



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **127593** (13) **C2**
(51) МПК

G01S 13/58 (2006.01)

G01S 13/95 (2006.01)

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

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

<p>(21) Номер заявки: а 2021 03314</p> <p>(22) Дата подання заявки: 14.06.2021</p> <p>(24) Дата, з якої є чинними права інтелектуальної власності: 26.10.2023</p> <p>(41) Публікація відомостей про заяву: 11.01.2023, Бюл.№ 2</p> <p>(46) Публікація відомостей про державну реєстрацію: 25.10.2023, Бюл.№ 43</p>	<p>(72) Винахідник(и): Хорошайло Юрій Євгенійович (UA), Леонідов Володимир Іванович (UA)</p> <p>(73) Володілець (володільці): ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ РАДІОЕЛЕКТРОНІКИ, пр. Науки, 14, м. Харків, 61166 (UA)</p> <p>(56) Перелік документів, взятих до уваги експертизою: UA 73397 C2, 15.07.2005 UA 110731 C2, 10.02.2016 US 4286462 A, 01.09.1981 DE 10100414 A1, 11.07.2002 RU 2735909 C1, 10.11.2020 US 4351188 A, 28.09.1982 WO 2013141738 A1, 26.09.2013</p>
---	---

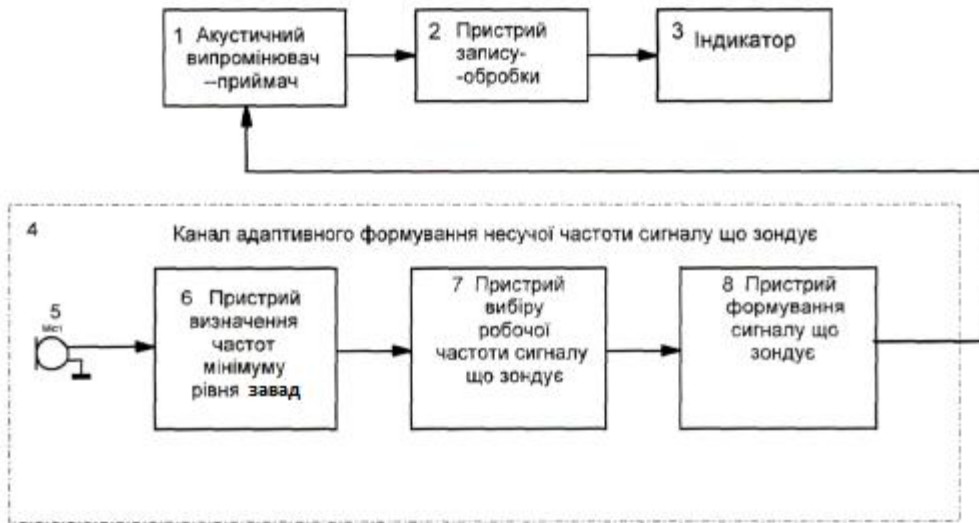
(54) СПОСІБ ПІДВИЩЕННЯ ЗАВАДОЗАХИЩЕНОСТІ АКУСТИЧНОГО ЛОКАТОРА ПРИ ВПЛИВІ ЗОСЕРЕДЖЕНИХ АКУСТИЧНИХ ЗАВАД У ЗОНІ МЕГАПОЛІСА ТА ПРИСТРІЙ ДЛЯ ЙОГО ЗДІЙСНЕННЯ

(57) Реферат:

Спосіб підвищення завадозахищеності акустичного локатора при впливі зосереджених акустичних завад у зоні мегаполіса і пристрій для його здійснення належить до вимірковальної техніки, а саме до техніки виміру параметрів звукової хвилі при її поширенні в атмосфері і може бути використаним в системах забезпечення безпеки зльоту й посадки літаків, у синоптичній метеорології й кліматології для досліджень процесів теплообміну в прикордонному шарі атмосфери, у системах контролю забруднення атмосфери шкідливими викидами. Спосіб полягає у випромінюванні вертикально нагору в атмосферу акустичного імпульсу і прийомі луна-сигналу, розсіяного в зворотному напрямку турбулентними пульсаціями температури атмосфери, виміру вертикальної складової швидкості вітру шляхом виміру положення максимуму взаємної кореляційної функції двох реалізацій акустичних луна-сигналів, отриманих як відгуки на послідовно вироблені зондування і за тривалістю рівних періоду повторення зондувальних імпульсів, причому положення максимуму вимірюють відносно початку реалізації, що зіставляється із моментом початку випромінювання зондувального імпульсу, умовно прийнятого за перший. Несучу частоту зондувального імпульсу періодично коректують і настроюють на найближчий до робочої частоти локатора мінімум в амплітудно-частотному розподілі зосередженої завади, при цьому амплітудно-частотний розподіл завади розраховують на малих інтервалах часу в додатковому каналі адаптивної зміни частоти зондувального імпульсу методом модельно-структурного аналізу. Пристрій складається з послідовно з'єднаних акустичного випромінювача-приймача акустичних сигналів, пристрою запису обробки, пристрою індикатора. Додатково містить канал адаптивної зміни несучої частоти зондувального імпульсу, що складається з послідовно з'єднаних приймального мікрофона, пристрою визначення частот мінімумів у частотному розподілі рівня завад, пристрою вибору робочої частоти імпульсу, що зондує, пристрою формування імпульсу, що зондує, вихід якого підключений до акустичного

UA 127593 C2

випромінювача-приймача акустичних сигналів. Технічний результат: підвищення заводозахищеності акустичного локатора зондування атмосфери.



Фіг.

Винахід належить до вимірювальної техніки, а саме до техніки виміру параметрів звукової хвилі при її поширенні в атмосфері і може бути використаним в системах забезпечення безпеки зльоту й посадки літаків, у синоптичній метеорології й кліматології для досліджень процесів теплообміну в прикордонному шарі атмосфери, у системах контролю забруднення атмосфери шкідливими викидами.

Найбільш близькими за технічною суттю й за сукупністю ознак до технічного рішення є спосіб виміру вертикальної складової швидкості вітру за результатами акустичного зондування атмосфери, а також пристрій, що здійснює цей спосіб (Патент України 73397 МПК G01S13/95 опубл. 15.07.2005. Бюл. № 7). Спосіб полягає в наступному. Як виходить з опису прототипу, в атмосферу вертикально нагору випромінюють акустичний імпульс і приймають луна-сигнал, що виникає внаслідок розсіювання звукової хвилі на турбулентних пульсаціях температури атмосфери, а для виміру вертикальної складової швидкості вітру використовують вимір положення максимуму взаємної кореляційної функції двох послідовно прийнятих реалізацій акустичних луна-сигналів, тривалість кожної з яких дорівнює періоду повторення зондувальних імпульсів і які отримані як відгуки на послідовно вироблені зондування, а положення максимуму вимірюють відносно початку однієї з реалізацій, умовно прийнятої за першу.

Недоліком прототипу є відсутність захисту приймача акустичного локатора від зосереджених акустичних завод, джерелами яких є малі автоматичні літальні апарати (МАЛА), устаткування для проведення ремонтних і будівельних робіт, а в зонах аеропортів потужними джерелами зосереджених завод є двигуни літаків.

Зосереджені заводи в більшості випадків представлені декількома основними гармоніками, але оскільки процес їхньої генерації завжди нелінійний то крім основних гармонік при цьому генеруються також гармоніки із кратними й комбінаційними частотами. Спектр таких сигналів завжди лінійний, але в тих випадках, коли частоти основних гармонік перетерплюють випадкові зміни, як це має місце в акустичних сигналах МАЛА, то при збільшенні тривалості вибірки, що аналізується кожна з гармонійних складових спостерігається в деякій смузі частот, при цьому смуги частот гармонік розділені глибокими мінімумами [1-2]. Отже, існує ймовірність того, що одна зі спектральних смуг акустичної заводи потрапить у робочу смугу частот акустичного локатора.

