

电池-超级电容器混合储能系统研究进展

尚德华

傲普(上海)新能源有限公司 上海 200050

[摘要] 电池-超级电容器混合储能系统是由能量型储能器件和功率型储能器件所组成的混合型储能系统,这种混合储能系统能够有效发挥出能量型储能的持久性和功率型储能的快速性,因此具有极高的储能综合性以及经济性特点。基于此,针对电池-超级电容混合储能系在各个行业中的应用,分析出其关键技术,从而有利于更好地对混合储能系统进行控制与能量管理,推动我国电池-超级电容器的快速发展。

[关键词] 超级电容器; 混合储能系统

【DOI】 10.12252/j.issn.2096-6288.2021.12.1367

引言

电池的超级电容器作为储能器件,能够有效实现能量和密度以及功率密度上的有机结合,根据超级电容器的储能特性,针对不同能量型储能器件所含有的不同技术参数,充分发挥出能量型储能的持久性和功率型储能的快速性,有助于更好地提升储能系统的综合性与经济性,实现电池性能的大幅度提升。

1. 电池-超级电容器混合储能系统的应用

1.1 在电网储能中的应用

电池-超级电容器混合储能技术用于改善风能和太阳能的波动时,通过组合多个储能器件,有助于实现缓解以及减轻发电源所带来的不利因素。这是由于风力发电一般由不同幅值的频率分量组成,而电池-超级电容器混合储能系统则包含有低速与高速响应的方式,能够获得更好地平滑性。在对小波变换算法的复合容量配置中,电池-超级电容器混合储能对缓冲风电功率的波动以及可再生能源输出功率的频率分布采用组合调节的方式,对管理偏远地区供电风能的波动性具有非常良好的效果。除此之外,电池-超级电容器混合储能能在传统光伏太阳能系统中也能有效提高其充放电效率和改善电能质量的目的,对于光伏发电系统的振荡输出功率,提出光伏电站功率管理通常是一种基本规则的算法,使得超级电容所需的额定功率能够降低到电池的20%以内^[1]。而在微电网系统中,由于电池储能具有良好的频率调节功能,调节频率会缩短电池的使用寿命,随着电池在变频控制中应对的功率变化,也会加速电池的损坏情况。因此想要解决这种问题,就需要采用混合储能系统的方式,不仅可以实现频率调节功能,还可以延长电池的使用寿命,根据电网的特点,白天和夜晚用电量不同,想要更好地避免电池充放电次数,借助超级混合电容器,就可以有效实现这种情况下的充放电次数而引起的电能波动性问题。

1.2 在汽车上的应用

想要更好地实现节能减排,实现对环境的保护,当前人们对汽车的研究,依旧逐渐向着绿色环保的电动车方向研究。而电动车的核心技术就是电池的续航能力以及电池的使用寿命问题,这些因素关系到电动车的未来发展方向,目前市面上的电动车,都存在电池损耗严重、续航不足等问题,在遇到道路问题或者环境问题时,电动车的电池损耗更加严重。而将电池-超级电容器混合储能应用在电动汽车上,在电动汽车应用中,可以减少电流波动对电池造成的负面影响,实现对电池寿命的延长^[2]。将电池-超级电容器混合储能加入到电动汽车的设计中,将超级电容器吸收作为主要的峰值功率时,需要设计出精良性、能量密度高以及循环寿命长的混合储能电动车,有助于解决电池的弊端的问题。对电动汽车整体性能在产生积极影响后,电池-超级电容器混合储能可以

使汽车实现冷启动,对于汽车制动时产生的回馈能量,实现降低能量损耗,并在汽车加速时使汽车具有更快、爬坡更有动力的提升。

1.3 在轨道交通中的应用

轨道交通对电池的电容功率有着更高的要求,而利用电池-超级电容器混合储能,能够满足轨道交通功率、低温性、安全性的要求。通过高功率储能或者释放,实现制动能量的有效回馈,从而延长电池的使用寿命,成为轨道交通的备用电源。随着轨道交通事业的快速发展,城市轨道交通在运行中的启动和刹车次数也越来越多,然而随着启动和刹车对牵引电网产生较大的冲击情况下,超级电容器和蓄电池组成的混合储能系统,有助于更好地维持牵引电网的稳定,最终确保轨道交通的列车的安全行驶^[3]。这些都是基于电池-超级电容器混合储能系统的高能量密度以及高功率密度的特点进行的,因此对城市轨道交通应用电池-超级电容器混合储能系统,最终实现节能效果的快速提升,促使电池寿命得到有效延长。

