

Поляков А. А.

Курсант

4 курс, факультет «Радиотехнические комплексы»

Ярославское высшее военное училище противовоздушной обороны

Россия, г. Ярославль

Научный руководитель: Павлов Ю.Ю. старший преподаватель

*Старший преподаватель кафедры «Радиотехнического
вооружения»*

Ярославское высшее военное училище противовоздушной обороны

Россия, г. Ярославль

**ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ НЕЛИНЕЙНОСТИ ТРАКТОВ
ПРИЕМНОГО УСТРОЙСТВА НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ
КОМПЕНСАЦИИ ПОМЕХ**

Аннотация. В статье рассматривается проблема влияния нелинейности трактов приемного устройства радиолокационной станции на эффективность компенсации активных шумовых помех. Представлены схемы и графики работы автокомпенсатора помех вследствие влияния на него как полезного сигнала, так и активной шумовой помехи с учетом нелинейности приемного тракта. Делается вывод о возможных способах решения проблемы

Ключевые слова: *нелинейность, активная помеха, автокомпенсация, нелинейный элемент, приемный тракт.*

Annotation. The article deals with the problem of the influence of the non-linearity of the paths of the receiving device of the radar station on the effectiveness of compensation for active noise interference. The schemes and schedules of the auto-compensator interference are presented due to the influence of both the useful signal and active noise interference, taking into account the non-linearity of the receiving path. The conclusion is made about possible solutions to the problem.

Keywords: nonlinearity, active interference, autocompensation, suppression ratio, receiving path.

Проблемным вопросом данной статьи является то, что воздействие внеполосной помехи большого уровня на радиоприёмное устройство может привести к блокированию (уменьшению коэффициента усиления) входного усилительного каскада приёмника. Перегруженный мощной помехой усилитель работает в режиме ограничения входного сигнала; при этом, как известно, имеет место эффект подавления слабого сигнала (полезный сигнал плюс шум) более сильным (помеха).

Нелинейные искажения принимаемого сигнала в приемном устройстве могут возникать не только в том случае, если его уровень значителен, но и при воздействии сильной внеполосной помехи. Нелинейность приемного тракта приводит к тому, что при появлении помех, воздействующих на вход приемника на частотах, которые не совпадают с частотами основного и побочных каналов приема, происходит изменение уровня полезного сигнала или изменение отношения сигнал/шум на выходе приемника. Воздействие мощной помехи на вход приемника приводит к снижению коэффициента усиления устройства.

Нелинейность может проявляться в двух видах: нелинейность статических характеристик элементов или нелинейность их динамических характеристик. Примером нелинейной статической характеристики может служить вольт-амперная характеристика (ВАХ) большинства полупроводниковых элементов. Наиболее характерными и распространенными резистивными нелинейными элементами являются полупроводниковые ламповые и любые другие приборы, используемые для усиления или преобразования сигналов и имеющие нелинейную вольт-амперную характеристику. В общем виде ВАХ может быть описана уравнением

$$i = f(u),$$

где i - ток, протекающий по элементу, u - напряжение, приложенное к элементу, f - некоторая функция, связывающая между собой приложенное напряжение и возникающий при этом ток.

К помеховым сигналам в радиолокации относятся собственные шумы приемных устройств и внешние естественные и преднамеренные шумы.

Технические характеристики тракта приема и выделения сигналов определяются параметрами его основных составляющих частей – приемного устройства и аппаратуры защиты от помех.

На рис.1 представлена структурная схема тракта приема и выделения сигналов радиоприемного устройства типовой радиолокационной станции.

