



# [12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 200310115548.2

[43] 公开日 2004年11月17日

[11] 公开号 CN 1547037A

[22] 申请日 2003.11.28

[21] 申请号 200310115548.2

[71] 申请人 清华大学

地址 100084 北京市 100084-82 信箱

[72] 发明人 朱元 田光宇 吴昊 周伟波

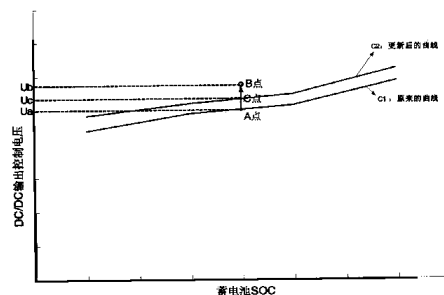
张涵 陈全世 欧阳明高

权利要求书1页 说明书4页 附图3页

[54] 发明名称 蓄电池荷电状态-输出电压特性曲线的在线更新方法

[57] 摘要

蓄电池荷电状态-输出电压特性曲线的在线更新方法涉及混合动力系统中自适应的功率分配控制技术领域。其特征在于，它是在汽车处于稳定状态时，首先根据混合动力系统功率分配策略确定蓄电池应该输出的功率  $P_b$ ，并找到在该功率下的蓄电池荷电状态-输出电压特性曲线  $C1$ ，以及在该曲线上当前 SOC 下蓄电池的输出电压  $U_a$ ，并调节蓄电池的输出电压，使蓄电池的输出功率达到  $P_b$ ；然后获取当前蓄电池电压  $U_b$ ，与电压  $U_a$  根据公式： $U_c = \alpha U_a + (1 - \alpha) U_b$  得到更新电压  $U_c$ ，并将曲线  $C1$  上所有的电压均增加  $U_c - U_a$ ，从而完成曲线的更新。经过本方法更新的蓄电池荷电状态-输出电压特性曲线运用到功率分配等控制时，能够避免由于蓄电池温度、老化等因素而造成的误差。



1、蓄电池荷电状态—输出电压特性曲线的在线更新方法，其特征在于，它含有当车辆处于稳定状态，即停止或匀速运动状态时，由控制器控制执行的以下步骤：

- 1) 获取蓄电池的当前 SOC；
- 2) 根据功率分配策略确定蓄电池应该输出的功率  $P_b$ ，并找到该功率下的蓄电池荷电状态—输出电压特性曲线 C1，在该曲线 C1 上找到蓄电池当前 SOC 所对应的输出电压  $U_a$ ；
- 3) 测量蓄电池当前实际输出的功率与应该输出功率  $P_b$  进行比较，并通过调节蓄电池的输出电压而不断调节蓄电池实际输出功率达到  $P_b$ ；
- 4) 当蓄电池状态稳定后，测得蓄电池在实际输出功率  $P_b$  下输出的稳定电压  $U_b$ ；
- 5) 利用下述公式将输出功率为  $P_b$  的蓄电池荷电状态—输出电压特性曲线 C1 在当前 SOC 下所对应的电压  $U_a$  更新为  $U_c$ ；

$$U_c = \alpha U_a + (1 - \alpha) U_b$$

其中  $\alpha$  是惯性系数，其取值范围为[0.5, 0.8]；

- 6) 将蓄电池荷电状态—输出电压特性曲线 C1 上的所有电压值均增加相同的幅度( $U_c - U_a$ )，则将功率  $P_b$  下的蓄电池的荷电状态—输出电压特性曲线 C1 完全更新。
- 2、如权利要求 1 所述的蓄电池荷电状态—输出电压特性曲线的在线更新方法，其特征在于，所述车辆处于停止状态是指汽车电动机被锁定的而停止工作的状态。
- 3、如权利要求 1 所述的蓄电池荷电状态—输出电压特性曲线的在线更新方法，其特征在于，所述车辆处于匀速运动状态是指油门踏板和车速变化范围小于 10% 时的状态。
- 4、如权利要求 1 所述的蓄电池荷电状态—输出电压特性曲线的在线更新方法，其特征在于，所述第 4) 步中蓄电池的状态稳定是指蓄电池电流波动小于 10%，并且持续 2~3 倍蓄电池时间常数的状态。

