

铝电解电容器耐纹波能力的研究与控制

王跃明, 丰磊

(南通同飞电容器有限公司, 江苏 南通 226008)

摘 要: 介绍了纹波电流对铝电解电容器的寿命影响, 分析了影响铝电解电容器耐纹波电流能力的因素, 通过选用高品质材料、改进芯组结构及制造工艺来提高铝电解电容器的耐纹波能力。

关键词: 纹波电流; 铝电解电容器; 分组包装; 双层包卷

中图分类号: TM535+.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-5468 (2007) 05-0011-03

Ripple-resistance of Electrolytic Capacitor

WANG Yao-ming, FENG Lei

(Nantong Tongfei capacitor Co., LTD., Nantong 226008, China)

Abstract: The impact of the ripple current on the lifetime of electrolytic capacitors is introduced. The factors that affect the ripple current resistance of electrolytic capacitors are analyzed. **The ripple resistance of aluminum electrolytic capacitors can be improved by selecting high-quality materials and improving core group structure and manufacturing process.**

Key words: ripple current; aluminum electrolytic capacitor; packaging group; double wrapping

1 引言

铝电解电容器作为电子工程中极为重要的基础电子元件之一, 在通讯设备、视听系统、家用电器和电子仪器仪表等领域中得到广泛的应用。随着开关电源、逆变器、点焊机技术的发展, 铝电解电容器将面临更为严酷的使用环境, 尤其是高频脉动电流的冲击和电容器工作温度的提高, 使得纹波电流逐渐成为铝电解电容器的重要性能参数。

2 影响纹波电流的因素:

通常情况下, 纹波电流 I_r 为

$$I_r = \sqrt{\frac{\Delta T \cdot H \cdot A}{R}} \quad (1)$$

式 (1) 中: H ——散热系数;

ΔT ——电容器的中心温升;

A ——电容器表面积。

从式 (1) 中可知, 纹波电流 I_r 与 $\sqrt{\Delta T \cdot H \cdot A}$ 和 $\frac{1}{\sqrt{R}}$ 成正比。散热系数 H , 包括幅射散热和对流散热; 它不仅与产品表面的温度差、直径大小、直立或横卧有关, 而且与芯包结构、电容器内的导热情况、热流方向、芯包固定方式等密切相关。

由铝电解电容器的等效电路可知

$$\tan \delta = \omega CR \quad (2)$$

式 (2) 中: R ——等效串联电阻, 由 3 部分组成, 即

收稿日期: 2007-07-30 修回日期: 2007-08-01

作者简介: 王跃明 (1968-), 男, 江苏南通人, 南通同飞电容器有限公司工程师, 从事铝电解电容器的技术开发及品质管理工作。

$$R=R_1+R_2+R_3 \quad (3)$$

式(3)中: R_1 ——氧化膜介质损耗所代表的等效串联电阻;

R_3 ——极板、导电层的欧姆电阻及其间的接触电阻;

R_2 ——电解质所代表的等效串联电阻, 即

$$R_2=\Phi \cdot \rho \cdot d/2s \quad (4)$$

式(4)中: Φ ——电解纸的渗透系数;

ρ ——工作电解液的电阻率 ($\Omega \cdot \text{cm}$);

d ——电解纸的厚度 (cm);

s ——阳极箔的外观几何尺寸 (cm^2).

由以上分析可知, 选用氧化膜介质损耗小的铝箔, 选择渗透系数小、厚度薄的电解纸, 降低工作电解液的电阻率和粘度, 改进产品结构等都可明显降低产品的 $\tan\delta$. 通过降低 $\tan\delta$, 增大产品的散热系数, 就可提高产品耐纹波电流的能力, 从而保证产品达到长寿命等要求。

3 常用提高铝电解电容器耐纹波能力的方法

a) 提高负极箔的耐压能力

提高铝电解电容器的耐纹波能力, 常常都会选用高形成电压的阳极箔和加有 3~5 V 电压的负极箔。在有交流成分的电路中工作时, 铝电解电容器的负极受脉动电压的影响会形成新的氧化膜, 从而产生气体及热量, 使铝电解电容器的内部温度升高, 甚至会造成铝电解电容器的破坏, 所以采用加压负箔可有效地提高铝电解电容器的耐纹波能力。

b) 选用吸附能力好的电解纸、高电导率的电解液和低比容的负箔

我们知道, 铝电解电容器的电解纸具有好的吸附能力、高电导率的电解液、低比容的负箔, 可有效地降低铝电解电容器损耗角正切值, 从而减少铝电解电容器的无功功率的消耗, 达到降低铝电解电容器本体发热的目的。

c) 在工艺上采用多对引出方式

采用多对引出的方式可有效地降低铝电解电容器的等效串联电阻, 从而达到有效降低铝电解电容

器损耗, 减少产品发热的目的。

d) 采用负箔露底技术

在铝电解电容器芯包包卷过程中采用负箔比正箔宽的方法, 使电容器的负箔底部露出电解纸, 装配时使负箔直接接触电容器的铝壳, 便于散热, 可有效地提高铝电解电容器的耐纹波能力。

4 本项目研究的方法

随着逆变器、点焊机 etc 整机技术的迅速发展, 以上常用的方法虽能进一步地提高铝电解电容器的耐纹波能力, 但对产品的性价比有着很大的影响, 在性能方面也逐渐显示出了组合使用的缺点。

