



УКРАЇНА

(19) UA (11) 59021 (13) U  
(51) МПК (2011.01)  
H03H 15/00

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ

## ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

видається під  
відповідальність  
власника  
патенту

### (54) ПРИСТРІЙ ДЛЯ РОЗДІЛЕННЯ РАДІОІМПУЛЬСІВ

1

2

(21) u201100378

(22) 13.01.2011

(24) 26.04.2011

(46) 26.04.2011, Бюл.№ 8, 2011 р.

(72) ПОПОВ АНДРІЙ ОЛЕКСІЙОВИЧ

(73) ПОПОВ АНДРІЙ ОЛЕКСІЙОВИЧ

(57) Пристрій для розділення радіоімпульсів, що містить блок послідовно з'єднаних елементів затримки вхідного сигналу, при цьому вхід першого елемента затримки вхідного сигналу є одночасно входом пристрою і входом блока послідовно з'єднаних елементів затримки вхідного сигналу, а вхід кожного елемента затримки вхідного сигналу, крім першого, з'єднаний з виходом попереднього елемента затримки вхідного сигналу, причому вхід

першого і вихід кожного елемента затримки вхідного сигналу є одночасно виходами блока послідовно з'єднаних елементів затримки вхідного сигналу, який **відрізняється** тим, що додатково містить блок обчислення нижньої грані, блок обчислення позитивної частини і фільтр, при цьому вихід блока послідовно з'єднаних елементів затримки вхідного сигналу з'єднаний з відповідними входами блока обчислення нижньої грані, а вихід блока обчислення нижньої грані з'єднаний із входом блока обчислення позитивної частини, причому вихід блока обчислення позитивної частини з'єднаний із входом фільтра, а вихід фільтра є виходом пристрою.

Корисна модель належить до галузі обробки сигналів, зокрема, до пристроїв розділення радіоімпульсів, а саме, до пристроїв розділення радіоімпульсів без внутрішньоімпульсної модуляції на фоні перешкод у просторі сигналів із властивостями алгебраїчної решітки.

Відомий пристрій розділення радіоімпульсних сигналів, що містить N каналів обробки, тактовий генератор, радіочастотний блок, блок формування копій сигналів і перешкод, блок порівняння, блок кореляційної обробки, L блоків підсумовування, блок формування кореляційних інтегралів, блок обчислення апостеріорних ймовірностей, блок обчислення функціонала відношення вірогідності і блок екстраполяції /1/.

Недоліком відомого пристрою розділення радіоімпульсних сигналів є складність реалізації, яка обумовлена значним обсягом апріорної інформації, необхідної для роботи пристрою та складністю структурної схеми пристрою. До недоліків відносяться також низька роздільна здатність при розділенні радіоімпульсів без внутрішньоімпульсної модуляції і низька перешкодостійкість в умовах впливу сильних перешкод.

Найбільш близьким технічним рішенням, обраним за прототип, є пристрій розділення радіоімпульсів, що містить блок послідовно з'єднаних елементів затримки вхідного сигналу, при цьому

вхід першого елемента затримки вхідного сигналу є одночасно входом пристрою і входом блока послідовно з'єднаних елементів затримки вхідного сигналу, а вхід кожного елемента затримки вхідного сигналу, крім першого, з'єднаний з виходом попереднього елемента затримки вхідного сигналу, причому вхід першого і вихід кожного елемента затримки вхідного сигналу є одночасно виходами блока послідовно з'єднаних елементів затримки вхідного сигналу /2/.

Недоліками відомого пристрою розділення радіоімпульсів є низька роздільна здатність, а також низька перешкодостійкість в умовах впливу сильних перешкод.

В основу корисної моделі поставлено задачу шляхом використання переваг простору сигналів із властивостями алгебраїчної решітки, а також за рахунок внесення відповідних змін в алгоритм роботи і конструкцію пристрою, а саме шляхом додаткового включення блока обчислення нижньої грані, блока обчислення позитивної частини і фільтра, забезпечити підвищення роздільної здатності та перешкодостійкості в умовах впливу сильних перешкод, що дозволяє усунути недоліки прототипу.

