

TECHNICAL NOTE (技术备忘录)

-超级电容器的熟练使用方法-

目录

1. 超级电容器的概要

- 1-1 超级电容器的基本原理
- 1-2 超级电容器的构造
- 1-3 构成材料的特点
- 1-4 等效电路

2. 基本性能

- 2-1 容量
- 2-2 直流内部阻抗
- 2-3 泄漏电流
- 2-4 电压保持特性
- 2-5 放电特性
- 2-6 频率特性
- 2-7 温度特性

3. 关于超级电容器的寿命

- 3-1 周围温度与寿命
- 3-2 施加电压与寿命
- 3-3 充放电所导致的自发热
- 3-4 寿命推定

<附录>

1. 电气特性的测定方法

- 1-1 容量和内部阻抗的计算公式
- 1-2 输出密度(功率密度)
- 1-3 能量密度

2. 关于模块

- 2-1 用于模块设计的计算公式
- 2-2 模块连接/组装时的注意事项
- 2-3 模块计算的实例

※本规格书不对性能做出任何保证



日本贵弥功株式会社

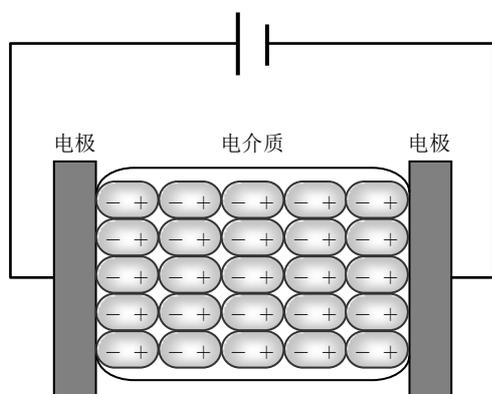
超级电容器的熟练使用方法

1. 超级电容器的概要

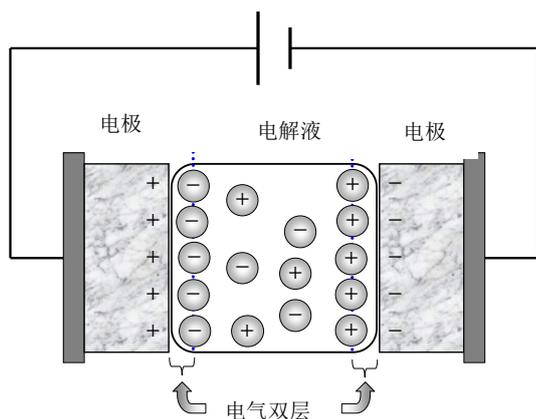
1-1 超级电容器的基本原理

如 Fig-1 所示,普通的电容器是通过向隔着电介质的电极上施加电压,双极子向一个方向集中而储存电荷,而超级电容器的电解液和电极的界面之间相隔的距离极其短,利用电荷的集中排列的现象(电气双层)储存电荷。

电解液溶剂的分子在电极和电解液的界面上形成层,离子被吸附在其外侧。两层合在一起,因此被称为电气双层。



(普通电容器)



(超级电容器)

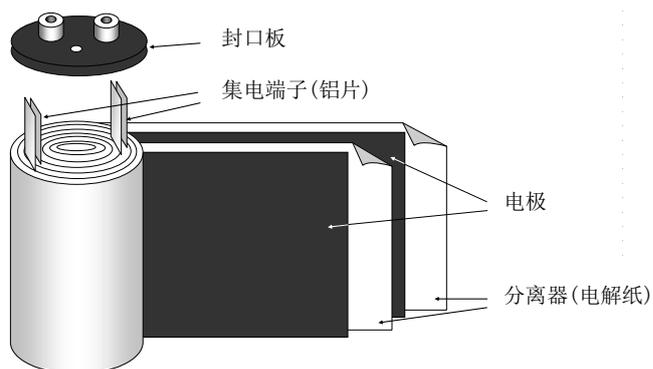
Fig-1 原理

1-2 超级电容器的构造

如 Fig-2 所示,超级电容器由以下几部分构成:①元件本体(由铝箔活性炭组成的电极和分离器包裹后,再浸渍电解液制成),②分别从电极引出的集电端子(铝片)、③封口材和外壳

本公司生产圆筒形的超级电容器,圆筒形与铝电解电容器同样采用卷绕构造。

该构造可以使用铝电解电容器的构成部件,也可以应用生产技术,具有卓越的量产性。



元件的基本构造

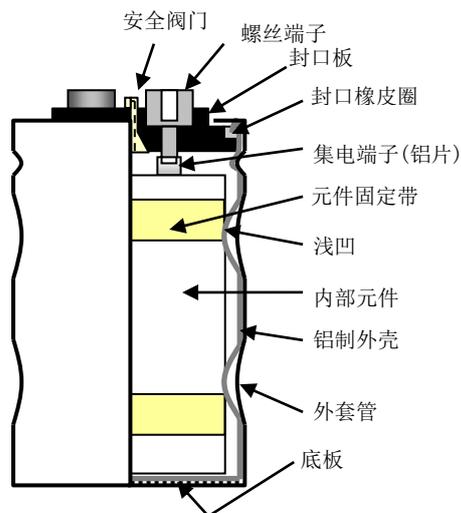


Fig-2 构造

超级电容器的熟练使用方法

1-3 构成材料的特点

①电极

[活性炭]

