

УДК 681.515.8

Делявський М.В., Здолбіцька Н.В., Здолбіцький А.П., Лябук М.Ю.  
Луцький національний технічний університет

## ДОСЛІДЖЕННЯ СІХ-ФІЛЬТРІВ З ДОПОМОГОЮ СЕРЕДОВИЩА LABVIEW

**Делявський М.В., Здолбіцька Н.В., Здолбіцький А.П., Лябук М.Ю.** Дослідження СІХ-фільтрів з допомогою середовища LabVIEW. Стрімкий розвиток науки та техніки вимагає постійного оновлення методів та змісту навчального матеріалу. Застосування комп'ютерних можливостей при вивченні навчальних дисциплін надає можливості візуалізації навчального матеріалу. У даній статті розглядаються СІХ-фільтри. Для цього використовуються ВП, що входять до складу набору інструментів розробки цифрових фільтрів Digital Filter Design (DFD середовища LabVIEW).

**Ключові слова:** цифрова обробка сигналів, СІХ-фільтр, проектування, LabVIEW, АЧХ, швидке перетворення Фур'є.

**Делявський М.В., Здолбіцька Н.В., Здолбіцький А.П., Лябук М.Ю.** Исследование КИХ-фильтров с использованием среды LabVIEW. Стремительное развитие науки и техники требует постоянного обновления методов и содержания учебного материала. Применение компьютерных возможностей при изучении учебных дисциплин предоставляет возможности визуализации учебного материала. В данной статье рассматриваются КИХ-фильтры. Для этого используются ВП, входящих в состав набора инструментов разработки цифровых фильтров Digital Filter Design (DFD среды LabVIEW).

**Ключевые слова:** цифровая обработка сигналов, КИХ-фильтр, проектирование, LabVIEW, АЧХ, быстрое преобразование Фурье.

**Delyavskyy M.V., Zdolbitska N.V., Zdolbitsky A.P., Lyabuk M.Yu.** Research FIR filters using the LabVIEW environment. The rapid development of science and technology requires constant updating methods and content of educational material. Application of computer possibilities in the study of subjects provides visualization of educational material. This article looks at SIH filters. For this purpose, EP, forming part of a set of development tools of digital filters Digital Filter Design (DFD environment LabVIEW).

**Keywords:** digital signal processing, FIR filter, design, LabVIEW, frequency response, fast Fourier transform.

**Постановка наукової проблеми.** Стрімкий розвиток науки та техніки вимагає постійного оновлення методів та змісту навчального матеріалу. Вивчення таких дисциплін як «Програмування алгоритмів цифрової обробки сигналів та зображень» та «Проектування комп'ютерних засобів обробки сигналів» студентами спеціальності «комп'ютерні системи та мережі» супроводжується використанням середовища LabVIEW для візуалізації навчального матеріалу.

Протягом останніх років спостерігається тенденція використання цифрових пристроїв у різноманітних сферах науки і техніки. Мікросхеми, програмовані логічні матриці та інші електронні компоненти є основою апаратних платформ систем цифрової передачі даних, обробки зображень з високою роздільною здатністю. Тому цифрову обробку сигналів можна вважати ключовою інформаційною технологією реального часу, що обумовлює актуальність запровадження у навчальному процесі відповідних дисциплін, в яких вивчаються алгоритми й методи цифрової обробки сигналів (ЦОС).

**Аналіз досліджень.** Використання середовища LabVIEW дозволяє моделювати процеси в цифрових пристроях. Виконуючи лабораторні роботи, студенти вивчають моделі сигналів, аналогово-цифрове та цифро-аналогове перетворення, цифрові фільтри, спектральний аналіз сигналів на основі дискретного перетворення Фур'є (ДПФ) і швидкого перетворення Фур'є (ШПФ). LabVIEW – графічна альтернатива звичайному програмуванню, з допомогою LabVIEW можна створювати графічні програми, що називаються віртуальними пристроями на противагу традиційним текстовим програмам.

**Виклад основного матеріалу та обґрунтування результатів дослідження.**

Фільтр – це система, що змінює форму сигналу, його амплітудно-частотну або фазово-частотну характеристику. Основною метою фільтрації є поліпшення якості сигналу: розділення декількох сигналів, подавлення шумів.

