

Ткаченко Валерий Николаевич – Институт прикладной математики и механики НАНУ (ИПММ НАНУ); e-mail: tkachenko@iamm.ac.donetsk.ua; 83114, Украина, г. Донецк, ул. Розы Люксембург, 74; тел.: (062) 3110436; факс: (062) 3110285; д.т.н.; профессор; заведующий отдела теории управляющих систем.

Поздняков Евгений Константинович – e-mail: us_work@bk.ru; 83012, Украина, г. Донецк, ул. Соколиная, 1а; тел.: (062) 068237; аспирант; инженер-программист ПАО «СКБ РТУ».

Коротков Вячеслав Валентинович – ПАО «СКБ РТУ»; e-mail: korotkov@skbrtu.com.ua; 83012, Украина, г. Донецк, ул. Соколиная, 1а; тел.: (062) 068237; к.т.н.; главный инженер.

Tkachenko Valery Nikolaevich – Institute of Applied Mathematics and Mechanics; e-mail: tkachenko@iamm.ac.donetsk.ua; 74, R. Luxemburg street, Donetsk, 83114, Ukraine; phone: (062) 3110436; fax: (062) 3110285; dr. of eng. sc.; head of theory control system department.

Pozdnyakov Yevgeny Konstantinovich – e-mail: us_work@bk.ru; 1a, Sokolinaya street, Donetsk, 83012, Ukraine; phone: (062) 068237; postgraduate at Institute of Applied Mathematics and Mechanics; engineer-programmer II category at Public Company “SKB RTU”.

Korotkov Vyacheslav Valentinovich – Public Company “SKB RTU”; e-mail: korotkov@skbrtu.com.ua; 1a, Sokolinaya street, Donetsk, 83012, Ukraine; phone: (062) 068237; cand. of eng. sc.; chief engineer.

УДК 621.396.6

А.Н. Зикий, В.К. Лебедев, П.Н. Зламан, Р.Н. Матвиенко

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ДВУХ ФИЛЬТРОВ ДЕЦИМЕТРОВОГО ДИАПАЗОНА

Представлены результаты экспериментального исследования двух фильтров дециметрового диапазона на микрополосковой линии и воздушно-полосковой линии. Показано, что по массе, габаритам и технологичности фильтр на микрополосковой линии предпочтительнее. Показано, что потери в полосе пропускания для фильтра на микрополосковой линии составляют 2 дБ, а в полосе заграждения – 42 дБ. Для фильтра на воздушно-полосковой линии эти же параметры составляют 2,5 дБ и 42 дБ соответственно. Отмечено, что отсутствуют ложные полосы пропускания на второй и третьей гармониках сигнала. Приведены фотографии фильтров со снятой крышкой и фотография амплитудно-частотной характеристики обоих фильтров с экрана прибора Х1-55. Исследованный фильтр нашел применение в качестве фильтра гармоник для передатчика сигналов с псевдослучайной перестройкой рабочей частоты.

Фильтр на воздушно-полосковой линии; фильтр на микрополосковой линии; гребенчатый фильтр; АЧХ; эксперимент; СВЧ.

A.N. Zikiy, V.K. Lebedev, P.N. Zlaman, R.N. Matviyenko

EXPERIMENTAL RESEARCH TWO UHF-FILTERS

It is presented results of experimental research two UHF-filters on microstrip and air strip line. It is shown, that weight, dimensions and processability of the microstrip line filter preferably. It is shown, that loss in passband of the filter on the microstrip line is 2 dB and stopband is 42 dB. For filter on the air-strip line same parameters are 2,5 dB and 42 dB respectively. It is noted that there aren't false bandwidth on second and third harmonics of the signal. It is shown photo of filter with cover and photo of the frequency response of both filters from display device X1-55. Researched filter has been applied as a harmonic filter for the frequency hopping transmitter.

Airstrip filter; microstrip filter; comb filter; frequency response; experiment; microwave.

