

КОМПЕНСАЦИЯ РЕГУЛЯРНЫХ ОШИБОК УГЛОВЫХ ИЗМЕРЕНИЙ ПРИ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ОБРАБОТКЕ РАДИОЛОКАЦИОННЫХ СИГНАЛОВ

Н.Н. МИНЕРВИН, К.С. ВАСЮТА

В статье проводится численная оценка компенсации регулярных ошибок угловых измерений при пространственной обработке для решения задачи электромагнитной совместимости.

Ключевые слова: диаграмма направленности, электромагнитная совместимость, ошибки угловых измерений, пространственная обработка.

ВВЕДЕНИЕ

Решение задачи электромагнитной совместимости в крупных городах является актуальной из-за наличия большого числа телекоммуникационных систем и других источников радиоизлучений. Эти источники оказывают сильное взаимное влияние друг на друга и затрудняют решение задач разрешения сигналов. При разрешении радиолокационных сигналов важно учитывать ошибки измерений, возникающие после обработки.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Образование провалов в диаграмме направленности (ДН) приемной антенны в направлении на источник помехи является основным способом оптимального разрешения сигналов [1, 2, 3]. Естественно, что образование провалов будет приводить к искажению оптимальной ДН по сравнению с согласованной, что видно, например, из рис. 1. Величина максимума главного лепестка оптимальной ДН может уменьшаться при подавлении помехи, в результате чего ослабляется прием в направлении прихода сигнала. Искажение главного лепестка ДН приводит к смещению его максимума относительно истинного (согласованного) направления на источник сигнала.

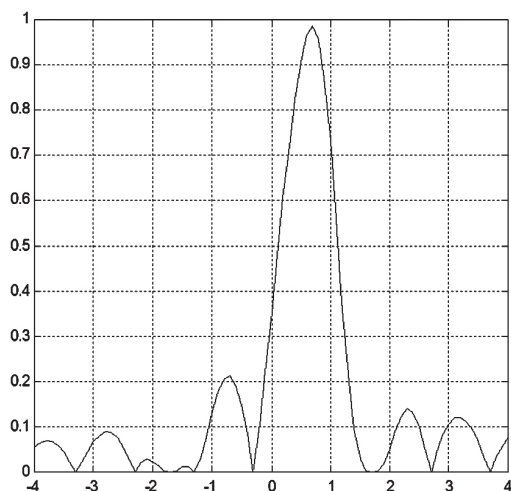


Рис. 1. Оптимальная ДН, полученная при действии помехи по главному лепестку диаграммы направленности

Такое смещение максимума главного лепестка ДН порождает регулярную ошибку определения истинного направления на источник полезного сигнала, возникающую за счет обработки

$$\sigma_{\theta} = \hat{\theta}_{\text{согл.}} - \hat{\theta}_{\text{опт.}}, \quad (1)$$

где $\hat{\theta}_{\text{согл.}}$ — оценка угла прихода, определяемая по направлению максимума согласованной ДН и соответственно $\hat{\theta}_{\text{опт.}}$ — оптимальной.

Для устранения причин возникновения таких ошибок предлагается сформировать симметричный провал по отношению к направлению на источник истинной помехи в оптимальной ДН, компенсирующий ее искажения.

Рассмотрим возможность компенсации угловых смещений максимума оптимальной ДН за счет формирования в ней симметричного провала. При этом будем полагать, что параметры антенны позволяют разделять принимаемые волны.