电极采用 2000m²/g 左右的、比表面积较大的活性炭。

活性炭的原材料包括天然植物系、沥青系、树脂系等。

将这些原材料炭化之后,再通过被称为赋活的水蒸气以及碱进行开孔,让比表面积变大。

孔的形状以及比表面积等因原材料以及赋活方法而异,并且会影响超级电容器的电气特性(容量、阻抗)以及寿命特性(信赖性)。

[集电体]

将活性炭电极中所蓄电的电荷导通至集电端子(铝片)的电气通道,本公司采用铝箔作为原料。

与铝电解电容器不同的是,铝箔对于容量几乎没有影响。

②电解液

电解液为导电性的液体,尤其对内部阻抗、耐电压等构成影响。

超级电容器的电解液分为水溶液系以及有机溶剂系,本公司的超级电容器采用具有较高耐电压的有机溶剂系电解液。

有机溶剂系电解液的溶剂乙腈、碳酸丙烯酯等,本公司采用安全性较高的碳酸丙烯酯。

Table-1 电解液溶剂的比较

电解液溶剂	沸点	引火点
碳酸丙烯酯	242℃	130℃
乙腈	81.6℃	5.6℃

③分离器

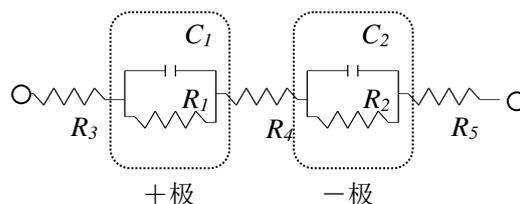
分离器的作用是,防止阳极和阴极在机械式接触时出现短路,使电解液保持均一,本公司采用电解纸。

④外壳 / 封口材

本公司采用在保持气密性以及防止漏液等方面信赖性较高的铝外壳以及封口橡胶,进行密封(SEALING)操作。

1-4 等效电路

以等效电路的形式描述超级电容器,如 Fig-3 所示。超级电容器的容量为 C₁, C₂ 的合成容量。



C₁、C₂ : 活性炭电极的容量

R₁、R₂ : 绝缘阻抗

R₃、R₅ : 电极阻抗

R₄ : 分离器与电解液的阻抗

$$\text{合成容量 } C = \frac{C_1 \times C_2}{C_1 + C_2}$$

Fig-3 超级电容器的等效电路(1)

以更精细的等效电路描述各电极部分,如 Fig-4 所示。

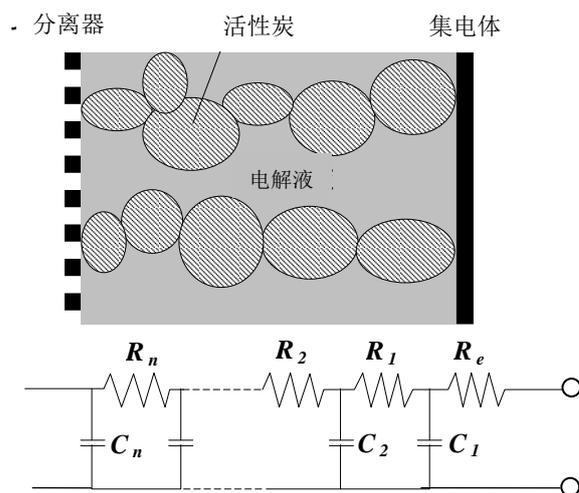


Fig-4 超级电容器的等效电路(2)

如 Fig-4 所示,各电极由活性炭的细粒子组成,每一颗粒子都是有容量和阻抗的超级电容器。

因此,向超级电容器充电后,首先从阻抗较小的部分开始充

超级电容器的熟练使用方法

电，阻抗较大部分的容量会出现充电滞后的现象。

此外，如果在刚达到充电电压后就迅速停止充电，则会自动从阻抗较小容量的部分转向阻抗较大容量的部分进行充电（自充电），导致端子电压降低。

因此，要给超级电容器充满电，就需要在到达充电电压后进行缓和（保持恒定电压）充电。

2. 基本性能

2-1 容量 (Capacitance)

超级电容器的电荷存储能力采用 F (法拉) 为单位。

对向电极的面积越大，储电能力 (容量) 越高。

此外，电解液的诱电率对于产品特性也有较大影响。容量 C 如 (1) 式所示。

$$C = \int \epsilon / (4\pi \delta) \cdot dS \quad \dots \dots (1)$$

ϵ : 电解液的诱电率

δ : 从电极表面到离子中心部位的距离

S : 电极界面的表面积

2-2 直流内部阻抗 (DCIR DC-internal resistance)

由超级电容器的构成材料 (电极、电解液等) 阻抗以及内部连接阻抗所形成的阻抗幅度，单位为 Ω (欧姆)。

对向电极的面积越大，直流内部阻抗越低。

超级电容器的内部阻抗在正常直流下进行测定。

可能存在需要简易测定交流 1kHz 等效串联阻抗 (ESR) 的情况，其关系为直流内部阻抗 $>$ ESR (1kHz)。

2-3 泄漏电流 (Leakage Current)

