

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»
Факультет електроніки
Кафедра акустики і акустоелектроніки

«На правах рукопису»
УДК 004.03

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

“ ____ ” _____ 20__ р.

Магістерська дисертація

зі спеціальності (спеціалізації) 171 Електроніка

на тему: Створення пристрою вимірювання шуму на основі інструментального пакету LabView

Виконав: студент 6 курсу, групи ДГ-62м

Зотько Антон Сергійович

(підпис)

Науковий керівник д. т. н. Коржик О. В.

(підпис)

Рецензент доц. каф. ЗТРІ к.т.н. Швайченко В. Б.

(підпис)

Засвідчую, що у цій магістерській дисертації
немає запозичень з праць інших авторів без
відповідних посилань.

Студент _____

(підпис)

Київ – 2018 року

**Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут
імені Ігоря Сікорського»**

Факультет Електроніки

Кафедра Акустики та Акустoeлектроніки

Рівень вищої освіти – другий (магістерський) за освітньо-професійною (освітньо-науковою) програмою

Спеціальність (спеціалізація) 171 Електроніка

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри

(підпис) (ініціали, прізвище)

« ____ » _____ 20__ р.

**ЗАВДАННЯ
на магістерську дисертацію студенту
Зотько Антону Сергійовичу**

1. Тема дисертації: Створення пристрою вимірювання шуму на основі інструментального пакету LabView
науковий керівник дисертації д.т.н. Коржик Олексій Володимирович,
затверджені наказом по університету від «09» лютого 2018 р. №691-с

2. Строк подання студентом дисертації 13 травня 2018р.

3. Об'єкт дослідження: розробка пристрою вимірювання шуму безпілотних літальних апаратів за допомогою пакету програм Lab View

4. Предмет дослідження (Вихідні дані – для магістерської дисертації за освітньо-професійною програмою) вимірювання шуму, за допомогою розроблено програмного забезпечення.

5. Перелік завдань, які потрібно розробити:

1. Провести огляд існуючих літературних джерел щодо технічних відомостей по акустичним характеристикам;
2. Ознайомлення з пакетом програм LabView;
3. Ознайомлення з технічними характеристиками шумомірів;
4. Розробка шумопеленгатора в середовищі LabView;

5. Провести експериментальні дослідження.
1. Орієнтовний перелік ілюстративного матеріалу: презентація на тему «Створення пристрою вимірювання шуму на основі інструментального пакету LabView»
2. Дата видачі завдання 30.09.17

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Строк виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1	Опрацювання літературних джерел	01.11.17	виконано
2	Отримання технічного завдання	10.11.17	виконано
3	Ознайомлення з принципами програмування в пакеті LabView	10.12.17	виконано
4	Розробка схеми шумоміра в пакеті LabView	20.01.18	виконано
5	Написання магістерської дисертації	01.03.18	виконано
6	Розробка стартап-проекту	1.05.18	виконано
7	Підготовка до захисту	15.05.18	виконано

Студент

_____ (підпис)

_____ (ініціали, прізвище)

Науковий керівник дисертації

_____ (підпис)

_____ (ініціали, прізвище)

РЕФЕРАТ

Магістерська дисертація містить 58 аркушів і складається з вступу, трьох розділів, сорока двох ілюстрацій, двадцяти таблиць та одинадцяти посилань.

Метою роботи є розробка пристрою вимірювання шуму навколишнього середовища та безпілотних літальних апаратів за допомогою пакету програм Lab View.

Об'єктом дослідження роботи є процес вимірювання шуму, за допомогою розроблено програмного забезпечення.

В даній роботі проведено аналіз існуючої апаратної, технічної бази щодо вимірювання шумів оточуючого середовища та шумових полів об'єктів спеціального призначення.

ANNOTATION

The thesis contains 58 sheets and consists of an introduction, 3 sections, 42 illustrations, 20 tables and 11 references.

The aim of the work is to develop a device for measuring the noise of unmanned aerial vehicles using the Lab View program package.

The object of research work is the process of noise measurement, with the help of software developed.

In this work an analysis of the existing hardware, technical basis for measuring noise of the environment and noise fields of special purpose objects is carried out.

ЗМІСТ

ВСТУП	6
РОЗДІЛ 1. Аналітичний огляд літературних джерел, короткі відомості про акустичні шуми та вибір вимірювальної апаратури.....	7
1.1. Основні фізичні характеристики та параметри шумів	7
Потрібно розрізняти величини, які по-різному характеризують амплітуду коливань A , зокрема:	8
	5

1.2. Загальні положення про вимірювання шуму.....	10
1.3. Основні системи вимірювання шуму.....	12
1.4. Принцип дії аналізаторів спектру.....	18
1.5. Вибір мікрофону.....	27
1.6. Вимоги до фільтрів.....	30
РОЗДІЛ 2. Основні програмні засоби програми LabView. Опис пристроїв, які використовуються.....	36
2.1. Опис Фронтальної панелі програми для аналізу сигналів.....	36
2.2. Опис схеми аналізу шуму.....	39
2.3. Калібровка тональним сигналом.....	47
2.4. Калібровка білим шумом.....	48
РОЗДІЛ 3. Розроблення стартап-проекту.....	49
3.1. Опис ідеї проекту.....	49
3.2. Технологічний аудит ідеї проекту.....	50
3.3. Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту.....	51
3.4. Розроблення ринкової стратегії проекту.....	54
3.5. Розроблення маркетингової програми стартап-проекту.....	55
ВИСНОВКИ.....	57
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	57

ВСТУП

Актуальність роботи.

Відомо, що звук – це впорядковані механічні коливання, які виникають та поширюються у пружних середовищах – рідинах, газах і твердих тілах. Зазвичай йдеться про виникнення коливань у діапазоні звукових частот — від 20 Гц до 20 КГц, в даній роботі, все обмежується тільки характеристиками перетворювачів. Проте

акустичні сигнали — складніше поняття, ніж звук, хоча і тісно пов'язане з ним[1].

Для вимірювання сигналів зараз використовується складна і досить габаритна апаратура, досить складно її ремонтувати або навчитись правильно користуватись. Якщо потрібно буде знімати данні та зберігати їх або зберігати інформацію у центрах її накопичення це зробити дуже складно. На прикладі використання програмного пакету LabView ми можемо відмовитись від складних аналогових приладів та залишити лише декілька блоків включаючи комп'ютер (блок перетворення та блок обробки сигналу в цифрову інформацію з передачею її до входу комп'ютера).

Ступінь вивченості теми.

Нажаль на даний момент не існує сучасних аналогів програми. Як правило використовуються лише окремі прилади, які коштують дуже дорого, та суміщують в собі досить багато різних функцій(не потрібних для рішення нашої задачі).

Наукова новизна.

Програма досить актуальна, вона не є кошовною для використання і для її використання необхідне лише ноутбук чи комп'ютер зі встановленою системою Windows. У програмі використані нові методи розрахунку, які дозволяють більш точно аналізувати виміряні данні.

РОЗДІЛ 1. Аналітичний огляд літературних джерел, короткі відомості про акустичні шуми та вибір вимірювальної апаратури

1.1. Основні фізичні характеристики та параметри шумів

Акустичні шуми мають природу механічних коливань, різновидом яких \$ звукові коливання. Тому основні характеристики коливальних процесів можна використовувати і під час описування шумів.

Основні відмінності між звуком та шумом полягають:

- у періодичності чи аперіодичності збудження елементарних коливальних систем пружного середовища, що зумовлюють формування і поширення регулярних періодичних (звукових) та аперіодичних (шумів) коливань;

- у детермінованості чи випадковості прояву зазначених вище впливів.

При цьому аперіодичні коливання можуть бути створені як короткочасними, так і тривалими за часом впливами або їх комбінаціями.

Тривалі аперіодичні впливи зазвичай мають випадкову природу і зумовлюють тривалі за часом пружні коливання у вигляді звукових хвиль 8ере налаштовується характеру. Короткочасні впливи можуть призводити до виникнення звукових імпульсів, які поширюються у вигляді нетривалих, різких змін тиску, що мають характер удару. Удари бувають одно- та багаторазовими. Повторювані випадкові удари створюють сукупність звукових коливань, що також сприймаються у вигляді шуму. За наявності закономірності (періодичності) такого впливу і поєднання його з будь-якими пружними коливаннями у шумі можна виокремити певні тони, амплітуди яких тим більші, чим чіткіше виражені періодичність і сила ударів.

Відомо, що для синусоїдального коливання основними характеристиками є:

- частота $f = \frac{1}{T}$ (Гц);
- амплітуда коливань (А);
- фаза коливань.

Потрібно розрізняти величини, які по-різному характеризують амплітуду коливань А, зокрема:

- максимальне значення амплітуди коливань, або «пікове» коливання $A_{пik}$, яке характеризує миттєве значення амплітуди як одиночного (простого), так і складного коливання;
- ефективне значення A_{ef} амплітуди коливання. В акустиці під час описування

шумових процесів це значення зазвичай називають середньоквадратичним $A_{скв}$:

$$A_{скв} = A_{эф} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T a^2(t) dt}; \quad (1.1)$$

- середнє значення амплітуди коливання $A_{сер}$ за деякий інтервал (період) T :

$$A_{сер} = \frac{1}{T} \int_0^T a(t) dt; \quad (1.2)$$

Для величин $A_{нік}$, $A_{скв}$, $A_{сер}$ мають використовуватися такі співвідношення:

$$A_{скв} = \frac{A_{нік}}{\sqrt{2}} = \frac{A_{нік}}{F_A}; \quad (1.3)$$

де F_A - коефіцієнт амплітуди ($F_A = \sqrt{2} \approx 1,41$);

$$A_{скв} = \pi \frac{A_{сер}}{2\sqrt{2}} = F_{зр} A_{сер}, \quad (1.4)$$

де $F_{зр}$ - коефіцієнт гребеня ($F_{зр} = \frac{\pi}{2\sqrt{2}} \approx 1,11$).

Фазову характеристику шуму зазвичай не враховують, оскільки шумовий сигнал може складатися з множини різночастотних коливань із випадковими фазами.

При цьому частота f набуває значення смуги Δf

(безлічі значень частоти в середині деякого інтервалу на осі частот на певний інтервал часу).

Для більшості звуків – шумів, які сприймаються людиною, не існує простих аналітичних співвідношень, що описують непрості за своїм складом і часом прояву процеси. Тому замість поняття «амплітуда коливань A » ввели поняття «щільність амплітуд», якому в статистиці відповідає поняття «щільність імовірностей». Для шумів краще також використовувати терміни «середньоквадратичне» і «середнє

значення» амплітуд, оскільки величини $A_{скв}$ і $A_{сер}$ зберігають свої значення під час вимірювання статично складних звукових (шумових і шумоподібних) сигналів, а величина $A_{нік}$ набуває змісту миттєво значення процесу і є малоінформативною[2].

1.2. Загальні положення про вимірювання шуму

Найпростіша фізична міра шуму – виміряти його повний рівень звукового тиску. З іншого боку, таке вимірювання не дасть жодного уявлення про розподіл частоти шуму, а також про її сприйняття людини. Проте за допомогою порівняно простих вимірювальних приладів ви можете надати деякі характеристики, які роблять вимірювання набагато більш ефективними. Зазначені вимірювання проводяться в наш час стандартним міжнародно-точний прецизійний 10ере нал. Цей вимірювач звуку має набір фільтрів для корекції частоти, характеристики яких індексуються літерами А, В, С (або D) (рис.1.1)[1].

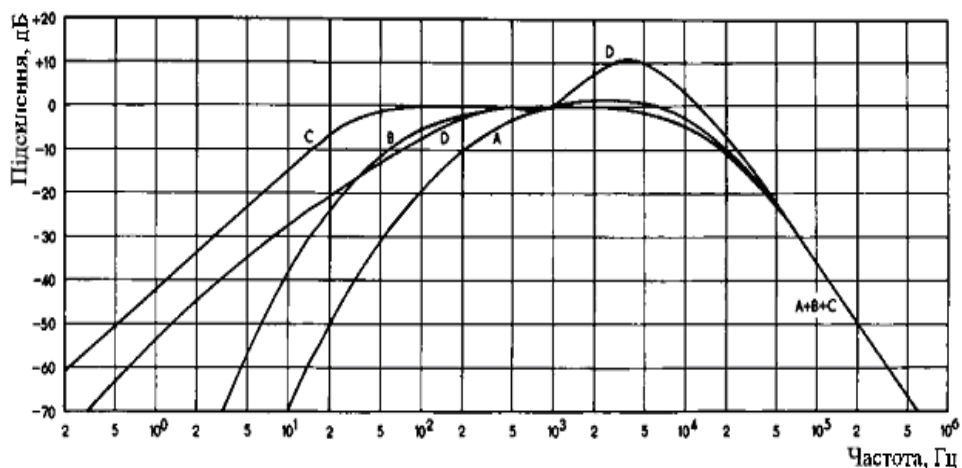


Рис.1.1 – Прийняті в міжнародному масштабі частотні коригувальні характеристики для шумомірів

У міжнародному масштабі була запропонована інша коригувальна характеристика, індексована D. Корекція частот за допомогою характеристики D спеціально розроблена для вимірювання повітряного шуму і не може вважатися загальною як коригувальні характеристики з індексами A, B, C.

Характеристика з індексом C мало залежить від частоти з більшою частиною чутливих частот, а характеристика з індексом A більше залежить від частот нижче 1000 Гц[1].

Порівнюючи частотну характеристику A (рис.1.1) з кривими рівня рівної гучності для чистих тонів, показаними на рис.1.2, можна помітити деяку схожість між останньою та перевернутою A-характеристикою. Незважаючи на те, що процес сприйняття людини набагато складніший, ніж наближення до частотної корекції, у багатьох випадках деяка інформація може бути отримана лише в результаті вимірювань обладнанням, обладнанням характеристикою A[3].

