

УКРАЇНА

UKRAINE



ПАТЕНТ

НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

№ 54960

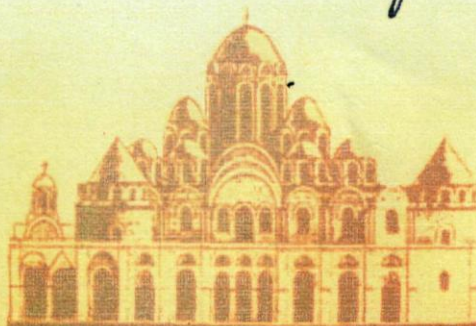
АДАПТИВНИЙ ПРИЙМАЧ ЦИФРОВОГО СИГНАЛУ

Видано відповідно до Закону України "Про охорону прав на винаходи і корисні моделі".

Зареєстровано в Державному реєстрі патентів України на корисні моделі 25.11.2010.

Голова Державного департаменту  
інтелектуальної власності

М.В. Паладій



- 
- (21) Номер заявки: **u 2010 07889**
- (22) Дата подання заявки: **24.06.2010**
- (24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: **25.11.2010**
- (46) Дата публікації відомостей про видачу патенту та номер бюлетеня: **25.11.2010, Бюл. № 22**
- (72) Винахідники:  
**Балан Микола Макарович, UA,**  
**Іскендерзаде Шахін Гусейн огли, UA,**  
**Панфілов Віктор Іванович, UA,**  
**Скопа Олександр Олександрович, UA**
- (73) Власник:  
**ОДЕСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ ЗВ'ЯЗКУ ІМ О.С. ПОПОВА,**  
вул. Ковальська, 1, м. Одеса, 65029, UA
- 

(54) Назва корисної моделі:

**АДАПТИВНИЙ ПРИЙМАЧ ЦИФРОВОГО СИГНАЛУ**

---

(57) Формула корисної моделі:

Адаптивний приймач цифрового сигналу, що включає пристрій формування відліків, симетричний тригер, опорний генератор та блок порівняння, який відрізняється тим, що введені перший блок формування різниці, вхід якого підключений до першого виходу симетричного тригера, а вихід з'єднаний з першим нелінійним перетворювачем, вихід якого з'єднаний з першим входом блока порівняння, при цьому другий вихід симетричного тригера підключений до другого нелінійного перетворювача, а вихід другого нелінійного перетворювача з'єднаний з другим входом блока порівняння, вихід якого підключений до блока приймання вирішення.



УКРАЇНА

(19) UA (11) 54960 (13) U  
(51) МПК (2009)  
H04L 27/14

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ

ОПИС  
ДО ПАТЕНТУ  
НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

видається під  
відповідальність  
власника  
патенту

(54) АДАПТИВНИЙ ПРИЙМАЧ ЦИФРОВОГО СИГНАЛУ

1

2

(21) u201007889

(22) 24.06.2010

(24) 25.11.2010

(46) 25.11.2010, Бюл. № 22, 2010 р.

(72) БАЛАН МИКОЛА МАКАРОВИЧ, ІСКЕНДЕР-ЗАДЕ ШАХІН ГУСЕЙН ОГЛИ, ПАНФІЛОВ ВІКТОР ІВАНОВИЧ, СКОПА ОЛЕКСАНДР ОЛЕКСАНДРОВИЧ

(73) ОДЕСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ ЗВ'ЯЗКУ ІМ О.С. ПОПОВА

(57) Адаптивний приймач цифрового сигналу, що включає пристрій формування відліків, симетрич-

ний тригер, опорний генератор та блок порівняння, який відрізняється тим, що введені перший блок формування різниці, вхід якого підключений до першого виходу симетричного тригера, а вихід з'єднаний з першим нелінійним перетворювачем, вихід якого з'єднаний з першим входом блока порівняння, при цьому другий вихід симетричного тригера підключений до другого нелінійного перетворювача, а вихід другого нелінійного перетворювача з'єднаний з другим входом блока порівняння, вихід якого підключений до блока приймання вирішення.