Введение. Для реализации передатчика сигналов с ППРЧ потребовалось изготовить полосовой фильтр с отсутствием ложных полос пропускания до 2 ГГц [1, 2]. К фильтрам с удаленными ложными полосами относятся гребенчатые фильтры [6]. Фильтры на ПАВ[3], фильтры с диэлектрическими резонаторами [4] для этой цели не подходят, так как имеют близкорасположенные ложные полосы пропускания. Требования к параметрам фильтра изложены в табл. 1. Было принято решение изготовить два варианта фильтра: воздушно – полосковый гребенчатый и гребенчатый на микрополосковых линиях (МПЛ). Расчет проводился по методике, изложенной в книге [6].

Целью настоящей работы является минимизация массы и габаритов фильтра при заданных электрических параметрах, а также выбор наиболее технологического варианта.

Таблица 1

Требования к параметрам фильтра

Наименование параметра, размерность	Численное значение параметра
Полоса пропускания, МГц	$F_n = 420$ $F_b = 450$
Полоса заграждения, МГц для второй гармоники	$F_n = 840$ $F_b = 900$
Полоса заграждения, МГц для третьей гармоники	$F_n = 1260$ $F_b = 1350$
Волновое сопротивление входа и выхода, Ом	50
Потери в полосе пропускания, дБ, не более	3
Потери в полосе заграждения, дБ, не менее	40
Неравномерность АЧХ в рабочем диапазоне частот 420-450 МГц, дБ	3

Описание фильтров. Фильтр на воздушно–полосковой линии изготовлен методом фрезерования на электроискровом станке из легкого алюминиевого сплава (рамочный корпус и 6 резонаторов). Корпус закрыт крышками с двух сторон. Вход и выход фильтра оформлены в виде приборных розеток, аналогичных приборным розеткам СР50-727ФВ [8]. Все 6 резонаторов заземлены на одну сторону. Другая сторона резонаторов соединена с корпусом через подстроечный конструктивный конденсатор. Все детали фильтра имеют антикоррозийное покрытие олово–висмут. Резонаторы имеют прямоугольное сечение.

Фото воздушно – полоскового фильтра показано на рис. 1.

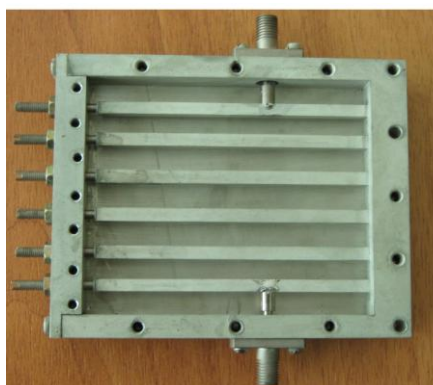


Рис. 1. Фото фильтра на воздушно – полосковой линии

Фильтр на МПЛ выполнен на подложке из фольгированного диэлектрика ФЛАН-10 размером 60х65х1 мм. Подложка впаяна в алюминиевый корпус рамочного типа и закрыта крышками с двух сторон. Вход и выход фильтра оформлены в виде герметичных коаксиально-полосковых переходов СРГ50-751 фВ [8]. Фильтр имеет 7 микрополосковых резонаторов, заземленных на одну сторону. Другая сторона резонаторов соединена с корпусом через два параллельных конденсатора: подстроечный конденсатор СТС-038-06 RSM и конденсатор постоянной ёмкости К10-17в-М47-3.0 пФ. Суммарно они обеспечивают изменение ёмкости в пределах от 4,4 до 9 пФ.

Фото фильтра на МПЛ показано на рис. 2.

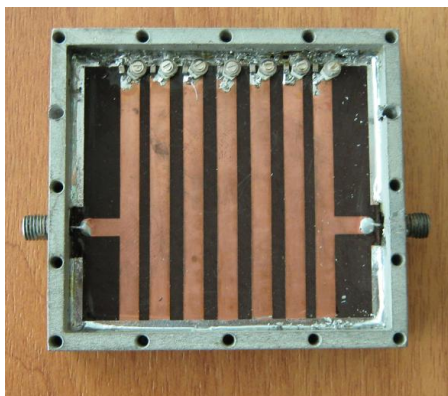


Рис. 2. Фото фильтра на МПЛ

Корпус фильтра имеет антикоррозийное покрытие олово–висмут.

