

固体钽电解电容器频率特性研究

揣荣岩, 邵泊, 韦春才

(沈阳工业大学 信息科学与工程学院, 辽宁 沈阳 110023)

摘要: 讨论分析了烧结型固体钽电解电容器电容量 C 、损耗 $\text{tg}\delta$ 、阻抗 Z 与使用频率 f 的关系. 实验证明, 固体钽电解电容器随着 f 的提高, C 值相应下降, $\text{tg}\delta$ 值相应上升. 当频率 f 升到一定值时, 阻抗 Z 出现最小值. 同时还探讨了进一步改善固体钽电解电容器频率特性的方法.

关键词: 固体钽电解电容器; 频率; 特性

中图分类号: TN 604 **文献标识码:** A

固体钽电解电容器的阳极钽块是通过高温、高真空烧结而成的, 其电解质采用二氧化锰固体层, 这不仅使电容器的体积变小, 而且其容量频率特性和损耗频率特性都远远优于箔式电容器. 固体钽电解电容器的谐振频率也大于箔式钽电解电容器, 更大于铝电解电容器. 随着国防科研和航天科学的飞速发展, 钽电解电容器在其领域中的用量越来越大, 对其电性能的要求也越来越高. 如在高频下使用, 要求电容量 C 和损耗 $\text{tg}\delta$ 变化小, 谐振频率高等. 本文就钽电解电容器使用频率 f 的提高对其电容量 C 、损耗 $\text{tg}\delta$ 及阻抗 Z 的影响进行了分析, 并探讨了其改善方法.

1 电容量 C 与频率 f 的关系

1.1 实验

取 $3.3\ \mu\text{F}/25\ \text{V}$ 、 $10\ \mu\text{F}/25\ \text{V}$ 、 $22\ \mu\text{F}/25\ \text{V}$ 的钽电解电容器各 10 只, 分别在室温 ($25\ ^\circ\text{C}$) 和高温 $85\ ^\circ\text{C}$ 下实验测试.

对 $3.3\ \mu\text{F}/25\ \text{V}$ 的钽电解电容器, 在不同频率下测量, 每种温度可得到 10 组数据. 将 10 组数据取平均, 得到 1 组平均数据. 见图 1 中曲线 a. 图 1 中的曲线 b 和 c 是用同样方法得到的关于 $10\ \mu\text{F}/25\ \text{V}$ 和 $22\ \mu\text{F}/25\ \text{V}$ 钽电解电容器的 C - f 曲线.

1.2 C - f 特性分析

由实验得到的固体钽电解电容器容量频率特性曲线(图 1), 可以看出: 固体钽电解电容器的电容量是随使用频率的上升而下降的. 无论是在室温 $25\ ^\circ\text{C}$ 、还是在高温 $85\ ^\circ\text{C}$ 下, 都遵循这个规律. 但是容量 C 下降的速度与其电容器的容量大小有关. 容量越大, C 值下降的速度越快.

