

*Карасев М.С., Далингер А.Г., Шацкий С.В.,
Жерновенков В.А.
АО «НПП «Исток» им. Шокина»*

Перспективный многофункциональный приемо-передающий модуль АФАР X-диапазона и методика измерения его параметров

Представлен перспективный многофункциональный приемо-передающий модуль (ППМ) АФАР X-диапазона и его технологические особенности. Приведены основные характеристики и конструкция СВЧ и НЧ соединителей, обеспечивающих поверхностное контактное соединение модулей. Рассмотрена оправка для измерений электрических параметров ППМ. Проанализированы полученные результаты экспериментальной проверки электрических параметров ППМ АФАР.

Ключевые слова: Приемо-передающий модуль, X-диапазон, СВЧ соединитель, поверхностное контактное соединение, ППМ АФАР.

В настоящее время в радиолокации все большую популярность набирают активные фазированные антенные решетки (АФАР). АФАР позволяет применять новые методы обзора пространства, увеличивать разрешающую способность и дальность действия приемо-передающей антенны, что значительно расширяет возможности РЛС.

Главными элементами АФАР являются приемо-передающие модули (ППМ). Повышение функциональности этих ППМ, позволяет выполнять различного рода задачи и обеспечить улучшение выходных характеристик АФАР. Для этого в состав ППМ вводят узлы с широким набором функций и минимальными габаритными размерами.

В данной работе рассматривается многофункциональный ППМ АФАР, его особенности и полученные экспериментально выходные электрические характеристики.

Разработанный ППМ АФАР изображен на рис. 1.

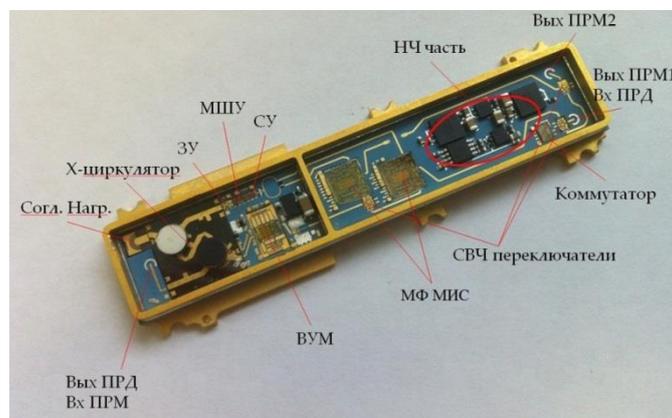


Рис. 1. ППМ АФАР

Все составные элементы модуля располагаются на LTCC керамике. Многослойность LTCC позволяет произвести необходимую разводку СВЧ и НЧ проводников внутри основания и тем самым обеспечить значительную экономию пространства внутри модуля. Также применение такого основания в составе ППМ АФАР обеспечивает низкие потери СВЧ энергии и невысокую стоимость производства, что является ключевым преимуществом для производства СВЧ приборов.

Выбор LTCC керамики в данной работе был обоснован не только значительной экономией места внутри ППМ и невысокой стоимостью, но и необходимостью обеспечения поверхностно-контактного соединения модулей.

Поверхностное контактное соединение модулей (ПКСМ) – способ соединения, основанный на прижатии, через контактный соединитель, выходного СВЧ контакта модуля и поверхности, на которой размещаются ППМ для дальнейшей работы. ПКСМ показано на рис. 2.

