



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 118226289 A

(43) 申请公布日 2024.06.21

(21) 申请号 202311732885.X

(22) 申请日 2023.12.15

(30) 优先权数据

22214914.8 2022.12.20 EP

(71) 申请人 沃尔沃卡车集团

地址 瑞典,哥德堡

(72) 发明人 费萨尔·阿塔夫

(74) 专利代理机构 中原信达知识产权代理有限  
责任公司 11219

专利代理师 车文 高伟

(51) Int. Cl.

G01R 31/382 (2019.01)

G01R 31/396 (2019.01)

G01R 31/367 (2019.01)

G01D 21/02 (2006.01)

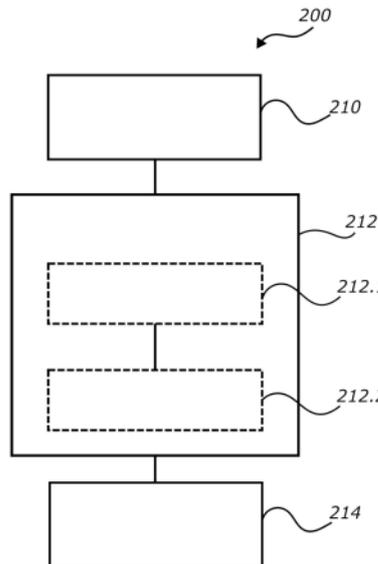
权利要求书2页 说明书7页 附图4页

(54) 发明名称

用于多电池能量存储系统的容量和荷电状态估计

(57) 摘要

本发明涉及用于多电池能量存储系统的容量和荷电状态估计,尤其是一种计算具有多个并联电池组的能量存储系统ESS的荷电状态的方法(200),所述方法包括:对于每个电池组,基于相应测量的终端电压而预测(210)随时间演变的终端电压和电流;基于所述预测的随时间演变的终端电压和电流,计算(212)所述ESS的可充电和/或可放电容量;以及基于所述ESS的所述可充电和/或可放电容量而计算(214)所述ESS的所述荷电状态。所述方法可寻求为具有多个并联电池组的ESS提供SoC的准确计算,使得利用所述ESS的全部能力。



1. 一种计算具有多个并联电池组的能量存储系统ESS (120) 的荷电状态的方法 (200) , 所述方法包括:

对于每个电池组, 基于相应测量的终端电压而预测 (210) 随时间演变的终端电压和电流;

基于所述预测的随时间演变的终端电压和电流, 计算 (212) 所述ESS的可充电和/或可放电容量; 以及

基于所述ESS的所述可充电和/或可放电容量而计算 (214) 所述ESS的所述荷电状态。

2. 如权利要求1所述的方法, 其中使用库仑计数方法来计算 (212) 所述ESS的所述可充电和/或可放电容量。

3. 如前述权利要求中任一项所述的方法, 其中在最小充电时间的假设下计算 (212) 所述ESS的所述可充电容量。

4. 如权利要求3所述的方法, 其中通过以下方式计算所述最小充电时间:

基于每个电池组的随时间演变的终端电压而计算 (212.1) 所述电池组的预期充电时间; 以及

从所有电池组的所述预期充电时间中选择 (212.2) 最小预期充电时间作为所述最小充电时间。

5. 如权利要求4所述的方法, 其中通过将包括充电极限电压和平衡条件的终止标准应用于所述随时间演变的终端电压来计算所述预期充电时间。

6. 如前述权利要求中任一项所述的方法, 其中在最小放电时间的假设下计算 (212) 所述ESS的所述可放电容量。

7. 如权利要求6所述的方法, 其中通过以下方式计算所述最小放电时间:

基于每个电池组的随时间演变的终端电压而计算 (212.1) 所述电池组的预期放电时间; 以及

从所有电池组的所述预期放电时间中选择 (212.2) 所述最小预期放电时间作为所述最小充电时间。

8. 如权利要求7所述的方法, 其中通过将包括放电极限电压和平衡条件的终止标准应用于所述随时间演变的终端电压来计算所述预期放电时间。

9. 如前述权利要求中任一项所述的方法, 其中使用多电池系统中的电流和电压的动态模型来预测 (110) 所述随时间演变的终端电压。

10. 如权利要求9所述的方法, 其中所述模型相对于电池温度和/或设定点充电/放电电流曲线是可变的。

11. 如前述权利要求中任一项所述的方法, 其中基于每个电池组的总参考ESS电流和测量的终端电压, 使用电流分流预测来预测 (210) 所述电池组的所述电流。

12. 如前述权利要求中任一项所述的方法, 其中所述ESS是车辆ESS。

13. 一种用于计算具有多个并联电池组 (122-1、122-2) 的能量存储系统ESS (120) 的荷电状态的处理器装置 (110) , 所述装置包括:

接口 (112) , 所述接口用于接收与所述ESS相关联的传感器信号; 以及

处理电路系统 (114) , 所述处理电路系统被配置成执行如前述权利要求中任一项所述的方法。

14. 一种包括程序代码的计算机程序产品(118),所述程序代码用于在由如权利要求13所述的处理器装置(110)执行时执行如权利要求1至12中任一项所述的方法。

15. 一种包括指令的非暂时性计算机可读存储介质(116),所述指令在由如权利要求13所述的处理器装置(110)执行时致使所述处理器装置执行如权利要求1至12中任一项所述的方法。

