



УКРАЇНА

(19) UA (11) 17320 (13) U  
(51) МПК (2006)  
H04B 17/00МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ

## ОПИС

ДО ДЕКЛАРАЦІЙНОГО ПАТЕНТУ  
НА КОРИСНУ МОДЕЛЬвидається під  
відповідальність  
власника  
патенту

## (54) ПРИСТРІЙ ФОРМУВАННЯ БАГАТОПОЗИЦІЙНИХ БАГАТОЧАСТОТНИХ СИГНАЛІВ

1

2

(21) u200603712

(22) 04.04.2006

(24) 15.09.2006

(46) 15.09.2006, Бюл. № 9, 2006 р.

(72) Бабіч Василь Дмитрович, Яриловець Артем Васильович, Пасічник Сергій Григорович

(73) Бабіч Василь Дмитрович, Яриловець Артем Васильович, Пасічник Сергій Григорович

(57) Пристрій формування багатопозиційних багаточастотних сигналів, що складається з генератора високостабільного опорного несучого коливання, вихід якого підключений до опорного входу першого змішувача і через пристрій обертання фази на  $\pi/2$  до опорного входу другого змішувача, а виходи першого і другого змішувачів з'єднані зі входом суматора, вихід якого є виходом формувача багатопозиційного сигналу, при цьому його вхід з'єднаний з першим входом шифратора та з входом пристрою виділення тактової частоти, вихід якого підключений до входу першого подільника тактової частоти, а його вихід з'єднаний з другим входом шифратора, два виходи якого є виходами формувача квадратурних складових, який **відрізняється** тим, що додатково введені

другий подільник частоти, третій, четвертий, п'ятий і шостий змішувачі, пристрій віднімання і додатковий суматор, а також формувач опорних функцій модуляції, при цьому перший вихід формувача квадратурних складових з'єднаний з сигнальними входами третього і п'ятого змішувачів, а його другий вихід з'єднаний з сигнальними входами четвертого і шостого змішувачів, опорні входи третього і шостого змішувачів об'єднані і підключені до другого виходу формувача опорних функцій модуляції, перший вихід якого з'єднаний з об'єднаними опорними входами четвертого і п'ятого змішувачів, при цьому виходи третього і четвертого змішувачів підключені до входів пристрою віднімання, вихід якого з'єднаний з сигнальним входом першого змішувача, а сигнальний вхід другого змішувача підключений до виходу додаткового суматора, входи якого з'єднані з виходами п'ятого і шостого змішувачів, об'єднаний вихід першого подільника тактової частоти підключений до першого входу формувача опорних функцій модуляції, другого входу шифратора і входу другого подільника тактової частоти, вихід якого з'єднано з другим входом формувача опорних функцій модуляції.

Корисна модель належить до галузі багатоканальних систем радіозв'язку, радіосистем з багатостанційним доступом, а також до інших телекомунікаційних систем в яких застосовуються багатопозиційні багаточастотні сигнали. Корисна модель може бути використана для формування багатопозиційних багаточастотних сигналів (ББЧС).

Відомі пристрої формування багатопозиційних сигналів [Див. Авт. св. СРСР №429546, №4784444, №428564, 230902, №544173, №755151, №1259500, №1345361, [4] (рис. 1.7, ст. 24), [1] (рис. 3.77, ст. 137)].

З відомих пристроїв формування багатопозиційних сигналів найбільш близьким по технічній суті та за сукупністю ознак є пристрій [1] (рис. 3.77, ст. 137), що є прототипом. Цей пристрій формування багатопозиційних сигналів складається з

генератора високостабільного опорного несучого коливання, пристрою обертання фази на  $\pi/2$ , двох змішувачів, суматора та формувача квадратурних складових, до складу якого входить: шифратор багатопозиційного коду, пристрій виділення тактової частоти і перший дільник тактової частоти. При цьому, вхід формувача багатопозиційного сигналу з'єднаний з першим входом шифратора і зі входом пристрою виділення тактової частоти, вихід якого підключено до входу першого дільника тактової частоти. Вихід першого дільника тактової частоти з'єднаний з другим входом шифратора, два виходи якого є виходами формувача квадратурних складових. Вихід генератора високостабільного опорного несучого коливання підключений до опорного входу першого змішувача і через пристрій обертання фази на  $\pi/2$  до опорного входу другого змішувача. Виходи першого і другого змішувачів

(13) U

(11) 17320

(19) UA

з'єднані зі входами суматора, а його вихід є виходом формувача багатопозиційного сигналу.