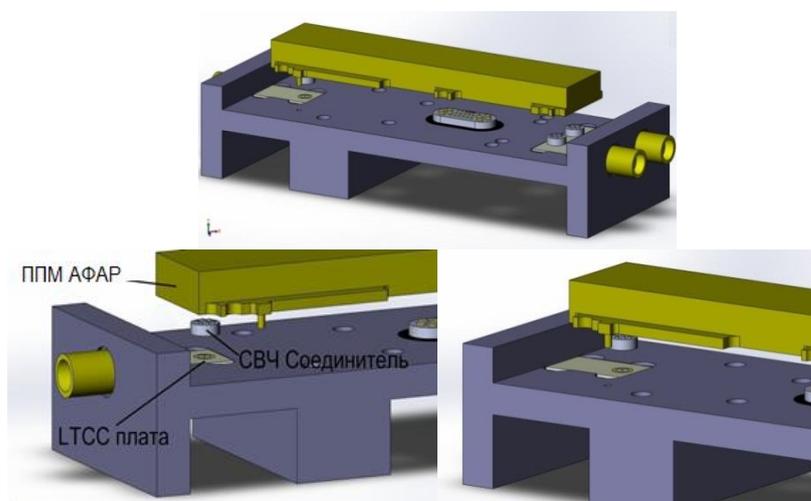


Рис. 2. Поверхностное контактное соединение модулей

За счет особенности LTCC технологии контакты СВЧ и НЧ можно вывести на нижний поверхностный слой LTCC основания и выполнить их в виде круглых площадок. На рис. 3 изображены контактные площадки, выведенные на нижний поверхностный слой LTCC основания.

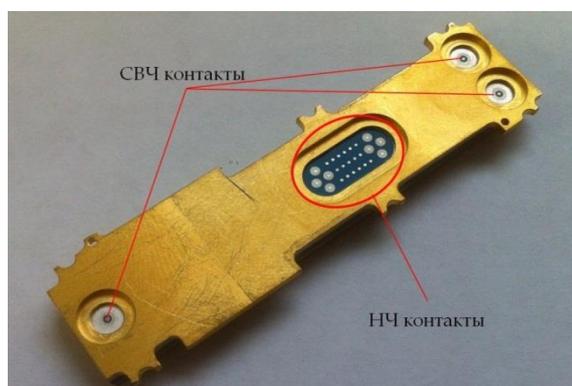


Рис. 3. Контактные площадки, выведенные на нижний поверхностный слой LTCC основания модуля

Осуществление таких поверхностных контактных площадок, позволяет обеспечить соединение модуля с поверхностью для передачи СВЧ энергии, через контактный

соединитель. Данный способ обеспечивает минимизацию нежелательных СВЧ потерь, связанных с соединением модулей кабелями и возникающих при этом недостатков сборки.

Но т.к. LTCC керамика расположена на необходимом металлическом основании, которое обеспечивает хороший теплоотвод от мощных чипов СВЧ (ПУМ, ВУМ), для передачи СВЧ энергии требуется контактный СВЧ соединитель. Такой же контактный соединитель требуется и в НЧ части модуля для обеспечения питания и управления основными узлами модуля.

В настоящее время по заказу НИИП им. В.В. Тихомирова в ОАО «Карачевский завод «Электродеталь», разработаны и изготовлены СВЧ и НЧ соединители с параметрами, позволяющими использовать их в составе ППМ АФАР. Виды СВЧ и НЧ соединителей приведены на рис. 4.



Рис. 4. СВЧ и НЧ соединители, разработанные в ОАО, «Карачевский завод «Электродеталь»

Данные СВЧ и НЧ соединители вкладываются в выборку в металлическом основании модуля и фиксируются резиновым уплотнителем, который позволяет обеспечить надежную фиксацию соединителя внутри выборки.

Для контроля выходных параметров ППМ АФАР разработана измерительная оправка, которая изображена на рис. 5.

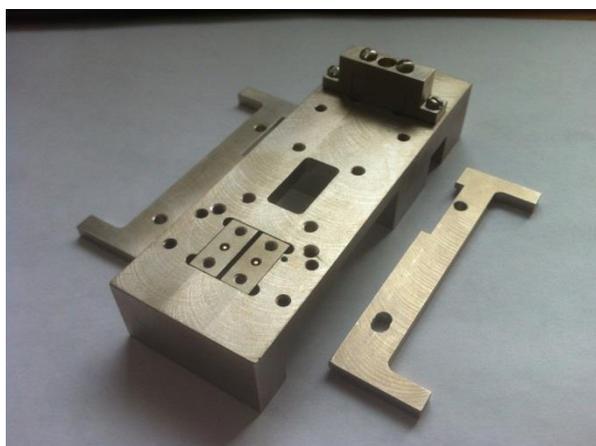


Рис. 5. Измерительная оправка для контроля выходных параметров ППМ АФАР

Чтобы измерить вносимые измерительной оправкой СВЧ потери с помощью элементов, используемых в оправке, была собрана конструкция, для измерения потерь показанная на рис. 5, а также изображенная на рис. 6. В связи с отсутствием кабелей, имеющих в своем составе разъем КРПГ.433434.054[1], в данной работе использовались СВЧ переходы фирмы Rosenberger с КРПГ.434511.015[2] на КРПГ.433434.054.

