

doi:10.3969/j.issn.1673-9833.2013.02.020

# 一种新型电动车电池管理系统

易 旺, 金可音, 龙永新, 赵 阳

(湖南工业大学 计算机与通信学院, 湖南 株洲 412007)

**摘 要:** 为了解决当前由于电动汽车充电站不足而导致电动汽车不能及时补充电量的问题, 提出了一种新型电动汽车电池管理系统设计方案。针对电动汽车锂电池组的特点, 提出了一种新的采集电池组电压、电流、温度数据方法; 针对电动车续航里程的要求, 设计了一种基于 GPRS/GPS 自动查找充电站并在线排队预约的解决方案, 相对于之前的电池管理系统, 该系统能准确估计剩余电量值, 能自动智能提醒驾驶员及时补充电量以方便电动汽车的续航, 大大减少驾乘人员的等待时间。

**关键词:** 电池管理系统; 充电站; GPRS/GPS

中图分类号: TP399

文献标志码: A

文章编号: 1673-9833(2013)02-0094-05

## A New Battery Management System for Electric Vehicle

Yi Wang, Jin Keyin, Long Yongxin, Zhao Yang

(School of Computer and Communication, Hunan University of Technology, Zhuzhou Hunan 412007, China)

**Abstract:** In order to solve the problem that electric vehicles can not replenish the power in time due to the lack of charging stations, the design scheme for the battery management system is developed. According to characteristics of lithium batteries for electric vehicles, a new data collection for the voltage, current and temperature is proposed, and aiming at the requirements for enough power for driving, a new design of GPRS/GPS-based automatically finding the properly charging stations and online queuing and booking system is also present. The system can accurately estimate the residual capacity value and automatically remind driver to add energy to facilitate the electric car life, greatly reducing the waiting time of passengers.

**Keywords:** BMS; charging station; GPRS/GPS

随着我国对新能源投入力度的加大, 电动汽车的普及成为大势所趋<sup>[1]</sup>。如何准确估测剩余电量及如何保证续航里程成为电动汽车应用的关键问题<sup>[2]</sup>。目前, 电池管理系统 (battery management system, BMS) 对剩余电量 (state of charge, SOC) 的动态估测已经成为世界范围内的一个研究热点, 然而基于充电站的续航里程的改进方法却少有涉及。本文首先提出了一种基于 GPS/GPRS 的电动车电池管理系统的设计方案, 然后逐个提出电池管理系统中锂电池

组的电流数据采集、电压数据采集、温度数据采集以及 SOC 估测的解决方案, 最后总结了该方案的不足以及下一步需要改进的地方。

## 1 整体框架

电池管理系统是保证电动汽车安全、提高能量的使用效率的一项相当重要的技术。电池管理系统通过对系统各个重要参数的准确测量, 精确估计动

收稿日期: 2012-12-15

基金项目: 湖南省科技厅发展基金资助项目 (2011GK3145)

作者简介: 易 旺 (1984-), 男, 湖南湘乡人, 湖南工业大学硕士生, 主要研究方向为嵌入式系统, E-mail: yiwang09@126.com

力电池组剩余电量以保证电动车的续航能力,同时防止电池的过充过放,保证整车的安全以及延长动力电池的使用寿命。

本文在已有电池管理策略的基础上,增加了GPS/GPRS模块,使得系统能在剩余电量不足的时候自动查找距离最近且在线排队时间最短的充电站,并进行充电,以保证续航;在电动汽车出现故障的情况下,通过GPRS模块与监控中心取得联系,并将当前位置信息发送给监控中心;同时,本文采用了一种新的检测方法用于数据采集模块,以提高在线估测SOC的精度。其结构如图1所示。

