



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 105005002 A

(43) 申请公布日 2015. 10. 28

(21) 申请号 201510378332. 8

(22) 申请日 2015. 07. 01

(71) 申请人 清华大学

地址 100084 北京市海淀区 100084-82 信箱

(72) 发明人 刘光明 欧阳明高 卢兰光

李建秋 徐梁飞

(74) 专利代理机构 北京清亦华知识产权代理事

务所(普通合伙) 11201

代理人 张大威

(51) Int. Cl.

G01R 31/36(2006. 01)

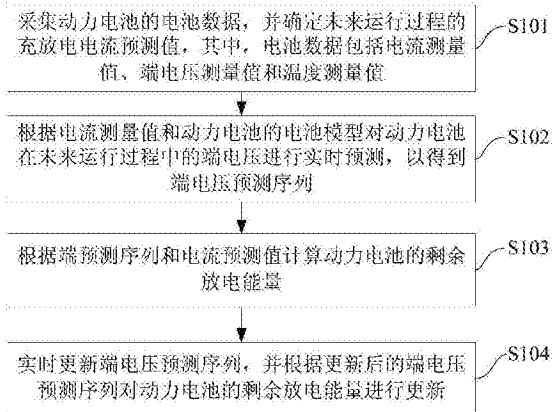
权利要求书2页 说明书7页 附图3页

(54) 发明名称

基于未来电压计算的电池剩余放电能量的预测方法及系统

(57) 摘要

本发明提出一种基于未来电压计算的电池剩余放电能量的预测方法及系统,该方法包括以下步骤:采集动力电池的电池数据,并确定未来运行过程的充放电电流预测值,其中,电池数据包括电流测量值、端电压测量值和温度测量值;根据电流测量值和动力电池的电池模型对动力电池在未来运行过程中的端电压进行实时预测,以得到端电压预测序列;根据端电压预测序列和电流预测值计算动力电池的剩余放电能量;实时更新端电压预测序列,并根据更新后的端电压预测序列对动力电池的剩余放电能量进行更新。本发明的方法能够实时预测动力电池的剩余放电能量,且精确度较高。



1. 一种基于未来电压计算的电池剩余放电能量的预测方法,其特征在于,包括以下步骤:

采集动力电池的电池数据,并确定未来运行过程的充放电电流预测值,其中,所述电池数据包括电流测量值、端电压测量值和温度测量值;

根据所述电流测量值和所述动力电池的电池模型对所述动力电池在未来运行过程中的端电压进行实时预测,以得到端电压预测序列;

根据所述端电压预测序列和所述电流预测值计算所述动力电池的剩余放电能量;

实时更新端电压预测序列,并根据更新后的端电压预测序列对所述动力电池的剩余放电能量进行更新。

2. 根据权利要求1所述的基于未来电压计算的电池剩余放电能量的预测方法,其特征在于,在根据所述电流测量值和所述动力电池的电池模型对所述动力电池在未来运行过程中的端电压进行实时预测的过程中,其中,

预测的时间范围是从当前时刻 t 到放电截止时刻 t_{end} ,得到的端电压预测序列 $U_{fut, sequ}(t)$ 是端电压在当前时刻 t 到放电截止时刻 t_{end} 这一时间段上的电压序列。

3. 根据权利要求2所述的基于未来电压计算的电池剩余放电能量的预测方法,其特征在于,所述根据所述电流测量值和所述动力电池的电池模型对所述动力电池在未来运行过程中的端电压进行实时预测,以得到端电压预测序列,进一步包括:

在动力电池的运行过程中的不同时刻进行端电压预测,得到多组端电压预测序列,其中,

预测时间点为 $t_1, t_2, t_3, \dots, t_i, \dots, t_n$, 对应多组端电压预测序列分别为 $U_{fut, sequ}(t_1), U_{fut, sequ}(t_2), U_{fut, sequ}(t_3), \dots, U_{fut, sequ}(t_i), \dots, U_{fut, sequ}(t_n)$, 其中,不同时刻的电压预测时间段不同, t_i 时刻对应的预测时间范围是从 t_i 时刻到放电截止时刻 t_{end} 。

4. 根据权利要求1所述的基于未来电压计算的电池剩余放电能量的预测方法,其特征在于,通过如下公式计算所述动力电池的剩余放电能量:

$$E_{fut}(t_i) = \int U_{fut}(t_{fut}, t_i) * I_{fut}(t_{fut}, t_i) * dt_{fut},$$

其中, $U_{fut, sequ}(t_i)$ 和 $I_{fut, sequ}(t_i)$ 分别为时间点 t_i 对应的端电压预测序列和电流预测值, $E_{fut}(t_i)$ 为时间点 t_i 对应的电池的剩余放电能量,积分时间段 t_{fut} 的起止时刻为当前时刻 t_i 和放电截止时刻 t_{end} 。

5. 根据权利要求4所述的基于未来电压计算的电池剩余放电能量的预测方法,其特征在于,进一步包括:

根据当前时刻 t_i 得到未来时间点 t_{fut} 电池的剩余放电能量值 $E_{fut}(t_{fut}, t_i)$, 具体计算公式为:

$$E_{fut}(t_{fut}, t_i) = \int U_{fut}(t_{fut, 1}, t_i) * I_{fut}(t_{fut, 1}, t_i) * dt_{fut, 1},$$

其中, $U_{fut, sequ}(t_i)$ 和 $I_{fut, sequ}(t_i)$ 为当前时刻 t_i 对应的端电压预测序列和电流预测值,时间积分 $t_{fut, 1}$ 的起止时刻为未来时刻 t_{fut} 和放电截止时刻 t_{end} , 当前时刻 t_i 对应的端电压预测序列为 $U_{fut, sequ}(t_i)$, 对应时间段为 t_i 到放电截止时间 t_{end} 。

