

УДК 621.375

## ДВОЙНОЙ БАЛАНСНЫЙ МАЛОШУМЯЩИЙ УСИЛИТЕЛЬ МЕТРОВОГО ДИАПАЗОНА

ЗАЯЦ П. В., МАЛЕВИЧ И. Ю.

ОАО «КБ Радар» - управляющая компания холдинга «Системы радиолокации»  
(г. Минск, Республика Беларусь)

E-mail: p.zayats@kbradar.by

**Аннотация.** Представлены результаты проектирования высоколинейного двойного балансного малошумящего усилителя метрового диапазона. Устройство обеспечивает коэффициент усиления 10 дБ с неравномерностью  $\pm 0,2$  дБ в диапазоне 150...300 МГц и КСВН не более 1,4 в 50-омном тракте, входную точку компрессии 16 дБм при коэффициенте шума до 1,4 дБ.

**Abstract.** The results of designing a high-linear double balanced low-noise VHF amplifier. The device provides a gain of 10 dB with bandwidth ripple less  $\pm 0.2$  dB in the range of 150 ... 300 MHz and VSWR less than 1.4 in a 50-ohm path, an input compression point of 16 dBm with a noise figure as low as 1.4 dB.

### Введение

Увеличение объемов обрабатываемой информации, использование широкополосных сигналов со сложной структурой, ужесточение электромагнитной обстановки дают новый импульс развитию техники малошумящих усилителей (МШУ) диапазона метровых волн (МВ) с повышенной линейностью передаточных характеристик. Одним из направлений, определяющих перспективы создания высоколинейных МШУ является разработка новых типов структур [1-3].

### Синтез

В настоящее время задача синтеза мощных МШУ МВ диапазона на структурном уровне решается посредством разработки параллельных структур с монолитными интегральными схемами (МИС) [4]. Такой подход позволяет увеличивать динамический диапазон системы на 3 дБ при каждой балансной итерации. Однако число итераций ограничено допустимым ухудшением коэффициента шума системы, определяемого потерями в цепях деления, и обычно для МШУ не превышает двух. Дальнейшее увеличение линейности возможно за счет структурной модификации активных элементов.

В МВ диапазоне данная проблема может быть решена в базе МИС с использованием однопетлевой трансформаторной отрицательной обратной связи (ООС) (рис.1).

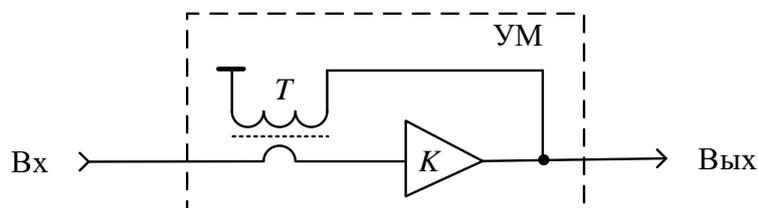


Рис. 1. Усилительный модуль

Такая схема канального усилительного модуля (УМ) обеспечивает масштабирование коэффициента передачи МИС пропорционально передаточному отношению витков трансформатора Т и получение коэффициента шума, сопоставимого с шумами усилительного прибора, при том, что эффективность линейризации передаточной характеристики системы выше на 5...10 дБ, чем в устройствах с диссипативными ООС [3].

Схема двойного балансного (ДБ) МШУ с УМ на МИС с одноканальной ООС имеет вид, показанный на рис.2.

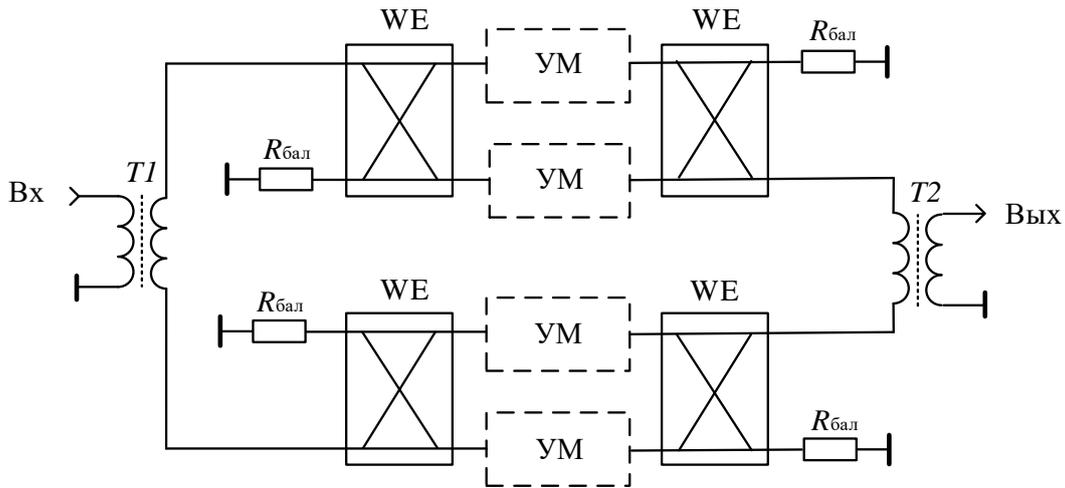


Рис. 2. Структура двойного балансного МШУ

Здесь на дифференциальных трансформаторах T1 и T2 выполнены соответственно входная ступень деления и выходная ступень суммирования сигналов. Вторые ступени распределения/суммирования реализованы на квадратурных мостах WE. Такая схема обеспечивает широкополосное согласование сопротивлений сечений структуры, малые потери (0,3...0,6 дБ) в схемах деления/суммирования и хорошее (не менее 30 дБ) подавление интермодуляционных продуктов четных порядков.

