



ЗАЯВКА ЗА ПАТЕНТ
ЗА
ИЗОБРЕТЕНИЕ

(51) Int.Cl.

H 04 L 27/00

H 04 L 27/16

H 04 B 1/00 (2006.001)

ПАТЕНТНО ВЕДОМСТВО

(21) Заявителски № 113236

(22) Заявено на 01.10.2020

(24) Начало на действие
на патента от:

Приоритетни данни

(41) Публикувана заявка в
бюлетин № на

(56) Информационни източници:

(62) рег. №

(71) Заявител(и):

Институт по металознание, съоръжения и
технологии с център по хидро и
аеродинамика "Академик Ангел Балевски"
при БАН, 1574 София, бул. "Шипченски
проход" N 67

(72) Изобретател(и):

Огнян Димов Тодоров; Николай Личков
Георгиев

(74) Представител по индустриална
собственост:

Валери Стефанов Пъневски, 1574 София,
бул. "Шипченски проход" 67

(86) № на PCT заявка:

(87) № и дата на PCT публикация:

**(54) УСТРОЙСТВО ЗА ФОРМИРАНЕ НА ИМПУЛСНИ СМУЩЕНИЯ НА СИСТЕМИ, ИЗПОЛЗВАЩИ
ФАЗОВА МОДУЛАЦИЯ**

(57) Изобретението "Устройство за формиране на импулсни смущения на безжични системи, използващи фазова модулация" осигурява формиране на смущения под формата на серии от импулси, като всяка серия е съставена от импулси със случайна начална фаза, с носеща честота, равна на носещата честота на смущаваната система и с продължителност, равна на периода на фазовата модулация на смущаваната система. Изобретението осигурява чувствително изкривяване на фазата на полезния сигнал от смущаваната система. Поради това, ефективното възпрепятстване на получаваното на кодираното чрез фазовата модулация съобщение се постига при незначителни стойности на отношението между енергиите на смущението и на полезния сигнал. По този начин, при еднакви други условия, се постига значително увеличаване на радиуса на действията на Изобретението в сравнение с този на други системи на създаване на смущения.

1 претенция, 1 фигура



Николай Личков Георгиев

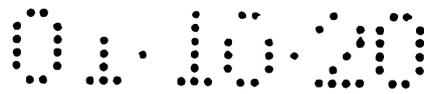
Огнян Димов Тодоров

Устройство за формиране на импулсни смущения на системи, използващи фазова модулация

ОБЛАСТ НА ТЕХНИКАТА

Изобретението се отнася до устройство за формиране на импулсни смущения на безжични системи, използващи фазова модулация. За смущаване на тези системи се използват различни устройства, които обикновено формират смущаващ сигнал под формата на непрекъснато излъчване в честотната лента, съответстваща на тази, на която работи смущаваната система, който е с амплитудна шумова модулация [1-13]. Не съществуват данни за използването на шумова фазова или честотна модулации на смущаващия сигнал, вероятно поради по-големите технически проблеми, свързани с тяхното създаване, както и поради риска от формиране на смущения извън честотната лента на смущаваната система. Недостатък на известните устройства е, че тяхното използване не влияе чувствително върху изкривяването на фазата на полезния сигнал на смущаваната система, поради което ефективното възпрепятстване на получаването на кодираното чрез фазовата модулация съобщение се постига при значителни стойности на отношението между енергиите на смущението и на полезния сигнал.

Изобретението се отнася до „Устройство за формиране на импулсни смущения на безжични системи, използващи фазова модулация“, което при еднакви други условия да е с по-голям радиус на действие от



съществуващите, което се постига чрез изкривяване на фазата на полезния сигнал на даден канал на смущаваната система. Устройството е приложимо и при многоканални системи (подобни на тези, използвани в спътниковите навигационни системи), като в тези случаи е целесъобразно да се използват поне по едно устройство за всеки канал.