## 用于多电池能量存储系统的容量和荷电状态估计

### 技术领域

[0001] 本公开总体上涉及并联连接的多电池单元的多电池能量存储系统(ESS)。在特定方面,本公开涉及一种计算具有多个并联电池组的能量存储系统的荷电状态的方法。

### 背景技术

[0002] 本公开涉及具有多个并联电池组的ESS的容量和荷电状态(SoC)估计。从用户或操作车辆的自动驾驶软件的角度来看,准确计算容量和SoC至关重要,因为它会影响车辆性能、驾驶性能、里程。基于不正确的容量和SoC计算而操作车辆可能导致性能降低(即,功率和电动里程降低)。另外,不平衡的容量和SoC因此也可能导致电池磨损增加,并且因此增加维护要求。

[0003] 在常规方法中,估计较大系统的SoC和容量可能基于单电池单元级别的计算。虽然这些计算本身可能具有挑战性,但当估计并联连接的电池单元的ESS的SoC和容量时,复杂性会进一步增加。由于内部参数和环境参数的变化,多电池ESS内的各个电池组可能表现出非同质的动态行为,这可能包括具有不同充电水平、不同寿命和/或不同代/类型的电池组。由于这些非同质动态行为的复杂性,如何将各个电池状态映射到多电池ESS的对应状态的问题尚未得到适当探索。

[0004] 常规方法包括基于平均状态估计和由网络中最弱电池组决定的约束而操作ESS。然而,这些方法容易出错,并可能导致可用ESS容量利用不足或过度利用。因此,需要改进的系统和方法来计算表现出复杂非同质动态的多电池ESS网络中的容量和SoC,使得充分利用ESS能力。

[0005] US20210288353A1公开了用于估计电池组的SoC的方法和电子装置。特别地,提供了包括(电)等效电路模型、电化学(热)模型和(对流)热模型的模型。该模型单独估计与电池组的每个电池单元有关的参数,并确定电池组的电池单元中的每个之间的参数值的变化。参数包括容量、温度、电流、电压和SoC。所述参数是基于由电池组消耗的电流、电化学参数、热参数以及各个电池单元的电池单元内部电阻和连接电阻而计算的。各种实施方案基于参数的值而计算电池组的正常运行时间、电池组的可充电容量以及电池组的SoC。

[0006] US20130271068A1解决了防止电池单元退化的问题。电池控制设备获得电池单元中的每个的电池单元电压值,基于测量的电池单元电压值而计算电池单元中的每个处的电池单元SoC,通过对配置有多个电池单元的电池组的电流值进行积分来计算积分电流值(Ah),基于积分电流值和电池单元SoC而计算电池单元中的每个的电池单元容量值,根据电池单元容量值和电池单元SoC而计算可放电电池单元容量值,并基于可放电电池单元容量值而控制电池组的充电/放电。

[0007] XP086351099(Dong等人)公开了一种基于使用递归最小二乘法和卡尔曼滤波器的组合的双时间尺度滤波器而确定电池组的载荷能力的方法。

[0008] US20120119749A1公开了一种充电状态检测电路,所述充电状态检测电路检测电池块的荷电状态,在电池块中并联连接有二次电池的多个串联电路和呈现切断二次电池的

充电/放电路径的切断状态和不同于切断状态的导通状态的切断元件。所述充电状态检测电路包括：有效电池数检测部，所述有效电池数检测部检测电池块中所包括的多个切断元件中处于导通状态的切断元件的数量作为有效电池数；容量信息生成部，所述容量信息生成部基于有效电池的数量而生成与实际满充电容量相关的容量信息，即电池块的实际满充电容量；总电流检测部，所述总电流检测部检测在整个电池块中流动的电流作为总电流值；电量计算部，所述电量计算部通过对总电流值进行积分来计算电池块中存储的电量作为存储电量；以及充电状态检测部，所述充电状态检测部基于容量信息和存储电量而检测荷电状态，所述荷电状态是存储电量与实际满充电容量的比率。

## 发明内容

[0009] 根据本公开的第一方面，提供了一种计算具有多个并联电池组的能量存储系统(ESS)的荷电状态的方法。该方法包括：对于每个电池组，基于相应测量的终端电压并使用多电池系统模型而预测随时间演变的终端电压和电流，包括与未来时间点相关联的电压值/电流值；基于预测的随时间演变的终端电压和电流，计算ESS的可充电和/或可放电容量；以及基于ESS的可充电和/或可放电容量而计算ESS的荷电状态。

[0010] 本公开的第一方面可寻求为具有多个并联电池组的ESS提供SoC的准确计算，使得利用ESS的全部能力(例如，诸如可用能量和功率能力等性能属性以及长寿命)。ESS的总容量是通过对ESS的可充电和可放电容量求和来计算的，并且ESS的可充电和可放电容量基于每个电池组的终端电压和电流的时间演变。问题在于，每个电池组的终端电压和电流的时间演变是未知的，并且在非同质电池组的情况下可能难以预测。基于随时间演变的终端电压和电流的估计(特别是基于先验估计)(诸如由制造商给出的预先确定的估计)计算ESS的SoC将导致对异构系统中的可用ESS容量的不准确估计。作为示例，由最弱的电池组决定的估计约束将导致对总可用ESS容量的低估，特别是因为估计约束可设置在安全边际内以考虑任何标准偏差。通过基于随时间演变的终端电压和电流的预测而计算ESS容量，可更好地理解每个电池组的动态如何影响ESS总容量，这继而生成对ESS的可充电容量、可放电容量和/或SoC的更准确的计算。因此，随时间演变的终端电压和电流的预测解决了为具有多个并联电池组的ESS提供准确的SoC计算使得利用ESS的全部能力的问题。

