



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **150132** (13) **U**  
(51) МПК

G01R 23/10 (2006.01)

G01R 17/02 (2006.01)

НАЦІОНАЛЬНИЙ ОРГАН  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ  
ДЕРЖАВНЕ ПІДПРИЄМСТВО  
"УКРАЇНСЬКИЙ ІНСТИТУТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ"

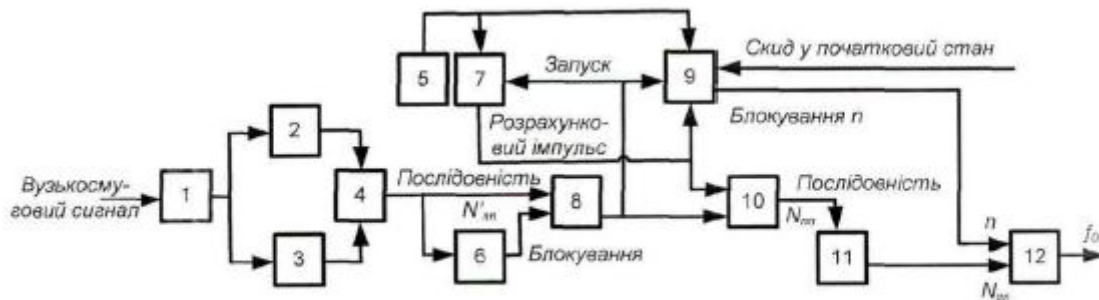
## (12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: <b>u 2021 03879</b>	(72) Винахідник(и): <b>Барась Святослав Тадіонович (UA), Крупельницький Леонід Віталійович (UA), Онищук Олег Володимирович (UA)</b>
(22) Дата подання заявки: <b>05.07.2021</b>	(73) Володілець (володільці): <b>ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ, вул. Хмельницьке шосе, 95, м. Вінниця, 21021 (UA)</b>
(24) Дата, з якої є чинними права інтелектуальної власності: <b>06.01.2022</b>	
(46) Публікація відомостей про державну реєстрацію: <b>05.01.2022, Бюл.№ 1</b>	

## (54) ВИМІРЮВАЧ ОПОРНОЇ ЧАСТОТИ ВУЗЬКОСМУГОВОГО РАДІОСИГНАЛУ ОБМЕЖЕНОЇ ТРИВАЛОСТІ

### (57) Реферат:

Вимірник опорної частоти вузькосмугового радіосигналу обмеженої тривалості містить підсилювач-обмежувач вхідного сигналу і з'єднаний з його виходом формувач імпульсів по додатному перепаду, генератор еталонної частоти, перший лічильник еталонних імпульсів, лічильник імпульсів опорної частоти та обчислювальний модуль. У нього введено формувач імпульсів по від'ємному перепаду, суматор імпульсів, формувач імпульсів блокування, другий лічильник еталонних імпульсів, елемент збігу та елемент АБО, причому вхід формувача імпульсів по від'ємному перепаду з'єднаний з виходом підсилювача-обмежувача вхідного сигналу, а вихід - з одним із входів суматора імпульсів, інший вхід якого з'єднаний з виходом формувача імпульсів по додатному перепаду, вихід суматора імпульсів з'єднаний з одним із входів елемента збігу, другий вхід якого приєднаний до виходу суматора імпульсів через формувач імпульсів блокування, вихід елемента збігу з'єднаний з одним із входів елемента АБО та паралельно з керуючими входами першого та другого лічильників еталонних імпульсів, а вихід другого лічильника еталонних імпульсів з'єднаний паралельно з блокуючим входом першого лічильника еталонних імпульсів та другим входом елемента АБО.



Фіг. 1

UA 150132 U



Корисна модель належить до області радіовимірювань, зокрема до пристроїв вимірювання частоти заповнення радіосигналу обмеженої тривалості, причому такий радіосигнал може мати властивості вузькосмугового процесу зі стрибками фази та зонами з повністю придушеною амплітудою. Зазвичай це луносигнали, що формуються в процесі роботи систем акусто-, гідро- та радіолокації. З урахуванням вузькосмуговості у подальшому будемо частоту заповнення радіосигналів називати опорною частотою.