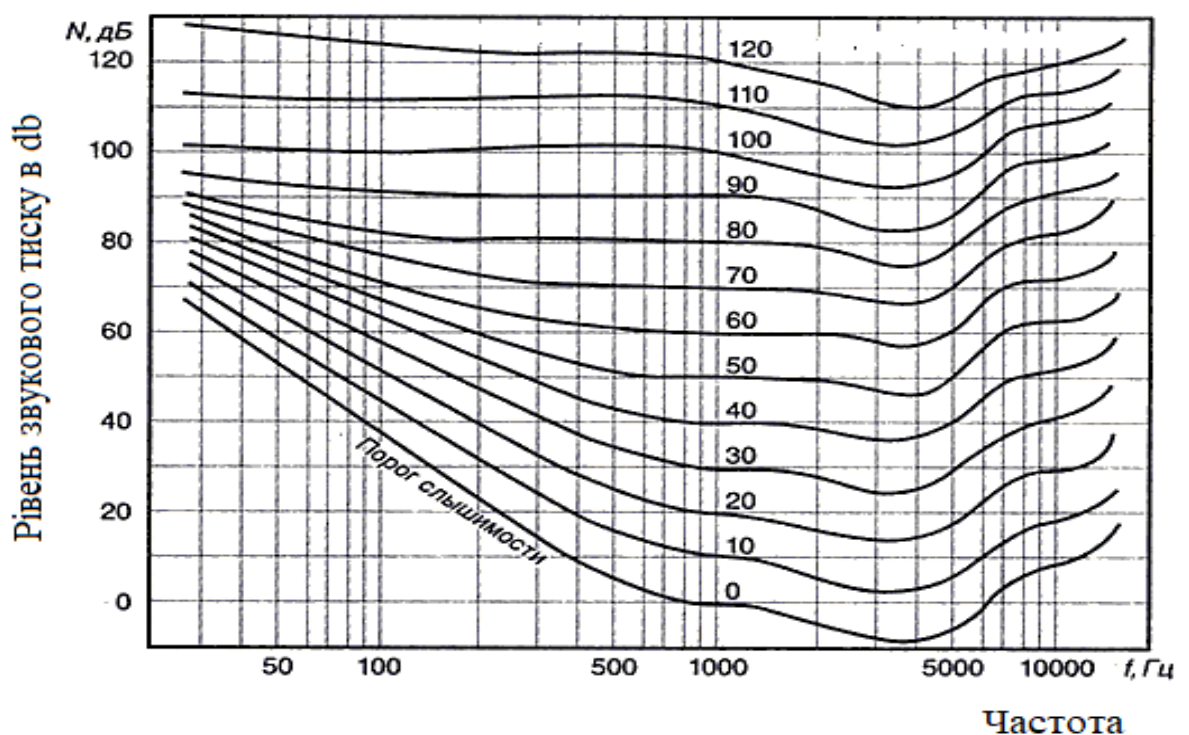


Рис.1.2 – Нормальні криві рівної гучності для чистих тонів

Криві можна використовувати на таких умовах:

- 1) Слухач повернувся до джерела.

- 2) Звук вільно поширюється у вигляді плоскої хвилі.
- 3) Рівень звукового тиску вимірюється за відсутності слухача.
- 4) сприйняття звуку є бінауральним.

Для того, щоб відрізнити фізичні вимірювання рівнів звукового тиску в децибелах (дБ) (без частотної корекції) від суб'єктивного вимірювання рівнів обсяг фону та вимірювання проводиться за допомогою однієї з стандартних частотних характеристик А, В, С (або D), прийняті на міжнародному рівні, погоджуються, що результати останнього типу вимірювань повинні бути виражені в плані звукових рівнів, використовуючи шкалу децибел і вказівку на коригувальні характеристики частоти типу А, В, С (або D). Якщо, наприклад, шум вимірюється за допомогою корекції А, результат повинен бути представлений як дБ (А). Аналогічно, якщо вимірювання шуму здійснювалися з використанням поправок В та С (або D), то результати повинні бути виражені в дБ (В), дБ (С) або дБ (D) відповідно.

Незважаючи на те, що звичайні методи оцінки шуму зазвичай базуються на вимірах у дБ (А), для вирішення питань зменшення шуму потрібна більш детальна інформація. Ця інформація може бути отримана шляхом проведення частотного аналізу шуму; аналіз, який часто виконується у вигляді октави, однієї третьої або навіть більш вузької смуги частот[3].

1.3. Основні системи вимірювання шуму

Під час вибору найбільш доцільної вимірювальної апаратури для вирішення конкретної задачі вимірювання шуму важливо брати до уваги не тільки кінцеву ціль вимірюваних даних, а й також розглядати питання природи шуму, що може впливати на вибір апаратури. Шум може бути більш або менш широкого діапазону, випадковий, може мати дискретні тони, носити імпульсний характер; це може бути

«стаціонарний» шум або ж нестаціонарний і переривчастий. Ці фактори, а також оточуючі умови, такі як температура, вологість, вітер, і т.д. будуть значно впливати на вибір приладів, які використовуються при вимірюваннях.

Вимірювання шуму може бути дослідного або контрольного типу. В першому випадку різні схеми вимірювальних приладів мають багато спільних характеристик, в той час при контрольних вимірюваннях може використовуватися велика кількість різних систем в залежності від цілей контрольних вимірювань.

На рис.1.3 у вигляді блок схеми представлені основні елементи шумовимірювальної системи. Вона складається із мікрофону, спеціального підсилювача або частотного аналізатора, а також зчитувального контрольного блоку[4].

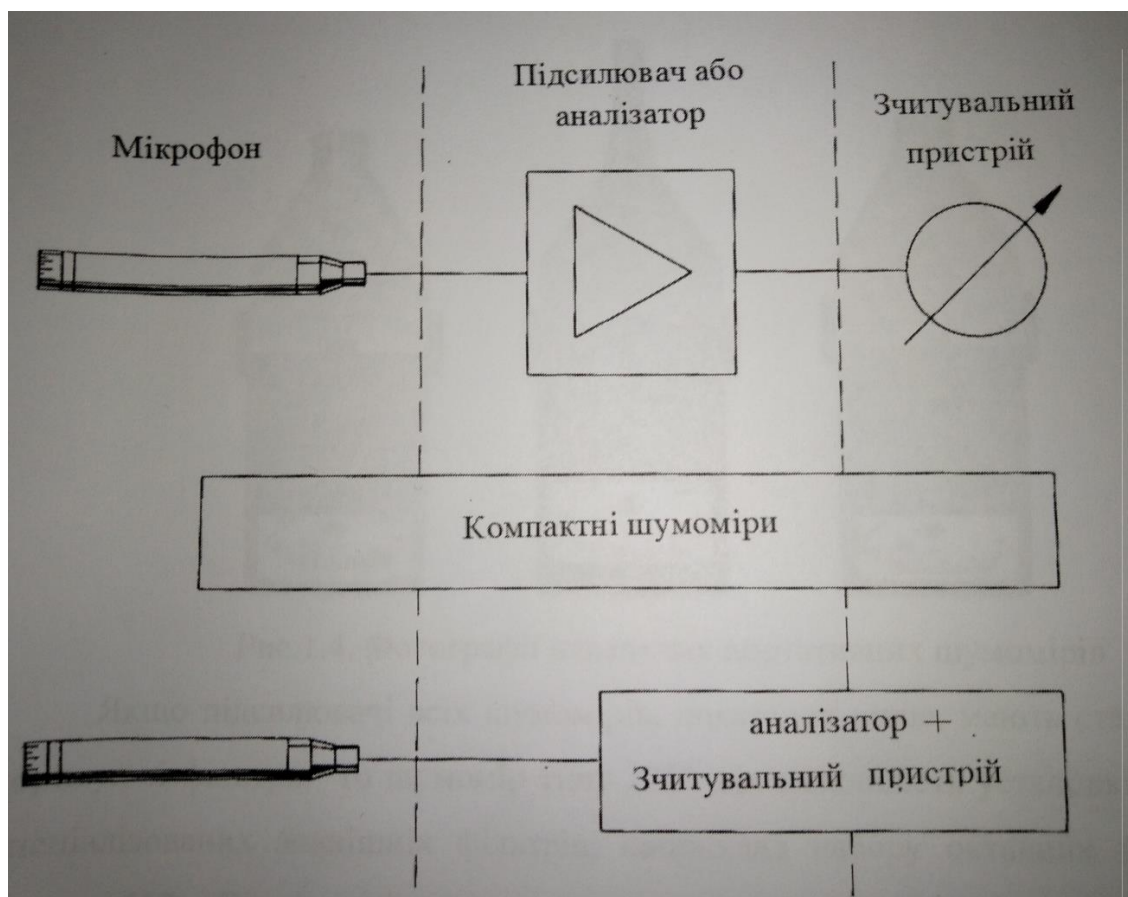


Рис.1.3 – Основна система для вимірювання шуму

Найпростішою практичною реалізацією такої схеми є шумомір. Цей прилад може мати різні види; він може бути невеликого розміру, компактним та переносним,

з мікрофоном та когуючими фільтрами; це може бути більш складний прилад, який застосовується в поєднанні із аналізуючими фільтрами, але все ж залишаючись переносним приладом: або прилад, який має в своєму складі стаціонарну апаратуру, яка живиться від мережі та прилад, який автоматично записує виміряні дані [5].

Приклади приладів, які належать до першої із вищевказаних категорій, показані на рис.1.4.



Рис. 1.4 – Фотографії невеликих портативних шумомірів

Якщо підсилювачі всіх шумомірів, показаних вище, мають стандартні коригуючі фільтри, то шумомір типу 2203 дає можливість установки більш спеціалізованих зовнішніх фільтрів, наприклад набору октавних фільтрів типу 1613. Відмінною рисою приладу є можливість безпосереднього механічного приєднання системи октавних фільтрів до прецизійного шумоміра (рис.1.5). Таким чином, ми можемо отримати дуже компактний, портативний октавний аналізатор. Передбачений вивід сигналу з підсилювача на вихідні затискачі, що дозволяє при бажанні записувати або контролювати звуковий сигнал на додатковому записуючому приладі [6].



Рис. 1.5 – Фотографія прецизійного шумоміра типу 2203 із приєднаним набором октавних фільтрів

Всі шумоміри, які були згадані вище живляться від батарей. У випадку, коли потрібно здійснювати вимірювання протягом тривалого проміжку часу або необхідний автоматичний запис частотного спектру, необхідно замінити батарейний варіант шумоміра на мережевий і в зчитувальному блоці додати пристрій запису. Основними записуючими приладами є графічний самописець рівня або магнітофон. На рис.1.6 показано пристрій, за допомогою якого можна записувати рівень шуму з використанням А, В та С (або D) характеристик практично в будь-якому проміжку часу [2].

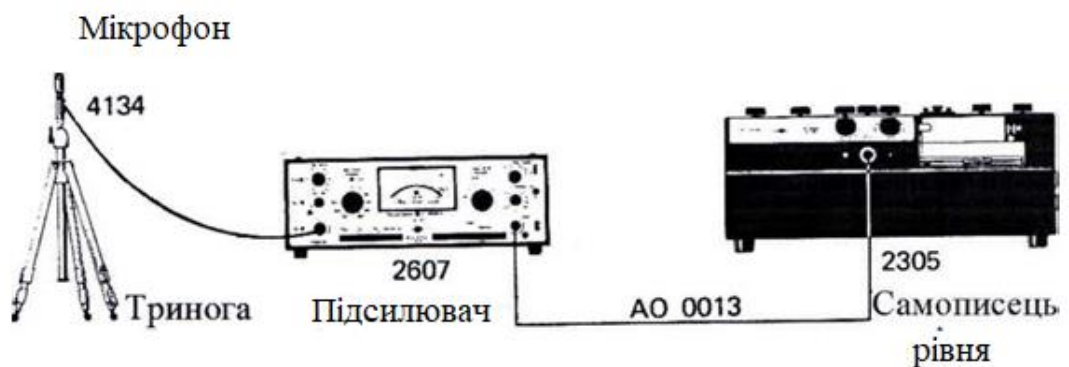


Рис.1.6 – Апаратура для графічного запису шуму

Дана система складається із 12,7-міліметрового конденсаторного мікрофону типу 4134 фірми «Брюль і Кьєр», мікрофонного підсилювача типу 2607 та самописця рівня типу 2305.

Як вже згадувалося вище, використання самописця рівня типу 2305 дозволяє проводити автоматичний запис даних частотного аналізу шуму. В цьому випадку в схему показану на рис. 1.6, потрібно додати набір смугових фільтрів. В результаті отримаємо систему, яка представлена на рис.1.7, звідки видно, що перемикання фільтрів відбувається стрічко протяжним механізмом самописця і таким чином є можливість використання в самописці попередньо віддрукованого, каліброваного по частотам паперу та отримання даних частотного аналізу безпосередньо на ній (рис.1.8).

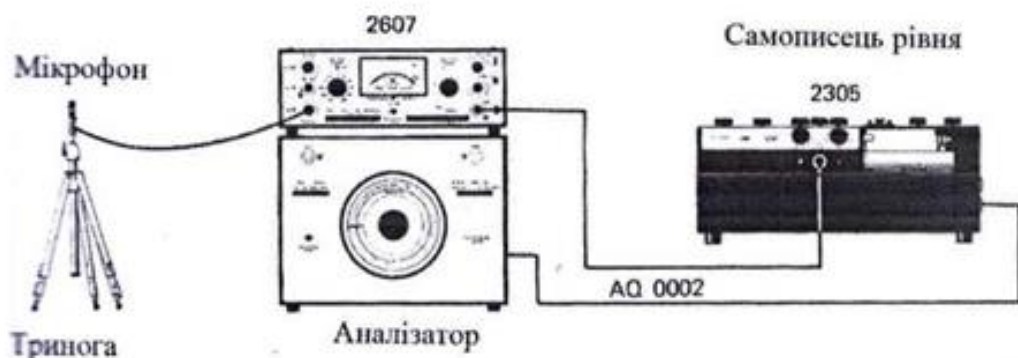


Рис.1.7 – Пристрій для автоматичного частотного аналізу шуму, в установці включено набір смугових фільтрів

Так як набором смугових фільтрів забезпечується октавний або третьоктавний частотний аналіз частотний аналіз, то на рис.1.8 приведені в якості прикладів результати обох вимірювань. Описана апаратура автоматичного аналізу виявляється надзвичайно корисною, якщо потрібно провести ретельне дослідження шуму, який виробляють різні машини, тобто у випадку, коли необхідні дані частотного аналізу зібрані із декількох місць і при різних умовах.