[0011] 在一些实施方案中，在最小充电时间的假设下计算ESS的可充电容量。

[0012] 在一些实施方案中，通过基于每个电池组的随时间演变的终端电压而计算每个电池组的预期充电时间并从所有电池组的预期充电时间中选择最小的预期充电时间作为所述最小充电来计算最小充电时间。通过这些步骤，基于随时间演变的终端电压的预测而得出每个电池组的动态行为，从而概述单个电池组级别的动态。预期充电时间可重新表述为针对给定的充电电流，电池组从当前SoC水平充电并达到充满电状态极限(并且还达成平衡，此时终端电压近似恒定)所需的时间。最小充电时间提供了评估ESS的可充电容量的适当时间范围。在选择最小预期充电时间作为所述最小充电时间时，最小充电时间将由ESS中的充电时间最短的电池组决定。

[0013] 在一些实施方案中，在最小放电时间的假设下计算ESS的可放电容量。

[0014] 在一些实施方案中，通过基于每个电池组的随时间演变的终端电压而计算每个电池组的预期放电时间并从所有电池组的预期放电时间中选择最小的预期放电时间作为所

述最小充电来计算最小放电时间。通过这些步骤,基于随时间演变的终端电压的预测而得出每个电池组的动态行为,从而概述单个电池组级别的动态。预期放电时间可重新表述为针对给定的放电电流,电池组从当前SoC水平放电并达到空放电状态极限(并因此达成平衡)所花费的时间。最小放电时间提供了评估ESS的可放电容量的适当时间范围。在选择最小预期放电时间作为所述最小放电时间时,最小放电时间将由ESS中的放电时间最短的电池组决定。

[0015] 在一些实施方案中,使用多电池系统中的电流和电压的动态模型来预测随时间演变的终端电压。

[0016] 在一些实施方案中,基于每个电池组的总参考ESS电流和测量的终端电压,使用电流分流预测来预测每个电池组的电流。

[0017] 与现有技术模型诸如最弱链接或基于平均值的模型(其仅在最大充电或放电水平结束时向准确的结果收敛)相比,使用多电池系统模型允许对非同质电池组进行平滑预测从而在任何给定时间间隔产生更好的预测。

[0018] 根据本公开的第二方面,提供了一种用于计算具有多个并联电池组的能量存储系统ESS的荷电状态的处理器装置。该装置包括用于接收与ESS相关联的传感器信号的接口和被配置成执行前述权利要求中任一项所述的方法的处理电路系统。

[0019] 根据本公开的第三方面,提供了一种计算机程序产品,所述计算机程序产品包括程序代码,所述程序代码用于在由处理器装置执行时执行根据本发明的第一方面的方法。

[0020] 根据本公开的第四方面,提供了一种非暂时性计算机可读存储介质,所述非暂时性计算机可读存储介质包括指令,所述指令在由处理器装置执行时致使所述处理器装置执行根据本发明的第一方面的方法。

[0021] 如上面所讨论的,本公开的第二方面、第三方面和第四方面总体上共享第一方面的效果和优点,并且可以对应程度的技术变型来实现。

[0022] 通常,除非本文另外明确定义,否则在权利要求中使用的所有术语应当根据它们在本技术领域中的普通含义来解释。除非另外明确声明,否则所有提及的“一种/一个/所述元件、设备、部件、装置、步骤等”将被开放性地解释为是指所述元件、设备、部件、装置、步骤等的至少一个实例。除非明确说明,否则不必以所公开的确切次序执行本文公开的任何方法的步骤。

## 附图说明

[0023] 参考附图,下文是对作为示例引用的本公开的各方面的更详细描述。在附图中:

[0024] 图1是根据本发明的示例实施方案的系统的框图;

[0025] 图2是用于计算具有多个并联电池组的能量存储系统ESS的荷电状态的方法步骤的流程图;

[0026] 图3是示出图1中示出的根据本发明的示例实施方案的系统的操作期间的信号处理的框图;并且

[0027] 图4A至图4C示出了示例重型商用车。

## 具体实施方式

[0028] 现在将在下文中参考附图更完整地描述本发明,在附图中,示出了本发明的示例性实施方案。然而,本发明可以许多不同的形式体现,并且不应被解释为限于本文阐述的实施方案;而是,提供这些实施方案是为了彻底和完整起见。技术人员将认识到可在所附权利要求的范围内做出许多改变和修改。贯穿本描述,相同的附图标记指代相同的元件。

[0029] 图1概念性地示出了非限制性示例,其中ESS120包括两个并联连接的电池组122-1、122-2。然而,应当理解,ESS120可由任何数量的并联或串联连接的多个电池组122组成。本公开主要涉及并联电池组122的情况。电池组122可包括至少一个电池模块,该电池模块继而可包括至少一个电池单元。电池组112被配置成向车辆提供推进力和/或动力,但也可用于其他领域,诸如为电气装置、电动工具、备用电力系统或发电装置供电。

