

基于超级电容与蓄电池复合动力电源的研究

敬光红

(成都农业科技职业学院机电分院, 四川成都611130)

摘要：作为化学储能的主要方式，蓄电池在功率密度、充电速度、能量转换效率、寿命等方面存在着严重的不足，致使许多以蓄电池为主动力的新型产业存在着技术瓶颈。而超级电容作为一种新型的储能方式，恰恰在这些方面具有优良的特性，与蓄电池形成了良好的性能互补。通过分析这两种电池的基本性能，设计了以蓄电池为主动力系统，以超级电容器为辅助动力系统的复合电源，阐述了复合电源的拓扑结构及功率分配控制方法。研究结果表明：采用复合电源工作的电源设备，相比于单一蓄电池电源的情况，具有更好的动力性和可靠性，同时还具有蓄电池的保护作用，有效地提高了系统的寿命。

蓄电池从发明到今天，已有150多年的历史。一百多年来，随着科学技术的不断发展，蓄电池的种类、结构、工艺得到了不断的改进和完善。从最初的铅酸蓄电池，逐步发展至各种新型铅酸蓄电池、锂电池等多种形式并存的局面。而直至今日，蓄电池在飞机、船舶、汽车、电脑、各种仪器、通信设备中依然占据着非常重要的地位。

但是，蓄电池在性能方面也存在着众多的不足之处，例如：功率密度较低、能量转换效率不高、充电速度慢、低温特性差、循环使用寿命短，对环境有污染等问题一直困扰着蓄电池的使用，而这些性能对蓄电池所能提供的动力特性、持续时间特性等都存在着重要的影响，因此，研究出比能量高、比功率大、寿命长的高效电池形式是蓄电池突破技术瓶颈的关键^[1]。

本文以新型储能形式——超级电容为主要突破口，利用超级电容与蓄电池性能互补的优势，设计了以蓄电池为主、超级电容为辅的电能供给复合系统，并对系统的拓扑结构、功率控制方法进行了研究。

1 超级电容性能分析

超级电容又称为法拉电容或黄金电容，其储能的过程并不是利用化学反应，而是通过极化相应的电解质来进行储能，因此具有许多传统蓄电池所不具备的优势^[2]。

其一：由于超级电容的储能不是通过化学元素的化学反应取得，因此其储能过程具有可逆的基本特性，这一特性使电池的反复充放电次数达到了数十万次，从而保证了电池的寿命；

其二：超级电容的能量密度高。高耐压的超级电容动力电池的能量密度可以达到磷酸铁锂电池的3~5倍，氢镍电池的5~10倍，可以有效地改善蓄电池充电时间过长的不足；

其三：由于不存在电能与化学能的转化损耗，电能利用率高达95%，同时超级电容的充放电过程几乎不受外界温度的变化而变化，所以容量随温度的衰减很小；

其四：超级电容结构简单，控制也相对简单，有利于提高控制的可靠性。

综上所述，超级电容是一种短时间输出功率高、寿命长、充放电过程快的新型电池，但是超级电容也有自身的缺点：储电能力差、续驶里程短，因此超级电容电池一般只用在充电容易、耗能少的场合。但是，如果将超级电容和蓄电池以组合的方式一起工作，将能实现各取所长，各避其短的局面，是对电动机械电池方案的良好改进。

2 复合电源系统及其结构

超级电容与锂电池的组合可以有效地克服各自的缺点，发挥优势，因此具有良好的应用前景，尤其是在电动汽车领域，已经成为汽车电源发展的新方向。下面以在电动汽车所用电池为例，来分析组合电池的工作特性及过程。

众所周知，一辆汽车的运行过程可以分为启动、加速、减速、停止、上坡、下坡等几种状态，而在这些状态中，功率的需求变化很大。据相关资料显示，一辆重2吨的汽车，在启动、加速、上坡时需要的功率约为150kW，而当它以80km/h的速度运行时仅需5kW的功率就可满足要求，峰值功率与平均功率比相当高^[1]

。如果利用单纯的蓄电池来驱动该汽车的话，势必会为了达到峰值功率而加大蓄电池容量，造成极大的浪费。而如果将一组超级电容与一组蓄电池相并联的话，蓄电池的容量设计只要满足平均功率即可，而峰值功率可以由超级电容来提供，同时超级电容还可以回收在下坡等状态下的电能，提高电能的利用率。