目前, 逆变器、点焊机所使用的铝电解电容器一般都是 4~6 组一起并联使用, 靠铝电解电容器瞬间放电产生的能量来完成工作。由于瞬间的电流可以达到 200 A 以上, 所以对铝电解电容器又提出了新的要求, 一般的电容器很难满足这样苛刻的要求。迫于成本的压力也不可能无限制地提高铝电解电容器铝箔的形成电压, 所以笔者着重从另外的几个方面对高纹波铝电解电容器进行了大量的试验, 总结出了一套可行的试制方案, 可有效地提高铝电解电容器在纹波适应能力方面的高性价比能力。

a) 采用分组包装法

由于现在所采用的高纹波铝电解电容器多数都是并联组合使用的, 依靠铝电解电容器的总容量来放电, 所以对产品的一致性要求特别高。但是, 整机厂家一般对这一要求都较为忽视, 有的只提出了产品的标准容量 $\pm 20\%$ 以内即可, 这样一来, 在所选用的产品中就会出现容量一致性较差的情况; 有的更是允许容量在 $\pm 10\%$ 左右, 这样, 铝电解电容器在并联使用时就会出现一致性差的情况, 当瞬间放电时, 其电流就可能会叠加在小的一只上, 造成差的一只纹波电流过大, 产品过热甚至出现爆炸的情况。

笔者通过对 4 只组合在一起的铝电解电容器 450 V 5600 μF $\Phi 76 \times 130$ 这个规格进行了防爆的耐电流试验, 如表 1 所示:

表1 分组试验变化

序号	所选容量规格	测试结果
1	+18、-15、+12、+11	电流叠加到 10 A, 就出现爆一只的现象
2	+15、-16、-15、-12	电流叠加到 18 A, 就出现爆一只的现象
3	-15、-12、-13、-15	电流叠加到 30 A, 产品仍然很好
4	+10、+12、+12、+13	电流叠加到 35 A, 产品仍然很好

表2 电容参数及中心温度

项目	普通品 损耗/%	双层产品 ESR/ Ω	普通品 ESR/ Ω	双层产品 中心温度/ $^{\circ}\text{C}$	普通品 中心温度/ $^{\circ}\text{C}$	双层产品 中心温度/ $^{\circ}\text{C}$
1	5.7	2.4	0.35	0.28	65	58
2	5.8	2.5	0.38	0.26	66	55
3	5.8	2.3	0.35	0.26	67	56
4	5.9	2.5	0.36	0.25	66	58
5	5.5	2.6	0.38	0.26	65	55

从表1可以看出,在生产的过程中,应把测试性能参数较为一致的产品包装在一起,以免客户使用时要混用,由此可有效地避免铝电解电容器在这类高纹波线路中的耐纹波能力。

b) 采用双层箔包卷技术

通常,包卷芯包时,都是采用一层阳极箔加两层电解纸、加一层阴极箔再加两层电解纸的方法。笔者却采用了新的方法,即一层阳极箔加两层电解纸、加一层阴极箔、加二层电解纸再加一层阳极箔和两层电解纸。通过这种方法生产出来的铝电解电容器,损耗较低,ESR也较小,有效地控制了产品的发热。

1) 芯组包卷方式如图1所示:

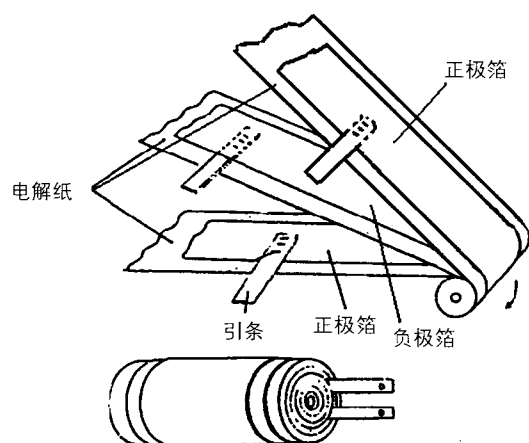


图1 芯包卷绕图

2) 以 400 V330 $\Phi 30 \times 40$ 的产品参数及中心测温法测得的温度与普通产品温度进行了对比,如表2所示:

从表2可以看出,采用双层包卷法可以大大降低铝电解电容器的损耗及串联等效电阻 ESR 等各项性能参数,有效地提高了铝电解电容器的耐纹波电流能力。

c) 采用中心冷却液装配技术

对此项技术,目前笔者正在进一步的研究中,已取得了一定的效果:通过增加铝壳的中心柱,把冷却液与铝壳有效地结合在一起;利用芯包中心针孔,通过冷却液的作用,有效地降低产品芯组的中心温度,达到提高产品的耐纹波能力。但是,此项技术还有待于铝壳技术的进一步发展,笔者如有进一步的研究结果,将会再作详细的介绍。

5 结束语

随着电子信息技术的迅速发展,对铝电解电容器的要求也越来越高,尤其是在高频线路中的应用,因此,我们必须不断地研发出高性能、耐高频耐高纹波的产品。笔者通过采用上述几种方法,进行了无数的试验,结果证明,这些方法确实能够提高铝电解电容器产品的耐纹波能力,可以满足各种电路的要求,目前已通过相关用户的确认试验,并获得了用户的好评。

参考文献:

- [1] 林学清,洪雪宝.铝电解电容器工程技术(修订版)[M].厦门:厦门大学出版社,2006.
- [2] 陈国光,曹婉真.电解电容器(修订本)[M].西安:西安交通大学出版社,1993.
- [3] 丁继华,陈卫东.铝电解电容器耐纹波能力探讨[J].电子元件与材料,2001,20(5):6-7.