

ДНІПРОВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ОЛЕСЯ
ГОНЧАРА

Факультет Фізики електроніки та комп'ютерних систем
Кафедра Телекомунікаційних систем та мереж
Рівень другий (магістерський)
Спеціальність 172 - Телекомунікації та радіотехніка
(шифр і назва)

**РОЗШИРЕНА АНОТАЦІЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

Здобувач Кузнєцов Владислав Володимирович

(прізвище, ім'я, по батькові)

Тема роботи «ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ МЕТОДІВ
ПРЯМОГО СИНТЕЗУ ЦИФРОВИХ ФІЛЬТРІВ СИГНАЛІВ У СИСТЕМАХ
ЦИФРОВОГО ЗВ'ЯЗКУ»

Керівник роботи Корчинський Володимир Михайлович, доктор техн. наук,
проф.

Об'єкт дослідження: методи прямого синтезу цифрових фільтрів сигналів у системах цифрового зв'язку та їхні характеристики під час обробки зашумлених дискретних сигналів.

Предмет дослідження: методи прямого синтезу цифрових фільтрів (FIR та IIR), зокрема підходи синтезу за заданою амплітудно-частотною характеристикою (Юла–Уолкера) та за заданою імпульсною характеристикою (Проні), а також їх характеристики і показники ефективності пригнічення шуму.

Мета роботи: виконати порівняльний аналіз методів синтезу FIR та IIR-фільтрів і експериментально оцінити їхню ефективність за показниками якості фільтрації (зокрема, за відношенням сигнал/шум SNR) для заданих параметрів дискретизації та порядку фільтра.

Методи досліджень: методи прямого синтезу цифрових фільтрів (FIR та IIR), порівняльний аналіз методів прямого синтезу цифрових фільтрів нижніх частот у контексті задач цифрової обробки сигналів, обчислювальний експеримент.

Результати досліджень: визначено коефіцієнти ідеального FIR- фільтра нижніх частот для порядків 5 і 7; спроектовано IIR-фільтри методами Юла-Уолкера та Проні для заданих параметрів; згенеровано тестовий дискретний сигнал із додаванням білого шуму; виконано фільтрацію всіма варіантами та розраховано SNR на вході й виході, що дало змогу порівняти ефективність і практичну доцільність кожного методу

Кваліфікаційна робота містить у собі: 80 с., 15 рис. 3 табл., 38 джерел.

Ключові слова: радіомоніторинг; пасивна система; радіочастотні (RF) сигнали; спектральний аналіз; AARTOS; Rohde & Schwarz; Thales; Leonardo; IAI/ELTA; L3Harris SDR; автоматичне виявлення; SIGINT/COMINT/ELINT; обробка сигналів; локалізація; телерадіокомунікаційні системи.

Структура та зміст кваліфікаційної роботи:

У *вступі* наведене обґрунтування актуальності, а саме: для сучасних систем зв'язку важливо одночасно виконувати вимоги до спектральної селективності (пригнічення позасмугових складових, контроль перехідної області) та забезпечувати стабільні характеристики фільтра за наявності шумових завад і обмежень порядку. Це приводить до потреби порівнювати різні підходи прямого синтезу, які будуються безпосередньо в цифровій області: нерекурсивні (FIR) рішення, а також рекурсивні (IIR) методи, що використовують задану амплітудно-частотну характеристику або задану імпульсну характеристику.

В оглядово-аналітичному розділі проаналізовані основні поняття та математична модель цифрового фільтра, надана класифікація цифрових фільтрів і вимоги до АЧХ, розглянуто питання щодо проєктування цифрових фільтрів на основі аналогових прототипів.

В теоретично-розрахунковому розділі надано аналіз прямих методів синтезу ідеальних FIR-фільтрів, послідовно подано аналітичні вирази для ідеальних FIR-прототипів основних класів: фільтра нижніх частот, фільтра верхніх частот, смугового та загороджувального фільтрів. Розглянуто: ідеальний ФНЧ: формула для відліків імпульсної характеристики, прямий синтез ідеального КІХ-фільтра верхніх частот та перетворення ФНЧ $\rightarrow$ ФВЧ (спектральна інверсія), ідеальний смуговий фільтр: як різниця/комбінація двох ФНЧ, ідеальний режекторний фільтр: як доповнення до смугового, ідеальний режекторний фільтр: як доповнення до смугового, зпроєктовано рекурсивні ЦФ на основі заданої амплітудно-частотної характеристики (Юла-Уолкера), рекурсивні ЦФ на основі заданої імпульсної характеристики (Проні)

В дослідницько-експериментальному розділі: практичну частину дослідження реалізовано в середовищі MATLAB, яке є стандартним інструментом для моделювання цифрової обробки сигналів, синтезу цифрових фільтрів та аналізу їхніх частотних і часових характеристик. Реалізацію організовано у вигляді одного виконуваного скрипта, що послідовно виконує всі етапи: формування коефіцієнтів фільтрів, побудову частотних характеристик, формування тестового сигналу та завади, фільтрацію, обчислення показників якості і виведення підсумкових таблиць. Після етапу синтезу фільтрів виконано обчислювальний експеримент з оцінюванням завадостійкості. Для кількісного порівняння застосовано показник SNR на вході та на виході фільтрів. У межах практичної частини виконано проєктування цифрових фільтрів нижніх частот трьома підходами: ідеальний FIR-прототип (на основі усічення ідеальної

імпульсної характеристики), рекурсивний IIR-фільтр за алгоритмом Юла–Уолкера та рекурсивний IIR-фільтр за алгоритмом Проні. Для кількісної перевірки ефективності синтезованих фільтрів виконано обчислювальний експеримент із зашумленням та подальшою фільтрацією тестового сигналу. Для досліджуваних параметрів найбільшу ефективність продемонстрував метод Проні, який у всіх режимах забезпечив максимальні значення, тоді як метод Юла–Уолкера показав стабільні, але помірніші покращення, а ідеальний FIR-ФНЧ забезпечив найменший, проте систематичний виграш.

У висновках до магістерської роботи наведено стислі відомості про виконані дослідження та порівняльний аналіз методів прямого синтезу цифрових фільтрів нижніх частот у контексті задач цифрової обробки сигналів, перераховано послідовність етапів роботи. Отримані результати підтверджують, що вибір методу синтезу (FIR або IIR) і порядку фільтра суттєво впливає як на форму амплітудно-частотної характеристики, так і на практичний ефект пригнічення шуму, оцінений через відношення сигнал/шум на вході та виході. Отримані результати підтверджують, що для задач придушення шуму вибір методу синтезу є критичним: FIR-прототипи є простими й надійними, але при малих порядках дають обмежену селективність; IIR-підходи дозволяють отримати вищий ефект пригнічення, проте потребують контролю стійкості та коректності реалізації. Перспективою подальшої роботи може бути розширення експерименту на інші типи фільтрів (ФВЧ/смугові), інші профілі бажаної АЧХ і більші порядки, а також оцінювання додаткових показників якості, наприклад фазових спотворень, групової затримки та обчислювальної складності.