Корисна модель належить до техніки зв'язку і може бути використана у цифрових системах зв'язку та радіомовлення.

Найбільш близьким за технічною суттю є адаптивний приймач частотно-маніпульованих сигналів [1], що включає пристрій формування відліків, симетричний тригер, опорний генератор та блок порівняння.

Недоліками такого приймача в указаному прототипі є низька вірогідність приймання.

В основу корисної моделі адаптивного приймача цифрового сигналу поставлена задача зменшення зазначеного недоліку, а саме підвищення вірогідності приймання.

Суть корисної моделі адаптивного приймача цифрового сигналу, що вирішує поставлену задачу, ґрунтується на тому, що у ньому введені перший блок формування різниці, вхід якого підключений до першого виходу симетричного тригера, а вихід з'єднаний з першим нелінійним перетворювачем, вихід якого з'єднаний з першим входом блока порівняння, другий вихід симетричного тригера підключений до другого нелінійного перетворювача, а вихід другого нелінійного перетворювача з'єднаний з другим входом блока порівняння, вихід якого підключений до блока приймання вирішення.

В описі адаптивного приймача цифрового сигналу використана фіг. 1 - структурна схема адаптивного приймача цифрового сигналу.

Подана на фіг. 1 структурна схема адаптивного приймача цифрового сигналу, що забезпечує реалізацію задачі підвищення вірогідності при-

ймання, містить: 1 - пристрій формування відліків; 2 - симетричний тригер; 3 - перший блок формування різниці; 4 - перший нелінійний перетворювач; 5 - опорний генератор; 6 - блок порівняння; 7 - другий блок формування різниці; 8 - другий нелінійний перетворювач; 9 - блок приймання вирішення.

Підвищення вірогідності приймання у адаптивному приймачі цифрового сигналу здійснюється наступним чином:

Відповідно до критерію ідеального спостерігача Котельникова вираз для вибору рішення про передачу сигналу запишеться [2]:

$$\frac{W(x/a_{e+i})}{W(x/a_{e+j})} > \frac{P(a_i)}{P(a_j)}, \quad (1)$$

для всіх  $j \neq i$ ,

де  $i, j$  - індекси переданих сигналів;

$P(a_i)$  - апіорна імовірність передачі сигналу

$a_i$ ;

$W(x/a_i)$  - щільність імовірності  $x$ , якщо передавався сигнал  $a_i$ .

Імовірність помилки при прийманні посилки тривалістю  $T_0$  по прийнятих сигналах  $a_i$  можна визначити в такий спосіб: якщо в посилці укладається  $m$  сигналів  $a_i$ ,  $n$  з яких прийняті помилково, то імовірність такої події

$$P_n(m) = C_m^n \cdot p_q^n (1 - p_q)^{m-n}, \quad (2)$$

де  $p_q$  - імовірність помилки при реєстрації од-

UA (11) 54960 (13) U

ного сигналу;  $C_m^n$  - число сполучень із  $m$  по  $n$ .

Якщо умовою правильного приймання посилки тривалістю  $T_0$  є помилкове приймання не більш  $k$  сигналів, то імовірність правильного приймання визначиться виразом

$$P(n \leq k) = \sum_{n=1}^k C_m^n \cdot p_q^n (1-p_q)^{m-n} \quad (3)$$

Отже, імовірність помилки буде

$$P_{\text{пом}} = 1 - P(n \leq k) = 1 - \sum_{n=1}^k C_m^n p_q^n (1-p_q)^{m-n} \quad (4)$$

Таким чином, синтез і аналіз характеристик цифрового приймача визначає побудову адаптивного приймача цифрового сигналу з блоком порівняння і з блоком приймання вирішення, що дає можливість забезпечити розпізнавання посилки елементарного сигналу.

