



编者按：作为三大无源元件之一，电容器有着重要而广泛的用途，在电子电气装置中几乎无处不在。辽宁工业大学电容器研究与应用专家陈永真教授将撰写电容器系列文章，从11月刊起在本刊连续刊登。通过专栏讲座，系统详实地阐述时下各种电容器的原理及典型技术数据、在不同领域中的应用及注意事项、应用电容器时对电容器的选择及其注意事项等。本专栏所含内容丰富，具有很好的参考价值。每期针对不同主题，连续刊登，希望对电气与电子工程师、科研人员及电子爱好者带来帮助，亦诚挚邀请广大业界人士参与讨论及互动。

第7讲 电解电容器基础知识（二）

——一般用途电解电容器

Chapter7: Basic Knowledge of Electrolytic Condenser (2)

—Electrolytic Condenser for General Application

陈永真

Chen Yongzhen

1 什么是一般用途电解电容器

现在的电解电容器应用有很多领域，传统的电子线路中所应用的电解电容器称为一般用途电解电容器。

除了一般用途之外，还有什么应用需要电解电容器？从应用历史进程看有以下多种类型：开关电源电解电容器；变频器电解电容器；节能灯电解电容器；家电中的电解电容器；新型能源应用中的电解电容器；逆变焊机应用；感应加热应用；气体放电灯应用；便携式电子设备充电器应用；LED照明应用；智能电网应用等。这些应用领域，由于是不同的应用条件，电解电容器将处于不同的工作状态，对电解电容器的外形、寿命、最高工作温度等有不同的要求。

应该说，一般用途电解电容器相对于上述10余种应用来说，性能要求最低，相对成本也最低。没有比一般用途电解电容器性能更差、成本更低、制造门槛还低的应用。玩具级电解电容器，由于其工作环境相对最好，电子玩具的寿命相对其他电子产品的寿命最短、有效工作时间最短，没有必要用几10年不坏的电解电容器。

关于一般用途应用以外的电解电容器应用及相关性能，将在后面若干讲里详尽讲述。本文只讲述一般用途电解电容器的相关知识。

2 一般用电解电容器用在什么地方

一般用途电解电容器用在什么地方？这是人们不得不提

出的疑问。原因很简单，由于受传统电子技术的影响、电子技术相关教学的影响。通常对电子线路的研究大多为晶体管、集成电路的工作状态及所实现的功能，甚至是拓扑分析。电容器的作用，无非是具有多大的容抗、电容量的大小及容差、损耗因数、漏电流等。在不涉及到电流的状态下，这些参数对于大学课程中的模拟电子线路、数字电子线路来说的确足够了。可以说，一般用途电容器可以理解为是大学课程中的模拟电子技术、数字电子技术所涉及的电子线路中的电容器。

在晶体管交流放大电路中，电解电容器作为“隔直”的耦合电容器，用来阻断前后级的直流工作状态对本级电路直流工作状态的影响；电解电容器在晶体管交流放大器中的第二个作用就是旁路，例如与发射极电阻并联的交流旁路电容器、功率放大器的电源旁路电容器，以及这些电路的整流滤波电容器。如图1、图2、图3所示。

