



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **154602** (13) **U**
(51) МПК
G06G 7/48 (2006.01)

НАЦІОНАЛЬНИЙ ОРГАН
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ВЛАСНОСТІ
ДЕРЖАВНА ОРГАНІЗАЦІЯ
"УКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ
ОФІС ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ ТА ІННОВАЦІЙ"

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

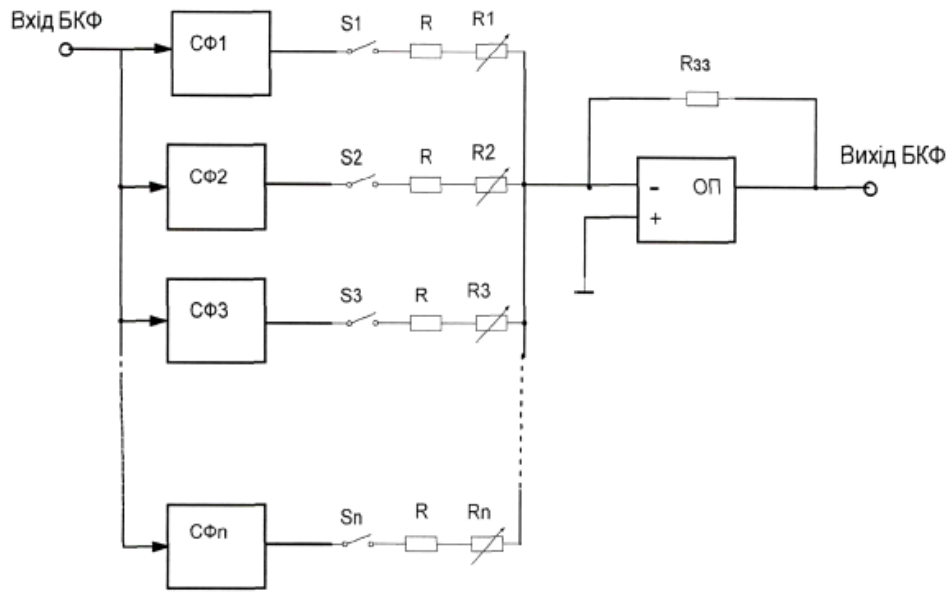
<p>(21) Номер заявки: u 2021 06439</p> <p>(22) Дата подання заявки: 15.11.2021</p> <p>(24) Дата, з якої є чинними права інтелектуальної власності: 30.11.2023</p> <p>(46) Публікація відомостей про державну реєстрацію: 29.11.2023, Бюл.№ 48</p>	<p>(72) Винахідник(и): Карташов Володимир Михайлович (UA), Посошенко Віталій Олександрович (UA), Колісник Вікторія Іванівна (UA), Бобнів Роман Олександрович (UA), Селезньов Іван Сергійович (UA), Рибников Микола Володимирович (UA)</p> <p>(73) Володілець (володільці): ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ РАДІОЕЛЕКТРОНІКИ, пр. Науки, 14, м. Харків, 61166 (UA)</p>
---	--

(54) ЦИФРОВИЙ ІМІТАТОР ЗАТУХАЮЧИХ АКУСТИЧНИХ СИГНАЛІВ БЕЗПІЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ

(57) Реферат:

Цифровий імітатор затухаючих акустичних сигналів безпілотних літальних апаратів, який складається з цифрового обчислювача, до складу якого входить генератор білого шуму і авторегресійний формуючий цифровий фільтр, вхід якого підключено до виходу генератора білого шуму, окрім того, імітатор містить послідовно з'єднані цифро-аналоговий перетворювач, авторегресійний формуючий цифровий фільтр, підсилювач і вихідний аудіоблок, вихід авторегресійного формуючого цифрового фільтра підключено до входу цифро-аналогового перетворювача, імітатор додатково містить багатосмуговий корегуючий фільтр, вхід якого з'єднаний з виходом підсилювача, а вихід підключено до входу вихідного аудіоблока, на виході якого отримують звуковий сигнал з потрібним співвідношенням $(R+R_i)$ ($i=1,n$) номіналу резистора зворотного зв'язку R_{z3} і значень сумарного опору $(R+R_i)$ у кожному з p каналів суматора.

UA 154602 U



Фіг. 2

Корисна модель належить до області радіолокаційних, лазерних та акустичних вимірювань і може бути використана для калібрування пасивних акустичних локаторів та імітації зміни структури акустичного сигналу безпілотного літального апарату (БПЛА) за рахунок неоднакового згасання різних спектральних складових цього сигналу при розповсюдженні у атмосфері.

