

## АНАЛИЗ МЕТОДОВ ПОВЫШЕНИЯ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ АП СРНС

Загузов М.Е.,

научный руководитель канд. техн. наук Гребенников А.В.

Сибирский Федеральный Университет

*В данной работе проведён анализ методов повышения чувствительности аппаратуры потребителя (АП) спутниковых радионавигационных систем (СРНС). Рассмотрены такие методы, как уменьшение собственных шумов, пространственная селекция, сужение полосы пропускания.*

*Ключевые слова: чувствительность, пространственная селекция, собственные шумы, полоса пропускания, спутниковая радионавигационная система.*

### Введение

Когда АП, например автомобиль с приёмником СРНС, находится на открытой местности, сигнал, излучаемый с навигационного космического аппарата (НКА), принимается, решается навигационная задача, определяются координаты, чувствительности АП достаточно. Но как только в данной ситуации автомобиль въезжает в лес, сигнал пропадает, чувствительности АП не хватает. Поэтому актуальной задачей является анализ и разработка методов повышения чувствительности. Выделяются следующие методы повышения чувствительности АП СРНС: уменьшение собственных шумов, пространственная селекция, сужение полосы пропускания.

### Уменьшение собственных шумов

Для повышения чувствительности АП следует как можно больше снизить потери в его входных элементах и коэффициент шума первых каскадов, а также обеспечить максимально возможные коэффициенты усиления по мощности первых каскадов.

Антенну необходимо интегрировать в одном модуле с предварительным усилителем/полосовым фильтром (ПУ/ПФ), который предназначен для обеспечения заданного значения коэффициента шума (шумовой температуры) АП, ограничения частотного спектра шумов, режекции внеполосных помех [1].

ПУ/ПФ обычно включает устройство защиты входа (УЗ), малозумящий усилитель (МШУ) и полосовой фильтр.

Устройство защиты входа должно предотвращать нарушение функций последующих радиоэлектронных элементов при поступлении на его вход сигнала с пиковой плотностью мощности 69 кВт/м в течение 10 мс или непрерывного сигнала с плотностью мощности 348 Вт/м.

Малозумящий усилитель должен иметь коэффициент шума  $K_{ш} \leq 4$  дБ, работать в тракте с волновым сопротивлением  $R_0 = 50$  Ом, иметь по входу и выходу КСВ  $\leq 2$  и обеспечивать в рабочем диапазоне частот коэффициент усиления  $K_y \approx 26...30$  дБ. При выполнении данных требований шумы последующих каскадов радиоприемника практически не влияют на итоговое значение коэффициента шума АП.

Полосовой фильтр осуществляет фильтрацию сигналов в полосе частот  $\Delta f \approx 60$  МГц (относительно несущей частоты) и подавление шумов и иных помех, действующих вне данной полосы пропускания. Параметры амплитудно-частотной

характеристики ПФ выбирают в зависимости от требуемого уровня подавления внеполосных помех.

Потери мощности в устройстве защиты входа составляют 1 дБ, в ПФ около 2 дБ, так что общие потери в ПУ/ПФ не превосходят 3 дБ [1].

### Пространственная селекция

В силу того, что навигационные спутники находятся на высоте около 20000 км, излучаемые электромагнитные колебания достигнут поверхности Земли в виде плоских электромагнитных волн. Электромагнитные волны поступают в антенный тракт как в виде прямых волн, из которых извлекается требуемая информация, так и в виде волн отраженных от предметов окружающих антенну [2].

Поэтому АП часто работает в условиях воздействия помех, приходящих с направлений, отличных от направлений прихода спутниковых сигналов. Наиболее эффективным способом повысить помехоустойчивость и чувствительность АП РНС в этом случае является пространственная обработка сигналов (ПОС), которая предполагает использование антенной решетки (АР), служащей датчиком пространственных различий приходящих сигналов. Используя эти различия, ПОС способна обеспечить дополнительное подавление помех от 30 до 50 дБ и более [1].

