述权利要求中任一项所述的多电平转换器，

其特征在于，

所述控制器(105、115、125、135、145)被配置为操作多个转换器模块(110、120、130、140)，使得所述多个转换器模块的总输出电压保持恒定

其中第一模块(110、120、130、140)以第一频率和/或第一占空比在所述第一状态和所述第二状态之间切换，并且至少一个第二模块(110、120、130、140)以相同的第一频率和/或第一占空比切换，并且所述模块

- 以交替所述模块的第一状态和第二状态切换

- 或以所述模块的反向极性切换。

11. 根据前一项权利要求所述的多电平转换器，

其特征在于，

所述至少一个第二模块包括多个模块,所述多个模块被交替地激活,使得它们的总输出电压与所述至少一个第二模块所要求的相同。

12. 根据前述权利要求中任一项所述的多电平转换器,
其特征在于,

所述控制器(105、115、125、135、145)被配置用于控制所述转换器模块(110、120、130、140)中的至少一个的所述切换电路(111、121、131、141)在第一持续时间内在所述第一状态下以及在第二持续时间内在所述第二状态下,

其中在第一操作模式下,第一持续时间和/或第二持续时间是基于其电池(112、122、132、142)的温度,并且

在第二操作模式下,第一持续时间和/或第二持续时间是基于多个电池的电荷状态。

13. 根据前述权利要求中任一项所述的多电平转换器,
其特征在于,

所述至少一个温度传感器(113、123、133、143)被配置为基于负载转变之后不久的电池电压的测量结果来确定电池的温度。

14. 根据前述权利要求中任一项所述的多电平转换器,
其特征在于,

所述切换电路(111、121、131、141)被配置为将所述电池(112、122、132、142)以任一极性交替地连接在所述至少一个模块第一端口(118、128、138、148)和所述至少一个模块第二端口(119、129、139、149)之间。

15. 一种对模块化多电平转换器中的电池进行温度平衡的方法,所述方法包括以下步骤

- 获得第一多个转换器模块(110、120、130、140)的多个电池(112、122、132、142)中的每个的第一温度值,

- 基于所述第一温度值和预定温度值之间的差异来计算所述第一多个电池(112、122、132、142)中的每个的电功率耗散设定点,

- 计算在第一状态和第二状态之间切换以获得计算的功率耗散的频率和/或占空比,

- 向所述第一多个转换器模块(110、120、130、140)中的每个提供控制信号,以在计算的频率和/或占空比操作所述第一多个转换器模块(110、120、130、140)中的每个的同时,获得所述多电平转换器的预定输出电压波形。

具有温度管理的电池存储系统

技术领域

[0001] 本发明涉及基于模块化多电平转换器(MMC)的电池存储系统。

背景技术

[0002] 电池的性能和老化很大程度上不仅取决于其充电-放电循环的数目,而且还取决于其温度。具体地,具有高容量和高电流能力的电池(如锂离子电池)在汲取高电流时产生相当大量的热量。如果电池变得太热,则效率和容量可能降低,同时其阻抗可能增加。这在以高电流对电池进行快速充电、热量耗散变得过多时尤其重要。这是许多汽车在快速充电时也在高功率下激活其电池冷却系统的原因。这导致高损耗、电池退化和太长的充电时间。

[0003] 为了避免电池过热,可以使用液体冷却系统。在EP 2 442 390 B1中公开了这样的液体冷却系统。在此,冷却管中的循环液体被用来在电池和热交换器之间传递热量。进入热交换器的冷却液体具有比离开热交换器的冷却液体更高的温度,因为它在热交换器中被冷却。因此,处在热交换器后面的冷却液体流中的电池比在液体进入热交换器之前的末端处的电池得到更冷的液体。这样,具有较冷的液体的电池比具有较热的液体的电池具有更低的温度。通常,电池的较高的温度可以导致电池的进一步加热和较低的寿命。

[0004] 如果电池组是用空气冷却的,则可能出现类似的问题。通常,几乎无法在所有电池上维持均匀分布的空气流,并且此外,与出口相比,在空气入口处温度是更低的。

[0005] 在不具有液体冷却的电池组中,这甚至更糟糕。通常,电池组的外部电池可以通过与热传导壁的热接触或通过空气流将热量耗散到外部。内部电池由生成热量的其它电池围绕,并且因此不能够耗散热量,使得它们进一步变热。这导致在最内部电池处具有最高温度的热量分布,所述最内部电池再次可以具有比外部电池更低的寿命。

[0006] 电池系统通常与逆变器一起被操作以生成AC线电压和/或以驱动马达。在US2012/0243279 A1中公开了这样的逆变器。通过如在US9,502,960B2中所公开的模块化多电平转换器获得更大的灵活性。在串联电路中连接多个模块,每个模块包括一个电池和多个开关。DE 102012 220 388A1公开了多个逆变器单元(cell)的布置,每个单元具有单独的旁路开关。DE 10 2012 220 388 A1公开了一种基于各个逆变器单元的温度受控制的逆变器。

发明内容

[0007] 本发明要解决的问题是通过在所有电池上维持均匀分布的温度来提供电池存储系统中的电池的更高的寿命和/或更高的效率。要解决的另一个问题是提高电池存储系统中的液体或空气冷却的效率。如果建立了物理电池存储系统,则电池的温度不仅由它们各自的功率吞吐量和它们各自的参数(主要是内部电阻、化学成分和频率相关阻抗)来确定,而且还由它们的相对于彼此的物理放置(如果一个电池是热的,则相邻的电池也将具有升高的温度)以及它们的相对于它们的周围环境的物理放置(例如冷却系统输出附近的电池将比更远的电池更冷,或如果关于冬日的电动车辆,在电池组的边缘上的电池可能具有更冷的温度)来确定。因此,一个电池的温度可以部分地独立于其对应的功率电子器件温度。

用于电池存储的温度管理系统旨在将所有电池保持在相同的温度,并且做出巨大努力以仅用物理手段(例如冷却回路的设计)解决上文所提及的问题。这导致驱使电池系统的成本和能耗升高的过大的冷却系统。用多电平转换器,可以单独地寻址特定的电池,以通过改变它们的电负载来支持温度管理。

[0008] 如在DE 10 2012 220 388 A1中所公开的并且如上文所提及的实施方案仅考虑包括功率开关和电池的完整的逆变器模块,而温度测量发生在功率开关上。关于这样的系统的测试和测量已经表明,根据它们的操作状态,与电池相比,功率开关具有更高的功率损耗并且生成更多的热量,从而导致功率开关和电池的不同的温度。功率开关的半导体组件可以在比电池可以操作的温度范围宽得多的温度范围内操作。因此,监测电池比监测功率开关重要得多。此外,为了最佳的性能,电池应被保持在窄温度范围(例如,10°C-40°C)内,而功率开关的温度仅必须被监测以避免过热(没有最低温度,可能高达125°C或150°C)。

[0009] 在独立权利要求中描述了所述问题的解决方案。从属权利要求涉及对本发明的进一步改进。

[0010] 实施方案允许通过单独地设定用于每个模块的电池的内部功率损耗的水平来单独地控制多电平转换器中的电池的温度。这进一步允许对电池的更快速充电和电池的更高的电流输出,因为较冷的电池不再受电池组中的较热的电池限制。

[0011] 通过本文所示出的实施方案,可以使各个电池上的温度应力最小化,并且因此可以实现快速充电。通过使电流交替流动通过各个电池并且调整它们的操作频率,以较小的损耗的较高的电流负载变得可能。

[0012] 在它们的正常操作温度范围内,电池的内部电阻随着温度降低,但是如果电池变得太热,则电池的内部电阻可以再次增加。具有较低的内部电阻的较暖的电池可以较高的电流进行操作,以具有与具有较低的温度的电池相同的损耗。此外,随着温度越高,电池老化越快速。因此,将温度保持在最佳范围内是有益的。为了均衡电池存储系统中的各个电池的温度,可以使冷却适于各个电池的温度,或控制各个电池的功率耗散。

[0013] 此实施方案依赖电池本身的温度。可以小心地测量电池的温度,而不受附近的部件(例如来自转换器的功率电子器件)的温度影响。可以设置电池和转换器部件之间的热绝缘。这样的热绝缘可以包括防止相当大量的热量传递的气隙。

[0014] 关于温度改变,功率电路的电子部件(例如,开关)与电池相比通常具有显著更短的时间常数。因此,对逆变器模块温度的常见测量几乎不表示电池温度。此外,电子开关通常具有较宽的操作温度范围。尽管半导体可以在100°C或在100°C以上操作,但是在这样的温度处电池将被损坏。这样,开关——例如在它们的靠近具有35°C的温度的电池的散热片(heatsink)处具有80°C的温度——可以生成在35°C和80°C之间的范围内的总温度读数。

[0015] 在一个实施方案中,至少一个温度传感器可以包括微控制器,所述微控制器被配置为评估电池的至少一个电流和至少一个电压以估计所述电池的温度。此微控制器可以是模块处的模块控制器或主控制器——控制多个模块或模块控制器。

[0016] 在一个实施方案中,至少一个温度传感器可以包括热传感器,所述热传感器热耦合到电池,使得所述热传感器和所述电池之间的热阻(thermal resistance)低于所述热传感器和切换电路(swimming circuit)之间的热阻。这减少了由所述切换电路的温度的错误指示。所述热传感器和所述电池之间的热阻可以按2、10、20、50或100的因数中的至少一

