

混合动力汽车蓄电池的快速充电方法*

胡明辉,秦大同,舒红

(重庆大学机械传动国家重点实验室 400030)

摘要:为了建立混合动力汽车蓄电池能量管理系统,实现蓄电池快速充电,且同时保证蓄电池寿命不受充电方式的影响,作者分析了当前一般充电方法的优点和这些充电方式存在的问题,以及对混合动力汽车工况的影响,在此基础上,提出了一种新的脉冲分阶段恒流快速充电方法。使之能很好地适应混合动力汽车蓄电池在变电流放电状态下充电时间短,使蓄电池荷电状态 SOC 始终保持在 50%~80% 范围内的要求。

关键词:混合动力汽车;蓄电池;快速充电

中图分类号:TM912

文献标识码:A

目前已有的充电设备可提供的主要充电方式有:定化学反应充电、脉冲去极化充电、恒压充电、恒流与分级恒流充电^[1,2]。这些充电方式各有利弊,如表 1 所示。

表 1 蓄电池充电方法的比较

充电方式	优点	缺点
定化学反应充电法	充电设备的闭环跟踪系统不断检测并控制充电电压、电流,使蓄电池在充电的中、后期始终处于微量析气的临界状态,从而提高了充电效率。	造价较高,且充电不够彻底。
脉冲去极化充电法	通过有效地消除电极上的过电位,提高蓄电池充电接受能力,实现快速、高效率充电。	设备昂贵,且对某些蓄电池不适用。
恒压充电法	电压一经设定,整个充电过程不用人工干预,充电电流随着充电时间的增长自动减少,不会产生过充电。	充电电压的选择对充电效果影响很大,而且充电不彻底。
恒流与分级恒流充电法	需要经常调整充电电压,使充电电流恒定,可及时判断蓄电池是否充足,防止过充。	充电过程烦琐,而且充电后期极化现象比较明显。

量多,因而其充电接受能力符合起始充电电流大、充电接受率较小的规律。采用恒压充电效果不好,若采用恒流或分级恒流充电则需要很长的充电时间,所以应采用脉冲去极化充电,以提高充电效率。但从延长蓄电池使用寿命考虑,最好是采用定化学反应充电,但设备昂贵^[3]。作者选用的方法是以起始电流较大的脉冲分阶段恒流快速充电。

1 蓄电池快速充电方式选择

最优的充电方式是充电电流始终遵循固有充电接受曲线^[4](如图 1),在充电过程中,充电接受率保持不变,随着时间的增加,充电电流按固有充电接受曲线递减,这样充电时间最短。但充电电流连续按指数曲线控制是很难实现的。

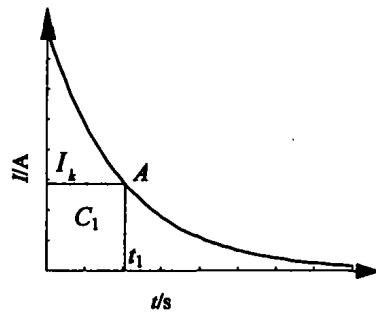


图 1 充电电流接受能力曲线

混合动力汽车蓄电池的放电情况不同于一般汽车启动型蓄电池。它放电的特点是持续电流大、放出电

* 收稿日期:2004-05-10

基金项目:国家 863 计划(2001AA501300),重庆市科委(7533)和重庆大学基础及应用基础研究资助项目。

作者简介:胡明辉,(1975-)男,陕西西安人,重庆大学博士生,目前主要从事混合动力汽车技术研究。

当采用一种脉冲分阶段恒流快速充电方法时。由图1可知,当以 I_k 为初始充电电流,充电到A点时所对应的时间为 t_1 ,则充电量为 $C_1 = I_1 \times t_1$ 。显然,会有一个能在电流接受能力曲线范围内取得最大电量的电流值存在,由于这时电流是定值,所以充入电量为:

$$C_1 = t \times I_k = t \times I_0 \times e^{-\alpha t} \quad (1)$$

其中: α 为蓄电池的充电接受率, I_0 为 $t=0$,蓄电池可接受的充电电流。

将公式(1)对时间 t 求一阶导数并令其为零,可以求得充入电量最大时的电流值。即由:

$$\frac{\partial(t \times I_0 \times e^{-\alpha t})}{\partial t} = 0$$

得到 $t = \frac{1}{\alpha}$,故:

$$I_k = I_0 \times e^{-1} = 0.368I_0$$

由于混合动力汽车的蓄电池常常工作在电池荷电状态SOC为50%~80%之间(因电池效率在这个范围内较高),即放出的电量为50%~20%之间,所以,由蓄电池以前的放电情况,根据马斯三定律得到蓄电池的接受率 $\alpha^{[4]}$,即: $\alpha = I_t / C_t$ (其中 I_t 为总接受电流, C_t 为放电的总电量)。因此,第一阶段充入电量为:

$$C_1 = I_k \times t_1 = 0.368I_0 \times \frac{1}{\alpha} = 0.368 \times C_t \times \alpha \times \frac{1}{\alpha} = 0.368C_t \quad (2)$$