向超级电容器持续加载恒定电压时所流动的微小电流，称之为“泄漏电流 (LC)”。

其单位为 A (安培)。如 Fig-5 所示，泄漏电流值会随着时间的增加而逐渐变小，趋于稳定。

如上文中的 1-4 等效电路所述，每个电极的活性炭粒子个体都是一个具有内部阻抗的超级电容器，未充电的超级电容器会慢慢被充电。

泄漏电流会因超级电容器的保管状态等而出现变化，因此很难规定泄漏电流的标准数值，可以在施加电压数十小时后进

行测定，用于参考值。

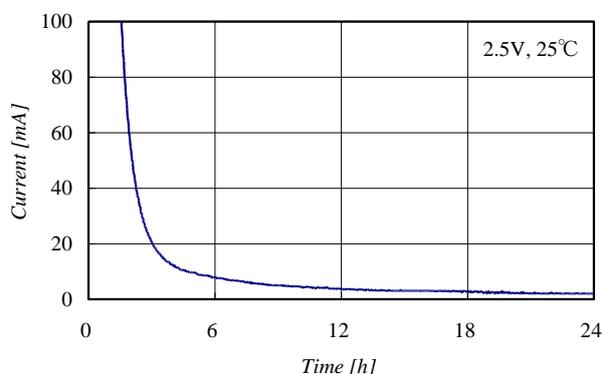


Fig-5 恒定电压加载所导致的泄漏电流的时间变化

2-4 电压保持特性

已经充电的超级电容器，端子间设为开放状态时的超级电容器端子间所保持的电压特性，也被称之为“自放电特性”。

充电后，端子间如果处于开放状态，则端子电压将会慢慢降低。此特性受充电时间以及充电电压的影响，充电时间短时以及充电电压高时，电压保持率低。

2-5 放电特性

超级电容器为物理性的蓄电，因此不同于电池，可放电至 0V 为止。

此外，如 Fig-6 所示，其放电不同于电池，电压为直线变化，因此很容易预测剩余电量。

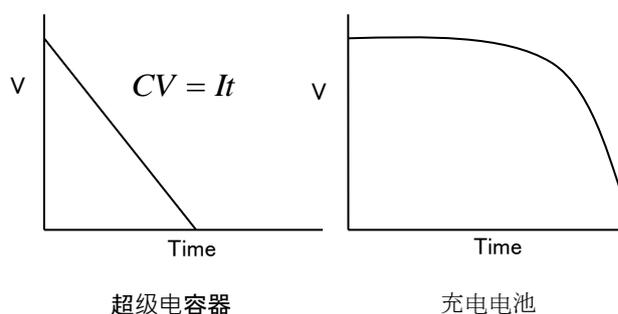


Fig-6 恒定电流放电时的放电曲线

恒定电力下，不会像恒定电流一样出现直线型的放电曲线，但是同样可放电至 0V 为止 (Fig-7)。

超级电容器的熟练使用方法

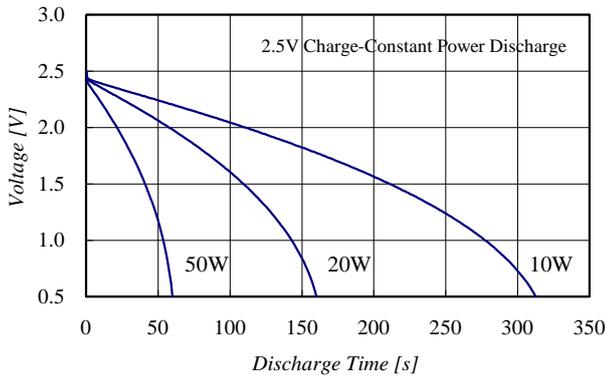


Fig-7 恒定电力放电时的放电曲线

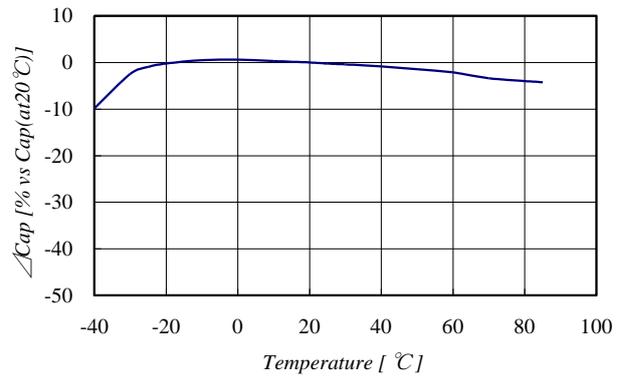


Fig-9 温度特性 (Cap)

此外，如 Fig-8 所示，放电电流所会导致容量变化。

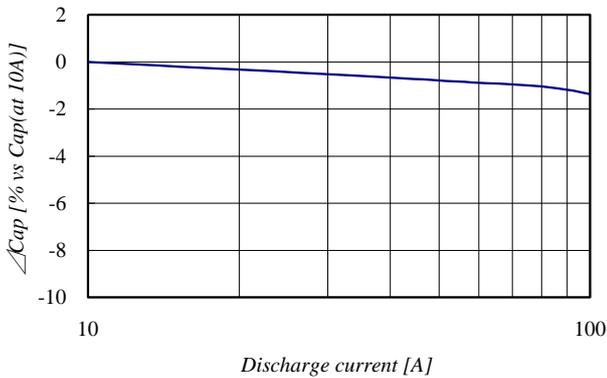


Fig-8 放电电流所导致的容量变化

②内部阻抗

一般情况下，内部阻抗如 Fig-10 所示，有越低温越大的倾向。

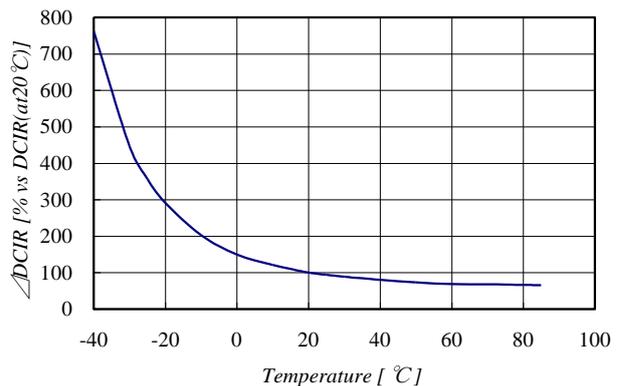


Fig-10 温度特性 (DCIR)

