

讨论主题

- n 讲述内容要点：铝电解电容器的有关知识

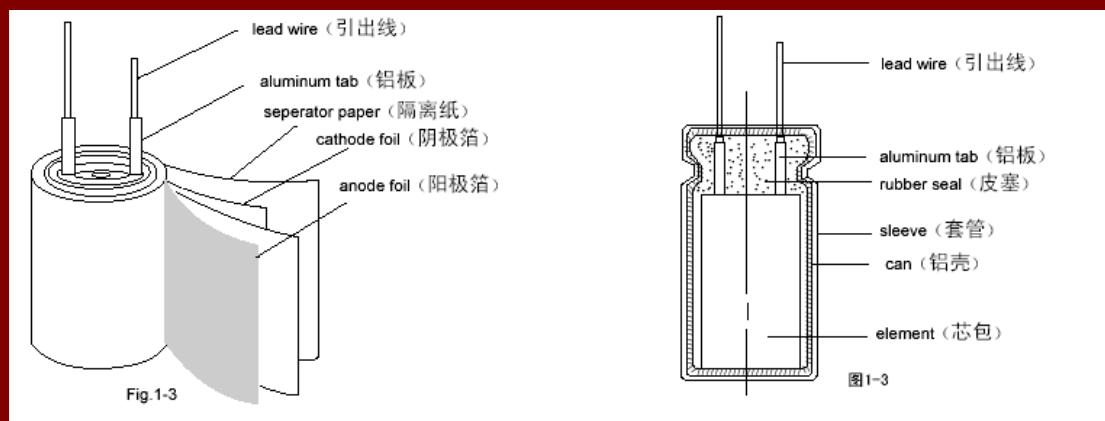


一. 铝电解电容器生产流程

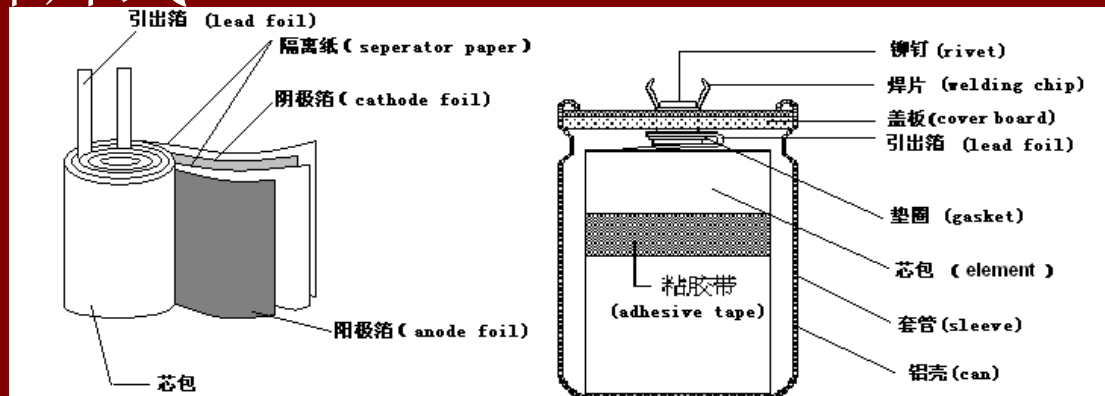
分切→铆卷→含浸→装配→套管→老化
→参数分选→外检
→包装→入库

二. 铝电解电容器的结构:

导针式:



焊片式:



三. 铝电解特点:

- n ①. 两个电极有正、负极性之分(正极、负极)。
- n ②. 它的介质是利用电化学技术在金属铝的表面形成一层极薄氧化膜(Al_2O_3)，不同于薄膜电容
- n ③. 铝电解电容器的阴极是电解液(它附着在铝箔表面)

A. 结构特点：

- n ①. 两个电极有正、负极性之分、(正极、负极)。
- n ②. 它的介质是利用电化学技术在金属铝的表面形成一层极薄氧化膜(Al_2O_3)，不同于薄膜电容
- n ③. 铝电解电容器的阴极是电解液(它附着在铝箔表面)

