

Нижче по контексту пропонується варіант структурної схеми модернізованого радіовисотомера (рис. 2), що відрізняється наявністю блоків: хаотичним модулятором (ХМ) і демодулятором хаотичного сигналу (ДХС).

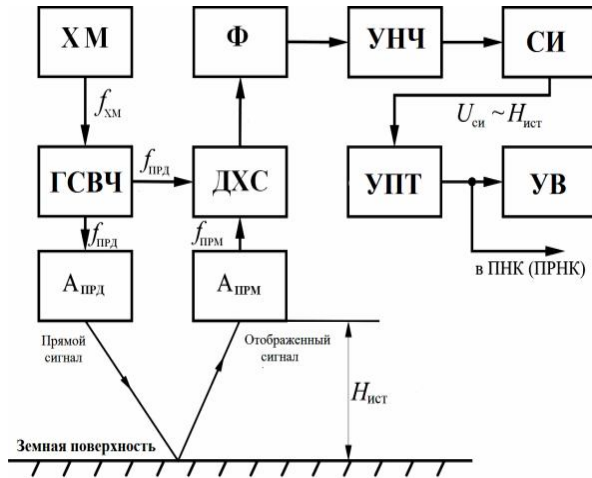


Рис. 2. Структурная схема модернізованого радіовисотомера

Генератор хаотичного процесу описується нелінійним диференціальним рівнянням першого порядку Ікеди [10]:

$$\dot{x}(t) = -x(t) + \mu \cdot \sin(x(t - \tau_0) - \psi), \quad (1)$$

де ψ – фазовий зсув; μ – коефіцієнт пропорційності зворотного зв'язку; τ_0 – час затримки [10].

Підмешивання імпульсів відліку $s(t)$ в хаотичний процес, виконується маніпуляцією динамічної змінної $x(t)$ наступним чином [5]:

$$\dot{x}(t) = -(x(t) + s(t) \cdot c) + \mu \cdot \sin(x(t - \tau_0) - \psi), \quad (2)$$

де c – рівень імпульсів $s(t)$.

В якості прикладу на рис. 3 наведено часову реалізацію хаотичного сигналу (ХС) $x(t)$, отриманого в результаті моделювання алгоритму (2) при таких значеннях: $\mu=50$, $\tau=800$, $c=10$ і $\psi=\pi/2$. Диференціальне рівняння Ікеди (2) розв'язувалося чисельним методом Рунге – Кутти четвертого порядку з кроком інтегрування $h = 0,001$ і початковими значеннями $x(t_0 \div t_\tau) = 0,01$.

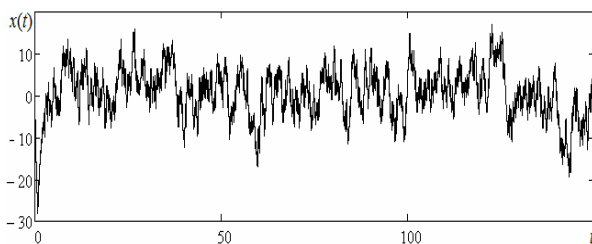


Рис. 3. Часова реалізація ХС

Легко помітити, що часову реалізацію $x(t)$ (рис. 3) зовні схожо на випадковий процес.

Разом з тим, на рис. 4 демонструється фазовий портрет хаотичного сигналу, який дозволяє по його структурі вивчити стани динамічної системи в різних коливальних режимах.

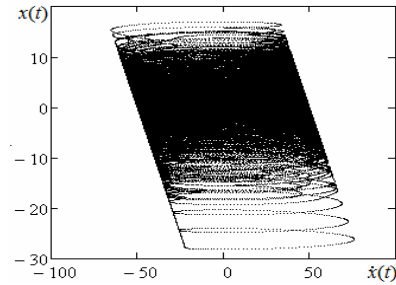


Рис. 4. Фазовий портрет ХС

Видно, що аттрактор (рис. 4) динамічної системи (2) має складну структуру і отождествляє хаотичний режим.