Оба фильтра имеют высокоомные резонаторы, что уменьшает размеры фильтра. При этом вход и выход имеют частичное подключение к крайним резонаторам.

При конструировании и изготовлении фильтров учтены рекомендации специальной литературы [7], [9], [10].

Методика и результаты эксперимента. Испытания фильтров проводились с помощью прибора для измерения амплитудно-частотных характеристик Х1-55 по методике, изложенной в руководстве по эксплуатации на Х1-55. Результаты измерения АЧХ двух полосовых фильтров занесены в табл. 2 и 3. По данным табл. 2 и 3 построены АЧХ на рис. 3 и 4. Фото АЧХ фильтров приведены на рис. 5 и 6. На рис. 7 и 8 показаны АЧХ фильтров в дальней зоне (2^с и 3^с гармоники).

Таблица 2

АЧХ фильтра на воздушно-полосковой линии

№ п/п	F, МГц	K (f), дБ
1	384	-43
2	388	-40
3	394	-30
4	397,6	-25,42
5	402	-17
6	407	-8,52
7	412,3	-3,4
8	419,9	-2,06
9	429,9	-1,88
10	443,38	-1,99
11	451	-1,85
12	456,3	-3,13

Окончание табл. 2

№ п/п	F, МГц	K (f), дБ
13	462	-8,22
14	470	-19,7
15	475	-28,3
16	479	-32,68
17	482,7	-38,75

Таблица 3

АЧХ фильтра на МПЛ

№ п/п	F, МГц	K (f), дБ
1	364	-44,42
2	373	-34
3	377,7	-29
4	384	-20,83
5	392	-6,38
6	398	-1,85
7	404	-1,57
8	415	-1,52
9	422	-1,28
10	433,9	-1,35
11	445	-1,61
12	454	-1,81
13	462,7	-2,74
14	466	-4
15	472	-16,83
16	474	-23
17	477	-29
18	482	-40,68

