

# 超级电容器在整流滤波中的应用

王亚君，宁武，孟丽囡

(辽宁工学院信息科学与工程学院，辽宁 锦州121001)

**摘要：**通过对整流滤波电流的基本要求的分析和超级电容器性能的分析，得出超级电容器也可以作为整流滤波电容器，通过2只15000  $\mu$ F/10V的铝电解电容器并联和3只4.7F/2.7V超级电容器串联的对比测试、输出纹波电压波形分析，得出超级电容器可以用作整流滤波电容器，且与电解电容器相比，具有很大的性能优势、价格优势和体积优势。

滤波电容器在整流滤波电路中起着重要作用，电容量越大滤波效果越好。比如音响电路的整流滤波电容器的电容量高达 $1 \times 10^4 \mu$ F或更高。在低压整流（如5V、3.3V甚至更低的电压）输出时往往因为滤波电容器的电容量不够大而产生较大的纹波电流。通过测试，整流滤波电路输出1A电流时，分别采用1000、2200、3300、4700和10000  $\mu$ F的滤波电容器，纹波电压的峰峰值分别为：6、2.8、1.9、1.1和0.6V。如果采用更大的滤波电容器，滤波效果将会更好。问题是大容量电容器不仅体积大，而且价格昂贵。能否将超级电容器用于整流滤波，目前尚未见报道，本文将通过理论分析和试验给予详尽的分析和试验结果。

## 1 超级电容器的主要参数

以4.7F/2.7V超级电容器的参数为例：额定电压2.7V，额定电容量4.7F，等效串联电阻（ESR）50m $\Omega$ ，体积 12.5mm  $\times$  20mm，温度范围 - 40 ~ + 70 。

## 2 超级电容器用于整流滤波

### 2.1 超级电容器作为整流滤波电容器的可能性

整流滤波对于电容器的基本要求是：有足够的电容量、符合要求的额定电压、可以承受相应的纹波电流值和符合要求的等效串联电阻。超级电容器的电容量足够大；尽管超级电容器的额定电压比较低，仍可以通过多只串联的方式解决；余下的问题就是能否通过相应的纹波电流和等效串联电阻是否符合要求。选择适合的电容量时(例如选择每安培负载电流1000 ~ 10000  $\mu$ F)，铝电解电容器基本上不存在不能承受纹波电流，而且其ESR比较低，所产生的效应基本上对铝电解电容器几乎没有影响。

由于超级电容器的ESR相对铝电解电容器大，其效应必须加以考虑，在正常工作条件下尺寸为 12.5mm  $\times$  20mm的外壳可以耗散大约0.5W的功率，对于(ESR)50m $\Omega$ 的超级电容器可以通过10A的纹波电流，对应3 ~ 5A的输出平均值电流，只要输出电流在这个值以下，超级电容器就可以用于整流滤波。

### 2.2 用超级电容器作为整流滤波电容器

与一般的整流滤波电路一样，超级电容器用于整流滤波的电路和整流器输出电流、流过滤波电容器的电流波形如图1，只不过滤波电容器变为超级电容器。由于超级电容器的额定电压很低(仅2.7V)，需要数只超级电容器串联。对于5V输出的稳压电源(考虑市电电压的变化，整流输出电压约为7 ~ 9V)，可以采用3只4.7F/2.7V超级电容器串联。