由于混合动力汽车采用电池荷电状态控制,要求SOC保持在高效率的50%~80%之间,若时间 $t=0$ 时刻,SOC=50%,则需要充入总电量为 $C_t = 0.5C$ (C 为蓄电池的额定电量),所以上式可表示为:

$$C_1 = 0.368 \times 0.5C = 0.184C$$

尚未充入的电量:

$$C_w = 0.5C - 0.184C = 0.316C$$

则新的充电接受率:

$$\alpha_2 = I_k / C_w = 0.184C \times \alpha / 0.316C = 0.582\alpha$$

相应充电电流:

$$I_{2k} = 0.368^2 I_0$$

第二阶段充入的电量:

$$C_2 = I_{2k} \times t_2 = 0.368^2 C_t \times \alpha \times 1 / 0.582\alpha = 0.1163C \quad (3)$$

按上述循环过程就可以在最短时间内给蓄电池充电,经计算得到前两次充电电量:

$$C_{\text{total}} = C_1 + C_2 = 0.303C \quad (4)$$

已经达到混合动力汽车蓄电池电量取值上限80%。

通过上述计算可知,这种充电方法基本满足了蓄电池的接受曲线,蓄电池的温升较小,产生气体少,压力效应不大,而且充电时间最短。

另外,在每次充电间隔期间,停止充放电一段时间,这样的充电方式可以在加快充电速度的同时,更加有效地减少蓄电池的温升和压力效应^[5]。

2 蓄电池快速充电控制仿真

基于上述原理,建立了混合动力汽车蓄电池快速充电工况仿真模型。该模型包括充电电机控制、电池SOC计算、电池电压、电池电阻、电池电流5个模块,各个模块之间互相独立,可进行参数的初始化,便于进行各种模块的组合。

图2为混合动力汽车蓄电池快速充电控制的仿真模型示意图。

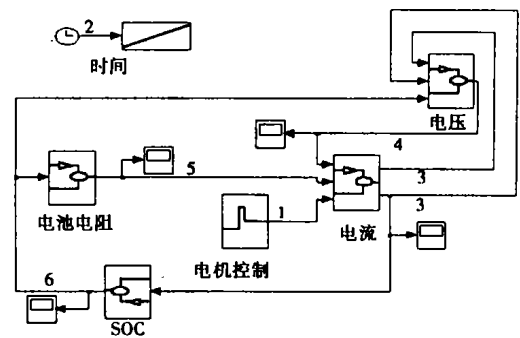


图2 蓄电池快速充电仿真模型

1——蓄电池输入功率 P_i ;2——充电时间 t ;3——蓄电池输入电流 I ;4——蓄电池输入电压 U ;5——蓄电池电阻 R ;6——蓄电池荷电状态SOC。

该仿真模型作了以下假设:

- 1) 不考虑电机瞬态输出转矩变化的动态响应过程;
- 2) 不考虑汽车及传动系统的扭转刚度和粘性阻尼;
- 3) 忽略离合器结合过程。

对于各模块间的传递数据,有如下方程^[6]:

$$P = I \times U$$

$$U = E(\text{SOC}) + R(\text{SOC}) \times I$$

$$I = \frac{E(\text{SOC}) - \sqrt{E^2(\text{SOC}) - 4 \times R(\text{SOC}) \times P}}{2 \times R(\text{SOC})}$$

$$E(\text{SOC}) = E_0 + \sum_1^5 E_i \times \text{SOC}^i$$

$$R_w(\text{SOC}) = b(\text{SOC}) \frac{E(\text{SOC})}{I} + \frac{l(\text{SOC}) \times E(\text{SOC})}{\text{SOC}}$$

$$\text{SOC} = \text{SOC}_0 - \frac{\int_0^t E(\text{SOC}) \times Idt}{W_{\text{total}}}$$

