



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105005000 B

(45)授权公告日 2019.02.01

(21)申请号 201510318868.0

(22)申请日 2011.12.06

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 105005000 A

(43)申请公布日 2015.10.28

(30)优先权数据
12/960,856 2010.12.06 US

(62)分案原申请数据
201180058795.6 2011.12.06

(73)专利权人 德克萨斯仪器股份有限公司
地址 美国德克萨斯州

(72)发明人 Y·巴尔苏科夫 Y·张
D·A·布莱克威尔

(74)专利代理机构 北京纪凯知识产权代理有限公司 11245
代理人 赵蓉民 李英

(51)Int.Cl.

G01R 31/3835(2019.01)

G01R 31/367(2019.01)

(56)对比文件

JP 2007278851 A,2007.10.25,

KR 100911317 B1,2009.08.11,

JP 4032854 B2,2008.01.16,

CN 101144850 A,2008.03.19,

CN 1987508 A,2007.06.27,

Peter Andersson.Parameterization of a 14.5 Ah LiFePO4-battery cell.《Master's Thesis in the Master Degree Programme, Electric Power Engineering》.2009,

审查员 蔡文亮

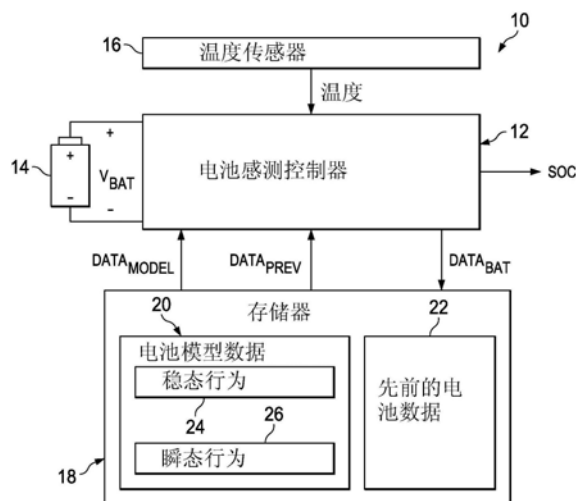
权利要求书2页 说明书7页 附图4页

(54)发明名称

感测电池容量的系统和方法

(57)摘要

本发明的一个实施例包括电池感测系统。系统(10)包括经配置测量电池(14)的温度(TEMP)的温度传感器(16)和存储器(18),所述存储器经配置储存与相对于电池的放电深度(DOD)的电池稳态和瞬态行为(24,26)相关联的预定数据(20)。所述系统(10)也包括控制器(12),其经配置测量电池(14)的电压并根据所述电压、所述预定数据和所述温度计算电池的充电状态(SOC)。



1. 一种电池感测系统,其包括:

经配置测量电池的温度的温度传感器;

存储器,其经配置储存与相对于所述电池的放电深度的电池的稳态和瞬态行为相关联的预定数据,其中根据将所述电池建模为动态电池模型,与所述电池的稳态和瞬态行为相关联的所述预定数据被确定,所述动态电池模型包括稳态电路部分和瞬态电路部分,所述动态电池模型包括至少一个RC网络,其中所述至少一个RC网络包括:

与所述稳态电路部分相关联的第一RC网络,其配置为串联耦合的第一电阻和第一电容;以及

与所述瞬态电路部分相关联的至少一个第二RC网络,所述至少一个第二RC网络中的每个配置为并联耦合的第二电阻和第二电容;以及

控制器,其经配置:

测量所述电池的电压,

根据所述电压和所测量的温度计算所述电池产生的电流;以及

根据所计算的电流计算所述电池的充电状态即SOC。

2. 根据权利要求1所述的系统,其中所述控制器经配置测量所述电压并计算在多个采样时间中每个的SOC,并且其中与电池的稳态和瞬态行为相关联的所述预定数据包括所述电池的随温度变化的电阻,所述控制器经配置通过根据所述电池的电压和随温度变化的电阻估算所述电池产生的电流来计算所述电流,并且进一步经配置根据在先前采样时间的估算电流计算在当前采样时间的所述电池的SOC。

3. 根据权利要求1所述的系统,其中与所述电池的稳态和瞬态行为相关联的所述预定数据包括所述第一和第二电容的电容值的比率,所述第一和第二电阻的电阻值的比率,针对所述第一电容的端电压的温度相关线性方程变量以及与所述电池的总电阻相关联的温度相关指数方程变量,它们都作为所述电池的多个放电深度点的函数。

4. 根据权利要求3所述的系统,其中所述控制器经配置根据所述第一和第二电阻的电阻值的比率以及作为电池温度的函数的所述电池的总电阻相关联的温度相关指数方程变量计算所述动态电池模型的第一和第二电阻的电阻值,并根据所述第一和第二电容的电容值比率以及针对所述第一电容的端电压的温度相关线性方程变量计算所述动态电池模型的第一和第二电容的电容值,所述第一电容的端电压是所述电池的温度的函数。

5. 根据权利要求4所述的系统,其中所述控制器进一步经配置更新与所述电池的总电阻相关联的温度相关指数方程变量,以说明所述电池的老化,所述电池的总电阻是所述存储器中所述电池的温度的函数。

6. 根据权利要求4所述的系统,其中所述控制器进一步经配置根据所述动态电池模型的第一和第二电阻的电阻值以及所述动态电池模型的第一和第二电容的电容值,并根据在先前采样时间经过所述电池的估算电流,估算在当前采样时间所述电池产生的电流。

7. 根据权利要求6所述的系统,其中所述控制器进一步经配置根据所述电池的估算电流和在所述先前采样时间的所述电池的放电深度计算所述电池的SOC。

8. 根据权利要求1所述的系统,其中根据向所述动态电池模型施加预定负载,并且测量作为经过所述预定负载的电流的函数的、与所述动态电池模型相关联的电压的变化,确定至少一部分与所述电池的稳态和瞬态行为相关联的所述预定数据。