ПРЕДШЕСТВАЩО СЪСТОЯНИЕ НА ТЕХНИКАТА

Едни от най-разпространените системи, използващи фазова модулация, са тези за спътникова навигация от типа на GPS (САЩ), Galileo (ЕС), GLONASS (Русия), BeiDou (Китай), NAVIC (Индия) и QZSS (Япония) [1-13]. Те предават данни от спътници до приемните модули по няколко радио канала, имащи различни работни честоти. Най-често използваните способности за достъп до данните, предавани от спътниците са многостанционно кодово разделяне на каналите (CDMA) и множествен достъп с честотно разделяне (FDMA). Независимо от способа за разделяне на каналите, полезната информация се предава чрез фазова модулация на носещите честоти с един или два псевдо случайни кода и с т.нар. навигационно съобщение [1-13]. Тези кодове имат характеристики, близки до случаен шум, но с циклични повторения. Към псевдослучайните сигнали се добавят чрез сума по модул навигационните данни, които се съдържат в бордовите компютри на спътниците и се актуализират от земния команден център. Всеки спътник се идентифицира по псевдо случаен номер (PRN-number), което позволява използването на една и съща честота за всички спътници.

Съществуват два вида псевдослучайни кодове, които се използват при GPS: C/A-код („clear/access“ или „coarse/acquisition“ code) и P-код („private“ или „precise“ code). C/A-кодът се състои от 1023 бита с повторение 1 милисекунда. Всеки спътник излъчва уникална поредица от 1023 бита, което позволява на приемника да го различи от останалите. Прецизният P-код се използва за военни цели и представлява псевдослучаен код с цикъл на

повторение 267 дни. Всеки спътник излъчва уникален отрязък от този код, който се променя всяка седмица.

Едни от най-добрите системи за създаване на смущения на безжични системи, използващи фазова модулация, интегрирана в системата за борба с беспилотни летателни апарати (БЛА), са AARTOS, ND-BU002 и SKYLOCK [8,9,10]. Системата AARTOS е разработена и се произвежда от немската компания AARONIA AG се разработва и усъвършенства в продължения на близо десет години, като в момента е разработено шесто поколение на същата, а за 2019 г. от нея са продадени над 100 инсталации в цял свят. Методът за работа на системата AARTOS се свежда до откриване на БЛА чрез комбинация от пасивни радио сензори, откриващи излъчванията на бордовите модули на системите за управление на БЛА, радиолокационен сензор (по желание на клиента) и оптически сензори. За нарушаване на работата на средствата за спътникова навигация се формират непрекъснати, амплитудно модулирани смущения.

Системата за борба с БЛА ND-BU002 - High-end UAV Detecting and Jamming System е разработена от американската фирма NOVOGUARD GROUP. Тази система е в състояние да работи продължително време в автоматичен режим, като използва за основен сензор трикоординатен активен радар и насочващ се автоматично дневно-нощен оптичен сензор.

Средството за противодействие на БЛА ND-BU002 е девет канална система за смущаване с дистанционно управление, използващо насочена антена, монтирана на платформа от типа „Pan-Tilt“ за автоматично завъртане на излъчването по посока на БЛА. Нарушаването на работата на средствата за спътникова навигация се осъществява чрез смущаване на трите основни честотни канали на GPS посредством формирането на три канални непрекъснати, амплитудно модулирани смущения.

Системата на фирма SKYLOCK, която е част от израелската корпорация Avnon Group, включва блок за създаване на смущения, който формира вертикално поляризирани излъчвания в пет честотни ленти, едното



от които е предназначено за смущаване на един от каналите на GPS посредством непрекъснати, амплитудно модулирани смущения.

ТЕХНИЧЕСКА СЪЩНОСТ

Задачата на изобретението е да се създаде Устройство за формиране на импулсни смущения на безжични системи, използващи фазова модулация.

За тази цел се предлага устройство (Фигура 1), което чрез широколентова насочена или ненасочена приемна антена и усилвател (1) регистрира наличието на безжични системи, използващи фазова модулация и чрез блока за анализ на сигнала и управление (2) избира конкретната система, която да бъде смущавана и определя нейните носеща честота (f_r) и периодичност на фазовата модулация (τ_r). След това блокът за анализ на сигнала и управление (2) изключва за предварително зададен период от време приемната антена и усилвателя (1) и подава към блок за формиране на запускащи импулси (3) команда за започване на работа и данни за избраната за смущаване безжична система, използваща фазова модулация.