图3是采用恒流脉冲快速充电方法充电过程的仿真结果。该结果显示,当采用脉冲分阶段恒流快速充电时,充电时间大大缩短,只需要196s就可以使蓄电池电量由50% C 充到80% C 。

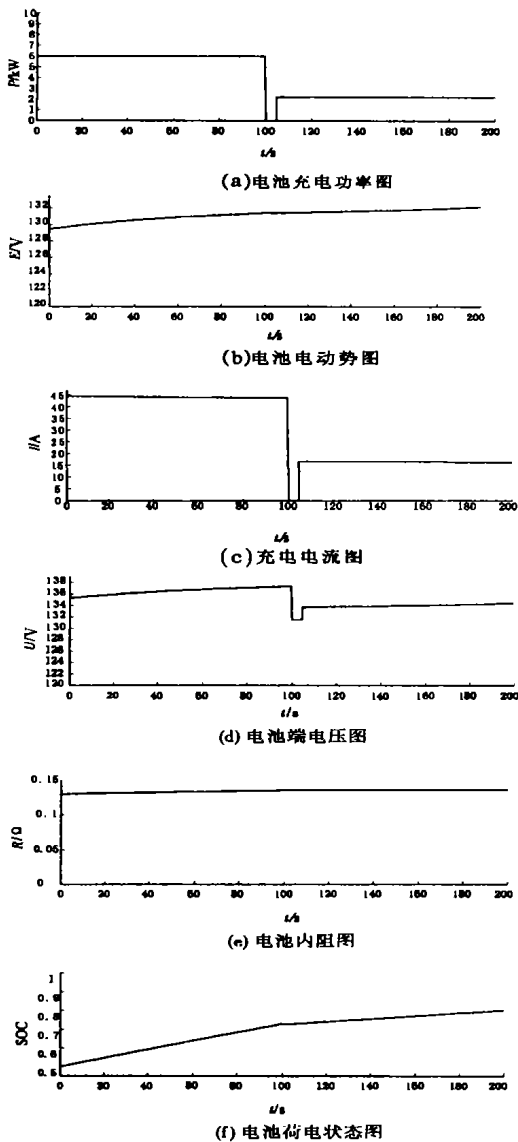


图3 恒流脉冲快速充电仿真

由于电池输入功率和输入电流的控制,内电阻变化不大,因而蓄电池的温度变化也不大,蓄电池电动势、输出电压变化趋势基本符合实际情况。

3 结论

快速充电方法建立在蓄电池充电接受特性曲线和马斯三定律上,运用优化计算,并降低设备要求,通过比较可得到以下结论:

1) 通过优化计算,新的快速充电可减少蓄电池充电的温升效应,避免蓄电池的压力效应,并提高了充电速度,缩短充电时间。

2) 新的快速充电方法使充电设备要求降低,从而减少了混合动力汽车的复杂性,降低了整车的成本。

参考文献:

- [1] BLEUS C A. Preparing the Infrastructure for the Charging of Tomorrow's Electric Cars[C]. 第11届电动汽车会议文集. 佛罗伦萨,意大利,1992,(1):1-8.
- [2] 刘斌. AA型密封MN-Ni电池内阻特性研究[J]. 电源技术,1999,12:295-297.
- [3] 朱松然. 蓄电池实用手册[M]. 北京:机械工业出版社,1993.
- [4] 姜绍信. 铅酸蓄电池快速充电[M]. 天津:科学技术出版社,1983.
- [5] 王鸿麟. 许梦渊. 蓄电池快速充电技术[M]. 北京:人民邮电出版社,1984.
- [6] 胡明辉,秦大同,舒红,等. 混合动力汽车电池管理系统SOC的评价[J]. 重庆大学学报(自然科学版),2003,26(4):20-24.

Quick Charge Method of Hybrid Vehicle's Battery

HU Ming-hui, QIN Da-tong, SHU Hong

(State Key Laboratory of Mechanical Transmission, Chongqing University, Chongqing 400030, China)

Abstract: For the requirement of building up the battery management system of hybrid electric vehicle, the method of quick charge of batteries is investigated under the conditions of ensuring natural life of batteries. The characteristics of the general charge methods are analyzed, and existing problems of these charge methods are discussed. In order to solve those problems, a new quick charge method for HEV batteries is proposed, which can shorten charge time under the variable-current condition of the battery pack, and can sustain the state of charge (SOC) of batteries within the scope between 50% and 80%.

Key words: hybrid electric vehicle battery; quick charge