

ДВАДЦАТИЧЕТЫРЕХКАНАЛЬНОЕ ЧАСТОТНО-РАЗДЕЛИТЕЛЬНОЕ УСТРОЙСТВО

Кондратенко А.В., Миллер А.И., Сунгатуллин Э.Н., Шевляков М.Л.

ЗАО “НПФ Микран”, Вершинина, д.47, Томск – 634034, Россия

Тел.: +7(3822) 413403; e-mail: alkon@micran.ru

Публикация // Техника и приборы СВЧ. -2008. -№2. -С.5-8.

Приведены результаты разработки частотно-разделительного устройства, обеспечивающего усиление сигнала и деление широкой полосы частот на двадцать четыре канала.

Частотно-разделительные устройства (ЧРУ) требуются в тех случаях, когда для передачи или приема по нескольким каналам используется общая антенна, и фильтры в составе ЧРУ обеспечивают деление общего широкополосного канала на несколько каналов с различными частотными диапазонами. В статье приводятся результаты разработки двадцатичетырехканального ЧРУ S-диапазона, в который входят предварительный усилитель и полосно-пропускающие гребенчатые фильтры восьмого порядка.

Одной из основных проблем при частотном делении является сложность обеспечения развязки между выходными каналами. Если точка пересечения характеристик затухания двух соседних каналов находится на уровне 3дБ и менее, то развязку можно обеспечить только с применением различных схем деления (суммирования) мощности. Функциональная схема разработанного устройства представлена на рис. 1.

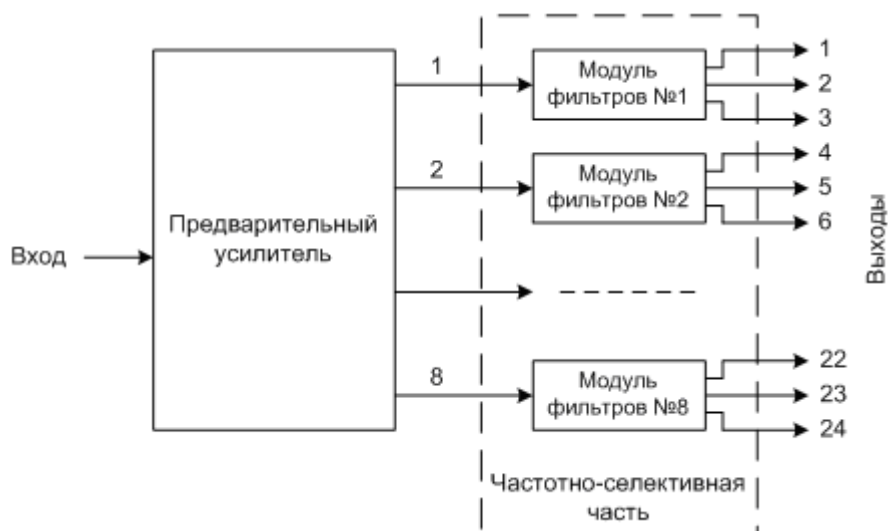


Рис.1. Функциональная схема устройства

Предварительный усилитель представляет собой отдельный модуль, выполняющий следующие основные функции: усиление базового входного сигнала СВЧ, деление усиленного сигнала на восемь выходов, прохождение внешнего тестового сигнала взамен

базового и формирование контрольного сигнала для оценки исправности усилительных каскадов системой автоматизированного контроля параметров. Функциональная схема предварительного усилителя представлена на рис. 2.

