

СВЕРХШИРОКОПОЛОСНЫЙ УСИЛИТЕЛЬ ДИАПАЗОНА ЧАСТОТ 4—12 ГГц С ВЫХОДНОЙ МОЩНОСТЬЮ 15 Вт

Гармаш С. В.

ЗАО «Микроволновые системы»

ул. Нижняя Сыромятническая, 11, г. Москва, 105120, Россия

тел.: +7-495-9172103, e-mail: sg@mwsystems.ru; www.mwsystems.ru

Аннотация — В докладе изложены результаты разработки усилителя мощности диапазона частот (4...12) ГГц с выходной мощностью в непрерывном режиме (13...18) Вт, предназначенного для использования в составе передающих модулей АФАР. Приведены экспериментальные характеристики образцов усилителей, обсуждаются особенности построения, конструкции и технологии сборки.

I. Введение

Представляемая работа продолжает серию разработок мощных широкополосных транзисторных усилителей СВЧ диапазона, проводимых специалистами ЗАО "Микроволновые системы". Целью данной работы являлась разработка технологичной конструкции широкополосного усилителя в С-Х диапазоне, предназначенного для использования в качестве элемента передающих АФАР. Усилитель обладает характеристиками на современном мировом уровне и не имеет аналогов отечественного производства.

Основные особенности усилителя:

- Малые габариты и масса;
- Цифровое 5-разрядное управление усилением;
- Встроенный детектор выходной мощности;
- Встроенный скоростной (100 нс) модулятор питания;
- Температурная компенсация усиления;
- Нормированные ФЧХ.

II. Основная часть

Основной технической проблемой была реализация выходного каскада, обеспечивающего требуемую выходную мощность не менее (10...12) Вт в линейном режиме в широкой полосе частот с перекрытием 3:1. Была использована схема суммирования мощностей четырех канальных усилителей, каждый из которых обеспечивает не менее 4 Вт выходной мощности в режиме однодецибелльной компрессии. Делитель и сумматор выполнены по бинарной схеме. Первая ступень деления - синфазный делитель, вторая - квадратурные мосты Ланге с трехступенчатой областью связи для обеспечения необходимого частотного перекрытия. На рис.1 приведены измеренные потери пары делитель-сумматор, соединенных "встык", которые составили не более 1 дБ на каждый четырехканальный сумматор (включая потери в разъеме технологического корпуса).

Структурная схема построения усилителя PM412-10 показана на рис. 2. Питание усилителя двуполярное: -6В/0,1А и два канала питания +9В/6А.

Узлы 1 и 2 содержат монолитные интегральные схемы входного усилителя и цифрового 5-разрядного аттенюатора, а также балансный аттенюатор на р-и-п диодах, предназначенный для компенсации температурного дрейфа коэффициента передачи усилителя в диапазоне температур.

3 — балансный усилительный каскад на кристаллах GaAs pHEMT транзисторов, обеспечивающий усиление 7 - 8 дБ.

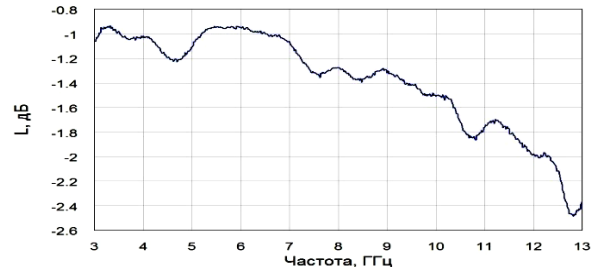


Рис. 1. Потери пары делитель-сумматор.

Fig. 1. Division-combining loss

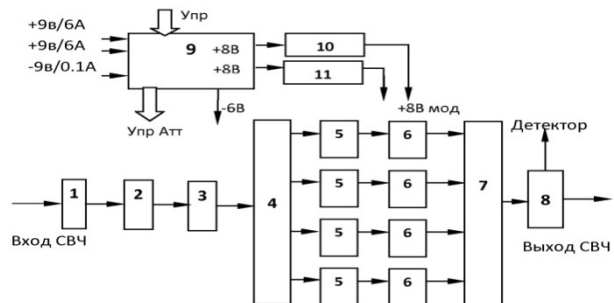


Рис. 2. Структурная схема усилителя PM412-10.

