

Транзисторный усилитель мощности СВЧ

А.Н. Зикий, А.Д. Давтян, А.Д. Падалко, В.Н. Ронис, И.И. Шутов

*Институт компьютерных технологий и информационной безопасности Южного
федерального университета, Таганрог*

Аннотация: Проведено экспериментальное исследование усилителя для акустооптического измерителя параметров радиосигналов. Получены амплитудная и амплитудно-частотная характеристики усилителя. Снята зависимость уровня второй гармоники полезного сигнала от входной мощности. Показано, что в диапазоне рабочих частот коэффициент усиления составляет не менее 25 дБ, а верхняя граница линейности амплитудной характеристики по выходу не менее 1 мВт.

Ключевые слова: Транзисторный усилитель, сверхвысокие частоты, амплитудная характеристика, амплитудно-частотная характеристика, верхняя граница линейности амплитудной характеристики, вторая гармоника.

Введение

Транзисторные усилители мощности СВЧ нашли широкое применение в связи, радиолокации, радионавигации, в наземном и спутниковом телевидении, поэтому их развитие и совершенствование является актуальным. По усилителям мощности опубликовано значительное число работ отечественных и зарубежных авторов [1]-[10], однако появление новой элементной базы, расширение задач и повышение требований к ним стимулируют новые разработки.

Объектом исследования является малошумящий транзисторный усилитель дециметрового диапазона, предназначенный для акустооптического измерителя параметров радиосигналов [11]. Целью работы является экспериментальное исследование двух основных характеристик – амплитудно-частотной и амплитудной.

К усилителю предъявляются следующие требования:

- диапазон рабочих частот 0,1-1 ГГц;
- коэффициент усиления не менее 24 дБ;
- неравномерность коэффициента усиления не более 3 дБ;
- коэффициент шума не более 2,5 дБ;
- питание +12 В;
- верхняя граница линейности амплитудной характеристики по выходу не менее 1 мВт;

Перечисленные выше требования можно реализовать как на транзисторах, так и на микросхемах. В данной работе рассмотрен малошумящий усилитель на транзисторах.

Схема и конструкция

Усилитель состоит из трех последовательно соединенных каскадов с общим эмиттером. Межкаскадные связи выполнены микрополосковыми по гибридной технологии.

Конструктивно усилитель выполнен в виде корпуса чашечного типа, в котором размещены все детали, кроме соединителей. В качестве входного и выходного соединителей использованы коаксиально-полосковые переходы типа СРГ50-751ФВ (тип IX по ГОСТ 13317-89). Для ввода питания используется этот же соединитель. Габаритные размеры усилителя 57x30x12,5 мм, масса 40 г. Герметизация корпуса проводится пайкой крышки по контуру.

Эксперимент

Первый эксперимент по снятию амплитудно-частотной характеристики проводился на установке, структурная схема которой приведена на рисунке 1. Для устранения возможной перегрузки усилителя перед ним устанавливается аттенюатор с затуханием 20 дБ. «Обзор-103» калибровался совместно с аттенюатором, поэтому поправки в результаты измерений вводить не нужно. Результат измерения показан на рисунке 2, откуда видно, что коэффициент усиления не менее 25 дБ в полосе 0,1-1 ГГц.

Второй эксперимент проводился на установке, структурная схема которой приведена на рисунке 3. Результаты измерений амплитудной характеристики приведены в таблице 1. По данным таблицы 1 построен график на рисунке 4. Из этого графика видно, что верхняя граница линейности амплитудной характеристики по выходу (ВГЛАХ) составляет не менее 0 дБм (1 мВт).

Третий эксперимент проводился на той же измерительной установке, что и второй. Его целью было измерение уровня второй гармоники на частоте 2 ГГц при подаче на вход усилителя сигнала с частотой 1 ГГц. Измерения проводились с шагом 5 дБ при входной мощности от минус 25 дБм до 0 дБм. Результаты измерения отражены в таблице 1 и на рисунке 4. Из рисунка 4 видно, что амплитудная характеристика в режиме умножения частоты немонотонна, что связано с прямым детектированием сигнала и изменением режима работы транзисторов по постоянному току.