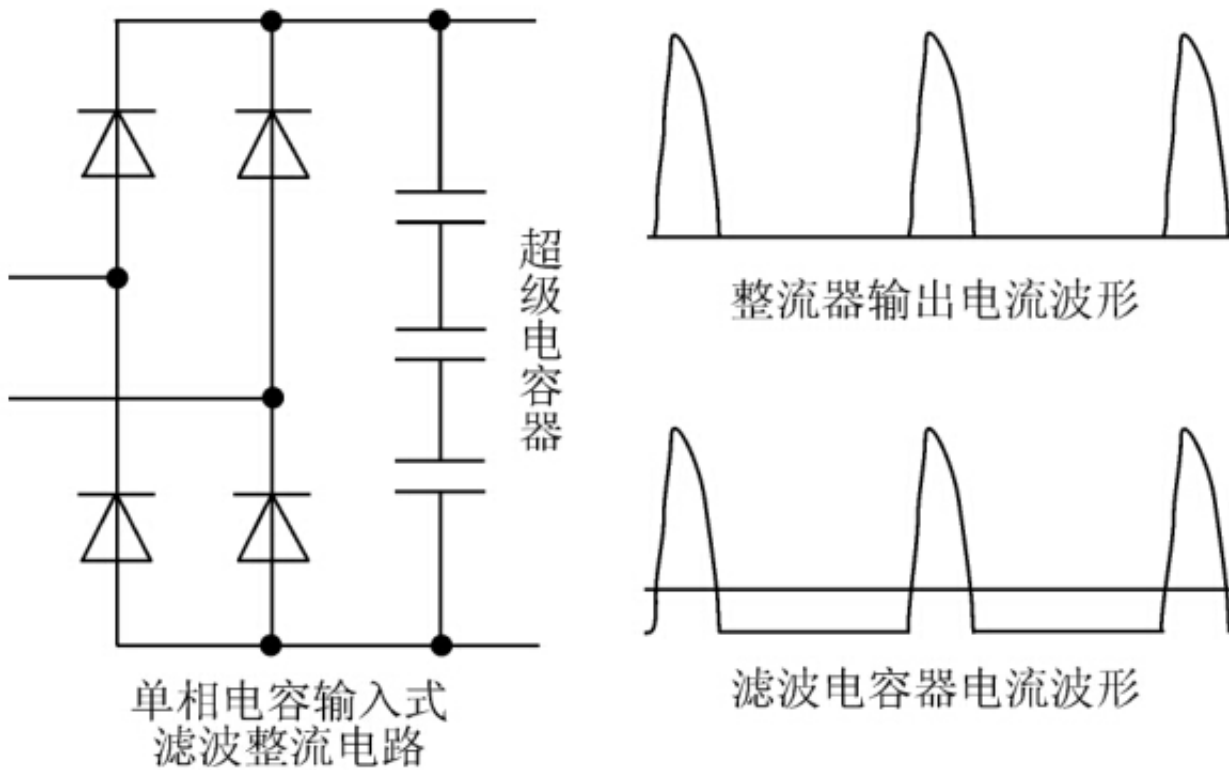


图 1 超级电容器作为整流滤波电容器

### 2.3对比测试结果

采用两只15000V/27000 μF铝电解电容器并联作为滤波电容器的整流滤波电路。在整流输出电压平均值为6V，负载电流2.2A时的整流输出纹波电压如图2，所使用的示波器为F105B数字示波器，选择A通道，AC耦合，时基5ms/div（每格5ms），通道设置100mV/div（每格100mV）。从图中可以看到纹波电压的峰峰值(Δy)为412mV，充电与放电(电压波形的上升与下降)时间基本相同。通过工频变压器降压后的整流电路，由于工频变压器的漏感的作用(抑制电流变化)，使滤波电容器几乎工作在或者是充电、或者是放电的状态，与市电直接整流的状态不同。

