

超级电容器在电动车上的应用

李媛媛 陈英放 方勤

(江西财经大学 电子学院, 江西南昌 330013)

摘要: 超级电容器电动车以其优异的性能、低成本以及零排放建立了全新的交通运输电动车的设计思想。综述了超级电容器的基本原理和特点, 介绍了超级电容器在纯电动车与混合动力车上的应用及发展。

关键词: 超级电容器; 纯电动车; 混合动力车; 应用

中图分类号: TM53 文献标识码: B 文章编号: 1005-7676(2008)02-0016-04

Applications of Supercapacitors in Electric Vehicles

LI Yuan-yuan, CHEN Ying-fang, FANG Qin

(Institute of Electronics, Jiangxi University of Finance & Economics, NanChang JiangXi 330013)

Abstract: For its excellent performance, low cost and zero release, supercapacitor vehicle set up a whole new traffic vehicle design thought. This article summarized the basic principles and characteristics of supercapacitors. Then it introduced the applications and development of supercapacitors in the battery electric vehicle and hybrid electric vehicle.

Key words: supercapacitor; battery electric vehicle; hybrid electric vehicle; applications

现在, 城市污染气体的排放中, 汽车已占了50%以上, 世界各国都在寻找汽车代用燃料。由于石油短缺日益严重人们都渐渐认识到开发新型汽车的重要性, 即在使用石油和其它能源的同时尽量降低废气的排放。

超级电容器功率密度大, 充放电时间短, 大电流充放电特性好, 寿命长, 低温特性优于蓄电池, 这些优异的性能使它在电动车上有很好的应用前景。在城市市区运行的公交车, 其运行线路在20公里以内, 以超级电容为唯一能源的电动汽车, 一次充电续驶里程可达20公里以上, 在城市公交车将会有广阔的应用前景^[1]。

电动汽车属于新能源汽车, 包括纯电动汽车(Battery Electric Vehicle, BEV)、混合动力电动汽车(Hybrid Electric Vehicle, HEV)和燃料电池电动汽车(Fuel Cell Electric Vehicle, FCEV)三种类型。它集光、机、电、化各学科领域中的最新技术于一体,

是汽车、电力拖动、功率电子、智能控制、化学电源、计算机、新能源和新材料等工程技术中最新成果的集成产物。电动汽车与传统汽车在外形上没有什么区别, 它们之间的主要区别在于动力驱动系统。电动汽车采用蓄电池组作储能动力源, 给电机驱动系统提供电能, 驱动电动机, 推动车轮前进。虽然电动汽车的爬坡度、时速不及传统汽车, 但在行驶过程中不排放污染, 热辐射低, 噪音小, 不消耗汽油, 结构简单, 使用维修方便, 是一种新型交通工具, 被誉为“明日之星”, 受到世界各国的青睐^[2]。

1 超级电容器简介

超级电容器又称为电化学电容器, 是20世纪70年代末出现的一种新产品, 电容量高达法拉级。以使用的电极材料来看, 目前主要有3种类型: 高比表面积碳材料超级电容器、金属氧化物超级电容器、导电聚合物超级电容器。

投稿时间: 2008-03-01

作者简介: 方勤(1963-)女, 江西财经大学电子学院教授。

1.1 基本原理^[3]

根据电化学电容器储存电能的机理的不同, 可以将它分为双电层电容器 (Electric double layer capacitor, EDLC) 和赝电容器 (Pseudocapacitor)。碳基材料超级电容器能量储存的机理主要是靠碳表面附近形成的双电层, 因此通常称为双电层电容; 而金属氧化物和导电聚合物主要靠氧化还原反应产生的赝电容。

双电层电容器的基本原理是利用电极和电解质之间形成的界面双电层来存储能量的一种新型电子元件。当电极和电解液接触时, 由于库仑力、分子间力或者原子间力的作用, 使固液界面出现稳定的、符号相反的两层电荷, 称为界面双电层。双电层电容的大小与电极电位和表面积的大小有关。双电层电容器电极通常由具有高比表面积的多孔碳材料组成。碳材料具有优良的导热和导电性能, 其密度低, 抗化学腐蚀性能好, 热膨胀系数小, 可以通过不同方法制得粉末、颗粒、块状、纤维、布、毡等多种形态。

赝电容是在电极表面或者体相的二维或准二维空间上, 电活性物质进行欠电位沉积, 发生高度可逆的化学吸附/脱附或氧化/还原反应, 产生与电极充电电位有关的电容。由于赝电容不仅发生在表面, 而且可以深入内部, 因而可获得比双电层电容更高的电容量和能量密度。相同电极面积下, 赝电容可以是双电层电容量的 10~100 倍。目前赝电容电极材料主要为一些金属氧化物和导电聚合物。

