

Усилитель СВЧ мощности диапазона 5 – 18 ГГц с выходной мощностью более 10 Вт

Радченко А.В.

АО «Микроволновые системы»

Российская Федерация, г. Москва, 105120, ул. Нижняя Сыромятническая, 11
ar@mwsystems.ru

Аннотация: В докладе описана конструкция и приведены характеристики сверхширокополосного твердотельного усилителя СВЧ мощности на основе современных монолитных интегральных схем, обеспечивающего в рабочем диапазоне частот от 5 до 18 ГГц выходную мощность более 12 – 16 Вт и КПД от 14 до 20%.

Ключевые слова: сверхвысокие частоты, металлокерамический корпус, усилитель мощности, нитрид галлия, монолитная интегральная схема.

1. Введение

Необходимость уменьшения массогабаритных характеристик, снижения потребляемой мощности широкополосных радиопередающих устройств толкают разработчиков модулей СВЧ к применению в выходных каскадах усилителей мощности современных интегральных компонентов на основе технологии нитрида галлия [1]. Такое решение существенно упрощает конструкцию усилителя по сравнению с решениями на основе дискретных GaAs транзисторов [2] при одновременном улучшении основных параметров усилителя.

2. Конструкция усилителя

На рисунке 1, показана структурная схема разработанного усилителя мощности.

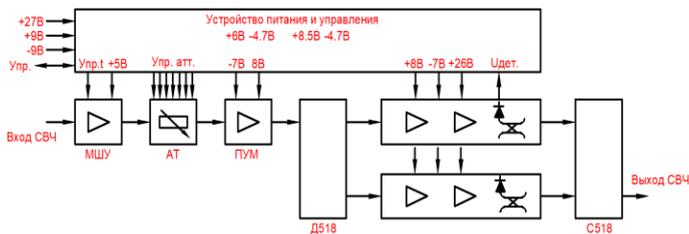


Рис 1. Структурная схема усилителя

Она включает в себя:

- входной малошумящий усилительный каскад (МШУ);
- цифровой пятиразрядный аттенюатор (АТ);
- цепь управления уровнем усиления входного МШУ для плавной компенсации температурного дрейфа коэффициента усиления в диапазоне температур от минус 60 до +75 °С;
- предварительный усилитель мощности, корректор АЧХ и ФЧХ усилительного тракта (ПУМ);
- делитель и сумматор (Д518 и С518);
- два интегральных усилительных модуля, выполненные в металлокерамическом корпусе, которые содержат входной балансный монолитный GaAs усилительный каскад собственной разработки, коммерчески доступный GaN монолитный УРУ с выходной мощностью 7-10 Вт и направленный детектор выходной мощности;
- стабилизаторы питания, быстродействующий модулятор питания; буферные ТТЛ-логические элементы управления цифровым аттенюатором, схему управления аттенюатором термокомпенсации, датчик температуры, устройство защиты (Устройство питания и управления).

На рисунке 2 показана фотография внутренней конструкции разработанного усилителя. Корпус усилителя герметичный, элементы устройства питания и управления размещены с нижней стороны корпуса. Габаритные размеры усилителя составляют 64,2 x 117 x 20 мм³, масса 300 г.

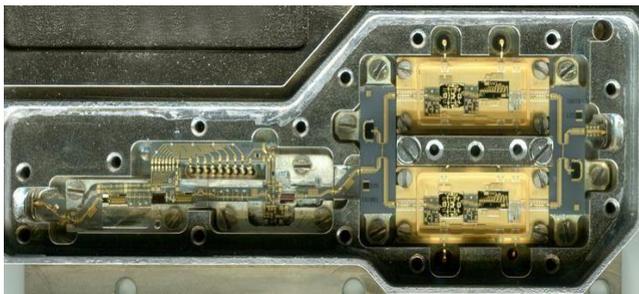


Рис 2. Конструкция усилителя

На рисунке 3 показана фотография интегрального усилительного модуля, который выполнен в герметичном металлокерамическом микрокорпусе, разработанным совместно с компанией Kyocera [3]. Габаритные размеры корпуса составляют 10,8 x 26 x 2,6 мм³, а масса менее 5 г.

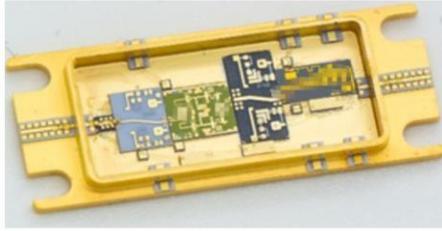


Рис. 3. Конструкция интегрального усилительного модуля

Модуль обеспечивает в полосе рабочих частот 5 – 18 ГГц выходную мощность более 7 Вт при КПД 18-20%, малосигнальное усиление 18 – 20 дБ и КСВН входа и выхода не более 2,5. Он может применяться отдельно как самостоятельное изделие, например, в многоканальных усилительных трактах.

Для суммирования мощностей двух интегральных модулей разработан квадратурный сумматор с тремя областями связи (общий вид показан на рисунке 2). Сильную связь обеспечивает центральная секция в виде моста Ланге с зазором между проводниками 13 мкм, а слабую связь обеспечивают широкие подводящие линии. Такая конструкция позволяет эффективно использовать его длину и увеличить широкополосность за счет использования областей с разным коэффициентом связи.

Расчетные параметры сумматора приведены на графиках рисунка 4.