9. 根据权利要求8所述的系统,其中根据移除所述预定负载时测量与所述动态电池模型相关联的电压响应,确定至少一部分与所述电池的稳态和瞬态行为相关联的所述预定数据。

10. 一种计算电池的充电状态即SOC的方法,其包括:

将所述电池建模为动态电池模型,所述动态电池模型包括稳态电路部分和瞬态电路部分从而确定预定数据,该预定数据与相对于所述电池的放电深度的所述电池的稳态和瞬态行为相关联,其中将所述电池建模包括:

将所述稳态电路部分建模为串联耦合的第一电阻和第一电容,以及

将所述瞬态电路部分建模为并联耦合的第二电阻和第二电容;

确定所述电池的温度;

测量所述电池的电压;

根据所述电压和所测量的温度计算所述电池产生的电流;

从存储器取出所述预定数据;以及

根据所计算的电流计算所述电池的SOC。

11. 根据权利要求10所述的方法,其中将所述电池建模还包括:

根据所述电池的放电深度计算所述第一和第二电容以及所述第一和第二电阻的值,所述第一和第二电容以及所述第一和第二电阻的值构成与所述电池的稳态和瞬态行为相关联的所述预定数据的一部分。

12. 根据权利要求11所述的方法,其中将所述电池建模还包括产生与所述电池的稳态和瞬态行为相关联的所述预定数据作为所述第一和第二电容的电容值比率、所述第一和第二电阻的电阻值比率、针对所述第一电容的端电压的温度相关线性方程变量和与所述电池的总电阻相关联的温度相关指数方程变量,它们都作为所述电池的多个放电深度点的函数。

13. 根据权利要求12所述的方法,其中计算所述SOC包括:

根据所述第一和第二电阻的电阻值比率和与作为所述电池的温度的函数的所述电池的总电阻相关联的所述温度相关指数方程变量,计算所述动态电池模型的第一和第二电阻的电阻值;以及

根据所述第一和第二电容的电容值比率和针对所述第一电容的端电压的温度相关线性方程变量,计算所述动态电池模型的第一和第二电容的电容值,所述第一电容的端电压是所述电池的温度的函数。

14. 根据权利要求13所述的方法,其中计算所述SOC还包括:

根据所述动态电池模型的第一和第二电阻的电阻值以及所述动态电池模型的第一和第二电容的电容值,并根据在先前采样时间经过所述电池的估算电流,估算在当前采样时间所述电池产生的电流;以及

根据估算的由所述电池产生的电流和在先前采样时间的所述电池的放电深度计算所述电池的SOC。

感测电池容量的系统和方法

[0001] 本申请是2011年12月6日提交的名称为“感测电池容量的系统和方法”的中国专利申请201180058795.6的分案申请。

技术领域

[0002] 本发明一般涉及电子电路,更具体涉及感测电池容量的系统和方法。

背景技术

[0003] 便携式电子设备由电池供电,电池基于化学反应产生电压。随着电池向便携式电子设备提供电力,提供电力的电池的容量减少。一些便携式电子设备提供剩余电池容量的指示,以便向便携式电子设备的用户提供剩余电池容量的通知。然而,这种电池感测系统经常是不准确的并且/或者可包括昂贵、笨重并且/或者能耗效率低的额外电路组件。

发明内容

[0004] 本发明的一个实施例包括电池感测系统。所述系统包括经配置测量电池温度的温度传感器和经配置储存预定数据的存储器,预定数据与相对于电池的放电深度(DOD)的电池的稳态和瞬态行为相关联。所述系统也包括控制器,该控制器经配置测量电池的电压并根据所述电压、所述预定数据、和所述温度计算电池的充电状态(SOC)。

[0005] 本发明的另一个实施例包括计算电池的SOC的方法。所述方法包括将电池建模为动态电池模型,该动态电池模型包括稳态电路部分和瞬态电路部分从而确定与相对于电池的DOD的电池稳态和瞬态行为相关联的预定数据。所述方法也包括确定电池的温度、测量电池的电压以及从存储器存取预定数据。所述方法还包括根据所述电压、所述预定数据和所述温度计算电池的SOC。

[0006] 本发明的仍另一个实施例包括电池感测系统。所述系统包括经配置测量电池温度的温度传感器和经配置储存预定数据的存储器,预定数据与相对电池的DOD的电池的稳态和瞬态行为相关联。所述系统也包括控制器,该控制器经配置获得多个采样间隔中每个的电池电压样本,从而根据在相应一个采样间隔的电压、预定数据以及温度估算在给定采样间隔由电池产生的相应电流。所述控制器也经配置根据在相应一个采样间隔经过电池的电流并根据在紧接的前面采样间隔的电池的DOD计算电池的SOC。

附图说明

[0007] 图1依照本发明的一个方面示出电池感测系统的示例。

[0008] 图2依照本发明的一个方面示出动态电池模型的示例。

[0009] 图3依照本发明的一个方面示出电压随时间变化的图示例。

[0010] 图4依照本发明的一个方面示出动态电池模型数据的表格示例。

[0011] 图5依照本发明的一个方面示出计算电池的充电状态(SOC)的方法的示例。

具体实施方式

[0012] 本发明通常涉及电子电路,并且更具体涉及感测电池容量的系统和方法。电池感测系统可包括测量电池温度的温度传感器。所述温度被提供到电池感测控制器,其经配置测量电池的电压并根据电压、温度以及根据与电池的稳态和瞬态行为相关联的预定数据计算电池的充电状态SOC。所述预定数据可储存在存储器中,该存储器可由电池感测控制器在多个采样间隔中每个处存取,以便可同样在每个采样间隔确定电池的SOC。