6. 根据权利要求1所述的基于未来电压计算的电池剩余放电能量的预测方法,其特征在于,所述实时更新端电压预测序列,并根据更新后的端电压预测序列对所述动力电池的剩余放电能量进行更新,进一步包括:

在实时运行过程中,根据最新获得的一组端电压预测序列确定当前时刻动力电池的剩余放电能量的初步预测值,具体的计算公式为:

$$E_{\text{fut, ori}}(t_{\text{pres}}, t_i) = \int U_{\text{fut}}(t_{\text{fut, pres}}, t_i) * I_{\text{fut}}(t_{\text{fut, pres}}, t_i) * dt_{\text{fut, pres}},$$

其中, t_{pres} 为当前时刻,且 t_{pres} 在预测时间点 t_i 之后,而未达到下一个预测时间点 t_{i+1} , $E_{\text{fut, sequ}}(t_i)$ 为 t_i 时刻的端电压预测序列,积分时间段 $t_{\text{fut, pres}}$ 的起止时刻为当前时刻 t_{pres} 到放电截止时刻 t_{end} ;

当动力电池运行到 t_{i+1} 时刻点时,预测结果进行更新,根据 t_{i+1} 时刻对应的的端电压预测序列 $E_{\text{fut, sequ}}(t_{i+1})$ 计算动力电池的剩余放电能量。

7. 根据权利要求 6 所述的基于未来电压计算的电池剩余放电能量的预测方法,其特征还在于,还包括:

根据当前的电池数据采集结果对所述动力电池的剩余放电能量的初步预测值进行修正,以得到动力电池的剩余放电能量的实时预测值,具体计算公式如下:

$$E_{\text{fut}}(t_{\text{pres}}, t_i) = E_{\text{fut, ori}}(t_{\text{pres}}, t_i) + \Delta E_{\text{fut}}(t_{\text{pres}}, t_i, U_{\text{bat, meas}}, I_{\text{bat, meas}}),$$

其中, t_{pres} 为当前时刻,且 t_{pres} 在预测时间点 t_i 之后,而未达到下一个预测时间点 t_{i+1} , $E_{\text{fut, ori}}(t_{\text{pres}}, t_i)$ 为动力电池的剩余放电能量的预测初步值,其对应 t_i 时刻的端电压预测序列, $U_{\text{bat, meas}}$ 和 $I_{\text{bat, meas}}$ 为当前时刻 t_{pres} 对应的电流测量值和电压测量值, $\Delta E_{\text{fut}}(t_{\text{pres}}, t_i, U_{\text{bat, meas}}, I_{\text{bat, meas}})$ 为修正项。

8. 一种基于未来电压计算的电池剩余放电能量的预测系统,其特征还在于,包括:

采集模块,用于采集动力电池的电池数据,并确定未来运行过程的充放电电流预测值,其中,所述电池数据包括电流测量值、端电压测量值和温度测量值;

端电压计算模块,用于根据所述电流测量值和所述动力电池的电池模型对所述动力电池在未来运行过程中的端电压进行实时预测,以得到端电压预测序列;

电量计算模块,用于根据所述端电压预测序列和所述电流预测值计算所述动力电池的剩余放电能量;

修正模块,用于实时更新端电压预测序列,并根据更新后的端电压预测序列对所述动力电池的剩余放电能量进行更新。

基于未来电压计算的电池剩余放电能量的预测方法及系统

技术领域

[0001] 本发明涉及电池管理技术领域,特别涉及一种基于未来电压计算的电池剩余放电能量的预测方法及系统。

背景技术

[0002] 与传统燃油汽车相比,电动汽车在减小环境污染和降低行驶油耗上有很大优势,发展前景较好。但当前电动汽车的续驶里程普遍较短,在日常使用中较不方便。为精确用户的驾驶信息,需提供较精确的车辆续驶里程估计值。动力电池作为电动汽车的能量储存单元,其剩余放电能量直接影响车辆的续驶里程,需要进行重点研究。

[0003] 在电动汽车实际使用过程中,动力电池的剩余放电能量受到使用工况和使用环境的影响,在不同使用情况下的变化较大。某时刻的电池剩余放电能量是指在某一使用工况下从当前时刻到放电截止时刻的过程中,电池累计放出的能量。影响电池剩余放电能量的因素很多,如电池端电压、荷电状态 SOC、充放电电流工况、电池温度等等,这些因素影响电池可放出的能量的大小,进而造成不同工况下电动汽车续驶里程的差异。

[0004] 目前已有一些方法对动力电池剩余电量或剩余放电能量进行估计,但其中部分方法针对的是电池剩余电量、荷电状态 SOC 的估计问题,电池剩余电量针对的是放电中的剩余电荷量,不能体现动态放电过程中端电压对剩余能量的影响。另外一些方法虽然对电池剩余可用能量进行了专门估计,但其中涉及较多标定过程,且对动态过程中端电压的变化过程描述的较简单,可能会影响电池剩余可用能量的估计精度。电池剩余放电能量对应的是电池未来运行过程中的累计,需要对电池未来运行过程进行详细分析,才能得到准确的剩余能量预测结果。

发明内容

[0005] 本发明旨在至少在一定程度上解决上述相关技术中的技术问题之一。

[0006] 为此,本发明的一个目的在于提出一种基于未来电压计算的电池剩余放电能量的预测方法,该方法能够实时预测动力电池的剩余放电能量,且精确度较高。

[0007] 本发明的另一个目的在于提供一种基于未来电压计算的电池剩余放电能量的预测系统。

[0008] 为了实现上述目的,本发明第一方面的实施例提出了一种基于未来电压计算的电池剩余放电能量的预测方法,包括以下步骤:采集动力电池的电池数据,并确定未来运行过程的充放电电流预测值,其中,所述电池数据包括电流测量值、端电压测量值和温度测量值;根据所述电流测量值和所述动力电池的电池模型对所述动力电池在未来运行过程中的端电压进行实时预测,以得到端电压预测序列;根据所述端电压预测序列和所述电流预测值计算所述动力电池的剩余放电能量;实时更新端电压预测序列,并根据更新后的端电压预测序列对所述动力电池的剩余放电能量进行更新。

