



## (12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 108931732 B

(45) 授权公告日 2022.06.17

(21) 申请号 201810535539.5

(51) Int.CI.

(22) 申请日 2018.05.29

G01R 31/388 (2019.01)

(65) 同一申请的已公布的文献号

G01R 31/396 (2019.01)

申请公布号 CN 108931732 A

G01R 31/389 (2019.01)

(43) 申请公布日 2018.12.04

G01R 31/367 (2019.01)

(30) 优先权数据

102017000058171 2017.05.29 IT

(56) 对比文件

US 2006202857 A1, 2006.09.14

(73) 专利权人 马涅蒂-马瑞利公司

US 2016124051 A1, 2016.05.05

地址 意大利科贝塔

US 8242738 B2, 2012.08.14

(72) 发明人 R·苏丽亚 D·普里泰利

EP 2551687 A1, 2013.01.30

G·奥里利奥

US 2015357852 A1, 2015.12.10

(74) 专利代理机构 北京市路盛律师事务所

EP 3002597 A1, 2016.04.06

11326

US 2016187427 A1, 2016.06.30

专利代理人 常利强 王桂玲

CN 103744030 A, 2014.04.23

CN 106716158 A, 2017.05.24

审查员 朱刘路

权利要求书3页 说明书10页 附图17页

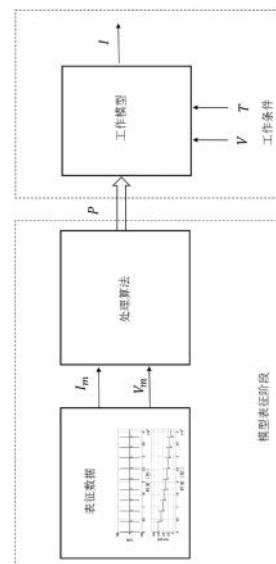
## (54) 发明名称

用于估算电池组或电池单元的电流和荷电状态的方法

## (57) 摘要

用于估算由电池组或电池单元分配的工作电流的方法,包括:获取表征数据;确定多个参数;测量工作电压和工作温度;估算工作电流。其中针对每个表征温度值,包括:沿着表征电压和表征电流的相应时间趋势确定多个时间观测窗,检测相应的表征电流值和表征电压值;在每个观测窗处,执行:计算电池组或电池单元的荷电状态的值;借助于电池组或电池单元的模型根据参数的相应标称值来计算估算电压,和根据时间观测窗的估算电压和表征电压之间的差值来确定相应的误差函数;通过最小化误差函数来计算针对每一参数的实际值;将计算出的参数的实际值与相应的荷电状态值和表征温度相关联,以根据需要获得根据电池组或电池单元的温度和荷电状态的参数值。

CN 108931732 B



1. 一种用于估算由电池组或电池单元分配的工作电流 (I) 的方法, 包括以下步骤:

- 获取与电池组或电池单元的表征电压 ( $V_m$ ) 和表征电流 ( $I_m$ ) 的测量时间趋势有关的电池组或电池单元的表征数据, 每一时间趋势与多个表征温度 ( $T_k$ ) 的相应值相关联;

- 根据电池组或电池单元的温度和荷电状态 (SOC) 来处理所述表征数据以确定电池组或电池单元的工作模型的多个参数 (P);

- 当电池组或电池单元处于工作状态下时, 测量电池组或电池单元的工作电压 (V) 和工作温度 (T);

- 基于所测得的工作电压 (V)、所测得的工作温度 (T) 和所述多个参数 (P), 借助于所述工作模型来估算电池组或电池单元的工作电流 (I);

其中处理步骤包括针对所述多个表征温度 ( $T_k$ ) 的每个值执行的以下阶段:

- 沿着表征电压 ( $V_m$ ) 和表征电流 ( $I_m$ ) 的相应时间趋势识别与表征温度 ( $T_k$ ) 相关联的多个时间观测窗 ( $W_i$ ), 并且检测相应的表征电流 ( $I_{m_i}$ ) 值和表征电压 ( $V_{m_i}$ ) 值;

- 在每个时间观测窗 ( $W_i$ ) 处, 计算电池组或电池单元的荷电状态 ( $SOC_i$ ) 的相应值;

- 在每个时间观测窗 ( $W_i$ ) 处, 借助于电池组或电池单元的工作模型, 根据参数 (P) 的相应标称值来计算相应的估算电压 ( $V_{ABi}$ ), 并且根据在时间观测窗 ( $W_i$ ) 的估算电压 ( $V_{ABi}$ ) 和表征电压 ( $V_{m_i}$ ) 之间的差值来确定相应的误差函数 ( $E_i$ );

- 在每个时间观测窗 ( $W_i$ ) 处, 通过最小化所述误差函数 ( $E_i$ ) 来计算电池组或电池单元的模型的多个参数 (P) 中的每一个的实际值 ( $P_i$ );

- 将在时间观测窗 ( $W_i$ ) 处计算出的参数的实际值 ( $P_i$ ) 与相应的荷电状态 ( $SOC_i$ ) 和表征温度 ( $T_k$ ) 相关联, 以获得根据电池组或电池单元的温度和荷电状态函数的所述多个参数 (P);

还包括以下步骤:

- 限定电池组或电池单元的热模型;

- 在至少一个测量时间间隔内, 基于在所述间隔内测得的电池组或电池单元的工作电压 (V) 和温度 ( $T_c$ ) 并基于与电池组或电池单元的温度 ( $T_c$ ) 相对应的参数 (P), 借助于电池组或电池单元的工作模型来估算消耗的电功率 ( $P_e$ );

- 在相同的至少一个测量时间间隔内, 基于电池组或电池单元的所述温度 ( $T_c$ ) 以及基于环境温度值 ( $T_e$ ) 以及基于与电池组或电池单元的所述温度 ( $T_c$ ) 相对应的参数 (P), 借助于电池组或电池单元的热模型来估算消耗的热功率 ( $P_d$ ), 两个温度值都在所述间隔中测量;

- 确定在消耗的电功率 ( $P_e$ ) 和所估算的消耗的热功率 ( $P_d$ ) 之间的差值 ( $\Delta P$ );

- 根据所估算的差值 ( $\Delta P$ ) 来校正参数 (P), 从而获得考虑了退化和/或老化现象的参数 (P) 的校正值。

2. 根据权利要求1所述的方法, 其特征在于电池组或电池单元的工作模型是电路模型, 并且模型参数包括电路参数。

3. 根据权利要求2所述的方法, 其特征在于所述处理步骤还包括:

- 在每个时间观测窗 ( $W_i$ ) 处确定电池组或电池单元的相应的空载电压 ( $V_{oc_i}$ ) 值;

- 基于在时间观测窗 ( $W_i$ ) 处所获得的多个空载电压 ( $V_{oc_i}$ ) 值和荷电状态 ( $SOC_i$ ) 值来限定电池组或电池单元的空载电压 ( $V_{oc}$ ) 和荷电状态 (SOC) 之间的关系;

并且其中在每个时间观测窗 ( $W_i$ ) 中, 计算参数的实际值 ( $P_i$ ) 的步骤还考虑相应的空载

电压( $V_{oc_i}$ )值以及电池组或电池单元的空载电压( $V_{oc}$ )和荷电状态(SOC)之间的所述关系。

4. 根据权利要求3所述的方法,其特征在于识别多个时间观测窗( $W_i$ )的步骤包括识别时间窗,在所述时间窗在瞬态现象耗尽时表征电流( $I_m$ )为零并且因此在所述空载电压( $V_{oc_i}$ )对应于表征电压( $V_m_i$ )。

5. 根据权利要求1-4中任一项所述的方法,其特征在于计算电池组或电池单元的荷电状态( $SOC_i$ )的相应值的步骤包括:

-基于表征电流的时间趋势来计算电池组或电池单元的荷电状态( $SOC_i$ )的相应值。

6. 根据权利要求2-4中任一项所述的方法,其特征在于电池组或电池单元的电路模型包括空载电压( $V_{oc}$ )发生器以及电池组或电池单元内部电阻( $R_0$ )和一个或更多的电路组的串联,每个电路组包括相应的电路组电阻和相应的电路组电容的并联;

并且其中参数(P)的组包括空载电压( $V_{oc}$ )、电池组或电池单元的内部电阻( $R_0$ )、一个或多个电路组电阻和一个或多个电路组电容。

7. 根据权利要求6所述的方法,其特征在于电池组或电池单元的电路模型包括两个电路组,并且其中参数(P)的组包括第一电路组电阻( $R_1$ )、第一电路组电容( $C_1$ )、第二电路组电阻( $R_2$ )、第二电路组电容( $C_2$ )。

8. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于电池组或电池单元的工作模型包括受训的预测算法,并且参数(P)是受训的预测算法的参数,

并且其中确定多个参数(P)的步骤包括根据所获取的电池组或电池单元的表征数据来训练预测算法。

9. 根据权利要求1-4中任一项所述的方法,其特征在于获取电池组或电池单元的表征数据的步骤包括:

-在工作条件下使用电池组或电池单元之前,在相应的表征温度( $T_k$ )下测量电池组或电池单元的表征电压( $V_m$ )和表征电流( $I_m$ )的时间趋势;或者

-从在电池组或电池单元的工作条件下使用之前所执行的表征过程获取表征数据。

10. 根据权利要求1-4中任一项所述的方法,其特征在于所述处理步骤还包括:

-将电池组或电池单元的工作模型的参数(P)作为查询表存储于在工作条件下可访问电池组或电池单元的电子存储器件上,所述查询表适于作为输入接收温度和荷电状态值并且适于提供参数(P)的相应值。

11. 根据权利要求10所述的方法,其特征在于估算电池组或电池单元的工作电流的步骤借助于与电池组或电池单元相关联的电子处理器来执行,所述电子处理器适于访问所述存储的查询表并且配置为作为输入来从嵌入到电池组或电池单元中的各个传感器接收测得的工作电压(V)值和工作温度(T)值。

12. 根据权利要求11所述的方法,其特征在于电池组或电池单元的热模型由一个或多个热电池单元的模型组成;

每个热电池单元模型包括热电池单元的电容( $C_T$ )、热电池单元的电阻( $R_T$ )、电池单元的温度( $T_C$ )和环境温度( $T_e$ )。

13. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于校正步骤包括:

-根据电功率和热功率之间的差值( $\Delta P$ )来确定校正因子(G);

-将内部电阻( $R_0$ )的值乘以所述校正因子(G)来获得电池组或电池单元的内部电阻( $R_0$ )

的更新的估算值；

- 根据电池组或电池单元的内部电阻 ( $R_0$ ) 的更新的估算值来重新计算电功率 ( $P_e$ )；
- 迭代所述确定、相乘和重新计算的步骤以将所述差值 ( $\Delta P$ ) 减小到预定阈值以下；
- 考虑在所述迭代结束时获得的更新的估算值作为电池组或电池单元的内部电阻 ( $R_0$ ) 值。

14. 根据权利要求6所述的方法，其特征在于还包括以下步骤：

- 在工作条件下使用电池组或电池单元之前，根据使用时间和对于不同温度值来表征电池组或电池单元内部电阻 ( $R_0$ ) 的值的变化；
- 存储内部电阻的表征数据；
- 当所述方法被应用时，在电池组或电池单元的工作条件下，根据电池组或电池单元的内部电阻 ( $R_0$ ) 的所述表征数据，使用电池组或电池单元的内部电阻 ( $R_0$ ) 的校正值，考虑实际使用电池组或电池单元所消逝的时间。

15. 一种用于估算电池组或电池单元的荷电状态 (SOC) 的方法，包括：

- 根据权利要求1-14中任一项所述的用于估算由电池组或电池单元分配的工作电流 (I) 的方法；
- 基于从电池组或电池单元的工作启动时刻开始直至当前瞬间的工作电流 (I) 的估算时间趋势，从初始荷电状态 ( $SOC_0$ ) 估算电池组或电池单元的荷电状态 (SOC)。

16. 一种电池组或电池单元控制设备，所述电池组或电池单元控制设备配置为即使在没有集成电流传感器的情况下也控制电池组或电池单元，所述设备适于接收电池组或电池单元的测得的工作电压 (V) 值和电池组或电池单元的测得的工作温度 (T) 值，其中所述设备包括电子处理器件，所述电子处理器件配置为执行根据权利要求1-14中任一项所述的用于估算由电池组或电池单元分配的工作电流 (I) 的方法，和/或执行根据权利要求15所述的估算电池组或电池单元的荷电状态 (SOC) 的方法。

17. 一种电池组或电池单元，所述电池组或电池单元配置为在未配备集成电流传感器的情况下进行工作，包括：

- 电压传感器，所述电压传感器配置为检测电池组或电池单元的工作电压 (V)；
- 温度传感器，所述温度传感器配置为检测电池组或电池单元的工作温度 (T)；
- 根据权利要求16所述的控制设备。

