УДК 629.7, 004.67

Бобков Ю.В., к.т.н., доцент

Голярчук Н.О., студент

КПІ ім. Ігоря Сікорського, Київ, Україна

РОЗРОБКА ЦИФРОВИХ АДАПТИВНИХ ФІЛЬТРІВ ДЛЯ ПРИСТРОЇВ АВІОНІКИ

Вступ. Системи авіоніки зазвичай працюють у складних умовах, коли шуми та зовнішні природні або штучні електромагнітні завади суттєво впливають на їх працездатність. Оскільки сучасні пристрої авіоніки широко застосовують прийом, оброблення та передачу інформації у вигляді цифрових сигналів, тому значне місце при їх обробці займають різні види цифрової фільтрації, зокрема адаптивна фільтрація.

Адаптивна цифрова фільтрація є актуальним інструментарієм, що дозволяє ефективно зменшувати завади та шуми, і, відповідно, значно покращувати загальну якість сигналу, що надходить з бортових датчиків або комунікаційних пристроїв систем авіоніки. [1]

Постановка проблеми. Адаптивна фільтрація передбачає внесення змін у параметри цифрового фільтра для підлаштування їх під відомий корисний сигнал. Тобто вона є ефективною, коли параметри корисного сигналу відомі. Одним з таких випадків, що широко застосовується у системах авіоніки, є прийом-передача сигналу на відомій фіксованій частоті.

Різновидом цієї задачі є прийом-передача інформації за допомогою амплітудної модуляції. В такому випадку значення несучої частоти відомо, що дозволяє ефективно застосовувати адаптивну фільтрацію. В літературних джерелах по цифровій фільтрації зазвичай розглядаються загальні питання побудови фільтрів і не розглянуті питання реалізації цифрових адаптивних фільтрів для амплітудно-модульованого сигналу при дії на нього завад та шумів, що можуть бути співрозмірними з корисним сигналом. [2-4]

Метою роботи є розробка та дослідження цифрових адаптивних фільтрів

для обробки амплітудно модульованого сигналу на фоні співрозмірних шумів та завад.

Методологія досліджень. Адаптивний фільтр складається з двох основних частин: цифрового фільтра з регульованими коефіцієнтами та блоку адаптації, який використовується для налаштування або зміни коефіцієнтів фільтра. Загальна структура адаптивного фільтра зображена на рис. 1.

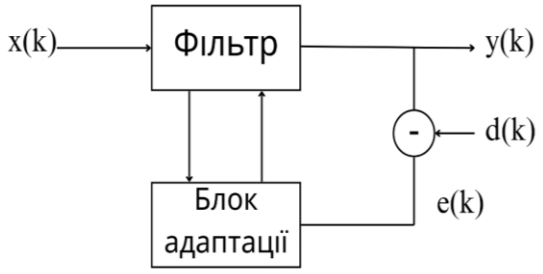

Рисунок 1. Загальна структура адаптивного фільтра

Очевидно, що основним елементом, що визначає особливості даної структури, є саме блок адаптації, а точніше закладений в нього алгоритм адаптації.

На даний час відомо багато стандартних алгоритмів для побудови адаптивних фільтрів, які базуються на теорії оптимальної вінерівської фільтрації. Прообразами більшості адаптивних алгоритмів є: алгоритм Ньютона, алгоритми якнайшвидшого спуску і алгоритми за критерієм найменших квадратів. До простих адаптивних алгоритмів відносяться різновиди градієнтних алгоритмів, наприклад: за критерієм найменших квадратів (Least Mean Square, LMS); його нормалізована версія (Normalized LMS, NLMS). До більш складних адаптивних алгоритмів можна віднести різновиди рекурсивних алгоритмів за критерієм найменших квадратів (Recursive Least Square) та фільтр Вінера. [2-4]

На основі проведеного аналізу для подальших досліджень було обрано цифрові адаптивні фільтри LMS (NLMS), RLS та Вінера, для яких було розроблено алгоритми роботи. Для проведення досліджень використовувалось програмне середовище MATLAB та Simulink, для яких було розроблено відповідне програмне забезпечення.

Приклад розробленої структурної схеми в Simulink для NLMS і RLS цифрових фільтрів для дослідження ефективності адаптивної фільтрації для амплітудно модульованого сигналу при різних рівнях шумів наведено на рис. 2.

Для визначення ефективності адаптивних фільтрів передбачено їх порівняння зі звичайними цифровими фільтрами високих та низьких частот.