У приймальних пристроях ЧМ-сигналів використовуються амплітудні обмежувачі, а основна інформація про сигнал виявляється зосередженою в моментах переходу прийнятого сигналу через нуль. У цьому випадку розподіли тривалості елементарного сигналу й інтервал між ними можна замінити функціями розподілу «нулів» [3]. Момент переходу через нуль характеризується інтервалом часу  $\tau_0$  між моментами переходу через нуль напруги прийнятого сигналу й еталонного коливання. Тоді функція розподілу «нулів» буде визначатися функцією розподілу інтервалів часу  $\tau_0$ , що розглядається на прикладі синтезу цифрового приймача двійкових ЧМ-сигналів.

При передачі ЧМ-сигналу логічній одиниці (ім-

$$W(\tau_0, y_0) = \frac{1}{2\pi\sigma_0\sigma'_0} \exp\left\{-\frac{[y_0 - s(\tau_0)]^2}{2\sigma_0^2} + \frac{((\tau_0))^2}{2(\sigma'_0)^2}\right\} \int_0^\infty x' \exp\left\{-\frac{(x')^2 - 2xs'(\tau_0)}{2(\sigma'_0)^2}\right\} dx', \quad (8)$$

де  $\sigma_0^2$  - дисперсія шуму;

$(\sigma'_0)^2$  - дисперсія похідної шуму;

$y_0$  - переданий сигнал;

$s(\tau_0)$  - похідна суміші сигналу плюс шум.

$$J = (\sigma'_0)^2 \left\{ \Gamma(1) \cdot F_1\left[1, \frac{1}{2}, \frac{(s'(\tau_0))^2}{2(\sigma'_0)^2}\right] + \frac{s'(\tau_0)}{(\sigma'_0)^2} \sqrt{2(\sigma'_0)^2} \Gamma\left(\frac{3}{2}\right) F_1\left[\frac{3}{2}, \frac{3}{2}, \frac{s'(\tau_0)^2}{2(\sigma'_0)^2}\right] \right\}, \quad (9)$$

де  $\Gamma(x)$  - гама функція;

${}_1F_1(a, b, c)$  - вироджена гіпергеометрична функція.

ція.

$$(\sigma'_0)^2 = \sigma_0^2 \omega_1^2, \quad s(\tau_0) = A_m \sin \omega_0 \tau_0, \quad s'(\tau_0) = A_m \omega_0 \cos \omega_0 \tau_0, \quad y_0 = 0, \quad \Gamma(1) = 1, \quad \Gamma\left(\frac{3}{2}\right) = \frac{\sqrt{\pi}}{2},$$

одержимо функцію розподілу інтервалу часу  $\tau_0$

$$W(\tau_0) = \frac{\omega_1}{2\pi} \exp\left\{-\frac{h^2}{2} \sin^2 \omega_0 \tau_0 + \frac{\omega_0^2 h^2}{\omega_1^2} \cos^2 \omega_0 \tau_0\right\} F_1\left[1, \frac{1}{2}, \frac{\omega_0^2 h^2}{\omega_1^2} \cos^2 \omega_0 \tau_0\right] + \frac{\omega_0^2 h^2}{\omega_1^2} \cos^2 \omega_0 \tau_0 \sqrt{\frac{\pi}{2}} F_1\left[\frac{3}{2}, \frac{3}{2}, \frac{\omega_0^2 h^2}{\omega_1^2} \cos^2 \omega_0 \tau_0\right], \quad (10)$$

де  $h = \frac{A_m}{\sigma_0}$  - відношення сигнал/шум;

пульсу) відповідає частота  $\omega_{\text{імп}}$ , а логічному нулеві (паузі) - частота  $\omega_n$ , причому  $\omega_{\text{імп}} > \omega_n$ . При проходженні сигналу по каналі зв'язку тривалість періоду буде змінюватися випадково на величину  $\tau_0$ :

$$x(t) = T_i + \tau_{01}, \quad (5)$$

або

$$x(t) = T_n + \tau_{02}, \quad (6)$$

де  $T_{\text{імп}}$  - період, що відповідає частоті  $\omega_{\text{імп}}$ ;

$T_n$  - період, що відповідає частоті  $\omega_n$ .