[0013] 如这里描述的,电池的SOC有时用来指示电池中剩余多少可用电荷。电池的放电深度(DOD)可指电池已经释放了多少电量,并可被定义为当前剩余的集成电荷 Q 除以电池的最大总零电流电荷 Q_{MAX} 。电池的DOD与SOC以方程 $DOD+SOC=1$ 相关,并且经常被用来计算由电池供电的设备的剩余运行时间。因此,如这里描述的,通常所述SOC和DOD可根据SOC与DOD相对彼此的反比例关系以可互换的方式描述。

[0014] 根据将电池建模作为动态电池模型并在相应测试电池执行一系列测试,所述预定数据可离线产生并且可对应于被感测电池的具体电池化学性质,如在制造电池之前。作为示例,所述动态电池模型可经配置包括稳态电路部分和瞬态电路部分,所述电路部分每个都包括至少一个RC网络。例如,稳态电路部分的RC网络可包括串联的电阻和电容,以及瞬态电路部分的RC网络可包括并联的电阻和电容。稳态和瞬态电路部分中每个的电阻和电容的值都可通过向相应的测试电池施加预定的负载确定,相对响应电流确定电压变化,以及移除负载来确定电压响应。此外,电池的电阻值和动态电池模型的稳态电路部分的电压值可和温度相关,并因此可同样在测试电池上确定并包含于预定数据中。

[0015] 因此电池感测控制器可根据电池的电压、预定数据和温度执行一系列计算从而确定电池的SOC。具体的,所述电池感测控制器可根据在相应采样间隔的电压和先前采样周期的DOD迭代计算在多个采样间隔中每个采样间隔的电池电流。然后该电流用来计算电池的当前SOC。因此,电池感测控制器可根据电压和温度两者的先前计算和当前测量继续计算电池的SOC的新值。

[0016] 图1依照本发明的一个方面示出电池感测系统10的示例。所述电池感测系统10可被包含为各种便携式电子设备如笔记本电脑、照相机或无线通讯设备中任意一个的一部分。所述电池感测系统10的电池感测控制器12经配置在相关联便携式电子设备运行期间确定电池14的充电状态(SOC)。具体的,所述电池感测控制器12可经配置以在多个采样周期中每个采样周期持续采样电池14的电压 V_{BAT} 从而根据电压 V_{BAT} 、电池14的温度、与相对电池14的DOD的电池14的稳态和瞬态行为相关联的预定数据提供在每个取样周期的电池14的SOC。在图1的示例中,所述电池14显示为单个电池。然而,应当理解的是电池14可表示多个串联电连接的电池,所以电压 V_{BAT} 可表示所有电池的总电压。因而,由电池感测控制器12计算的SOC可以是多个电池的平均SOC。

[0017] 所述电池感测系统10包括经配置向电池感测控制器12提供温度信号TEMP的温度传感器16。所述温度信号TEMP可以是与电池14的实际温度相关联的信号,如根据直接耦合到电池14的外部传感器的信号,或者可以是电池周围区域的环境温度的测量。作为示例,所述温度信号TEMP可以是数字信号,如由可作为温度传感器16的一部分的模数转换器(ADC)提供的数字信号。所述电池感测系统10也包括经配置储存电池模型数据20和先前电池数据

22的存储器18。所述电池模型数据20包括与电池14的稳态行为参数对应的稳态行为数据24和与电池14的瞬态行为参数对应的瞬态行为数据26。如下面更细致描述的，稳态行为数据24和瞬态行为数据26可包括与动态电池模型有关的数据，动态电池模型具有依赖于电池14的DOD的值。

[0018] 所述电池模型数据20可离线产生，如在制造电池14之前，通过测试具有与电池14基本相同的化学性质的测试电池(未示出)产生。给定电池的特性，如依赖于DOD，通常适用于具有特定化学性质的所有电池。比如，针对来自四个不同的制造厂并都具有相同化学性质的四个不同电池的相对于DOD对比给定电池的开路电压 V_{OC} 显示每个电池的开路电压 V_{OC} 相差不到约5毫伏，因而所有化学性质(如，锂离子)相同的电池可使用相同的数据库。因此，电池模型数据20可对应于与电池14的化学性质基本相同的电池相关联的数据，以便可实现电池模型数据20从而提供电池14的SOC的精确计算。因此，电池感测控制器12可执行由存储器18通过信号 $DATA_{MODEL}$ 提供的电池模型数据20从而计算出电池14的SOC。

[0019] 先前的电池数据22是对应于与电池14有关的先前数据计算的数据集。作为示例，先前电池数据22可包括电池14的先前计算的DOD、先前测量的电压 V_{BAT} 、先前估算的电池电流。在图1的示例中，在电池感测控制器12计算电池14的DOD后，所述电池感测控制器12可向存储器18提供计算所需的DOD和额外数据作为将储存为先前电池数据22的信号 $DATA_{BAT}$ 。因而，在电池感测控制器12计算电池14的下一个DOD值时，电池感测控制器12可接收通过信号 $DATA_{PREV}$ 由存储器18提供的先前电池数据22，从而执行先前电池数据20以计算电池14的SOC。因此，如下面更细致描述的，电池感测控制器12可根据电压 V_{BAT} 、由温度信号TEMP指示的电池14的温度、由信号 $DATA_{BAT}$ 指示的电池模型数据20以及由信号 $DATA_{PREV}$ 指示的先前电池数据22计算出电池14的电流SOC。

[0020] 如上面描述的，根据建模电池14作为动态电池模型可为电池14产生电池模型数据20。图2依照本发明的一个方面示出动态电池模型50的示例。所述动态电池模型50可对应于图1示例中的电池14。因此，在以下图2示例的说明参考图1的示例。