B. 电气性能特点:

- n ①比率容量大，意味着在同容量的情况下它的体积小。
- n ② Al_2O_3 介质膜能承受极高的工作电场强度 $E=U/d$ (V/mm)
- n 一般 $E_{\text{L铝}}=600\text{kv/mm}$, $E_{\text{纸介}}=200\sim300\text{kv/mm}$, $E_{\text{陶瓷}}=20\sim30\text{kv/mm}$
- n 有自愈作用: 铝电解电容器内部含有电解液, 它能提供氧离子 (O^{2-}) 自动修补 Al_2O_3 膜中的疵点和缺陷, 提高了电容器的绝缘电阻和耐压, 降低了漏电流。

C. 缺点:

- n a) 耐压有一定的限制，最高500V左右；
- n b) 单相导电性，使用过程中务必看清正负极，不能接反。
- n c) 绝缘质量差，主要表现在漏电流方面
- n d) 寿命有一定限制，因为电容器长时间使用后电解液会受电容器的密封程度影响而干枯。

四. 铝电解电容器的 参数及影响因素:

- n A. 电压:
- n 工作电压(额定电压)WV;
- n 浪涌电压1.1WV;
- n 过电压(起动电容器)1.2WV;
- n 耐电压 (端子相连后与外壳间)
1000V以上。

B. 电容量及允许偏差

- n 电容量： $= \varepsilon_r S / 3.6 \pi d$ ε_r — 为相对介电常数（相对电容率），S为面积 cm^2 ，D为极板间的距离 cm 。
- n 标称电容量指的是规格值；
- n 允许偏差是在规格值上下允许的波动值于规格值的百分比。一般有 $\pm 20\%$ 、 $+30\sim -10\%$ ，这是由于生产的化成铝箔容量一致性以及电容器制造过程的偏差（卷绕卷偏、含浸效果）会带来实际电容器的容量出现偏差。
- n 影响电容量的因素有：测试温度、测试频率等

电容量的单位及换算

n 电容量的单位：法拉—F；毫法—mF；纳法—nF；微法— μ F；皮法—pF。

n 换算：1F=10³mF= 10⁶ μ F=10⁹nF=10¹²pF

n 容量偏差的计算：

$$\Delta C = (C_{\text{测}} - C_{\text{标}}) / C_{\text{标}} \times 100\%$$

D. 漏电流:

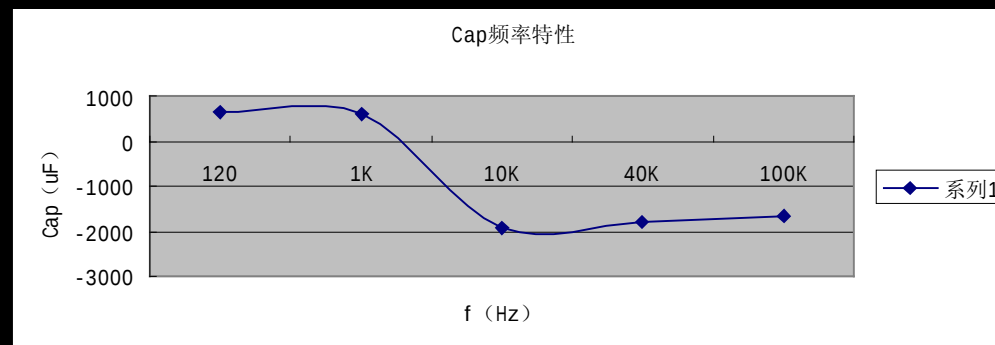
- n 它是来表征电容器的绝缘质量的，它与施加在电容器两端的电压大小、环境温度的高低、测试充电时间的长短、老化效果有着密切的关系；同时与内在材料的纯度（ Fe^{3+} 、 SO_4^{2-} 、 Cl^- 、 H_2O 等）、电解液修补氧化膜的能力、阳极箔氧化膜的质量有直接的关系
- n $I_{LC} = KCV$ （ μA ）， $K \approx 0.01 \sim 0.1$
- n 单位：mA， μA .