Тому, що звуковий тиск акустичного луна-сигналу при зондуванні атмосфери досить малий й перебуває в межах $P_0 \leq 2 \cdot 10^{-5}$ Па, тобто менше рівня порога чутності, то рівень зосереджених завод навіть на вищих гармоніках, як правило, значно перевищує величину луна-сигналу при будь-яких реально можливих термодинамічних процесах в атмосфері. Тому при виникненні зосереджених завод в алгоритм роботи акустичного локатора необхідно включати операцію відбраковування даних, що значно скорочує час корисного спостереження.

В прототипі інформаційним параметром є положення на часовій осі максимуму взаємної кореляційної функції двох послідовно взятих реалізацій суміші сигналу й заводи. Такий підхід підвищує заводозахищеність акустичного локатора тільки при складних сигналах заводи, у яких час кореляції не перевищує половини тривалості періоду повторення зондувальних імпульсів. У випадку дії зосередженої заводи, рівень якої значно перевищує рівень сигналу, взаємна кореляційна функція двох послідовно взятих реалізацій суміші сигналу й заводи є та ж періодична синусоїдальна функція заводи, максимуми якої близькі до одиниці.

Отже, кореляційний аналіз, що використовують в прототипі, при зосереджених заводах приводить до одержання помилкової інформації.

Крім того, акустичний сигнал МАЛА в результаті випадкових і швидких змін тягового зусилля силових агрегатів, обумовлений необхідністю компенсації вітрових турбулентних впливів, виявляється досить схожим за частотно-часовою структурою з луна-сигналом акустичного локатора, а при віддаленні дрона на відстань порядку п'ятисот метрів або більше від прийомної антени акустичного локатора подоба цих сигналів спостерігається також і в амплітудній структурі. Тому для зниження ймовірності прийому помилкових сигналів важливо виявити присутність дрона в зоні дії акустичного локатора.

Таким чином, відсутність правил і апаратних засобів виявлення зосереджених завод у системах акустичного зондування атмосфери збільшує ймовірність прийому помилкових сигналів і скорочує час прийому корисного інформаційного сигналу. У середовищі мегаполісів це скорочення може досягати 50 %, а в зоні аеропортів це значення може бути ще більше.

Технічною задачею винаходу є підвищення заводозахищеності акустичного локатора зондування атмосфери шляхом визначення мінімумів у частотному розподілі гармонійних складових, зосереджених акустичних завод і зміни несучої частоти зондувальних акустичних сигналів на частоту отриманого мінімуму, при цьому реальні частотні розподіли акустичних завод розраховуються в реальному масштабі часу, для чого використовується модельно-

структурний аналіз сигналів на малих інтервалах часу, де періоди сигналів основних гармонік завади залишаються відносно стабільними.

Ця задача вирішена таким способом. У способі виміру вертикальної складової швидкості вітру за результатами акустичного зондування, що полягає в тому, що в атмосферу вертикально нагору випромінюють акустичний імпульс із несучою частотою F_s й приймають луна-сигнал, що виникає внаслідок розсіювання звукової хвилі на турбулентних пульсаціях температури атмосфери, а для виміру вертикальної складової швидкості вітру використовують вимір положення максимуму взаємної кореляційної функції двох послідовно прийнятих реалізацій акустичних луна-сигналів, за тривалістю рівних періоду повторення зондувальних імпульсів і отриманих як відгуки на послідовно вироблені зондування, причому положення максимуму вимірюють відносно початку реалізації, умовно прийнятої за першу, згідно з винаходом несуча частота зондувального імпульсу періодично коректується й настраюється на найближчий до робочої частоти локатора мінімум в амплітудно-частотному розподілі зосередженої завади, при цьому амплітудно-частотний розподіл зосередженої завади зондувального сигналу методом модельно-структурного аналізу.

