

Центральноукраїнський національний технічний університет
Факультет автоматики та енергетики
Кафедра «Автоматизації виробничих процесів»

«Допущено до захисту»

Зав. кафедри АВП

к.т.н., доцент

_____ Дідик О.К.

« ____ » _____ 2021 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
за другим (магістерським) рівнем вищої освіти

на тему

**«Автоматизована система керування передачею
інформації за допомогою узгоджених цифрових
фільтрів»**

**Automated control system for information transmission
using harmonized digital filters**

Виконав здобувач вищої освіти II курсу
групи АК-20 М

151 «Автоматизація та комп'ютерно-
інтегровані технології»

_____ Подденєжний К.К.

« ____ » _____ 2021 р.

Керівник роботи

к.т.н, професор

_____ Віхрова Л.Г.

« ____ » _____ 2021 р.

Рецензент

_____ 2021 р.

АНОТАЦІЯ

Метою даної магістерської роботи є розробка формалізованих методів та засобів створення не рекурсивних цифрових фільтрів шумоподібних сигналів, що забезпечують зниження їх складності та спрощення побудови за рахунок використання структурних особливостей шумоподібних сигналів.

Розроблені також заходи з охорони праці та техніки безпеки, розраховані техніко-економічні показники.

Цифровий фільтр, шумоподібний сигнал, формалізований метод, система керування, алгоритм.

ANNOTATION

The purpose of this master's thesis is to develop formalized methods and tools for creating non-recursive digital filters of noise-like signals, which reduce their complexity and simplify construction by using the structural features of noise-like signals.

Measures for labor protection and safety have also been developed, technical and economic indicators have been calculated.

Digital filter, noise signal, formalized method, control system, algorithm.

ЗМІСТ

Вступ	—
Розділ 1. Основні принципи побудови та створення цифрових фільтрів шумоподібних сигналів для систем керування	—
1.1. Основні об'єкти нерекурсивних цифрових фільтрів	—
1.2. Основні типи структур цифрових фільтрів	—
1.3. Представлення структур ЦФ та способи їх одержання	—
1.4. Шумоподібні сигнали та пристрої їх обробки у системах керування	—
Розділ 2. Розроблення методів створення нерекурсивних цифрових фільтрів шумоподібних сигналів	—
2.1. Формалізація задачі створення структур НЦФ	—
2.2. Метод одержання НЦФ із використанням логічних функцій	—
2.3. Метод побудови НЦФ ШПС із спільними частинами передаточних функцій	—
2.4. Метод побудови НЦФ ШПС із використанням структурних особливостей ПВП	—
Розділ 3. Реалізація процедури синтезу цифрових фільтрів шумоподібних сигналів	—
3.1. Програмне середовище реалізації розроблених методів	—
3.2. Формування систем ПВП для НЦФ ШПС	—
3.3. Програма побудови НЦФ ШПС із використанням структурних особливостей ПВП	—
3.4. Моделювання НЦФ ШПС із спільними частинами передаточних функцій	—
Розділ 4. Побудова системи автоматизованого управління	—
4.1. Моделювання системи керування збиранням інформації із використанням ШПС	—
4.2. Реалізація НЦФ ШПС засобами мікропроцесорної техніки	—
4.3. Використання НЦФ у системах керування технологічними процесами	—
Висновки	—
Література	—
Додатки	—
Додаток А. Охорона праці	—
Додаток Б. Техніко-економічні розрахунки	—

ВСТУП

Одними з пріоритетів науки у XXI ст. мають стати: автоматизація усіх видів виробництва й управлінської діяльності високими темпами, зростаюче впровадження високого рівня технологій. Системи керування є важливою частиною сучасних виробництв у багатьох галузях господарчого комплексу держави. Прикладом може служити автоматизовані системи завантаження концентрату на гірничозбагачувальних комбінатах, системи керування процесом виготовлення комбікорму тощо. Система керування складається з керуємого об'єкта та пристрою керування (до складу якого входить комплекс засобів збирання, обробки та передачі інформації). Важливим елементом засобів обробки інформації для виділення корисних сигналів є цифровий фільтр (ЦФ). В той же час в науці і техніці протягом останніх років інтенсивно впроваджуються інформаційні технології на основі шумоподібних сигналів (ШПС). Ці технології базуються на перетворенні вузькосмугових сигналів в широкосмугові або шумоподібні (бо їх спектр схожий на шумовий) при сталості енергії сигналів. При цьому вихідний вузькосмуговий сигнал помножують на псевдовипадкову кодову послідовність, що складається з N елементів тривалістю T_k і має період повторення $T=N*T_k$. Найбільш розповсюджені двійкові псевдо випадкові послідовності (ПВП). Застосування ШПС дозволяє у порівнянні із традиційними, використовувати у багатоканальних системах одного каналу у ланцюгу: засоби збирання – обробки – передачі інформації, підвищити завадостійкість системи, змінювати кількість одночасно працюючих каналів без істотної зміни структури системи.

Для обробки ШПС використовуються цифрові узгоджені фільтри, що можуть бути побудовані у вигляді фільтра з кінцевою імпульсною характеристикою або на основі алгоритмів швидкого перетворення Фур'є. Основними елементами ЦФ є суматор, інвертор (множник) та затримка на один такт. Використання методу швидкого перетворення Фур'є зменшує кількість множників та суматорів, але за рахунок збільшення інших елементів фільтру і є інваріантною до структури обробляемого сигналу.

Цифрові узгоджені фільтри є пристроями з кінцевою імпульсною характеристикою і тому їх реалізація можлива у вигляді не рекурсивного цифрового фільтру (НЦФ). Пряма форма НЦФ вимагає чималої кількості елементів фільтру, яку можна зіставити з порядком фільтра. Відомі методи синтезу НЦФ проводяться переважно у частотній області, на відміну від представлення узгоджених фільтрів здебільшого у часовій області. Тому, уявляється актуальною задача використання і удосконалення відомих та розробка нових методів побудови НЦФ ШПС для систем керування із меншою кількістю елементів фільтру у порівнянні із прямою формою реалізації НЦФ та процедурами швидкої згортки, у тому числі з урахуванням структурних особливостей ШПС.

РОЗДІЛ 1

ОСНОВНІ ПРИНЦИПИ ПОБУДОВИ ЦИФРОВИХ ФІЛЬТРІВ ДЛЯ СИСТЕМ АВТОМАТИЗОВАНОГО КЕРУВАННЯ

1.1. Основні об'єкти нерекурсивних цифрових фільтрів

Дискретним ланцюгом є об'єкт, що реалізовує відображення безлічі всіляких послідовностей $\{ \{x(n)\}_{n=0}^{\infty} \}$ в безліч вихідних послідовностей $\{ \{y(n)\}_{n=0}^{\infty} \}$. Аргумент n прийнято називати дискретним часом ($n \in \{0, 1, 2, 3, \dots\}$). Серед дискретних ланцюгів найбільший інтерес представляють ті, які можуть бути задані композицією з трьох основних елементарних об'єктів (табл. 1.1). Ланцюги, що складаються з елементів подібного типу, називаються лінійними дискретними ланцюгами або лінійними цифровими фільтрами.

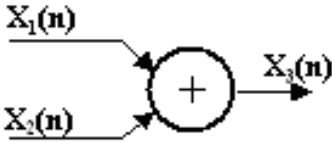
ЦФ описуються різницеvими рівняннями виду

$$y(n) = \sum_{k=0}^M a_k x(n-k) \quad (1.1)$$

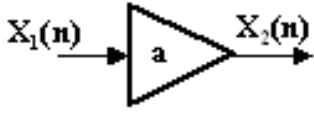
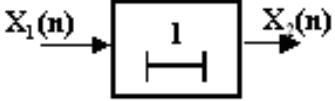
де M – порядок фільтру;
 a_k – коефіцієнт множника;
 n, k – індекси.

Таблиця 1.1

Основні елементи цифрових фільтрів

Позначення елемента	Назва елемента	Рівняння
	суматор послідовностей	$x_3(n) = x_1(n) + x_2(n) \quad \forall n;$

Продовження таблиці 1.1

Позначення елементу	Назва елементу	Рівняння
	множник на постійний коефіцієнт	$x_2(n) = ax_1(n) \forall n;$
	елемент затримки	$x_2(n) = x_1(n-1),$

Описуваний цим рівнянням ЦФ називається **нерекурсивним**, оскільки в ньому для формування кожного поточного відліку вихідного сигналу $y(n)$ використовуються тільки відліки вхідного сигналу $x(n-k)$, які зважені з коефіцієнтами вагів a_k . Приклад **нерекурсивного** фільтру наведений на рис.1.1. Імпульсною характеристикою $h(n)$ ЦФ називається відгук на вхідну послідовність $x(n) = \delta(n)$ (де $\delta(n) = 1, n = 0$ та $\delta(n) = 0, n \neq 0$) при нульових початкових умовах.

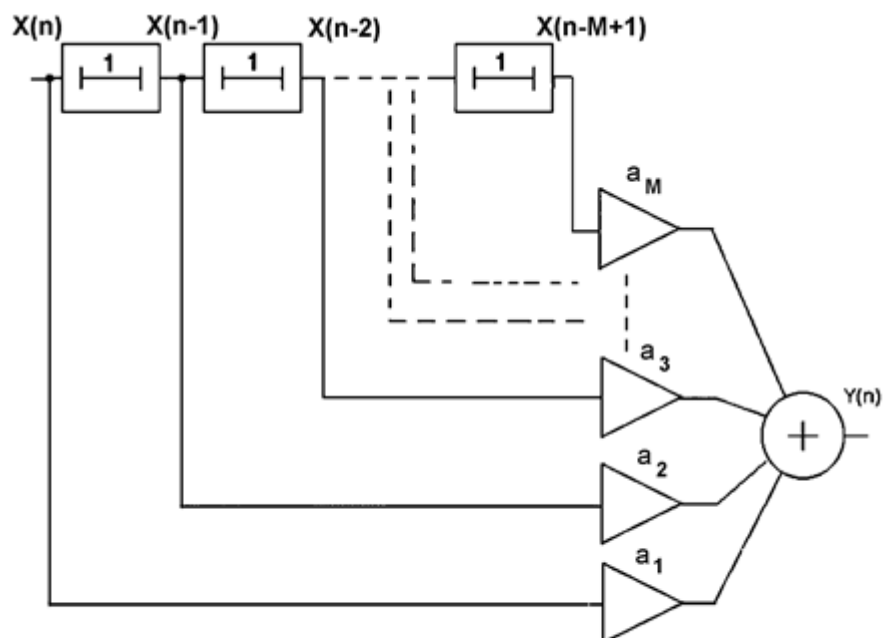


Рис.1.1. Схема **нерекурсивного** цифрового фільтру

Для довільної вхідної послідовності можна записати:

$$y(n) = h(n) x(0) + h(n-1) x(1) + \dots + h(0) x(n) \quad (1.2)$$

або

$$y(n) = \sum_{k=0}^n x(k)h(n-k) \quad (1.3)$$

Такий вираз називається дискретною згорткою послідовностей $h(n)$ і $x(n)$. Тоді слідує що, відгук ЦФ на довільну послідовність може бути визначений як дискретна згортка вхідної послідовності або імпульсної характеристики. Це справедливо для ЦФ будь-якого порядку.

Оскільки число елементів лінії затримки може бути тільки кінцевим, то імпульсна характеристика нерекурсивного, на відміну від теоретично нескінченної імпульсної характеристики рекурсивного ЦФ, завжди буде мати обмежену тривалість. Отже, будь-який ЦФ з імпульсною характеристикою кінцевої тривалості може бути реалізований в нерекурсивній формі.

z-перетворення імпульсної характеристики називають передаточною функцією ЦФ. Знайти $H(z)$ можна як прямим перетворенням імпульсної характеристики:

$$H(z) = \sum_{n=0}^{\infty} h(n)z^{-n} \quad (1.4)$$

так і за різницеvim рівнянням. Передаточна функція нерекурсивного фільтра, що описується рівнянням (1.1) має вигляд:

$$H(z) = \sum_{k=0}^M a_k z^{-k} \quad (1.5)$$

Різновидом НЦФ є узгоджені фільтри. Фільтром, узгодженим з сигналом $x(nT)$ тривалістю n_0 називається фільтр із кінцевою імпульсною характеристикою

$$h_{yf}(nT) = kx[(n_0 - n)T], \quad (1.6)$$

відліки якої дорівнюють відлікам сигналу, які узяті в зворотньому порядку. За визначенням передаточної функції можна записати

$$H_{yf}(z) = \sum_{n=0}^{n_0} h_{yf}(n)z^{-n} = \sum_{n=0}^{n_0} x(n_0 - n)z^{-n}$$

що співпадає з передаточною функцією (1.4).

1.2. Основні типи структур цифрових фільтрів

Проектування цифрових фільтрів містить у собі чотири основних етапи:

- 1) апроксимація;
- 2) реалізація;
- 3) вивчення помилок арифметичного пристрою;
- 4) виконання.

На першому етапі визначається передаточна функція, яка задовольняє ряду конкретних вимог, що пропонувані до амплітудної, фазової та, можливо, перехідної характеристик фільтра.

Другий етап є процесом перетворення передаточної функції в схему фільтра. При апроксимації та реалізації передбачається, що використані арифметичні пристрої мають необмежену точність. Однак через обмежену точність реальних арифметичних пристроїв необхідне вивчення впливу помилок таких пристроїв на характеристики фільтра.

Виконання цифрового фільтра можливо у двох формах: програмній або апаратурній (у виді спеціалізованого пристрою). У першому випадку здійснюється моделювання схеми фільтра на цифровій ЕОМ. У другому випадку схема фільтра реалізується у вигляді конкретної цифрової апаратури.

Нижче розглядається другий етап процесу проектування, а саме реалізація цифрового фільтра. Додатково обговорюються деякі важливі загальні топологічні властивості цифрових ланцюгів. Реалізація може здійснюватися на основі наступних форм побудови схеми фільтра: прямої, канонічної прямої, каскадної, паралельної, сходової, хвильової та інших.

Пряма форма. Нехай задано передаточну функцію N -го порядку виду

$$H(z) = N(z)/D(z) = N(z)/(1 + D'(z)) = Y(z)/X(z), \quad (1.6)$$

де

$$D'(z) = \sum_{i=1}^N b_i z^{-i}; \quad N(z) = \sum_{i=0}^N a_i z^{-i} \quad (1.7)$$

Функцію $Y(z)$ можна представити у вигляді

$$Y(z) = U_1(z) + U_2(z), \quad (1.8)$$

де $U_2(z) = -D'(z)Y(z)$; $U_1(z) = N(z)X(z)$;

отже, реалізація $H(z)$ може бути зведена до реалізації двох більш простих передаточних функцій $N(z)$ та $-D'(z)$ як показано на рис. 1.2.

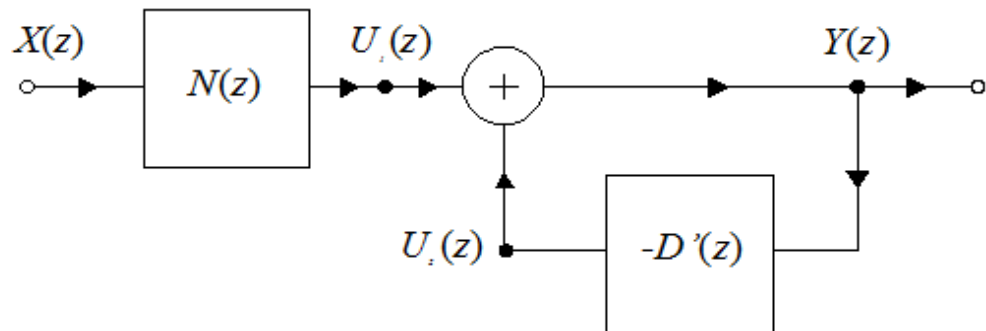


Рис. 1.2. Представлення загальної передаточної функції $H(z)$ у вигляді двох більш простих передаточних функцій

Розглянемо реалізацію $N(z)$. З виразів (1.7) і (1.8) випливає:

$$U_1(z) = [a_0 + z^{-1}N_1(z)]X(z), \quad (1.9)$$

де $N_1(z) = \sum_{i=1}^N a_i z^{-i+1}$, і тому $N(z)$ може бути реалізована з використанням множника з коефіцієнтом множення a_0 , розташованого паралельно ланцюгу, що характеризується $z^{-1}N_1(z)$. У свою чергу, $z^{-1}N_1(z)$ можна виконати з використанням елемента одиничної затримки, послідовно з яким включають ланцюг з передаточною функцією $N_1(z)$. Оскільки одинична затримка може вводитися як до (рис. 1.3,а), так і після операції $N_1(z)$ (рис. 1.3,б), то можливі два варіанти реалізації передаточної функції $N(z)$.

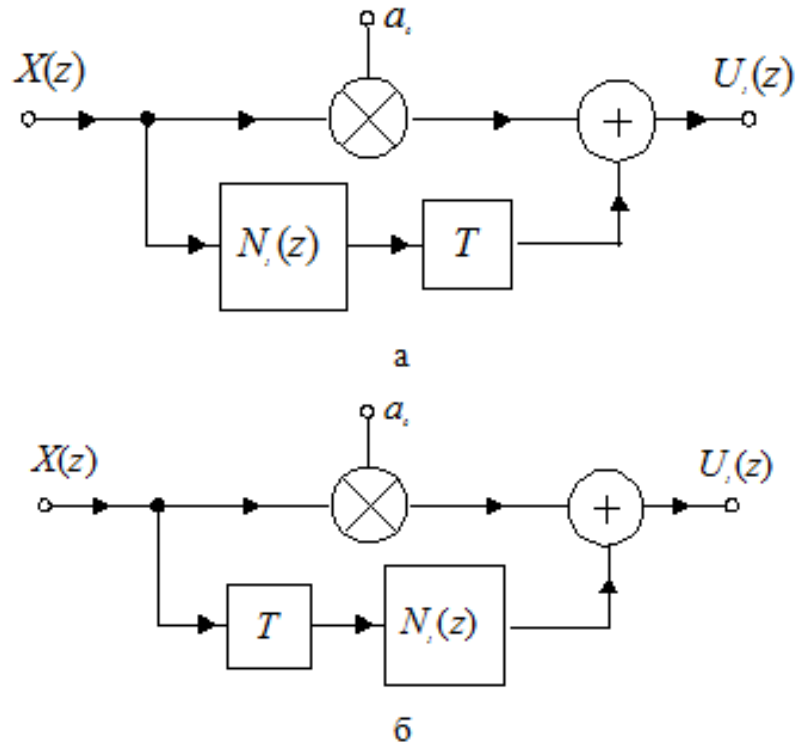
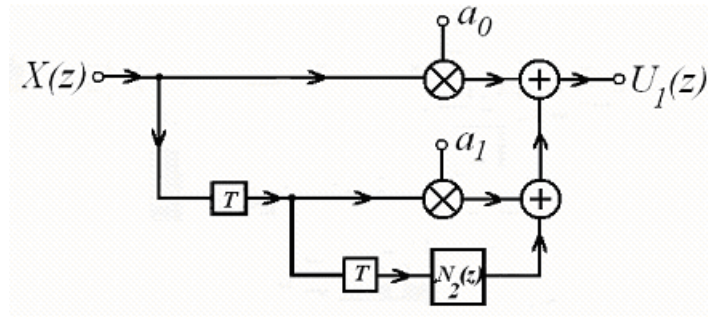


Рис. 1.3. Дві реалізації $N(z)$

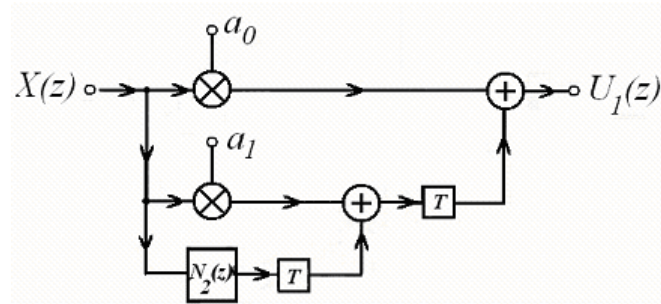
Попередня процедура може бути застосована й до функції $N_1(z)$, тобто $N_1(z)$ можна виразити у вигляді

$$N_1(z) = a_1 + z^{-1}N_2(z), \text{ де } N_2(z) = \sum_{i=2}^N a_i z^{-i+2}, \quad (1.10)$$

і, як і раніше, для $N_1(z)$ можна одержати дві можливі схеми реалізації. Тобто, для $N(z)$ виходить чотири варіанти схеми. Два з них показані на рис.1.3. Такий цикл операцій може бути повторений N разів, після чого для реалізації $N_N(z)$, залишиться необхідним тільки один множник. У кожному циклі такої процедури можливі два шляхи реалізації, і оскільки число циклів дорівнює N , то для одержання $N(z)$ потрібно 2^N ланцюгів. Таким самим способом може бути реалізована функція $-D'(z)$, для якої відповідні схеми можуть бути отримані заміною параметрів $a_0, a_1, a_2, \dots$ на $0, -b_1, -b_2, \dots$ відповідно. У цілому передаточна функція $H(z)$ може бути реалізована шляхом з'єднання схеми для $N(z)$ та $-D'(z)$, як показано на рис. 1.4.



а)



б)

Рис. 1.4. Дві можливі реалізації $N(z)$

Цифровий ланцюг називають канонічним, якщо кількість елементів затримки дорівнює порядку фільтра. Вираз (1.6) можна представити у виді $Y(z) = N(z)Y'(z)$, де $Y'(z) = X(z) - D'(z)Y'(z)$. В цьому випадку передаточна функція $H(z)$ може бути реалізована на основі використання однієї структурної схеми для виконання як $N(z)$, так і $-D'(z)$.

Каскадна форма. Реалізується шляхом запису рівняння у вигляді добутку поліномів 1-го і 2-го степенів:

$$H(z) = \prod_{i=1}^M H_i(z) \quad (1.11)$$

де M - число каскадів.

Паралельна форма знаходиться шляхом запису рівняння (1.9) у виді суми передаточних функцій:

$$H(z) = \sum_{i=1}^M H_i(z) \quad (1.12)$$

Схема фільтра складається з паралельно включених ланок, що мають загальний вхід. Вихідний сигнал формується при цьому як сума вихідних напруг ланок, кожна зі своєю вагою.

1.3. Представлення структур ЦФ та способи їх одержання

1.3.1. Представлення структур цифрових фільтрів. Опис структур цифрових фільтрів можливий у вигляді матриць, а також у вигляді графів. Сигнальний граф являє собою деяку сукупність вузлів і направлених ліній - гілок. Сигнал, пов'язаний з будь-яким вузлом, називається вузловим сигналом, а сигнал, пов'язаний з будь-якою гілкою, називається сигналом гілки. Для цифрових ланцюгів вузловими сигналами і сигналами гілок є дискретні у часі сигнали і їх z -перетворення. Систему з N рівнянь, що описує цифровий фільтр, можна записати більш компактно в матричній формі

$$Y(z) = X(z) + f_c^t Y(z) + f_d^t Y(z) z^{-1}, \quad (1.13)$$

де $Y(z)$ - вектор-стовпець з величин вузлових сигналів $Y_k(z)$ ($k = 1, 2, \dots, N$);

$X(z)$ - вектор-стовпець з величин N сигналів $X_k(z)$ ($k=1, 2, \dots, N$) початкових гілок;

f_c - матриця розміру $N \times N$ з коефіцієнтів гілок ланцюга першого роду передач;

f_d - матриця розміру $N \times N$ з коефіцієнтів гілок ланцюга другого роду або передач із затримкою.

Порядковий індекс t в (1.13) означає транспоновану матрицю та використовується для усунення можливої плутанини з підрядковими індексами, прийнятими для сигнальних графів та матриць. Елемент f_{djk} матриці f_d , наприклад, відповідає величині коефіцієнта передачі із затримкою від вузла j до вузла k . Якщо в ланцюгу така гілка відсутня, то $f_{djk} = 0$. Матричне рівняння (1.13) можна відобразити й у часовій області. Зокрема, зворотне z -перетворення від (1.13) відповідає матричному різницевому рівнянню у часовій області

$$y(n) = x(n) + f_c^t y(n) + f_d^t y(n-1), \quad (1.14)$$

яке в певному значенні аналогічне опису цифрового ланцюга в просторі станів. Однак є ряд важливих відмінностей. Так, кількість змінних в (1.13) дорівнює числу вузлів ланцюга, в той час, як при описі в просторі станів воно дорівнює числу станів в ланцюжку або числу вузлів ланцюга плюс один або більше ніж гілок із затримкою, що входять в них. Крім того, є однозначна відповідність між коефіцієнтами матриць f_c^t і f_d^t в рівнянні (1.13) і коефіцієнтами пропущення гілок сигнального графа. Для представлення в просторі станів такої відповідності зазвичай немає.