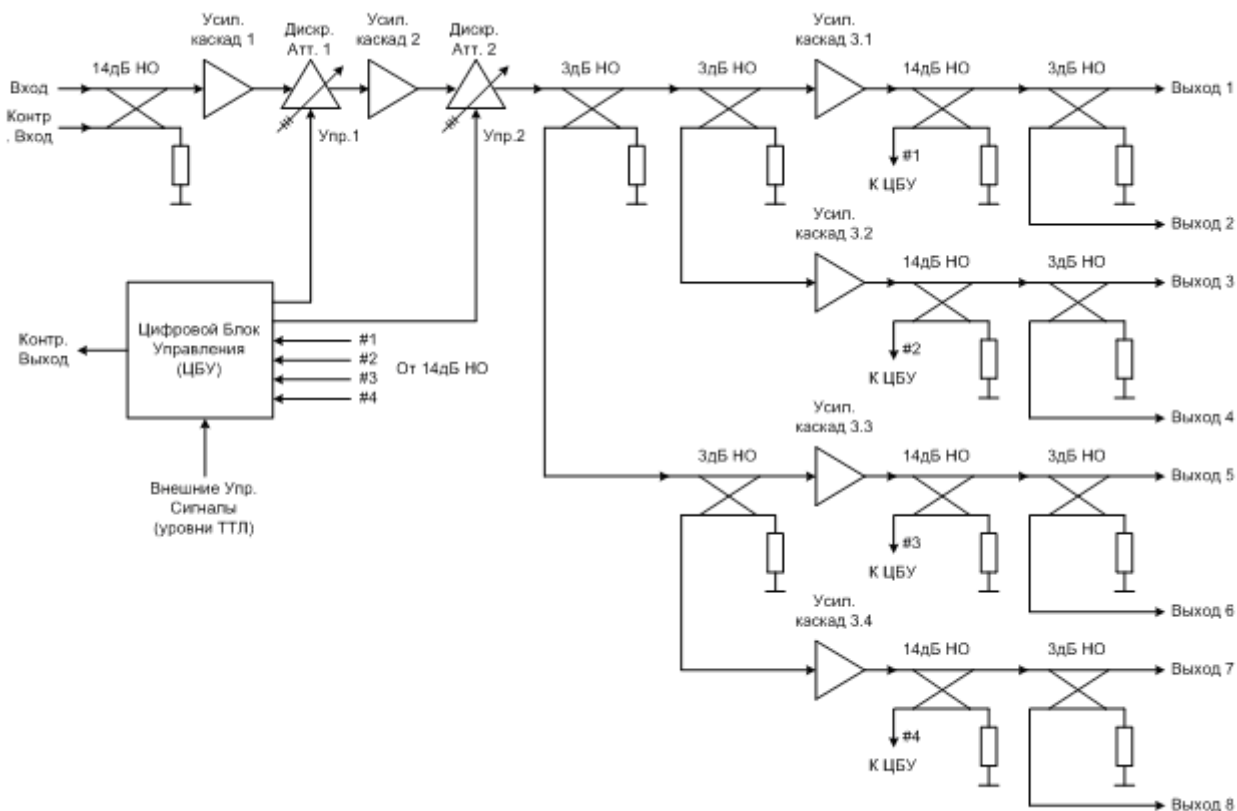


Рис. 2. Функциональная схема предварительного усилителя

Для обеспечения требуемого усиления схема включает в себя три каскада. Глубина и шаг регулировки коэффициента усиления (КУ) обеспечиваются двумя дискретными цифровыми аттенюаторами с четырехбитным управлением. Место их включение в тракте выбиралось из условия реализации максимальной динамики и оптимального коэффициента шума (КШ) для всей таблицы состояний аттенюаторов.

Цифровой блок управления (ЦБУ) осуществляет преобразование внешних сигналов (уровней ТТЛ) и формирует сигналы управления аттенюаторами. При подаче на контрольный вход усилителя внешнего тестового сигнала с помощью 14дБ направленных ответвителей (НО) часть мощности поступает на логарифмические детекторы ЦБУ, который формирует контрольный сигнал исправности каналов. Деление на восемь каналов осуществляется с помощью 3дБ направленных ответвителей, реализованных на основе мостов Ланге.

Изготовлены и испытаны опытные образцы предварительного усилителя. В качестве примера на рис. 3 представлены частотные зависимости КУ и КШ при введенном затухании аттенюатора 4дБ для одного из образцов.