1.2 与传统电容器、电池的区别^[4-6]

电化学电容器和电池的运行机理从原理上就不同。对于双电层型超级电容器, 电荷存储是非法拉第过程, 即理想的没有发生通过电极界面的电子迁移, 电荷和能量的存储是静电性的。而对电池而言, 实质上发生了法拉第过程, 即发生了穿过双层的电子迁移, 结果是发生了氧化态的变化和电活性材料化学性质的变化。总的来说, 电荷存储过程有如下重要的区别:

(1) 对于非法拉第过程, 电荷的聚集靠静电方式完成, 正电荷和负电荷居于两个分开的界面上, 中间为真空或分子绝缘体, 如双层、电解电容中的云母膜、空气层或氧化物膜。

(2) 对于法拉第过程, 电荷的存储靠电子迁移完成, 电活性材料发生了化学变化或氧化态变化, 这些变化遵守法拉第定律并与电极电势有关。在某种情况下就能产生准电容。这种能量的存储是间接的。

在比能量和比功率两个性能参数上超级电容器位于电池和传统电容之间, 循环寿命和充放电效率都远远高于电池。由于使用寿命长通常都超过了使用其设备的寿命, 所以, 超级电容器终身无需维护, 加之使用完后, 对环境要求宽松, 无污染, 因而又称其为绿色能源。

1.3 超级电容器车用贮电装置的优点^[7]

(1) 超级电容器是绿色能源, 不污染环境; 化学电池对环境有 2 次污染。

(2) 循环使用寿命长(约 10 万次); 化学电池的循环使用寿命短(200~1000 次), 易损坏。

(3) 充电速度快(0.3s~15min); 化学电池的充电时间长, 一般要 3~10h。

(4) 充放电效率高(98%); 化学电池的充放电效率低(70%)。

(5) 功率密度高(1000~10000W/Kg); 化学电池功率密度低(300W/Kg)。

(6) 超级电容器彻底免维护, 工作温度范围宽(-40~+70), 容量变化小; 铅酸电池电动车在-40 时, 续驶里程减少 90%, 而超级电容器只减少 10%。

(7) 超级电容器电动大客车刹车再生能量回收效率高, 常规制动时回收高达 70%, 化学电池系统的能量回收效率仅为 5%。

(8) 相对成本低。超级电容器的价格比铅酸电池高一倍, 但由于超级电容器的寿命比化学电池高 10~100 倍, 所以超级电容器电动车的综合运营成本大大低于化学电池。

2 超级电容器在电动车上的应用

全球每年通过公交系统在固定线路上出动的运输车辆约是 5000 亿次, 其中人们最普遍使用的运输工具仍是公交车辆。2000 年的销售量为 18.3 万辆, 今后 5 年里, 每年销售达到 22.0 万辆。美国达 4.78 万辆。估计到 2010 年公交车辆的拥有量将达 65 万辆。这么多车辆若不进行改造, 仍然采用柴油或汽油, 那需要的油料量将成为沉重的负担, 造成的空气污染也很明显^[8]。

据估计燃料电池在最近十年内还不可能达到规模化生产^[9]。撇开成本昂贵的燃料电池不说, 我国已在使用或即将推广的车用乙醇汽油、天然气车的项目, 也摆脱不了高成本的困扰: 由于燃料乙醇的生产成本高于汽油, 国家有关部门正在制定补贴方案, 以使车用乙醇汽油的价格与同号汽油持平; 由于天

然气发动机的价格比同排量柴油机成倍增,在全国率先批量装备天然气发动机的北京市公交总公司有关人士承认,目前天然气车主要满足长安街一线运营需要^[9]。

而超级电容器正好解决了这一难题,超级电容器的容量有足够大,成本很低,对环境又无污染。大功率的超级电容器对于电动汽车的启动、加速和上坡行驶具有极其重要的意义:在汽车启动和爬坡时快速提供大功率电流;在汽车正常行驶时由蓄电池快速充电;在汽车刹车时快速存储发电机产生的大电流,这些可以减少电动汽车对蓄电池大电流充电的限制,大大延长蓄电池的使用寿命,提高电动汽车的实用性。鉴于电化学超级电容器的重要性,各工业发达国家都给予了高度重视,并成为各国重点的战略研究和开发项目。