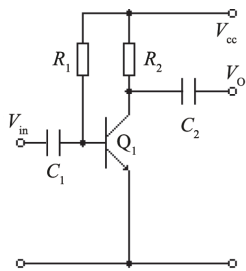


图1 电解电容器用于晶体管放大器的交流耦合电容器

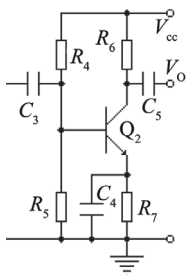


图2 电解电容器应用做旁路电容器

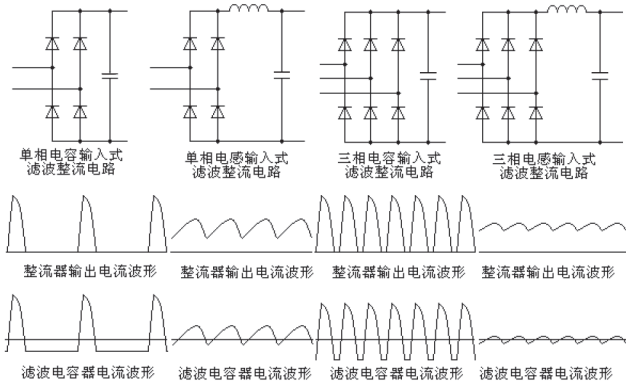


图3 电解电容器用作整流滤波电容器

这些应用对电容器要求是：足够的电容量，满足要求的耐压，可以容忍的漏电流及损耗因数，尽可能小的体积和尽

可能低的成本。

足够的电容量的要求“隔直”电容器和旁路电容器具有足够低的容抗。例如，晶体管交流放大器的“隔直”电容器，额定容量需要 $10\mu\text{F}$ 以上甚至更高，而旁路电容器的电容量往往在 $100\mu\text{F}$ 以上。“如此高”的电容量非电解电容器不可。而单相整流滤波用电容器，则要求电容量更高，往往需要 $30000\mu\text{F}$ 以上，这样的电容量非铝电解电容器莫属。

铝电解电容器在相同的电容量条件下，耐压越低、体积越小、成本越低。满足要求的工作电压，实际上是为了尽可能的降低电解电容器成本和体积。耐压不足可能会造成电解电容器的击穿，即使不击穿也会大大降低电解电容器的寿命、同时漏电流也会明显增加。

可以容忍的漏电流，是为了在不影响电路正常工作状态下，尽可能的选用电解电容器。相对其他电容器，铝电解电容器的漏电流相对最大。一般情况下的漏电流在 $3\mu\text{A}$ 左右，或者是 0.01CV 。这样的电流对晶体管交流放大器的“隔直”电容器来说比较勉强，但是，40多年来一直这样使用的。

对于旁路电容器来说，漏电流并不是很严重的问题，只要不严重发热、不影响寿命就行。一般电子线路的旁路，并不会有大的交流电流流过旁路电容器，不会因电子线路的交流成分电流而过热；对于整流滤波电容器，由于需要很大的电容量，因此，无需考虑铝电解电容器能否承受得住来自整流滤波的纹波电流分量。即使漏电流稍大也会正常工作，但是会影响铝电解电容器的寿命。

在众多电容器中相同的 CV 值，铝电解电容器的成本最低，体积最小。

3 一般用途电解电容器基本特性

我国标小型铝电解电容器最早的型号是 DC03，后来出现了替代 DC03 型号的 $85^\circ\text{C}/2000\text{h}$ 的 DC110，同时体积也小于 DC03。

3.1 电压

铝电解电容器的电压指标主要有：额定 DC 电压、额定浪涌电压、瞬间过压和反向电压，下面将逐一介绍。

(1) 额定 DC 电压 V_R

额定 DC 电压 V_R 是电容器在额定温度范围内所允许的连续工作电压，它包括在电容器两电极间的直流电压和脉动电压或连续脉冲电压之和，或者是峰值电压。通常，铝电解电容器的额定电压在电容器表面标明。通常额定电压 $\leq 100\text{V}$ 为“低压”铝电解电容器，而额定电压 $\geq 150\text{V}$ 为“高压”铝电解电容器。

额定电压的标称电压为：3V、4V、6.3V、(7.5V)、10V、16V、25V、35V、(40V)、50V、63V、80V、100V、160V、200V、250V、300V、(315V)、350V、(385V)、

400V、450V、500V、(550V)。

其中,括号中的电压值为我国不常见的数值。

(2) 工作电压 V_{op}

工作电压是电容器在额定温度范围内所允许连续工作的电压。在整个工作温度范围内,电容器既可以在满额定电压(包括叠加的交流电压)下连续工作,也可以连续工作在在0V与额定电压之间任何电压值。由于所能承受电流的限制,电解电容器的工作电压中的交流成分电压不宜过大,一般以所能承受的电流限制为准。

在短时间内,电容器也可承受幅值不高于-1.5V的反向电压。

(3) 反向电压

铝电解电容器是有极性电容器,通常不允许工作在反向电压下。在需要的地方,可通过连接一个二极管来防止反极性。通常,采用导通电压约为0.8V的二极管是允许的。在短于1s的时间内,小于或等于1.5V的反向电压是可以承受的,但仅是短时的,绝不能是连续工作状态。

