

РАЗДЕЛ ФИЗИКА

УДК 621.375.4

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВХОДНЫХ УСТРОЙСТВ С ЛИНЕАРИЗОВАННЫМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ

© 2001 г. Э. К. Алгазинов, Н. Н. Мымрикова, Ю. П. Сбитнев

Воронежский государственный университет

Для повышения помехозащищенности радиоприемных устройств (РПУ) необходим детальный анализ нелинейных процессов, протекающих в каждом из каскадов устройства. Как правило, фазовые соотношения между образующимися в отдельных каскадах РПУ продуктами нелинейности таковы, что определенными мерами можно добиться уменьшения на выходе устройства продуктов нелинейности или четных [1] или нечетных [2] порядков. При этом снижение уровня продуктов нелинейности нечетного порядка обычно сопровождается увеличением уровня продуктов четного порядка и наоборот. В ряде случаев при аналогичных подходах [3] наблюдается еще и ухудшение соотношения сигнал/шум на выходе устройства за счет введения дополнительного канала.

В данной работе предлагается структура устройства, в котором на выходе происходит одновременная компенсация продуктов нелинейности 2-го, 3-го и 4-го порядков.

Блок-схема предлагаемого устройства показана на рис. 1. Здесь 1, 2, 3, 4 — усилительные каскады (УК), 5 — вычитатель, 7 — фазовращатель на 180°, 6 и 8 — согласующие каскады (СК). На рис. 2 представлена конкретная реализация одного плеча на полевых транзисторах. УК1 выполнен по инвертирующей схеме с ОИ (общий источник) или ОЭ (об-

щий эмиттер), УК2 идентичен УК1. УК3 выполнен по неинвертирующей схеме с ОЗ (общий затвор) или ОБ (общая база), УК4 идентичен УК3. СК6 согласует высокое выходное сопротивление УК1 с низким входным сопротивлением УК3 и имеет при этом определенный коэффициент передачи. СК8 идентичен СК6.

Последовательное включение в каналах первого инвертирующего УК, СК и неинвертирующего УК обеспечивает компенсацию продуктов нелинейности третьего порядка. Фазовое условие компенсации выполняется благодаря наличию инвертирующего и неинвертирующего УК. Амплитудное условие компенсации выполняется при определенном значении коэффициента передачи СК. На рис. 3 представлена зависимость коэффициента нелинейных искажений третьего порядка в каждом плече от коэффициента передачи СК. Свойство подавления продуктов нелинейности четных порядков является следствием балансного соединения двух идентичных каскадов.

Следует отметить, что в предлагаемом устройстве применяются типовые УК в типовом усилительном режиме. Также отметим, что коэффициент усиления и коэффициент

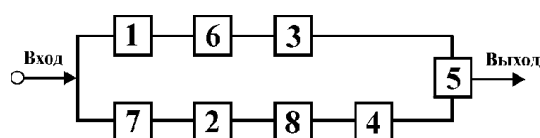


Рис. 1. Структурная схема устройства для подавления продуктов нелинейности четного и нечетного порядков

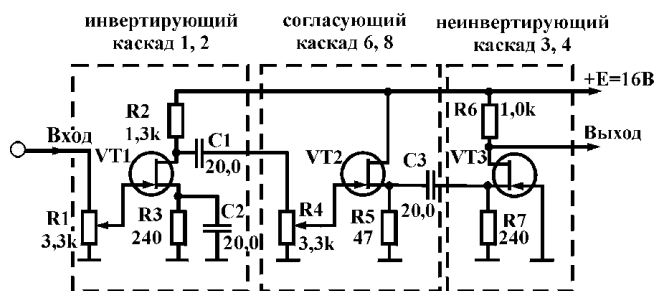


Рис. 2. Схема двухкаскадного усилителя с СК для подавления продуктов нелинейности 3-го порядка

