

# РЕЗУЛЬТАТЫ РАЗРАБОТКИ МИНИАТЮРНЫХ ЧЕТЫРЁХКАНАЛЬНЫХ ПРИЁМО-ПЕРЕДАЮЩИХ СВЧ МОДУЛЕЙ

Анцев Г. В., Быкадоров А. А., Булатов А. А., Тупиков В. А.  
Шор Е. Д., Французов А. Д., Чижов А. И.

ЗАО «НПП «Салют-27», ул. Ларина 7, г. Н. Новгород, Россия  
ОАО «НПП «Радар-ммс», ул. Новоселковская 15, г. Санкт-Петербурге, Россия  
Тел. (831) 466-82-04, факс (831) 431-90-50

**Аннотация** – Представлены результаты разработки миниатюрного четырёхканального приёмно-передающего модуля трёхсантиметрового диапазона волн. Экспериментально показано, что, несмотря на относительно небольшие размеры модуля (80x70x15 мм), величины развязок между каналами, как приемных, так и передающих трактов могут быть обеспечены на уровне - 40 дБ.

## I. Введение

Развитие современной элементной базы на основе технологии монолитно-интегральных схем позволяет в настоящее время перейти к разработке миниатюрных многоканальных систем передачи и приёма информации в системах радиолокации, навигации и связи [1]. Их использование означает существенное повышение технологичности, надёжности и эффективности перечисленных систем в целом.

Кроме основных характеристик приёмных и передающих каналов (коэффициентов шума, передачи, мощности выходного сигнала, ВГЛАХ, частотной избирательности и т.д.), которые достигаются корректным выбором элементной базы, для многоканальных систем важную роль играют параметры развязок между каналами и устойчивость работы модуля [2]. Удовлетворительные параметры последних особенно сложно получить при весьма ограниченных геометрических размерах прибора. Целью настоящей работы является сообщение о результатах проектирования и экспериментальных исследований миниатюрного четырёхканального приёмно-передающего модуля трёхсантиметрового диапазона с параметрами развязок между каналами более 40 дБ и устойчивого к внешним воздействующим факторам.

## II. Основная часть

Четырёхканальный приёмно-передающий модуль трёхсантиметрового диапазона проектировался исходя из условий минимизации его габаритных размеров. Структурная схема данного модуля приведена на рис. 1. Со стороны антенн приёмные и передающие каналы объединены циркуляторами, а со стороны входов – синхронными переключателями каналов, что позволяет уменьшить число высокочастотных и низкочастотных разъёмов. Колебания гетеродина поступают на соответствующие смесители через умножительно-усилительную цепь, а также через полосно-пропускающий фильтр и синхронизированный переключатель каналов. Модуль содержит четыре передающих канала, каждый из которых выполнен по блок-схеме, приведённой на рис. 2а, и четырёх приёмных каналов – выполненных по блок-схеме рис. 2б. Входящие в состав приёмных и передающих трактов узлы выполнены на бескорпусных монолитно-интегральных схемах фирм «Agilent technologies» и «Filtronics», а фильтры изготовлены на поликоре по технологии ГИС.

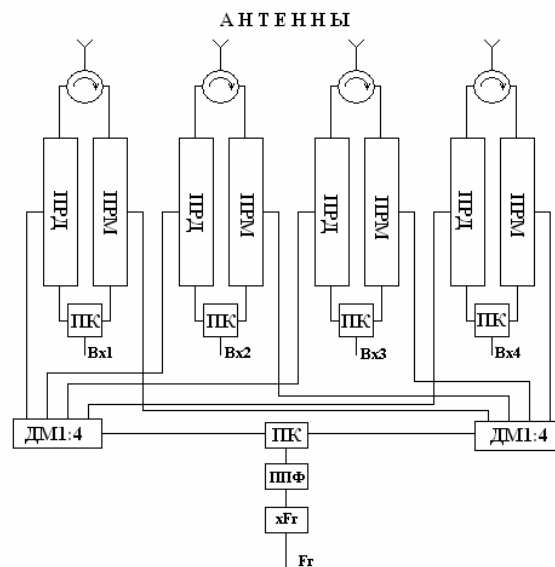


Рис. 1. Блок-схема четырёхканального приёмно-передающего модуля.

Fig. 1. Block diagram of X-band transceiver

Кроме обычного влияния паразитных связей в каждом канале, обусловленном рядом факторов, таких как паразитные связи, между узлами по цепям питания, связи по корпусу модуля и волноводные связи в каждом канале, что описано в [3],

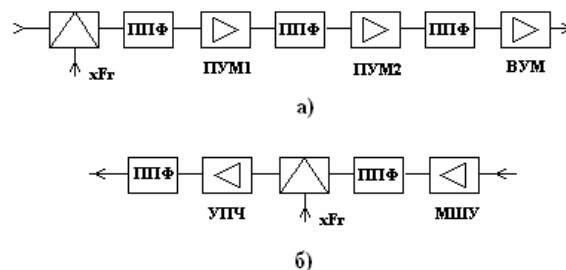


Рис. 2. Блок-схемы передающего а) и приёмного каналов б).

Fig. 2. Block diagrams of a transmitter a) and a receiver b)

при конструировании многоканального модуля следует учитывать ряд специфических факторов обусловленных возникновением влияния каналов друг на друга. Наиболее значимыми факторами, обнаруженными в ходе работы, являются:

1. Связь между каналами по цепям питания.
2. Межканальная связь, обусловленная конечной величиной развязки цепей смесителя LO-IF и LO-RF.
3. Связь между каналами волноводного типа.
4. Связь между каналами приёма и передачи.