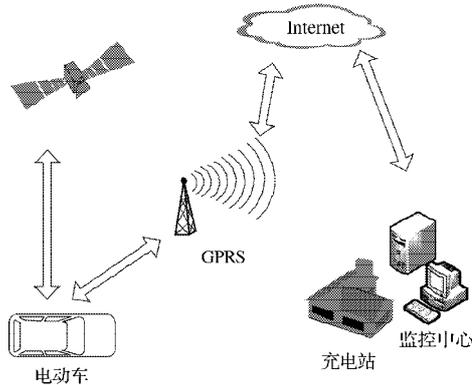


图1 电动汽车智能充电组网框图

Fig. 1 Network diagram for smart electric vehicle charging

该系统包括3个核心部分:

1) SOC的准确估计。SOC的准确估计一直是全世界各个国家研究的重点。只有准确地估计SOC的值,才能防止电池的过充过放,保证整车的安全;才能及时地更新电动汽车当前的续航里程信息,以保证电池组的及时充电。由于锂电池的SOC值不能直接测量得到,只能通过测量电流、电压、温度等系统参数来估算。本系统中所采用SOC估计算法是基于无迹卡尔曼滤波(unscented Kalman filter, UKF)的一种估计方法。该方法适用于高度非线性化的复杂的电动车环境中,具有较好的估计精度。

2) 数据的精确采集。由于电动车环境中存在强电和弱电两种系统,且动力电池组是由很多节单体电池组成的,行驶时工作电压能达到300V,如何准确地采样数据,成为了硬件设计的关键问题。系统使用“电容隔离”法采样电池的电压数据,通过电容的作用,使得强电系统和弱电系统实现了有效的隔离,通过对霍尔电流计采集到的电流进行滤波,减少了电流漂移噪声对精度的影响,为后续的精确定估计SOC值提供坚实的基础。

3) 充电站的自动查找以及充电服务的在线预

订。当电量较低时,GPS自动搜索附近的充电站,并通过GPRS与最方便快捷的充电站建立通信联系,在线预定充电服务。该功能及时提醒驾驶员及时补充电量,防止电动汽车因为电量耗尽而中途抛锚,大大减少了驾乘人员的等待时间。

## 2 硬件设计

系统的硬件电路以模块化方式设计,硬件结构如图2所示。

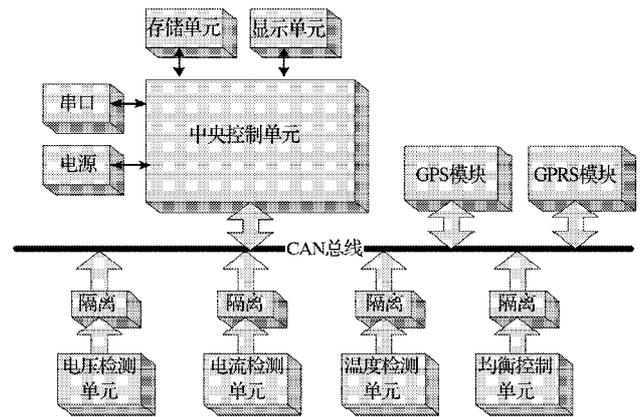


图2 电池管理系统硬件结构框图

Fig. 2 Hardware structure of battery management system

系统主要由中央控制单元、检测单元、GPS/GPRS模块等组成。系统中央控制单元使用的控制芯片为STM32F103,它是由ARM公司生产的Cortex-M系列中的一款。STM32F103具有丰富的外配置和卓越的性能,使得其被应用于工业、家电、建筑安防等多种领域。检测单元使用的控制芯片是P8xC591系列单片机。P8xC591是一个高性能的CAN微控制器,可用于汽车和通常的工业应用中,它具有CAN的扩充特性,其中包括增强型验收滤波器、支持系统维护诊断、系统优化以及接收FIFO特性。P87C591是Philips公司在普通单片机87C51基础上开发出的一种高性能单片机。它有44个引脚,是一个单片8位高性能微控制器,具有片内CAN控制器。它采用了强大的80C51指令集,并包括了Philips半导体SJA1000 CAN控制器的PeliCAN功能。在CAN总线通信接口中,该芯片将普通的CAN通信控制器SJA1000和MCU集成为一个芯片中,从而大大简化了硬件电路,方便了系统设计。通过与CAN总线驱动器82C250的连接,从而将采集的数据通过CAN总线实时地传送给主控芯片进行处理。

