

压电陶瓷振子频率 温度稳定性的测试方法

1 范围

本标准规定了压电陶瓷振子频率温度稳定性的测试方法。

本标准适用于测试圆片径向伸缩振动模式,长条横向长度伸缩振动模式的压电陶瓷振子的串联谐振频率和并联谐振频率(以下简称频率)的温度稳定性。

2 引用标准

下列标准所包含的条文,通过在本标准中引用而构成为本标准的条文,本标准出版时,所示版本均为有效。所有标准都会被修订,使用本标准的各方应探讨使用下列标准最新版本的可能性。

GB/T 2414.1—1998 压电陶瓷材料性能试验方法 圆片径向伸缩振动模式

GB/T 2414.2—1998 压电陶瓷材料性能试验方法 长条横向长度伸缩振动模式

GB/T 3389.1—1996 铁电压电陶瓷词汇

3 定义和符号

本标准中采用的定义和符号按 GB/T 3389.1 的规定。

4 测试原理

4.1 温度稳定性是指压电陶瓷的性能随温度而变化的特性。频率温度稳定性即为频率随温度变化的特性,一般可用频率温度系数或最大相对频率漂移这两种方法来描述。

在某一温度下,温度变化 1℃时,频率数值变化与该温度下此频率的数值之比,称为频率温度系数 T_f ,可用公式(1)表示:

$$T_f = \frac{1}{f} \cdot \frac{\partial f}{\partial \theta} \dots\dots\dots (1)$$

式中: T_f ——频率温度系数, (°C)⁻¹

f ——某温度下的频率, Hz;

$\frac{\partial f}{\partial \theta}$ ——频率随温度的变化率, Hz/°C。

压电陶瓷振子的频率随温度的变化是非线性的,其温度系数是温度的函数。

另外,通常还用最大相对频率漂移表征压电陶瓷振子的频率温度稳定性,可用公式(2)和(3)表示:

$$(\delta f)_p = \frac{|f(\theta_p)_m - f(25^\circ\text{C})|}{f(25^\circ\text{C})} \dots\dots\dots (2)$$

$$(\delta f)_N = \frac{|f(\theta_N)_m - f(25^\circ\text{C})|}{f(25^\circ\text{C})} \dots\dots\dots (3)$$

式中: $(\delta f)_p$ ——正温最大相对频率漂移, %;

$(\delta f)_N$ ——负温最大相对频率漂移, %;

$f(\theta_p)_m$ ——在正温范围内(如 $25^\circ\text{C} \sim 85^\circ\text{C}$)频率偏离常温 25°C 时频率的最大的值, Hz;

$f(\theta_N)_m$ ——在负温范围内(如 $-65^\circ\text{C} \sim 25^\circ\text{C}$)频率偏离常温 25°C 时频率的最大值, Hz;

$f(25^\circ\text{C})$ ——常温 25°C 时的频率值, Hz

4.2 本标准采用传输网络测量试样的最大传输频率 f_{mT} , 最小传输频率 f_{nT} , 采用阻抗分析仪测量试样的最大导纳频率 f_m , 最小导纳频率 f_n , 或谐振频率 f_r , 反谐振频率 f_a (在一级近似下 $f_{mT} = f_m = f_r = f_s, f_{nT} = f_n = f_a = f_p$)。

将试样置于正负温环境试验设备内, 在规定的温度范围内测量不同温度点的相应频率, 就能得到频率随温度变化的关系曲线, 从而求得频率温度系数或最大相对频率漂移。

5 测试条件

5.1 试样尺寸及要求

圆片试样按 GB/T 2414.1 的规定, 长条试样按 GB/T 2414.2 的规定。

试样应保持清洁干燥, 在每个温度点测试前保温时间一般为 1h, 根据试样盒导热性能以及材料和试样尺寸的不同, 保温时间可适当增减。

5.2 测试信号要求

测频率时电场强度 $E \leq 30 \text{ mV/mm}$ 。

6 测试方法

6.1 串联谐振率 f_s 并联谐振频率 f_p 的测试

6.1.1 传输线路法

6.1.1.1 测试电路

测试线路如图 1、图 2 所示。

图 1、图 2 中, 匹配电阻 R_{T1} 的阻值与信号发生器的输出阻抗相匹配, 限流电阻 R_{T2} 为 $200\Omega \sim 2\text{k}\Omega$, 试样两端的分布电容 C_{A-B} 远小于试样自由电容 C^T 。