Розглянуте вище обладнання для частотного аналізу шуму відносилось до класу приладів, в яких вихідні сигнали, які пропускалися через фільтри, передаються по черзі в один середньоквадратичний випрямляч та зчитувальний пристрій. Такий вид аналізу часто називають «послідовним»[5].

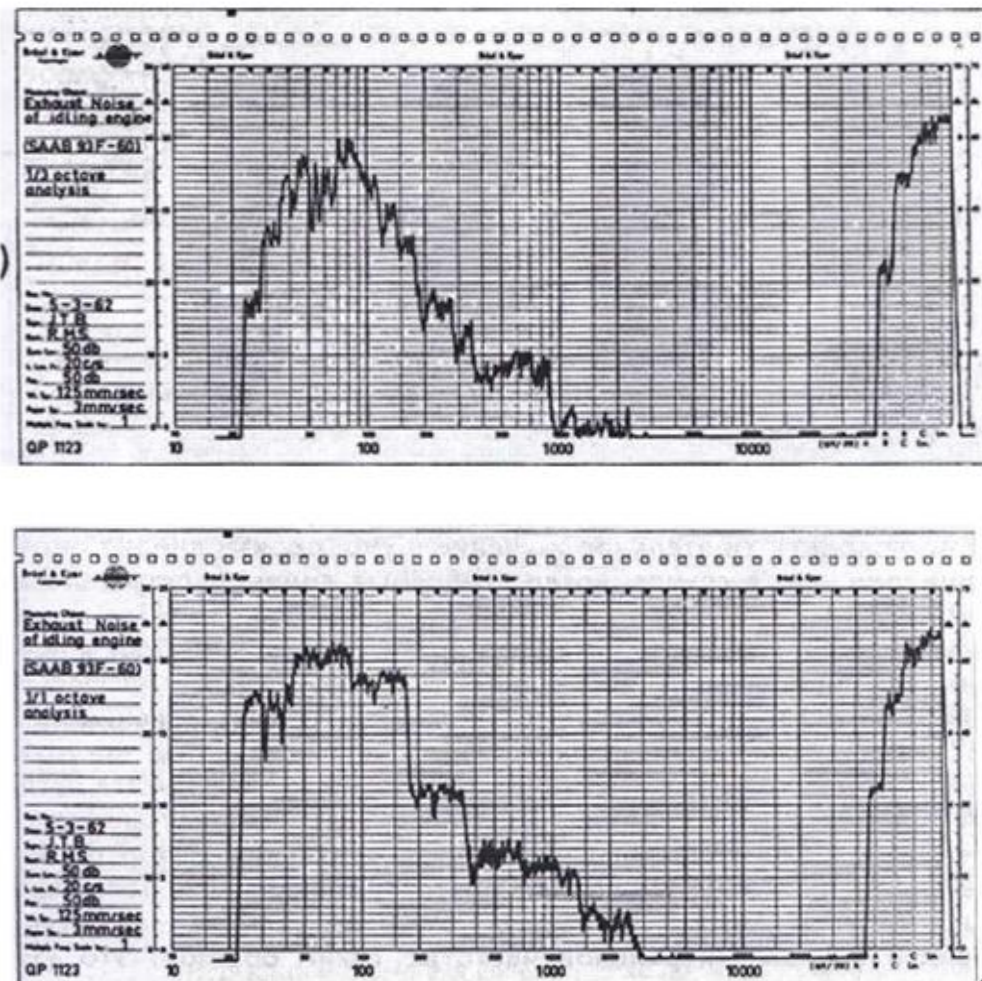


Рис.1.8 – Приклад автоматичного запису спектрограм шуму двигуна автомобіля

- а) Третьоктавний аналіз
- б) Октавний аналіз

Незважаючи на те, що такий аналіз можна провести автоматично, потребується

деякий час для аналізу, і відповідно, лише порівняно повільні зміни частотного спектру в часі можуть бути зафіксовані. Через це інший спосіб частотного аналізу, який називають аналізом в реальному часі (або паралельним аналізом) отримав широке застосування за останні роки. В цьому випадку вихідний сигнал ряду фільтрів, які знаходяться в «паралельній» послідовності вводиться одночасно (або протягом декількох долей секунди) в зчитувальний пристрій, рис.1.9. Таким чином, повний частотний спектр шуму можна відтворювати «миттєво» і при цьому фіксувати навіть дуже швидкі зміни спектру в часі.

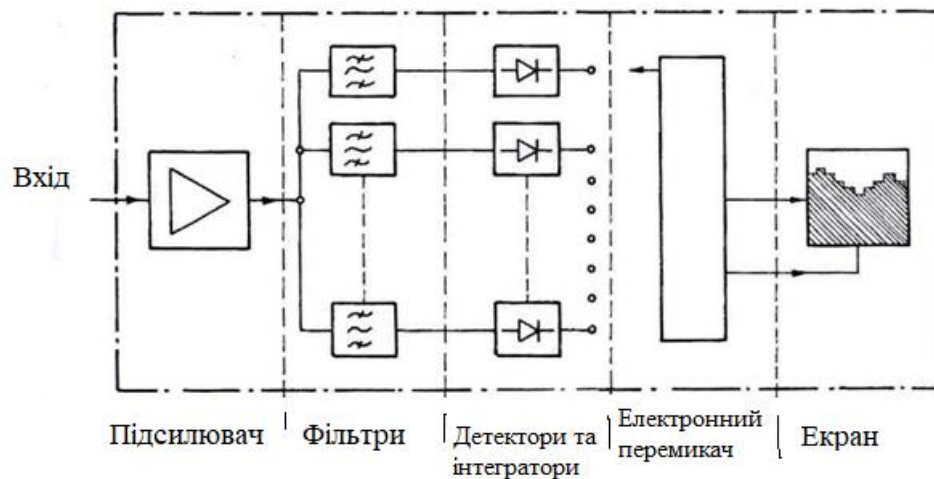


Рис. 1.9 – Принцип дії паралельного аналізатора

Паралельний спосіб аналізу можна використовувати не тільки в дослідницьких цілях, він також ідеально підходить для вимірювань контрольного типу. Незважаючи на те, що апаратура описана вище дещо дорога для вирішення задач контрольного типу, але вона часто використовується при вимірюванні шуму поблизу аеропортів[1].

1.4. Принцип дії аналізаторів спектру

Аналізатори спектру частот складних шумових сигналів за принципом дії розділяються на прилади паралельного (одночасного) і послідовного аналізу,

властивості яких відрізняються необхідним для аналізу часом.

Аналізатори спектру одночасного типу аналізу мають в своєму складі n смугових фільтрів, які перекриваються по частотним характеристикам і з'єднані паралельно (рис. 1.10). Смуга обстежуваних частот ΔF аналізатора при цьому визначається частотами фільтрів $\Phi_1 \dots \Phi_n$, а необхідний час аналізу визначається смугою пропускання найбільш вузько смугового із фільтрів [1].

За схемою (рис.1.10) побудований один із поширених в практиці акустичних вимірювань спектрометр типу 2111 фірми Брюль і Кьєр (Данія).

Досліджуваний сигнал через підсилювальний каскад одночасно поступає на вхід смугових фільтрів. Напряга на виході фільтрів вимірюється вольтметром, який реєструє ефективне значення напруги на смузі частот фільтрів Φ , та фіксуються на стрічці самописця рівня. При цьому перемикач фільтрів переміщується вручну або двигуном самописця [7].

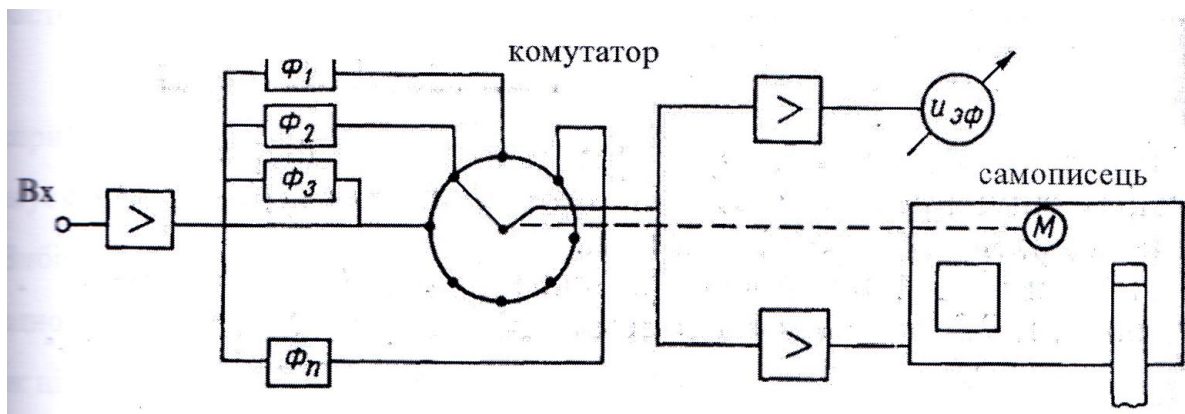


Рис.1.10. Принцип дії спектрометра одночасного аналізу з інерційним індикатором

Час, який необхідний для здійснення частотного аналізу за допомогою такого спектрометра, визначається часом встановлення напруги в найбільш вузько смуговому фільтрі, часом комутації сигналу з виходу фільтрів, а також часом реєстрації напруги вольтметром або самописцем.

Як показано далі, найбільш вузько смуговим фільтром в схемі (рис.1.10) є смуговий фільтр, налаштований на найбільш низьку частоту. Час встановлення

напруги в фільтрі визначається за формулою:

$$\tau = \frac{1}{4\Delta f} \quad (1.5)$$

Час комутації визначається механічними властивостями перемикача, який допускає в середньому до 16 перемикачів за секунду. Час реєстрації визначається сталою часу самописця, яка в швидкісних самописцях складає менше ніж 50 мм/с.

В спектрометрах, виконаних по схемі (рис.1.10), незважаючи на те що подача сигналу на вхід всіх фільтрів відбувається одночасно, реєстрація вихідної напруги при повному аналізі спектру потребує значного часу. Так у вищезгаданих спектрометрах типу 2111 на реєстрацію напруги із виходів 32-х смугових фільтрів затрачається 15 – 20 с. Такий час аналізу допустимий, якщо відомо, що досліджуваній процес є стаціонарним.

Число смугових фільтрів N , які розділяють діапазон досліджуваних частот ΔF на N смуг, визначається на основі принципу «20ере нала» [4].

В акустиці поняття «октава» пов'язане з тим, що вухо людини сприймає звуки, подвоєні по частоті, як звучання тону. Тому октавою в акустиці та електроніці характеризують зміну частоти коливань в два рази. Вибір середніх та граничних частот смугових фільтрів спектрометрів одночасного аналізу визначаються заданою отавністю, яка може приймати як цілі, так і дробові значення.

Із умови отавності слідує, що зі збільшенням середньої частоти в смузі смуга пропускання частот кожного із фільтрів буде розширюватися (рис.1.11). При цьому система фільтрів з частотними характеристиками, які перетинаються на заданому рівні, буде охоплювати увесь діапазон обстежуваних частот.

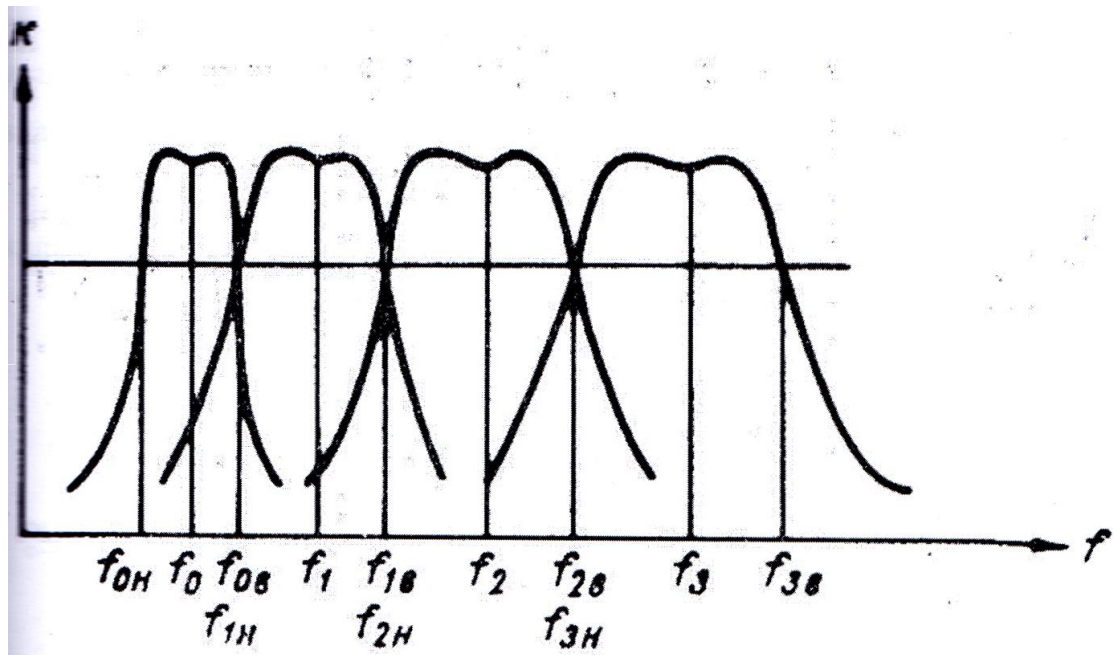


Рис.1.11. До пояснення октавного принципу вибору фільтрів спектрометра одночасного аналізу

Із умови отавності маємо:

$$f_1 = 2f_0 \quad (\text{перша октава});$$

$$f_2 = 2f_1 = 2^2 f_0 \quad (\text{друга октава});$$

$$f_3 = 2f_2 = 2^3 f_0 \quad (\text{третья октава});$$

$$f_n = 2f_{n-1} = 2^n f_0 \quad (\text{n-на октава});$$

Звідси значення середньої частоти для n-ої октави:

$$f_n = 2^n f_0; \quad (1.6)$$

Знайдемо зв'язок між номерами октави та частотою октави:

$$n = \lg_2 \frac{f_n}{f_0} = \frac{1}{\lg 2} \lg \frac{f_n}{f_0}; \quad (1.7)$$

звідки:

$$n = 3,321 \lg \frac{f_n}{f_0}; \quad (1.8)$$

Отримана формула дозволяє знайти значення середньої або граничної частоти фільтра по заданому цілому або дробовому значенню номера октави [1].

