

Основные проблемы разработки двухканального приемопередающего модуля X-диапазона

СОКОЛОВ И.А.

Тел.: +7(905) 509-45-66
sokoloff@niimp.ru

СКИЧКО Д. Ю.
skichko@niimp.ru

БАЦ А. В.
bats@niimp.ru

АО «НИИ микроприборов им. Г. Я. Гуськова»
124460, Россия, г. Москва, ул. Конструктора
Гуськова, д. 1, стр. 1
Тел.: +7(499) 762-48-20

Аннотация. Рассмотрены основные этапы проектирования и изготовления приемо-передающего модуля X-диапазона. Приведены результаты разработки, а также экспериментальные данные измерений. Сделан вывод о соответствии техническим требованиям.

Ключевые слова: приемопередающий модуль, приемоответчик, X-диапазон.

X-band transceiver module design and manufacture results

SOKOLOV IGOR ALEKSEYEVICH

Tel.: +7(905) 509-45-66
sokoloff@niimp.ru

SKICHKO DENIS YURYEVICH
skichko@niimp.ru

BATS ALEXANDER VIKTOROVICH
bats@niimp.ru

JSC «Scientific Research Institute of Microdevices
named after Guskov»
Tel.: +7(499) 762-48-20

Abstract. The principal stages of X-band transceiver module design and manufacture are presented. The design results and testing data are given. A conclusion about transponder compliance with requirements is made.

Keywords: transceiver module, transponder, X-band.

Введение

В многофункциональных бортовых радиоэлектронных устройствах, а также для управления и коррекции параметров полета подвижных объектов необходима надежная линия связи [1]. Для ее реализации на борту объекта размещается приемоответчик, в состав которого входят модули приемопередающие усиительные (МППУ). В данной статье приведены результаты проектирования модуля X-диапазона (МППУ-Х).

1. Требования к МППУ-Х

МППУ-Х предназначен для усиления передаваемых и принимаемых радиосигналов до требуемого уровня с необходимым коэффициентом передачи с наименьшими искажениями (ухудшением) спектральных, временных и шумовых характеристик входных радиосигналов. Причем каждый МППУ-Х должен быть двухканальным, т. е. содержать по два приемных и передающих

канала, выбор которых осуществляется автоматически (программно) в зависимости от ориентации объекта в пространстве. Основные технические требования, предъявляемые к МППУ-Х, представлены в табл. 1.