6.1.1.2 测试设备及要求

a) 信号发生器: 频率瞬时稳定度优于待测频率的精确度, 输出波形为正弦波, 谐波失真抑制大于 30dB;

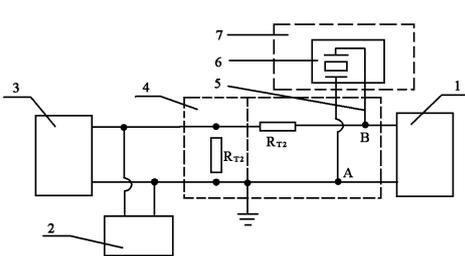


图 1 测 f_s 的线路

1—电压表; 2—频率计; 3—振荡器; 4—屏蔽盒; 5—引线;

6—试样盒; 7—正负温环境试验设备

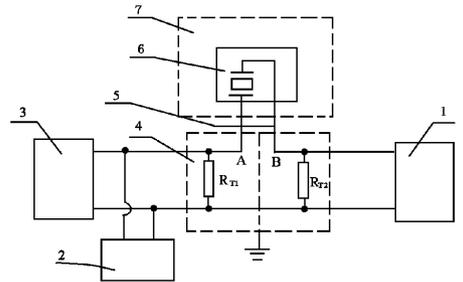


图 2 测 f_p 的线路

1—电压表; 2—频率计; 3—振荡器; 4—屏蔽盒; 5—引线;

6—试样盒; 7—正负温环境试验设备

b) 频率计: 分辨率优于 1 Hz, 输入阻抗远大于信号发生器输出阻抗;

c) 电压表: 输入阻抗大于 1 M Ω , 输入电容量不大于 40 pF, 频率范围应符合测试要求;

d) 正负温环境试验设备:能在要求的温度范围内(如 $-65^{\circ}\text{C}\sim 85^{\circ}\text{C}$)提供温度均匀,连续可调的正负温度环境,控温偏差不大于 $\pm 2^{\circ}\text{C}$;

e) 屏蔽盒:接地良好,屏蔽盒与各仪表连线用短屏蔽线,连接采用射频连接器;

f) 试样盒及引线:试样盒应采用良导热材料制成。盒内支架夹具的夹持力要小,以能夹住试样为准,并保证夹具与试样电极接触良好,夹具与试样接触面的直径一般为 $0.3\text{ mm}\sim 1.0\text{ mm}$,并夹在试样节点处。试样盒应加盖,并尽量做到密封和干燥,盒内相对湿度小于 75% ,试样盒与屏蔽盒之间的引线要尽可能短。

6.1.1.3 测试程序

a) 室温频率的测试

将试样装入测试盒内,加盖密封后置于正负温环境试验箱内。测温点应靠近试样,以能真实反映盒内试样处的温度。按图 1 测试电路测串联谐振频率 f_s ,其方法是调节信号发生器的频率,使电压表指示最小,此时频率为串联谐振频率 f_s ,再按图 2 测试电路测并联谐振频率 f_p ,其方法是调节信号发生器频率,使电压表指示最小,此时频率为 f_p 。

b) 正负温频率的测试

室温频率测试后,按所需的测试温度,改变正负温度环境试验箱的温度,其升降温速率不大于 $3^{\circ}\text{C}/\text{min}$,在选定的温度点保持一定时间(一般为 1 h)。然后重复 6.1.1.3a)的方法测出该温度点的串联谐振频率 f_s ,并联谐振频率 f_p 。在整个温度范围内逐点进行测试(温度点不小于 10 个),从而得到频率温度特性曲线。