[0021] 动态电池模型50包括各经配置作为RC网络的稳态电路部分52和瞬态电路部分54。具体的，所述稳态电路部分52包括串联的电阻 R_{SER} 和电容 C_{SER} ，以及瞬态电路部分54包括并联的电阻 R_{PAR} 和电容 C_{PAR} 。虽然图2的示例显示针对瞬态电路部分54的单个并行耦合的RC网络，但是应当理解的是瞬态电路部分54可包括比如相互串联的，共同建模电池14的瞬态特性的多个并行耦合RC网络。电容 C_{SER} 对应于动态电池模型的电压源，并因此被建模为具有其两端的关联开路电压 V_{OC} 。因此所述开路电压 V_{OC} 对应于动态电池模型50的瞬时稳态电压。总的来说，电阻 R_{SER} 和瞬态电路部分54构成在具有电阻 R_{BAT} 的动态电池模型50的结点56和58之间的电池阻抗。所述动态电池模型50也具有样本电压 $V(t)$ 和关联的样本电流 $I(t)$ ，对应于在给定采样时间的动态电池模型50的电压和电流的瞬时幅值。

[0022] 所述动态电池模型50可用于建立与电池14的稳态和瞬态行为相关联的预定数据的表格，如包括在图1的示例中的电池模型数据22中的预定数据。作为示例，在测试电池14的特定化学性质时，预定负载(未示出)可周期性地耦合和解耦相应的测试电池从而在测试电池的寿命期间测量测试电池的电压响应。因此，电池14的操作特性可以在电池14的预定DOD值获得。因而在测试期间可实施电池14的操作特性从而在电池14的每一个预定DOD值确定开路电压 V_{OC} 、电容 C_{SER} 、电阻 R_{SER} 、电容 C_{PAR} 和电阻 R_{PAR} 的值。然后这些值可用于构建电池模

型数据20作为电池14的DOD的函数。

[0023] 图3依照本发明的一个方面示出电压随时间变化图100的示例。该图100可描述与图2的示例中动态电池模型50相关联的测试电池的电压响应,并因此可被实施从而确定在电池14的每个预定DOD值的开路电压 V_{OC} 、电容 C_{SER} 、电阻 R_{SER} 、电容 C_{PAR} 和电阻 R_{PAR} 的值。因此,在以下图3示例中参阅图1和2的示例。

[0024] 所述图100示出被绘制为时间的函数的动态电池模型50的电压 $V(t)$ 。在测试电池上执行测试时,在测试电池的特定DOD间隔预定负载可被施加到测试电池并且可从中移除。因此可监测所述测试电池的电压响应从而确定在每个DOD间隔的开路电压 V_{OC} 、电容 C_{SER} 、电阻 R_{SER} 、电容 C_{PAR} 和电阻 R_{PAR} 的值。具体的,在时间 T_0 ,测试电池上没有施加负载,因而电压 $V(t)$ 具有基本保持不变的值 V_0 。

[0025] 在时间 T_0 之后的时间 T_1 ,向测试电池施加预定负载,因而从测试电池流出已知电流 $I(t)$ 。作为响应,电压 $V(t)$ 开始从 T_1 时的幅值 V_0 下降到 T_2 时的幅值 V_1 ,在 T_2 从测试电池移除预定负载。图100中时间 T_1 和 T_2 间的时间区域因此可定义电压 $V(t)$ 的高频区域102,这从而在高频区域102的给定DOD间隔 X 内识别测试电池的参数。作为示例,电阻 R_{SER} 的值可根据相对于电流 $I(t)$ 的变化的电压 $V(t)$ 的变化确定,因此:

$$[0026] \quad R_{SER}(X) = dV(t) / dI(t)。 \quad (\text{方程1})$$

[0027] 因此,电阻 R_{PAR} 的值可由以下确定:

$$[0028] \quad R_{PAR}(X) = R_{BAT}(X) - R_{SER}(X)。 \quad (\text{方程2})$$

另外,对于给定的DOD间隔,电容 C_{SER} 两端的开路电压 V_{OC} 可根据电压 $V(t)$ 确定并且以下:

$$[0029] \quad V_{OC}(X) = V(t) - V_{RC}(X) = I(t) * R_{BAT}(X), \quad (\text{方程3})$$

其中 V_{RC} 是电阻 R_{BAT} 两端的电压。因此,给定DOD间隔的高频区域102可被实现用于确定给定DOD间隔 X 的 R_{SER} 、 R_{PAR} 和 V_{OC} 的值。

[0030] 在时间 T_2 之后,当从测试电池移除预定负载时,电压 $V(t)$ 弛豫,因此在图3的示例中该电压从幅值 V_1 上升到幅值 V_2 。因此时间 T_2 定义弛豫区域(relaxation region) 104。可分析电压 $V(t)$ 的幅值/大小在弛豫区域104从 V_1 到 V_2 的增加从而确定动态电池模型50的额外参数。具体的,作为时间的函数的 $V(t)$ 的增长可为DOD间隔 X 确定电容 C_{PAR} 的大小,如下:

$$[0031] \quad C_{PAR}(X) = dV(t) / dt。 \quad (\text{方程4})$$

[0032] 当确定在每个DOD间隔的开路电压 V_{OC} 、电阻 R_{SER} 、电容 C_{SER} 、电容 C_{PAR} 和电阻 R_{PAR} 的值时,电容 C_{SER} 的值可根据测试电池被测试的DOD间隔数量 Y 确定。具体的,对于DOD间隔 X ,电容 C_{SER} 的值由以下确定:

$$[0033] \quad C_{SER}(X) = \frac{Q_{MAX}}{(Y-1)} * (V_{OC}(X) - V_{OC}(X-1)), \quad (\text{方程5})$$

[0034] 其中 Q_{MAX} 是测试电池的最大总零电流电荷。因此动态电池模型50的电路参数可针对每个DOD间隔 Y 被完全建模。

[0035] 确定在电池14的每个预定DOD值的开路电压 V_{OC} 、电容 C_{SER} 、电阻 R_{SER} 、电容 C_{PAR} 和电阻 R_{PAR} 的值的最初试验可在预定“室”温下执行。因此,根据依赖于动态电池模型50的电阻和电压两者的温度,在基于动态电池模型50建立电池模型数据20时采用测试电池的实验也可包括温度组件。具体的,由于温度会基本等同影响电阻 R_{SER} 和 R_{BAT} 以及电容 C_{SER} 和 C_{PAR} ,因此可产生电阻 R_{SER} 和 R_{BAT} 以及电容 C_{SER} 和 C_{PAR} 的大小比率并将其包括为电池模型数据20的一部分。具

