

Шифр: Фільтри

**РОЗРАХУНОК СМУГОВИХ ФІЛЬТРІВ ДЛЯ
ІДЕНТИФІКАЦІЇ АКУСТИЧНИХ СИГНАЛІВ**

Харків 2024

ЗМІСТ

ВСТУП	2
РОЗДІЛ 1. ІДЕНТИФІКАЦІЯ АКУСТИЧНИХ СИГНАЛІВ	4
1.1. Визначення амплітудно-частотних характеристик акустичного сигналу	4
1.2. Акустична ідентифікація джерел НС за енергією та ентропією.....	6
РОЗДІЛ 2. РОЗРАХУНОК СМУГОВИХ ФІЛЬТРІВ ДЛЯ ОБРОБКИ АКУСТИЧНИХ СИГНАЛІВ.....	10
2.1. Періодичні прямокутні акустичні сигнали.....	10
2.2 Основні відомості з теорії фільтруючих ланцюгів.....	11
2.3 Синтез пасивних смугових фільтрів.....	12
2.4 Формулювання вимог та реалізація пасивного смугового фільтру.....	16
РОЗДІЛ 3. РОЗРАХУНОК СМУГОВОГО LC-ФІЛЬТРУ ДЛЯ ІДЕНТИФІКАЦІЇ АКУСТИЧНОГО СИГНАЛУ.....	17
3.1 Основні параметри для розрахунку смугового LC-фільтру.....	17
3.2 Програмний розрахунок смугових LC-фільтрів 7-го порядку.....	17
ВИСНОВКИ	21
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	22

ВСТУП

Розпізнавання (ідентифікація) акустичних спектрів, таких як голос людини або звуку різних об'єктів, на сьогоднішній день є актуальною проблемою. Більшість сучасних методів, що використовуються для її вирішення, вимагають значних обчислювальних ресурсів, що часто обмежує їх подальше застосування. У цьому контексті дослідження з метою розробки більш ефективних та економічних методів розпізнавання акустичних спектрів має велике значення. Розпізнавання акустичних спектрів має важливе значення в різних сферах, таких як автоматичне розпізнавання мови, медична діагностика за звуковими сигналами, акустичний моніторинг навколишнього середовища та багато інших. Розвиток більш ефективних і швидких методів розпізнавання акустичних спектрів допоможе покращити продуктивність і точність рішень в цих галузях.

Дуже часто загоряння на потенційно-небезпечних об'єктах призводять до виникнення надзвичайних ситуацій. Існуючі системи попередження таких надзвичайних ситуацій досі працюють не достатньо ефективно, що у свою чергу призводить до численних людських жертв та матеріальних збитків. Якісна та ефективна протидія таким загрозам неможлива без надійного наукового підґрунтя, зокрема, без розробки нових інженерно-технічних методів попередження виникненню надзвичайних ситуацій. У провідних країнах світу для попередження надзвичайних ситуацій унаслідок пожеж використовують термічні, діелектричні, оптичні, хімічні, акустичні, барометричні, іонізаційні, магнітоелектричні та інші методи виявлення осередків загорянь. Таке розмаїття методів свідчить про те, що наукова спільнота поки не знайшла оптимального методу попередження надзвичайних ситуацій пов'язаних з пожежами потенційно-небезпечних об'єктів.

Отже, розробка математичного апарату для комплексної апаратної реалізації інженерно-технічних методів запобігання надзвичайних ситуацій, таких як пожежі на потенційно небезпечних об'єктах. Ця задача вимагає розробки інноваційних підходів та технологій, які забезпечать надійне та ефективне функціонування

протидії та виявлення пожежі. Дослідження в цьому напрямку може включати в себе аналіз потенційних ризиків, розробку алгоритмів автоматичного виявлення і реагування на аварійні ситуації, вдосконалення систем моніторингу та діагностики, а також впровадження нових матеріалів та технологій для підвищення надійності систем виявлення пожежі. Такий підхід дозволить підвищити рівень безпеки та зменшити можливість виникнення негативних наслідків в аварійних ситуаціях.

РОЗДІЛ 1. ІДЕНТИФІКАЦІЯ АКУСТИЧНИХ СИГНАЛІВ

1.1. Визначення амплітудно-частотних характеристик акустичного сигналу

Оскільки акустичні коливання у наслідок пожежі, мають аналогічну природу, що і у разі дослідження мовного діапазону, то в цілому можливо застосовувати методи, які використовуються для ідентифікації голосу та обробки музичних композицій. Як правило, всі акустичні сигнали мають гармонічну природу. В результаті чого декілька синусоїдальних сигналів накладаються один на одний, формуючи акустичний образ (АО) НС. У подальшому цей АО може бути ідентифікований системою протидії так само, як і музична мелодія.

Відповідно до поставленої задачі системи, потрібно реалізувати розподіл акустичного об'єкта (АО) з зони низьких частот на характерні частоти, що відображають його основні обертони [1]. Спектр цих частот має відповідати встановленому енергетичному показнику. У цьому контексті ми маємо справу з фактичним розподілом акустичного сигналу на характерні окремі синусоїдальні складові. Все це можна відобразити за допомогою перетворення Фур'є.

Етапи обробки АО приведені на рис.1.

Для визначення характерних частотних спектрів АО з джерела НС пропонується застосувати набір смугових фільтрів, які настроєні на формування окремих частот при перевірці енергетичних спектрів та їх ентропії вище заданих значень (E_p).

Смугових фільтр представляє собою пристрій, основні умови функціонування якого приведено на рис. 2.