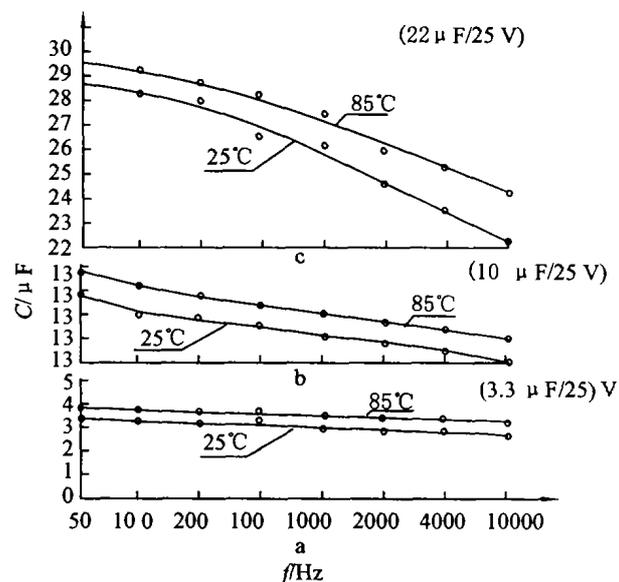


图 1 固体钽电解电容器容量频率特性

Fig. 1 Frequency characteristics of solid tantalum electrolysis capacitor

固体钽电解电容器电容量 C 随频率 f 增加而下降的原因主要有两点: 一是 MnO_2 介质膜随频率的增加松弛极化程度变大; 二是固体钽块烧结时造成的微孔, 在高频下使用时造成的“微孔效应”, 即填充在阴极钽块表面上最深微孔处的二氧化锰 (MnO_2) 层, 随频率的提高其集中电阻不断增加, 造成电容量 C 的下降. 容量越大, 钽块微孔深度越深, 微孔密度越大, 则“微孔效应”越显著. 这一点由图 1 可以看得很明显.

2 电容器损耗 $\text{tg}\delta$ 与频率 f 的关系

2.1 实验

取 $3.3\ \mu\text{F}/25\ \text{V}$ 、 $10\ \mu\text{F}/25\ \text{V}$ 、 $22\ \mu\text{F}/25\ \text{V}$ 的

钽电解电容器各 5 只, 分别在室温(25 ℃)和高温 85 ℃ 下实验测试。

对 3.3 μF/25 V 的钽电解电容器, 在不同频率下测量, 每种温度可得到 5 组数据, 将 5 组中的相应数据取平均即可作出 3.3 μF/25 V 的 $\text{tg}\delta$ - f 曲线(如图 2 所示)。

图 2 中关于 10 μF/25 V 和 22 μF/25 V 钽电解电容器的 $\text{tg}\delta$ - f 曲线, 是用同样方法绘制的。

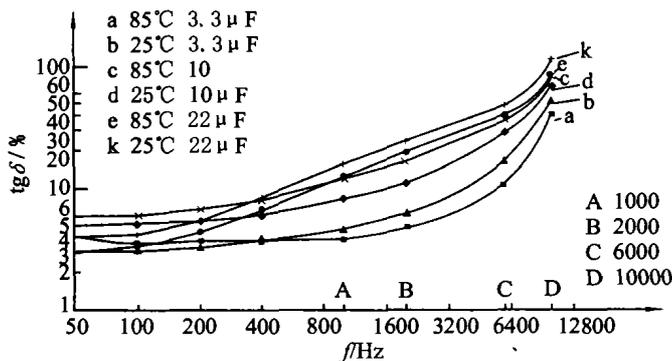


图 2 固体钽电解电容器损耗频率特性

Fig. 2 Consumption of solid tantalum electrolysis capacitor with frequency

2.2 $\text{tg}\delta$ - f 特性分析

由实验所得的图 2 固体钽电解电容器损耗频率特性, 可以看出, 电容器损耗 $\text{tg}\delta$ 值是随频率的增加而上升的, 无论是在室温 25 ℃、还是在高温 85 ℃ 时皆成这种趋势. 通过公式 $\text{tg}\delta = \omega CR$ ($\omega = 2\pi f$, R 为串联电阻) 也可说明, 随着频率 f 的增加, R 也增加, C 虽然有下降, 但 $\text{tg}\delta$ 值还是增加的。

$\text{tg}\delta$ 随频率 f 增加而上升的原因主要是介质极化滞后和由钽块引线电感的增加而造成的能量损耗. 可以说固体钽电解电容器的损耗随频率的增加而上升, 是由于“极化效应”和“电感效应”造成的. 而且电容器电容量越大, $\text{tg}\delta$ 也越大。

3 电容器阻抗 Z 与频率 f 的关系

3.1 实验

取 22 μF/25 V 的钽电解电容器五只, 分别在室温(25 ℃)和高温 85 ℃ 下实验测试. 在不同频率下测量, 每种温度可得到 5 组数据, 将 5 组中的相应数据取平均即可作出 Z - f 特性曲线(如图 3 所示)。

