

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

Гармаш С.В.

sg@mwsystems.ru; www.mwsystems.ru

Доклад опубликован в материалах 20 Крымской конференции "СВЧ техника и телекоммуникационные технологии", Севастополь, Вебер, 2011 г.

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. 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 технологической конструкции широкополосного усилителя в С-Х диапазоне, предназначенного для использования в качестве элемента передающих модулей. 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 рНЕМТ транзисторов, обеспечивающий усиление 7 - 8 дБ.

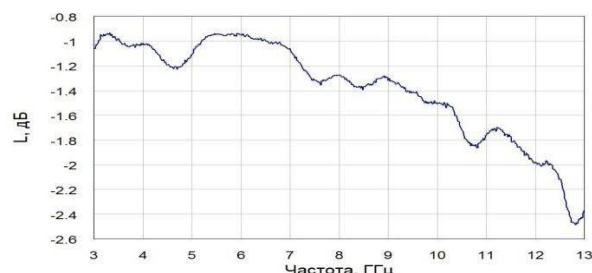


Рис.1. Потери пары делитель-сумматор.
Fig.1. Division-combining loss

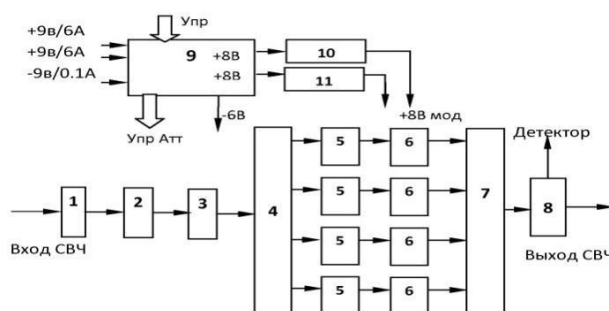


Рис.2. Структурная схема усилителя PM412-10.
Fig.2. Amplifier PM412-10 scheme

4, 7 - четырехканальные делитель и сумматор мощности.

5 - предвыходной усилительный каскад, реализованный на одном кристалле транзистора рНЕМТ 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 рНЕМТ 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 термомокомпенсации.

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 по-

звонят минимизировать индуктивность выводов затвора.

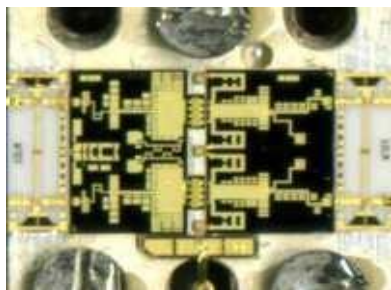


Рис.3. Фото выходного каскада.
Fig.3. Output stage

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 400г

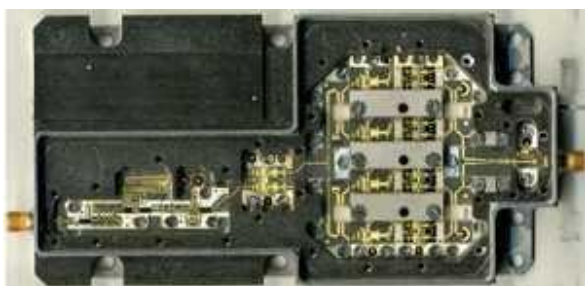


Рис.4. Фото усилителя PM412-10.
Fig.4. Amplifier PM412-10

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.

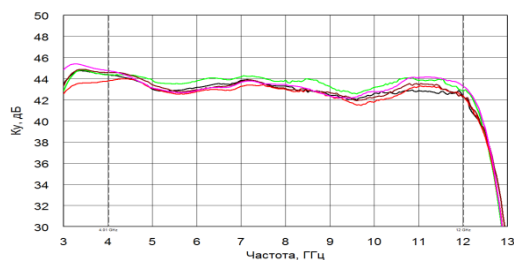


Рис.5. АЧХ усилителей.
Fig.5. Amplitude-frequency characteristics

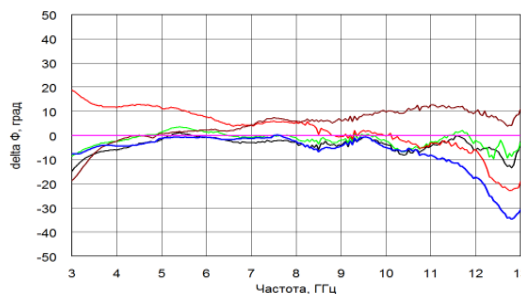


Рис.6. Относительные ФЧХ усилителей.
Fig.6. Phase-frequency characteristics of amplifiers

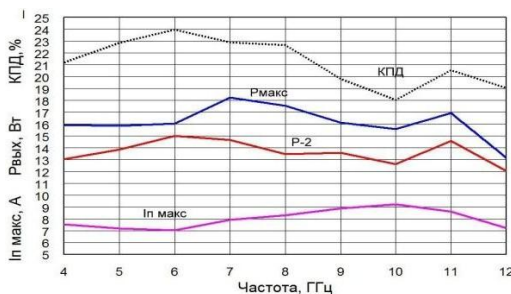


Рис.7. Частотные характеристики выходной мощности, максимального тока потребления и КПД усилителей.
Fig.7. Output power-frequency characteristics, current consumption and PAE of amplifier

IV. Список литературы

- [1] Гармаш С.В. и др. Применение технологии пассивных схем на арсениде галлия в изготовлении широкополосных усилителей мощности СВЧ. Материалы 9 Крымской микроволновой конференции, Севастополь, Вебер, 1999. стр.5-8.
- [2] Кищинский А.А., Надеждин Б.Б. Свистов Е.А. Комплекс программных средств для быстрого получения нелинейных моделей ПТШ на основе результатов измерений S-параметров и импульсных вольтамперных характеристик. // Материалы 8-й Международной Крымской конференции "СВЧ техника и телекоммуникационные технологии" 1998 г, стр.362-365.
- [3] American Technical Ceramics Corp. Thin-Film Products. Air-Bridge. http://www.atceramics.com/products/tf_air_bridge.asp

15 WATT C-X BAND BROADBAND POWER AMPLIFIER

S.Garmash.
Microwave Systems JSC
Nizhnyaya Syromyatnicheskaya str., 11
105120 Moscow Russia
e-mail: sg@mwsystems.ru

Abstract - The results of a 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.