E. 等效串联电阻ESR:

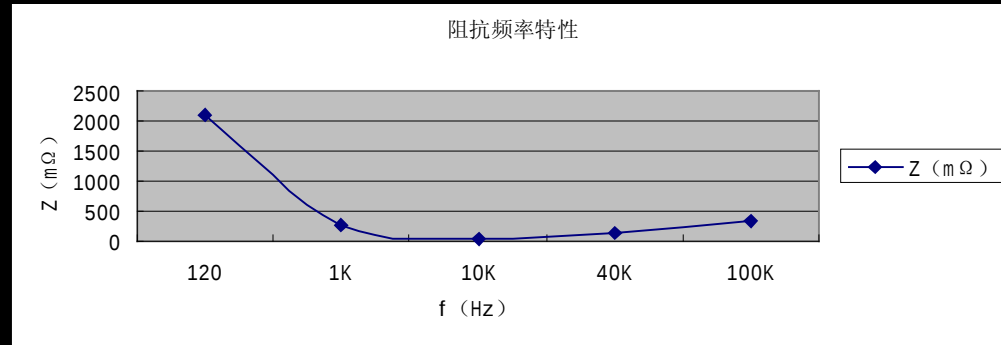
- n 它有三部分组成 $r_{介}$ —铝氧化膜介质损耗电阻； $r_{解}$ —电解液的电阻； $r_{金}$ —金属与金属的接触电阻。
- n ESR与损耗角正切值、电容量、频率的关系： $\tan \delta = 2 \pi f c r$

F. 阻抗:

- n $Z = 1 / (2 \pi f C) \cdot (1 + \tan^2 \delta)^{1/2}$
- n 阻抗与产品的损耗角正切值成正比，与频率、容量成反比。
- n 在这里我们讨论一下阻抗与频率的关系：先看阻抗与频率特性曲线：
(以35V680uF为例)



n 从上图可以看出容量随着频率的增加逐渐减小，这一现象我们可以用介质偶极子极化理论来解释。在低频段电容器的介质其偶极子极化跟得上外加电场的变化，也就是说介质的极化率大，极化率大对电容量贡献就大，且损耗也小；在高频段电容器的介质其偶极子极化跟不上外加电场的变化，容量就会下降，损耗增大。



- n 从上图可以看出阻抗随着频率的增加而变化，变化曲线成“U”型，这是因为电解电容器有固有电感的影响，在低频段容抗占主导地位，随着频率的增加阻抗减小，当阻抗达到某一最低值时，此频率为谐振频率；在高频段感抗占主导地位，电感是由电流流过金属电极、引线、外壳时产生。
- n 根据上述分析高频电路选电容器时必须考虑到最低谐振频率越高越好！

五. 铝电解的用途:

A. 电源滤波:

n ①. 彩电一次、二次电源

n ②. DVD电源

n ③. 变频器电源

n ④. UPS电源

n ⑤. 其它电子仪器

n CD110 、 CD263、 CD289、 CD293、
CD289A、 CD135、 CD136

B. 偶合作用:

- n 音频电路及其它交流信号电路
- n CD110、CD286、CD263...

C. 旁路作用:

- n 隔直通交,使交流分量旁路接地,
- n CD110.