## 用于估算电池组或电池单元的电流和荷电状态的方法

### 技术领域

- [0001] 本发明涉及用于控制电气装置的电子方法和系统的技术领域。
- [0002] 具体地,本发明涉及用于以无需在工作条件下直接检测电流的方式来估算适于车辆的电池(battery)或电池组(battery pack)或类似的电池单元(battery cell)(在本说明书中简单地定义为“电池单元(cell)”)的工作电流和荷电状态的方法。
- [0003] 此外,本发明涉及一种执行上述方法的电池组或电池单元的控制设备以及一种适于车辆的电池组或电池单元,其能够通过上述方法监测工作电流和荷电状态,而无需配备电流传感器。

### 背景技术

- [0004] 获知由电化电池组成的电池组或电池单元的电池的电压和电流(特别是在“汽车”领域中,在用于电动或混合动力驱动车辆的运动系统和电池的背景下)是用于正确管理和控制电池、电池组或电池单元的非常重要的信息。
- [0005] 为了获知电池单元本身的荷电状态以及为了正确地对其进行管理和保护,需要获得电池组或电池单元的电池的电压、电流和温度,以便避免触发次级物理化学过程,触发次级物理化学过程会导致电池单元性能和耐久性下降,甚至在极端情况下,触发次级物理化学过程会导致称为“热失控”的现象,其后果严重,直至电池组或电池单元燃烧或爆炸。
- [0006] 此外,获知对于几个模块或整个电池组或电池单元而言可能共有的电流对于确定电池单元的荷电状态(SOC)而言是有用的。
- [0007] 在常见的背景技术解决方案中,通常通过使用安装在电池组或电池单元本身上的分流型物理电流传感器或基于霍尔效应的传感器来直接检测这种电流来获知电池或电池单元的电流。
- [0008] 在分流型传感器的情况下,通过测量电阻器上的电压来确定电流,电阻器具有电池或电池单元的电流在其上流通的已知值。
- [0009] 在基于霍尔效应的传感器的情况下,电流是通过测量在由电池或电池单元的电流穿过并经受电磁场的导体上产生的霍尔电压来确定的。
- [0010] 上述两种情况均设想需要提供配备有多个电流传感器的电池组或电池单元,这具有增加电池组本身或电池单元的复杂性和成本的缺点。
- [0011] 因此需要识别用于估算电池或电池单元的电流(即“电池或电池单元电流”)的方法,而不考虑通过电流传感器直接获取这种电流。
- [0012] 然而,这种解决方法遇到获得足够准确以便实际可用的电流估算的进一步的技术问题。事实上,所需的准确度提供最小化估算误差在有限百分比内(例如等于或小于5%)。
- [0013] 由于在给定时刻的实际的电池或电池单元的电流不仅取决于在该瞬间检测到的电池或电池单元的工作电压,而且还可以复杂的方式取决于电池或电池单元的温度和荷电状态(因此取决于其历史和寿命),因此根本就不容易获得对电池或电池单元的电流的这种准确度的估算。因此,不存在简单的分析公式,该公式通过获知电池或电池单元的电压和温度

而可以所需的准确度获得电池或电池单元的电流。

[0014] 此外,由于电池或电池单元的电流与电池或电池单元的其他电量和热量之间的关系也取决于退化和老化,因此需要进一步认识到具有适当考虑这些方面的估算方法。

[0015] 已知的解决方案在这方面不符合上述要求。

[0016] 鉴于上述内容,主要在汽车应用领域中,并且具体是在用于电动车辆或混合动力车辆的电池组的背景下,需要考虑用于估算电池或电池单元的电流和荷电状态的方法,提供关于电池或电池单元的电流和关于电池或电池单元的荷电状态的足够准确的信息,同时避免对在工作条件下直接获取电池或电池单元的电流的需要。

## 发明内容

[0017] 本发明的目的是提供一种用于估算电池组或电池单元的工作电流和荷电状态的方法,其能够提供电池或电池单元的电流和荷电状态的足够准确的估算而无需直接获取电流本身,以便允许至少部分地克服上面参照背景技术指出的缺点,并且满足在所考虑的技术领域中具体提出的上述要求。

[0018] 具体而言,本发明旨在提供一种用于通过仅测量电池或电池单元的两端处的电压来确定电池或电池单元的电流的方法,而不必采用分流型或霍尔效应类型的物理电流传感器。因此,可以通过仅直接测量电池或电池单元两端处的电压来完全管理电池组或电池单元,从而根据不同变量(包括温度和老化)从电压测量和从其内部电阻的表征来确定电流。

[0019] 该目的通过根据本文所述的用于估算电流的方法来实现。

[0020] 这种方法的其他实施例由本文公开。

[0021] 本发明的另一目的是一种用于估算电池组或电池单元的荷电状态的方法。

[0022] 本发明的目的还在于电池组或电池单元的控制设备,其能够执行前述方法,并且本发明的目的还在于一种没有电流传感器并且由前述控制装置所控制的电池组或电池单元。

## 附图说明

[0023] 根据以下参考附图对通过指示性和非限制性实例的方式给出的优选实施例的描述,根据本发明的用于估算电流的方法和用于估算荷电状态的方法以及相关的控制设备和电池组或电池单元的其他特征和优点将变得显而易见,其中:

[0024] -图1借助框图示意性地示出根据本发明的估算方法的实施例;

[0025] -图2示出根据本发明的方法的实施例中所采用的电池或电池单元的电模型的图;

[0026] -图3借助框图示意性地示出在该方法的实施例中所采用的处理算法;

[0027] -图4A和图4B分别示出可构成适于该方法的输入数据的电池组或电池单元的电压和表征电流的测量时间趋势;

[0028] -图5A和图5B分别示出图4A和图4B的一部分图表的放大细节;

[0029] -图6示出电池或电池单元的荷电状态SOC的估算时间趋势;

[0030] -图7示出电池或电池单元的空载电压Voc的估算时间趋势;

[0031] -图8和图9示出在电池或电池单元的荷电状态和空载电压之间的估算关系的实例,以及反之亦然(函数和反函数);

- [0032] -图10示出在电池或电池单元的两端处测得的电压和通过本发明的方法估算的对应电压之间的比较；
- [0033] -图11示出在示例性实施例中通过该方法估算的根据荷电状态的电池或电池单元的电路参数的值(与该方法中使用的电池或电池单元的可能模型有关)；
- [0034] -图12示出根据本发明的方法的实施例中所采用的电池或电池单元的热模型的图；
- [0035] -图13借助框图以图解方式示出该方法的实施例中采用的用于根据退化和/或老化校正和更新参数的算法；
- [0036] -图14示出从电池或电池单元的测得电流导出的荷电状态图表与从根据本发明的方法估算的电池或电池单元的电流导出的荷电状态图表之间的比较；
- [0037] -图15示出测得的电池或电池单元的电流图表与通过本发明的方法估算的电池或电池单元的电流图表之间的比较。

## 具体实施方式

- [0038] 参考图1-15,现在描述用于估算由电池组或电池单元所分配的工作电流I的方法。
- [0039] 该方法首先包括获取与电池组或电池单元的表征电压Vm和表征电流Im的测量时间趋势有关的电池组或电池单元的表征数据的步骤。上述时间趋势中的每一个都与多个表征温度值T<sub>k</sub>的相应值相关联。
- [0040] 该方法还提供处理上述表征数据以根据电池组或电池单元的温度和荷电状态SOC来确定电池组或电池单元的工作模型的多个参数P。
- [0041] 然后,在电池组或电池单元处于工作状态下时,该方法提供测量电池组或电池单元的工作电压V和工作温度T,并通过以上工作模型基于所测得的工作电压V、所测得的工作温度T和前述的多个参数P(如先前根据电池组或电池单元的温度和荷电状态所确定的)来估算电池组或电池单元的工作电流I。
- [0042] 应该指出的是,工作电流I是当电池或电池单元的瞬时工作电压V和瞬时温度T被检测到时在电池组或电池单元中流动的瞬时电流。因此,基于上述参数T、V和P来估算这种工作电流I。
- [0043] 参数P又通过基于电池组或电池单元的温度和荷电状态SOC进一步处理获得,如上面已经提到的并且如下所详述的那样。
- [0044] 在本文所述的方法中,处理步骤包括针对上述多个表征温度值T<sub>k</sub>的每个值执行的一些阶段。
- [0045] 具体地,处理步骤包括沿着表征电压Vm和表征电流Im的相应时间趋势识别与表征温度T<sub>k</sub>相关联的多个时间观测窗W<sub>i</sub>,并且检测相应的表征电流Im<sub>i</sub>值和表征电压Vm<sub>i</sub>值。
- [0046] 因此,在每个观测窗W<sub>i</sub>处,该方法提供计算电池组或电池单元的荷电状态SOC<sub>i</sub>的相应值。
- [0047] 仍然在每个观测窗W<sub>i</sub>处,该方法提供通过电池组或电池单元的工作模型根据参数P的相应标称值来计算相应的估算电压V<sub>ABi</sub>,并且根据时间观测窗W<sub>i</sub>的估算电压V<sub>ABi</sub>和表征电压Vm<sub>i</sub>之间的差值来确定相应的误差函数E<sub>i</sub>。
- [0048] 仍然在每个观测窗W<sub>i</sub>处,该方法提供通过最小化前述误差函数E<sub>i</sub>来计算针对电池

组或电池单元的模型的多个参数P中的每一个的实际值P<sub>i</sub>。

[0049] 最后,提供将在观测窗W<sub>i</sub>处计算出的参数的实际值P<sub>i</sub>与相应荷电状态SOC<sub>i</sub>和表征温度T<sub>k</sub>相关联以获得根据电池组或电池单元的温度和荷电状态SOC的前述多个参数P的步骤。

[0050] 根据该方法的一个实施例,处理表征数据的上述步骤还提供确定在每个观测窗W<sub>i</sub>处的电池组或电池单元的相应的空载电压Voc<sub>i</sub>值,并且基于在观测窗W<sub>i</sub>处获得的多个空载电压Voc<sub>i</sub>值和荷电状态SOC<sub>i</sub>值来限定电池组或电池单元的空载电压Voc和荷电状态SOC之间的关系。

[0051] 在这种情况下,在每个观测窗W<sub>i</sub>中,计算参数的实际值P<sub>i</sub>的步骤也考虑相应的空载电压Voc<sub>i</sub>值以及在电池组或电池单元的空载电压Voc和荷电状态SOC之间确定的关系。

[0052] 根据具体实施例,识别多个观测窗W<sub>i</sub>的步骤包括识别时间窗,在该时间窗处在瞬时现象耗尽时表征电流Im为零以及因此在该时间窗处空载电压Voc<sub>i</sub>对应于表征电压Vm<sub>i</sub>。

[0053] 根据具体实施例,计算电池组或电池单元的荷电状态值的步骤包括基于表征电流的时间趋势来计算电池组或电池单元的荷电状态(SOCi)的相应值。

[0054] 根据该方法的不同可能的实施例,可以使用电池组或电池单元的不同工作模型。

[0055] 根据该方法的典型实施例,电池组或电池单元的工作模型是电路模型。在这种情况下,模型参数包括电路参数。

[0056] 在图2所示的实例中,电池组或电池单元的电路模型包括空载电压Voc发生器和与一个或多个电路组串联布置的电池或电池单元内部电阻R<sub>0</sub>,每个电路组包括电路组电阻和电路组电容的并联。在这种情况下,电路参数P的组包括空载电压Voc、电池或电池单元的内部电阻R<sub>0</sub>、一个或多个电路组的电阻R<sub>1</sub>,R<sub>2</sub>以及一个或多个电路组电容C<sub>1</sub>,C<sub>2</sub>。

[0057] 具体地,图2的实例示出二阶模型(通常用于具有精确的并且同时相对简单的建模),即包括两个电路组的模型。在这种情况下,除了电池或电池单元的内部电阻R<sub>0</sub>和空载电压Voc之外,电路参数P的组还包括第一电路组电阻R<sub>1</sub>、第一电路组电容C<sub>1</sub>、第二电路组电阻R<sub>2</sub>、第二电路组电容C<sub>2</sub>。

[0058] 应该指出的是,该方法可以提供使用其他类型的模型,甚至非电路模型,其特征在于一定数量的参数,甚至非电路参数。

[0059] 在一个实施例中,例如,电池组或电池单元的工作模型包括受训过的预测算法,并且参数P是受训过的预测算法的参数。在这种情况下,确定多个参数P的步骤包括根据所获取的电池组或电池单元的表征数据来训练预测算法。

[0060] 例如,可以使用具有N个参数的神经网络。

[0061] 回到电路模型的实例(例如图2所示的一个实例),应该指出的是,模型参数(Voc,R<sub>0</sub>,R<sub>1</sub>,R<sub>2</sub>,C<sub>1</sub>,C<sub>2</sub>)是荷电状态SOC的函数和温度的函数。