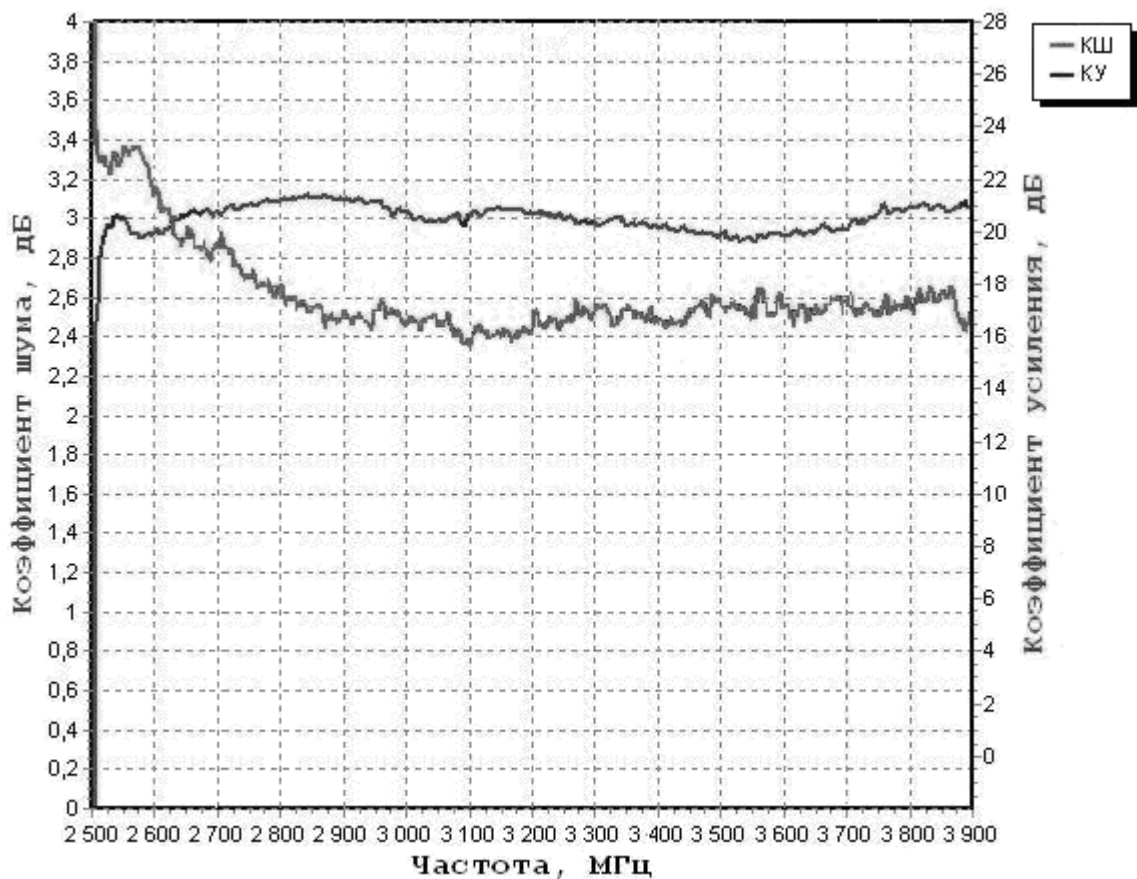


Рис. 3. Частотные характеристики КУ и КШ предварительного усилителя

Основные электрические и массогабаритные параметры предварительного усилителя представлены в табл. 1.

Таблица 1

Параметр	Значение
Диапазон входных частот, ГГц	2,7...3,7
Количество выходов	8
Коэффициент усиления с входа по выходам 1...8, дБ	24...26
Мощность сигнала на выходах 1...8 при компрессии КУ на 1 дБ, при введенном затухании аттенюатора 4 дБ, не менее дБм	10
Неравномерность коэффициента усиления с входа по выходам 1...8, при любом состоянии аттенюатора, не более дБ	2
Глубина дискретной регулировки коэффициента усиления с входа по выходам 1...8 с помощью аттенюатора, дБ	15
Шаг дискретной регулировки коэффициента усиления, дБ	1
Коэффициент шума с входа по выходам 1...8, при коэффициенте усиления 24...26, дБ, не более дБ	3,5 (+25 ⁰ С) 4,5 (-40...+55 ⁰ С)
КСВН входов (вход и контр. вход), не более	1,5
КСВН выходов 1...8, не более	1,8
Габаритные размеры, мм	157x133x25
Масса, не более кг	1,0

Чтобы уменьшить потери на деление, было принято решение выполнить частотно-селективную часть устройства в виде восьми функционально-законченных модулей, каждый из которых включает в себя три несмежных ППФ, соединенных по схеме в общий узел. Функциональная схема модуля фильтров представлена на рис. 4.