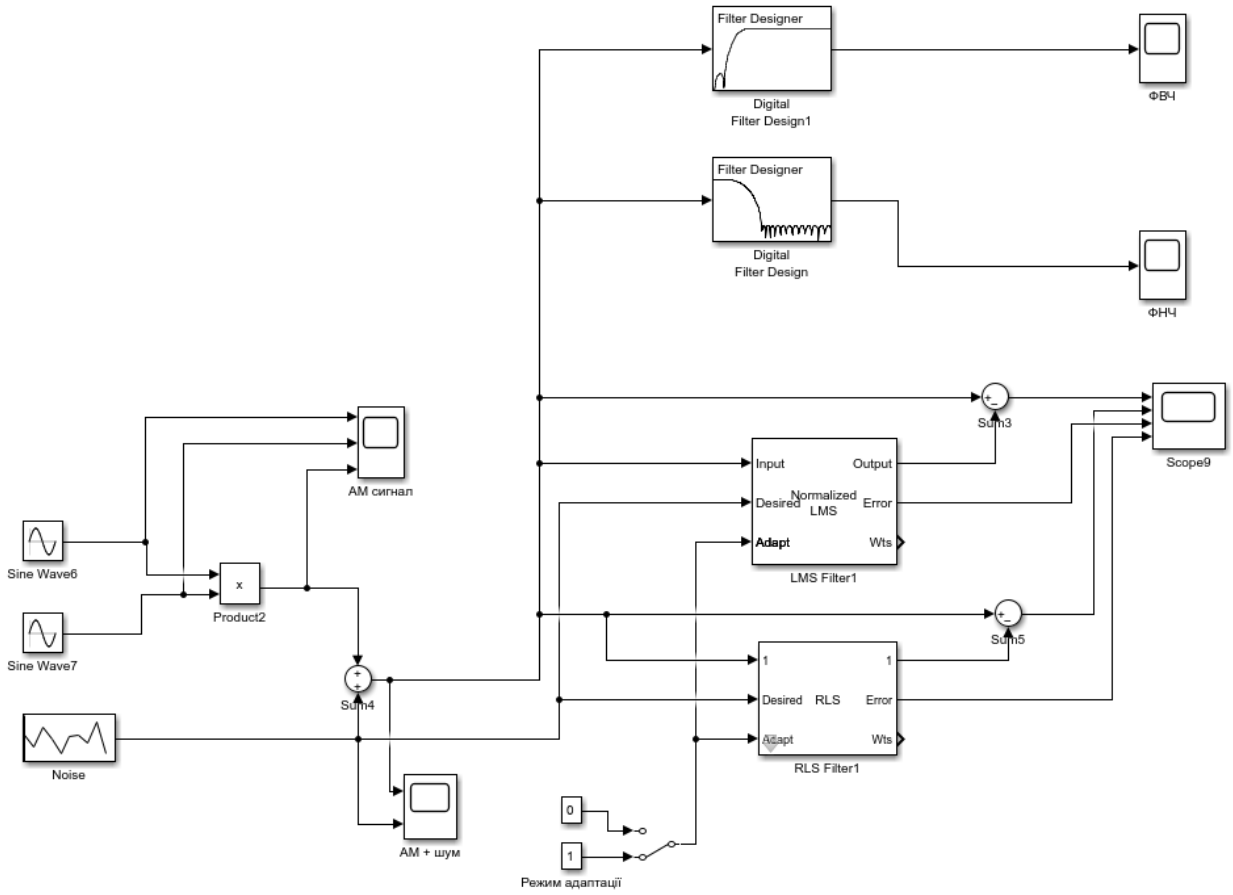

Рисунок 2. Структурна схема для дослідження LMS і RLS цифрових фільтрів в середовищі Simulink

Результати. Були проведені дослідження цифрових адаптивних фільтрів із застосуванням розробленого програмного забезпечення. Модельні дослідження проводились для амплітудно модульованого сигналу з відомими параметрами несучої частоти та амплітуди і при різних рівнях шуму, що обирались у відсотках до амплітуди корисного сигналу, а саме: 10%, 50%, 100%, 300%. У якості моделі для шумового сигналу було обрано білий шум. Оцінка ефективності визначалась за значенням середньоквадратичного відхилення (СКВ) для кожного з фільтрів при різних рівнях шуму. Результати досліджень наведені в табл. 1.

Проведені дослідження показали, що для амплітудно-модульованого

сигналу RLS-фільтр забезпечує найвищу точність і найменший час адаптації до сигналу, особливо при високому рівні шумів, але має високу обчислювальну складність і чутливість до налаштувань параметрів адаптації.