[0062] 电压、电流和温度之间的关系用以下公式[1]表示:

$$[0063] V_{AB}(t) = V_{OC} - R_0 \cdot I(t) - R_1 \cdot (I(t) - \frac{d(C_1 \cdot V_1)}{dt}) - R_2 \cdot (I(t) - \frac{d(C_2 \cdot V_2)}{dt})$$

[0064] 其中电压V<sub>AB</sub>(t)表示电池单元或电池的两端处的电压,并且I(t)是电池单元中流通的电流。

[0065] 温度依赖性是隐含的,因为它包括在参数(Voc,R<sub>0</sub>,R<sub>1</sub>,R<sub>2</sub>,C<sub>1</sub>,C<sub>2</sub>)中,其中每个参数

取决于温度。

[0066] 由于焦耳效应所消耗的电功率和能量由以下公式[2]表示:

$$[0067] P_e = R_0 \cdot I^2 + R_1 \cdot I_{R_1}^2 + R_2 \cdot I_{R_2}^2$$

$$[0068] E_e = \int_{t_0}^{t_1} P_e dt$$

[0069] 如上所述,电参数取决于温度,并进一步取决于电池单元或电池的荷电状态,尤其是空载电压Voc。

[0070] 为了有效地使用模型,因此有必要针对不同的荷电状态SOC值和温度T值来表征参数。

[0071] 为此目的,提供处理表征数据的步骤,上面已经以一般性术语进行了描述。

[0072] 由此参照其中使用图2的电路模型的方法的实施例,对在处理步骤中采用的算法提供进一步的细节。

[0073] 这种处理算法的实例在图3中以图解的方式示出。

[0074] 假定具有对应于K个不同的预定和设定温度的K个时间趋势,即电压和电流趋势。对于k=1而言,设定第一温度( $T_k = T_1$ ),并选择在温度 $T_1$ 时在电池或电池单元上获取的电压和电流时间趋势。

[0075] 例如,在电池或电池单元的“离线”表征步骤中获取电压和电流的时间趋势。因此,这样的电压和这样的电流分别对应于上面限定的“表征电压Vm”和“表征电流Im”。

[0076] 在28°C的温度下20安培小时(Ah)钛酸锂(LTO)电池单元或电池的情况下,分别在图4A和图4B中示出表征电压Vm和表征电流Im的时间趋势的实例。

[0077] 在上述Vm和Im的时间趋势中,识别出时间观测窗 $W_i$ ,在该时间观测窗 $W_i$ 中电流为零,并且在一段时间间隔内保持在零值,以允许考虑为断定的电池单元本身的动态,即在电路模型的电容 $C_1$ 和 $C_2$ 已被显著放电的情况下。在图4A和图4B中,观测窗 $W_i$ 的界限由“X”标记指示。

[0078] 第一时间观测窗的放大图在图5A中针对表征电压Vm示出,并且在图5B中针对表征电流Im示出。

[0079] 下一阶段是基于测得的电流Im计算荷电状态(SOC)。荷电状态SOC例如可以基于以下公式[4]通过所谓的“库仑计数器(Coulomb Counter)”技术来计算:

$$[0080] SOC(t) = SOC(t_0) - 100 \int_{t_0}^t \frac{i(\tau)}{Q_{nom} 3600} d\tau$$

[0081] 其中 $Q_{nom}$ 是以1库仑放电速率评估的电池单元(cell)的额定容量(在所示的实例中,其具有为20Ah的值)。

[0082] 根据时间计算的荷电状态SOC在图6中示出。

[0083] 然后,也根据时间来计算空载电压Voc。为此目的,应该指出的是,观测窗 $W_i$ 的初始点和终点是“静止的”点,在所述点电流为零,并且因此电容 $C_1$ 和 $C_2$ 两端处的电压可以被忽略。因此,在这种点处,空载电压Voc与测得的电压Vm一致。在其他方面,空载电压Voc的计算

可以作为先前估算的荷电状态SOC的函数的线性插值来执行。

[0084] 图7中示出根据时间计算的空载电压Voc。

[0085] 基于上述信息,可以根据空载电压Voc来计算荷电状态SOC,即, $SOC = f(Voc)$ ,其示意图在图8中示出。

[0086] 类似地,可以获得将空载电压Voc与荷电状态SOC相关联的反函数,即 $Voc = f^{-1}(SOC)$ ,其示意图在图9中示出。

[0087] 参考Voc和SOC之间的关系,一旦设定了第i个观测窗 $W_i$ ,则以下关系是有效的:

$$[0088] V_{oc_i} = (SOC_i - SOC_2) \cdot \frac{(V_{oc2} - V_{oc1})}{(SOC_2 - SOC_1)} + V_{oc2}$$

[0089] 其中下标1和2分别表示观测窗的初始点和终点。 $\Delta SOC = SOC_2 - SOC_1$ 越小,则这种近似关系就越准确。

[0090] 此时,可以获得其余的电路参数( $R_0, R_1, R_2, C_1, C_2$ ):在每个观测窗 $W_i$ 中,用相应的测得的电流 $I_{m_i}$ 来刺激模型,并且确定上述五个电路参数的组合,以便最小化在测得的电压 $V_m$ 与由模型估算的电压 $V_{AB}$ 之间的误差。

[0091] 在这种误差最小化过程结束时,估算的电压 $V_{AB}$ 以高度的精确度重复测得的表征电压 $V_m$ ,如图10中所示(其中在示意图的比例下,两个电压几乎难以区分)。

[0092] 在与表征温度 $T_k$ (在具体情况下为28°C)有关的处理过程结束时,根据荷电状态SOC获得模型的所有参数,如图11的示意图中所示。

[0093] 该处理过程针对多个表征温度 $T_k$ 进行迭代:理想地,该过程可以针对任何数量的温度值执行。

[0094] 因此,在整个过程结束时,电池组或电池单元的模型的每个电路参数的值根据荷电状态SOC值以及根据不同的工作温度值是可用的。

[0095] 处理过程的结果可以“查询表”的形式收集和存储。

[0096] 实际上,根据该方法的一个实施例,该处理还包括将电池组或电池单元的工作模型的参数P作为查询表存储在电子存储器件(在工作条件下可访问电池组或电池单元)上的步骤,所述查询表适于作为输入接收温度和荷电状态值并且作为输出提供参数P的相应值。

[0097] 在这种情况下,根据该方法的一个实施例,估算电池组或电池单元的工作电流的步骤通过与电池组或电池相关联的电子处理器来执行,该电子处理器适于访问上述存储的查询表并配置为作为输入来从嵌入到电池组或电池单元中的相应传感器接收测得的工作电压 $V$ 值和工作温度 $T$ 值。

[0098] 在本说明书中,获取电池组或电池单元的表征数据的步骤在广义上必须被理解为在可以许多不同方式执行的预表征阶段之后使得这样的数据可用,所述方式包括通过非限制性实例的方式在下面提出的实施例中描述的那些。

[0099] 在该方法的一个可能的实施例中,获取电池组或电池单元的表征数据的步骤包括在工作条件下使用电池组或电池单元之前,测量在相应的表征温度 $T_k$ 值下的电池组或电池单元的表征电压 $V_m$ 和表征电流 $I_m$ 的时间趋势。

[0100] 在该方法的另一可能的实施例中,获取电池组或电池单元的表征数据的步骤包括从表征过程获取表征数据,所述表征过程是在电池组或电池单元的工作条件下使用之前执

行的。

[0101] 在该方法的另一可能实施例中,获取表征数据的步骤包括从电池组或电池单元的可用数据表导出表征数据。

[0102] 一旦已经确定了电池组或电池单元工作模型的参数,如前所述,考虑电池或电池单元的温度和荷电状态,可以估算电池组或电池单元的工作电流I。

[0103] 例如,这可以基于以下等式[5]来进行:

$$[0104] I = \frac{V_{OC} - V_m - R_1 \cdot I_{R_1} - R_2 \cdot I_{R_2}}{R_0}$$

[0105] 其中:

$$[0106] I_{R_1} = I - \frac{d(C_1 \cdot R_1 \cdot I_{R_1})}{dt} \quad I_{R_2} = I - \frac{d(C_2 \cdot R_2 \cdot I_{R_2})}{dt}$$

[0107] 将迭代的后续阶段(步骤:T<sub>s</sub>)离散化,获得以下公式:

$$[0108] I_{R_1} = \frac{T_s \cdot I_{old} + C_1 \cdot R_1 \cdot I_{R_1,old}}{T_s + (C_1 - C_{1,old}) \cdot R_1 + (R_1 - R_{1,old}) \cdot C_1 + C_1 \cdot R_1}$$

$$[0109] I_{R_2} = \frac{T_s \cdot I_{old} + C_2 \cdot R_2 \cdot I_{R_2,old}}{T_s + (C_2 - C_{2,old}) \cdot R_2 + (R_2 - R_{2,old}) \cdot C_2 + C_2 \cdot R_2}$$

[0110] 其中用下标OLD表示从迭代的前一个阶段T<sub>s</sub>获得的I,I<sub>R1</sub>,I<sub>R2</sub>,C<sub>1</sub>,C<sub>2</sub>,R<sub>1</sub>和R<sub>2</sub>的值。

[0111] 该方法的先前描述的实施例允许以适当的方式考虑电池组或电池单元的荷电状态和工作温度,以便在任何工作条件下获得电池组或电池单元的电流的可靠估算,而无需直接检测这种电流。

[0112] 估算值与电流的实际值偏差的另一个原因可能来自电池或电池单元及其部件的退化和/或老化。

[0113] 实际上,当电池或电池单元是新的时或在进行表征时电路模型的参数是有效的。由于电池或电池单元的退化,这些参数对荷电状态和温度的依赖性随时间而变化。因此,严格来说,表征应定期进行,但在将电池组或电池单元安装在混合动力车辆或电动车辆内之后,这并非易事,或者甚至是不可行的。

[0114] 为了解决这个方面,并且尝试正确估算建模参数,还要考虑与退化和老化相关的因素,该方法的另一个实施例提供了以下另外的步骤。

[0115] 首先,除了上述工作模型之外,还定义了电池组或电池单元的热模型。

[0116] 然后,在至少一个测量时间间隔(t<sub>0</sub>-t<sub>1</sub>)中,基于在这样的间隔(t<sub>0</sub>-t<sub>1</sub>)中测得的电池组或电池单元的电压V的值和温度T<sub>c</sub>的值以及基于在电池组或电池单元的前述温度T<sub>c</sub>下估算的参数P,借助于电池组或电池单元的工作模型来确定消耗的电功率P<sub>e</sub>。

[0117] 此外,在相同的测量时间间隔(t<sub>0</sub>-t<sub>1</sub>)下,基于电池组或电池单元的温度T<sub>c</sub>的前述值以及基于在这样的间隔(t<sub>0</sub>-t<sub>1</sub>)中测得的环境温度T<sub>e</sub>值以及基于在电池组或电池单元的

温度  $T_c$  处估算的参数  $P$ , 借助于电池组或电池单元的热模型来估算消耗的热功率  $P_d$ 。

[0118] 然后执行步骤以确定先前估算的消耗的电功率  $P_e$  与消耗的热功率  $P_d$  之间的差值  $\Delta P$ 。

[0119] 最后, 基于上述估算的差值  $\Delta P$  来校正参数  $P$ , 以便获得参数  $P$  的更新值, 从而考虑退化和/或老化现象。

[0120] 根据该方法的一个实施例, 使用由一个或多个热电池单元模型组成的电池组或电池单元的热模型, 其中每个热电池单元模型的特征在于热电池单元的电容  $C_T$ 、热电池单元的电阻  $R_T$ 、电池单元的温度  $T_c$  和环境温度  $T_e$ 。

[0121] 热电池单元的电容  $C_T$  参数和热电池单元的电阻  $R_T$  参数是特定于电池单元和特定于电池组或电池单元的特定配置。

[0122] 具体地, 该方法中使用的热模型的实例是一阶热模型, 诸如图12中示意性示出的一个模型。

[0123] 根据这种热模型, 以下关系[6]是有效的:

$$[0124] P_d = C_T \cdot \frac{dT_c}{dt} + \frac{T_c - T_e}{R_T}$$

[0125] 其中参数的含义已经在上面进行了描述。

[0126] 在时间间隔  $(t_0 - t_1)$  内消耗的热能  $E_T$  可通过以下的公式[7]计算:

$$[0127] \text{此 } E_T = C_T \cdot (T_c(t_1) - T_c(t_0)) + \frac{1}{R_T} \int_{t_0}^{t_1} (T_c - T_e) dt / \text{或热量和电功率, 可以更新参数的值。}$$