З метою більш точного аналізу в спектрометрах одночасного аналізу, як правило, застосовуються напівоктавні або третьоктавні фільтри, середні та граничні частоти яких визначаються за формулою (1.8).

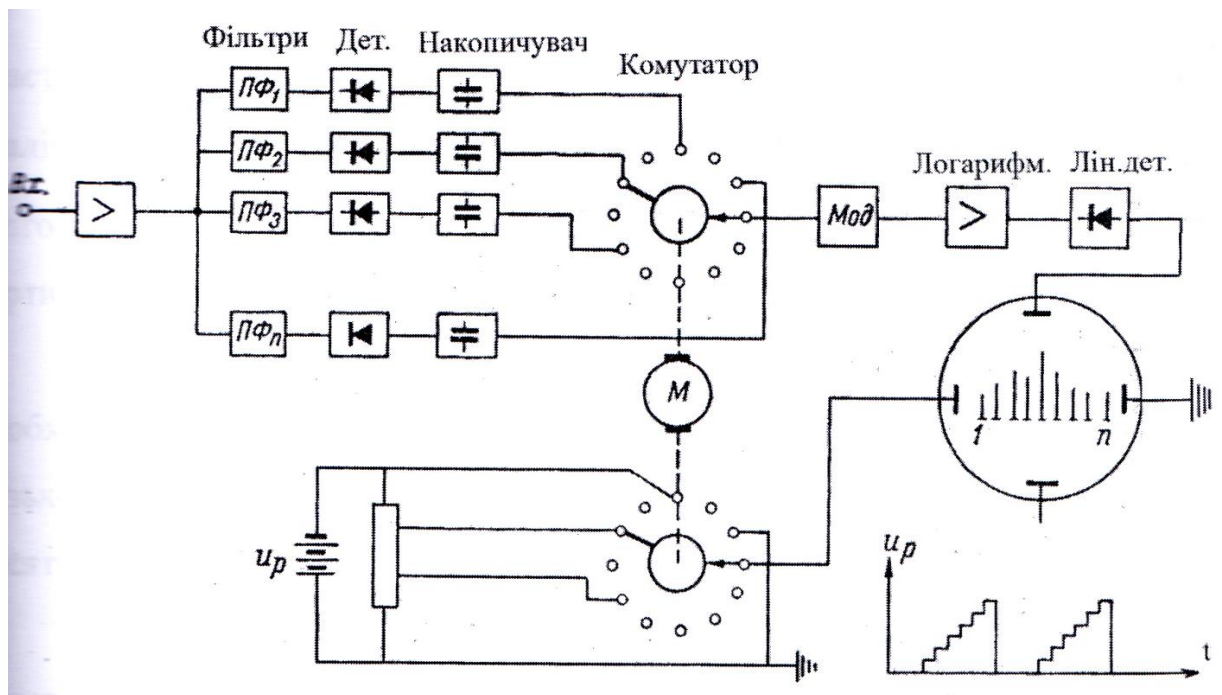


Рис.1.12. Принцип дії спектрометра одночасного аналізу з без інерційним індикатором

Спектрометр одночасного аналізу з без інерційним індикатором (електронно-променевою трубкою) (рис.1.12) потребує для аналізу менше часу в порівнянні із спектрометром за схемою на рис.1.10.

До виходу кожного з фільтрів спектрометра (рис.1.12) підключений квадратичний детектор з накопичувачем. Постійна напруга, яка отримується на накопичувачі, пропорційна ефективному значенню напруги в смузі пропускання даного фільтра. Із накопичувача через контакти комутатора напруга поступає на

модулятор, амплітудно-модулюючий напругу гетеродина частотою 8000гц (рис.1.13).

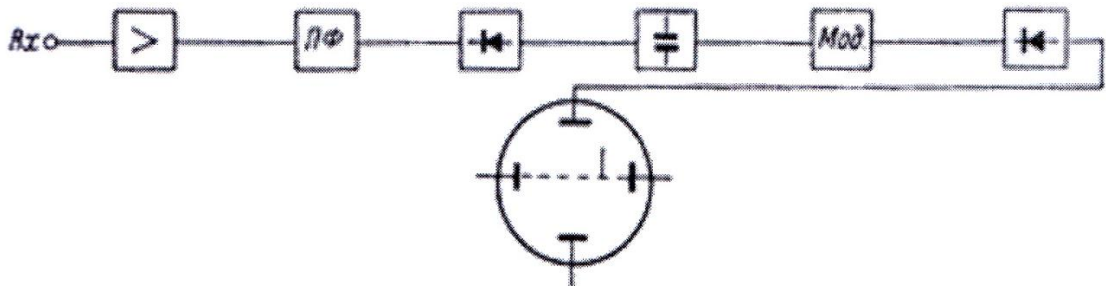


Рис.1.13. Принцип дії спектрометра за схемою рис.1.12

Після підсилення напруга поступає на вертикально відхиляючі пластини електронно-променевої трубки із протяжним після свіченням. При аналізі із перемиканням смугових фільтрів синхронно змінюється напруга u_p розгортки променя так, що на екрані трубки спостерігаються окремі вертикальні лінії, які характеризують спектр досліджуваного сигналу.

В спектрометрі одночасного аналізу з електронно-променевою трубкою необхідний час аналізу визначається часом наростання напруги в найбільш вузько смуговому фільтрі. Такі спектрометри працюють в діапазоні частот від десятих долей герца до сотень кілогерц.

Для спектрометрів одночасного аналізу інфразвукового діапазону в якості елементів частотної селекції застосовують смугові фільтри типу RC, а для спектрометрів діапазону звукових та ультразвукових частот використовуються смугові фільтри типу LC. Повний час аналізу процесу такими спектрометрами складає десяті долі секунди [4].

Аналіз сигналів спектрометрами з набором фільтрів, побудованих по октавному принципу, дає наближені результати, внаслідок того що для аналізу широкої смуги частот використовується порівняно невелика кількість фільтрів. Для більш точного частотного аналізу сигналу застосовуються спектрометри послідовного аналізу із

постійною смугою аналізу. Принцип дії такого спектрометра ілюструється на рис.1.14.

Відмінними елементами такого спектрометра є гетеродин, який плавно пере наладжується в широкому діапазоні частот та вузько смуговий фільтр із фіксованим налаштуванням.

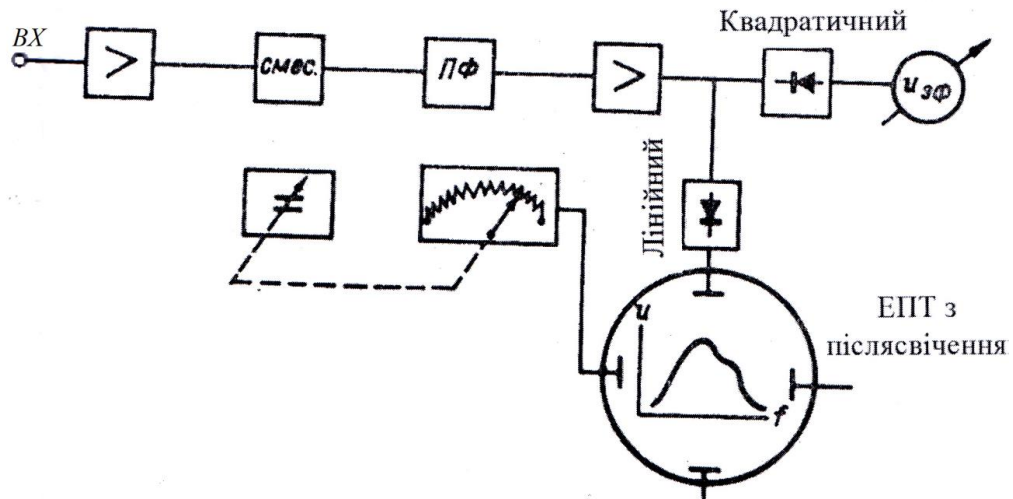


Рис.1.14. Принцип дії спектрометра послідовного аналізу з постійною смугою аналізу

В змішувачі утворюються комбінаційні (сумарні) частоти сигналу та гетеродину, які відповідають частотам смуги пропускання фільтра. Напряга на виході фільтра реєструється стрілочним вимірювачем або електронно-променевою трубкою із підсвіченням. При цьому розгортка променя в трубці синхронізована з елементами перестройки частоти гетеродину.

Проходження в спектрометрі сигналу перетвореної частоти пояснюється діаграмою на рис.1.15.

В якості смугового фільтра для спектрометрів послідовного аналізу використовуються фільтри RC, LC та кварцові. Для аналізу у вузькій смузі (2 – 4 гц) застосовуються кварцові фільтри.

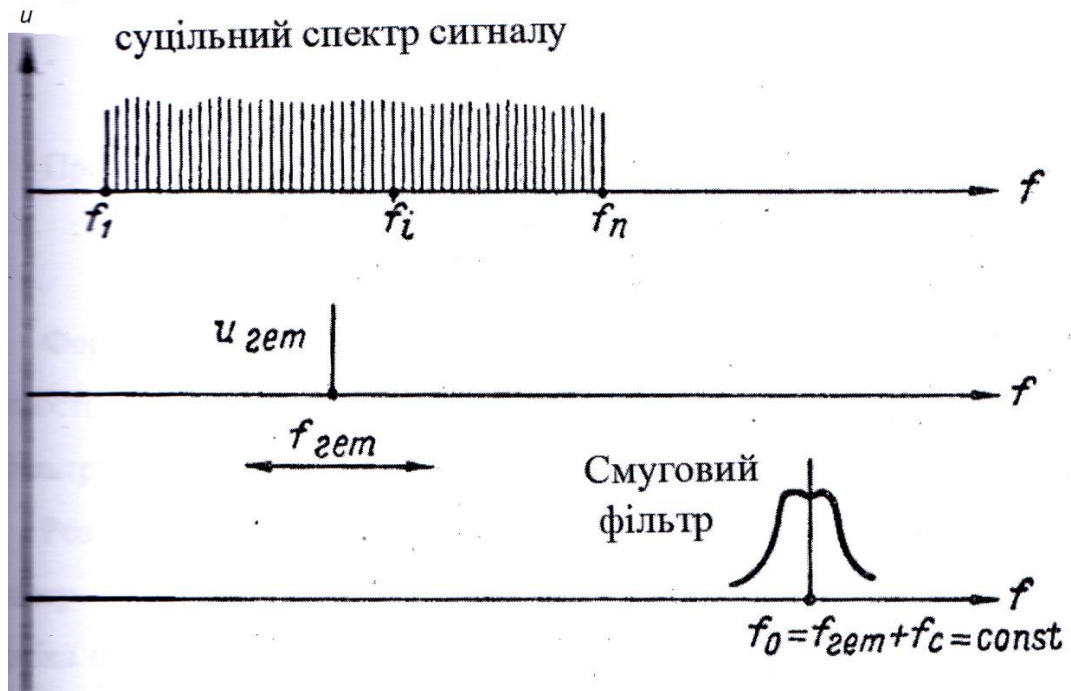


Рис.1.15. До принципу дії спектрометра послідовного аналізу з постійною смугою аналізу

Спектрометри послідовного аналізу з постійною смугою аналізу будують в діапазоні частот від одиниць герц до сотень кілогерц із смугою аналізу від 2 до 200 гц. Час аналізу для таких приладів наближено визначається із наступних міркувань[7].

Припустимо, що в смузі досліджуваних частот спектрометр 25ере налаштовується по частоті через інтервали, рівні смузі пропускання фільтра Δf . Число таких інтервалів:

$$n = \frac{\Delta F}{\Delta f}. \quad (1.9)$$

Час τ , необхідний для наростання напруги в кожній із смуг Δf знаходиться за формулою:

$$\tau = \frac{a}{\Delta f}, \quad (1.10)$$

де a - коефіцієнт, який характеризує допустиму помилку, обумовлену

неповним наростанням напруги в фільтрі ($a = 1 \div 4$).

Тоді повний час t , необхідний для аналізу смуги частот ΔF , дорівнює:

$$t = \tau n = \frac{a}{\Delta f} \frac{\Delta F}{\Delta f} = \frac{a}{(\Delta f)^2} \Delta F; \quad (1.11)$$

При цьому швидкість аналізу знаходиться за формулою:

$$v = \frac{\Delta F}{t}; \quad (1.12)$$

Формула (1.11) отримана із умови так званої статистичної розподільної здатності частотного аналізатора, коли передбачається, що за час τ напруга на фільтрі досягається значення, близького до дійсного.