Переваги представлення ланцюгів за допомогою графів обумовлені простотою зображення і сприйняття, відображенням досліджуваної моделі у вигляді, що цілковито співпадає з самою її структурою.

Однак відомі види графів і відповідні алгоритми їхнього розрахунку недосконалі тим, що у порівнянні з іншими методами представлення електронних схем (наприклад у вигляді списків або матриць), вони поступаються у швидкості аналізу. Через те, що алгоритми розрахунку графів роблять обчислення в символьному вигляді а не в чисельному, то відносно ї складно використовувати їх при машинному аналізі, та й складність та наочність програють при зростанні кількості вузлів графа.

Матриці, якими можна описати цифрові ланцюги, являють собою компактну форму запису різних рівнянь. Процес складання таких матриць (наприклад матриць провідності, опору і інші) описано у вигляді формальних правил. Крім того, іноді взагалі не потрібно вирішувати такі системи рівнянь, оскільки необхідні схемні функції нескладно виразити через визначники матриць. У багатьох сучасних мовах програмування високого рівня матриці є вбудованими (на відміну від графів), і тому складання програм із використанням матричних моделей істотно спрощується.

1.3.2. Способи одержання та побудови структур ЦФ. Відомо, що будь-який узгоджений фільтр для сигналів із кінцевою тривалістю можна реалізувати з використанням кінцевої імпульсної характеристики (КИХ)

фільтрів. Передаточна функція узгодженого фільтра з точністю до амплітуди та множника, що характеризує затримку, співпадає з комплексно-спряженим спектром сигналу, якому відповідає. Однак, імпульсна характеристика дорівнює відлікам вхідного сигналу у зворотному напрямку. Враховуючи використання у ЦФ сигналів визначеної форми та кінцевої тривалості, неадекватність саме формі сигналів частотних характеристик, визначає за необхідне розгляд та застосування процедур одержання НЦФ у часовій області. Тому не вважається за необхідне використання рекурсивних ЦФ в обробці ШПС, враховуючи: складність їх реалізації відповідно великим ПВП (десятки-сотні) та вирішення проблеми їх стійкості.

Розглянемо основні відомі напрямки створення ЦФ. Пропонується спосіб нумерації структур ЦФ, що базується на аналізі топологічної матриці та топографії нулів та полюсів у z -площині при квантуванні коефіцієнтів та описанні блоків, з яких будуються структурні схеми. Визначено, що задача структурного синтезу ЦФ за заданою специфікацією вимог однозначного розв'язання не має. Коректне виконання структурного синтезу повинне передбачати перебір достатньо великої кількості варіантів реалізацій структурних схем, для кожної з яких здійснюється параметричний синтез (розрахунок коефіцієнтів), округлення коефіцієнтів з урахуванням обмежень на розрядність та їх дискретна оптимізація, аналіз характеристик ЦФ (чутливості до точності представлення коефіцієнтів, рівня шумів округлення тощо). Вважається, що такий підхід має обмеження, які пов'язані з неможливістю повного перебору усіх можливих структур та з великим обсягом задач аналізу й оптимізації для конкретної структури.

Розроблено та досліджено на сьогодні робастні алгоритми оптимізації нерекурсивних ЦФ на основі комбінованого критерія мінімуму середнього квадрату похибки, який використовує інформацію про швидкість зміни похибки синтезу. Оптимізація коефіцієнтів НЦФ із заданою комплексною частотною характеристикою відбувається за допомогою адаптивного моделювання. Це потребує крім самого фільтра наявність додатково

адаптивного фільтра та генератора синусоїдальної напруги, чим ускладнюється апаратна частина всієї системи фільтрації.

1.4. Шумоподібні сигнали та пристрої їх обробки у системах керування

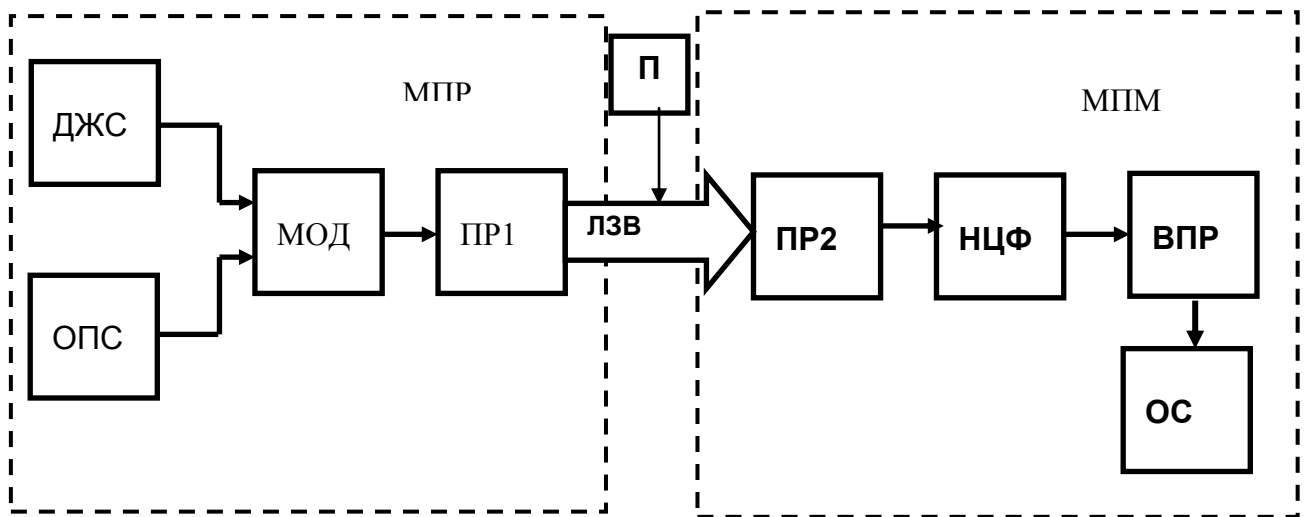
1.4.1. Принципи організації систем керування з використанням ШПС. В теперішній час системи обробки інформації та зв'язку зі ШПС одержують усе більш широке поширення. Процес розширення областей використання систем зв'язку з ШПС незворотний і в найближчому майбутньому увага до них буде підсилюватись.

Системи керування (системи збирання інформації) з ШПС займають особливе місце серед різних систем зв'язку (особливо мобільного), що пояснюється їхніми властивостями. По-перше, вони мають високу перешкодозахищеність при дії могутніх завад. По-друге, вони забезпечують кодову адресацію великої кількості абонентів і їх кодове розділення при роботі в загальній смузі частот. По-третє, вони забезпечують сумісність прийому інформації з високою ймовірністю та виміру параметрів руху об'єкта з високою точністю. Усі ці властивості систем зв'язку з ШПС були відомі давно, але, оскільки потужності перешкод були відносно невисокі, а елементна база не дозволяла реалізувати пристрої формування та обробки в мажах їх габаритів, то довгий час системи зв'язку зі ШПС широкого розвитку не отримували. Але на сьогодні положення змінилося. Потужність перешкоди на вході може на декілька порядків перевищувати потужність корисного сигналу. Для забезпечення високої перешкодозахищеності при подібних проблемах необхідно використовувати ШПС з надвеликими базами (десятки-сотні тисяч), ансамблі (системи) сигналів повинні складатися з десятків-сотень мільйонів ШПС. У свою чергу, реалізація пристроїв формування й обробки таких сигналів стає можливою завдяки розвитку сучасних інтегральних схем та мікропроцесорів, приладів з поверхневими акустичними хвилями, приладів із зарядовим зв'язком та ін.

Окрім застосування в умовах впливу суттєвих завад, такі системи зв'язку з ШПС починають успішно конкурувати із поширеними системами зв'язку з частотною модуляцією або частотним поділом каналів.

Схема системи передачі інформації з використанням ШПС наведена на рис. 1.5. Із традиційною системою керування вона має такі загальні модулі: джерела, канал зв'язку, передавальну і приймальну частини. Модуль передавача при цьому містить модулятор та перетворювач рівня. Модулятор виконує інверсну (відносну) модуляцію опорного сигналу у відповідності з інформаційним сигналом. ШПС маніпулюють інформаційними символами, причому символу «нуль» відповідає вихідний ШПС, символу «одиниця» – його інверсія. Така модуляція еквівалентна логічній операції «виключне АБО» інформаційного й опорного сигналів, або додаванню за модулем два. Перетворювач рівня «одиниця» виключає постійну складову та переводить шумоподібний сигнал у лінію зв'язку.

Модуль приймача містить перетворювач рівня два з аналого-цифровим перетворювачем, корелятор (цифровий узгоджений фільтр), вирішальний пристрій. При надходженні сигналу на вхід приймача відбувається перетворення рівня сигналу з наступним аналогово-цифровим перетворенням, потім цифровий еквівалент значення вхідного сигналу надходить у корелятор, який налагоджений на визначену ПВП (опорний сигнал) і який є пристроєм виділення корисного сигналу із шумів і перешкод. Вирішуючий пристрій аналізує цифровий код на виході корелятора (зміна даного коду представляє собою автокореляційну функцію корелятора) й виконує відповідні дії при подоланні порогів. Вибір узгодженого нерекурсивного фільтра пов'язаний з необхідністю використання як демодулятора саме фільтра зі скінченною імпульсною характеристикою та символи М-послідовності при цьому відповідають ваговим коефіцієнтам. У НЦФ виробляється кореляційна обробка суміші сигналів конкретних ПВП



МПР (МПМ) - модуль передавача (приймача)

ДЖС - джерело сигналу

ОПС - опорний ШПС

МОД – модулятор

П – перешкоди

ЛЗВ – лінія зв'язку

ПР1 - перетворювач рівня (передавач)

ПР2 - перетворювач (приймач)

ОС – отримувач сигналу

ВПР - вирішуючий пристрій

Рис.1.5. Структурна схема системи керування із використанням ШПС

(завдяки цьому і стає можливим кодовий поділ каналів), що відповідають інформаційним сигналам.

1.4.2. Кодові послідовності для систем керування із ШПС. Ортогональні кодові послідовності. У залежності від способу формування та статистичних властивостей ортогональні кодові послідовності розділяються на власне ортогональні та квазиортогональні. Відмінна ознака послідовності при цьому - коефіцієнт взаємної кореляції ρ_{ij} , який в загальному випадку змінюється від -1 до +1. З теорії сигналів відомо, що гранично досяжне значення коефіцієнта взаємної кореляції визначається з умови

$$\rho_{ij} = \begin{cases} -1/N, & \text{де } N \text{ не парне} \\ -1/(N-1), & \text{де } N \text{ парне} \end{cases}$$

де N – довжина послідовності;

Коефіцієнт взаємної кореляції ортогональних послідовностей, за визначенням, дорівнює нулю, тобто $\rho_{ij}=0$.

Відомі декілька способів генерації ортогональних кодів. Найбільш поширений вважається - за допомогою послідовностей Уолша довжиною 2^n , що утворюються на основі рядків матриці Адамара.

З математичної точки зору, ортогональність означає, що при відсутності часового зсуву між послідовностями Уолша, їх скалярний добуток дорівнює 0. З радіотехнічної точки зору, це дозволяє усунути взаємні перешкоди при передачі інформації від базової станції до декількох абонентських, що різко підвищує пропускну спроможність системи зв'язку. Така перевага ортогональності має місце тільки у разі точної синхронізації передачі послідовностей всім користувачам. Точна синхронізація базових та абонентських станцій здійснюється за допомогою глобальної навігаційної системи GPS (Global Position System).

Інший важливий різновид ортогональних кодів – так званий біортогональний код, який формується з ортогонального коду та його інверсії. Головна позитивна перевага таких кодів у порівнянні з ортогональними - можливість передачі сигналу по вдвічі меншій смузі частот.

Можливість адаптації системи CDMA до різноманітних швидкостей передачі забезпечується за рахунок використання спеціальних ортогональних послідовностей зі змінним коефіцієнтом розширення спектру,

що звуться кодами змінної довжини. При передачі CDMA-сигналу, що створювався за допомогою такої послідовності, чипова швидкість залишається постійною, при цьому інформаційна швидкість змінюється кратно двом.

Псевдовипадкові послідовності. На рівні з ортогональними кодами велику роль в CDMA-системах грають ПВП, що генеруються детермінованим способом та володіють всіма властивостями випадкових сигналів. Одночасно вони вигідно відрізняються від ортогональних послідовностей інваріантністю до часового зсуву. Існує декілька видів ПВП, які володіють різними характеристиками.

Одними з найбільш відомих фазоманіпульованих сигналів є сигнали, кодові послідовності яких мають максимальну довжину або M-послідовності

. Для побудови М-последовностей звичайно використовують регістри зсуву або елементи затримки заданої довжини. Довжина М-последовності дорівнює $L=2^N-1$, де N - число розрядів регістра зсуву. Різноманітні варіанти підключення виходів розрядів до ланцюга зворотного зв'язку дають деякий набір последовностей з АКФ

$$\rho_{ij} = \begin{cases} L, & \text{для } i=j \\ -1, & \text{для } i \neq j \end{cases}$$

АКФ М-последовності дорівнює -1 для всіх значень затримки, крім області 0 ± 1 , де її значення змінюється від -1 до 2^N-1 . Крім того, М-последовності володіють ще однією особливістю: в кожній з них одиниць на одну більше, ніж нулів. Функція автокореляції М-последовності є періодичною та двозначною. Последовності максимальної імовірності при цьому володіють статичними характеристиками кореляційних функцій, які близьки до характеристик М-последовностей, при цьому число їх може бути великим і для них передбачають регулярне правило формування.

Окрім наведених ортогональних кодів та ПВП у системах передачі застосовуються також бінарні хаотичні коди. Розглядаються як перспективні напрями розвитку систем із використанням складних сигналів [2], також обговорюються на сучасному етапі переваги систем зв'язку з ШПС та пропонується апаратна реалізація модему, який може здійснювати розширення або стискання спектра. Фазова маніпуляція сигналу, який передається, виконується з використанням хаотичних бінарних кодів, що генеруються цифровим процесором. Реалізований спосіб передачі інформації з використанням хаотичних кодових сигналів, також експериментально досліджено вплив затримки коду на процес виділення інформації при згортці прийнятого сигналу. Доказано, що система із хаотичною зміною кодів має високу перешкодостійкість. Недоліком таких систем є те, що хаотичні коди не мають такого математичного обґрунтування як М-последовності та ПВП Голда, також недостають вивчені їх кореляційні властивості.

Вибір псевдовипадкової кодової послідовності в системі передачі інформації досить важливий, оскільки від її параметрів залежить підсилення обробки, перешкодостійкість та чутливість системи. При однаковій довжині кодової послідовності, параметри системи можуть бути різними.

Ортогональні коди мають два принципових недоліки:

1. Максимальне число можливих кодів обмежене їх довжиною (в стандарті IS-95 число кодів дорівнює шістдесят чотири), а відповідно, вони мають обмежений адресний простір.
2. Функція взаємної кореляції дорівнює 0 лише «в точці», тобто при відсутності часового зсуву між кодами. Тому такі сигнали використовуються лише в синхронних системах і переважно в прямих каналах (від базової станції до абонента).

Для більш високої перешкодостійкості, а також для кодового розділення каналів використовують зазвичай послідовності більшої довжини, значну частину яких утворюють М-послідовності, а також послідовності максимальної ймовірності, які володіють статичними характеристиками кореляційних функцій, близькими до характеристик М-послідовностей, число їх може бути великим і для них при цьому можна передбачити регулярне правило формування [1,2]. Отже, у магістерській роботі пропонуємо використання у НЦФ ШПС послідовностей Голда. Нами враховуна їх нескладність формування зі вже відомих М-послідовностей, необхідні кореляційні властивості, можливість створення ансамблів ПВП Голда з метою реалізації багатоканальних НЦФ (на відміну від обмеженої кількості М-послідовностей).

Системи автоматизованого керування та збору інформації, складаються з передавальної частини (формувача сигналу) та приймальної частини (на основі узгодженого фільтра або корелятора). Для розробки пристрою отримання ПВП із відомих доцільно буде використати реалізацію на мікроконтролері із програмуванням мовою Асемблер або C++. Програмний спосіб реалізації здійснюється з використанням мови програмування *Visual Basic*.

Елементарні об'єкти НЦФ шумоподібних сигналів. Для обробки ШПС використовуються цифрові узгоджені фільтри, які будуються як фільтри з кінцевою імпульсною характеристикою чи за допомогою швидких процедур (алгоритмів) згортки.

РОЗДІЛ 2

АНАЛІЗ МЕТОДІВ СТВОРЕННЯ НЕРЕКУРСИВНИХ ЦИФРОВИХ ФІЛЬТРІВ ШУМОПОДІБНИХ СИГНАЛІВ

2.1. Формалізація задачі створення структур НЦФ

Задачі створення структур НЦФ вирішуються загалом як задачі синтезу за два етапи, перший з яких спрямований на створення структури проєктованого об'єкта та має назву структурного синтезу, а другий на пошук параметрів спроектованої структури та має назву параметричного синтезу [9]. Структурний синтез (СС) є більш складною задачею ніж параметричний і містить три основних етапи:

1. Генерацію або пошук варіанта структури.
 2. Оцінку знайденого варіанта.
 3. Ухвалення рішення про його придатність або непридатність й про продовження або припинення подальшого пошуку варіантів.
- Відмінною рисою структурного синтезу є його дискретний характер і тому дискретна оптимізація є змістом будь-якого СС.

Для вирішення задач структурного синтезу необхідно:

1. Формалізувати структурний базис, або визначити множину типових структурних елементів, на конкретному наборі яких може бути визначена проєктована структура. Опис елементів структурного базису представляє собою моделі елементів, що використовуються для формування математичної моделі синтезованої структури.
2. Формалізувати структурні зв'язки, або визначити обмеження на можливості з'єднань елементів структурного базису в синтезованій структурі. Результат формалізації представляється у виді орієнтованого графа, ребра якого представляють собою дозволені з'єднання, матриці припустимих зв'язків чи у вигляді списків.
3. Формалізувати структурну або цільову функцію. Структурні функції в якості своїх змінних крім структурних елементів можуть мати цілу систему

функцій обмежень, пов'язаних з витратами на функціонування структури, які можуть знаходитись в складній залежності від неї, що значно ускладнює формалізацію даного етапу.

4. Формалізувати вихідне завдання на структуру. Такий процес істотно залежить від проведення трьох попередніх етапів формалізації, а також методу синтезу, який використовується. Чим більш досконалий метод синтезу, тим менший обсяг потрібен для попередньої розробки вихідного завдання.

Розрізняють декілька рівней складності задач синтезу.

До першого рівня складності відносяться найбільш прості задачі [9, 10], тому що структура або задана в самому завданні на проектування, або вибір структури однозначний, або вибір структури очевидний.

Другому рівні складності - це вибір потрібного варіанта з кінцевої множини, елементи якої заздалегідь відомі, а їхня кількість невелика (у значенні досяжності перегляду та порівняння усіх варіантів за відповідний час). До таких задач відноситься вибір одного з варіантів серед стандартизованих або уніфікованих варіантів.

До четвертого рівня відносять задачі вибору варіанта з множини зі заздалегідь невідомим числом елементів, або задачі, від яких можна чекати одержання принципово нової схеми.

До п'ятого рівня відносять задачі, розв'язання яких можливо на рівні відкриттів, тобто планувати це, як правило, важко.

Формалізація задач СС можлива за умови наступних підходів:

- перебору варіантів з архіву типових структур;
- перебору варіантів, генерованих з бібліотечних елементів;
- послідовного синтезу;
- виділення варіанта зі структури узагальненої;
- використання евристичних прийомів;
- зведення задачі синтезу до задачі дискретного математичного програмування;
- використання специфічних особливостей предметної області.

2.2. Метод одержання НЦФ із використанням логічних функцій

2.2.1. Представлення фільтрів у термінах алгебри логіки. Матриця можливих передаточних функцій (МВПФ) гілок НЦФ другого порядку та визначник цієї матриці – передаточна функція фільтру виглядає наступним чином

$$\begin{vmatrix} z^{-1} & 1 & 0 \\ t_{12} & t_{22} & 1 \\ t_{13} & t_{23} & z^{-1} \end{vmatrix} = t_{22} \cdot z^{-2} - (t_{23} + t_{12}) \cdot z^{-1} + t_{13} \quad (2.1)$$

де t_{ij} – передаточна функція гілки НЦФ,

z^{-1} – передаточна функція гілки НЦФ із затримкою.

Цей вираз можна записати за допомогою формул алгебри висловлень наступним чином

$$\mathfrak{R}_1 = t_{22} \wedge (t_{12} \vee t_{23}) \wedge t_{13} \quad (2.2)$$

Це кон'юнктивна нормальна форма (КНФ). Отримано форму, яка містить чотири букви t та породжує відповідну функцію від чотирьох аргументів за допомогою уніарної операції заперечення $\neg$ (“риска”) та двох бінарних операцій кон'юнкції (“додавання”) та диз'юнкції (“множення”). Значеннями цих аргументів та функцій є “істина” або “хибність”. Логічно еквівалентні форми породжують одну й ту ж саму функцію. Оскільки будь яка функція породжується деякою формою, тоді можна подати КНФ для МВПФ гілок НЦФ для усіх структур від другого до четвертого порядку.

Існує можливість використання отриманих нормальних форм алгебри логіки для синтезу структур НЦФ, що дозволить проектувальнику НЦФ якісно відбирати структури за різними властивостями та кількістю множників.

2.2.2. Одержання структур НЦФ із використанням логічних функцій.

Множина типових структурних елементів, які можуть бути використані при побудові структури складається з передаточної функції гілки ЦФ (події або її заперечення) t_{ij} та з передаточної функції гілки ЦФ із затримкою z^{-1} .

Обмеженням на можливість з'єднання елементів структурного базису є логічні операції та властивості нормальних форм алгебри логіки. Структурна функція – набір доданків ДДНФ, в кожному з яких присутнє змінне висловлення t_{ij} або його заперечення. Функцією обмеження є кількість змінних у кожному доданку. Наприклад, для структури НЦФ, передаточна функція якого відповідає повному багаточлену, кількість змінних типу t_{ij} на 1 більше ніж кількість z^{-1} . Відомий наступний порядок одержання структур НЦФ:

1. Визначення кількості змінних t_{ij} , які відповідають передаточним функціям гілок фільтру.
2. Побудова таблиці істинності для усіх змінних.
3. Виконання проміжних обчислень (якщо необхідно).
4. Обчислення доданків ДДНФ, які відповідають таблиці істинності.
5. Відбір рядків за результатом логічної функції – „істинно” або „єдиниця”.
6. Відбір доданків (структур НЦФ) за критерієм кількості змінних t_{ij} , що дорівнюють „єдиниці”. Якщо обрати за критерій мінімальну кількість t_{ij} , то стане можливим синтез структур, передаточна функція яких являє собою добуток декількох функцій нижчого порядку.

2.3. Метод побудови НЦФ ШПС зі спільними частинами передаточних функцій

Такий метод має спільну рису з методами адаптивної фільтрації, тобто зміну або перебудову передаточної функції НЦФ у процесі фільтрації. Одночасно відмінними моментами є наявність у адаптивних фільтрів замкнутого контуру (зворотного зв'язку) і залежність перебудови перехідної характеристики від оцінювання статистичних параметрів вхідного сигналу.

Для сприйняття викладення процедури синтезу НЦФ наводимо відомості про подільність поліномів від однієї змінної.