[0030] 图1还示出了通过接口112从ESS接收输入参数的处理器装置110,处理器装置110能够经由存储介质116访问用于执行本公开的方法的指令。特别地,存储介质116可存储包括用于执行本公开的方法的程序代码的计算机程序118。处理器装置110可例如包括通用处理器、专用处理器、数字信号处理器(DSP)、专用集成电路(ASIC)、现场可编程门阵列(FPGA)、包含处理部件的电路、一组分布式处理部件、被配置用于进行处理的一组分布式计算机或被设计成执行本文描述的功能的其他可编程逻辑装置、离散门或晶体管逻辑、离散硬件部件或它们的任何组合。处理器装置110还可包括外部接口(未示出),从而允许其经由通信网络(局域网、广域网、内联网、外联网、互联网)与至少一个类似配置的另一装置和/或与服务器或另一主计算机通信。处理器装置110可用于机载关于ESS使用的数据记录。记录的数据可发送到远程服务器(未示出)以进行进一步的数据分析和洞察。

[0031] 接口112接收与ESS相关联的传感器信号。传感器被配置成收集指示ESS的特性和参数的数据,诸如测量的终端电压。此类传感器可以是用于检测每个电池组122的电压或者每个电池组122的放电或充电电流的电压和/或电流传感器。传感器还可包括用于测量每个电池组122的温度的温度传感器,或者被配置成获取可指示驾驶员风格或车辆使用类型的驾驶模式数据。因为ESS120包括多个电池组122,所以即使不一定在低于电池组(诸如,电池模块、电池单元)的水平执行测量,也将存在多个可用的测量电压和/或电流。本公开提出了一种用于处理和利用该信息的高效且精确的方法,以支持更好地理解和使用ESS120,尤其是在电动车辆中。接口112以数字格式输出指示ESS的特性和参数的所收集的传感器数据。输出数据可由处理电路系统114和计算机程序118访问以致使处理器装置执行本公开的方法。

[0032] 图2是用于计算具有多个并联电池组122的ESS120的荷电状态的方法200的流程图,类似于已经参考图1描述的方法。方法200可在图1中也示出的类型的处理器装置110中实现,所述处理器装置可访问ESS120的电池组122中的每个的终端电压。现在下面对方法200的描述可进一步参考图3来理解,图3示出了在执行方法200时可能发生的某些信息流和/或信号处理。方法200可在车辆中实现,所述车辆诸如图4中示出的卡车、公共汽车和建筑装备。车辆可以是常规的或自主的(无人驾驶的)。车辆可携带处理器装置110和被配置成收集指示ESS的特性和参数的数据的传感器。

[0033] 在方法200的第一步210中,获得每个电池组122的终端电压(例如,通过执行测量或从外部源接收测量数据),并且基于所述终端电压来预测相应的随时间演变的终端电

压和电流。随时间演变的终端电压/电流可被表示为与未来时间点相关联的电压/电流值的序列,并且可通过多电池系统模型来预测。从多电池系统模型获得的电流可直接用作步骤212的输入,其中计算ESS120的可充电/可放电容量,并且可进一步评估随时间演变的终端电压以获得每个电池组的预期的充电/放电时间。

[0034] 每个电池组122的电流可以是电池组的预测充电和/或放电电流,并且可通过来自多电池系统模型的电流分流预测来确定。电流分流预测的最简单情况强加了所有电流之和等于总参考ESS电流(基尔霍夫电流定律和基尔霍夫电压定律)的约束,其中总参考ESS电流可基于制造商指定的充电电流曲线、离线“充电容量”测试和表征或者由处理器装置110记录的关于ESS级别的历史充电历史。电流分流预测可考虑其他输入参数,诸如阻抗、电阻、容量、电压和温度。每个电池组122的电流可以是时间相关函数或常数,并且可基于电池是否正在充电或放电而不同。

[0035] 多电池系统模型可被配置成预测每个电池组122在ESS120中的不同电能存储组之间的充电和/或放电循环结束时达到稳态电压值所花费的时间。文献中描述了大量有用的多电池系统模型。例如,多电池系统模型可将单个电池组122近似为由并联连接的电阻器和电容器对组成的电路。要对完整的多电池ESS120进行建模,将若干此类对串联和并联连接。一般来说,除了测量的电压之外,多电池系统模型还可使用另外的输入参数,诸如电池温度和/或设定点充电/放电电流曲线,但可使用其他输入参数,诸如每个电池单元的开路电压、阻抗、容量、电缆连接电阻、温度、SoC、电流状态(SoQ)和/或电阻状态(SoR),和/或ESS120的总流动电流。多电池系统模型可以微分方程的形式或状态空间的形式在数学上表示。申请人在通过引用并入本文的W02020128066、W02020128068、W02021121672和W02021121673中公开的多电池系统模型的任何示例可用于预测每个电池组的随时间演变的终端电压和/或电流。

[0036] 预测每个电池组122的随时间演变的终端电压和电流还可基于其他类型的模型或者甚至查找表。多电池模型可考虑温度变化的影响,并且还可包括简单的热模型以预测各种操作条件期间的温度评估。