Розглянемо формулу, за якою при частотному аналізі випадкового процесу з імовірністю 0,95 може бути знайдена середньоквадратична похибка σ вимірювання напруги на виході фільтра:

$$\sigma \approx \frac{2}{\sqrt{\pi T_c \Delta f}}, \quad (1.13)$$

де T_c - час усереднення напруги на виході фільтра за допомогою ідеального інтегратора.

Порівнюючи формули (1.13) та (1.11), маємо $T_c = \tau$ та $a = 1,28$.

Із формули (1.13) час усереднення при кожному вимірюванні в смузі Δf визначається величиною τ_c . Для досліджуваної смуги частот ΔF повний час аналізу визначається формулою:

$$t = T_c n = \frac{1,28}{\Delta f \sigma^2} \frac{\Delta F}{\Delta f}; \quad (1.14)$$

Тоді:

$$t \approx \frac{1,3 \Delta F}{(\Delta f)^2 \sigma^2}; \quad (1.15)$$

Формула (1.15) встановлює час аналізу вузько смуговим переналаштовувачим

фільтром Δf спектру випадкового процесу в широкій смузі ΔF при заданій середньоквадратичній похибці вимірювань напруги з імовірністю її появи 0,95. При цьому мається на увазі, що в якості усереднювала застосовується ідеальний генератор. Таким чином, використання інтегратора індикатора того чи іншого типу тягне за собою додаткові помилки, які враховуються для кожного конкретного індикатора[9].

1.5. Вибір мікрофону

При виборі мікрофону для вирішення задачі вимірювання шуму необхідно враховувати цілий ряд факторів. Крім зовнішніх умов впливу оточуючого середовища, наприклад, температури, вологості, вітру, існують чисто технічні аспекти проблеми вибору: діапазон частот, спрямованість, ширина динамічного діапазону і т.д.

Візьмемо, наприклад, конденсаторний тип мікрофону. Він володіє дуже хорошими якостями – стійкістю по відношенню до зміни температурного режиму та тривалою стабільністю в роботі, тому він вважається найбільш доцільним для цілей вимірювання шуму. Зазвичай вологість не має істотного значення. Проблеми впливу вітру на проведення вимірювань будуть розглянуті нижче. Що стосується діапазону частот, спрямованості та динамічного діапазону, то тут не може бути однозначного рішення вибору мікрофону, але можна знайти компромісне рішення. Всі ці фактори взаємозв'язки і залежать від фізичних розмірів мікрофону. Чим менші фізичні розміри мікрофону, тим ширше його частотний діапазон і тим менший вплив спрямованості. З іншої сторони, із зменшенням розмірів мікрофону знижується чутливість мікрофону, тому дуже малим мікрофоном (порядку 3,2мм) можна виміряти шум тільки дуже великої інтенсивності.

Ефективна ділянка частотної характеристики в деякій мірі може віддаватися впливу відбиттів від мікрофону та його кріплення. Таким чином, діапазон частот,

який може сприймати мікрофон, також залежить від кута між напрямом поширення звуку та віссю діаграми мікрофону (кут падіння).

Застосування мікрофону типу 4145 дає можливість вимірювання низьких рівнів шуму аж до 22 дБ, а якщо джерело шуму розміщено в акустично вільне поле і мікрофон встановлено в напрямку до джерела, то частотна характеристика мікрофону лінійна майже до 18 кГц. Мікрофон такого типу зазвичай використовується в комплекті з прецизійним шумоміром типу 2203 або 2204.

Велика перевага використання мікрофону типу 4145 полягає в тому, що вся апаратура фірми «Брюль і Кьєр» спеціалізовано калібрована для безпосереднього отримання значень рівня звуку в децибелах відносно $2 \cdot 10^{-5} \text{ н/м}^2$.

У випадку застосування мікрофону типу 4134 найнижчий рівень звукового тиску, який можливо виміряти, складає приблизно 40 дБ. З іншого боку, частотна характеристика такого мікрофону дуже добре підходить для вимірювання як в акустично вільних, так і в дифузних полях. В протипагу мікрофону типу 4145 мікрофон типу 4134 при проведенні вимірювань в акустично вільному полі не повинен бути направлений в сторону джерела шуму.

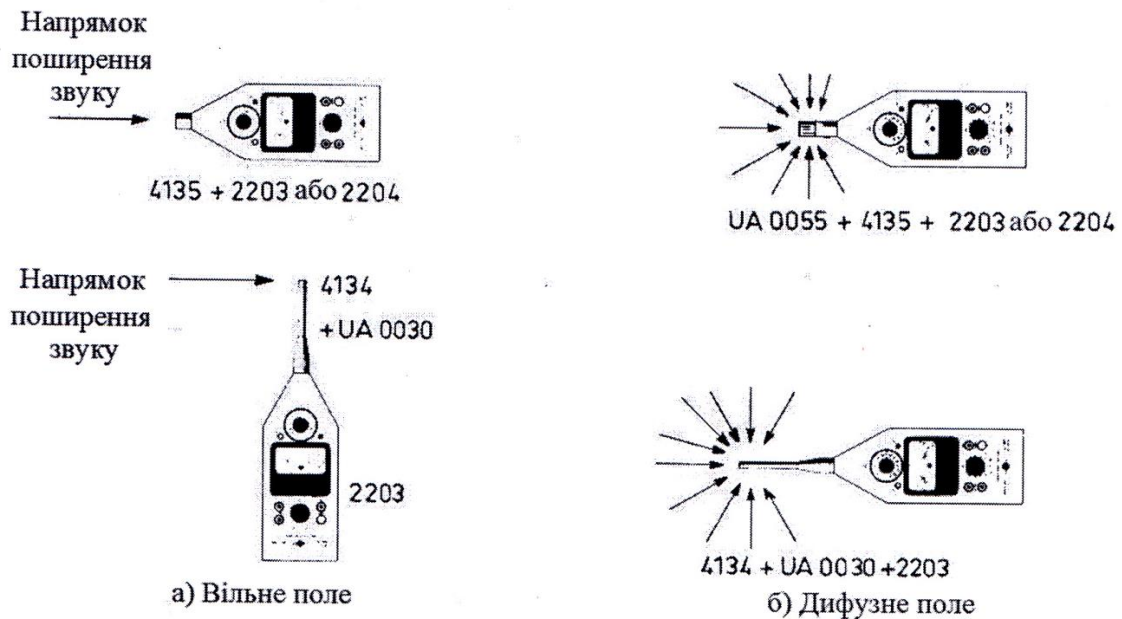


Рис.1.16. Схеми, які ілюструють використання мікрофонів типу 4145 та 4134 в

звукових полях типу:

а) акустично вільне поле;

б) акустично дифузне поле;

На рис.1.16 приведена схема, на якій показане використання мікрофонів типу 4145 та 4134 для проведення вимірювань як в акустично вільному, так і в дифузному полі. В якості підсилювача використовується прецизійний шумомір типу 2203. Слід відмітити, що для установки 0,5-дюймового мікрофону типу 4134 на прецизійному шумомірі необхідно застосовувати адаптер UA 0030, так як спочатку шумомір розрахований на використання дюймового мікрофону (типу 4145).

При проведенні вимірювань поза приміщеннями часто виникає необхідність «захисту» мікрофону від вітру. Причиною цього факту є те, що достатньо сильний вітер створює потік повітря, який завихрюється поблизу мікрофону, внаслідок чого коливання діафрагми в даному випадку аналогічні коливанням, створюваним звуком високого рівня. Використовуючи екран для захисту від вітру UA 0082 (а у випадку дуже сильного направленого потоку повітря – конічну насадку), можна значно зменшити небажані коливання діафрагми. На рис.1.17 показані різні варіанти установки вітроскрину.

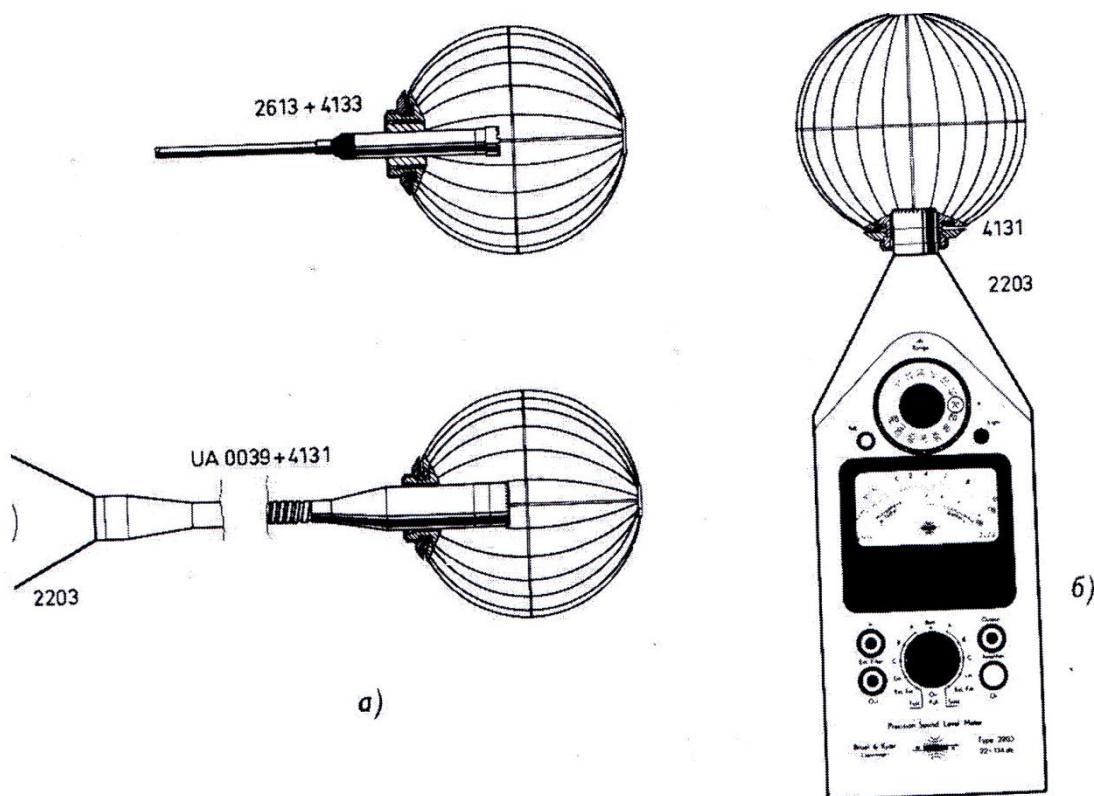


Рис.1.17. Різні варіанти установки вітрового екрану типу UA 0082

Мікрофон потрібно встановлювати з таким розрахунком, щоб його мембрана була як можна ближче до центру екрану (а), якщо це дозволяє механічне кріплення (б) [2].

1.6. Вимоги до фільтрів

Ідеальним частотним аналізатором коливань, які характеризуються суцільним частотним спектром, є фільтр з нескінченно малою смугою пропускання dw , підключений до індикатора, який забезпечує нескінченно великий час усереднення результату аналізу T .

Практика вимірювань встановлює прийнятні значення dw та T , які визначають в свою чергу помилки частотного аналізу.

В спектроаналізаторах інфразвукових, звукових та ультразвукових часто застосовуються частотні фільтри, основані на електричному та електромеханічному принципах.

Основні характеристики фільтра, який використовується в спектроаналізаторах: форма частотної характеристики коефіцієнта передачі $k(f)$, смуга пропускання $\Delta f = f_e - f_n$ та середня частота в смузі $f_0 = \sqrt{f_n f_e}$ (рис.1.18).

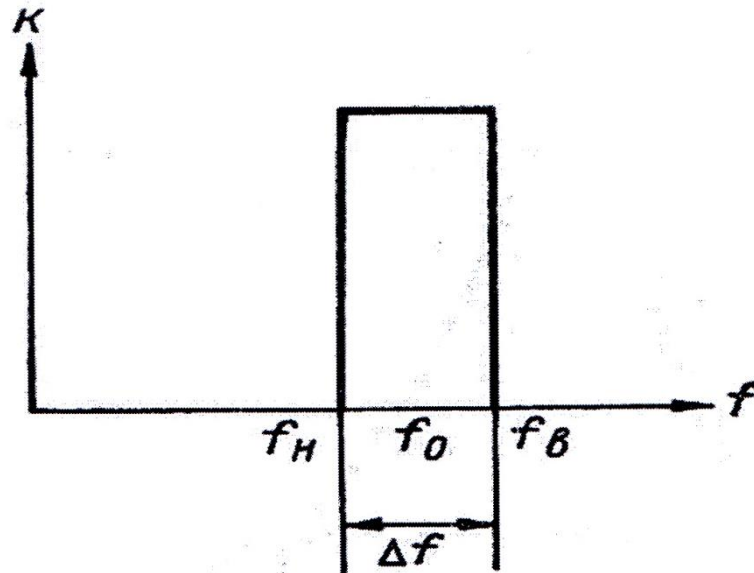


Рис.1.18. Ідеальна форма частотної характеристики коефіцієнта передачі фільтра

Прямокутна форма частотної характеристики смугового фільтра є найкращою для аналізу спектру, але фільтрів з такою характеристикою насправді не існує. Частотна характеристика реального смугового фільтра помітно відрізняється від прямокутної (рис.1.19). При цьому смугу пропускання фільтра оцінюють на заданому рівні рахуючи від вершини характеристики. За такий рівень зазвичай приймають $k = 0,707k_m$, тоді має місце спад коефіцієнта передачі фільтра відносно максимуму на 3 дБ. При інших рівнях оцінки смуги пропускання фільтра значення рівня приводиться разом зі значенням смуги[7].

Із частотної характеристики реального фільтра слідує, що такий фільтр пропускає коливання, які знаходяться по частоті поза межами смуги пропускання Δf .

