МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

КРЕМЕНЧУЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ІМЕНІ МИХАЙЛА ОСТРОГРАДСЬКОГО

Кафедра комп’ютерних та інформаційних систем

**РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНА РОБОТА**

з навчальної дисципліни «Обробка сигналів та зображень»

Тема «Аналіз та синтез цифрових нерекурсивних і рекурсивних фільтрів»

Студент ГАРАГУЛЯ Д.С.

Керівник СИДОРЕНКО В.М.

Кременчук 2021

**Частина 1**

**Синтез нерекурсивного цифрового фільтра**

**Варіант 2**

Таблиця 1. Індивідуальне завдання

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Аналітичний вид сигналу | Тип та порядок фільтра | Граничні частоти | Коефіцієнт підсилення сигналу |
| *x(t) = cos(t)+cos(7t)+cos(15t)* | ФВЧ,  N=5 | ωg​=10рад/сек | 3 |

1. Побудувати графік заданого аналогового вхідного сигналу x(t)

Зображення, що містить текст, ряд, схема, Шрифт

Автоматично згенерований опис

Рисунок 1.1 – Графік вхідного сигналу

2. Згідно з індивідуальним завданням розрахувати граничні частот (*fg, ωg*), частоти дискретизації (*fa, ωa*) аналогового сигналу *x(t)* , часові інтервали ( *Ta, Tg*) фільтра.

Гранична частота *ωg* вже відома і дорівнює 10 рад/сек. Розрахуємо fg:

Для розрахунку частоти дискретизації звернемося до критерію Нейквіста, згідно якого частота дискретизації повинна, щонайменше, вдвічі перевищувати максимальну частоту. Відповідно:

*ωa* при цьому дорівнюватиме:

Часові інтервали є оберненими до частот і відповідно дорівнюють:

3. Побудувати графік бажаної передаточної функції ідеального фільтра, що відповідає індивідуальному завданню.

Зображення, що містить текст, схема, ряд, Шрифт

Автоматично згенерований опис

Рисунок 1.2 – Графік бажаної передаточної ф-ції ідеального фільтра

4. Розрахувати коефіцієнти реального фільтра.

Для розрахунку скористаємося наступною формулою:

де Ta параметр розрахований в другому завдані, j – це , k – це відліки фільтра, а G(ω) визначається за наступним правилом:

Виходячи з значень G(ω) ,будемо виконувати інтегрування тільки в ділянках де G(ω) дорівнює 1. Таким чином інтеграл набуває наступного вигляду:

Розрахуємо два отриманих визначених інтеграли:

Тепер додамо отримані частини:

Підставимо k і отримаємо наші коефіцієнти:

5. Побудувати на одній площині графіки апроксимуючої передаточної функції реального фільтра, апроксимуючої передаточної функції реального фільтра, згладженої вікном фон Ганна та функцією Ланчоса, передаточної функції ідеального фільтра.

Зображення, що містить текст, схема, ряд, Графік

Автоматично згенерований опис

Рисунок 1.3 – Графіки апроксимуючих ф-цій

6. Обчислити вихідні дискретні послідовності фільтрів для кожної розрахованої в п. 5 апроксимуючої передаточної функції.

Для згладження вікном фон Ганна:

Для згладження функцією Ланчоса:

7. Відновити аналоговий фільтрований сигнал із дискретних послідовностей, отриманих у п. 6, за допомогою ряду Котельникова.

Формула:

Де y[n] це дискретний сигнал який відновлюється

8. Побудувати на одній площині графіки аналогового вхідного сигналу x(t) і відновлених аналогових фільтрованих сигналів, отриманих в п. 7.

Зображення, що містить текст, схема, знімок екрана, ряд

Автоматично згенерований опис

Рисунок 1.4 – Графік аналогових вхідного і фільтрованих сигналів

**Частина 2**

**Синтез рекурсивного цифрового фільтра**

**Варіант 2**

Таблиця 2. Індивідуальне завдання

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Аналітичний вид сигналу | Тип та порядок фільтра | Граничні частоти |
| *x(t) = 10cos(40t)+5cos(15t)+10cos(30t)* | СФ Чебишева,  N=2 | ωg\_low​=10рад/сек  ωg\_high​=20рад/сек |

10. Побудувати графік заданого аналогового вхідного сигналу x(t).

Зображення, що містить текст, Шрифт, ряд, схема

Автоматично згенерований опис

Рисунок 2.1 – Графік вхідного сигналу

11. Встановити необхідні граничні частоти фільтра (fg, fg\_low, fg\_high), частоту Найквіста для аналогового сигналу (fa), часовий інтервал Найквіста (Ta).

fg\_low, fg\_high задані в індивідуальному завдані і дорівнюють 10 і 20 відповідно

fa повинен бути щонайменше вдвічі більшим за найбільшу частоту сигналу відповідно fa=2\*fg\_high=40

Ta є оберненим до fa, тому Ta=1/fa=1/40

12. Користуючись пунктами 1–5 теоретичних відомостей (див. розділ 4, частина ІІ), обчислити коефіцієнти ak та bk шуканого фільтру.

1. З таблиць 1–4 вибрати коефіцієнти для прототипів часткових ФНЧ\* , ураховуючи, що прототипи ФНЧ\* нормовані відносно і розраховані в припущенні, що, тобто .

Таблиця 3. Коефіцієнти прототипу ФНЧ Чебишева порядку 2

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Порядок фільтра (N) | Номер часткового фільтра (i) |  |  |  |  |  |
| 2 | 1 | 0.2595 | 0.5190 | 0.2595 | -0.2862 | 0.3242 |

2. Визначити передаточну функцію прототипу шуканого фільтра як добуток передаточних функцій прототипів часткових ФНЧ\* першого і другого порядку:

де i, P – відповідно номер часткового фільтра і кількість таких фільтрів, символ «\*» указує на те, що мова йдеться про прототип фільтра

3. Виконати частотне перетворення передаточної функції прототипу ФНЧ\* на передаточну функцію реального шуканого фільтра:

Частотне перетворення ФНЧ\* → СФ має наступний вигляд:

Відповідно:

Отже:

5. Виділити з коефіцієнтів за аргумента z у передаточній функції G(z) відповідні коефіцієнти ak і bk шуканого фільтра:

Відповідно:

*,* отже

13. Прийнявши і скориставшись формулою (3) (розділ 4, частина ІІ), побудувати графік передаточної функції G(z) шуканого фільтра.

Зображення, що містить текст, схема, ряд, Графік

Автоматично згенерований опис

Рисунок 2.2. Графік передаточної функції

14. На підставі різницевого рівняння (4) (див. розділ 4, частина ІІ) визначити дискретну послідовність y[n] фільтрованого сигналу. Слід пам’ятати, що 𝑦[𝑛] = 0 для всіх 𝑛 ∈ [0, 𝑁 − 1], де N – порядок фільтра.

15. Відновити за формулою (5) (розділ 4, частина ІІ) аналоговий фільтрований сигнал y(t) з дискретної послідовності y[n] , отриманої в п. 14, побудувати на одній площині графіки аналогового вхідного сигналу x(t) та відновленого фільтрованого сигналу y(t).

Зображення, що містить текст, ряд, схема, Шрифт

Автоматично згенерований опис

Рисунок 2.3. Графіки аналогового та відновленого сигналів