З урахуванням (5) і (6) вираз (1) буде мати вигляд

$$\frac{W(x/T_i)}{W(x/T_n)} > \frac{P(T_n)}{P(T_i)}, \quad (7)$$

де  $P(T_n)$  і  $P(T_{\text{імп}})$  - апіорні імовірності передачі періодів, що відповідають частотам  $\omega_n$  і  $\omega_{\text{імп}}$ .

Відповідно функції  $W(x/T_{\text{імп}})$  і  $W(x/T_n)$  можна замінити функціями  $W(\tau_{01})$  і  $W(\tau_{02})$ . Тут  $\tau_0$  - інтервал між переходами через нуль напруги прийнятого сигналу й опорної напруги, у якості якого використовуються коливання з частотами  $\omega_{\text{імп}}$  і  $\omega_n$ .

При впливі завади з рівномірним енергетичним спектром функція розподілу інтервалу  $\tau_0$  визначається за виразом [3]:

Інтеграл  $J = \int_0^\infty x' \exp\left\{-\frac{(x')^2 - 2xs'(\tau_0)}{2(\sigma'_0)^2}\right\} dx'$ , що розрахований у [4] і дорівнює

3 урахуванням того, що

$\omega_1 = \frac{1}{\sigma_0} \sqrt{\int_0^\infty \omega_0^2 G(\omega) d\omega_0}$  - середньоквадратична частота енергетичного спектра шуму.

Отримана щільність (6) має досить складний вид. В окремому випадку слабких сигналів її можна спростити, розклавши у виразі (6) гіпергеометричні функції в ряд. Зробивши необхідні перетворення, одержимо

$$W(\tau_0) = \frac{\omega_0}{2\pi} \left( 1 + \frac{\omega_0}{\omega_1} \sqrt{\frac{\pi}{2}} h \cos \omega_0 \tau_0 \right).$$

Щільність імовірності при передачі сигналів з

$$\frac{1}{T_{\text{имп}}} \left( \frac{1}{\omega_1} \frac{2\pi z}{T_{\text{имп}}} \cos 2\pi \frac{\tau_{01}}{T_{\text{имп}}} + 1 \right) > \frac{P(T_n)}{P(T_{\text{имп}})} \cdot \frac{1}{T_n} \left( \frac{1}{\omega_1} \frac{2\pi z}{T_n} \cos 2\pi \frac{\tau_{02}}{T_n} + 1 \right). \quad (13)$$

Вважаємо появу періодів  $T_{\text{имп}}$  і  $T_n$  подіями рі-

$$\frac{1}{T_{\text{имп}}} \left( \frac{1}{\omega_1} \frac{2\pi z}{T_{\text{имп}}} \cos 2\pi \frac{\tau_{01}}{T_{\text{имп}}} + 1 \right) > \frac{1}{T_n} \left( \frac{1}{\omega_1} \frac{2\pi z}{T_n} \cos 2\pi \frac{\tau_{02}}{T_n} + 1 \right), \quad (14)$$

$$\text{де } z = \sqrt{\frac{2}{\pi}} \cdot \frac{A_m}{\sigma_0}.$$

Вираз (14) визначає структуру оптимального приймача ЧМ-сигналів.

Блок порівняння на етапи обробки (розпізнавання посилки в цілому) реалізує алгоритм

$$\sum_{i=1}^m a_i \begin{cases} > m - k - \text{прийнята логічна одиниця,} \\ < m - k - \text{прийнятий логічний нуль,} \end{cases}$$

де  $k$  - величина порога розрізнення.