2.3.1. Подільність поліномів від однієї змінної. Будь - яку впорядковану двійкову послідовність довжини n розглядають не тільки як вектори деякого лінійного простору, а й позначити через

$$a = \{a_0, a_1, \dots, a_{n-1}\}, \quad (2.3)$$

та розглядати як набір коефіцієнтів полінома

$$a(x) = a_0 + a_1x^1 + \dots + a_{n-1}x^{n-1} \quad (2.4)$$

Так як a_i дорівнюють 0 чи 1 то очевидно що при такому уявленні степінь кожного полінома (послідовності) не перевищує $(n-1)$. Усі багаточлени від однієї змінної з довільними числовими коефіцієнтами відносно звичайних операцій додавання або множення багаточленів утворюють комутативне кільце. Подільність для даного кільця полягає в з'ясовуванні характеру розкладання довільного елемента кільця у добуток нерозкладних. Елемент кільця a зветься оборотним якщо для нього існує обернений a^{-1} , або такий, що $a \cdot a^{-1} = 1$. Елементи a та b називаються асоційованими (позначення $a \sim b$), якщо b ділить a та a ділить b , або $a = \varepsilon \cdot b$, де ε - оборотний елемент. Тобто елементи, що відрізняються оборотним множником називаються асоційованими. Як приклад: у полі Z число сім асоційоване само до себе, а у полі багаточленів поліноми першої степені, асоційовані з лінійними двочленами, які мають вигляд $(z-c)$. Одиниці та асоційовані елементи вважаються тривіальними дільниками. Необоротні елементи, що не мають дільників окрім тривіальних, називаються нерозкладними. Якщо розкладання будь-якого елемента кільця існує та однозначне з точністю до порядку слідування множників й заміни множників на асоційовані, то кільце називається факторіальним. Поле являє собою кільце з «1», яке крім властивостей кільця ще й комутативне $a \cdot b = b \cdot a$; асоціативне $a \cdot (b \cdot c) = (a \cdot b) \cdot c$; має одиницю $\forall a \exists \varepsilon, a \cdot \varepsilon = a$; існують зворотні $\forall a \exists a^{-1}, a \cdot a^{-1} = \varepsilon$. Поле є частковий випадок кільця, у якому операції володіють додатковими властивостями.

Скінченне поле із p елементів, де p -просте число, позначається $GF(p)$ та називається полем Галуа.

Елементами поля можуть бути не тільки числа, але й поліноми. Таке поле належить до розширеного по відношенню до простого й позначається $GF(p^n)$. Далі розглядаються поля багаточленів. Елементами поля багаточленів складеного із p^n елементів є всі багаточлени степеня не більш ніж $(n-1)$ з коефіцієнтами з поля $GF(p)$. Щоб підкреслити таку відмінність, зазвичай замість $GF(p)$ записують $GF(p^n)$. Від розкладання на множники з довільними коефіцієнтами можна перейти до розкладання зі старшим коефіцієнтом «одиниця», що називаються нормалізованими або унітарними. Дійсно, якщо $H(z) = a_i z^i + \dots$ - багаточлен над полем $GF(p)$, то $g = a_i^{-1} \cdot H_i$ - також багаточлен над полем $GF(p)$, при чому його старший коефіцієнт дорівнює 1. Для будь-якого скінченного поля існує тільки скінченне число p^n поліномів, які зведені до нормального вигляду $z^n + a_1 z^{n-1} + a_2 z^{n-2} + \dots + a_n$, степеня n . Також існує скінченне число p^{n+1} усіх поліномів $a_0 z^n + a_1 z^{n-1} + \dots + a_n$, степеня не більше ніж n з коефіцієнтами із поля $GF(p)$. При чому p називається характеристикою поля $GF(p)$ і ця характеристика визначає розмірність поля.

Поліном $H(z) = \sum_{i=0}^n a_i \cdot z^{-i}$ називають незвідним у полі GF , якщо він не має нетривіальних дільників в GF . Тобто, це багаточлен з коефіцієнтами із поля $GF(p)$, який не є добутком двох багаточленів меншого степеня. В іншому випадку поліном називається звідним у полі $GF(p)$. Розглянемо поля з трьох елементів $\{-1, 0, 1\}$, поле лишків за модулем три $GF(3)$ та будуть розглядатися поля лишків за модулем два $GF(2)$, що складаються з двох елементів $\{0, 1\}$. При цьому $1 \equiv (-1) \bmod 2$.

Подання послідовностей у виді поліномів чи у вигляді елементів лінійного векторного простору дозволяє використовувати для побудови ЦФ алгебраїчний апарат. Надалі Будемо використовувати алгебраїчні теорії для синтезу фільтрів.

2.3.2. Побудова НЦФ ШПС зі спільними частинами передаточних функцій. Структурний базис може складатися з передаточної функції НЦФ у виді добутку поліномів. Обмеженням на з'єднання елементів структурного базису виступає приналежність елементарних об'єктів блочно-діагональній матриці передаточних функцій НЦФ й можливість каскадного з'єднання фільтрів, передаточні функції яких є співмножниками.

Структурна функція – це структури з мінімальною кількістю множників або такі, що відповідають обраним ПВП. Функція обмеження - це кількість співмножників, які не можуть бути більшими за кількість простих чисел, на які розкладається число, яке відповідає порядку фільтра чи близьке до нього в напрямку зменшення.

Така задача відноситься до третього рівня складності або як задача із великою, але кінцевою кількістю варіантів. Розв'язання її пропонується, як перебір варіантів, які згенеровані з бібліотечних елементів за наявності елементів послідовного синтезу. Етапи синтезу структур НЦФ:

1. Визначення порядку фільтра, узгодженого із ПВП довжиною N .
2. Знаходження необхідної кількості співмножників (простих чисел або їх комбінацій), на які розкладається N , із можливою наявністю залишку, що дорівнює «одиниці».
3. Визначення можливості розкладення повних багаточленів, які відповідають ПВП на співмножники згідно з п.2.
4. Визначення конкретних наборів співмножників.
5. Визначення наборів ПВП Голда, для яких можлива побудова НЦФ (за допомогою окремої програми).
6. У разі можливості розкладання, знаходження спільних співмножників (поліномів) для різних ПВП зі збереженням результатів у файлі.
7. У випадку відсутності спільних співмножників переходимо до п. 2.

2.3.3. Приклади побудови НЦФ ШПС зі спільними частинами передаточних функцій.

Перший приклад.

1. Порядок ансамблю ПВП $N=7$ (коди мають наступний вигляд): 0000110, 0010001, 0111111, 1100011, 1011010, 0101000, 1001101.
2. Число, що відповідає довжині ПВП є простим, тому розкладаємо на множники „6” із наявністю залишку, що дорівнює «одиниці». Можливі варіанти: $7=2 \times 3+1$ та $7=3 \times 2+1$, де 2 та 3 – це кількість доданків у відповідних співмножниках.
3. Семичлен шостого степеня неможливо розкласти на множники, тому намагаються розкласти повний шестичлен із додаванням ± 1 . З $2^6=64$ повних шестичленів п'ятого степеня, що розкладаються на множники тільки 28.
4. З 28 семичленів до послідовностей Голда можна віднести 23 багаточлена. У першому стовпці проставлені номери відповідних шестичленів п'ятої степені, з яких утворилися семичлени шостого степеня. У другому стовпці представлені сім коефіцієнтів багаточленів, які починаються з найменшого степеня зліва направо, тобто $1+z+z^2+\dots+z^6$.
5. Як видно із результатів обчислень, у наявності 23 варіанта розкладень багаточленів і їх можна згрупувати по наявності спільних частин (множників). Як приклад дві послідовності, що розкладаються із наявністю спільних частин:

1. 111-1-111 $1+z \cdot (1+z)(1-z^2+z^4)$

2. -11-1-111-1 $-1+z \cdot (1-z)(1-z^2+z^4)$

відповідають каскадному з'єднанню НЦФ (рис. 2.1), де X та Y – вхід та вихід фільтра відповідно, h_0 – множник (1 або -1 у прикладах):

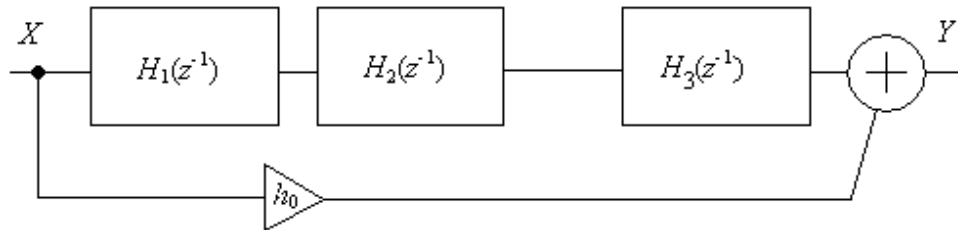


Рис. 2.1. Вигляд множників (передаточних функцій), що відповідають НЦФ узгодженому із послідовністю Голда

У розглянутому сімействі фільтрів доводиться обирати не сім коефіцієнтів, а тільки шість. У загальному вигляді, фільтри після розкладення на окремі передаточні функції, виглядатимуть (рис.2.2.). На рис.2.2. зображено схему НЦФ, що відповідає першому прикладу з п. 6.

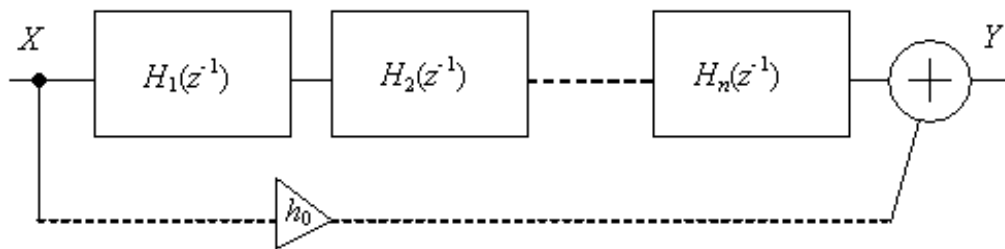


Рис. 2.2. Вигляд передаточних функцій, що відповідають НЦФ n -го порядку узгодженому із ПВП

Видно, що перший та другий приклади мають спільні частини й відрізняються лише двома множниками ± 1 (хоч мова йде про різні ПВП а не зсув однієї). Цю особливість можна використати:

1. При побудові багатоканальних НЦФ ШПС, для чого знадобиться одна основна структура НЦФ (основний канал), а інші канали добудовуватимуться лише невеликою кількістю множників.
2. При побудові НЦФ ШПС одноканального типу з можливістю перебудови коефіцієнтів – множників (або окремих структурних ділянок) у реальному часі для послідовної фільтрації каналів передачі інформації.

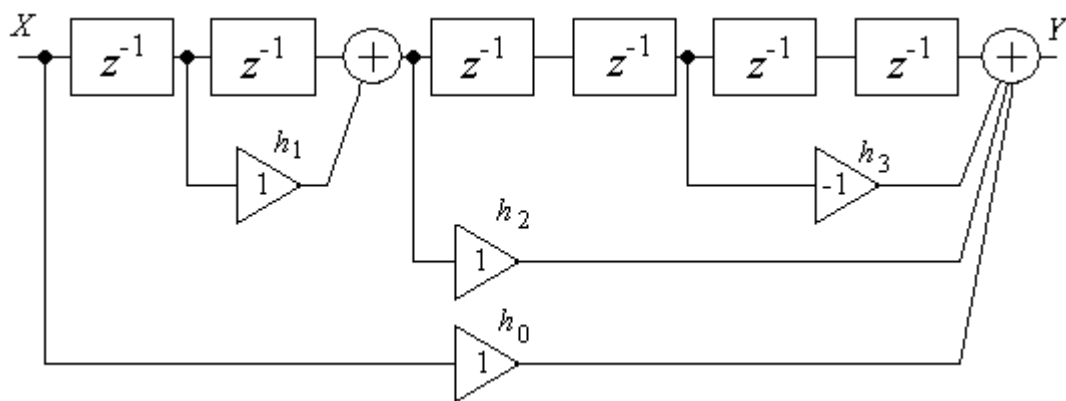


Рис. 2.3. Структурна схема складеного НЦФ 6-го порядку із передаточною функцією $H(z)=1+z^{-1} \cdot (1+z^{-1})(1-z^{-2}+z^{-4})$

Другий приклад.

1. Порядок ансамблю ПВП $N=15$.
2. Число, що відповідає довжині ПВП не є простим, тому розкладаємо його на множники. Перейдемо до розкладання багаточлена чотирнадцятого степеня. Оскільки $15=3 \cdot 5=5 \cdot 3$, то існує два способи розкласти такий багаточлен.
3. П'ятнадцятичлен чотирнадцятого степеня можна розкласти на множники менших степенів. На початку перший множник буде повним тричленом, а потім, у другому випадку, перший множник буде повним п'ятичленом.

$$\underbrace{1 + z + z^2 + \dots + z^{2^5-2}}_{15 \text{ доданків}} = \underbrace{(1 + z + z^2)}_{3 \text{ доданки}} \cdot \underbrace{(1 + z^3 + z^6 + z^9 + z^{12})}_{5 \text{ доданків}} =$$

$$= \underbrace{(1 + z + z^2 + z^3 + z^4)}_{5 \text{ доданків}} \cdot \underbrace{(1 + z^5 + z^{10})}_{3 \text{ доданки}}.$$

Також наведемо розкладання на незвідні багаточлени менших степенів ніж

$$14\text{-га } z^{14} + z^{13} + \dots + 1 = (z^2 + z + 1)(z^4 + z^3 + z^2 + z + 1)(z^8 - z^7 + z^5 - z^4 + z^3 - z + 1).$$

Це канонічне розкладання містить у собі як повний тричлен, так і повний п'ятичлен. З 2^{15} повних 15-членів 14-ого степеня незвідних буде

$N_{14}=341484$ (3.13) згідно з пунктом 3.4.2. Отже $(2^{15}-341484)$ багаточленів розкладаються на множники.

4. Існує $15^2=225$ послідовностей Голда із 2^{15} повних 15-членів 14-ого степеня, які взагалі можливі.

5. З усіх багаточленів, які розкладаються на множники жоден не відноситься до послідовностей Голда.

Третій приклад.

1. Порядок ансамблю ПВП $N=31$.

2. Число, що відповідає довжині ПВП є простим, тому розкладаємо на множники „30” із залишком, що дорівнює «одиниці». Можливі різні варіанти: $31=2 \times 3 \times 5 + 1$ та $31=3 \times 2 \times 5 + 1$, де 2, 3 та 5 – кількість доданків у відповідних співмножниках.

3. Тридцятий одночлен тридцятого степеня неможливо розкласти на множники, тому треба намагатися розкласти повний тридцятичлен двадцять дев'ятого степеня із додаванням ± 1 . Кількість невідомих обчислюється за формулою. З 2^{30} повних 30-тичленів 29-ого степеня решта розкладаються на множники. Кількість розкладань для $n=n_1 \cdot n_2 \cdot n_3$, де n_i взаємно прості числа можна підрахувати за формулою $A_3^1 + A_3^2 + C_3^2$. Так, оскільки $30=2 \cdot 3 \cdot 5$, то для тридцяти члена буде $\frac{3!}{(3-1)!} + \frac{3!}{(3-2)!} + \frac{3!}{2!(3-2)!} = 12$ різних способів розкласти такий багаточлен. Схематично ці 12 розкладань можна подати у наступному

вигляді: $n_1 \cdot n_2 n_3 = n_2 \cdot n_1 n_3 = n_3 \cdot n_1 n_2 = n_1 n_2 \cdot n_3 = n_1 n_3 \cdot n_2 = n_2 n_3 \cdot n_1 = n_1 \cdot n_2 \cdot n_3 = n_2 \cdot n_1 \cdot n_3 = n_1 \cdot n_3 \cdot n_2 = n_3 \cdot n_1 \cdot n_2 = n_2 \cdot n_3 \cdot n_1 = n_3 \cdot n_2 \cdot n_1$. У нашому випадку це буде $2 \cdot 15 = 3 \cdot 10 = 5 \cdot 6 = 6 \cdot 5 = 10 \cdot 3 = 15 \cdot 2 = 2 \cdot 3 \cdot 5 = 3 \cdot 2 \cdot 5 = 2 \cdot 5 \cdot 3 = 5 \cdot 2 \cdot 3 = 3 \cdot 5 \cdot 2 = 5 \cdot 3 \cdot 2$. Іншими словами двочлен помножений на п'ятнадцятичлен або тричлен помножений на десятичлен тощо.

4. Показується розкладання тридцятичлена двадцять дев'ятого степеня.

$$\begin{aligned}
 & z^{29} + z^{28} + z^{27} + \dots + z^2 + z + 1 = \\
 & = (z + 1)(z^{28} + z^{26} + z^{24} + z^{22} + z^{20} + z^{18} + z^{16} + z^{14} + z^{12} + z^{10} + z^8 + z^6 + z^4 + z^2 + 1) = \\
 & = (z^2 + z + 1)(z^{27} + z^{24} + z^{21} + z^{18} + z^{15} + z^{12} + z^9 + z^6 + z^3 + 1) = \\
 & = (z^4 + z^3 + z^2 + z + 1)(z^{25} + z^{20} + z^{15} + z^{10} + z^5 + 1) = \\
 & = (z^5 + z^4 + z^3 + z^2 + z + 1)(z^{24} + z^{18} + z^{12} + z^6 + 1) = \\
 & = (z^9 + z^8 + z^7 + z^6 + z^5 + z^4 + z^3 + z^2 + z + 1)(z^{20} + z^{10} + 1) = \\
 & = (z^{14} + z^{13} + z^{12} + z^{11} + z^{10} + z^9 + z^8 + z^7 + z^6 + z^5 + z^4 + z^3 + z^2 + z + 1)(z^{15} + 1) = \\
 & = [(z+1)(z^4 + z^2 + 1)](z^{24} + z^{18} + z^{12} + z^6 + 1) = \\
 & = [(z^2 + z + 1)(z^3 + 1)](z^{24} + z^{18} + z^{12} + z^6 + 1) = \\
 & = [(z + 1)(z^8 + z^6 + z^4 + z^2 + 1)](z^{20} + z^{10} + 1) = \\
 & = [(z^4 + z^3 + z^2 + z + 1)(z^5 + 1)](z^{20} + z^{10} + 1) = \\
 & = [(z^2 + z + 1)(z^{12} + z^9 + z^6 + z^3 + 1)](z^{15} + 1) = \\
 & = [(z^4 + z^3 + z^2 + z + 1)(z^{10} + z^5 + 1)](z^{15} + 1) = (z + 1)(z^2 + z + 1)(z^2 - \\
 & z + 1)(z^4 + z^3 + z^2 + z + 1)(z^4 - z^3 + z^2 - z + 1)(z^8 - z^7 + z^5 - z^4 + z^3 - z + 1)(z^8 + z^7 - \\
 & z^5 - z^4 - z^3 + z + 1).
 \end{aligned}$$

Останній вираз являє собою розкладання на невідомі багаточлени, які мають також і від'ємні доданки.

Більша економія у кількості елементів, які містяться у фільтрі дістається для меншої кількості фільтрів. Більший виграш дає невелика кількість фільтрів з 31-параметричного сімейства НЦФ. З ростом порядку фільтра отримується відносно більший виграш для відносно меншої кількості фільтрів (рис. 2.4).

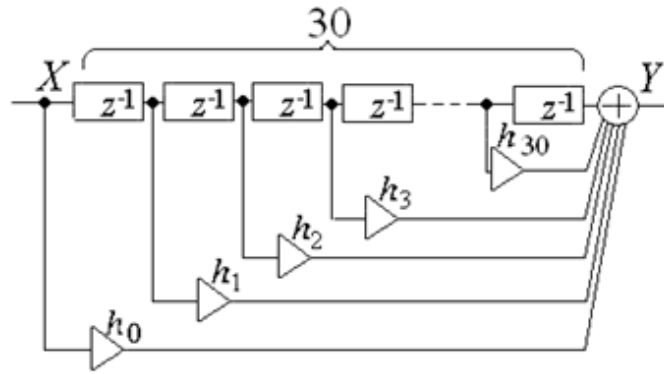


Рис. 2.4. Структура НЦФ 30-го порядку при прямій формі реалізації

$$\underbrace{1 + z + z^2 + \dots + z^{29}}_{30 \text{ доданків}} = \underbrace{(1 + z + z^2 + z^3 + z^4)}_{5 \text{ доданків}} \cdot \underbrace{(1 + z^5 + z^{10})}_{3 \text{ доданки}} \cdot \underbrace{(1 + z^{15})}_{2 \text{ доданки}}$$

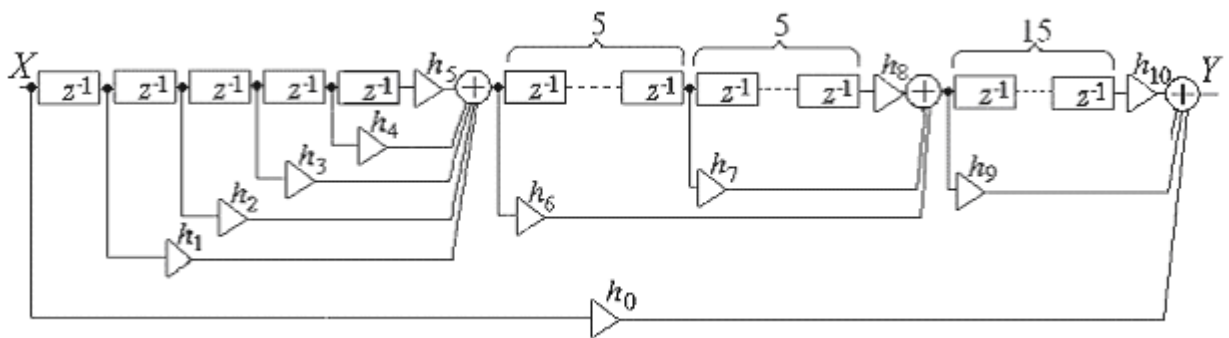


Рис. 2.5. Структурна схема складеного НЦФ

На рис. 2.5. представлена схема складеного НЦФ 30-го порядку із передаточною функцією

$$H(z) = h_0 + z^{-1} \cdot (h_5 + h_4 \cdot z^{-1} + h_3 \cdot z^{-2} + h_2 \cdot z^{-3} + h_1 \cdot z^{-4}) \cdot (h_8 + h_7 \cdot z^{-5} + h_6 \cdot z^{-10}) \cdot (h_9 + h_{10} \cdot z^{-15}),$$

де $h_i = \{-1, +1\}$, $i = 0, \dots, 11$.

Четвертий приклад.

1. Порядок ансамблю ПВП $N=63$.
2. Число, що відповідає довжині ПВП не є простим, тому воно розкладається на множники. Проводимо розкладання повного 63-члена шістдесят другого степеня у різний спосіб. Кількість розкладань використовує перестановки й сполучення з повтореннями (оскільки $63=3 \cdot 3 \cdot 7$) складає $k=2$ різних типів цифр. Число цифр першого типу $n_1=2$ (дві трійки), число цифр другого типу $n_2=1$ (одна сімка). Число різних перестановок із повтореннями, які можна зробити з двох трійок та однієї сімки обчислюється за формулою

перестановок з повтореннями $P(n_1, n_2) = \frac{n!}{n_1! \cdot n_2!} = \frac{3!}{1! \cdot 2!} = 3$. Такі три способи можна представити схематично у вигляді $3 \cdot 3 \cdot 7 = 3 \cdot 7 \cdot 3 = 7 \cdot 3 \cdot 3$. Якщо $m=1$ – число елементарних підмножин порядок яких не приймається до уваги. Тому число сполучень з повтореннями буде $C(m, k-1) = \frac{(m+k-1)!}{m! \cdot (k-1)!} = \frac{(1+2-1)!}{1! \cdot (2-1)!} = 2$. Оскільки є два типи цифр, тому $P_2 = 2! = 2$. Разом буде $C(m, k-1) \cdot P_2 = 2 \cdot 2 = 4$. Такі чотири способи можна представити схематично у вигляді $3 \cdot (3 \cdot 7) = 7 \cdot (3 \cdot 3) = (3 \cdot 3) \cdot 7 = (3 \cdot 7) \cdot 3$. Остаточно отримана кількість розкладань для $n = n_1 \cdot n_1 \cdot n_2$, де n_i взаємопрості числа буде дорівнювати $C(1, 2-1)P_2 + P(1, 2) = 2 \cdot 2 + 3 = 7$.