超级电容与蓄电池之间的并联关系利用DC-DC变换器来实现，基本结构如图1所示。

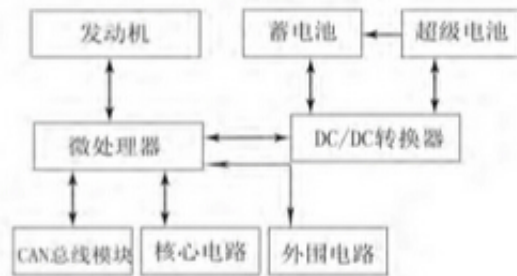


图 1 复合电池基本结构

如图1所示，当电动汽车在正常行驶的情况下，由蓄电池通过DC/DC为电动机供电；而当汽车处于加速或上坡状态时，蓄电池的能量不足以供给其电能，因此由蓄电池和超级电容共同供能；当汽车处于减速和下坡状态时，电动机转换为发电机模式，所产生的能量通过功率变换器由超级电容回收，并存入蓄电池。利用以上的复合结构形式，利用超级电容和蓄电池各自的特性，就可以构造出具有高比能量和高比功率要求的电池系统，并延长整个电池组的使用寿命。

3功率变换器设计

本设计中采用蓄电池为主电池，通过功率变换器(DC/DC)与超级电容器进行并联。DC/DC变换器设计为双向升降压变换器。主电路如图2所示。主要技术指标为：DC/DC变换器：32~50V，±100A，带有过流、过压、过热保护；直流母线电压：32~50V；电池电压：32~48V；最大充放电电流：±300A。

如图2所示，当电容对外放电时，DC/DC变换器处于升压状态，电路由VQ1、VQ2、L和C2构成升压变压器；而制动时，电流反馈，DC/DC变换器处于降压状态，电路由VQ3、VQ4、L和C1构成降压变压器。功率变换器的存在，可以使电池组的工作状态变得更加灵活，保证了蓄电池的恒流工作状态和超级电容的向脉冲负载提供瞬时功率的能力，同时，DC/DC功率变换器的存在，提高了系统的功率输出能力，优化了蓄电池的放电过程，延长了整个电池组的使用寿命。

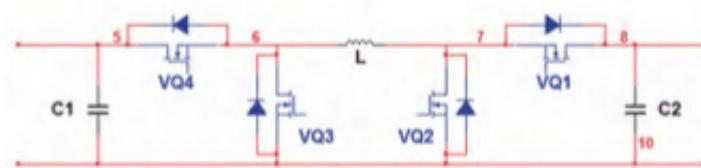


图 2 双向可升降压变换器

4控制系统设计

为保证复合电池的工作特性，复合电池组的工作过程一般采用单片机为核心，CAN总线为主要通信方式的控制体系。

CAN总线主要构成的是高速通信系统，实现对电池组、电机、转向、制动等工作过程的数据通信过程，并将电池系统及驱动系统的各项实时数据传送至单片机中进行处理。CAN总线系统的控制器采用PHILIPS公司生产的SJA1000来完成。信号收发器采用PHILIPS公司生产的TJA1050，可以满足系统的基本要求。

电池管理的单片机采用P89C51，采用C语言构建指令系统，具体控制过程简单，可靠性好的特点。

5结论

本文研究了超级电容与蓄电池的基本性质，构建了以蓄电池为主、超级电容为辅的复合电力系统。

该系统以微处理器为控制核心，以DC/DC转换器为功率切合点，以CAN总线为通信方式。主要系统特点为：(1)蓄电池工作在恒流状态，满足平均功率的需求；而峰值功能由超级电容来提供，从而可以减轻蓄电池功率输出压力，提升电能利用率，延长电池寿命；(2)利用超级电容的宽温度特性，为汽车的低温启动提供有利的条件；(3)利用超级电容的基本特性回收制动能量，提高续驶里程。

综上所述，以蓄电池为主、超级电容为辅的复合电池是一种新型动力储能装置，具有短时高倍率电流充放电和高能量密度的优点，有良好的市场前景。

参考文献：

[1]张靖.超级电容蓄电池复合电源的研究与仿真[D].哈尔滨：武汉理工大学，2005：21-22.

[2]任丽红.基于PNGV的超级电容蓄电池复合电源的研究[J].电源技术，2013(10)：691-692.

原文地址：<http://www.china-nengyuan.com/tech/97865.html>