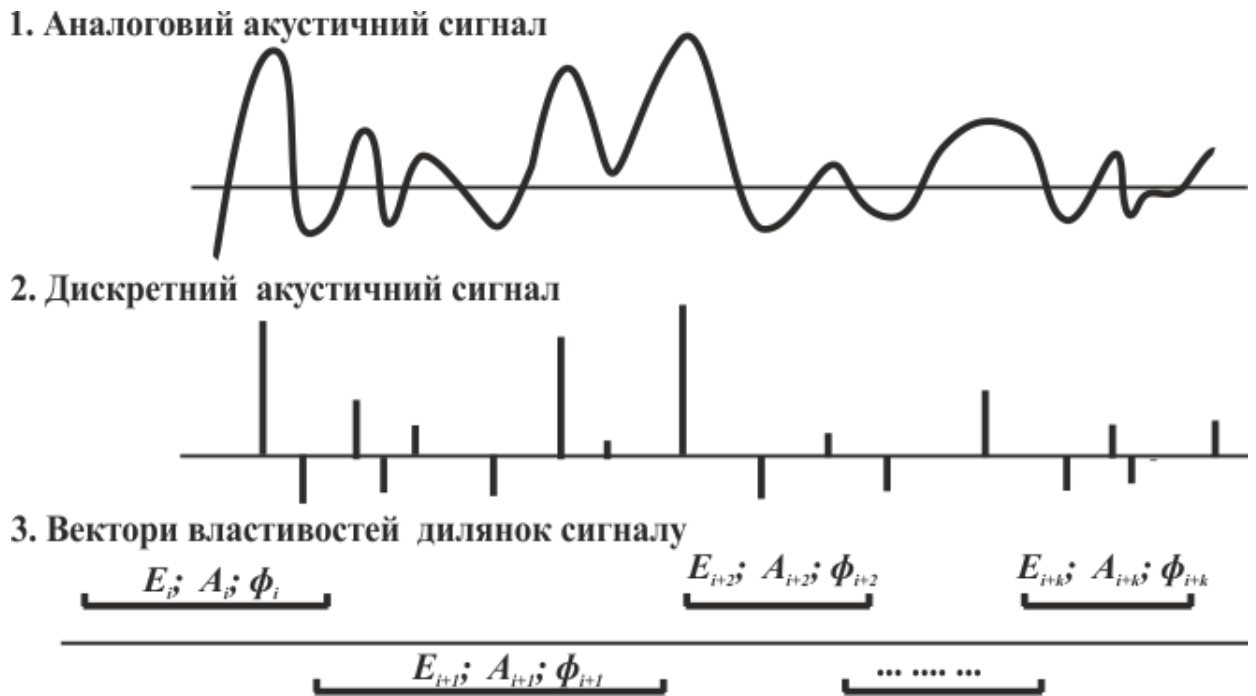


Рис. 1 – Узагальнена схема обробки акустичного сигналу з джерела НС унаслідок пожежі

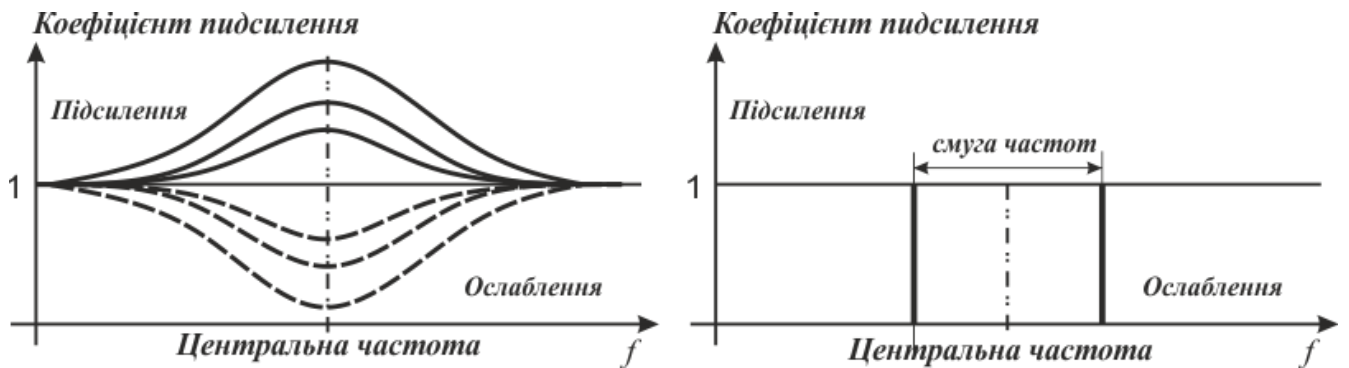


Рис. 2 – Смуговий фільтр та його амплітудно-частотна характеристика

Акустична ідентифікація джерел НС за енергією та ентропією

Найбільше раціональним рішенням у разі дослідження джерела НС унаслідок пожежі є застосування смугового фільтра на основі двох фільтрів Баттерфорта 8-10 порядку [2]. Частотна характеристика цього фільтра апроксимується наступним виразом (1):

$$W(\omega) = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{\omega}{\omega_{SH}}\right)^{2N}}} - \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{\omega}{\omega_{SL}}\right)^{2N}}}, \quad (1)$$

де N – ступінь фільтра;

ω_{SH} – верхня частота зрізу;

ω_{SL} – нижня частота зрізу.

Відповідні амплітудно-частотні характеристики фільтра наведені на рис. 3.