个低于所述热传感器和所述切换电路之间的热阻。

[0017] 此外,所述电池可以与所述切换电路热绝缘。这可以避免所述电池的不希望的热量传递和不希望的加热以及错误的电池温度测量结果。

[0018] 实施方案是基于模块化多电平转换器(MMC)。这样的MMC可以对电池存储系统的各个电池寻址。它可以选择性地控制流入和流出这样的各个电池的电流。在本文中术语“电池”通常被用于电能存储部件。这样的电能存储部件可以是电池、一组电池单元、燃料电池或能够存储和/或递送电能的任何其它部件。

[0019] 模块化多电平转换器MMC基本上包括多个转换器模块。它们可以是全部相同的。所述转换器模块被串联连接,这可以形成单相功率系统。对于三相功率系统,要求三个这样的串联连接。也可以使用任何其他数目的串联连接。

[0020] 每个转换器模块至少包括电池——术语电池在本文中被用于一般的能量存储设备,例如一个电池单元或多个电池单元、一个电容器等。每个转换器模块还包括切换电路和模块控制器。所述切换电路包括至少一个开关,所述至少一个开关可以是半导体开关,例如MOSFET、IGBT或双极晶体管。至少一个切换电路具有至少两个切换状态:

[0021] A) 在第一状态下,电池连接在至少一个模块第一端口和至少一个模块第二端口之间,

[0022] B) 在第二状态下,电池与至少一个模块第一端口和/或至少一个模块第二端口断开连接

[0023] 并且此外,所述至少一个模块第一端口连接到所述至少一个模块第二端口。

[0024] 在第一状态下,电池连接在所述模块端口之间,使得其可以递送功率或可以被充电。电池可以通过任一极性被连接。在第二状态下,电池被断开连接,并且在所述模块端口之间提供短路,使得模块可以像导线连接一样起作用。第一状态可以被维持第一持续时间,并且第二状态可以被维持第二持续时间。第一持续时间和第二持续时间可以是不同的,并且可以在进入一个状态之前或在一个状态期间被进一步确定。

[0025] 通常,一个切换电路包括由模块控制器控制的两个或更多个开关。多个模块的模块控制器互相连接或至少连接到一个主控制器。所述主控制器与所述模块控制器一起形成MMC的控制器。所述MMC的控制器配置所述多个模块的开关,使得由所述MMC提供请求的输出电压或输出电压波形。对第一持续时间和第二持续时间的计算以及例如对设定点或温度的确定的任何其他计算可以由所述控制器进行。所述计算的部分或全部可以由所述控制器的任何一个部分(例如所述主控制器和/或所述模块控制器)来完成。所述计算的其他部分或全部可以由远程计算机或服务器(例如在云中的服务器)来完成。

[0026] 在大多数应用中,MMC递送正弦输出电压和正弦输出电流。通过电池的电流是正弦形的或是正弦形状的部段。在一些应用中,MMC递送直流输出电压和直流输出电流(DC)。通过电池的电流是直流电流的部段。MMC可以向任何负载供应功率或甚至处于空载(idle)状态。负载可以是马达或电力线系统。负载可以是DC负载或AC负载,其可以具有一个或三个或任何其他数目的相。

[0027] 通常,MMC被配置用于对电池存储系统中的电池进行主动(active)电荷平衡。在电荷平衡的系统中,所有电池具有大致相同的电荷状态(SOC)。可以防止对由于深度放电而具有较低的SOC或由于过充电而具有较高的SOC的各个电池的损害。

[0028] 通常,电池存储系统包括多个相同类型的电池。从而所有电池具有大致相同的内部电阻和相同的寿命。在一个实施方案中,可以混合不同的电池。所采用的电池可以关于电压、化学成分、SOC、SOH、温度、阻抗和/或容量不同。在此情况下,关于SOC和温度的对电池的平衡是更复杂的,并且仅在MMC中是可能的,该MMC可以单独地控制其电池。

[0029] 在一个实施方案中,所述控制器被配置为通过以下方式单独地操作转换器模块中的至少一个转换器模块的至少一个切换电路:基于所述转换器模块的电池的温度以第一状态的第一持续时间和第二状态的第二持续时间连接和断开连接所述转换器模块的电池。这允许对各个转换器模块的电池的温度控制。

[0030] 这可以允许在各个电池之间均衡温度或将单独的电池设定到预定温度值。此外,第一转换器模块的定时(timing,特定时间)可以适于增加其第一电池的热耗散,其中所述第一转换器模块的第一电池具有比第二转换器模块的第二电池的温度值更低的温度值。所述第一电池的热耗散甚至可以被增加到超过第二电池的热耗散。类似地,可以减少热耗散。在此,连接电池可以意味着以其极性或反向极性(reverse polarity,反转极性)将其连接。

[0031] 在一个实施方案中,MMC被配置为基于各个电池或电池的组的温度对它们充电和/或使它们放电。这通常不符合如上文所描述的电荷平衡。因此,电池可能略微不平衡,但是均衡的温度和更高的功率输出以及更高的寿命的益处胜于电荷平衡的益处。当不再要求较高的功率输出时,可以在稍后的时间点实现电荷平衡。

[0032] 在另一个实施方案中,所述控制器被配置为修改在第一状态和第二状态之间切换的频率和/或占空比。在本文中在所述状态之间切换的术语意味着选择第一状态或选择第二状态。由于电池的阻抗是频率相关的,因此可以以导致较高的损耗的频率操作具有较低的温度的电池,而可以以导致较低损耗的频率操作具有较高温度的电池。由于具有较低的温度的电池将比具有较高温度的电池具有更高的损耗,因此单元的温度可以随着时间推移接近共同的温度。此外,较高的占空比通常随着时间推移生成较高的损耗,而较低的占空比随着时间推移生成较低的损耗。

[0033] 在一个实施方案中,可以选择具有低损耗的频率。这可以包括极性的改变,例如,在充电脉冲之后具有至少一个放电脉冲,反之亦然。

[0034] 电池以及电能存储部件通常具有内部电阻抗,该内部电阻抗随着由电池递送的电流的电流水平和频率而变化。电池的内部电阻抗直接决定电池中的电损耗。如果该阻抗是复数值,则实部决定损耗。因此,在必须由电池递送的给定的电流处,频率可以被用来控制电池的功率耗散。可以用适于电池中所要求的电损耗的频率来切换模块化多电平转换器的不同的模块中的不同的电池,以用于维持期望的温度。

[0035] 可以基于电池的温度来选择通过电池的电流的平均或RMS(均方根)值。这样,通过电池的RMS电流可以被增加以升高电池温度,和/或通过电池的RMS电流可以被减小以降低电池温度。此外,与具有较高温度的电池相比,可以以较高的电流对具有较低温度的电池充电和/或使其放电。这也可以适用于电池的组。通过一个电池的RMS电流(并且因此其充电或放电功率)通过改变电池在电流路径中的持续时间或通过控制在哪个系统电流处电池被切换到电流路径中并且何时它被再次切换出(例如,电池可以在旁路模式下在正弦负载电流的峰附近以降低其RMS电流)。

[0036] 与具有较高温度的电池相比,具有较高温度的电池在以较高的电流被操作时

甚至可以具有较低的损耗。具有较高的温度的电池的操作电流可以被增加到超过具有较低的温度的电池的平均电流,使得电池在一定时间之后获得相同的温度。

[0037] 在一个实施方案中,所述MMC被配置为:与具有较高的温度的电池相比,以更高的电流对具有较低的温度的电池充电和/或使其放电。

[0038] 可以设置至少一个温度传感器以测量和/或估计电池存储系统中的电池的温度。在一个实施方案中,存在为每个电池设置的至少一个传感器。也可以存在比电池的数目更少的数目的传感器。在这样的情况下,对于不具有电池的传感器,可以内插(interpolate)和/或外推(extrapolate)温度值。

[0039] 温度传感器可以是物理传感器,例如半导体器件、NTC、PTC、PT100、PT100或热电偶中的至少一个。温度传感器也可以是基于电池的物理参数的测量结果来执行计算的步骤的计算机程序,所述电池的物理参数包括电池电压、电池电流、电池电荷状态、电池健康状态中的至少一个。所述计算机程序还可以使用物理温度传感器的数据。所述计算机程序还可以使用电池几何结构、它们的物理参数——尤其是它们的质量、体积、热阻和热惯性——连同它们在空间中的布置以及冷却系统的参数和几何结构的物理模型,以根据电流和在可能的温度传感器之间的外推对单个电池随着时间推移的温度发展进行建模。

[0040] 在一个实施方案中,所述控制器被配置为基于在负载转变之后不久的电池电压的测量结果来确定电池的温度。

[0041] 在一个实施方案中,控制器被配置为执行以下步骤

[0042] -获得第一多个转换器模块的多个电池中的每个的第一温度值,

[0043] -基于所述第一温度值和预定温度值之间的差异来计算所述第一多个电池中的每个的电功率耗散设定点,

[0044] -计算用以操作所述转换器模块中的每个以获得计算的功率耗散的频率和/或占空比,

[0045] -向所述第一多个转换器模块中的每个提供控制信号,以获得所述多电平转换器的预定输出电压波形,同时以计算的频率和/或占空比操作所述第一多个转换器模块中的每个。