Результирующее напряжение на выходе устройства оптимальной пространственной обработки можно при этом описать с использованием полученных в [1, с. 338] соотношений

$$\rho_{\text{рез}}(\theta) = \rho(\theta - \theta_{\text{ц}}) - k_1 \rho(\theta - \theta_{\text{п}}) - k_2 \rho(\theta - \theta'_{\text{п}}), \quad (2)$$

где $\rho(\theta - \theta_{\text{ц}})$ — ДН согласованная с направлением прихода сигнала, $\rho(\theta - \theta'_{\text{п}})$ — ДН согласованная с направлением прихода мнимой помехи $\theta'_{\text{п}}$ (симметричная ориентации ДН $\rho(\theta - \theta_{\text{п}})$), $k_1 = k_2 = [\chi_{\text{п}} / (\chi_{\text{п}} + 1)] \rho(\theta_{\text{п}} - \theta_{\text{ц}})$. Направление формирования компенсирующего провала можно определить из условия

$$\theta_{\text{п}} = \theta_{\text{ц}} - 2(\theta_{\text{п}} - \theta_{\text{ц}}). \quad (3)$$

На рис. 2 представлена структурная схема устройства, позволяющего проиллюстрировать формирование в оптимальной ДН провала, ориентированного на источник помехи и компенсирующего ее искажения симметричного провала, ориентированного в направлении на источник мнимой помехи $\theta'_{\text{п}}$.

Устройство состоит из n -элементной антенной решетки (АР). Для формирования в заданных направлениях ДН используется диаграммообра-

зующая схема (ДОС). Для оценки углов прихода сигнала и помехи, коммутации необходимых ДН на вход блока обработки используется решающее устройство (РУ). В РУ так же формируется и коммутируется на вход блока обработки ДН $\rho(\theta - \theta'_n)$, симметричная $\rho(\theta - \theta_n)$, относительно ориентации главного максимума $\rho(\theta - \theta_n)$. Направление ориентации главного максимума $\rho(\theta - \theta'_n)$ определяется в РУ с использованием (3). Для оценки относительной интенсивности помехи в устройстве предусмотрен измеритель мощности. При большой интенсивности помехи значением $\chi_{\text{п}}$ можно пренебречь. Величины $\rho(\theta_n - \theta_n)$ и $\rho(\theta'_n - \theta_n)$ определяются в устройстве вычисления.

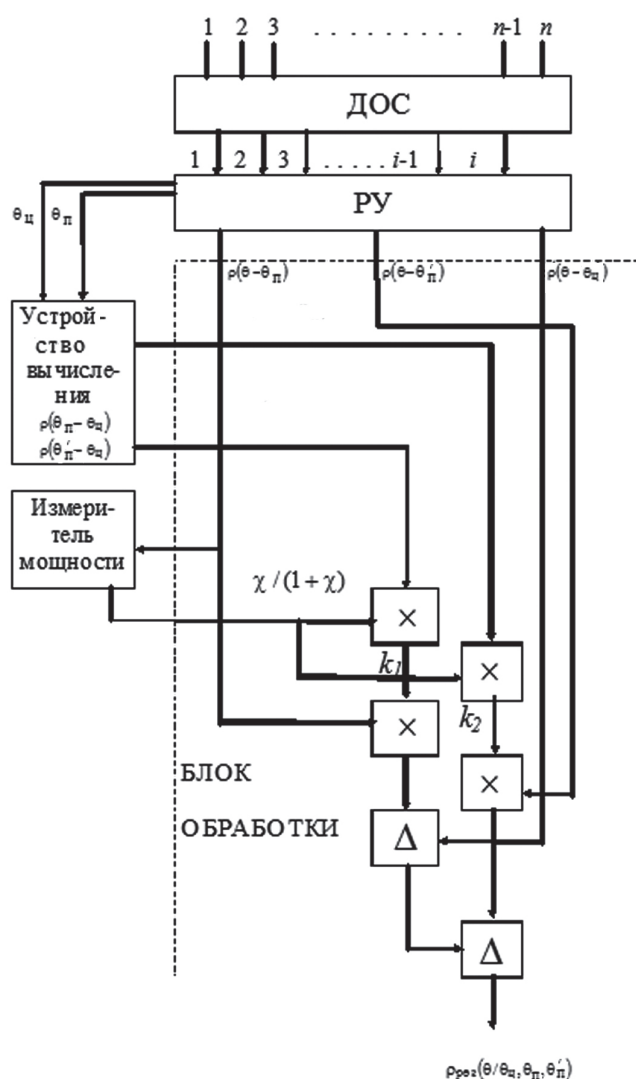
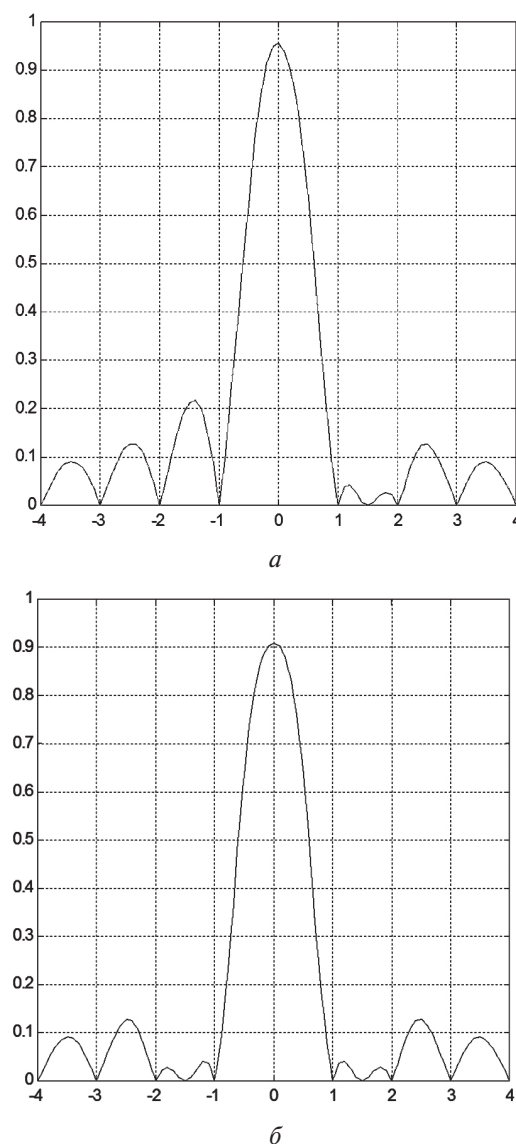


