



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **148838** (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**

<p>(21) Номер заявки: <b>u 2021 02315</b></p> <p>(22) Дата подання заявки: <b>30.04.2021</b></p> <p>(24) Дата, з якої є чинними права інтелектуальної власності: <b>23.09.2021</b></p> <p>(46) Публікація відомостей про державну реєстрацію: <b>22.09.2021, Бюл.№ 38</b></p>	<p>(72) Винахідник(и): <b>Барась Святослав (UA), Крупельницький Леонід (UA), Онищук Олег (UA)</b></p> <p>(73) Володілець (володільці): <b>ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ, Хмельницьке шосе, 95, м. Вінниця, 21021 (UA)</b></p>
---	---

**(54) СПОСІБ ВИМІРЮВАННЯ ОПОРНОЇ ЧАСТОТИ ВУЗЬКОСМУГОВОГО РАДІОСИГНАЛУ ОБМЕЖЕНОЇ ТРИВАЛОСТІ**

**(57) Реферат:**

Спосіб вимірювання опорної частоти вузькосмугового радіосигналу обмеженої тривалості включає формування з вхідного сигналу імпульсної послідовності з періодом опорної частоти та з використанням еталонного генератора імпульсної послідовності з періодом еталонної частоти, підрахунок на часовому інтервалі вимірювання кількості імпульсів опорної частоти та кількості імпульсів еталонної частоти і визначення шляхом обчислення значення опорної частоти. З вхідного сигналу формують імпульсну послідовність з границь півперіодів опорної частоти. На інтервалі існування півперіодів опорної частоти формують послідовність імпульсів еталонної частоти. Виконують підрахунок окремими електронними лічильниками кількості сформованих імпульсів опорної частоти і відповідної кількості імпульсів еталонної частоти. Пересилають ці кількості на обчислювальний модуль та обчислюють за цими даними значення опорної частоти за формулою:

$$f_0 = \frac{N_{np} \cdot f_e}{2 \cdot n},$$

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

**UA 148838 U**



Корисна модель належить до області радіовимірювань, зокрема, до способів вимірювання частоти заповнення радіосигналу обмеженої тривалості, причому такий радіосигнал може мати властивості вузькосмугового процесу з перескоками фази та зонами з повністю придушеною амплітудою. Зазвичай це луносигнали, що формуються в процесі роботи систем акусто-, гідро- та радіолокації.

Обмежена тривалість сигналів, у межах якої повинен здійснюватися процес вимірювання частоти, відкидає способи, які потребують значного часу. Наприклад, не може використовуватися для вимірювання частоти на коротких часових інтервалах спосіб, який передбачає "захоплення" сигналу з використанням фазового автопідстроювання частоти. Всі можливі способи об'єднані під спільним поняттям - цифрові.

Відомий цифровий спосіб 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 передбачає формування з вхідного сигналу послідовності імпульсів, які прив'язані до зміни знаку сигналу та підрахунок таких імпульсів у межах зразкового інтервалу часу. Сформована послідовність імпульсів має період, що дорівнює періоду вхідної частоти, а зразковий інтервал часу задається допоміжним еталонним генератором. Далі виконують обчислення, при яких враховується кількість періодів вхідної частоти та тривалість зразкового інтервалу часу. Результатом обчислень є значення частоти вхідного сигналу.

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

Найбільш близьким аналогом корисної моделі вибрано спосіб вимірювання 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 передбачає формування послідовностей вхідної та еталонної частот, але встановлення при цьому цілого числа періодів вхідної частоти та підрахунок їх кількості електронним лічильником, після чого у цих межах виконання за допомогою електронного лічильника підрахунок кількості періодів еталонної частоти та обчислення частоти за формулою, яка враховує точну кількість періодів вхідної частоти та визначену кількість періодів еталонної частоти, а також значення еталонної частоти. Похибка зменшується при збільшенні еталонної частоти.

Недоліком такого способу є його непридатність для вимірювання частоти, якщо 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 такого способу вимірювання опорної частоти вузькосмугового радіосигналу обмеженої тривалості, в якому за рахунок переходу до формування цілого числа півперіодів вхідного сигналу, їх підрахунок та повного вилучення з обробки зон згасання сигналу підвищується не лише точність, але і забезпечується можливість таких вимірювань у вузькосмугових сигналах, які зазвичай характеризуються наявністю стрибків фази та/або зон з повним згасанням амплітуди, що сприяє розширенню функціональних можливостей.

З урахуванням вузькосмуговості сигналів у подальшому будемо користуватися більш загальним поняттям - вимірювання опорної частоти.