Пристрій підвищення завадозахищеності акустичного локатора при впливі зосереджених акустичних завад у зоні мегаполіса, що складається з послідовно з'єднаних акустичного випромінювача-приймача, пристрою запису-обробки й індикатора, згідно з винаходом додатково містить канал адаптивної зміни несучої частоти зондувального імпульсу, що складається з послідовно з'єднаних приймального мікрофона, пристрою визначення частот мінімумів у частотному розподілі рівня зосереджених завад, пристрою вибору робочої частоти сигналу, що зондує, пристрою формування сигналу, що зондує, вихід якого підключений до акустичного випромінювача-приймача акустичних сигналів.

На кресл. зображена блок-схема пристрою.

Пристрій підвищення завадозахищеності акустичного локатора при впливі зосереджених акустичних завад у зоні мегаполіса складається з послідовно з'єднаних акустичного випромінювача-приймача 1, пристрою 2 запису-обробки, індикатора 3, каналу 4 адаптивні зміни несучої частоти зондувального імпульсу, що складається з послідовно з'єднаних прийомного мікрофона 5, пристрою 6 визначення частот мінімумів у частотному розподілі рівня завад, пристрою 7 вибору робочої частоти сигналу, що зондує, пристрою 8 формування сигналу, що зондує, вихід якого підключений до акустичного випромінювача-приймача 1 акустичних сигналів.

Спосіб здійснюється наступним чином. На поверхні Землі встановлюється акустичний випромінювач-приймач 1 акустичних сигналів, за допомогою якого вертикально нагору в атмосферу випромінюють акустичний імпульс, що формується каналом 4 адаптивної зміни несучої частоти зондувального імпульсу, і приймають луна-сигнали, що виникають внаслідок розсіювання звукової хвилі на турбулентних пульсаціях температури атмосфери. Отримані реалізації луна-сигналів надходять у пристрій 2 запису й обробки сигналів, у якому здійснюють розрахунок взаємної кореляційної функції двох послідовно отриманих реалізацій. У цьому ж пристрої 2 запису-обробки сигналу здійснюють розрахунок положення максимуму взаємної кореляційної функції на осі часу відносно початку прийому першої реалізації луна-сигналу, що визначається в момент початку випромінювання першого зондувального імпульсу. У цьому ж пристрої 2 здійснюють розрахунок вертикальної складової швидкості вітру за формулою:

$$w = \frac{C \cdot \Delta t}{2T}$$

що досліджується; Δt - зсув часу положення максимуму взаємної кореляційної функції відносно моменту часу початку першого зондування; T - період повторення зондувальних імпульсів.

Зондувальний сигнал формується каналом 4 адаптивної зміни несучої частоти зондувального імпульсу, у якому несуча частота F_s зондувального імпульсу періодично коректується й настраюється на найближчий до робочої частоти локатора мінімум в амплітудно-частотному розподілі зосередженої завади, при цьому амплітудно-частотний розподіл зосередженої завади розраховується методом модельно-структурного аналізу [3-4] на малих інтервалах часу Δt_s , на котрих величина періоду $T_p = 1/F_s$ зосередженої завади перебуває

усередині інтервалу часу $T_p = [T_{p0} \pm \xi]$ де T_{p0} - середнє значення інтервалу періодів, ξ - мала величина, при цьому акустичний сигнал зосередженої завади, прийнятий мікрофоном 5 аналізується пристроєм 6 розрахунку значень частот, при яких спостерігаються мінімуми в амплітудно-частотному розподілі зосередженої завади, й з отриманих значень мінімумів у пристрої 7 вибору значення робочої частоти вибирається й привласнюється індивідуальний код тому значенню частоти, що відповідає умові мінімуму модуля різниці між поточною робочою

частотою локатора й частотою спостережуваного мінімуму в амплітудно-частотному розподілі зосередженої завади й далі отриманий код управляє роботою пристрою 8, що відповідно до прийнятого коду формує синусоїдальний сигнал певної частоти і тривалістю рівної тривалості зондувального імпульсу із заданим періодом повторення зондувальних імпульсів акустичного локатора, при цьому процедура вибору частоти й формування зондувального сигналу повторюється з періодом, що визначається швидкодією функціонального модуля пристрою 6 визначення частот мінімумів у частотному розподілі рівня завад, тобто розрахунку частот сигналу зосередженої завади, але не повинен бути менше, ніж величина періоду повторення зондувальних імпульсів і може дорівнювати значенню, кратному числу тривалості періоду повторення зондувальних імпульсів.