D. 储能作用：

- n 闪光灯电路 、 电焊机储能电路 (CD17) 主要特点是耐充放电。

E. 移相作用;

n 马达启动用 CD60

F. LC振荡 :

n CD110、CD117、CD263、CD286

G. S校正电路:

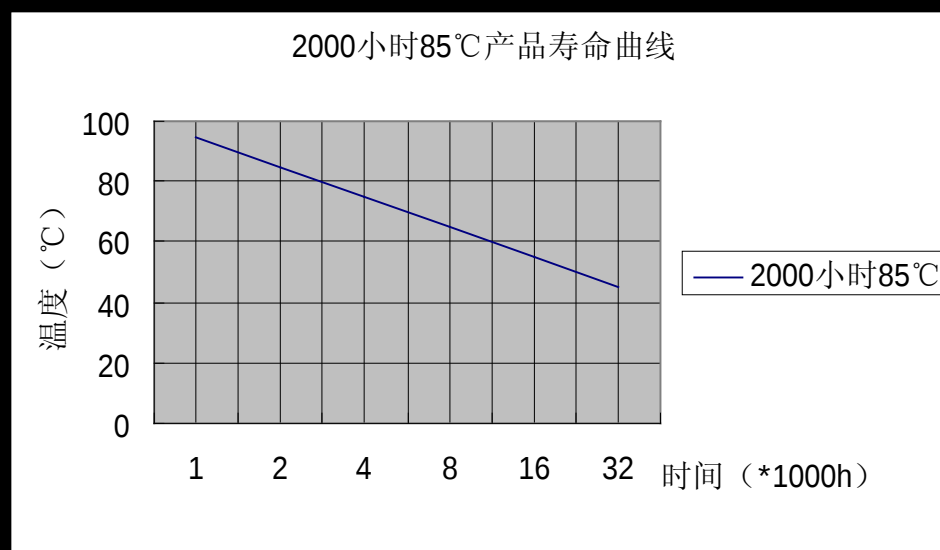
- n 无极性且损失角正切值要很小。
CD71S

六. 铝电解电容器的寿命及推算:

- n A. 铝电解电容器的寿命是有限的, 所谓元件寿命是指元件在规定条件下工作到某一时刻时其性能超过规定的允许值, 此时刻称为寿命时间.
- n B. 加速寿命推算方法: 10°C 2倍法则, 也就是说温度每增加 10°C , 电容器寿命将缩短一半, 此法则的前提是 $35^{\circ}\text{C} \sim$ 最高使用温度范围内

- n C. 推算公式: $L_2 = L_1 \times A^{T_1 - T_2 / 10}$
- n L_1 为 T_1 时寿命小时数
- n L_2 为 T_2 时寿命小时数
- n T_1 为最高使用温度叠加纹波电流发热引起的温升之和 (°C)
- n T_2 为推算寿命的环境温度加纹波电流发热引起温升之和 (°C)
- n A: 加速系数 $A \approx 2$

D. 寿命特性推算图:



七. 铝电解的失效模式:

A. 短路short (击穿)

- n 正负引出箔短路，似碰非碰，本公司已克服，在结构设计上有独特之处。
- n 芯包内部箔片毛刺、碎屑刺破隔离纸造成，一般在生产过程中被淘汰；卷绕过程中电解纸错开，尤其手工卷绕产生的可能性比较大；良品如果施加超过规范之温度和电压也会发生。
- n 本公司在生产各环节上作了许多攻关，短路率在1/1000左右。

B. 接触不良

- n 这一问题是铝电解生产最棘手的故障，主要不良现象是产品容量时有时无、 $\text{tg } \delta$ 大。接触电阻它包括三个部分：
- n ① 焊针与铆钉接触不良--牛角（SNAP IN）、螺盖引出（SCREW TYPE）
- n ② 铆钉与引出箔片接触不良--牛角（SNAP IN）、螺盖引出（SCREW TYPE）
- n ③ 引出箔或导线与箔片接触不良—导针式
- n 江浩在这方面作了大量的改进工作，杜绝了容量时有时无， $\text{tg } \delta$ 大的不良特征的发生。

C. 发热阀鼓失效模式:

- n 这一失效模式主要在电容器使用过程中产生:
- n ① 反极性通电
- n ② 同时也与电容器贮存时间长久后性能劣化突然施加全部电压有关
- n ③ 电路过负载纹波电流大
- n ④ 电网电压过低电容器上承受纹波过大
- n ⑤ 电网电压异常, 长时间超过电容器耐受电压有关

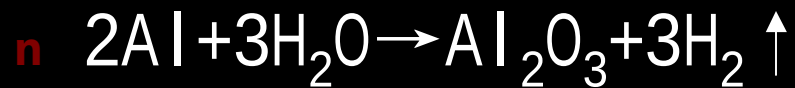
D. C小、 $\tan \delta$ 增大

- n ① 电容器在使用过程中容量逐渐减小， $\tan \delta$ 逐渐增大，这是正常现象，因为电容器使用长久后阻抗会逐渐增大。
- n ② C小， $\tan \delta$ 增大在极短时间内发生明显变化这就是异常，铝电解电容器有其使用寿命，在达到规定使用寿命时，其变化达到规定值即为其寿命终止，一般 ΔC 为-20%， $\tan \delta$ 为2倍标准值。