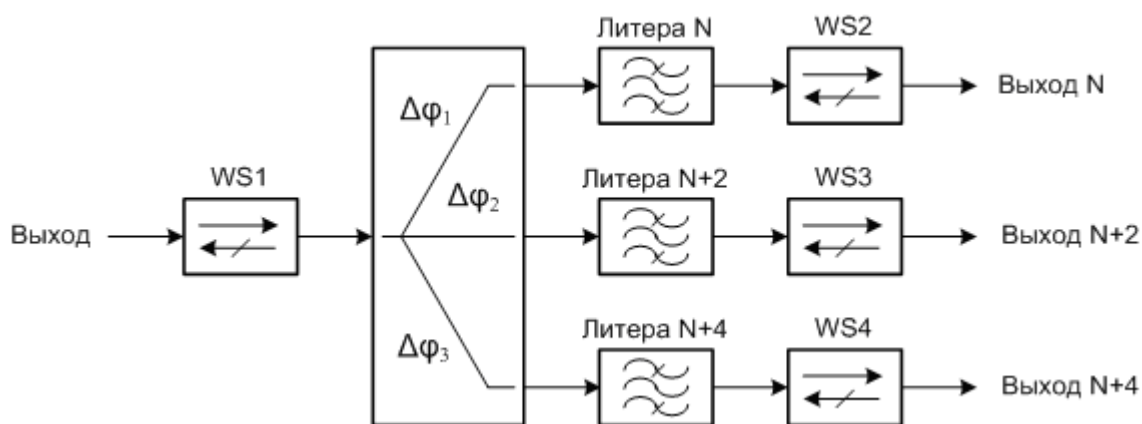


Рис.4. Функциональная схема модуля фильтров

Частотная селекция осуществляется гребенчатыми ППФ восьмого порядка на основе объемных резонаторов. К достоинствам данного типа фильтров можно отнести высокую температурную стабильность электрических характеристик, малые потери в полосе пропускания, а также простоту настройки. Применение квадратного сечения резонаторов, в отличие от классического круглого, позволяет упростить операцию изготовления, что приводит к удешевлению устройства [1, 2].

Фазовые линии $\Delta\phi_1$, $\Delta\phi_2$ и $\Delta\phi_3$ на входе каждого из фильтров обеспечивают согласование триплексера по входу. Линии выполнены в микрополосковом исполнении, материал подложки – поликор ВК-100 ($\epsilon=9.8$). Ферритовые вентили WS1...WS4 применены с целью уменьшения влияния нагрузок по входу и выходу модуля на частотную неравномерность каналов.

Изготовлены и испытаны опытные образцы модулей фильтров. В качестве примера на рис. 5 представлены частотные характеристики модуля фильтров №1.

