电动汽车 SOC 估计方法原理与应用

林成涛 ,王军平 ,陈全世

(清华大学汽车安全与节能国家重点实验室 ,北京　100084)

摘要 :SOC 估计是电动汽车电池管理系统的重要功能。研究人员为了提高电动汽车电池 SOC 估计的准确性做了大量研究工作 ,采用的主要方法有 :放电实验法 、Ah 计量法 、开路电压法 、负载电压法 、内阻法 、线性模型法 、神经网络法和卡尔曼滤波法。讨论了电池 SOC 定义 ;介绍了各种 SOC 估计方法的原理及应用中存在的优缺点 ;分析了充放电倍率 、温度 、自放电 、老化等因素对 SOC 的影响 ;评价了各种 SOC 估计方法。

关键词 :电动汽车 ;　SOC 估计 ;　应用

中图分类号 :TM912.9　　文献标识码 :A　　文章编号 :1001 - 1579(2004)05 - 0376 - 03

BATTERY BIMONTHLY

Methods for state of charge estimation of EV batteries and their application

LIN Cheng-tao ,　WANG Jun-ping ,CHEN Quan-shi

(*State Key Laboratory of Automotive Safety and Energy , Tsinghua University , Beijing* 100084 , *China*)

Abstract : SOC estimation was an important function of electric vehicle battery management system. Researchers had done much work to improve SOC estimation accuracy. Discharge test , ampere-hour measurement , open circuit voltage , constant current voltage , internal resistance , linear model , neural network and Kalman filter were taken out. Definition of SOC was discussed , principles of these methods for SOC estimation were introduced , advantages and disadvantages of these methods during applications were given , factors which influenced SOC estimation , such as charge-discharge rate , temperature , self discharge and aging were analyzed , and these methods were valued.

Key words : electric vehicle ;　SOC estimation ;　application

电池杂志

电池荷电状态 SOC(State of charge) 描述电池剩余电量的数量 ,是电池使用过程中的重要参数。本文作者介绍了适于电动汽车动力电池的 SOC 估计方法 ,具体研究对象为铅酸电池 、MH/ Ni 电池和锂离子电池。早期电动汽车电池主要用电压作为限制条件来防止过充或过放 ,目前已经不能满足电动汽车的要求。一方面 ,电动汽车要求准确估计电池 SOC ,从充分发挥电池能力和提高安全性两个角度对电池进行高效管理 ,以进一步提高整车性能 ;另一方面 ,电动汽车电池在使用过程中表现的高度非线性 ,使准确估计 SOC 具有很大难度。两方面的结合 ,促使电动汽车电池 SOC 估计的研究工作不断开展 ,新方法不断出现。

因为本文作者主要从事电动汽车的研究与开发 ,主要考虑更加科学 、安全地选择和使用电池 ,而不是电池设计和生产 ,所以本文是从电池在电动汽车上应用的角度来提出和分析问题。本文采用数学方法来处理电池的一些经验参数之间的关系 ,是进行电动汽车尤其是混合动力电动汽车数值仿真时常用的方法 ,这主要还是解决电池在电动汽车领域研究和使用的问题。

1　定义分析

进行电动汽车电池 SOC 估计的前提是对 SOC 有准确定义。目前较统一的是从电量角度定义 SOC ,如美国先进电池联合会(USABC) 在其《电动汽车电池实验手册》中定义 SOC 为 :电池在一定放电倍率下 ,剩余电量与相同条件下额定容量的比值。也有从能量角度定义 SOC 的做法 ,但使用得并不多。如韩国起亚汽车公司定义 SOC[1] 为 :

$$SOC = \frac{\text{剩余可用能量}}{\text{总的可用能量}} = 1 - \frac{Wh}{Wh_E} = \frac{P_a \times t_{res}}{\int_0^t P(t)\,dt + P_a \times t_{res}}$$

实际使用的电动汽车 ,基本上从电量定义 SOC。由于 SOC 受充放电倍率 、温度 、自放电 、老化等影响 ,实车中要对 SOC 的定义进行调整 ,不同电动汽车对 SOC 定义的使用形式不一致。

作者简介 :

林成涛(1977 -) ,男 ,山东即墨人 ,清华大学汽车安全与节能国家重点实验室博士生 ,研究方向 :电池组建模与管理 ;

王军平(1974 -) ,男 ,陕西合阳人 ,清华大学汽车安全与节能国家重点实验室博士后 ,研究方向 :智能控制与智能信息处理 ;

陈全世(1945 -) ,男 ,陕西周至人 ,清华大学汽车安全与节能国家重点实验室教授 ,博士生导师 ,研究方向 :电动汽车。

基金项目 :国家“十五”863 计划电动汽车重大专项(2001AA501100)