变温方式推荐如下:从常温直接降至负温最低点,并从此点开始按所需要的温度逐点进行测试,直至正温最高点。

6.1.2 电桥法

6.1.2.1 测试电路

如图 3 所示。

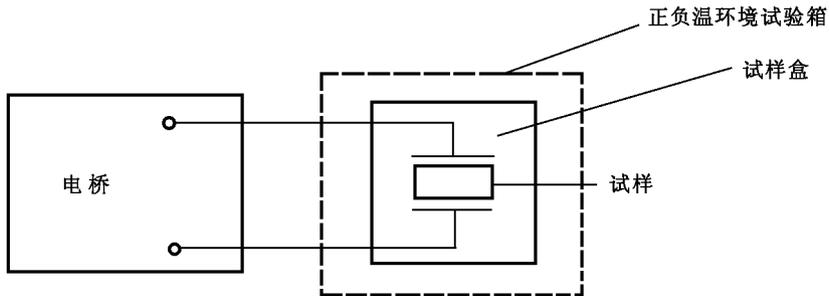


图 3 电桥法测试电路

6.1.2.2 测试设备及要求

- 电桥:频率精度优于 10^{-5} ,阻抗分辨率优于 0.05Ω ;
- 正负温环境试验设备:同 6.1.1.2d)的要求;
- 试样盒及引线:同 6.1.1.2f)的要求。

6.1.2.3 测试程序

a) 室温频率的测试

将试样装入试样盒内,加盖密封后置于正负温环境试验箱内,测温点应靠近试样盒,以能真实反映盒内试样处的温度。按图 3 测试电路,调节电桥的频率,使试样的阻抗最小,此时频率为最大导纳频率 f_m ;或使试样相位为零,此时频率为谐振频率 f_r 。增高电桥频率,使试样阻抗最大,此时频率为最小导纳频率 f_n ;或使试样相位为零,此时频率为反谐振频率 f_a 。

b) 正负温频率的测试

除按 6.1.2.3a) 规定的方法测出各温度点的频率外,其余测试程序按 6.1.1.3b) 的规定进行。

6.2 参数性能的计算

6.2.1 频率温度系数的计算

由测出的串联谐振频率 f_s 和并联谐振频率 f_p 的温度特性曲线,按公式(1)可计算任一温度的频率温度系数 T_f 。

当某温度区间内频率与温度可近似看作线性关系时,其中任一温度 θ_1 的频率温度系数可用公式(4)计算。

$$\left. \begin{aligned} T_{f_s} &= \frac{f_s(\theta_2) - f_s(\theta_1)}{f_s(\theta_1)(\theta_2 - \theta_1)} \\ T_{f_p} &= \frac{f_p(\theta_2) - f_p(\theta_1)}{f_p(\theta_1)(\theta_2 - \theta_1)} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (4)$$

式中: T_{f_s} ——串联谐振频率温度系数, $^{\circ}\text{C}^{-1}$;

T_{f_p} ——并联谐振频率温度系数, $^{\circ}\text{C}^{-1}$

θ_1, θ_2 ——频率与温度呈线性关系区间内任意二点的温度, $^{\circ}\text{C}$;

$f_s(\theta_1)$ ——温度 θ_1 时的串联谐振频率, Hz;

$f_s(\theta_2)$ ——温度 θ_2 时的串联谐振频率, Hz;

$f_p(\theta_1)$ ——温度 θ_1 时的并联谐振频率, Hz;

$f_p(\theta_2)$ ——温度 θ_2 时的并联谐振频率, Hz。

6.2.2 最大相对频率漂移的计算

由测出的频率温度特性曲线,并以 25°C 为基准值,按公式(2)和公式(3)分别计算正温最大相对频率漂移和负温最大相对频率漂移。