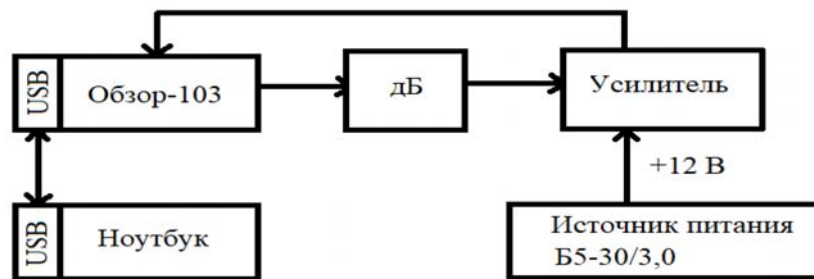


Рисунок 1 – Структурная схема измерительной установки для снятия амплитудно-частотной характеристики

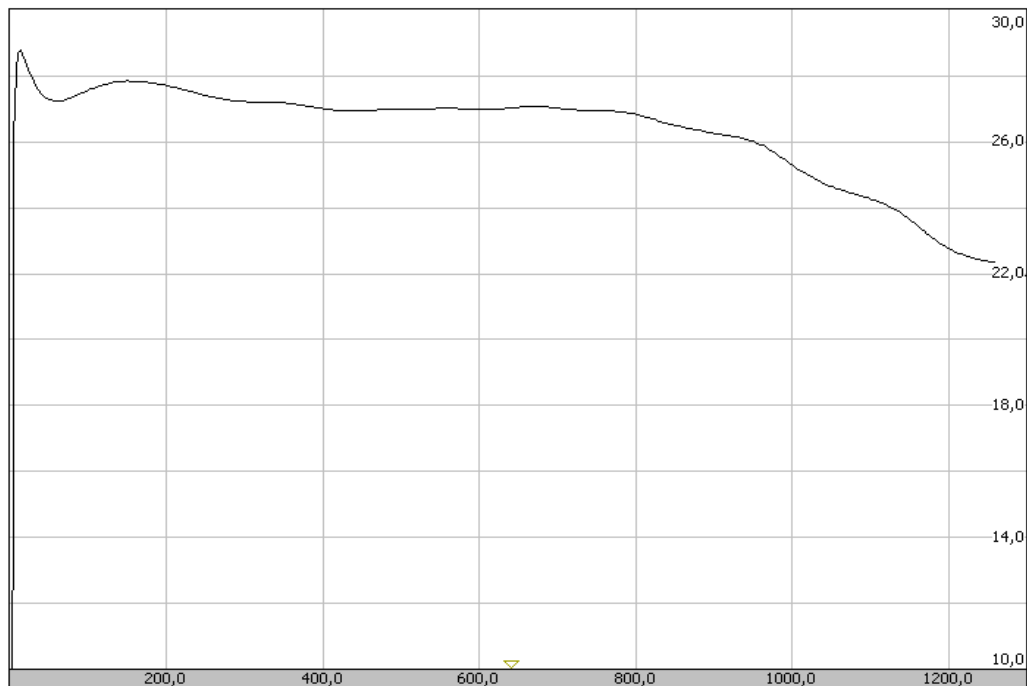


Рисунок 2 – АЧХ усилителя в полосе до 1300 МГц

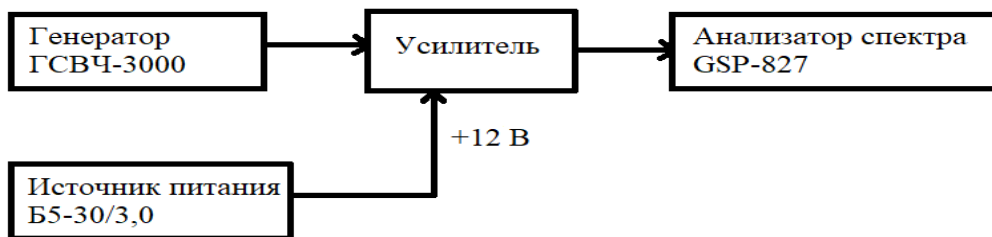


Рисунок 3 – Структурная схема измерительной установки для снятия амплитудной характеристики