На даний час є поширеними цифрові сигнали. В порівнянні з аналоговими фільтрами цифрові мають ряд переваг:

- цифрові фільтри мають більшу точність, так як на практиці точність аналогових сигналів обмежена;
- цифрові фільтри простіші в моделюванні та проектуванні ніж аналогові;
- один цифровий фільтр може обробляти декілька вхідних сигналів без дублювання апаратних блоків;
- відфільтровані дані можна зберігати для подальшого використання.

Цифрові фільтри поділяють на фільтри з обмеженою по часу імпульсною характеристикою (СІХ-фільтри) та фільтри з необмеженою по часу імпульсною характеристикою (НІХ-фільтри).

Цифрові фільтри можуть бути реалізовані апаратно, програмно або апаратно-програмним способом. Під програмною реалізацією розуміємо представлення фільтра у вигляді програми, написаній на мові програмування. В процесі проектування цифрових фільтрів спочатку формулюються вимоги до бажаних характеристик фільтра, за яким згодом розраховуються параметри фільтра. Існує велика кількість програм, в яких цифрові фільтри повинні працювати в межах реального часу. На них накладаються певні вимоги в залежності від частоти дискретизації і складності фільтра. Ключовим моментом являється те, що обчислення повинні проводитися протягом інтервалу дискретизації, бути готовим до обробки наступного об'єму даних.

Вираз для КІХ-фільтра являє собою наступне різницеве рівняння:

$$y[n] = \sum_{k=0}^n a_k x[n-k] \quad (1)$$

де  $a_k$  – коефіцієнти фільтра, а  $N$  – число нулів, або порядок фільтра. Згідно з цим рівнянням, сигнал  $y[n]$  на виході СІХ-фільтра залежить від поточного вхідного відліку та від кількох попередніх вхідних відліків  $x[n-k]$ .

Для проектування оптимального КІХ-фільтра зазвичай використовується метод рівномірних пульсацій. На Рис. 1 показані характеристики фільтрів, спроектованих за допомогою доступних методів проектування, таких як метод рівномірних пульсацій, вікно Кайзера та вікна Дольфа-Чебишева. У порівнянні з іншими методами метод рівномірних пульсацій дає характеристики, відхилення яких від ідеальних характеристик найбільш рівномірно розподілені між смугою пропускання та смугою затримки.

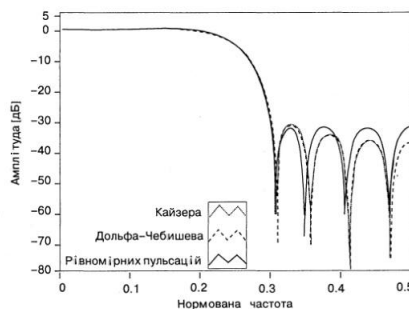


Рис. 1. Характеристики фільтрів, отриманих різними методами проектування СІХ-фільтрів

В порівнянні з НІХ-фільтрами, СІХ-фільтри вимагають меншої точності і більш стійкі при обчисленнях. У Таблиці 1 наведені відмінності між СІХ- і НІХ-фільтрами.

Таблиця 1. Властивості СІХ-фільтра в порівнянні з властивостями НІХ-фільтра

Ознака	СІХ-фільтр	НІХ-фільтр
Лінійна фазова характеристика	Можлива	Неможлива
Частотна характеристика	Легко здійснено	Складніше
Стабільність	Завжди стабільний	Умовно стабільний
Рекурентність	Не рекурентний	Рекурентний
Обчислювальна складність	Більше операцій	Менше операцій
Точність інформаційного каналу	Потрібна менша точність	Потрібно більша точність
Граничні цикли	Не виникають	Можуть виникати

Нині використовується різноманітне програмне забезпечення, що дозволяє моделювати процеси у цифрових пристроях. На лабораторних роботах розробляються СІХ-і НІХ-фільтри. Для цього використовуються ВП, що входять до складу набору інструментів розробки цифрових фільтрів Digital Filter Design (DFD середовища LabVIEW).

Вид функції палітри фільтрів (Filters) та двох підпалітр СІХ-фільтри (Advanced FIR Filtering) і НІХ-фільтри (Advanced IIR Filtering) показано на рисунку 2.

