

Труды конференции  
**УкрТелеКом-95**

*II* Международная конференция  
по радиосвязи,  
звуковому и телевизионному  
вещанию

*19-22 сентября 1995 г. Одесса, Украина*

*II* International Conference  
of Radiocommunication,  
Audio and Television  
Broadcasting

*Ukraine, Odessa, 1995 September 19-22*

Conference Proceeding  
**UkrTeleCom-95**

## ИССЛЕДОВАНИЕ ГРУППОВОГО ВРЕМЕНИ ЗАДЕРЖИВАНИЯ В СВЧ ФИЛЬТРАХ

А.П.ЖИВКОВ, В.В.ЗАГОРУЙКО, В.В.КОНИН /УКРАИНА/

## THE ANALYSIS OF GROUP TIME DELAY IN MICROWAVE FREQUENCY FILTERS

A.P.JIVKOV, V.V.ZAGORUIKO, V.V.KONIN /UKRAINE/

**Аннотация.** Определены частотные характеристики группового задерживания волноводных фильтров на двухмодовых резонаторах. Сопоставлены частотные характеристики фильтров на двухмодовых и одномодовых резонаторах.

**Abstract.** The frequency dependence of group time delay of waveguide filters on dual-mode resonators is defined. It is compared group time delay filters on dual-mode and one-mode resonators.

При проектировании фильтров и частотно-избирательных устройств систем связи СВЧ диапазона одной из определяющих характеристик является неравномерность группового времени задерживания (ГВЗ) [1]. Однако в литературе не имеется достаточной информации по частотным характеристикам ГВЗ волноводных фильтров и, в особенности, фильтров с псевдоэллиптическими характеристиками на двухмодовых волноводных резонаторах (ДВР). Отсутствуют также данные о влиянии на частотные характеристики ГВЗ затухания в СВЧ фильтрах, обусловленного потерями за счет скин-эффекта.

Целью работы являлось исследование частотных характеристик ГВЗ узкополосных волноводных фильтров и, в особенности, четырехзвенных фильтров с псевдоэллиптической характеристикой на ДВР. Исследование осуществлялось путем численных экспериментов на ЭВМ с помощью разработанных математических моделей.

Математическая модель в случае волноводных фильтров с непосредственными связями представляет собой матрицу рассеяния каскадного соединения четырехполюсников, коэффициенты рассеяния которых являются математическими моделями отрезков волновода и диафрагм, ограничивающих резонатори фильтра. При этом учитывалось затухание в стенках волновода, обусловленное скин-эффектом.

Математическая модель четырехзвенного фильтра с псевдоэллиптической характеристикой на двух ДВР представляет собой матрицу рассеяния, полученную с помощью циклического алгоритма произвольного соединения многополюсников СВЧ и матриц рассеяния двухмодовых резонаторов и элементов связи [2,3].

Значения реактивных составляющих, обеспечивающих требуемую связь между ортогональными колебаниями в двухмодовых резонаторах

связи между резонаторами вычисляются методом контурных токов в микроволновом прототипе путем приравнивания коэффициентов при одинаковых степенях обобщенной частотной расстройки для квадратов модуля функции аппроксимации и функции цепи. Далее через коэффициенты связи определяются реактивные проводимости, через которые рассчитываются геометрические размеры элементов связи между резонаторами, ортогональными колебаниями и электрические длины резонаторов для каждой ортогональной составляющей поля. Последние корректируются после расчета характеристик фильтра на ЭВМ.

В таблицах 1 и 2 приведены результаты расчета параметров четырехзвенного фильтра с эллиптической характеристикой на двухмодовых резонаторах, а именно: коэффициенты связи ортогональных колебаний  $M_{12} = M_{34}$ , коэффициент связи двухмодовых резонаторов  $M_{23}$ , величина  $R$  обратно пропорциональная нагруженной добротности крайних звеньев, коэффициент обратной связи  $M_{14}$  для уровня пульсаций 0,1дБ и 0,28дБ соответственно. В таблицах также приведены значения гарантированного затухания  $A$  в полосе задерживания граничное значение частоты  $W$  полосы задерживания фильтра-прототипа. Значение  $R$ ,  $M_{14}$ ,  $M_{12}$ ,  $M_{23}$  и  $W$  нормированы к полосе пропускания фильтра.



Таблица 1

A, дБ	W	R	M <sub>14</sub>	M <sub>12</sub>	M <sub>23</sub>
23.6	1.498	1.07155234	-0.26528667	0.80460178	0.80294123
29.8	1.720	1.07200248	-0.18395710	0.82808150	0.77208085
40.2	2.226	1.07399127	-0.09944283	0.84839784	0.73857683
49.5	2.844	1.07548278	-0.05791053	0.85692030	0.72164589
59.7	3.764	1.07652859	-0.03197952	0.86174001	0.71092480

Таблица 2

A, дБ	W	R	M <sub>14</sub>	M <sub>12</sub>	M <sub>23</sub>
28.2	1.498	0.87848162	-0.19014052	0.71887558	0.75076495
34.4	1.720	0.87599739	-0.13228033	0.72608552	0.72427294
44.82	2.226	0.87399279	-0.07180338	0.74705466	0.69570934
54.1	2.844	0.87322344	-0.04190885	0.75257433	0.68129176
64.3	3.764	0.87280435	-0.02317710	0.75570103	0.67215834

Типичные частотные характеристики затухания и ГВЗ волноводных фильтров приведены на рис.1 и 2. В данном случае они относятся к четырехзвенным фильтрам на двухмодовых резонаторах с полосой пропускания 27МГц и 36МГц, центральной частотой 12ГГц и пульсациями 0.01дБ.