Суть корисної моделі в пристрої розділення радіоімпульсів, що містить блок послідовно з'єднаних елементів затримки вхідного сигналу, при цьому вхід першого елемента затримки вхідного

(13) U  
(11) 59021  
(19) UA

сигналу є одночасно входом пристрою і входом блока послідовно з'єднаних елементів затримки вхідного сигналу, а вхід кожного елемента затримки вхідного сигналу, крім першого, з'єднаний з виходом попереднього елемента затримки вхідного сигналу, причому вхід першого і вихід кожного елемента затримки вхідного сигналу є одночасно виходами блока послідовно з'єднаних елементів затримки вхідного сигналу, який відрізняється тим, що додатково містить блок обчислення нижньої грані, блок обчислення позитивної частини і фільтр, при цьому виходи блока послідовно з'єднаних елементів затримки вхідного сигналу з'єднані з відповідними входами блока обчислення нижньої грані, а вихід блока обчислення нижньої грані з'єднаний із входом блока обчислення позитивної частини, причому вихід блока обчислення позитивної частини з'єднаний із входом фільтра, а вихід фільтра є виходом пристрою.

Порівняльний аналіз технічного рішення, яке заявляється, із прототипом дозволяє зробити висновок, що запропонований пристрій розділення радіоімпульсів відрізняється тим, що додатково містить блок обчислення нижньої грані, блок обчислення позитивної частини і фільтр, при цьому виходи блока послідовно з'єднаних елементів затримки вхідного сигналу з'єднані з відповідними входами блока обчислення нижньої грані, а вихід блока обчислення нижньої грані з'єднаний із входом блока обчислення позитивної частини, причому вихід блока обчислення позитивної частини з'єднаний із входом фільтра, а вихід фільтра є виходом пристрою.

Суть корисної моделі пояснюється за допомогою креслень, де

на фіг. 1 представлена структурна схема запропонованого пристрою розділення радіоімпульсів;

на фіг. 2 показана осцилограма сигналу  $y_+(t)$  на виході блока обчислення позитивної частини 3 в умовах впливу на вході пристрою двох радіоімпульсів  $s_1(t)$  і  $s_2(t)$  при відсутності перешкоди  $n(t)=0$ ;

на фіг. 3 наведена осцилограма сигналу  $z(t)$  на виході пристрою в умовах впливу на вході пристрою двох радіоімпульсів  $s_1(t)$  і  $s_2(t)$  при відсутності перешкоди  $n(t)=0$ ;

на фіг. 4 показана осцилограма сигналу  $y_+(t)$  на виході блока обчислення позитивної частини 3 в умовах впливу на вході пристрою двох радіоімпульсів  $s_1(t)$  і  $s_2(t)$  у присутності перешкоди  $n(t)$ ;

на фіг. 5 наведена осцилограма сигналу  $z(t)$  (суцільною лінією) на виході пристрою в умовах впливу на вході пристрою двох радіоімпульсів  $s_1(t)$  і  $s_2(t)$  у присутності перешкоди  $n(t)$ .

Пристрій розділення радіоімпульсів конструктивно містить (див. фіг. 1): блок послідовно з'єднаних елементів затримки вхідного сигналу - 1, який містить елементи затримки вхідного сигналу - 1.1...1.N-1; блок обчислення нижньої грані - 2; блок обчислення позитивної частини - 3; фільтр - 4.

Пристрій розділення радіоімпульсів працює таким чином (див. фіг. 1).

На вході пристрою розділення радіоімпульсів спостерігається результат взаємодії двох радіоімпульсів  $s_1(t), s_2(t)$  і перешкоди  $n(t)$  в просторі сигналів із властивостями алгебраїчної решітки  $L(\vee, \wedge)$  у вигляді функції верхньої грані /3/:

$$x(t) = s_1(t) \vee s_2(t) \vee n(t) \quad (1),$$

де

$$s_{1,2}(t) \vee n(t) = \sup_L [s_{1,2}(t), n(t)] \quad s_{1,2}(t) \wedge n(t) = \inf_L [s_{1,2}(t), n(t)]$$

- функції верхньої  $s_{1,2}(t) \vee n(t)$  і нижньої  $s_{1,2}(t) \wedge n(t)$  граней відповідно.