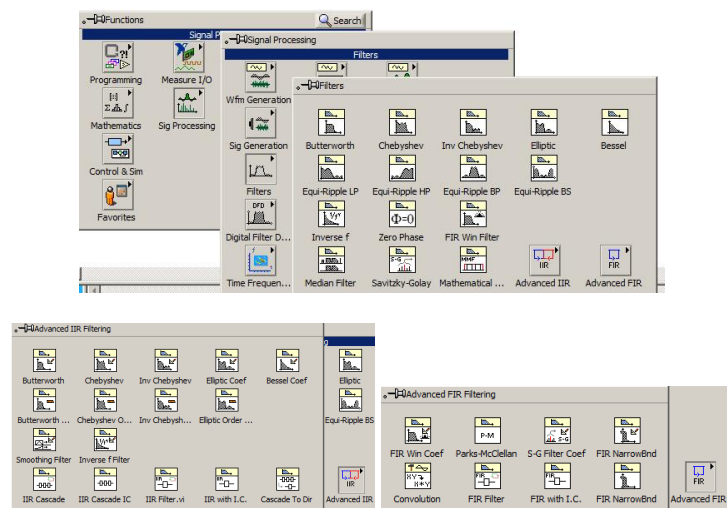


Рис. 2. Вид основної палітри та додаткових палітри

Щоб створити фільтр з використанням набору інструментів DFD, необхідно розмістити на блок-діаграмі експрес ВП DFD Classical Filter Design (Functions → Addons → Digital Filter Design Filter Design DFD Classical Filter Design). В діалоговому вікні відображається амплітудно-частотна характеристика та графік розташування нулів і полюсів на z-площині, відповідні специфікації фільтрів. Як тільки експрес ВП сконфігуровано, його назва змінюється відповідно до заданого типу фільтра, для нашого прикладу - Equi-Ripple FIR Lowpass Filter (СІХ-фільтр нижніх частот з рівномірними пульсаціями). Тип фільтра буде відобразитися на блок-діаграмі (рис. 3). Лицьова панель СІХ-фільтра зображена на рисунку 4.

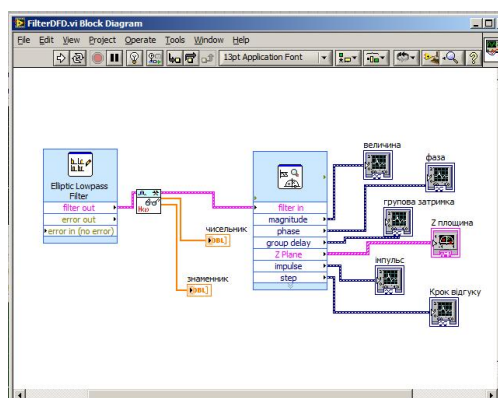


Рис. 3. Створення та аналіз СІХ-фільтра з використанням набору інструментів DFD

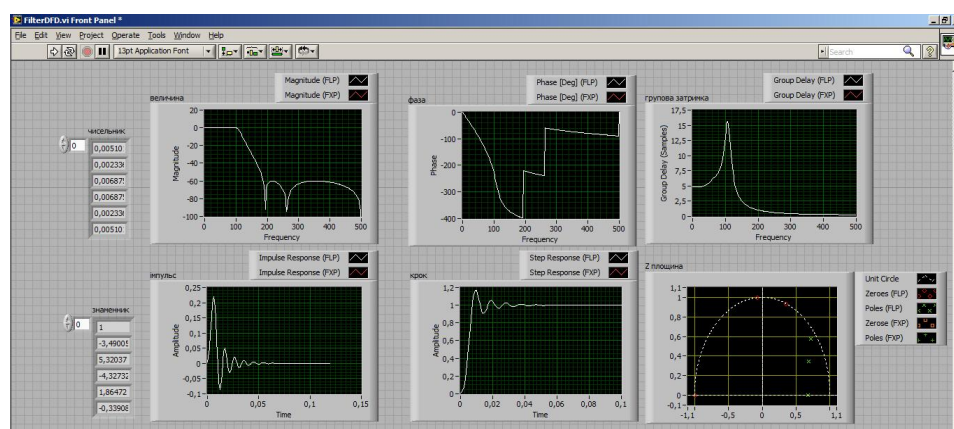


Рис. 4. Лицьова панель СІХ-фільтра

На входах фільтра задають тип фільтра (filter type) і його параметри (частоти зрізу, порядок, коефіцієнти НІХ та СІХ-фільтрів, нерівномірність в полосі затухання і т.д.). тип фільтра задається цифрою (0 – ФНЧ, 1 – ФВЧ, 2 – полосовий фільтр, 3 – ежекторний фільтр).

Equi-Ripple BandPass – полосовий СІХ-фільтр з рівнохвильовою АЧХ.