Однак, відомий пристрій формування багатопозиційних сигналів не забезпечує можливості формування ББЧС виду частотно-часових послідовностей в яких в процесі модуляції несуча частота змінюється стрибками [2, 3]. Відомий факт пояснюється тим, що в формувачі квадратурних складових прототипу формуються квадратурні низькочастотні напруги  $a_s(t)=a(t)\sin\varphi(t)$  та  $a_c(t)=a(t)\cos\varphi(t)$ , де  $a(t)$  і  $\varphi(t)$  - амплітуда і фаза цих квадратурних величин, що визначаються у відповідності з багатопозиційним кодом. При цьому  $a(t)$ ,  $\varphi(t)$ , а також квадратурні складові є постійними в часі на тривалості передавання одного символу, що дорівнює тривалості вхідного блоку даних. В наслідок цього в прототипі відсутня можливість передавання блоків даних у вигляді послідовностей  $M$  - радіоімпульсів з різними значеннями частот з набору  $f_1, f_2, \dots, f_M$  [2, 3], які можуть бути підданий маніпуляції по амплітуді і фазі  $i$ , крім того, закон зміни несучих частот може бути визначений довільним чином.

Поставлена мета - забезпечення формування ББЧС з довільною амплітудно-фазовою маніпуляцією - досягається усуненням деяких відрізняючих ознак прототипу і його доповненням рядом суттєвих нових ознак. Завдяки цьому забезпечується можливість формування ББЧС виду частотно-часових послідовностей з можливістю незалежної модуляції кожного частотно-часового елементу з застосуванням різних типів багатопозиційної модуляції (BPSK, QPSK, 8-PSK, 16-QAM, 32-QAM, 64-QAM і т.д.). В відомий пристрій [1] додатково введені другий дільник тактової частоти, третій, четвертий, п'ятий і шостий змішувачі, пристрій віднімання, додатковий суматор, а також формувач опорних функцій модуляції. При цьому, перший вихід формувача квадратурних складових з'єднаний з сигнальними входами третього і п'ятого змішувачів, а його другий вихід з'єднаний з сигнальними входами четвертого і шостого змішувачів. Опорні входи третього і шостого змішувачів об'єднані і підключені до другого виходу формувача опорних функцій модуляції, перший вихід якого з'єднаний з об'єднаними опорними входами четвертого і п'ятого змішувачів. Виходи третього і четвертого змішувачів підключені до входів пристрою віднімання, вихід якого з'єднаний з сигнальним входом першого змішувача, а сигнальний вхід другого змішувача підключений до виходу додаткового суматора, входи якого з'єднані з виходами п'ятого і шостого змішувачів. Об'єднаний вихід першого дільника тактової частоти підключений до першого входу формувача опорних функцій модуляції, другого входу шифратора і входу другого дільника тактової частоти, вихід якого з'єднано з другим входом формувача опорних функцій модуляції.

На Фіг.1 приведена структурна схема пристрою формування ББЧС вигляду частотно-часових послідовностей. На Фіг.2-4 приведені спектральні і часові характеристики ББЧС виду оптимальних частотно-часових послідовностей [2, 3] сформованих на виході імітаційної моделі при-

строю формування ББЧС виконаною в системі MATLAB при  $i=1$ ,  $\varphi(k)=\pi/2$ ,  $a(k)=1$  та  $M=4$ ,  $M=6$ ,  $M=12$  у відповідності.

Пристрій формування ББЧС реалізується за допомогою:

- 1 - генератора високостабільного опорного несучого коливання;
- 2 - пристрою обертання фази на  $\pi/2$ ;
- 3 - першого змішувача;
- 4 - другого змішувачів;
- 5 - суматора;
- 6 - формувача квадратурних складових;
- 7 - шифратора;
- 8 - пристрою виділення тактової частоти;
- 9 - першого дільника тактової частоти;
- 10 - другого дільника тактової частоти;
- 11 - третього змішувача;
- 12 - четвертого змішувача;
- 13 - п'ятого змішувача;
- 14 - шостого змішувача;
- 15 - пристрою віднімання;
- 16 - додаткового суматора;
- 17 - формувача опорних функцій модуляції.

