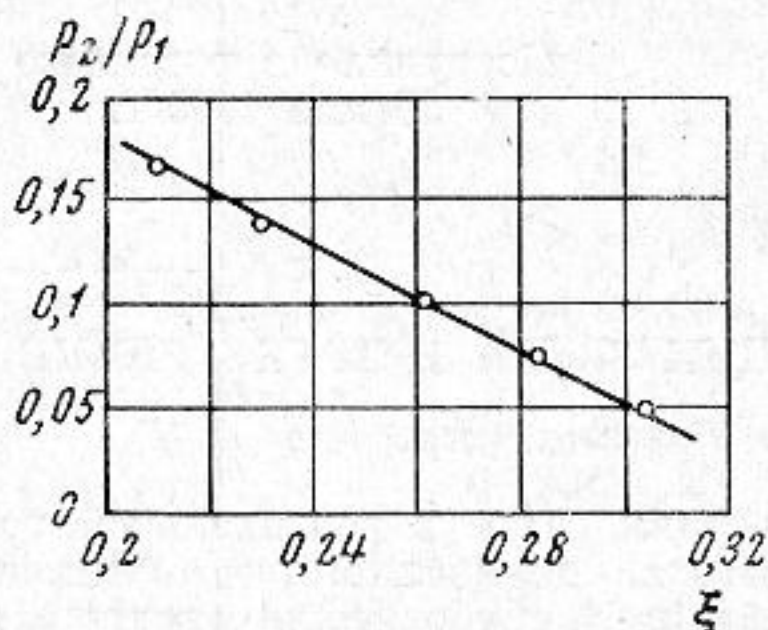
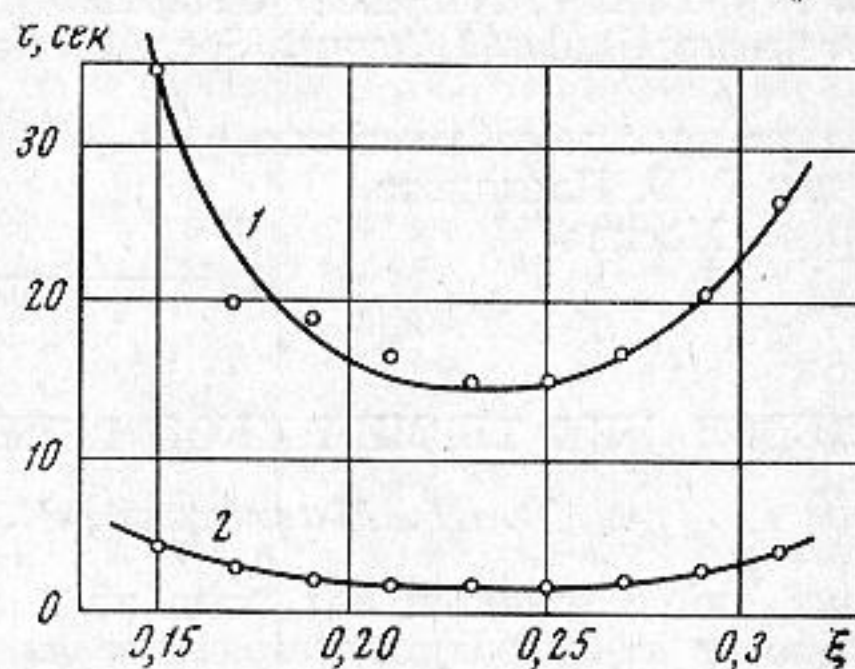


термической генерации звука связана с конечностью времени разогрева спирали и воздуха. Инерционен и процесс установления стационарного конвекционного потока. Введением специального перекрывающего клапана при условии предварительного разогрева спирали удастся снизить (фиг. 3, кривая 2) время t установления



Фиг. 2



Фиг. 3

колебаний в трубе Рийке до величины порядка 2 сек, что примерно соответствует времени установления стационарного конвекционного потока. На время установления колебаний влияет также принудительный поддув в трубе и наличие звуковых колебаний основной частоты в помещении.

ЛИТЕРАТУРА

1. Л. Н. Зарембо, В. А. Красильников. Введение в нелинейную акустику. М., «Наука», 1966.
2. И. Я. Мароне, А. А. Таракановский. Исследование возбуждения звука в трубе Рийке. Акуст. ж., 1967, 13, 2, 302, 304.

Таганрогский радиотехнический институт

Поступило в редакцию
15 января 1969 г.

УДК 534.232

К ВОПРОСУ ОБ ИМПУЛЬСНОМ ВОЗБУЖДЕНИИ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ

Ю. Е. Невский

При возбуждении преобразователей видеоимпульсами большое значение имеет правильный выбор отношения длительности видеоимпульса к периоду собственных колебаний преобразователей. Этот вопрос рассматривался в работе [1], где получен вывод, что огибающая сигнала после двойного преобразования $|X(t, \tau)|$ имеет максимум при $\tau = (2n + 1)T_0 / 2$, где τ — длительность видеоимпульса, T_0 — период собственных колебаний преобразователя. При $\tau = nT_0$ огибающая превращается в нуль.

