

Н. Г. АКИМЕНКО, ст. науч. сотр.,  
В. А. БИДЕНКО, И. М. ГРАНКИН, кандидаты техн. наук,  
Е. А. НЕЛИН, инж.

### ПОЛОСОВЫЕ ФИЛЬТРЫ НА ПАВ С АППРОКСИМАЦИЕЙ ЧАСТОТНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПО КРИТЕРИЮ ЧЕБЫШЕВА

Приведены результаты приложения методики синтеза цифровых рекурсивных фильтров, развитой в работах [1, 2] к синтезу фильтров на ПАВ, амплитудно-частотные характеристики (АЧХ) которых удовлетворяют высоким техническим требованиям. Возможность такого приложения показана в работе [3].

На рис. 1 изображен фильтр на ПАВ, образованный входным аподизованным преобразователем (т. е. преобразователем с изменяющимся по определенному закону перекрытием стержней  $W_i$ ) и выходным неаподизованным (с неизменным перекрытием стержней). Амплитудно-частотная характеристика такого фильтра равна произведению АЧХ каждого из преобразователей.

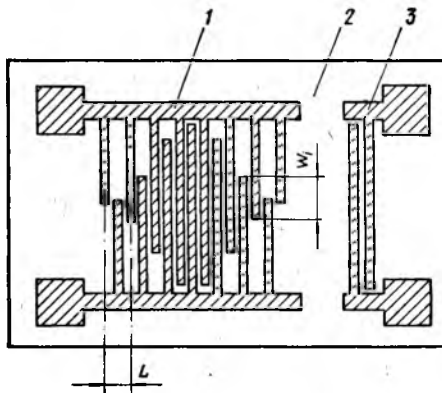


Рис. 1. Фильтр на ПАВ:

1 — аподизованный преобразователь; 2 — подложка из пьезоэлектрика; 3 — неаподизованный преобразователь;  $W_i$  — величина  $i$ -го перекрытия стержней;  $L$  — период преобразователя

Амплитудно-частотная характеристика аподизованного преобразователя со структурой, симметричной относительно центрального стержня и постоянным периодом (рис. 1) на основании модели  $\delta$ -источников (каждый стержень моделируется  $\delta$ -функцией

с весом  $a_n$ , соответствующим его активной длине), согласно [3] может быть представлена в виде

$$H(f) = \left| \sum_{n=0}^M a_n \cos n\pi (f - f_0)/f_0 \right|,$$

где  $2M+1$  — количество штырей преобразователя;  $a_0$  — активная длина центрального штыря;  $2a_n$ ,  $n=1, \dots, M$  — активная длина  $n$ -го штыря;  $f_0$  — центральная частота.

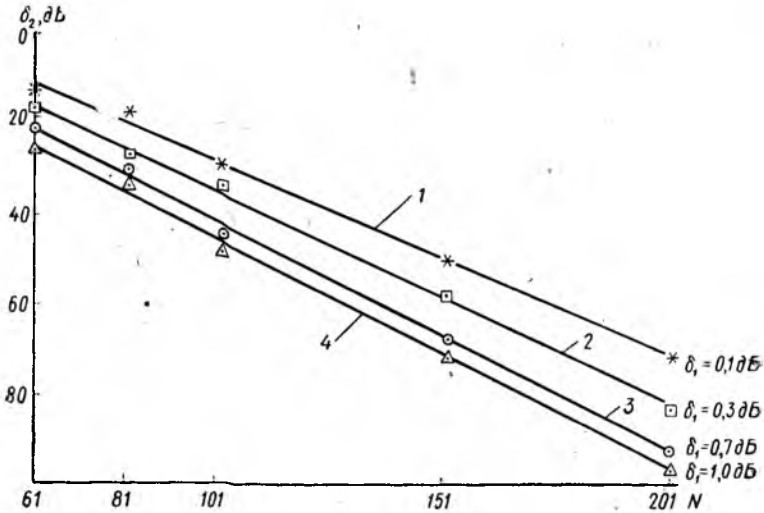


Рис. 2. Зависимость уровня боковых лепестков ( $\delta_2$ ) от количества штырей преобразователя  $N$  и неравномерности в полосе пропускания при относительной ширине полосы пропускания  $TW = 3\%$ :

1 —  $\delta_1 = 0.1$  дБ; 2 —  $\delta_1 = 0.3$  дБ; 3 —  $\delta_1 = 0.7$  дБ; 4 —  $\delta_1 = 1.0$  дБ

Аналогичное выражение можно получить и для аподизованного преобразователя со структурой, симметричной относительно перекрытия штырей, но при этом  $\delta$ -источником будет моделироваться перекрытие, а не активная длина штыря.