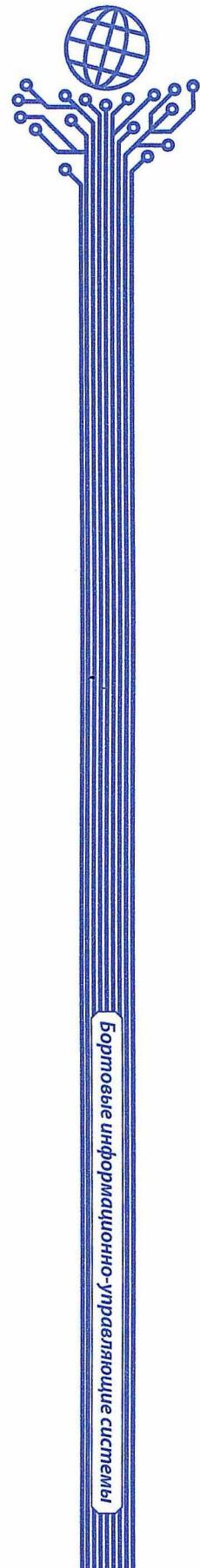
2. Проектирование

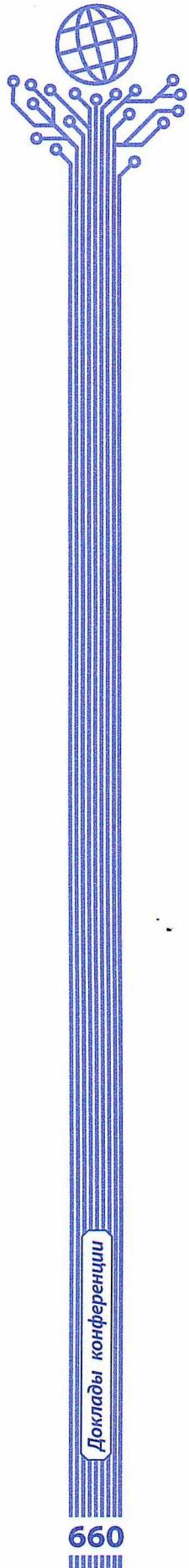
На рис. 1 изображена функциональная схема МППУ-Х [2]. Как видно из рисунка, модуль состоит из двух приемных и двух передающих каналов, управляемых одним контроллером. Усилительные тракты в передающих и приемных каналах выполнены на основе внутренне согласованных

Таблица 1. Основные технические требования

Диапазон частот, ГГц	8,7–9,3
Коэффициент усиления приемного канала, дБ	19±1,5
Коэффициент шума приемного канала, дБ, не более	4,5
Выходная мощность, Вт, не менее	15
КСВН по входу и выходу, не более	2

Примечание: длительность передаваемого сигнала — 16 мс, скважность — 60.





GaAs СВЧ-микросхем. Контроллер осуществляет коммутацию питания усилителей приемных и передающих каналов, управляет коэффициентом затухания в каждом из каналов до 25 дБ с шагом 1 дБ в приемном канале и до 30 дБ с шагом 1 дБ в передающем канале, а также осуществляет подачу напряжения смещения на усилители передающего канала.

Развязка не менее 20 дБ между передающими и приемными каналами осуществляется с помощью ферритовых циркуляторов, имеющих прямые потери не более 0,4 дБ в рабочем диапазоне частот. Приемный усилительный тракт построен по двухкаскадной схеме. Каждая из микросхем обладает коэффициентом усиления не менее 18 дБ и коэффициентом шума не более 1,7 дБ. Наиболее значительный вклад в результирующий коэффициент шума приемного тракта оказывают потери в циркуляторе (0,4 дБ) и защитном устройстве (1,2 дБ). Практически полученный результирующий коэффициент усиления ПУТ перекрывает требуемые 19 дБ даже с учетом потерь в циркуляторах и защитном устройстве.

Передающий тракт построен по трехкаскадной схеме с общим коэффициентом усиления 22 дБ. С учетом мощности входного сигнала 27 дБмВт (500 мВт), потерь в сумматоре/делителе (3 дБ), потерь в циркуляторах (~1 дБ) и подводящих высокочастотных цепях и разъемах (~1,5 дБ) выходная мощность передающего канала должна составить 43,5 дБмВт, т. е. около 23 Вт. Расчетная потребляемая мощность передающего канала составляет 90 Вт, т. е. планируемый КПД должен составить ~25 %. С учетом скважности, равной 60, средняя потребляемая мощность передающего канала составит 1,5 Вт.

Основными проблемами при конструировании МППУ оказались реализация достаточно малых габаритных размеров модуля ($96 \times 65 \times 44$ мм) и директивное расположение разъемов, связанное с расположением модулей на борту объекта. Результатом проектирования стала трехуровневая конструкция модуля, изображенная на рис. 2.

Оконечные каскады передающих каналов и приемные каналы, а также циркуляторы, развязывающие вход приемного и выход передающего трактов, расположены на нижнем уровне. На среднем расположены предварительные усилители передающих каналов, аттенюаторы приемных и передающих каналов, циркуляторы, развязывающие вход передающего и выход приемного трактов, а также делитель/сумматор каналов. На верхнем уровне расположена плата контроллера.

