УДК 621.391

А.А. Гризо, С.В. Бровченко

Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків

ІМОВІРНІСНА МОДЕЛЬ ФЛУКТУАЦІЙ АМПЛІТУДИ ВІДЛІКІВ ХАОТИЧНОЇ ІМПУЛЬСНОЇ ПЕРЕШКОДИ

На підставі уявлення процесів як процесів зі змінною потужністю, запропоновано варіант дискретно-безперервного опису флуктуацій амплітуди відліків хаотичної імпульсної перешкоди, в якості імовірнісної моделі зміни потужності використано узагальнений гамма-розподіл. Отримано розрахункові формули, які дозволяють чисельно оцінити ймовірність появу нульового і "значущого" відліку, середнє значення. Отримані результати можуть бути корисними при проведенні математичного моделювання та розрахунків.

Ключові слова: *хаотичні імпульсні перешкоди, нестаціонарна шумова перешкода, гамма-розподіл.*

Вступ

При вирішенні широкого кола задач аналізу впливу імпульсних перешкод на показники якості радіолокаційної системи методом математичного або імітаційного моделювання необхідна зручна імовірнісна модель флуктуацій амплітуди сигналів імпульсної перешкоди яка б дозволяла змінювати окремі числові характеристики процесу, що моделюється, при збереженні енергетичних співвідношень.

Постановка проблеми. У літературі описаний цілий ряд варіантів опису імпульсних перешкод різної структури та походження. У [1] на підставі уявлення процесів як процесів зі змінною потужністю запропоновано статистичний опис флуктуацій квадратурних складових та огинаючої адитивної суміші шуму та імпульсної перешкоди, що узагальнює основні одномодальні закони розподілу і дозволяє апроксимувати з необхідним ступенем точності ті існуючі закони розподілу, які неможливо отримати у вигляді окремих випадків з більш простих (Хойта, Релея та ін.) розподілів:

У якості закону розподілу потужності використано узагальнений гамма-розподіл [2]:

$$W\left(\sigma^2\right)=\frac{\left(\sigma^2\right)^{\Delta^{-2}-1}}{\left(m\cdot\Delta^2\right)^{\Delta^{-2}}\cdot\Gamma\left(\Delta^{-2}\right)}\cdot\exp\left(-\frac{\sigma^2}{m\cdot\Delta^2}\right). \quad (1)$$

де $m=\left\langle\sigma^2\right\rangle$ середнє значенням потужності, а Δ – відносна величина, що характеризує середній розмах флуктуацій потужності $\sqrt{\left\langle\left(\sigma^2-m\right)^2\right\rangle}=\sqrt{m_2-m^2}$ щодо середнього значення m:

$$\Delta=\frac{\sqrt{\left\langle\left(\sigma^2-\left\langle\sigma^2\right\rangle\right)^2\right\rangle}}{m}=\frac{\sqrt{m_2-m^2}}{m}, \qquad (2)$$

де m_2 – другий початковий момент розподілу (1).

Так, для процесу з релеевським розподілом флуктуацій амплітуди, проводячи усереднення за законом розподілу потужності (1), отримаємо безумовну щільність розподілу огинаючої "перетвореного" процесу:

$$P(U)=\int_0^\infty \frac{U}{\sigma^2}\cdot\exp\left(-\frac{U^2}{2\cdot\sigma^2}\right)\cdot\frac{\left(\sigma^2\right)^{\Delta^{-2}-1}}{\left(m\cdot\Delta^2\right)^{\Delta^{-2}}\cdot\Gamma\left(\Delta^{-2}\right)}\times$$
$$\times\exp\left(-\frac{\sigma^2}{m\cdot\Delta^2}\right)d\sigma^2. \qquad (3)$$

Мета статті – отримання розрахункових формул, які б дозволили чисельно оцінити ймовірність появу нульового ї "значущого" відліку та середнє значення.

Виклад основного матеріалу

Отримана форма запису не зручна у користуванні, результати можливо отримати тільки методами численного інтегрування, замкнуту форму запису можливо отримати лише в деяких часткових випадках (рис. 1, 2).

Модель 1 (рис. 1) відповідає параметру $\Delta=1.5$ дБ, відповідну перешкоду називають імпульсним шумом [3] $P1(U,m,\Delta)=\frac{1}{m}\cdot\exp(-\frac{1}{m}\cdot U)$.

