

ШИРОКОПОЛОСНЫЙ ТРАНЗИСТОРНЫЙ УСИЛИТЕЛЬ С-ДИАПАЗОНА С ВЫХОДНОЙ МОЩНОСТЬЮ 10 Вт

Гармаш С.В., Кищинский А.А., Маркинов Е.Г.

ЗАО «Микроволновые системы»

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

Тел.: +7(495) 917-21-03; e-mail: ak@mwsystems.ru; www.mwsystems.ru

Аннотация - В докладе изложены результаты разработки и экспериментального исследования усилителя мощности диапазона частот 4-8 ГГц с выходной мощностью в линейном режиме более 8 Вт. Приведены экспериментальные характеристики усилителя, особенности построения, конструкции и технологии сборки.

I. Введение

Современные усилители диапазона 4-8 ГГц с уровнями мощности 8-10 Вт и выше являются редкими и дорогими приборами, разрабатываются и выпускаются немногими фирмами (СТТ, Microwave Power Inc., Cernex, Amplifier Research). Такие усилители строятся, как правило, на GaAs p-HEMT транзисторах с выходной мощностью 1-2 Вт. При этом для достижения требуемой мощности суммируется мощность 8-16 транзисторных усилительных элементов. Целью данной работы являлась разработка простой и технологичной конструкции широкополосного усилителя в С-диапазоне с числом каналов суммирования не более четырех, что обеспечивает снижение стоимости прибора и увеличение КПД.

II. Основная часть

Структурная схема разработанного усилителя приведена на рисунке 1. Усилитель состоит из узла защиты УЗ, двух каскадов предварительного усиления ГИС-1 и ГИС-2, двух выходных каскадов ГИС-3, включенных по балансной схеме с помощью мостов Ланге, и направленного детектора выходной мощности НД. Конструктивно усилитель представляет собой металлический корпус, в котором установлены вышеупомянутые элементы в виде отдельных заменяемых ячеек, выполненных по гибридно-интегральной технологии.

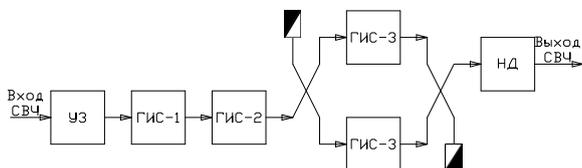


Рисунок 1. Структурная схема усилителя
Figure 1. Amplifier block scheme

Узел защиты защищает прибор от воздействия наводок сетевого напряжения и помех высокого уровня мощности (до 2 Вт в непрерывном режиме) на входе. Он состоит из ФВЧ, выполненного на отдельной плате, с высоковольтными

конденсаторами, и ограничителя мощности на р-и-диодах [1].

Предварительный каскад ГИС-1 обеспечивает низкий коэффициент шума усилителя. Он построен по балансной схеме, транзисторы включены по схеме с автосмещением и работают в линейном режиме (в расчетах использовалась линейная модель от производителя). Согласующие цепи (СЦ) транзисторов и мосты Ланге выполнены на платах из поликора (Al_2O_3) толщиной 0,5 мм. Транзисторы установлены на выступе рамы.

Предварительный балансный каскад ГИС-2 обеспечивает «раскачку» выходных каскадов. Транзисторы (GaAs p-HEMT с затвором 0.3 x 2400 мкм) работают в нелинейном режиме. Для уменьшения паразитной индуктивности в цепи затвора транзисторов использованы балочные переключки, выполненные по технологии, описанной в [2]. СЦ транзисторов и мосты Ланге выполнены на платах из поликора толщиной 0,25 мм. Транзисторы установлены на выступе рамы.

Выходной каскад ГИС-3 также реализован по балансной схеме. Мосты Ланге выполнены на поликоровых платах толщиной 0,5 мм, с пленочными радиальными нагрузками повышенной мощности. СЦ транзисторов реализованы на платах из поликора толщиной 0,25 мм. Транзисторы (GaAs p-HEMT с затвором 0.3 x 4000 мкм) установлены на выступе рамы. Фотография узла приведена на рисунке 2.

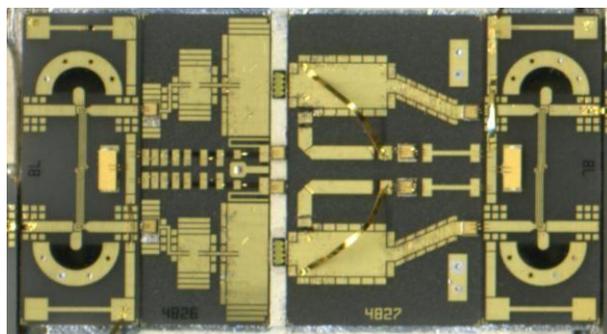


Рисунок 2. Выходной балансный каскад
Figure 2. Output balanced amplifier chain

Параметры всех трех усилительных каскадов приведены в таблице 1. На рисунке 3 изображены расчетная и экспериментальная частотные характеристики выходной мощности ГИС-3 при фиксированной входной мощности 1 Вт.

Выходные мосты Ланге реализованы на поликоре толщиной 0,5 мм, с пленочными радиальными нагрузками, и имеют потери на деление/суммирование не более 0,5 дБ.