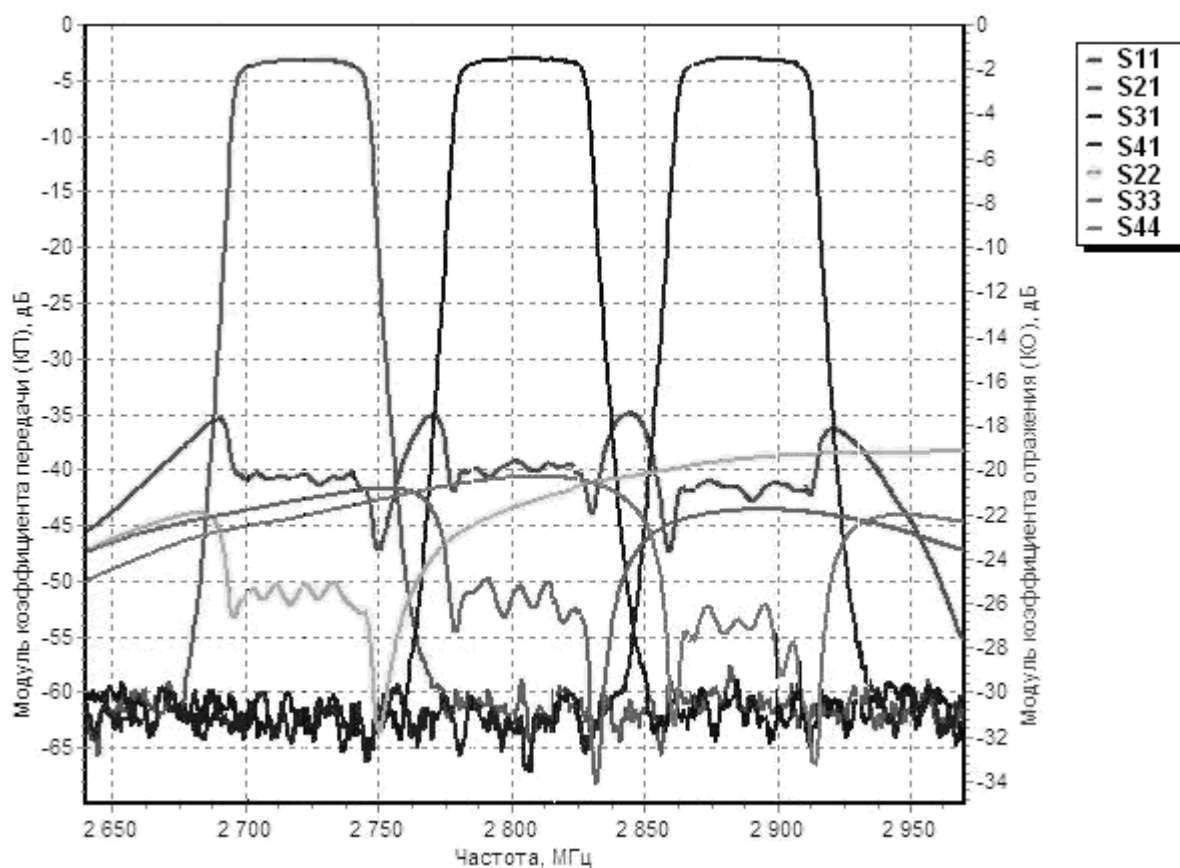


Рис.5. Частотные характеристики модуля фильтров №1

Основные электрические и массогабаритные параметры модулей фильтров представлены в табл.2.

Таблица 2

Параметр	Значение
Диапазон входных частот, ГГц	2,7...3,7
Количество выходных каналов	3
Ширина полосы пропускания каждого канала по спаду коэффициента передачи на 1дБ, МГц	40
Затухание в рабочих полосах частот каналов, не более дБ	5,5
Затухание при отстройке от центральной частоты на ± 42 МГц для каждого канала, не менее дБ	50
КСВн по каждому из выходов, не более	1,2
КСВн входа для каждого модуля, не более	1,3
Габаритные размеры каждого модуля, мм	254×89×34
Масса каждого модуля, не более кг	2,5

Внешний вид предварительного усилителя и модуля фильтров представлены на рис. 6 и 7 соответственно. Все устройства крепятся на едином основании. Соединение соответствующих входов и выходов осуществляется с помощью кабельных сборок.