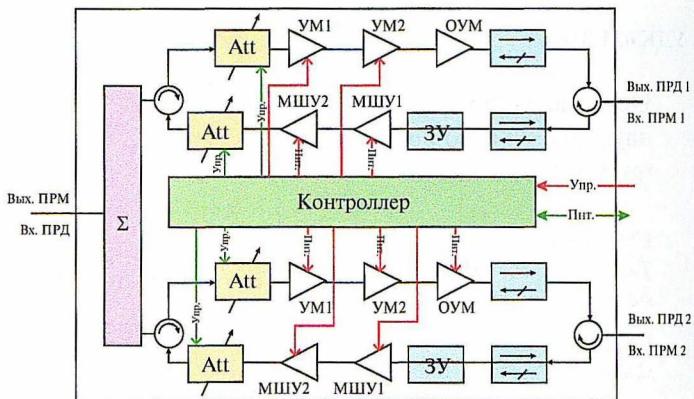


Рис. 1. Функциональная схема МППУ

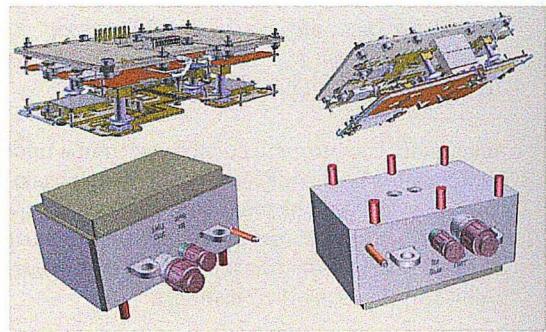


Рис. 2. Проектируемый внешний вид МППУ-Х

3. Изготовление и регулировка. Результаты испытаний

Для проверки и регулировки МППУ-Х была разработана специальная технологическая настроечная аппаратура (ТНА) и контактирующие устройства для регулировки каждой из ячеек, расположенных на соответствующих уровнях. Внешний вид платы ТНА изображен на рис. 3.

Особенностью ТНА является ее унифицированность. В зависимости от подключаемой ячейки контроллер ТНА посылает специализированные

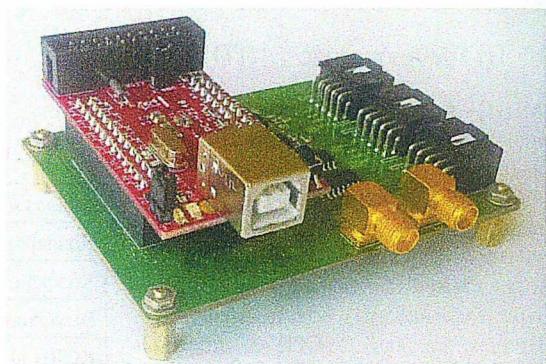


Рис. 3. Внешний вид платы ТНА

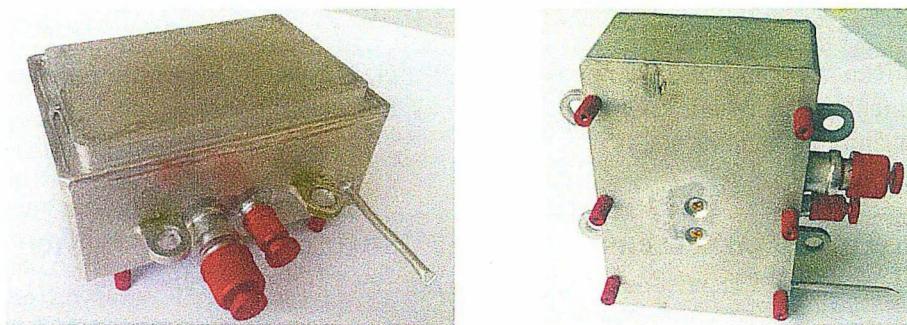
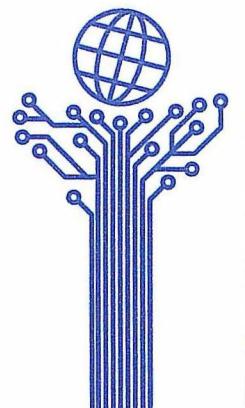


Рис. 4. Внешний вид МППУ-Х

команды управления. Использование ТНА позволило отрегулировать МППУ-Х во всех режимах работы независимо от других составляющих приемоответчика.