3. Багаточлен 62-го степеня можна розкласти на множники. Схематично такі сім розкладань можна подати у наступному виді: $n_1 \cdot (n_1 \cdot n_2) = n_2 \cdot (n_1 \cdot n_1) = (n_1 \cdot n_1) \cdot n_2 = (n_1 \cdot n_2) \cdot n_1 = n_1 \cdot n_1 \cdot n_2 = n_1 \cdot n_2 \cdot n_1 = n_2 \cdot n_1 \cdot n_1$. У такому випадку це буде $63 = 3 \cdot 21 = 7 \cdot 9 = 9 \cdot 7 = 21 \cdot 3 = 3 \cdot 3 \cdot 7 = 3 \cdot 7 \cdot 3 = 7 \cdot 3 \cdot 3$. Розкладання багаточлена 62-ого степеня у різний спосіб:

$$\underbrace{1 + z + z^2 + \dots + z^{62}}_{63 \text{ доданки}} = \underbrace{(1 + z + z^2)}_{3 \text{ доданки}} \cdot \underbrace{(1 + z^3 + z^6)}_{3 \text{ доданки}} \cdot \underbrace{(1 + z^9 + z^{18} + z^{27} + z^{36} + z^{45} + z^{54})}_{7 \text{ доданків}}$$

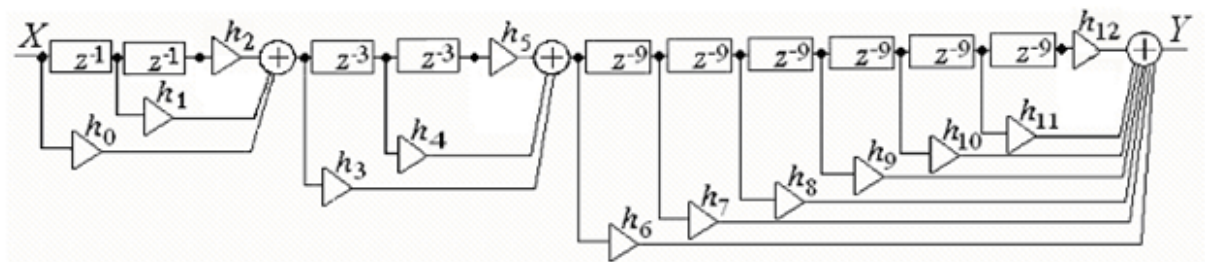


Рис. 2.6. Структурна схема складеного НЦФ

На рис. 2.6. представлена схема складеного НЦФ 62-го порядку із передаточною функцією $H(z) = (h_0 + h_1 \cdot z^{-1} + h_2 \cdot z^{-2}) \cdot (h_3 + h_4 \cdot z^{-3} + h_5 \cdot z^{-6}) \cdot (h_6 + h_7 \cdot z^{-9} + h_8 \cdot z^{-18} + h_9 \cdot z^{-27} + h_{10} \cdot z^{-36} + h_{11} \cdot z^{-45} + h_{12} \cdot z^{-54})$, де $h_i = \{+1, -1\}$, $i=0, \dots, 12$. Як приклад, якщо $h_1 = -1$, то $H(z) = (1 - z^{-1} + z^{-2}) \cdot (1 + z^{-3} + z^{-6}) \cdot (1 + z^{-9} + z^{-18} + z^{-27} + z^{-36} + z^{-45} + z^{-54})$. При прямій формі треба використати 63 множника, а при побудові зі спільними частинами передаточних функцій тільки 13 множників (рис.2.5).

2.4. Метод побудови НЦФ ШПС із використанням структурних особливостей ПВП

2.4.1. Використання відомих принципів модуляції сигналів з метою обробки сигналів. Щодол пояснення процедури синтезу НЦФ з використанням структурних особливостей подамо інформацію про деякі існуючі види модуляції, основні принципи яких й будемо використовувати. Існують найбільш відомих типи модуляції: дворівнева амплітудна, модуляція сигналом з полярністю, яка чергується, широтно-імпульсна модуляція, біполярна чи квазітрійкова модуляція.

При використанні останньої, “одиниця” та “нуль” передаються 2-ма елементарними імпульсами: “одиниця” позитивним і негативним, а “нуль” – негативним та позитивним. Обидва сусідні елементарні сигнали мають розділятися захисною паузою (за тривалістю вона може бути меншою від елементарного сигналу). Такий вид модуляції відноситься до амплітудної, так як полярність залежить від вибору рівня. При цьому постійна складова повністю відсутня.

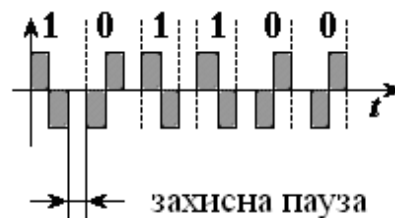


Рис. 2.7. Зображення сигналів за біполярною модуляцією

Якщо використовується код, відомий як „манчестер”, біт інформації теж передається 2-ма символами або зміною рівня сигналу. За амплітудною модуляцією можливо формування сигналу з мінімальними апаратними витратами. При цьому у всіх видах амплітудної модуляції один елементарний сигнал переносить тільки 1 біт інформації, навіть якщо він полярний. Виходячи з цього необхідне використання основної наступної ідеї: вважаємо за об'єкт інформації не біт (символ), а момент зміни знаку (рівня) або наявність сукупності бітів (символів). Враховуючи, що однією з основних особливостей ПВП є наявність блоків або сукупності сигналів одного рівня,

можна використати у процедурі обробки ШПС ідею зміни знаку або рівня (наприклад біполярна маніпуляція, сигнал "манчестер") у блоках, що призведе до економії елементарних об'єктів НЦФ у порівнянні з прямою формою реалізації. Цей метод базується на понятті як блок ПВП, що являє собою послідовність символів одного знаку. При цьому структурний базис складається з кількості блоків ПВП та їх довжини. Обмеженням на можливість з'єднання елементів структурного базису є те, що кількість блоків довільної ПВП не може бути меншою за 2 і більшою за $L/2$, де L – довжина ПВП. Цільовою функцією є кількість комірок пам'яті з метою збереження й обробки інформації.

2.4.2. Матричне представлення НЦФ ШПС з використанням структурних особливостей ПВП. За основу при цьому взято канонічну форму структури НЦФ. Як приклад, для фільтру шостого порядку передаточна функція має вид

$$H_1(z) = t_{12}z^{-6} + t_{13}z^{-5} + t_{14}z^{-4} + t_{15}z^{-3} + t_{16}z^{-2} + t_{17}z + t_{18} \quad (2.5)$$

Відповідна структура фільтру має вид

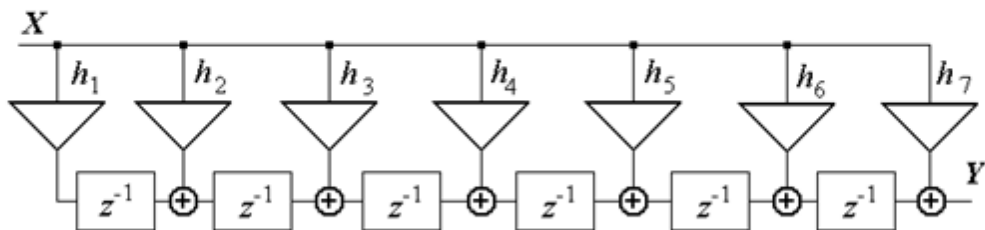


Рис. 2.8. НЦФ шостого порядку

2.4.3. Побудова НЦФ ШПС з використанням структурних особливостей ПВП. Структуру НЦФ ШПС з використанням структурних особливостей ПВП можна представити таким чином



Рис.2.9. Схема НЦФ з використанням структурних особливостей ПВП

Етапи в реалізації НЦФ ШПС з використанням структурних особливостей:

1. Визначення порядку ПВП, що пропонується використати для обробки інформації. При цьому можливо використання програми обчислення кореляційних функцій ПВП.
2. Знаходження ПВП з кількістю блоків, які задовольняють потребам проектувальника.
3. Визначення необхідної кількості комірок пам'яті з метою проведення обчислень.

РОЗДІЛ 3

РЕАЛІЗАЦІЯ СИНТЕЗУ ЦИФРОВИХ ФІЛЬТРІВ ШУМОПОДІБНИХ СИГНАЛІВ

3.1. Програмне забезпечення реалізації розроблених методів

Інформацію про властивості структур НЦФ можна отримати, промодельовавши його роботу за допомогою комп'ютерної програми. Доцільно використовувати математичні пакети й для вирішення систем рівнянь, матричних перетворень та символічних операцій. Відомі декілька пакетів програм, які допомагають вирішувати подібні задачі: MATLAB, MathCAD, Maple, Mathematica.

Серед програм, які вільно розповсюджуються, окремо виділяється пакет SCILAB, що в окремих випадках може замінити MATLAB або інші програми. Однак, вільно розповсюджуваної програми, яка повністю могла замінити вищенаведені пакети, на сьогодні не існує.

З метою моделювання структур цифрових фільтрів та створення додаткових програм пропонується використовувати мову програмування Visual Basic та офісний пакет OpenOffice.

3.2. Формування систем ПВП для НЦФ ШПС

3.2.1. Генерація М – послідовностей. Програма починається з введення даних. Далі виконується перевірка введених даних на правильність і тільки в тому випадку, якщо вони введені вірно робота програми продовжується, в іншому випадку проводиться повернення у початковий вихідний стан. Введені дані заносяться у масив. Потім формуються біти послідовності. Проводиться операція “виключне АБО” тих символів послідовності, які відповідають одиничним символам у масці введення, поки не сформується біти відповідно довжині послідовності. Після його формування відбувається відображення результатів.

3.2.2. Створення послідовностей Голда. З метою формування послідовності Голда необхідно мати вже одержані дві М-послідовності, які й заносяться в масиви $A(i)$ і $B(i)$, де i - загальне число біт послідовності. Якщо дані введені вірно (у даному випадку, якщо довжини послідовностей збігаються), то відбувається подальша генерація послідовностей Голда, тобто додавання по модулю «два» почленно кожних двох символів М-послідовностей, що і відображає алгоритм програми приведений у графічній частині магістерської роботи. Після того, як усі символи двох М-послідовностей почленно складені, відбувається відображення результату. Результатом буде ПВП Голда.

3.2.3. Тестовий приклад програми формування систем ПВП. В якості тестового прикладу розглядається формування послідовності Голда. Коди Голда з періодом $2^n - 1$ формуються шляхом посимвольного додавання по модулю 2 двох М-послідовностей. Спочатку беремо першу, вже пораховану М-послідовність (рис. 3.1, а) й копіюємо її в комірку С2. Оскільки для формування послідовності Голда потрібно мати вже 2 готові М-послідовності, тому беремо вже отриману другу М-послідовність й зкопіюємо її в комірку С3. Після того як комірки С2 і С3 уже заповнені отриманими М-послідовностями, необхідно зробити розрахунок (підсумовування по модулю 2 двох М-послідовностей), для цього натискаємо на комірку С8. У комірках С9-С15 вже є отримані послідовності Голда, їх сім (тому що довжина отриманих М-послідовностей дорівнює сім, а формула розрахунку довжини послідовності Голда $2^n - 1$ аналогічна довжині М-послідовності).

Знаходження АКФ та ВКФ. Розглянемо модуль вищезазначеної програми, яка призначена для знаходження кореляційних функцій ПВП. Алгоритм даної програми наведений у графічній частині магістерської роботи. Для зарахування користувачем АКФ і ВКФ необхідно в рядок

навпроти напису «Послідовність 1» і «Послідовність 2» внести 2і різні послідовності однакової довжини. Далі натиснути кнопку «Зробити розрахунок», при цьому на екран у відповідні стовпчики будуть виведені отримані результати. Розглянемо поетапно роботу такої програми:

- введення послідовностей у відповідні рядки (рис.3.1 а);
- після натискання кнопки «Зробити розрахунок», відбувається перевірка правильності введення (довжина послідовностей повинна бути однаковою);
- циклічне зрушення кожної з 2х введених послідовностей щодо вихідної;
- запис отриманих послідовностей у відповідні рядки на екрані (рис.3.1, б);
- підрахунок збігів між вихідною та циклічно зрушеною послідовностями;
- знаходження значення АКФ;
- запис результатів у відповідні рядки на екрані (рис.3.1, в);
- за вихідну приймається зрушена послідовність;
- циклічне зрушення послідовностей щодо вихідної;
- запис отриманих послідовностей у відповідні рядки на екрані (рис.3.1, г) і т.д. поки кількість зрушень не буде дорівнювати довжині введених послідовностей;
- розрахунок ВКФ між вихідними введеними послідовностями та виведення результату у відповідний рядок (рис.3.1, д).

Реалізація методу можна зробити мовою *Visual Basic*. У таблиці істинності, відбиті всі можливі ситуації для матриці $[5 \times 5]$, в якій міститься чотири букви *z*.

Послідовність 1	0111001
Послідовність 2	0111010

а)

Автокореляція першої послідовності	Автокореляція другої послідовності
1110010	1110100

б)

Автокореляція першої послідовності	Автокореляція другої послідовності
1110010	-0,14
1110100	-0,14

в)

Автокореляція першої послідовності	Автокореляція другої послідовності
1110010	-0,14
1100101	1101001

г)

Взаємна кореляція послідовностей
-0,14

д)

Рис.3.1. Послідовність роботи програми

3.3. Програма побудови НЦФ ШПС з використанням структурних особливостей ПВП

Програма призначена для одержання інформації про кількісні характеристики блоків в ансамблі ПВП.

Вихідна інформація - файл із ансамблем ПВП довільної довжини та обсягу (до 2^{14}). Наведемо послідовність кроків виконання програми.

1. Початок.
2. Введення даних та ініціалізація масивів й змінних.
3. Запис у масив ансамблю ПВП, який підготовлений попередньою програмою (п.3.1) та зберігається на носіях або вводиться через буфер обміну.
4. Фіксація послідовності ансамблю.
5. Визначення однакової послідовності символів.
6. Підрахунок кількості блоків ПВП.
7. Закінчення ПВП. Якщо ні, то перехід до п.4.
8. Виведення результатів у файл.
9. Кінець.

Результат роботи програми - файл та екранна копія розрахунків кількості блоків по кожній з ПВП. Додатково після проведення розрахунків, можна натисканням кнопки «Показати мінімальну кількість блоків» вивести на екран послідовності з мінімальною кількістю блоків.

Для прикладу для ансамблю послідовностей довжиною 7 символів: 1110010, 1000001, 0100111, 1101010, 1110001, 1000111, 0101011, результат обчислень виводиться в форматі, що представлено нижче

Таблиця 3.1

Представлення даних у результаті роботи програми

№	Кількість блоків з „1”	Кількість блоків з „0”	Довжина блоків
1.	2	2	3211
2.	2	1	151
3.	2	2	1123
4.	3	3	211111
5.	2	1	331
6.	2	1	133
7.	3	3	111112

Розглянемо програму та алгоритм моделі системи керування з використанням структурних особливостей ПВП.

Вхідний файл програми: *rvp1*, 2, ... - М-послідовності, ПВП Голда або їх сегменти, що відповідають каналам передачі інформації. Вихідні файли: *out_dmf* - результати роботи ЦУФ, *out_sum* - сигнал на виході накопичувача

1. На початку роботи програми проводиться оголошення масивів та змінних, що використовуються надалі.

2. Вводяться наступні значення змінних:

LSPS - довжина М-послідовності або її сегменту;

linfo - довжина інформаційної послідовності битий (за умовчанням - меандр 10101010);

dis - величина дискретизації сигналу, що поступає з моноканалу в приймальну частину СЗІ;

3. Процес створення каналного сигналу починається з введення ПВП у вигляді послідовності “нуль” та “одиниця”, що розташована в поточному каталозі диска С. Введений код перетвориться з “нуль” та “одиниця” (масив

c1) в послідовність “одиниця” і “-одиниця” (масив $p1$) для зручності виконання операції множення при кореляційній обробці вхідного сигналу. Далі інформаційний сигнал (масив $s1$) модулюється ПВП і результат заноситься в масив $m1$. Фазоманіпульований сигнал за допомогою ПВП формується наступним чином. Кожному символу послідовності ставиться у відповідність імпульс зі своєю початковою фазою. У двійковій системі числення ($p=2$) цю відповідність можна визначити як нульовій початковій фазі відповідає додатня амплітуда імпульсу (один), при цьому початковій фазі π відповідає від’ємна амплітуда імпульсу (мінус один). Тобто, початковим фазам або символам цифрової кодової послідовності 0 та 1 відповідають амплітуди імпульсів або символи кодової послідовності один та мінус один: $e^{i \cdot 0} = \cos 0 + i \cdot \sin 0 = 1$ та $e^{i \cdot \pi} = \cos \pi + i \cdot \sin \pi = -1$.

Тому додавання символів нуль та одиниця перетворюється у таблицю множення символів 1 та -1 (табл.3.2).

Таблиця 3.2

Множення по модулю 2

$\otimes$	1	-1
1	1	-1
-1	-1	1

4. Сигнал, який поступає в приймальну частину, дискретизується (згідно з теоремою Котельникова) і масив m , збільшуючись в dis раз перетвориться в масив $mdis$.

5. Модуль імітації розсинхронізації що призначений для моделювання збоїв в СЗІ при передачі - прийому за моноканалом, викликаних невідповідністю частот задаючих генераторів передавача та приймача. Моделювання при цьому проводиться дублюванням вмісту довільного елементу масиву вхідного сигналу в суміжному осередку та зрушенням інформації в масиві починаючи з місця дублювання до кінця масиву.

6. Завершуюча частина програмної моделі представляє модель приймача (демодулятора) й призначена для входження в синхронізм та безперервної кореляційної обробки вхідного сигналу. Основна відміна від традиційного

ЦФ - наявність тільки 2х комірок пам'яті для зберігання відліків вхідного сигналу (замість десятків – сотень). В програмі це змінні: $dm1$ та $dm2$. У них безперервно заноситься інформація з масиву m_{dis} , яка призначена для демодуляції. Далі відліки обробляються відповідно до рівняння згортки та структурою конкретного ЦФ. При перевищенні вихідного сигналу фільтра $Y(n)$ деякого порогового значення - $porog$, запам'ятовується номер відліку вхідного сигналу, який обробляється в нинішній момент (номера елементу масиву m_{dis}) і перехід до модуля корелятора. Проміжні результати роботи ЦФ при цьому зберігаються в масиві dmf . Після $LSPS \cdot dis$ циклів, результат $Y(n)$ виводиться на екран та у файл за необхідності.

Працездатність НЦФ ШПС підтверджено моделюванням роботи НЦФ, яка узгоджена з ШПС довжиною 7 символів. На рис. 3.2 представлено сигнал на виході демодулятора – НЦФ. З цієї діаграми видно, що передано було інформаційні біти: 11001100. Сигнал, який зображений на діаграмі рис.3.3, повністю відповідає роботі НЦФ ШПС 6-го порядку, що побудований за прямою формою.

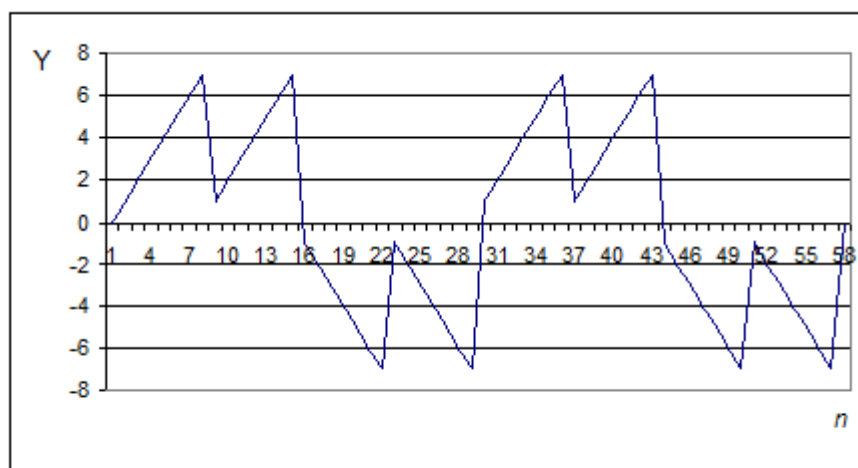


Рис. 3.2. Сигнал на виході моделі НЦФ ШПС з використанням структурних особливостей ПВП

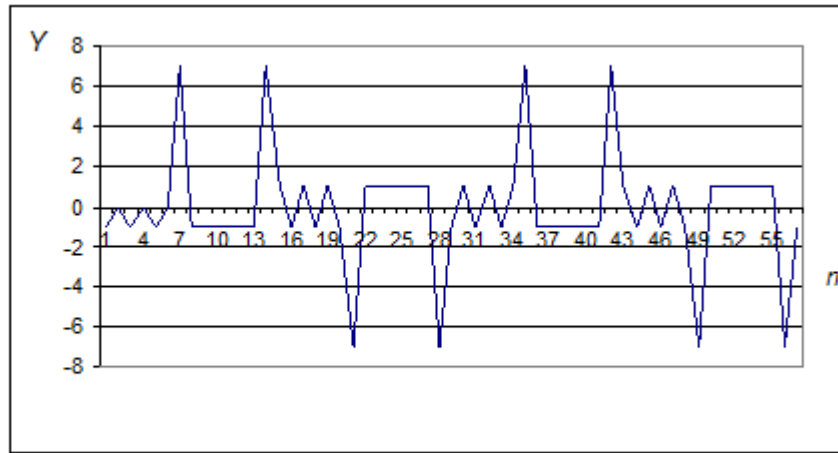


Рис. 3.3. Сигнал на виході НЦФ, побудованого за прямою формою

3.4. Моделювання НЦФ ШПС із спільними частинами передаточних функцій

Пропонується програмна модель НЦФ ШПС, яка побудована згідно з методом побудови структур НЦФ ШПС зі спільними частинами передаточних функцій. Для такої моделі використано табличний процесор Openoffice.Calc. Пропонуємо розглянути роботу моделі на прикладі передаточних функцій 2х ПВП.

У комірках G1-G7 та J1-J7 містяться ПВП 111-1-111 та -11-1-111-1, яким відповідають передаточні функції НЦФ $H_1=1+z \cdot (1+z)(1-z^2+z^4)$ та $H_2=-1+z \cdot (1-z)(1-z^2+z^4)$ відповідно. У стовпцях Н, J, К різних аркушів наведемо роботу кожного фільтру окремо. Стовпці С, D, E, F містять дані про сумісну роботу фільтрів. На рис. 3.4 приведено зображення сигналу на вході НЦФ, у відліках $n=1 - 35$ надходить сигнал, який відповідає першій ПВП, у відліках 36 – 63 надходить сигнал, який відповідає іншій ПВП. Відповідні сигнали на виході фільтру зображено на рис. 3.5. На рис. 3.6. з метою порівняння зображено сигнал на виході НЦФ, що побудований за прямою формою. Як випливає з рисунків, сигнали майже повністю співпадають, що підтверджує працездатність синтезованого фільтру. Деякі розбіжності видно лише на перших шести відліках сигналу, це викликано різницею в обчисленні проміжних сум розглянутих фільтрів.