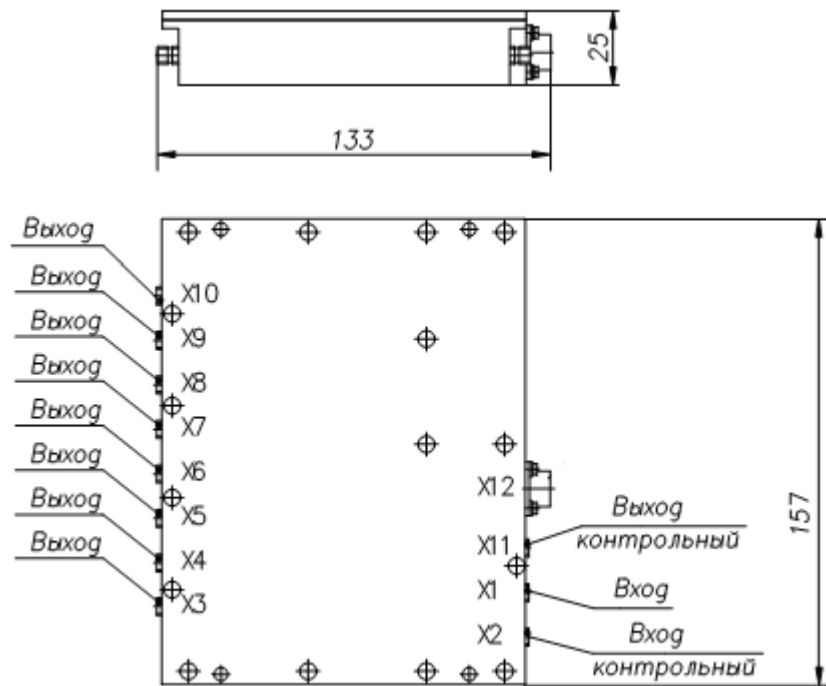


Рис. 6. Внешний вид предварительного усилителя

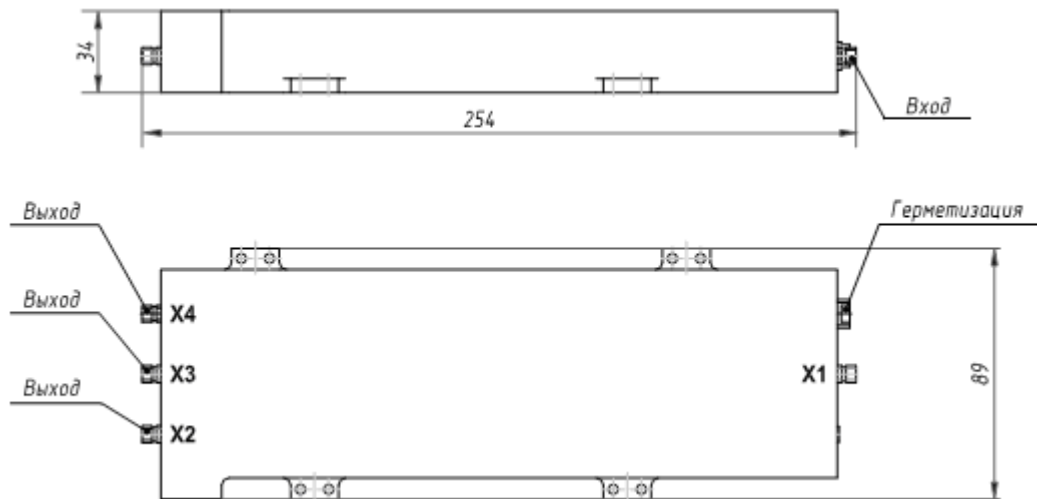


Рис. 7. Внешний вид трехканального модуля фильтров

Разработанное частотно-разделительное устройство предназначено для работы в составе приемной системы радиолокационной станции. Данное устройство является узкоспециализированным и, скорее всего, не может быть применено в других системах. Однако, на основе полученного опыта можно утверждать о возможности реализации подобных ЧРУ с произвольным количеством выходов и требуемой шириной частотных каналов.

ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Кондратенко А.В., Шевляков М.Л. Проектирование полосно-пропускающих фильтров на основе фазовой характеристики коэффициента отражения. 16-я Международная Крымская конференция «СВЧ – техника и телекоммуникационные технологии» (КрыМиКо'2006). Севастополь, 11 – 15 сентября 2006 г.: Материалы конференции в 2 т. – Севастополь: Вебер, 2006. – Том 2, с. 513 – 514.

2. Шевляков М.Л., Кондратенко А.В. Опыт разработки полосно-пропускающих фильтров для аппаратуры СВЧ (часть 2). Электронные средства и системы управления. Опыт инновационного развития: Доклады Международной научно-практической конференции. (31 окт. – 3 ноябр. 2007 г.) Томск: В-Спектр, 2007. В 2 ч. Ч. 1. – 326 с., с. 185–188.