



Перспективы решений проблем ЭМС с использованием адаптивных антенных систем с комбинированной обработкой сигналов

Докладчики:

д.т.н. В. Григорьев, к.т.н. И. Хворов

г. Санкт-Петербург

ЭМС: определения

ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ СОВМЕСТИМОСТЬ

Способность радиоэлектронных средств и (или) высокочастотных устройств функционировать с установленным качеством в окружающей электромагнитной обстановке и не создавать недопустимые радиопомехи другим радиоэлектронным средствам и (или) высокочастотным устройствам (Федеральный закон «О связи»).

ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ СОВМЕСТИМОСТЬ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ

Способность технического средства функционировать с заданным качеством в заданной электромагнитной обстановке и не создавать недопустимых помех другим техническим средствам (ГОСТ Р 50397–92).

ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ ОБСТАНОВКА

Совокупность электромагнитных процессов, явлений в заданной области пространства, частотном и временном диапазонах.

ЭМС: меры обеспечения

ТЕХНИЧЕСКИЕ МЕРЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭМС:

- снижение уровней внеполосных и побочных излучений передатчиков;
- повышение избирательных свойств приемников;
- снижение уровней боковых лепестков диаграмм направленности антенн;
- и т.д.

ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ МЕРЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭМС:

- рациональное назначение рабочих частот;
- введение частотных, территориальных, временных и пространственных ограничений, накладываемых на РЭС;
- рациональное ЧТП;
- и т.д.

Адаптивные Антенные Системы (ААС): предпосылки для внедрения

Использование ААС позволит обеспечить улучшение качества беспроводной связи путем:

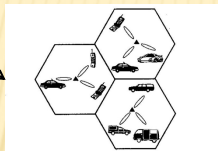
- расширения зоны обслуживания одной базовой станции;
- снижения излучаемой мощности АС и БС;
- повышения числа одновременно работающих в одной зоне обслуживания абонентов;
- повышения пропускной способности каналов управления и трафика;
- устранения влияния внутрисистемных и межсистемных помех, действующих в полосе частот полезного сигнала;
- борьбы с эффектами многолучевости;
- выравнивания мощности сигналов от разноудаленных абонентов на входе приемного устройства;
- осуществления оперативного управления мощностью излучения;
- решения задачи местоопределения;
- и т.д.

Варианты технологического внедрения ААС

1 вариант:

Формирование множества лучей с узкими ДН, используемых для обслуживания соты (отсутствие межсекторного хэндовера, гибкое использование частотных каналов БС, динамическое формирование секторной структуры соты с учетом плотности размещения абонентов на ее территории).

1 вариант



2 вариант

2 вариант:

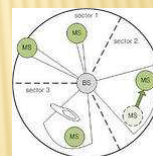
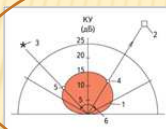
Формирование максимума ДН в направлении прихода полезного сигнала обслуживаемого абонента и нулей ДН в направлениях прихода внутрисистемных помех (уменьшение уровня внутриканальных помех позволяет сократить размер сотового кластера, что повышает коэффициент повторного использования частот и влияние на емкость системы).

Варианты технологического внедрения ААС (продолжение)

3 вариант:

Возможность формирования широкого лепестка ДН при передаче сигналов вызова и управления и определение направлений на абонента; а затем формирование узких лепестков ДН на передачу и прием при связи с абонентом (устойчивая связь с маломощными абонентами).

3 вариант

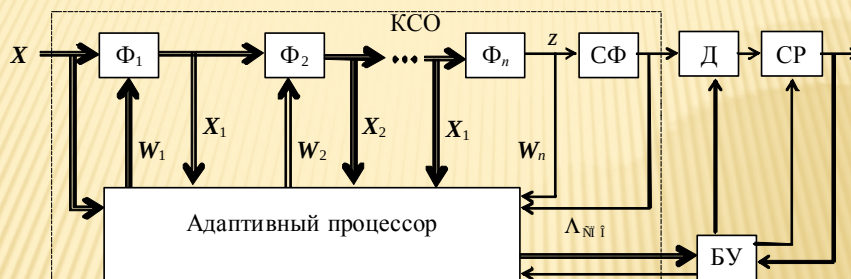


4 вариант

4 вариант:

Реализация технологии пространственного разделения и многократного доступа (SDMA – Spatial Division Multiple Access). Несколько абонентов используют один и тот же канал внутри одной соты, если их разделяет достаточное угловое расстояние.