След изтичане на предварително зададения период от време за изключване на приемната антена и усилвателя (1), блокът за анализ на сигнала и управление (2) го включва в работен режим и изключва блока за формиране на запускащи импулси (3).

В периода, през който блокът за формиране на запускащи импулси (3) е включен в работен режим, той формира поредица от импулси с продължителност, равна на периода на фазовата модулация на смущаваната система (τ_r) и с период на повторение (T_s), превишаващ незначително периода на повторение на фазовата модулация на смущаваната система ($T_s = \tau_r + \epsilon$). Тези импулси постъпват на входа на управляема линия за задръжка (4), имаща n броя изходи, като закъснението между два съседни изхода ΔT , се регулира от блока за анализ на сигнала и управление (2), така че да осигурява появяването в рамките на периода на фазовата модулация на смущаваната система (τ_r) на един импулс от всеки един от изходите на

управляема линия за задръжка (4) (в частност това закъснение би могло да е еднакво, т.е. $\Delta T = \tau_r/n$). Получените от всеки изход на линията за задръжка серии от запускащи импулси постъпват на входа управляеми генератори на импулсни смущения (5) и ги включват в работен режим, при което те, по данни от блока за анализ на сигнала и управление (2), настройват носещата си честота така, че тя да съвпада с честотата на смущаващата система (f_r) и формират импулси със случайна начална фаза. Тези импулси постъпват на входа на усилватели с насочени или ненасочени излъчващи антени (6), от изхода на които те се излъчват по посока на смущаваната система. Стойността на ϵ се избира така, че да е равна или по-голяма от времето, необходимо за преминаване на управляемите генератори на импулсни смущения (5) в готовност за генериране на нов импулс след приключване на генерирането на предишния импулс.

Функционирайки по описания начин Устройството формира смущения под формата на n броя серии от импулси, като всяка серия е съставена от импулси със случайна начална фаза, с носеща честота, равна на носеща честота на смущаваната система и с продължителност, равна на периода на фазовата модулация на смущаваната система (τ_r).

В резултат на това, на входа на смущаваната система за един период на фазова модулация ще постъпят n броя импулсни смущения, които частично се препокриват във времето, при което всеки от тези импулси ще е със случайна начална фаза. Ето защо описаното „Устройство за формиране на импулсни смущения на безжични системи, използващи фазова модулация“, осигурява чувствително изкривяване на фазата на полезния сигнал на смущаваната система. Поради това ефективното възпрепятстване на получаването на кодираното чрез фазовата модулация съобщение ще се постигне при незначителни стойности на отношението между енергиите на смущението и на полезния сигнал. По този начин, при еднакви други условия, се постигат значително увеличаване на радиуса на действията на Устройството в сравнение с този на други системи за създаване на смущения.



ОПИСАНИЕ НА ПРИЛОЖЕНИТЕ ФИГУРИ

Приложената Фиг. 1 представлява блокова схема на „Устройството за формиране на импулсни смущения на безжични системи, използващи фазова модулация“.

ПРИМЕР ЗА ИЗПЪЛНЕНИЕ НА ИЗОБРЕТЕНИЕТО

Изобретението „Устройството за формиране на импулсни смущения на безжични системи, използващи фазова модулация“ е реализирано в работен образец, разработен от ИМСТЦХА „Академик Ангел Балеvски“ - БАН „Стационарна система за радиоелектронно противодействие на безпилотни летателни апарати ADD- SSRI“, която е предназначена за създаване на смущения на системите за спътникова навигация и наземно управление на безпилотните летателни апарати с малък радиус на действие за продължителен период от време. Наред с останалите компоненти, тази система включва блокове за създаване на смущения на каналите L1 (1575.42 MHz), L2 (1227.6 MHz) и L5 (1176.45 MHz) на навигационната система GPS, които са сред най-разпространените безжични системи, използващи фазова модулация.