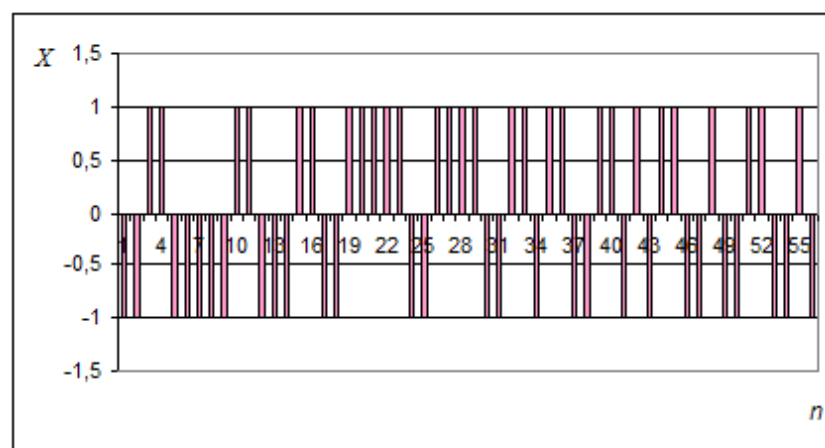


Рис. 3.4. Сигнал на вході НЦФ

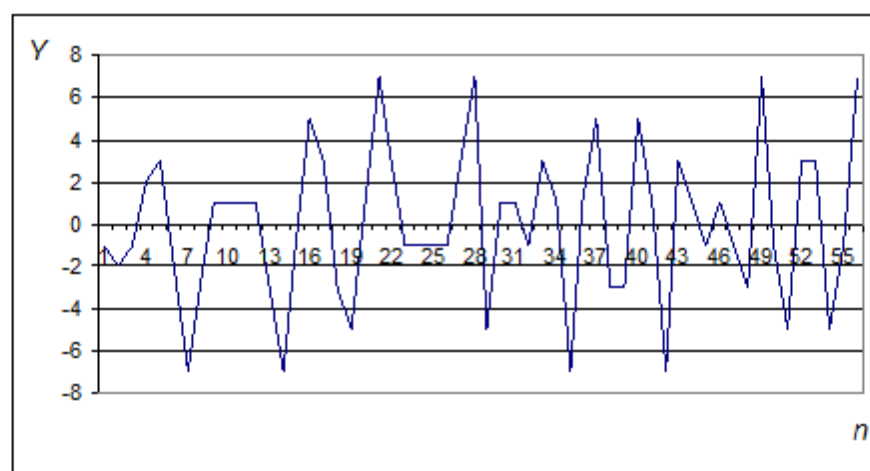


Рис. 3.5. Сигнал на виході НЦФ

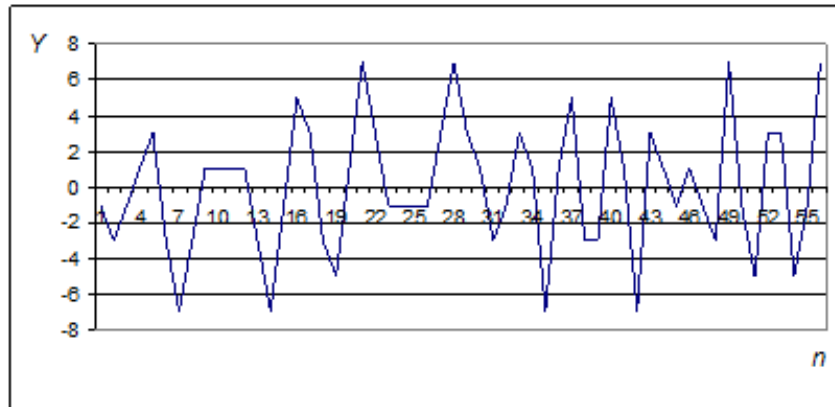


Рис. 3.6. Сигнал на виході НЦФ, що побудовано за прямою формою

Передаточні функції каналних НЦФ мають вид

$$H_1 = (z^{-2} + z + 1)(z^{-2} + z + 1)(z - 1)(z^{-24} + z^{-18} - z^{-12} - z^{-6} + 1),$$

$$H_2 = (z^{-2} + z + 1)(z^{-2} + z + 1)(z - 1)(z^{-24} - z^{-18} + z^{-12} + z^{-6} + 1)$$

та відрізняються 3ма знаками перед коефіцієнтами. Інформаційний сигнал першого каналу складає 00110011, другого 11001100. Результуючий сигнал дорівнює 00111100, тобто перші 4 біта відповідають 1му каналу, інші, після переключення (з позиції 124) - 2му каналу.

Результати моделювання показують працездатність НЦФ зі спільними частинами й навіть під впливом суттєвих перешкод (найбільшою перешкодою є присутність саме 2го каналу передачі інформації). Важливим досягненням НЦФ зі спільними частинами є можливість переходу від 1го каналу до 2ого під час фільтрації за час менший довжини (періоду) ПВП. Для одноканальної системи процес входження у синхронізм дорівнює максимум два періоди ПВП.

РОЗДІЛ 4. ПОБУДОВА СИСТЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОГО КЕРУВАННЯ

4.1. Моделювання системи управління збором інформації з використанням ШПС

У більшості систем передачі та збору інформації, які працюють за принципом асинхроно-адресних систем зв'язку використовують кодове розділення каналів абонентів. При чому, зі зростанням кількості абонентів, також зростає обсяг ансамблю сигналів, які використовуються. Відповідно ускладнюється й технічна реалізація декодуючих пристроїв. Окрім оптимізації системи сигналів за критеріями складності технічної реалізації, необхідно враховувати прийнятну для практичних задач перешкодостійкість та, відповідно, прийнятні авто та взаємкореляційні властивості системи сигналів. Такій умові відповідають, як приклад, М-послідовності, ПВП Голда, Касамі тощо.

Практично широко застосовують два основні методи приймання — приймання “в цілому” з використанням узгодженого фільтра або корелятора та поелементне приймання з обробкою “в цілому”. Перший метод забезпечує найкращу перешкодостійкість на тлі білого гаусового шуму, а другий дозволяє побудувати найбільш простий декодуючий пристрій при деякому зниженні перешкодостійкості.

Забезпечити компроміс між зростанням обсягу системи сигналів, які використовуються, з одного боку, та ускладненням апаратури їх декодування з іншого, дозволяє використовувати комбінований метод приймання з оптимальною фільтрацією й часовим розділенням каналів.

У деяких системах передачі інформації, як приклад, у системі охорони та сигналізації, важливо правильно визначити номер абонента, у якого спрацював датчик. У зв'язку з цим інформацію про номер абонента можна вкласти у часову затримку між схожими складними сигналами $N \cdot T_k$ (N — довжина послідовності, T_k — тривалість одиничного сигналу), як наведено

на рис.4.1, а. На виході узгодженого фільтра приймача часова затримка відгуків також буде пропорційна номеру абонента (рис.4.1, б).

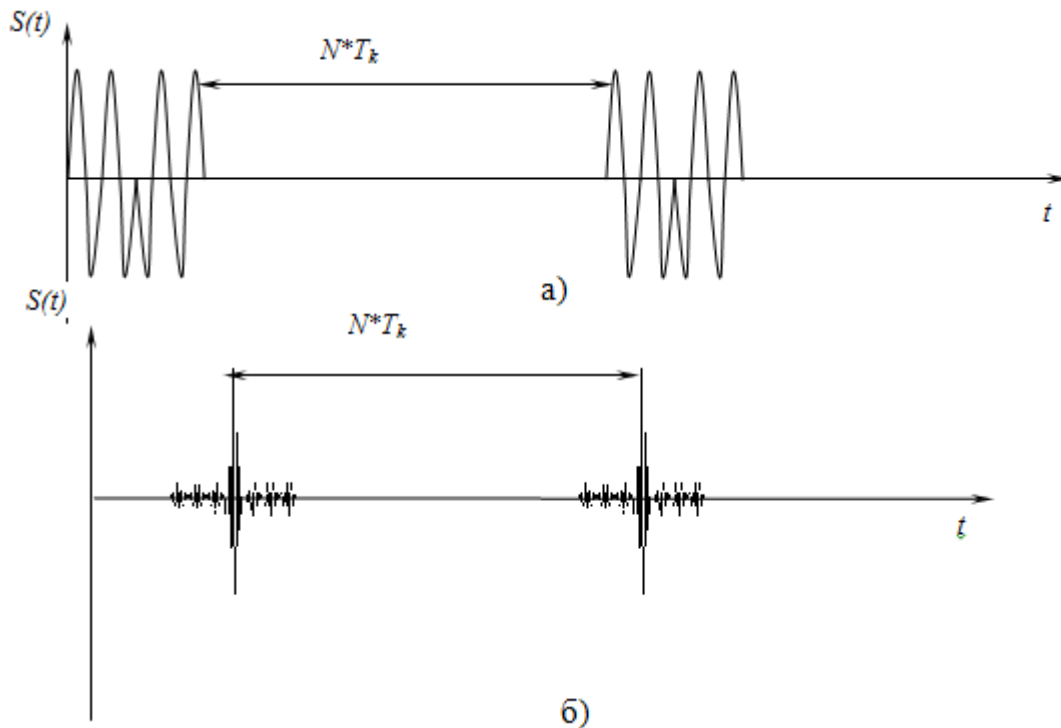


Рис. 4.1. Затримка між складними сигналами, а - часова структура сигналу абонента, б - відгук на виході узгодженого фільтра

При невеликій кількості абонентів для забезпечення великої перешкодостійкості використовують, як приклад, послідовність Голда довжиною $N=15$ з маніпуляційним кодом $\psi_n = (0,0,1,0,1,0,0,1,0,0,0,0,0,1)$. При використанні двофазної маніпуляції несучої частоти закон зміни фази буде мати вид: $(0,0,\pi,0,\pi,0,0,\pi,0,0,0,0,0,0,\pi)$. Якщо кожний імпульс має один період високої частоти, тоді сумарний сигнал буде мати вигляд

$$S(t) = \begin{cases} \sin(\omega_0 t + \psi_n \cdot \pi), n = \overline{0,15} \\ 0, n > N \end{cases} \quad (4.1)$$

де $S(t)$ — сумарний сигнал узгодженого фільтра;

ω_0 — кругова частота.

Імпульсна характеристика фільтра, узгодженого з таким сигналом, буде мати вид

$$h(t) = S(t_s - t + t_0), \quad (4.2)$$

де t_s — тривалість сигналу;
 t_0 — початкова тривалість.

Перешкодостійкість системи на фоні білого шуму залежатиме від кількості позицій сигналу та визначається співвідношенням [11]

$$P_{\text{пер}} = 1 - \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\infty} [F(x)]^{N-1} \exp\left[-\frac{1}{2}\left(x - \sqrt{\frac{E_s}{2N_0}}\right)^2\right] dx, \quad (4.3)$$

де $F(x)$ — інтеграл ймовірності;
 E_s — енергія сигналу;
 N_0 — спектральна щільність потужності шуму.

Система працює наступним чином (рис.4.2). Сигнал (імпульс) від датчика роздвоюється за допомогою лінії затримки, потім, у кожному каналі, за переднім фронтом запускається формувач породжуючого кодового слова (ПКС). Після модулятора сигнал надходить у лінію зв'язку. Однойменні блоки у кожному з N каналів, окрім лінії затримки, повністю ідентичні. Інформація про номер абонента закладається у величину запізнення імпульсів. Особливість такої системи – наявність тільки одного узгодженого фільтра в приймальній частині.

В приймальній частині, при проходженні сигналу «одиниця» через узгоджений фільтр на його виході з'являється два відгуки, які перевищують рівень порогу. Вирішальний пристрій виробляє імпульс фіксованої тривалості при кожному перевищенні порогового рівня. При появі на нульовому та i -му виводах декодуючої лінії затримки імпульсів, приймається рішення про спрацювання i -го датчика. До недоліків такої схеми можна віднести лінійну залежність швидкості передачі інформації від кількості абонентів і складність визначення номера абонента при одночасному спрацюванні декількох датчиків. Позбутись другого недоліку можна деяким ускладненням системи, використовуючи сигнали з нерівномірними інтервальними розстановками та вирішального пристрою у вигляді багатовідводної декодуючої лінії затримки.

Якісно інший підхід до проблеми зниження складності технічної реалізації полягає у переході до поелементного методу приймання з

декодуванням “у цілому” за критерієм мінімуму кодової відстані Хемінга (рис.4.3). Це дозволить збільшити швидкість передачі інформації та кількість абонентів.

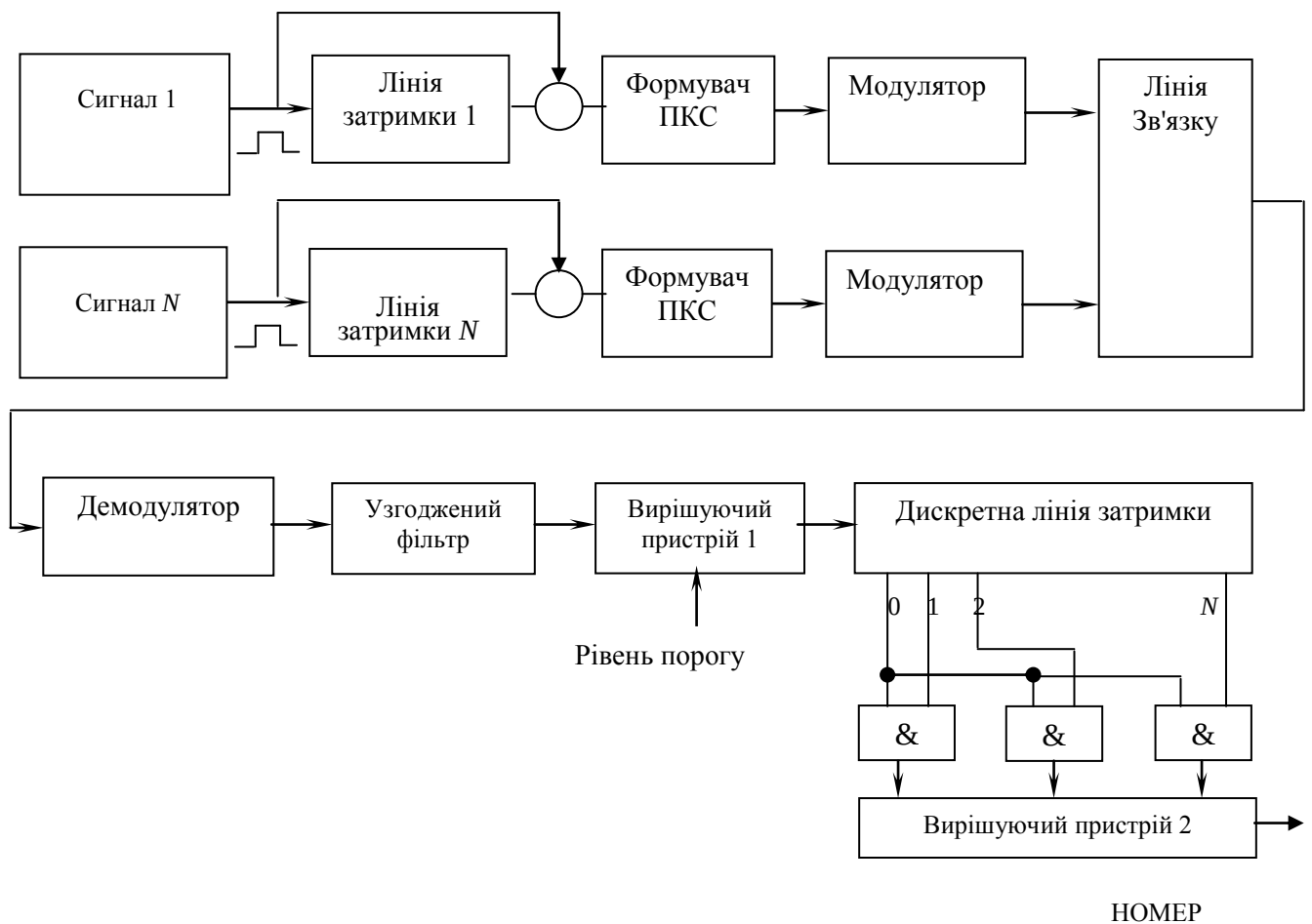


Рис. 4.2. Структурна схема системи передачі інформації

Схема працює наступним чином. Формувач двох полярних імпульсів проводить перетворення фазових стрибків з виходу фазового детектора в послідовність прямокутних імпульсів, відповідних маніпуляційному коду передавача, що після заповнення регістра зсуву порівнюються у схемі порівняння з опорними кодовими словами.

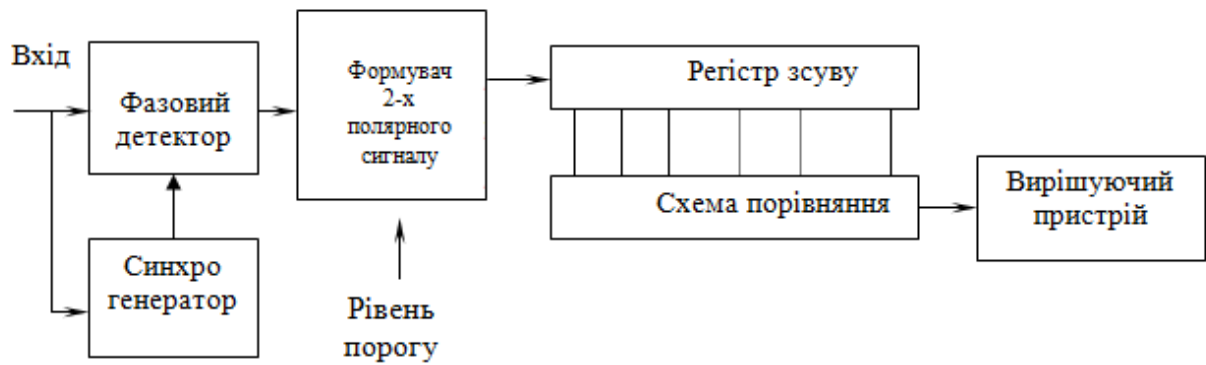


Рис. 4.3. Приймальна частина системи передачі інформації з декодером у метриці Хемінга

Для оцінки перешкодостійкості такої схеми необхідно знати спектр кодових відстаней (рис. 4.4)

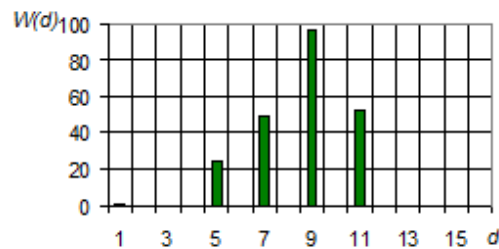


Рис. 4.4. Ілюстрація середньої кодової відстані

З рисунка випливає, що середня кодова відстань складає:

$$d_s \approx \sum_{d_{\min}}^{d_{\max}} W(d) \cdot d \cdot \frac{1}{N} \approx 7,5, \quad (4.4)$$

де $W(d)$ — число кодових слів, що знаходяться на відстані d від базового.

Перешкодостійкість визначається, користуючись співвідношенням [4]

$$P_{\text{пер}} = \sum_{d=d_{\min}}^{d_{\max}} W(d) p_{1,d}, \quad (4.5)$$

де $P_{1,d}$ — імовірність переходу першого кодового слова у кодове слово, яке знаходиться на відстані d від першого.

Різницю у методах приймання допомагають усвідомити графіки порівняльної перешкодостійкості обробки сигналів кодованих послідовностями Голда (рис. 4.5), де q — відношення сигнал/шум.

Використання прийому загалом спільно з часовим кодуванням дозволяє істотно спростити приймальну частину системи передачі інформації.

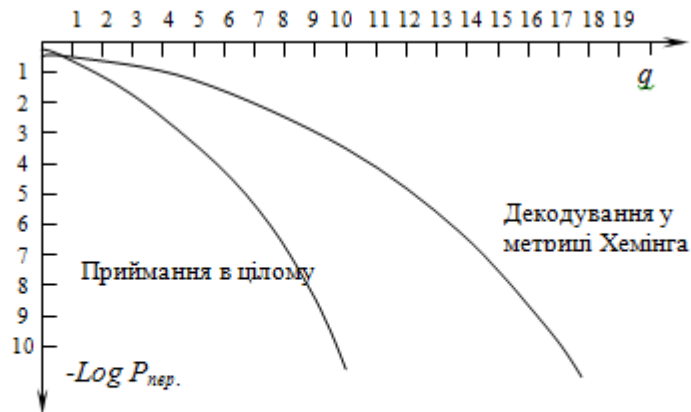


Рис. 4.5. Графіки порівняльної перешкодостійкості обробки сигналів кодованих послідовностями Голда

Перешкодостійкість схеми при цьому наближається до потенційної. Запропонований метод знаходить застосування в системах охорони та сигналізації з відносно невеликою кількістю абонентів або невисокими вимогами до швидкості передачі інформації. При відсутності жорстких вимог до перешкодостійкості, використовують схему з декодером, працюючим в метриці Хемінга.

4.2. Реалізація НЦФ ШПС засобами мікропроцесорної техніки

Для реалізації цифрових фільтрів на сьогодні існує безліч способів. Залежно від порядку фільтра, складності обчислень та від необхідної швидкодії, можна використовувати різні елементні бази. НЦФ можна реалізувати на жорсткій логіці з застосуванням регістрів, мікросхем пам'яті тощо. Але такий спосіб реалізації неекономічний у плані споживання електричного струму та габаритних розмірів.

Для обробки цифрових сигналів розроблені спеціалізовані процесори – DSP (Digital Signal Processor) [15]. Вони дозволяють виконувати операції множення з накопиченням за один такт і з їхньою допомогою можна реалізувати будь-який алгоритм цифрової фільтрації. При цьому

застосування DSP призводить до збільшення вартості апаратури, що є економічно не вигідним в умовах розв'язання такого завдання.

Пристрій цифрової обробки може бути реалізований програмно, за допомогою універсального мікропроцесора. У такому випадку досить перепрограмувати процесор й одержати зовсім новий фільтр або взагалі пристрій іншого класу. На одному мікропроцесорі можна реалізувати кілька фільтрів й використати той, який потрібен у даний момент. У такому випадку фільтр вийде відносно повільний, тому що операції множення у звичайних процесорах виконуються досить довго (за окремою підпрограмою). Відповідно й сфера застосування таких пристроїв обмежена. Необхідність у додаткових модулях пам'яті робить цей спосіб не дуже привабливим й з економічної точки зору.

Реалізація цифрових фільтрів також можлива на програмувальних логічних схемах (ПЛІС) [12]. ПЛІС дозволяє реалізувати цифровий фільтр будь-якої складності. Однак варто враховувати, що при використанні ПЛІС для рішення завдань по обробці сигналів необхідно піклуватися про створення для них каналів зв'язку з іншими зовнішніми пристроями (ЕОМ, ЦАП, АЦП, пам'ять), що призводить до збільшення їхніх габаритів та вартості, та ще й пристрій обробки, що отриманий в результаті розрахунків, не буде використовувати її на 100 відсотків.

Важливу роль у застосуванні засобів мікропроцесорної техніки відіграють восьми- та шістнадцяти-бітні мікроконтролери. Вони відносно недорогі, ефективні й мають всі необхідні характеристики входів/виходів та модулів обміну даними. Як приклад, AVR мікроконтролери фірми Atmel відмінно підходять для завдань обробки сигналів завдяки їхній потужній структурі, великому набору інструкцій та вбудованому багатоканальному десятирозрядному АЦП. Серія MegaAVR, більше того, має апаратний пристрій множення, що дуже важливе у завданнях по обробці сигналів. Наведемо відмінні риси 16-розрядних RISC мікроконтролерів сімейства AVR:

- продуктивність, яка наближається до 1 MIPS/МГц;
- удосконалена AVR RISC архітектура;
- роздільні шини пам'яті команд та даних, тридцять два регістри загального призначення;
- Flash ПЗП програм із можливістю внутрішньосистемного перепрограмування та завантаження через SPI послідовний канал, 1000 циклів стирання/запис;
- EEPROM даних із можливістю внутрішньосистемного завантаження через SPI послідовний канал, 100 000 циклів стирання/запис;
- блокування режиму програмування;
- вбудовані: аналоговий компаратор, сторожовий таймер, порти SPI і UART, таймери/лічильники;
- повністю статичні прилади - працюють при тактовій частоті від 0 Гц до 20 МГц;
- діапазон напруг живлення від 1,8 В до 6,0 В;
- режими енергозбереження: пасивний (idle) і стоповий (power down).

AVR - сама велика виробнича лінія флеш-мікроконтролерів корпорації Atmel, яка вирізняється зниженим енергоспоживанням (ма/МГц), розширеним діапазоном живлячих напруг (до 1.8 В) для подовження ресурсу батарейних систем, підвищеною швидкістю до 16 млн. операцій у секунду, вбудовою реально-часових емуляторів й відладчиків, реалізацією функції самопрограмування, розширеним набором периферійних модулів, у тому числі спеціалізованих пристроїв (радіочастотний передавач, USB-контролер, програмувальна логіка, контролер DVD, пристрою захисту даних і ін).

Особливістю AVR-мікроконтролерів, є використання RISC-архітектури, яка характеризується потужним набором інструкцій, більшість з яких виконуються за один машинний цикл. AVR-мікроконтролери надають широкі можливості по оптимізації продуктивності/енергоспоживання, це особливо важливо при розробці пристроїв з батарейним живленням. Мікроконтролери забезпечують продуктивність до 16 млн. операцій у секунду й підтримують флеш-

пам'ять програм різної ємності: 1...256 кбайт. AVR-архітектура оптимізована під мову високого рівня C++, а більшість представників сімейства megaAVR містять восьмиканальний десятирозрядний АЦП, а також сумісний з IEEE 1149.1 інтерфейс JTAG або debugWIRE для вбудованого налагодження. Також всі мікроконтролери megaAVR із флеш-пам'яттю ємністю 16 кбайт і більше можуть програмуватися через інтерфейс JTAG.

Тому, враховуючи все вище викладене, для реалізації ЦФ обираємо мікроконтролер типу AVR фірми Atmel, хоча можливо у подальшому використання DSP та мікросхем ПЛІС. Розроблена система збирання інформації з використанням мікропроцесорної техніки – мікроконтролерів AVR AT Mega16 (електрична принципова схема) наведена у графічній частині магістерської роботи, необхідні програми мовою програмування C++ у додатках.