Входи для фільтра:

- вхід 1 – сигнал,
- вхід 2 – частота дискретизації,  $f_s$ ,
- вхід 3 – верхня частота смуга пропускання (higher pass freq),
- вхід 4 – верхня нижня частота смуга пропускання (lower pass freq),
- вхід 5 – нижня частота смуги загородження (lower stop freq),
- вхід 6 – верхня частота смуги загородження (higher stop freq),
- вхід 7 – число відводів (# of taps).

Вихід: фільтрований сигнал.

У віртуальному приладі, що представлено на блок-діаграмі рисунку 5 для виконуються наступні дії: пропускається імпульсний сигнал через фільтр, далі фільтрований сигнал передається від блоку фільтра до блока швидкого перетворення Фур'є, де визначається тип фільтра. На виході сигнал є імпульсом відгуку фільтра. Лицьова панель СІХ-фільтра з рівнохвильовою АЧХ показана на рисунку 6.

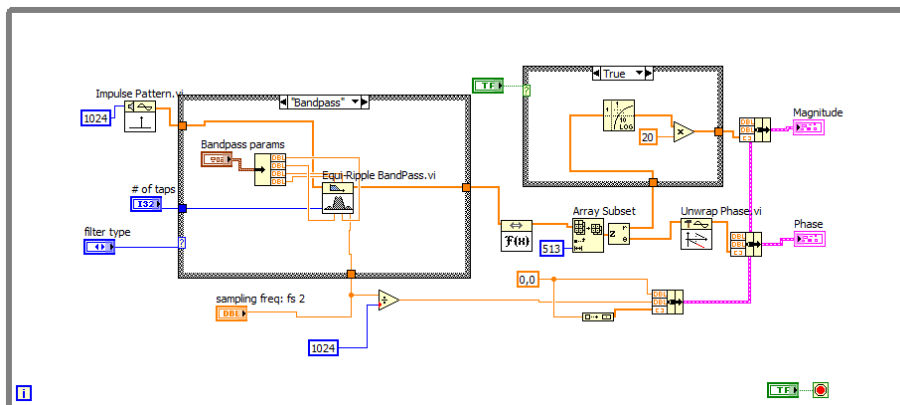


Рис. 5. Блок-діаграма СІХ-фільтра з рівнохвильовою АЧХ

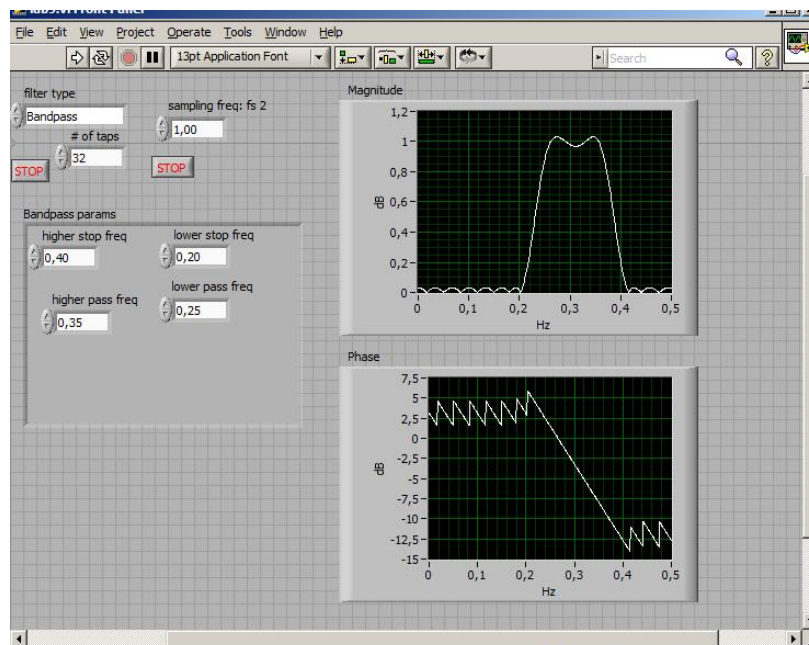


Рис. 6. Лицьова панель СІХ-фільтра з рівнохвильовою АЧХ

**Висновки.** Використання нових інформаційних технологій в навчанні дозволяє реалізувати СІХ-фільтри в лабораторному практикумі. Важливими перевагами застосування технологій LabVIEW є можливість наглядної імітації реального фізичного експеримента шляхом використання віртуальних

приладів, застосування моделей реальних сигналів, а також обробка отриманих раніше експериментальних даних.