[0128] 具体地, 根据图13的框图中所示的实施例, 上述校正模型参数的步骤包括从不存在退化时确定的值开始校正内部电阻  $R_0$  参数, 如前所述。

[0129] 为此目的, 基于估算的电功率与估算的热功率之间的差值  $\Delta P$  确定校正因子  $G$ ; 然后, 在没有退化的情况下有效的电池或电池单元内部电阻  $R_0$  值乘以上述校正因子  $G$ , 以获得电池或电池单元内部电阻  $R_0$  的更新估算值。

[0130] 然后提供基于内部电阻  $R_0$  的更新估算值重新计算电功率  $P_e$  的步骤, 然后迭代上述确定、相乘和重新计算的步骤, 直到差值  $\Delta P$  降低到预定阈值以下。最后, 在上述迭代结束时获得的更新估算值被认为是电池或电池单元的内部电阻  $R_0$  值。

[0131] 该方法的另一个实施例也旨在当存在退化和/或老化的情况下估算电池或电池单元的电工作参数, 该方法包括以下步骤: 在工作条件下使用电池组或电池单元之前, 根据使用时间以及对于不同温度值, 表征电池或电池单元的内部电阻值  $R_0$  值的变化, 以及存储电池或电池单元内部电阻的数据。

[0132] 此外, 当在电池组或电池单元的工作条件下应用该方法时, 根据电池或电池单元的内部电阻  $R_0$  的上述表征数据, 考虑电池组或电池单元实际使用的消逝时间, 使用电池或电池单元的内部电阻  $R_0$  的校正值。

[0133] 本发明还包括用于估算电池组或电池单元的荷电状态SOC的方法。根据上述任何一个实施例, 这种方法包括沿着电池组或电池单元的工作时间估算由电池组或电池单元分配的工作电流  $I$  的步骤。然后, 基于从电池组或电池单元的工作启动时刻开始直至当前瞬间

的工作电流I的估算时间趋势,该方法提供从初始荷电状态SOC<sub>0</sub>估算电池组或电池单元的荷电状态SOC。

[0134] 具体地,根据一个实施例,上述公式[4]可用于此目的:

$$[0135] \quad SOC(t) = SOC(t_0) - 100 \int_{t_0}^t \frac{i(\tau)}{Q_{nom} 3600} d\tau$$

[0136] 这种方法允许精确估算荷电状态,其误差等于或低于3%,如通过图14中的实例所示,其中在通过测量由物理传感器获取的电流估算的荷电状态SOC<sub>Imis</sub>以及在没有物理电流传感器的情况下基于该方法估算的荷电状态SOC<sub>Iest</sub>之间进行比较。

[0137] 在图15中,在测得的电流I<sub>mis</sub>和如通过本发明的方法估算的电流I<sub>est</sub>之间进行比较。如应该指出的那样,获得了高度的准确度,其可能等于或低于5%。

[0138] 本发明还包括电池组或电池单元控制设备,其配置为甚至在没有集成电流传感器的情况下控制电池组或电池单元,该设备适于接收电池组或电池单元的测得的工作电压V值和电池组或电池单元的测得的工作温度T值。

[0139] 该设备包括电子处理器件,该电子处理器件配置为执行根据上述任一实施例的用于估算电池组或电池单元的工作电流I的方法,和/或执行根据上述任一实施例的用于估算电池组或电池单元的荷电状态SOC的方法。

[0140] 本发明进一步包括配置成在未配备集成电流传感器的情况下进行工作的电池组或电池单元。

[0141] 电池组或电池单元包括:电压传感器,其配置为检测电池组或电池单元的工作电压V;温度传感器,其配置为检测电池组或电池单元的工作温度T;根据之前已经描述的控制设备。

[0142] 如应该指出的那样,通过所描述的评估方法,凭借其相应的工作特征就可完全实现本发明的目的。

[0143] 实际上,用于估算电池或电池单元的电流以及电池或电池单元的荷电状态的方法仅仅基于电池或电池单元的电压“在线”获取(即在电池或电池单元处于工作条件下时)和温度,而不需要通过适当的传感器直接获取电池或电池单元的电流。

[0144] 这进一步允许从电池组或电池单元中减少电流传感器(并且还减少相应的布线、用于获取电流信号的硬件系统以及相关的软件管理),从而在降低复杂性和成本方面导致显而易见的优势。

[0145] 应该指出的是,即使本方法在存在物理电流传感器的情况下使用,提供了一种用于获得对电流的额外间接估算的方式,但该方法的使用不管怎样也将作为附加收益而提供在安全性(ISO26262标准)背景下有用的一致性或似真性的估算的可能性。

[0146] 此外,如之前详细描述的那样,用于估算电池或电池单元的电流以及电池或电池单元的荷电状态的方法允许获得足够准确的估算值,以便实际上有效地使用:具体地,所描述的方法允许以低于5%的误差估算流过电池组或电池单元的瞬时电流,并以低于3%的误差估算荷电状态。

[0147] 参照执行上述估算方法的根据本发明的控制设备和根据本发明的电池组或电池单元可以识别类似的优点,本发明使用该设备和控制系统从这种估算方法中受益而可以没

有电流传感器。

[0148] 本领域内的技术人员为了满足偶然的需要,在不偏离所附权利要求的范围的情况下可以用功能上等同于上述用于估算电流的方法、用于估算荷电状态的方法、控制设备和电池组或电池单元的实施例的其它要素来修改、改动和替换要素。

[0149] 被描述为属于可能实施例的每个特征可以独立于所描述的其他实施例来实现。还应该指出的是,术语“包括”不排除其他元件或步骤,并且术语“一个(a)”或“一个(one)”不排除多个。这些附图并未按比例绘制,因为为了更清楚地图示说明而适当突出各个部分的要求是被特许的。