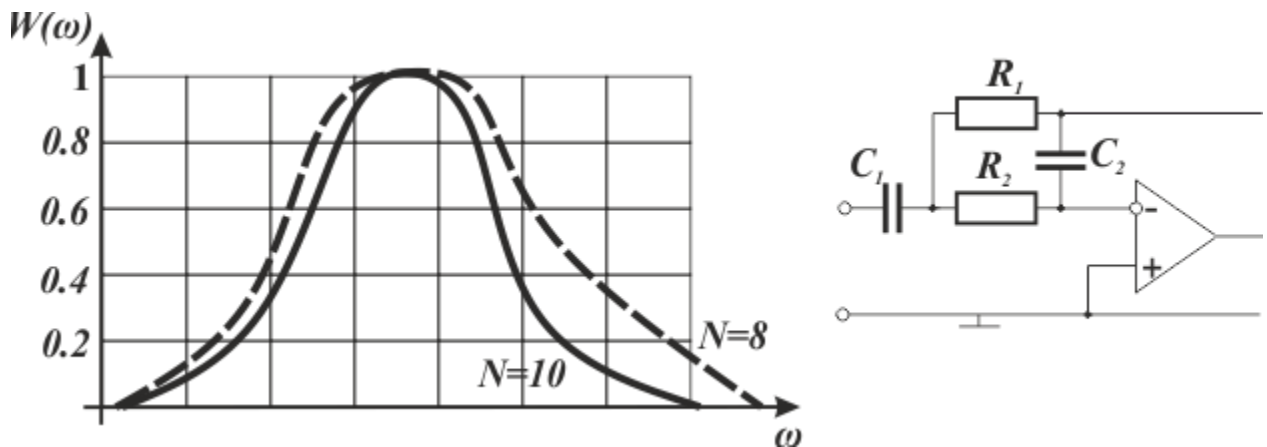


Рис. 3 – Амплітудно-частотна характеристика та принцип реалізації смугового фільтра.

Оскільки характерні частоти АО відомі у вигляді еталонних, як і у випадку розпізнання звукового сигналу, то кількість смугових фільтрів відповідає числу характерних частот. Відповідно можна провести аналогію з графічним

еквалайзером. Доцільно використовувати паралельне з'єднання фільтрів (рис.4), що дозволить зменшити фазові викривлення.

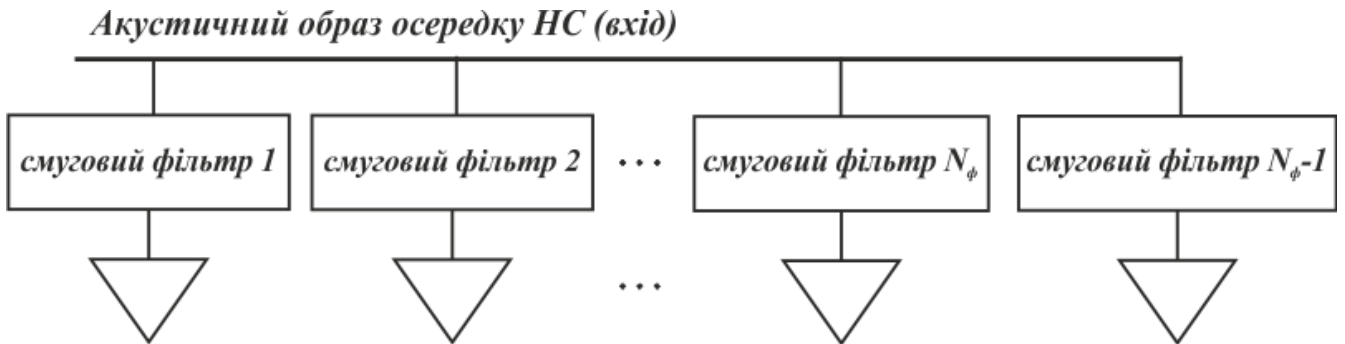


Рис. 4 – Схема з'єднання смугових фільтрів в системі ідентифікації осередку НС.

Розіб'ємо весь частотний діапазон (5-22000 Гц) АО осередку НС на окремі діапазони, межі яких будуть частотами зрізу пропонованих смугових фільтрів. Як було встановлено в допустиме відхилення ідентифікованої частоти f_i^{iind} від еталонної f_i^{et} повинна перевищувати $K_{vs} = 600$ Гц, а число характерних частот $4 \leq N_f \leq 15$. Відповідно, необхідна кількість фільтрів $N_\phi \geq 15$. Частоту зрізу фільтру – верхню $f_{\phi SH}^i$ та нижню $f_{\phi SL}^i$ визначимо з співвідношень (2):

$$\begin{aligned} f_{\phi SL}^i &= K * (f_i^{et} - K_{vs}/2); \\ f_{\phi SH}^i &= K * (f_i^{et} + K_{vs}/2); \end{aligned} \quad (2)$$

де K -коефіцієнт спотворення, пов'язаний із зовнішніми факторами і навколишнім середовищем приймає значення $K = 1.05$ для приміщень та $K = 1.15$ для аналізу АО середовища НС при впливі факторів навколишнього середовища (дощ, вологість, температура повітря тощо).

Для точності роботи даного методу, необхідно попередньо відфільтрувати сигнал по енергії і ентропії. Так щоб на виході смугових фільтрів виявилися сигнали, спектри яких мають енергію не нижче заданої. У зв'язку з цим, необхідно задати поріг спрацювання фільтру по енергії або ентропії. На рис. 5 проілюстрований приклад, роботи такої схеми [2].

Для ідентифікації АО джерела НС необхідно розділити спектр по числу ідентифікованих частот. Так наприклад, при $N_f = 4$ - целюлозо місткі матеріали; $5 < N_f <= 10$ - легкі фракції нафтопродуктів; $N_f > 10$ - важкі вуглеводні.