2. 电池-超级电容器混合储能系统的关键技术参数

2.1 电池-超级电容器混合储能系统控制和能量管理

电池-超级电容器混合储能系统相比于单一储能系统而言更加复杂,因此针对系统控制和能量管理时,要充分供给负载能量和功率,才能确保工作效率达到最大值,最终发挥出两种电源的各自优势。而超级电容器往往具有非线性及时变特性,使得超级电容器和电池都需要由控制系统组成,结合技术的充电类型、电荷的状态以及电源电压等,实现对不同情况的分配。

2.2 电池-超级电容器混合储能系统的参数匹配

想要更好地满足不同应用的工况需求,就需要电池-超级电容器混合储能系统充分发挥出电池比能量高和功率高的优点,并针对相关技术参数,如电压、容量以及功率等问题的匹配,通常是非常重要的。而使用储能设备整体结构的设计中,为了避免使储能电源空间受到限制,不能一味的增加电池和超级电容的数目,而应该合理的匹配参数,才能满足负载性能的要求,同时也不会浪费大量的资源,实现降低储能电源购买成本的目的^[4]。对于混合储能的参数匹配之前,对混合储能各个器件进行充放电时,需要了解各个器件的性能特点,才能更好地实现对后续参数的匹配确定,同时确定电池-超级电容器混合储能系统的拓扑结构,当拓扑结构参数匹配结果不相同,选定电池和超级电容器的型号基础上,确认负载对负荷电源功率需求和能量需求。根据能量和功率的实际需求可以得出电池组和超级电容器组的能量、功率以及对单体数目进行的配置,可以确定相关参数中电池单体数量和超级电容单体的数量。当电池组功率配置主要受放电倍率的影响后,电池的配置需要更好地满足负载能量的实际需求

和功率的需求，并在设备典型运行条件下，完成能量和连续回馈能量的配置，最终达到负载所需的峰值功率。

2.3 电池-超级电容器混合储能系统的技术经济分析

电池-超级电容器混合储能具有能量密度高、功率密度高以及循环寿命长等优点，因此在建立混合动力模型时，对其性能进行分析，并在脉冲负载的应用中，能够有效减少电池数量和储能系统的成本。同时在研究中，对电池-超级电容器混合储能系统的经济性进行分析，定量评估电力系统频率控制混合电池储能成本的方法，可以对两种类型的混合电池储能成本进行模拟，确保电池-超级电容器混合储能系统具有更高的经济效益。以电动车为例，分别对电动车应用单一的储能以及混合储能，并根据不同的参数以及对应的成本进行分析，发现普通电池是电池-超级电容器混合储能成本的144%，其对比性能参数如表1所示。

表1 电池-超级电容器混合储能和普通电池性能参数对比

| 参数 | 普通电池 | 电池-超级电容器混合储能系统 |
|------------|----------|----------------|
| 单次放电时间S | 66258 | 66795 |
| 单次放电行驶里程KM | 260.5 | 263 |
| 电池温度℃ | 25.7 | 25.4/35 |
| 最大放电电流A | 20.2 | 12.25/451 |
| 最大充电电流A | 15.3 | 9.8/571 |
| 寿命结束行驶里程KM | 410476.5 | 480145 |
| 寿命结束行驶时间H | 29015.5 | 33945 |
| 质量KG | 2300 | 1589 |
| 体积L | 1054 | 736.2 |
| 电量KW·H | 395 | 258.8 |

2.4 电池-超级电容器混合储能的结构

电池-超级电容器混合储能结构设计是根据储能特性确定的，因此必须选择最优的结构方案，其结构主要由电池和超级电容器的并联，超级电容器和电池电感的并联、超级电容器和电池经过DC/DC的并联。在这三类结构中，首先是超级电容器和电池直接并联是混合储能结构中最简单的一种结构方式，通过直接并联的方式可以有效减少电池的最大电流输出，从而实现提高混合储能的功率输出。其次是超级电容器和电池电感的并联的结构中，电感具有滤波作用，所以可以有效稳定电池的输出电流，有助于抑制电流纹波，做到与直接并联相比，对应的电池输出电流会比较平稳，以双向的DC/DC并联结构分为两种方式，采取主动式和半主动式这两种不同的方式^[5]。最后是超级电容器和电池经过DC/DC的并联中，该结构通过电池控制负载电压的方式，能够有效保护电池，以高功率输出的方式由超级电容器承担，将电池和双向的DC/DC变换器串联后再次和超级电容器进行并联。随着超级电容