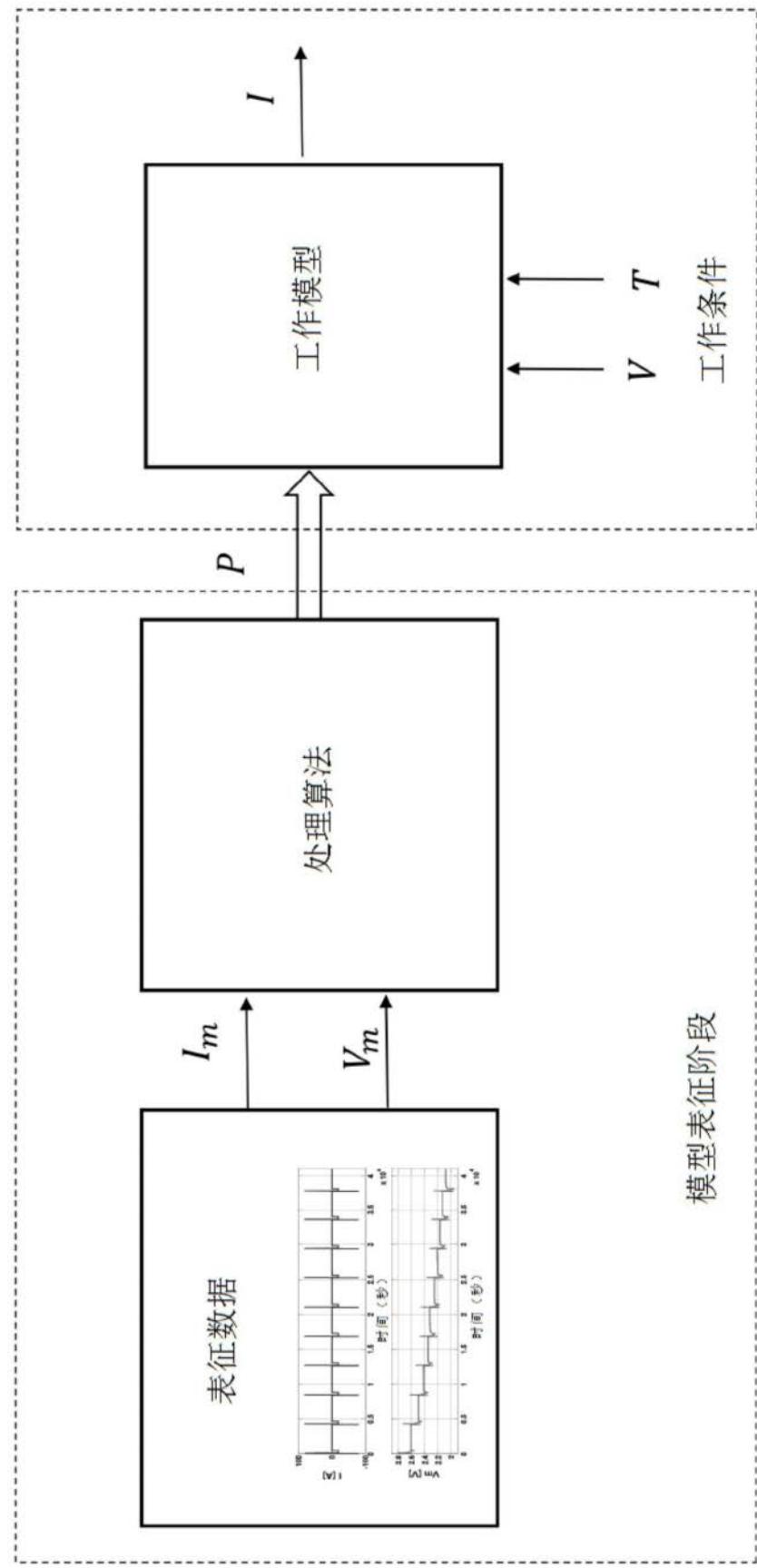


图1

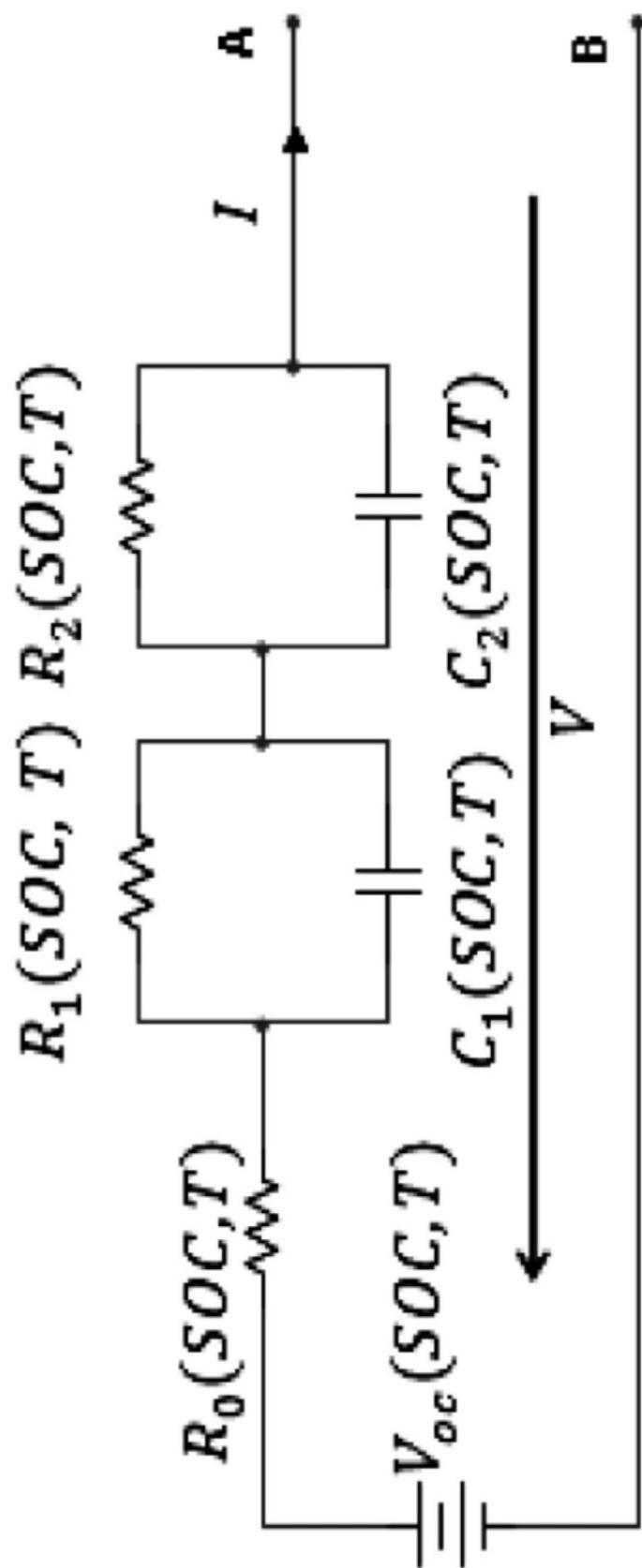


图2

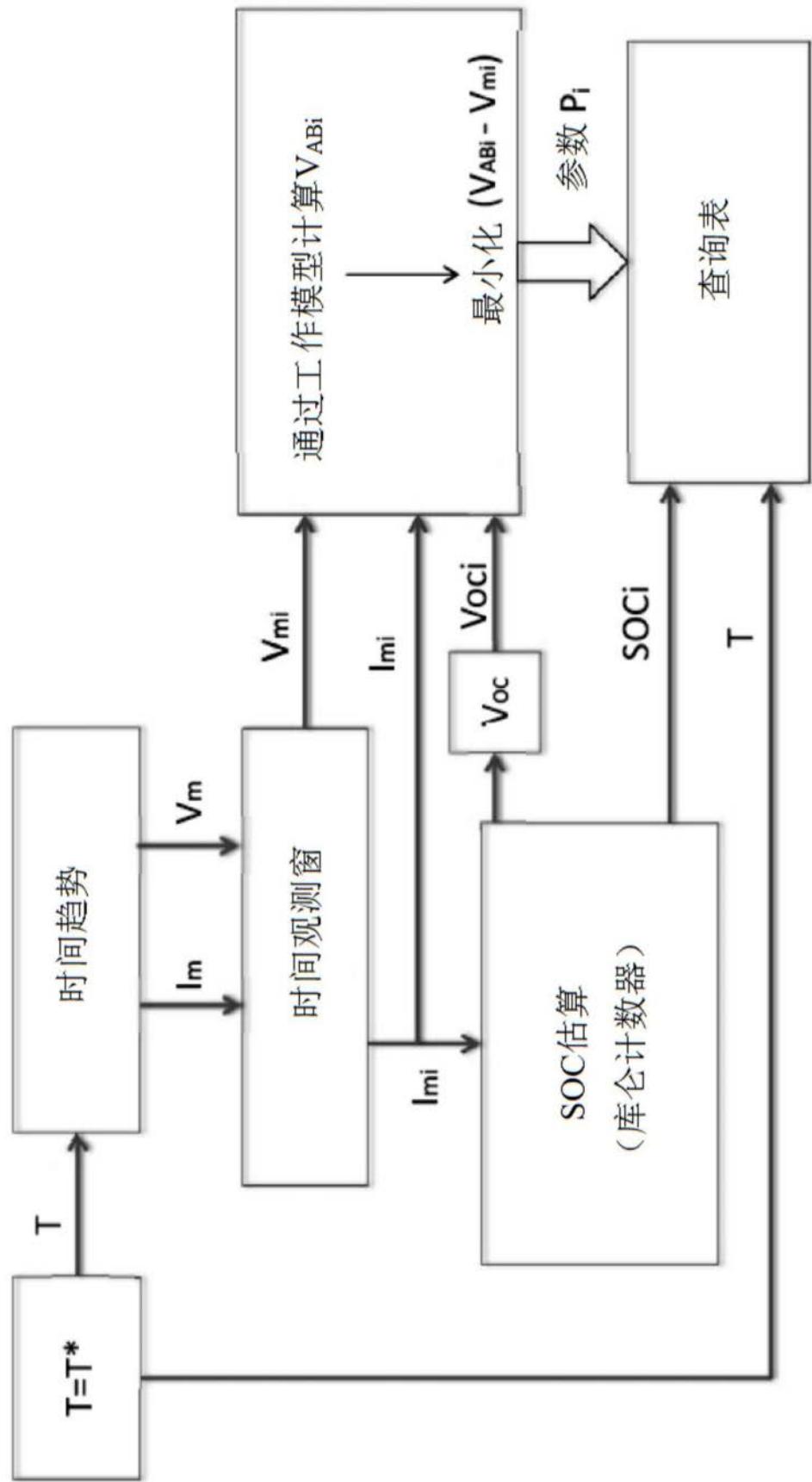


图3

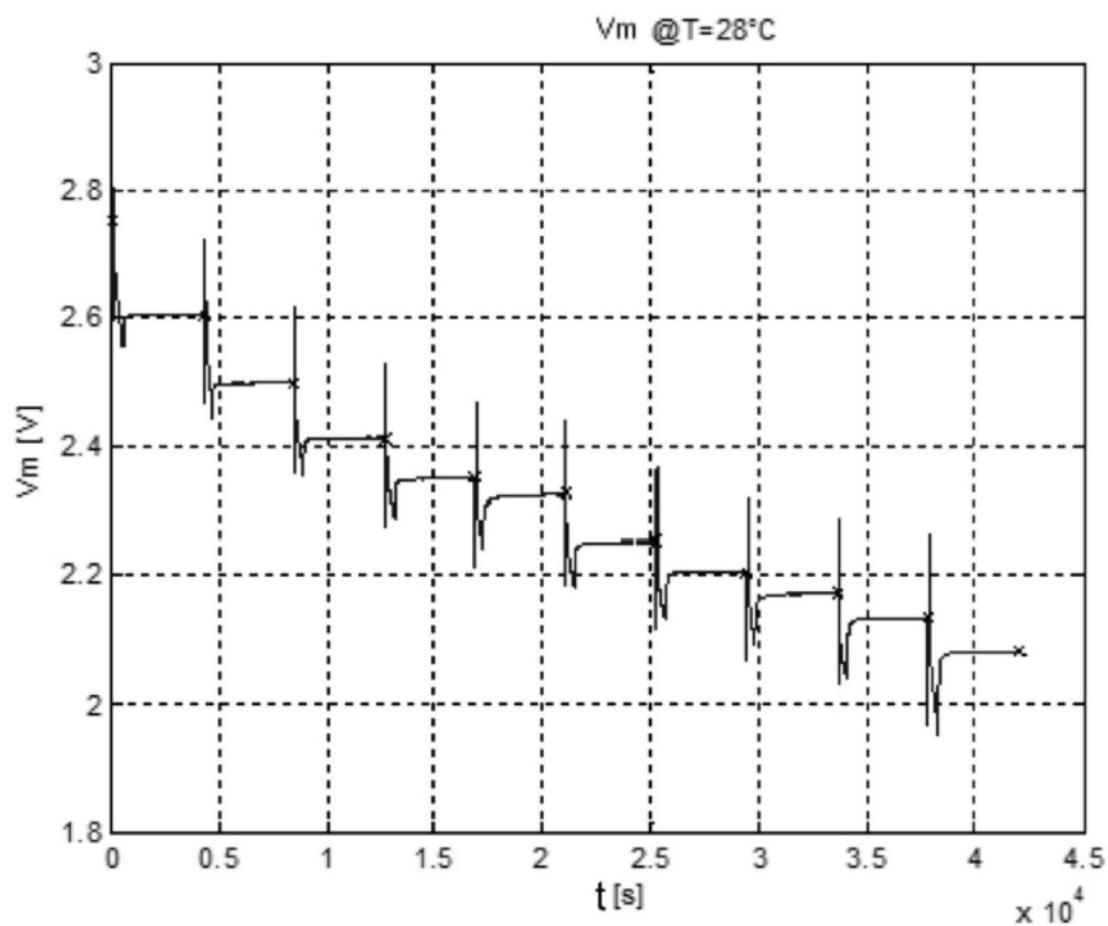


图4A