Основните технически характеристики на ADD- SSRI са:

Зона за смущаване:

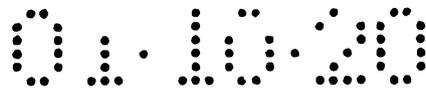
- по разстояние до 5 000 м.;
- по азимут – по избор на потребителя 360° или 180° ;
- по ъгъл на място - 90° .

Изходна мощност за всеки отделен канал – не по-малка от 50 Wt;

Захранване – 220V/50Hz (по избор на клиента - 110V/60Hz и 24 V);

Работна температура – от минус 40 °C до плюс 65 °C.

При реализирането на работния образец на „Стационарна система за радиоелектронно противодействие на безпилотни летателни апарати ADD- SSRI“ се отчита, че данните за наличието носещите честоти (f_r) и



периодичността на фазовата модулация (τ_r) на смущаваните системи, формиращи навигационните съобщения в каналите L1, L2 и L5 са известни, както и хипотезата за това, че тези системи действат непрекъснато. Поради това в примера за изпълнение на „Устройството за формиране на импулсни смущения на безжични системи, използващи фазова модулация“, реализиран чрез работен образец на блоковете за създаване на смущения на каналите L1, L2 и L5 на навигационната система GPS от състава на „Стационарна система за радиоелектронно противодействие на безпилотни летателни апарати ADD-SSRI“, не са включени приемната антена и усилвателя (1) и блока за анализ на сигнала и управление (2).

Системата ADD- SSRI има три едновременно работещи канала. След включване на системата SSRI в работен режим, всеки от каналите включва в работен режим блок за формиране на запускащи импулси (3), който формира поредица от импулси с продължителност, равна на периода на фазовата модулация на смущаваната система (τ_r) и с период на повторение (T_s), превишаващ незначително периода на повторение на фазовата модулация на смущаваната система ($T_s = \tau_r + \varepsilon$).

Отчитайки, че използваните в тази навигационна система:

- сигналът C/A е 1023 бита е с повторение от една милисекунда (т.е. неговата честота на излъчване е 1,023 МгХц , или един бит се излъчва за $10^{-3}/1023 = 0.97752 \cdot 10^{-6}$ секунди - от където следва, че периодът на неговата фазовата модулация е 0,97752 микросекунди);

- Р-кодът е с цикъл 266,4 дни и е от $2,3547 \cdot 10^{14}$ бита с честота на излъчване от 1,023 ГХц (т.е. отчитайки, че 266.4 дни са 23016960 секунди, то един бит се излъчва за $0.97746 \cdot 10^{-7}$ секунди - от където следва, че периодът на неговата фазовата модулация е 97.746 наносекунди);

- Честотата L1 е модулирана с два кода, а докато честотата L2 е модулирана само с един военен код, като и двете честоти са модулирани с навигационно съобщение. Последното е 37 500 битово и се излъчва за 12.5 минути (т.е. отчитайки, че 12.5 минути са 750 секунди, то един бит се



излъчва за $750/37500 = 0,02$ секунди - от където следва, че периодът на неговата фазовата модулация е 20 милисекунди), във всеки от каналите се формират запускащи импулси с продължителност съответно от 20 милисекунди, 0,97752 микросекунди или 97.746 наносекунди.

Тези импулси постъпват на входа на управляеми линии за задръжка, имащи 2 броя изходи, като закъснението между два съседни изхода е равно на 0.5 от продължителността на запускащите импулси. Получените от всеки изход на линията за задръжка серии от запускащи импулси постъпват на входа генератори на импулсни смущения и ги включват в работен режим, при което те формират импулси със случайна начална фаза. Сигналите от изхода на генераторите на импулсни смущения постъпват на входа на усилватели с ненасочени излъчващи антени, от изхода на които те се излъчват по посока на смущаваната система.