Елементи затримки вхідного сигналу 1.1...1.N-1 блока послідовно з'єднаних елементів затримки вхідного сигналу 1 формують сукупності  $\{x(t_j)\}$  затриманих на заданий часовий інтервал  $\Delta t$  копій  $x(t_j)$  вхідного сигналу  $x(t)$ :

$$x(t_j) = s_1(t_j) \vee s_2(t_j) \vee n(t_j) \quad (2),$$

де:  $\{s_1(t_j)\}, \{s_2(t_j)\}$  і  $\{n(t_j)\}$  - часові відліки радіоімпульсів  $s_1(t), s_2(t)$  і перешкоди  $n(t)$ , які беруться через заданий часовий інтервал  $\Delta t$ ;

$t_j = t - j\Delta t$  - значення часового параметра часових відліків  $\{x(t_j)\}$  вхідного сигналу  $x(t), j = 0, 1, \dots, N-1, t_j \in T^* \subset T_S$ ;

$\Delta t$  - заданий часовий інтервал, такий що забезпечує незалежність часових відліків перешкоди  $\{n(t_j)\}$ , причому  $\Delta t = T_0 = 1/f_0$ , де  $T_0$  - період коливань, а  $f_0$  - частота радіоімпульсів  $s_1(t), s_2(t)$ ;

$T_S$  - область визначення радіоімпульсів  $s_1(t), s_2(t)$ ,

$T^*$  - інтервал обробки:  $T^* = [t - (N-1)\Delta t, t]$ ;

$N \in \mathbb{N}, N$  - множина натуральних чисел.

Блок обчислення нижньої грані 2 обчислює нижню грань  $y(t) = \bigwedge_{j=0}^{N-1} x(t - j\Delta t)$  сукупності  $\{x(t_j)\}$  затриманих на заданий часовий інтервал копій вхідного сигналу  $x(t)$  першого каналу обробки 1 (див. фіг. 1):

$$y(t) = \bigwedge_{j=0}^{N-1} x(t_j) = \bigwedge_{j=0}^{N-1} x(t - j\Delta t) \quad (3).$$

Блок обчислення позитивної частини 3 формує значення позитивної частини  $y_+(t)$  сигналу  $y(t)$  (див. фіг. 1, 2, 4):

$$y_+(t) = y(t) \vee 0 \quad (4).$$

Фільтр 4 здійснює згладжування позитивної частини  $y_+(t)$  шляхом обчислення вибіркової медіани  $\text{med}\{*\}$  сукупності  $\{y_+(t_k)\}$  часових відліків позитивної частини  $y_+(t)$  (див. фіг. 1, 3, 5), формуючи на своєму виході сигнал  $z(t)$ :

$$z(t) = \text{med}\{y_+(t_k)\} \quad (5),$$

де:  $t_k = t - \frac{k}{M} \Delta t$  - значення часового параметра часових відліків  $\{y_+(t_k)\}$  позитивної частини  $y_+(t), k = 0, 1, \dots, M-1; t_k \in \tilde{T} = ]t - \Delta t, t];$

$\tilde{T}$  - інтервал, на якому здійснюється згладжування позитивної частини  $y_+(t)$ ;

$M \in \mathbb{N}, N$  - множина натуральних чисел.

Підсумувавши, таким чином, зміст отриманих співвідношень (5), (4), (3), (2), можна зробити висновки про те, що сигнал  $z(t)$ , який виділяється за

допомогою фільтра 4, є оцінкою  $z(t) = \hat{s}_{1,2}(t)$  відкликів радіоімпульсів  $s_1(t), s_2(t)$ , що отримується шляхом згладжування позитивної частини  $y_+(t)$ , яка є результатом первинної обробки вхідного сигналу  $x(t)$ , яка здійснюється за допомогою блока обчислення нижньої грані 2 та блока обчислення позитивної частини 3.