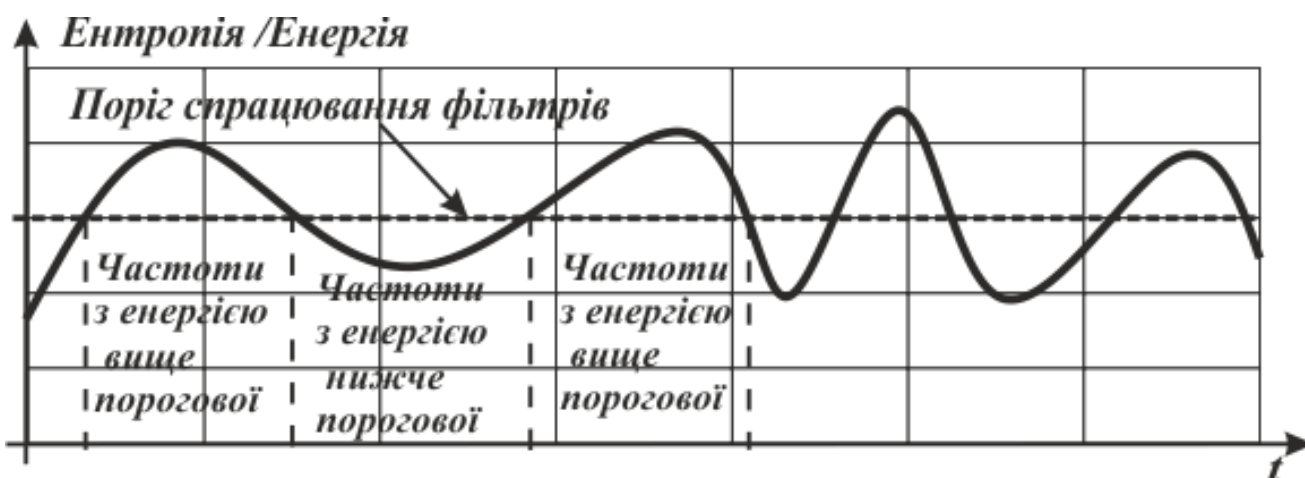


Рис. 5 – Приклад роботи системи смугових фільтрів по ідентифікації АО з джерела НС

У зв'язку з цим, при появі сигналу заданої енергії на кожному відповідному фільтрі, число N_f визначаємо як:

$$N_f = \sum_i^{N_{\Phi}} a * N_{\Phi_i}, \quad (3)$$

де a приймає значення 1 якщо є сигнал на виході фільтра N_{Φ_i} , і 0 - якщо сигнал на виході фільтра N_{Φ_i} відсутній.

Оскільки смугові фільтри налаштовані тільки на певні частоти, то спрацювання всієї схеми (рис. 4) в цілому буде достатньо надійним при появі стороннього АО не пов'язаного з НС внаслідок пожежі.

Також для більш універсального застосування наведеного методу необхідно додати блок програмного управління смугами зрізу смугових фільтрів та систему автономного живлення, яка невілює вплив умом пошкодження електроживлення систем аварійної протидії.

РОЗДІЛ 2. РОЗРХУНОК СМУГОВИХ ФІЛЬТРІВ ДЛЯ ОБРОБКИ АКУСТИЧНИХ СИГНАЛІВ

2.1. Періодичні прямокутні звукові сигнали

На вході смугового фільтра діють періодичні прямокутні звукові сигнали (рис. 6) з параметрами: t_i – тривалість імпульсів, T_H – період слідування; t_H – період несучої частоти; u_{mH} – амплітуда несучої коливання, що має форму гармонічного $u_H(t) = u_{mH} \cdot \cos \omega_H t$

Потрібно розрахувати двосторонньо навантажений пасивний смуговий LC -фільтр та активний смуговий RC -фільтр для виділення ефективної частини спектра звукових сигналів, що знаходиться в смузі частот від $(f_H - 1/t_i)$ до $(f_H + 1/t_i)$ (основний "лепесток спектра") [7]. Графік модуля спектральної функції $U(f) = |U(jf)|$ звукового сигналу наведений на рис. 7 Спектр має дискретний характер, тому частоти $f_{п1}$ та $f_{п2}$ границі смуги пропускання фільтрів визначаються крайніми частотами у головному «лепестку спектра» Частоти $f_{з1}$ и $f_{з2}$ смуги затримки (непропускання) фільтра визначаються частотами перших дискретних складових, що знаходяться ліворуч від $(f_H - 1/t_i)$ та справа від $(f_H + 1/t_i)$. Конкретне визначення числових значень всіх частот показано в типовому прикладі розрахунку LC -фільтра.

