

ВИДЫ АВТОКОМПЕНСАТОРОВ АКТИВНЫХ ШУМОВЫХ ПОМЕХ, ПРИМЕНЯЕМЫХ В РЛС РТВ

Аннотация. В данной статье рассмотрены два основных вида автокомпенсаторов активных шумовых помех, их общие структурные схемы, проанализирована работа на основе упрощенных схем, проведено сравнение характеристик автокомпенсаторов.

Ключевые слова: компенсация помех, автокомпенсатор, активные шумовые помехи.

Annotation. This article describes the two main types of autocompensation jamming, their overall structural scheme is analyzed based on simplified schemes, a comparison of the characteristics of autocompensation.

Key words: disturbance compensation, the compensators, the active noise interference.

Автокомпенсатор активных шумовых помех, воздействующих на РЛС по боковым лепесткам диаграммы направленности антенны, представляет собой самонастраивающееся устройство с корреляционными обратными связями. Основу устройства составляет схема на рисунке 1.1, в которой управление комплексными коэффициентами передачи осуществляется напряжениями с выходов корреляторов: их первые входы подключены к выходам дополнительных антенн, а вторые - к выходу автокомпенсатора.

В состав каждого коррелятора входят перемножитель и интегратор. Автокомпенсатор работает следующим образом. В отсутствие активных

шумовых помех напряжения на выходах дополнительных каналов равны нулю; соответственно равны нулю выходные напряжения корреляторов и коэффициенты передачи.

При поступлении активной шумовой помехи с j -го направления напряжение этой помехи появляется на выходах как основного, так и j -го дополнительного канала. В результате на выходе j -го коррелятора появляется напряжение, которое управляет модулем и аргументом j -го комплексного коэффициента передачи до тех пор, пока напряжения помехи на выходах основного и j -го дополнительного каналов не станут равными по амплитуде и противоположными по фазе, что приводит к компенсации напряжения помехи в сумматоре.

Аналогично работает автокомпенсатор при воздействии помех одновременно с нескольких направлений, число которых не превышает числа дополнительных каналов.

Технически одновременное управление модулем и аргументом комплексного коэффициента передачи возможно двумя способами - путем формирования двух квадратурных каналов и с помощью управляемого смесителя. В первом случае автокомпенсатор называют квадратурным, а во втором - гетеродинным. Рассмотрим их подробнее, начиная с квадратурного АКП. Рассмотрим упрощенную практическую схему двухканального АКП на рисунке 1.

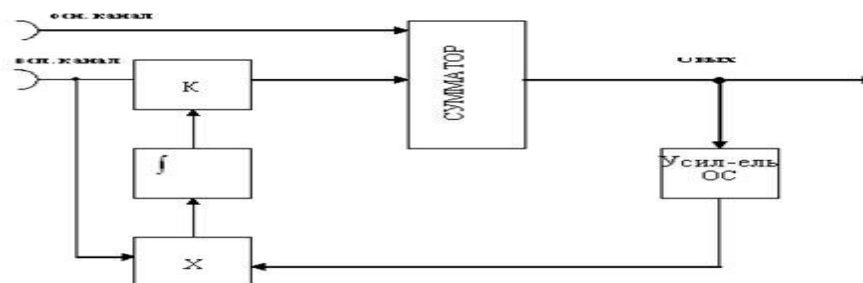


Рис.1. Структурная схема квадратурного АКП.

Квадратурный АКП имеет один регулируемый (компенсационный) канал и один нерегулируемый – основной канал. Главный максимум ДНА основного канала ориентирован на источник полезного сигнала (на цель). Для полной компенсации помехи без ослабления полезного сигнала ДНА основного и компенсационного каналов должны соотноситься образом, показанным на рисунке 2.

