

ОСОБЕННОСТИ КОМПЕНСАЦИИ ПОМЕХОВОЙ ВОЛНЫ ПРИ ФЛУКТУАЦИЯХ ЕЕ ФАЗОВОГО ФРОНТА

Н.Н. МИНЕРВИН, К.С. ВАСЮТА

Рассматриваются особенности компенсации помеховой волны при учете флуктуаций ее фазового фронта. Приводится оптимальный алгоритм оценки угла прихода помеховой волны при наличии случайных искажений ее фронта и особенности его практической реализации. Синтезирована структурная схема алгоритма оптимальной пространственной обработки, учитывающего флуктуации фазового фронта помеховой волны.

Ключевые слова: помеховая волна, флуктуации, фазовый фронт, пространственная обработка.

ВВЕДЕНИЕ

Вопросы компенсации коррелированных помех при приеме радиолокационных сигналов изучены достаточно хорошо, например [1, 2, 3, 4]. Однако еще недостаточно рассмотрены особенности учета флуктуаций фазового фронта помеховой волны при адаптации к помеховой обстановке. Ниже рассматриваются эти особенности.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Качество компенсации помеховой волны существенно зависит от знания ее параметров. В реальных условиях распространения радиоволн параметры помехи могут оказаться рассогласованными с теми, которые используются при пространственной обработке. Даже при автоматическом отслеживании этих параметров имеются остаточные ошибки. Это значительно ограничивает возможности такой обработки [5] и вызывает необходимость с высокой точностью определять направление прихода помеховой волны.

В [6] показано, что при оптимальном оценивании угла прихода «сильного» помехового сигнала необходимо учитывать преобладающее влияние коррелированных фазовых флуктуаций над аддитивными шумами, а оптимальный алгоритм оценивания угла прихода помехи описывается соотношением

$$\sin(\hat{\theta}) = \frac{\lambda}{2\pi d} \times \frac{\sum_{k=1}^m (2k-1)\Delta\Phi_k + [2m-1-(2m-3)a]\Delta\Phi_m / (1-a)^2}{\sum_{k=1}^m (2k-1)^2 + (2m-1)[2m-1-(2m-3)a] / (1-a)^2}, \quad (1)$$

где $\hat{\theta}$ – оценка угла прихода волны; λ – длина волны; d – расстояние между элементами антенны; $\Delta\Phi_k$ – значение разности фаз в k -й симметричной паре антенной решетки (АР), отсчитываемой от 1 в ее центре до m на ее краях; a – коэффициент корреляции фазовых флуктуаций в соседних элементах антенной решетки.

Из соотношения (1) видно, что оптимальное оценивание угла прихода помеховой волны сводится к измерениям разностей фаз в симметричных каналах АР с последующим их сумми-

рованием с весовыми множителями процедуры оптимального измерения, которые для от 1 до $m-1$ каналов определяются в виде

$$g_k = \frac{\sum_{k=1}^{m-1} (2k-1)^2}{\sum_{k=1}^{m-1} (2k-1)^2 + (2m-1)[2m-1-(2m-3)a] / (1-a)^2}, \quad (2)$$

а крайние каналы имеют наибольший вес

$$g_m = \frac{[2m-1-(2m-3)a] / (1-a)^2}{\sum_{k=1}^{m-1} (2k-1)^2 + (2m-1)[2m-1-(2m-3)a] / (1-a)^2}. \quad (3)$$

На рис. 1 представлена схема устройства, позволяющего проиллюстрировать особенности оптимальной пространственной обработки при учете флуктуаций фазового фронта помеховой волны. Устройство реализует оптимальный алгоритм угловых измерений (1) для оценки угла прихода помехи и использования этой оценки при пространственной обработке. Обнаружение сигнала осуществляется после компенсации помехи путем просмотра ожидаемых направлений его прихода.

Устройство состоит из n -элементной АР, блока оценки угла прихода помехи, каналов пространственной и временной обработки. Канал пространственной обработки включает блок формирования весового вектора и смесители, которые введены в каждом канале АР. Канал временной обработки сигнала включает блок преобразования сигнала на промежуточную частоту, сумматор, оптимальный фильтр и детектор огибающей.

Управление положением ДН антенной решетки в пространстве при слежении за целями осуществляется при помощи смесителей, на которые подаются отличающиеся по фазе и амплитуде гетеродинные напряжения, создаваемые в блоке формирования весового вектора пространственной обработки. Ширина ДН антенной решетки выбирается исходя из заданной угловой разрешающей способности.

При воздействии помехи в устройстве первоначально осуществляется оптимальная оценка ее угла прихода.