Общая структура КСО

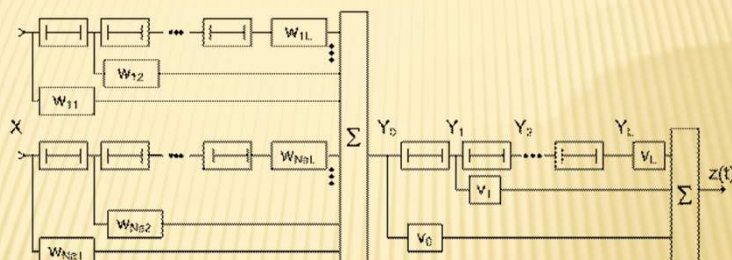


БУ - блок управления
 Д - детектор
 КСО - комбинированная система обработки
 СР - система регулировки
 СФ - согласующий фильтр
 $\Phi_1, \Phi_2, \dots, \Phi_N$ - фильтры

Методы и критерии адаптации



Вариант построения двухкомпонентной КСО



Модель выходного сигнала КСО

$$z(t) = \sum_{j=0}^L v_j^* \sum_{i=1}^{N_d} w_i^* x_i(t - j\tau_0) = \text{tr}(\mathbf{V}^+ \otimes \mathbf{W}^+ \mathbf{X})$$

Основные соотношения для двухкомпонентной КСО

Целевая функция:

$$J_{\text{КСО}} = \overline{(\mathbf{W}^+ \mathbf{X} + \mathbf{Y}^+ \mathbf{V} - d(t))^2}$$

Значение векторов оптимальных весовых коэффициентов:

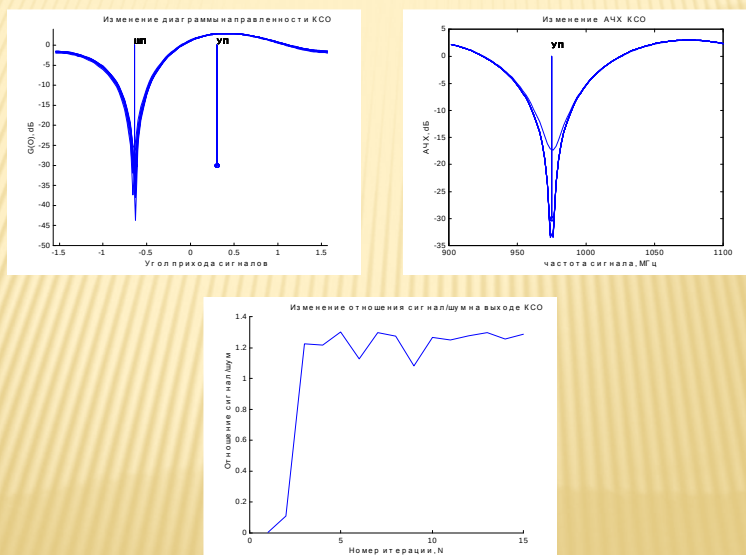
$$\begin{cases} \mathbf{W} = (\mathbf{R}_{XX} - \mathbf{R}_{XY} \mathbf{R}_{YY}^{-1} \mathbf{R}_{YX})^{-1} (\mathbf{R}_{Xd} - \mathbf{R}_{XY} \mathbf{R}_{YY}^{-1} \mathbf{R}_{Yd}), \\ \mathbf{V} = \mathbf{R}_{YY}^{-1} (\mathbf{R}_{Yd} - \mathbf{R}_{YX} \mathbf{W}). \end{cases}$$

Отношение сигнал/помеха+шум

$$h_{\text{с/п+ш}}^2 = h_{\text{с/ш}}^2 b_S^+ \left(\mathbf{R}_{XX} - \mathbf{R}_{XY} \mathbf{R}_{YY}^{-1} \mathbf{R}_{YX} + \sum_{i=1}^L v_i^* (\mathbf{R}_{X_iX} - \mathbf{R}_{X_iY} \mathbf{R}_{YY}^{-1} \mathbf{R}_{Y_iX}) \right)^{-1} b_S (1 + \mathbf{V}^+ \mathbf{V})$$