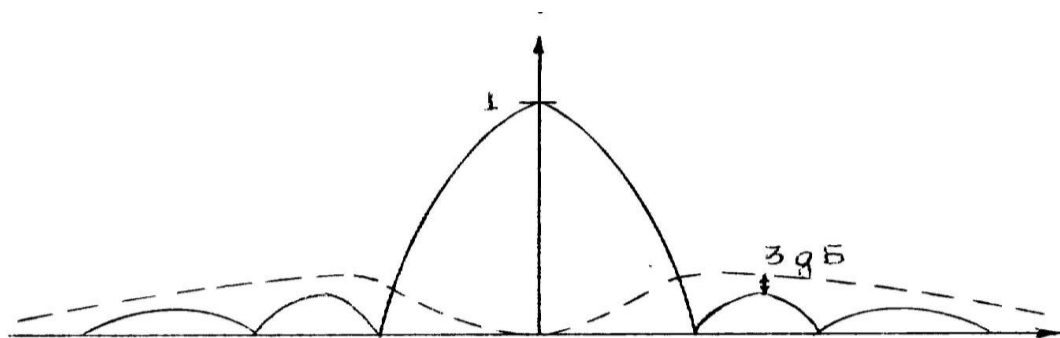


Рис.2. Соотношение ДНА для компенсации АПП.

Компенсационный канал разделяется на две параллельные ветви, в каждой из которых имеются управляемые усилители. Принцип компенсации помех с помощью квадратурных каналов можно рассмотреть в предположении, что помеха – гармонический сигнал.

Сигнал помехи принимается основным каналом по одному из боковых лепестков, обозначим его y_0 . Этот же сигнал помехи принимается компенсационным каналом, обозначим его y_1 . Сигналы y_0 и y_1 в наиболее общем случае имеют различную начальную фазу из-за разнесения в пространстве фазовых центров основной и компенсационной антенны.

Принцип работы АКП поясняется векторной диаграммой на рисунке 3.

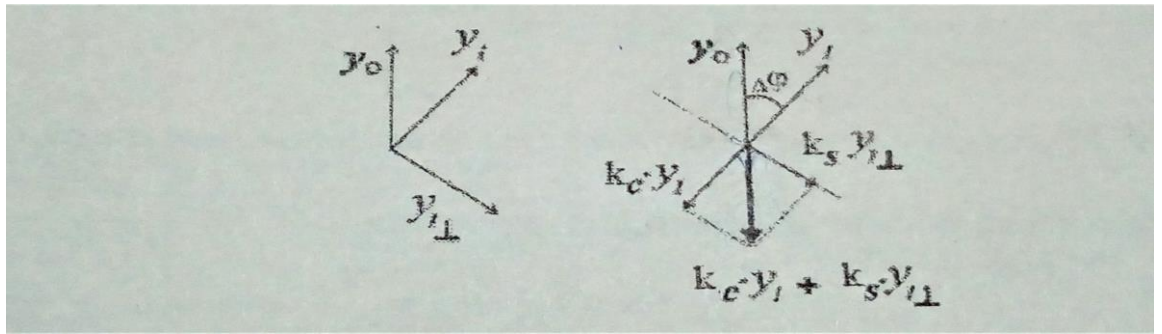


Рис.3. Векторная диаграмма работы квадратурного АКП

На рисунке 3 вектор y_0 изображает напряжение помехи в основном канале, y_1 – в компенсационном канале и фазовый сдвиг между ними составляет $\Delta\varphi$. Кроме того, в компенсационном канале действует вектор $y_{1\perp}$, сдвинутый по фазе относительно y_1 на 90 градусов. Помимо регулируемых усилителей, каждый из квадратурных каналов содержит коррелятор (сочетание интегратора и перемножителя), которые предназначены для вычисления степени статистической связи напряжения y_0 с квадратурными составляющими сигнала помехи в компенсационном канале. Пропорционально величине этой взаимосвязи в управляемых усилителях устанавливаются коэффициенты усиления, что при полной корреляции помехи в установившемся режиме результирующий вектор суммарного напряжения компенсационных каналов становится равным по длине и противофазным y_0 .

В аналоговом квадратурном АКП при выработке управляющего напряжения усреднение по времени (интегрирование) выполняется на постоянном токе, но на практике также используется гетеродинный АКП, в котором операция интегрирования выполняется на переменном токе путем накопления в узкополосном фильтре. Структурная схема такого АКП представлена на рисунке 4.