4.3. Використання НЦФ у системах управління технологічними процесами

Автоматизовані системи управління технологічними процесами є важливою частиною сучасних виробництв у багатьох галузях народного господарства нашої держави. Зростання вимог до якості роботи подібних систем, збільшення обсягу інформації, яка переробляється, ускладнення об'єктів керування та контролю призводить до того, що засобами аналогової техніки й автоматики не можна вирішити деякі практичні задачі. Застосування в системах керування мікропроцесорів та мікро-ЕОМ надає можливість розробнику реалізовувати алгоритми управління параметрами процесу, які традиційними засобами електроніки реалізувати надто складно або взагалі неможливо [4].

Постійне удосконалення персональних ЕОМ й мікроконтролерів створює нову технічну базу для автоматизації виробництва. Використання сучасних ЕОМ призводить до розширення можливостей, зміни складу й способів

розробки, зменшенню габаритів систем керування. Однією з найважливіших областей застосування сучасної електронної техніки є збирання, передача та обробка інформації ПП із використанням персональних ЕОМ або мікроконтролерів. Як приклад можна навести автоматизовану систему завантаження концентрата на гірнзбагачувальних комбінатах [9]. Вона застосовується для автоматизації процесу зважування йа одержання інформації про вагони, які зважуються:

- статично;
- у процесі завантаження концентратом;
- у русі, при зважуванні порожніх вагонів.

До складу системи при цьому входять:

- витратний бункер;
- реверсивний конвейєр;
- розподільні бункери;
- двохплатформенні залізничні ваги для статичного зважування та для зважування у русі;
- апаратура керування, індикації та реєстрації.

Ще однимі не менш важливим прикладом застосування сучасних систем управління технологічними процесами у господарчому комплексі країни, є автоматизація комбікормових виробництв. Комбікорм у сучасному уявленні - це багатокомпонентний продукт високого кормового вмісту, привабливий для споживача за критерієм зниження витрат на випуск кінцевої продукції споживача - м'яса, молока, яєць й рентабельний при цьому для виробника комбікорму. Компоненти комбікорму повинні бути віддозовані в суворій відповідності рецептури, технологічні режими всіх процесів, які використовуються (дроблення, помол, пропарення, гидратація, грануляція тощо) повинні витримуватися з заданою точністю.

Виробництво комбікорму виконується за технологічною схемою з попереднім приготуванням сумішей компонентів (рис. 4.6). Зернова сировина поступає в цех комбікорму через залізничний або автомобільний термінали, з

елеватора й механізованих складів тарної сировини. На лінії завантаження склада та бункерів цеху здійснюється завантаження зернових та шротових компонентів у витратні бункери, а на лінії завалки мінеральної сировини відбувається механізована подача солі, крейди, фосфатів й інших компонентів комбікорму. Лінія дозування попередніх сумішей зерна спільно з лінією дроблення призначені для підготовки зернових передсумішей; лінія дозування мінеральних компонентів виробляє мінеральні попередні суміші (кормосуміші) та білкововітамінні добавки.

У технологічні підсистеми, а отже, й відповідні програмні блоки управління технологічним обладнанням цеху комбікорму входять:

- підсистема завантаження зернової сировини;
- підсистема зберігання зернової сировини (склад);
- підсистема дозування передсумішей зерна;
- підсистема дозування мінеральної сировини;
- лінія дроблення зернової суміші;
- підсистема дозування готового продукту;
- підсистема гранулювання комбікорму;
- підсистема екструдуювання зернової сировини;
- підсистема введення виробничого завдання.

Стає очевидним, що без засобів контролю й управління транспортуванням, дозуванням й іншими технологічними процесами отримати гарантований результат при виробництві комбікорму практично неможливо. Більшість діючих комбікормових виробництв нашої держави оснащені системами автоматизованого контролю й управління застарілих типів. Це суттєво обмежує можливості виробництва сучасного комбікорму, знижує продуктивність та гнучкість, не дозволяє вести повний облік сировини й готової продукції, обумовлює значну залежність якості комбікорму від людського чинника. Отже, на багатьох підприємствах комбікормової промисловості склалася наступна ситуація - є технологічне

обладнання, ресурс якого ще не повністю вичерпаний, а організувати на ньому повноцінне виробництво доволі важко.

З другого боку, успіхи в розвитку мікроелектроніки, здешевлення мікроконтролерної та комп'ютерної техніки, вдосконалення технологій створення програмних систем дозволяють стверджувати: створення повноцінної сучасної системи управління комбікормовим виробництвом є звичайною технічною задачею, що не вимагає великих матеріальних витрат. Структура системи, що пропонується для введення на підприємствах, які пов'язані з виробництвом комбікормів, не дуже складна: усе обладнання, яке є на виробництві й додатково встановлені датчики підключаються до входів контролерів. Також до входів підключаються і блок-контакти електромагнітних пускачів. Виходи контролерів використовуються для управління електромагнітними пускачами й виконавчими механізмами для управління заслонками. Контролери з'єднуються між собою інформаційною шиною й підключаються до комп'ютера оператора-технолога, що, у свою чергу, включений у комп'ютерну мережу підприємства. З експлуатаційної точки зору така структура достатньо проста, зручна в обслуговуванні, зрозуміла технічному персоналу. Приклад такої структурної схеми приведений на рис. 4.7. Управління процесами виробництва при цьому здійснюється з комп'ютера оператора-технолога. У приймальній частині систем керування використовуються здебільшого цифрові фільтри, синтез яких і був розглянутий в магістерській роботі.

Суттєвою додатковою перевагою цифрових фільтрів є простота перебудови їх параметрів, це необхідно для зміни характеристик фільтрів.

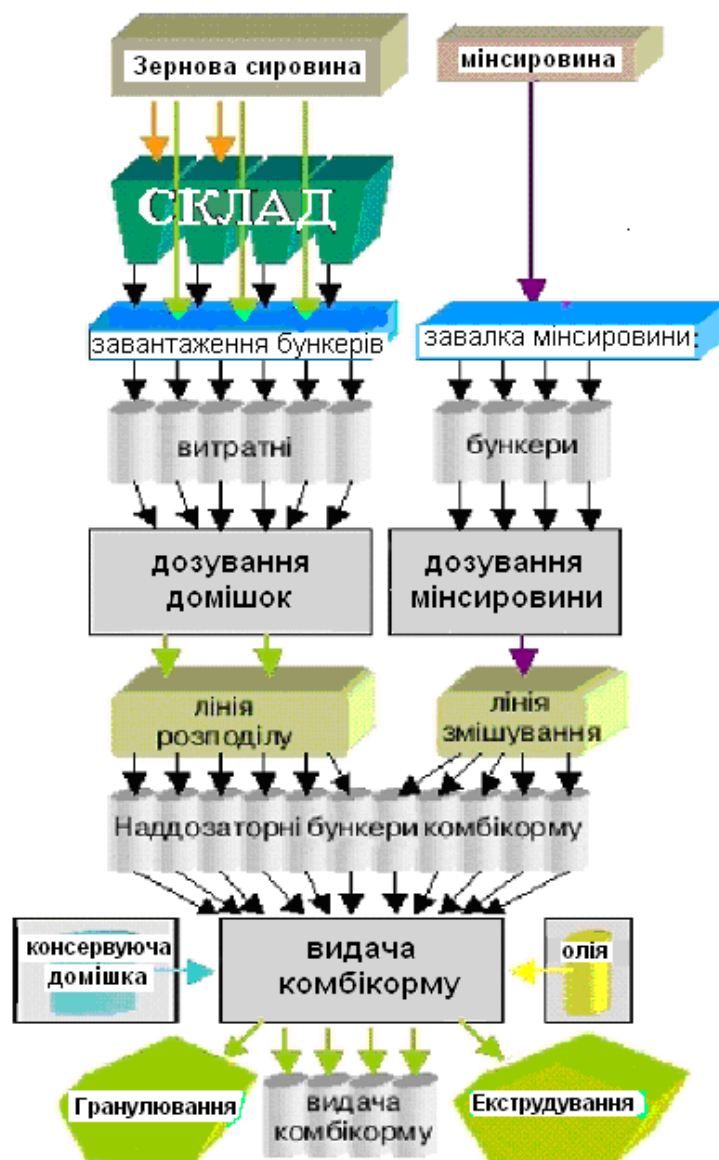


Рис. 4.6. Схема технологічного процесу виготовлення комбікормів

Слід також відмітити, що цифрові фільтри використовуються не тільки за своїм основним призначенням, а й у галузі економіки, як приклад в алгоритмі синтеза цифрових фільтрів типу змінного середнього для аналізу цінових часових рядів [6, 9]. У наведеному прикладі використовуються сотні датчиків різного призначення.



Рис. 4.7. Структурна схема автоматизованого управління комбікормовим заводом

При використанні контролерів, як приклад, Ш703 треба задіяти велику кількість проводів та комутаторів, що різко знижує надійність процесу збирання інформації й вимагає великої кількості витрат на підтримку працездатності. Для зменшення частки складних комутаційних пристроїв та з метою економії провідникової продукції доцільно в системах керування технологічними процесами використовувати цифрові фільтри із ШПС,

відмінною рисою яких є робота багатьох каналів у загальному каналі збирання інформації.

ВИСНОВКИ

У магістерській роботі проведено дослідження структур НЦФ та отримані результати, які розв'язують задачу зниження технічної складності НЦФ ШПС з урахуванням їх структурних особливостей.

1. Виконаний аналіз відомих форм реалізації структур НЦФ. Розглянуто способи описання структур та методи створення НЦФ, основні етапи проектування з виділенням етапу реалізації передаточної функції деякою структурою та розрахунку її параметрів. Розглянуто використання ШПС в системах керування та їх застосування у НЦФ.

2. Розміщення елементів в узагальнюючій матриці передаточних функцій гілок НЦФ дозволяє визначати кількість структур НЦФ ШПС, передаточні функції яких можна представити у вигляді повних багаточленів.

3. Метод одержання структур НЦФ із використанням логічних функцій для побудови структур фільтрів із заданою кількістю інверторів дозволяє відбирати структури з необхідною кількістю інверторів (множників) з узагальнюючої матриці гілок НЦФ.

4. Метод побудови НЦФ ШПС із використанням спільних частин передаточних функцій дає можливість реалізації структур НЦФ з перебудованою передаточною функцією. Використання структур дозволяє зменшити кількість двовходових суматорів при реалізації спільними частинами НЦФ ШПС – від 53% до 10% порівняно зі швидкими процедурами згортки при довжині ПВП з 7 до 255.

5. Створено програмні засоби для одержання ПВП, побудови НЦФ ШПС та моделювання систем керування з використанням структур за розробленими методами.

6. Розроблені також заходи з охорони праці та техніки безпеки, розраховані техніко-економічні показники.

Література

1. Автоматизация схемотехнического проектирования. В. Н. Ильин, В. Т. Фролкин, А.И. Бутко и др. / Под ред. В. Н. Ильина. - М.: Радио и связь, 1987.- 368 с.
2. Адаптивные фильтры: пер. с англ. / Под ред. К.Ф. Коуэна и П.М. Гранта. - М.: Мир, 1988. - 392 с.
3. Арутюнов П.А. Теория и применение алгоритмических измерений. - М.: Энергоатомиздат, 1990. - 256 с.
4. Борисов В.А., Калмыков В.В. и др. Радиотехнические системы передачи информации: Учеб. пос. для вузов / Под ред. В.В. Калмыкова, - М.: Радио и связь, 1990.- 330 с.
5. Бунин С.Г., Войтер А.П. Вычислительные сети с пакетной радиосвязью. - К.: Техника, 1989. - 223 с.
6. Варакин Л.Е. Системы связи с шумоподобными сигналами. - М.: Радио и связь, 1985. - 384 с.
7. Варакин Л.Е. Теория систем сигналов. - М.: Сов. радио, 1978.
8. Дьяконов В.П. Справочник по MathCAD PLUS 7.0 PRO. - М.: СК Пресс, 1998.-352 с.
9. Каппелини В., Константи́нидис А. Дж., Эмилиани П. Цифровые фильтры и их применение. - М.: Энергоиздат, 1983. - 360 с.
10. Лэм Г. Аналоговые и цифровые фильтры. Расчет и реализация: Пер. с англ. - М.: Мир, 1982. - 590 с.
11. Обробка сигналів: Підручник / В.П. Бабак, В.С. Хандецький, Е. Шрюфер. - К.: Либідь, 1996.- 392 с.
12. Рабинер Л., Гоулд Б. Теория и применение цифровой обработки сигналов: Пер. с англ. - М.: Мир, 1978. - 848 с.
13. Справочник по устройствам цифровой обработки информации / Н.А. Виноградов, В.Н. Яковлев, В. В. Воскресенский и др. - К.: Тэхника, 1988. - 415с.

14. Уидроу Б., Стириз С. Адаптивная обработка сигналов. - М.: Радио и связь, 1989.- 440 с.
15. Цифровые фильтры и устройства обработки сигналов на интегральных микросхемах / Ф.Б. Высоцкий и др. - М.: Радио и связь, 1984. - 216 с.
16. Ярославский Л. П. Цифровая обработка сигналов в оптике и голографии. - М.: Радио и связь, 1987.- 312 с.
17. Жидецький В. Ц., Джигирей В. С., Мельников О. В. Основи охорони праці. Навчальний посібник. – Вид. 4-е, доповнене. – К.: Техника, 1999. – 182 с.
18. Жидецький В. Ц., Джигирей В. С., Сторожук В. М., Туряб Л. В., Лико Х. І. Практикум із охорони праці. Навчальний посібник . За ред. В. Ц. Жидецького. – Львів, Афіша, 2000 – 352 с.
19. Босов Є. П., Жесан Р. В., Каліч В. М. Охорона праці при проектуванні систем автоматизації виробництва: Навчальний посібник. – Кіровоград: КНТУ, 2007. – 112 с.
20. Жидецький В. Ц. Охорона праці користувачів комп'ютерів: Навч. посібник. – 2-ге вид., доп. – Львів: Афіша, 2000. – 176 с.

ДОДАТКИ

ОХОРОНА ПРАЦІ

1 Законодавчі та нормативні акти України про охорону праці

Правовою основою законодавства щодо охорони праці є Конституція України, Закони України: «Про охорону праці», «Про охорону здоров'я», «Про пожежну безпеку», «Про використання ядерної енергії та радіаційний захист», «Про забезпечення санітарного та епідемічного благополуччя населення», «Про загальнообов'язкове державне соціальне страхування від нещасного випадку на виробництві та професійного захворювання, які спричинили втрату працездатності», а також Кодекс Законів про працю України (КЗпП).

Спеціальними юридичними актами в галузі охорони праці є Нормативно-правові акти з охорони праці (НПАОП), Державні стандарти Системи стандартів безпеки праці (ГОСТ ССБТ), Будівельні норми та правила, Санітарні норми, Правила технічної експлуатації електроустановок споживачів та інші нормативні документи.

Всі законодавчі та нормативні документи повинні узгоджуватися, базуватися і відповідати статтям Конституції.

В Основному Законі України – Конституції, питанням охорони праці присвячено статті 43, 45 та 46.

В ст. 43 Конституції України записано: «Кожен має право на працю, що включає можливість заробляти собі на життя працею, яку він вільно обирає, або на яку вільно погоджується», «Кожен має право на належні, безпечні і здорові умови праці, на заробітну плату, не нижчу від визначеної законом», «Використання праці жінок і неповнолітніх на небезпечних для їхнього здоров'я роботах забороняється».

Кожен, хто працює, має право на відпочинок (ст. 45 Конституції України). Це право забезпечується наданням днів щотижневого відпочинку, а також оплачуваної щорічної відпустки, встановленням скороченого робочого дня щодо окремих професій і виробництв, скороченої тривалості роботи у нічний час.

У тексті ст. 46 Конституції України вказано на те, що громадяни мають право

на соціальний захист, що включає право на забезпечення їх у разі повної, часткової або тимчасової втрати працездатності, втрати годувальника, безробіття з незалежних від них обставин, а також у старості та в інших випадках, передбачених законом.

Основоположним законодавчим документом в галузі охорони праці є Закон України «Про охорону праці», дія якого поширюється на всі підприємства, установи і організації, незалежно від форм власності та видів їх діяльності, на усіх громадян, які працюють, а також залучені до праці на цих підприємствах.

В системі законодавства щодо охорони здоров'я та гігієни праці ключове місце займає Закон України «Про охорону здоров'я». Він передбачає розробку та здійснення адміністрацією підприємств санітарних та протиепідемічних заходів; здійснення в необхідних випадках лабораторного контролю за дотриманням вимог санітарних норм стосовно рівнів шкідливих факторів виробничого середовища; формування органів та установ державної санепідеміологічної служби при надзвичайній події та ситуації, що становлять небезпеку для здоров'я населення; відшкодування в установленому порядку працівникам громадянам збитків, яких завдано їх здоров'ю в результаті порушення санітарного законодавства.

Закон України «Про пожежну безпеку» визначає загальні правові, економічні та соціальні основи забезпечення пожежної безпеки на території України, регулює відносини державних органів, юридичних і фізичних осіб у цій галузі незалежно від виду їх діяльності та форм власності.

Забезпечення пожежної безпеки підприємств, установ та організацій покладається на їх власників і уповноважених ними осіб, якщо інше не передбачено відповідними договорами.

Закон України «Про використання ядерної енергії та радіаційний захист» є основоположним у ядерному законодавстві України. Він встановлює пріоритет безпеки людини та навколишнього природного середовища, права і обов'язки громадян у сфері використання ядерної енергії, регулює діяльність, пов'язану з використанням ядерних установок та джерел іонізуючого випромінювання, встановлює також правові основи міжнародних зобов'язань України щодо

використання ядерної енергії.

В системі законодавства щодо гігієни праці ключове місце займає Закон України «Про забезпечення санітарного та епідемічного благополуччя населення». Складовою частиною права в галузі гігієни праці є постанови та положення (норми) затверджені Міністерством охорони здоров'я України (наприклад «Положення про медичний огляд працівників певних категорій», «Перелік важких робіт і робіт з шкідливими і небезпечними умовами праці, на яких забороняється застосування праці неповнолітніх»), санітарні правила і норми (СанПіН) стосовно окремих факторів виробничого середовища, певних технологічних процесів і конкретних виробництв та інші нормативні документи.

Враховуючи міжнародний досвід був розроблений та набув чинності з 1 січня 2001 року Закон України «Про загальнообов'язкове державне соціальне страхування від нещасного випадку на виробництві та професійного захворювання, які спричинили втрату працездатності». Цей Закон гарантує право громадян на соціальний захист, яке проголошується Конституцією України (ст. 46), зокрема в разі повної, часткової або тимчасової втрати працездатності. Окрім того, він створює правове поле, фінансові й організаційні механізми для успішного розв'язання триєдиного завдання: запобігання нещасним випадкам і професійним захворюванням, відновлення здоров'я та працездатності потерпілих на виробництві, компенсації потерпілим матеріальних збитків внаслідок ушкодження здоров'я.

Одним із головних документів, який забезпечує чітке виконання службових обов'язків працівниками, є КЗпП України.

Кодекс законів про працю України трактує вимоги до трудової діяльності громадян в Україні і регулює трудові відносини всіх працівників, сприяючи зростанню продуктивності праці і поліпшенню її якості. Кодекс спрямований на охорону трудових прав працюючих.

НПАОП, які до початку 2003 року носили назву Державні нормативні акти про охорону праці (ДНАОП), – це правила, норми, положення, стандарти, інструкції та інші документи, обов'язкові до виконання. Законодавством передбачено, що залежно від сфери дії НПАОП можуть бути міжгалузевими і

галузевими.

До основних документів, що регламентують питання охорони праці також відносяться:

- Міждержавні стандарти та державні стандарти України (ГОСТ та ДСТУ);
- Державні стандарти Системи стандартів безпеки праці (ГОСТ ССБТ);
- Санітарні правила і норми (СанПіН);
- Будівельні норми і правила (СНіП);
- Правила улаштування електроустановок (ПУЕ).

Власники підприємств, установ, організацій або уповноважені ними органи розробляють на основі НПАОП і затверджують власні положення, інструкції або інші нормативні акти про охорону праці, що діють у межах підприємства, установи, організації.

До основних нормативних актів підприємства належать:

- Положення про систему управління охороною праці на підприємстві;
- Положення про службу охорони праці на підприємстві;
- Положення про комісію з питань охорони праці підприємства;
- Положення про роботу уповноважених трудового колективу з питань охорони праці;
- Положення про навчання, інструктаж, і перевірку знань працівників з питань охорони праці;
- Положення про організацію і проведення первинного та повторного інструктажів, а також пожежно-технічного мінімуму;
- Паказ про порядок атестації робочих місць щодо їх відповідності до нормативних актів про охорону праці;
- Положення про санітарію лабораторій підприємства;
- Інструкції про порядок зварювання і проведення інших вогневих робіт на підприємстві;
- Загальнооб'єктові та цехові інструкції про заходи пожежної безпеки;
- Перелік робіт з підвищеною небезпекою;
- Перелік посадових осіб підприємства, зобов'язаних проходити

попередню і періодичну перевірки знань з охорони праці;

- Наказ про організацію безкоштовної видачі працівникам певної категорії лікувально-профілактичного харчування;
- Наказ про організацію безкоштовної видачі молока або інших рівноцінних харчових продуктів працівникам підприємства, що працюють у шкідливих умовах;
- Наказ про порядок забезпечення працівників підприємства спецодягом, спецвзуттям та іншими засобами індивідуального захисту.

Виходячи із специфіки виробництва та чинного законодавства, власник затверджує нормативні акти із вище зазначеного списку та інші акти, що регламентують питання ОП.

Відповідно до ст. 49 Закону України «Про охорону праці» за порушення законодавчих та інших нормативних актів про охорону праці, створення перешкод для діяльності посадових осіб органів державного нагляду за охороною праці і представників професійних спілок винні працівники притягаються до дисциплінарної, кримінальної відповідальності, згідно із законодавством.

Для реалізації цих Законів та норм було створено Національну раду з питань безпечної життєдіяльності при Кабінеті Міністрів України, Державну службу праці, Національний науково-дослідний інститут охорони праці, навчально-методичний центр з охорони праці. Розроблені та реалізуються національна, галузеві, регіональні та виробничі програми покращення стану безпеки, гігієни праці виробничого середовища. В обласних районних, міських органах виконавчої влади функціонують служби охорони праці.

Держава виступає гарантом створення безпечних і нешкідливих умов роботи для працівників підприємств, установ і організацій всіх форм власності.

2 Шкідливі та небезпечні фактори виробництва під час експлуатації автоматизованої системи обробки інформації з цифровими фільтрами

На здоров'я людини, її життєдіяльність і життєздатність великий вплив мають небезпечні та шкідливі фактори виробництва.

Небезпека – це наслідок такої дії певних факторів на людину, яка при їх невідповідності фізіологічним характеристикам людини зумовлює феномен самої небезпеки [17].

Шкідливий виробничий фактор – виробничий фактор, вплив якого може призвести до погіршення стану здоров'я, зниження працездатності працівника [17].

Небезпечний виробничий фактор – виробничий фактор, дія якого за певних умов може привести до травм або іншого раптового погіршення здоров'я працівника [17].

До визначаючих ознак небезпечних і шкідливих факторів відносяться: можливість безпосередньої негативної дії на організм людини; ускладнення нормального функціонування органів людини; можливість порушення нормального стану елементів виробничого процесу, в результаті якого можуть виникнути аварії, вибухи, пожежі, травми.

Конкретні умови діяльності істотно впливають на психічні та життєво важливі функції людини. Якщо вплив факторів (з врахуванням їх взаємодії) в конкретних умовах діяльності такий, при якому забезпечується нормальне здійснення психічних та життєво важливих функцій організму, не виникає високого напруження компенсаторних систем організму і вдало виконується задана трудова діяльність, то такі умови можуть бути визначені як сприятливі, або комфортні, а в найкращих умовах – як оптимальні. Коли в силу дії факторів виникає високе напруження компенсаторних систем організму, то такі умови визначаються як несприятливі, або дискомфортні, а при вираженому несприятливому ефекті – як екстремальні.