[0037] 在方法200的第二步骤212中,使用库仑计数方法来计算ESS120的可充电/可放电容量,其中对充电和放电期间的电池电流进行时间积分。在单个电池组级别上,每个电池组*i*具有表示从其当前SoC水平达到充满电状态所花费的时间期间的电流的可充电容量 $Q_{c,i}$ ,以及表示从其当前SoC水平达到空状态所花费的时间期间的电流的 $Q_{d,i}$ 可放电容量。通过库仑计数方法计算的可放电和可充电容量可表示为

$$[0038] \quad \hat{Q}_{d,ESS}(t) = \int_t^{t+T_d^{ref}} \sum_i \hat{I}_{d,i}^{ref}(\tau) d\tau$$

$$[0039] \quad \hat{Q}_{c,ESS}(t) = \int_t^{t+T_c^{ref}} \sum_i \hat{I}_{c,i}^{ref}(\tau) d\tau$$

[0040] 其中 $T_c^{ref}$ 和 $T_d^{ref}$ 表示从当前SoC水平开始的最小充电时间和最小放电时间, $t$ 是获得测量的终端电压的时间,并且 $\hat{I}_{c,i}^{ref}$ 和 $\hat{I}_{d,i}^{ref}$ 是第*i*个电池组122的预测充电和放电电流。可通过使用多电池系统模型将电流分流预测分别应用于预定义的总充电和总放电电流轨迹

$I_{c,ESS}^{ref}, I_{d,ESS}^{ref}$  来确定预测的充电电流和放电电流。应当理解,以上积分通常是用数值来评估的。

[0041] 计算ESS120的可充电和/或可放电容量可基于其他已知方法,诸如卡尔曼滤波器方法、Luenberger观察器方法、比例积分方法、滑模方法或诸如使用神经网络、模糊逻辑或支持向量机模型的面向数据的方法。

[0042] 在图2中示出的方法200中的第三步骤214中,使用ESS120的可充电和/或可放电容量来计算ESS120的SoC。然后,一个电池组122的总容量将表示为可充电容量和可放电容量的总和,

$$[0043] \quad Q_i(t) = Q_{c,i}(t) + Q_{d,i}(t)$$

[0044] 以同样的方式,ESS120的总容量由下式给出

$$[0045] \quad Q_{ESS}(t) = Q_{d,ESS}(t) + Q_{c,ESS}(t)$$

[0046] 如图1中进一步所示。然后可使用由以下关系给出的总容量、可充电容量或可放电容量中的任何两者来计算总ESS120的SoC

$$[0047] \quad Q_{c,ESS}(t) = [1 - \text{SoC}(t)] \cdot Q_{ESS}(t)$$

[0048] 任选地,在一些实施方案中,第二步骤212包括子步骤212.1,其中计算每个电池组122的预期充电/放电时间。从多电池系统模型获得的预测的随时间演变的终端电压提供了每个电池组的动态行为的指示,并且因此可通过对随时间演变的终端电压施加边界条件来计算每个电池的预期充电/放电时间。

[0049] 对于每个电池组,初始时间可对应于测量的终端电压的测量时间,并且最终时间可对应于达到充电/放电极限电压的时间。然后通过最小化初始时间与最终时间之间的时间帧来给出每个电池组122的预期充电/放电时间,并且在示例性实施方案中可表示为

$$[0050] \quad T_{c,i}^{ref} = \min \left\{ (t_f - t_0) \mid \hat{V}_i(t_0) = V_i(t) \& \hat{V}_i(t_f) = V_{EoCV,i} \& \dot{\hat{V}}_i(t_f) = 0 \right\}, \forall i$$

$$[0051] \quad T_{d,i}^{ref} = \min \left\{ (t_f - t_0) \mid \hat{V}_i(t_0) = V_i(t) \& \hat{V}_i(t_f) = V_{EoDV,i} \& \dot{\hat{V}}_i(t_f) = 0 \right\}, \forall i$$

[0052] 其中 $T_{d,i}^{ref}$ 和 $T_{c,i}^{ref}$ 表示预期充电时间和预期放电时间, $V_i(t)$ 表示在时间t测量的终端电压, $t_0$ 表示初始时间, $t_f$ 表示最终时间,并且 $V_{EoCV,i}$ 和 $V_{EoDV,i}$ 表示充电和放电极限电压。条件 $\hat{V}_i(t_f) = V_{EoCV,i} \& \dot{\hat{V}}_i(t_f) = 0$ 和 $\hat{V}_i(t_f) = V_{EoDV,i} \& \dot{\hat{V}}_i(t_f) = 0$ 可被称为终止标准。本文的等号表示近似内的相等(例如, $|\hat{V}_i(t_0) - V_i(t)| \leq \epsilon$ ,其中 $\epsilon > 0$ 是可接受的公差)而不是严格的相等,因为应当理解,在实际情况场景中,电池组122可能不会达到明确的平衡。相反,本文的等号表示动态的说明性理想化。