2.1 在纯电动车上的应用及发展

超级电容对整车动力性能的影响主要在于对续航里程的影响。超级电容的容量、能量密度、放电深度、功率密度等性能参数都会影响车辆行驶的能量消耗和续航里程^[1]。

哈尔滨工业大学电磁与电子技术研究所研究出用超级电容器做储能器件的电动客车,这是一种只需充电15分钟便能连续行驶25公里,而最高时速可达52公里的电动客车。据悉,由该所承担的省“十五”科技攻关重大项目——“以电容为能源的电动车”等3个项目,已通过省科技厅鉴定。该项研究在以电容为能源的电动车续航里程、最高车速等方面达到了国际先进水平。这种超级电容电动客车的研制为国内首创,其性能指标达到了国际同类产品的先进水平。该项目在整车控制技术、电驱动技术、电容管理均衡技术方面实现了突破和创新。据了解,目前在国际上,污染小、节省能源的电动汽车已引起相当高的重视。在电动车的部件中,超级电容器凭借使用寿命长、安全性强等特点,已成为电动汽车开发的重要方向之一。这种以电容为能源的电动客车无污染、零排放、低温特性好,适合于北方城市公交运行,具有良好的市场前景和社会效益^[10]。

将超级电容器应用到电动公交车上已经是一个很热门的话题了。由于公交线路站点是固定不变的,超级电容器的充电时间很短,在一分钟之内即可完成,所以可以利用公交车进站的时间充电,这样既不影响乘客的乘车时间,又不会像现在的有轨电车那样车顶上必须有两个“辫子”,这样也省去了电车轨道设置的费用,看起来也更美观一些。超级电容

器有个缺点就是能量密度小,充电一次只能跑20~25km,但它的充电速度快,充完就可以接着跑。跟铅酸电池比较这一点要好很多,铅酸电池充一次电得要5~8小时,所以只要在线路上合适的地方建立一个超级电容器电动大客车充电站就可以了,而投资建设一个这样的充电站的费用比建一个加油站小得多,也比建设一个同样规模的加气站或铅酸电池充电站省钱。

2.2 在混合动力车上的应用

纯电动汽车尽管具有上述优点,但由于电池容量的限制,致使车辆在续驶里程和爬坡、加速性能上不及通常的汽车。虽然人们在蓄电池的研究开发上做了多方努力,也难以达到通常轿车那样,加满油后可行驶400~500公里的里程^[9]。要充分满足用户的欲望,目前仅靠现有蓄电装置的性能是难以实现的,于是就有了混合电动车的出现。^[11]

混合动力车是专门为城市公共交通设计开发的,既可用电又可用油,是短期内电动汽车最现实的产业化产品。这种车与同类型的传统汽车相比尾气排放可减少50%~70%,降低燃油消耗30%以上,能够满足日益严格的环保要求,既有电动车的节能和低排放的特点,又具有燃油汽车的方便性能^[12]。混合动力源电动车按照能量合成的形式主要分为串联式(Series Hybrid Electric Vehicle, SHEV)和并联式(Parallel Hybrid Electric Vehicle, PHEV)两种。在串联式混合动力系统中,由发动机驱动发电机,利用发出的电能由电动机驱动车轮。即发动机所发出的动能全部要先转换成电能,利用这一电能使车辆行驶。并联式混合动力系统采用的是发动机与电动机驱动车轮,根据情况来运用这两个动力源,由于动力源是并行的,故称为并联式混合动力系统。此外,还存在混联式,也称串并联式,它可以最大限度地发挥串联式与并联式的各自优点^[13]。

就目前所制造的混合电动车来看,它的动力系统是以燃油发动机作为主要动力,其电力能量贮藏系统通常是二次电源,而目前所应用的二次电源存在很多的缺点有待大幅度改进,而这些问题都可以用超级电容器代替解决,在内燃机车的电起动系统中采用超大容量电容器辅助起动装置,显示了较突出的优势,其表现在^[14]:

1. 由于起动功率的增加,缩短了柴油-发电机组的起动时间。柴油机旋转加速度增加,提高了燃油点燃质量。

2. 降低了起动时蓄电池组的最大电流负荷,有

助于延长蓄电池的使用寿命。

3. 确保了起动的可靠性, 特别是在低温以及蓄电池组亏电或参数变坏时尤为明显。

4. 在现有蓄电池技术状况下, 可以有效减小蓄电池容量。

但超级电容器并不能完全取代电池, 因为它的能量密度比较低。超级电容器单体的工作电压较低, 因此要通过多个电容器单体的串联才能得到较高的工作电压, 而多个单体串联对单体的统一性要求比较高, 且串联起来后体系的容量又会成倍减少。现在这方面的很多工艺都还在研发当中。

