

考虑损耗的压电陶瓷常用振动模的等效电路(II)

——电场平行于传播方向的几种常用振动模

栾桂冬 张金铎

(北京大学)

1984年6月4日收到

压电陶瓷的电场平行于波的传播方向的三种常用振动模如图1所示。由相应的压电方程,采用与文章[1]相似的方法可得到它们的等效图,如图2所示。由于篇幅所限推导过程和图2中各元件的表达式从略。

自由振动时的等效电路图可简化成图3。图中各元件值,对电场平行于传播方向的厚度剪切片为:

$$C_1 = \frac{wlt\rho\omega^2}{8} \frac{h_{15}''^2 - h_{15}'^2}{(h_{15}''^2 + h_{15}'^2)^2} \quad (1)$$

$$L_1 = \frac{8t}{\pi^2 w l \omega^2} \left[\frac{(h_{15}''^2 + h_{15}'^2)^2}{c_{55}''(h_{15}''^2 - h_{15}'^2) + 2c_{55}' h_{15}' h_{15}''} \right] \quad (2)$$

$$R_1' = \frac{4}{w l t \rho \omega^3} \frac{(h_{15}''^2 + h_{15}'^2)^2}{h_{15}' h_{15}''} \quad (3)$$

(上接第28页)

四、结 语

本文推导出四种简单型扭振变幅杆的参数式及方程,并编制出了设计用数据表。从结果看来,指数型和类悬链线型扭振杆具有较好的综合性能;阶梯型有非常大的放大系数,机械加工容易,但其输入阻抗对频率偏离量以及 N 的增大都非常敏感,故较适于负载较轻和较稳定的场合以及设计成较小直径比变幅杆使用;类圆锥型扭振杆放大系数和形状因数都不大,输入阻抗特性也不太好,又没有圆锥型杆加工容易的优点,因而实际上实用意义可能不大,特别是在大直径比时。

应用声学

$$R_1'' = \frac{8t}{\pi^2 w l \omega} \times \left[\frac{(h_{15}''^2 + h_{15}'^2)^2}{c_{55}''(h_{15}''^2 - h_{15}'^2) - 2c_{55}' h_{15}' h_{15}''} \right] \quad (4)$$

$$C_e = \frac{w l}{t \beta_{11}^s} \quad (5)$$

$$R_e = \frac{t \beta_{11}''^s}{\omega w l} \quad (6)$$

ν 为奇数。

对电场平行于传播方向的厚度扩展片,只需将(1)~(6)中的 c_{55}^D 、 h_{15} 和 β_{11}^s 分别改成 c_{33}^D 、 h_{33} 和 β_{33}^s 即可。

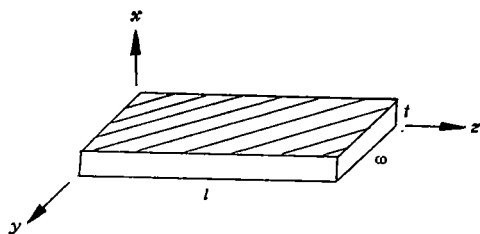
对电场平行于长度的长度扩展杆,图3中的各元件值为:

最后,感谢王奇浩副教授的关怀和热情鼓励以及计算机室全体工作人员的帮助和配合。

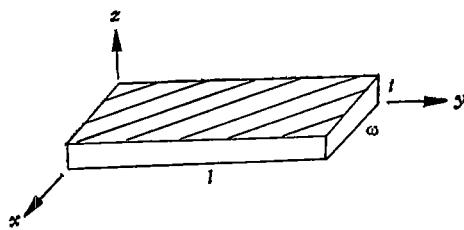
本文基本内容曾在1983年全国功率超声学术讨论会上报告过。

参 考 文 献

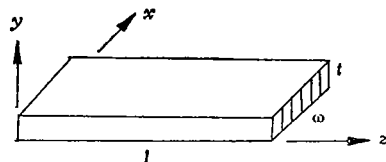
- [1] E. A. Neppiras, *British Journal of Applied Physics*, 11-4(1960), 143—150.
- [2] [苏] Л. О. 马卡洛夫,《声学译丛(总第六号,魏墨重译)》,上海科学技术编译馆,1963,70—73.
- [3] [苏] Л. Л. 锡林等,《超声波焊接》,姜健等译,国防工业出版社,1963,209—215.
- [4] [日] 隈部淳一郎,《振动切削》,实教出版株式会社,1979,161—165.
- [5] 隈部淳一郎、蜂须贺胜, [日] 精密机械, 48-10(1982), 48—53.
- [6] 財満銀雄、宇野正美、加茂進, [日] 精密机械, 49-5(1983), 105—110.
- [7] 阮世勋,应用声学, 1-4(1982), 23—28.



(a) 厚度剪切片



(b) 厚度扩展片



(c) 长度扩展杆

图1 电场平行于波的传播方向的三种常用振动模

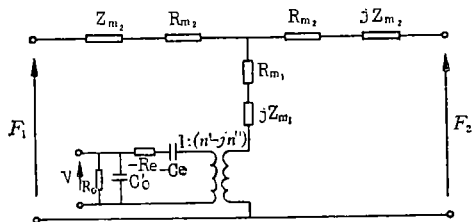


图2 考虑损耗的电场平行于传播方向的三种振动模的等效图

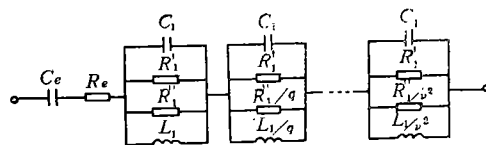


图3 考虑损耗的三种振动模自由振动时的等效电路

$$C_1 = \frac{\rho \omega l t \omega^2}{8} \times \frac{(s'_{33} g'_{33} + s''_{33} g''_{33})^2 - (s'_{33} g'_{33} - s''_{33} g''_{33})^2}{(g_{33}'^2 + g_{33}''^2)^2} \quad (7)$$

$$L_1 = \frac{8l}{\pi^2 \omega^2 \omega t} \times \left[\frac{(g_{33}'^2 + g_{33}''^2)^2}{s'_{33} (g_{33}'^2 - g_{33}''^2) + 2s''_{33} g'_{33} g''_{33}} \right] \quad (8)$$

$$R'_1 = \frac{4}{\rho \omega l t \omega^3} \times \frac{(g_{33}'^2 + g_{33}''^2)^2}{(s'_{33} g'_{33} + s''_{33} g''_{33})(s'_{33} g'_{33} - s''_{33} g''_{33})} \quad (9)$$

$$R'_1 = \frac{8l}{\pi^2 \omega \omega t} \frac{(g_{33}'^2 + g_{33}''^2)^2}{2s'_{33} g'_{33} g''_{33} - s''_{33} (g_{33}'^2 - g_{33}''^2)} \quad (10)$$

$$C_e = \frac{\omega t}{l} \frac{s'_{33} D^2 + s''_{33} D^2}{\beta_{33}'^T (s'_{33} D^2 + s''_{33} D^2) + s'_{33} (g_{33}'^2 - g_{33}''^2) +}$$

$$R_e = \frac{l}{\omega \omega t} \times \frac{\beta_{33}'^T (s'_{33} D^2 + s''_{33} D^2) + s'_{33} (g_{33}'^2 - g_{33}''^2) - 2s'_{33} g'_{33} g''_{33}}{s'_{33} D^2 + s''_{33} D^2} \quad (11)$$

本文与文[1]中所讨论的压电陶瓷的四种常用振动模, 包含了一般换能器中压电陶瓷振子的基本振动形式, 这就为应用该方法去处理考虑损耗的较复杂的换能器问题打下了基础, 也为测量压电陶瓷的全部复数电弹常数做了准备。

参考文献

- [1] 栾桂冬, 张金铎, 考虑损耗的压电陶瓷常用模的等效图(1), 应用声学, 5-1(1986), 12.