E. 开路

- n ① 导针、引箔断裂：产品击穿点位于导针及引箔处时，产生爆炸而使引出端与箔片断开；铆接不良；焊片与铆钉接触不良。
- n ② 阳极腐蚀：这个问题一直困扰众多电容器厂家，具体表现在电容器使用一段时间后引出箔产生阳极氧化，引出箔被腐蚀殆尽，最终导致开路失效。
- n 产生这一问题的主要原因是电容器内部含有杂质离子和水，杂质离子主要是 Cl^- ，它对铝的腐蚀作用很大。

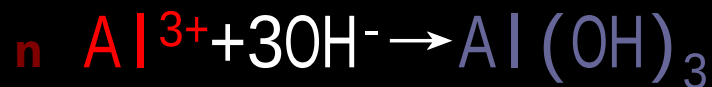
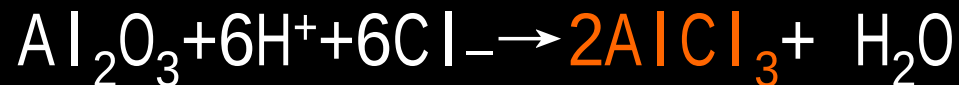
腐蚀机理反应式



n



n



阳极腐蚀可以用自催化酸化理论解释：

- n 电容器在通电状态下，Cl⁻向正极区迁移而富集并引起孔洞内PH值降低而酸化，促使铝的溶解，这个溶解过程不断增加了酸度。铝的溶解形成铝离子与电解液内的水结合形成Al(OH)₃

七.铝电解的选择和使用

- n 电路设计师在电路设计时正确选择铝电解是确保线路正常工作的必要条件。如何利用价值工程理论选择好铝电解，做到既经济又可靠这是一个综合问题：

1. 线路工作的环境温度考虑:

- n 电容器所处的周围是否有发热源、满载时电容器的温升有多高、机芯通风散热状况等。通常是85℃，环境温度高时可以考虑选用105℃电容器或125℃。

2. 电容器在电路上承受的纹波电流考虑：

- n 如果纹波电流超过电容器规格书提供的纹波电流值，则电容器内部温升将大大提高，电容器发热严重，内部形成恶性循环（这是因为内部热量与外壳散热不平衡），内部温度急剧上升使电解液蒸发，电容器内压增高导致防爆阀释放电容器芯包干枯失效。

纹波电流的推算公式

$$I_{\sim} = \left(\frac{2 \pi f \alpha S \Delta t}{\text{tg } \sigma} \right)^{1/2}$$

上式f ----频率Hz， S----散热面积cm²，
Δt允许温升℃， 散热系数 α 。

85℃产品 Δt为5 ℃

105℃产品 Δt为2-3 ℃

α =1×10⁻³~ 2×10⁻³ W/ (cm².℃)

3. 电容器工作电压考虑:

- n 电容器必须在标称工作电压下使用，超压使用电容器的寿命将缩短。这里有两方面的考虑首先是发热因素、其次是内部打火击穿。

4. 脉冲电压的频率考虑:

- n 通常频率一般在40KHz以下，高频一般是100KHz左右，目前出现一些特高频场合使用如200KHz。在高频情况下使用必须选用耐高频的电容器如高频低阻抗电容器。正如前面所讲的选择最低谐振频率高的电容器。

5. 电容器尺寸方面考虑:

- n 在空间允许的情况下尽可能选体积大一些的电容器（它可以做的耐压高一点、阻抗小些、同时散热面积也大）对电容器寿命有好处；在直径受限制的情况下尽可能选高度大一些（高度大电容器内部箔片长度将缩短，损耗角变小），这样电容器高频特性好。

6.特殊要求

- n 线路工作环境和内在有特殊要求时
可与电容器设计师沟通开发满足特殊要求的特规电容器。