ПРИЛОЖЕНИЕ (ИЗПОЛЗВАНЕ) НА ИЗОБРЕТЕНИЕТО

Изобретението е предназначено да се използва в редица системи за възпрепятстване на неразрешено функциониране на средства, използващи безжични системи с фазова модулация, като например беспилотни и пилотируеми летателни, сухопътни и плавателни средства.

В тази връзка, изобретението е свързано с изпълнение на Работен пакет 2 „Интелигентни системи за сигурност“ на Проект BG05M2OP001-1.002-0006 Център за компетентност “Квантова комуникация, интелигентни системи за сигурност и управление на риска” (Quasar), финансиран от Оперативна програма „Наука и образование за интелигентен растеж“ 2014-2020, съфинансирана от Европейския съюз чрез Европейските структурни и инвестиционни фондове.

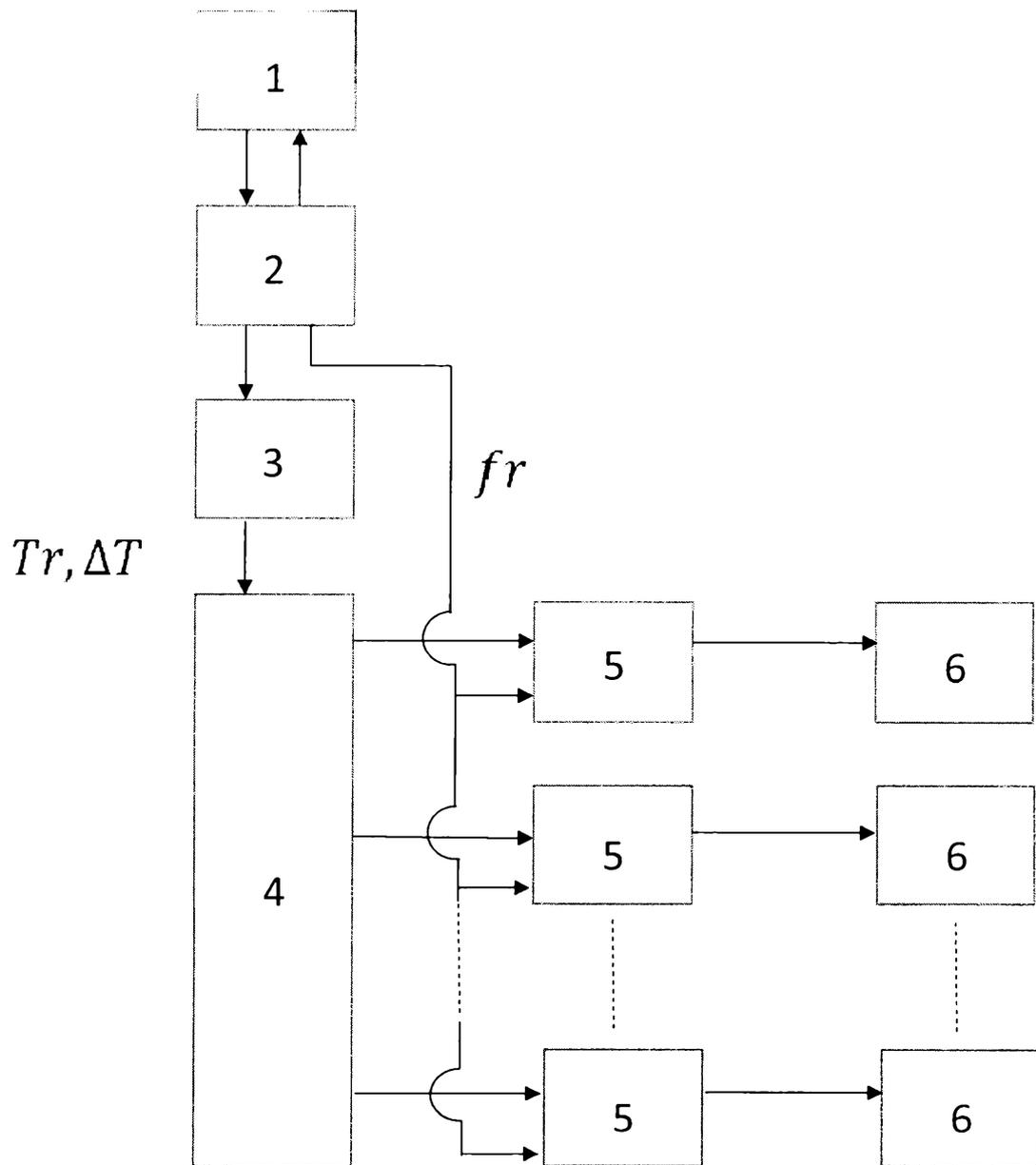
ЛИТЕРАТУРА

1. Unmanned Aerial Vehicles Systems Airworthiness Requirements (USAR) [Text]: STANAG 4671, NSA/0976 (2009)-JAIS/4671, Edition 1;

2. Беспилотные авиационные системы (БАС) [Текст]: ICAO CIR 328 AN/190 ИКАО. – Монреаль, Канада: ИКАО, 2011;
3. Общее понятие беспилотного мобильного средства, <http://helpiks.org/6-70012.html>;
4. https://en.wikipedia.org/wiki/satellite_navigation#cite_note-18;
5. Концепция за въздушно наблюдение и разузнаване с БЛА, МО, 2012 г., www.mod.bg/bg/doc/drugi/20120607_Koncepcia_vazdushno_nabljudenie.pdf;
6. А. Г. Корченко, О.С. Ильяш, Обобщённая классификация беспилотных летательных аппаратов, Национальный авиационный университет, Киев, https://zhups_2012_4_9.pdf;
7. Хасъмски А. И., Начев А. Д., Проектиране на БЛА - методи и ефективност, Годишник на Институт за перспективни изследвания за отбраната, 2002 г. стр. 14-22;
8. <https://drone-detection-system.com>;
9. <https://www.nqdefense.com/products/anti-drone-system/nd-bu002-high-end-anti-drone-system>;