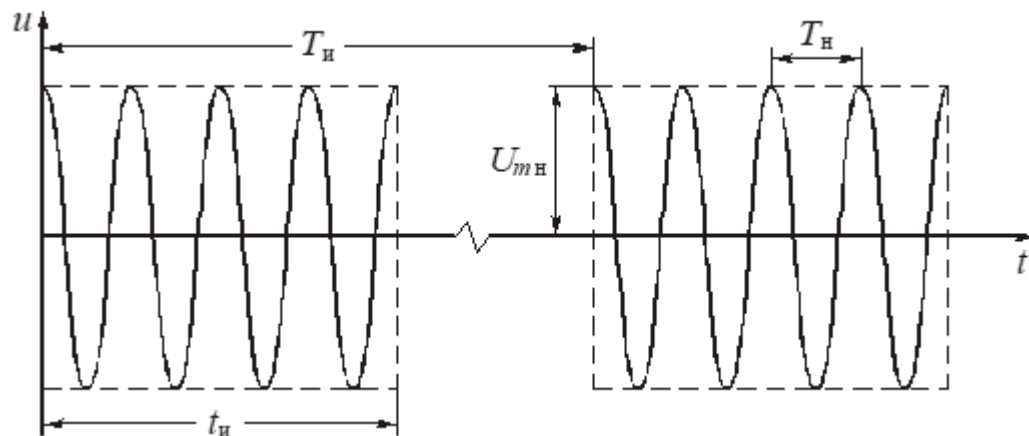


Рис. 6 – Періодичні прямокутні звукові сигнали

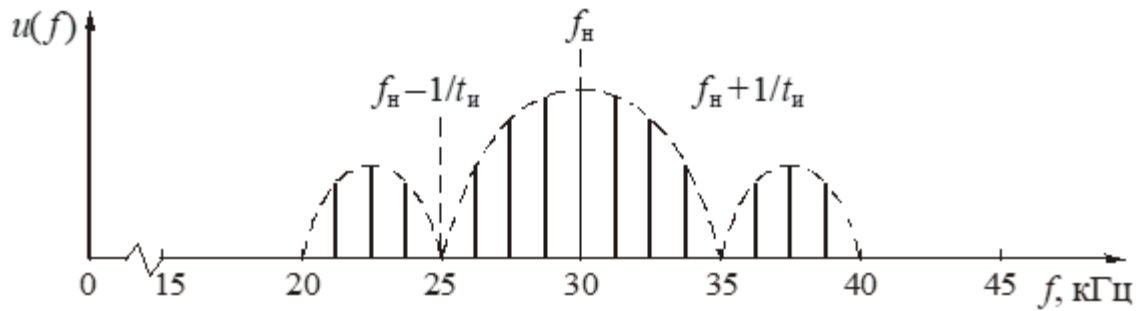


Рис. 7 – Графік модуля спектральної функції $U(f) = |U(jf)|$ звукового сигналу

2.2. Основні відомості з теорії фільтруючих ланцюгів

Електричні фільтри - це лінійні чотирьохполюсники, що мають вибіркові властивості: вони призначені для виділення зі складу складного електричного коливання частотних складових певного спектру частот, що знаходиться в смузі пропускання (ПП), і пригнічення тих складових, частоти яких знаходяться за межами ПП, тобто в смузі непропускання (ПН) або смузі затримки (ПЗ). Між цими смугами знаходиться перехідна область. На рис. 8 наведені структурні характеристики пригнічення фільтра нижніх частот (ФНЧ) та смугового фільтру (СФ).

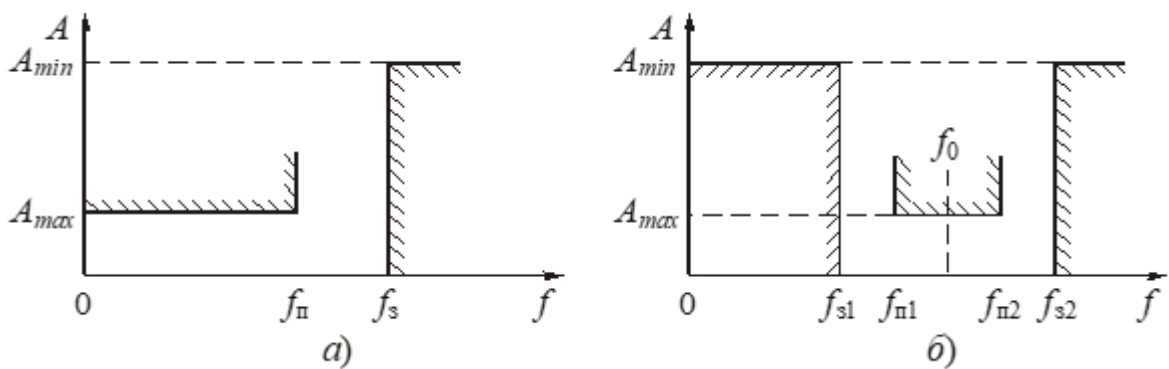


Рис. 8 – Структурні характеристики пригнічення фільтра нижніх частот (ФНЧ) та смугового фільтру (СФ).

Для ФНЧ смуга пропускання знаходиться в діапазоні частот $0 \div f_{п}$, а смуга непропускання – в діапазоні від $f_3 \div \infty$ (рис. 8, а); для СФ смуга пропускання $f_{п1} \div f_{п2}$ розташовується між смугами непропускання від $0 \div f_{31}$ та $f_{32} \div \infty$ (рис. 8, б).

Вимоги до електричних характеристик фільтрів визначаються у вигляді допустимих меж зміни цих характеристик. Так, пригнічення в смузі пропускання не повинно перевищувати максимально допустимого пригнічення $A_{max} = \Delta A$, а в смузі непропускання не повинно бути нижче значення A_{min} . Інші характеристики фільтрів тут не розглядаються. Схема підключення фільтра до джерела сигналу подана на рис. 9

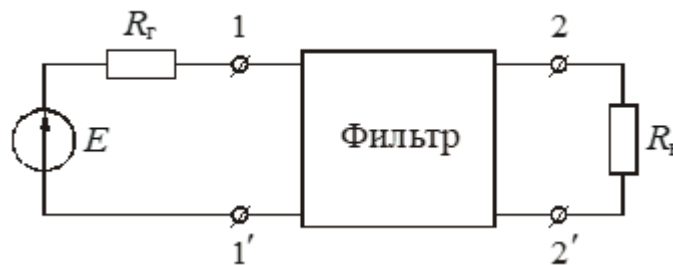


Рис. 9 – Схема підключення фільтра до джерела сигналу

Синтез (розрахунок) фільтрів складається з двох етапів: етапу апроксимації та етапу реалізації. На першому етапі за заданими A_{min} и A_{max} в ПП та ПН формується передавальна функція фільтра, тобто математичний опис ланцюга, який задовольняє вищезазначеним вимогам. На другому етапі створюється схема ланцюга та визначаються значення його елементів згідно отриманої передавальної функції [4].

Обидва етапи добре розроблені щодо синтезу ФНЧ. Проте, щодо синтезу інших типів фільтрів: смугових, заграждаючих (режекторних), фільтрів верхніх частот, – можливі різні варіанти розрахунку. Один із них ґрунтується на тому, що вимоги до заданого фільтра перераховуються у вимоги до його НЧ-прототипу на основі принципу перетворення частоти. Розраховується НЧ-прототип за методикою

синтезу ФНЧ. Потім отримана схема НЧ-прототипу перетворюється в схему заданого фільтру, але лише у випадку пасивних фільтрів. [1÷3]. У випадку активних фільтрів етап реалізації здійснюється іншим методом.

2.3. Синтез пасивних смугових фільтрів

Етап апроксимації. Задано: частоти $f_{п1}$ и $f_{п2}$ – межі ПП та частота $f_{з2}$ – межа ПН справа; затухання A_{min} та $A_{max} = \Delta A$ (рис. 8, б). Використовуючи поняття центральної частоти або середньої геометричної частоти ПП та ПН.

$$f_0 = \sqrt{f_{п2} \cdot f_{п1}} = \sqrt{f_{з2} \cdot f_{з1}}, \quad (0.1)$$

Знаходимо значення $f_{з1}$ – граничної частоти ПН зліва.

Вимоги до характеристик пасивного фільтра перераховуються у вимоги до його низькочастотного (НЧ) прототипу:

$$f_{п.нч} = f_{п2} - f_{п1}, \quad f_{з.нч} = f_{з2} - f_{з1} \quad (0.2)$$

при тих же значеннях A_{min} та A_{max} (рис. 2.1, а).