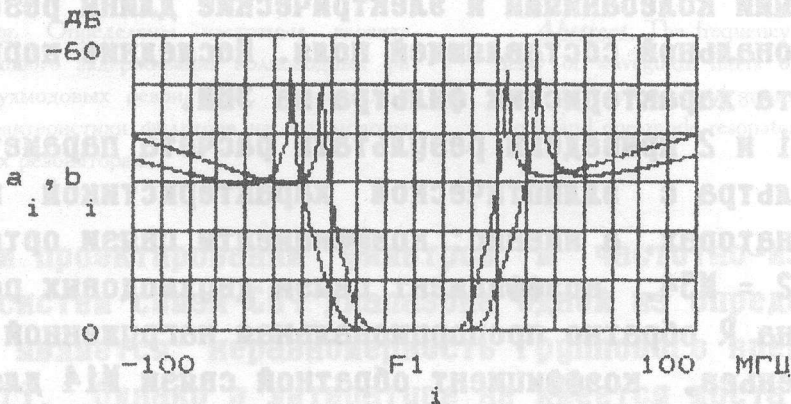


РИС.1. ЧАСТОТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЗАТУХАНИЯ;

1-ПОЛОСА ПРОПУСКАНИЯ 27МГц; 2-ПОЛОСА ПРОПУСКАНИЯ 36МГц;  
F1 - СРЕДНЯЯ ЧАСТОТА.

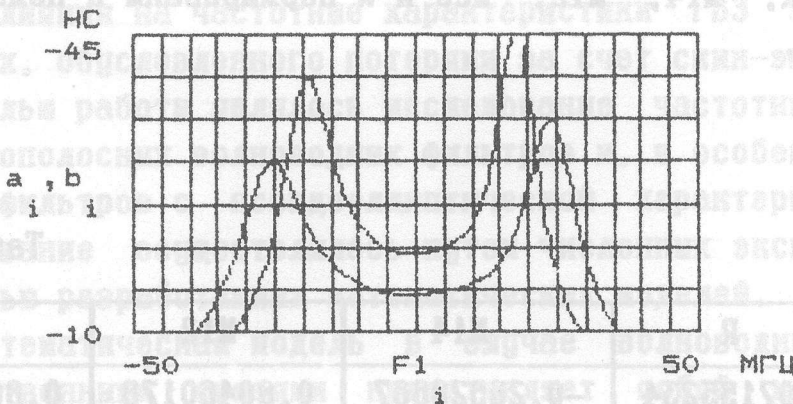


РИС.2. ЧАСТОТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ГВЗ;

1-ПОЛОСА ПРОПУСКАНИЯ 27МГц; 2-ПОЛОСА ПРОПУСКАНИЯ 36МГц;  
F1 - СРЕДНЯЯ ЧАСТОТА.

Нетрудно заметить, что с уменьшением полосы пропускания фильтра неравномерность ГВЗ увеличивается. Неравномерность ГВЗ увеличивается с увеличением крутизны скатов фильтра, достигаемой, например, увеличением пульсаций в полосе пропускания.

Сопоставление частотных характеристик ГВЗ чебышевских волноводных фильтров с непосредственной связью и четырехзвенных фильтров на двухмодовых волноводных резонаторах показало, что при одинаковой избирательности неравномерность ГВЗ чебышевских волно-

водних фільтров на обычных об'ємних резонаторах приблизно в 1.4 рази більше. При цьому для реалізації однакової избирательности вимагається збільшення порядку чебишевського фільтра мінімум на одиницю.

Численні експерименти на ЕВМ показали, що втрати в стенках волноводу, обумовлені скин-ефектом, призводять до помітного збільшення затухання і нерівномірності затухання в смузі пропускання. При цьому збільшення затухання в фільтрі на двохмодових резонаторах при однакових значеннях избирательности помітно менше, ніж в волноводному фільтрі на обычных об'ємних резонаторах. Що стосується частотних характеристик ГВЗ, то для СВЧ фільтрів на двохмодових волноводних резонаторах і обычных об'ємних резонаторах в більш ніж 80% частини смуги пропускання втрати в стенках волноводу не впливають на них, а в рештій частині смуги пропускання ведуть до невеликого зменшення нерівномірності ГВЗ.

#### Литература

1. Kudsia Ch., Cameron R., Tang W.-Ch. Innovations in Microwave Filters and Multiplexing Networks for Communications Satellite Systems. IEEE Trans. Microwave Theory and Techniques, vol., 40, NO. 6, June, 1992, p.p. 1183-1149.

2. Ливков А.П., Загоруйко В.В., Конин В.В. Аналіз частотних характеристик волноводних фільтрів СВЧ на двохмодових резонаторах. 11-я НТК, посвященная 100-летию изобретения радио, Киев, КВМУС, 1995.

3. Антенни и устройства СВЧ. Под ред. Д.И. Воскресенского, М.: Радио и связь, 1994, 592с.