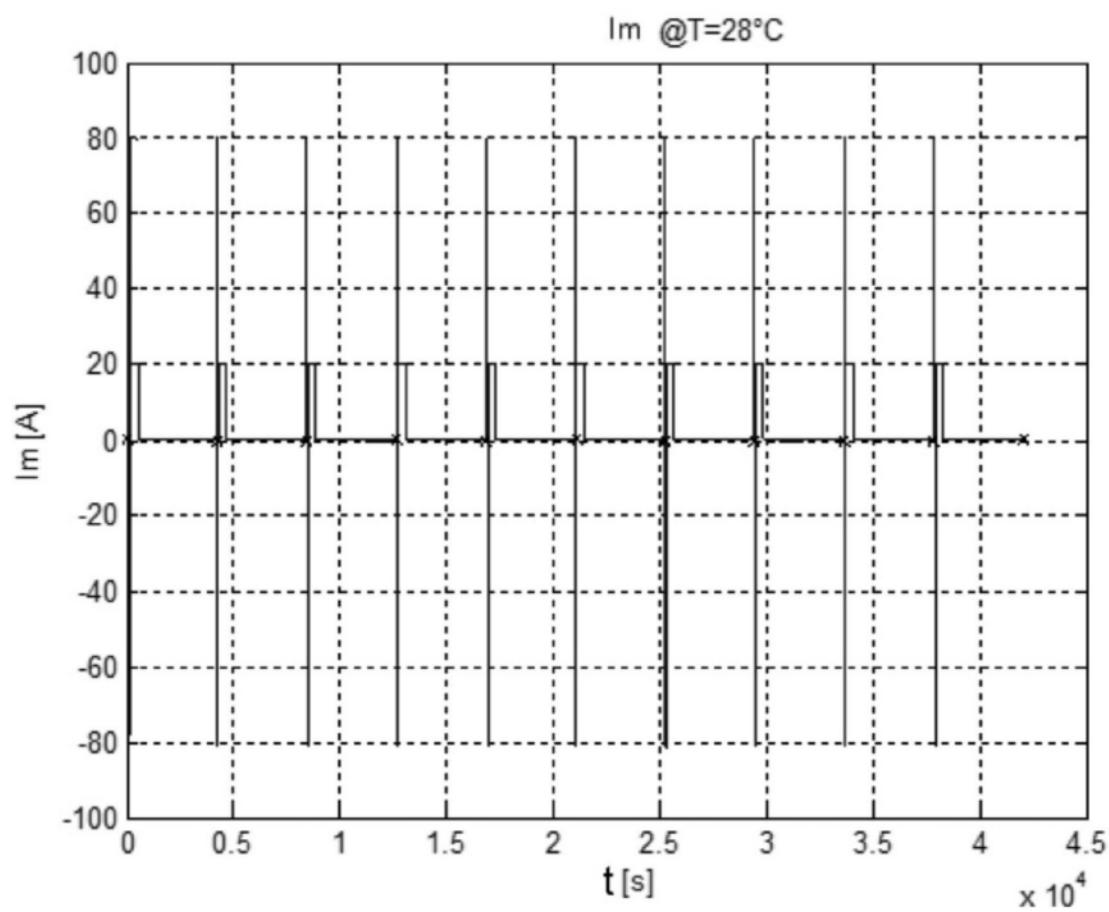


图4B

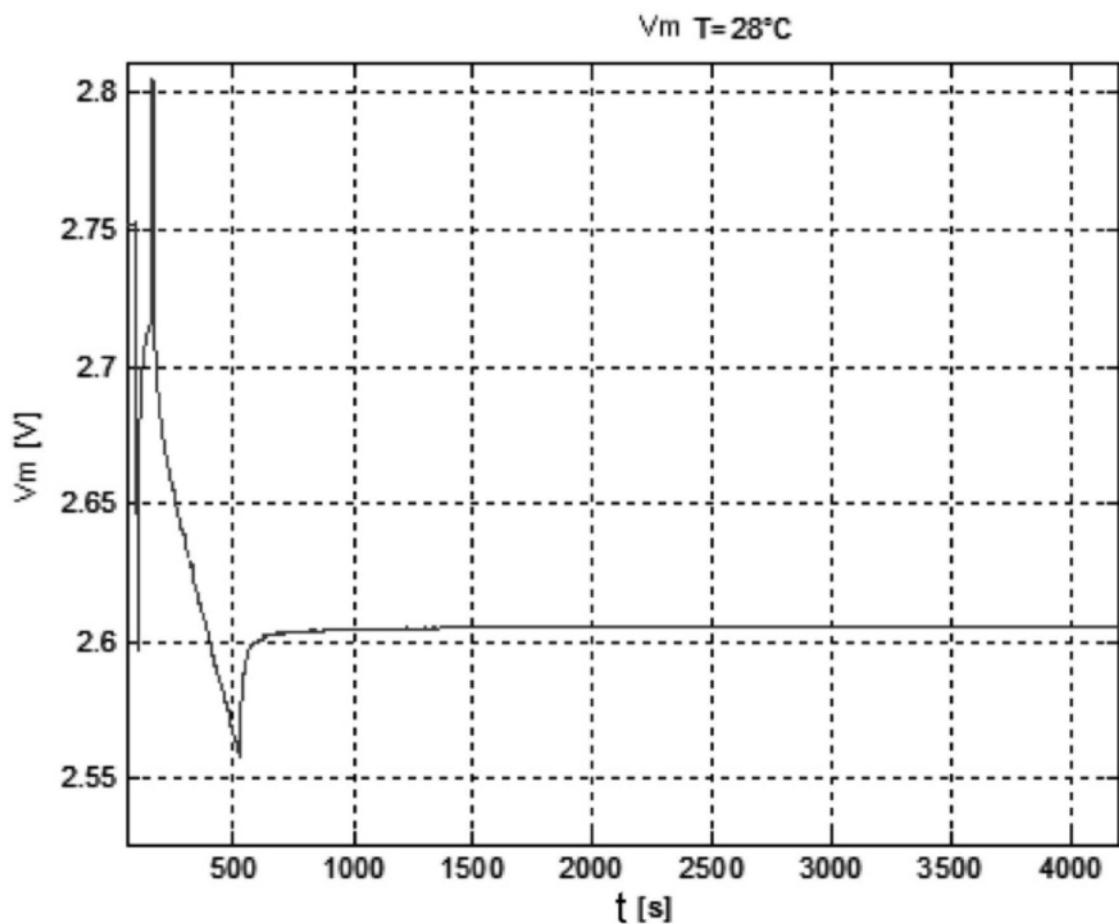


图5A

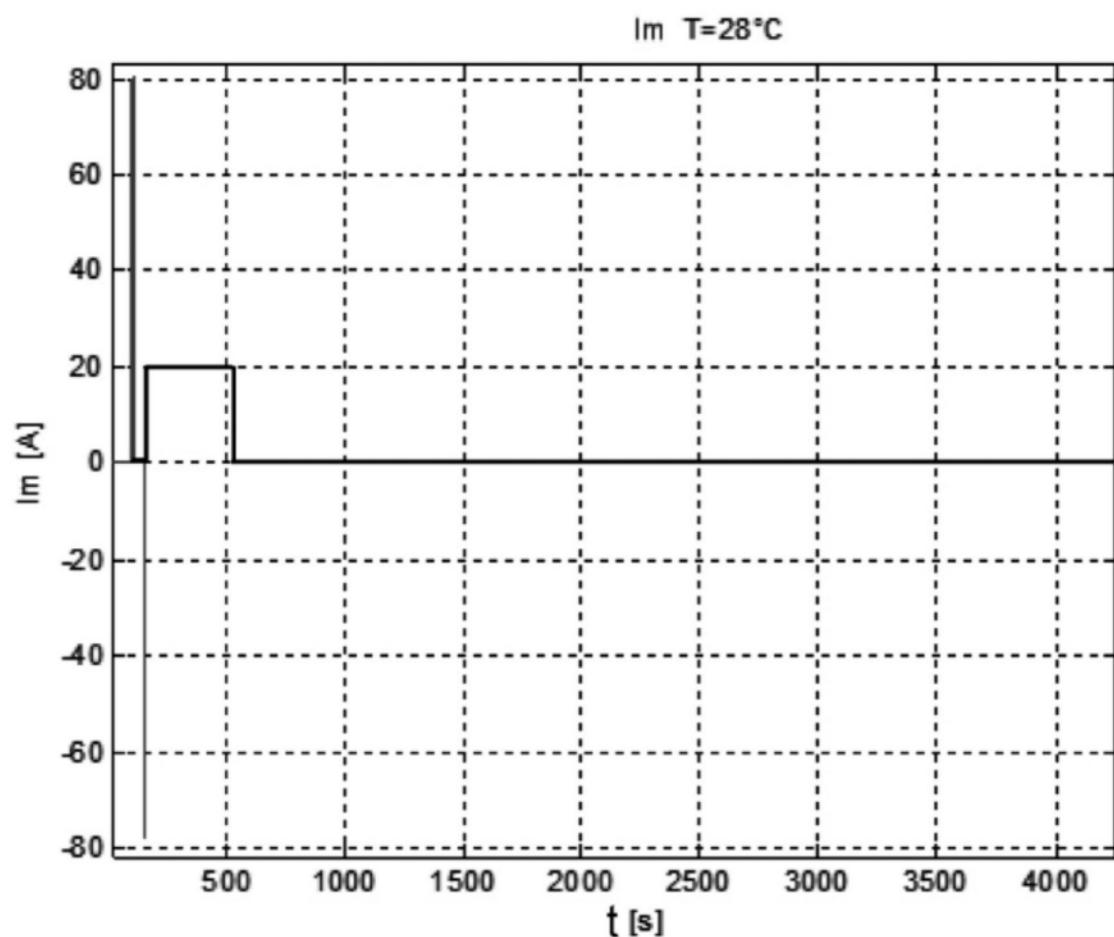


图5B

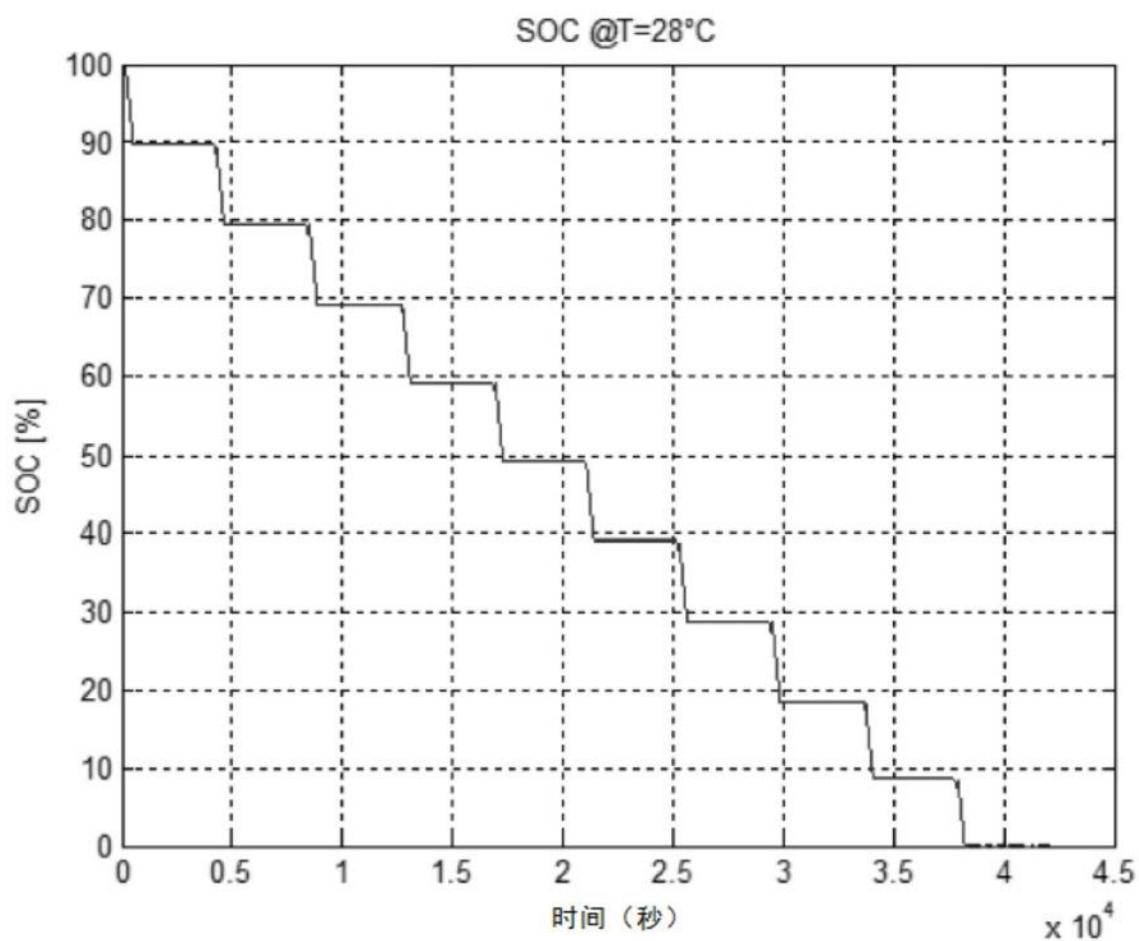


图6

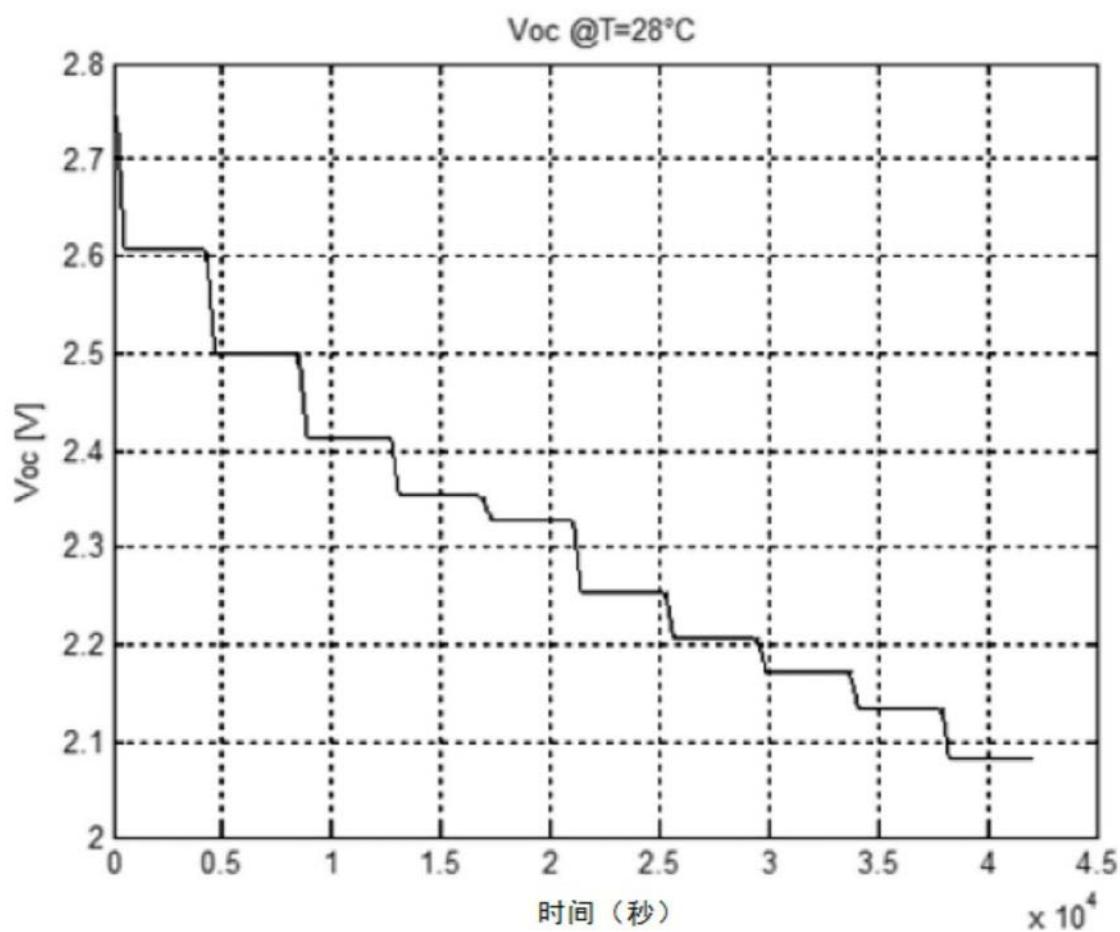


