
**КРАТКИЕ
СООБЩЕНИЯ**

УДК 681.883.67.001.24

**ВЛИЯНИЕ ТОЛЩИНЫ СОГЛАСУЮЩЕГО СЛОЯ НА ДЛИТЕЛЬНОСТЬ
ИМПУЛЬСОВ, ИЗЛУЧАЕМЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕМ**

© 2002 г. С. И. Коновалов

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет
197376 Санкт-Петербург, ул. Проф. Попова, 5

E-mail: root@post.etu.spb.ru

Поступила в редакцию 4.07.01 г.

Современные литературные данные (например, [1, 2]) свидетельствуют об актуальности и в наши дни задачи исследования импульсного режима работы пьезопреобразователя и необходимости правильного подбора параметров элементов, входящих в его состав.

В ряде задач прикладной акустики нередко возникает необходимость получения короткого акустического импульса, излучаемого преобразователем. Одним из возможных путей достижения этой цели является использование согласующих четвертьволновых слоев. Вопросу рационального выбора значения удельного акустического сопротивления слоя посвящены, в частности, работы [3, 4]. При изготовлении высокочастотных преобразователей (с резонансной частотой порядка нескольких мГц) необходимо существенное внимание уделять точности создания слоя требуемой толщины. Этот фактор имеет особое значение в случае, когда требуется получение идентичных свойств преобразователей внутри партии при неизбежном разбросе указанного параметра. Данная статья посвящена численному анализу зависимости формы излучаемого преобразователем импульса от малых отклонений толщины согласующего слоя от четвертьволновой. При этом преобразователь рассматривается в виде пьезокерамической пластины (ЦТБС-3), которая с тыльной стороны нагружена на демпфер, имеющий удельное акустическое сопротивление z_d , а с другой стороны излучение осуществляется в водную среду через согласующий четвертьволновый слой с удельным акустическим сопротивлением z_l . Демпфер считается полубезграничным. Возбуждающий электрический импульс принят в виде полупериода синусоиды напряжения с периодом T_0 , который равен периоду собственных колебаний пьезокерамической пластины. Методика расчета формы излучаемого импульса известна [5, 6]. Как и ранее, его длительность будем оценивать по спадению амплитуды до уровня 0.1, то есть на 20 дБ. Введем в рассмотрение параметр α , характеризующий в процентах отклонение толщины согласующего слоя от четвертьволновой.

При этом значение $\alpha = 0$ соответствует случаю, при котором толщина согласующего слоя равна четверти длины волны. Значение $\alpha = \pm 10\%$ будет характеризовать отклонение от указанной величины в большую или меньшую сторону на одну десятую и т.д.

На рисунке представлено семейство кривых, характеризующих зависимость изменения длительности импульса τ , излучаемого преобразователем, от параметра α при различных степенях демпфирования преобразователя. Так, кривой 1 соответствует удельное акустическое сопротивление демпфера $z_d = 0$, 2 – $z_d = 5 \times 10^6$ Па с/м, 3 – $z_d = 10 \times 10^6$ Па с/м. Из рисунка видно, что при отсутствии демпфера даже достаточно малые изменения параметра α (на величину примерно $\pm 4\%$) ведут к увеличению длительности импульса по сравнению с минимальной его длительностью, равной 7.5 полупериода. С ростом z_d влияние α становится менее критичным. Так, для случая $z_d = 5 \times 10^6$ Па с/м (кривая 2) отклонение α на величину $\pm(8 - 10)\%$ не ведет к возрастанию длительности акустического импульса по сравнению с минимальной его длительностью в 6.5 полупериода. С еще большим демпфированием ($z_d = 10 \times 10^6$ Па с/м, что соответствует кривой 3) роль параметра α еще более снижается, позволяя сохранять минимальную длительность импульса, равную пяти полупериодам, даже при отклонении α на $\pm 15\%$.

Для сравнения уместно привести значения длительностей излучаемых импульсов при отсутствии согласующего слоя. Так, для случая $z_d = 0$ длительность импульса превышает 20 полупериодов. При значениях $z_d = (5; 10; 15 \text{ и } 20) \times 10^6$ Па с/м значения τ составляют 11.4, 6.6, 5.3 и 4.2 полупериода соответственно. В случае, когда z_d равно значению удельного акустического сопротивления пьезокерамики, $\tau = 2.7$.

Следует отметить, что указанные изменения толщины слоя в малых пределах слабо сказываются на величине максимума и форме основной части импульса. Видоизменяется, в основном, лишь заключительная часть (“хвост”) импульса,