Таким чином досягнуто рішення поставленої технічної задачі. А саме - підвищення заводозахищеності акустичного локатора зондування атмосфери шляхом визначення мінімумів у частотному розподілі гармонійних складових зосереджених акустичних завад і зміни несучої частоти зондувальних акустичних сигналів на частоту отриманого мінімуму, при цьому реальні частотні розподіли акустичних завад розраховують в реальному масштабі часу, для чого використовують модельно-структурний аналіз сигналів на малих інтервалах часу, де періоди сигналів основних гармонік завади залишаються відносно стабільними.

Джерела інформації:

1. Леонидов В.И., Семенец В.В. Особенности амплитудно-временной структуры помех в системах акустического зондирования атмосферы. Радиотехника: Всеукр. межвед. науч.-техн. сб. 2019. Вып. 197. С. 93 – 99.
2. В.И. Леонидов, В.В. Семенец. Анализ частотно-временной структуры акустических шумов малых автоматических азросистем. /Радиотехника: Всеукр. межвед. науч.-техн. сб. 2020. Вып. 202. С. 147 – 152.
3. Leonidov, V.I. Analysis of the models and structure of echo signals of the atmospheric acoustic sounding. Telecommunications and Radio Engineering, Vol.73, Issue (16), 2014 pages 1497-1502.
4. Semenetz V.V., Leonidov V.I. Model-structural analysis of combination interference in the problems acoustic sounding of the atmosphere. Telecommunications and Radio Engineering, Vol. 78, Issue 12, - pages 1078-1095, 2019; DOI: 10.1615/TelecomRadEng.v78.i12.60 pages 1087-1095, 2019.

ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

1. Спосіб підвищення заводозахищеності акустичного локатора при впливі зосереджених акустичних завад у зоні мегаполіса, що полягає у випромінюванні вертикально нагору в атмосфері акустичного імпульсу і прийомі луна-сигналу, розсіяного в зворотному напрямку турбулентними пульсаціями температури атмосфери, виміру вертикальної складової швидкості вітру шляхом виміру положення максимуму взаємної кореляційної функції двох реалізацій акустичних луна-сигналів, отриманих як відгуки на послідовно вироблені зондування і за тривалістю рівних періоду повторення зондувальних імпульсів, причому положення максимуму вимірюють відносно початку реалізації, що зіставляється із моментом початку випромінювання зондувального імпульсу, умовно прийнятого за перший, який **відрізняється** тим, що несучу частоту зондувального імпульсу періодично коректують і настроюють на найближчий до робочої частоти локатора мінімум в амплітудно-частотному розподілі зосередженої завади, при цьому амплітудно-частотний розподіл завади розраховують на малих інтервалах часу в додатковому каналі адаптивної зміни частоти зондувального імпульсу методом модельно-структурного аналізу.

2. Пристрій підвищення заводозахищеності акустичного локатора при впливі зосереджених акустичних завад у зоні мегаполіса, що складається з послідовно з'єднаних акустичного випромінювача-приймача акустичних сигналів, пристрою запису обробки, пристрою індикатора, який **відрізняється** тим, що додатково містить канал адаптивної зміни несучої частоти зондувального імпульсу, що складається з послідовно з'єднаних приймального мікрофона, пристрою визначення частот мінімумів у частотному розподілі рівня завад, пристрою вибору робочої частоти імпульсу, що зондує, пристрою формування імпульсу, що зондує, вихід якого підключений до акустичного випромінювача-приймача акустичних сигналів.