Более строгий анализ возбуждения преобразователей видеоимпульсами можно получить, если воспользоваться операционным уравнением устройства с двойным преобразованием:

$$V_{\text{вых}} = \frac{4ed}{\varepsilon^T T_0 p} \cdot \frac{\rho_1 c_1}{\rho_2 c_2} \cdot \frac{e^{-(\alpha + \frac{p}{c_2})L}}{\left(1 + \frac{\rho_1 c_1}{\rho_2 c_2} \operatorname{cth} \frac{T_0}{2} p\right)^2} \cdot \frac{Z_H}{Z_0 + Z_H} V_{\text{вх}}, \quad (1)$$

где e и d — пьезоконстанты материала преобразователя, $\rho_1 c_1$ — волновое сопротивление материала преобразователя, $\rho_2 c_2$ — волновое сопротивление звукопроводящей среды, L — длина пути акустического луча, Z_0 — электрический импеданс преобразователя, Z_H — электрический импеданс нагрузки, подключенной к преобразователю в режиме приема, p — оператор Хевисайда.

Уравнение (1) записано для преобразователей, работающих в режиме двустороннего излучения. Воздействием волн, прошедших акустический путь в звукопроводящей среде три раза и более, пренебрегаем.

Операционное уравнение излучателя имеет вид

$$T_{\text{зв}} = \frac{1}{1 + \frac{\rho_1 c_1}{\rho_2 c_2} \operatorname{cth} \frac{T_0}{2} p} \cdot e^{-\frac{V_{\text{вх}}}{l_0}}, \quad (2)$$

где $T_{зв}$ — механическое напряжение в излучаемой волне, l_0 — толщина преобразователя.

Прямоугольный импульс напряжения $V_{вх} = 1$, подаваемый на преобразователь, описывается выражением $V_{вх} = [\sigma(t) - \sigma(t - \tau)]$, где $\sigma(t)$ — единичная функция Хевисайда, τ — длительность импульса. Воздействие сигнала формы $\sigma(t)$ на систему с двойным преобразованием описывается переходной характеристикой. Переходная характеристика, найденная из выражения (1), имеет вид

$$h(t) = \frac{4ed \rho_1 c_1}{\varepsilon^T T_0 \rho_2 c_2} \delta^2 \left[(t - t_0) \sigma(t - t_0) - 2(1 + \beta) \left(t - t_0 - \frac{T_0}{2} \right) \sigma \left(t - t_0 - \frac{T_0}{2} \right) + \right. \\ \left. + (1 + \beta)(1 + 3\beta)(t - t_0 - T_0) \sigma(t - t_0 - T_0) - \right. \\ \left. - 2\beta(1 + \beta)(1 + 2\beta) \left(t - t_0 - \frac{3}{2} T_0 \right) \sigma \left(t - t_0 - \frac{3}{2} T_0 \right) + \right. \\ \left. + \beta^2(1 + \beta)(3 + 5\beta)(t - t_0 - 2T_0) \sigma(t - t_0 - 2T_0) - \dots \right], \quad (3)$$

где $\delta = \frac{\rho_2 c_2}{\rho_1 c_1 + \rho_2 c_2}$; $\beta = \frac{\rho_1 c_1 - \rho_2 c_2}{\rho_1 c_1 + \rho_2 c_2}$; t_0 — время распространения ультразвука.

При расчете принималось, что $R_{н} = \infty$ и затухание ультразвука в среде отсутствует, т. е. $\alpha = 0$. На фигуре сплошной кривой 1 показана переходная характеристика устройства — кварцевые пластины x -среза, звукопроводящая среда — алюминиевомагнийный сплав. Форма выходного сигнала при воздействии на вход сигнала $-\sigma(t - \tau)$ имеет вид, показанный на фигуре пунктирной кривой 2. Форма пунктирной кривой аналогична форме сплошной кривой, но имеет противоположную полярность и сдвинута вправо на величину длительности импульса τ . Форма сигнала на выходе устройства с двойным преобразованием при воздействии прямоугольного импульса получается суммированием ординат кривых 1 и 2 на представленной фигуре. Анализ зависимости формы получаемой кривой от длительности импульса τ приводит к выводу, что максимальная ордината кривой достигается при $\tau = \frac{1}{2} T_0$. Этот же вывод делается и в работе [1]. При $\tau = T_0$ амплитуда отлична от нуля. Последний вывод не совпадает с выводом указанной работы.

Переходная характеристика излучателя, получаемая из уравнения (2), имеет вид

$$h'(t) = \delta \left[\sigma(t) - (1 + \beta) \sigma \left(t - \frac{T_0}{2} \right) + \right. \\ \left. + \beta(1 + \beta) \sigma(t - T_0) - \beta^2(1 + \beta) \times \right. \\ \left. \times \sigma \left(t - \frac{3}{2} T_0 \right) + \dots \right] \frac{e}{l_0}. \quad (4)$$

Форма волны возбуждаемой преобразователем при воздействии переднего фронта импульса показана на фигуре кривой 3. Кривая 4 показывает форму волны, возбуждаемой преобразователем при воздействии заднего фронта импульса. Сумма ординат этих кривых представляет собой акустический сигнал, возбуждаемый преобразователем при воздействии на него прямоугольным электрическим импульсом.

Кривые, изображенные на фигуре, имеют ломаную форму. На практике наблюдаются сглаженные кривые. Это объясняется конечной полосой пропускания усилителей, более быстрым поглощением высокочастотных гармоник в звукопроводящей среде, отклонением формы входного сигнала от прямоугольной, и тем, что $R_{н} \neq \infty$, как было принято при расчете.

Тот факт, что возбуждаемые прямоугольными импульсами акустические колебания не являются синусоидальными, следует учитывать при оценке коэффициента поглощения методами, использующими импульсное возбуждение.

ЛИТЕРАТУРА

1. И. Н. Каневский. Импульсное возбуждение преобразователей. Акуст. ж., 1969, 15, 1, 58—62. Новосибирск

Поступило в редакцию
27 мая 1969 г.