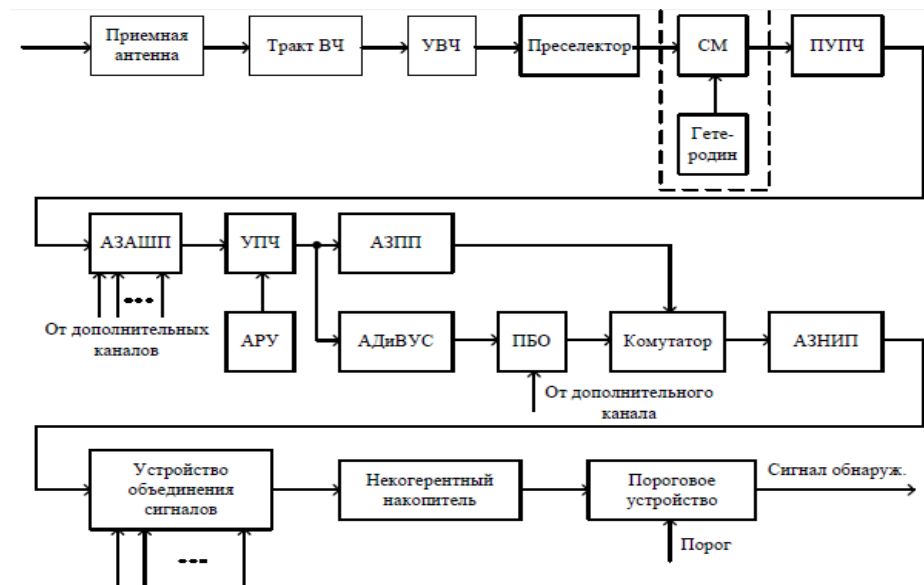


Рис.1 Структурная схема тракта приема и выделения сигналов

Анализ прохождения случайного процесса через нелинейную неинерционную цепь или звено предполагает определение характеристик случайного процесса на выходе цепи при известных характеристиках цепи и случайного процесса на ее входе. Наиболее полной характеристикой

случайного процесса является плотность распределения вероятностей (ПРВ), описывающая случайный процесс в различные моменты времени. В рамках данной статьи в дальнейшем будем рассматривать ПРВ мгновенных значений амплитуд сигнала или помехи на входе и выходе цепи с нелинейными электрическими свойствами или нелинейного радиотехнического звена.

В данной статье наибольшее значение будет иметь динамический диапазон, так как нелинейность тракта приемного устройства оказывает большое влияние на этот параметр.

Динамический диапазон приемника ограничен снизу шумами приемника, сверху – пределами линейной части характеристик его каскадов. Строгий расчет динамического диапазона требует изучения нелинейности характеристик каскадов, характер и величина которой зависят от схемы каскада, типа активного прибора, режима его работы и т. д.

Амплитудную характеристику любого усилителя или смесителя можно аппроксимировать рядом

$$P_{\text{ВЫХ}} = K_1 P_{\text{ВХ}} + K_2 P_{\text{ВХ}}^2 + K_3 P_{\text{ВХ}}^3 + \dots,$$

где коэффициенты K_2, K_3 , и т. д. характеризуют искажающие свойства каскада.

При наличии на входе усилителя или смесителя двух сигналов (например, полезного сигнала с частотой f_1 и помехи с частотой f_2 , близкой к f_1) на выходе, кроме сигналов f_1 и f_2 появляются гармоники этих сигналов, комбинационные частоты и постоянная составляющая. Их уровень непосредственно связан с нелинейностью усилителей и смесителей. Принципиально нелинейными являются также варикапы, переключающие диоды и некоторые другие элементы, используемые в сигнальных цепях. Оценка нелинейности обычно производится двухсигнальным методом.

На рис.2 приведены графики зависимости выходной мощности сигналов с частотами f_1 и $2f_1 - f_2$ от их мощности на входе. При превышении

определенного уровня входных сигналов линейный рост выходных сигналов замедляется. Если продолжить линейную часть графика полезного сигнала (пунктирная линия), то в точке пересечения А выходной уровень полезного сигнала равен уровню составляющей третьего порядка.

Координаты точки А характеризуют линейные свойства каскада, причем значение $A_{вх}$ на оси абсцисс соответствует входному уровню сигналов, а $A_{вых}$ на оси ординат – выходному.

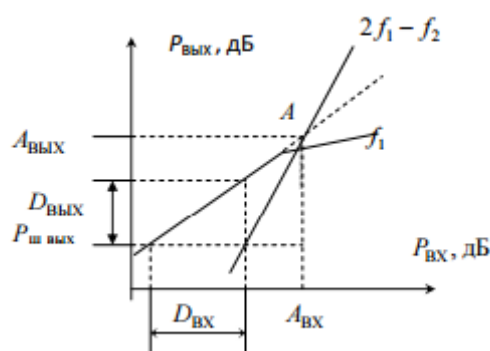


Рис.2 Графики зависимости выходной мощности сигналов с частотами f_1 и $2f_1 - f_2$ от их мощности на входе

Поскольку большинство электронных элементов являются нелинейными, то проектирование электронных устройств практически полностью исключало применение простых аналитических расчетов. Это существенно затрудняло задачи проектирования на этапе расчета и возлагало повышенные требования к экспериментальным исследованиям макета. Стоимость электронных компонентов, их дефицитность и бурное развитие вычислительной техники привели к тому, что разработчики электронной аппаратуры стали все чаще отказываться от экспериментальных исследований, для которых к тому же была нужна специальная дорогостоящая измерительная аппаратура. Большое значение приобрели методы автоматизированного проектирования.