## 蓄电池荷电状态—输出电压特性曲线的在线更新方法

### 技术领域：

蓄电池荷电状态—输出电压特性曲线的在线更新方法涉及混合动力系统中自适应的功率分配控制技术领域。

### 背景技术：

在燃料电池混合动力汽车中，目前一般采用燃料电池和蓄电池混合驱动的方式来满足汽车的动力性要求。合理对这两种能量源进行功率分配是提高系统整体效率的关键。在中国发明专利 CN 1307735A 中，岩濑正宜提出了一种燃料电池系统和控制蓄电池的方法，并提出利用特定的蓄电池荷电状态（State-of-charge，简称 SOC）下的输出电流—输出电压特性来控制 DC/DC 转换器的输出电压。

但是，由于有些蓄电池的内阻受温度、老化等因素的影响较大，利用一族固定的输出电流—输出电压特性曲线来控制则会造成较大的误差，所以有必要提出一种方法来更新这个曲线，从而适应蓄电池状态不断变化的特点。经检索，国内外公开的文献中没有更新曲线的相关内容。

### 发明内容：

本发明的目的在于提出一种在线更新蓄电池荷电状态—输出电压特性曲线的方法，经过本方法更新的蓄电池荷电状态—输出电压特性曲线在运用到功率分配等控制时，能够避免由于蓄电池温度、老化等因素而造成的误差。

本发明的特征在于，它含有当车辆处于稳定状态，即停止或匀速运动状态时，由控制器控制执行的以下步骤：

- 1) 获取蓄电池的当前 SOC；
- 2) 根据功率分配策略确定蓄电池应该输出的功率  $P_b$ ，并找到该功率下的蓄电池荷电状态—输出电压特性曲线 C1，在该曲线 C1 上找到蓄电池当前 SOC 所对应的输出电压  $U_a$ ；
- 3) 测量蓄电池当前实际输出的功率  $P_b'$  与应该输出功率  $P_b$  进行比较，并通过调节蓄电池的输出电压而不断调节蓄电池实际输出功率达到  $P_b$ ；
- 4) 当蓄电池状态稳定后，测得蓄电池在实际输出功率  $P_b$  下输出的稳定电压  $U_b$ ；
- 5) 利用下述公式将输出功率为  $P_b$  的蓄电池荷电状态—输出电压特性曲线 C1 在当前 SOC 下所对应的电压  $U_a$  更新为  $U_c$ ；

$$U_c = \alpha U_a + (1 - \alpha) U_b$$

其中  $\alpha$  是惯性系数，其取值范围为[0.5, 0.8]；

- 6) 将蓄电池荷电状态—输出电压特性曲线 C1 上的所有电压值均增加相同的幅度( $U_c-U_a$ )，则将功率  $P_b$  下的蓄电池的荷电状态—输出电压特性曲线 C1 完全更新。

所述车辆处于停止状态是指汽车电动机被锁定的而停止工作的状态。所述车辆处于匀速运动状态是指油门踏板和车速变化范围小于 10% 时的状态。所述第 4) 步中蓄电池的状态稳定是指蓄电池电流波动小于 10%，并且持续 2~3 倍蓄电池时间常数的状态。

实验证明，本发明随着蓄电池状态的变化而实时在线更新蓄电池荷电状态—输出电压特性曲线，防止了由于蓄电池的影响而对控制造成的较大误差，达到了预期的目的。

附图说明：

图 1 所示为燃料电池混合动力车辆动力系统的结构框图。

图 2 所示为蓄电池在不同输出功率下的蓄电池 SOC—输出电压特性曲线。

图 3 所示为在线更新蓄电池荷电状态—输出电压特性曲线的流程图。

图 4 所示为当汽车处于稳定状态时的混合动力系统车速与功率对应曲线图。

图 5 所示为在线更新蓄电池 SOC—输出电压特性曲线的方法示意图。

具体实施方式：

结合附图说明本发明的具体实施方式：

本发明中的燃料电池混合动力车辆的动力驱动系统构造如图 1 所示，其中能量源由燃料电池系统(1)、蓄电池(5)组成。在车辆行驶过程中，燃料电池系统(1)提供车辆所需的主要能量，而蓄电池(5)作为辅助能量系统提供不足功率或吸收多余功率。在具体的控制中，首先必须进行蓄电池和燃料电池系统之间的功率分配，获取了蓄电池输出功率 ( $P_b$ )，随后通过蓄电池 SOC 测量装置(10)获取蓄电池 SOC，接着利用蓄电池输出功率( $P_b$ )和蓄电池 SOC 查找 DC/DC 转换器的输出控制电压 ( $U_{cmd}$ )，最后通过调节 DC/DC 转换器的输出电压把蓄电池电压控制到  $U_{cmd}$ 。