2-6 频率特性

不同于普通电容器，超级电容器的频率响应性较差，因此不适用于交流电路。（几乎不会响应 10Hz 以上的频率）
超级电容器为直流用途的设备。

2-7 温度特性

超级电容器的特性可能会因温度而变化。使用时请充分考虑到变化的部分。

①容量

一般情况下，容量如 Fig-9 所示，有越低温越小的倾向。

③电压保持率

一般情况下，如 Fig-11 所示，有越高温电压保持特性越差的倾向。

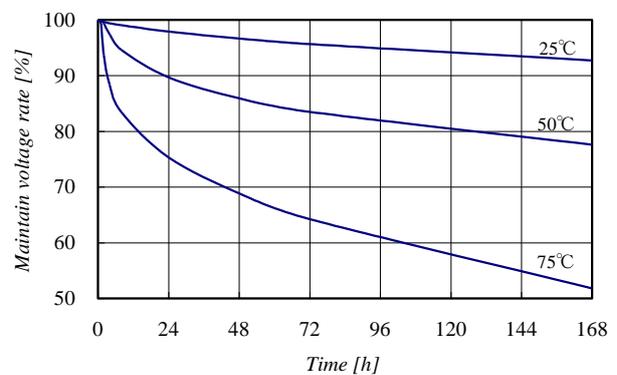


Fig-11 电压保持特性

超级电容器的熟练使用方法

3. 关于超级电容器的寿命

超级电容器是一种寿命有限的设备。其寿命受使用条件的影响，包括温度、湿度、气压、振动等的环境条件，以及施加电压、充放电条件等电气条件等。

超级电容器的保证寿命，以耐久性(工作上限温度下的耐久性规定时间)的形式，明确标注产品目录或出货规格书中(请参照 Table-2)。

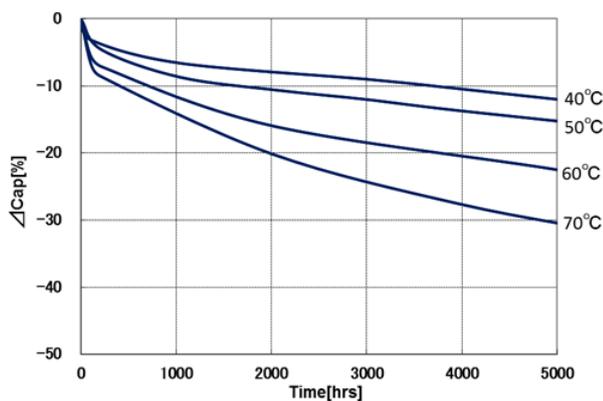
Table-2 DLCAP的耐久性实例

在 70°C 下施加额定电压满 2000 h 后, 恢复至 20°C 再进行测定时, 需要满足如下条件	
容量变化率	初始值的±30%以内
内部阻抗	初始规格值的+200%以下

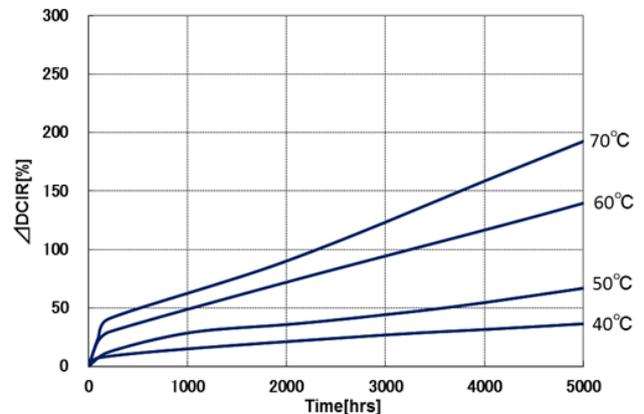
3-1 周围温度与寿命

如 Fig-12 所示, 超级电容器的寿命受其使用环境周围温度的影响较大。

如果在实际使用时将温度设定在一个较低的水准, 则可以期待更长的使用寿命。



耐久性试验 (Cap)

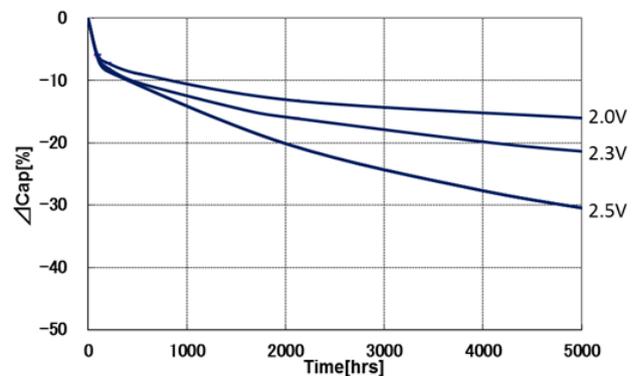


耐久性试验 (DCIR)

Fig-12 耐久性试验(温度参数)