[0053] 充电极限电压是电池组122被认为完全充电/放电的电压水平,并且可单独设置为标称完全充电/放电水平或低于或高于标称完全充电/放电水平的扩展的完全充电/放电水平。平衡条件对应于电池组122中的充电饱和水平,其中随时间演变的终端电压的瞬时变化率达到或接近零。充电/放电极限电压和平衡条件可诸如基于从制造商或提供商获得的数据、基于对电池组的测量来假设,由电池管理系统计算或从查找表获得并且可基于外部或内部参数(诸如,车辆性能要求、路线规划、驾驶数据、寿命、耐用性要求或电池单元参数)手动或自动设置。

[0054] 在一些实施方案中,方法200还包括子步骤212.2,其中通过从所有电池组122的预

期充电时间中选择最小的预期充电时间来计算最小充电/放电时间,即,

$$[0055] \quad T_c^{ref} = \min_i(T_{c,i}^{ref}), T_d^{ref} = \min_i(T_{d,i}^{ref})$$

[0056] 其中 $T_d^{ref}$ 和 $T_c^{ref}$ 是表示ESS120的放电至空的时间和充电至充满的时间的最小放电/充电时间,并且由ESS120中的以最快速率耗尽/充满的电池组122决定。

[0057] 图3示出了在执行方法200的处理器装置110中发生的信号处理。该符号与前述描述中使用的符号一致。在使用多电池系统模型的第一步骤中,用于预测随时间演变的终端电压和电流的输入参数是总ESS电流 $I_{ESS}^{ref}$ ,所述总ESS电流可以是总需求输入电流、每个电池组的荷电状态 $SoC_i$ 、每个电池组的容量状态 $SoQ_i$ 和每个电池组的电阻状态 $SoR_i$ ,可基于电池老化而进行估计。该模型可使用更多系统参数,诸如电池阻抗、容量、电阻和/或温度。该模型还使用每个电池组122的测量的终端电压 $V_i(t)$ 作为输入参数,其中测量可以由被配置成经由接口112将测量的输入数据发送到处理器装置110的传感器来完成。任选地,模型可使用测量的电流、温度和/或SoC作为输入。

[0058] 从多电池系统模型中, $\hat{I}_i$ 可获得预测的随时间演变的终端电压 $\hat{V}_i$ 和电流(为了清楚起见,省略了时间依赖性)。随时间演变的终端电压和电流是随时间演变的,因为它们表示在时间帧 $t+T$ 中沿着预测轨迹的一系列电压/电流值,其中 $t$ 是测量的终端电压的测量时间,并且 $T$ 是未来的预测时间段。换句话说,不仅针对给定时刻,而且针对邻近给定时刻的时间段预测随时间演变的终端电压和电流。然后使用预测的随时间演变的终端电压和电流来计算可充电/可放电容量,如图2的步骤212中所述。

[0059] 上面已经参考几个实施方案主要描述了本公开的各方面。然而,如本领域技术人员容易理解的那样,除了上面公开的实施方案之外的其他实施方案同样可能在本发明的如所附专利权利要求所限定的范围内。