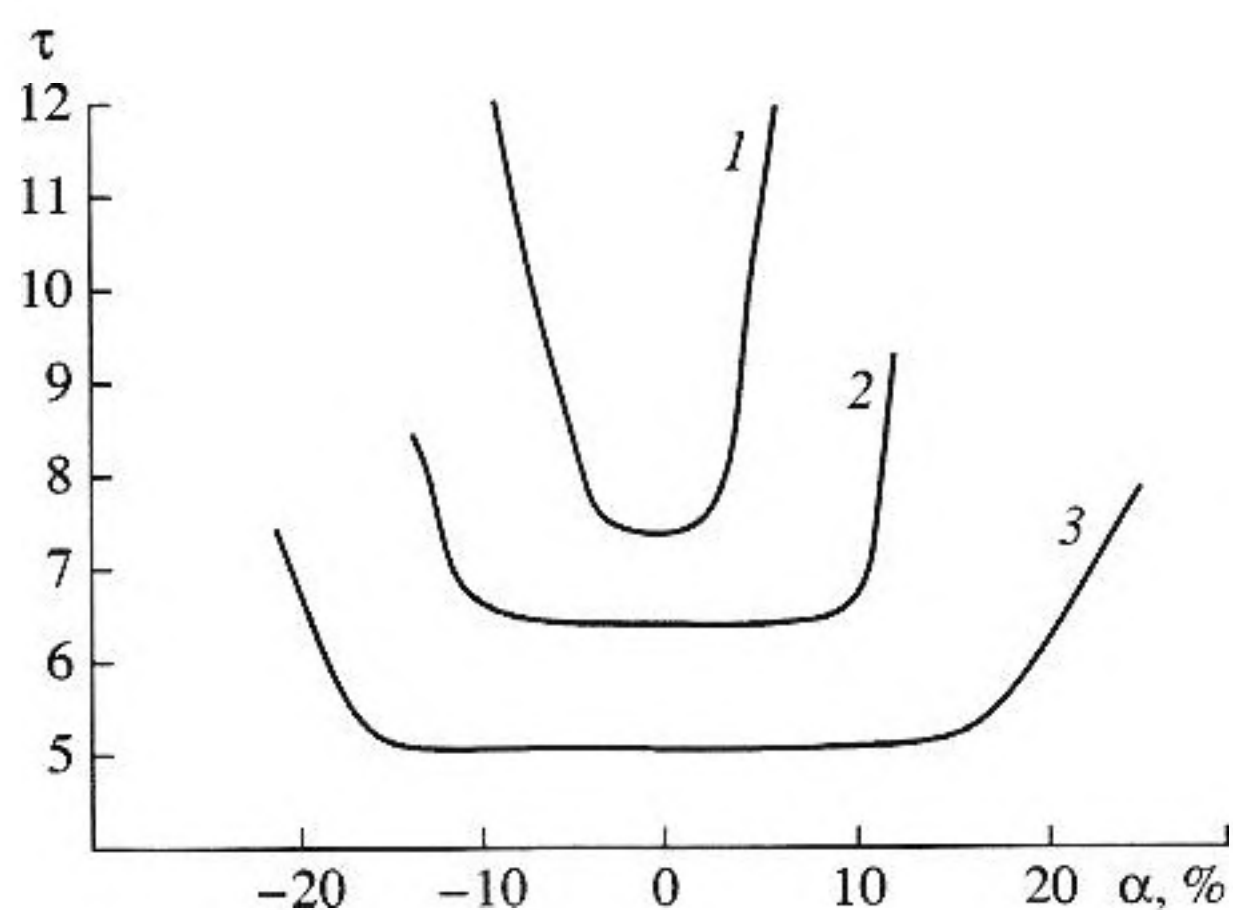


Рисунок.

причем при малых значениях расстройки параметра α возрастающие амплитуды отдельных частей сигнала в упомянутой области еще не достигают значений 0.1 от максимального. Этим объясняется наличие пологой части на кривых, представленных на рисунке.

Таким образом, расчет позволяет установить примерные границы допустимых значений отклонений толщины согласующего слоя от четвертьволновой. Так, в зависимости от различных значений z_d , величина параметра α может составить: для $z_d = 0$ — $\alpha \approx \pm 3\%$; $z_d = 3 \times 10^6$ Па с/м — $\alpha \approx \pm 6\%$; $z_d = 5 \times 10^6$ Па с/м — $\alpha \approx \pm 10\%$; $z_d = 7 \times 10^6$ Па с/м — $\alpha \approx \pm 12\%$; $z_d = 10 \times 10^6$ Па с/м —

$\alpha \approx \pm 15\%$. Для больших значений z_d определение значений α не представляет интереса, так как выполнение толщины слоя, соответствующей $\alpha = \pm 15\%$, уже не вызывает трудностей технологического характера.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Данилов В.Н. К вопросу о выборе материалов для композиционных пластин // Дефектоскопия. 2001. № 4. С. 58–68.
2. Lamberti N., de Espinosa F.M., Perez N., Gomez H., Negreira C. Optimization of acoustic matching layers for piezocomposite transducers / 2000 IEEE Ultrasonics Symposium. Proceedings. An International Symposium, San Juan, Puerto Rico, 22–25 Oct. 2000 (Piscataway, N.J. USA: IEEE 2000). V. 2. P. 1105–1108.
3. Коновалов С.И., Кузьменко А.Г. Сравнение возможностей механического демпфирования преобразователей и использования согласующих слоев для получения коротких импульсов // Акуст. журн. 1998. Т. 44. № 1. С. 119–120.
4. Коновалов С.И., Кузьменко А.Г. Влияние согласующих слоев на излучение и прием коротких импульсов // Акуст. журн. 1999. Т. 45. № 4. С. 568–569.
5. Коновалов С.И., Кузьменко А.Г. Влияние разнесения резонансных частот излучателя и приемника на прохождение импульсов через акустический тракт // Акуст. журн. 1996. Т. 42. № 5. С. 724–725.
6. Коновалов С.И., Кузьменко А.Г. Исследование возможности излучения и приема коротких импульсов при использовании механического демпфирования или согласующих слоев // Дефектоскопия. 1998. № 8. С. 3–12.