

СВЕРХШИРОКОПОЛОСНЫЙ ТРАНЗИСТОРНЫЙ УСИЛИТЕЛЬ ДИАПАЗОНА 6—18 ГГц С ВЫХОДНОЙ МОЩНОСТЬЮ 6 Вт

Радченко А. В.

ЗАО «Микроволновые системы»

ул. Нижняя Сыромятническая, 11, г. Москва, 105120, Россия
тел.: +7-495-9172103, e-mail: ar@mwsystems.ru; www.mwsystems.ru

Аннотация — В докладе изложены результаты разработки и экспериментального исследования сверхширокополосного транзисторного усилителя диапазона 6-18 ГГц с выходной мощностью в непрерывном режиме более 6 Вт. Приведены экспериментальные характеристики изготовленных образцов усилителей с различными транзисторами, рассматриваются особенности их построения, конструкция и технология сборки.

I. Введение

В данном докладе рассматривается сверхширокополосный транзисторный усилитель диапазона частот 6-18 ГГц и выходной мощностью в линейном режиме более 6 Вт. Усилитель обладает уникальными характеристиками и не имеет аналогов в отечественном производстве. Главной проблемой при разработке усилителя стало создание мощного выходного каскада шириной менее 28 мм для возможности его размещения в корпусе усилителя шириной 35 мм.

Выходные усилительные ячейки, как и в [1], выполнены по квазимонолитной технологии [2]. В докладе приведены результаты измерений характеристик усилителей с коммерчески-доступными транзисторами фирмы Exceles, а также с транзисторами собственной разработки.

Особенностями разработанного усилителя являются: цифровое 5-разрядное управление, температурная компенсация усиления, детектор выходной мощности, скоростной модулятор питания (100 нс), встроенный датчик температуры и входной ограничитель мощности.

II. Основная часть

Для получения выходной мощности более 6 Вт в диапазоне 6-18 ГГц был спроектирован выходной усилительный каскад (рис. 1), построенный по схеме суммирования трех балансных усилителей с предварительными каскадами, обеспечивающих мощность не менее 2,2 Вт в линейном режиме.

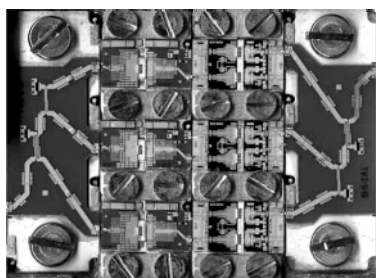


Рис. 1. Выходной усилительный каскад.

Fig. 1. The output amplifier chain

Для суммирования мощности использовался специально разработанный трехканальный цепочечный сумматор/делитель мощности на мостах Ланге, фазовый сдвиг у которого между плечами подобран таким образом, чтобы максимально компенсировать отраженные сигналы и в середине диапазона соответствующий 60 градусам.

В балансных схемах использовались квадратурные мосты Ланге выполненные на отдельных подложках из поликора толщиной 250 мкм, ширина зазора 12 мкм и толщиной металлизации 5 мкм. Для упрощения монтажа мосты изготовлены с интегральными перемычками [3] с расположенным под ними диэлектриком-полиимидом, обеспечивающим эффективную защиту от замыкания и механических воздействий (рис. 2).

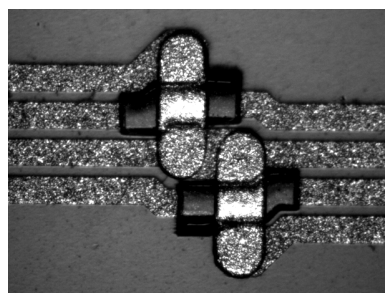


Рис. 2. Интегральные перемычки мостов Ланге с защитным диэлектриком.

Fig. 2. Integral interconnects of Lange couplers with a protective isolator

На рис. 3 показана структурная схема разработанного усилителя, включающая в себя:

- входной малошумящий усилительный каскад (МШУ);
- балансный электрически управляемый аттенуатор на p-i-n диодах для плавной компенсации температурного дрейфа коэффициента усиления в диапазоне температур от -60 до +75 °C и цифровой 5-разрядный аттенуатор (АТ);
- предварительный усилитель мощности, корректор АЧХ и ФЧХ усилительного тракта (ПУМ);
- предварительный усилительный каскад (ГИС-120), построенный по квазимонолитной технологии с использованием GaAs p-NEMT транзисторов с затвором 0,3 x 1200 мкм, обеспечивающий выходную мощность в линейном режиме не менее 1 Вт и усиление около 7-8 дБ;
- трехканальный цепочечный сумматор/делитель мощности на мостах Ланге (ДС-618) с минимальным зазором между проводниками 13 мкм;
- предвыходной усилительный каскад (УК-160) реализованный по гибридной технологии с использованием одного GaAs p-NEMT транзистора с затвором 0,3 x 1600 мкм, обеспечивающий выходную мощность не менее 1 Вт в линейном режиме и усиление около 7-8 дБ;
- выходной квазимонолитный балансный каскад (ГИС-240) выполненный на двух GaAs p-NEMT транзисторах с затвором 0,3 x 2400 мкм;
- направленный детектор выходной мощности (НО);
- стабилизаторы питания, быстродействующий модулятор питания; буферные ТТЛ-логические элементы управления цифровым аттенуатором, схему

управления attenuатором термокомпенсации, датчик температуры, устройство защиты (Устройство питания и управления).