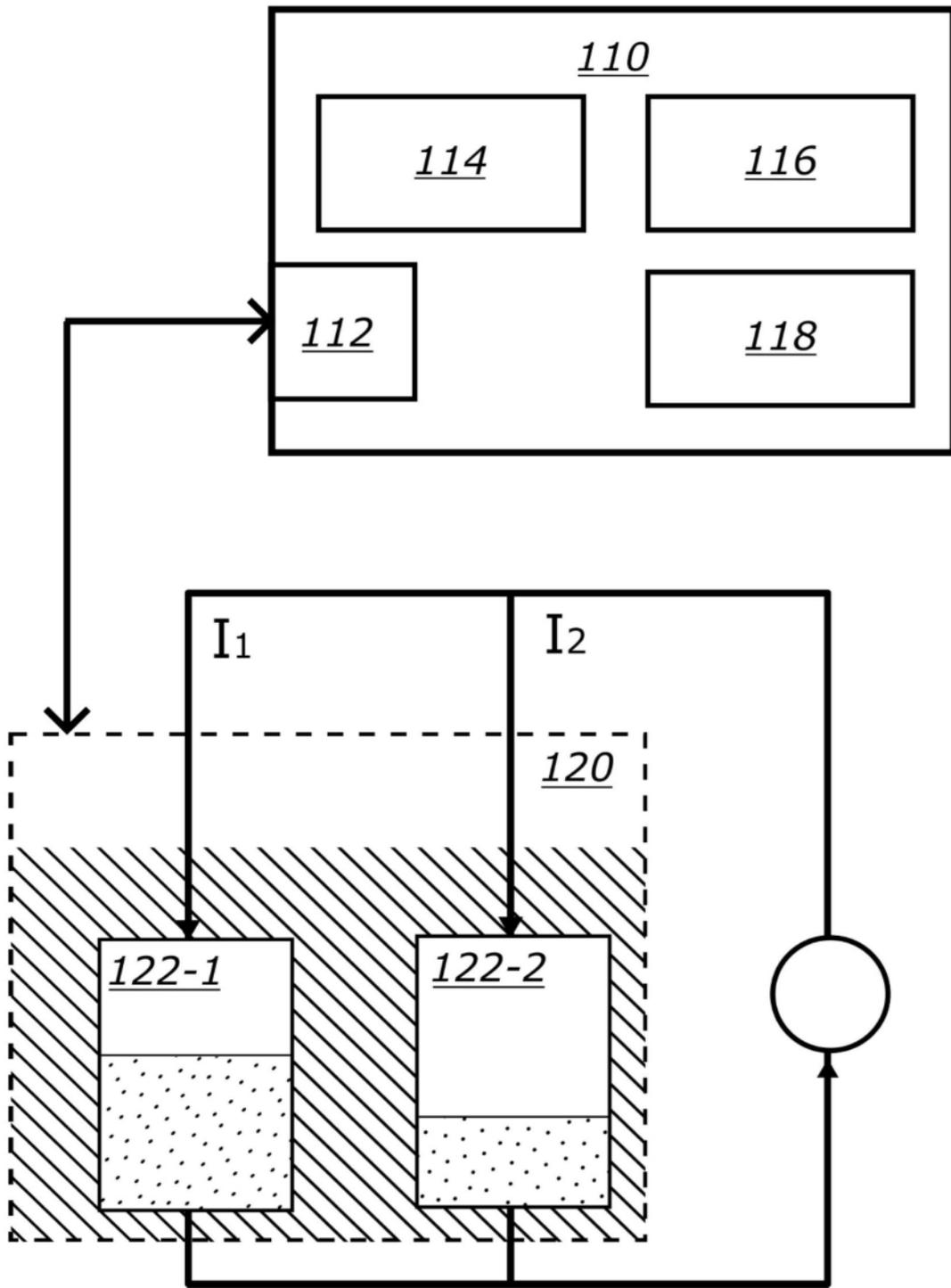


图1

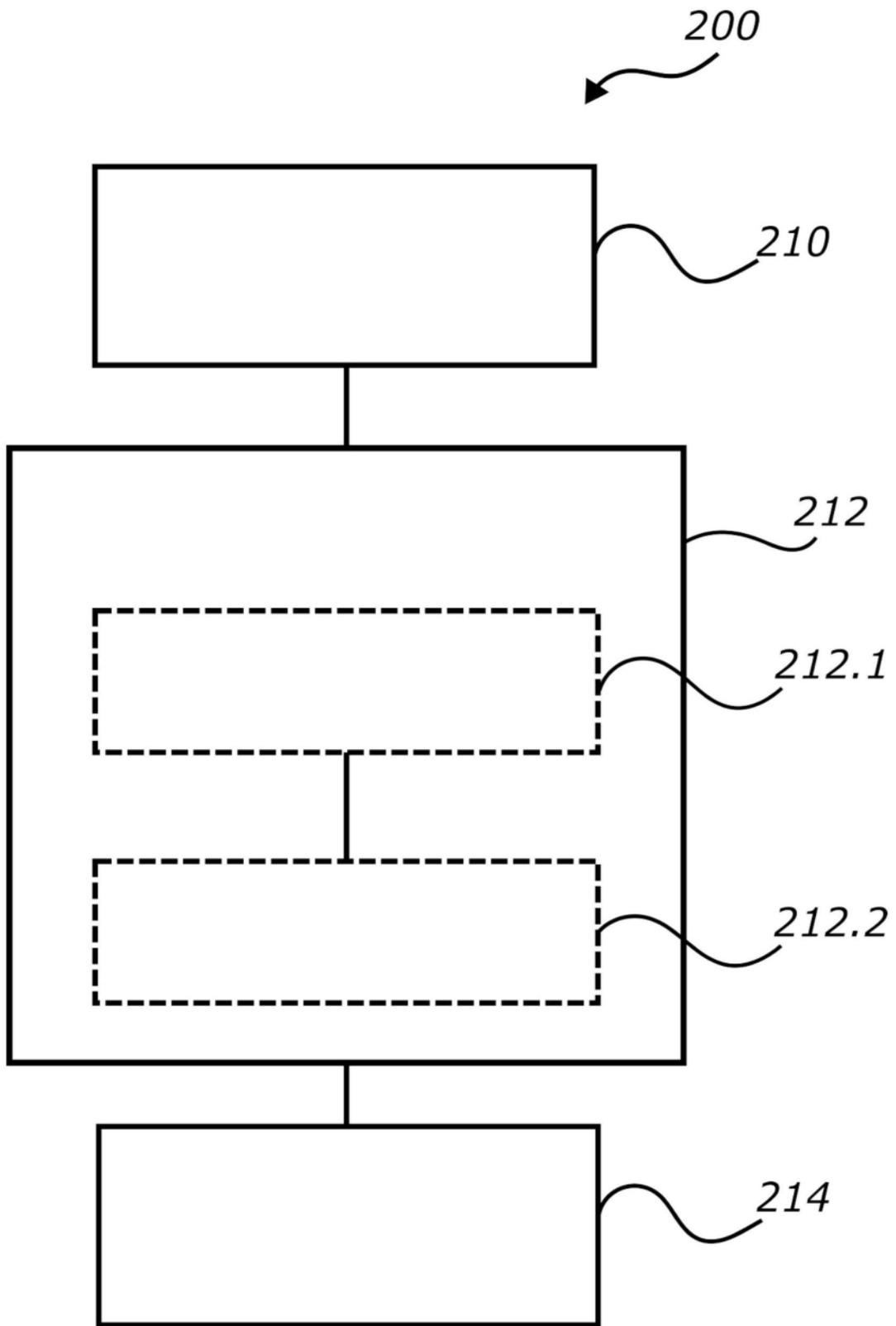


图2

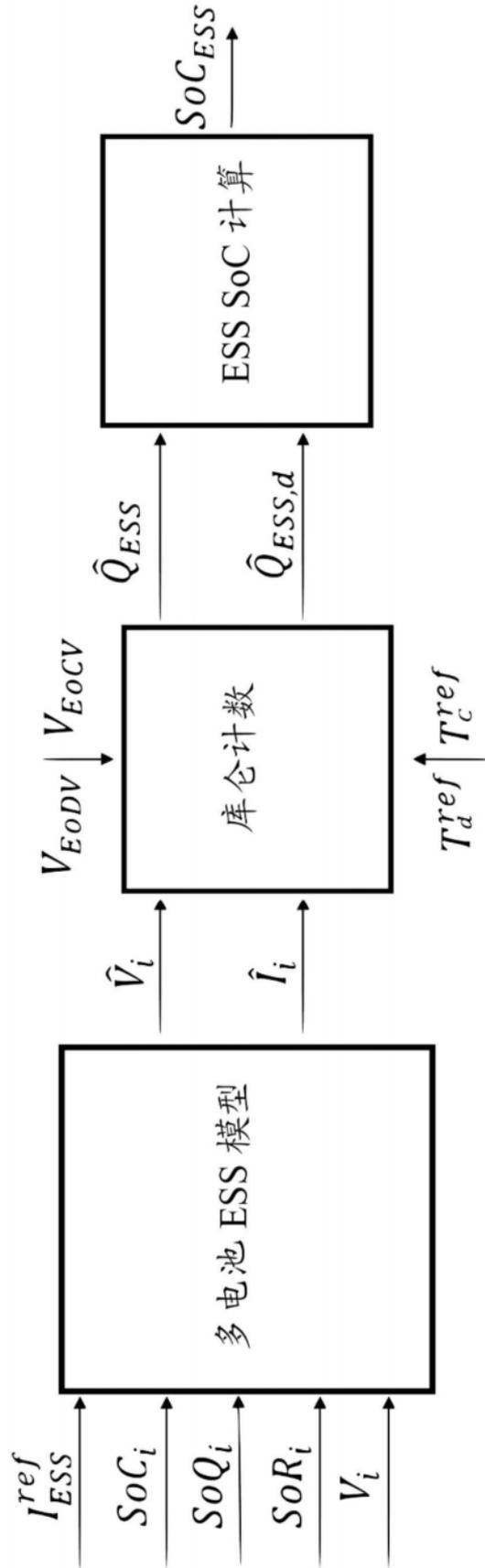