Знаючи вимоги до затухання ФНЧ, їх можна перерахувати у вимоги до АЧХ ФНЧ, або, згідно теорії фільтрів, у вимоги до квадрата АЧХ $|H(j2\pi f)|^2 = |H(j\omega)|^2$. Для уніфікації обчислень, замість кутової частоти ω , вводять поняття нормованої частоти $\Omega = \omega/\omega_n$, где ω_n – нормуюча частота. Зазвичай у якості ω_n обирають граничну частоту ПП ФНЧ. Тоді

$$\Omega_{\Pi} = \frac{\omega_{\text{п.нч}}}{\omega_{\text{п.нч}}} = 1, \quad \text{а} \quad \Omega_3 = \frac{\omega_{\text{з.нч}}}{\omega_{\text{п.нч}}}. \quad (0.3)$$

При синтезі ФНЧ використовуються універсальні співвідношення [1]:

$$|H(j\Omega)|^2 = \frac{1}{1 + \varepsilon^2 \psi^2(\Omega)}; \quad (0.4)$$

$$A(\Omega) = 10 \lg [1 + \varepsilon^2 \psi^2(\Omega)]; \quad (0.5)$$

де $\psi(\Omega)$ – функція фільтрації; ε – коефіцієнт нерівномірності затухання в ПП. Якщо в якості $\psi(\Omega)$ використовуються поліноми, то фільтри називаються поліноміальними. Серед останніх найбільш широке застосування знайшли фільтри Баттерворта та Чебишова.

У фільтрах Баттерворта $\psi(\Omega) = B_m(\Omega) = \Omega^m$, де m – порядок фільтра. Характеристика $H^2(\Omega) = |H(j\Omega)|^2$, тобто квадрат коефіцієнта передачі для таких фільтрів різного порядку m , подана на рис. 10, *a* (крива 1 – характеристика ідеального ФНЧ, крива 2 для $m = 6$, крива 3 для $m = 2$). При $\Omega = 1$ всі криві проходять через точку, залежну від ε . З аналізу рисунка видно, що ε дійсно визначає нерівномірність коефіцієнта передачі ФНЧ в ПП.

Якщо в (2.4) пожити $\psi(\Omega) = B_m(\Omega)$, а $j\Omega = p$, то після перетворень отримаємо передавальну функцію фільтра у вигляді.

$$H(p) = \frac{H_0}{p^m + b_{m-1}p^{m-1} + \dots + b_1p + b_0} = \frac{w(p)}{v(p)}, \quad (0.6)$$

де $H_0 = 1/\varepsilon$.

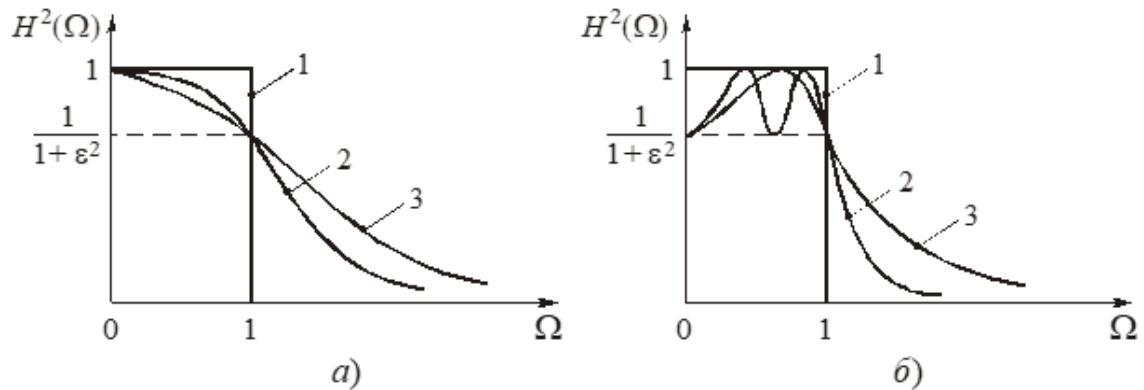


Рис. 10 – Квадрат коефіцієнта передачі для таких фільтрів різного порядку

У фільтрах Чебишева функція фільтрації $\psi(\Omega) = T_m(\Omega) = \cos m \cdot \arccos \Omega$ для області нормованих частот $-1 \leq \Omega \leq 1$. Характеристика квадрата коефіцієнта передачі для різних m показана на рис. 10, б (крива 1 – характеристика ідеального ФНЧ, крива 2 для $m = 4$, крива 3 для $m = 2$). Аналіз кривих на рис. 10, б показує, що поліном Чебишева в інтервалі $0 \leq \Omega \leq 1$ приймає екстремальні значення (min або max) $m + 1$ раз. Інше кажучи, порядок фільтра нижніх частот Чебишева за кривою $H^2(\Omega)$, або за будь-якою іншою частотною характеристикою фільтра, визначається подвоєним кількістю періодів коливань в ПП, розрахованим на рівні смуги пропускання [6].

На рис. 10, б: межа смуги пропускання за частотою – це $\Omega = 1$; рівень смуги пропускання – це $1/(1 + \epsilon^2)$.

Передаткова функція фільтра Чебишева описується тим самим виразом (2.6), але коефіцієнт $H_0 = 1/(\epsilon \cdot 2^{m-1})$.

Аналіз кривих на рис. 10 показує, що:

- чим вище порядок фільтра, тим більша його селективність за рахунок зменшення перехідної області;

- при однаковому порядку m селективність фільтрів Чебишова вища за селективність фільтрів Баттерворта.
- у фільтрів Чебишова ФЧХ в смузі пропускання має нелінійний характер через хвильовий характер зміни $H^2(\Omega)$ в ПП.

Таким чином, етап апроксимації при синтезі пасивного фільтра завершується отриманням функції $H(p)$ для НЧ-прототипу.