Поставлена задача вирішується тим, що спосіб вимірювання опорної частоти вузькосмугового радіосигналу обмеженої тривалості включає формування з вхідного сигналу імпульсної послідовності з періодом опорної частоти та з використанням еталонного генератора імпульсної послідовності з періодом еталонної частоти, підрахунок на часовому інтервалі вимірювання кількості імпульсів опорної частоти та кількості імпульсів еталонної частоти і визначення шляхом обчислення значення опорної частоти, згідно з корисною моделлю, з вхідного сигналу формують імпульсну послідовність з границь півперіодів опорної частоти, на інтервалі існування півперіодів опорної частоти формують послідовність імпульсів еталонної частоти, виконують підрахунок окремими електронними лічильниками кількості сформованих імпульсів опорної частоти і відповідної кількості імпульсів еталонної частоти, пересилають ці кількості на обчислювальний модуль та обчислюють за цими даними значення опорної частоти за формулою:

$$f_0 = \frac{n_{\text{пп}} \cdot f_e}{2 \cdot n}$$

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

5 Суть корисної моделі пояснюється кресленнями, де на фіг. 1 у збільшеному масштабі наведено радіосигнал у зоні стрибка фази; на фіг. 1а представлено високочастотне заповнення радіосигналу у зоні зміни знаку обвідної; на фіг. 1б наведена послідовність імпульсів з періодом опорної частоти  $N$ ; на фіг. 1в - послідовність імпульсів, що відповідає границям півперіодів опорної частоти  $N_{np}$ . На фіг. 2 представлений радіосигнал у зоні згасання; на фіг. 2а - високочастотне заповнення радіосигналу у зоні його згасання; на фіг. 2б наведена послідовність імпульсів опорної частоти  $N$  без зони згасання; на фіг. 2в - послідовність імпульсів, що відповідає границям півперіодів опорної частоти  $N_{np}$ , з розрахунковим імпульсом; на фіг. 2г - послідовність імпульсів еталонної частоти  $n$ , яка сформована на інтервалі існування півперіодів опорної частоти.

Спосіб здійснюється наступним чином.

15 З вхідного радіосигналу, ділянки якого наведені на фіг. 1а та фіг. 2а, з використанням двох формувачів коротких імпульсів, що працюють по додатному і від'ємному перепадах напруги відповідно, формують імпульсну послідовність з границь півперіодів опорної частоти  $N_{np}$ . Такі послідовності наведені на фіг. 1в та фіг. 2в. Фіг. 1б обґрунтовує необхідність переходу до формування імпульсної послідовності з границь півперіодів опорної частоти.

20 Якщо у вхідному сигналі має місце стрибок фази на  $180^\circ$  (див. фіг. 1а), то, як видно з фіг. 1б, він приводить до формування імпульсу, який на відміну від усіх інших відображає півперіодний інтервал,  $T_0/2$ . Тому використання імпульсної послідовності з періодом опорної частоти у таких випадках приводить до виникнення похибок вимірювання - значення частоти буде завищене.

25 Фіг. 2б і 2в демонструють, що при наявності зони згасання сигналу переривається формування імпульсних послідовностей  $N$  ( $N_{np}$ ), оскільки у таких умовах не можуть працювати відповідні формувачі імпульсів. Це означає, що для встановлення цілісного (кратного цілому числу півперіодів опорної частоти) інтервалу існування півперіодів опорної частоти може виникнути необхідність сформувати так званий "розрахунковий імпульс". Його часове положення повинно бути максимально наближеним до положення границі півперіоду і відповідати найнижчій частоті, яка априорі характеризує вхідний сигнал, що визначається призначенням системи. Технічно зручно такий імпульс сформувати на основі паралельного підрахунку кількості періодів еталонної частоти, прив'язавши цей підрахунок до тривалості кожного півперіоду. "Розрахунковий імпульс" повинен сформуватися, якщо не відбулося формування фактичного імпульсу, що відповідає границі півперіоду. Без фіксації цілісного 30 інтервалу існування півперіодів опорної частоти значення  $N_{np}$  буде заниженим, тому і результат вимірювання частоти буде хибним (виміряна частота виявиться нижчою). Таким чином, реалізується зазначена у формулі корисної моделі прив'язка формування імпульсної послідовності еталонної частоти до інтервалу існування півперіодів опорної частоти.

40 Паралельно з формуванням імпульсної послідовності з півперіодів опорної частоти формується послідовність імпульсів еталонної частоти з використанням додаткового еталонного генератора. На фіг. 2г наведена послідовність імпульсів еталонної частоти  $n$ , яка сформована лише на інтервалі існування півперіодів опорної частоти, тобто у зоні згасання сигналу формування імпульсної послідовності еталонної частоти не відбувається (або у цій зоні призупиняється їх подальший підрахунок). Частота еталонного генератора повинна бути якомога вищою і, безумовно, високостабільною. Зон згасання сигналу в межах його тривалості може бути декілька.