Пристрій формування ББЧС працює наступним чином. На вхід формувача квадратурних складових 6 поступають вхідні інформаційні біти. Пристрій виділення тактової частоти 8 визначає моменти тактових точок, що є кратні тривалості біта. Тактові імпульси з виходу цього пристрою надходять до входу першого дільника тактової частоти 9. Коефіцієнт ділення частоти цього пристрою визначається позиційністю коду, що застосовується для внутрішньої маніпуляції кожного частотно-часового елементу. Шифратор 7 розбиває вхідний потік бітів на блоки по  $n=\log_2 m$  біт кожен, де  $m$  - позиційність коду що застосовується. Отже, тривалість блоку буде дорівнювати тривалості частотно-часового елементу. На виходах шифратора формуються складові  $A_\varphi(k)=a(k)\cos\varphi(k)$  та  $\hat{A}_\varphi(k)=a(k)\sin\varphi(k)$  з відповідними значеннями амплітуди  $a(k)$  та фази  $\varphi(k)$ , де  $k=1, M$  - номер частотно-часового елементу ББЧС [3]. З виходу шифратора складова  $A_\varphi(k)$  надходить на входи третього 11 і п'ятого 13 змішувачів, а  $\hat{A}_\varphi(k)$  на входи четвертого 12 і шостого 14 змішувачів. Пристрій формування опорних функцій модуляції 17 виконує формування синфазних  $I_i(t,k)$  і квадратурних  $Q_i(t,k)$  складових опорних функцій модуляції, де  $k=1, M$  - номер реалізації частотно-часових послідовностей [2, 3]. Це формування відбувається у відповідності від структури багатопозиційного сигналу (від  $M$ ) та швидкості передачі інформації. Опорні функції модуляції можливо визначити, як

$$I_i(t,k) = \sin\left[\frac{\pi \cdot C(i,k)}{\tau_0}\right], \quad (1)$$

$$Q_i(t,k) = \cos\left[\frac{\pi \cdot C(i,k)}{\tau_0}\right],$$

де  $C(i,k)$  - деякий багатопозиційний сигнал, що однозначно визначається матрицею номерів частот [2];

$\tau_0$  - час тривалості одного частотно-часового

елементу.

Формування опорних функцій модуляції детермінованого ББЧС [2] можливо здійснити попереднім розрахунком їх значень з встановленим кроком дискретизації та збереженням їх в пам'яті пристрою. Це забезпечується завдяки тому, що для незмінної структури сигналу їх значення є однако-вим для кожної відповідної точки. У разі зміни структури частотно-часового сигналу здійснюється новий розрахунок цих значень і проводиться пере-запису їх в пам'ять. Процес формування опорних функцій модуляції здійснюється зволікання їх з пам'яті, що значно підвищує бистротю цього при-строю. Для синхронізації роботи шифратора і при-строю формування опорних функцій модуляції використовується пристрій виділення тактової час-тоти 8, перший 9 і другий 10 дільники частот. Імпульси синхронізації з виходу першого дільника час-тоти визначають часові межі частотно-часового елемента (параметр  $k$  в формулі (1)), а імпульси синхронізації з виходу другого дільника визнача-ють моменти часу початку формування чергового ББЧС. На вхід другого дільника частоти поступа-ють імпульси з виходу першого дільника, при цьо-му коефіцієнт ділення другого дільника тактової частоти встановлюється відповідно до кількості частотно-часових елементів ( $M$ ) в ББЧС. З виходу першого дільника, також, частота поступає на ке-руючий вхід шифратора і перший вхід пристрою формування опорних функцій модуляції, до друго-го входу якого поступає частота з виходу другого дільника частоти. У відповідності до значення ке-руючої інформації пристрій формування опорних функцій модуляції формує значення  $I_i(t, k)$  і  $Q_i(t, k)$ , що надходять на входи четвертого 12 і шостого 14 та третього 11 і п'ятого 13 змішувачів у відповідно-сті. Складові з виходів третього  $A_\varphi(t, k) \cdot Q_i(t, k)$  та четвертого  $\hat{A}_\varphi(t, k) \cdot I_i(t, k)$  змішувачів поступають на вхід пристрою віднімання 15, а з виходів п'ятого  $\hat{A}_\varphi(k) \cdot Q_i(t, k)$  та шостого  $A_\varphi(k) \cdot I_i(t, k)$  змішувачів на вхід додаткового суматора 16. Внаслідок чого, на виході пристрою віднімання отримуються наступні складові

