



ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **105311** (13) **C2**
(51) МПК
G01S 13/95 (2006.01)

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

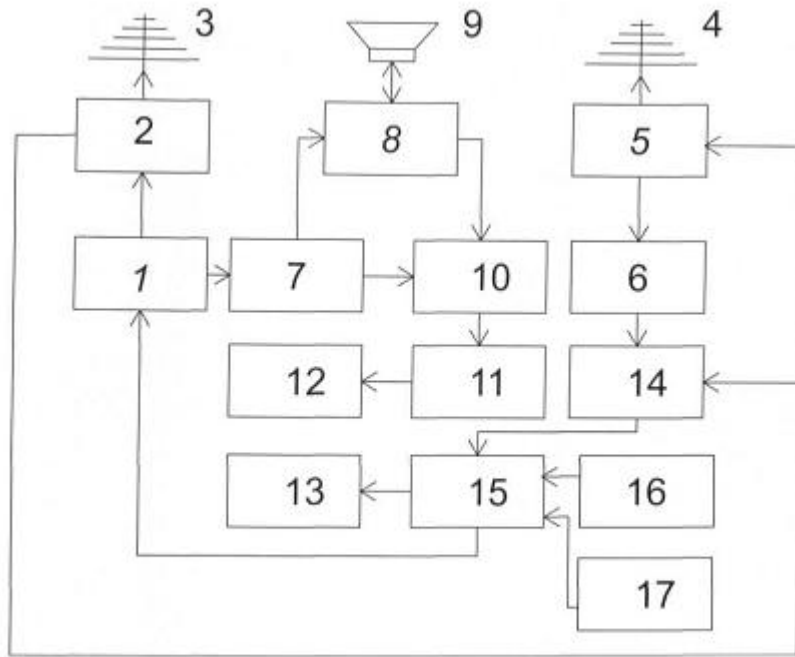
<p>(21) Номер заявки: а 2013 02920</p> <p>(22) Дата подання заявки: 11.03.2013</p> <p>(24) Дата, з якої є чинними права на винахід: 25.04.2014</p> <p>(41) Публікація відомостей про заяву: 25.11.2013, Бюл.№ 22</p> <p>(46) Публікація відомостей про видачу патенту: 25.04.2014, Бюл.№ 8</p>	<p>(72) Винахідник(и): Карташов Володимир Михайлович (UA), Кушнір Маргарита Володимирівна (UA), Куля Дмитро Миколайович (UA)</p> <p>(73) Власник(и): ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ РАДІОЕЛЕКТРОНІКИ, пр. Леніна, 14, м. Харків, 61166 (UA)</p> <p>(56) Перелік документів, взятих до уваги експертизою: SU 1092440 A1; 15.05.1984 UA 89344 C2; 11.01.2010 UA 89342 C2; 11.01.2010 UA 97612 C2; 27.02.2012 RU 2196345 C2; 10.01.2003 SU 1130809 A1; 23.12.1984 SU 1178209 A1; 07.02.1993 JPH 11264773 A; 28.09.1999 JP 2012181041 A; 20.09.2012 US 5122805 A; 16.06.1992</p>
---	--

(54) СПОСІБ КЕРУВАННЯ ПАРАМЕТРАМИ СИСТЕМ РАДІОАКУСТИЧНОГО ЗОНДУВАННЯ АТМОСФЕРИ

(57) Реферат:

Спосіб керування параметрами систем радіоакустичного зондування атмосфери належить до радіотехніки та радіолокаційної метрології, а саме до радіоакустичних способів виміру параметрів атмосфери, і може бути використаний при складанні короткострокових прогнозів погоди, при метеорологічному забезпеченні екологічного моніторингу атмосфери й безпеки зльоту й посадки літальних апаратів різного призначення. Спосіб керування полягає у тому, що в атмосферу випромінюють акустичний імпульс із синусоїдальним заповненням. Опромінюють акустичний імпульс електромагнітними коливаннями з довжиною хвилі, удвічі більшою, ніж довжина хвилі синусоїдального заповнення акустичного імпульсу. Приймають електромагнітні коливання, які розсіяні на акустичному імпульсі. З відбитого радіосигналу обчислюють невідомі параметри атмосфери уздовж всієї траси зондування. Обчислюють екстрапольоване значення швидкості звуку, методом передбачення, що відповідає значенню швидкості звуку в наступній точці, і оптимальну оцінку швидкості звуку на тому ж рівні. Обчислюють необхідне значення частоти генератора сигналів високої частоти для керування частотою передавальної антени. Забезпечують збереження умови Брегга уздовж всієї траси зондування. Проводять екстраполяцію значення параметра розстроювання умови Брегга, методом передбачення, звідки отримують значення швидкості звуку в точці вимірювання. Технічним результатом є підвищення ефективності роботи за рахунок збільшення точності оцінки параметрів атмосфери, суттєво підвищити ефективність частотної адаптації, а також якість отримуваних оцінок шуканих метеопараметрів.

