

УДК 621.391

**Р.А. Зелінський, І.Ю. Дедів, В.В. Лесів, А.С. Марценюк**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **МЕТОД ПІДВИЩЕННЯ ШВИДКОДІ ОБРОБКИ РАДІОЛОКАЦІЙНИХ СИГНАЛІВ**

**R.A. Zelinckyi, I.Y. Dediv, V.V. Lesiv, A.S. Marcenjuk**

## **METHOD OF INCREASING THE PROCESSING SPEED OF RADAR SIGNALS**

Цифрові фільтри широко застосовуються при цифровій обробці сигналів. Звичайні апаратні реалізації цифрових фільтрів використовують основні функціональні компоненти: затримки, множення і сумування. Серед цих основних функціональних компонентів, перемножувачі найбільш складні для реалізації, що збільшує вартість фільтру. З точки зору реалізації ЦФ в інтегральному виконанні, площа займаної перемножувачем на кристалі є дуже істотною. Оперативна швидкість фільтрації є ще значимішим чинником в різних застосуваннях, наприклад, обробка цифрових сигналів в режимі реального часу. У звичайних цифрових фільтрах, значна затримка часу пояснюється наявністю перемножувачів, які знижують швидкість фільтрації. Тому, щоб поліпшити оперативну швидкість, понизити вартість і спростити реалізацію в інтегральному виконанні, бажано, виключити перемножувачі з цифрових фільтрів. Приклади дійсних фільтрів з малою кількістю множень відомі і описані, наприклад, в [24],[33],[39]. Комплексні фільтри з малою кількістю множень у технічній літературі не описані.

Цифрові фільтри нижніх частот без операції множення реалізуються шляхом того, каскадування однорідних фільтрів (фільтрів ковзаючого середнього) [2]. Однорідні фільтри відносяться до класу цифрових фільтрів з кінцевою імпульсною характеристикою і можуть бути реалізовані в нерекурсивній і рекурсивній формах. Передавальні функції цифрових ФНЧ в цьому випадку отримують перемноженням передавальних функцій однорідних фільтрів. Передавальна функція однорідного

фільтру має наступний вигляд :

$$H(z) = \frac{1}{N} (1 + z^{-1} + z^{-2} + z^{-3} + \dots + z^{-(N-1)}) = \frac{1}{N} \frac{1 - z^{-N}}{1 - z^{-1}} \quad (1)$$

де  $N$  – число відліків в ІХ або порядок рекурсивної форми реалізації.

Якщо  $N$  вибрати рівним  $2^p$ , то операція ділення на  $N$  може бути виконана шляхом зрушення управо на  $p$  розрядів, і однорідний фільтр можна реалізувати без використання операції множення [1]. Амплітудно-частотна характеристика однорідного фільтру описується формулою.

$$A_0(\omega, N) = |H_0(e^{j2^p\omega})| = \frac{1}{N} \left| \frac{\sin Np\omega}{\sin p\omega} \right| \quad (2)$$

$\omega = f/f_D$  де  $f$  – нумерована цифрова частота,  $f_D$  – частота дискретизації.

Структурні схеми однорідних фільтрів при рекурсивній і нерекурсивній формі показані на рис. 1.

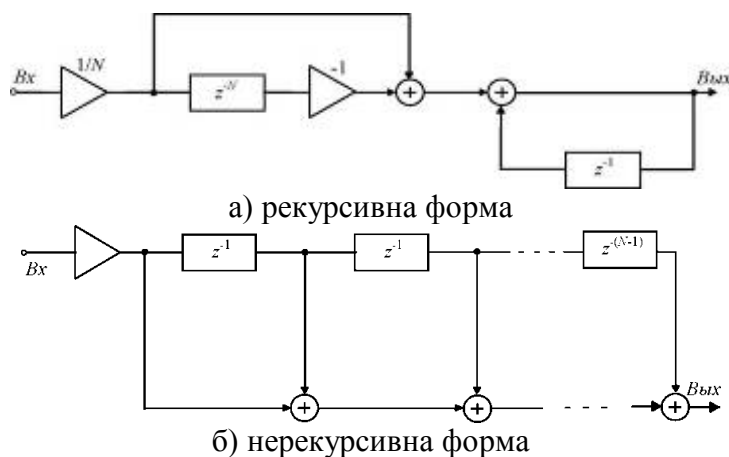


Рисунок 1. Структурні схеми однорідного фільтру

На рис. 2 показана АЧХ однорідних фільтрів з порядками  $N=4,8,16,32$ .

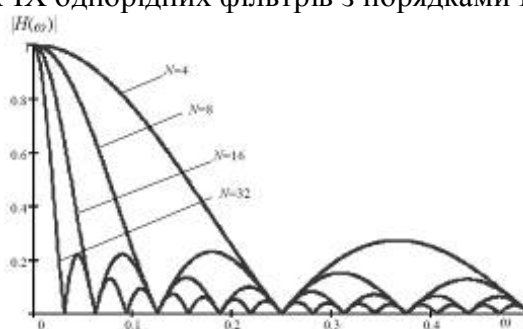


Рисунок 2. АЧХ однорідних фільтрів різних порядків

Вид АЧХ повністю визначається значенням  $N$ . Зокрема, кількість нулів АЧХ в діапазоні частот щ від 0 до 1 рівно  $(N-1)$  і вони розподіляються рівномірно, тобто значення частоти першого нульового значення АЧХ рівне  $\omega_1=1/N$ , другого -  $\omega_2=1/N$  і так далі. При збільшенні  $N$  зменшується ширина головної пелюстки АЧХ, проте рівень бічних пелюсток зменшується незначно (до 0.216 від рівня головної пелюстки при великих значеннях  $N$ ). Фазочастотні характеристики однорідних фільтрів лінійні.

Однорідні фільтри можна використати як фільтри нижніх частот, забезпечуючи необхідну смугу пропускання вибором  $N$ . Проте при цьому вимоги по рівню загасання в смузі затримання часто не вдається забезпечити через значний рівень бічних пелюсток АЧХ. Сполучаючи однорідні фільтри послідовно, можна понизити рівень бічних пелюсток АЧХ до необхідного значення. Зазвичай послідовно з'єднують невелике число однорідних фільтрів. Передавальні функції ФНЧ при числі каскадів рівному  $M$  мають вигляд[2]:

$$H_N^M(z) = \frac{1}{N^M} \left( \sum_{l=0}^{N-1} z^{-l} \right)^M = \left( \frac{1 - z^{-N}}{N(1 - z^{-1})} \right)^M \quad (3)$$

де  $N$  – число відліків в імпульсній характеристиці або порядок рекурсивної форми реалізації, а  $M$  – число блоків.

#### Література

1. Жданюк Б.Ф. Основы статистической обработки траекторных измерений / Б.Ф. Жданюк. - М.: Сов. Радио, 1978. - 384 с.
2. Ричард Лайонс. Цифровая обработка сигналов / Ричард Лайонс. - 2-ое изд. Пер. с англ. – М.: ООО Бином-Пресс, 2006 г. – 656 с.