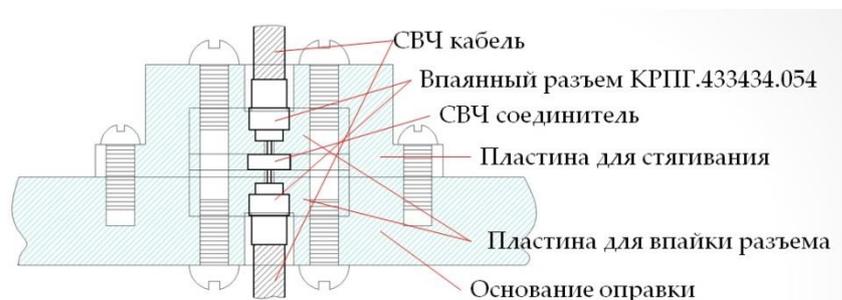


Рис. 6. Конструкция для измерения потерь в измерительной оправке

Получившиеся результаты экспериментальной проверки всей конструкции и СВЧ переходов, необходимые для расчета потерь, сведены в таблицу 1.

Таблица 1. Результаты экспериментальной проверки всей конструкции и СВЧ переходов для измерения потерь

	Вся конструкция	СВЧ Переходы
Макс. S21 (потери), дБ	0,72	0,57
Макс. КСВН входа	1,26	1,21
Макс. КСВН выхода	1,19	1,20

Произведя расчет, для которого необходимо использовать максимальные значения, полученные при экспериментальной проверке, можно вычислить потери, возникающие в связке КРПГ.433434.054 – СВЧ соединитель – КРПГ.433434.054:

$$P_{054\text{-СВЧ соед.}054} = P_{\text{общ}} - P_{\text{пер}} = 0,72 - 0,57 = 0,15 \text{ [дБ]}$$

Из результатов расчета и экспериментальной проверки, следует, что потери в разработанной измерительной оправке составляют менее чем 0,15 дБ на каждый из выходов ППМ.

На автоматизированном измерительном стенде, собранном под данное изделие, были проведены измерения электрических параметров разработанного ППМ. Результаты измерений передающего и приемных каналов приведены на рис. 7, 8, 9.