UA 105311 C2



Фир. 1

Винахід належить до радіолокаційної метрології, а саме до радіоакустичних способів виміру параметрів атмосфери, і може бути використаний при складанні короткострокових прогнозів погоди, при метеорологічному забезпеченні екологічного моніторингу атмосфери й безпеки зльоту й посадки літальних апаратів різного призначення.

5 У цей час у системах РАЗ реалізовані алгоритми обробки сигналів, запозичені з радіолокації, які засновані на виділенні й вимірі доплерівської частоти коливань. Так спосіб, що використовується в радіоакустичному пристрої (а.с. СССР № 1092440, МКИ G01S 13/95, опубл. 15.01.84 Бюл. № 8), полягає в наступному. Пакет звукових коливань, сформований генератором сигналів звукової частоти, проходить через антенний перемикач і випромінюється акустичною
10 антеною в атмосферу. Високочастотний сигнал, сформований генератором сигналів високої частоти, випромінюється передавальною антеною, відбивається від пакета звукових хвиль, що переміщається, і приймається приймальною антеною в радіоприймач, на виході якого в блоці виміру доплерівської частоти радіосигналу відбувається вимір доплерівського зсуву частоти. Отримане значення доплерівського зсуву високої частоти надходить у блок обчислення абсолютної температури в зондуючому об'ємі атмосфери. Крім того, акустичний сигнал, відбитий від атмосфери, проходить через акустичну антену й антенний перемикач, надходить у блок обробки сигналів, де відбувається посилення й фільтрація сигналу. Потім відбувається обчислення радіальної складової швидкості, що враховується при обчисленні абсолютної температури й керуванні частотою генератора сигналів високої частоти.

20 Недоліком даного способу є низька точність вимірів, низький рівень відбитого радіосигналу, можливий зрив слідування, внаслідок недостатньо точного підстроювання частот.

За прототип узятий спосіб, що використовується в приладі радіоакустичного зондування атмосфери для дистанційної реєстрації вертикального профілю температури повітря (а.с. СССР № 1455887, МКИ G01S 13/95), який враховує зберігання умови Брегга. Для чого передбачається наявність двох блоків обчислення швидкості звуку. У першому блоці, за обмірюваним значенням доплерівського зсуву частоти випромінюваного сигналу і її миттєвому значенню, обчислюється поточне значення швидкості звуку. У другому блоці обчислення швидкості звуку виконується обчислення екстрапольованого значення швидкості звуку й оптимальна оцінка швидкості звуку на поточному рівні. Величина оптимального оцінного значення швидкості звуку на поточному рівні передається на вхід блока розрахунку температури. З метою виключення погрішності з результатів обчислення температури, викликані радіальним вітром, на інший вхід цього блока подається значення радіальної швидкості вітру. У блоці обчислення температури на кожному висотному рівні обчислюється температура в зондуючому об'ємі атмосфери. З виходу другого блока обчислення швидкості звуку екстрапольоване оптимальне оціночне значення швидкості звуку на наступному рівні, що відповідає значенню швидкості звуку в попередній точці, передається в блок управління частотою, де обчислюється необхідне значення частоти генератора сигналів високої частоти. При такому способі управління частотою генератора забезпечується зберігання умови Брегга уздовж всієї траси зондування. Датчик температури й датчик вологості необхідні для обчислення швидкості звуку на рівні землі.