这里需要强调的是：根据蓄电池输出功率 ( $P_b$ ) 和蓄电池 SOC 查找 DC/DC 转换器的输出控制电压 ( $U_{cmd}$ ) 对应有两种曲线：第 1 种，像现有专利 CN 1307735A 中的不同蓄电池 SOC 下的输出电流—输出电压曲线；第 2 种，不同蓄电池功率下的蓄电池 SOC—输出电压曲线。这两种曲线没有本质的区别，核心部分都是一个三维的数据表格，差异是具体使用时候的查找顺序不同。第 1 种曲线的查找顺序是：首先查询到对应蓄电池 SOC 的曲线，然后利用蓄电池电流查询到 DC/DC 转换器的输出电压。第 2 种曲线的查找顺序是：先根据功率查询到对应蓄电池功率的曲线，然后利用蓄电池 SOC 查询到 DC/DC 转换器的输出电压。用图 2 来举例说明，若蓄电池输出功率 ( $P_b$ ) 为 5kW，找出 5kW 对应的曲线，接着根据蓄电池 SOC 就可以查到 DC/DC 输出控制电压 ( $U_{cmd}$ )，将该电压输出到 DC/DC 控制器，控制 DC/DC 输出电压 ( $U_{cmd}$ )，该电压即是蓄电池的输出电压。

本发明中采用了不同蓄电池功率下的蓄电池 SOC—输出电压特性曲线，有利于在线更新

这族曲线。这是因为蓄电池功率比蓄电池 SOC 更容易控制，即可以进行快速的蓄电池功率控制，准确地更新某个设定蓄电池功率下的特性曲线。而一般不能进行快速的蓄电池 SOC 控制（需要较长的时间）把蓄电池 SOC 稳定在某个值，更新此 SOC 值下的特性曲线。蓄电池 SOC 一输出电压特性曲线由蓄电池制造商提供，实际上是一个数据表，使用时将这些数据存储在控制器中，需要时从中提取。但是由于蓄电池温度变化、老化等现象会改变蓄电池 SOC 一输出电压特性曲线。因此，就有必要提出一种方法可以自适应地修改这族蓄电池 SOC 一输出电压特性曲线，而蓄电池制造商只能提供一族蓄电池初始状态下的曲线。

如图 3 所示为在线更新蓄电池荷电状态一输出电压特性曲线的流程图。曲线的更新方法由整车控制器(9)控制执行，更新曲线必须在汽车稳定状态下进行，汽车的稳定状态指汽车处于停止状态或匀速运动状态。当汽车的电动机被控制器锁定而停止运转时，汽车就处于停止状态，停止指令一般由驾驶员发出；当汽车的油门踏板和车速变化范围小于 10% 时，认为车辆处于匀速运动状态，匀速运动状态的识别是整车控制器(9)通过脚踏板位置传感器和车速传感器检测到油门踏板位置和车辆速度。当车辆处于稳定状态后，可以进行曲线的在线更新。步骤如下：

- 1) 通过 SOC 测量装置获取蓄电池 SOC；
- 2) 通过混合动力系统功率分配策略确定蓄电池应该输出的功率  $P_b$ 。混合动力系统的功率分配策略有多种，可以参考众多的现有专利，比如 CN 1307735A 和 CN 1388781A 中所公开的功率分配策略，详见它们的说明书。本实施例采用比较简单的功率分配策略，利用车辆速度查如附图 4 中所示的曲线（该曲线由蓄电池和整车制造商确定）可以得到蓄电池应该输出的功率  $P_b$ ，随后在附图 5 中找到该功率所对应的蓄电池 SOC 一输出电压特性曲线 C1；并根据测得的蓄电池 SOC 查到蓄电池所对应的输出电压  $U_a$ 。
- 3) 测量蓄电池输出的实际功率，将该实际功率与应该输出的功率  $P_b$  进行比较，并通过 DC/DC 控制器调节 DC/DC 转换器，使 DC/DC 转换器输出功率达到  $P_b$ ，即调节蓄电池的实际输出功率达到  $P_b$ ，调节方法可用差值调节法，典型的方法如 PID 调节方法等，本实施例采用差值调节法。
- 4) 当蓄电池状态稳定后，即蓄电池的电流变化小于 10% 且持续 2~3 倍蓄电池时间常数（该时间常数由经销商提供），测量蓄电池实际输出的电压  $U_b$ 。
- 5) 利用下述公式将曲线 C1 在当前 SOC 下所对应电压  $U_a$  更新为新的电压值  $U_c$ ：