反向电压的危害,主要是反向电压将产生减薄氧化铝膜的电化学过程,从而不可逆的损坏铝电解电容器。

特殊的铝电解电容器,可以短时工作在交变的交流电压工作状态,如交流裂相异步电机启动铝电解电容器。

(4) 额定浪涌电压 V_s

额定浪涌电压 V_s 是铝电解电容器在短时间内能承受的电压值。其测试条件是:电容器工作在25°C,不超过30s、两次间隔不小于5min。IEC 384-4中规定的浪涌电压与额定电压的关系如下。 $U_R < 315V$ 时为:

$$U_S = 1.15 \cdot U_R \quad (1)$$

$U_R > 315V$ 时为:

$$U_S = 1.10 \cdot U_R \quad (2)$$

有些铝电解电容器(主要是大型铝电解电容器)在外壳上也标注浪涌电压。一般的标注方法为: $\times \times \times V_s$,

(5) 浪涌电压测量

电容器额定浪涌电压 V_s 的具体测试方法是:在正常室温,电容量在2500 μF 以下的铝电解电容器可串联1000 $\Omega \pm 10\%$ 电阻,而电容量在2500 μF 或更高者,则应采用串联2500000 $\Omega \pm 10\%$ (这里电容量的单位是 μF) 的电阻。在电压30s接通,4min30s关断的周期内,每个电容器通过充电电阻或等效电阻放电。重复120h的循环周期。通过测试的要求,是测试前后的直流漏电流(DCL)、等效串联电阻(ESR)和损耗因数(DF)值不应有变化,并且没有机械损坏或电解液泄漏痕迹。通过这个测试条件可以看到,铝电解电容器与串联电阻的时间常数为2.5s,30s是12个时间常数,这样长的接通时间可以使铝电解电容器充电到浪涌电压值。每12次/h,

120h共冲击了1440次。如果质量不过关,冲击这么多次以后肯定就失效了。

(6) 瞬间过电压

瞬间过电压是铝电解电容器一般能瞬间承受的极限过电压。对于铝电解电容器,瞬间过电压通常为超过电容器的浪涌电压额定值的过电压状态,这种状态会造成很大漏电流并进入恒电压状态,电压电流特性很像稳压二极管的反向特性。如果电解电容器不能承受这个瞬时过电压,可能击穿失效。但是,即使能够承受,这种状态也决不允许维持比较长的时间,因为是电容器产生的氢气所产生的压力会导致不可逆的压力释放装置动作(爆浆),使铝电解电容器失效。即使压力释放装置不动作,这种状态也会消耗电解液,多次出现这种状态将会缩短铝电解电容器的使用寿命。因此,在电子线路仅需要极短工作寿命,在某种意义上允许端电压达到浪涌电压或稍低于瞬时过电压。

RIFA的瞬间过电压的测试标准为:尖脉冲,上升时间在100 μs 到5ms之间;两次瞬间过电压间隔时间大于5ms;寿命期间内可以承受1000次的瞬间过电压冲击^{[5][2]}。

在特殊应用中(如需耐受雷击的冲击电压),可以采用特殊设计方法,如在铝电解电容器两端并联瞬变电压抑制二极管箝位或性能优良的压敏电阻的方式,可以成功的实现瞬间过电压保护。

铝电解电容器瞬间过电压特性表明,铝电解电容器可以承受瞬时过电压(击穿电压)而不损坏,而其它介质电容器的端电压,一旦达到击穿电压值就会产生不可逆的损坏。这也是铝电解电容器跟其它介质电容器相比而具有的“优点”。

(7) 交流迭加,纹波电压

铝电解电容器两端之间不仅可以施加直流电压,而且也可以施加交流迭加电压,或纹波电压,但是必须符合如下条件:

① 直流电压与交流叠加电压和纹波电压之和不超过额定电压,而且不发生反极性现象;

② 电流不超过额定纹波电流。

(未完待续)

作者简介

陈永真,1956年生,1982年1月毕业于大连工学院工业自动化专业。辽宁工业大学教授、电力电子与电力传动硕士生导师,中国电源学会常务理事、编辑工作委员会主任、专家委员会副主席、学术工作委员会委员,中国电工技术学会电力电子学会名誉理事。承担国家“863”计划电动汽车重大专项“解放牌混合动力城市客车用超级电容器”,出版专著10部。主要研究课题:高效率功率变换;新型电力电子器件应用;电力电子电容器应用;超级电容器应用;电池的电源管理。