[0046] 此外,对于所述第一多个电池中的每个,所述预定温度值可以是相同的。这是对电池的温度平衡。

[0047] 在另一个实施方案中,控制器被配置为执行以下步骤

[0048] -计算用以操作包括所述第一多个电池的模块中的每个以获得最小功率耗散的频率,

[0049] -为所述模块中的每个提供控制信号以,在以计算的频率操作所述模块中的每个的同时,获得所述多电平转换器的预定输出电压波形。

[0050] 除了第二步骤之外,可以计算用以获得所要求的热量耗散的合适的频率。

[0051] 可以根据需要经常地(例如连续地或以预定的间隔)重复此方法。

[0052] 基本上,如本文所描述的方法可以由模块化多电平转换器的控制器——优选地以给定的次序——执行。

[0053] 如上文所描述的,在基于温度的第一模式下操作电池可以导致具有不同的电荷状态(SOC)的单元。因此,在一定时间和/或一定量的经转移的电荷之后,可以在电荷平衡的第

二模式下操作MMC。在此第二模式下,所有电池被设定到相同的或至少类似的电荷状态(SOC)。基于多个电池的电荷状态,转换器模块中的至少一个的切换电路可以在第三持续时间内在第一状态下以及在第四持续时间内在第二状态下。当所有电池具有相同的电荷状态时,它们具有大致相同的内部电阻和大致相同的寿命。尽管基于温度的第一模式对于高负载是有益的,并且对于避免电池之间的大的温度差异或非常低的电池温度是有益的,但是电荷平衡的第二模式可以被用于低负载或被用在空载状态下。

[0054] 在一个实施方案中,可以中断电荷平衡以用于执行温度平衡,例如当充电或放电要求高功率时。在低功率要求的状态下,可以恢复电荷平衡。

[0055] 在一个实施方案中,所述切换电路可以被配置为还能够在第三状态下切换。在此第三状态下,相邻的模块的电池被并联切换。并联切换电池减少它们的RMS电流,因为电流在电池之间被划分,并且因此降低它们的功率耗散或加热。较暖的电池可以被分组在较大的组中,以与来自其他模块的单个电池或具有较少并联电池的组相比,减少它们的功率耗散。在并联电池的组中,所有电池都以大致相同的电流被充电或放电。

[0056] 为了升高电池的温度,一对电池可以以反向极性连接。例如,一个模块可以将其电池切换到第一极性,而第二模块被切换到反向极性。因此,两个模块的总输出电压是零,并且能量从一个模块的电池被传递到另一个,从而导致使两个模块的电池变热的损耗。此外,两个模块的极性可以是反向的,使得电池的充电状态被保持为近似恒定。可以周期性地或基于转移的电荷实现反向。

[0057] 实施方案允许在电池存储系统中的多个电池上提供温度平衡。此外,可以控制电池存储系统的各个电池的温度。这对于测试各个电池或电池的组可以是有用的。

[0058] 在另一个实施方案中,所述控制器被配置为不仅平衡模块化多电平转换器内的电池的温度,而且将所述电池加热到与在加热之前相比电池具有更高的效率的温度。在另一个实施方案中,所述电池被加热到它们具有其最佳效率和/或其最低串联电阻的温度。

附图说明

[0059] 在下文中,将参考附图在不限关于实施方案的实施例的一般发明构思的情况下通过实施例的方式描述本发明。

[0060] 图1示出了一个实施方案的基本块图。

[0061] 图2示出了冷却系统的示意图。

[0062] 图3示出了对电池的温度平衡的方法的示意图。

[0063] 图4示出了状态的序列。

[0064] 图5示出了标准模块化多电平转换器的时序图。

[0065] 图6示出了温度平衡多电平转换器的电压。

[0066] 图7示出了具有频率控制的多电平转换器的电压。

[0067] 图8示出了第一切换状态。

[0068] 图9示出了第二切换状态。

[0069] 图10示出了第三切换状态。

[0070] 图11示出了第四切换状态。

[0071] 图12示出了频率对内部电阻的影响。

[0072] 图13示出了在一个循环期间的电池电压和电流。

[0073] 图14示出了间接温度测量。

[0074] 在图1中,示出了一个实施方案的基本块图。模块化多电平转换器(MMC)包括多个转换器模块110、120、130、140。通常,要求至少两个模块,但是模块的数目可以被扩展为与适合于期望的输出电压的程度。本文所提及的实施方案基本上与模块的数目无关,只要有多电平转换器中存在至少两个模块。多电平转换器具有第一转换器端口101和第二转换器端口102。为了使模块互连,每个转换器模块具有第一模块端口118、128、138、148和第二模块端口119、129、139、149。第一转换器模块110的第一模块端口118连接到第一转换器端口101。其他模块用它们的模块第一端口128、138、148连接到前一模块的模块第二端口119、129、139以形成串联连接。此外,最后一个模块的模块第二端口149连接到第二转换器端口102。根据所要求的输出电压或所要求的充电状况,通过模块内部的开关串联切换一定数目的模块,如稍后将描述的。

[0075] 每个转换器模块110、120、130、140至少包括电池112、122、132、142,切换电路111、121、131、141,温度传感器113、123、133、143,以及模块控制器115、125、135、145。

[0076] 通过第一转换器模块110的实施例描述了转换器模块的细节。其他转换器模块120、130、140是基本上相同的。

[0077] 切换电路111具有至少两个切换状态。在第一切换状态下,电池112连接在模块第一端口118和模块第二端口119之间。在第二切换状态下,电池112与模块第一端口118或模块第二端口119或两者断开连接。此外,当电池被断开连接时,在模块第一端口118和模块第二端口119之间提供短路。切换电路111由模块控制器115控制,该模块控制器借助于通信链路117至少与主控制器105通信。主控制器105控制模块化多电平控制器的所有转换器模块。

[0078] 此外,每个转换器模块110、120、130、140包括感测电池的温度值的温度传感器113、123、133、143。如上所提及的,电池可以包括至少一个电池单元。它也可以包括多个电池单元或大量的电池单元。在这些情况下,温度传感器可以包括指示多个电池单元的多个温度值的多个温度传感器。温度传感器113将温度值传输到模块控制器115。在多个温度传感器的情况下,可以传输多个温度、和/或最小温度和/或最大温度和/或平均温度。温度传感器还可以是基于电流和/或电压测量结果来计算温度的方法或软件算法,所述方法或软件算法例如在微控制器上运行。

[0079] 在图2中,示出了模块化多电平转换器100的冷却系统300的示意图。多个电池112、122、132、142由在液体管道302中在如由箭头304所示出的方向304上循环的冷却液体303冷却。该液体由热交换器301冷却,使得离开该热交换器的液体的温度低于进入该热交换器的液体的温度。电池中的每个具有将电池加热到电池特定的温度312、322、332、342的电损耗。通常,此温度高于在电池的位置处的冷却液体303的温度。这导致如由箭头311、321、331、341所指示的热量传递,因此将冷却液体303的温度升高到温度313、323、333、343。因为每个电池向冷却液体添加一些热量,所以当冷却液体经过电池时,冷却液体的温度升高。因此,电池112处的冷却液体温度313是最低的,并且电池142处的冷却液体温度343是最高。通常,每时间单位传递的热量是电池的温度减去电池处的冷却液体的温度的函数,该差进一步除以电池和冷却液体之间的热阻。

[0080] 在此,假设电池和冷却液体之间的热阻对于所有电池是大致相同的。在此假设下,

具有最低冷却液体温度的电池112的冷却效率比具有最高冷却液体温度343的电池142处的冷却效率更好。为了获得电池的大致相等的温度,第一电池112可能因为最高冷却效率而具有最高功率耗散,而最后一个电池142将由于最低冷却效率而具有最低功率耗散。可以根据从第一电池到最后一个电池的降低的冷却效率来适配中间的电池的功率耗散。应注意,在理想系统——其中电池和冷却液体之间的热阻是零——中,电池将由于冷却液体的升高的温度而具有升高的温度。在电池和冷却液体之间具有热阻的实际系统中,电池可能全部具有相同的温度,以及以相反顺序具有均匀的温度。为了获得电池的最大输出和最大寿命,所有电池的温度应被保持为至少大致相同。

[0081] 上文所做的考虑适用于电池被冷却的配置,例如冷却液体的温度在电池的温度以下。基本上,如果电池被加热并且冷却液体具有比电池更高的温度,则状况是相同的,差异在于热量现在从较暖的冷却液体传递到电池。还可以存在如下配置:其中电池和冷却液体的温度是大致相同的,并且一些电池被冷却并且其他被加热。

[0082] 在图3中,示出了对电池的温度平衡的方法的示意图。

[0083] 在第一步骤中,获得多个电池中的每个的第一温度值。此温度可以直接地(例如通过温度传感器)、间接地(例如通过电压和/或电流测量结果)被测量、或被计算、或其任何组合。

[0084] 下一步骤412是计算第一多个电池中的每个的电功率耗散设定点。这样的设定点可以是基于第一温度值和预定温度值或温度的设定点值之差。通过知道温度的差异,可以估计在给定的时间段内使第一温度适配到目标温度要求电池的什么功率耗散或什么水平的电损耗。

[0085] 下一步骤413包括计算在第一状态和第二状态之间切换以获得计算的电池中的功率耗散和/或功率损耗的频率和/或占空比。如本文进一步所提及的,电池的损耗可以取决于电池被充电和/或使电池放电的信号频率。因此,可以选择适当的频率。此外,可以选择用于在所述状态之间切换的占空比。通常,该占空比的循环与输出信号同步,并且因此与以较低电流水平接通电池相比,以高电流水平接通电池给出电池的更高的功率耗散。

