

铝电解电容器承受纹波电流的能力分析

引言

电解电容应用于电路中，主要是作为电源的滤波元件，其作用是信号的旁路、耦合等。在开关电源中，功率管开启时，输出电容充电，功率管关闭时，输出电容放电，在此过程中会产生叠加在输出直流电流上的交流电流，称之为纹波电流；纹波电流的大小对电解电容的温升和功率损耗有着非常大的影响，本文介绍了铝电解电容（YXJ 系列，Rubycon）温升的原因和最大允许纹波电流的计算方法。

铝电解电容温升的原因

铝电解电容的温度变化主要是由纹波电流和等效串联电阻引起的功率损耗造成的，且与其表面积散热能力也有关系；首先，当有纹波电流通过电容器时，一方面，由于功率损耗（P）而使电容器内部温度上升、发热；

$$P = I_{AC}^2 \cdot r + V \cdot I_L \quad (1)$$

公式（1）中： I_{AC} 表示纹波电流； r 表示等效串联电阻； I_L 表示漏电流； V 表示施加的直流电压；因为漏电产生的功耗可以忽略不计，所以公式（1）可近似为：

$$P = I_{AC}^2 \cdot r \quad (2)$$

另一方面，电容器也通过外表面向周围附近环境散热（ P' ）：

$$P' = \alpha \cdot S \cdot \Delta T \quad (3)$$

公式（3）中 α 表示散热系数； S 表示电容表面积 $[S = \frac{\pi}{4} D(D+4L)]$ ，其中 D 表示电容直径， L 表示电容高度； ΔT 表示产品温升；

当发热与散热达到平衡时，则有 $P = P'$ ，即

$$I_{AC}^2 \cdot r = \alpha \cdot S \cdot \Delta T \quad (4)$$

此时我们分别使用 YXJ 系列的47uF/50V（6.3×11）和220uF/50V（10×16）的铝电解电容，下文简称为电容 1 和电容 2；这两款电容温升分别为：

$$\Delta T_6 = \frac{I_{AC6}^2 \cdot r_6}{\alpha \cdot S_6} \quad (5)$$

$$\Delta T_{10} = \frac{I_{AC10}^2 \cdot r_{10}}{\alpha \cdot S_{10}} \quad (6)$$

$$\frac{\Delta T_6}{\Delta T_{10}} = \frac{r_6 \cdot S_6}{r_{10} \cdot S_{10}} = 2.31 \times \frac{r_6}{r_{10}} \quad (7)$$

分别取这两种尺寸电容在不同频率测试其 r 值：

f		100Hz	1KHz	10KHz
r (Ω)	r_6	0.844	0.280	0.204
	r_{10}	0.212	0.073	0.047

表 1.两种尺寸电容在不同频率下的 r 值

依公式（7）将表 1 中数据带入，则有

f	100Hz	1KHz	10KHz
$\frac{\Delta T_6}{\Delta T_{10}}$	9.19	8.86	10.02

表 2.不同外壳尺寸产品在不同频率下的温升关系

如表 2 所示，电容 2 在 10KHz 时的温升为 1℃时，则电容 1 在 10KHz 时温升为 10℃；因此可推断在 10KHz 时，如果电容 2 工作时，产品中心温度为 40℃，环境温度为 25℃时（产品温升为 15℃），此时电容 1 温升为 10x15℃=150℃，产品中心温度为 150℃ +25℃=175℃，远超其最高使用温度 105℃，将对产品性能产生影响甚至防爆阀打开失效。

结论

总之，铝电解电容在实际使用时如果超过规定的最大允许纹波电流，产品温度就会升高，超出其最高使用温度，就会对铝电解电容性能产生影响，从而影响整个电路。因此，当设计电子线路时，须根据铝电解电容使用的环境温度、所通过的纹波电流（或作用其上的纹波电压）等，选择合适的铝电解电容。