$$a_c(t, k) = A_\varphi(t, k) \cdot Q_i(t, k) - \hat{A}_\varphi(t, k) \cdot I_i(t, k), \quad (2)$$

а на виході додаткового суматора

$$a_s(t, k) = A_\varphi(t, k) \cdot I_i(t, k) + \hat{A}_\varphi(t, k) \cdot Q_i(t, k). \quad (3)$$

З пристрою віднімання складові  $a_c(t, k)$  посту-пають на вхід першого змішувача 3 синфазного каналу. З виходу додаткового суматора складові  $a_s(t, k)$  поступають на другий змішувач 4 квадрату-рного каналу. Генератор високостабільного опор-ного коливання 1 здійснює формування базисних опорних складових  $\sin 2\pi f_0 t$ , де  $f_0$  - несуча частота ББЧС. Ці складові поступають на опорний вхід першого змішувача і на пристрій обертання фази

на  $\pi/2$  2, що здійснює зсув базисних опорних скла-дових високостабільного опорного генератора на величину  $\pi/2$ . В наслідок цього на його виході утворюються базисні опорні складові  $\cos 2\pi f_0 t$ , що надходять на опорний вхід другого змішувача 4. В результаті на виході першого змішувача утворю-ються синфазні  $A_c(t) = a_c(t, k) \cdot \sin 2\pi f_0 t$ , а другого змі-шувача - квадратурні  $A_s(t) = a_s(t, k) \cdot \cos 2\pi f_0 t$  складові ББЧС. Вони надходять на входи суматора 5, на виході якого утворюється ББЧС

$$A_i(t) = A_c(t) + A_s(t). \quad (4)$$

Якщо в вираз (4) підставити всі викладені ви-ще значення і зробити перетворення і скорочення то отримаємо

$$A_i(t) = a(k) \cdot \sin[2\pi f(t, k)t + \varphi(k)], \quad (5)$$

де  $f(t, k)$  - значення частоти для  $k$ -го частотно-часового елемента.

Як видно з [2, 3] вираз (5) повністю описує ББЧС виду ЧЧП з довільним видом фазової, або фазової і амплітудної маніпуляції кожного частот-но-часового елемента.

Пристрій що пропонується, дозволяє розши-рити функціональні можливості за рахунок забез-печення формування ББЧС у якого кожен частот-но-часовий елемент може бути проманіпульованим по фізі, або по фазі і амплітуді незалежно один від одного. При цьому, кожен но-вий черговий блок інформаційних бітів буде пере-даватися на іншій частоті. При швидких інтерфе-ренційних замираннях, що виникають в умовах інтерференційного поширення радіохвиль, забез-печується підвищення завадостійкості завдяки реалізації ідеї рознесення передавання по частоті [4].

Список використаної літератури:

1. Бабич В.Д., Кувшинов О.В., Лівенцев С.П., Лежнюк О.П. Модульовані сигнали: Навчальний посібник. - К.: КВІУЗ, 2001. с. 136-141.
2. Бабіч В.Д., Пасічник С.Г., Яриловець А.В. Кореляційні характеристики ширококутових сиг-налів телекомунікаційних систем на основі фазо-частотно-часових послідовностей. Зв'язок. - 2006 - №2 с. 55-58.
3. Бабіч В.Д., Пасічник С.Г., Яриловець А.В. Ширококутовий сигнал з стрибкоподібною зміною частоти для високошвидкісних цифрових тропос-ферних радіоліній. Зв'язок. - 2006 - №1 с. 53-57.
4. Борисов В.И., Зинчук В.М., Лимарев А.Е., Мухин Н.П., Шестопапов В.И. Помехозащищё-ность систем радиосвязи с расширением спектра сигналов методом псевдослучайной перестройки рабочей частоты. - М.: Радио и связь, 2000. - 384 с.