[0086] 第四步骤414包括向所述多个转换器模块中的每个和/或其中的切换电路提供控制信号,以获得先前计算的波形。

[0087] 可以根据需要经常地(例如连续地或以预定的间隔)重复此方法。

[0088] 在图4中,示出了状态的序列。

[0089] 在第一状态421下,电池连接在至少一个模块第一端口和至少一个模块第二端口之间。

[0090] 通常在第一状态421之后的第二状态422包括使电池与第一和/或第二端口中的至少一个断开连接,并且进一步在至少一个第一端口和至少一个第二端口之间形成短路,使得电流可以相对低的电压降流过模块。在此状态之后,过程可以以第一状态421再次开始。在一个实施方案中,此过程可以在任何两个状态之间被中断以用于其他状态,例如用于至少一个电荷平衡状态。

[0091] 在图5中,示出了具有三个模块的标准模块化多电平转换器的时序图。在此实施例中,为了简化仅使用了三个模块,但是基本构思可扩展到任何数目的模块。此图表示出了不同的电压随着时间推移的四个曲线。水平地从左到右的时间轴被归一化为正弦输出信号的

一个完整周期,该完整周期在50Hz输出的情况下可以对应于20ms的时间。从中心线到顶部的纵轴可以以100V为单位标刻度,因此从最负值的-300V延伸到最正值的+300V,这对应于600V的正弦输出电压曲线的峰至峰值。此实施例中的模块中的每个具有如100V的电压。

[0092] 第一曲线511示出了具有600V的所述峰至峰值和20ms的示例性周期的虚线正弦输出电压。阶梯式曲线512是近似的多电平转换器输出电压。在此,示出了通过接通和关断各个模块所进行的步骤。接下来的曲线给出关于哪些模块处于哪个状态的细节。

[0093] 第二图表以曲线513示出了第一模块的状态。随着该曲线的开始,此模块在短时间之后被接通以提供100V电压,并且在大部分时间保持导通,以在短暂间歇内关断并且在正弦输出曲线的过零之后反向。

[0094] 下一曲线514示出了与第一模块相比具有较短导通时间的第二模块输出。

[0095] 最后一个曲线515示出了所有三个模块中的具有最短导通时间的第三模块的状态。

[0096] 在此图和以下图中的一些中,时间标记 t_1 、 t_2 …… t_6 以及 t_1' 、 t_2' …… t_6' 被指示在时间轴处。它们用以比较切换时间。例如,第一模块在 t_1 和 t_6 之间是正导通的并且在 t_1' 和 t_6' 之间是负导通的。所有其他时间它是断开的。第二模块在 t_2 和 t_5 之间是正导通的并且在 t_2' 和 t_5' 之间是负导通的。第三模块在 t_3 和 t_4 之间是正导通的并且在 t_3' 和 t_4' 之间是负导通的。

[0097] 为了简化,在这些图中,仅示出了模块的离散电压电平。为了将输出电压适配为更接近期望的波形——其可以是正弦波,可以进行对输出信号的PWM(脉宽调制)。在此,可以用一个模块或多个模块来执行PWM。

[0098] 在图6中,在图表520中示出了温度平衡多电平转换器的电压。此图表相对类似于前一个图表、具有正弦输出电压521、近似的多电平转换器输出522、第一模块输出523、第二模块输出524和第三模块输出525。与前一个图相比,第一模块和第二模块的导通时间互相交换。在一个实施方案中,曲线510和520的序列在一定时段上多次地或甚至连续地被重复。这意味着,第一模块和第二模块大致具有相同的RMS电流,该RMS电流显著高于连续地具有短导通时间的第三模块的RMS电流。因此,第一模块和第二模块比第三模块变热更多。如果第三模块与第一模块和第二模块相比具有相对高的温度,则可以选择这样的操作模式来均衡温度。

[0099] 在图7中,示出了具有频率控制的多电平转换器的电压。第一曲线再次是正弦输出电压531并且示出了正弦输出信号,并且曲线532是近似的多电平转换器输出电压。第一模块输出533示出了两组脉冲。第一组脉冲581从正电压变到负电压,并且第二组脉冲582从正电压循环到零。此外,在曲线534中示出了第二模块循环583,并且在曲线535中示出了第三模块循环584和585。

[0100] 当模块1的循环581的第一斜坡(slope,斜坡)变到100V时,第二模块和第三模块仍然在0V处。在可以是0.5ms的第一短时段之后,第一模块将其输出电压从100V反转到-100V。同步地,在相同的时间处第二输出模块和第三输出模块各自发出100V的电压,使得总输出电压是 $-100V+100V+100V=+100V$,并且因此保持所述总输出电压。这随后是一些循环,其中第一模块在100V处并且第二模块和第三模块在0V处,或第一模块在-100V处并且第二模块和第三模块在+100V处。这可以被称为相反操作。在这些循环期间,总电压被保持恒定在+

100V处,而第一模块中的电流流动的方向被反向,使得第一模块电池从放电切换到充电,反之亦然。这不将任何功率传递到多电平转换器的输出,而只是在内部移动能量并且产生电损耗,诸如加热电池。

[0101] 第一模块582的第二循环和第三模块的第二循环585具有类似的情形。在此实施方案中,每当第一模块的输出电压是100V,第三模块的输出电压是零,并且当第一模块的输出电压是零时,则第三模块的输出电压是100V,使得在如在此图中所示出的循环期间,第一模块和第三模块的输出电压之和恒定在100V处。这可以被称作交错操作。在此,没有能量在模块之间转移,因为没有电池被充电。但是这些循环使用将损耗引入到电池内的另一个效应,该效应以一定频率切换该电池,在此实施例中,该一定频率可以是约1kHz。

[0102] 如上文所提及的,电池的损耗取决于其操作频率。存在损耗相对低的、强烈地取决于电池的特定类型的某些频率,以及损耗相对高的其他频率。在此实施方案中,可以选择频率以用于引入更高的损耗,以使第一电池和第三电池比第二电池变热更多。如在此实施方案中所示出的,多个切换策略可以被组合在单个输出信号(例如正弦输出电压)中。

[0103] 上文所描述的两个操作模式——相反操作和交错操作——不仅可以用一个模块来实现而且可以用多个模块来实现。在交错操作中,模块1的电压输出可以在第一1ms内是100V并且在随后的1ms内是0V。为了具有转换器的恒定的输出电压,第二模块可以在随后的一个毫秒内输出100V,如上文所描述的。但是它也可以仅在下一个0.5ms内输出100V,并且第三模块可以在最后一个0.5ms内输出100V。也可以是3个、4个或更多个模块共同接管输出100V以具有恒定的输出电压。这对于相反操作同样有效。

[0104] 在一个实施方案中,控制器可以被配置为操作多个转换器模块,使得所述多个转换器模块的总输出电压保持恒定。第一模块以第一频率和/或第一占空比在第一状态和第二状态之间切换,并且至少一个第二模块以相同的第一频率和/或第一占空比切换。此外,模块以模块的交替的第一状态和第二状态或以模块的反向极性切换。此外,至少一个第二模块包括多个模块,所述多个模块被交替地激活,使得它们的总输出电压与所述至少一个第二模块所要求的相同。

[0105] 在图8中,示出了切换电路111的第一切换状态。具体地,在此图中,示出了连接到电池112的切换电路111的示意图。该切换电路可以包括全桥,也被称为H桥,该H桥包括四个开关。此全桥仅用于演示基本切换功能。代替地,可以使用如从现有技术已知的任何其他合适的切换技术。该全桥包括四个开关211、212、213、214,而第一开关211和第三开关213可以连接到电池112的正端子,并且第二开关212和第四开关214可以连接到电池112的负端子。此外,第一开关211和第二开关212一起连接到模块第一端口115,并且第三开关213连同第四开关214连接到模块第二端口119。开关可以由模块控制器115控制以单独地操作,该模块控制器115未被示出在此图中,而是被示出在图1中。模块控制器115可以具有用于控制开关中的每个的控制线,例如为MOSFET开关提供栅极信号。在此图中,示出了第一切换状态。第一开关211和第四开关214是断开的(open),而第二开关212和第三开关213被闭合,使得电池以其正端子连接到模块第二端口119并且以其负端子连接到模块第一端口118。在靠近开关的右侧,示出了其中电池连接在模块端口之间的等效电路图281。

[0106] 在图9中,示出了第二切换状态。此图基本上示出了与前一个图相同的部件,但是其中开关211-214处于不同的切换状态。在此,第一开关211和第四开关214被闭合,而第二

开关212和第三开关213是断开的。在此配置中,电池以相反顺序连接,使得电池的正端子现在连接到模块第一端口118,而电池的负端子连接到模块第二端口119。右侧是示出了相反连接的电池的等效电路图282。

[0107] 在图10中,示出了第三切换状态。此图基本上示出了与前两个图相同的部件,但是其中开关211-214处于不同的切换状态。在此,第二开关212和第四开关214被闭合,而第一开关211和第三开关213是断开的。这导致模块第一端口118和模块第二端口119之间的短路,同时电池112被断开连接。这被示出在等效电路图283中。

[0108] 在图11中,示出了第四切换状态。此图基本上示出了与前三个图相同的部件,但是其中所有四个开关处于断开状态。因此,模块第一端口118和模块第二端口119之间的连接是断开的并且电池被断开连接。这被示出在具有开路的等效电路图284中。