Після формування імпульсної послідовності з границь півперіодів опорної частоти  $N_{np}$  та послідовності імпульсів еталонної частоти  $n$  (див. фіг. 2е та 2г) здійснюється підрахунок окремими електронними лічильниками кількості сформованих імпульсів опорної частоти і 50 відповідної кількості імпульсів еталонної частоти. Якщо сигнал має декілька зон згасання, то в кінцевому вигляді визначається сумарна кількість півперіодів опорної частоти та відповідна їй сумарна кількість періодів еталонної частоти за допомогою відповідних лічильників. Ці кількості пересилають на обчислювальний модуль та обчислюють за цими даними значення опорної частоти за формулою:

55 
$$f_0 = \frac{N_{np} \cdot f_e}{2 \cdot n} ,$$

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

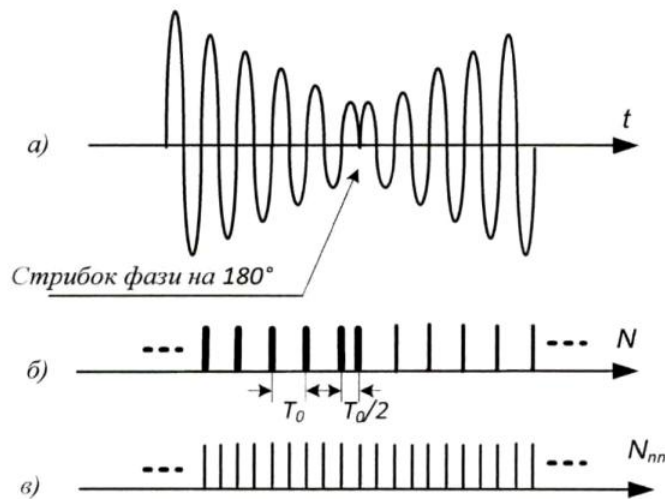
5

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

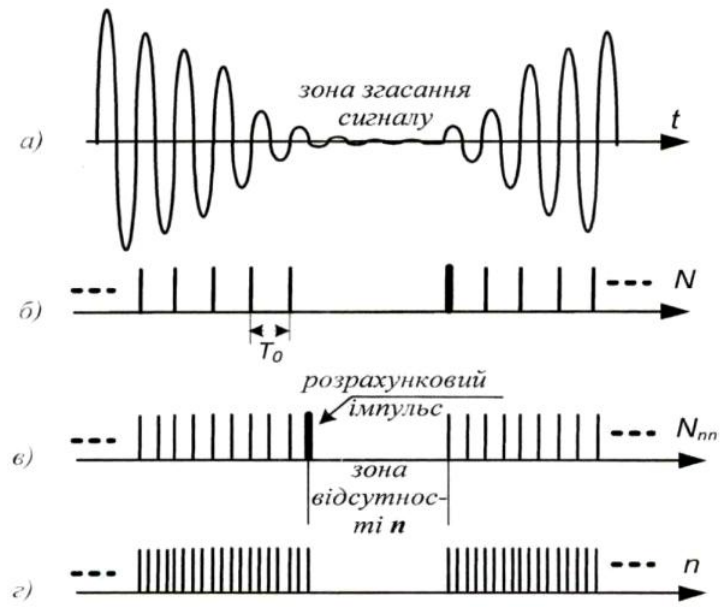
Спосіб вимірювання опорної частоти вузькосмугового радіосигналу обмеженої тривалості, що включає формування з вхідного сигналу імпульсної послідовності з періодом опорної частоти та з використанням еталонного генератора імпульсної послідовності з періодом еталонної частоти, підрахунок на часовому інтервалі вимірювання кількості імпульсів опорної частоти та кількості імпульсів еталонної частоти і визначення шляхом обчислення значення опорної частоти, який **відрізняється** тим, що з вхідного сигналу формують імпульсну послідовність з границь півперіодів опорної частоти, на інтервалі існування півперіодів опорної частоти формують послідовність імпульсів еталонної частоти, виконують підрахунок окремими електронними лічильниками кількості сформованих імпульсів опорної частоти і відповідної кількості імпульсів еталонної частоти, пересилають ці кількості на обчислювальний модуль та обчислюють за цими даними значення опорної частоти за формулою:

$$f_0 = \frac{N_{np} \cdot f_e}{2 \cdot n}$$

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



Фіг.1



Фіг.2