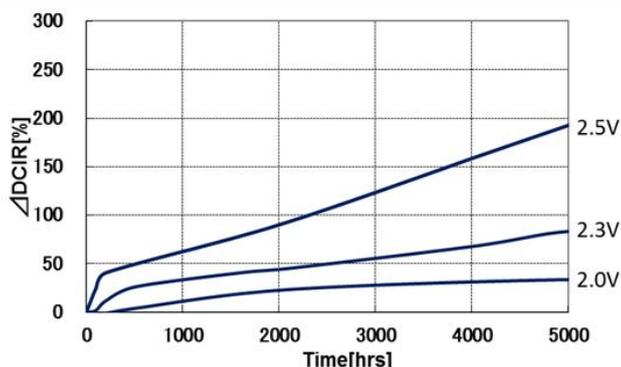
3-2 施加电压与寿命

如 Fig-13 所示, 超级电容器的寿命受所使用电压的影响较大。如果将实际使用时所施加的电压设定在一个较低的水平, 则可以期待更长的使用寿命。



耐久性试验 (Cap)

超级电容器的熟练使用方法



耐久性试验 (DCIR)
Fig-13 耐久性(电压参数)

3-3 充放电所导致的自发热

由于超级电容器会产生内部阻抗,会因为充放电电流而导致内部发热,并影响寿命。尤其是用于大电流进行连续充放电时,会导致温度上升,并加速老化。发热情况会根据充放电模式而发生较大变化,因此在设计时有必要考虑到发热导致的温度上升幅度。对于充放电较为频繁的用途,推荐采用内部阻抗低的产品。

快速充放电时,放电开始时会产生由内部阻抗导致的压降(也叫电阻压降),所以,请采用已考虑到电压变化幅度的设计方法。

3-4 寿命推定

一般来说,对于超级电容器的寿命构成较大影响的加速因子,包括温度以及持续施加的电压数。电气特性的变化与试验时间的平方根 \sqrt{t} 之间的关系如 Fig-14 所示,为直线关系,可写为(2)式。

$$\Delta C = k\sqrt{t} + a \quad \dots \dots (2)$$

k 为寿命加速系数,因温度与电压的组合而异。只要求出实际使用条件下的 k 值,即可推定其使用寿命。k 以及 a 因温度、电压、产品系列而异,详情请向敝公司咨询。此外,考虑到密封材料的经年老化因素,寿命推定的上限时间以

10~15 年前后为准。如果超出使用上限时间,则可能造成产品特性的急剧老化或漏液。

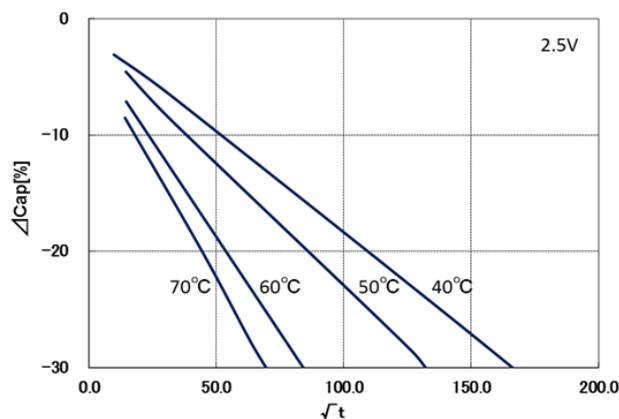


Fig-14 耐久性试验的 \sqrt{t} 图表实例

使用时,请您先确认出货规格书和产品目录中所记载的事项以及下述内容之后再行使用。

电子信息技术产业协会技术报告 RCR-2370C
《固定超级电容器的使用注意事项指南》

超级电容器的熟练使用方法

<附录>

1. 电气特性的测定方法

1-1 容量和内部阻抗的计算公式

容量根据恒定电流放电时的电压变化及其时间进行计算。

单位为法拉(F)。

$$\text{容量 } C = \frac{I_d \times T_m}{V_1 - V_2} \dots \dots \dots (1)$$

内部阻抗根据到达额定电压后开 1 秒后的电压变化值以及充电电流进行计算得出。单位为 (Ω)。

$$\text{直流内部阻抗 } R = \frac{V_c - V_{n1}}{I_c} \dots \dots \dots (2)$$

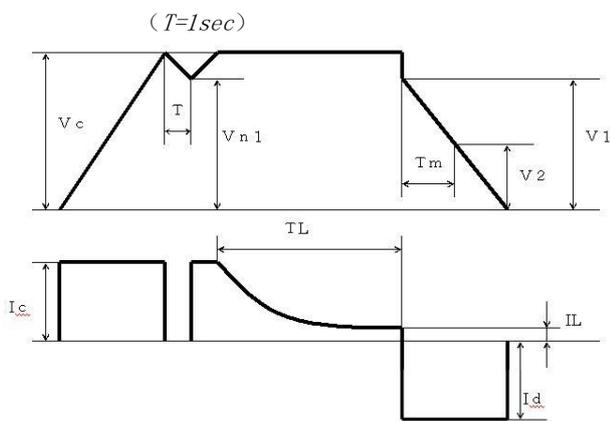


Fig-1 放电曲线以及测定范围

- I_c : 充电电流 [A]
- I_d : 放电电流 [A] (※ $I_c = I_d$)
- T_m : 计测时间 [sec]
- V_c : 充电电压 [V]
- V_1 : 测定开始电压 [V] (= V_{n1})
- V_2 : 测定结束电压 [V] ($V_c / 2$)

1-2 输出密度(功率密度)

从已充电的超级电容器中可取出的单位质量,或每单位体积的最大电力。单位为 (W/kg) 或 (W/L)。一般情况下,根据内部阻抗以及额定电压进行计算得出。

功率密度越高,就能瞬间引出越大的电流。

$$P_{dm} = \frac{1}{4} \times \frac{U_R^2}{RM} \dots \dots \dots (3)$$

- P_{dm} : 最大输出密度 [W/kg、または W/L]
- U_R : 额定电压 [V]
- R : 实测的内部阻抗 [Ω]
- M : 超级电容器质量或体积 [kg, 或 L]