10. https://www.skylock1.com/?utm_source=google&utm_medium=cpc&utm_term=skylock&utm_campaign=skylock&gclid=EAIAIQobChMIrpzq9vqN6wIVWe3tCh1ULw4EEAAYASAAEgIEtfD_BwE;
11. https://en.wikipedia.org/wiki/Field-programmable_gate_array;
12. <file:///C:/Users/Lishkov/AppData/Local/Microsoft/Windows/INetCache/IE/J362FJAE/assembly-instructions-kt-ac3dr-01.pdf>;
13. <https://www.dji.com/bg/phantom-3-standard>.

ПАТЕНТНА ПРЕТЕНЦИЯ

Устройството за формиране на импулсни смущения на безжични системи, използващи фазова модулация, състоящо се от широколентова приемна антена и усилвател (1), чиито изход и вход са свързани с блока за анализ на сигнала и управление (2) и усилватели с излъчващи антени (6), чиито входове са свързани с управляеми генератори на импулсни смущения (5), ХАРАКТЕРИЗРИЩО СЕ С ТОВА, че единият вход на управляемите генератори на импулсни смущения (5), този който регулира работната му честота, е свързан с единия изход на блока за анализ на сигнала и управление (2), този който дава данни за работната честота на смущаваната система (f_r), а другият вход на управляемите генератори на импулсни смущения (5), този който го включва в работа, е свързан с изхода на управляема линия за задръжка (4), като единият вход на управляема линия за задръжка (4), този който регулира времето на закъснение между два нейни съседни изхода (ΔT), е свързан с изхода на блока за анализ на сигнала и управление (2), този който дава команди за управление на времето на закъснение между нейните съседни изхода (ΔT), а другият вход на управляемата линия за задръжка (4) е свързан с изхода на блока за формиране на запускащи импулси (3), чиито вход е свързан с изхода на блока за анализ на сигнала и управление (2), този който дава данни за периода на фазовата модулация на смущаваната система (τ_r).



Фиг. 1: Блокова схема на „Устройство за формиране на импулсни смущения на системи, използващи фазова модулация“