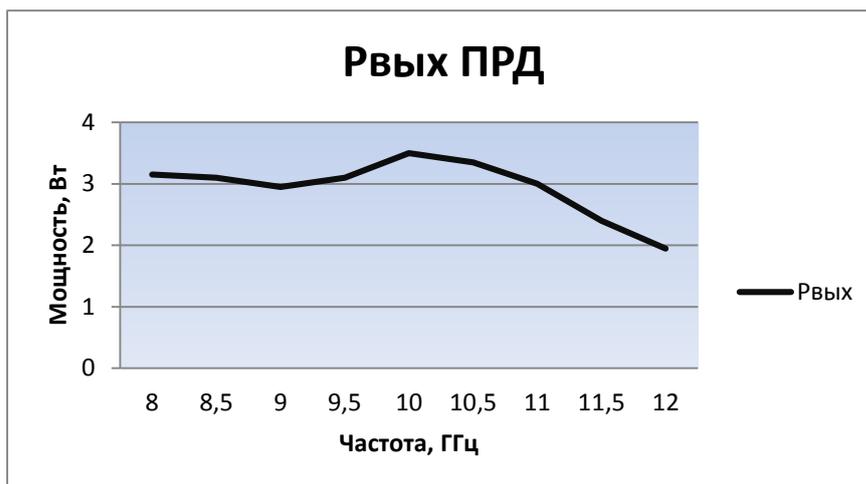


Рис. 7. Выходная мощность передающего канала в зависимости от частоты

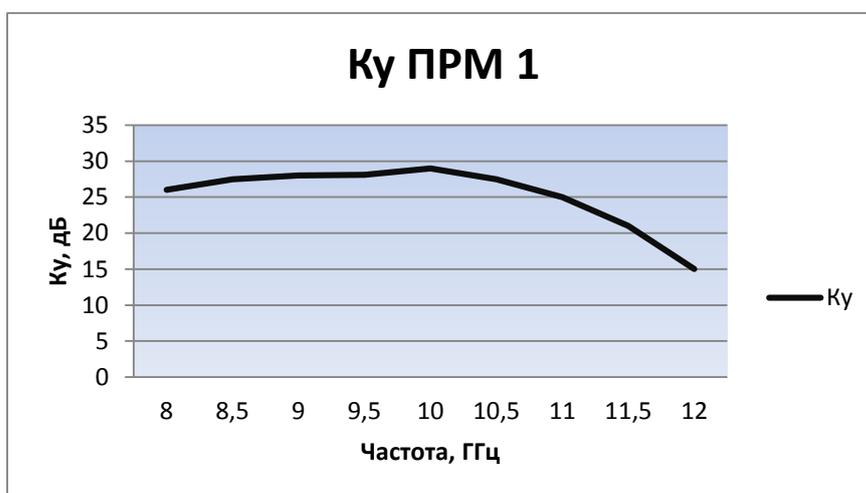


Рис. 8. Коэффициент усиления первого приемного канала в зависимости от частоты

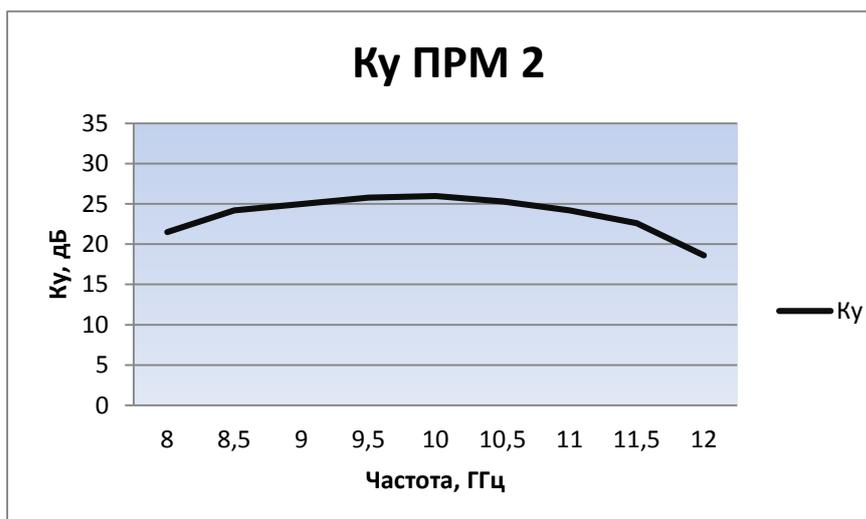


Рис. 9. Коэффициент усиления второго приемного канала в зависимости от частоты

Значения параметров выходной мощности на рисунке 7, указаны с учетом потерь в оправке [3,4].

В ходе проделанной работы, рассмотрен многофункциональный ППМ АФАР, а также его электрические параметры. Разработана методика измерений электрических

параметров ППМ АФАР на измерительном стенде, включающим в свой состав оправку с поверхностным контактным соединением. Стабильно - повторяющиеся электрические параметры при измерениях ППМ АФАР, указывают на правильность выбранных решений при разработке.

Библиографический список

1. Джуринский К. Б. Современные радиочастотные соединители и помехоподавляющие фильтры. – Санкт-Петербург: Издательство ЗАО «Медиа Группа Файнстрит», 2014 г. – 428 с.
2. Джуринский К.Б., Королев А.Н. Зарубежные и отечественные радиочастотные соединители. Современное состояние // Электронная техника. Сер. 1 СВЧ-техника – 2013. – Вып. 1(516). – С. 13-30.
3. Карасев М.С., Жерновенков В.А. Конструктивные особенности ППМ «Аббат-И» с применением поверхностного контактного соединителя для передачи СВЧ энергии и НЧ сигналов управления и электропитания // Научно-технический сборник «Электронная техника» Серия 1 «СВЧ-техника», Выпуск 3(530) – 2016г., стр. 71-80
4. Карасев М.С. Методика измерений параметров перспективных ППМ АФАР с применением поверхностного контактного соединителя // Научно-технический сборник «Электронная техника» Серия 1 «СВЧ-техника», Выпуск 4(531) – 2016г.