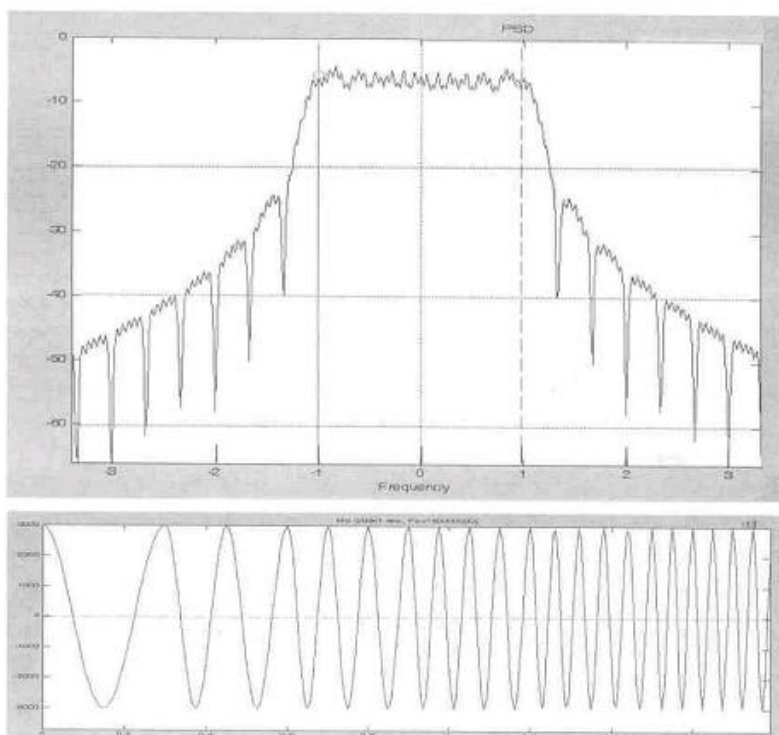


Fig. 3

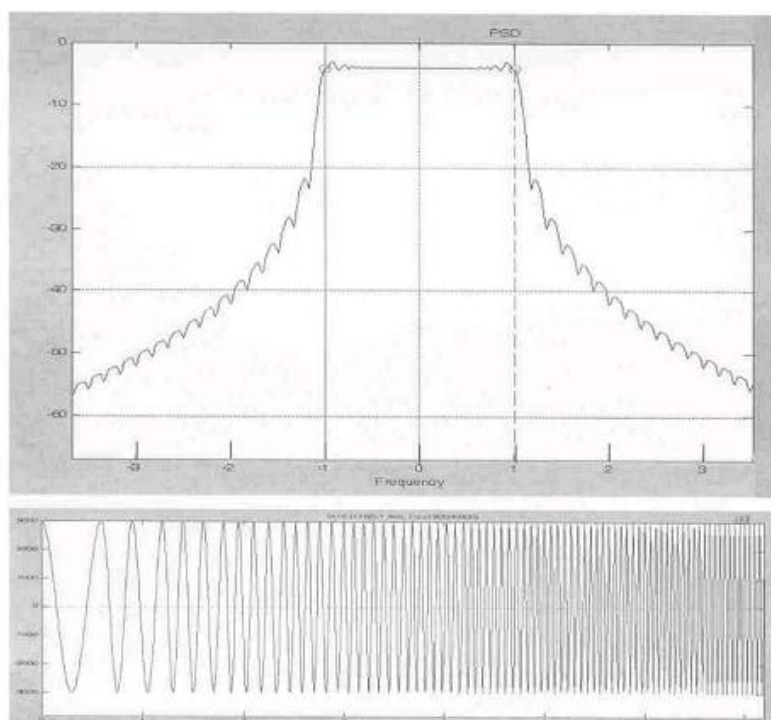


Fig. 4