Рис. 2. Устройство, реализующее метод компенсации регулярных ошибок угловых измерений при оптимальной пространственной обработке

В блоке обработки первоначально осуществляется формирование провала в направлении действия истинной помехи на выходе первого устройства вычитания, а затем во втором устройстве — вычитания из оптимальной ДН, определяемой как зависимость выходного напряжения от направления прихода θ , вычитается $\rho(\theta - \theta'_n)$ с величиной коэффициента k_2 .

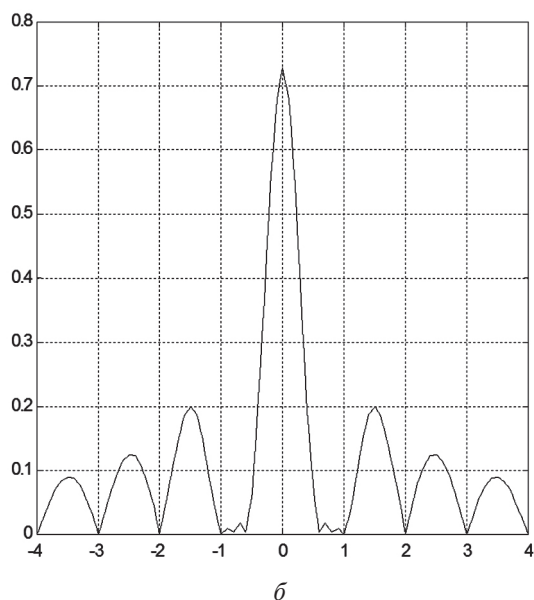
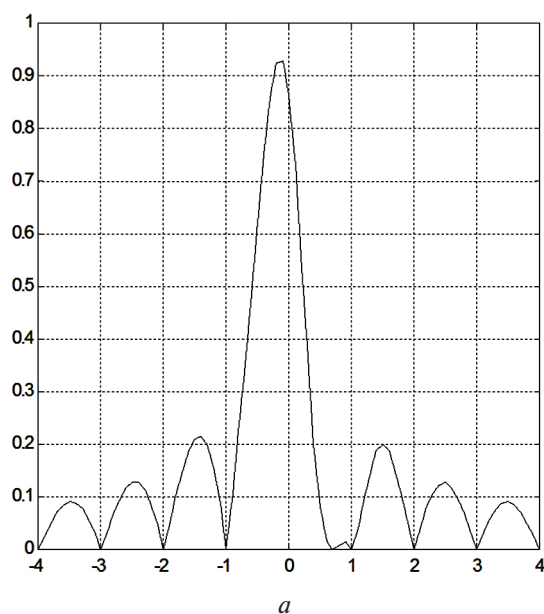
На рис. 3–4 представлены результаты численного анализа компенсации искажений ДН устройством, представленным на рис. 2. На этих рисунках направление $\theta = 0$ соответствует направлению прихода сигнала. Угол θ выражен в единицах, обратных электрическому размеру антенны. На рис. 3, а изображен случай подавления помехи, действующей по первому боковому лепестку ДН, а на рис. 3, б изображена скомпенсированная ДН, имеющая симметричные провалы. Как видно из рис. 3. при таком случае воздействия помехи искажения оптимальной ДН незначительны и формирование в ней симметричного провала приводит к ослаблению приема в направлении прихода сигнала на 10 %.