Електромагнітне випромінювання. Дослідження, проведені фахівцями Всесвітньої організації охорони здоров'я (ВОЗ), показали, що у професійних операторів та канцелярських службовців, які у своїй діяльності використовують відеотермінали (ВДТ), частіше зустрічаються порушення органів зору, опорно-рухового апарату, центральної нервової, серцево-судинної, імунної та статеві систем, захворювання шкіри. Необхідно зазначити, що вже в перші роки впровадження ВДТ в Європі та США була зафіксована значна кількість скарг

операторського персоналу на загальне недомогання, передчасне стомлювання, головний біль, порушення функцій органів зору, які здійснювали несприятливий психофізіологічний вплив на самопочуття та працездатність операторів. Однак, в той час основна увага приділялась розвитку техніки, а людина залишалась без необхідного захисту.

Кожен пристрій, що виробляє або споживає електроенергію, створює електромагнітне випромінювання. Це випромінювання концентрується навколо пристрою у виді електромагнітного поля. Високовольтні лінії, мікрохвильові печі, телевізори, монітори комп'ютерів створюють високі рівні випромінювання.

Дисплеї, як правило, задовольняють Державному стандарту і випромінювання не повинні робити шкідливого впливу на людину. Більш того, ВОЗ підтвердила відсутність взаємозв'язку між впливом електромагнітного випромінювання комп'ютерів і захворюваністю користувачів ПК раковими, серцево-судинними й іншими не менш небезпечними захворюваннями. З іншого боку, за останні роки комп'ютер перетерпів величезні позитивні зміни як функціонально, так і конструктивно.

Симптоми шкідливих випромінювань. Комп'ютер генерує випромінювання, небезпечні для здоров'я людини. Головну небезпеку для користувача комп'ютера представляють електромагнітне випромінювання в діапазоні частот 50 Гц - 300 МГц.

У результаті цього можливе виникнення депресії, стресового стану, головного болю, безсоння, роздратування шкіри, хвороби суглобів і розвиток синдрому «хронічної втоми». Причому тривале перебування людини в полі дії, генеруємим системним блоком комп'ютера, негативно впливає на його психіку. Рівень цих полів звичайно перевищує біологічно безпечний, причому їхнє випромінювання впливає на людину на відстані до 2,5 м від передньої панелі системного блоку.

За статистичними даними впливає, що в 74% опитаних при роботі на комп'ютері утомлюються очі, а в 31% частини виникають головні болі і з'являється сильна дратівливість.

По узагальненим даним, у працюючих з комп'ютером від 2-х до 6-ти годин у

добу, функціональні порушення центральної нервової системи відбуваються в 4,6 разів частіше, ніж у контрольних групах, хвороби серцево-судинної системи – у 2 рази частіше, хвороби верхніх дихальних шляхів у 1,9 рази частіше.

Розглядаючи вплив комп'ютерів на здоров'я, відзначимо кілька факторів ризику.

Сюди відносяться:

- проблеми провокації епілептичних приступів;
- проблеми, пов'язані з електромагнітним випромінюванням;
- проблеми зору;
- проблеми, пов'язані з м'язами і суглобами.

Вплив на зір. Дослідження, проведені в державних (некомерційних) лабораторіях США свідчать про те, що рівні небезпечного для очей іонізуючого (типу рентгенівських променів) і неіонізуючого (ультрафіолетового) випромінювання, що виходить від екранів, досить низькі. Наприклад, рівень ультрафіолетового випромінювання, що виходить від монітора, складає лише малу частину у порівнянні з продуцируемими лампами денного світла.

Ці дози ультрафіолету не можуть викликати катаракту навіть при впливі протягом усього життя. Однак це не ознака захворювання, а особливість нормального зору. Це так називаний ефект Маккалаха, при якому предмети офарблюються в кольори, додаткові до тих, що домінували на екрані. Після тривалої роботи з комп'ютером можуть виникати такі неприємні відчуття, як «роздратування» очей (червоність, слъозотеча або сухість роговиці), стомлення (загальна утом, біль і вага в очах і голові), труднощі при фокусуванні зору.

Зорове навантаження зростає через необхідність постійного переміщення погляду з екрана на клавіатуру і паперовий текст. Неможливість правильно і раціонально організувати робоче місце користувача (відблиски на екрані монітора від зовнішніх джерел, неправильна відстань від очей до екрана, невдалий вибір квітів, надмірно велика яскравість екрана) збільшують ситуацію.

Найбільше загальне стомлення викликає робота в діалоговому режимі. Особливе навантаження на зір являє собою комп'ютерна графіка – виконання і коректування робочих креслень за допомогою ПК. Увага дослідників була

спрямована на систему рефракції, тобто оптичної установки ока, і акомодатції, тобто перефокусування ока до різних відстаней.

Відбуваються також зрушення м'язової рівноваги ока, зниження контрастної чутливості зору й інших функціональних порушень.

Крім того, за даними ряду авторів [17,18,19], у користувачів, які інтенсивно використовують комп'ютер в умовах значних розумових напружень досить часто (40-70%) виникають *психологічні та поведінкові порушення* (нервозність, роздратування, тривога, нерішучість, замкнутість тощо).

Співробітниками кафедри охорони праці та екології Української академії друкарства та Українського науково-дослідного інституту поліграфічної промисловості проведені дослідження умов праці та особливостей трудового процесу на комп'ютеризованих робочих місцях низки підприємств, що займаються видавничо-поліграфічною діяльністю (редакції, видавництва, друкарні). Було, зокрема, встановлено, що за суб'єктивними показниками (скарги) робота з ВДТ викликає різноманітні симптоми негативного впливу на здоров'я користувачів.

Під час проведення досліджень на багатьох комп'ютеризованих робочих місцях виявлено *відхилення від гігієнічних та ергономічних вимог*, що регламентовані відповідними нормами.

Так, оператори комп'ютерного набору часто працюють у *несприятливих мікрокліматичних умовах*, при недостатньому природному та *нераціональному штучному освітленні*, *підвищеному рівні шуму* тощо. Окрім того, комп'ютеризовані робочі місця, як правило, *не оснащені спеціальними виробничими меблями*, які мають необхідні регулювання для забезпечення оптимальної робочої пози користувача. Сам же трудовий процес характеризується значними психоемоційними навантаженнями, монотонністю, загальною гіподинамією на фоні значних фізичних навантажень, що припадають лише на кисті рук.

Враховуючи несприятливий вплив цілого комплексу різноманітних виробничих факторів у користувачів можуть розвинути певні розлади здоров'я, що пов'язані з експлуатацією автоматизованої системи обробки інформації з

цифровими фільтрами.

3 Заходи по виключенню або зменшенню шкідливих та небезпечних факторів виробництва під час експлуатації автоматизованої системи обробки інформації з цифровими фільтрами

З метою зменшення впливу на працівників електромагнітного випромінювання використовують наступне.

Комп'ютерні окуляри. Використовують спеціальні окуляри з прогресивними лінзами, у яких зона ясного бачення відповідає переміщенню погляду при роботі з дисплеєм. Можливі також окуляри або контактні лінзи, у яких одне око фокусується на екран, а інше на папір з текстом.

Окуляри з комп'ютерним спектральним фільтром: підвищують кольорову відмінність і колірний контраст, роблять зображення на сітківці ока більш чітким і контрастним, зменшують «піксельність» зображення на моніторі - «коригують» спектр випромінювання монітора під максимальну спектральну чутливість фоторецепторів ока, поліпшують акомодационну здатність - це найважливіший показник роботи ока.

У результаті перерахованого зменшується кількість помилок, чинених оператором, особливо в другій половині дня, ідуть дратівливості і головні білі, поліпшується емоційний стан. В окулярах з комп'ютерним фільтром комфортно в приміщенні, освітленому штучними джерелами світла, особливо люмінесцентними лампами, тому що вони поліпшують спектральний склад світла, що попадає в очі.

Кольорове комп'ютерне зображення не відповідає природним кольорам (спектри випромінювання люмінофорів відрізняються від спектрів поглинання зорових пігментів у сітківці ока, що відповідає за наш колірний зір).

Але не тільки особливості зображення на екрані викликають зорове стомлення. При роботі на комп'ютері в очей не буває необхідних фаз розслаблення, очі напружуються, їхня працездатність знижується. Велике навантаження орган зору випробує при введенні інформації, тому що користувач

змушений часто переводити погляд з екрана на текст і клавіатуру, що знаходяться на різній відстані і по-різному освітлені.

Особливо багато скарг від операторів комп'ютерів на різі в очах, затуманення, загальне погіршення зору. При читанні тексту з листа папера око сприймає відбиті при падінні світла тексти. Переглядаючи ж текст на екрані, людина подовгу дивиться на саме джерело світла. Коли ми працюємо за монітором, раз у раз приходиться щось зчитувати, друкувати, порівнювати, а, виходить, сотні, тисячі разів за день очі повинні перебудовуватися. Світло дисплея – безупинно мигтючий і тремтячий з великою яскравістю і сильною контрастністю. Людина «не бачить» цих мелькань, однак і око, і мозок реагують на них. Останні дослідження лабораторій показали, що світло від будь-якого джерела не припиняє, як вважалося раніше, своє «існування» в оці. Воно поширюється до мозку і пронизує весь організм. Комп'ютерне ж світло може викликати небезпечні захворювання і зміни. До того ж деякі частоти випромінювань дисплея можуть попадати в резонанс із частотою мозку.

Вимоги до комп'ютерних дисплеїв. Ергономічна безпека комп'ютера оцінюється по двох переліках вимог: до візуальних параметрів дисплеїв (з урахуванням світлового клімату робочого місця) і до емісійних параметрів – випромінюванням дисплеїв і ПК.

Вимоги до візуальних параметрів повинні гарантувати комфортність роботи користувача, тобто мінімальне зорове стомлення при заданій точності, швидкості і надійності сприйняття інформації. Саме через особливості зорового сприйняття візуальні вимоги розділені на дві групи.

У першу виділені чотири параметри: яскравість, освітленість, кутовий розмір знака і кут спостереження, нормування яких з метою забезпечення ергономічної безпеки комп'ютера взаємозалежні. Параметри ж другої групи – нерівномірність яскравості, відблиски, мелькання, тремтіння, геометричні і нелінійні перекручування і т.д. (усього більш 20 параметрів) незалежні, і кожен з них може бути окремо обмірюваний.

Комфортність і безпека зорової роботи з дисплеєм у значній мірі залежить від контрастності зображення, тобто відносини його яскравості до яскравості тла.

Фонова яскравість утвориться через дифузійне відображення зовнішнього світлового потоку від люмінофора трубки і за рахунок дзеркального відображення від скла екрана. Для зменшення відбитого дифузійного світлового потоку наносять чорне покриття між зернами кольорових люмінофорів, а також застосовують темне скло з коефіцієнтом пропускання, істотно меншим 100%.

Вимоги до емісійних параметрів дисплеїв і ПК є безсумнівно важливими, тому що, за даними закордонних фахівців, для здоров'я людини можуть бути небезпечними випромінювання комп'ютерів, насамперед електростатичне і перемінні електромагнітні поля.

Стандарти MPR. Це перша система стандартів, що регламентують обмеження на потужність електростатичних, електричних і магнітних полів для комп'ютерної й офісної техніки. Стандарти розроблені Національним департаментом стандартів Швеції (SWEDAC — Swedish National Board for Measurement and Testing) разом з Інститутом матеріалів, що розщеплюються, (SSI). MPR II також включає керівні принципи, що рекомендуються. Вимоги MPR II враховуються при розробці комплексних стандартів TCO. Більшість сучасних моніторів сьогодні виконується відповідно до рекомендацій MPR II або стандарту TCO (табл. 1) [20].

Таблиця 1 – Вимоги до сучасних ВДТ (моніторів)

Електричні поля	
діапазон частот	припустимі значення
поверхневий електростатичний потенціал	не більш 500 В
5 Гц — 2 кгц	не більш 25 В/м*
2 кгц — 400 кгц	не більш 2,5 В/м
Магнітні поля	
діапазон частот	припустимі значення
5 Гц — 2 кгц	не більш 200 нТл
2 кгц — 400 кгц	не більш 25 нТл

Обмеження на випромінювання від електростатичних, електричних і магнітних полів по стандарті MPR II.

Показники заміряються на відстані 50 см.

Також стандартом MPR II нормуються наступні візуальні параметри:

- яскравість екрана або курсору;
- середня яскравість;
- рівномірність яскравості;
- коефіцієнт дифузійного відображення;
- тремтіння зображення;
- розрахункова критична частота мерехтінь;
- розміри і перекручування символу;
- нелінійність;
- неортогональність;
- коефіцієнт модуляції растра, растрова частота; чіткість;
- коефіцієнт відображення від обрамлення екрана.

Стандарти TCO. Аббревіатура TCO розшифровується як Шведська федерація профспілок. За розробкою стандарту TCO стоять чотири організації: власне Федерація, Шведське суспільство охорони природи (Naturskyddforening — The Swedish Society for Nature Conservation), Національний комітет промислового і технічного розвитку (NUTEK) і вимірювальна компанія SEMKO AB.

Компанія SEMKO AB займається тестуванням і сертифікацією електротехнічних приладів. Це незалежний підрозділ групи British Inchsape. SEMKO AB розробила тести для сертифікації і перевірки сертифікованих пристроїв по стандарту TCO.

Стандарти TCO розроблені з метою гарантувати користувачам комп'ютерів безпечну роботу. Цим стандартам повинний відповідати кожен монітор, продаваний у Європі. Більшість вимірів під час тестувань на відповідність стандартам TCO проводяться на відстані 30 см перед екраном і на відстані 50 см навколо монітора.



TCO'92. Стандарт TCO'92 був розроблений винятково для моніторів і визначає величину максимально припустимих

електромагнітних випромінювань при роботі монітора. У таблиці дані значення по електричних і магнітних полях для всіх стандартів ТСО, тому що з моменту випуску першого стандарту ТСО'91 ці значення не змінилися (див. табл. 2) [20].

Обмеження на випромінювання від електростатичних, електричних і магнітних полів по стандарті ТСО'91 — ТСО'99.

Правила безпеки. Оскільки електромагнітне випромінювання виходить від усіх частин монітора, найбільш безпечно установити комп'ютер у куті кімнати або в такому місці, де ті, хто на ньому не працює, не виявлялися б збоку або позаду від машини.

Таблиця 2 – Вимоги стандарту ТСО'91

Електричні поля	
діапазон частот	припустимі значення
поверхневий електростатичний потенціал	не більш 500 В
5 Гц — 2 кГц	не більш 10 В/м (30 см перед екраном, 50 см навколо)
2 кГц — 400 кГц	не більш 1 В/м
Магнітні поля	
діапазон частот	припустимі значення
5 Гц — 2 кГц	не більш 200 нТл
2 кГц — 400 кГц	не більш 25 нТл

Не можна залишати комп'ютер або монітор надовго включеними. Якщо комп'ютер не використовується, його варто вимкнути.

Відповідно до іспитів, проведеним журналом «Macworld», користувачі, що сиділи принаймні в 70 см від екрана, одержали мінімальну дозу електромагнітного випромінювання. «Macworld» рекомендує при роботі за комп'ютером поміщати монітор на відстані витягнутої руки.

Діти і вагітні жінки повинні проводити за комп'ютером не більше декількох годин у день.

Необхідно застосовувати спеціальний захисний екран. Деякі фірми, що

роблять монітори для комп'ютерів, розробили такі моделі, що істотно знижують створювані ними магнітні поля.

Комп'ютерна алергія. Зовсім недавно вчені обнародували дані про наявність зв'язку між появою алергії, головним болем, шкірною сверблячкою і роботою за комп'ютером. Дослідження, проведені групою вчених зі Швеції, показали, що при роботі комп'ютера в атмосферу виділяється трифенил фосфат, що входить до складу вогнестійкого матеріалу, використовуваного для виливки корпусу моніторів.

При включеному моніторі пластик нагрівається, а речовина вивільняється і попадає в організм, викликаючи алергійні реакції. Фахівці відзначили значне збільшення гранично припустимої концентрації трифенил фосфату більш ніж у половини з вісімнадцяти протестированих моніторів. Учені порадили виробникам комп'ютерів, залишати монітори працюючими протягом десяти днів до того, як вони будуть упаковані для продажу, що дозволить позбутися хоч від якоїсь частини шкідливої речовини.

По можливості необхідно придбати гарний монітор (великий по розмірах, з мінімальним розміром зерна, захищений від випромінювання і з 100 гц розгорненням, а ще краще рідкокристалічний).

Максимальний час безперервної роботи за комп'ютером не повинний перевищувати 4-х годин у день. Через кожні 7 хвилин потрібно робити коротку перерву на 10-15 секунд. Можна подивитися у вікно (у далечінь) або на картину з приємним для очей пейзажем, яку необхідно повісити за комп'ютером. У картині повинні переважати неяскравий, заспокійливий зір кольори, такі, наприклад, як зелені, блакитні. Також потрібно робити трохи простих вправ для очей.

Розміщення комп'ютерів у робочих приміщеннях. Нерівномірність і складна форма розподілу змінних електромагнітних полів у ряді випадків може становити велику небезпеку опромінення для сусідів по робочому приміщенню, ніж для користувача даного ПК.

Цю обстанову необхідно враховувати при виборі розміщення комп'ютерів у робочих приміщеннях (див. рис. 1) [20].

Робоче місце користувача. З усього перерахованого вище впливає, що треба

так улаштувати своє робоче місце, вибрати режим роботи, частоту перерв, щоб вони відповідали нормам і вимогам ергономіки і безпеки. Монітор повинний стояти так, щоб прямі сонячні відблиски з вікна і люмінесцентне світло денних ламп не падали на екран і безпосередньо на око. Якщо моніторів у кабінеті багато, то відстань між ними повинна бути не менш двох метрів, щоб не підсилювати впливу шкідливих полів і бічним зором не бачити інший екран. Важливо правильне локальне і загальне висвітлення навколо монітора. Удень при природному світлі бажаний блакитний тло, наприклад, штори, жалюзі, стіни навколо дисплея, а вечірнє освітлення повинне бути теж синім або блакитного тона з яскравістю, приблизно рівною яскравості екрана.

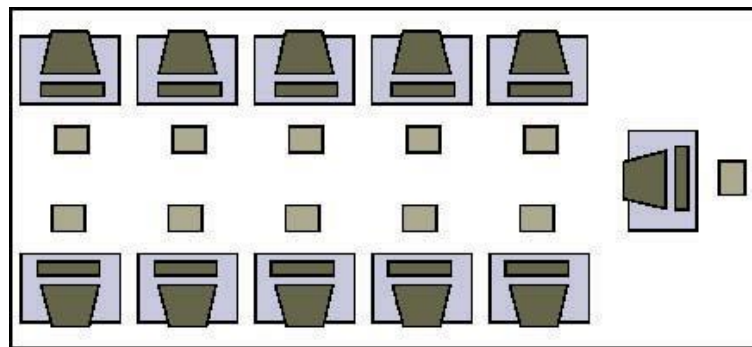


Рисунок 1 – Принцип розміщення комп'ютерів у робочих приміщеннях

При природному освітленні слід передбачати наявність сонцезахисних засобів, що знижують перепади яскравості між природним світлом та свіченням екрана ВДТ. З цією метою можна використовувати плівки з металізованим покриттям або жалюзі з вертикальними ламелями, що регулюються.

Розміщати монітор потрібно ледве вище рівня очей. Це дозволить розслабити ті групи м'язів, що напружені при звичайному погляді вниз і вперед. Тим більше, що наше око взагалі улаштоване так, щоб дивитися вдалину. Відстань від очей до монітора повинна бути порядку 70-80 см - не ближче.

Створено спеціальний комплекс вправ для очей і м'язів тіла для працюючих з комп'ютером, винайдені і запатентовані три види спеціальних оздоровчих окулярів. Вони дозволяють одночасно бачити клавіатуру, екран і текст, що лежить на столі. Тобто зображення виноситься в простір, що дозволяє не робити зайвих рухів, зайвий раз не перебудовувати око з одного виду читання на інший,

не наближатися до тексту. Сам комп'ютер теж може бути використаний з метою оздоровлення в процесі роботи. Створено кілька програм, що визначають ступінь втоми людини і по необхідності включають так звані тренажери.

Постає питання розрахунку раціонального виробничого освітлення робочих місць операторів автоматизованої системи обробки інформації з цифровими фільтрами.

4 Розрахунок системи штучного освітлення приміщення комп'ютерного залу, де знаходяться оператори автоматизованої системи обробки інформації з цифровими фільтрами

Здійснемо розрахунки для приміщення комп'ютерного залу де знаходяться оператори автоматизованої системи обробки інформації з цифровими фільтрами, довжиною $a = 30$ м, шириною $b = 16$ м, висотою $H = 6$ м, площею підлоги 480 м^2 , сумарна площа усіх вікон складає 160 м^2 .

У приміщенні залу планується встановити люмінесцентні світильники, щоб забезпечити мінімальну освітленість $E_H = 150$ лк.

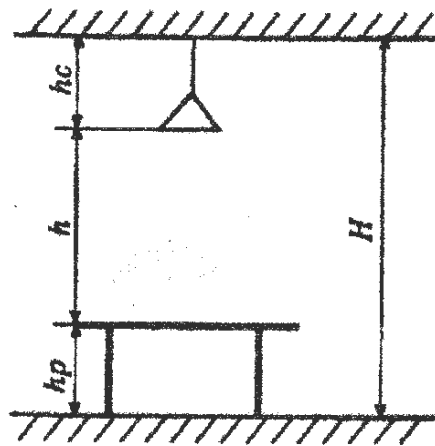


Рисунок 2 – Схема визначення висоти підвісу світильника

Приміщення побілене. Висота робочих поверхонь $h_p = 0,7$ м. Для освітлення вибрано світильники ОДР (див. рис. 3), які підвішені до стелі на відстані $1,5$ м.

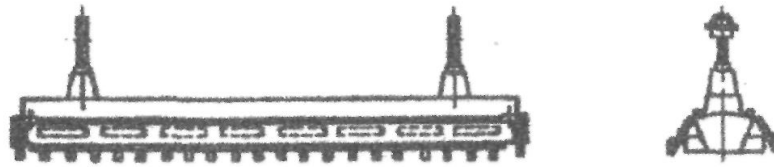


Рисунок 3 – Світильник для люмінесцентних ламп типу ОДР

Розрахунок проведемо за методикою, викладеною у [18, 19].

Визначаємо висоту підвісу світильників над підлогою:

$$h_0 = H - h_c = 6 - 1,5 = 4,5 \text{ м.}$$

Для люмінесцентних світильників при кількості ламп 2 шт. мінімальна висота підвісу над підлогою повинна бути 2,6-4 м, у залежності від характеристики світильника.

Висота підвісу світильника над робочою поверхнею:

$$h = h_0 - h_p = 4,5 - 0,7 = 3,8 \text{ м.}$$

Показник приміщення i :

$$i = \frac{a \cdot b}{h \cdot (a + b)} = \frac{30 \cdot 16}{3,8 \cdot (30 + 16)} = 2,8$$

При $i = 3,17$, $\eta = 0,64$.

Визначаємо потрібну кількість світильників, для забезпечення нормованого освітлення робочих поверхонь. У кожному світильнику встановлено по 2 лампи типу ЛБ-40, світловий потік лампи $\Phi_{\text{л}} = 3200 \text{ лм}$, довжина 1,2 м.

$$N = \frac{ESK_3 Z}{2\Phi_{\text{л}} \eta} = \frac{150 \cdot 480 \cdot 1,3 \cdot 1,1}{2 \cdot 3200 \cdot 0,64} \approx 32 \text{ шт.}$$

Для забезпечення рівномірного освітлення розміщуємо світильники в 6 рядів по 5 штук у кожному ряді. Оскільки довжина світильника 1,2 м, тоді довжина всіх світильників у ряду буде

$$\sum L_{\text{св}} = 1,2 \cdot 8 = 9,6 \text{ м.}$$

Це значення менше ширини приміщення, тому між світильниками відстань буде 2,2 м.

Схема розташування світильників у приміщенні комп'ютерного залу, де знаходяться оператори автоматизованої системи обробки інформації з цифровими

фільтрами наведена на рис. 4.