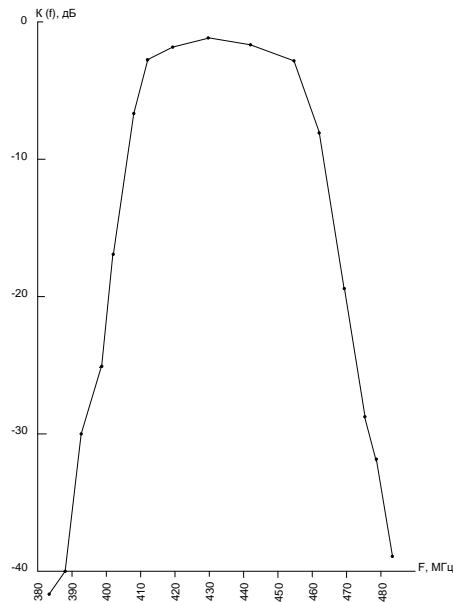


Рис. 3. АЧХ фильтра на воздушно-полосковой линии

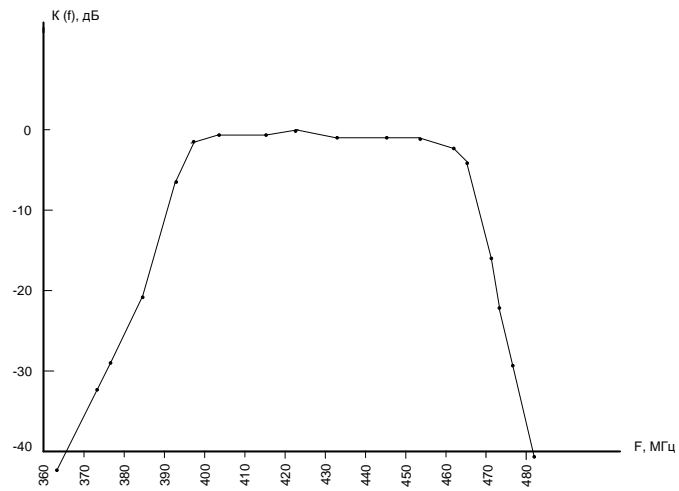


Рис. 4. АЧХ фильтра на МПЛ

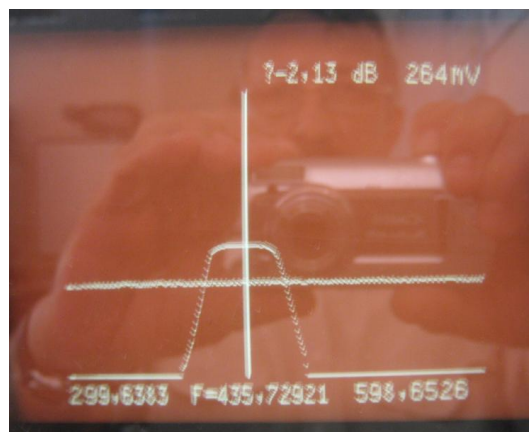


Рис. 5. Фото АЧХ фильтра на воздушно-полосковой линии с экрана XI-55

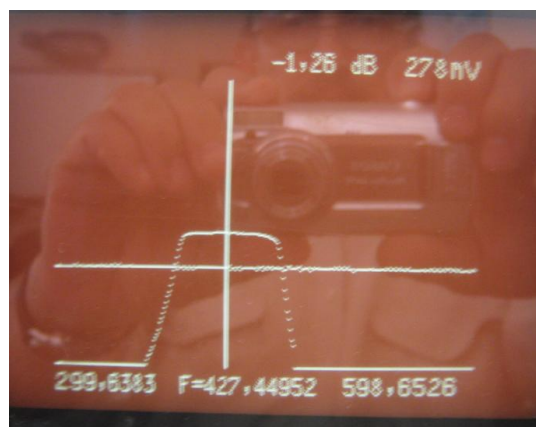


Рис. 6. Фото АЧХ фильтра на МПЛ с экрана XI-55

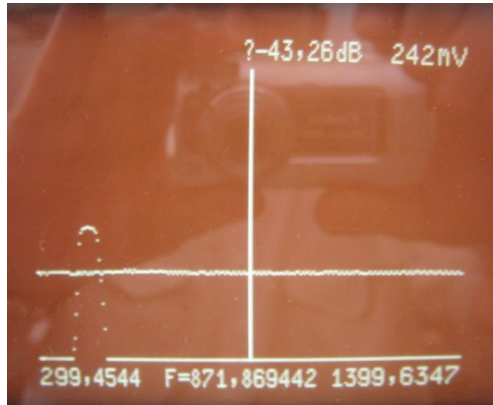


Рис. 7. Фото АЧХ фильтра на воздушно-полосковой линии с экрана X1-55 (дальняя зона до 1400 МГц)

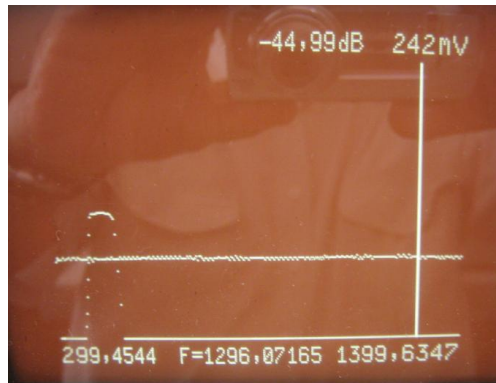


Рис. 8. Фото АЧХ фильтра на МПЛ с экрана X1-55 (дальняя зона до 1400 МГц)

Выводы. Из рис. 3–8 можно сделать выводы, приведенные в табл. 4.

Таблица 4

Основные результаты

Наименование параметра, размерность	Задано	Получено для ВПФ	Получено для фильтра на МПЛ
Полоса пропускания, МГц	$F_n=420$ $F_b=450$	$F_n=420^*$ $F_b=450^*$	$F_n=420^*$ $F_b=450^*$
Полоса заграждения для второй гармоники, МГц	$F_n=840$ $F_b=900$	$F_n=840$ $F_b=900$	$F_n=840$ $F_b=900$
Полоса заграждения для третьей гармоники, МГц	$F_n=1260$ $F_b=1350$	$F_n=1260$ $F_b=1350$	$F_n=1260$ $F_b=1350$
Волновое сопротивление входа и выхода, Ом	50	Не измерялось	Не измерялось
Потери в полосе пропускания, дБ, не более	3	2,5	2
Потери в полосе заграждения, дБ, не менее	40	42	42
Неравномерность АЧХ в рабочей полосе 420-450 МГц, дБ	3	1	1

Примечание к табл. 4: Достигнутые граничные частоты фильтров указаны не на уровне минус 3 дБ от максимума, а как крайние частоты на используемом участке. Это хорошо видно из рис. 3 и 4.