### 2.1 电压采集模块

电动汽车的电机工作电压较高,一般取300V左右,属于强电系统,为了保障安全,通常会把动力

电池组（强电系统）与车电系统（弱电系统）相互隔离，可是电池端电压的检测又必须与这两者发生联系。因此，将强电系统中的电池电压参数采集出来，并发送给弱电系统中的电池管理模块，同时既不破坏两个系统之间的绝缘，是检测中必须满足的必要条件<sup>[3]</sup>。同时，为了克服检测单元模块从被检测电池上持续取电的问题，将所有模块统一供电，由一个总开关控制，这也牵扯到模块供电回路与动力电池的隔离问题。相比以往的用光电和电磁隔离两种手段，本系统设计采用了电容隔离的方法，更好地解决了这个问题。图3所示为本设计中系统电压采集模块的基本结构图。

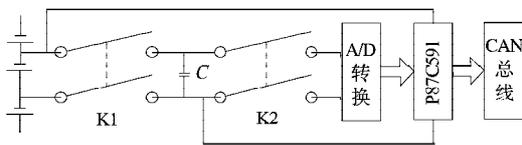


图3 电压采集模块基本结构图

Fig. 3 Data acquisition module for voltage

如图3所示，电压采集时P87C591先将双刀单掷开关K1合上，则电池对电容C充电。因为时间常数很小，电容端电压很快达到电池端电压，此时，P87C591通过控制I/O口使K1断开K2合上，经过A/D转换就可采集到电容C的电压，也就是该节电池的电压；最后P87C591断开K2，从而完成该次采集任务。由此看出，电容在此起到了很好的隔离作用，利用电荷存储的特性，从电池上取得电压值再传递给A/D转换模块，完成电压的隔离采集任务。这种方式不但解决了参考点问题，而且完全隔离了电池与检测电路，其主要缺点是每个模块增加了2组可控开关，增加了成本和复杂度。

### 2.2 电流采集模块

在卡尔曼滤波算法中，电流值是整个系统的控制变量，准确地测量电流对于准确估测SOC具有重要的意义。霍尔传感器和分流器方法是两种常用的电流检测方法。霍尔传感器具有良好的隔离性能和较低的功率损耗，尽管霍尔传感器一般都把温度漂移的补偿封装在传感器内，但是温度漂移会影响测量的精度，分流器虽然原理简单，可是在出现持续大电流工作条件下时，会出现发热的情况，使其阻值发生变化，影响分流器的测量精度。本系统采用的是霍尔电流传感器，温度漂移引发的噪声问题，可以利用无迹卡尔曼滤波减少温度漂移对其测量精度所产生的影响。本系统所采用的霍尔电流传感器为LTS15-NP。电流采集模块基本结构如图4所示。

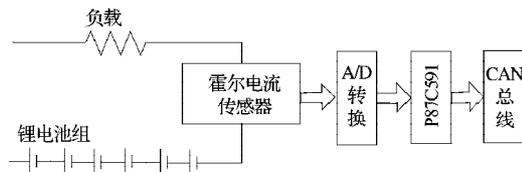


图4 电流采集模块基本结构图

Fig. 4 Data acquisition module for current

### 2.3 温度采集模块

目前测量温度常用的有热电阻、热电偶、DS18B20。热电偶的输出电压受到其热端和冷端温差的影响，需要在实际使用过程中对其进行冷端补偿，而且还需要设计专门的冷端温度检测电路以及专门的滤波放大电路，实现比较复杂。热电阻由于其温度响应速度较慢，只能用于精度要求不高的场合，同时热电阻和热电偶输出信号都是模拟信号，需要进行A/D转换，经最后计算得出温度值。DS18B20则能克服以上缺点，综上所述，考虑到在电动汽车电池组上需要测量的温度点比较多，系统采用DALLAS公司的DS18B20温度传感器对电池的温度进行测量。温度采集模块基本结构图如图5所示。



