

МОНІТОРИНГ РАДІОВИПРОМІНЮВАННЯ В БЛИЖНІЙ І ПРОМІЖНІЙ ЗОНАХ НА ОСНОВІ АЛГОРИТМУ КЕЙПОНА

Авдєєнко Г.Л., Корсак В.В., Якорнов Є.А.

Інститут телекомунікаційних систем НТУУ «КПІ»

E-mail:yakornov@its.kpi.ua

Radio emission monitoring with Capon's algorithm usage in the near and intermediate zones

Spatial selection of radio emission source in near and intermediate zone with modified Capon's algorithm usage in direction-finder of the frequency monitoring system is presented. It is shown that 10.5 GHz interference suppression during intermediate zone's signal-of-interest selection from interferences with almost same bearing angle is not less than 16 dB.

Сучасні системи моніторингу радіовипромінювання (СМРВ) мають виконувати такі функції [1]:

- надання адміністрації, що керує використанням електромагнітного спектра, інформації про фактичне використання частот;
- вимірювання технічних параметрів випромінювань радіоелектронних засобів (РЕЗ) і високочастотних пристроїв, перевірка їх відповідності регламентам, сертифікатам і ліцензіям;
- рішення оперативних, планових та фонових задач радіоконтролю; виявлення, ідентифікація і локалізація на місцевості несанкціонованих джерел радіовипромінювання (ДРВ) і джерел радіозавод, а також джерел, заборонених до експлуатації;
- дослідження в галузі розповсюдження радіохвиль і електромагнітної сумісності РЕЗ для вдосконалення методів планування використання спектра.

Зокрема, мобільна станція [1] здатна виконувати завдання радіоконтролю, в тому числі і сигналів цифрових мереж зв'язку GSM, UMTS, CDMA, TETRA, DECT, а також Wi-Fi і WiMAX та сигналів цифрового телебачення DVB-T/T2 при умові, що джерела знаходяться в дальній зоні (ДЗ). Однак методи пеленгування, закладені в таких системах, не можуть розділити сигнал від заводи у випадку, коли джерела їх випромінювання знаходяться на одному пеленгу по відношенню до системи моніторингу.

Розглянемо можливість розділення сигналів на одному пеленгу на основі модифікованого для ближньої і проміжної зон (БЗ) алгоритму Кейпона [2], який використовує відмінності в сферичності фронтів їх електромагнітних хвиль (ЕМХ).

Для цього визначимо наступну послідовність кроків вирішення задачі:

- 1) сканування простору, обмеженого певним кутом, для того щоб отримати значення пеленгів, з яких приходять сигнали від різних ДРВ;
- 2) застосування модифікованого алгоритму Кейпона [2], що враховує кривизну фазового фронту і визначення відстані до кожного з ДРВ;
- 3) розрахунок згідно [2] адаптивним процесором кореляційної матриці адитивної суміші всіх вхідних сигналів \mathbf{R}_{xx} , оберненої кореляційної матрицю

вхідних сигналів \mathbf{R}_{xx}^{-1} та обчислення вектора-стовпця S_a просторової структури сигналу цього джерела на розкритті АР;

4) розрахунок вектору вагового коефіцієнту АР за критерієм середньоквадратичного відхилення;

5) перемноження вирішуючим пристроєм адитивної суміші сигналів в кожному каналі АР СМРВ на відповідний ваговий коефіцієнт (шляхом вибору необхідного зсуву фаз та внесеного ослаблення амплітуди сигналів) і складання цих перемножених сигналів формування діаграми спрямованості (ДС), яка селектує досліджуваний сигнал від інших завадових. Для виділення кожного з сигналів необхідно сформувати різні вагові коефіцієнти і відповідно різні ДС;

6) після завершення селекції ДРВ можна досліджувати параметри кожного із сигналів окремо від інших.

Один з варіантів спрощеної схемної реалізації підсистеми просторової обробки СМРВ по даному алгоритму наведено на рис. 1.

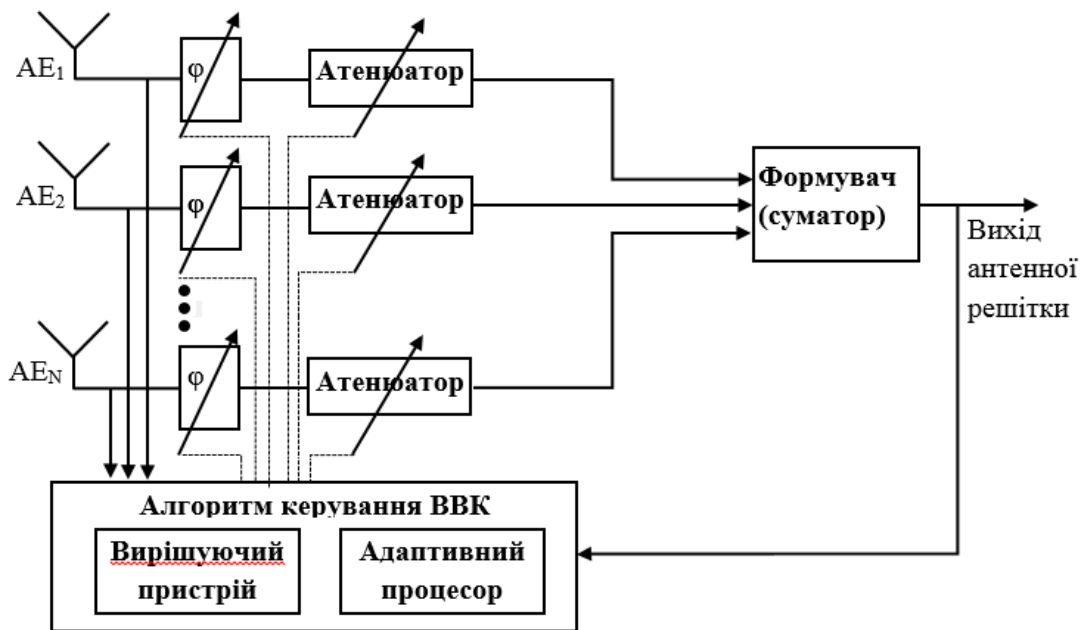


Рис. 1 Підсистема просторової обробки сигналів СМРВ.