超级电容的特性正好满足混合动力电动汽车的特殊要求。利用超级电容瞬时大功率特性, 避免了要求发动机频繁起动和蓄电池提供瞬间大功率的特殊要求, 同时还可以对制动能量进行回收利用, 从而可以节约能源、减少排放污染, 尤其适合经常在城市行驶的混合动力电动汽车。在回收制动能量方面, 汽车在行驶过程中至少有 30% 的能量因热量散发和制动而消耗掉, 特别是在城市行驶, 经常遇到红灯, 这样不仅造成能源浪费, 而且增加环境污染。如能把制动所消耗的能量回收起来用于汽车起动、加速, 可谓一举两得。由于蓄电池充电是通过化学反应来完成的, 所需时间较长, 但制动时间较短, 因而回收能量效果不佳。现正处于研究中的飞轮电池, 由于精度要求高、制作难度大, 短时间还难以进入实用阶段。超级电容独有的特性非常适合用于制动过程中能量回收, 而且成本较低, 应用前景广阔。

在为发动机冷起动时提供瞬时大功率方面, 发动机的冷起动对蓄电池提出了特殊的要求, 蓄电池必须提供瞬间大功率, 发动机才可能起动。然而, 一般蓄电池不具备这种特性, 除非用起动点火型电池, 但是起动点火型电池并不适合长时期小电流工作环境, 而且在低温下经常失效, 因此也不适合。研究发现, 如果把超级电容和蓄电池联合用在发动机起动系统, 发挥超级电容的独有特性, 构成新型的起动系统, 这个问题就可迎刃而解^[15]。

(上接第 8 页) 机械化工作面应用。

目前国内几种典型的薄煤层采煤机, 主要生产厂家与设备主要参数见表 1 所列。

4 结语

对于中国资源量比较大的薄煤层开采来说, 现在的采煤机械和开采技术也都比较成熟了, 选择应

3 结语

超级电容器作为一种新型储能元件, 其出现填补了传统静电电容器和化学电源之间的空白, 凭借着低成本高性能的优势, 加上对环境的无污染使得人们对它越来越重视。随之对电动汽车研究的深入, 超级电容器在这方面应用的优势也越来越明显。超级电容器的高性能决定了其市场前景非常广阔, 而低成本又决定了其显著的经济效益。虽然超级电容器存在着比容量偏低的缺陷, 但相信通过改进, 一定会推动汽车行业发生质的飞跃。

参考文献:

- [1] 崔淑梅, 张千帆, 宋立伟, 等. 超级电容电动车动力性能的研究 (J). 微电机, 2005, 38(4): 37-40.
- [2] 叶子. 电动车展大打“新能源”牌(N). 中国贸易报, 2007-8-7.
- [3] 张治安, 邓梅根, 杨邦朝, 等. 双电层电容器电极材料最新研究进展 (J). 电子元件与材料, 2003, 22(11): 1-5.
- [4] 熊奇, 唐冬汉. 超级电容器在混合电动车上的研究进展 (J). 中山大学学报, 2003, 42(6): 130-133.
- [5] Adrew Burke, Marshall Miller. Comparisons of Ultracapacitor and Advanced Batteries for Pulse Power in Vehicle Applications: Performance, Life, and Cost. Busan, Korea, 2002 EVS-19.
- [6] PCOS Press Release, MAN Ultracap Bus in Scheduled Service, March 2002.
- [7] 王嘉善, 王海杰. 超级电容器电动车 --- 城市公共交通现代化新模式(C). 新世纪中国城市公共交通现代化论坛论文集, 136-138.
- [8] 赖坚. 我国电动车使用何方. 中国机电工业(J), 2001(19): 17-18.
- [9] 孟莉. 替代燃料遭遇产业化难题(N). 中国汽车报, 2001-10-15(2).
- [10] 刘培香, 初霞. 新型电动车充电一次能跑 25 公里(N). 哈尔滨日报, 2006-7-11(1).
- [11] 赖坚. 对我国发展电动车的若干思考(J). 中国机电工业, 2001(5): 6-7.
- [12] 安定. 混合动力车最适合中国国情(J). 加油站, 2005(6), 10.
- [13] 张立伟, 胡广艳, 游小杰, 等. 混合动力电动汽车中电力电子技术应用综述(J). 电子电力, 2006(2): 9-13.
- [14] 薛洪发. 超大容量电容器在内燃机车起动中的应用(J). 内燃机车, 2000(9): 8-9.
- [15] 张炳力, 赵韩, 张翔, 等. 超级电容在混合动力电动汽车中的应用(J). 试验与研究, 2003(9): 48-50.
- [16] 凌天山. “杂交汽车”的优势. [J]. 知识就是力量 2002(9), 49.

用时应切实根据当地的煤层赋存情况, 因地制宜的选择比较适宜的采煤机械, 以便充分发挥好它的巨大投资效益和作用。

参考文献:

- [1] 冯泾若, 杨旗平, 刘建功等. 我国薄煤层电牵引采煤机的技术现状和发展趋势[J]. 煤矿机电, 2005(11): 11-14.