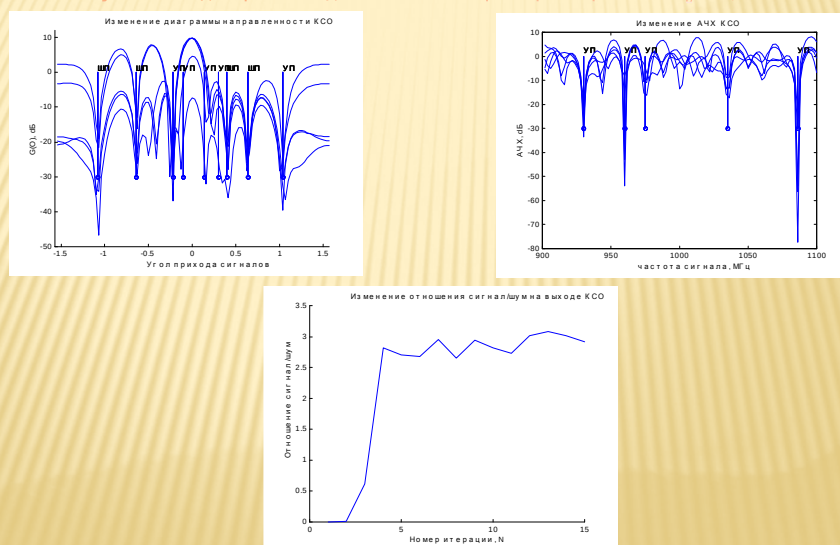
Моделирование двухкомпонентной КСО

Результаты моделирования для двух помех при параметрах КСО $N_s=2$, $L=3$

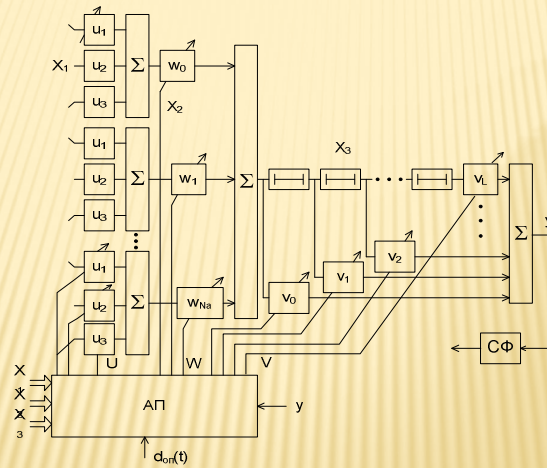


Моделирование двухкомпонентной КСО (продолжение)

Результаты моделирования для 4 ШП+5 УП при параметрах КСО $N_s=10$, $L=17$



Вариант построения поляризационно-пространственно-временной КСО



Модель выходного сигнала КСО

$$\xi(t) = \sum_{i=0}^L v_i \sum_{j=1}^{N_d} w_j \sum_{k=1}^2 u_k x_{jk}(t - i\tau_3) = \text{tr}(V \otimes (WU)^+ X)$$

Основные соотношения для поляризационно-пространственно-временной КСО

Целевая функция:

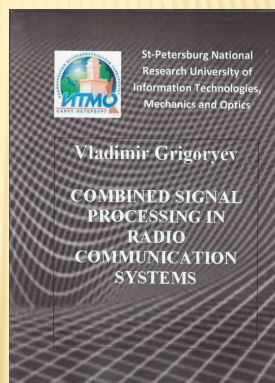
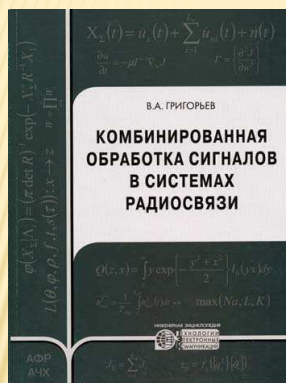
$$J_{\text{КСО}} = \overline{(\xi(t) - d(t))^2} = \overline{\left(\sum_{i=0}^L v_i \sum_{j=1}^{N_d} w_j \sum_{k=1}^2 u_k x_{jk}(t - i\tau_3) - d(t) \right)^2}$$

Значение векторов оптимальных весовых коэффициентов:

$$\begin{cases} R_{XX}U + R_{XY}W + R_{XZ}V - R_{Xd} + \sum_{j=1}^L v_j^* (R_{XjY}U + R_{XjX}W + R_{XjZ}V - R_{Xjd}) + \\ + \sum_{i=1}^L w_i^* (R_{XiY}U + R_{XiX}W + R_{XiZ}V - R_{Xid}) = 0, \\ R_{YX}W + R_{YX}U + R_{YZ}V - R_{Yd} + \sum_{i=1}^L v_i^* (R_{YiY}W + R_{YiX}U + R_{YiZ}V - R_{Yid}) = 0, \\ V = R_{ZZ}^{-1} (R_{ZX}U - R_{ZY}W - R_{Zd}). \end{cases}$$

Значение векторов оптимальных весовых коэффициентов:

$$h_{\text{C/П+В}}^2 = h_{\text{C/В}}^2 \begin{pmatrix} \|U\|^+ & R_{SS}^p & U^+ p_S p_S^+ b_S^+ & 0 \\ \|W\| & p_S^+ U b_S p_S^+ & R_{SS}^n & 0 \\ \|V\| & 0 & 0 & R_{SS}^n \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \|U\| \\ \|W\| \\ \|V\| \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \|U\| R_{mm}^p & R_{pm} & R_{XZ} \\ \|W\| R_{mp} & R_{mm}^n & R_{YZ} \\ \|V\| R_{ZX} & R_{ZY} & R_{mm}^n \end{pmatrix}^{-1}$$



Благодарим за внимание!