

超级电容和锂电池技术在船舶电力推进系统中的应用研究概述

陈刚 张思全 (上海海事大学物流工程学院, 上海201306)

摘要: 分析了船舶电力推进系统所面临的难题, 针对这些难题引入了储能元件。分别介绍了两种典型的能量储存技术即超级电容技术和锂电池技术, 对这两种技术的基本原理和各自的优缺点进行了归纳, 给出了应用与实际船舶的实例。结果表明混合储能技术的使用不仅可以平抑船舶电网功率波动, 还可以节省燃油减少有害气体的排放。

在多数情况下, 船舶电力推进系统都是内燃机驱动发电机组为系统供电。由于海洋环境复杂多变, 负载是变化的, 当负载偏离最佳负荷点时, 燃油就会得不到充分燃烧, 燃油的利用率随之大幅度下降, 同时会产生大量的氮氧化物和硫化物, 对环境造成污染。能量存储技术是解决这一问题的办法之一。

利用储能单元在系统轻载时将多余的能量储存起来, 来防止该能量对电网的冲击。在系统过载时, 储能单元释放能量来满足负载的需求。能量存储技术已经很好的应用于电动汽车行业。而大容量能量存储技术的发展, 使得储能单元应用于船舶电力推进系统成为可能, 利用储能单元来克服功率波动对船舶电力推进系统的影响将是未来船舶推进技术发展的新方向。

1 超级电容器技术

1.1 超级电容器的结构

超级电容有时也被称为电双层电容器, 或双层电容器, 是一种拥有高能量密度的电化学电容器, 一个标准电池大小的电解电容为几十微法拉, 但同样大小的超级电容器则可以达到几法拉, 差别可达五个数量级。电容通过电容效应存储能量, 它的容量和电极的表面积以及电解质的介电常数成正比, 和电极之间的距离成反比。超级电容使用高介电常数电解质, 它的电极采用多孔活性炭材料可以大大增加其表面积, 这是超级电容能储存巨大能量的主要原因。通常情况下, 两个电极由中间一块多孔活性炭薄膜隔开, 两边是水或者有机电解液。图1展示了双层电容以及普通电容的结构原理。

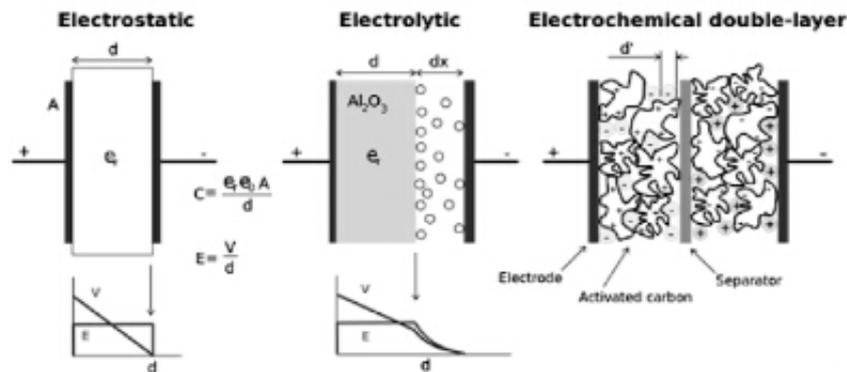


图1 普通电容和双层电容结构示意图

1.2 超级电容器的优缺点

超级电容的优点:

- 1) 高电流容量。超级电容设计时搭配一个很低的等效串联电阻, 因此电容能够发送以及吸收很高的电流。超级电容的低等效串联电阻能够使电容迅速充电, 电容本身的特点允许电容以同样的速度充放电, 这是电池做不到的。
- 2) 使用寿命长。超级电容的能量存储机制是高度可逆的过程, 这个过程只移动电荷和离子, 而不会制造或破坏化学键, 因此充放电循环次数可以达到数十万次。小循环充放电和深度循环充放电都不会损害超级电容的性能, 使得超级电容的使用较为灵活。此外, 超级电容容易存储, 长时间放置不会对其性能造成影响。
- 3) 温度范围广。由于超级电容无需借助化学反应就可以工作, 因此能在极大的温度范围内运作。超级电容能在 - 40 ~ + 65 内正常工作。

- 4) 环境友好。超级电容使用的材料都是无环境污染的，在工作过程中也不会产生有毒有害物质。
- 5) 维护保养容易。超级电容基本上不需要保养，没有存储效能，不存在放电过量的情况，能够在任何额定电压或低于额定电压的情况下工作。
- 6) 状态监控容易。由于在电容内储存能量只是电容和电压的功能，而且电容相对恒定，因此单程开放电路电压测量就可以确定荷电状态。
- 7) 延长其他能源的使用寿命。像电池、专业发动机以及燃料电池这类能源在瞬态情况下表现不是很好。对一些元件来说，瞬态过程会极大缩短元件的使用寿命。结合超级电容和这些能源的使用，可从主要的能源中空载很多此类瞬态值。

超级电容的缺点：

- 1) 能量密度低。超级电容的能量密度为1~10Wh/kg，为锂电池的1/10。
- 2) 端电压变化较大。超级电容的端电压在充放电过程中不断变化，因此需要在储能元件和负荷之间安装调压装置才能保持负荷侧电压稳定，这使得储能系统的成本增加。
- 3) 价格昂贵，超级电容单体的价格为锂电池的数十倍。

2 锂电池技术

2.1 锂电池的结构

锂电池是一种可充电电池，它主要依靠Li⁺离子在正极和负极之间移动来工作。在充放电过程中，Li⁺在两个电极之间往返嵌入和脱嵌：充电时，Li⁺从正极脱嵌，经过电解质嵌入负极，负极处于富锂状态；放电时则相反。其原理图如图2所示。

