

УДК 004.4:621.391

Фурманова Н.І.¹, Мірошніченко В.В.², Гура Р.О.³

¹ канд. тех. наук, доц., декан ФІБЕК НУ «Запорізька політехніка»

² асп. гр. А-172.13 НУ «Запорізька політехніка»

³ студ. гр. БК-513м НУ «Запорізька політехніка»

АЛГОРИТМ АВТОМАТИЗОВАНОГО СИНТЕЗУ АДАПТИВНОЇ ВИСОКОШВИДКІСНОЇ ПРОГРАМНО-КОНФІГУРОВАНОЇ СИСТЕМИ ПЕРЕДАЧІ ДАНИХ

Адаптивна обробка сигналів застосовується у випадках, коли параметри фільтра неможливо прорахувати заздалегідь. Тобто відбувається постійна зміна умов фільтрації відповідно використання фільтрів з постійними коефіцієнтами недоцільно.

Метою виконання роботи є розробка алгоритму автоматизованого синтезу адаптивної високошвидкісної програмно-конфігурованої системи передачі даних, що враховує характеристики супутникової, радіорелейної та мобільної ліній зв'язку.

Цифрова обробка простіша в обслуговуванні і має більшу продуктивність у порівнянні з аналоговими підсистемами, а активний розвиток даної технології дозволяє постійно знижувати вартість таких пристроїв. Цими факторами пояснюється заміна аналогових блоків на цифрові в приймальній апаратурі.

Реалізація ідеального пристрою SDR в даний час неможлива через високу вартість такої системи та цілком відчутні обмеження технологій, що використовуються в основі систем SDR. Наприклад, існуючі цифрові сигнальні процесори недостатньо швидкі, щоб реалізувати всі функції радіо одночасно. Тому в даний час використовуються кілька бездротових платформ, що в тій чи іншій мірі відповідають факторам архітектури SDR.

Адаптивні системи поділяються на два види. Перший – без зворотного зв'язку. Його сутність полягає у вимірі параметрів вхідного сигналу, внесення даних до обчислювального алгоритму та застосування підсумкових

розрахунків для управління адаптивною системою. Другий - із зворотним зв'язком. Суть даного виду полягає у виявленні впливу на вихідний сигнал, автоматичних поправок даних, що використовуються для вдосконалення умов роботи системи.

При розгляді обох видів систем адаптації можна виявити, що процес можна вважати оператором або «спостерігачем», що проводиться. Параметр вхідного сигналу - корекційний критерій, властивий системі без зворотного зв'язку. А параметр вхідного сигналу та функцією вихідного сигналу є критеріями адаптації другого виду. Адаптація зі зворотним зв'язком рахунок складнішої структури не управляється і залежить від оператора. До обов'язків оператора входить контроль корекції пристрою обробки для збереження продуктивності роботи відповідно до певного критерію, тобто моніторинг даних. У реальних адаптивних системах цю функцію виконують адаптивні чи обчислювальні алгоритми.

Адаптація із зворотним зв'язком більш працездатною. Наприклад, якщо у програмі використовується спільне застосування квадратичних критеріїв помилки та помилки системи, яка не виконує тих чи інших умов. Цей вид адаптації забезпечує вибір раціональних компонентів у разі, коли фізичні величини непостійні чи неточні. Якщо ж є часткові пошкодження, то вона скоригує дані та оптимізує складову, яка була пошкоджена. Ці переваги підвищують безпеку використання системи.

Але оптимізація може стати невизначеним процесом за відсутності мінімумів або ж нестатичність процесу адаптації. Це і є недоліки адаптації із зворотним зв'язком. Але незважаючи на ці недоліки спосіб реалізації адаптації через введення функціонального зворотного зв'язку найбільш поширений і продуктивний.

Адаптивна фільтрація в даний час знаходить найбільше поширення в обробці сигналів. Розробка фільтра за критерієм найменшого квадрата (LMS) дала початок практичному застосуванню адаптивної фільтрації.

Запропоновані математичні моделі дозволяють здійснити розрахунок ймовірностей помилки від середнього відношення сигнал-шум для оптимальних фільтрів. Результати розрахунку для квадратурної амплітудної модуляції КАМ-16 -64 -256 при нерівномірностях АЧХ СФ 0; 0,5; 1; 2; 3 дБ ($\chi=1$) представлені рис.1-3.

3 робіт [2,3] ЕЕП розраховується за такою формулою:

$$\text{ЕЕП} = q(X, L) - q(0, L(M)), \text{ дБ, при } P_{\text{osh}} = \text{const}, \quad (1)$$

де X – нерівномірність АЧХ [дБ].

З вищеописаного сформовано процедуру оцінки впливу нерівномірності АЧХ СФ у демодульовальному пристрої на еквівалентні енергетичні втрати:

- вихідні дані: кратність модуляції (M) (позиційність сигнального сузір'я (L)), нерівномірність АЧХ СФ (X), можливість забезпечення системою заданої помилки на символ (P_{osh}), коефіцієнт нерівномірності сигнального сузір'я (χ);

- етап 1: розрахунок поправочного значення для заданих нерівномірності сигнального сузір'я та позиційності (кратності);

- етап 2: розрахунок ймовірності помилки на символ від середнього значення відношення сигнал-шум при проходженні заданого сигналу через ідеальний оптимальний фільтр демодулюючого пристрою з урахуванням поправочних значень;

- етап 3: розрахунок ймовірності помилки на символ від середнього відношення сигнал-шум при проходженні заданого сигналу через реальний оптимальний фільтр із заданою нерівномірністю АЧХ з урахуванням поправочних значень;

- етап 4: визначення ЕЕП з урахуванням ймовірності помилки на символ (P_{osh}), що висувається вимогами стандарту щодо забезпечення належної якості;

- результат: значення еквівалентного енергетичного програшу в оптимальному (узгодженому) фільтрі.