[0109] 图12在图表610中示出了频率对示例性电池单元的内部电阻的影响。从左到右的横轴示出了通过电池的电流的从0Hz开始到12kHz的频率。纵轴向上示出了电池的在8和20m0hm(0.008-0.0200hm)之间的内部电阻。曲线612示出了内部电阻在500Hz左右的较低频率处在10m0hm之间变化,并且在高达12kHz的较高频率处增加到16m0hm。在非常低的频率处,电阻也是较高的。因此,在较高频率处操作电池可以增加内部电阻,并且如此电池的损耗可以被增加以加热电池。如果期望MLC的最小损耗和最大效率,则可以选择最低内部电阻的点——在此实施例中是在大约500Hz处。

[0110] 图13在图表620中示出了在一个电池切换循环期间的电池电压621和电池开关电阻622。横轴是时间轴,该时间轴可以指示在其5ms的整个长度上的时间,但是也可以是在1ms和100ms或更大之间的范围内。纵轴指示以偏移缩放的电池的电压以及在几毫欧姆和许多千欧姆之间的开关电阻。在该图表的左侧开始处,开关电阻622是高的并且电池递送空载电压。然后开关被接通,从而降低其电阻。电池电流增加,并且在电压下冲之后,电池达到其负载电压,该负载电压由于其内部电阻而是较低的。最后,在右侧处,开关再次被关断。

[0111] 图14示出了前一个图的允许间接温度测量的细节。在电池电压的切换下冲之后,电池电压相对快速地恢复,通常在几微秒内恢复到电池负载电压631。此电压阶跃632是用于电池温度的指示。它可以随着电池温度的降低而增加。

[0112] 参考数字列表

[0113]	100	模块化多电平转换器(MMC)
	101	第一转换器端口
[0114]	102	第二转换器端口
[0115]	105	主控制器
[0116]	110、120、130、140	转换器模块
[0117]	111、121、131、141	切换电路
[0118]	112、122、132、142	电池
[0119]	113、123、133、143	温度传感器
[0120]	115、125、135、145	模块控制器
[0121]	117、127、137、147	通信链路
[0122]	118、128、138、148	模块第一端口
[0123]	119、129、139、149	模块第二端口

[0124]	211、212、213、214	开关
	281	连接的电池的等效电路图
[0125]	282	相反连接的电池的等效电路图
	283	短路的等效电路图
[0126]	284	开路的等效电路图
[0127]	300	冷却系统
[0128]	301	热交换器
[0129]	302	冷却液体管道
[0130]	303	冷却液体
[0131]	304	冷却液体流动的方向
[0132]	311、321、331、341	热量传递
[0133]	312、322、332、342	电池温度
[0134]	313、323、333、343	冷却系统温度
[0135]	410	温度平衡的方法
[0136]	411	获得第一温度值
[0137]	412	计算电功率耗散设定点
[0138]	413	计算切换的频率和/或占空比
[0139]	414	提供控制信号
[0140]	420	状态的序列
[0141]	421	第一状态
[0142]	422	第二状态
[0143]	510	标准MLC的电压
[0144]	511、521、531	正弦输出电压
[0145]	512、522、532	近似的MLC输出电压
[0146]	513、523、533	第一模块输出
[0147]	514、524、534	第二模块输出
[0148]	515、525、535	第三模块输出
[0149]	520	温度平衡MLC的电压
[0150]	530	具有频率控制的MLC的电压
[0151]	581、582	第一模块循环
[0152]	583	第二模块循环
[0153]	584、585	第三模块循环
[0154]	610	电池阻抗与频率的图表
[0155]	612	示例性电池曲线
[0156]	620	在一个循环期间的电池电压和电流的图表
[0157]	621	电池电压
[0158]	622	电池开关电阻
[0159]	630	在下降电流边缘处的电池电压的细节图表
[0160]	631	电池负载电压