После настройки каждой из ячеек осуществлялись сборка и настройка МППУ-Х в целом. На рис. 4 изображен собранный МППУ-Х.

В результате проверки технических характеристик получены следующие данные: мощность сигнала на выходе модуля — 43,3 дБмВт (рис. 5), коэффициент передачи приемного канала модуля — не менее 20 дБ, коэффициент шума приемного канала модуля — не более 4 дБ (рис. 6).

Заключение

В результате разработки удалось реализовать малогабаритный двухканальный модуль с высокой выходной мощностью и коэффициентом полезного действия порядка 25 % передающих каналов, сохраняющий работоспособность в жестких условиях эксплуатации и обладающий высокими техническими характеристиками, отвечающими заданным требованиям.

Литература

- [1]. Соколов И.А., Скичко Д.Ю.: Многофункциональная бортовая радиолокационная система для беспилотного летательного аппарата. «Качество и жизнь»: М. № 1. 2015.
- [2]. Соколов И.А., Скичко Д.Ю., Бац А.В.: Разработка приемоответчика X-диапазона. «Евразийский союз ученых (ЕСУ)»: М. № 4. 2014.

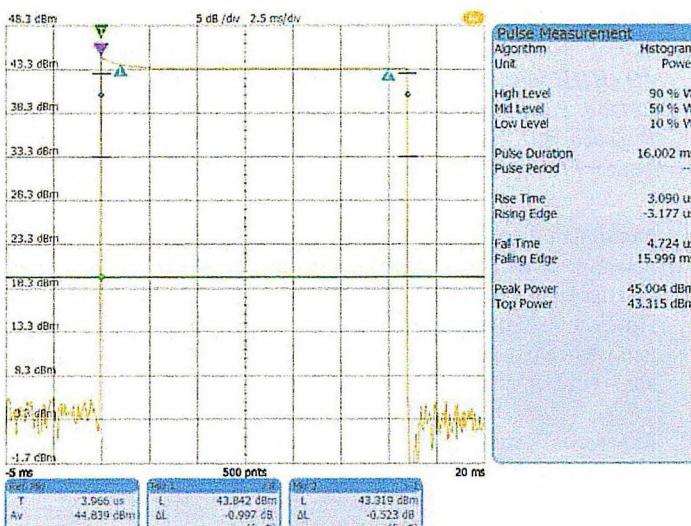


Рис. 5. Эпюра радиоимпульса на выходе МППУ-Х

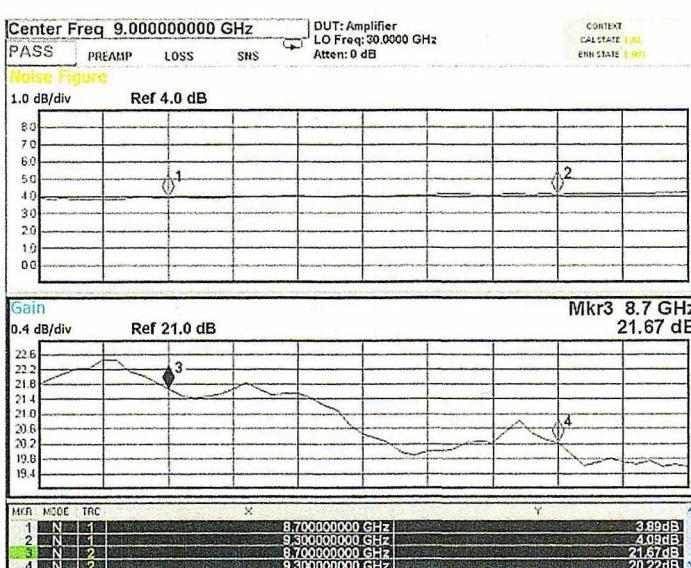


Рис. 6. Характеристики приемного канала МППУ-Х