

СИНТЕЗ МЕТОДІВ ПОЛЯРИЗАЦІЙНО-ЧАСОВОЇ ОБРОБКИ СИГНАЛІВ В СИСТЕМАХ МОБІЛЬНОГО ЗВ'ЯЗКУ НАСТУПНИХ ПОКОЛІНЬ

Савченко Р.О., Москалець М.В.

Науковий керівник – д.т.н., проф. Москалець М.В.

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. ІКІ
м. Харків, Україна

e-mail: roman.savchenko1@nure.ua, mykola.moskalets@nure.ua

Algorithms similar to spatial-temporal processing can be used for polarization-temporal processing of mobile station signals. The solution to the problem of synthesis of polarization-time signal processing methods from the standpoint of optimal stochastic control is considered. Procedures for observation, status and evaluation of the vector of weighting coefficients for adaptive antenna arrays are presented. On the basis of AAR, if necessary, it is possible to implement a spatially-polarization separated reception, which will minimize losses due to multibeam.

Боротьба з завадами шляхом поляризації є перспективним методом обробки, особливо в тих випадках, коли завади діють у межах головної пелюстки діаграми спрямованості приймальної антени. Задачі поляризаційно-часової обробки, так само як і просторово-часової, можуть бути вирішені різними способами. Так, оцінюючи поляризацію сигналів і завад, можна побудувати систему управління поляризаційним базисом приймання антени, що забезпечує безперервну ортогоналізацію, того базису по відношенню до завади. Рішення цієї задачі може бути складним, особливо при нелінійній ситуації, коли умови теореми про поділ не виконуються [1].

Більш конструктивним у даному випадку виявляється підхід, коли оцінці підлягають не самі параметри поляризації спостережуваних сигналів і завад, а значення оптимальних вагових коефіцієнтів $w_i(t)$ при $i = 1, 2$ для антенної системи, що складається з двох взаємно ортогональних антенних елементів, включених між антенними елементами і загальним суматором і забезпечують, наприклад, мінімум середньоквадратичного відхилення (МСКВ) прийнятого сигналу $y(t)$ від еталонного y_E . Очевидно, вибір тих чи інших значень вагових коефіцієнтів $w_i(t)$ призводить до відповідних перетворень поляризаційного базису антеною системи, що, в свою чергу, визначає рівень частково поляризованих сигналів і завад на виході загального суматора, але не чинить впливу на рівень безполяризованого «білого» шуму, що потрапляє в смугу частот прийому.

Рівняння стану вектору вагових коефіцієнтів (ВВК), спостереження і оцінки $\hat{w}(k)$ в даному випадку аналогічні відповідним рівнянням для адаптивних антенних решіток (ААР), [2,3]:

$$\begin{aligned} d\hat{w}_i(t)/dt &= -a_i(t)\hat{w}_i(t) + \sum_{j=1}^N 2K_{ij}(t)V_H^{-1}[y_\ominus(t) - y(t)]x_i(t) = \\ &= -a_i(t)\hat{w}_i(t) + 2V_H^{-1}v(t) \sum_{j=1}^N K_{ij}(t)x_i(t) \end{aligned} \quad (1)$$

Структурна схема пристрою оцінки вагових коефіцієнтів, що згідно з (1) здійснює поляризаційно-часову обробку, представлена на рис.1.

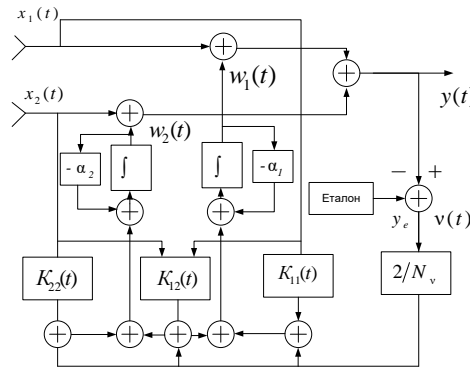


Рисунок 1 – Схема пристрою оцінки вагових коефіцієнтів, що здійснює поляризаційно-часову обробку сигналів