Первый, из перечисленных факторов, был устранён путём введения отдельного высокочастотного ФНЧ в цепь питания каждого канала.

Второй фактор удалось минимизировать путём тщательной настройки смесителя на уровни развязки по соответствующим цепям не менее 40 дБ и выполнения широкополосного делителя мощности гетеродина с развязками 20 – 25 дБ. Кроме того, цепи подвода гетеродина к смесителю выполнены экранированными.

Исключение связи волноводного типа удалось осуществить конструктивным путём: выполнением двухэтажной конструкции корпуса. Кроме того, каждый канал располагался в отдельном отсеке. В отдельных отсеках располагались также и наиболее критичные узлы приёмных и передающих трактов. При этом поперечные размеры каждого канала и отсека выбраны таким образом, чтобы исключить возникновение в них волноводных типов волн.

Связь между каналами приёма и передачи исключена путём введения временной селекции режимов работы модуля (во время работы передатчика приёмник отключён и наоборот). При этом времена переключения усилителей приёмника и передатчика составили около 100 нс.

Благодаря предпринятым мерам развязка между каналами передатчика составила более 40 дБ (такая же цифра получена и для каналов приёмника). При этом электрические характеристики всего четырёхканального модуля аналогичны параметрам отдельно выполненного канала.

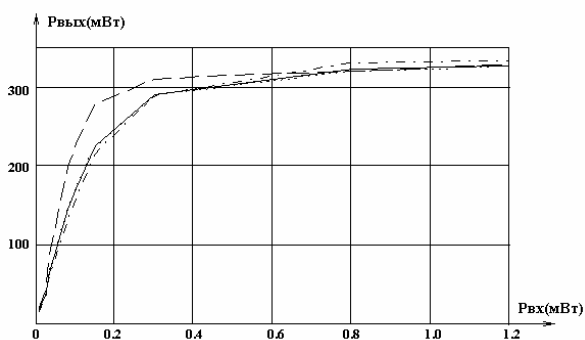


Рис. 3. Амплитудная характеристика четырёх передающих каналов.

Fig. 3. Amplitude characteristics of four transmitter channels

Так на рис. 3 приведены амплитудные характеристики четырёх передающих каналов. Из данного рисунка видно, что линейный участок наблюдается при уровнях входных мощностей до 0.1 мВт, при этом коэффициент усиления составляет более 30 дБ. Выходная мощность в режиме насыщения каждого канала превышает 300 мВт.

Для приёмных каналов, были экспериментально измерены коэффициенты усиления и шума. Так, коэффициент усиления приёмника с учётом неравномерности по частоте и неидентичности между каналами составляет  $20 \pm 2$  дБ, а коэффициент шума не более 2.5 дБ. Динамический диапазон входных сиг-

налов составил более 60 дБ, а ВГЛАХ по входу не менее 10 мкВт.

К вышеперечисленным электрическим параметрам четырёхканального приёмно-передающего модуля трёхсантиметрового диапазона следует добавить габаритно-весовые параметры. Так размер данного модуля составил 80x70x15 мм, а масса менее 180 грамм. Модуль герметизирован в инертной среде и является устойчивым к работе в достаточно жёстких эксплуатационных условиях (от минус 40° до +50°С). Всё это делает перспективным применение подобных многоканальных модулей, как в бортовой аппаратуре, так и аппаратуре общего применения.

### III. Заключение

Таким образом, экспериментально показано, что современная элементная база на основе МИС СВЧ, позволяет реализовывать многоканальные приёмно-передающие модули трёхсантиметрового диапазона в миниатюрном исполнении пригодном для практической эксплуатации, как в бортовой аппаратуре, так и аппаратуре общего применения. Учёт описанных в работе особенностей многоканальных систем на МИС позволяет получать электрические характеристики модулей не уступающие своим аналогам, выполненным по технологии ГИС, особенно по развязкам между каналами, устойчивости к самовозбуждению и внешним воздействующим факторам.

### IV. Список литературы

- [1] *Активные фазированные антенные решётки.* / Под ред. Воскресенского Д. И. и Канащенкова А. И. – М.: Радиотехника, 2004. – 488 с.
- [2] *Быкадоров А. А.* Приёмно-передающие модули СВЧ-диапазона. – Радиотехника, 2002, №2, с.82-85.
- [3] *Авдоченко Б. И., Ильющенко В. Н.* Анализ влияния паразитных связей в конструкциях на характеристики широкополосных радиотехнических устройств. – Техника средств связи. 1988, Вып. 8, с. 68-77.

## RESULTS OF DEVELOPMENT OF FOURCHANNEL TRANSMIT-RECEIVE SHF MICRO-MODULES

Antsev G. V., Bykadorov A. A., Boulatov A. A.  
 Toupikov V. A., Shor E. D.  
 Frantzousov A. D., Tchizhov A. I.  
 SALUT-27 SPE Close Corporation  
 7 Larin str., Nizhny Novgorod, Russia  
 Radar-mms SPE Public Corporation  
 15G Novoselkovskaya str., St. Petersburg, Russia  
 Ph.: (831) 466-82-04, fax: (831) 431-90-50

*Abstract* – Results of development of four-channel transmit-receive SHF micro-modules are submitted. It is experimentally shown that the levels of outcomes between channels, both a receiver, and transmitting patches can be provided at a level - 40 dB.