Fig. 2. Amplifier PM412-10 scheme

4, 7 — четырехканальные делитель и сумматор мощности.

5 — предвыходной усилительный каскад, реализованный на одном кристалле транзистора pHEMT с затвором 2,4мм x 0,35 мкм, который обеспечивает усиление 7 дБ и выходную мощность в режиме однодецибелльной компрессии усиления 1,3 Вт.

6 — выходной балансный каскад реализован на кристаллах GaAs транзисторов pHEMT с затвором 4мм x 0,35 мкм, обеспечивающий усиление 7 дБ и выходную мощность в режиме однодецибелльной компрессии усиления более 4 Вт.

8 — направленный контрольный детектор.

9 — узел питания и управления, содержит стабилизаторы питания, буферные ТТЛ-логические элементы управления цифровым аттенюатором, датчик температуры, схему управления аттенюатором термокомпенсации.

10,11 — быстродействующие модуляторы питания.

Фотография конструкции выходного каскада приведена на рис. 3. Он выполнен по квазимонолитной технологии [1], что позволило существенно уменьшить его габариты и усилителя в целом.

Согласующие цепи транзистора моделировались на основе нелинейной эквивалентной схемы, параметры которой были получены обработкой результатов измерений транзистора по методике, описанной в [2]. Платы входной и выходной согласующих цепей транзисторов выполнены на подложке из GaAs той же толщины, что и кристалл транзистора (100 мкм),

что упрощает конструкцию, облегчает монтаж и позволяет минимизировать индуктивность выводов затвора.

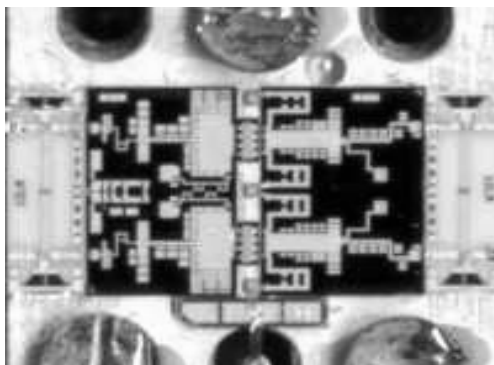


Рис. 3. Фото выходного каскада.

Fig. 3. Output stage

GaAs платы содержат распределенные и сосредоточенные элементы согласования, цепи смещения затвора и питания стока. Квадратурные мосты Ланге выполнены на отдельных подложках из поликора толщиной 250 мкм, ширина зазора 13 мкм. Для упрощения монтажа мосты изготовлены с "воздушными" интегральными перемычками [3].

Конструкция усилителя показана на рис. 4.

Габаритные размеры 70x150x20.5мм, масса 400 г

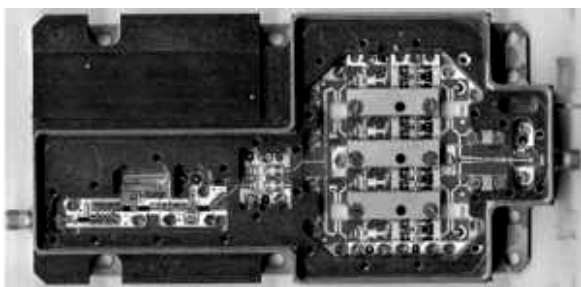


Рис. 4. Фото усилителя PM412-10.

Fig. 4. Amplifier PM412-10

Все элементы СВЧ усилительного тракта размещены на металлических основаниях из МД-40, крепящихся винтами к корпусу. Внутренний объем корпуса представляет собой запердельный волновод в рабочем диапазоне частот для устранения обратной связи по электромагнитному полю. Со стороны дна корпуса размещены узлы 9, 10, 11 (см. рис.2) и проводной монтаж.