Для решения данной задачи активно применяются антенны с адаптивно управляемой диаграммой направленности, т.е. с помощью адаптивных антенных решеток (ААР). Но для АП массового применения существуют ограничения по исполнению адаптивных антенн, как по габаритам конструкции, так и с учетом необходимости их стабилизации в пространстве. Поэтому, на практике для специальных носителей (самолетов истребительной и бомбардировочной авиации) стран НАТО применяют ААР сравнительно малых размеров с управляемым лучом и с адаптивным наведением минимума диаграмм направленности на помеху [3].

### Сужение полосы пропускания

В АП РНС широко применяется корреляционный принцип измерения параметров сигнала. На рисунке 1 приведена структурная схема корреляционного приемника, состоящая из перемножителя (П) и интегратора (И).

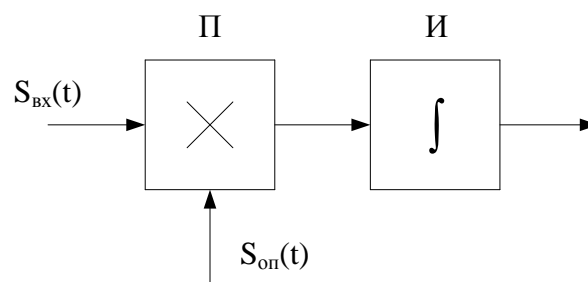


Рисунок 1 – Структурная схема корреляционного приёмника

Интегратор предназначен для выделения полезного сигнала из смеси  $S_{см}(t)$  сигнала и помехи:

$$S_{см}(t) = S_c(t) + \xi(t). \quad (1)$$

Спектральная плотность сигнала сосредоточена в очень узкой полосе частот. Так как шум белый, его спектральная плотность распределена равномерно по всей полосе частот.

С увеличением времени интегрирования, полоса пропускания интегратора сужается, следовательно, ослабится мощность помехи  $P_n$

$$P_n = \Delta f N, \quad (2)$$

а мощность сигнала  $P_c$  не изменится

$$P_c = \frac{U^2}{2}. \quad (3)$$

Отношение сигнал/шум

$$q = \frac{P_c}{P_n} = \frac{U^2}{2\Delta f N}. \quad (4)$$

Из формулы (4) видно, что с сужением полосы пропускания увеличивается отношение сигнал/шум, а значит, повышается чувствительность приёмника. Отношение сигнал/шум можно увеличить во столько раз, во сколько можно сузить полосу пропускания.

### Заключение

В данной работе проведён анализ методов повышения чувствительности АП СРНС. Рассмотрены такие методы, как уменьшение собственных шумов, пространственная селекция, сужение полосы пропускания. Уменьшение собственных шумов позволяет добиться общих потерь мощности в ПУ/ПФ до 3 дБ. Пространственная селекция способна обеспечить дополнительное подавление помех от 30 до 50 дБ и более, но для АП массового применения существуют ограничения по исполнению адаптивных антенн, как по габаритам конструкции, так и с учетом необходимости их стабилизации в пространстве. Сужение полосы пропускания можно добиться увеличением времени интегрирования корреляционного приёмника. С сужением полосы пропускания увеличивается отношение сигнал/шум, а значит, повышается чувствительность приёмника. Отношение сигнал/шум можно увеличить во столько раз, во сколько можно сузить полосу пропускания.

Таким образом, наиболее эффективным методом повышения чувствительности АП СРНС является сужение полосы пропускания.

### Библиографический список

- 1 ГЛОНАСС. Принципы построения и функционирования / Под ред. А.И. Перова, В.Н. Харисова. Изд. 4-е, перераб. и доп. - М: Радиотехника, 2010. 800 с, ил.
- 2 Конин, В. В. Спутниковые системы навигации: учеб. пособие / В. В. Конин. – М. Радиотехника, 2008. – 252 с.
- 3 Иванов, А. М. Разработка методов пространственно-временной режекции помех в аппаратуре потребителей спутниковых радионавигационных систем: автореф. дис. на соискание уч. ст. канд. технических наук / Иванов Александр Михайлович. – С., 2008. – 16 с.