В заключение следует выбрать наиболее предпочтительный вариант фильтра. По массе, габаритам и технологичности таким оказался фильтр на микрополосковой линии.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Румянцев К.Е. Прием и обработка сигналов. Сборник задач и упражнений: Учебное пособие. – М.: Академия, 2006. – 368 с.
2. Колосовский Е.А. Устройства приема и обработки сигналов: Учебное пособие. – М.: Горячая линия – Телеком, 2007. – 456 с.
3. Зикий А.Н., Зламан П.Н., Власенко Д.В. Фильтр на ПАВ // Электротехнические и информационные комплексы и системы. – 2013. – Т. 9, № 3. – С. 5-7.
4. Зикий А.Н., Зламан П.Н., Ковалева А.В. Экспериментальное исследование фильтра на диэлектрических резонаторах // Всероссийская молодежная научно-практическая конференция «Компьютерные технологии и коммуникации – 2014», г. Грозный.
5. Белов Л.А. Устройства генерирования и формирования сигналов и их компоненты. – М.: Издательский дом МЭИ, 2010. – 320 с.
6. Зелях Э.В., Фельдштейн А.Л., Явич Л.Р., Брилон В.С. Миниатюрные устройства УВЧ и ОВЧ диапазонов на отрезках линий. – М.: Радио и связь, 1988. – 136 с.
7. Справочник по расчету и конструированию СВЧ полосковых устройств / Под ред. В.И. Вольмана. – М.: Радио и связь, 1982. – 328 с.
8. Джуринский К.Б. Миниатюрные коаксиальные радиокомпоненты для микроэлектроники СВЧ. – М.: Техносфера, 2006. – 216 с.
9. Бушиминский И.П., Морозов Г.В. Технология гибридных интегральных схем СВЧ: Учебное пособие. – М.: Высшая школа, 1980. – 285 с.
10. Справочник по элементам полосковой техники / Под ред. А.Л. Фельдштейна. – М.: Связь, 1979. – 336 с.

REFERENCES

1. Rumyantsev K.E. Priem i obrabotka signalov [Receiving and processing signals], Sbornik zadach i uprazhneniy: Uchebnoe posobie [A collection of problems and exercises: Training manual]. Moscow: Akademiya, 2006, 368 p.
2. Kolosovskiy E.A. Ustroystva priema i obrabotki signalov [Device for receiving and processing signals]: Uchebnoe posobie [Textbook]. Moscow: Goryachaya liniya – Telekom, 2007, 456 p.
3. Zikiy A.N., Zlaman P.N., Vlasenko D.V. Fil'tr na PAV [Filter on surfactants], *Elektrotehnicheskie i informatsionnye komplekсы i sistemy* [Electrical engineering and information systems and systems]. 2013, Vol. 9, No. 3, pp. 5-7.
4. Zikiy A.N., Zlaman P.N., Kovaleva A.V. Eksperimental'noe issledovanie fil'tra na dielektricheskikh rezonatorakh [Experimental study of filter on the dielectric resonators], *Vserossiyskaya molodezhnaya nauchno-prakticheskaya kon-ferentsiya «Komp'yuternye tekhnologii i kommunikatsii – 2014», g. Groznyy* [All-Russian youth scientific-practical conference "Computer technology and communications - 2014", was terrible].
5. Belov L.A. Ustroystva generirovaniya i formirovaniya signalov i ikh komponenty [Device generation and generation of signals and their components]. Moscow: Izdatel'skiy dom MEI, 2010, 320 p.
6. Zelyakh E.V., Fel'dshteyn A.L., Yavich L.R., Brilon V.S. Miniatyurnye ustroystva UVCh i OVCh diapazonov na otrezkakh liniy [Miniature devices UHF and VHF bands on segments of lines]. Moscow: Radio i svyaz', 1988, 136 p.
7. Spravochnik po raschetu i konstruirovaniyu SVCh poloskovykh ustroystv [The reference calculation and design of microwave stripline devices], Pod red. V.I. Vol'mana. Moscow: Radio i svyaz', 1982, 328 p.