Перевірка працездатності запропонованого алгоритму здійснювалася в програмному середовищі Mathcad для наступних вихідних даних: несуча частота $f=10,5$ ГГц, кількість елементів АР $M=10$, ширина бази $L=2\lambda = 6$ см, ширина спектра корисного сигналу $\Delta f=8$ МГц, інтервал дискретизації (для всіх сигналів) $\Delta t=1/2\Delta f = 62.5$ нс, час спостереження $T=10$ мс, число дискрет на інтервалі спостереження $N=160$, ширина діаграми спрямованості (ДС) елементу АР по нулях $2\theta_0 = 44^\circ$. Для цих даних згідно з першим кроком алгоритму напрямки пеленгів по функції Кейпона для плоского фронту ЕМХ зображені на рис. 2. Після того як пеленг завади буде визначений, вирішуючий пристрій вираховує за рівнянням Вінера-Хопфа вагові коефіцієнти для того, щоб сформувати провали в ДС в кутових напрямках, звідки приходиться завада.

Для пеленгації ДРВ зі сферичним фронтом ЕМХ скористаємося модифікованим алгоритмом Кейпона [2].

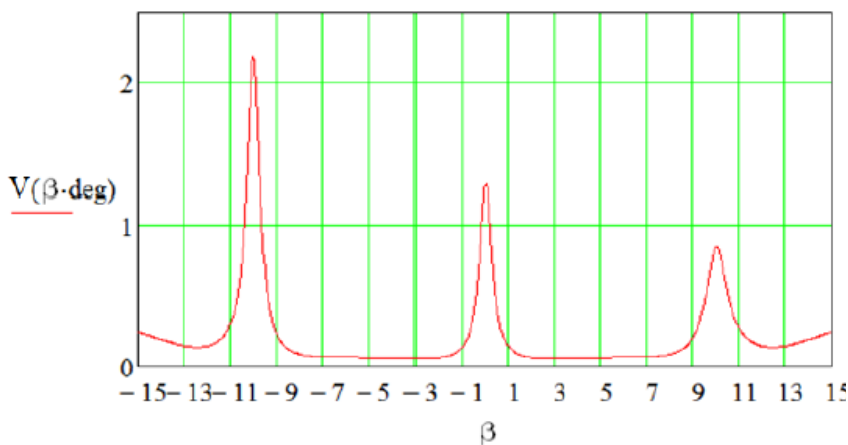


Рис.2 Кутовий спектр напрямів надходження сигналів.

Моделювання просторової селекції сигналів для кутових положень пеленгів, зображених на рис. 2, показало добрі результати по придушенню завади у БЗ. Так, наприклад, після просторової селекції корисного сигналу, що розташовувався на нульовому пеленгу в ДЗ,

його рівень підсилювався на 5,8 дБ, сигнал першої завади, яка також розташовувалася в ДЗ, але на пеленгу 10° – придушувався на 15 дБ, а сигнал другої завади, що розташовувалась в БЗ на пеленгу -10° був придушений на 29,4 дБ.

При моделюванні в MathCad просторової селекції сигналів за умови розміщення завад у проміжній зоні на одній лінії з корисним сигналом з метою наближення до реальних умов поширення радіохвиль джерела завад і корисного сигналу розміщені не на одній лінії, а на дуже малому куті розносу (кутове рознесення 1°). Деякі результати моделювання наведені у табл. 1 при знаходженні ДРВ корисного сигналу на нульовому пеленгу в ДЗ, а ДРВ завад на пеленгах -1° і 1° у БЗ відповідно на відстанях 6 і 5 м від АР СМРВ.

Таблиця 1 Результати розрахунків коефіцієнтів придушення

Сигнали	Пеленги сигналів			Придушення, дБ		
	1-й вар.	2-й вар.	3-й вар.	1-й вар.	2-й вар.	3-й вар.
корисний	0°	$+1^{\circ}$	-1°	8,303	-0,289	-2,325
завада 1	-1°	0°	0°	45	28,491	19,131
завада 2	$+1^{\circ}$	-1°	$+1^{\circ}$	37,684	27,123	16,834

Отже з результатів моделювання (табл. 1) можна зробити висновок, що застосувавши просторове розділення сигналів за формами фазового фронту ЕМХ можна досягти доброго придушення завад навіть при відсутності кутового розносу між напрямками приходу корисного сигналу і завад.

Література

1. Техника для спецслужб [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://www.bnti.ru>.
2. Авдеєнко Г.Л., Корсак В.В., Якорнов Є.А. Модифікація алгоритму Кейпона для визначення пеленгу на джерела радіовипромінювання при сферичних фронтах їх електромагнітних хвиль у місці прийому. Даний збірник.