[0161] 632

电压阶跃

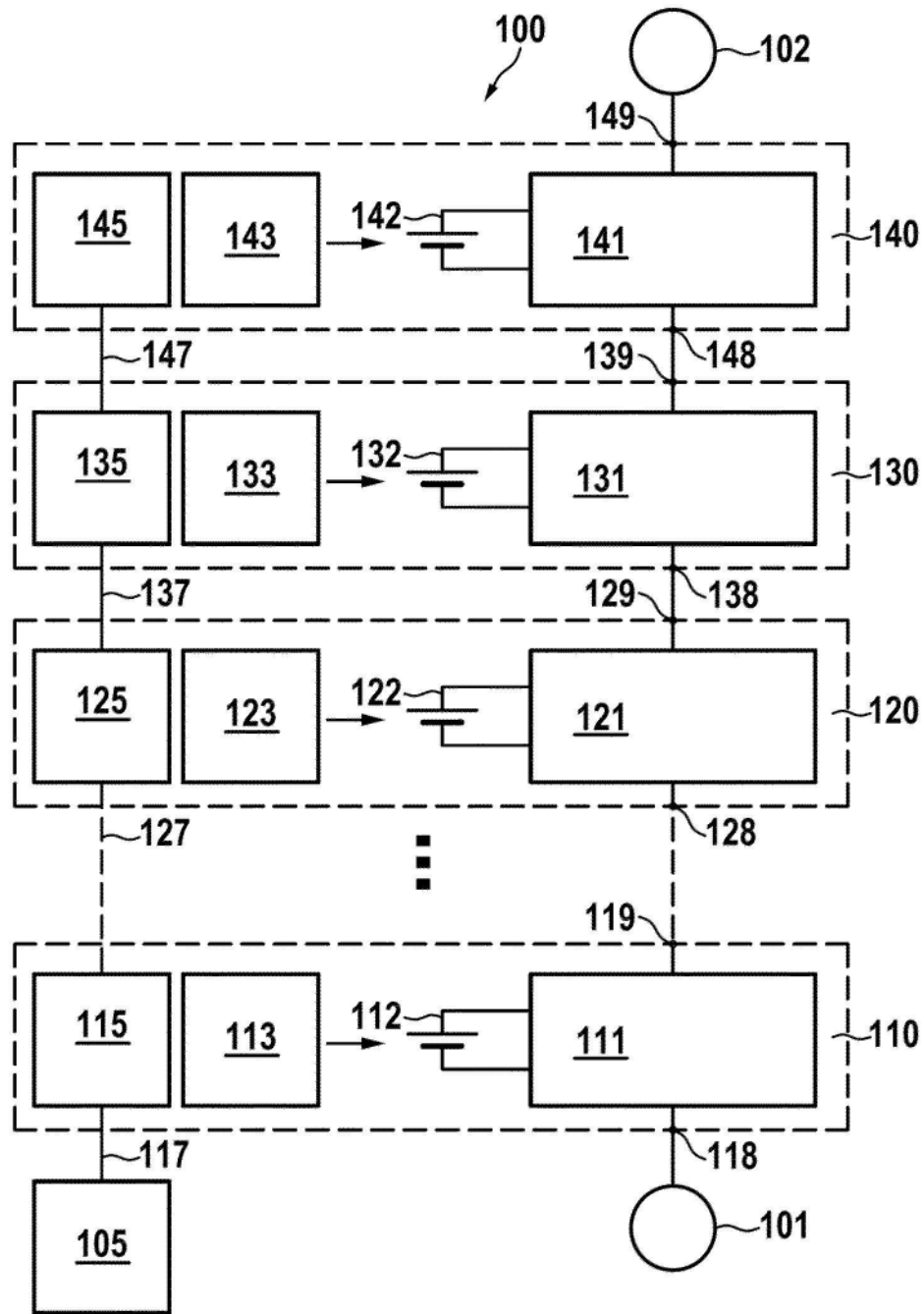


图1

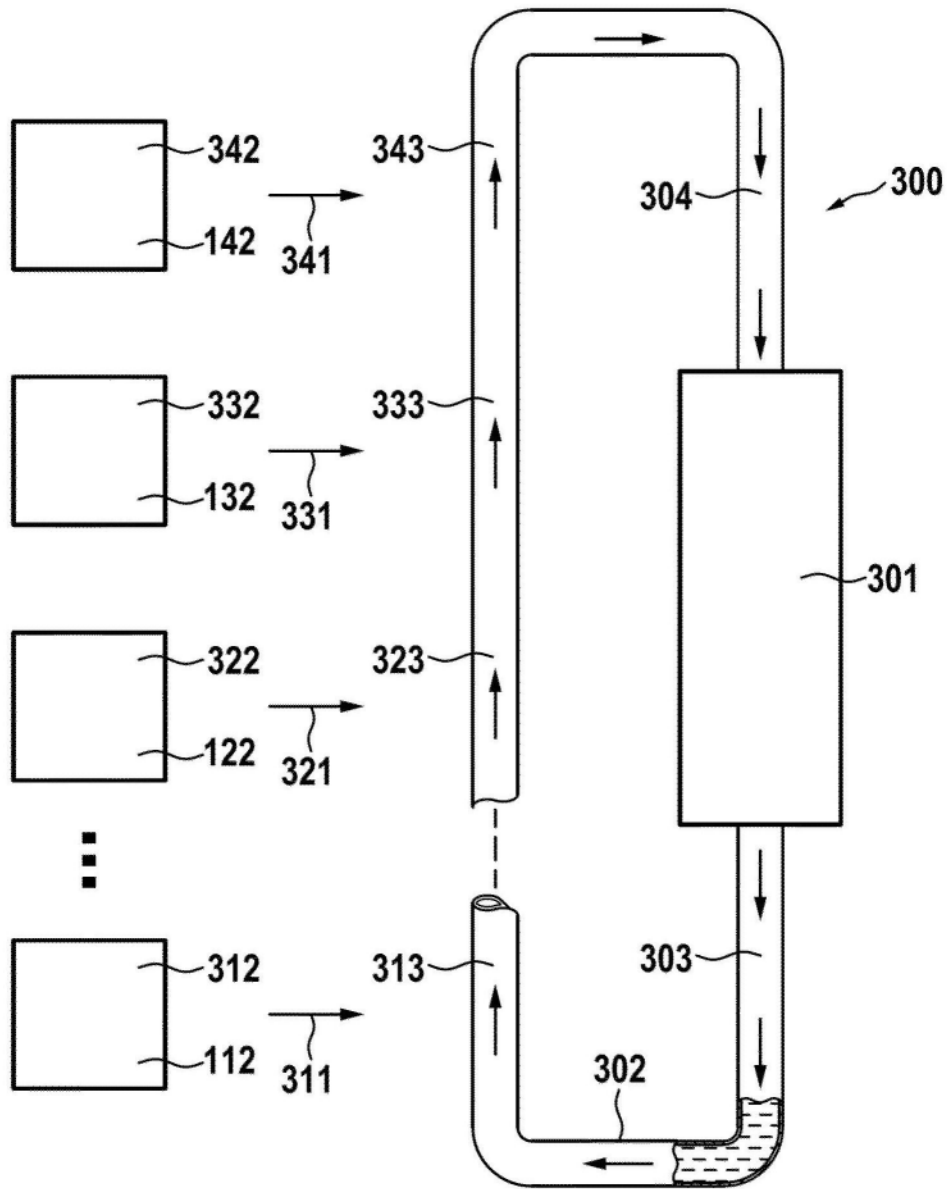


图2

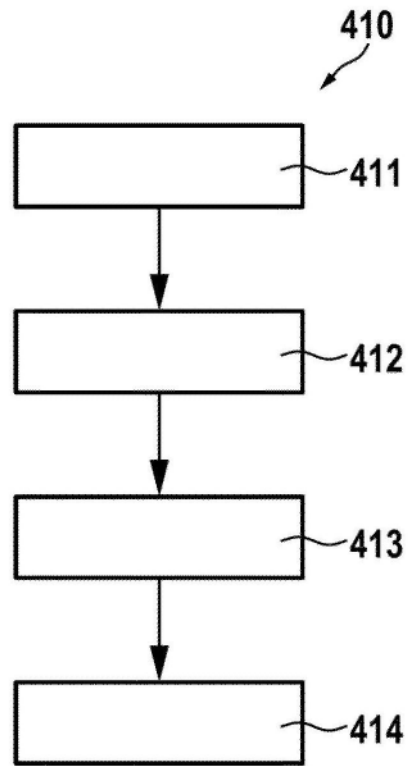


图3

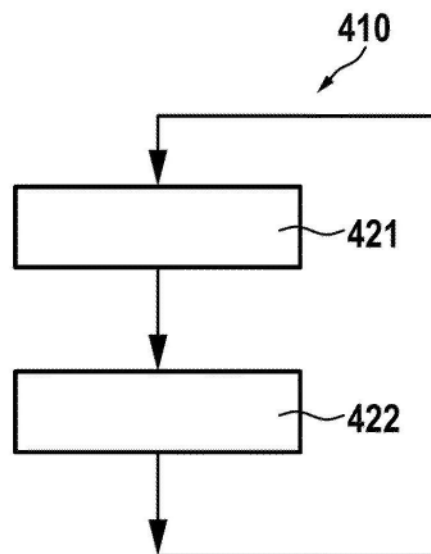


图4

