Усилитель СВЧ мощности диапазона 1—6 ГГц с выходной мощностью 30 Вт на основе GaN транзисторных балансных схем

Радченко А. В., Гармаш С. В.

AO «Микроволновые системы» г. Москва, 105122, Щелковское шоссе, 5 стр. 1, Российская Федерация, ar@mwsystems.ru

Аннотация: В докладе приведена конструкция и представлены характеристики усилителя СВЧ мощности диапазона 1-6 $\Gamma\Gamma$ μ на основе нитрид-галлиевых балансных схем с выходной мощностью более 30 Вт и КПД от 23 до 35% с однополярным питанием 27 В.

1. Введение

Бурное развитие сотовых сетей пятого поколения 5G, сетей Wi-Fi 6, дронов с управлением на частотах GPS L1, GPS L2-L5, 5,2G, 5,8G, аппаратуры антитеррора и др. толкают разработчиков к поиску универсального сверхширокополосного усилителя мощности, который будет перекрывать частотный диапазон от нескольких сотен МГц до 6 ГГц. Другими требованиями могут являться: малое количество источников питания, всепогодное исполнение, встроенные аттенюаторы и детектор уровня выходного сигнала, встроенный температурный датчик, высокий КПД. Разработанный усилитель позволяет выполнить предъявленные требования и, при этом, сохранить сравнительно невысокую стоимость, благодаря использованию дискретных GaN транзисторов.

2. Конструкция разработанного усилителя

На рисунке 1, показана структурная схема разработанного авторами сверхширокополосного усилителя мощности MS010620 с перекрытием по частоте 6:1.

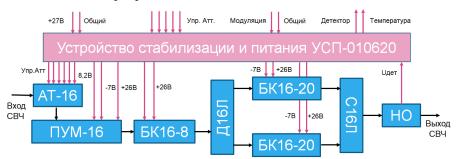


Рис. 1. Структурная схема усилителя

Усилитель состоит из:

- входного малошумящего усилительного каскада с цифровым 5-разрядным аттенюатором и устройством компенсации температурного дрейфа коэффициента усиления в диапазоне температур от минус 60 до +75 °C (AT-16);
- предварительного усилителя мощности и корректора амплитудной и фазовой характеристик усилительного тракта с выходной мощностью 3 Вт (ПУМ-16);
- балансного усилительного каскада с квадратурными мостами на дискретных GaN транзисторах с шириной затвора 800 мкм и выходной мощностью более 10 Вт (БК16-8);
- выходного усилительного каскада, состоящего из двух балансных каскадов на дискретных GaN транзисторах с шириной затвора 1200 мкм, просуммированных при помощи квадратурных мостов Ланге на подвешенной подложке с дополнительными областями связи;
- направленного детектора выходной мощности (НО);
- преобразователей DC-DC, стабилизаторов питания, быстродействующего модулятора питания; буферных ТТЛ-логических элементов управления цифровым аттенюатором, датчика температуры, устройства защиты (Устройство стабилизации и питания УСП-010620).

На рисунке 2 показана фотография СВЧ-отсека разработанного усилителя. Корпус усилителя герметичный, устройство питания и управления находится с нижней стороны корпуса, при этом ввод питания осуществляется через фильтры. Габаритные размеры усилителя составляют $154 \times 75,8 \times 22 \text{ мм}^3$, масса 500 г.

Конструкции предварительного балансного каскада (драйвера) и двух выходных каскадов идентичны — транзисторы устанавливаются на раму из медно-молибденового псевдосплава, согласующе-трансформирующие цепи выполнены на поликоре толщиной 0,25мм по технологии тонких пленок. Параметры каскадов БК16-8 и БК16-20, и прибора в целом показаны на рисунке 3.

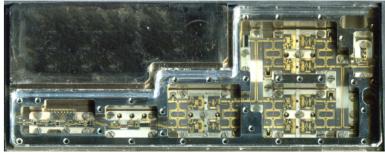


Рис 2. Конструкция СВЧ-тракта усилителя

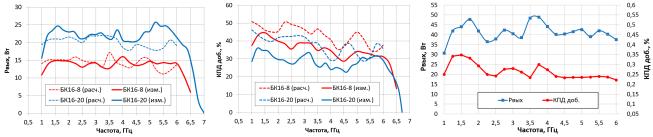


Рис. 3. Параметры балансных каскадов: выходная мощность (первый график), КПД по добавленной мощности (второй график), а также выходная мощность и КПД прибора в целом (третий график)

Для минимизации габаритов усилителя в балансных каскадах разработаны и применены компактные тандемные мосты (сумматоры) с дополнительными областями связи [1]. Мосты выполнены по технологии тонких пленок на подложке из поликора и имеют размер 14 х 8 х 0,5 мм³. Суммирование двух выходных усилительных каскадов выполнено при помощи мостов Ланге с подвешенной центральной частью [2]. Изображение и параметры квадратурных мостов приведены на рисунке 4.

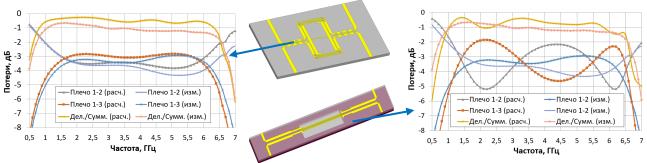


Рис. 4. Изображение и параметры разработанных квадратурных мостов диапазона 1 – 6 ГГц

КСВН выхода, разработанного усилителя составил менее 1,4, неравномерность малосигнальной АЧХ менее 2 дБ, при этом мощность потребления находится в диапазоне от 120 до 180 Вт.

3. Заключение

В работе приведены результаты разработки сверширокополосного усилителя мощности с рабочей полосой от 1 до 6 ГГц, обладающего высокой выходной мощностью (более 30 Вт) и высоким (для данного диапазона) КПД. Применение GaN-дискретных транзисторов и согласующих цепей на поликоре позволяет существенно сократить стоимость усилителей в сравнении с решениями на основе GaN монолитных интегральных схем.

Список литературы

- 1. Патент РФ номер 2743248, МПК Н01Р5/18. Микрополосковый тандемный направленный ответвитель/ Радченко А.В., Радченко В.В. Заявитель и патентообладатель АО "Микроволновые системы". Заявка номер 2020120478 от 19.06.2020, опубликована 16.02.2021 бюлл.номер 5.
- 2. Кищинский А.А., Радченко В.В., Радченко А.В. Широкополосные квадратурные делители/сумматоры мощности для применения в усилителях СВЧ мощности. Материалы 19-й Международной Крымской конференции "СВЧ техника и телекоммуникационные технологии", 2013, том 1, стр. 6–10.