Найближчим аналогом до запропонованого технічного рішення є цифровий імітатор акустичних сигналів безпілотних літальних апаратів [патент UA на корисну модель № 145636, МПК G06G 7/48, від 28.12.2020, Бюл. № 24], на суттєве удосконалення якого спрямована дана технічна пропозиція, що дозволяє обрати корисну модель цифровий імітатор акустичних сигналів безпілотних літальних апаратів як найближчий аналог. Цифровий імітатор акустичних сигналів безпілотних літальних апаратів, який складається з цифрового обчислювача, який містить генератор білого шуму (ГБШ) і цифровий фільтр, вхід якого підключений до виходу (ГБШ), крім того, містить цифро-аналоговий перетворювач (ЦАП), вхід якого підключений до виходу цифрового фільтра, а також містить послідовно включені підсилювач і вихідний аудіоблок, причому вихід (ЦАП) з'єднаний зі входом підсилювача, причому як цифровий фільтр включений формуючий авторегресійний фільтр.

У найближчому аналогу акустичні коливання потрібної часової та спектральної структури генеруються за допомогою цифрового формуючого авторегресійного фільтру (ФАФ) і після цифро-аналогового перетворення та підсилення надходить аудіоблок, який є джерелом звуку у імітаторі.

Недоліками цього цифрового імітатора є низькі точність і швидкодія імітатора, складність його налаштування під сигнали різних БПЛА з-за відсутності моделювання керованого та нерівномірного згасання різних спектральних компонент змодельованого акустичного сигналу, що властиво процесу розповсюдження смугових акустичних коливань у атмосфері.

Технічною задачею запропонованого технічного рішення є підвищення точності моделювання акустичних сигналів БПЛА.

Ця задача вирішена наступним чином. Цифровий імітатор затухаючих сигналів безпілотного літального апаратів, що складається з цифрового обчислювача, до складу якого входить генератор білого шуму і авторегресійний формуючий цифровий фільтр, вхід якого підключено до виходу генератора білого шуму, окрім того, імітатор містить послідовно з'єднані цифро-аналоговий перетворювач, авторегресійний формуючий цифровий фільтр, підсилювач і вихідний аудіоблок, вихід авторегресійного формуючого цифрового фільтра підключено до входу цифро-аналогового перетворювача, вихід якого підключено до підсилювача, згідно з корисною моделлю додатково містить багатосмуговий корегуючий фільтр, вхід якого з'єднаний з виходом підсилювача, а вихід підключено до входу вихідного аудіоблока. На виході багатосмугового корегуючого фільтру отримують звуковий сигнал з потрібним співвідношенням вищих спектральних складових, кожна з яких (з номером i) передається з коефіцієнтом $K_i = \frac{R_{33}}{(R + R_i)}$ ($i=1, n$),

який визначається номіналом резистора зворотного зв'язку Y_{33} і значень сумарного опору $(R+R_i)$ у кожному з n каналів суматора.

На фіг. 1 зображено структурну схему цифрового імітатора затухаючих акустичних сигналів безпілотного літального апарата.

На фіг. 2 зображено структурну схему багатосмугового корегуючого фільтру (БКФ).

Цифровий імітатор згасаючих сигналів безпілотного літального апаратів (фіг. 1) складається з наступних структурних елементів: 1 - цифровий обчислювач, до складу якого входить генератор білого шуму 2 і авторегресійний формуючий цифровий фільтр 3, вхід якого підключено до виходу генератора білого шуму 2, окрім того, імітатор містить цифро-аналоговий перетворювач 4, вхід якого підключено до виходу авторегресійного формуючого цифрового фільтру 3, а вихід підключено до підсилювача 5, вихід якого підключено до входу багатосмугового корегуючого фільтру 6, вихід якого підключено до входу аудіоблоку 7, на виході якого формується звуковий сигнал з потрібним співвідношенням спектральних компонент.

Розглянемо більш докладніше роботу пристрою. Як відомо, [ГОСТ 31295.1-2005 (УСО 9613-1.1993) ШУМ. ЗАТУХАНИЕ ЗВУКА ПРИ РАСПРОСТРАНЕНИИ НА МЕСТНОСТИ. Часть 1. Расчет поглощения звука атмосферой; Красненко М.П. Акустическое зондирование атмосферы. - Новосибирск.: Наука СО, 1986-167 с] згасання звукових хвиль при розповсюдженні у атмосфері пропорційне квадрату їх частоти. Тому для апаратного моделювання цього явища у структурну схему імітатора, що пропонується, додається багатосмуговий корегуючий фільтр (БКФ), АЧХ якого є спадаючою функцією частоти.