$$U_c = \alpha U_a + (1 - \alpha) U_b$$

该公式是一个经验公式，其中  $\alpha$  是惯性系数，其取值范围为 [0.5, 0.8]。曲线更新示意图见图 5，即将 A 点更新为 C 点。

- 6) 以  $(U_c - U_a)$  作为更新幅度，将曲线 C1 上所有的电压均增加  $(U_c - U_a)$ ，从而将曲线 C1 完全更新为 C2，见图 5。

---

本发明技术不仅仅适用于燃料电池混合动力车辆中的蓄电池特性曲线更新，在不脱离本发明主要特征的原理的条件下，可以做一些其它修改，本发明也可用于更新其它种类的串联式混合动力车辆的蓄电池特性曲线。比如，把图 1 中的燃料电池换成内燃机和发电机的组合装置，本发明的主要原理还仍然适用。

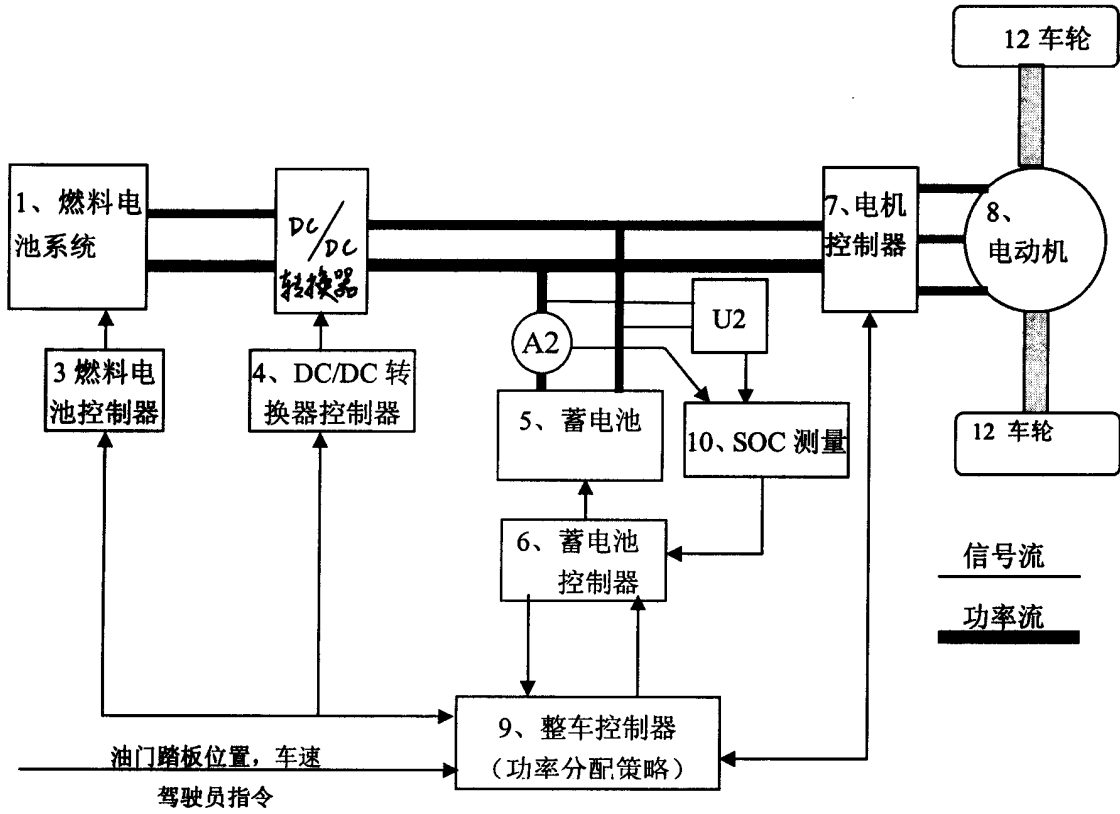