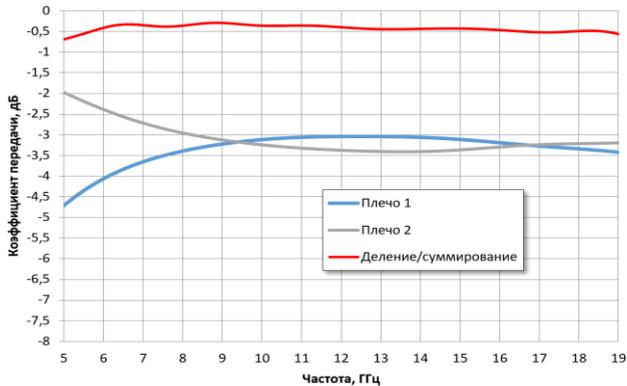


Рис 4. Расчетные параметры квадратурного сумматора, примененные в разработанном усилителе

3. Основные характеристики усилителя

На рисунках 5 – 7 приведены типовые характеристики трех образцов разработанного усилителя мощности. В диапазоне температур от минус 60°C до +75 °C усилитель обеспечивает выходную мощность более 10 Вт, при входной мощности 2 мВт (компрессия усиления около 7 дБ), коэффициент передачи в малосигнальном режиме от 44 до 47 дБ. КПД усилителя составляет от 14 до 18 % во всем температурном диапазоне. Неравномерность АЧХ (рисунок 5) составляет около 3 дБ, КСВН входа и выхода усилителя не более 2,5.

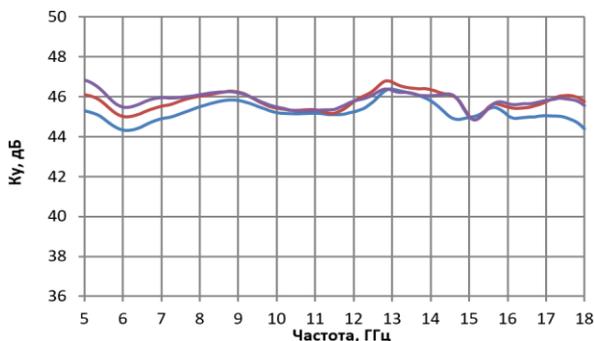


Рис 5. Малосигнальный коэффициент усиления

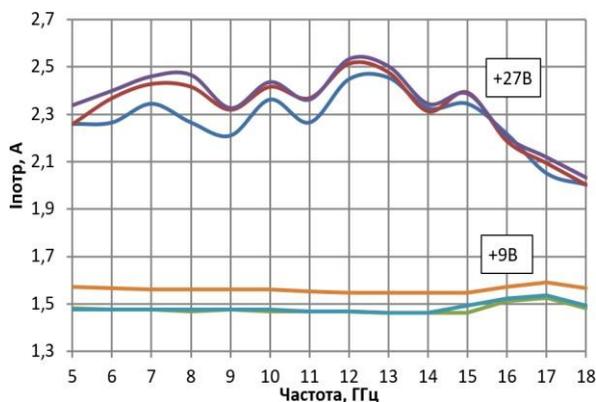


Рис 6. Токи потребления по цепям питания в режиме насыщения

С уменьшением нагрева корпуса выходная мощность растет, составляя 12-16 Вт в нормальных условиях при эффективном охлаждении корпуса усилителя (рисунок 7).

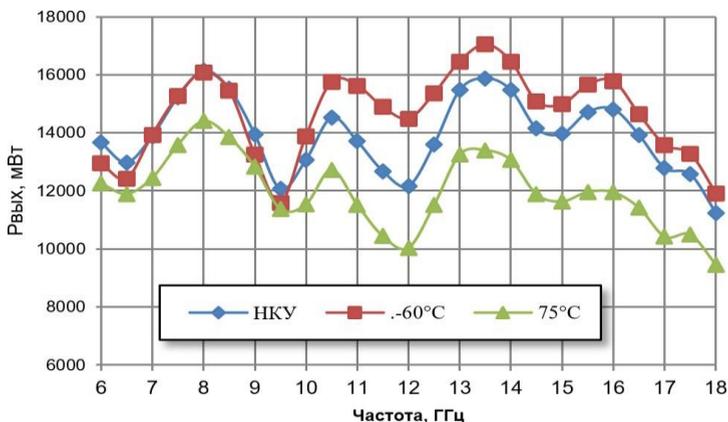


Рис 7. Типовая номинальная выходная мощность (при $P_{вх} = 2$ мВт)

4. Заключение

В работе приведены результаты разработки усилителя с выходной мощностью не менее 10 Вт, работающего в диапазоне частот от 5 до 18 ГГц, который может применяться в качестве оконечного усилителя мощности в передатчиках непрерывного режима. По удельным параметрам (масса на единицу выходной мощности, аппаратурный КПД [1], стоимость Ватта выходной мощности) он имеет на 30-45% лучшие показатели, чем разработанный ранее GaAs усилитель сравнимой полосы частот [2].

Список литературы

- [1] Кищинский А.А. Сверхширокополосные твердотельные усилители мощности СВЧ диапазона: схемотехника, конструкции, технологии. Электроника и микроэлектроника СВЧ. Сборник статей VII Всероссийской конференции. СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2018, С. 4-13.
- [2] Радченко А.В. Сверхширокополосный транзисторный усилитель диапазона 6 – 18 ГГц с выходной мощностью 6 Вт. Материалы 21-й Международной Крымской конференции «СВЧ техника и телекоммуникационные технологии», 2011 г, том 1, стр.131-132.
- [3] Маркинов Е.Г., Радченко А.В. Сверхширокополосные интегральные усилители мощности в корпусах поверхностного монтажа. Материалы 26-й Международной Крымской конференции «СВЧ техника и телекоммуникационные технологии», 2016 г, том 2, стр.185-189.