体的,在每个DOD间隔X的比率可定义如下:

[0036] $RATIO_1(X) = R_{SER}(X) / R_{PAR}(X)$, 以及 (方程6)

[0037] $RATIO_2(X) = C_{SER}(X) / C_{PAR}(X)$ 。 (方程7)

[0038] 另外,根据在测试电池的温度实验,可确定用于计算基于温度的开路电压 V_{OC} 和电池电阻 R_{BAT} 的因数集。具体的,DOD因变量集可允许根据如下方程依赖于温度的开路电压 V_{OC} 和电池电阻 R_{BAT} 的计算,:

[0039] $V_{OC}(X) = 0CV_A(X) + 0CV_B(X) * T$, 以及 (方程8)

[0040] $R_{BAT}(X) = R_A(X)^{(R_B(X) * (10 * T - 250))}$, (方程9)

[0041] 其中T是温度,0CV_A是开路电压 V_{OC} 的拦截变量(intercept variable);0CV_B是开路电压 V_{OC} 的斜率;R_A是电池电阻 R_{BAT} 的基本变量;以及R_B是电池电阻 R_{BAT} 的指数系数。

[0042] 因此,电池模型数据20可包括每个Y DOD值的拦截变量0CV_A、斜率0CV_B、基本变量R_A和指数系数R_B的值。基本变量R_A可具有动态值,以便电池感测控制器12可更新基本变量R_A的值(如,通过信号DATA_{BAT})从而解释电池老化,如根据与测试电压 V_{BAT} 、开路电压 V_{OC} 和估算电流 I_{EST} (在以下详细描述)关联的信息的比较。另外,根据温度对电阻的不同影响,指数系数R_B可依据温度的不同范围在每个DOD值处包括多个值。作为示例,在给定DOD的值X,电池模型数据20可包括低于某一阈值(如,25°C)的温度的指数系数 R_{BLOW} 和高于该阈值的温度的单独指数系数 R_{BHIGH} 。

[0043] 图4依照本发明的一个方面示出动态电池模型数据的表150。所述动态电池模型数据可对应于图1示例中的电池模型数据20,并可根据关于图2和3示例描述的上述技术产生。因此,在以下图4示例中参考图1到3的示例。

[0044] 表150包括显示DOD值集的第一列152,针对所述DOD值集从测试电池和动态电池模型50确定电池模型数据20的给定集。在图4的示例中,所述第一列152包括电池14的DOD的15个不同值。然而,应当理解的是图4示例中的DOD的值作为示例示出,并且表150可包括任何数量的DOD值,已为这些DOD值获取电池模型数据20。所述表150也包括示出拦截变量0CV_A的第二列154,示出斜率0CV_B的第三列156和示出基本变量R_A的第四列158。表150也包括示出指数系数R_B的第五列160,示出 $RATIO_1$ 的第六列162和示出 $RATIO_2$ 的第七列。因此,电池模型数据20可包括电池14的稳态和瞬态行为的基本完整特性用于确定电池14的SOC。

[0045] 参考回图1的示例,在给定采样时间(k),电池感测控制器12可因此计算电池14的SOC。所述电池感测控制器12首先可通过温度信号TEMP测量电池14的电压 $V_{BAT}(k)$ 和温度T并可估算电池14的电流 $I_{EST}(k)$ 。为估算电流 $I_{EST}(k)$,所述电池感测控制器12可通过信号DATA_{PREV}取出存储器18中的先前电池数据22,以获取DOD,估算电流 I_{EST} 和电池电压 V_{BAT} ,它们在先前采样时间(k-1)获取并计算。根据DOD(k-1)的值,电池感测控制器12可通过信号DATA_{MODEL}访问存储器18以获取电池模型数据20。具体的,电池感测控制器12可从表150存取与两个已知的DOD值对应的参数,所述两个已知的DOD值一个刚刚大于DOD(k-1),另一个v小于DOD(k-1)。因此,所述电池感测控制器12根据DOD(k-1)存在于其间的DOD(X)和DOD(X+1)中每个处值的线性插值,可确定拦截变量0CV_A、斜率0CV_B、基本变量R_A、指数系数R_B、 $RATIO_1$ 和 $RATIO_2$ 的值。应当理解的是,对于完全充电的电池14(即,SOC=1)之后的第一采样时间(k),先前采样时间(k-1)的数据可对应于DOD的第一个值(即,DOD=0.000)的电池模型数据20。

[0046] 当获取电池模型数据在DOD (k-1) 的值时, 电池感测控制器12可执行以上方程6和9从而根据温度T获取电池14的建模电阻 R_{SER} 和 R_{PAR} 的实际值。具体的, 电池感测控制器12使用方程9可计算随温度调整的电池的总电阻 R_{BAT} 。然后, 电池感测控制器12使用温度调整的电池电阻值 R_{BAT} 可实施方程6如下:

$$[0047] \quad R_{BAT} = R_{SER} + R_{PAR} = R_{PAR} + R_{PAR} * RATIO_1。 \quad (方程10)$$