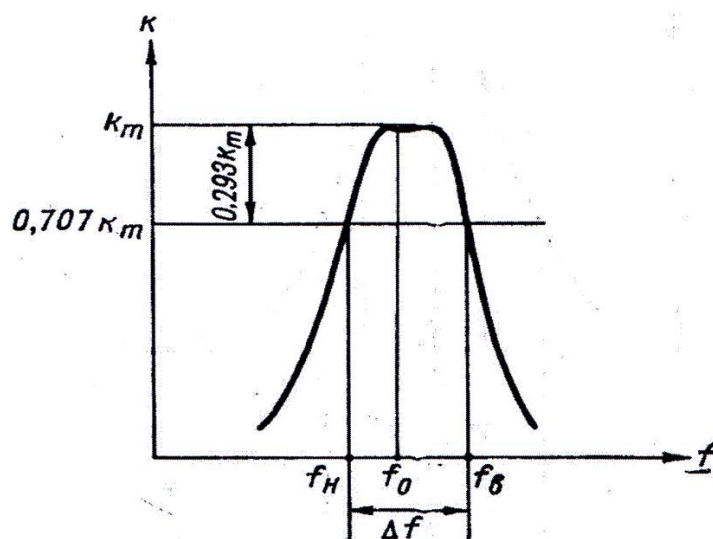


Рис.1.19. Реальна форма частотної характеристики коефіцієнта передачі фільтра

Форму частотної характеристики смугового оцінюють ступенем прямокутності δ , яка характеризує відносну зміну коефіцієнта передачі фільтра в смузі пропускання $\Delta f' = 2\Delta f$ (рис.1.20). Тоді:

$$\delta = \frac{0,7k_m}{k'}; \quad (1.16)$$

або

$$\delta = 20 \lg \frac{0,7k_m}{k'}, \quad (1.17)$$

при цьому $\delta \geq 1$.

Для фільтрів високої якості значення δ досягає 20 – 40 дБ.

В багатьох випадках прямокутність фільтра оцінюють по відносній зміні коефіцієнта передачі при значенні середньої частоти $f' = 2f_0$ (рис.1.21).

Тоді

$$\delta_1 = \frac{k_m}{k'}; \quad (1.18)$$

або

$$\delta_1 = 20 \lg \frac{k_m}{k'}; \quad (1.19)$$

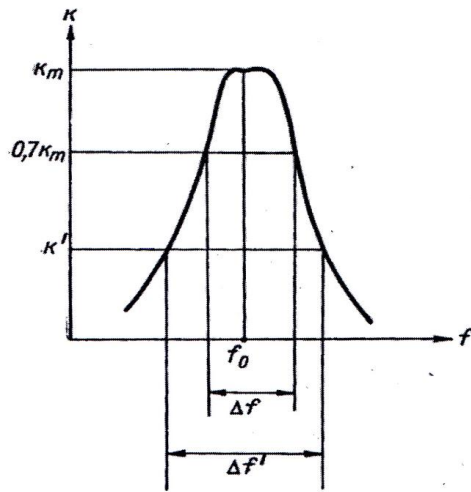


Рис.1.20. До оцінки ступеня прямокутності характеристики фільтра.

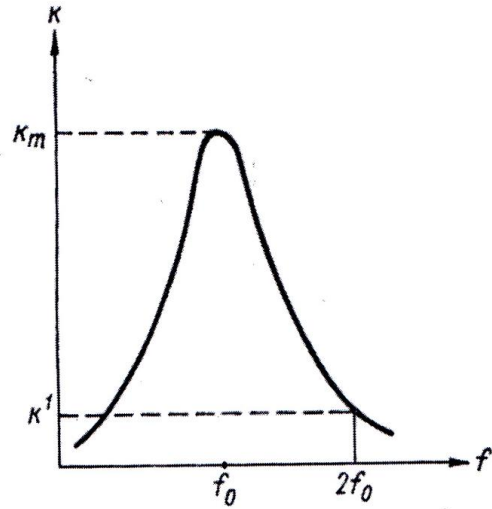


Рис.1.21. До оцінки форми частотної характеристики Фільтра.

Для фільтрів високої якості значення δ_1 складає 60 – 80 дБ.

Одним із критеріїв оцінки смугових фільтрів є також затухання d , яке характеризує відношення смуги пропускання фільтра Δf до його середньої частоти f_0 :

$$d = \frac{\Delta f}{f'} 100\%; \quad (1.20)$$

Для вузько смугових фільтрів високої якості значення d складає доли відсотка[10].

Електричні фільтри.

До найпростіших електричних фільтрів відносять коливальний контур LC, смуга пропускання якого на рівні 0,707 визначається добротністю контуру Q:

$$\Delta f = \frac{f_0}{Q}, \quad (1.21)$$

або

$$\Delta f = f_0 d; \quad (1.22)$$

Для порівняно низьких частот добротність коливального контуру лежить в межах 5 – 100.

Частотна характеристика коефіцієнта передачі коливального контуру визначається за формулою:

$$k = \frac{k_m}{\sqrt{1 + (Q(\frac{f}{f_0} - \frac{f_0}{f}))^2}}, \quad (1.23)$$

де f - поточне значення частоти, а резонансна частота знаходиться із виразу:

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}; \quad (1.24)$$

Покращення степені прямокутності фільтра досягається шляхом послідовного з'єднання N фільтруючих ланок, які досить незначно відрізняються по частоті. Частотна характеристика такої системи фільтрів має виражену поличку при степені прямокутності $\delta = 20 \div 40$ дБ.

Електромеханічні фільтри.

Електромеханічними фільтрами називають пристрої, в основі яких закладена електромеханічна система коливань. До таких систем відносять камертон, магніострикційний резонатор, п'єзоелектричний резонатор і т.д.

Камертон застосовується в діапазонах низьких звукових частот, а магніострикційний та п'єзоелектричний резонатори в діапазонах звукових та ультразвукових частот.

В спектроаналізаторах застосовують переважно п'єзоелектричний кварцовий фільтр, особливостями якого є висока селекційність, дуже мале затухання d , висока

добротність Q , яка досягає десятки тисяч.

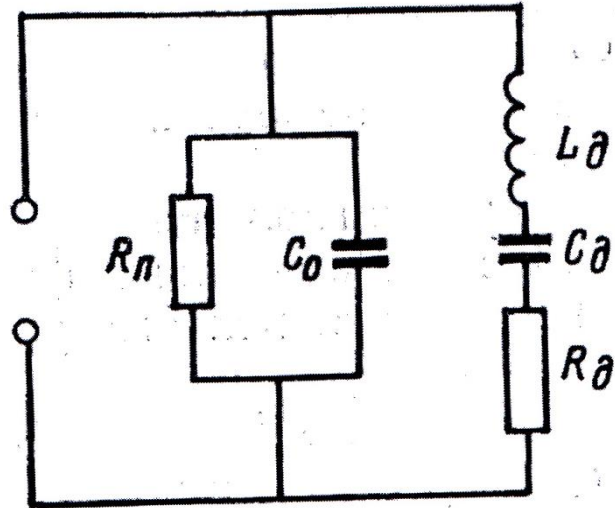


Рис.1.22. Еквівалентна електрична схема п'єзоелектричного резонатора

Із еквівалентної електричної схеми п'єзоелектричного кварцового резонатора (рис.1.22) слідує, що форма частотної характеристики кварцового фільтра аналогічна формі частотної характеристики найпростішого коливального контуру, для якого ступінь прямокутності δ низька[7].

РОЗДІЛ 2. Основні програмні засоби програми LabView. Опис пристроїв, які використовуються.

Для розробки пристрою вимірювання шуму був застосований пакет програм LabView. LabView – середовище для створення програм для задач збору, обробки та візуалізації інформації від різних приладів, лабораторних стендів та інше. У LabView створені програмні модулі називаються «Virtual Instruments»(Віртуальні інструменти) або ж по простому VI. Vis – це цеглини, з яких складається LabView – програма. Кожен VI складається з двох частин:

1. Фронтальна панель (Front Panel) – це інтерфейс, який застосовується для керування вимірами. На цю панель виводиться інформація.
2. Блок – діаграма (Block Diagram) – панель на якій містяться всі блоки програм, які можна детально настроїти.

2.1. Опис Фронтальної панелі програми для аналізу сигналів

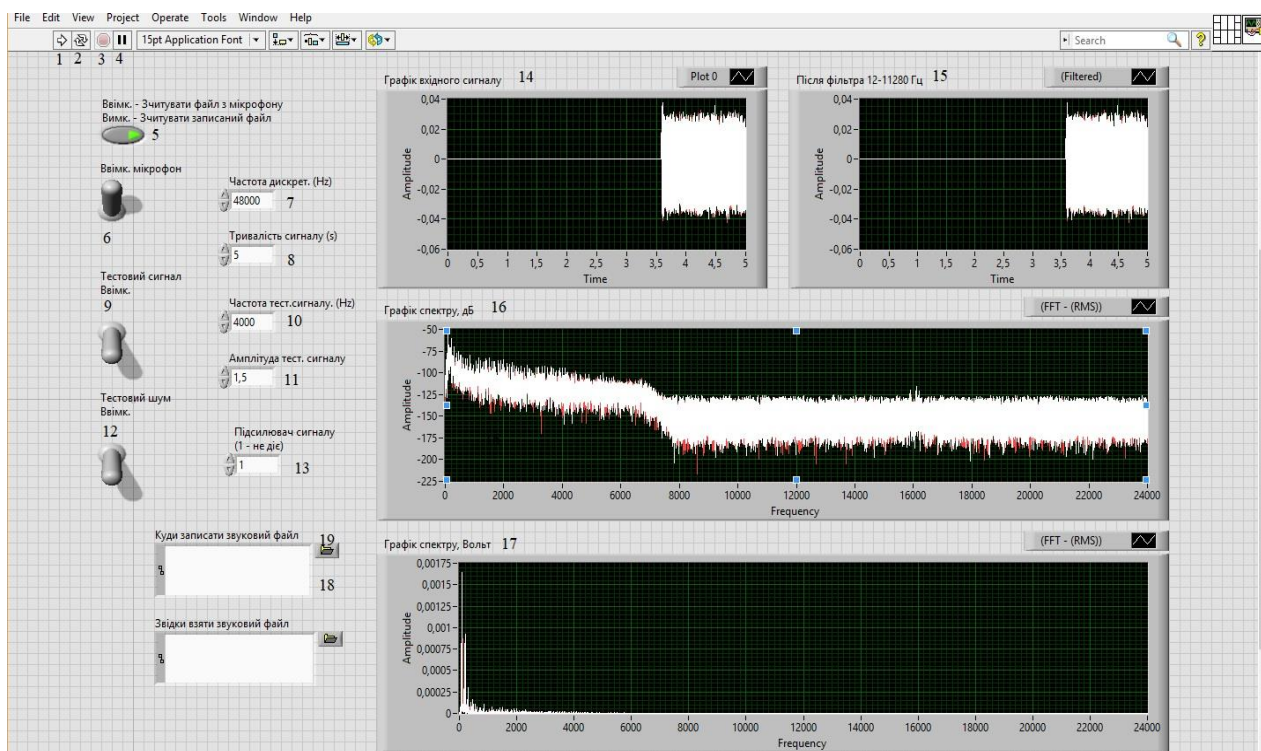


Рис.2.1. Схематичне зображення фронтальної панелі

Пояснення елементів, які використовуються у схемі занесено до табл. 2.1.

Таблиця 2.1.

Номер елемента	Назва (переклад)	Пояснення
1	Run(Запуск)	Запуск програми
2	Run Continuously(Нескінченний запуск)	Нескінченний запуск програми
3	Abort(Скасувати)	Завершення(Різка зупинка, відміна)
4	Pause(Пауза)	Пауза
5	Switch(Перемикач)	Ввімк. – Зчитується інформація з мікрофону Ввимк. – Зчитується інформація з вказаного файлу
6	Write sound on(Включити мікрофон)	Підключення сигналу з перемикача(див. п5)
7	Sample rate(Частота дискретизації)	Налаштування мікрофону
8	Time(Тривалість сигналу)	Довжина записуваного звуку
9	Configure simulate signal(Подати тестовий сигнал)	Подається з блоку «Модулятор сигналів»
10	Frequency(Hz) (Частота тест. Сигналу в Гц)	Частота сигналу з блоку «Модулятор сигналів»
11	Amplitude(Амплітуда тест. Сигналу)	Амплітуда сигналу з блоку «Модулятор сигналів»

12	White noise(Тестовий шум)	Білий шум сигналу з блоку «Модулятор сигналів»
13	Apperance(Підсилювач)	Підсилювач сигналів
14	Wave for graph(Графік вхідного сигналу)	На графіку відображена залежність амплітуди від часу
15	Wave for graph after filter(Графік фільтрованого сигналу)	На графіку відображена залежність амплітуди сигналу від часу, та після фільтра 12-1280 Гц
16	Wave for graph spectral measurement dB(Графік спектру сигналу в дБ)	Залежність амплітуди сигналу від частоти, та після фільтра 12-1280Гц
17	Wave for graph spectral measurement Linear(Графік спектру сигналу у Вольтах)	Залежність амплітуди сигналу від частоти, та після фільтра 12-1280 Гц
18	Path(Директорія для збереження запису)	Місце знаходження звукового файлу який ми зберігаємо під час досліджу
19	Path(Місце знаходження звукового файлу для аналізу)	Директорія файлу який ми хочемо дослідити