1-3 能量密度

从已充电的超级电容器中可取出的单位质量,或每单位体积的能量量。单位为 (Wh/kg), 或 (Wh/L)。

相同质量(体积)的情况下,能量密度越高,就能引出越长时间的电力。

$$E_{dm} = \frac{1}{2} \times \frac{C \times U_R^2}{M} \times \frac{1}{3600} \dots \dots \dots (4)$$

- E_{dm} : 能量密度 [Wh/kg 或 Wh/L]
- U_R : 额定电压 [V]
- C : 实测的容量 [F]
- M : 超级电容器质量或体积 [kg, 或 L]

2. 关于模块

如为使用电压高于单元电压的用途,则应将超级电容器串联使用。如为大容量或需要低阻抗的用途,则应将超级电容器并联使用。像这样,由单元串并联而组成的就是模块。



DLCAP 模块(例)

下面就来解释说明组装模块时的特性计算公式,以及组装注意事项。

超级电容器的熟练使用方法

2-1 用于模块设计的计算公式

模块容量 C_{mod} [F]

$$C_{mod} = C_{cell} \times \frac{\text{并联单元个数}}{\text{串联单元个数}} \dots \dots (5)$$

模块耐电压 V_{mod} [V]

$$V_{mod} = V_{cell} \times \text{串联单元个数} \dots \dots (6)$$

模块内部阻抗 R_{mod} [Ω]

$$R_{mod} = R_{cell} \times \frac{\text{串联单元个数}}{\text{并联单元个数}} \dots \dots (7)$$

模块电阻压降 ΔV [V]

$$\Delta V = I_{mod} \times R_{mod} \dots \dots (8)$$

模块放电时间 t [sec]

$$t = C_{mod} \times \frac{(V_{mod} - \Delta V - V_e)}{I_{mod}} \dots \dots (9)$$

V_{cell} : 单元电压 [V]

C_{cell} : 单元容量 [F]

R_{cell} : 单元内部阻抗 [Ω]

I_{mod} : 模块放电电流 [A]

V_e : 模块放电结束电压 [V]

算式(9)以恒定电流为前提,但是也可将以下算式用于恒阻充放电的电压以及时间的参考值。

恒阻放电时间 t [sec]

$$t = -CR \ln\left(\frac{V_1}{V_0}\right) \dots \dots (10)$$

恒阻充电电压

$$V_1 = V_0(1 - e^{-\frac{t}{CR}}) \dots \dots (11)$$

恒阻放电电压

$$V_1 = V_0 \cdot e^{-\frac{t}{CR}} \dots \dots (12)$$

t : 放电(充电)时间 [sec]

C : 容量 [F]

V_0 : 初始电压(充电电压) [V]

V_1 : t 秒后的端子电压 [V]

R : 恒阻负载 [Ω]

根据负载阻抗和负载电流,需要考虑到自放电以及内部阻抗所导致的初始电压下降幅度。

此外,能量单位的换算采用如下算式。

超级电容器的能量 E [J]

$$E = \frac{CV^2}{2} [J] = \frac{1}{3600} \cdot \frac{CV^2}{2} [Wh] \dots (13)$$

$$1Wh = 3600J = 3600Ws \dots \dots (14)$$

$$1J = 0.239cal \dots \dots (15)$$

2-2 模块连接/组装时的注意事项

- 超级电容器串联的情况下,为抑制单元间的电压偏差,请与单元并联插入电压均等化电路。即使插入均等化电路也仍会在某种程度上产生电压偏差,因此在设计时要考虑到偏差的影响。

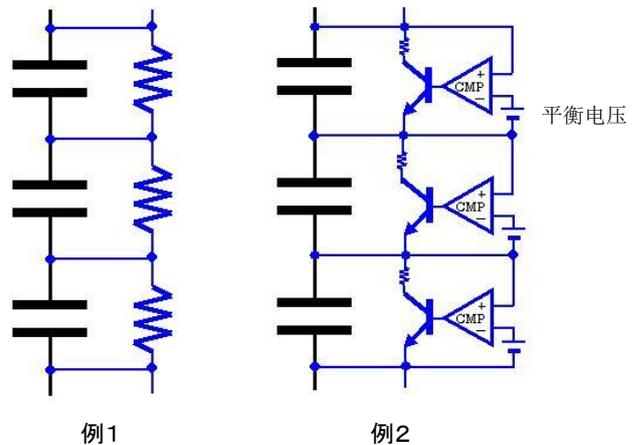


Fig-2 电压均等化电路的实例

未实施电压偏差抑制的情况下,可能因特性偏差而导致电压失衡,并造成一部分电池单元承受超出额定电压的过大电压。

- 出于安全考虑,用导体棒或接线电缆等连接电池时,请放电后再进行连接。此外,在连接时,除电池单元的内部阻抗外,也请考虑连接导体的导体阻抗以及螺丝紧固扭矩。螺丝紧固扭矩请按照产品目录或出货规格书上规定的范围设定。