а — оптимальная ДН;
б — результирующая (скомпенсированная) ДН

Рис. 3

На рис. 4 представлен случай воздействия помехи по главному лепестку ДН устройства обработки. Из рисунков видно, что формирование симметричного провала в оптимальной ДН эффективно компенсирует смещение ее главного максимума.



a – оптимальная ДН;
 $б$ – результирующая (скомпенсированная) ДН
 Рис. 4

Численная оценка границ применимости такого метода компенсации регулярной ошибки показывает, что эффективно его можно использовать лишь при угловом различии между источниками сигнала и помехи не менее $\Delta\theta_{\text{л}} = 0,5$ ширины согласованной ДН. Так как формирование симметричного провала в оптимальной ДН приводит к еще большему ослаблению приема в направлении на источник сигнала. Например, при

угловом различии между источниками сигнала и помехи, равному половине ширины согласованной ДН, это ослабление составляет 75%. В этом случае ошибка измерения угла прихода волны за счет ослабления приема сигнала, выраженная в единицах ширины диаграммы направленности антенны, составляет 0,4 и превышает ошибку, обусловленную искажением ДН, составляющую 0,3.

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] Chin Francois, Foo S.S. An adaptive algorithm for separating and tracking multiple directional sources in linear arrays // IEEE Trans. Antenas and Propog. – 1992. – vol. 40. – № 3. – P. 261–267.
- [3] Ширман Я.Д. и др. Справочник по радиоэлектронным системам / Под ред. Я.Д. Ширмана. – М.: 1998. – 825 с.

Поступила в редколлегию 7.10.2013

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

Компенсация регулярных похибок кутових вимірювань під час просторової обробки радіолокаційних сигналів / М.М. Мінервін, К.С. Васюта // Прикладна радіоелектроніка: наук.-техн. журнал. – 2013. – Том 12. – № 4. – С. 487–489.

У статті проводиться чисельна оцінка компенсації регулярних помилок кутових вимірювань під час просторової обробки для розв'язання задачі електромагнітної сумісності.

Ключові слова: діаграма спрямованості, електромагнітна сумісність, похибки кутових вимірювань, просторова обробка.

Іл.: 4. Бібліогр.: 3 найм.

UDC 621.391.26

Compensating regular errors of angular measurements at space processing of radar signals / N.N. Minervin, K.S. Vasyuta // Applied Radio Electronics: Sci. Journ. – 2013. – Vol. 12. – № 4. – P. 487–489.

The paper gives a numerical evaluation of compensating regular errors of angular measurements at space processing for solving the problem of electromagnetic compatibility.

Keywords: directional pattern, electromagnetic compatibility, errors of angular measurements, space processing.

Fig.: 4. Ref.: 3 items.