2.2. Опис схеми аналізу шуму

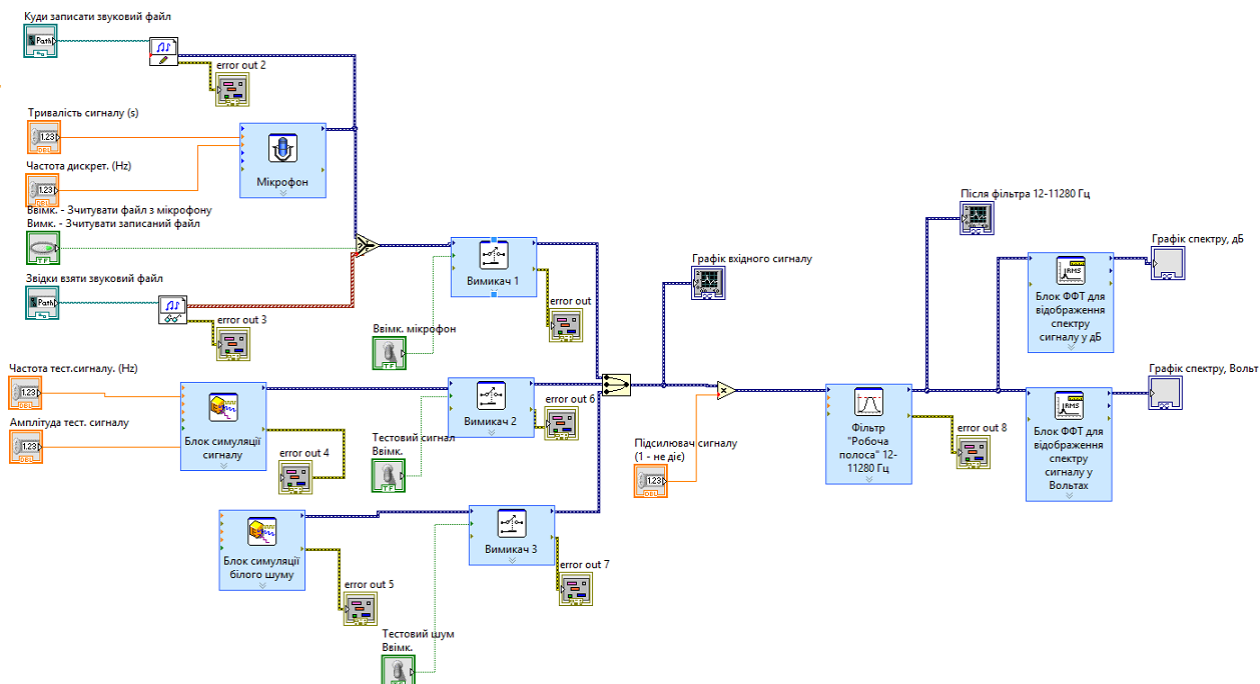


Рис.2.2. Схематичне зображення блоку діаграм

Пояснення графічних елементів

Розглянемо детальніше деякі блоки, які використовувалися в схемі програми:

- 1) Acquire Sound Express VI (Блок підключення зовнішніх приладів запису сигналу – мікрофон)

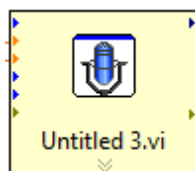


Рис.2.3. Вигляд блоку з «Блок діаграм»

Мікрофон отримує дані зі звукового пристрою та автоматично налаштовує вхідні пристрої запису, накопичує дані і передає їх. Після завершення вимірювання автоматично очищує задачу. Також є можливість в налаштуваннях блоку встановити час протягом якого проводиться вимірювання шуму та частоту дискретизації. Отримані дані із звукового пристрою передає на робочу смугу 12 – 11280 Гц. Зображення на фронтальній панелі не має.

Таблиця 2.2.

Параметр	Опис
Device(Прилад)	Список приладів які підключені.
Channels(Канали)	Показує кількість каналів. 1 mono та 2 Stereo.
Resolution(Bits)	Вказує якість кожного запису в бітах. За замовчуванням становить 16 біт.
Duration (s) (Тривалість в секундах)	Задає тривалість запису в секунду.
Sample rate (Hz) (Частота дискретизації)	Задає частоту дискретизації в Гц.
Preview(Тестове зображення сигналу)	Показує приклад записаного сигналу на графіку.

2) Sound File Write Simple VI (блок для запису сигналу у *.wav форматі)

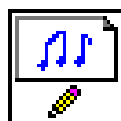


Рис.2.4. Вигляд блоку з «Блок діаграм»

Даний блок записує дані з масиву сигналів в файл *.wav. Він автоматично відкривається, записує і закриває файл *.wav. В налаштуваннях вказує шлях куди буде записуватися сигнал.

Таблиця 2.3.

Параметр	Опис
Path(Місце для запису)	Записує шлях до директорії куди буде записаний файл у форматі *.wav. Якщо шлях заданий невірно або пустий, то блок повертає помилку. За замовченням, шлях пустий.
Data(Вхід блоку пристрою для приймання звуку)	Записує будь-який звук поданий на вхід в буфер обміну.

3) Sound File Read Simple VI (блок для зчитування сигналу в *.wav форматі)

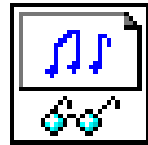


Рис.2.5. Вигляд блоку з «Блок діаграм»

Даний блок зчитує дані з файлу у форматі *.wav в масив сигналів. Цей блок автоматично відкриває, читає і закриває файл у форматі *.wav. В налаштуваннях вказується шлях, звідки імпортується файл. Не має зображення на фронтальній панелі.

Таблиця 2.4.

Параметр	Опис
Number of samples/ch (Кількість прикладів сигналу/канал)	Задає кількість прикладів сигналу на кожний канал канал. За замовчанням рівних -1, означає вибір усіх каналів.
Data(Вихід блоку пристрою для подачі звуку)	Повертає будь-який звук взятий з Path на вихід.
Path(Місце для запису)	Задає шлях до директорії звідки брати файл у форматі *.wav. Якщо шлях заданий невірно або пустий, то блок повертає помилку . За замовченням, шлях пустий.

4) Path (Блок вказує місце/шлях для запису)

Використовується разом з блоками для роботи із звуковими файлами. Застосовується для визначення директорії, в якій міститься, або в яку потрібно записати файл. Видимий на фронтальній панелі.



Рис.2.6. Вигляд блоку з «Блок діаграм»

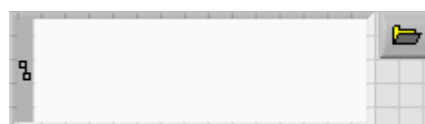


Рис.2.7. Вигляд блоку з «Фронтальна панель»

5) Control (блок для введення цифрових значень)

Даний блок застосовується для вводу числових даних. Дані значення можна вводити лише у форматі real або integer.

Приклади:

Real – “456,72”

Integer – “68”



Рис.2.8. Вигляд блоку з «Блок діаграм»



Рис.2.9. Вигляд блоку з «Фронтальна панель»

б) Relay Express VI (Блок «Ключ»)

Даний блок налаштовує перемикач реле, яке перетворює вхідний сигнал, може повертати «0» або пустоту і вимикається. На фронтальній панелі не відображається.



Рис.2.10. Вигляд блоку з «Блок діаграм»

Таблиця 2.5.

Параметр	Опис
Output when Relay Off (Вихід коли перемикач вимкнений)	Набори вихідних даних повертає, якщо активувати False. Містить наступні опції: <ul style="list-style-type: none"> • Порожні дані(Empty data), вказує, що на вихід подається – порожній результат. • Значення 0 вказує, що на вихід подається – результат(сигнал з усіма характеристиками вхідного сигналу винятком того, що амплітуда дорівнює нулю)
Data(Вихід блоку пристрою для подачі звуку)	Повертає будь-який звук взятий з Path на вихід.

Path(Місце запису)	для	Задає шлях до директорії звідки брати файл у форматі *.wav. Якщо шлях заданий невірно або пустий, то блок повертає помилку. За замовченням, шлях пустий.
--------------------	-----	--

7) Simulate Signal Express VI (Блок симуляції сигналу)



Рис.2.11. Вигляд блоку з «Блок діаграм»

Даний блок використовується для симуляції сигналу або шуму. Необхідний для перевірки роботи програми. При подачі сигналу можна змінювати його амплітуду, фазу та частоту. Тип шуму можна обрати і встановити власноруч з наступних видів:

- Білий шум
- Гаусівський Білий шум
- Періодичний випадковий шум
- Шум Пуассона
- Біноміальний шум
- Шум Бернуллі

Таблиця 2.6.

Параметр	Опис
Signal (Сигнал)	<p>Містить наступні опції:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Тип сигналу – Тип сигналу для імітації. Ви можете моделювати синусоїду, меандр, пилкоподібний, трикутник хвиля звілью, або шум (DC). • Частота (Гц) – Frequency в Гц сигналу. Замовчуванням 10.1. • Фаза (град) – Initial фаза в градусах сигналу. Замовчуванням значення становить 0. • Амплітуда – Амплітуда сигналу. За замовчуванням 1. • Зміщення сигналу – Постійне зміщення сигналу. За замовчуванням 0. • Робочий цикл (%) – За замовчуванням 50.

	<ul style="list-style-type: none"> Шум типу – визначає тип шуму, щоб додати до хвилі або передати тільки шум.
Timing (Час)	<ul style="list-style-type: none"> Зразки в секунду (Гц) відбір проб, швидкість в зразках в секунду. За замовчуванням 1000. Кількість проб номер зразків в сигналі. За замовчуванням 100. Фактичне число зразків – показує фактичне число зразків в сигналі при виборі цілого числа циклів. Фактична частота – показує реальну частоту сигналу, коли ви обираєте ціле число циклів.
Result (Тестове сигналу)	Preview (Зображення сигналу) Показує приклад генерую чого сигналу на графіку.

8) Filter Express VI (Блок фільтру, робоча смуга пропускання)

Даний блок використовується для обробки сигналу, відсікає частоти менші ніж 12 Гц та більші ніж 11280 Гц. Даний блок може використовувати фільтри нижніх або верхніх частот, ежекторний або смуговий фільтр.

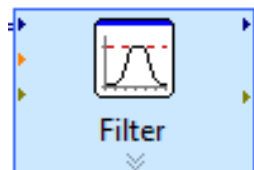


Рис. 2.12. Вигляд блоку з «Блок діаграм»

Таблиця 2.7.

Параметр	Опис
Filtering Type (Тип фільтрації)	Визначає наступні типи фільтрів для використання: нижніх частот, верхніх частот, смугових, ежекторних або згладжування. За замовчуванням обраний НЧ .
Filter Specification (Технічні характеристики фільтра)	<ul style="list-style-type: none"> Верхня частота зрізу (Гц). Ця опція доступна тільки при виборі нижніх частот або верхніх частот у меню, що випадає «Тип Фільтрації». За замовчуванням 100(Гц). Нижня частота зрізу (Гц). Ця опція доступна тільки при виборі нижніх частот або верхніх частот у меню, що випадає «Тип Фільтрації». За замовчуванням 10(Гц).

		<ul style="list-style-type: none"> Порядок – порядок БИХ фільтра, який повинен бути більше нуля.
Input (Вхідний сигнал)	Signal	Відображення вхідного сигналу. Вхідний сигнал відображає реальні дані.
Result (Тестове зображення сигналу)	Preview	Показує приклад записаного сигналу на графіку.

9) Spectral Measurement (Блок перетворення Фур'є)

Даний блок застосовується для виконання спектральних вимірювань на основі швидкого перетворення Фур'є та відображає результати у вигляді середньоквадратичних значень (відображається як в лінійних одиницях так і в децибелах)

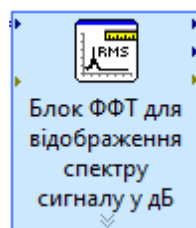


Рис.2.13. Вигляд блоку з «Блок діаграм»

Таблиця 2.8.

Параметр	Опис
Selected Measurement (Обрані вимірювання)	<ul style="list-style-type: none"> Величина (RMS) – відображає результати в плані середньоквадратичного (RMS). Величина спектра вимірюється в ефективних значеннях. Наприклад, тон синусоїдальної амплітуди A, дає величину спектрального значення $0,707 \cdot A$ на частоті синусоїдального тону. Величина (Пік) – відображає результати у вигляді пікової амплітуди.

	<ul style="list-style-type: none"> • Потужність спектру – це вимір, який необхідний для того щоб дослідити різні частотні компоненти сигналу. • Спектральна щільність потужності – відображає результати в плані спектральної щільності потужності (PSD).
Result (Результат)	<ul style="list-style-type: none"> • Лінійний вигляд – повертає результати в термінах вихідних одиниць. • Вигляд в дБ – повертає результати в децибелах (дБ).
Window (Вікно)	<ul style="list-style-type: none"> • Немає • Ханнінга • Хеммінга • Блекман-Харріса • Точне вікно Блекмана • Блекман • Flat Top • 4 Термін Блекмана-Харріса • 7 Термін Блекмана – Харріса • Низький бічних пелюсток
Mode (Режим)	<ul style="list-style-type: none"> • Вектор • RMS (FFT) • Затримка на піку
FFT – (RMS)	Повертає величину спектру FFT і виводить результати в RMS одиницях.
Power Spectrum (Спектр потужності)	Повертає спектр потужності FFT і виводить результати в RMS – квадратичних одиницях. Щоб обчислити спектр потужності FFT, LabView перетворює двосторонній енергетичний спектр для спектра одностороннього

	живлення.
Result Preview (Тестове зображення сигналу)	Показує приклад записаного сигналу на графіку.

2.3. Калібровка тональним сигналом

Для проведення калі бровки необхідно зробити наступні дії:

- 1) Встановлення початкових даних.

Встановлення значення «1» до блоку підсилювача рис.2.14.

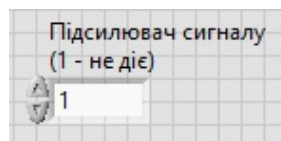


Рис.2.14. Блок підсилювача

Встановлення значення частоти тонального сигналу. Для більшої наглядності обираємо значення 4000 Гц.

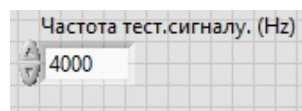


Рис.2.15. Частота тонального сигналу

Встановлення амплітуди тонального сигналу. Для точності вимірювань обрано значення 1,4.