Крім цього досліджуються автокореляційна функція $C(n)$ хаотичного сигналу і його енергетичний спектр $G(\omega)$, які представлені на рис. 5 і 6.

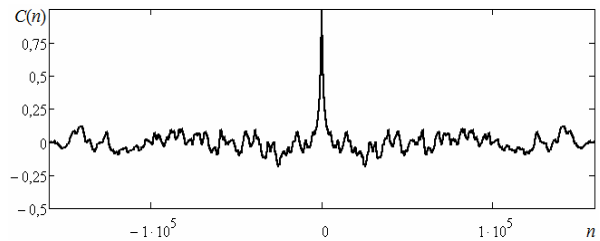


Рис. 5. Автокореляційна функція ХС

Звернемо увагу, що на автокореляційній функції хаотичного сигналу (рис. 5) спостерігається максимум при $n = 0$ і зменшуючі до нуля бокові криві при $n \rightarrow \pm \infty$.

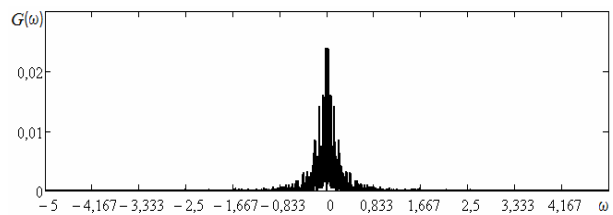


Рис. 6. Енергетичний спектр ХС

Відзначимо, що на рис. 6 енергетичний спектр хаотичного сигналу має властивості динамічного хаосу, характеризується як вузькополосний шум.

Не зважаючи на загальне висловлене, нижче пропонується алгоритм виділення імпульсів по спостереженню хаотичного сигналу $y(t)$, який виконується зверненням рівняння (2) відносно $s(t)$ при умові, що відомі параметри дина-

мической системы в результате этого, получили выражение [5]:

$$s(t) = (\mu \cdot \sin(x(t - \tau_0) - \psi) - y(t) - \dot{y}(t)). \quad (3)$$

Поскольку в выражении (3) производная хаотического сигнала $\dot{o}(t)$ неизвестна, однако доступно наблюдение $o(t)$, то воспользовавшись численным методом приближенного дифференцирования по четырем дискретным отсчетам, получили недостающую производную $\dot{o}(t)$ [5].

На рис. 7 приведена зависимость $s(t)$, полученная в результате моделирования алгоритма измерения высоты, на основе системы Икеды. Кривая 1 отображает излученные импульсы, а кривая 2 отраженные импульсы. После процедуры выделения импульсов $s(t)$, сигнал ограничивался по уровню.

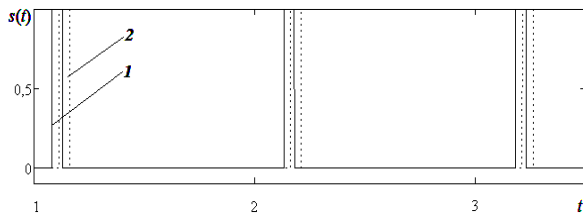


Рис. 7. Временная диаграмма

Временная диаграмма, изображенная на рис. 7, подтверждает адекватность предложенной математической модели измерения истинной высоты, с использованием хаотического процесса.

Выводы

Таким образом, в работе предложен вариант структурной схемы бортового радиовысотомера, с использованием генератора хаотических сигналов, практическая реализация которого не требует существенного изменения конструкции оборудования радиовысотомера. Кроме этого, рассмотренная математическая модель измерения истинной высоты, позволяет повысить скрытность функционирования («под шум») радиовысотомера летательного аппарата.

ПІДВИЩЕННЯ СКРИТНОСТІ БОРТОВОГО РАДІОВИСОТОМІРА, ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ХАОТИЧНОГО ПРОЦЕСУ, СФОРМОВАНОГО НЕЛІНІЙНОЇ ДИНАМІЧНОЇ СИСТЕМОЮ ІКЕДИ

О.М. Барсуков, С.С. Сергеев, В.В. Ткачук, А.С. Болдирев

У статті розглядається метод підвищення скритності (маскування) радіовисотомір літального апарату, з використанням хаотичного процесу, генерованого нелінійної динамічної системою Ікеди. Пропонується структурна схема модернізованого радіовисотомір великих висот.