Модель 2 (рис. 3) описує щільність розподілу амплітуд при $\Delta=5$ дБ.

$$P2(U)=\frac{U}{\left(m\cdot\Delta^2\right)^{\Delta^{-2}}\cdot\Gamma\left(\Delta^{-2}\right)}\cdot\left(\frac{U^2}{2}\cdot m\cdot\Delta^2\right)^{\frac{\Delta^{-2}-1}{2}}\times$$
$$\times K_{\Delta^{-2}-1}\left(2\sqrt{\frac{U^2}{2\cdot m\cdot\Delta^2}}\right).$$

З аналізу реалізації відліків (рис. 1, 2) видно, що по мірі зростання параметру Δ процес умовно може бути роздільний на дві компоненти: квазішумові відліки (практично масковані власним шумом приймача) і порівняно рідкісні могутні викиди (імпульси). Щільність вірогідності як гамма-розподілу (1), так і "перетвореного" процесу (3) при цьому все більше "притискається" до осей системи координат, "хвіст" цієї щільності все більш "затягнутий".

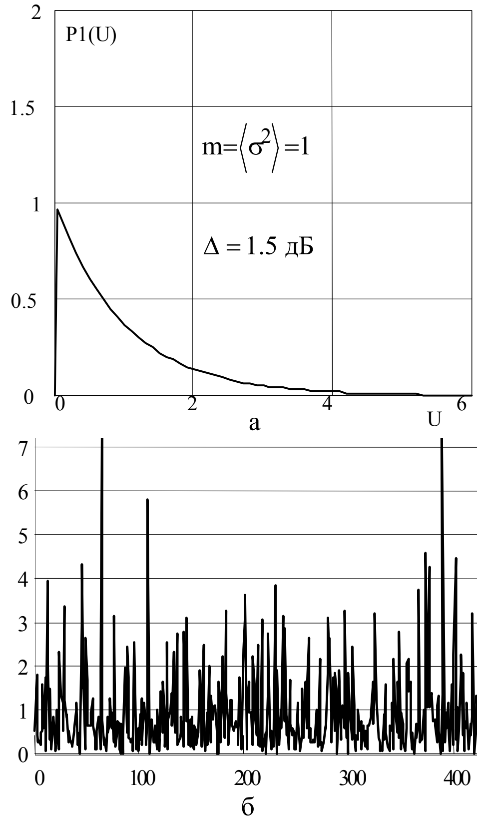

Рис. 1. Модель 1: а – щільність розподілу; б – відповідна їй реалізація відліків імовірного процесу.

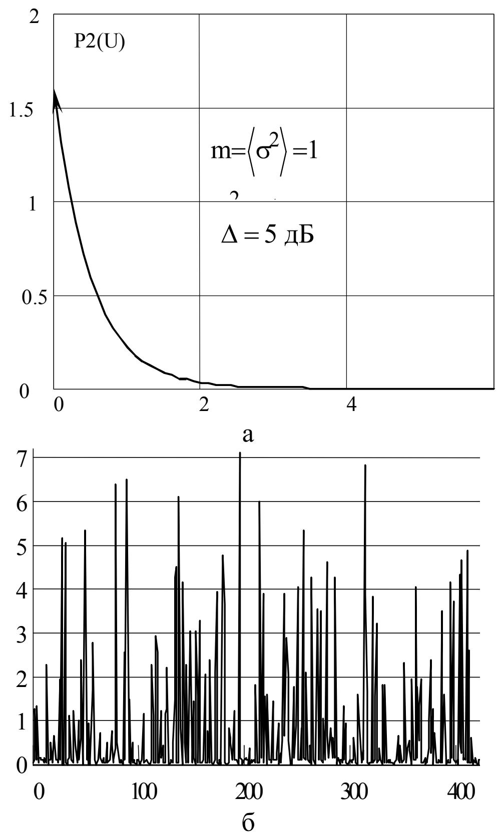

Рис. 2 Модель 2: а – щільність розподілу; б – відповідна їй реалізація відліків випадкового процесу

Для опису чисто імпульсного процесу (хаотична імпульсна перешкода) запропонована (дискретно-безперервна) щільність розподілу потужності перешкоди σ^2 яка апроксимує вихідний гамма-розподіл (1) при великих значеннях Δ:

$$E\left(\sigma^2, m, \Delta\right) = \frac{\Delta^2 - 1}{\Delta^2 + 1} \cdot \delta\left(\sigma^2\right) + \\ + \frac{4}{m \cdot \left(\Delta^2 + 1\right)^2} \cdot \exp\left(-\frac{2 \cdot \sigma^2}{m \cdot \left(\Delta^2 + 1\right)}\right), \quad (4)$$

де $\delta(.)$ – дельта-функція [4].

Легко переконатися, що параметри введеного розподілу (4) m і Δ, при його підстановці в (3), забезпечують таку ж рівність перших двох моментів розподілів "перетвореного" і початкового процесів, як і при використанні гамма-розподілу.