[0048] 因此, 电池感测控制器12可计算电池14的建模电阻 R_{SER} 和 R_{PAR} 如下:

$$[0049] \quad R_{PAR} = R_{BAT} / (1 + RATIO_1), \text{ 以及} \quad (方程11)$$

$$[0050] \quad R_{SER} = R_{BAT} - R_{PAR}。 \quad (方程12)$$

[0051] 如上面描述的, 所述电池感测控制器12分别根据方程3和5可获取每个DOD值X的开路电压 V_{OC} 和电容 C_{SER} 的值。因此, 电池感测控制器12可根据DOD (k-1) 存在于其间的DOD (X) 和DOD (X+1) 中每个的线性内插值, 同样确定开路电压 V_{OC} 和电容 C_{SER} 的值。所述电池感测控制器12然后可计算电容 C_{PAR} 的值如下:

$$[0052] \quad C_{PAR} = C_{SER} / RATIO_2。 \quad (方程13)$$

[0053] 所述电池感测控制器12然后可使用计算的电阻 R_{SER} 和 R_{PAR} 、电容 C_{PAR} 、和开路电压 V_{OC} 的值估算电流 I_{EST} (k)。具体的, 电池感测控制器12可使用计算的电阻 R_{SER} 和 R_{PAR} 以及电容 C_{PAR} 的值计算用于估算电流 I_{EST} (k) 的系数集。所述系数可定义如下:

$$[0054] \quad P_0 = 1 / R_{SER}, \quad (方程14)$$

$$[0055] \quad P_1 = -e^{\frac{-T_s}{(R_{PAR} - C_{PAR})}} \text{ 以及} \quad (方程15)$$

$$[0056] \quad P_2 = e^{\frac{-T_s}{(R_{PAR} - R_{SER})}} - R_{PAR} * \frac{(1 - e^{\frac{-T_s}{(R_{PAR} - C_{PAR})}})}{R_{SER}}, \quad (方程16)$$

[0057] 其中 T_s 是采样时间。应当理解的是系数 P_0 、 P_1 、和 P_2 可如上述在每个样本(k) 计算, 或者可在每个预定DOD (X) 测试时计算, 以便给定采样时间(k) 的系数 P_0 、 P_1 、和 P_2 的值可被线性插值, 类似如上所述。

[0058] 所述电池感测控制器12然后可根据给定样本(k) 的开路电压 V_{OC} 计算电阻 R_{SER} 和瞬态电路部分54的端电压 V_{RC} , 如下:

$$[0059] \quad V_{RC} (k) = V_{BAT} (k) - V_{OC} (k)。 \quad (方程17)$$

[0060] 为了获得开路电压 V_{OC} (k), 电池感测控制器可实施储存在先前电池数据22中的先前计算的开路电压 V_{OC} (k-1) 和先前估算的电流 I_{EST} (k-1), 如下:

$$[0061] \quad V_{OC} (k) = I_{EST} (k-1) * T_s * C_{SER} (k) + V_{OC} (k-1)。 \quad (方程18)$$

[0062] 所述开路电压 V_{OC} (k) 也可使用上述方程8针对温度调整。因此, 电池感测控制器12可估算由电池14产生的电流 I_{EST} (k) 如下:

$$[0063] \quad I_{EST} (k) = P_0 * V_{RC} (k) + P_1 * V_{RC} (k-1) + P_2 * I_{EST} (k-1)。 \quad (方程19)$$

[0064] 在估算由电池14产生的电流 I_{EST} (k) 时, 电池感测控制器12也可计算电池14在样本时间(k) 的SOC。具体的, 电池感测控制器12可实施DOD (k-1) 的先前值和先前估算的电流 I_{EST} (k-1), 如下:

$$[0065] \quad DOD (k) = DOD (k-1) - I_{EST} (k-1) * T_s / Q_{MAX}。 \text{ 以及} \quad (方程20)$$

$$[0066] \quad SOC (k) = 1 - DOD (k)。 \quad (方程21)$$

[0067] 所述SOC(k)然后可被提供到指示器(未示出),该指示器向相关联便携式电子设备的用户提供电池14的SOC的指示。DOD(k)、开路电压 $V_{OC}(k)$ 和估算电流 $I_{EST}(k)$ 的值然后通过信号 $DATA_{BAT}$ 提供到存储器18储存为先前电池数据22,以便电池感测控制器12可递归计算在未来采样时间(k+1)的电池的SOC。另外,电阻基本变量 R_A 可在存储器18中更新从而说明电池14老化时电池电阻 R_{BAT} 的变化。

[0068] 因此,电池14的SOC可根据电池14的电压 V_{BAT} 和温度T精确计算出来。这种电池感测的方式因而比典型的电压相关电池感测方法更精确,因为这里描述的电池感测考虑当电流流过负载时的电压 V_{BAT} 上的IR降效应。另外,这里描述的电池感测方法的成本效益和效率也比通常的库仑计电池感测方法高,因为这里描述的电池感测不需要额外的电流感测器来计算电池14的SOC。因此,这里描述的电池感测方法比通常的电池感测方法更精确、成本效益更高、并且更有效。

[0069] 根据上述结构和功能特点,参考图5将更好地理解依照本发明的各种方面的方法。虽然为了解释简单,图5的方法被显示并描述为连续执行,但是应当理解和意识到的是本发明不受图示顺序限制,因为依照本发明,某些方面可以以不同顺序出现和/或与这里示出和描述的其他方面同时出现。而且,不是需要所有示例特征来执行根据本发明方面的方法。

[0070] 图5依照本发明的一个方面示出计算电池的充电状态(SOC)的方法200的示例。在202,电池被建模为动态电池模型,其包括稳态电路部分和瞬态电路部分从而确定与相对于电池的DOD的电池稳态和瞬态行为相关联的预定数据。电池的建模可包括为动态电池模型的预定数量DOD值中的每个确定电阻和电容的值,以及与电池的电压和电阻相关联的温度因变量。所述动态电池模型和相关联的测试电池可具有与电池相同的化学性质从而更精确地建模电路参数。

[0071] 在204,确定电池的温度。所述温度可根据监测电池温度或电池环境的环境温度的温度传感器确定。在206,测量电池的电压。在208,从存储器存取预定数据。所述预定数据也可包括先前计算的电池数据,其包括先前计算的DOD和估算的电流。在210,根据电压、预定数据和温度计算电池的SOC。所述SOC的计算可根据上述的方程。