器决定负载电压的情况下，及时提供给负载峰值功率后，做到吸收负载反馈的能量，由于超级电容器和电池经过DC/DC的并联结构综合了以上两种主动式的优点，但由于使用了两个双向DC/DC变换器，导致成本较高，因此需要更加复杂的控制系统。

3. 电池-超级电容器混合储能系统与单一储能的对比分析

对于电池-超级电容器混合储能系统进行验证时，想要更好地区分电池-超级电容器混合储能和单一储能之间的区别。通常选择以电动车为例，在进行仿真分析时，在Advisor软件上进行仿真时，修改其中的参数就能实现仿真对比，混合储能和单一两种情况查看电池的剩余电量状态，发现单一储能的传统电池剩余电量下降速度非常快，而超级电容器混合储能电池的剩余电量下降速度较慢，如图1(a)所示^[6]。而造成这种情况的主要原因是在混合储能中，超级电容的加入能够有效缓解电池的放电压力，从而能够更加直观的看到混合储能下对电池的保护作用，将电池-超级电容器混合储能电流和单一储能电池的电流进行对比，可以发现两种电池的电流在50A左右，但是单一储能电池的电流要高于超级电容的电池电流，如图1(b)所示。而高倍率的电流必定会对单一储能电池寿命产生较大的影响，也会严重影响到安全性问题，在混合储能中的超级电容器还能实现高倍率的电流充放电，实现延长电池寿命和提高电动车安全的作用。

结束语

随着社会的发展，新能量的开发已经逐渐成为未来能源发展的必然趋势，而对电池-超级电容器混合储能系统的深入研究分析，实现对储能系统全寿命周期成本的降低，有助于改善电能质量，促使电池寿命的延长，而良好的电池-超级电容器混合储能系统优化设计，有助于应用于更多的交通设备，达到节能环保的最终要求。

参考文献

- [1] 韩东旭, 赵凯, 刘鑫, 由菡. 考虑超级电容器荷电状态的混合储能系统能量管理策略[J]. 电气工程学报, 2020, 15(03): 31-37.
- [2] 杨悦强, 祝龙记. 微电网超级电容器混合储能系统控制策略[J]. 广西师范大学学报(自然科学版), 2021, 39(02): 71-80.
- [3] 李想, 张建成, 王宁. 超级电容器-飞轮-蓄电池混合储能系统容量配置方法研究[J]. 中国电力, 2018, 51(11): 117-124.
- [4] 韩舒淇, 李文鑫, 陈冲, 梁立中. 基于风电制氢与超级电容器混合储能的可控直驱永磁风电机组建模与控制[J]. 广东电力, 2019, 32(05): 1-12.
- [5] 谢熙承. 基于混合储能的船舶微电网直流母线电压稳定控制[D]. 东南大学, 2019.

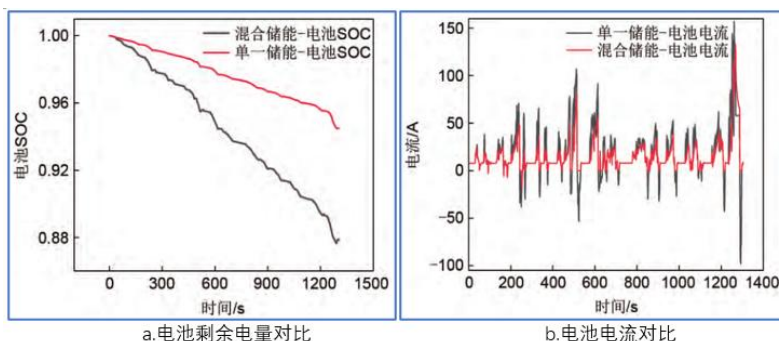


图1 电池-超级电容器混合储能系统与单一储能的对比