Обмежена тривалість сигналів робить неможливим використання пристроїв вимірювання частоти, у яких за принципом роботи цей процес виявляється тривалішим самого сигналу. Не може використовуватися для вимірювання частоти на коротких часових інтервалах пристрій, робота якого базується на "захопленні" сигналу з фазовим автопідстроюванням частоти. Всі можливі варіанти побудови - це цифрові пристрої.

Відомий цифровий пристрій вимірювання частоти (Лаптев Д.В. Измерение частоты следования импульсов электрических сигналов методом совпадения, - диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. - Новосибирск, 2014. - С. 15-16, рис. 1.1, 1.2), який містить генератор опорної частоти, в подальшому - генератор еталонної частоти, з'єднаний з подільником частоти, вихід якого з'єднаний з керуючим входом ключа, а інший вхід ключа під'єднаний до виходу формувача імпульсів опорної частоти, причому вихід ключа з'єднано з входом лічильника імпульсів.

Недоліком пристрою є низька точність вимірювань, що пояснюється некогерентністю вхідного сигналу та допоміжного сигналу генератора еталонної частоти, з якого формується зразковий інтервал часу. Похибка тим більша, чим менша тривалість вхідного сигналу. Недоліком також є те, що пристрій не придатний для вимірювання частоти, якщо мають місце стрибки фази та/або сигнал містить зони з повним згасанням амплітуди, що обмежує функціональні можливості.

Найбільш близьким аналогом є цифровий вимірювач частоти (Лаптев Д.В. Измерение частоты следования импульсов электрических сигналов методом совпадения, - диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. - Новосибирск, 2014. - С. 18-19, рис. 1.3, 1.4), який містить формувач імпульсної послідовності з періодом опорної частоти, в подальшому - підсилювач-обмежувач вхідного сигналу і з'єднаний з його виходом формувач імпульсів по додатному перепаду, що з'єднаний з першим лічильником імпульсів, в подальшому - лічильником імпульсів опорної частоти, вихід якого під'єднаний до керуючого входу ключа, другий вхід ключа з'єднаний з виходом генератора еталонної частоти, а вихід ключа під'єднаний до входу другого лічильника імпульсів, в подальшому - першого лічильника еталонних імпульсів, який з'єднаний з входом обчислювального модуля.

Недоліком такого цифрового вимірювача частоти є його недостатня точність вимірювань, особливо в умовах, коли мають місце стрибки фази та/або сигнал містить зони з повним згасанням амплітуди, що обмежує його функціональні можливості.

В основу корисної моделі поставлено задачу створення вимірювача опорної частоти вузькосмугового радіосигналу обмеженої тривалості, в якому за рахунок введення нових елементів та їх розташування, з'являється можливість уникнути похибок вимірювання частоти, пов'язаних зі стрибками фази, та забезпечується проведення накопичувальних вимірювань лише з використанням зон якісного сигналу і вилучення з цієї процедури зон з придушеною амплітудою, що розширює функціональні можливості. Отже, корисна модель не лише підвищує точність, але і забезпечує можливість таких вимірювань у вузькосмугових сигналах, які зазвичай характеризуються наявністю стрибків фази на  $180^\circ$  та/або зон з повним згасанням амплітуди.

Поставлена задача вирішується тим, що у вимірювач опорної частоти вузькосмугового радіосигналу обмеженої тривалості, що містить підсилювач-обмежувач вхідного сигналу і з'єднаний з його виходом формувач імпульсів по додатному перепаду, генератор еталонної частоти, перший лічильник еталонних імпульсів, лічильник імпульсів опорної частоти та обчислювальний модуль, згідно з корисною моделлю, введено формувач імпульсів по від'ємному перепаду, суматор імпульсів, формувач імпульсів блокування, другий лічильник еталонних імпульсів, елемент збігу та елемент АБО, причому вхід формувача імпульсів по від'ємному перепаду з'єднаний з виходом підсилювача-обмежувача вхідного сигналу, а вихід - з одним із входів суматора імпульсів, інший вхід якого з'єднаний з виходом формувача імпульсів по додатному перепаду, вихід суматора імпульсів з'єднаний з одним із входів елемента збігу, другий вхід якого приєднаний до виходу суматора імпульсів через формувач імпульсів блокування, вихід елемента збігу з'єднаний з одним із входів елемента АБО та паралельно з керуючими входами першого та другого лічильників еталонних імпульсів, а вихід другого лічильника еталонних імпульсів з'єднаний паралельно з блокуючим входом першого лічильника еталонних імпульсів та другим входом елемента АБО.