[0009] 另外,根据本发明上述实施例的基于未来电压计算的电池剩余放电能量的预测方

法还可以具有如下附加的技术特征：

[0010] 在一些示例中，在根据所述电流测量值和所述动力电池的电池模型对所述动力电池在未来运行过程中的端电压进行实时预测的过程中，其中，预测的时间范围是从当前时刻 t 到放电截止时刻 t_{end} ，得到的端电压预测序列 $U_{fut, sequ}(t)$ 是端电压在当前时刻 t 到放电截止时刻 t_{end} 这一时间段上的电压序列。

[0011] 在一些示例中，所述根据所述电流测量值和所述动力电池的电池模型对所述动力电池在未来运行过程中的端电压进行实时预测，以得到端电压预测序列，进一步包括：在动力电池的运行过程中的不同时刻进行端电压预测，得到多组端电压预测序列，其中，预测时间点为 $t_1, t_2, t_3, \dots, t_i, \dots, t_n$ ，对应多组端电压预测序列分别为 $U_{fut, sequ}(t_1), U_{fut, sequ}(t_2), U_{fut, sequ}(t_3), \dots, U_{fut, sequ}(t_i), \dots, U_{fut, sequ}(t_n)$ ，其中，不同时刻的电压预测时间段不同， t_i 时刻对应的预测时间范围是从 t_i 时刻到放电截止时刻 t_{end} 。

[0012] 在一些示例中，通过如下公式计算所述动力电池的剩余放电能量：

$$E_{fut}(t_i) = \int U_{fut}(t_{fut}, t_i) * I_{fut}(t_{fut}, t_i) * dt_{fut},$$

[0014] 其中， $U_{fut, sequ}(t_i)$ 和 $I_{fut, sequ}(t_i)$ 分别为时间点 t_i 对应的端电压预测序列和电流预测值， $E_{fut}(t_i)$ 为时间点 t_i 对应的电池的剩余放电能量，积分时间段 t_{fut} 的起止时刻为当前时刻 t_i 和放电截止时刻 t_{end} 。

[0015] 在一些示例中，进一步包括：根据当前时刻 t_i 得到未来时间点 t_{fut} 电池的剩余放电能量值 $E_{fut}(t_{fut}, t_i)$ ，具体计算公式为：

$$E_{fut}(t_{fut}, t_i) = \int U_{fut}(t_{fut, 1}, t_i) * I_{fut}(t_{fut, 1}, t_i) * dt_{fut, 1},$$

[0017] 其中， $U_{fut, sequ}(t_i)$ 和 $I_{fut, sequ}(t_i)$ 为当前时刻 t_i 对应的端电压预测序列和电流预测值，时间积分 t_{fut} 的起止时刻为未来时刻 t_{fut} 和放电截止时刻 t_{end} ，当前时刻 t_i 对应的端电压预测序列为 $U_{fut, sequ}(t_i)$ ，对应时间段为 t_i 到放电截止时间 t_{end} 。

[0018] 在一些示例中，所述实时更新端电压预测序列，并根据更新后的端电压预测序列对所述动力电池的剩余放电能量进行更新，进一步包括：在实时运行过程中，根据最新获得的一组端电压预测序列确定当前时刻动力电池的剩余放电能量的初步预测值，具体的计算公式为：

$$E_{fut, ori}(t_{pres}, t_i) = \int U_{fut}(t_{fut, pres}, t_i) * I_{fut}(t_{fut, pres}, t_i) * dt_{fut, pres},$$

[0020] 其中， t_{pres} 为当前时刻，且 t_{pres} 在预测时间点 t_i 之后，而未达到下一个预测时间点 t_{i+1} ， $E_{fut, sequ}(t_i)$ 为 t_i 时刻的端电压预测序列，积分时间段 $t_{fut, pres}$ 的起止时刻为当前时刻 t_{pres} 到放电截止时刻 t_{end} ；

[0021] 当动力电池运行到 t_{i+1} 时刻点时，预测结果进行更新，根据 t_{i+1} 时刻对应的的端电压预测序列 $E_{fut, sequ}(t_{i+1})$ 计算动力电池的剩余放电能量。

[0022] 在一些示例中，还包括：根据当前的电池数据采集结果对所述动力电池的剩余放电能量的初步预测值进行修正，以得到动力电池的剩余放电能量的实时预测值，具体计算公式如下：

$$E_{fut}(t_{pres}, t_i) = E_{fut, ori}(t_{pres}, t_i) + \Delta E_{fut}(t_{pres}, t_i, U_{bat, meas}, I_{bat, meas}),$$

[0024] 其中， t_{pres} 为当前时刻，且 t_{pres} 在预测时间点 t_i 之后，而未达到下一个预测时间点 t_{i+1} ， $E_{fut, ori}(t_{pres}, t_i)$ 为动力电池的剩余放电能量的预测初步值，其对应 t_i 时刻的端电压预测序列， $U_{bat, meas}$ 和 $I_{bat, meas}$ 为当前时刻 t_{pres} 对应的电流测量值和电压测量值， $\Delta E_{fut}(t_{pres}, t_i$

, $U_{\text{bat, meas}}$, $I_{\text{bat, meas}}$) 为修正项。

[0025] 本发明第二方面的实施例还提供了一种基于未来电压计算的电池剩余放电能量的预测系统,包括:采集模块,用于采集动力电池的电池数据,并确定未来运行过程的充放电电流预测值,其中,所述电池数据包括电流测量值、端电压测量值和温度测量值;端电压计算模块,用于根据所述电流测量值和所述动力电池的电池模型对所述动力电池在未来运行过程中的端电压进行实时预测,以得到端电压预测序列;电量计算模块,用于根据所述端电压预测序列和所述电流预测值计算所述动力电池的剩余放电能量;修正模块,用于实时更新端电压预测序列,并根据更新后的端电压预测序列对所述动力电池的剩余放电能量进行更新。