图5 温度采集模块基本结构图

Fig. 5 Data acquisition module for temperature

### 2.4 CAN总线通信模块

检测单元模块相当于CAN总线系统中的一个智能节点。使用P87C591作为节点的控制芯片，在CAN总线通信接口中，该芯片集成了CAN通信控制器SJA1000，简化了硬件电路，方便了系统设计。CAN总线驱动器采用的是82C250。CAN通信主要由控制芯片P87C591、CAN总线驱动器82C250、高速光电耦合器6N137 3个部分组成。P87C591通过CAN总线驱动器82C250与CAN总线进行通信，提高了对总线的差动发送能力和对CAN控制器的差动接收能力，P87C591通过高速光电耦合器6N137后与CAN总线驱动器相连，很好地实现了总线上各节点之间的电气隔离<sup>[4]</sup>。图6为CAN通信模块接口结构图。

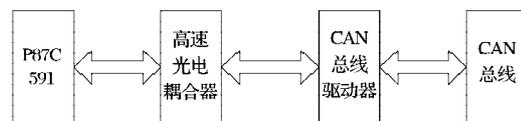


图6 CAN总线模块基本结构图

Fig. 6 Basic structure of CAN bus module

### 2.5 GPS/GPRS模块

设备中的GPRS模块选用西门子Mc35模块，GPS

模块选用的是北京冠天科技旗下基于MT3318芯片组的HOLUX M1000B。GPRS模块的功耗低至45 mW,具备快速定位及追踪32颗卫星的能力,通过RS232串口以波特率为4 800/9 600 Bd/s与中央控制单元通信,在跟踪到卫星的时候,定时精度在50 ns,位置精度在5 m,支持NMEA-0183协议,可以向中央控制单元发送\$GPRMC格式的报文,报文包括时间信息、地理位置信息和速度信息等。基于以上特性,HOLUX M1000B完全满足系统的要求<sup>[5]</sup>。

### 3 软件设计

系统软件设计主要是指在硬件设计基础上进行编程,通过程序方式来控制各硬件电路,并最终实现对电池组SOC在线精确估计。同时系统软件部分利用C语言进行模块化方式编写,这不仅增加了程序的可读性和移植性,也便于系统软件功能的在线调试和升级。对于汽车动力电池组而言,系统软件设计应满足以下要求:

1)能够精确测量电源管理系统的电流、电压、温度等各项参数,精确预测锂电池组的剩余电量,而且在计算过程中要重点考虑充放电倍率、电池温度对SOC状态的影响。

2)强调SOC估算的实时性和精确性,在获得当前电池实测数据后,系统能及时精确地给出当前SOC估算值,并对电池组状态进行诊断。

3)当剩余电量到达警戒线时,通过GPS自动查找距离最近、排队等待时间最少的充电站,并通过GPRS向该电站服务器请求充电并预定充电服务。

#### 3.1 SOC动态估测

电池管理的关键技术有SOC估算、SOH估算和热管理。其中,SOC是电动汽车运行过程中非常重要的参数,只有准确地估算SOC才能有效提高电动汽车的利用效率,对保证电池组的安全和延长电池使用寿命具有重要的意义。由于电动汽车在使用过程中高度的非线性,目前应用的各种实时在线估算方法都存在或多或少的缺陷,使得SOC估算成了电池管理系统的重点和难点。目前比较常用的估算方法有基于电流积分的安时法、基于电池端电压测量的开路电压法、基于大量样本数据和神经网络模型的神经网络法、以及基于电池状态空间模型和递推方程的Kalman(extended Kalman filter, EKF)滤波方法、UKF算法、扩展卡尔曼滤波(EKF)算法等。无迹卡尔曼滤波(UKF)算法具有和扩展卡尔曼滤波(EKF)算法相同的算法结构,但是它可以直接使用系统的非线性模型,既不需要像EKF算法那样得先