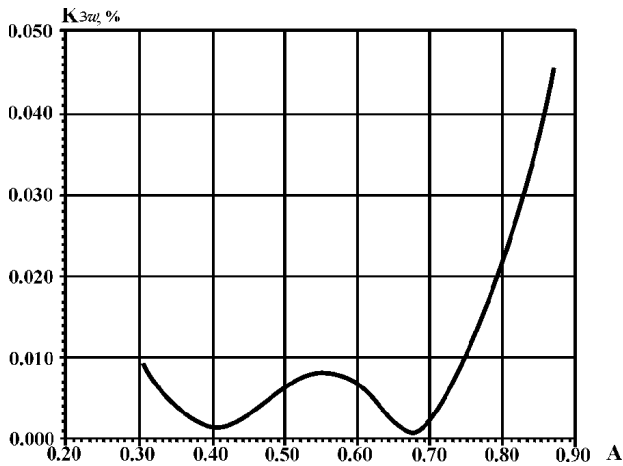


Рис. 3. Зависимость коэффициента нелинейных искажений третьего порядка от коэффициента передачи СК

нелинейных искажений по гармоникам типовых УК являются стандартными параметрами и всегда известны. Они легко поддаются расчету, а также легко определяются экспериментально с помощью селективного вольтметра. Таким образом, устройство получается на основе стандартных элементов путем структурной оптимизации.

Оптимальные значения коэффициента передачи СК  $A$ , обеспечивающие минимум третьей гармоники или интермодуляционной помехи, определяются простым соотношением:

$$A^2 - 2 \frac{\overline{a_2 b_2}}{\overline{b_3 a_1}} A + \frac{\overline{a_3}}{\overline{b_3 a_1^2}} = 0,$$

где  $a_1$  — коэффициент усиления,  $\overline{a_2}, \overline{a_3}$  — относительные коэффициенты гармоник 1-го (инвертирующего) каскада,  $b_1$  — коэффициент усиления,  $\overline{b_2}, \overline{b_3}$  — относительные коэффициенты гармоник 2-го (неинвертирующего) каскада.

Возможность подавления продуктов нелинейности третьего порядка в каждом плече, состоящем из инвертирующего УК, СК и неинвертирующего УК, подтверждена экспериментально. Эксперимент проводился на макете, принципиальная схема которого представлена на рис. 2. Инвертирующий и неинвертирующий УК выполнены на транзисторах 2П30ЗД, СК на 2П903А. Коэффициент передачи СК изменялся с помощью резистора  $R_4$ . На вход усилителя подавался гармонический

сигнал напряжением 300 мВ. На выходе структуры селективным вольтметром измерялись напряжения первой и третьей гармоник. Результат представлен на рис. 3 в виде зависимости коэффициента нелинейных искажений по третьей гармонике  $K_{3nl}, \%$  от коэффициента передачи СК. Из кривой следует, что минимум третьей гармоники имеет место при  $A = 0,67$  и  $A = 0,41$ . Очевидно, для практического использования предпочтительнее  $A = 0,67$ . Из вышеприведенного квадратного уравнения при параметрах  $a_1 = 3,28$ ,  $\overline{a_2} = \frac{a_2}{a_1} = 0,039$ ,

$$\overline{a_3} = \frac{a_3}{a_1} = 0,00098, \quad b_1 = 2,2, \quad \overline{b_2} = \frac{b_2}{b_1} = 0,016,$$

$$\overline{b_3} = \frac{b_3}{b_1} = 0,00037 \text{ следует, что } A = 0,65. \text{ Это}$$

свидетельствует о хорошем совпадении теоретических и экспериментальных результатов.

Как показывает анализ, в слабонелинейном режиме условия подавления для третьей гармоники и продуктов интермодуляции третьего порядка вида  $2f_1 - f_2, 2f_2 - f_1$ , а также  $|f_1 \pm f_2 \pm f_3|$  одни и те же.

Таким образом, в каждом из плеч рассматриваемого устройства происходит эффективное подавление продукта нелинейности третьего порядка. Свойство подавления продуктов четного порядка следует из балансного включения двух идентичных плеч. Предлагаемое устройство может найти применение для борьбы с интермодуляционными помехами во входных усилителях радиоприемных устройств.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пат. 4628278 США, НОЗ, F 1/32, 1987. Усилитель с низким уровнем четных гармоник.
2. Патент 2096909 РФ, НОЗ, F 1/32, 1997. Линеаризованный усилитель/ Сбитнев Ю. П., Мыррикова Н. Н., Золотухин П. И. и др.
3. Алгазинов Э. К., Сбитнев Ю. П. Применение двухканального входного усилителя для увеличения динамического диапазона радиоприемника по интермодуляции. // Электрон. техніка. Сер. Электроника СВЧ. — 1989. — Вып. 7 (421). — С. 8—11.