Как видно, АЧХ симметрично аподизованного преобразователя определяется совокупностью коэффициентов  $\{a_n\}$ ,  $n=0, \dots, \dots, M$ .

Предложенная в работах [1, 2] методика позволяет определить коэффициенты  $\{a_n\}$ ,  $n=0, \dots, M$  (а значит, и синтезировать аподизованный преобразователь) для полосовой АЧХ, аппроксимирующей заданную характеристику по критерию Чебышева в полосах пропускания и подавления. Если неаподизованный преобразователь широкополосный, т. е. имеет небольшое количество пар штырей, то АЧХ фильтра определяется АЧХ аподи-

зованного преобразователя. Период неаподизованного преобразователя, как и аподизованного, равен  $L$ .

Нами было показано, что при ширине полосы пропускания 10%, ширине полосы перехода не менее 3% неравномерности в полосе пропускания 0,5 дБ и количестве штырей в пределах 100 ÷ 150 может быть получено подавление боковых лепестков в 60 дБ и более. Уровень боковых лепестков слабо зависит от ширины полосы пропускания при изменении ее от 10% до 100% при прочих одинаковых условиях.

Рассчитанные зависимости для параметров АЧХ аподизованного преобразователя представлены на рис. 2. Эти зависимости позволяют оценить уменьшение уровня боковых лепестков при увеличении неравномерности в полосе пропускания. Рассчитанные зависимости для вносимых потерь (ВП) фильтра, состоящего из аподизованного и неаподизованного преобразователей, даны на рис. 2. Количество штырей неаподизованного преобразователя определяется, исходя из полосы пропускания

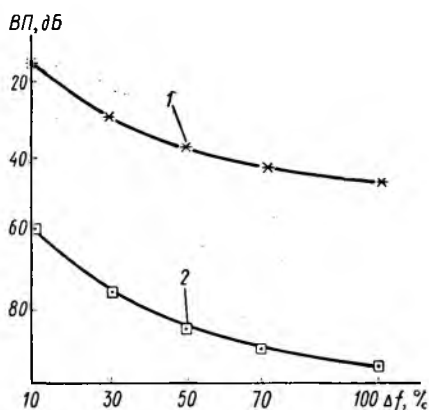


Рис. 3. Зависимость величины ВП фильтра от относительной ширины полосы пропускания при  $\delta_1 = 0,5$  дБ; и  $TW = 2\%$ :

1 — ниобат лития УЗ-срезы; 2 — кварц ST-срезы

фильтра. Внутреннее сопротивление генератора и сопротивление нагрузки равны 75 Ом, апертура и расстояние между входным и выходным преобразователями соответственно 5 мм и 10 мм, центральная частота 30 мГц. При изменении количества штырей аподизованного преобразователя от 61 до 201 величина ВП изменяется в пределах 1—2 дБ, т. е. зависимость ВП от количества штырей очень слабая. Исходя из этих зависимостей, можно сделать вывод, что ширина полосы пропускания ограничивается сверху несколькими десятками процентов величиной ВП даже для такого сильного пьезоэлектрика как ниобат лития. Снизу величина полосы пропускания ограничивается 1% [3].

Зависимости, приведенные в этой работе, необходимы для предварительной оценки параметров синтезируемых фильтров, поскольку не все они могут быть выбраны произвольно [1].

**Список литературы:** 1. Parks T. W., McClellan J. H. Chebyshev approximation for nonrecursive digital filters with linear phase.—IEEE Trans. Circuit Theory, 1972, v. CT-9, № 2, p. 189—194. 2. Parks T. W., McClellan J. H. A program for the design of linear phase finite impulse response digital filters.—IEEE Trans. Audio Electroacoust., 1972, v. AU-20, N 3, p. 195—199. 3. Tanckrell R. H. Analytic design of surface wave bandpass filters.—IEEE Trans. Sonics Ultrason., 1974, v. SU-21, № 1, p. 12—22.

*N. G. Akimenko, V. A. Bidenko, I. M. Grankin, E. A. Nelin*

## CHEBYSHEV APPROXIMATION FOR SAW BANDPASS FILTERS

This paper reports results of the design of SAW bandpass filters, Chebyshev approximation for frequency characteristic of apodized transducer is used. Reported results are necessary for the design of SAW bandpass filters.