Ключові слова: хаотичний процес, скритність, радіовисотомір.

INCREASED STEALTH AIRBORNE RADAR ALTIMETER, USING CHAOTIC PROCESS GENERATED BY NONLINEAR DYNAMICAL SYSTEM OF IKEDA

A.N. Barsukov, S.S. Sergeev, V.V. Tkachuk, A.S. Boldirev

This article discusses a method of increasing masking altimeter aircraft using chaotic process generated by a nonlinear dynamical system Ikeda. Offered a block diagram of the upgraded altimeter greater heights.

Keywords: chaotic process, hiding, radio altimeter.

Список литературы

1. Иванов И. Содержание и роль радиоэлектронной борьбы в операциях XXI века / И. Иванов, И. Чадов // За рубежомное военное обозрение. – 2011. – №1. – С. 14-20.
2. Васюта К.С. Мультирадарная информационно-измерительная система на основе хаотических сигналов / К.С. Васюта, Ф.Ф. Зоц, С.В. Озеров // Радиотехнические и телекоммуникационные системы. – Муром.: МВЛГУ, 2013. – Вып. 3 (11). – С. 25-32.
3. Васюта К.С. Анализ влияния флуктуаций параметров хаотического сигнала на качество его корреляционной обработки в измерительных радиотехнических системах / К.С. Васюта, Ф.Ф. Зоц, С.В. Озеров // Системи обробки інформації. – Х.: ХУПС. – 2012. – Вып. 7 (105). – С. 60-63.
4. Васюта К.С. ММО РЛС основанная на применении ортогональных хаотических сигналов в сетцентрической системе ПВО / К.С. Васюта, Ф.Ф. Зоц, С.Н. Ковалевский // Системи обробки інформації. – Х.: ХУПС. – 2013. – Вып. 1 (108). – С. 21-24.
5. Барсуков А.Н. Выделение бинарного сообщения по наблюдению хаотического сигнала, сформированного динамической системой Икеды / А.Н. Барсуков // Збірник наукових праць ХУПС. – Х.: ХУПС. – 2013. – Вып. 2 (35). – С. 67-70.
6. Фалькович С.Е. Основы статистической теории радиотехнических систем. Учеб. пособие / С.Е. Фалькович, П.Ю. Костенко. – Х.: Нац. аэрокосмический ун-т «Харьк. авиац. ин-т», 2005. – 390 с.
7. Рябцов А.Л. Бортовые средства радионавигации / А.Л. Рябцов, В.Я. Нартов, А.И. Яковлев. – М.: Воен. изд., 1993. – 300 с.
8. Ярлыков М.С. Авиационные радионавигационные устройства и системы / М.С. Ярлыков, В.А. Болдин, А.С. Богачев. – Изд. ВВИА им. проф. Н.Е. Жуковского, 1980. – 384 с.
9. Суханов О.Ю. Бортові радіонавігаційні пристрої та системи. Ч.1. Амплітудні та частотні радіонавігаційні пристрої: навч. посіб. / О.Ю. Суханов, О.Ю. Яценюк. – Х.: ХУПС, 2013. – 230 с.
10. Laurent Larger From Flow to Map in an Experimental High-Dimensional Electro-Optic Nonlinear Delay Oscillator / Larger Laurent, Lacourt Pierre-Ambroise, Poincot Ste.phane, and Hanna Marc // PHYSICAL REVIEW LETTERS PRL 95. – 2005. – 043903. – P. 043903-(1-4).

Поступила в редколлегию 19.02.2014

Рецензенты: канд. техн. наук, ст.научн. сотр. А.А. Красноуцкий; канд. техн. наук, доц. А.Ю. Суханов, Харьковский университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба, Харьков.