Таблица 1 – Амплитудные характеристики

$P_{вх}$, дБм	$P_{вых}$, дБм (1-я гармоника)	$P_{вых}$, дБм (2-я гармоника)
-60	-36	-

-55	-31,2	-
-50	-25,8	-
-45	-20,8	-
-40	-15,8	-
-35	-10,8	-
-30	-5,8	-
-25	-1,6	-32
-20	0,4	-28
-15	1,5	-23,7
-10	1,5	-27
-5	0,7	-12,7
0	1,3	-7

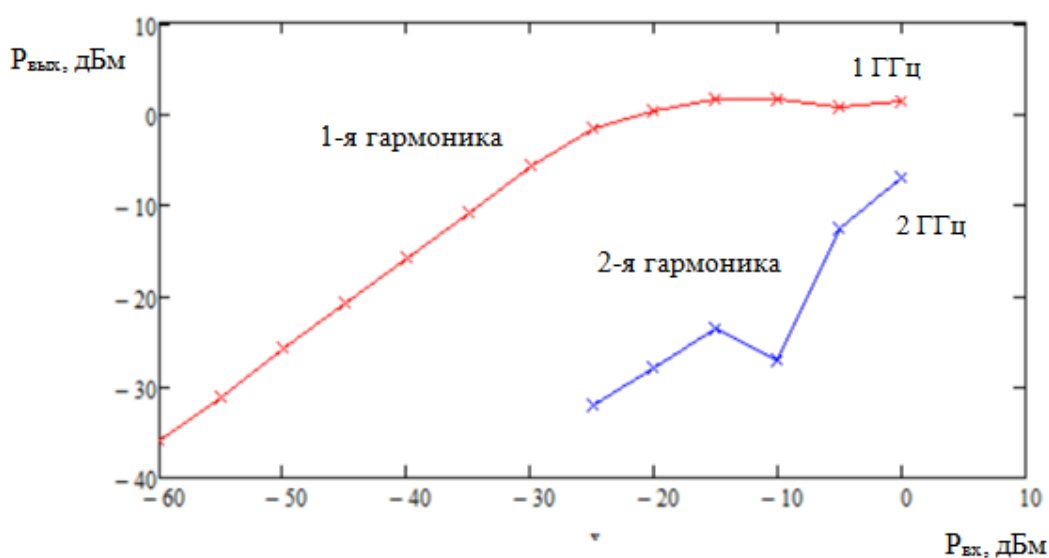


Рисунок 4 – Амплитудные характеристики

Выводы

По результатам проведенного исследования можно сформулировать выводы, приведенные в таблице 2

Таблица 2 – Сравнение заданных и достигнутых параметров

Наименование параметра, размерность	Задано	Измерено
Диапазон рабочих частот, ГГц	0,1-1,0	0,1-1,0
Коэффициент усиления, дБ, не менее	24	25
Неравномерность коэффициента усиления не более, дБ	3	менее 3
Коэффициент шума, не более, дБ	2,5	-



Верхняя граница линейности амплитудной характеристики по выходу, не менее, мВт	1	1
Напряжение питания, В	12	12
Подавление второй гармоники по отношению к первой при $R_{вх}=-10\text{дБм}$; $f_{вх}=1\text{ГГц}$, не менее, дБ	-	28,5