Помеховые колебания с выходов элементов АР поступают на n входов блока преобразования помеховых колебаний на промежуточную частоту. С выходов блока преобразования помеховые колебания симметричных каналов АР поступают на входы m -фазометров. Фазометры на рисунке обозначены как Φ_k ($k = 1, 2, \dots, m$). На выходе фазометров формируются напряжения, пропорциональные разностям фаз помеховых колебаний, поступающих на их входы.

Далее с выходов фазометров сигналы поступают в блок вычисления параметров корреляционной функции, в котором осуществляется вычисление коэффициента корреляции a фазовых флуктуаций в каналах АР. Значение величины коэффициента корреляции поступает далее в блок вычисления весовых коэффициентов процедуры оптимального измерения, которые определяются согласно (2) и (3).

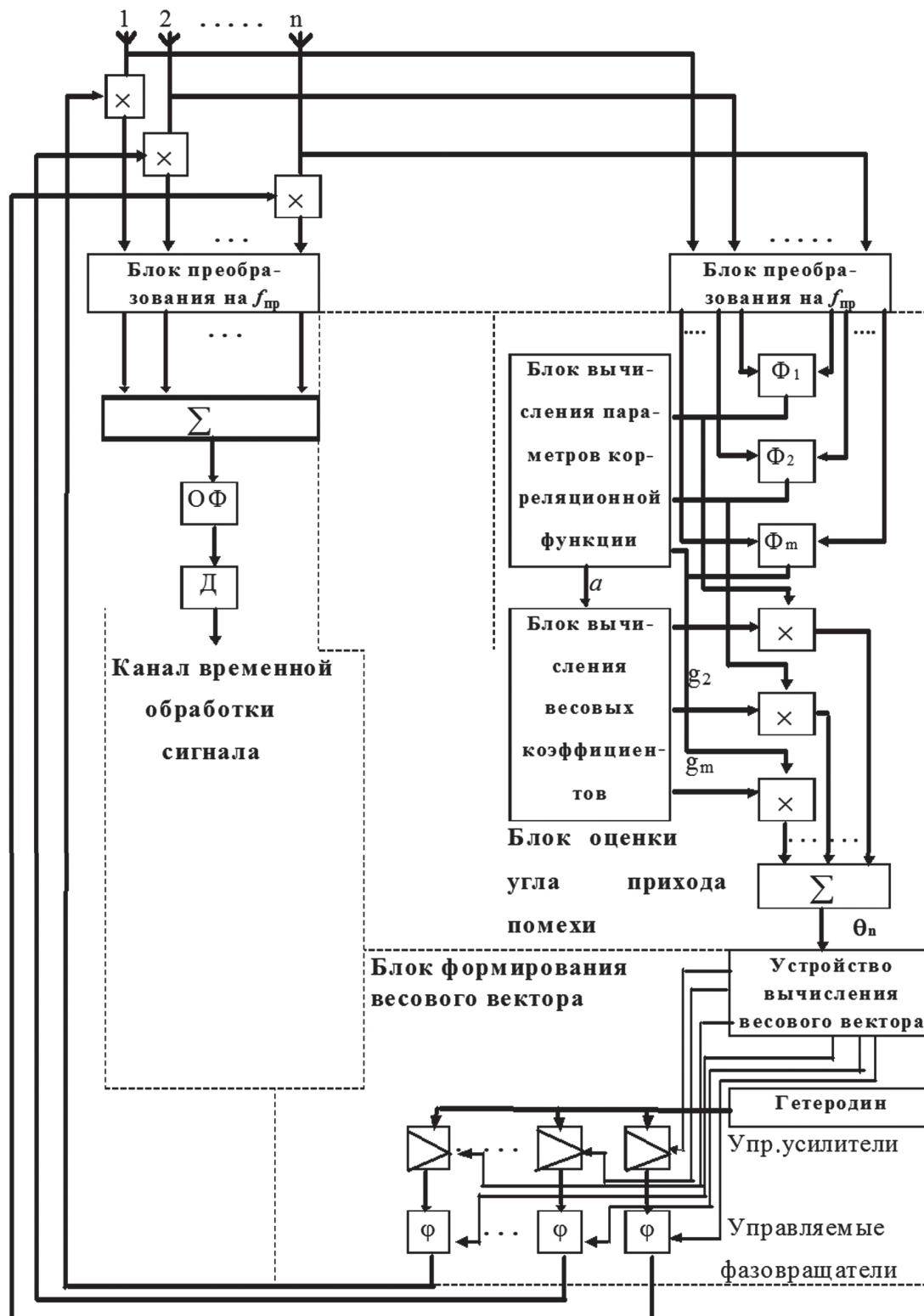


Рис. 1. Устройство оптимального измерения угловых измерений

Значения весовых коэффициентов процедуры оптимального измерения g_k ($k = 1, 2, \dots, m$) с выходов блока вычисления поступают на перемножители, на другие входы которых поступают напряжения с выходов фазометров. Выходы перемножителей подключены ко входам сумматора. На выходе сумматора, являющимся выходом блока оценки, формируется значение оптимальной оценки угла прихода помехи θ , которое далее поступает на вход блока вычисления весового вектора пространственной обработки.