Структурно БКФ (фіг. 2) містить n смугових фільтрів СФі, вимикачів S_i , баластних резисторів R , змінних резисторів R_i , включених у реостатному режимі, для $(i=1, n)$, операційного підсилювача- (ОП), який разом з резистором зворотного зв'язку $R_{зз}$ та резисторами R, R_i ($i=1, n$) виконує функцію суматора сигналів від смугових фільтрів з різними ваговими коефіцієнтами передавання у кожному з n каналів.

Робота цифрового імітатора затухаючих акустичних сигналів безпілотних літальних апаратів.

Робота імітатора в частині формування акустичного сигналу з потрібною часовою і спектральною структурою, властивою безпілотному літальному апарату, є ідентичною з точки зору технічного та алгоритмічного забезпечення роботи апаратури, описаної у винаході-найближчим аналогу [патент UA на корисну модель, № 145636, МПК G06G 7/48, від 28.12.2020, Бюл. № 24]. Основна відмінність від найближчого аналогу полягає у введенні до структурної схеми пристрою додаткового блоку 6 (БКФ), завдяки якому формується спадаюча АЧХ зі згасанням близько 12дБ на октаву, що імітує інтенсивне зменшення вищих спектральних складових акустичного сигналу при його розповсюдженні у атмосфері від БПЛА, як джерела звукової енергії.

Генератор акустичних сигналів, подібних коливанням від БПЛА реалізують на мікроконтролері або комп'ютері, у які записують програму реалізації процесу авторегресії методом формуючого фільтру. Цифровий обчислювач 1 формує сигнал з заданою спектральною щільністю потужності (СЩП) з білого шуму, який пропускається через авторегресійний (АР) фільтр, коефіцієнти якого співпадають з коефіцієнтами АР моделі імітаційного сигналу БПЛА. Коефіцієнти підсилення формуючого фільтра розраховують у відповідності до алгоритму, який розглянуто у найближчим аналогу. Сформований цифровим обчислювачем 1 сигнал з заданою СЩП надходить на вхід ЦАП 4 і після перетворення у аналогову форму надходить до підсилювача 5, а після підсилення аналоговий сигнал надходить у багатосмуговий корегуючий фільтр, який по-різному передає вищі спектральні складові вхідного коливання, після чого сигнал поступає на вхід аудіоблоку.

Керування формою АЧХ додаткового блоку 6 (БКФ) здійснюють за допомогою набору смугових фільтрів, перший з яких налагоджують на першу (основну) гармоніку акустичного коливання, а решта полосових фільтрів налаштовуються на вищі гармоніки коливання, яке імітується. Крім того, на форму АЧХ суттєво впливають співвідношення $\frac{R_{зз}}{(R + R_i)}$ ($i=1, n$) номіналу резистора зворотного зв'язку $R_{зз}$ і значень сумарного опору $(R + R_i)$ у кожному з n каналів суматора.

Кількість смугових фільтрів n обирають на підставі дослідження, проведеного в роботі (В.Н Олейников, О.В. Зубков, В.М. Карташов, И.В. Коритцев, СИ. Бабкин, С.А. Шейко Исследование эффективности обнаружения и распознавания акустического излучения малоразмерных беспилотных летательных аппаратов. Радиотехника. Всеукр. межвед. науч.-техн. сб. Вып. 195. 2018, с.209-217). Згідно цьому дослідженню спектр щільності потужності (СЩП) акустичного випромінювання БПЛА містить вузькосмугові спектральні складові основного тону, його гармоніки та широкосмугову шумову складову. При цьому частота основного тону знаходиться у межах від 90 до 240 Гц, а кількість гармонік основного тону акустичного випромінювання коливається від 10 до 40. При розповсюдженні звукових хвиль в атмосфері високочастотні гармоніки суттєво згасають. Тому для калі бровки пасивних радарів та імітації змін у структурах акустичного сигналу від БПЛА необхідно мати можливість імітації, як мінімум, від 2-х до 8-ми гармонік основного тону акустичного випромінювання БПЛА. Тому доцільно обрати $n=10$.