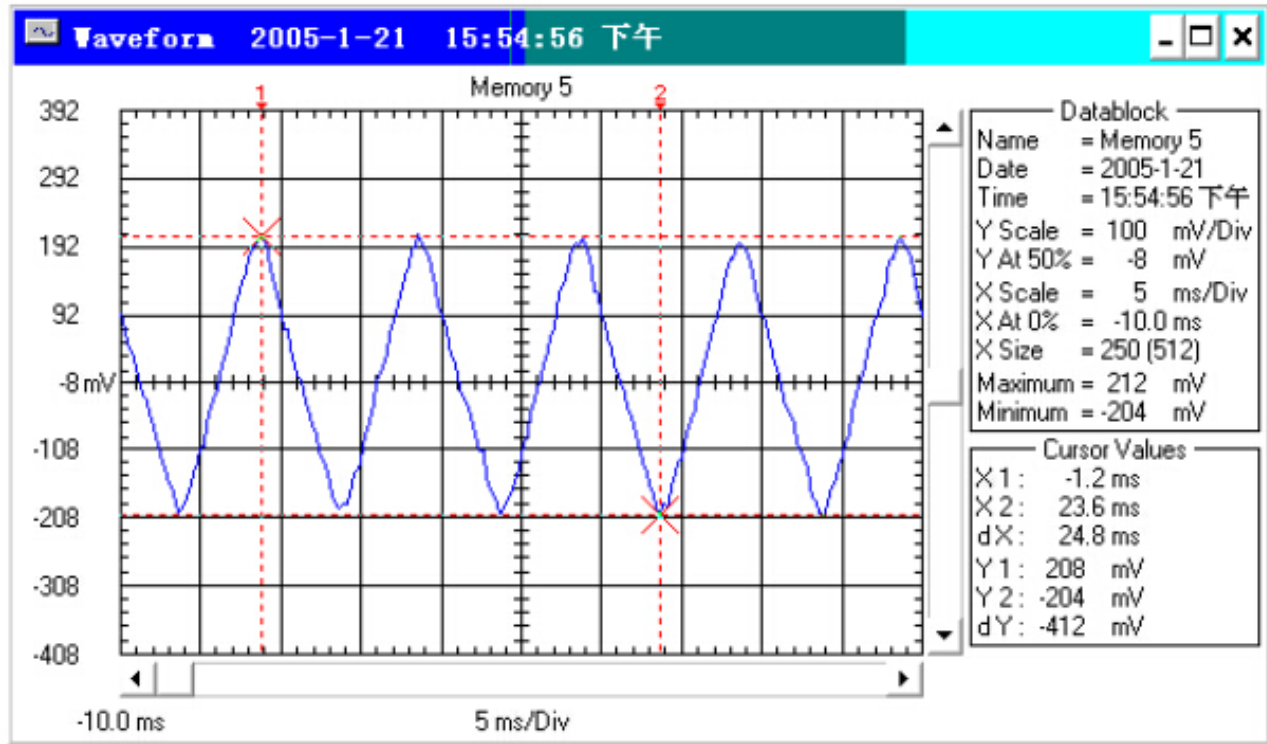


图 2 两只 15 000 V/27 000  $\mu$ F 铝电解电容器  
并联的整流输出纹波电压

测试结果表明整流输出滤波电容器选择10000  $\mu$ F/A（每安培输出电流用1  $\times$  104  $\mu$ F）的滤波电容量时，输出电压的纹波电压的峰峰值约为560mV，与理论分析结果的每安培600mV很接近。因此，对于低压整流滤波电路，为了获得低纹波电压将不得不采用非常大的滤波电容器，不仅体积大（35mm  $\times$  35mm）而且价格很高（两只约15元）。

在与上面的例子相同的测试条件下，采用3只4.7F/2.7V超级电容器串联作为整流滤波电容器，测得输出电压的纹波电压峰峰值为624mV，如图3.从纹波电压峰峰值看与22000  $\mu$ F电解电容器的滤波效果相同。