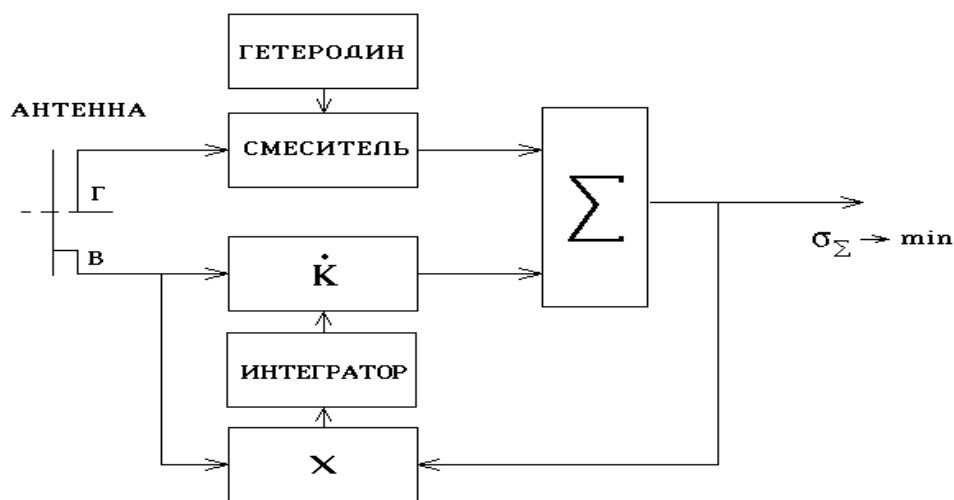


Рис.4. Структурная схема гетеродинного АКП.

На вход гетеродинного АКП поступают напряжения помехи с комплексными амплитудами $\dot{y}1$ и $\dot{y}0$ на частоте $f0$. В соответствующих смесителях СМ1 и СМ2 эти напряжения переносятся на частоту $f0 + f2$, причем в основном канале используется неуправляемый гетеродин, а в компенсационном – гетеродин с управляемыми амплитудой и начальной фазой, и в результате такого переноса обеспечиваются требуемые для компенсации амплитуда и начальная фаза компенсирующего напряжения.

Суммарное напряжение частоты $f0 + f2$ поступает на выход АКП и в цепь КОС, в которой вырабатывается гетеродинное напряжение, для этого оно гетеродинируется входным напряжением компенсационного канала. На выходе смесителя СМ3 выделяется напряжение разностной частоты $(f0 + f2) - f0 = f2$, начальная фаза которого определяется разностью начальных фаз перемножаемых колебаний, что учтено знаком комплексного напряжения.

Основные особенности обработки сигналов в гетеродинном АКП:

- 1) Введение комплексного весового коэффициента путем гетеродинирования с соответствующим регулированием в СМ2.
- 2) Вычисление степени статистической связи выходного и компенсационного напряжения путем гетеродинирования как некоторой усредненной комплексной амплитуды колебаний гетеродинной частоты. Накопление осуществляется узкополосной колебательной системой.

Подводя итог рассмотрения работы двух типов АКП, можно отметить следующее:

1) Квадратурный и гетеродинный АКП декоррелируют выходное напряжение по отношению к напряжению вспомогательного канала.

2) КАКП и ГАКП эффективны, если угловые координаты цели и помехопостановщика различны, т.е. их работа основывается на пространственных отличиях сигналов цели и помехи.

3) Для высокого качества подавления необходимо технически поддерживать в аппаратуре большой коэффициент межканальной корреляции.

4) При воздействии на РЛС нескольких помехопостановщиков число компенсационных каналов следует увеличивать.

5) Высокое качество подавления помех обеспечивается при следующих условиях:

- малой мощности полезного сигнала, поступающего в компенсационный канал

- идентичности АЧХ каналов

- хорошем согласовании ДНА компенсационного канала с боковыми лепестками диаграммы направленности антенны основного канала

- равенстве единице коэффициента корреляции сигнала помехи в основном и дополнительном каналах.

Необходимо отметить, что даже при точном соблюдении всех перечисленных условий применение АКП приводит к уменьшению чувствительности РПрУ РЛС за счет внутренних шумов компенсационных каналов.

Использованные источники.

1. Лаврентьев А.М., Пискунов А.В., Маринцев Ю.Н., Красников Ю.В. Радиотехнические системы обнаружения и сопровождения целей. Учебное пособие. Изд. ЯВВУ ПВО, 2016.

2. Тяпкин А.М., Фомин А.Н., Гарин Е.Н. Основы построения радиолокационных станций радиотехнических войск. Учебник. Инфра-М, Красноярск, Сибирский Федеральный Университет, 2017.