[0026] 根据本发明的实施例,根据数据采集和未来电流输入情况,对电池未来运行过程中的端电压变化进行预测,并在充放电过程中根据采集到的最新数据对电压预测值进行实时更新。基于电压预测结果进行能量积分计算,得到电池剩余放电能量的预测值。在实时运行过程中,根据最新获得的端电压预测序列对能量预测结果进行更新,提高放电能量预测的精度。本发明的实施例以电池未来运行过程中的端电压预测为基础,体现了使用工况和电池状态对剩余能量的影响,因此可以在不同的电动汽车使用情况下提供较精确的动力电池的剩余放电能量预测值。

[0027] 本发明的附加方面和优点将在下面的描述中部分给出,部分将从下面的描述中变得明显,或通过本发明的实践了解到。

附图说明

[0028] 本发明的上述和/或附加的方面和优点从结合下面附图对实施例的描述中将变得明显和容易理解,其中:

[0029] 图1是根据本发明一个实施例的基于未来电压计算的电池剩余放电能量的预测方法的流程图;

[0030] 图2是根据本发明另一个实施例的基于未来电压计算的电池剩余放电能量的预测方法的流程示意图;

[0031] 图3是根据本发明一个实施例的不同时刻的动力电池的端电压预测序列示意图;

[0032] 图4是根据本发明一个实施例的不同时刻的动力电池的剩余放电能量预测序列示意图;

[0033] 图5是根据本发明一个实施例的实时运行中动力电池的剩余放电能量的预测结果更新过程的示意图;以及

[0034] 图6是根据本发明一个实施例的基于未来电压计算的电池剩余放电能量的预测系统的结构框图。

具体实施方式

[0035] 下面详细描述本发明的实施例,所述实施例的示例在附图中示出,其中自始至终相同或类似的标号表示相同或类似的元件或具有相同或类似功能的元件。下面通过参考附图描述的实施例是示例性的,仅用于解释本发明,而不能理解为对本发明的限制。

[0036] 以下结合附图描述根据本发明实施例的基于未来电压计算的电池剩余放电能量

的预测方法及系统。

[0037] 图 1 是根据本发明一个实施例的基于未来电压计算的电池剩余放电能量的预测方法的流程图。图 2 是根据本发明另一个是实施例的基于未来电压计算的电池剩余放电能量的预测方法的流程示意图。结合图 1 和图 2 所示,该方法包括以下步骤:

[0038] 步骤 S101:采集动力电池的电池数据,并确定未来运行过程的充放电电流预测值,其中,电池数据包括当前电流测量值 $I_{bat, meas}$ 、端电压测量值 $U_{bat, meas}$ 和温度测量值 $T_{bat, meas}$ 。

[0039] 步骤 S102:根据电流测量值和动力电池的电池模型对动力电池在未来运行过程中的端电压进行实时预测,以得到端电压预测序列。

[0040] 作为具体的示例,例如,当前时刻记为 t ,电池放电截止的时刻记为 t_{end} ,则电池未来运行的时间段、即端电压的预测时间范围是从当前时刻 t 到放电截止时刻 t_{end} ,得到对应一组端电压预测序列 $U_{fut, sequ}(t)$,也即端电压预测序列 $U_{fut, sequ}(t)$ 是端电压在当前时刻 t 到放电截止时刻 t_{end} 这一时间段上的电压序列。预测时间段上未来某时刻记为 t_{fut} , t_{fut} 时刻的端电压预测值记为 $U_{fut}(t_{fut}, t)$,其中括号内第一个时间 t_{fut} 代表预测结果中的未来时刻,第二个时间 t 代表进行电压计算的当前时刻。

[0041] 进一步地,在动力电池运行过程中,在不同时刻根据最新的电池数据采集结果进行电池端电压预测,得到一系列(多组)端电压预测序列。例如图 3 所示,电池运行过程中的一组时刻记为 $t_1, t_2, t_3, \dots, t_i, \dots, t_n$,在每个电压预测时间点根据当前最新的电池数据采集结果,进行未来端电压的预测,得到对应的多组端电压预测序列分别为 $U_{fut, sequ}(t_1)$ 、 $U_{fut, sequ}(t_2)$ 、 $U_{fut, sequ}(t_3)$ 、 \dots 、 $U_{fut, sequ}(t_i)$ 、 \dots 、 $U_{fut, sequ}(t_n)$,其中,不同时刻的电压预测时间段不同,第一个预测点 t_1 对应的预测起止时刻为 t_1 到放电截止时刻 t_{end} ,而之后的 t_i 时刻对应的预测时间范围是从 t_i 时刻到放电截止时刻 t_{end} , t_n 是电池放电截止时刻 t_{end} 之前的最后一个电压预测时间点,随放电进行,所需的电压预测时间长度逐渐变短,且时间偏后的电压预测序列基于更多的电池数据,因此其可信度比较早的电压预测序列高。以时刻 t_i 为例,此时当前时刻为 t_i ,放电截止时刻为 t_{end} ,得到的电压预测序列记为 $U_{fut, sequ}(t_i)$,对应的时间段为 t_i 到 t_{end} 。此时间段上某未来时间点 t_{fut} 对应的电压预测值为 $U_{fut}(t_{fut}, t_i)$,其中括号内第二个时间 t_i 代表进行电压计算的当前时刻。随电池充放电进行,可以获得更多的真实电流、电压数据,使得偏后的电压预测时间点对应的端电压预测值 $U_{fut, sequ}(t_i)$ 的可信度比第一个电压预测时间点 t_1 的电压预测序列 $U_{fut, sequ}(t_1)$ 要高。因此在电池运行过程中,采用更新的电压预测结果有利于提高端电压精度。