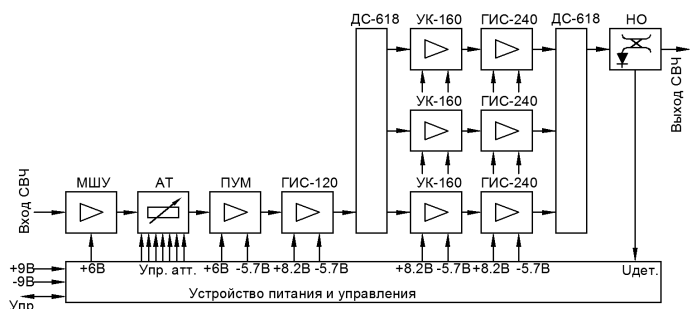


Рис. 3. Структурная схема усилителя.

Fig. 3. The amplifier block diagram

Фотография конструкции разработанного усилителя, а также усилителя мощности 2 Вт диапазона 8-18 ГГц (для сравнения габаритов), рассмотренного в [1], показана на рис. 4.

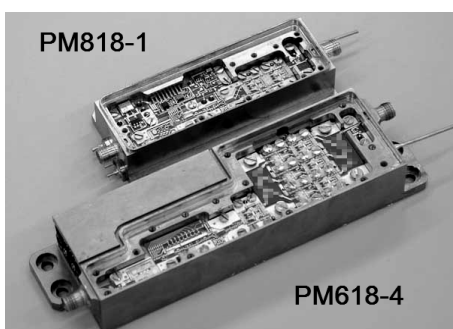


Рис. 4. Усилители PM618-4 и PM818-1.

Fig. 4. PM618-4 and PM818-1 amplifiers

В ходе исследовательских работ были проведены измерения выходной мощности усилителя PM618-4 с использованием GaAs p-HEMT транзисторов с затвором 0,3 x 2400 мкм собственной разработки, которые показали существенный прирост линейной мощности (около 1 Вт по всей полосе). На рис. 5 приведены результаты измерения мощности и максимального тока потребления для образца PM618-4 №1 на транзисторах собственной разработки и образца №2 на транзисторах фирмы Exelics.

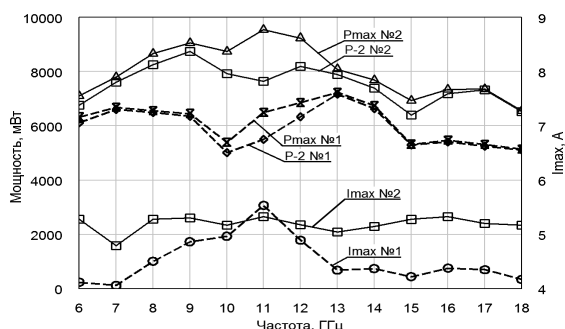


Рис. 5. Выходная мощность и максимальный ток потребления усилителей PM618-4.

Fig. 5. Output power-frequency characteristics and current consumption of PM618-4

На рис. 6 приведены типовые АЧХ трех усилителей PM618-4. Температурный дрейф АЧХ в диапазо-

не температур от -60 °С до +75 °С составляет не более 4 дБ.

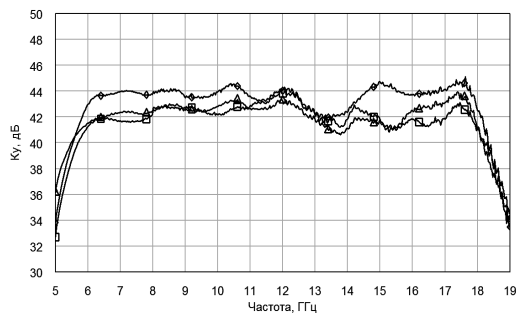


Рис. 6. АЧХ усилителей PM618-4.

Fig. 6. Amplitude-frequency characteristics

Усилитель имеет габариты 35x118x21 мм и массу не более 200 г.

Коэффициент усиления в полосе частот 6-18 ГГц составляет от 39 до 47 дБ при неравномерности не более 5 дБ. Ток потребления по цепи "+9В" менее 6 А, фазовая неидентичность составляет не более ±25 градусов, а КПД от 14 до 20 процентов.

III. Заключение

Разработан сверхширокополосный транзисторный усилитель PM618-4 диапазона 6-18 ГГц с выходной мощностью более 6 Вт на транзисторах собственной разработки, который может использоваться в качестве канального усилителя мощности активной ФАР. Показана эффективность применения трехканальных схем суммирования для построения мощных выходных усилительных каскадов.

IV. Список литературы

- [1] Кищинский А. А., Радченко А. В. Квазимонолитный транзисторный усилитель диапазона 8...18 ГГц с выходной мощностью 2 Вт // 19-я Международная Крымская конференция "СВЧ техника и телекоммуникационные технологии": материалы конф. Севастополь, 2009. С. 53—54.
- [2] Применение технологии пассивных схем на арсениде галлия в изготовлении широкополосных усилителей мощности СВЧ / С. В. Гармаш и др. // КрыМиКо'1999: материалы конф. Севастополь: Вебер, 1999. С. 5—8.
- [3] Applied Thin-Film Products. Polyimide Supported Bridges and Solder Dams. URL: <http://www.thinfilm.com/bridges.htm> (дата обращения: 25.05.2011).

6 WATT 6—18 GHz BROADBAND POWER AMPLIFIER

Radchenko A. V.
Microwave Systems JSC
11, Nizhnaya Syromyatnicheskaya Str., Moscow,
105120, Russia
Ph.: +7-495-9172103, e-mail: ar@mwsystems.ru

Abstract — The results of the development and the experimental investigation of (6...18) GHz range of a broadband transistor amplifier with output power in continuous mode 6 Watt at 2 dB gain compression are presented. The experimental characteristics with different transistors, design features and assembly technology of the manufactured amplifiers are discussed.