Из этой таблицы видно, что все требования к усилителю выполняются

Литература

1. Шварц Н.З. Линейные транзисторные усилители СВЧ. – М.: Сов. радио, 1980. – 368 с.
2. Шварц Н.З. Усилители СВЧ на полевых транзисторах. – М.: Радио и связь, 1987. – 200 с.
3. Петров Г.В., Толстой А.И. Линейные балансные СВЧ усилители. – М.: Радио и связь, 1983. – 176 с.
4. Техника СВЧ. Каталог. Нижний Новгород, НПП «Салют», 1997. – 152 с.
5. Белоус А.И., Мерданов М.К., Шведов С.В. СВЧ – Электроника в системах радиолокации и связи. Техническая энциклопедия в 2-х книгах. Книга 2. – М.: Техносфера, 2016. – 728 с.
6. Зикий А.Н., Давтян А.Д., Падалко А.Д., Ронис В.Н., Шутов И.И. Усилитель средней мощности. Сборник статей по материалам международной научно-практической конференции «Фундаментальные и прикладные научные исследования: Инноватика в современном мире», (29 мая 2019, г. Уфа). В 3 ч. Ч.1/ – Уфа: Изд. НИЦ Вестник науки, 2019. С.33-40.
7. Зикий А.Н., Сперанская Г.В. Экспериментальное исследование УПЧ. Инженерный вестник Дона, 2019, №1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2019/5468
8. Зикий А.Н., Пустовалов А.И., Сальный И.А. Ограничительные свойства серийных малошумящих усилителей. Инженерный вестник Дона, 2016, №4 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2016/3774.
9. Chang, K. et al. RF and Microwave Circuit Design for Wireless Applications, Wiley, 2001. – 552 с.
10. Cripps, S.C. RF Power Amplifiers for Wireless Communications, Norwood, MA: Artech House, 1999. – 474 с.

11. Шибяев С.С., Помазанов А.В., Роздобудько В.В. Акустооптические измерители параметров радиосигналов. Монография. Ростов-на-Дону. Издательство ЮФУ, 2014. – 233 с.

References

1. Shvarc N.Z. Linejnye tranzistornye usiliteli SVCH. [Microwave Linear Transistor Amplifiers]. Moscow, 1980, 368 p.
2. Shvarc N.Z. Usiliteli SVCH na polevyh tranzistorah. [Microwave Field Effect Transistor Amplifiers]. Moscow, 1987, 200 p.
3. Petrov G.V., Tolstoj A.I. Linejnye balansnye SVCH usiliteli [Linear balanced microwave amplifiers]. Moscow, 1983, 176 p.
4. Tehnika SVCH. Katalog. Nizhnij Novgorod, NPP «Saljut», 1997. 152 p.
5. Belous A.I., Merdanov M.K., Shvedov S.V. SVCH Jelektronika v sistemah radiolokacii i svjazi. [Electronics in radar and communication systems]. Moscow, 2016. 728 p.
6. Zikiy A.N., Davtjan A.D., Padalko A.D., Ronis V.N., Shutov I.I. Sbornik statej po materialam mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii «Fundamental'nye i prikladnye nauchnye issledovaniya: Innovatika v sovremennom mire», Ufa, 2019, pp. 33-40.
7. Zikiy A.N., Speranskaja G.V. Inzhenernyj vestnik Dona, 2019, №1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2019/5468
8. Zikiy A.N., Pustovalov A.I., Salnij I.A. Inzhenernyj vestnik Dona, 2016, №4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2016/3774.
9. Chang, K. et al. RF and Microwave Circuit Design for Wireless Applications, Wiley, 2001. 552 p.
10. Cripps, S.C. RF Power Amplifiers for Wireless Communications, Norwood, MA: Artech House, 1999. 474 p.
11. Shibaev S.S., Pomazanov A.V., Rozdobudko V.V. Akustoopticheskie izmeriteli parametrov radiosignalov [Acousto-optic radio signal meters]. Rostov-on-Don, 2014, 233 p.