40 Недоліком даного способу є також низька точність вимірів, через наявність значних по величині систематичних погрішностей обчислення значень швидкості звуку, одержуваних за результатами вимірів доплерівської частоти радіосигналу. Цей спосіб будується на припущенні, що форма сигналу при відбитті від акустичного хвильового пакета не змінюється, а змінюються лише значення параметрів відбитих сигналів, у які закладається корисна інформація про інформативні параметри атмосфери. Однак у радіоакустичному локаційному каналі при відбитті радіохвилі від акустичного хвильового пакета спостерігається зміна форми випромінюваних коливань, значно змінюється як фазова структура коливання, так і форма обвідної радіосигналу.

50 Технічною задачею винаходу є підвищення точності оцінок швидкості звуку, одержуваних у системах РАЗ, за рахунок розробки способу управління параметрами радіосигналу з урахуванням структурних особливостей сигналу, розсіяного на звуковій посилці.

Ця задача вирішена в наступним чином. У способі радіоакустичного зондування, що полягає в тому, що в атмосферу випромінюють акустичний імпульс із синусоїдальним заповненням, опромінюють акустичний імпульс електромагнітними коливаннями з довжиною хвилі, удвічі більшою, ніж довжина хвилі синусоїдального заповнення акустичного імпульсу, приймають електромагнітні коливання, розсіяні на акустичному імпульсі, з відбитого радіосигналу обчислюють невідомі параметри атмосфери уздовж всієї траси зондування, обчислюють екстрапольоване значення швидкості звуку, методом передбачення, що відповідає значенню швидкості звуку в наступній точці, і оптимальну оцінку швидкості звуку на тому же рівні,
60 обчислюють необхідне значення частоти генератора сигналів високої частоти для управління

частотою передавальної антени, забезпечують збереження умови Брегга уздовж всієї траси зондування, який відрізняється тим, що проводять екстраполяцію значення параметра розстроювання умови Брегга, методом передбачення, звідки отримують значення швидкості звуку в точці вимірювання.

5 На кресленні зображена блок-схема пристрою обробки радіосигналу, що реалізує запропонований спосіб.

Схема пристрою, який реалізує даний спосіб (кресл.) складається з блока 1 управління частотою, вихід якого з'єднаний зі входом генератора 2 сигналів високої частоти, перший вихід якого з'єднаний з передавальною антеною 3, а другий - зі входом радіоприймачем 5, вихід якого з'єднаний з приймальною радіоантеною 4, а другий - зі входом блока 6 обчислення параметра q , вихід якого з'єднаний зі входом першого блока обчислення швидкості звуку 14, вихід якого з'єднаний зі входом другого блока обчислення швидкості звуку 15, входи якого з'єднані з датчиком температури 16 і датчиком вологості 17, а виходи: один з блоком управління частотою 1, а другий - з блоком обчислення температури 13; другий вихід блока управління частотою 1 підключений до генератора звукових частот 7, вихід якого з'єднаний зі входом перемикача 8 і акустичного приймача 10, вхід-вихід перемикача 8 з'єднаний з акустичної приймально-передавальна антена 9, а другий вихід - акустичний приймач 10, вихід якого підключений до входу блока доплерівської частоти акустичного сигналу 11, вихід якого з'єднаний зі входом блока 12 обчислення радіальної швидкості вітру.

20 Розглянемо докладніше запропонований спосіб. Пакет звукових коливань, сформований генератором сигналів звукової частоти 7, проходить через антенний перемикач 8 і випромінюється акустичною антеною 9 в атмосферу. Генератором 2 сигналів високої частоти формується високочастотний сигнал і випромінюється передавальною антеною 3, відбивається від пакета звукових хвиль, що переміщується, і приймається приймальною антеною 4 в радіоприймач 5, далі у блоці 6 обчислюється параметр q . При певній швидкості звуку буде формуватися відповідна структура відбитого радіосигналу, тобто, форма відбитого радіосигналу від акустичної посилки визначається швидкістю звуку в атмосфері. Шляхом порівняння форми прийнятого радіосигналу з формами радіосигналів, властивими для різної швидкості звуку, можна робити оцінку швидкості звуку. Таке порівняння можна зробити, скориставшись багатоканальною схемою пристрою оцінювання параметра розстроювання умови Брегга, до складу якої входять n узгоджених фільтрів, настроєних на сигнал $F(r, q_n)$, $n = \overline{1, n}$, та детектор обвідної. Імпульсні характеристики узгоджених фільтрів є дзеркальним відображенням очікуваних сигналів. Форма обвідної сигналів визначається згідно з функцією розсіювання. У такому випадку стає можливим усунення систематичної погрішності в оцінках швидкості звуку, властивим алгоритмам обробки сигналів, заснованих на вимірі доплерівської частоти коливань.