[0042] 步骤 S103:根据端电压预测序列和电流预测值计算动力电池的剩余放电能量。

[0043] 具体地说,根据上述步骤 S102 中得到的端电压预测结果,预测动力电池当前的剩余放电能量,即动力电池未来运行时间段中累积能放出的能量。例如图 4 所示,以电压预测时间点 t_i 的电池剩余能量预测为例,此时动力电池未来运行时间段是从当前时刻 t_i 到放电截止时刻 t_{end} ,电压预测序列为 $U_{fut, sequ}(t_i)$,未来电流预测值为 $I_{fut, sequ}(t_i)$,也即 $U_{fut, sequ}(t_i)$ 和 $I_{fut, sequ}(t_i)$ 为当前时刻 t_i 对应的端电压预测序列和电流预测值,此时电池的剩余放电能量 $E_{fut}(t_i)$ 为未来时间段上电压、电流的乘积的累计值,满足如下公式:

$$[0044] \quad E_{fut}(t_i) = \int U_{fut}(t_{fut}, t_i) * I_{fut}(t_{fut}, t_i) * dt_{fut},$$

[0045] 其中,上式中积分的起止时刻为当前时刻 t_i 和放电截止时刻 t_{end} 。得到的剩余放

电能量预测值用于之后的车辆续驶里程计算。

[0046] 进一步地,在当前时刻 t_i ,同样可计算 t_i 之后的未来时间点 t_{fut} 的电池的剩余放电能量 $E_{fut}(t_{fut}, t_i)$,具体的计算公式为:

$$[0047] \quad E_{fut}(t_{fut}, t_i) = \int U_{fut}(t_{fut,1}, t_i) * I_{fut}(t_{fut,1}, t_i) * dt_{fut,1},$$

[0048] 其中,上式中时间积分 $t_{fut,1}$ 的起止时刻为未来时刻 t_{fut} 和放电截止时刻 t_{end} ,并且,随放电进行,能量预测时间长度逐渐变短。

[0049] 步骤 S104:实时更新端电压预测序列,并根据更新后的端电压预测序列对动力电池的剩余放电能量进行更新。在本发明的一个实施例中,首先,在实时运行过程中,根据最新获得的一组端电压预测序列确定当前时刻动力电池的剩余放电能量的初步预测值,具体的计算公式为:

$$[0050] \quad E_{fut,ori}(t_{pres}, t_i) = \int U_{fut}(t_{fut,pres}, t_i) * I_{fut}(t_{fut,pres}, t_i) * dt_{fut,pres},$$

[0051] 其中, t_{pres} 为当前时刻,且 t_{pres} 在预测时间点 t_i 之后,而未达到下一个预测时间点 t_{i+1} , $E_{fut,sequ}(t_i)$ 为 t_i 时刻的端电压预测序列,积分时间段 $t_{fut,pres}$ 的起止时刻为当前时刻 t_{pres} 到放电截止时刻 t_{end} 。

[0052] 当动力电池运行到 t_{i+1} 时刻点时,预测结果进行更新,根据 t_{i+1} 时刻对应的的端电压预测序列 $E_{fut,sequ}(t_{i+1})$ 计算动力电池的剩余放电能量。

[0053] 进一步地,根据当前的电池数据采集结果对所述动力电池的剩余放电能量的初步预测值进行修正,以得到动力电池的剩余放电能量的实时预测值,具体计算公式如下:

$$[0054] \quad E_{fut}(t_{pres}, t_i) = E_{fut,ori}(t_{pres}, t_i) + \Delta E_{fut}(t_{pres}, t_i, U_{bat,meas}, I_{bat,meas}),$$

[0055] 其中, t_{pres} 为当前时刻,且 t_{pres} 在预测时间点 t_i 之后,而未达到下一个预测时间点 t_{i+1} , $E_{fut,ori}(t_{pres}, t_i)$ 为动力电池的剩余放电能量的预测初步值,其对应 t_i 时刻的端电压预测序列, $U_{bat,meas}$ 和 $I_{bat,meas}$ 为当前时刻 t_{pres} 对应的电流测量值和电压测量值, $\Delta E_{fut}(t_{pres}, t_i, U_{bat,meas}, I_{bat,meas})$ 为修正项。

[0056] 作为具体的示例,如图5所示,简言之,在车辆实时运行过程中,基于不同时刻的端电压预测序列对电池剩余放电能量预测结果进行更新,提高剩余能量的预测精度。例如,在不同的端电压预测时间点 $t_1, t_2, t_3, \dots, t_i, \dots, t_n$ 得到一系列端电压预测序列 $U_{fut,sequ}(t_1), U_{fut,sequ}(t_2), U_{fut,sequ}(t_3), \dots, U_{fut,sequ}(t_i), \dots, U_{fut,sequ}(t_n)$ 。时间偏后的端电压预测结果结合了更多的电压、电流采集信息,可信度更高。因此在电池管理系统实时计算过程中,需根据最近获得的端电压预测结果对剩余放电能量进行更新。以当前时刻 t_{pres} 为例,假设当前时刻 t_{pres} 在端电压预测时间点 t_i 之后,而未达到下一个电压预测时间点 t_{i+1} 时,此时的动力电池的剩余能量预测值 $E_{fut}(t_{pres}, t_i)$ 以 t_i 时刻的能量预测序列 $E_{fut,sequ}(t_i)$ 为参考。当电池运行到 t_{i+1} 时刻点时,预测结果进行更新,采用 t_{i+1} 时刻的预测序列 $E_{fut,sequ}(t_{i+1})$ 计算剩余放电能量。因此,实时过程中的能量变化情况如图5中的分段折线所示,对应图4中的各个能量预测序列。图5中的实线直接采用各个 $E_{fut,sequ}$ 能量预测序列的数值,对应初步能量预测值 $E_{fut,ori}(t_{pres}, t_i)$,满足如下公式:

$$[0057] \quad E_{fut,ori}(t_{pres}, t_i) = \int U_{fut}(t_{fut,pres}, t_i) * I_{fut}(t_{fut,pres}, t_i) * dt_{fut,pres}。$$