Рис 3. Модель автокомпенсатора помех

```

L=input('Введите длительность импульса(100) :');
N=input('Введите период повторения (130):');
f=input('Введите частоту заполнения (20):');
Numb=input('Количество радиоимпульсов в пачке (2-3):');
a=input('Амплитуда (15-20):');
M=input('Мат ожидание:');
D=input('Дисперсия:');
t=0:0.01:0.99;
S1=[ones(1,L)];
Ch=S1;
Car=a*sin(2*pi*f*t);
Imp=Ch.*Car;
Imp=[Imp,zeros(1,(N-L))];S=Imp;
for i=2:Numb
S=[S,Imp];
end
figure(1);
subplot(311); plot(S,'b'); grid on; title('График сигнала');%график сигнала
P=2*a*(rand(size(S))*D+M)-a;%помеха
subplot(312); plot(P,'r');grid on; title('График помехи');%график помехи
PS=S+P; %смесь сигнала и помехи subplot(313);
plot(PS,'g'); grid on; title('График смеси Сигнала и Помехи');
figure(2)

```

Введённые данные:

Длительность импульса(100) :100

Период повторения (130):130

Частота заполнения (20):20

Количество радиоимпульсов в пачке (2-3):3

Амплитуда (15-20):15

Мат ожидание:0.4

Дисперсия: 0.6

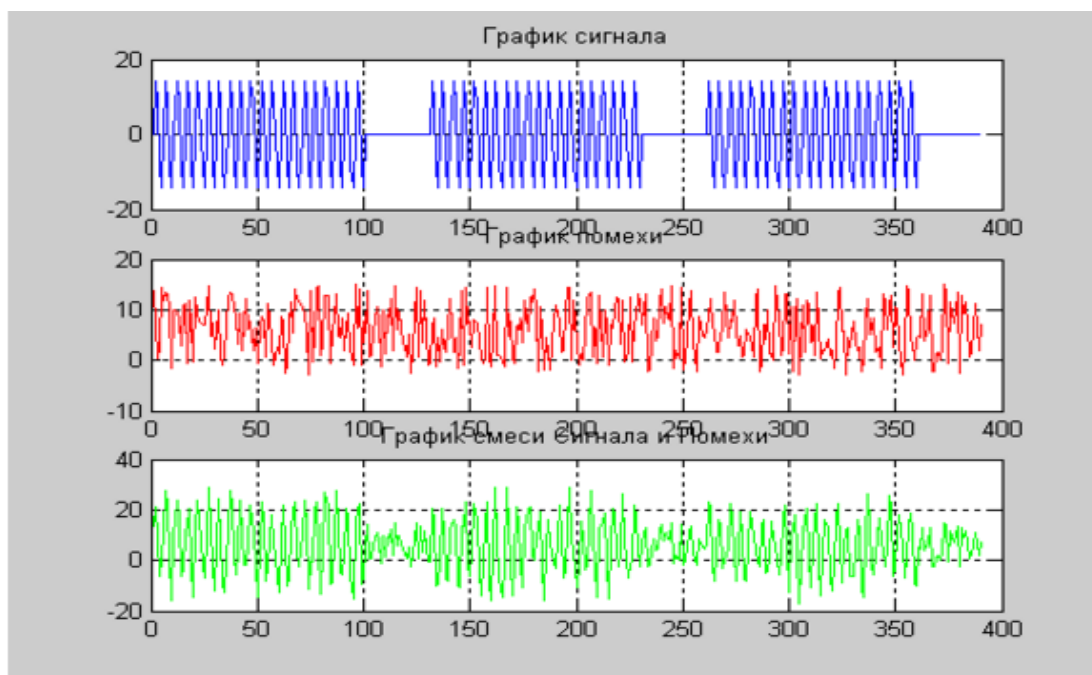


Рис 4. Графики сигнала, помехи, смеси сигнала и помехи

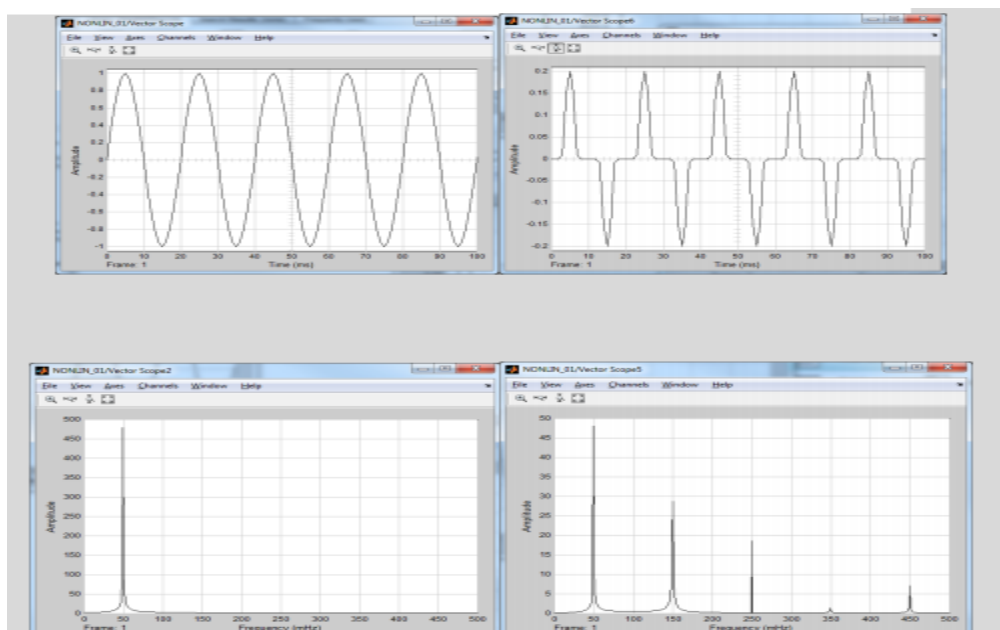


Рис 5. Изменение спектра сигнала при прохождении через цепь АКП с нелинейной ВАХ

Анализ полученных графиков показывает наличие следующих закономерностей: 1) в отличие от моногармонического характера приложенного напряжения ток в цепи имеет в своем составе высшие гармоники кратные частоте приложенного напряжения, причем гармоники с четными значениями кратности обусловлены четными степенями аппроксимирующего полинома, а гармоники с нечетными коэффициентами кратности – нечетными степенями полиномиальной аппроксимации;