[0072] 本领域技术人员将理解可修改所述的实施例,并且在要求保护的本发明的范围内可实施多个其他的实施例。

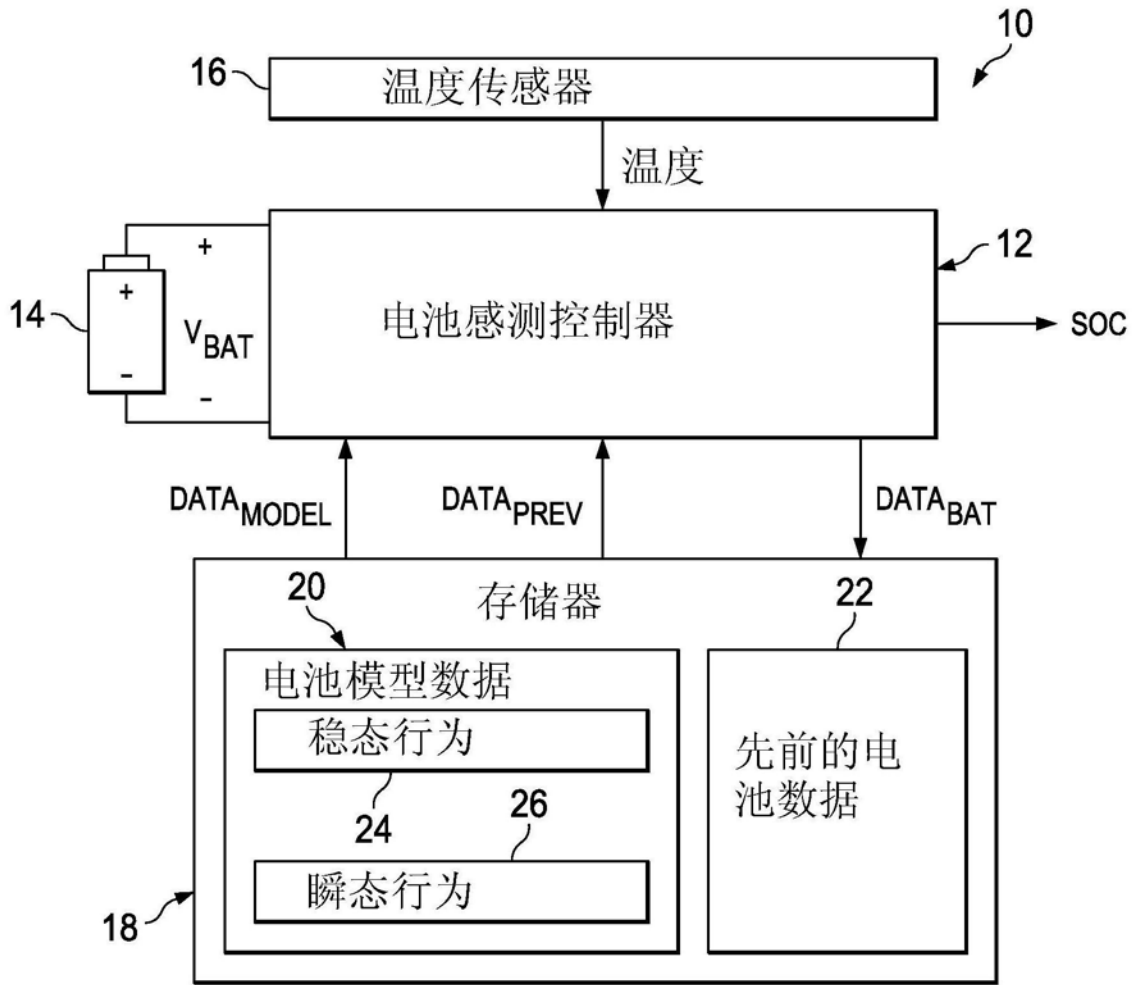


图1

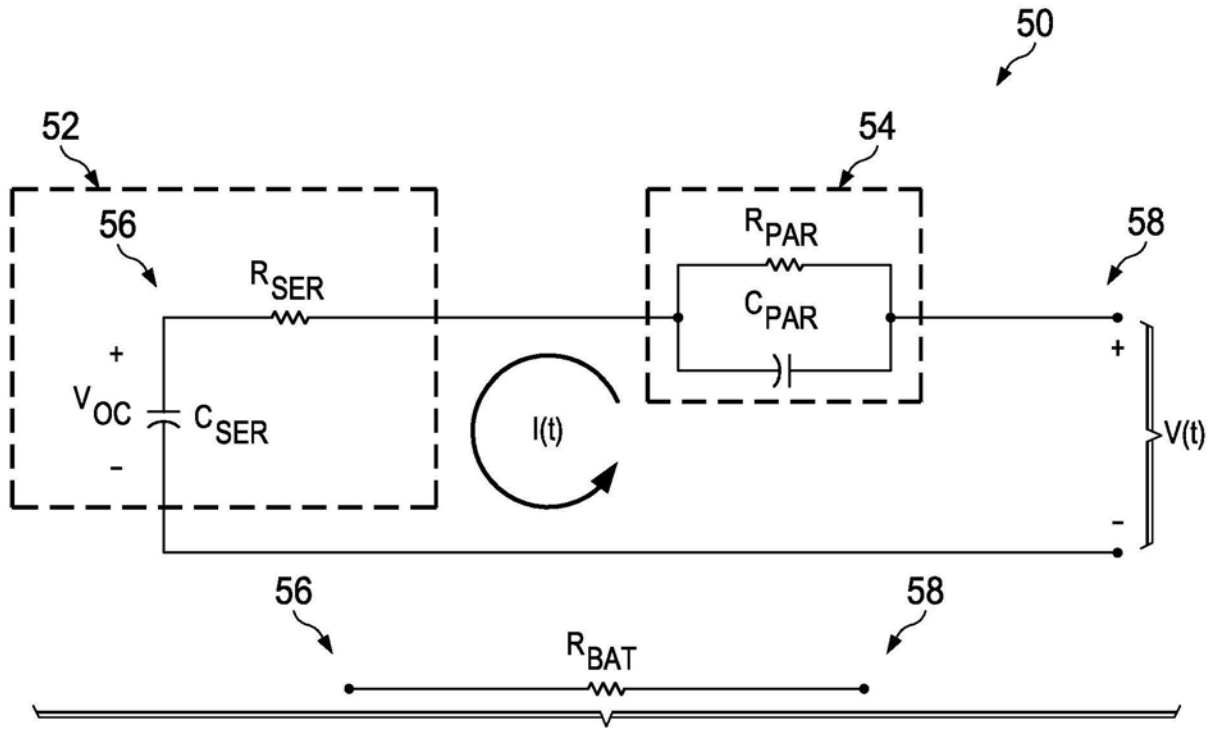


图2

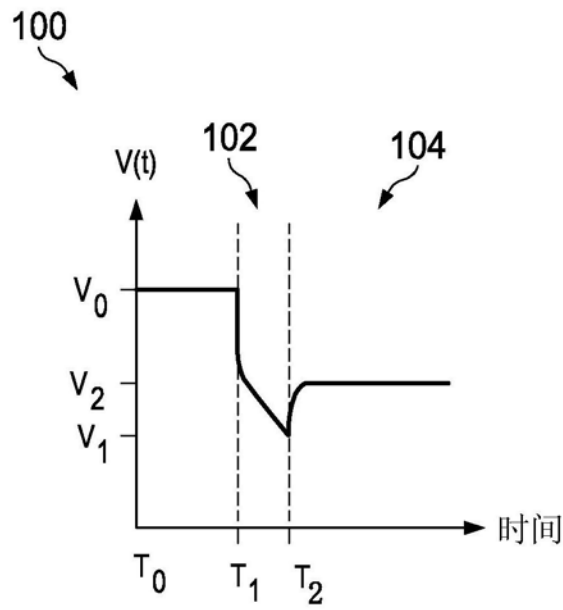


图3

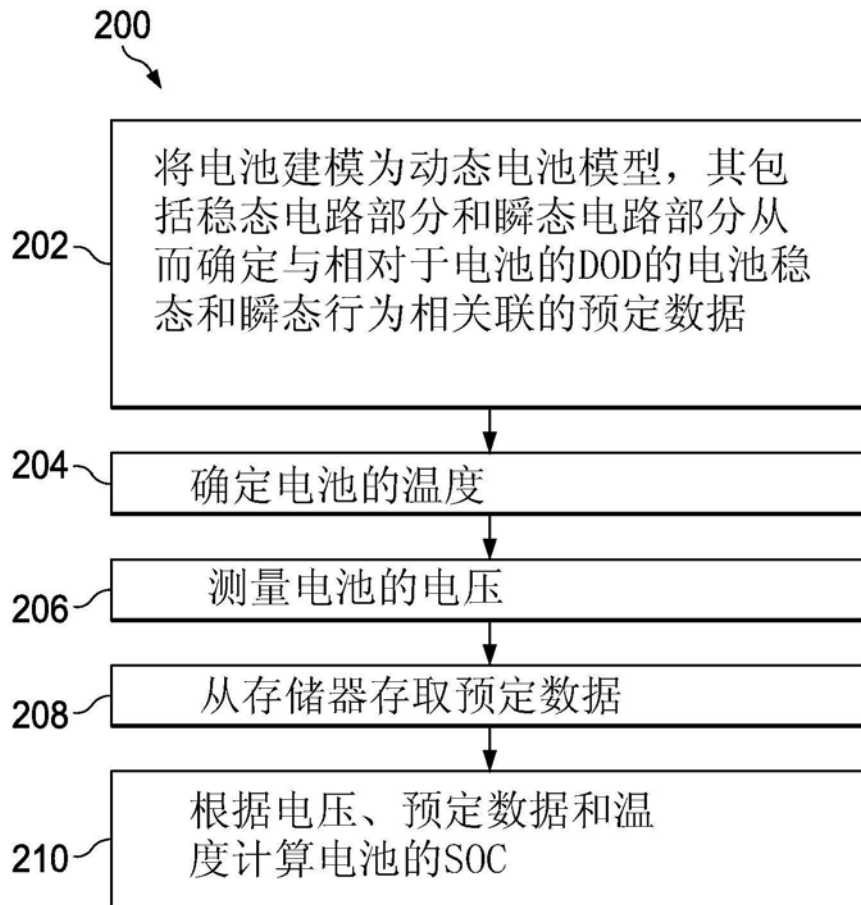


图5

150

20

电池模型数据

152 DOD	154 OCV_A	156 OCV_B	158 R_A	160 R_B	162 RATIO ₁	164 RATIO ₂
0.000	AAA	BBB	CCC	XXX	YYY	ZZZ
0.111	AAA	BBB	CCC	XXX	YYY	ZZZ
0.222	AAA	BBB	CCC	XXX	YYY	ZZZ
0.333	AAA	BBB	CCC	XXX	YYY	ZZZ
0.444	AAA	BBB	CCC	XXX	YYY	ZZZ
0.556	AAA	BBB	CCC	XXX	YYY	ZZZ
0.667	AAA	BBB	CCC	XXX	YYY	ZZZ
0.778	AAA	BBB	CCC	XXX	YYY	ZZZ
0.810	AAA	BBB	CCC	XXX	YYY	ZZZ
0.841	AAA	BBB	CCC	XXX	YYY	ZZZ
0.873	AAA	BBB	CCC	XXX	YYY	ZZZ
0.905	AAA	BBB	CCC	XXX	YYY	ZZZ
0.937	AAA	BBB	CCC	XXX	YYY	ZZZ
0.968	AAA	BBB	CCC	XXX	YYY	ZZZ
1.000	AAA	BBB	CCC	XXX	YYY	ZZZ

图4