8. *Dzhurinskiy K.B.* Miniaturnye koaksial'nye radiokomponenty dlya mikroelektroniki SVCh [Miniature coaxial electronic components for microelectronics microwave]. Moscow: Tekhnosfera, 2006, 216 p.
9. *Bushminskiy I.P., Morozov G.V.* Tekhnologiya gibridnykh integral'nykh skhem SVCh [The technology of hybrid integrated circuits microwave]: *Uchebnoe posobie* [Textbook]. Moscow: Vysshaya shkola, 1980, 285 p.
10. Spravochnik po elementam poloskovoy tekhniki [The reference elements of the strip technique], Pod red. A.L. Fel'dshteyna. Moscow: Svyaz', 1979, 336 p.

Статью рекомендовал к опубликованию д.т.н., профессор К.Е. Румянцев.

Зикий Анатолий Николаевич – ОАО ТНИИС; e-mail: snag08@rambler.ru; 347900, г. Таганрог, ул. Седова, 3; тел.: 89185822295; к.т.н.; с.н.с.

Матвиенко Роман Николаевич – тел.: 89185332807; инженер–конструктор

Лебедев Владимир Константинович – Южный федеральный университет; 347928, г. Таганрог, пер. Некрасовский, 44; тел.: 89185859324; кафедра радиотехнической электроники; к.т.н.; с.н.с.; доцент.

Зламан Павел Николаевич – НКБ «МИУС» ЮФУ; 347928, г. Таганрог, ул. Петровская, 81; тел.: 89185859324; ведущий инженер-конструктор.

Zikiy Anatoliy Nikolaevich – OJSC «Taganrog Scientific Research Institute of Communications»; e-mail: snag08@rambler.ru; 3, Sedova street, Taganrog, 347900, Russia; phone: +79185822295; cand. of eng. sc.; senior researcher.

Matviyenko Roman Nikolaevich – phone: +79185332807; engineer developer.

Lebedev Vladimir Konstantinovich – Southern Federal University; 44, Nekrasovskiy, Taganrog, 347928, Russia; phone: +79185859324; the department of radio electronics; cand. of eng. sc.; senior researcher; associate professor.

Zlaman Pavel Nikolaevich – SDB of Modelling and Controlling Systems (SFedU); 81, Petrovskaya street, Taganrog, 347928, Russia; phone: +79185859324; leading engineer developer.

УДК 004.891.2

А.Н. Целых, Л.А. Целых, Н.Е. Сергеев, Д.В. Стаханов

К ВОПРОСУ ОБ АДАПТАЦИИ ЭКСПЕРТНЫХ СИСТЕМ ДЛЯ ПОДДЕРЖКИ РЕШЕНИЙ ПРИКЛАДНЫХ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ ЗАДАЧ*

Рассматривается проблема построения функциональной структуры экспертной системы, ориентированной на решение задач управления бизнесом. Предлагается расширенный подход к решению задачи создания механизмов и инструментальных средств на основе информационных технологий для поддержки процесса принятия управленческих решений и формирования на этой основе функциональной структуры экспертной системы. Предлагается расширение структуры ЭС с целью достижения доступности пользовательских функций через реализацию дополнительного функционала в виде модулей инженерии знаний, банка данных, обучающего и советующего (анализ и интерпретация принимаемого управленческого решения) блоков. Предлагаемый подход позволит разрабатывать инструментальные средства для поддержки процесса принятия решений в менеджменте на основе методов нечеткой логики, обеспечивающие эффективность принимаемых решений и повышение устойчивости функционирования малых и средних предприятий в условиях неопределенности. Областью знаний, в которой предлагается применение экс-

* Работа выполнена при поддержке РГНФ, проект № 13-02-00198.