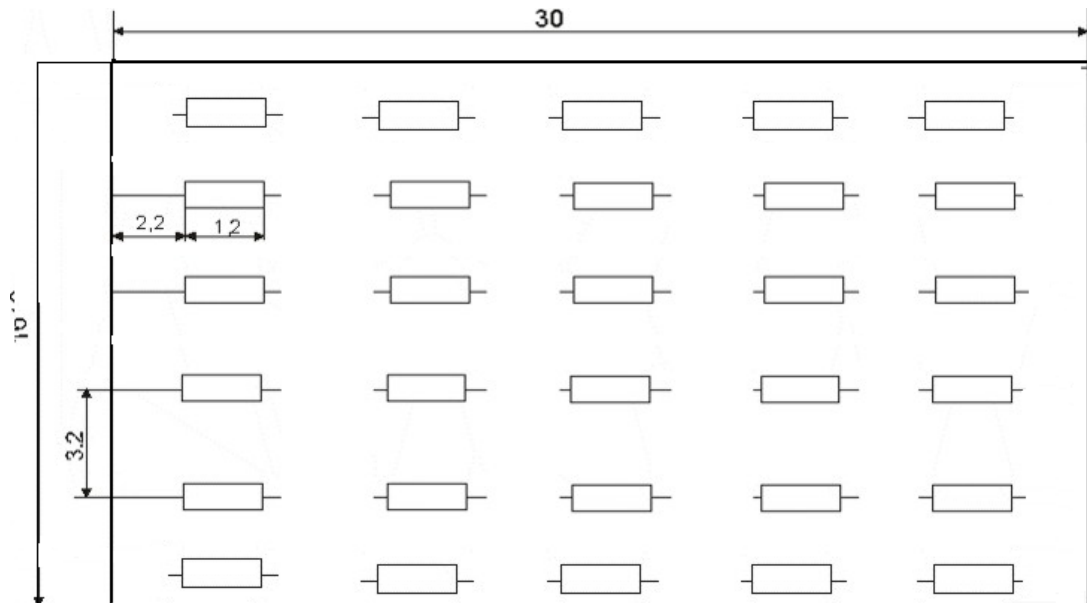


Рисунок 4 – Схема розташування світильників у приміщенні комп'ютерного залу, де знаходяться оператори автоматизованої системи обробки інформації з цифровими фільтрами.

ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ РОБОТИ

Важливим елементом засобів обробки інформації для виділення корисних сигналів є цифровий фільтр (ЦФ). В той же час в науці і техніці протягом останніх років інтенсивно впроваджуються інформаційні технології на основі шумоподібних сигналів (ШПС). Ці технології базуються на перетворенні вузькосмугових сигналів в широкосмугові або шумоподібні (бо їх спектр схожий на шумовий) при сталості енергії сигналів. Для обробки ШПС використовуються цифрові узгоджені фільтри, що можуть бути побудовані у вигляді фільтра з кінцевою імпульсною характеристикою або на основі алгоритмів швидкого перетворення.

Табл. 1. Вихідні дані до розрахунку техніко-економічної ефективності від вдосконалення системи автоматизації виникнення додаткових динамічних навантажень в гідронасосі.

№	Показники	Одиниці вимірювання	Значення	
			Базовий	Новий
1	2	3	4	5
1	Річний об'єм випуску	шт.	20	20
2	Споживаєма потужність котлоагрегату	т/рік	330	330
3	Тривалість сезону, в тому числі безпосередня за мінусом часу на планово-попереджувальний ремонт	доба	300	300
4	Вартість 1 кВт/год ел.енергії	грн.	0,21	0,21
5	ККД гідронасосу	—	0,85	0,85
6	Норма амортизації на повне відновлення	%	15	15
7	Строк служби обладнання	роки	8	8

2. Витрати на виконання науково-дослідних та дослідно-конструкторських робіт

Витрати на проведення НД ДКР являються складовою частиною капітальних вкладень, які передбачаються для вдосконалення системи автоматизації. Вартість НД ДКР необхідно визначити шляхом розрахунку за окремими статтями витрат у вигляді кошторису (табл. 2). Трудомісткість робіт по кожній статті залежить від призначення ступені новизни, особливостей конструкції виробу (табл. 2.1).

Табл. 2. Трудомісткість виконання НД ДКР.

Статті витрат за змістом робіт	Трудомісткість дино-днях	Питома вага (%) в ньому обсязі
1. Постановка задачі, збір інформації, ування технічного завдання.	5	7,7
2. Аналіз діючої системи, виявлення ліків, розробка заходів по її модернізації.	10	15,4
3. Розробка ескізного проекту та блок-	4	6,1
4. Розробка принципіальних тричних схем виконання розрахунків.	19	29,2
5. Розробка печатних плат та печатних	17	26,2
6. Складання специфікацій та розробка чої документації.	10	15,4
Всього витрат часу	$T_{нд}=65$	100

На основі трудомісткості робіт розраховуємо плановий фонд заробітної плати для проведення наукових досліджень.

$$З_{нд} = T_{нд} \cdot Q_{нд} \cdot (1 + 0,01 \cdot H_d) \cdot (1 + 0,01 \cdot H_c),$$

де $Q_{нд}$ – середньоденний оклад конструктора ($Q_{нд}=13,6$ грн.); H_d – процент додаткової заробітної плати (20%); H_c – норматив відрахувань на соціальні заходи (37%). Тоді :

$$З_{нд} = 65 \cdot 13,6 \cdot (1 + 0,01 \cdot 20) \cdot (1 + 0,01 \cdot 37) = 1453,3 \text{ грн.}$$

Витрати на матеріали, купівельні вироби та напівфабрикати складають:
 $M_{нд}=400$ грн.

Витрати на спеціальне обладнання розраховуємо за балансовою вартістю стендів і необхідних приладів: $O_{нд}=500$ грн. Втрати на наукові відрядження:
 $B_{нд}=30\%$ від $З_{нд}$.

$$B_{нд} = 0,01 \cdot 30 \cdot 1453,3 = 436 \text{ грн.}$$

Накладні витрати склали $H_{ак}=145,7$ грн. Всі дані зводимо до таблиці 3.

Табл. 3. Кошторис витрат на виконання НД ДКР.

Найменування статей	Позначення	Величина, грн.
Матеріали, купівельні вироби та напівфабрикати.	$M_{нд}$	400
Спеціальне обладнання.	$O_{нд}$	500
Заробітна плата науково-виробничого персоналу.	$З_{нд}$	1453,3
Витрати на наукові відрядження.	$B_{нд}$	436
Загальногосподарські (накладні) витрати	$H_{ак}$	145,7
Всього	$K_{др}$	2935

3. Матеріальні витрати на вдосконалення системи автоматизації

Величина матеріальних витрат, необхідних для вдосконалення системи автоматизації визначається методом прямого розрахунку в залежності від їх застосування та норм розходу з урахуванням вартості матеріалів, транспортно-заготівельних операцій.

Табл. 5.3.1. Матеріальні витрати на виріб.

Найменування матеріалів, одиниці виміру	Позначення	Норма витрат на виріб, (Н _М)	Вартість одиниці, грн. (Ц _М)	Витрати на один виріб з урахуванням транспортно-заготівельних витрат, грн.
1. Основні матеріали, кг				
Чорні метали, кг		70	0,68	57,12
Кольорові матеріали, кг		6	15	108
Синтетичні матеріали, кг		1	8	9,6
Кабельний матеріал (провід), м		82	2,5	246
Всього	М _О			420,72
2. Покупні матеріали:				
Датчик, шт.		1	189,4	236,75
Двигун, шт.		1	167	208,75
Мікропроцесор, шт.		1	51,95	64,9
Резистор, шт.		13	1,0	16,25
Діод, шт.		4	2,0	10
Конденсатор, шт.		5	1,5	9,38
Джерело живлення, шт.		1	1,2	1,5
Транзистор, шт.		4	4,5	22,5
Польовий транзистор, шт.		1	8	10
Блок живлення, шт.		1	130	162,5
Всього	М _П			742,53
3. Допоміжні матеріали	М _{ДОП}			
4. Зворотні відходи	О _{ЗВ}			34,9

Витрати на основні матеріали, покупні комплектуючі вироби розраховуються за формулою:

$$M_0 = H_M \cdot C_M \cdot K_{ТЗ},$$

де Н_М – норма витрат матеріалу, Ц_М – ціна матеріалу за одиницю вимірювання, грн., К_{ТЗ} – коефіцієнт транспортно-заготівельних витрат (орієнтовно можна прийняти в межах 1,1:1,3). Величина зворотніх відходів складає до 3% від вартості основних матеріалів та комплектуючих.

$$O_{ЗВ} = 0,03 \cdot (M_0 + M_{П})$$

$$O_{ЗВ} = 0,03 \cdot (420,72 + 742,53) = 34,9 \text{ грн.}$$

4. Заробітна плата основних робочих за виготовлення виробу

Розрахунок зарплати по виготовленню виробу виконується з урахуванням трудомісткості робіт, годинних ставок, а також нормативів доплат до заробітної плати.

Табл. Основна заробітна плата.

Види робіт	Середня годинна ставка, грн.	Норма омісткості, год.	Оплата по фу, грн.
1. Заготівельні	2	12	24
2. Механообробні	2,5	13	32,5
3. Складальні	2,5	34	85
4. Регулюючі	2,7	25	67,5
Всього по виробу			3 _о =209

Додаткова заробітна плата за виготовлення одного виробу розраховується за формулою:

$$З_о = З_о \cdot \frac{H_о}{100},$$

де $H_д$ – норматив (%) додаткової зарплати по даному підприємству за відпрацьований на невідпрацьований час (20%);

$$З_о = 209 \cdot \frac{20}{100} = 41,8 \text{ грн.}$$

Відрахування в соціальні фонди:

$$O_c = (З_о + З_о) \cdot \frac{H_c}{100},$$

де $З_о$ – основна заробітна плата за виготовлення одного виробу по всіх стадіях виробництва; H_c - норматив відрахувань у соціальні фонди (37%).

$$O_c = (209 + 41,8) \cdot \frac{37}{100} = 92,8 \text{ грн.}$$

5. Визначення непрямих витрат

Витрати на підготовку і освоєння виробництва нових виробів розраховується по нормативу ($H_п$) у відсотках від основної заробітної плати ($H_п=5\%$).

$$P_{по} = Z_o \cdot \frac{H_{п}}{100}$$

$$P_{по} = 209 \cdot \frac{5}{100} = 10,45 \text{ грн.}$$

Витрати на утримання і експлуатацію устаткування розраховуються по нормативу ($H_{yc}=180\%$) від основної заробітної плати за виготовлення виробу.

$$P_y = Z_o \cdot \frac{H_{yc}}{100}$$

$$P_y = 209 \cdot \frac{180}{100} = 376,2 \text{ грн.}$$

Цехові витрати по нормативу ($H_{ц}=70\%$) від основної зарплати за виріб.

$$P_{ц} = Z_o \cdot \frac{H_{ц}}{100}$$

$$P_{ц} = 209 \cdot \frac{70}{100} = 146,3 \text{ грн.}$$

Загальнозаводські витрати в собівартості одного виробу визначаються за нормативом ($H_3=30\%$) від основної зарплати:

$$P_3 = Z_o \cdot \frac{H_3}{100}$$

$$P_3 = 209 \cdot \frac{30}{100} = 62,7 \text{ грн.}$$

Виробнича собівартість одного виробу:

$$C_B = C_{ц} + P_3,$$

де $C_{ц}$ – цехова собівартість виробу.

$$C_{ц} = M_o + M_{п} - O_{зв} + T_{ел} + Z_o + Z_d + O_c + P_{по} + P_y + P_{ц} =$$

$$= 420,72 + 742,53 - 34,9 + 9,45 + 209 + 41,8 + 92,8 + 10,45 + 376,2 + 146,3 = 2014,35 \text{ грн.}$$

$$C_B = 2014,35 + 62,7 = 2077,05 \text{ грн.}$$

Позавиробничі витрати на один виріб визначаються по нормативу ($H_{поз}=12\%$) від виробничої собівартості:

$$Z_{п} = C_B \cdot \frac{H_{поз}}{100}$$

$$Z_{п} = 2077,05 \cdot \frac{12}{100} = 249,3 \text{ грн.}$$

Повна собівартість виготовлення одного виробу:

$$C_{п} = C_B + Z_{п}$$

$$C_{п} = 2077,05 + 249,3 = 2326,3 \text{ грн.}$$

6. Розробка калькуляцій собівартості системи

За результатами проведених розрахунків складаємо нормативну калькуляцію собівартості вдосконалення системи автоматизації.

Табл. Розробка калькуляції собівартості вдосконалення системи.

№	Статті витрат	Позначення	Величина витрат, грн.	Питома вага, %
1.	Сировина та основні матеріали	M_0	420,72	20,9
2.	Покупні вироби	M_{Π}	742,53	36,9
3.	Зворотні відходи	$O_{зв}$	-34,9	-1,7
4.	Паливо і енергія для технологічних цілей	$T_{ел}$	9,45	0,5
5.	Основна зарплата основних робітників	$З_о$	209	10,4
6.	Додаткова зарплата	$З_д$	41,8	2,1
7.	Відрахування в соціальні фонди	O_c	92,8	4,6
8.	Витрати на підготовку і освоєння виробництва нових виробів	$P_{по}$	10,45	0,5
9.	Витрати на утримання і експлуатацію, утримування транспортних засобів та дорогого оснащення	P_y	376,2	18,7
10.	Цехові витрати	$P_{ц}$	146,3	7,3
	Всього цехова собівартість	$C_{ц}$	2014,35	100
11.	Загальнозаводські витрати	$P_з$	62,7	
	Виробнича собівартість	C_v	2077,05	
12.	Поза виробничі витрати	$З_{п}$	249,3	
	Всього повна собівартість	$C_{п}$	2326,35	

Витрати на паливо і енергію для технологічних цілей визначаються з урахуванням витрачання енергоносіїв для регулювання та випробування виробу під навантаженням.

$$T_{ел} = M \cdot T_{рег} \cdot C_{ел},$$

де M – споживаєма потужність виробу, (1кВт), $T_{рег}$ – норма часу для регулювання виробу під навантаженням, годин ($T_{рег}=45$ год.), $C_{ел}$ – ціна електроенергії за кіловат-годину ($C_{ел}=0,21$ грн.).

$$T_{ел} = 1 \cdot 45 \cdot 0,21 = 9,45 \text{ грн.}$$

7. Визначення ціни вдосконаленої системи автоматизації

Проектну ціну вдосконаленої системи розраховують за формулою:

$$C_H = C_{п} \cdot (1 + 0,01 \cdot P_H),$$

де P_H – рівень рентабельності (50%).

$$C_H = 2326,3 \cdot (1 + 0,01 \cdot 50) = 3489,45 \text{ грн.}$$

Прибуток від реалізації вдосконаленої системи:

$$П_H = Ц_H - C_P$$

$$П_H = 3489,45 - 2326,3 = 1163,15 \text{ грн.}$$

Ціна замінюваного обладнання:

$$Ц_B = C_B \cdot (1 + 0,01 \cdot P_H),$$

де C_B – собівартість замінюваного обладнання ($C_B = 2120$ грн.).

$$Ц_B = 2120 \cdot (1 + 0,01 \cdot 50) = 3180 \text{ грн.}$$

Прибуток від реалізації замінюваної системи:

$$П_B = Ц_B - C_B$$

$$П_B = 3180 - 2120 = 1060 \text{ грн.}$$

$$П_H \cdot N_p^H > П_B \cdot N_p^B,$$

де N_p^B, N_p^H - річний випуск замінюваної та вдосконаленої системи автоматизації.

$$1163,15 \cdot 20 > 1060 \cdot 20$$

$$23263 > 21200.$$

8. Визначення витрат на експлуатацію.

Для визначення витрат у споживача розробимо кошторис. Розрахунки виконуємо для базового і проектного варіантів.

Табл. Експлуатаційні витрати.

Статті витрат	Позначення	Сума витрат за варіантами	
		Базовий	Новий
1. Заробітна плата (основна, ткова і відрахування на соціальні ди) обслуговуючого персоналу сар IV розряду).	$Z_{од}$	46059,36	23029,68
2. Електроенергія	$Z_{ел}$	1512	1512
3. Поточні ремонти	Z_p	629,59	419,73
4. Амортизація	$Z_{ам}$	477	963,7
Всього витрат на есплуатацію	$Z_{ек}$	$Z_{ек}^B = 48678$	$Z_{ек}^H = 25925$

Розрахуємо заробітну плату слюсарів по обслуговуванню системи.

В результаті впровадження системи автоматизації чисельність обслуговуючого персоналу скоротилась на 1 людину.

Тарифний фонд заробітної плати розраховуємо за формулою:

$$Z_{тар} = R_{cp} \cdot D_{cm} \cdot S \cdot F_{рд},$$

де $R_{\text{см}}$ – кількість робітників по обслуговуванню котла, $D_{\text{см}}$ – середньоденна тарифна ставка робітників, $D_{\text{см}}=1,52 \cdot 8=12,16$ грн., S – прийнята змінність роботи підприємства ($S=3$), $F_{\text{рд}}$ – річний фонд часу робітників, роб.днів ($F_{\text{рд}}=330$). Тоді:

$$З_{\text{тар}}^{\text{Б}}=2 \cdot 12,16 \cdot 3 \cdot 330=24076,8 \text{ грн.}$$

$$З_{\text{тар}}^{\text{Н}}=1 \cdot 12,16 \cdot 3 \cdot 330=12038,4 \text{ грн.}$$

Витрати за працю в нічний час складають 40% тарифного фонду заробітної плати.

$$C_{\text{Н}} = \frac{0,4 \cdot З_{\text{тар}}}{3}$$

$$C_{\text{Н}}^{\text{Б}} = \frac{0,4 \cdot 24076,8}{3} = 3210,24 \text{ грн.}$$

$$C_{\text{Н}}^{\text{Н}} = \frac{0,4 \cdot 12038,4}{3} = 1605,12 \text{ грн.}$$

Доплата за працю в святкові дні складають 100% тарифного фонду (10 святкових днів).

$$C_{\text{св}}^{\text{Б}}=2 \cdot 12,16 \cdot 3 \cdot 10=729,6 \text{ грн.}$$

$$C_{\text{св}}^{\text{Н}}=1 \cdot 12,16 \cdot 3 \cdot 10=364,8 \text{ грн.}$$

Тоді основний фонд заробітної плати складає:

$$З_{\text{о}}=З_{\text{тар}}+C_{\text{Н}}+C_{\text{св}}$$

$$З_{\text{о}}^{\text{Б}}=24076,8+3210,24+729,6=28016,64 \text{ грн.}$$

$$З_{\text{о}}^{\text{Н}}=12038,4+1605,12+364,8=14008,32 \text{ грн.}$$

Заробітна плата основна, додаткова і відрахування на соціальні заходи розраховуємо за формулою:

$$З_{\text{од}}=З_{\text{о}} \cdot (1+0,01 \cdot H_{\text{д}}) \cdot (1+0,01 \cdot H_{\text{с}}),$$

де $H_{\text{д}}$ – норматив додаткової зарплати (20%), $H_{\text{с}}$ – норматив відрахувань у соціальні фонди (37%). Тоді:

$$З_{\text{од}}^{\text{Б}}=28016,64 \cdot (1+0,01 \cdot 20) \cdot (1+0,01 \cdot 37)=46059,36 \text{ грн.}$$

$$З_{\text{од}}^{\text{Н}}=14008,32 \cdot (1+0,01 \cdot 20) \cdot (1+0,01 \cdot 37)=23029,68 \text{ грн.}$$

Розрахуємо витрати на електроенергію. Впровадження нової системи автоматизації здійснюється як і раніше на електричних приладах. Тому витрати на електроенергію розраховуємо за формулою:

$$З_{\text{ел}}=M \cdot T_{\text{ргод}} \cdot C_{\text{ел}},$$

де M – споживаємо системою потужність (1кВт), $T_{\text{ргод}}$ – річний фонд роботи в годинах ($T_{\text{ргод}}=330 \cdot 24=7200\text{год.}$), $C_{\text{ел}}$ – ціна 1кВт-год. електроенергії (0,21грн).
Тоді:

$$Z_{\text{ел}}^H = 1 \cdot 7200 \cdot 0,21 = 1512 \text{ грн.}$$

Розрахуємо витрати на поточні ремонти. З упровадженням удосконаленої системи автоматизації збільшилась кількість поточних ремонтів. Раніше було 2, а тепер 3 ремонти. Розрахуємо витрати за формулою:

$$Z_p = n_p \cdot (M_{\text{рез}} + t_p \cdot I_{\text{год}} \cdot (1 + 0,01 \cdot H_d) \cdot (1 + 0,01 \cdot H_c)),$$

де n_p – кількість планових ремонтів за рік; $M_{\text{рез}}$ – матеріальні витрати для проведення одного ремонту (200грн.); t_p – час проведення одного ремонту в годинах (3год.); $I_{\text{год}}$ – середньогодинна тарифна ставка ремонтного працівника (2грн./год.). Тоді:

$$Z_p^B = 3 \cdot (200 + 3 \cdot 2 \cdot (1 + 0,01 \cdot 20) \cdot (1 + 0,01 \cdot 37)) = 629,59 \text{ грн.}$$

$$Z_p^H = 2 \cdot (200 + 3 \cdot 2 \cdot (1 + 0,01 \cdot 20) \cdot (1 + 0,01 \cdot 37)) = 419,73 \text{ грн.}$$

Розрахуємо витрати на амортизацію системи автоматизації за формулою:

$$Z_{AM} = \frac{B_{AL} \cdot H_A}{100\%},$$

де B_{AL} – балансова вартість виробу, в яку включаємо ціну виробу, витрати на транспортування та підготовку до промислової експлуатації; H_A – норма амортизаційних відрахувань (15%).

$$Z_{AM}^B = \frac{3180 \cdot 15\%}{100\%} = 477 \text{ грн.}$$

$$B_{AL}^H = C_H + K_{op}$$

$$B_{AL}^H = 3489,45 + 2935 = 6424,45 \text{ грн.}$$

$$Z_{AM}^H = \frac{6424,45 \cdot 15\%}{100\%} = 963,7 \text{ грн.}$$

9. Визначення економічної ефективності від вдосконалення та експлуатації системи автоматизації

Економічна ефективність системи автоматизації для виробника і споживача розраховується за такими показниками.

Величину економічного ефекту при розробці і виготовленні СА розраховуємо за формулою:

$$E_p = (C_H - C_{II}) \cdot N_p - E_H \cdot K_p,$$

де N_p - річний випуск вдосконаленої системи автоматизації ($N_p=20$); E_H - нормативний коефіцієнт економічної ефективності капітальних вкладень ($E_H=0,25$); K_p - балансова вартість модернізованої системи, грн.

$$K_p = C_H + K_{др}$$

$$K_p = 3489,45 + 2935 = 6424,45 \text{ грн.}$$

$$E_p = (3489,45 - 2326,3) \cdot 20 - 0,25 \cdot 6424,45 = 21656,8 \text{ грн.}$$

Строк окупності додаткових капіталовкладень у виробника системи автоматизації розраховуємо за формулою:

$$T_p = \frac{K_p}{(C_{II} - C_H) \cdot N_p}$$

$$T_p = \frac{6424,45}{(3489,45 - 2326,3) \cdot 20} = 0,28 \text{ року.}$$

Економічний ефект при експлуатації системи автоматизації розраховуємо за формулою:

$$E_{\text{експ}} = (Z_{\text{ек}}^B - Z_{\text{ек}}^H) - E_H \cdot B_{\text{АЛ}}^H,$$

де $B_{\text{АЛ}}^B$ - балансова вартість модернізованої системи.

$$E_{\text{експ}} = (48678 - 25925) - 0,25 \cdot 6424,45 = 21147 \text{ грн.}$$

$$T_{\text{експ}} = \frac{B_{\text{АЛ}}^H}{Z_{\text{ек}}^B - Z_{\text{ек}}^H} = \frac{6424,45}{48678 - 25925} = 0,29 \text{ року.}$$

10. Зведені техніко-економічні показники.

Табл. Зведені техніко-економічні показники системи автоматизації.

№	Найменування показників	Одиниці виміру	Величина по варіантах	
			Базовий	Новий
1.	Річний випуск системи автоматизації	шт.	20	20
2.	Нормативний строк служби	років	8	8
3.	Повна собівартість однієї СА	грн.	2120	2326,3
4.	Ціна реалізації СА	грн.	3180	3489,45
5.	Плановий прибуток від реалізації однієї СА	грн.	1060	1163,15
6.	Загальний прибуток від реалізації річного випуску СА	грн.	21200	23263
7.	Економічний ефект у: виробника споживача	грн.		21657 21147
8.	Строк окупності капіталовкладень у: виробника споживача	років		0,28 0,29