Щільність вірогідності розподілу огинаючої при цьому приймає більш зручну для розрахунків форму

$$P(U) = \frac{\Delta^2 - 1}{\Delta^2 + 1} \cdot \delta(U) + \frac{8 \cdot U}{m^2 \cdot \left(\Delta^2 + 1\right)^2} \times \\ \times K_0\left(2 \cdot \sqrt{\frac{U^2}{m \cdot \left(\Delta^2 + 1\right)}}\right). \quad (5)$$

де $K_\nu(z)$ – модифікована функція Беселя, її визначення та корисні апроксимації наведено у [4].

З цієї моделі виходить, що вірогідність появи відліку в малій околиці нуля p_0 визначається тільки параметром Δ:

$$p_0 = \frac{\Delta^2 - 1}{\Delta^2 + 1}. \quad (6)$$

Вірогідність появи ненульового ("значущого") відліку $p_{зн} = 1 - p_0$.

Тоді середнє значення "скважності" відліків

$$Q = \frac{1}{p_{зн}} = \frac{\Delta^2 + 1}{2}. \quad (7)$$

Розподіл потужності "значущих" відліків

$$P_{зн}\left(\sigma^2, m, \Delta\right) = \frac{2}{m \cdot \left(\Delta^2 + 1\right)} \cdot \exp\left(-\frac{2 \cdot \sigma^2}{m \cdot \left(\Delta^2 + 1\right)}\right), \quad (8)$$

а їх середня потужність

$$P_{ср} = \int_0^\infty \sigma^2 \cdot P_{зн}\left(\sigma^2, m, \Delta\right) d\sigma^2 = \frac{m \cdot \left(\Delta^2 + 1\right)}{2}. \quad (9)$$

Висновки

Таким чином, для опису хаотичної імпульсної перешкоди запропонована дискретно-безперервна щільність розподілу флуктуацій огинаючої, що апроксимує вихідний розподіл при великих значеннях середнього розмаху флуктуацій потужності. Для такого імпульсного процесу отримано розрахункові формули які дозволяють численно оцінити вірогідність появу нульового ї "значущого" відліку та середнє значення, що може бути корисним при проведенні математичного моделювання та розрахунків.

Список літератури

1. Гризо А.А, Узагальнена імовірнісна модель флуктуацій амплитуди відліків нестаціонарної шумової перешкоди / А.А. Гризо, І.М. Невмержицький, О.Б. Обозовський // Системи озброєння і військова техніка. – 2010. – № 2 (22). – С. 104-108.

2. Карпов И.Г. Вероятностные модели флуктуации радиолокационных сигналов / И.Г. Карпов, Е.А. Галкин // "Радиотехника". – 1998. – № 3. – С. 73-77.

3. Ширман Я.Д. Теория и техника обработки радиолокационной информации на фоне помех / Я.Д. Ширман, В.Н. Манжос – М.: Радио и связь. 1981. – 416 с.

4. Градштейн И.С. Таблицы интегралов, сумм, рядов и произведений / И.С. Градштейн, И.М. Рыжик – М., Физматгиз, 1962. – 1100 с.

Надійшла до редколегії 25.04.2010

Рецензент: д-р техн. наук, доц. Р.Е. Пащенко, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.

ВЕРОЯТНОСТНАЯ МОДЕЛЬ ФЛУКТУАЦИЙ АМПЛИТУДЫ ОТСЧЕТОВ ХАОТИЧЕСКОЙ ИМПУЛЬСНОЙ ПОМЕХИ

А.А. Гризо, С.В. Бровченко

На основе представления процессов как процессов с переменной мощностью, предложен вариант дискретно-непрерывного описания флуктуаций амплитуды отсчетов хаотической импульсной помехи, в качестве вероятностной модели изменения мощности используется обобщенное гамма-распределение. Получены расчетные формулы, которые позволяют численно оценить вероятность появления нулевого и «значащего» отсчета, среднего значения. Полученные результаты могут быть полезными при проведении математического моделирования и расчетов.

Ключевые слова: *хаотическая импульсная помеха, нестационарная шумовая помеха, гамма-распределение.*

PROBABILISTIC MODELS OF FLUCTUATIONS OF THE AMPLITUDE COUNTS RANDOM PULSING INTERFERENCE

A.A. Gryzo, S.V. Brovchenko

Based on the representation of processes as processes with variable capacity, Proposition variant discrete-continuous description of the amplitude fluctuations of the counts of chaotic pulse interference, as a probabilistic model of power change using the generalized gamma distribution. The calculating formulas that allow you to numerically evaluate the probability of zero and "meaningful" frame of reference, the average value. The results can be useful in conducting small-mathematical simulation and calculation.

Keywords: *chaotic impulse noise, nonstationary noise disturbances, the gamma distribution.*