超级电容器的熟练使用方法

- 将多个超级电容器连接起来内置于设备外壳内进行使用的情况下，请根据需要考虑采用如下散热措施。
 - ①为了改善通气性，外壳上应打开细孔，并设置散热翅片和风扇。
 - ②请勿在超级电容器的附近或正下方配置功率半导体或变压器等发热部件。
 - ③设计时请避免超级电容器之间出现温度差。
- 超级电容器也是一种电容器，因此电压会随着放电而降低。当需要保持恒定电压下的输出稳定时，就需要配合使用变流器等电路系统。
- 即使将超级电容器放电至 0V，只要保持开放状态，则一定时间后电压会再次上升※，在使用时请加以注意。尤其需要加以注意的是，超级电容器单体的电压低至 2.5V 左右，但是组装为模块等时，电压会变高。客户亲自组装或拆卸模块时，请先释放电阻器中所累积的电荷。电压残留的状态下如果端子短路，则会造成大电流流过，有触电的危险。
- ※ 每一个电极的活性炭粒子个体都是具有容量和阻抗的超级电容器，因此即使看上去暂时是 0V，稍后也会出现阻抗较高的容量。

2-3 模块计算的实例

下述条件的串联数量和并联数量的计算实例

<使用条件>

- 使用电压范围：48V~28V
- 充电电流：120A（恒定电流）
- 放电电流：120A（恒定电流）
- 放电时间：30秒
- DLCAP 采用额定电压 2.5V、公称容量 1400F、直流内部阻抗为(*实力值)2.5mΩ 的情况下

<计算实例>

- ① 最大使用电压为 48V，单个单元的额定电压为 2.5V 起，
 $48/2.5 = 19.2$
 ⇒ **计算 20 根串联的数值**
 ※用 2.5V 除不尽的尾数请进位取整。
 - ②电压从 48V 起，在 120A 的情况下计算放电 30 秒后的电压变化数值 ΔV 。
 2 并联的情况下，
 (模块整体的容量) $=1400 \times 2/20 = 140F$
 $\Delta V = 120 \times 30/140 = 25.7V$
 此时，放电后的剩余电压为， $48V - 25.7V = 22.3V$ ，容量不足，不符合使用电压下限值达到 28V 以上的条件。
 - ③进而，增加并联数，形成 3 并联，
(模块整体的容量) $=1400 \times 3/20 = 210F$
 3 并联的 $\Delta V = 120 \times 30/210 = 17.1V$
 放电后的剩余电压为 $48V - 17.1V = 30.9V$ ，满足放电后达到 28V 以上的条件。
 - ④此时，如果考虑放电刚结束后的直流内部阻抗 (DCIR) 所导致的电压下降 (电阻压降)，
(模块整体的直流内部阻抗) $=0.0025 \times 20/3 = 0.0167 \Omega$
 放电电流为 120A，
 因此刚放电结束后的电阻压降 $=0.0167 \times 120 = 2V$ 。
 如果考虑到电阻压降，则放电后的剩余电压为 $30.9V - 2V = 28.9V$ ，满足使用电压的下限值达到 28V 以上的要求。
 ⇒(结果) **根据 20 串联 3 并联构成计算得出**
- ※仅为计算结果的一例，实机设计时请考虑到如下情况。
- 超级电容器的电气特性的老化程度因环境条件以及电气条件等使用条件而异。设计时请考虑到使用条件下的使用寿命。
 - 设计时请考虑到连接阻抗等的阻抗数值。
 - 设计时请考虑到电压均等化电路以及平衡阻抗对于自放电特性的影响。
 - 如用于需要频繁充放电的使用方式，则请在设计时考虑到自发热所导致的温度上升因素。

超级电容器的熟练使用方法

· 注意事项

1. 使用注意事项

①请在确认使用环境及安装环境的基础上，不要在超越超级电容器的额定性能范围以外使用。

- a) 高温（超过工作温度范围的温度）
- b) 过大电压（超过额定电压的电压）
- c) 逆电压或交流电压的加载

②超级电容器的外套管及树脂板没有绝缘保证。

③超级电容器的寿命是有限的，有规定寿命。

④请避免在以下环境中使用·保管超级电容器。

- a) 直接溅水、盐水及油的环境、或处于结露状态、充满着气体状的油分或盐分的环境。
- b) 充满着有害气体（硫化氢、亚硫酸、氯、氨、溴、溴甲烷等）的环境。
- c) 溅上酸性及碱性溶剂的环境。
- d) 阳光直射、臭氧、紫外线及放射线照射的环境。

⑤设计时请注意以下问题。

- a) 使用超级电容器时，请务必按端子向上的状态设置。端子向下及朝向侧面使用时，超级电容器内的电解液会堵塞压力阀内部，发生开阀、漏液（喷出），可能会造成无法满足保证寿命，所以请禁止端子向下及朝向侧面的设置。
- b) 运输及处理时，请保持封口板向上。即使是短暂的向下，也可能造成无法满足保证寿命。
- c) 请确保超级电容器的压力阀上部的空间。
- d) 请避免在超级电容器的压力阀上面及阴极、阳极端子间进行电路配线。
- e) 请避免在超级电容器的周边配置发热部件。
- f) 为确保绝缘耐压，设计时请注意电容外壳·阴极端子·阳极端子·电路配线与模组架（框体）的间隔。
- g) 请注意由超级电容器的温度及频率的变动引起的电气特性变化。
- h) 同一系统内，在超级电容器间的温度差大的状态下使用时，每个电容个体的特性变化会不均一，可能会导致整个电容系统的故障。请采用抑制超级电容器间温度差的散热设计。