图7

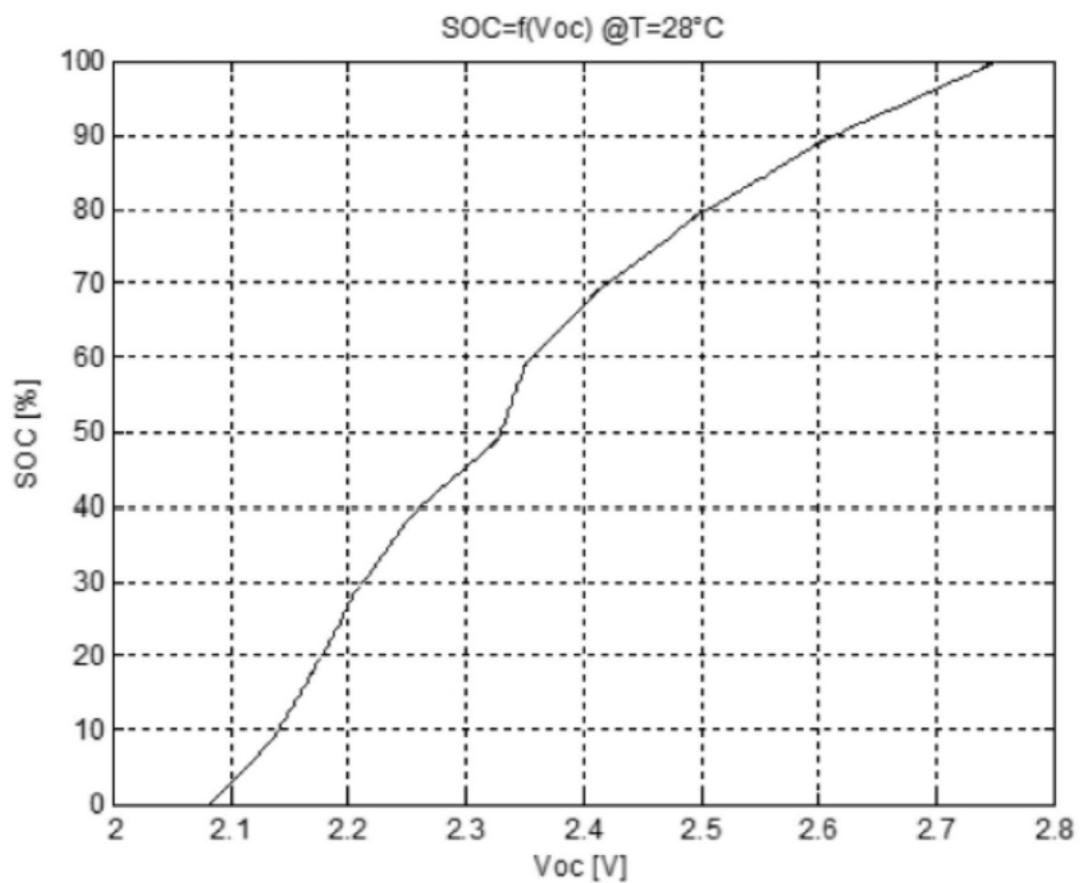


图8

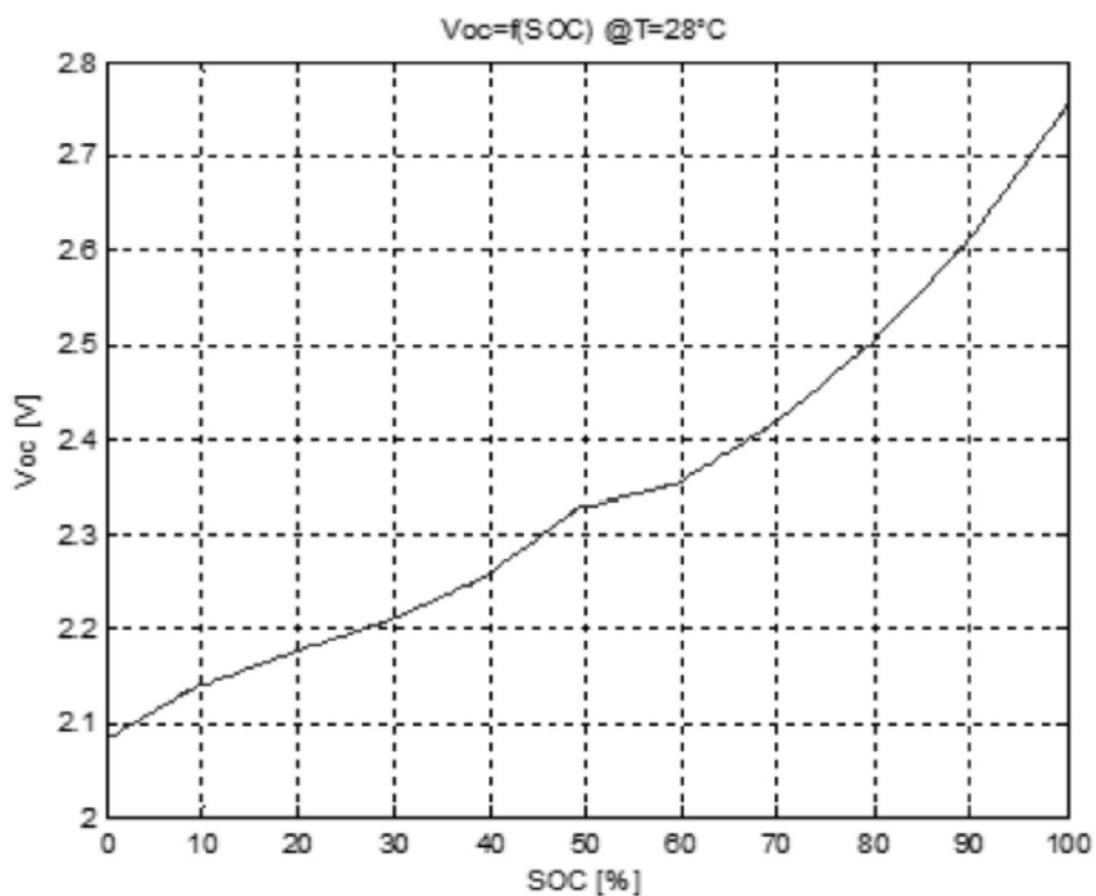


图9

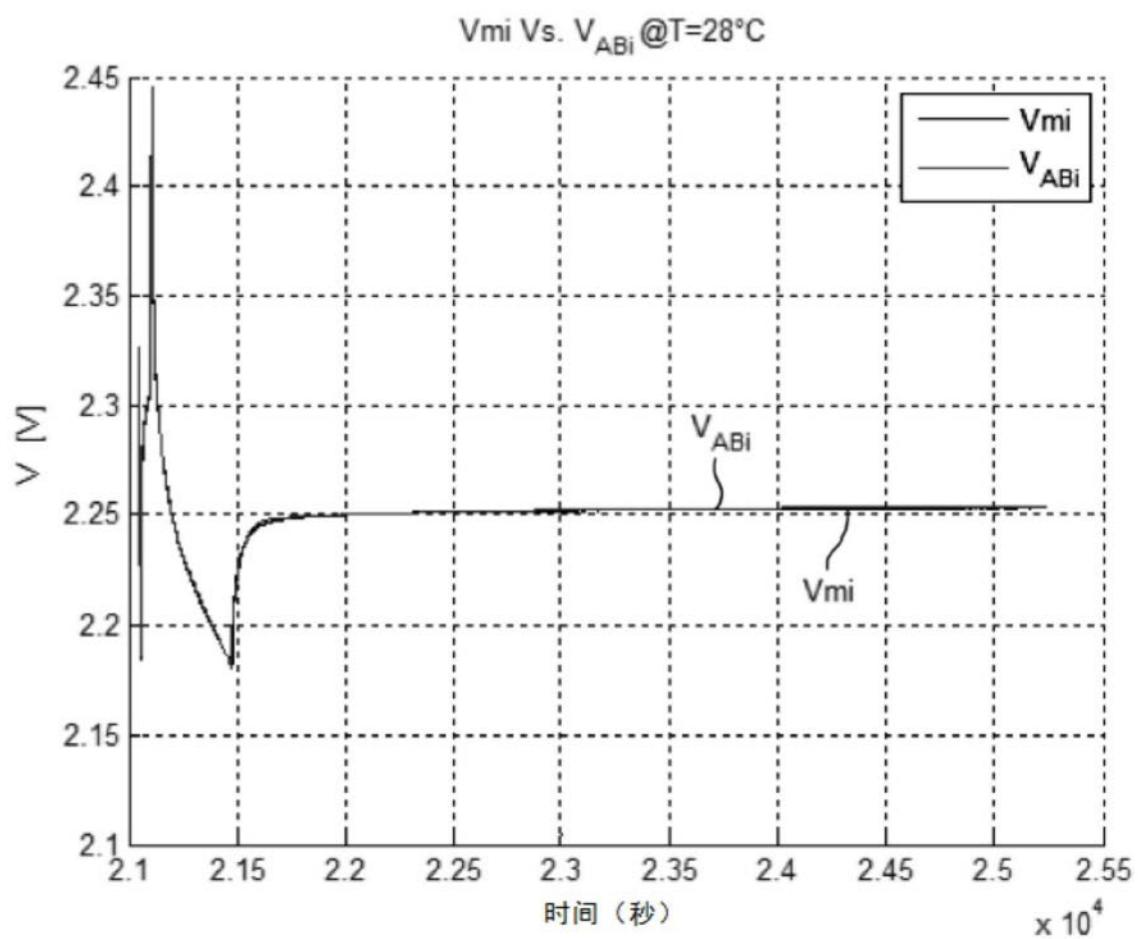


图10

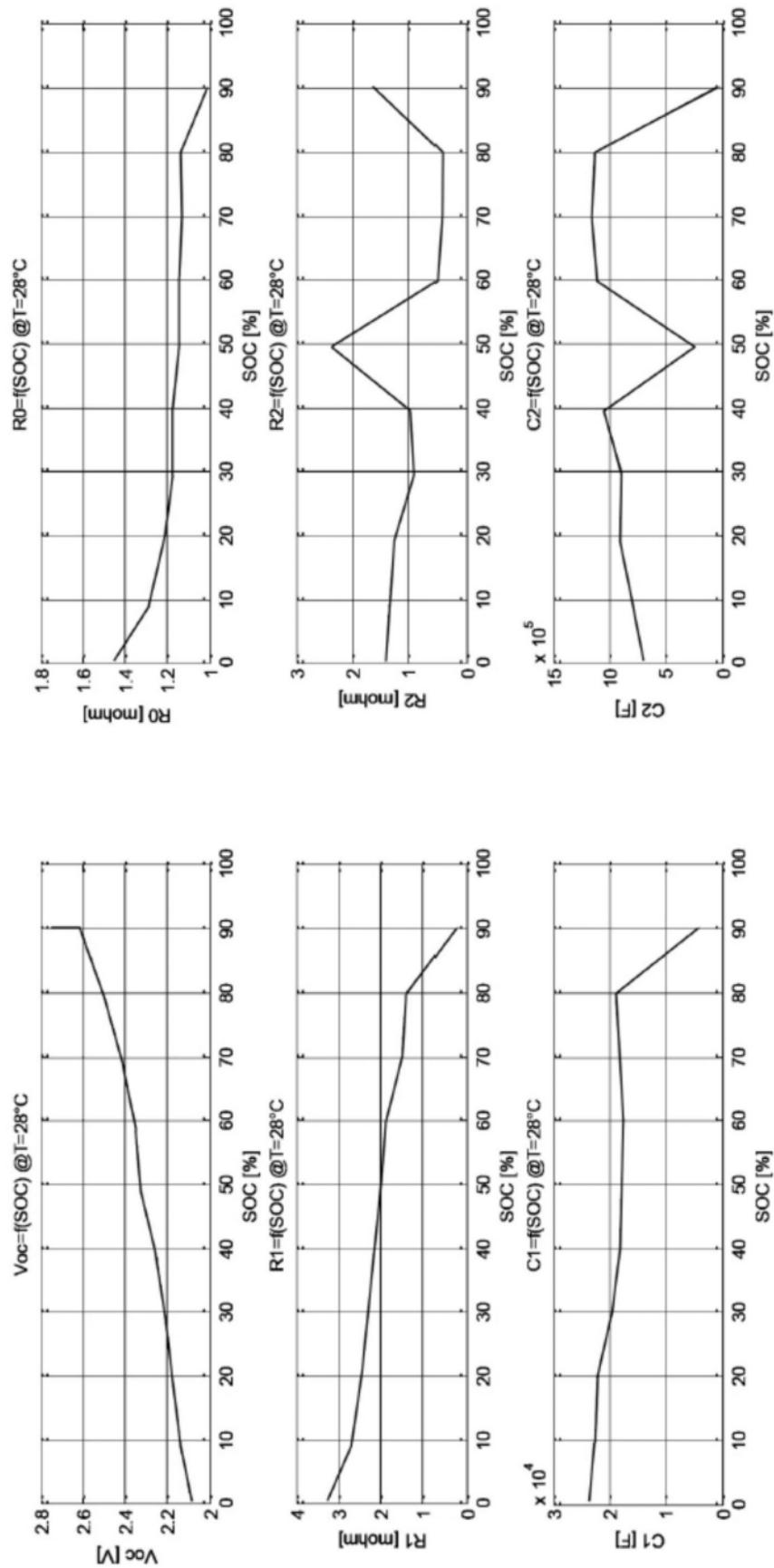