Типовые электрические характеристики усилителей в нормальных климатических условиях приведены на рис. 5 – 7. В диапазоне рабочих температур -60 ... +75 °С усилитель обеспечивает выходную мощность в режиме насыщения не менее 12 Вт, коэффициент усиления от 40 до 47 дБ, максимальный ток потребления не более 11 А, КСВН входа и выхода не более 2, неидентичность фазочастотных характеристик не более 40 градусов.

III. Заключение

Разработан усилитель мощности диапазона (4...12) ГГц с выходной мощностью (13...18) Вт и КПД 18 - 24% в режиме насыщения с использованием схемы суммирования мощностей восьми дискретных транзисторов. Данный прибор может служить базовым элементом широкополосных многолучевых активных ФАР С-Х диапазона частот.

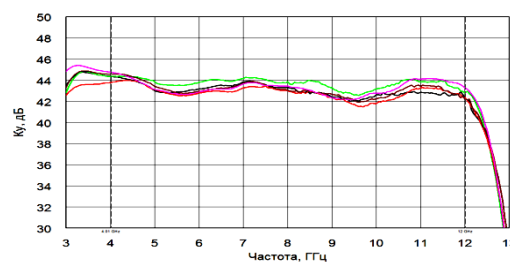


Рис. 5. АЧХ усилителей.

Fig. 5. Amplitude-frequency characteristics

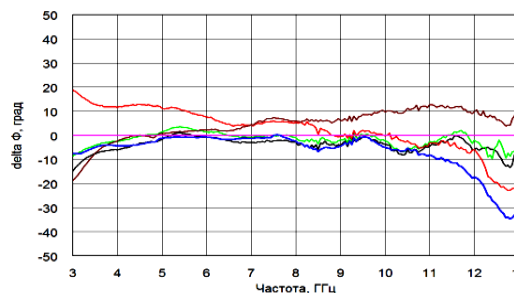


Рис. 6. Относительные ФЧХ усилителей.

Fig. 6. Phase-frequency characteristics of amplifiers

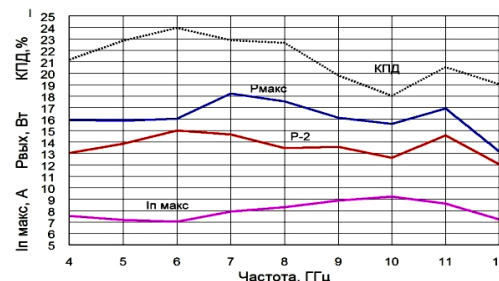


Рис. 7. Частотные характеристики выходной мощности, максимального тока потребления и КПД усилителей.

Fig. 7. Output power-frequency characteristics, current consumption and PAE of amplifier

IV. Список литературы

- [1] Применение технологии пассивных схем на арсениде галлия в изготовлении широкополосных усилителей мощности СВЧ / С. В. Гармаш и др. // 9-я Крымская микроволновая конференция. Севастополь: Вебер, 1999. С. 5—8.
- [2] Кищинский А. А., Надеждин Б. Б., Севистов Е. А. Комплекс программных средств для быстрого получения нелинейных моделей ПТШ на основе результатов измерений S-параметров и импульсных вольтамперных характеристик. // 8-я Международная Крымская микроволновая конференция. Севастополь: Вебер, 1998. С. 362—365.
- [3] American Technical Ceramics Corp. Thin-Film Products. Air-Bridge. URL: http://www.atceramics.com/products/tf_air_bridge.asp (дата обращения: 26.05.2011).

15 WATT C-X BAND BROADBAND POWER AMPLIFIER

Garmash S. V.

Microwave Systems JSC

11, Nizhnyaya Syromyatnicheskaya str.,

Moscow, 105120, Russia

e-mail: sg@mwsystems.ru

Abstract — The results of development and an experimental investigation of (4...12) GHz range of Q-MMIC transistor amplifier with output power 13 - 18 Watt are presented. The experimental characteristics, design features and assembly technology of the manufactured amplifiers are discussed.