Проаналізуємо ефективність розглянутих задач для різних значень кута δ , що є половиною центрального кута сфери Пуанкаре і точки з'єднання, які відповідають значенням поляризації сигналу і завади. Для аналізу виберемо коефіцієнт, що показує, наскільки рівень сигналу по відношенню до завади на виході системи більший, ніж на вході:

$$\eta = (d_{c_{\text{вих}}} / (d_{z_{\text{вих}}} + d_{ш_{\text{вих}}})) / (d_{c_{\text{вх}}} / (d_{z_{\text{вх}}} + d_{ш_{\text{вх}}})) \quad (2)$$

де $d_{c_{\text{вих}}} = W^T R_c W$, $d_{z_{\text{вих}}} = W^T R_z W$, $d_{ш_{\text{вих}}} = W^T W$ – нормовані по одиничному значенню спектральної щільності потужності неполяризованого "білого" шуму рівні сигналу, завади і самого шуму відповідно. Значення оптимальних вагових коефіцієнтів визначимо з матричного рівняння Вінера-Хопфа $W = R_{xx}^{-1} r_{xy}$, де $R_{xx} = R_c + R_n + R_{ш}$, а $R_c, R_n, R_{ш}$ – кореляційні матриці сигналу, завади і шуму відповідно; r_{xy} – матриця взаємної кореляції між векторами прийнятого і еталонного сигналів.

Незважаючи на те, що процедура аналізу заснована на рівнянні фільтра Вінера, вона для даного випадку може застосовуватися, оскільки фільтр Калмана володіє тією ж ефективністю. Залежність η від d_n

представлена на рис.2, звідки видно, що із зменшенням рівня шуму ступінь придушення завади зростає.

Ефективність зростає також при збільшенні відмінності поляризації сигналу та завади (зі збільшенням δ).

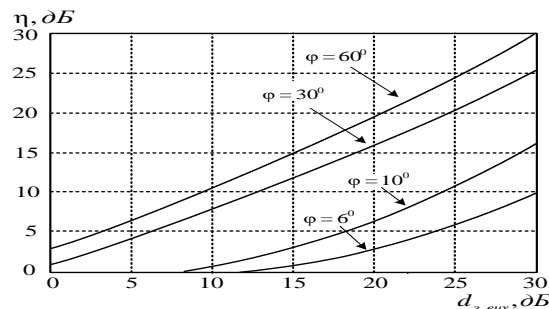


Рисунок 2 – Графіки залежностей коефіцієнта завадозахисту η від значення відмінності кута приходу сигналу і завади $\Delta\theta$

Характерно, що навіть при малій відмінності в поляризаціях сигналу і завади (при $\delta \leq 30^\circ$) можна досягти рівня придушення 20 дБ і більше, що відповідно підвищує якість електромагнітної доступності.

Список використаних джерел:

1. Koliadenko, Y., Moskalets, M., Badieiev, V., Savchenko, R. Method Radio Resource Allocation in Cognitive Radio Network. In: Dovgyi, S., Trofymchuk, O., Ustimenko, V., Globa, L. (eds) Information and Communication Technologies and Sustainable Development. ICT&SD 2022. Lecture Notes in Networks and Systems, vol 809. Springer, Cham, pp 102–115. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-031-46880-3_7
2. Loshakov, V., Moskalets, M., Ageyev, D., Drif, A., Sielivanov, K. Adaptive space-time and polarisation-time signal processing in mobile communication systems of next generations. Lecture Notes on Data Engineering and Communications Technologies, 2021, 48, P.469-488. DOI: 10.1007/978-3-030-43070-2_21
3. Muliar B, Koliadenko YU., Moskalets M., Loshakov V., Martynchuk O., Ageyev D. Interaction Model and Phase States at Frequency Resource Allocation in a Grouping of Radio-Electronic Equipment of 5G Mobile Communication Network. 2022 IEEE 9th International Conference on Problems of Infocommunications, Science and Technology (PIC S&T), 2022, pp. 1-7.