对非线性系统线性化,也不需要去计算复杂的雅克比矩阵。虽然对于线性系统,UKF和EKF的估计性能不相上下;但是对于非线性系统,UKF方法的优势就显示出来了,它可以更好地得到最优估计。本文将利用UKF进行推导,得到锂电池的系统模型。

$$\text{状态方程: } x_{k+1} = x_k - \frac{\eta_c \Delta t}{C_N} i_{nk}, \quad (1)$$

观测方程为

$$y_k = V_0 - R i_{nk} - \frac{K_0}{x_k} - K_1 x_k + K_2 \ln(x_k) + K_3 \ln(1 - x_k) + v_k, \quad (2)$$

式中: $x_k$ 为k时刻的剩余电量状态; $y_k$ 为电压的观测值; $i_{nk}$ 为电流输入控制变量; $V_0$ 为开路电压, $R$ 为电池电阻; $K_0, K_1, K_2, K_3$ 都是待识别的参数,可以通过最小二乘法得到。根据系统方程,利用UKF进行推导,流程图如图7所示。

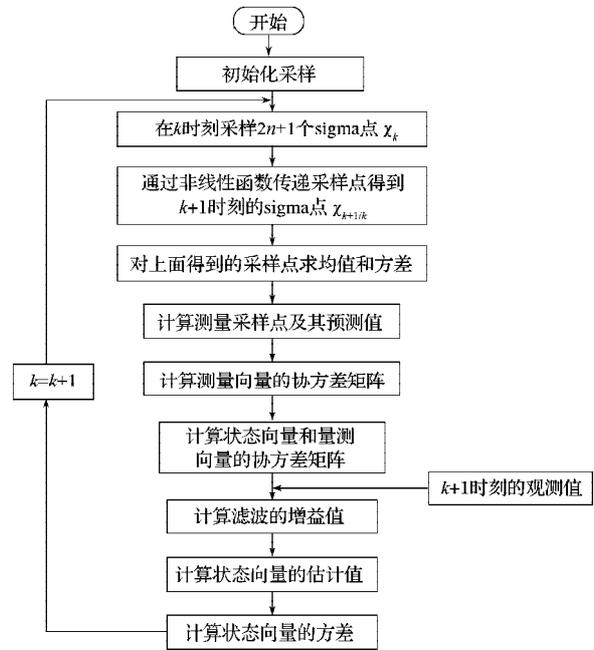


图7 SOC估测程序流程图

Fig. 7 Flow chart of SOC estimation

#### 3.2 系统软件程序流程图

系统软件采用了模式化的编程思想,具体流程如下。

电动汽车的电池管理系统实时监控电动汽车的动力电池的电荷状态,当电池的总电量下降到50%的时候,GPS查找距离最近的N个(N的值由驾驶员根据情况自行设定)流动充电站的距离,并计算该距离所需要的SOC值,当电池的总电量小于或等于N个值中最大的一个时,BMS下发需要充电告警,与此同时,GPRS模块调用终端内部存储的IP地址和端口号,自动建立与监控中心的通信联系,将电动汽车当前的位置信息和最近的充电站的位置信息以

RMC格式的报文发送给监控中心,请求预定充电。若此时在线排队车辆不多,则监控中心回发预定成功短信,电动汽车GPS则规划路径;否则,监控中心发送拒绝消息,电池管理系统则重新发送距离最近的充电站(除掉前面排除的排队车辆已满的充电站)的位置给监控中心。重复上述过程,若是 $N$ 个充电站排队等待时间都很长,则由驾驶员自行选择合适的充电站进行充电。系统软件程序流程如图8所示。