### Моделирование

На рис. 3 представлены результаты моделирования функционально-энергетических характеристик двойного балансного МШУ на МИС MGA-62563 для передаточного отношения обмоток трансформатора  $m = 2$ , выполненные в среде ADS.

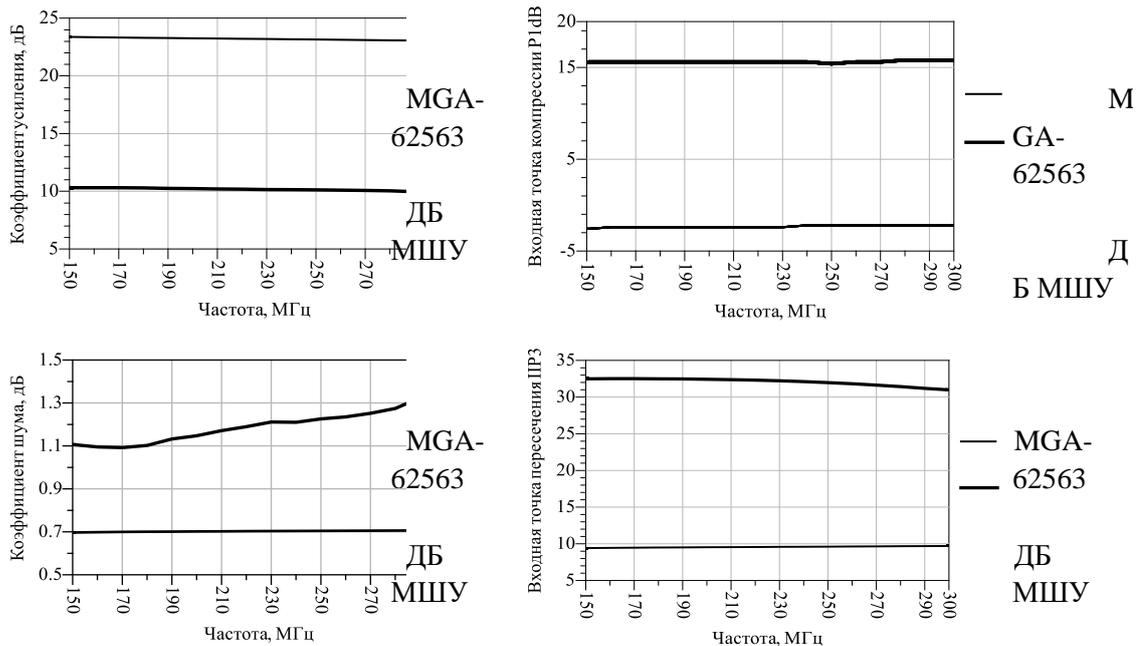


Рис. 3. Результаты моделирования функционально-энергетических характеристик ДБ МШУ

Видно, что разработанный ДБ МШУ в диапазоне 150...300 МГц обеспечивает коэффициент усиления 10 дБ с неравномерностью  $\pm 0,2$  дБ с КСВН не более 1,4 в 50-омном тракте, входную точку компрессии 16 дБм при коэффициенте шума до 1,4 дБ. Зависимость от частоты входной точки пересечения 3-го порядка (ПРЗ) разработанного устройства равномерна и составляет не менее 31 дБм.

Односигнальный динамический диапазон разработанного ДБ МШУ для полосы 1 МГц составляет 128,6 дБ, а динамический диапазон по интермодуляции третьего порядка – не менее 95,7 дБ.

### **Заключение**

Таким образом, рассмотрены вопросы разработки высоколинейного двойного балансного малозумящего усилителя МВ диапазона, включающие логико-эвристический синтез и апробацию технического решения устройства в среде ADS. Увеличенный сравнительно с известными конструкциями динамический диапазон, высокая линейность и низкий коэффициент шума позволяют позиционировать его как перспективное устройство для приемных трактов радиоэлектронных систем метрового диапазона, функционирующих в сложной электромагнитной обстановке.

### **Список использованных источников**

1. Богданович, Б. М. Радиоприемные устройства с большим динамическим диапазоном. - М.: Радио и связь, 1984. – 176 с.
2. Богданович Б. М., Бачило Л. С. Проектирование усилительных устройств. - Минск: Вышэйшая школа, 1985. – 237 с.
3. Малевич И. Ю. Синтез высоколинейных радиочастотных усилительных трактов. Минск, «Бестпринт», 2009. - 202 с.
4. Белоус А. И., Мерданов М. К., Шведов С. В. СВЧ-электроника в системах радиолокации и связи. Техническая энциклопедия. Книга 2. -Москва: ТЕХНОСФЕРА, 2016. -728 с.