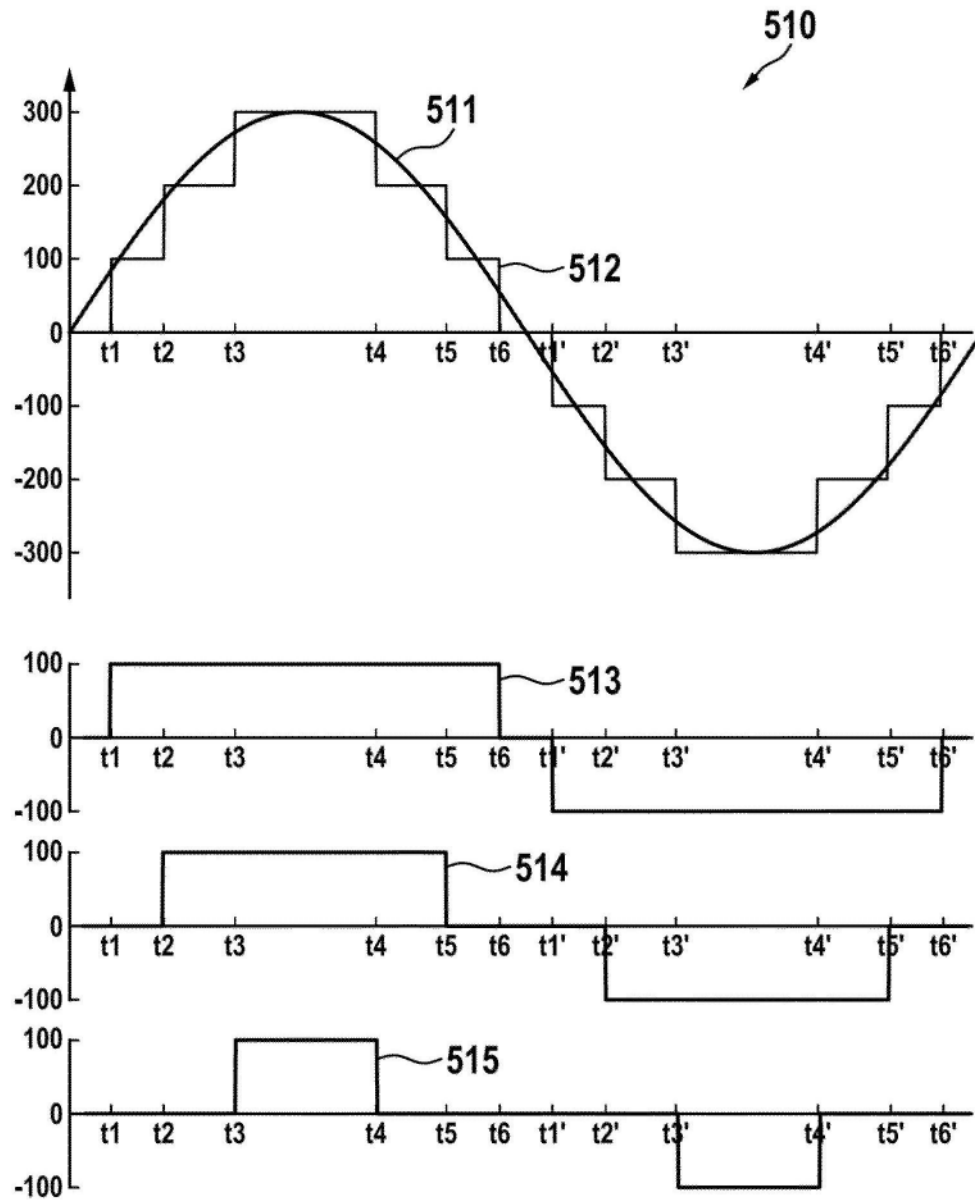


图5

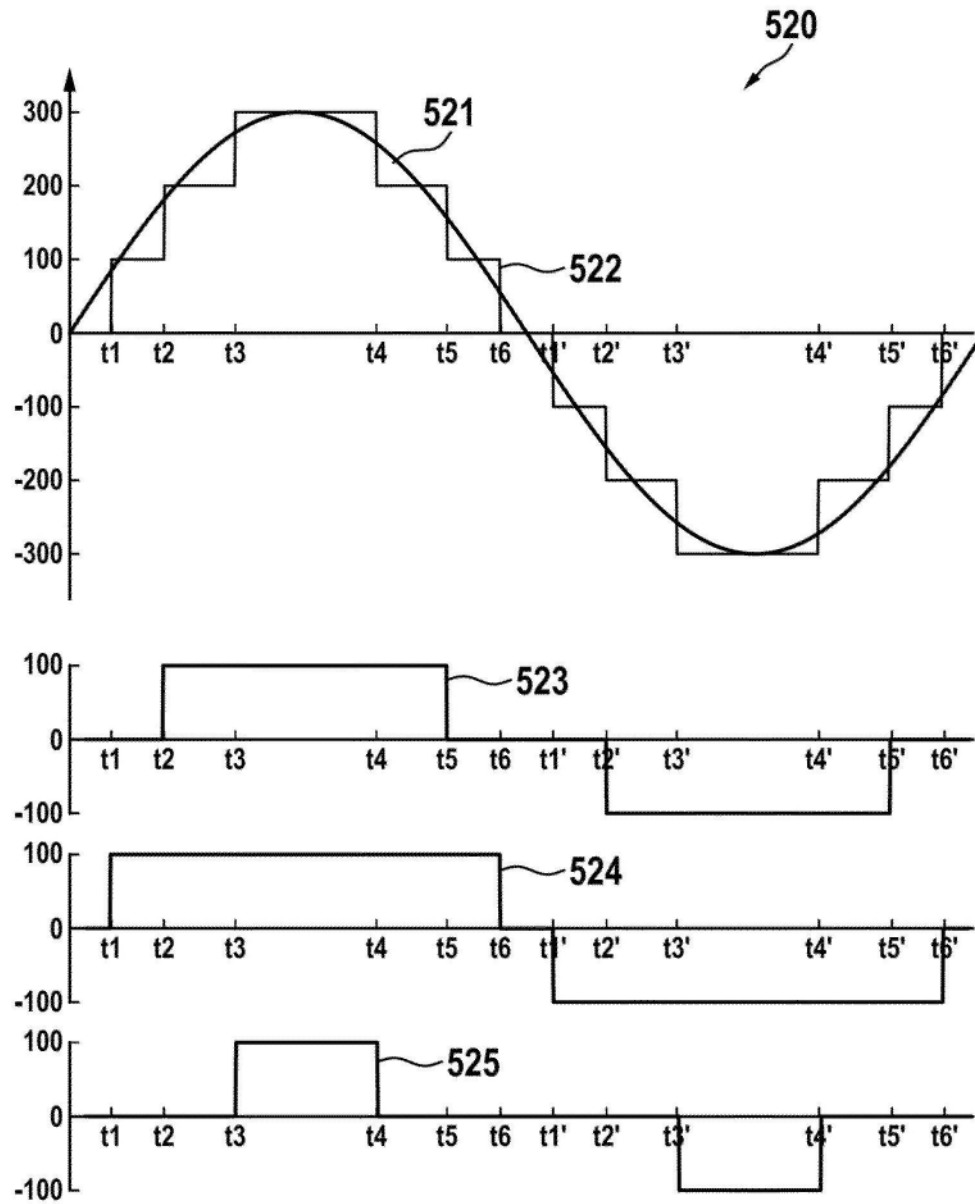


图6

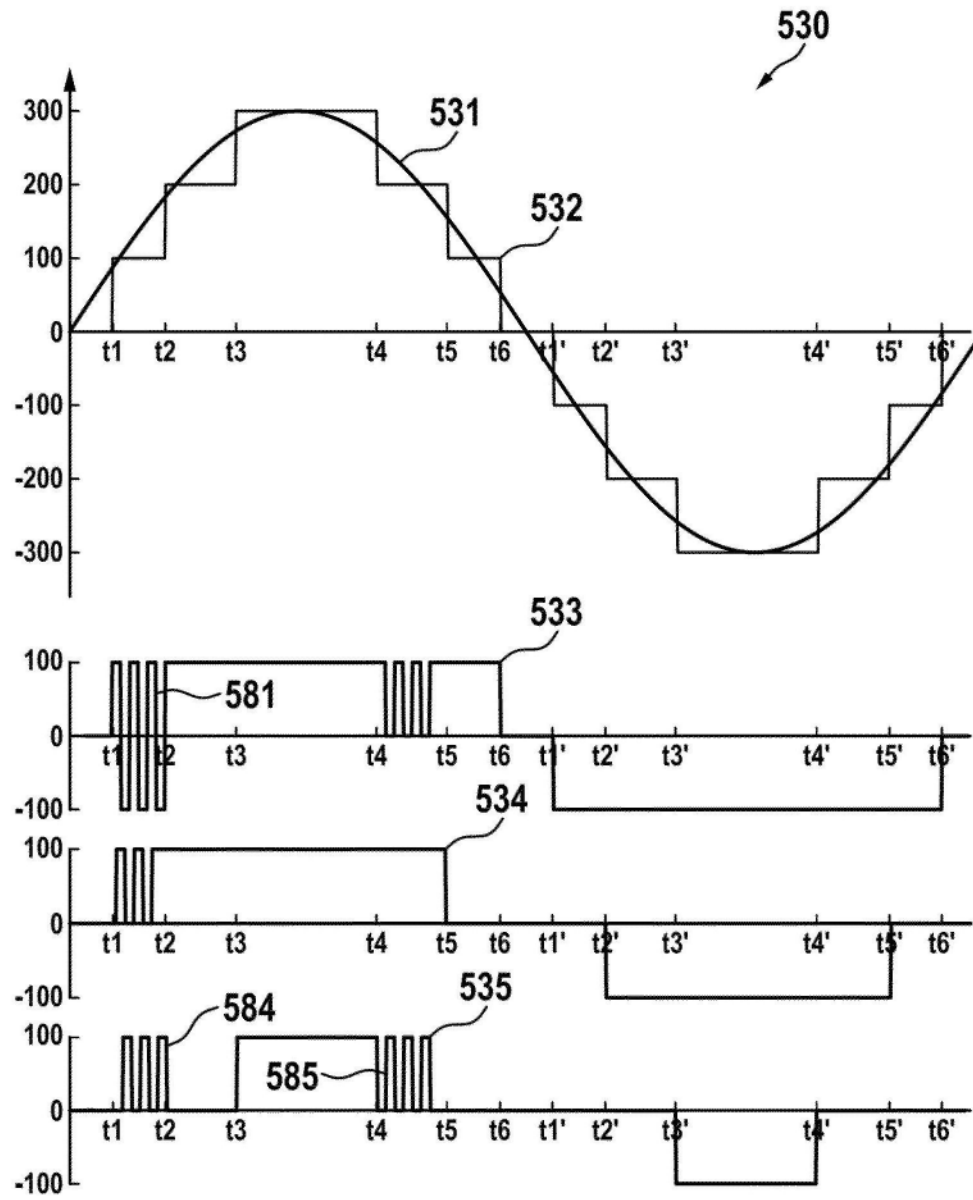


图7

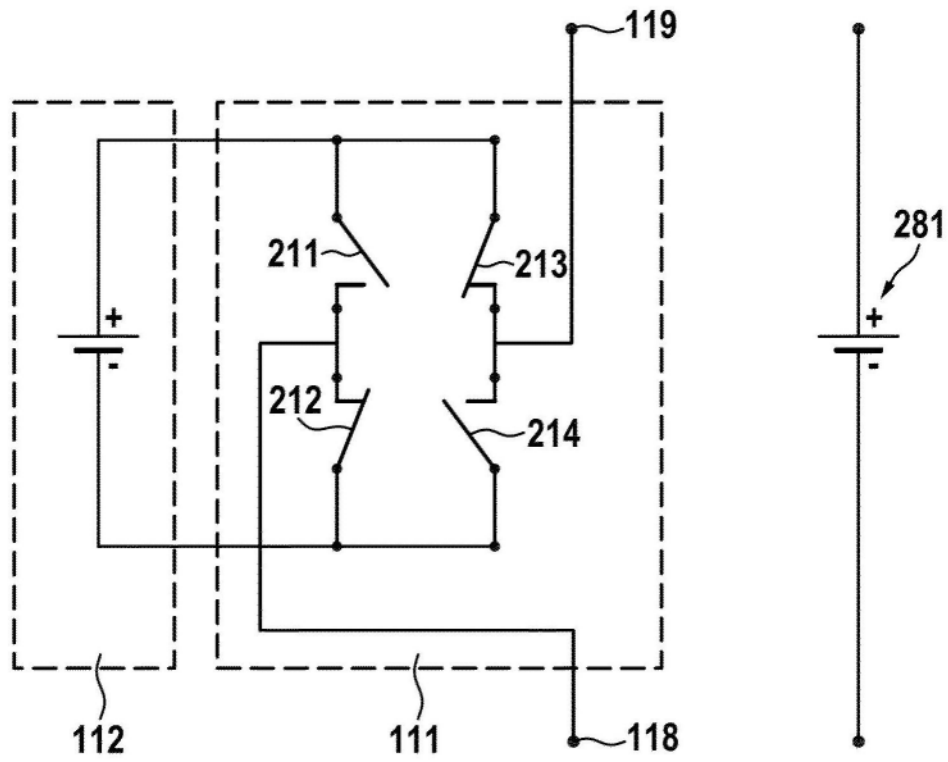


图8

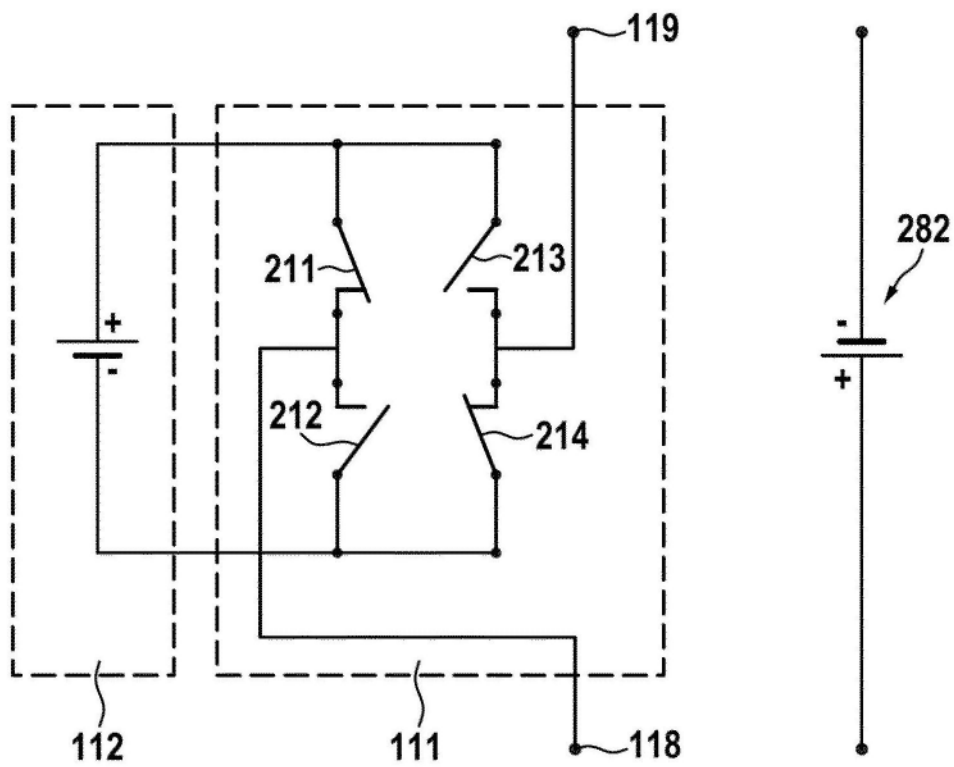


图9