Функціонування та принцип роботи вимірювача опорної частоти вузькосмугового радіосигналу обмеженої тривалості пояснюється фігурами. На фіг. 1 наведена структурна схема вимірювача. На фіг. 2 у збільшеному масштабі наведено радіосигнал у зоні стрибка фази; на фіг. 2а представлено високочастотне заповнення радіосигналу у зоні зміни знаку обвідної; на 5 фіг. 2б наведена послідовність імпульсів з періодом опорної частоти  $N$ ; на фіг. 2в послідовність імпульсів, що відповідає границям півперіодів опорної частоти  $N_{np}$ . На фіг. 3 представлений радіосигнал у зоні згасання; на фіг. 3а - високочастотне заповнення радіосигналу у зоні його згасання; на фіг. 3б наведена послідовність імпульсів опорної частоти  $N$  без зони згасання; на 10 фіг. 3в - послідовність імпульсів, що відповідає границям півперіодів опорної частоти  $N_{np}$ , з розрахунковим імпульсом; на фіг. 3г - послідовність імпульсів еталонної частоти  $n$ , яка сформована на інтервалі існування півперіодів опорної частоти.

Вимірювач опорної частоти вузькосмугового радіосигналу обмеженої тривалості (фіг. 1), містить: 1 - підсилювач-обмежувач вхідного сигналу; 2 - формувач імпульсів по додатному перепаду; 3 - формувач імпульсів по від'ємному перепаду; 4 - суматор імпульсів; 5 - генератор 15 еталонної частоти; 6 формувач імпульсів блокування; 7 - другий лічильник еталонних імпульсів; 8 - елемент збігу; 9 - перший лічильник еталонних імпульсів; 10 - елемент АБО; 11 лічильник імпульсів опорної частоти; 12 - обчислювальний модуль.

Вимірювач опорної частоти вузькосмугового радіосигналу обмеженої тривалості працює таким чином.

20 Вузькосмуговий сигнал надходить на підсилювач-обмежувач вхідного сигналу 1, який перетворює його в сигнал типу "меандр". "Меандр" надходить одночасно на формувачі імпульсів по додатному 2 і від'ємному 3 перепадах, на виходах яких створюються послідовності імпульсів, прив'язані до додатного та від'ємного перепадів "меандру" відповідно. Суматор імпульсів 4 об'єднує отримані послідовності в єдину послідовність, яка фактично відображає 25 границі півперіодів опорної частоти. На фіг. 2в наведена така послідовність зі збереженням цілісності півперіодів опорної частоти, що дозволяє уникнути похибок вимірювання частоти при наявності стрибків фази. В "меандрі" може спостерігатися "дроблення" фронтів, тому можливі хибні спрацьовування формувачів імпульсів по додатному 2 і від'ємному 3 перепадах. В результаті послідовність на виході суматора імпульсів 4 може виявитися "нечистою", тому вона

30 на схемі, фіг. 1, позначена  $N'_{nn}$ . Очищення цієї послідовності забезпечує формувач імпульсів блокування 6, який працює в режимі очікувального мультівібратора, що запускається імпульсами послідовності  $N'_{nn}$ , формуючи імпульси з тривалістю, приблизно рівною чверті періоду опорної частоти ( $T_0/4$ ). Елемент збігу 8 працює таким чином, що протягом блокувального імпульсу на його вихід імпульси послідовності опорної частоти не проходять.

35 Генератор еталонної частоти 5 формує послідовність, яка надходить на лічильні входи першого 9 та другого 7 лічильників еталонних імпульсів. Перший лічильник еталонних імпульсів 9 виконує підрахунок кількості імпульсів еталонної частоти  $n$ , яка в подальшому використовується в розрахунках опорної частоти. Його ємність повинна бути більшою кількості імпульсів для найбільшого інтервалу вимірювання. Цей лічильник устанавлюється в нульовий 40 (початковий) стан імпульсом скиду, який надходить синхронно з випроміненим черговим

радіоімпульсом. Запускається він першим імпульсом скоригованої послідовності  $N'_{nn}$  (тобто з виходу елемента збігу 8), виконує з цього моменту підрахунок еталонних імпульсів і не реагує на наступні імпульси з виходу елемента збігу 8 до тих пір, поки не буде заблокований розрахунковим імпульсом. Відновлення підрахунку цим лічильником відбувається з появою 45 після розрахункового імпульсу наступного за ним, що подається на запуск. Отже, в підсумку перший лічильник еталонних імпульсів 9 виконує підрахунок тих імпульсів еталонної частоти, які в часі збігаються з "активними" півперіодами опорної частоти. Це видно на фіг. 3г.