Таблиця 1. Значення СКВ для фільтрів при різних рівнях шумів

Рівень шуму	СКВ RLS, %	СКВ LMS, %	СКВ Вінера, %
10 %	0.49852	0.49953	0.49848
50 %	0.48970	0.49307	0.48970
100 %	0.49076	0.48789	0.49027
300 %	0.48280	0.47714	0.48232

LMS-фільтр простий у реалізації та ефективний при низькому або середньому рівні шумів, однак повільніше адаптується і залежить від правильного вибору кроку навчання.

Фільтр Вінера оптимально виділяє огинаючу амплітудно-модульованого сигналу при відомих статистичних характеристиках шуму, але не підходить для змінних або непередбачуваних шумів.

Результати роботи LMS-фільтра при виділенні амплітудно-модульованого сигналу при рівні шуму 100 % наведені рис. 3.

Для порівняння наведено також результат роботи фільтра високих частот. Як видно із рис. 3 фільтр високих частот не зміг виділити корисний сигнал, на відміну від адаптивного цифрового LMS-фільтра.

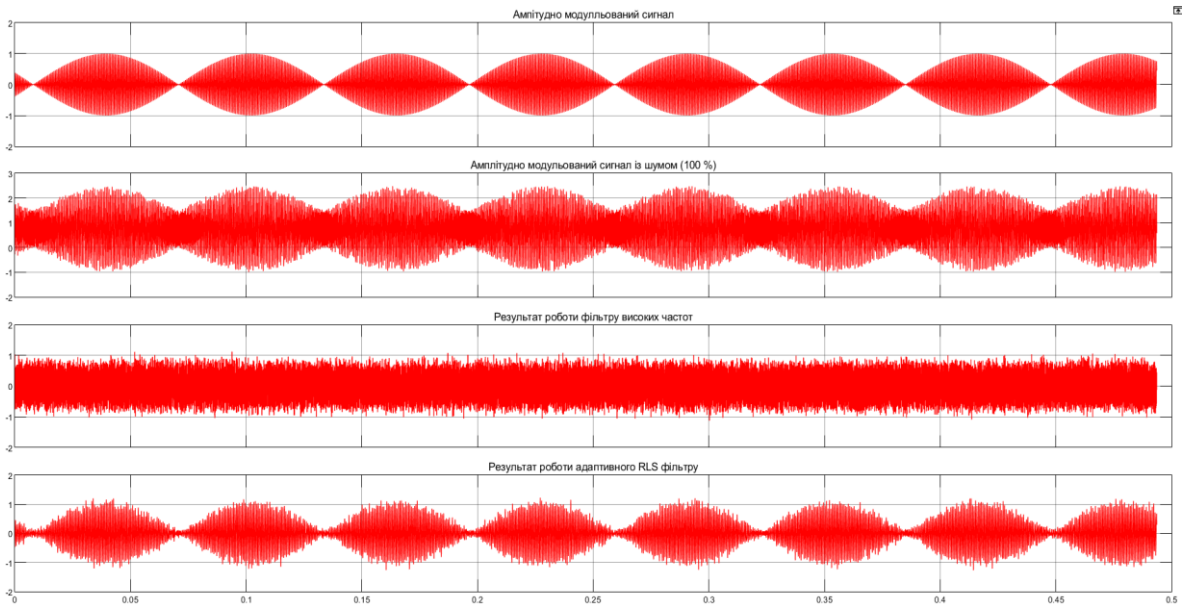

Рисунок 3. Результат роботи LMS-фільтра і фільтра високих частот

Висновки. В роботі було розроблено алгоритми роботи цифрових адаптивних фільтрів і програмне забезпечення для їх реалізації у середовище MATLAB та Simulink.

Проведені дослідження цифрових фільтрів RLS, LMS і Вінера показали їх високу ефективність при виділенні амплітудно-модульованого сигналу на фоні співрозмірних шумів, особливо у порівнянні зі звичайними цифровими фільтрами високих і низьких частот. СКВ похибки цифрових адаптивних фільтрів коливалось в межах 0,48-0,50 %.

Джерела

1. Хайкін С. Адаптивні фільтри. Основи теорії та застосування. – К.: Техніка, 2007. – 480 с.
2. Widrow B., Stearns S. D. Adaptive Signal Processing. – Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1985. – 474 p.
3. Hayes M. H. Statistical Digital Signal Processing and Modeling. – New York: John Wiley & Sons, 1996. – 642 p.
4. Simon D. Optimal State Estimation: Kalman, H Infinity, and Nonlinear Approaches. – Hoboken: Wiley-Interscience, 2006. – 552 p