图 11

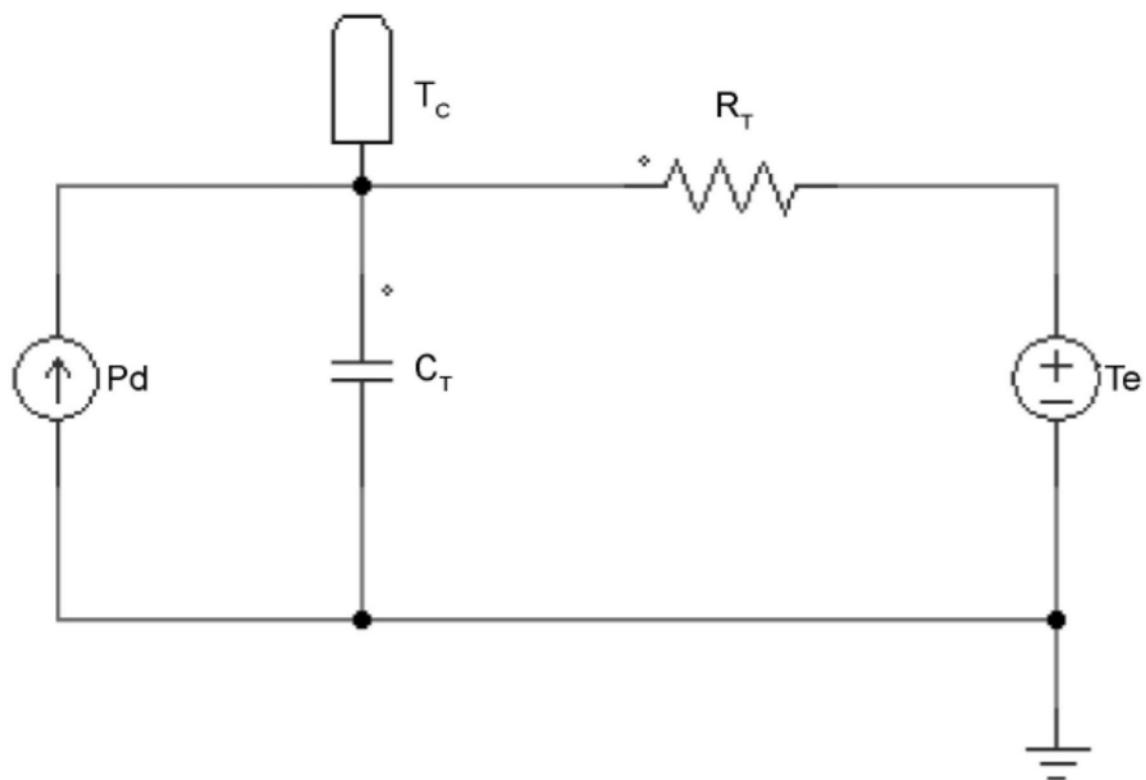


图12

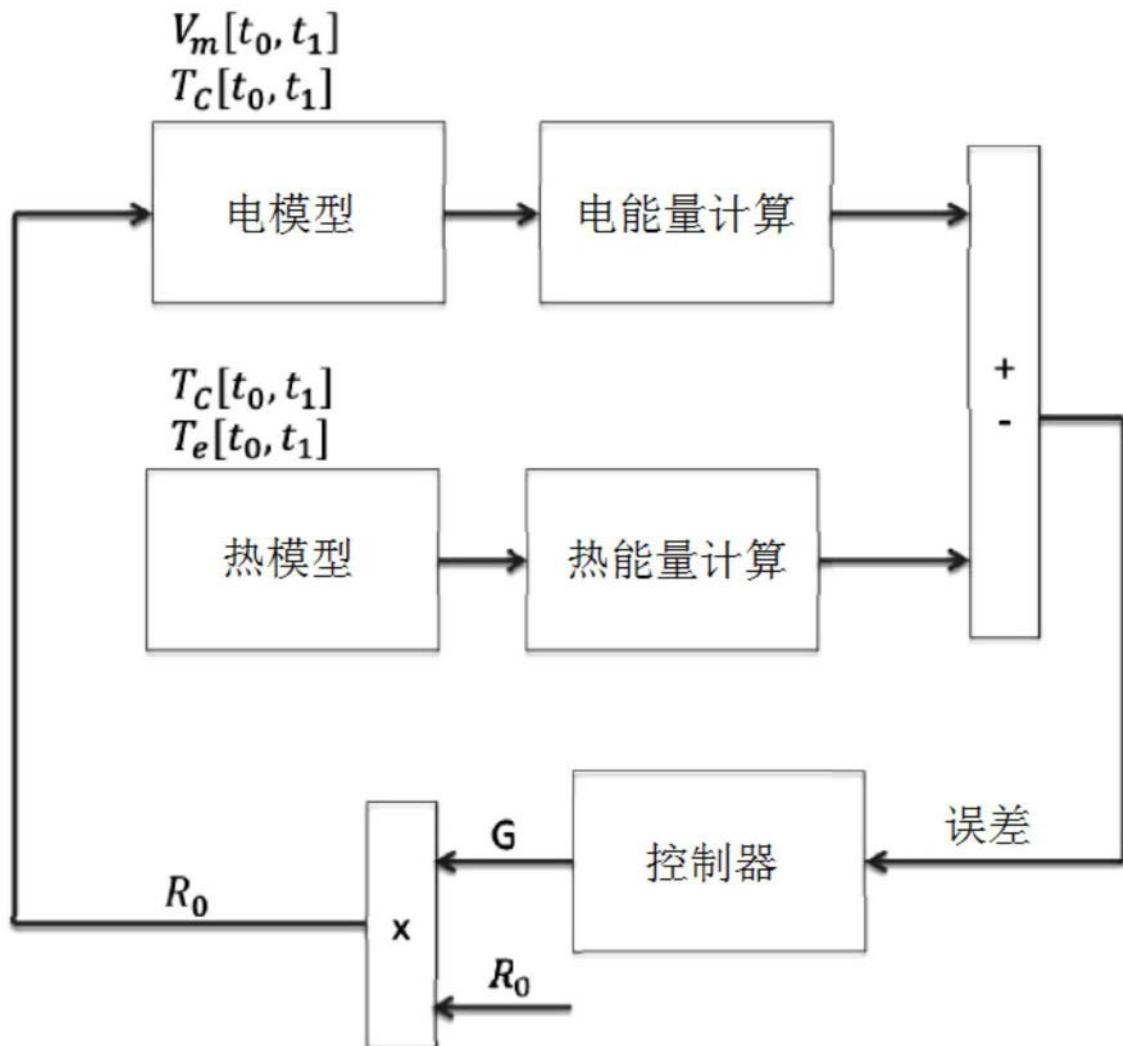


图13

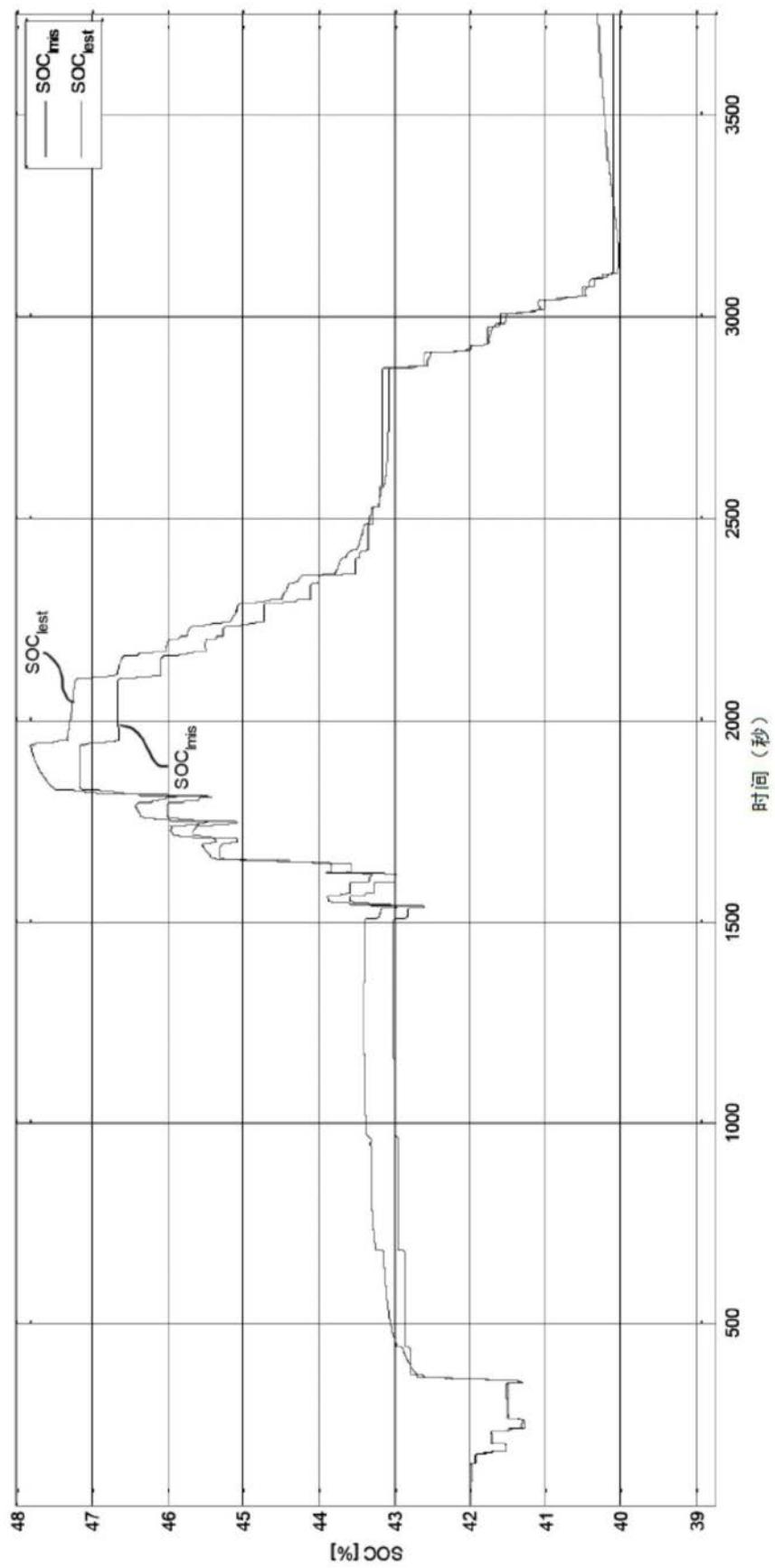


图14

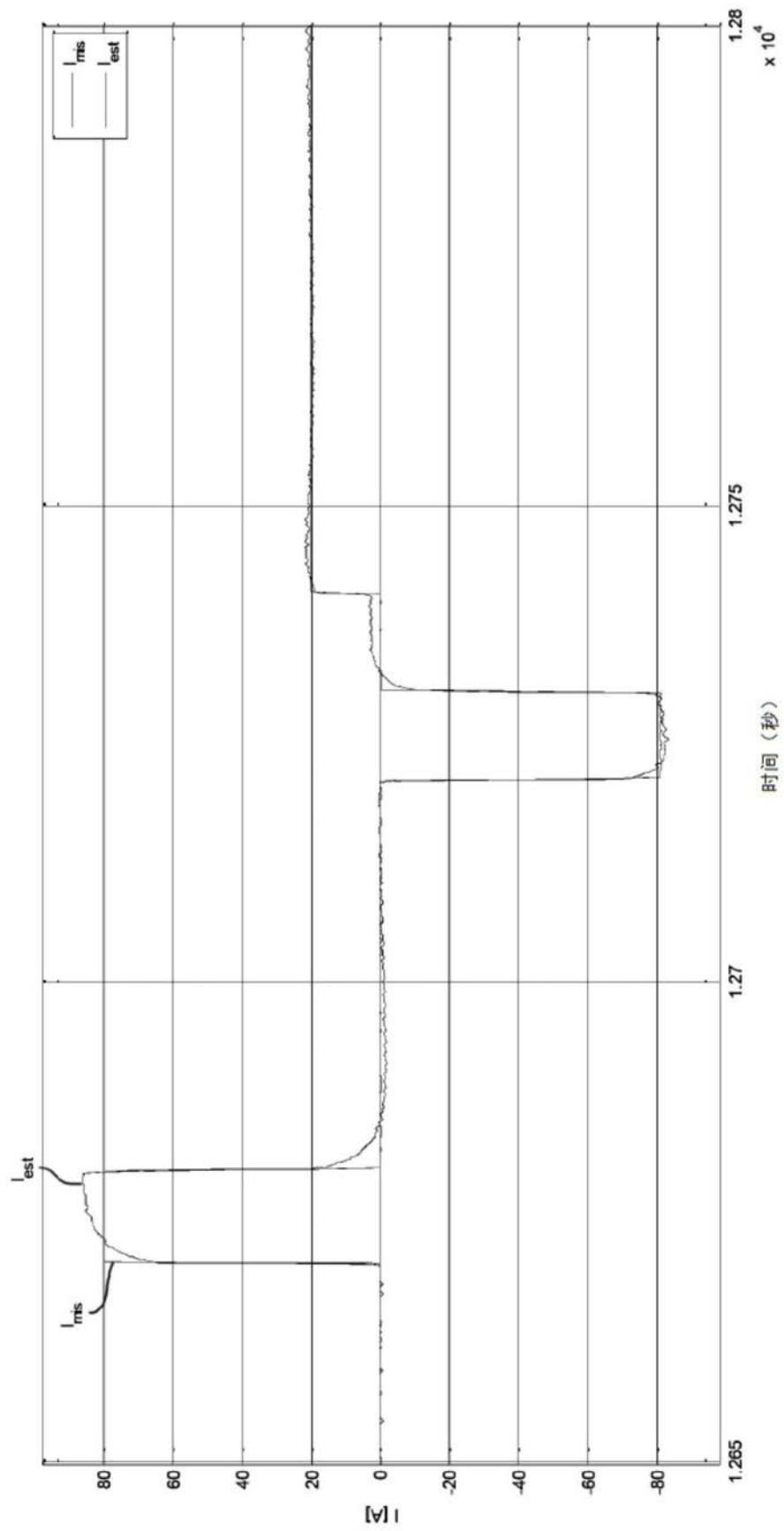


图15