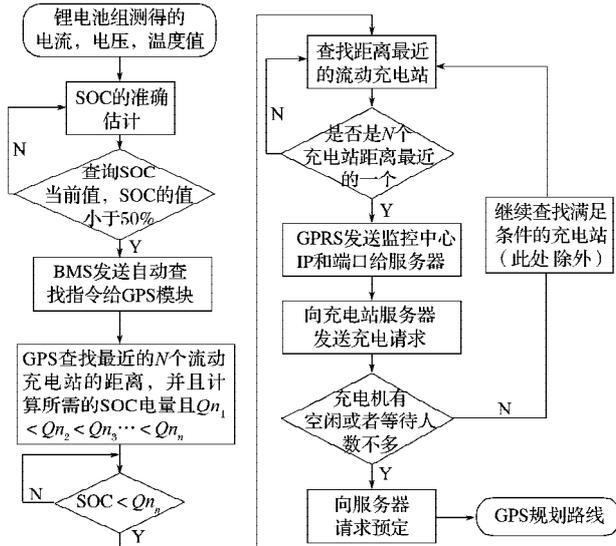


图8 系统软件程序流程图

Fig. 8 Flow chart of system software program

## 4 结语

本文利用电容对强电系统和弱电系统的隔离作用,能准确测量锂电池组的电压,利用霍尔电流传感器测得实时电流值,并且通过无迹卡尔曼滤波对漂移电流噪声进行滤波,使得电流的测量值更加准确,以便得到准确的SOC估测值;GPS/GPRS模块的加入使得电动车在电量不足的时候智能、自动查寻最快捷的路径,确保在电量耗尽之前到达充电站进行充电,以保证续航能力;且当电动车发生故障时,通过GPRS与监控中心取得联系,请求援助。本文设

计的管理系统智能且人性化,能自动提醒,智能查找,提前预定,充分保证了电动车的续航能力,并且大大节省了驾驶员的充电等待时间;同时驾驶员也可以根据实际情况自行设定参数,体现了很好的人机交互功能。后续的工作依然艰巨,下一步将着手充电站监控中心数据库系统的实现。

## 参考文献:

- [1] 姜久春. 电池管理系统的概况和发展趋势[J]. 新材料产业, 2007(8): 40-43.  
Jiang Jiuchun. The Progress and Development Trend of the Battery Management System[J]. Advanced Materials Industry, 2007(8): 40-43.
- [2] 夏超英, 张 术, 孙宏涛. 基于推广卡尔曼滤波算法的SOC估算策略[J]. 电源技术, 2007, 31(5): 414-417.  
Xia Chaoying, Zhang Xu, Sun Hongtao. A Strategy of Estimating State of Charge Based on Extended Kalman Filter [J]. Chinese Journal of Power Sources, 2007, 31(5): 414-417.
- [3] 杨 朔, 何莉萍, 钟志华. 基于CAN总线的电动汽车电池管理系统[J]. 贵州工业大学学报: 自然科学版, 2004, 33(2): 90-100.  
Yang Shuo, He Liping, Zhong Zhihua. Electric Vehicle Battery Management System Based on CAN Bus[J]. Journal of Guizhou University of Technology: Natural Science Edition, 2004, 33(2): 90-100.
- [4] 饶运涛, 邹继军, 郑勇芸. 现场总线CAN原理与应用技术[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2003: 12-18.  
Rao Yuntao, Zou Jijun, Zhen Yongyun. CAN Bus Principle and Application Technology[M]. Beijing: Beihang University Press, 2003: 12-18.
- [5] 顾肇基. GSM网络与GPRS[M]. 北京: 电子工业出版社, 2002: 35-66.  
Gu Zhaoji. GSM and GPRS[M]. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 2002: 35-66.

(责任编辑: 申 剑)