2.4. Формулювання вимог та реалізація пасивного смугового фільтра

Денормалізуємо елементи схеми, використовуючи відношення:

$$L = L_{\text{н}} \frac{R_{\Gamma}}{\omega_{\text{н}}}; \quad C = L_{\text{н}} \frac{C_{\text{н}}}{R_{\Gamma} \omega_{\text{н}}}; \quad R = R_{\text{нор}} \cdot R_{\Gamma}, \quad (2.7)$$

де $\omega_{\text{н}} = \omega_{\text{п.нч}}$ – нормуюча частота;

R_{Γ} – нормуючий опір, що дорівнює внутрішньому опору джерела сигналу.

З теорії фільтрів відомо [1÷6], що між частотами низькочастотного (НЧ) прототипу та частотами $\omega_{\text{сф}}$ смугового фільтра існує співвідношення

$$\omega_{\text{нч}} = \omega_{\text{пф}} - \frac{\omega_0^2}{\omega_{\text{пф}}}, \quad (2.8)$$

де ω_0 знаходиться по (2.1).

На основі (2.8) індуктивний опір низькочастотного прототипу замінюється опором послідовного контура з елементами

$$L_{\text{пф.1}} = L_{\text{нч}} \quad \text{и} \quad C_{\text{пф.1}} = \frac{1}{\omega_0^2 L_{\text{нч}}}, \quad (2.9)$$

а ємнісний опір низькочастотного прототипу замінюється опором паралельного контуру з елементами

$$C_{\text{пф.2}} = C_{\text{нч}} \quad \text{и} \quad L_{\text{пф.2}} = \frac{1}{\omega_0^2 C_{\text{нч}}}. \quad (2.10)$$

Тоді, на основі схеми ФНЧ, може бути побудована схема смугового фільтру. Елементи цієї схеми розраховуються за формулами (2.9) і (2.10).

РОЗДІЛ 3. РОЗРАХУНОК СМУГОВОГО LC-ФІЛЬТРУ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ АКУСТИЧНОГО СПЕКТРУ

3.1. Основні параметри для розрахунку смугового LC-фільтру

Розрахунок смугового LC-фільтру включає в себе визначення параметрів фільтру, таких як індуктивності та ємності, щоб задовольнити вимоги щодо передачі та підтримки полоси пропускання і піддавання полоси непропускання.

Основні кроки для розрахунку смугового LC-фільтру включають в себе:

- Визначення частот границь полоси пропускання та непропускання.
- Розрахунок індуктивностей та ємностей фільтру, використовуючи стандартні формули для резонансних LC-коливальних ланцюгів або інші методи розрахунку, такі як нормалізований метод або метод Стуббса.
- Вибір типу фільтру (наприклад, Баттерворта, Чебишова або Бесселя) та визначення порядку фільтру.
- Перевірка отриманих параметрів на відповідність вимогам та коригування, якщо необхідно.
- Реалізація та тестування фільтру на практиці.

За бажанням, можна також скористатися програмами для моделювання фільтрів, які дозволяють автоматизувати процес розрахунку та оцінки роботи фільтру перед його фізичною реалізацією.

3.2. Програмний розрахунок смугових LC-фільтрів 7-го порядку

Проведемо розрахунок, використовуючи прототипи фільтрів нижніх частот відомого Пафнутія Чебишова та таблиці, надані Грантом Ханзелом в справочнику з розрахунку фільтрів. Таблиці Гранта Ханзела дозволять вибрати оптимальні

значення компонентів для відповідного фільтра, враховуючи вимоги щодо коефіцієнта нерівномірності ослаблення та інших параметрів, які задані.

Візьмемо 4-канальну схему (рис. 11), оскільки найчастіше зустрічаються ситуації, коли потрібно обробляти 4 або більше частот. Це надає мінімальну конфігурацію для вирішення задачі.

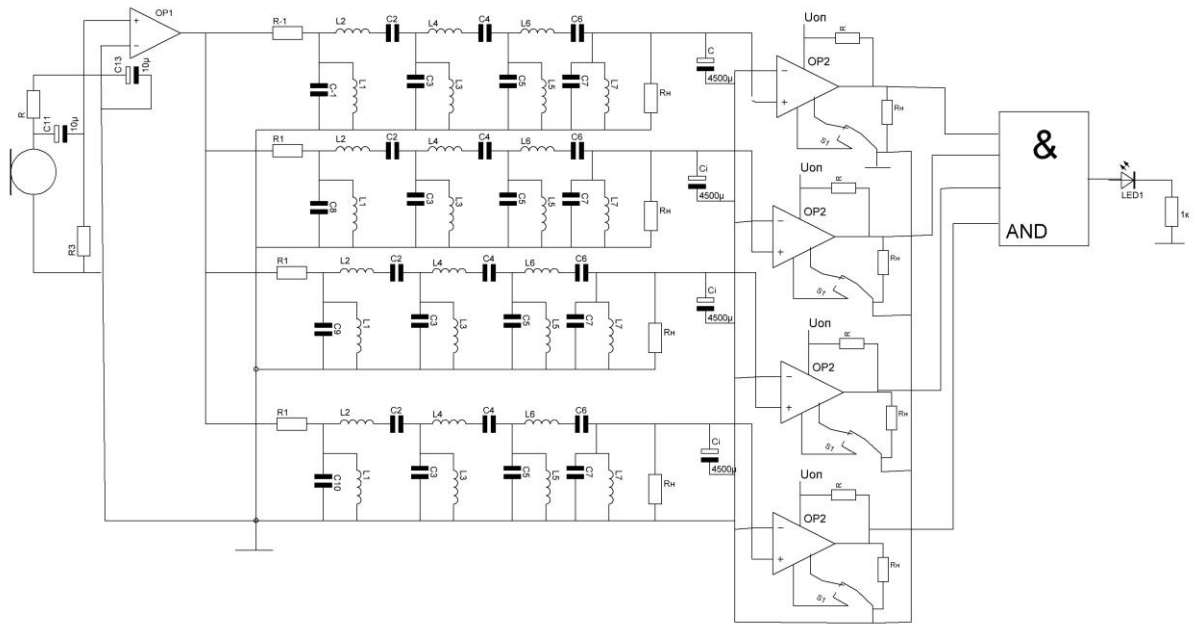


Рис. 11 – 4-х канална схема ідентифікації акустичного сигналу

Для розрахунку у цій роботі обрано 4 смугових фільтрів Чебишова 7-го порядку, і вказані наступні параметри:

1-й смуговий фільтр частоти (f_1) 2000 Гц

Нижня частота срізу фільтра (f_c) – 1900 Гц

Верхня частота срізу фільтра (f_c) – 2100 Гц

2-й смуговий фільтр частоти (f_2) 2900 Гц

Нижня частота срізу фільтра (f_c) – 2755 Гц

Верхня частота срізу фільтра (f_c) – 3045 Гц

3-й смуговий фільтр частоти (f_3) 4100 Гц

Нижня частота срізу фільтра (f_c) – 3895 Гц

Верхня частота срізу фільтра (f_c) – 4305 Гц

4-й смуговий фільтр частоти (f_4) 7200 Гц

Нижня частота срізу фільтра (f_c) – 6840 Гц

Верхня частота срізу фільтра (f_c) – 7560 Гц

В усіх фільтрах опір R_L та R_H (Ом) однаковий і становить 100 Ом. Це значення опору використовується для внутрішнього опору джерела сигналу R_L і опору навантаження R_H . Результати розрахунків наведено в таблиці 1.

Таблиця 1 – Розрахунок смугових LC-фільтрів 7-го порядку

№ з/п	Фільтр частоти f_1		Фільтр частоти f_2		Фільтр частоти f_3		Фільтр частоти f_4	
	C_{1-7}	L_{1-7}	C_{1-7}	L_{1-7}	C_{1-7}	L_{1-7}	C_{1-7}	L_{1-7}
1.	5.921мкФ	1.08мГн	8.166 мкФ	369.746	5.776	261.528	3.289	148.926
2.	119.703 нФ	53.436 мГн	40.967 нФ	73.705 мГн	28.976 нФ	52.133 мГн	16.5 нФ	29.687 мГн
3.	9.501	673.206	13.106	230.395	9.27	162.962	5.279	92.798
4.	110.794 нФ	57.733 мГн	37.917 нФ	79.632 мГн	26.82 нФ	56.325 мГн	15.272 нФ	32.074 мГн
5.	9.501	673.206	13.106	230.395	9.27	162.962	5.279	92.798
6.	119.703 нФ	53.436 мГн	40.967 нФ	73.705 мГн	28.976 нФ	52.133 мГн	16.5 нФ	29.687 мГн
7.	5.921	1.08	8.166	369.746	5.776	261.528	3.289	148.926

Ці конденсатори та індуктивності підбираються відповідно до встановлених стандартів ДСТУ, що також може вимагати додаткової настройки схеми після

зібрання системи. Це може вплинути на ефективність фільтрування та пропускну здатність фільтра, забезпечуючи відповідну характеристику передачі сигналу.

Цей розрахунок є ключовим етапом у ідентифікації певних акустичних сигналів, де потрібно докладно контролювати частотний діапазон передаваних або оброблюваних сигналів. Встановлення смугових фільтрів з допомогою розрахунків нижньої та верхньої частот срізу дозволяє ефективно виділяти або приглушати певні діапазони частот відповідно до потреб системи. Це забезпечує якісну обробку акустичних сигналів та дозволяє системі працювати більш ефективно, зменшуючи вплив непотрібних частотних компонентів на кінцевий результат.

ВИСНОВКИ

У даній роботі була розглянута актуальна проблема ідентифікації акустичних спектрів, яка має велике значення в сучасному світі, особливо в галузях виявлення НС у наслідок пожежі. Розвиток більш ефективних і швидких методів ідентифікації акустичних спектрів може значно покращити продуктивність і точність рішень у цих галузях.

Для вирішення цієї проблеми було обрано та розраховано чотири смугових фільтри Чебишева 7-го порядку, щоб виділити певні діапазони частот у звукових сигналах. Розрахунок кожного фільтра включав встановлення їхніх параметрів, забезпечуючи відповідність вимогам щодо передачі та підтримки полоси пропускання і піддавання полоси непропускання.

Отримані результати підтверджують, що подальший розвиток більш ефективних та економічних методів розпізнавання акустичних спектрів є важливим для різних сфер застосування. Детальний розрахунок смугового LC-фільтру включає визначення параметрів фільтру, таких як індуктивності та ємності, а також вибір типу фільтру та його порядку. Такий підхід дозволяє забезпечити високу ефективність та точність у роботі фільтрів у різних областях, де вони застосовуються.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Hong J.-S. Microstrip Filters for RF / Microwave Applications/J.-S.Hong. – N. Y.: Wiley. – 2011. – 656p
2. Williams A.B. Analog Filter and Circuit Design Handbook / A.B. Williams. – N. Y. : McGraw Hill Education, 2013. – 640p.
3. Бакалов В.П., Воробієнко П.П., Крук Б.І. Теорія електричних ланцюгів. Підручник – М.: Радіо і зв'язок, 1998. – 444 с.
4. Davis W. A. Radio Frequency Circuit Design// W.A. Davis, K. Agarwal.– N.Y.:Wiley, 2001. – 322p
5. Нелін Є.А. Дельта-моделі реактивних радіоелементів та фільтрів нижніх частот / Є.А. Нелін, А.В. Шульга, Я.Л. Зінгер //Вісник НТУУ “КПІ”. Серія Радіотехніка. Радіоапаратобудування. – 2017. – № 69. – С. 72–77.
6. Зааль Р. Посібник з розрахунку фільтрів. – М.: Радіо і зв'язок, 1983. – 752 с.
7. Белецький А.Ф. Теорія лінійних електричних ланцюгів. Підручник. – М.: Радіо і зв'язок, 1986. – 544 с.