图3



图4A

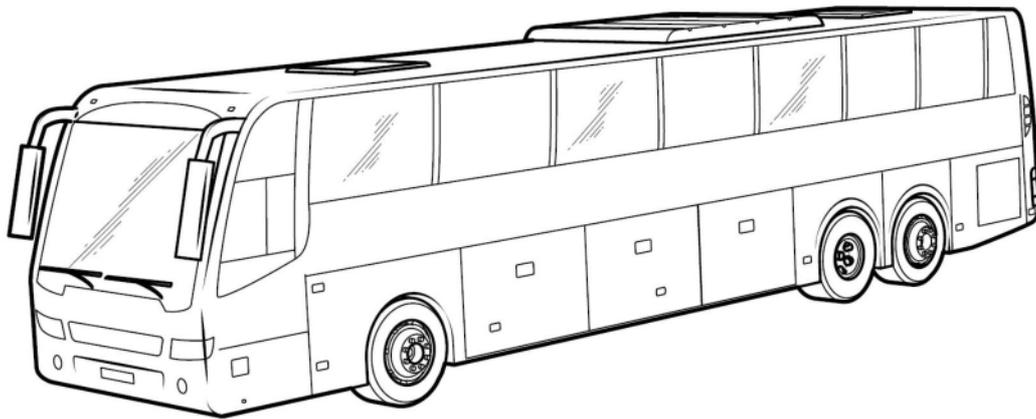


图4B

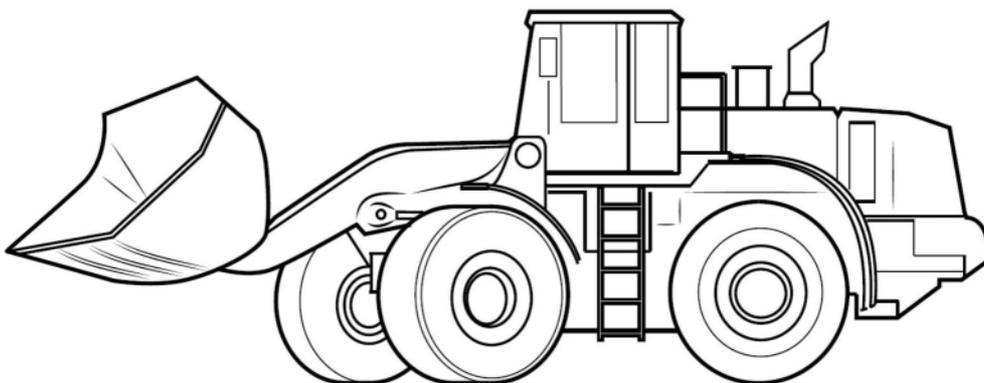


图4C