3.2 Z - f 特性分析

由实验所得的图 3 可以清楚地看到, 电容器的阻抗 Z 值随频率的增加而下降, 当频率增大到

一定值时, 电容器阻抗值出现一个最小值, 此时的频率称为电容器的谐振频率 f_T , 当频率再增加时, Z 值也随着增大. 由图 3 还可看出, 当 $f < f_T$ 时电容器呈容性; 当 $f > f_T$ 时, 电容器呈感性, 此时电容器引线电感所引起的感抗起主要作用, 电容元件变成了电感元件, 电容器已不再有实用意义. 固体钽电解电容器的谐振频率 f_T 比其它箔式电容器都高。

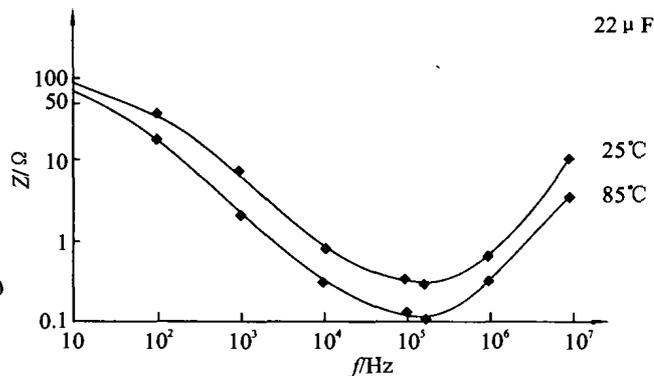


图 3 固体钽电解电容器抗应率特性

Fig. 3 Impedance of solid tantalum electrolysis capacitor with frequency

4 关于改善频率特性的探讨

要想得到固体钽电解电容器的电容量 C 、损耗 $\text{tg}\delta$ 和阻抗 Z 随频率 f 变化的最佳特性, 可试从结构设计和制造工艺两方面着手。

- 1) 阳极钽块的高度与其直径的尺寸比尽量采用 3:1;
- 2) 选择最优的阳极钽块烧结温度和适量的扩孔填充剂;
- 3) 尽量降低串联电阻的阻值, 提高钽氧化膜的质量;
- 4) 阳极钽块被膜要尽量采用低浓度的硝酸锰溶液, 被膜次数要充分, 使钽块表面有效微孔通道填实靠满;
- 5) 选择优质的焊料, 使固体电解质 MnO_2 和阴极外壳接触良好。

参考文献:

- [1] 天津大学无线电元件教研室. 电容器[M]. 北京: 技术标准出版社, 1989.
(Radio Component Section of Tianjin University. Electric capacitor [M]. Beijing: Technical Standard Press, 1989.)
- [2] 崔志武, 韦春才, 李和太, 等. 铝电解电容器[M]. 北京: 学苑出版社, 1991.
(Cui Z W, Wei C C, Li H T. Aluminium electrolysis

- capacitor [M]. Beijing: Academia Press, 1991.)
- [3] 西安交通大学. 电解电容器[M]. 西安: 西安交通大学出版社, 1989.
(Xian University of Communication. Electrolysis capacitor [M]. Xi'an: Xi'an Jiaotong University Press, 1989.)
- [4] 韦春才, 董海青. 铝电解电容器频率特性研究[J]. 沈阳工业大学学报, 2000, 22(6): 506.
(Wei C C, Dong H Q. Research on frequency characteristics of aluminium electrolysis capacitor[J]. Journal of Shenyang University of Technology, 2000, 22(6): 506.)

Investigation on frequency characteristics of solid tantalum electrolysis capacitor

CHUAI Rong-yan, SHAO Bo, WEI Chun-cai

(School of Information Science and Engineering, Shenyang University of Technology, Shenyang 110023, China)

Abstract: This paper analyzed the relation that the capacitance, consumption and impedance of a solid tantalum electrolysis capacitor varied with the frequency. The experiment result proved that the increasing of the frequency could constantly lead to the decreasing of the capacitance and the enlarging of the consumption correspondingly. When the frequency was increased to some value, the minimum impedance could be found. Ultimately, some methods were given to improve the frequency characteristics.

Key words: solid tantalum electrolysis capacitor; frequency; characteristic