[0058] 而最终的能量预测值 $E_{fut}(t_{pres}, t_i)$ 还根据当前时刻的电流、电压采集值对结果进行修正,满足如下公式:

$$[0059] \quad E_{fut}(t_{pres}, t_i) = E_{fut,ori}(t_{pres}, t_i) + \Delta E_{fut}(t_{pres}, t_i, U_{bat,meas}, I_{bat,meas}),$$

[0060] 也即,最终的剩余能量预测值 $E_{\text{fut}}(t_{\text{pres}}, t_i)$ 来自 t_i 时刻的端电压预测序列 $U_{\text{fut, sequ}}(t_i)$,满足如下函数关系:

$$[0061] \quad E_{\text{fut}}(t_{\text{pres}}, t_i) = \int U_{\text{fut}}(t_{\text{fut, pres}}, t_i) * I_{\text{fut}}(t_{\text{fut, pres}}, t_i) * dt_{\text{fut, pres}} + \Delta E_{\text{fut}}(t_{\text{pres}}, t_i, U_{\text{bat, meas}}, I_{\text{bat, meas}}),$$

[0062] 其中,电压预测值和电流预测值采用 t_i 时刻的数据,能量积分的时间段 $t_{\text{fut, pres}}$ 的起止时刻是当前时刻 t_{pres} 到放电截止时刻 t_{end} , $\Delta E_{\text{fut}}(t_{\text{pres}}, t_i, U_{\text{bat, meas}}, I_{\text{bat, meas}})$ 是根据当前时刻的电流、电压预测结果,对 t_i 时刻的能量预测结果的修正项。当电池运行到 t_{i+1} 时刻点时,剩余能量预测结果进行更新,采用 t_{i+1} 时刻的电压预测序列计算剩余放电能量。修正后的实时能量预测结果如图 5 中虚线表示。因此,该方法详细考虑了电池未来的运行过程,并根据实时采集信息对剩余能量预测值进行更新,保证能量预测结果的精度。

[0063] 结合图 2 所示,本发明实施例的基于未来电压计算的电池剩余放电能量的预测方法的主要流程主要概述为三个步骤。步骤 1 是根据采集的当前的电池数据、未来电流预测值和电池模型,进行电池未来充放电过程的端电压响应的预测,得到未来时间段的端电压预测序列。步骤 2 是动力电池的剩余放电能量预测。根据端电压预测序列,结合电流预测值进行未来运行过程的剩余能量累积计算。步骤 3 是动力电池的剩余放电能量更新过程。实时计算过程中随电池充放电进行,通过最新获得的端电压预测值以及当前的电池数据采集情况,对剩余放电能量预测结果进行更新,以提高预测结果的准确度。

[0064] 综上,根据本发明的实施例的基于未来电压计算的电池剩余放电能量的预测方法,根据数据采集和未来电流输入情况,对电池未来运行过程中的端电压变化进行预测,并在充放电过程中根据采集到的最新数据对电压预测值进行实时更新。基于电压预测结果进行能量积分计算,得到电池剩余放电能量的预测值。在实时运行过程中,根据最新获得的端电压预测序列对能量预测结果进行更新,提高放电能量预测的精度。本发明的实施例以电池未来运行过程中的端电压预测为基础,体现了使用工况和电池状态对剩余能量的影响,因此可以在不同的电动汽车使用情况下提供较精确的动力电池的剩余放电能量预测值。

[0065] 本发明的进一步实施例还提供了一种基于未来电压计算的电池剩余放电能量的预测系统。

[0066] 图 6 是个根据本发明一个实施例的基于未来电压计算的电池剩余放电能量的预测系统的结构框图。如图 6 所示,该预测系统 100 包括:采集模块 110、端电压计算模块 120、电量计算模块 130 和修正模块 140。

[0067] 具体地,采集模块 110 用于采集动力电池的电池数据,并确定未来运行过程的充放电电流预测值,其中,电池数据包括电流测量值、端电压测量值和温度测量值。

[0068] 端电压计算模块 120 用于根据电流测量值和动力电池的电池模型对动力电池在未来运行过程中的端电压进行实时预测,以得到端电压预测序列。

[0069] 电量计算模块 130 用于根据端电压预测序列和电流预测值计算动力电池的剩余放电能量。

[0070] 修正模块 140 用于实时更新端电压预测序列,并根据更新后的端电压预测序列对动力电池的剩余放电能量进行更新。

[0071] 需要说明的是,本发明实施例的基于未来电压计算的电池剩余放电能量的预测系统的具体实现方式与本发明实施例的基于未来电压计算的电池剩余放电能量的预测方法

的具体实现方式类似,具体请参见方法部分的描述,为了减少冗余,此处不做赘述。

[0072] 综上,根据本发明的实施例的基于未来电压计算的电池剩余放电能量的预测系统,根据数据采集和未来电流输入情况,对电池未来运行过程中的端电压变化进行预测,并在充放电过程中根据采集到的最新数据对电压预测值进行实时更新。基于电压预测结果进行能量积分计算,得到电池剩余放电能量的预测值。在实时运行过程中,根据最新获得的端电压预测序列对能量预测结果进行更新,提高放电能量预测的精度。本发明的实施例以电池未来运行过程中的端电压预测为基础,体现了使用工况和电池状态对剩余能量的影响,因此可以在不同的电动汽车使用情况下提供较精确的动力电池的剩余放电能量预测值。

[0073] 在本发明的描述中,需要理解的是,术语“中心”、“纵向”、“横向”、“长度”、“宽度”、“厚度”、“上”、“下”、“前”、“后”、“左”、“右”、“竖直”、“水平”、“顶”、“底”“内”、“外”、“顺时针”、“逆时针”、“轴向”、“径向”、“周向”等指示的方位或位置关系为基于附图所示的方位或位置关系,仅是为了便于描述本发明和简化描述,而不是指示或暗示所指的装置或元件必须具有特定的方位、以特定的方位构造和操作,因此不能理解为对本发明的限制。