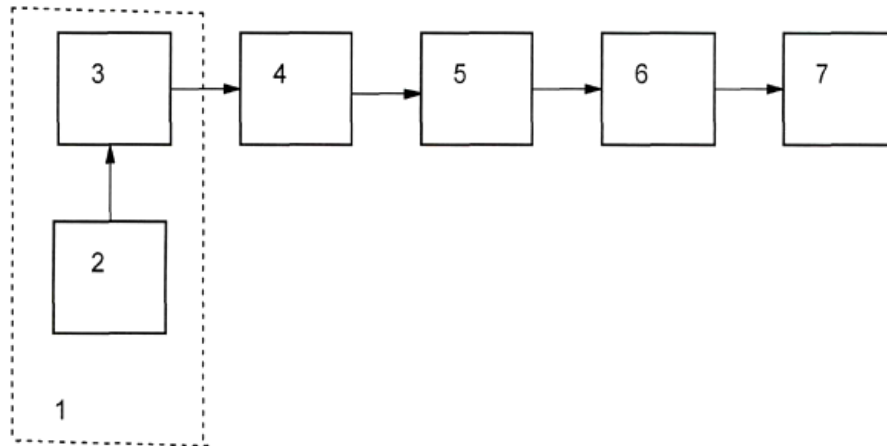
Наявність вимикачів S_i ($i=1, n$) у структурній схемі пристрою обумовлена необхідністю експериментального дослідження впливу окремих спектральних складових акустичного сигналу, що імітується, на працездатність алгоритмів виявлення та оцінювання цих сигналів на фоні шумів та зосереджених по спектру завад. Наприклад, можливо відключити всі парні складові або певні комбінації парних та непарних гармонічних складових спектру. Також за допомогою вимикачів S_i можливо оперативно додавати до корисного акустичного сигналу (що імітується) та виключати з нього вузькосмугові завади.

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

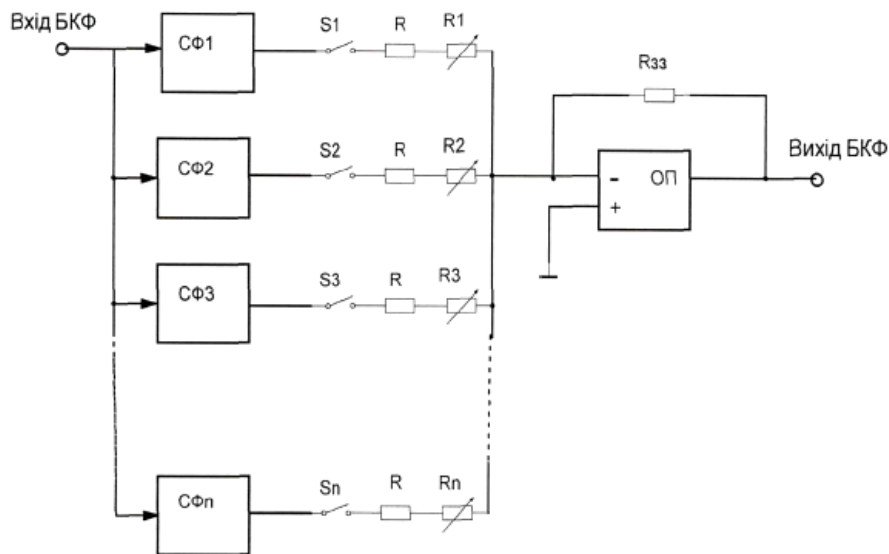
Цифровий імітатор затухаючих акустичних сигналів безпілотних літальних апаратів, який складається з цифрового обчислювача, до складу якого входить генератор білого шуму і авторегресійний формуючий цифровий фільтр, вхід якого підключено до виходу генератора білого шуму, окрім того, імітатор містить послідовно з'єднані цифро-аналоговий перетворювач,

авторегресійний формуючий цифровий фільтр, підсилювач і вихідний аудіоблок, вихід авторегресійного формуючого цифрового фільтра підключено до входу цифро-аналогового перетворювача, який **відрізняється** тим, що додатково містить багатосмуговий корегуючий фільтр, вхід якого з'єднаний з виходом підсилювача, а вихід підключено до входу вихідного аудіоблока, на виході якого отримують звуковий сигнал з потрібним співвідношенням $(R + R_i)$

($i=1, n$) номіналу резистора зворотного зв'язку $R_{зз}$ і значень сумарного опору $(R + R_i)$ у кожному з n каналів суматора.



Фиг. 1



Фиг. 2