Другий лічильник еталонних імпульсів 7 забезпечує формування розрахункового імпульсу. Він характеризується модулем лічби  $K_{лч} = n_{np}$ , тобто лічильник повертається у початковий стан 50 після надходження  $n_{np}$  еталонних імпульсів, де  $n_{np}$  - кількість еталонних імпульсів у межах півперіоду опорної частоти. Це значення розраховується задалегідь за формулою:

$$n_{nn} = \frac{f_e}{2 \cdot f_{0n}}, \quad (1)$$

де:  $f_e$  - частота еталонного генератора;  $f_{0n}$  - найменше значення опорної частоти, що визначається призначенням системи.

Розрахунковий імпульс формується тоді, коли через згасання сигналу формування реального імпульсу не відбувається, а другий лічильник еталонних імпульсів 7 завершить підрахунок  $N_{пп}$  імпульсів. За умови якісного вхідного сигналу реальний імпульс сформується до завершення такого підрахунку. У межах тривалості луно-сигналу випадків формування розрахункових імпульсів може не бути, а може бути їх декілька.

Другий лічильник еталонних імпульсів 7 "стартує" завжди з моменту подачі імпульсу запуску з виходу елемента збігу 8 незалежно від стану, в якому він знаходиться, тобто підрахунок ним

еталонних імпульсів починається з моменту надходження кожного імпульсу послідовності  $N'_{nn}$ . Сформований ним розрахунковий імпульс надходить одночасно на блокувальний вхід першого лічильника еталонних імпульсів 9 та на один із входів елемента АБО 10. Блокування роботи першого лічильника еталонних імпульсів 9 дозволяє уникнути підрахунку еталонних імпульсів у зоні відсутності сигналу, фіг. 3г, а робота елемента АБО 10 забезпечує введення на відповідну

часову позицію в сформованій послідовності  $N'_{nn}$  розрахункового імпульсу  $i$ , таким чином, остаточне формування послідовності імпульсів опорної частоти  $N_{пп}$ , фіг. 3в.

На лічильний вхід лічильника імпульсів опорної частоти 11 надходить остаточно сформована послідовність імпульсів  $N_{пп}$ . Цей лічильник повинен визначити фактично сумарну кількість півперіодів опорної частоти, якщо сигнал мав зони згасання, або просто кількість півперіодів для випадку, коли на тривалості радіоімпульсу зон згасання не спостерігалось. Отриманий результат підрахунку з виходу лічильника у вигляді двійкового числа  $N_{пп}$  подається на обчислювальний модуль 12.

На обчислювальний модуль 12 з виходу першого лічильника еталонних імпульсів 9 надходить двійкове число  $n$  - кількість періодів еталонної частоти на інтервалі існування півперіодів опорної частоти. Це означає, що перший лічильник еталонних імпульсів 9 також, як і лічильник імпульсів опорної частоти 11, працює за принципом накопичення кількості імпульсів, якщо сигнал мав зони згасання. Таким чином, число періодів еталонної частоти  $i$  півперіодів опорної частоти, які надходять на обчислювальний модуль 12, повинні належати до одного і того ж інтервалу вимірювання в межах вхідного радіоімпульсу.

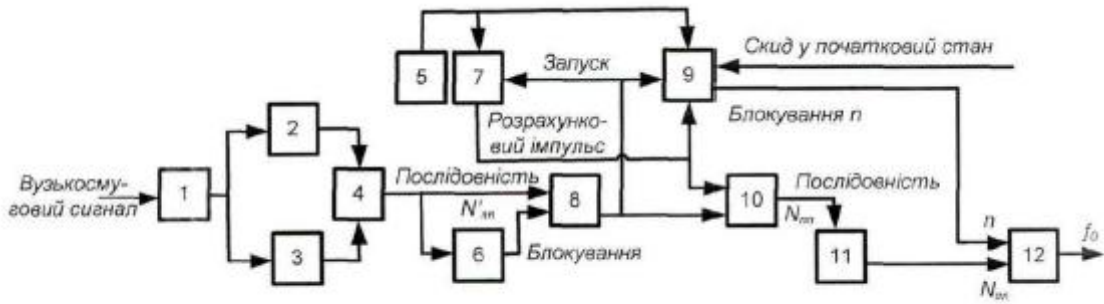
Обчислювальний модуль 12 розраховує значення опорної частоти за формулою:

$$f_0 = \frac{N_{nn} \cdot f_e}{2 \cdot n}, \quad (2)$$

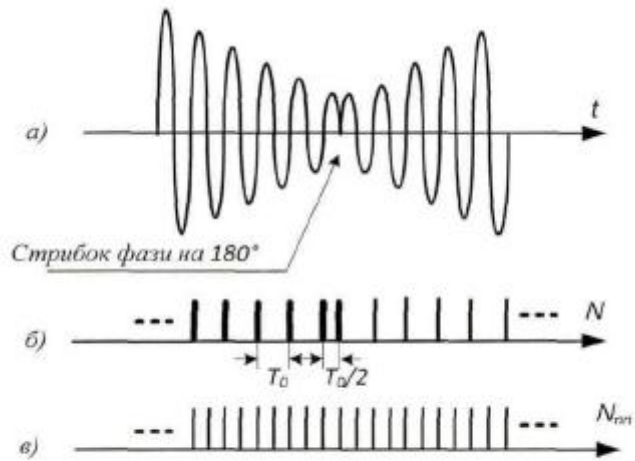
де:  $f_0$  - опорна частота;  $N_{пп}$  - кількість півперіодів опорної частоти;  $f_e$  - частота еталонного генератора;  $n$  - кількість періодів еталонної частоти на інтервалі існування півперіодів опорної частоти.

#### ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

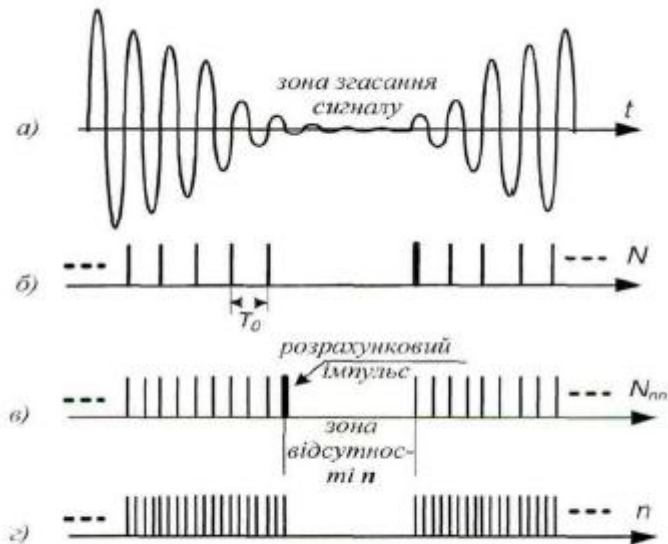
Вимірювач опорної частоти вузькосмугового радіосигналу обмеженої тривалості, що містить підсилювач-обмежувач вхідного сигналу і з'єднаний з його виходом формувач імпульсів по додатному перепаду, генератор еталонної частоти, перший лічильник еталонних імпульсів, лічильник імпульсів опорної частоти та обчислювальний модуль, який **відрізняється** тим, що у нього введено формувач імпульсів по від'ємному перепаду, суматор імпульсів, формувач імпульсів блокування, другий лічильник еталонних імпульсів, елемент збігу та елемент АБО, причому вхід формувача імпульсів по від'ємному перепаду з'єднаний з виходом підсилювача-обмежувача вхідного сигналу, а вихід - з одним із входів суматора імпульсів, інший вхід якого з'єднаний з виходом формувача імпульсів по додатному перепаду, вихід суматора імпульсів з'єднаний з одним із входів елемента збігу, другий вхід якого приєднаний до виходу суматора імпульсів через формувач імпульсів блокування, вихід елемента збігу з'єднаний з одним із входів елемента АБО та паралельно з керуючими входами першого та другого лічильників еталонних імпульсів, а вихід другого лічильника еталонних імпульсів з'єднаний паралельно з блокуючим входом першого лічильника еталонних імпульсів та другим входом елемента АБО.



Фиг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3