i) 因充放电产生发热时，请进行负荷试验，确认没有异常的温度上升，确保温度不超过工作温度范围。

j) 将多个超级电容器并联连接时，请注意电流平衡。

k) 将多个超级电容器串联连接时，请注意电压平衡。

l) 过大电压及超过工作温度范围等超出额定条件使用而导致压力阀动作时，导电性电解液会喷出，请采用已考虑到此异常状况可能发生的设计方法。

m) 请采用温度及电压异常时会停止充放电等的安全设计。此外，连续加载超过额定的电压时，可能会导致冒烟及着火。请采用具备自动防故障装置的设计方法。

n) 因为超级电容器有内部阻抗，所以充放电电流会引起内部发热，进而影响寿命。因此，大电流的连续充放电等的用途时，请选用内部阻抗低的产品，并确保产品温度不超过工作温度范围。

o) 快速充放电时，充电开始时、放电开始时，会产生由内部阻抗导致的压降（也叫电阻压降），所以，请采用已考虑到电压变化幅度的设计方法。

⑥充电状态下如果端子短路，会有数百安培的电流流过，非常危险。

请不要在充电状态下进行安装和拆卸。

⑦请不要让超级电容器掉落在地面等处。且掉落过的超级电容器请不要再使用。

⑧将超级电容器安装至模块时，请务必先仔细确认极性。

⑨螺丝端子的拧紧扭矩请按照产品目录或出货规格书上规定的范围设定。

⑩请不要把超级电容器本体变形后，再组装成模块

⑪作为超级电容器的一种特性，电压和蓄电量成正比变化。当需要输出稳定时，就必须增加变流器等电路系统。

⑫当超级电容器使用在工业设备上时，建议进行如下定期检查。

保养检查时，请务必切断设备的电源开关，并将超级电容器充分放电后，再进行检查。

a) 外观：有无变形、漏液、变色、端子间灰尘等明显异常、污损

b) 电气性能：产品目录或出货规格书上规定的项目

⑬当超级电容器异常发热或发出异常臭味时，请立刻关闭设备的主电源等，并停止使用。此外，万一当超级电容

超级电容器的熟练使用方法

器的温度变得非常高时，可能会导致破损或烫伤等，请勿将脸部以及手部靠近超级电容器。

- ⑭压力阀动作时，请立即停止使用，进行充分的通风换气。因为可能会有高温气体喷出，请避免脸部或手部靠近。当喷出的气体进入眼睛或被吸入口腔时，请立即用水清洗眼睛，并漱口。请勿舔尝超级电容器的电解液。电解液接触到皮肤时，请用肥皂清洗干净。
- ⑮超级电容器保存时可能会产生再起电压。多个串联连接时请特别注意，必要时请进行放电处理。
- ⑯组装或拆除时，请事先放电。电压残留的状态下如果端子短路，则会造成大电流流过，有触电的危险。此外，请注意，即使是已经完全放电的超级电容器，在线路打开状态下放置一段时间后，也会产生再起电压。
- ⑰请勿清洗超级电容器。
- ⑱请勿使用含有卤素系溶剂等的固定剂、表面涂层剂。

2. 运输注意事项 / Precautions in transportation

- ①向国外出口超级电容器时，有时候要用溴甲烷等的卤素化合物进行熏蒸处理，但由于实施方法的不同，有可能因卤素离子而发生腐蚀反应，请加以注意。
- ②根据出口贸易管理令，如果通过出口商取得的关于该出口交易的文件等获得了本产品将会用于大量破坏性武器等的开发的信息时，出口商必须向经济产业大臣提交出口申请并获得允许。并且，除此以外，当出口货物有可能用于大量破坏性武器的开发，从经济产业大臣收到了“通知”时，出口商也必须向经济产业大臣提出出口申请并获得允许。
- ③在运送超级电容器过程中，为避免液漏的危险，垂直和水平安装产品均应保持端子向上的状态运送。
- ④伴随着2010年12月联合国驻欧洲总部采纳的联合国关于危险货物运输建议书的改订，超级电容器的运输规定已经变更。

详情请参照如下所示联合国关于危险货物运输建议书、ICAO 及其技术规范、IATA 规则书、IMO IMDG- Code (国际海运危险货物规则) 的最新版，并且请确认各国相关法律法规的最新版。

-联合国关于危险货物运输建议书

:United Nations (UN) Recommendations on the Transport of Dangerous Goods-Model Regulations.

-ICAO 及其技术规范

:International Civil Aviation Organization(ICAO) Technical Instructions for the Safe Transport of Dangerous Goods by Air.

-IATA 规则书

:International Air Transport Association(IATA)Dangerous Goods Regulations.

-IMO IMDG-Code

: International Maritime Organization(IMO) IMDG(International Maritime Dangerous Goods) -code.

3. 保管条件

- ①超级电容器请保管在室内 5℃~ 35℃、相对湿度 75% 以下的环境中。请避免急剧的温度变化，因可能结露或导致产品老化。
- ②由于长时间的放置，泄漏电流有上升的倾向。使用已经放置 1 年以上的产品时，推荐进行电压处理。进行电压处理时，请以 5mA/F 左右的电流充电至额定电压，然后施加额定电压约 20 个小时。

4. 关于废弃

废弃时，请放电至安全电压。

并且，遵循法令或地方公共团体等指定的条例，将废品交给工业废弃物处理商，进行焚烧或掩埋处理。

高温焚烧超级电容器时，请在焚烧前在超级电容器上打孔，或者将其压碎。

此外，在使用时还请确认以下内容后使用。

Please refer to the following report before using Supercapacitor.

电子信息产业协会技术报告

超级电容器的熟练使用方法

JEITA RCR-2370C 《超级电容器的安全用途指南（超级电容器使用注意事项指南）》

电子信息技术产业协会

《电气以及电子设备用超级电容器的运输相关指导书》

超级电容器的熟练使用方法

我们可能不经事先预告而直接修改本手册的内容。

2020.12.01