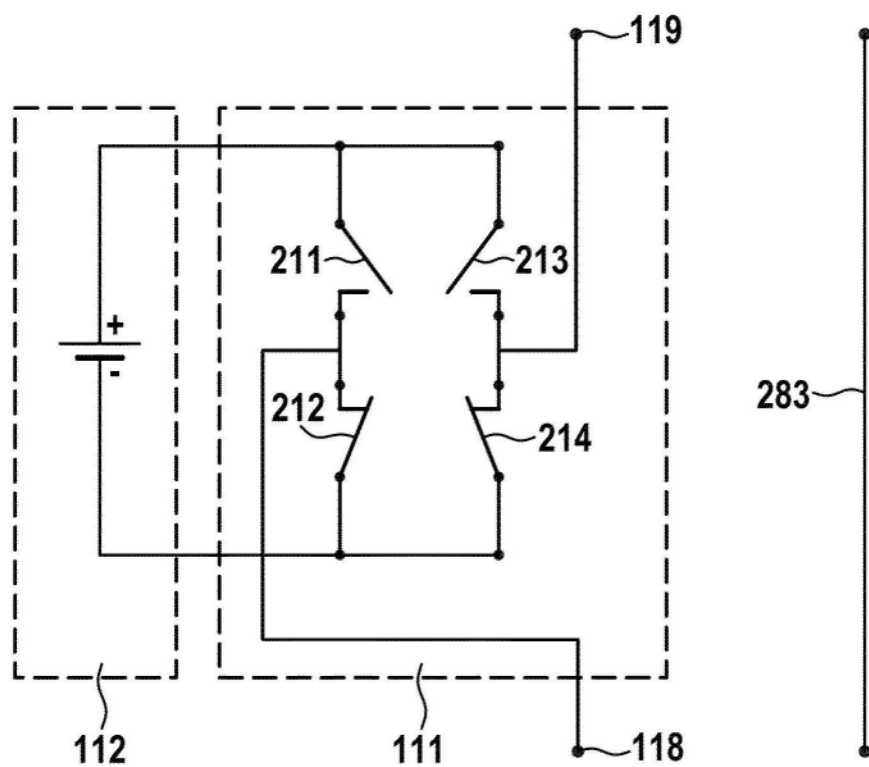


图10

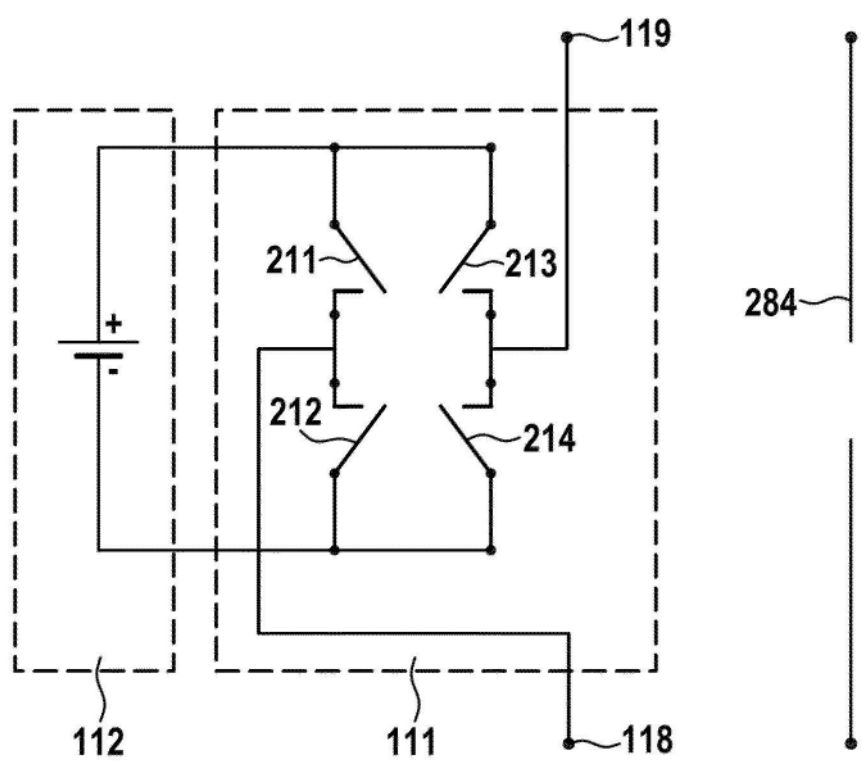


图11

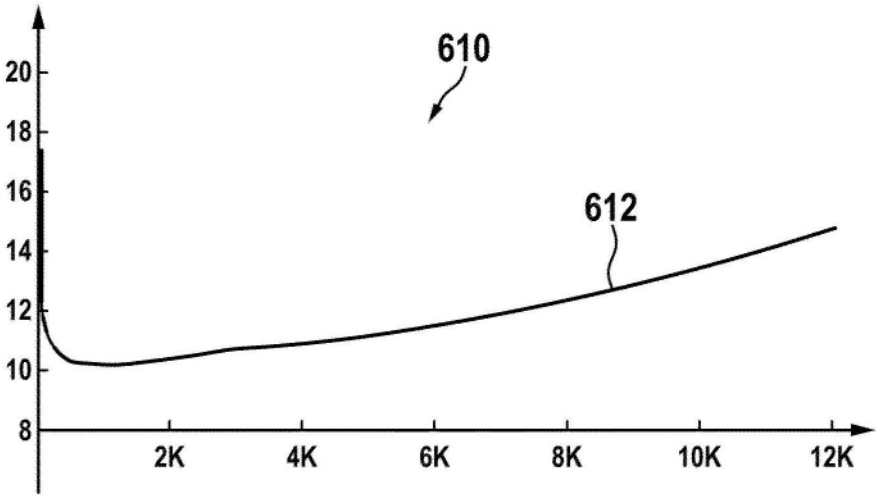


图12

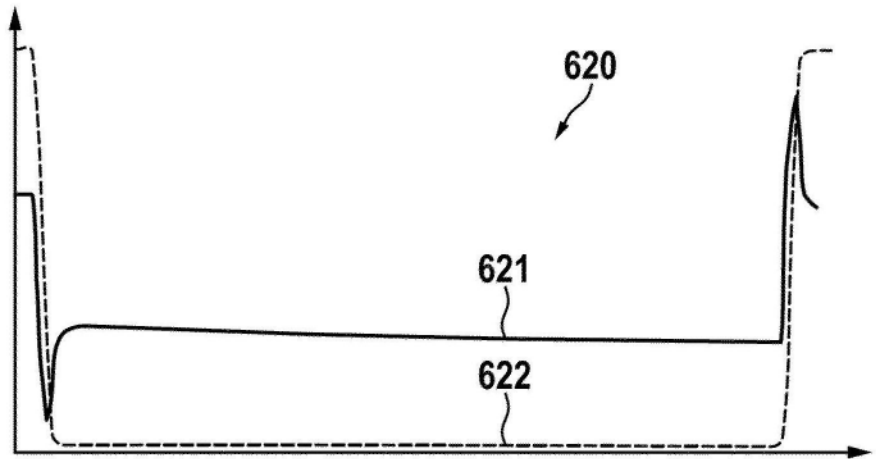


图13

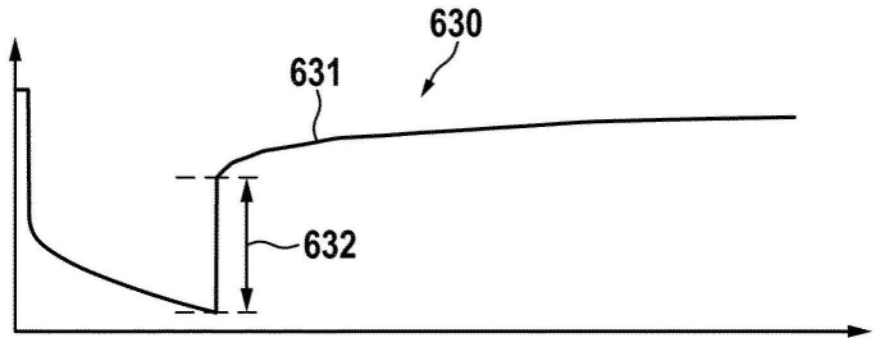


图14