Адаптивний приймач цифрового сигналу працює у такий спосіб: сигнал з пристрою формування відліків 1 надходить на вхід симетричного тригера 2, з одного виходу якого імпульси надходять на вхід опорного генератора 5 і забезпечують його синхронізацію, та на вхід першого блока формування різниці 3. З виходу першого блока формування різниці 3 сигнал надходить на перший нелінійний перетворювач 4, з виходу якого подається на перший вхід блока порівняння 6. З другого виходу симетричного тригера імпульси надходять на вхід другого блока формування різниці 7. З виходу другого блоку формування різниці 7 сигнал надходить на другий нелінійний перетворювач 8, з виходу якого подається на другий вхід блока порівняння 6. Нелінійні перетворювачі 4 та 8 дають можливість забезпечити більш помітну різницю

періодами  $T_{\text{имп}}$  і  $T_n$  відповідно визначаються:

$$W(\tau_{01}) = \frac{1}{T_{\text{имп}}} + \frac{2\pi}{T_{\text{имп}}^2 \omega_1} \sqrt{\frac{\pi}{2}} h \cos 2\pi \frac{\tau_{01}}{T_{\text{имп}}}, \quad (11)$$

$$W(\tau_{02}) = \frac{1}{T_n} + \frac{2\pi}{T_n^2 \omega_1} \sqrt{\frac{\pi}{2}} h \cos 2\pi \frac{\tau_{02}}{T_n}. \quad (12)$$

Після підстановки (11) і (12) у (7) одержимо

вноімовірностними, тоді (13) прийме вид

між сигналами, що знімаються з виходів першого блока формування різниці 3 та другого блока формування різниці 7. Блок порівняння вибирає більший сигнал, що надходить з першого 4 чи другого нелінійного перетворювача 8, а блок приймання вирішення 9 забезпечує розпізнавання посилки.

Отже запропонований адаптивний приймач цифрового сигналу у порівнянні з відомим прототипом дозволяє забезпечити підвищення вірогідності приймання цифрового сигналу.

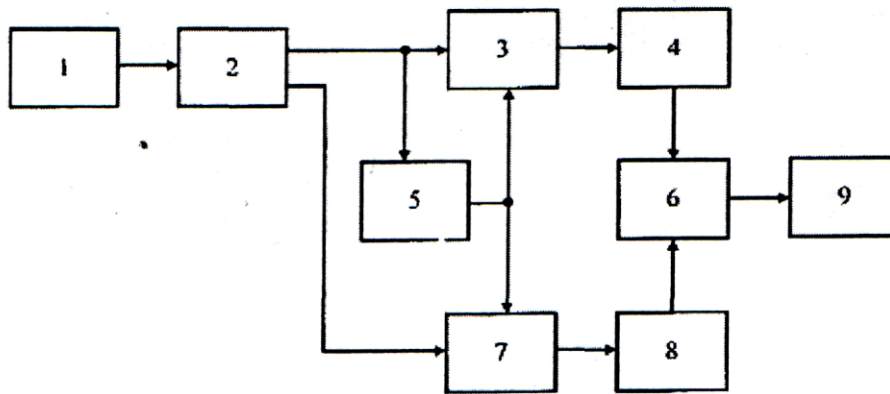
Джерела інформації:

1. Адаптивный приемник частотно-манипулированных сигналов. Авторское свидетельство СССР 766036, кл. Н 04 L 27/14. И.П. Панфилов, М.Т. Козаченко, Н.П. Белевский. Заявл. 31.07.78 2654088/18-09. Опубл. 23.09.80. Бюллетень № 35.

2. Панфилов И.П. Синтез цифровых приемников частотно-манипулированных сигналов. - Теория передачи информации по каналам связи: Сборник научных трудов учебных институтов связи. Л.: изд. ЛЭИС, 1984, с. 84-90.

3. Пестряков В.Б. Фазовые радиотехнические системы. - М.: Сов. радио, 1968. - 382 с.

4. Мидлтон Д. Введение в статистическую теорию связи. - М.: Сов. радио, 1962. - 732 с.



Фиг. 1