Пространственная обработка и просмотр всех возможных направлений прихода сигнала реализуется путем весового суммирования колебаний, принятых элементами АР, с весовыми коэффициентами пространственной обработки [1, с. 332]. Эти весовые коэффициенты вводятся поканально с помощью смесителей, на которые подаются отличающиеся по фазе и амплитуде гетеродинные напряжения, сформированные в блоке вычисления весового вектора.

Далее осуществляется оптимальная временная обработка сигнала в соответствии с [1, 2].

Численные оценки уменьшения отношения сигнал/шум, вызванного ошибками определения угла прихода помехи, приведенные в [5], (отношение сигнал/шум уменьшается в несколько раз при ошибке, составляющей доли ширины диаграммы направленности антенны) оправдывают некоторые усложнения алгоритма обработки.

Литература

- [1] Ширман Я.Д. Манжос В.Н. Теория и техника обработки радиолокационной информации на фоне помех. — М.: Радио и связь. — 1981. — 416 с.
- [2] Ширман Я.Д. и др. Справочник по радиоэлектронным системам/ под ред. Я.Д. Ширмана. — М.: — 1998. — 825 с.
- [3] Кузь Н.Я. Развитие теории оптимальных и адаптивных методов многоканального приема радиолокационных сигналов на фоне коррелированных помех: Дис. докт. техн. наук. — Харьков. — 1975. — 398 с.
- [4] Черенок Н.Г. Влияние неоднородностей атмосферы на статистические характеристики радиолокационных сигналов и его учет при пространственно-временной обработке: Дис. канд. техн. наук. — Харьков. — 1983. — 235 с.
- [5] Минервин Н.Н., Васюта К.С. Влияние рассогласования между ожидаемыми и истинными значениями углов прихода помеховых волн на эффективность их подавления. / ХТУРЭ. Всеукр. научно-технический сборник / Радиотехника. — 1998. — Вып. 106. — С. 135–139.
- [6] Минервин Н.Н. Васюта К.С. Оптимальное оценивание угла прихода волны при наличии случайных искажений ее фронта и аддитивных помех. — Харьков. / ХТУРЭ. Всеукр. научно-технический сборник / Радиотехника. — 1998. — Вып. 105. — С. 61–68.

Поступила в редколлегию 11.10.2013

Минервин Николай Николаевич, фото и сведения об авторе см. на с. 486.

Васюта Константин Станиславович, фото и сведения об авторе см. на с. 486.

УДК 621.391.26

Особливості компенсації завадової хвилі при флуктуаціях її фазового фронту / М.М. Мінервін, К.С. Васюта // Прикладна радіоелектроніка: наук.-техн. журнал. — 2013. — Том 12. — № 4. — С. 493–495.

Розглядаються особливості компенсації завадової хвилі з урахуванням флуктуацій її фазового фронту. Наводиться оптимальний алгоритм оцінки кута приходу завадової хвилі за наявності випадкових викривлень її фронту та особливості його практичної реалізації. Синтезована структурна схема алгоритму оптимальної просторової обробки, що враховує флуктуації фазового фронту завадової хвилі.

Ключові слова: завадова хвиля, флуктуації, фазовий фронт, просторова обробка.

Л.: 1. Бібліогр.: 6 найм.

UDC 621.391.26

Singularities of compensating an interfering wave at fluctuations of its phase front / N.N. Minervin, K.S. Vasuyta // Applied Radio Electronics: Sci. Journ. — 2013. — Vol. 12. — № 4. — P. 493–495.

Singularities of compensating an interfering wave are considered at the registration of fluctuations of its phase front. An optimal algorithm of estimating an interfering wave arrival corner in the presence of irregular distortions of its front and singularities of its practical implementation are given. The skeleton diagram of an algorithm of optimal spatial processing considering fluctuations of the phase front of an interfering wave is synthesized.

Keywords: interfering wave, fluctuations, phase front, spatial processing.

Fig.: 1. Ref.: 6 items.