图 1

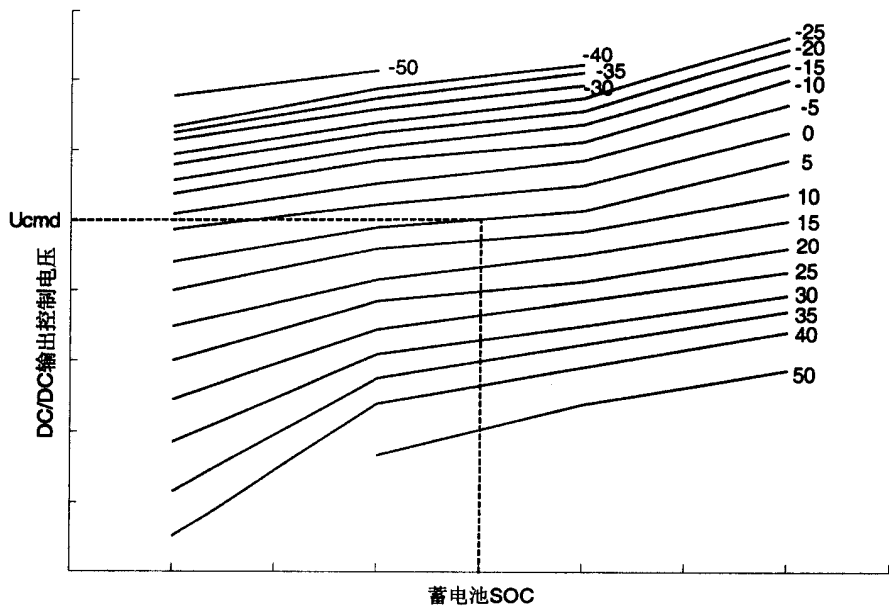


图 2

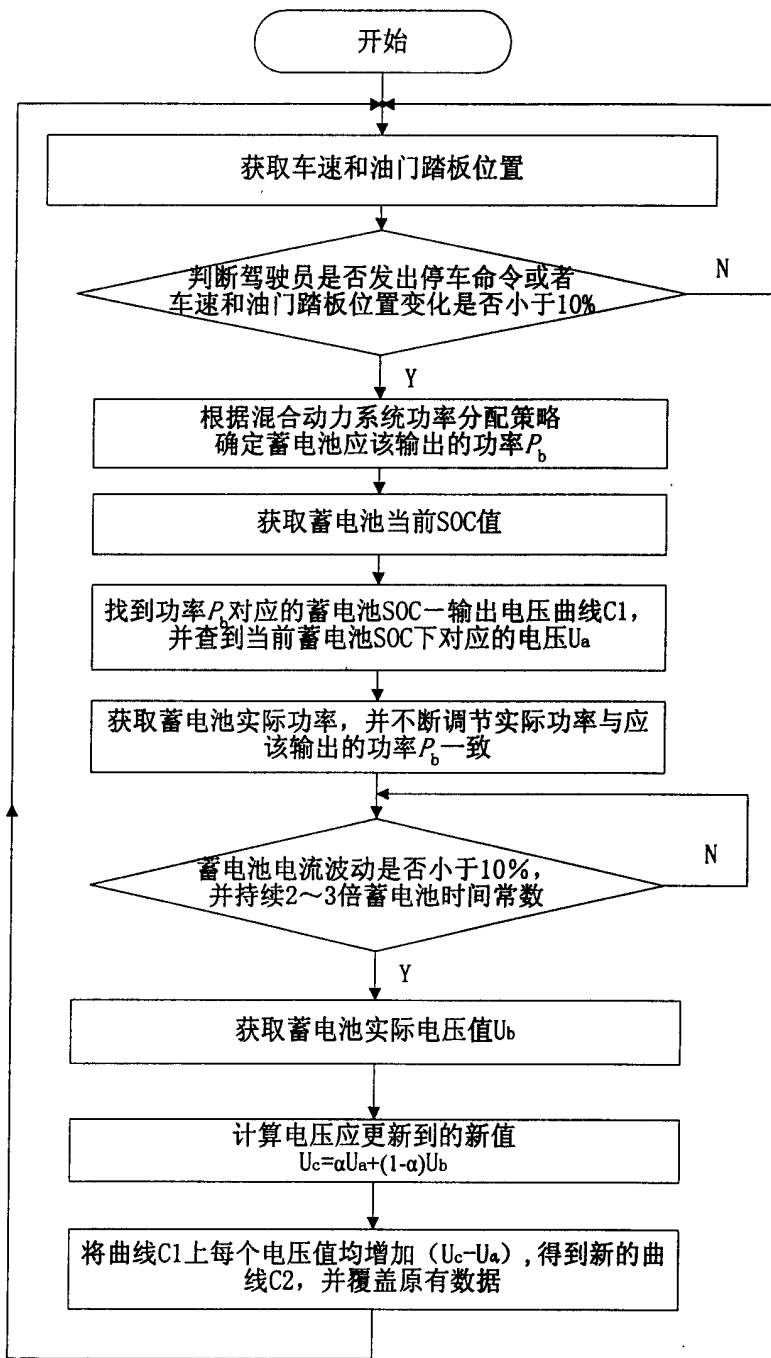


图 3



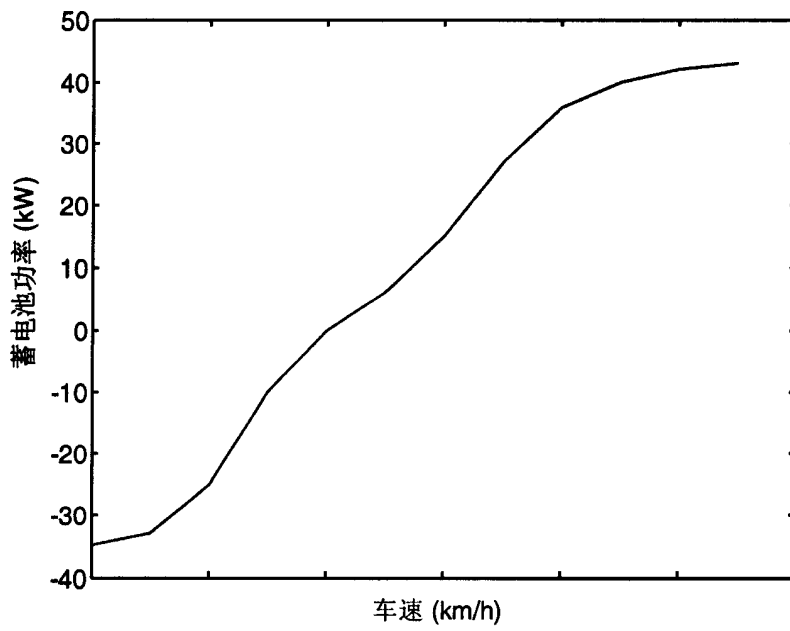


图 4

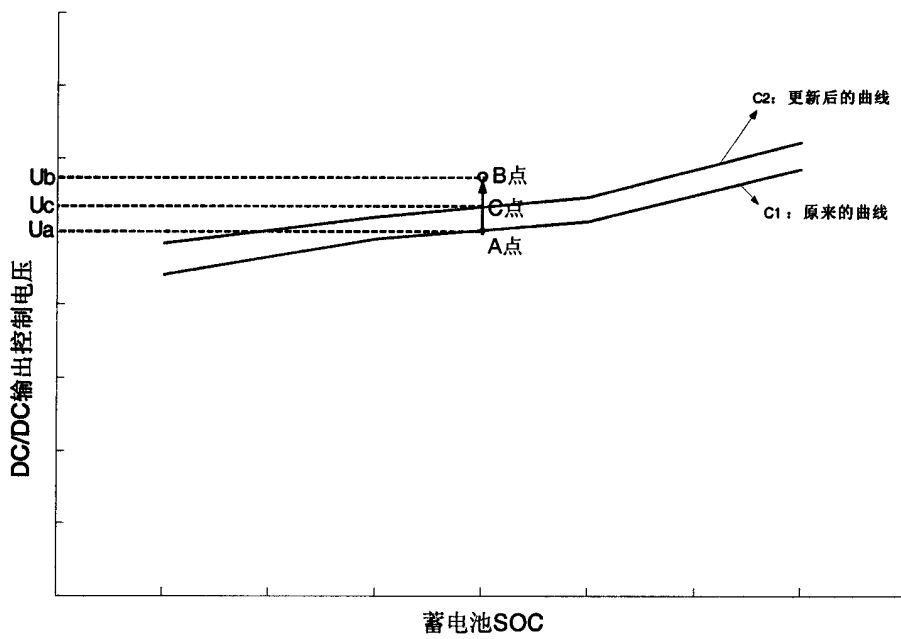


图 5