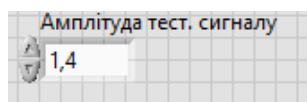


Рис.2.16. Амплітуда тонального сигналу

- 2) Ввімкнення блоку «Симуляція тонального сигналу». Перемикач в положенні вверху – ввімкнений, а в положенні вниз – вимкнений.

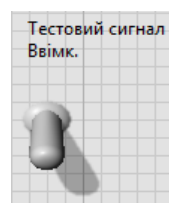


Рис.2.17. Вмикач блоку «Симуляція тонального сигналу»

- 3) Отримання результату перевірки. При виконаних попередніх пунктах, отримуємо наступні результати у вигляді графіків.

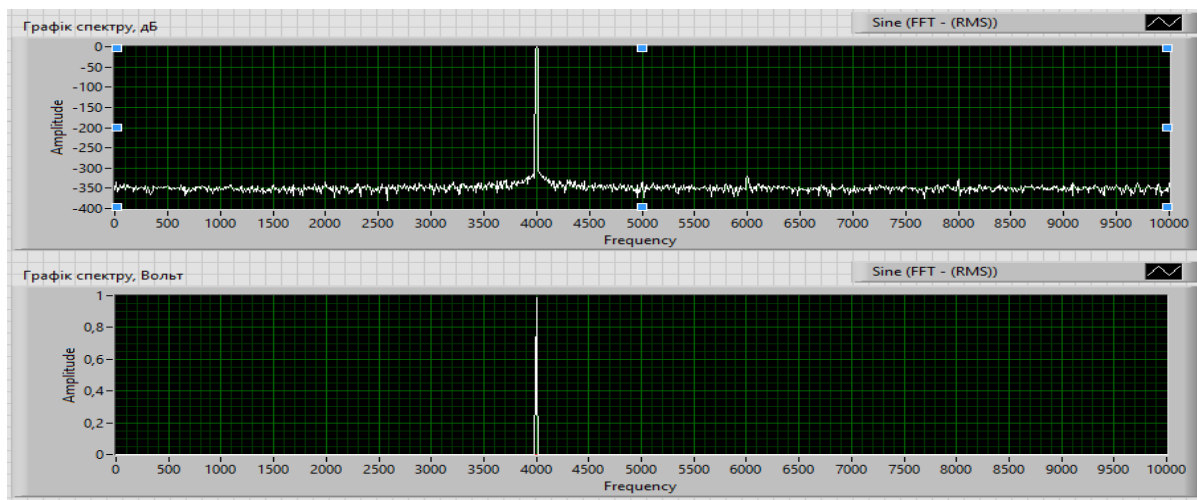


Рис.2.18. Графіки перевірки тональним сигналом

2.4. Калібровка білим шумом

- 1) Введення даних – непотрібне
- 2) Ввімкнення блоку «Симуляція білого шуму». Перемикач в положенні вгору – увімкнений, в положенні вниз – вимкнений.

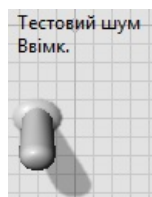


Рис.2.19. Вмикач блоку «Симуляція білого шуму»

- 3) Отримання результату перевірки.



Рис.2.20. Графіки перевірки білим шумом

РОЗДІЛ 3. Розроблення стартап-проекту

Метою цього розділу є проведення маркетингового аналізу стартап проекту задля визначення принципової можливості його ринкового впровадження та можливих напрямів реалізації цього впровадження[11].

3.1. Опис ідеї проекту

Боротьба з шумом є невід’ємною частиною в нашому житті, оскільки шум при досить незначній кількості здатен негативно впливати на організм людини. Раніше боротьба з шумом була не така серйозна, ніж наразі. Це через те, що не було такої

кількості випромінювачів шуму. Наразі шум нас оточує скрізь, на вулиці, в громадських місцях, жилих будинках та ін. Але способів боротьби з цією проблемою дуже мало[8].

Таблиця 3.1. Опис ідеї стартап-проекту

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вимоги для користувача
Ідея мого проекту полягає у створенні шумоміра у вигляді компактного чіпу, допомогою якого можливо вимірювати шум навколишнього середовища	Будівництво будинків, торговельних та розважальних центрів	1) Можливість використання без додаткових пристроїв; 2) Зручність у користуванні 3) Компактність
	Місця громадського типу	
	Фабрики, заводи	
	Випробування різноманітних механізмів, які є джерелами підвищеного рівня шуму	
	Повсякденне застосування	

Проаналізувавши потенційні техніко-економічні ідеї порівняно з конкурентами, дійшли до висновку що наразі конкурентів з такими характеристиками, як в нашій ідеї не існує. Наразі використовуються лише програми для смартфона, які не надають вірних результатів. Тому провести аналіз з проектами-конкурентами неможливо.

3.2. Технологічний аудит ідеї проекту

Таблиця 3.2. Технологічна здійсненність ідеї проекту

№ п/п	Ідея проекту	Технології її реалізації	Наявність технологій	Доступність технологій
1	Створення шумоміра для смарт-годинника	Необхідно створити мікросхему з вбудованим мікрофоном та розробкою програмного	Наявна	Платна, недоступна

		забезпечення		
2	Створення шумоміра для смартфона	Необхідно створити мікросхему, яка буде вбудована в чехол для смартфона з можливістю підключення шумоміру по Bluetooth	Наявна	Платна, доступна
<p>Обрана технологія реалізації ідеї проекту: Для реалізації ідеї даного проекту обрана технологія, яка дозволяє розробити чехол для смартфона в яких буде вбудований чіп, оскільки вона є більш вдалою. Обрана технологія є актуальною на сьогодні, оскільки смартфоном користується велика кількість людей щодня.</p>				

3.3. Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту

Таблиця 3.3. Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту

№ п/п	Потреба, що формує ринок	Цільова аудиторія	Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів	Вимоги споживачів до товару
-------	--------------------------	-------------------	---	-----------------------------

1	Необхідність створення компактного шумоміру для визначення шуму в навколишньому середовищі	Люди різного віку та статку, які намагаються боротися з високим рівнем шуму	Різні за моделлю смартфони.	Наявність смартфона та простого інтерфейсу програмного забезпечення
---	--	---	-----------------------------	---

Таблиця 3.4. Фактори загроз

№ п/п	Фактор	Зміст загрози	Можлива реакція компанії
1	Конкуренція	Вихід на ринок великої компанії	1) Вихід з ринку 2) Запропонувати великій компанії поглинути себе
2	Зміна потреб користувача	-	Передбачити можливість додавання нового функціоналу

Таблиця 3.5. Фактори можливостей

№ п/п	Фактор	Зміст загрози	Можлива реакція компанії
1	Зростання можливостей потенційних покупців	Ріст зацікавленості до продукту серед інших груп користувачів	Додати підказки, інструкції та демонстрації роботи системи
2	Зниження довіри до можливих конкурентів	-	При виході на ринок звертати увагу покупців на безпеку нашого пристрою

Таблиця 3.6 – Ступеневий аналіз конкуренції на ринку

Особливості конкурентного середовища	В чому проявляється дана характеристика	Вплив на діяльність підприємства (можливі дії компанії, щоб бути конкурентоспроможною)
1. Вказати тип конкуренції - недосконала	Немає конкурентів на ринку	-
2. За рівнем конкурентної боротьби - міжнародний	Компаній – з інших країни	Додати можливість вибору мови ПЗ, щоб легше було у майбутньому вийти на міжнародний ринок
3. За галузевою ознакою - внутрішньогалузева	Конкуренти мають ПЗ, яке використовується лише всередині даної галузі	Створити основу ПЗ таким чином, щоб можна було легко переробити дане ПЗ
4. Конкуренція за видами товарів: - товарно-видова	Види товарів є однаковими, а саме – програмне забезпечення	Створити ПЗ, враховуючи недоліки конкурентів
5. За характером конкурентних переваг - нецінова	Вдосконалення технології створення ПЗ, щоб собівартість була нижчою	Використання менш дорогих технологій для розробки, ніж використовують конкуренти
6. За інтенсивністю - марочна	Бренди присутні	Активна реклама, яка вказує на переваги саме даного рішення, натякаючи на недоліки конкурентів

Таблиця 3.6. SWOT- аналіз стартап-проекту

Сильні сторони: Просте програмне забезпечення, яке налаштоване під кожного	Слабкі сторони: Водостійкість
--	-------------------------------

користувача	
Можливості: Підвищувати ефективність виявлення шуму	Загрози: Поява конкурентів з удосконаленими пристроями

3.4. Розроблення ринкової стратегії проекту

Таблиця 3.7. Вибір цільових груп потенційних споживачів

№ п/п	Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів	Готовність споживачів сприйняти продукт	Орієнтовний попит в межах цільової групи (сегменту)	Інтенсивність конкуренції в сегменті	Простота входу у сегмент
	Люди, що мають покращення оточуючого середовища	Критичним є інтеграція з іншими сервісами, можливість використання сторонніх пристроїв	Контроль параметрів рівня шуму	-	Маючи простий та зрозумілий інтерфейс, вийти на ринок не складно

Таблиця 3.8. Визначення базової стратегії розвитку

№ п/п	Обрана альтернатива розвитку проекту	Стратегія охоплення ринку	Ключові конкурентоспроможні позиції відповідно до обраної альтернативи	Базова стратегія розвитку
	Розробка чіпу у вигляді картки пам'яті	Ринкове позиціювання	Простота використання, Пришвидшення роботи	Диференціації

Таблиця 3.9. Визначення базової стратегії конкурентної поведінки

№ п/п	Чи є проект «першопрохідцем» на ринку?	Чи буде компанія шукати нових споживачів, або забирати існуючих у конкурентів?	Чи буде компанія копіювати основні характеристики товару конкурента, і які?	Стратегія конкурентної поведінки
1	Так	Так	Ні	Зайняття конкурентної ніші

3.5. Розроблення маркетингової програми стартап-проекту

Таблиця 3.10. Визначення ключових переваг концепції потенційного товару

№ п/п	Потреба	Вигода, яку пропонує товар	Ключові переваги перед конкурентами існуючі або такі, що потрібно створити
1	Компактність	Креативний та компактний чехол	Немає додаткових пристроїв
2	Простота інтерфейсу	Простота та зручність ПЗ	Користувачам не потрібно замислюватися над тим як працювати з системою

Таблиця 3.11. Опис трьох рівнів моделі товару

Рівні товару	Сутність та складові
I. Товар за задумом	Шумомір, який вмонтовано в чехол для смартфона, який буде підключатися до смартфона за допомогою Bluetooth, та через

	програме забезпечення показуватиме рівень шуму		
II. Товар у реальному виконанні	Властивості/характеристики	М/Нм	Вр/Тх /Тл/Е/Ор
	1)Мобільний додаток		
	2)Простий у користуванні		
	3)Можливість роботи в автономному режимі		
	4)Вимірювання шуму без інших пристроїв та систем		
	Якість: згідно до стандарту ISO 29119 буде проведено тестування		
	Маркування присутнє		
	Моя компанія «»		
III. Товар із підкріпленням	Відсутня підтримка до продажу		
	Постійна підтримка для користувачів після продажу		
За рахунок чого потенційний товар буде захищено від копіювання: ноу-хау			

ВИСНОВКИ

В даній роботі було досліджено способи програмної реалізації спектроаналізатора звуку, розроблено програму спектрального аналізу паралельного типу за допомогою пакету LabView. В результаті виконаних досліджень можна зробити наступні висновки:

1. Оцінені можливості симуляції основних і функціональних рішень пакету LabView.
2. Розроблено програмне забезпечення , що реалізує спектроаналізатор з використанням швидкого перетворення Фурє (ШПФ), а також з можливістю реалізації спектроаналізатора з використанням аудіо-файлів та запису звуку за допомогою мікрофону.
3. Було розглянуто можливість проведення маркетингового аналізу стартап проекту задля визначення принципової можливості його ринкового впровадження та можливих напрямів реалізації.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

- [1] В. С. Дідковський, О. В. Коржик, and О. Г. Лейко, *Шуми і вібрації: Підручник*.

Кіровоград: ПВЦ ТОВ “Імекс-ЛТД,” 2010.

- [2] В. С. Дідковський, В. Я. Акименко, О. І. Запорожець, and Т. Ін., *Основи акустичної екології: Навчальний посібник*. Кіровоград: ПВЦ ТОВ “Імекс-ЛТД,” 2001.
- [3] К. Ларсен, *Применение аппаратуры фирмы “Брюль и Кьер” для измерения акустического шума*. Копенгаген: К. Ларсен и сын, 1971.
- [4] Ш. Я. Вахитов, Ю. А. Ковалгин, А. А. Фадеев, and Ю. П. Щевьев, *Акустика. Учебник для вузов*. Москва: Высшая школа, 2014.
- [5] Е. С. Швець, Я. Л. Сичков, І. А. Третьяков, and О. В. Коржик, “Використання графічного програмування для організації аналізаторів спектру комбінованого типу Electronics and communicational,” vol. 121, pp. 115–119, 2015.
- [6] *Инженерная акустика. Теория и практика борьбы с шумом*. Логос, 2008.
- [7] *Акустика. Электроакустические преобразователи: Учебное пособие*. СПб: ГУАП, 2003.
- [8] В. В. Ключев, *Приборы для измерения вибраций, шума и удара*. Москва: Машиностроение, 1978.
- [9] Л. Ф. Лепендин, *Акустика*. Москва: Высшая школа, 1978.
- [10] М. Хекла and Х. А. Мюллера, *Справочник по технической акустике*. Л.: Судостроение, 1980.
- [11] О. А. Гавриш, *Розроблення стартап-проекту: Методичні рекомендації до виконання розділу магістерських дисертацій для студентів інженерних спеціальностей*. Київ: НТУУ «КПІ», 2016.