На фіг. 2, 4 показані осцилограми сигналів  $y_+(t)$  на виході блока обчислення позитивної частини, а на фіг. 3, 5 наведені осцилограми сигналів  $z(t)$  на виході пристрою в умовах відсутності і наявності перешкоди відповідно, отримані в результаті статистичного моделювання процесу обробки вхідного сигналу у запропонованому пристрої розділення радіоімпульсів за допомогою математичного пакета MATHECAD. Наведені приклади відповідають наступним умовам. Радіоімпульси  $s_1(t), s_2(t)$  - вузькосмугові радіоімпульси без внутрішньоімпульсної модуляції; перешкода - квазібілий гаусовський шум з відношенням максимальної частоти спектральної щільності перешкоди  $f_{n,max}$  до частоти радіоімпульсів  $f_0$ :  $f_{n,max}/f_0 = 8$ ; співвідношення сигнал-перешкода для радіоімпульсів  $s_1(t), s_2(t)$  приймали значення  $E_{s1}/N_0 = 8 \cdot 10^{-7}$ ,  $E_{s2}/N_0 = 3.2 \cdot 10^{-6}$  відповідно (де  $E_{s1}, E_{s2}$  - енергії радіоімпульсів  $s_1(t), s_2(t)$ ;  $N_0$  - спектральна щільність потужності перешкоди). Число часових відліків  $N$  вхідного сигналу  $x(t)$ , які використовуються при обробці і визначаються кількістю періодів коливаний радіоімпульсів  $s_1(t), s_2(t)$ , дорівнює 10. Затримка радіоімпульсу  $s_1(t)$  відносно радіоімпульсу  $s_2(t)$  складає  $1.25T_0$ , де  $T_0$  - період коливання:  $T_0 = 1/f_0$ ,  $f_0$  - частота радіоімпульсів.

На фіг. 2 суцільною лінією показана осцилограма сигналу  $y_+(t)$  на виході блока обчислення позитивної частини 3 в умовах впливу на вхіді пристрою двох радіоімпульсів  $s_1(t)$  і  $s_2(t)$  при відсутності перешкоди  $n(t)=0$ . Радіоімпульси  $s_1(t), s_2(t)$  показано пунктирною лінією.

На фіг. 3 суцільною лінією наведена осцилограма сигналу  $z(t)$  на виході пристрою в умовах

впливу на вхіді пристрою двох радіоімпульсів  $s_1(t)$  і  $s_2(t)$  при відсутності перешкоди  $n(t)=0$ . Як видно з фіг. 3, верхи відкликів радіоімпульсів дещо зрізано, що пояснюється впливом фільтра 4, що згладжує сигнал  $y_+(t)$  на виході блока обчислення позитивної частини 3.

На фіг. 4 суцільною лінією показана осцилограма сигналу  $y_+(t)$  на виході блока обчислення позитивної частини 3 в умовах впливу на вхіді пристрою двох радіоімпульсів  $s_1(t)$  і  $s_2(t)$  у присутності перешкоди  $n(t)$ . Як можна побачити на фіг. 4, відклики радіоімпульсів  $s_1(t), s_2(t)$  на виході блока обчислення позитивної частини 3 добре помітні на фоні залишків перешкодових викидів, не дивлячись на достатньо малі співвідношення сигнал-перешкода.

На фіг. 5 суцільною лінією наведена осцилограма сигналу  $z(t)$  на виході пристрою в умовах впливу на вхіді пристрою двох радіоімпульсів  $s_1(t)$  і  $s_2(t)$  у присутності перешкоди  $n(t)$ . Порівнюючи осцилограми сигналів на фіг. 4, 5, можна помітити, що за допомогою фільтра 4, що згладжує сигнал  $y_+(t)$ , усуваються перешкодові викиди, які залишились після попередньої обробки вхідного сигналу у блока обчислення нижньої грані 2 та у блока обчислення позитивної частини 3.

Результати статистичного моделювання процесу обробки вхідного сигналу у запропонованому пристрої розділення радіоімпульсів у вигляді осцилограм сигналів  $y_+(t)$  та  $z(t)$ , які показані на фіг. 4 і фіг. 5 відповідно, свідчать про високу ефективність розділення радіоімпульсів на фоні сильних перешкод запропонованим пристроєм.