35 Форма електромагнітного сигналу розсіяного на акустичній хвильовій посилці визначається й описується спільною функцією розсіювання (1) звукового й радіосигналу

$$F(r, q) = \int_{-\infty}^{\infty} E(2r'-r) S^*(r') e^{iqr'} dr', \quad (1)$$

де $q = 2k_e - k_s$ - параметр розстроювання умови Брегга; $k_s = 2\pi f_a / c_a$ - хвильове число для звуку; $k_e = 2\pi f / c$ - хвильове число електромагнітного сигналу; r - зсув сигналів по координаті "дальність"; $E(2r'-r)$ - комплексна просторова обвідна радіосигналу; $S(r')$ - комплексна просторова обвідна акустичного сигналу.

При різних фіксованих значеннях параметра q форма функції $F(r, q)$ різна й відповідає формі розсіяного в атмосфері радіосигналу при швидкості звуку, визначається по формулі:

45
$$c_s = \frac{2\pi f_s}{4\pi f_e / c - q}, \quad (2)$$

де f_s - частота звуку; f_e - частота радіосигналу; c - швидкість поширення радіохвиль.

Таким чином, функція розсіювання (1) дозволяє визначити форму, що буде мати розсіяний в атмосфері радіосигнал при різних швидкостях звуку. А інформація про значення параметра розстроювання умови Брегга дозволяє визначити значення швидкості звуку.

50 Оцінка швидкості звуку в такому випадку стає можливою, тому що для всіх узгоджених фільтрів відомі значення параметра q , при яких був оцінений сигнал, де параметр q однозначно функціонально зв'язаний зі швидкістю звуку виразом (2).

Обчислене поточне значення швидкості звуку у першому блоці виміру швидкості звуку 14 подається у другий блок обчислення швидкості звуку 15.

У другому блоці обчислення швидкості звуку 15 виконується обчислення екстрапольованого оціночного значення швидкості звуку за формулою

$$C_{aa}^{(i)} = 2C_a^{(i-1)} - C_a^{(i-2)}, \quad (3)$$

де i - номер висотного рівня;

5 $C_a^{(i-1)}$ - оптимальне оціночне значення швидкості звуку на наступному рівні.

У цьому ж блоці обчислюється оптимальна оцінка швидкості звуку на тому ж рівні по формулі

$$C_a^i = \left\{ \frac{C_{aa}^{(i)}}{\sigma_e^2[C_a^{(i)}]} + \frac{C_{an}^{(i)}}{\sigma_n^2[C_a^{(i)}]} \right\} / \left\{ \frac{1}{\sigma_e^2[C_a^{(i)}]} + \frac{1}{\sigma_n^2[C_a^{(i)}]} \right\}, \quad (4)$$

де $\sigma_e^2[C_a^{(i)}]$ - дисперсія екстрапольованого значення;

10 $\sigma_n^2[C_a^{(i)}]$ - дисперсія виміряного значення швидкості звуку.

Значення C_a^i передається на другий вхід блока 13 обчислення температури, на перший вхід цього блока подається значення радіальної швидкості вітру зі входу блока 12 обчислення радіальної швидкості вітру. У блоці 13 обчислюється значення температури на кожному висотному рівні.