[0074] 此外,术语“第一”、“第二”仅用于描述目的,而不能理解为指示或暗示相对重要性或者隐含指明所指示的技术特征的数量。由此,限定有“第一”、“第二”的特征可以明示或者隐含地包括至少一个该特征。在本发明的描述中,“多个”的含义是至少两个,例如两个,三个等,除非另有明确具体的限定。

[0075] 在本发明中,除非另有明确的规定和限定,术语“安装”、“相连”、“连接”、“固定”等术语应做广义理解,例如,可以是固定连接,也可以是可拆卸连接,或成一体;可以是机械连接,也可以是电连接;可以是直接相连,也可以通过中间媒介间接相连,可以是两个元件内部的连通或两个元件的相互作用关系,除非另有明确的限定。对于本领域的普通技术人员而言,可以根据具体情况理解上述术语在本发明中的具体含义。

[0076] 在本发明中,除非另有明确的规定和限定,第一特征在第二特征“上”或“下”可以是第一和第二特征直接接触,或第一和第二特征通过中间媒介间接接触。而且,第一特征在第二特征“之上”、“上方”和“上面”可是第一特征在第二特征正上方或斜上方,或仅仅表示第一特征水平高度高于第二特征。第一特征在第二特征“之下”、“下方”和“下面”可以是第一特征在第二特征正下方或斜下方,或仅仅表示第一特征水平高度小于第二特征。

[0077] 在本说明书的描述中,参考术语“一个实施例”、“一些实施例”、“示例”、“具体示例”、或“一些示例”等的描述意指结合该实施例或示例描述的具体特征、结构、材料或者特点包含于本发明的至少一个实施例或示例中。在本说明书中,对上述术语的示意性表述不必针对的是相同的实施例或示例。而且,描述的具体特征、结构、材料或者特点可以在任一个或多个实施例或示例中以合适的方式结合。此外,在不相互矛盾的情况下,本领域的技术人员可以将本说明书中描述的不同实施例或示例以及不同实施例或示例的特征进行结合和组合。

[0078] 尽管上面已经示出和描述了本发明的实施例,可以理解的是,上述实施例是示例性的,不能理解为对本发明的限制,本领域的普通技术人员在本发明的范围内可以对上述实施例进行变化、修改、替换和变型。