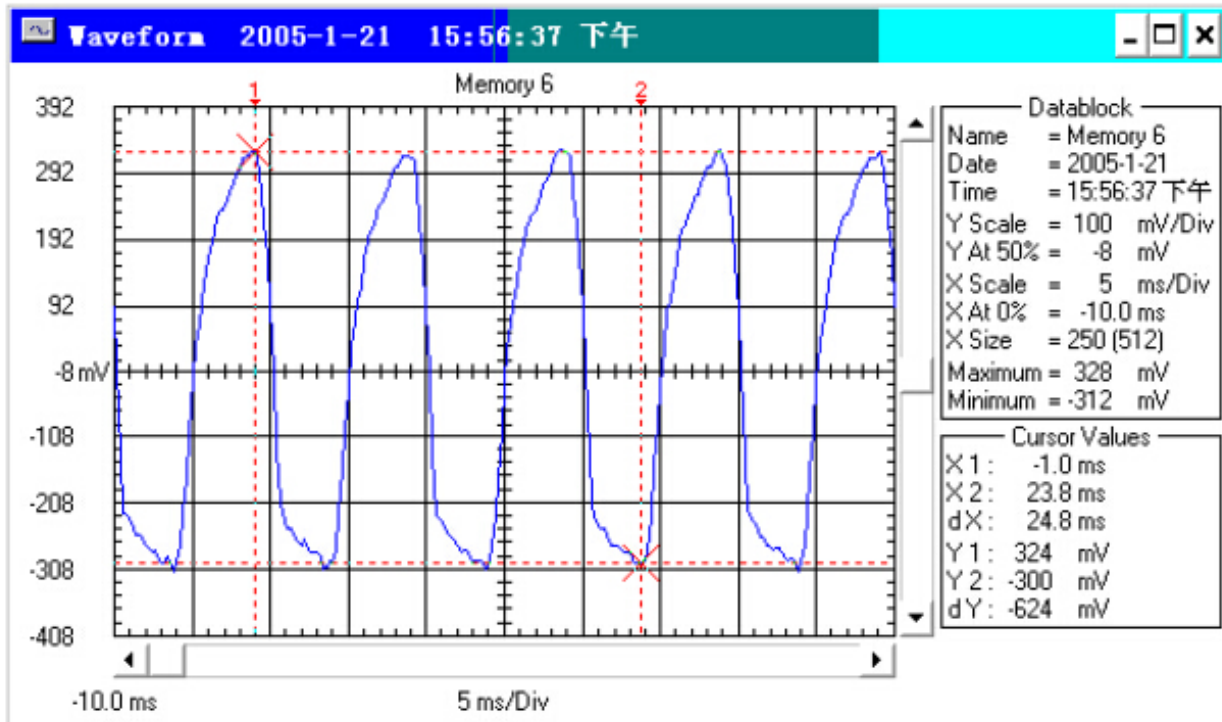


图3 3只4.7F/2.7V超级电容器串联作为整流滤波电容器

超级电容器作为整流滤波时的效果并不像理想电容器那样使输出电压接近一条直线，而是有波动，原因是超级电容器有相对一般电容器大的等效串联电阻(ESR)。3只超级电容器的串联时的等效串联电阻约为160mΩ，滤波电容器上的充、放电的电流差约为输出电流平均值的3.5倍，因而在输出端出现约550mV的电压波动，但还可以得到很低的纹波电压。如果两只串联时，纹波电压峰峰值可以低于420mV，相当于27000μF电解电容器，但是体积将大大减小。

由此可见，一只4.7F的超级电容器的滤波效果大约相当于一只56000μF电解电容器。在低压整流滤波的应用中将具有很大的性能优势、价格优势和体积优势。

### 3超电容器用于整流滤波电路意义

超级电容器一般都是用在类似蓄电池那样的电能的存储和释放的用途。作为整流滤波使用，过去还没有过，通过从上述两个实验得到的结果，可知超级电容器在低压整流滤波电路中也可以应用，而且其滤波效果俱佳。与电解电容器相比，具有其很大的优势。在今后的研究中，可以通过实验进一步了解超级电容器的新的特性和应用，扩展超级电容器的应用领域。

参考文献：

- [1]李军求，孙逢春，张承名，等.纯电动大客车超级电容器参数匹配与实验[J].电源技术，2004，28(8):483-486.
- [2]方伟新，吴森，宗杨.超级电容与蓄电池并联使用对混合动力公交车的改进[J].客车技术与研究2005(5):11-14.
- [3]储军，陈杰，李忠学.电动车用超级电容器充放电性能的实验研究[J].机械，2004，31(3):20-22.
- [4]陈永真.超级电容器原理及应用[C]//中国电源学会第15届全国技术论文集.上海:中国电源学会，2004:499-502.
- [5]崔淑梅，段甫毅.超级电容电动汽车的研究进展与趋势[J].汽车研究与开发，2005(6):31-36.

原文地址：<http://www.china-nengyuan.com/tech/95098.html>