

*Швец В. А, к.т.н., доц.
(Национальный авиационный университет, Украина, г. Киев)*

Моделирование радиоприемного тракта адаптивных антенных решеток в системах позиционирования GPS, ГЛОНАСС, ГАЛИЛЕО

Приводятся результаты моделирования радиоприемного тракта адаптивных антенных решеток аппаратуры потребителя глобальных навигационных спутниковых систем GPS, ГЛОНАСС, ГАЛИЛЕО, для оценивания влияния структурных элементов радиоприемника на помехозащищенность.

Актуальность вопросов исследования влияния помех и повышения помехоустойчивости аппаратуры спутниковой навигации становится все более значительной по мере расширения сферы применения спутниковых технологий. Особое внимание ей уделяется при использовании систем глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС) в авиации. Наиболее действенным способом устранения помех на сегодняшний день признано применение адаптивных антенных систем (ААС), где одним из главных элементов является антенная решетка (АР). Структурно ААС состоит из антенного блока, радиоприемного блока и вычислителя [1]. Адаптивная решетка с помощью весовых коэффициентов в тракте приема формирует "ноль" в диаграмме направленности на источник помехи. Основным выражением при вычислении весовых коэффициентов является уравнение Винера-Хопфа [2], в котором используется обратная корреляционная матрица помехи.

$$\mathbf{w} = \mathbf{R}_n^{-1} \times \mathbf{s}, \quad (1)$$

где: \mathbf{w} — вектор весовых коэффициентов, \mathbf{R}_n^{-1} — обратная корреляционная матрица помехи, \mathbf{s} — вектор амплитудно-фазового распределения сигнала в каналах приема ААС.

Для сигналов ГНСС помеха всегда является случайным процессом со своими статистическими свойствами, которые будут влиять на корреляционную матрицу. Радиоприемный тракт для помехи будет являться нелинейным и поэтому вносящим изменения в корреляционную матрицу. Наибольшие изменения статистические параметры помехи получат при прохождении через резонансные системы приемника и блоки преобразователей частоты. Соответственно в помехе появятся внутренние корреляционные связи, которые будут влиять на результаты решения уравнения (1). Интерес представляет, как радиоприемный тракт повлияет на диаграмму направленности ААС. Ответ на этот вопрос можно получить, если промоделироватьхождение помехи через радиоприемный тракт ААС.

На рис 1. представлен результат расчета диаграммы направленности АР полученные без учета прохождения помехи радиотрактом ААС в MatLab и в пакете конструирования антенн EMCoS Antena VirtualLab.

Радиоприемный тракт AAC реализован в пакете SimuLink MatLab, который позволяет строить модели на уровне структурных блоков устройства (рис. 2). Входная цепь и преобразователь частоты реализуются блоком Subsystem (рис. 2). Модель не коррелированной помехи поступает на приемник с четырех элементной AP – s1, s2, s3, s4 (рис. 2).

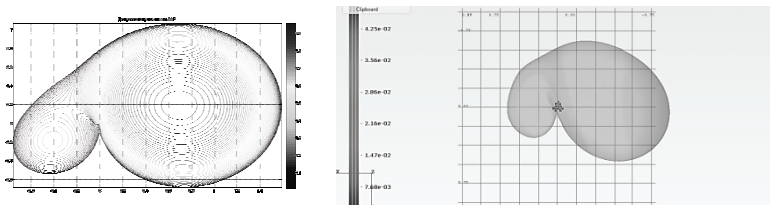


Рис. 1. Результат моделирования ДН в среде MatLab (а) и в среде "EMCoS Antenna VirtualLab" (б)

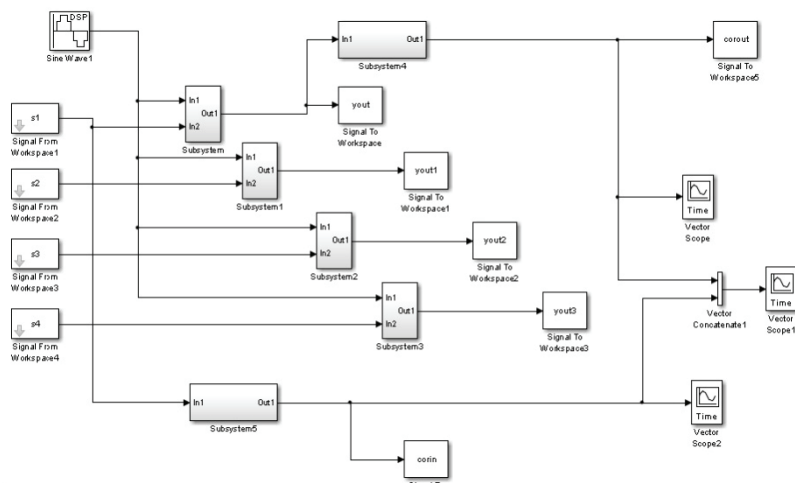


Рис. 2. Модель радиоприемного тракта AAC

Преобразователь частоты (смеситель) радиоприемника AAC (рис. 3) моделируется, как нелинейный элемент с квадратичной вольт-амперной характеристикой. По входу In1 поступает сигнал гереродина, по входу In2 поступает сигнал помехи. Резонансные системы реализуются блоками Digital Filter Design (рис. 3). Сигнал помехи на промежуточной частоте через выход Out1 поступает на процессор вычисления коэффициентов.