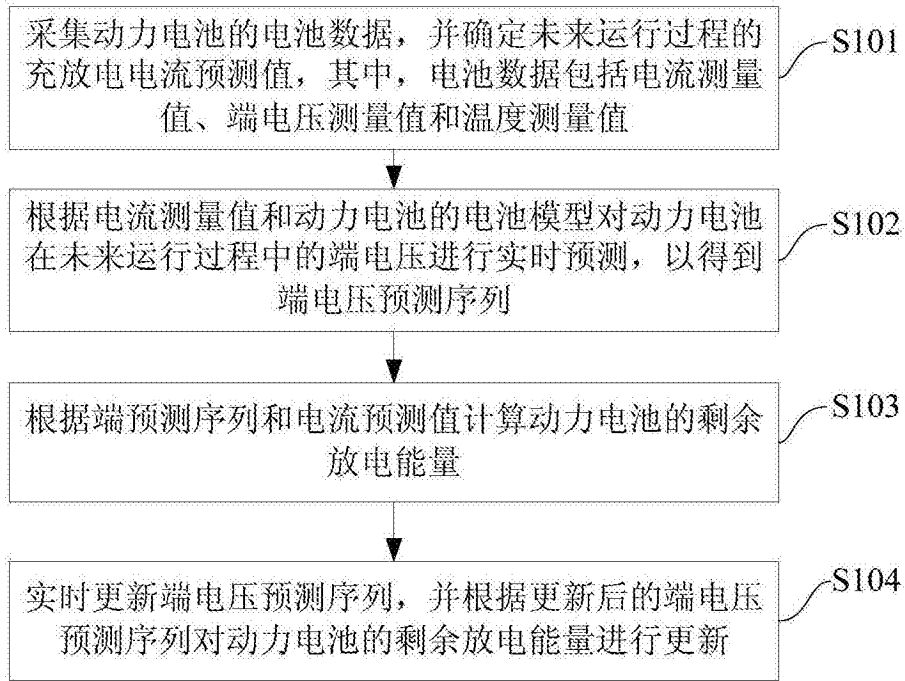


图 1

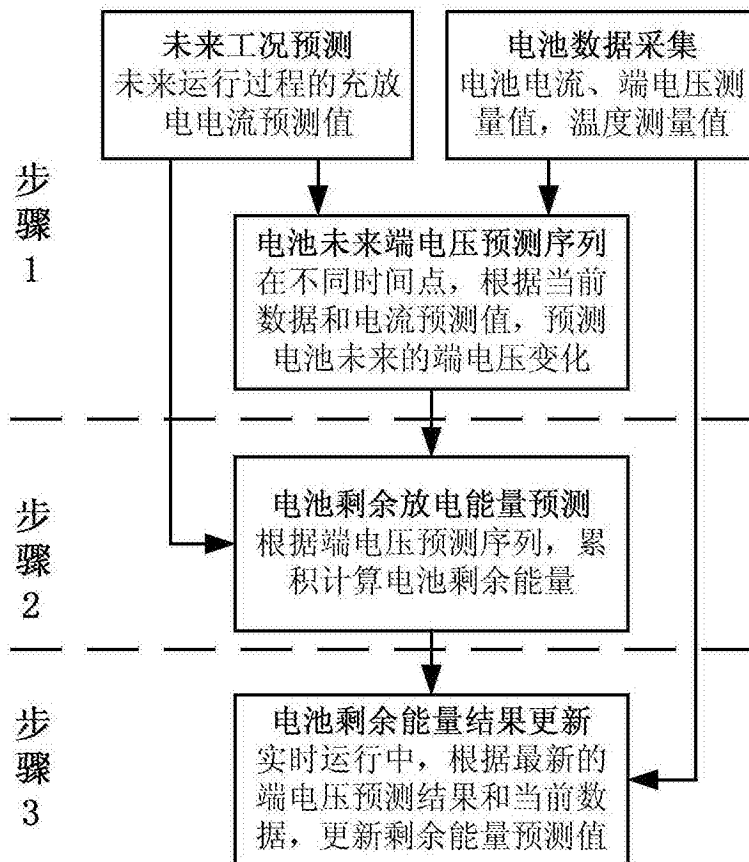


图 2

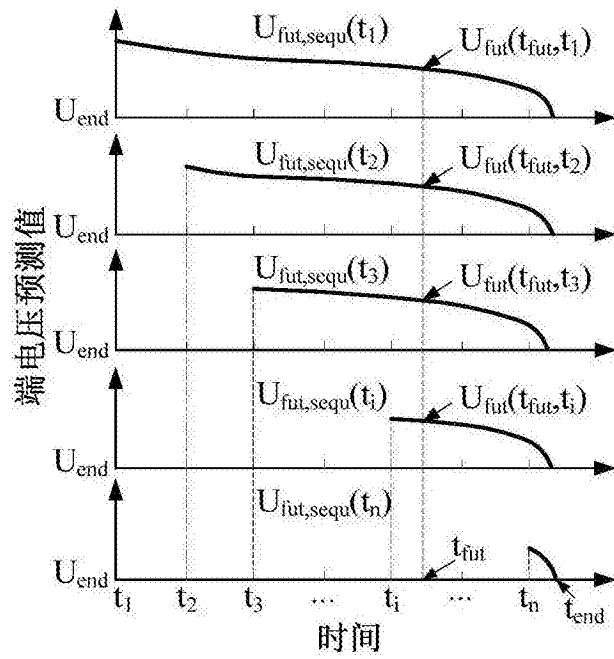


图 3

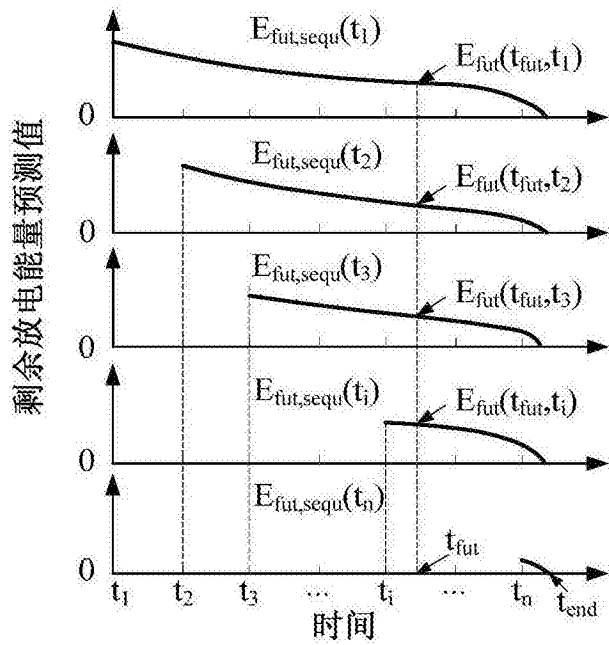


图 4

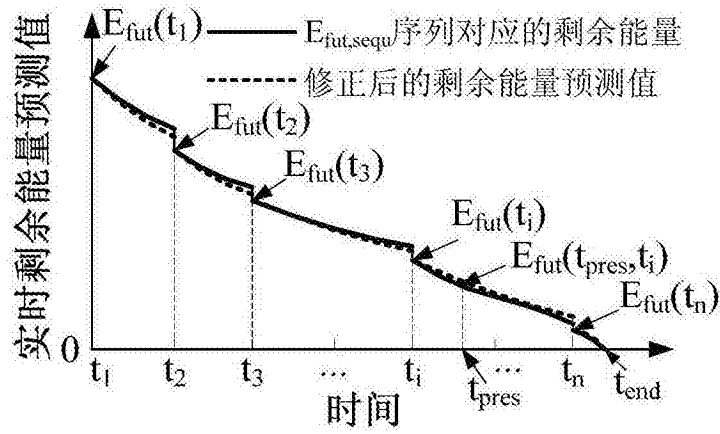


图 5

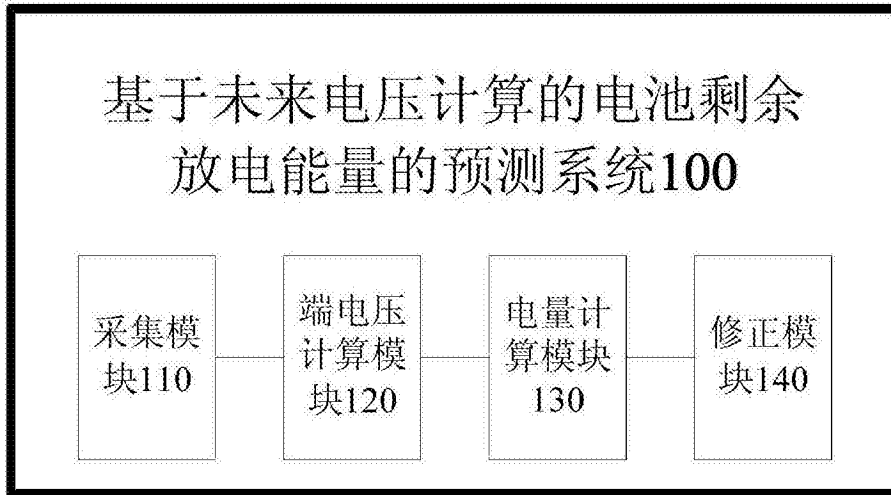


图 6