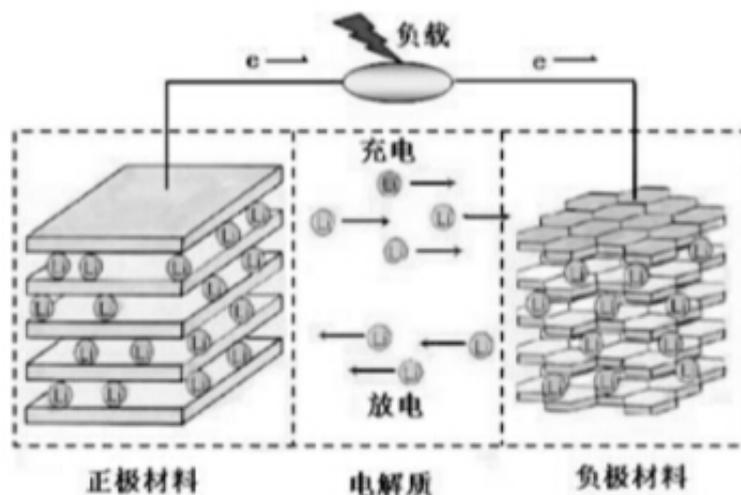


图2 锂离子电池充放电原理图

2.2 锂电池的优缺点分析

锂电池的优点：

- 1) 高能量密度。其体积能量密度和质量能密度分别可达450Wh/dm³和150Wh/kg，而且还在不断提高中。
- 2) 单体电压高，约为3.6V，充满电压时的电压一般为4.2V，终止放电电压不低于2.5V。
- 3) 自放电率小，每月5%~10%，不到镍镉电池和镍氢电池的一半，且没有记忆效应，循环性能优越。

- 4) 输出功率大。
- 5) 工作温度范围宽。可在 - 20 ~ 60 之间正常工作。

锂电池的缺点：

- 1) 成本高。主要是正极材料LiCoO₂的价格高。随着正极材料技术的不断发展，可以采用LiMn₂O₄、LiFePO₄等为正极，从而有望大大降低锂电池的成本。
- 2) 必须有特殊的保护电路，以防止过充或过放。
- 3) 与普通电池的相容性差，因为一般要用3节普通电池（3.6V）的情况下才能用锂离子电池进行替代。

3储能系统的典型应用

对于船舶电力推进系统而言，如何减少燃油消耗、系统维护成本、有害气体排放和增加整船的稳定性和可靠性一直是研究人员研究的重点。这当中Corvus公司技术领先其他公司，并开发出了广泛应用的AT6500储能系统。图3给出了该储能系统应用于近海支援船的系统结构图。其中储能单元公用直流母线，直流母线通过DC / AC变换环节与交流母线相联接，完成能量的传输。整个储能系统由多个AT6500模块组成即锂电池组，能够持续提供大功率输出，为船舶系统集成和设计提供一个更好的选择从而降低了系统的复杂性，减少不必要的开支。

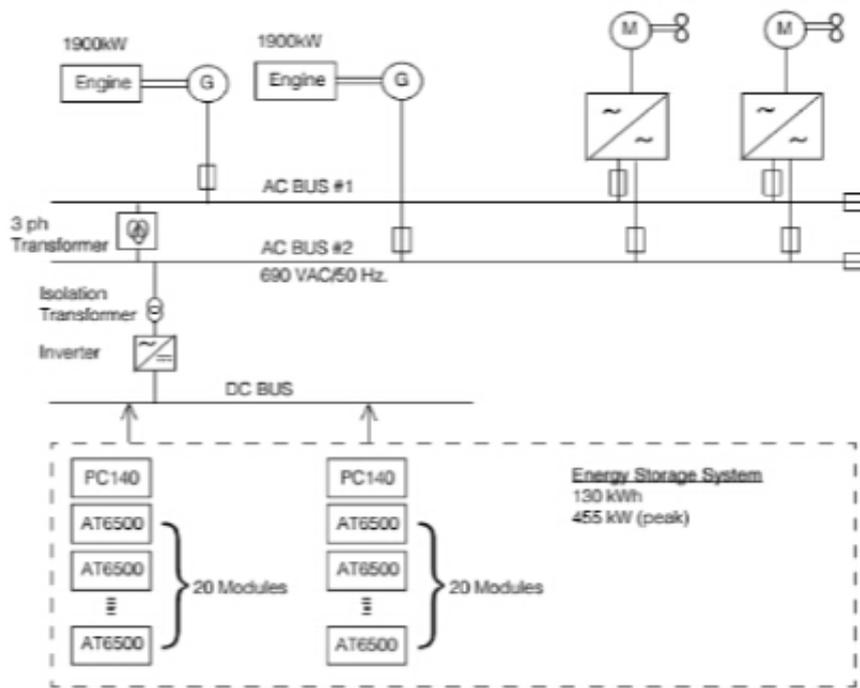


图3 含储能单元的近海支援船系统结构图

4结束语

虽然目前储能单元的价格不菲，但是储能单元可以平抑船舶电网功率波动提高系统的稳定性和可靠性，能够提高燃油利用率，节省燃油，减少有害气体排放。无论从经济角度还是环境角度都大有裨益。此外，随着大容量锂电池与超级电容器技术的发展，储能装置的价格必然会下降。储能单元在船舶电力推进系统中应用的前景值得期待。

原文地址：<http://www.china-nengyuan.com/tech/99096.html>