Виконання лабораторних робіт при вивченні дисциплін «Проектування комп'ютерних засобів обробки сигналів» забезпечує отримання студентами таких навичок і умінь:

- побудова віртуальних приладів для формування детермінованих та випадкових сигналів із заданим набором параметрів у програмному пакеті LabVIEW;
- вивчення вбудованих функцій цифрової фільтрації у LabVIEW та пакету розширення Digital Filter Design (DFD);
- побудова віртуальних приладів для реалізації типової системи цифрової обробки сигналів у LabVIEW з використанням експрес ВП DFD Classical Filter Design.

1. Айфичер Э.С., Джервис Б.У. Цифровая обработка сигналов: практический подход, 2-е издание.: Пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2004. – 992 с.
2. Батоврин В. К., Бессонов А. С., Мошкин В. В., Папуловский В. Ф. LabVIEW: практикум по основам измерительных технологий / под ред. В. К. Батоврина. 2-е изд, переработ. и доп. – М.: ДМК Пресс, 2009. – 232 с.
3. Гадзиковский В.И. Теоретические основы цифровой обработки сигналов. – М.: Радио и связь, 2004. – 344 с.
4. Дьяконов В.П. Современные методы Фурье и Вейвлет анализа и синтеза сигналов // Современная измерительная техника. modern instrumentation [http://www.kipis.ru/upload/kipis\\_articles/article\\_Dyakonov\\_No5-6-2009.pdf](http://www.kipis.ru/upload/kipis_articles/article_Dyakonov_No5-6-2009.pdf)
5. Евдокимов Ю.К., Линдваль В.Р., Щербаков Г.И. LabVIEW для радиоинженера: от виртуальной модели до реального прибора. Практическое руководство для работы в программной среде LabVIEW. – М.: ДМК Пресс, 2007. – 400 с.
6. Кехтарнаваз Н., Ким Н. Цифровая обработка сигналов на системном уровне с использованием LabVIEW. / Пер. с англ.. – М.: Издательский дом «Додэка-XXI», 2007. – 304 с.
7. Корниенко В.Т. Использование виртуальных приборов LABVIEW в учебном процессе для скремблирования цифрового потока данных // Известия ЮФУ. Технические науки .182-186 с.
8. Монашко С.Ю., Здолбіцька Н.В., Здолбіцький А.П. Arduino – проект рухомої веб-камери // Міжвузівський збірник “Комп’ютерно-інтегровані технології: освіта, наука, виробництво” – Луцьк: Видавництво ЛНТУ. – Вип. 15. – 2014. – С. 32–36.
9. Оппенгейм А., Шафер Р. Цифровая обработка сигналов. Издание 3-е, исправленное. – Москва: Техносфера, 2012. – 1048 с.
10. Перекрест А.Л., Гаврилец Г.О., Снігур В.В.. Реалізація завдань цифрової обробки сигналів з використанням віртуальних та фізичних лабораторних стендів. // Інженерні та освітні технології в електротехнічних і комп’ютерних системах. [Електронний журнал] – Кременчук : КрНУ, 2014. – Вип. 3 (7). – 52 с. – Режим доступу: <http://eetecs.kdu.edu.ua>
11. Солонина А., Кли ноский Д., Перов С., Меркучева Т. Цифровая обработка сигналов и MATLAB . – БХВ-Петербург, 2013, 509 с.
12. Суранов А.Я. LabVIEW 7: справочник по функциям. – М.: ДМК Пресс, 2005. – 512 с.
13. Тревис Дж. LabVIEW для всех / Джеффри Тревис: Пер. с англ. Клушин Н. А. – М.: ДМК:Пресс; ПриборКомплект, 2005. – 544 с.
14. Уолт Кестер. Проектирование систем цифровой и смешанной обработки сигналов. Москва: Техносфера, 2010. – 328 с.
15. Федосов В.П., Нестеренко А.К. Цифровая обработка сигналов в LabVIEW: учеб. Пособие / под ред. В.П. Федосова. – М.: ДМК Пресс, 2007. – 456 с.
16. Zdolbitska N.V., Zdolbitskyu A.P., Chmil O.M. Library development for character real-time animation Міжвузівський збірник “Комп’ютерно-інтегровані технології: освіта, наука, виробництво” – Луцьк: Видавництво ЛНТУ. – Вип. 18. – 2015. – С. 172–177.