15 Екстрапольоване значення $C_{ae}^{(i+1)}$ передається у блок управління частотою 1, де обчислюється необхідне значення частоти генератора 2 сигналів високої частоти з урахуванням наступного значення, для підстроювання частоти радіопередавача.

$$F_e = \frac{C_e \left(\frac{2\pi f_s}{C_{ae}^{(i+1)}} - q \right)}{4\pi}, \quad \text{при } q = 0. \quad (5)$$

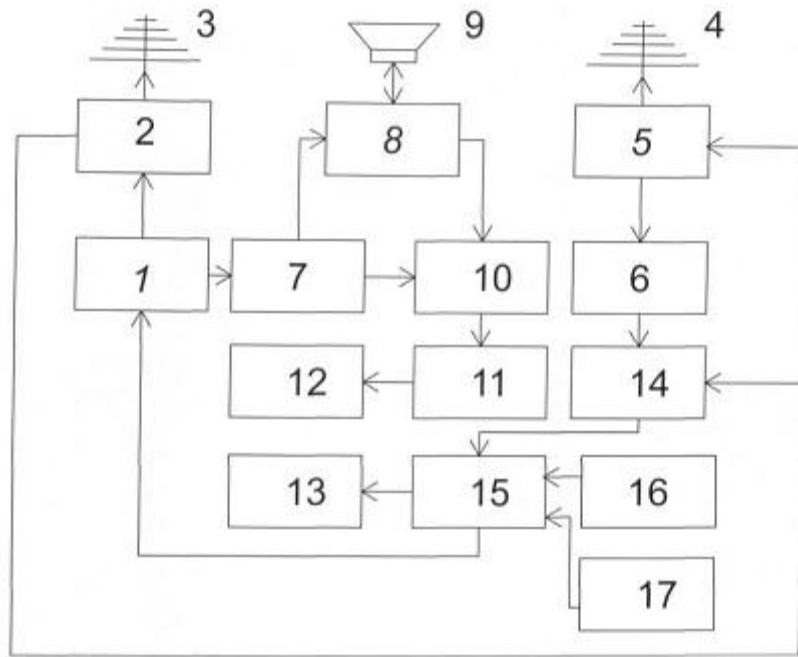
20 Блок 6 обчислення значення параметра q складається з N каналів, кожний з яких має согласуючих фільтр і детектор обвідної. Далі стоїть вирішальний пристрій, що визначає канал з найбільшим з отриманих після фільтрації значенням сигналу. За рахунок цього приймається рішення про величину параметра q , яким характеризується сигнал, що найбільше близько збігся за формою із прийнятим сигналом. Оцінивши q , визначається швидкість звуку за формулою (2).

25 Таким чином, у порівнянні з алгоритмами обробки сигналів, заснованих на вимірі доплерівської частоти коливань, запропонована схема обробки сигналів урахує особливості відбиття радіосигналу від акустичної посилки. Це досягається за рахунок включення до схеми погоджувачих фільтрів, настроєних на сигнал з певним значенням q , що підвищує якість оцінок швидкості звуку, при використанні такої схеми в системах РАЗ атмосфери.

30 Використання винаходу дозволить підвищити ефективність роботи існуючих систем РАЗ за рахунок збільшення точності оцінки параметрів атмосфери, суттєво підвищити ефективність частотної адаптації систем РАЗ, а також якість отримуваних оцінок шуканих метеопараметрів.

ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

35 Спосіб керування параметрами систем радіоакустичного зондування атмосфери, який полягає в тому, що в атмосферу випромінюють акустичний імпульс із синусоїдальним заповненням, опромінюють акустичний імпульс електромагнітними коливаннями з довжиною хвилі, удвічі більшою, ніж довжина хвилі синусоїдального заповнення акустичного імпульсу, приймають електромагнітні коливання, які розсіяні на акустичному імпульсі, з відбитого радіосигналу обчислюють невідомі параметри атмосфери уздовж всієї траси зондування, обчислюють екстрапольоване значення швидкості звуку, методом передбачення, що відповідає значенню швидкості звуку в наступній точці, і оптимальну оцінку швидкості звуку на тому ж рівні, обчислюють необхідне значення частоти генератора сигналів високої частоти для керування частотою передавальної антени, забезпечують збереження умови Брегга уздовж всієї траси зондування, який **відрізняється** тим, що проводять екстраполяцію значення параметра розстроювання умови Брегга, методом передбачення, звідки отримують значення швидкості звуку в точці вимірювання.



Комп'ютерна верстка А. Крулевський

Державна служба інтелектуальної власності України, вул. Урицького, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

ДП "Український інститут промислової власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601