Підвищення ефективності застосування пристрою для розділення радіоімпульсів, який заявляється, у порівнянні із прототипом досягається шляхом використання переваг простору сигналів із властивостями алгебраїчної решітки, а також за рахунок внесення відповідних змін в алгоритм роботи і конструкцію пристрою, а саме, шляхом додаткового включення блока обчислення нижньої грані, блока обчислення позитивної частини і фільтра, за рахунок чого забезпечується підвищення роздільної здатності та перешкодостійкості в умовах впливу сильних перешкод.

Джерела інформації:

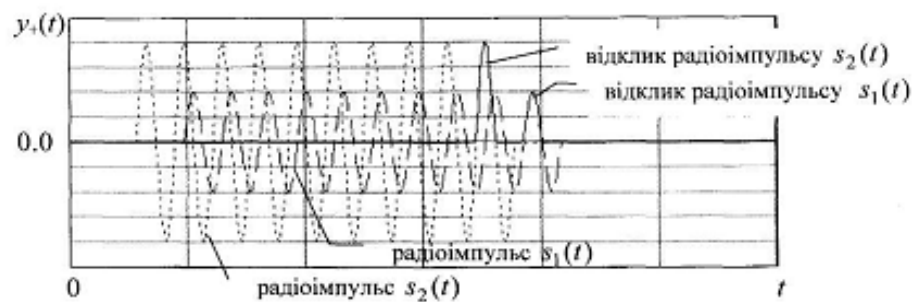
1. Егоров А.Е., Кокунин П.А., Надеев А.Ф. и др. Устройство разрешения радиоимпульсных сигналов на фоне произвольной помехи// Патент РФ 2269205, кл. H04B15/00, 2006, стор.3, фіг. 1. - аналог.

2. Ширман Я. Д. Разрешение и сжатие сигналов. М.: Сов. радио, 1974, стр.52, рис. 1.3.8 - прототип.

3. Попов А.А. Характеристики обработки гармонических сигналов на фоне помех (шумов) в условиях их взаимодействия в K-пространстве // Известия вузов. Радиоэлектроника 2008, №10, с.69-80.



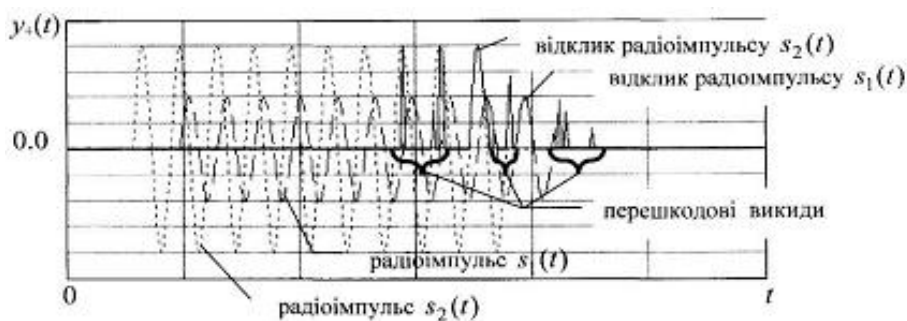
Фіг. 1



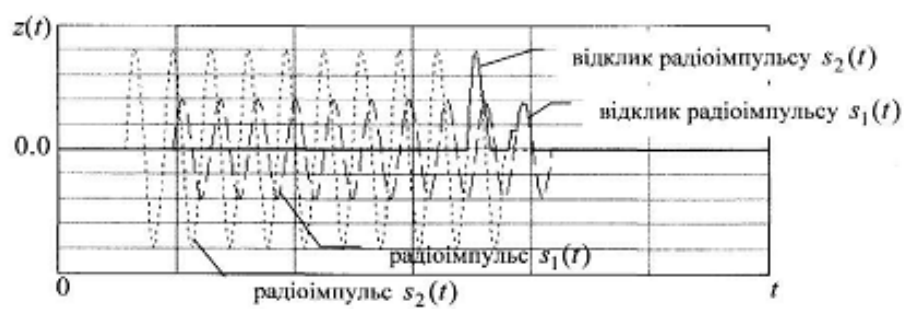
Фіг. 2



Фіг. 3



Фіг. 4



Фіг. 5