Направленный детектор выходной мощности выполнен на поликоровой плате толщиной 0,5 мм. Имеет потери пропускания не более 0,3 дБ и уровень напряжения на нагрузке 1 кОм 0,9±1 В.

Таблица 1

Параметры	Типы усилительных каскадов		
	ГИС-1	ГИС-2	ГИС-3
Выходная мощность насыщения, Вт	0,3-0,38	2,5-3,5	5,1-7,5
Выходная мощность при компрессии 1 дБ, Вт	0,25-0,3	2-2,8	5-7
Коэффициент усиления, дБ	10,5-11,5	10-12	8,2-9,4
Неравномерность АЧХ, дБ	0,7	1,5-2	1-1,2
Коэффициент шума, дБ	<2,7		
КПД, %		25-30	34-40
Ток потребления, мА	120	800-1000	1000-1900

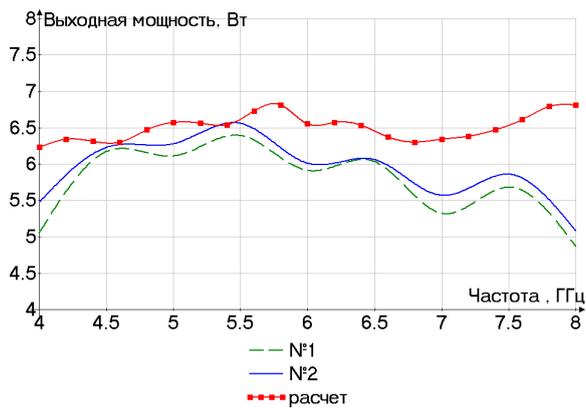


Рисунок 3. Частотные характеристики выходной мощности ГИС-3

Figure 3. Output chain power-frequency characteristics

При проектировании каскадов ГИС-2 и ГИС-3 использовались нелинейные модели типа MATERKA используемых в них транзисторов. Построение моделей осуществлялось на основании точных измерений S-параметров, статических и импульсных вольтамперных характеристик (ВАХ) транзисторов по методике, описанной в [3]. Измеренные стоковые импульсные ВАХ (длительность импульса 100 нс) транзистора предвыходного каскада (ГИС-2) приведены на рисунке 4.

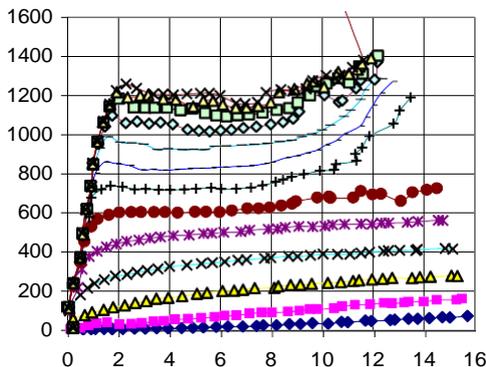


Рисунок 4. Импульсные ВАХ транзистора

Figure 4. 2400 um transistor pulse IV characteristics

Разработанный усилитель в полосе частот 4-8 ГГц имеет следующие параметры: коэффициент усиления 30-31 дБ, неравномерность АЧХ не более 1 дБ (на рисунке 5 приведены АЧХ в режиме малого и

большого сигналов), выходная мощность при компрессии 1 дБ 8-12 Вт, КПД по добавляемой мощности при компрессии 1 дБ 22-28%, коэффициент шума не более 5 дБ, КСВН входа и выхода не более 1.5, ток потребления по цепи «+9В» не более 5 А. Прибор имеет габариты 74мм*190мм*20мм и массу не более 400 г.

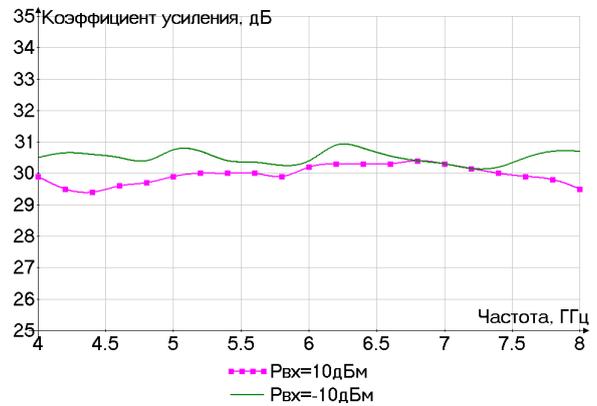


Рисунок 5. АЧХ усилителя

Figure 5. Amplifier's SS and LS gain characteristics

III. Заключение

Разработан усилитель мощности диапазона 4-8 ГГц с выходной мощностью 10 ± 2 Вт с использованием схемы суммирования мощностей четырех дискретных транзисторов. Данный прибор может служить базовым элементом для построения усилительных модулей с мощностью 25-30 Вт и более.

IV. Список литературы

1. Аболдуев И.М. и др. Широкополосный ограничитель мощности. Материалы 15-й Международной Крымской конференции «СВЧ техника и телекоммуникационные технологии» 2005 г, стр. 187-188.
2. Иовдальский В.А. и др. Совершенствование технологии соединений ГИС СВЧ. Материалы IV Международной конференции. СевКавГТУ, Ставрополь, 2002 г.
3. Кищинский А.А. и др. 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.