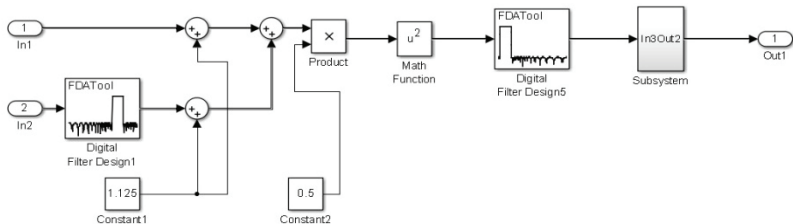


Рис. 3. Модель преобразователя частоты радиотракта AAC

Блок Subsystem (рис. 3) преобразовывает вещественный сигнал помехи в комплексный вид.

На рис. 4 представлен вид корреляционной функции помехи на входе приемника (а) и на выходе смесителя (б). На AAC поступает не коррелированная помеха.

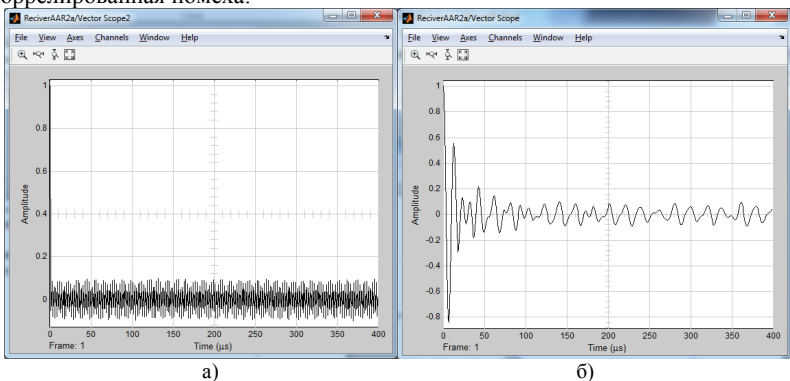


Рис. 4. Корреляционная функция помехи на входе (а) и на выходе смесителя (б) приемника

Из рис. 4 видно, что в результате прохождения радиоприемного тракта AAC помеха получает внутреннюю взаимную корреляционную связь, что приводит к изменению корреляционной матрицы помехи.

Таким образом корреляционная матрица помехи будет иметь следующий вид (2)

$$\mathbf{R}_n'' = \mathbf{R}_n + \mathbf{R}_{\text{рпм}}, \quad (2)$$

где: \mathbf{R}_n'' – оценка корреляционной матрицы помехи, \mathbf{R}_n – корреляционная матрица помехи на входе AAC, $\mathbf{R}_{\text{рпм}}$ – корреляционная матрица взаимных связей в результате прохождения радиоприемного тракта AAC.

На рис. 5 представлены диаграммы направленности AAC, полученные с учетом прохождения помехи через радиоприемный тракт.

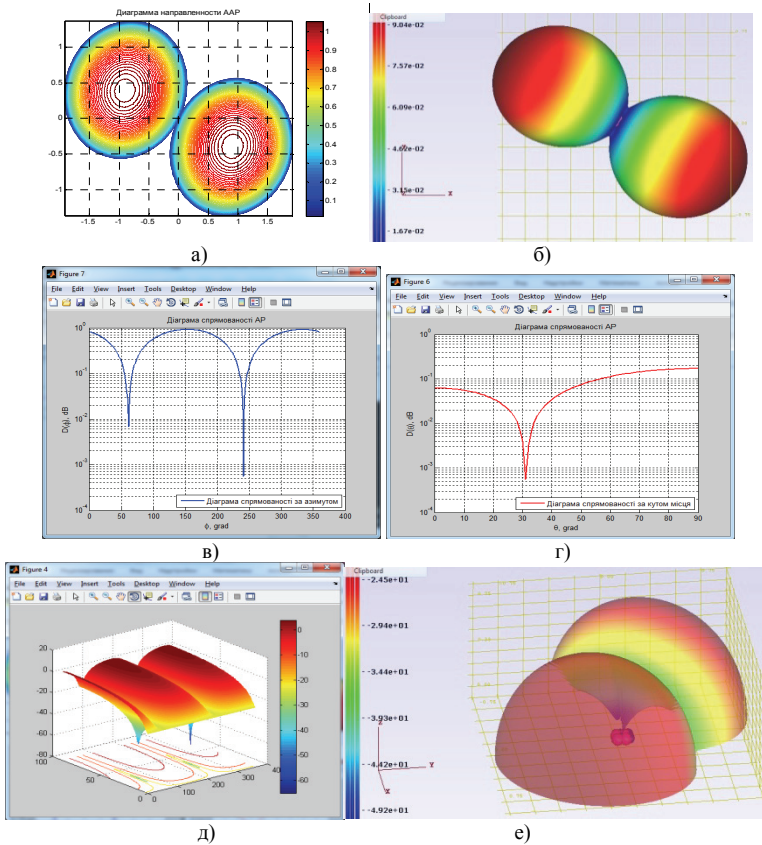


Рис. 5. Результат моделювання ДН в середі MatLab (а, б, г, д) і в середі "EMCoS Antenna VirtualLab" (е)

Висновки

Для точного формування "нуля" в ДН на помеху необхідно введенням методів обробки усунюти взаємні кореляційні зв'язи, виникаючі при проходженні помехового сигналу через приймний тракт ААС.

Список литературы

1. Швец В. А Структурна схема заводської антенної решітки навігаційних систем GPS, ГАЛІЛЕО, ГЛОНАСС [Текст] / В. А. Швец // Вісник інженерної академії України. – 2014. № 1. С.149 – 151.

2. Монзинго Р. А., Миллер Т. У. Адаптивні антенні решітки: Введення в теорію: Пер. с англ.; Под ред. В. А. Лексаченко. – М.: Радио і зв'язь, 1986. – 448с.