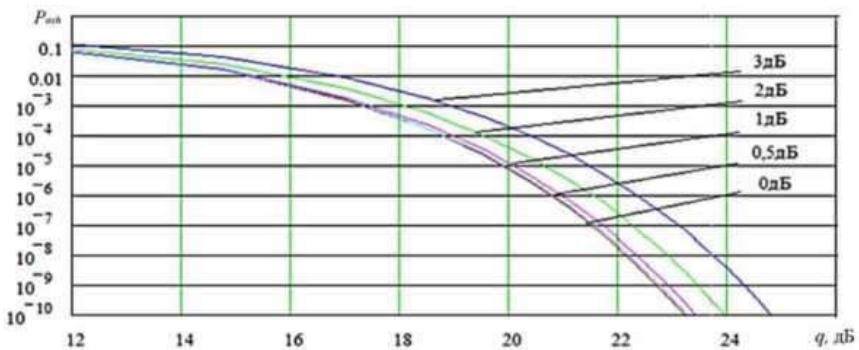


Рисунок 1 - Графік залежності ймовірності помилки на символ від середнього відношення сигнал-шум для заданих нерівномірностей АЧХ оптимального фільтра прийому сигналів з КАМ-16 з коефіцієнтом нерівномірності сигнального сузір'я $\chi=1$

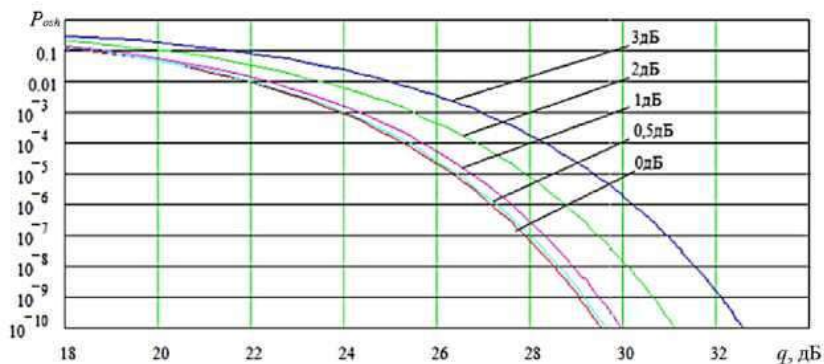


Рисунок 2 - Графік залежності ймовірності помилки на символ від середнього відношення сигнал-шум для заданих нерівномірностей АЧХ оптимального фільтра прийому сигналів з КАМ-64 з коефіцієнтом нерівномірності сигнального сузір'я $\chi=1$

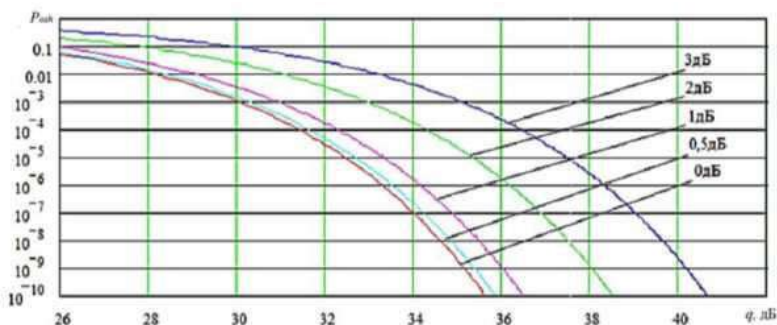


Рисунок 3 - Залежність ймовірності помилки на символ від середнього відношення сигнал-шум для заданих нерівномірностей АЧХ оптимального фільтра при прийомі сигналів з КАМ-256 з коефіцієнтом нерівномірності сигнального сузір'я $\chi=1$

У зв'язку з вищеописаним сформована процедура синтезу адаптивної високошвидкісної програмно-конфігурованої системи передачі, що враховує характеристики лінії зв'язку, за якою відбувається передача даних:

- вихідні дані: передбачуваний час роботи системи (N), тривалість інтервалу опитування (M), тип модуляції, кратність модуляції, коефіцієнт нерівномірності сигнального сузір'я (χ), ймовірність символної помилки (Posh);

- етап 1: визначення залишкового заряду акумуляторної батареї;

- етап 2: порівняння залишкового заряду із зарядом, необхідним для роботи системи;
- етап 3: визначення нерівномірності амплітудно-частотної характеристики радіо тракту, вільного обчислювального ресурсу, довжини імпульсної характеристики адаптивного фільтра;
- етап 4: визначення доцільності використання адаптивного фільтра шляхом порівняння рівня нерівномірності каналу радіотракту та рівня нерівномірності АЧХ фільтра;
- етап 5: синтез адаптивного фільтра.
- результат: адаптивний фільтр із необхідною довжиною імпульсної характеристики.

У результаті виконання роботи розроблено методику та алгоритм синтезу адаптивної високошвидкісної програмно-конфігурованої системи передачі даних з урахуванням характеристик лінії зв'язку, по якій здійснюється передача.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Дані конверсії спектра: АНО "Радіочастотний спектр". - URL: <https://rspectr.com/articles/510/kak-reshit-problemu-deficita-chastot>.
2. Список програмно-визначуваних радіостанцій. Wikimedia Foundation, Inc 2020. - URL: https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_software-defined_radios.