2) максимальное значение кратности высшей гармоники равно степени полинома, использованного для аппроксимации нелинейной характеристики цепи.

Таким образом, в ходе исследования было выяснено, что нелинейность в тракте радиоприемного устройства является постоянной в силу технической реализации элементов приемного тракта. Это явление невозможно устранить технически, а можно лишь ослабить влияние нелинейности путем расширения динамического диапазона радиоприемного устройства и тщательной подстройкой параметров работы при приеме сигнала в конкретных условиях

воздушной и помеховой обстановки, тем самым наиболее эффективно выделить полезный сигнал и качественно выполнить поставленную задачу.

Список использованной литературы:

1. Денисенко А.Н. Сигналы. Теоретическая радиотехника. Справочное пособие. - М.: Горячая линия -Телеком, 2005. - 704 С.
2. Баскаков С.И. Радиотехнические цепи и сигналы. - М.: Высшая школа, 1988. - 398 С
3. Монзинго Р.А., Миллер Т.У. Адаптивные антенные решетки: Введение в теорию: Пер. с англ. – М.: Радио и связь, 1986. – 448 с.
4. Обработка сигналов в радиотехнических системах. / ред. А.П. Лукошкин. – Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1987. – 400 с.
5. Радиоэлектронные системы: основы построения и теория: Справочник /Я.Д. Ширман, Ю.И. Лосев, Н.Н. Минервин и др.; под ред. Я.Д. Ширмана. – М.:ЗАО «МАКВИС», 1998. – 828 с.
6. Основы компьютерного моделирования радиоэлектронных систем и сигналов / Кудряков С.А., Соболев Е.В., Рубцов Е.А., Кульчицкий В.К., Самойлов В.А. (Учебное пособие).- С. Пб. 2018.- 301 с.