

ІДЕНТИФІКАЦІЯ ЗАВАД ІНФОРМАЦІЙНИХ СИГНАЛІВ

Описано заново створений програмний пакет для програмно-апаратного комплексу та його використання при ідентифікації мультиплікативної й адитивної завад інформаційних сигналів.

It is described a new program package for software-hardware complex and its use for identification of multiplicative and additive noise of information signals.

Ефективність використання контрольно-вимірювальних приладів [1] та систем зв'язку [2] в значній мірі визначається вірогідністю інформації, яку можна добути з їх допомогою. Останнім часом з цією метою, поряд із розробкою та впровадженням різних пристроїв компенсації впливу завад на інформаційні сигнали, ведуться інтенсивні дослідження теоретичного і прикладного характеру щодо використання хаотичних сигналів як інформаційних [3]. При цьому актуальним залишається розв'язання задачі ідентифікації характеру впливу завад на інформаційні сигнали.

У даній роботі ця задача вирішується стосовно вузькосмугових інформаційних сигналів під впливом адитивної та мультиплікативної завад.

Для автоматизації процесу комплексних досліджень інформаційних сигналів, при вирішенні задачі ідентифікації завад, використано програмно-апаратний комплекс [4] із заново створеним програмним пакетом, укомплектованим програмами *AtrNew* і *AtrWin*.

Програма *AtrNew* написана на мові *PASCAL 7.0* і охоплює модуль зв'язку з АЦП, багатоканальний осцилограф та модуль виведення даних у вигляді текстового, бінарного чи графічного файлів.

Програма *AtrWin* написана на мові *Borland Delphi Professional Version 4.0* із використанням окремих фрагментів на мові Асемблера. Дана програма працює у захищеному режимі, що дає можливість використовувати всю доступну оперативну пам'ять комп'ютера і може працювати з довільними відеорежимами. Ця програма є також багатомодульною. Модуль головної форми *Main Unit* забезпечує діалог користувача з програмою шляхом задання параметрів сигналу та спосіб його формування, а також встановлення опцій

розрахунків. Вхідними даними можуть бути текстові чи бінарні файли, дані обчислювального експерименту, тобто результати, отримані обчисленням за відомими математичними моделями найбільш поширених детермінованих і хаотичних сигналів. Модуль *Graph* слугує для графічного відображення та збереження даних і результатів розрахунків. Графічні зображення можна легко сконфігурувати, змінюючи їхню метрику, розмір і колір шрифтів, колір графіків і фону, вид і діапазон шкал. За допомогою миші можна змінювати масштаб графіків і аналізувати їх тонку структуру. Для зручності обміну даними з іншими програмами виведення результатів можливе декількома шляхами. Запис у файл здійснюється у текстовому або бінарному форматі. Збереження зображення можливе у форматах *BMP*, *WMF*. Дані і зображення можна передавати іншим програмам через буфер обміну *Windows*. Передбачено також безпосереднє виведення числових і графічних результатів на друк.

Крім цього, програма *AtrWin* надає можливості проводити кореляційний, спектральний та статистичний аналізи. Процедуру спектрального аналізу реалізовано на основі алгоритму швидкої трансформації Фур'є за Колеєм-Тукеем. При дослідженні поведінки кореляційного інтеграла використано його апроксимацію кореляційною сумою за Грассбергером-Прокаччо [5].

$$C(\varepsilon, m) = \frac{1}{N(N-1)} \sum_{c=1}^N \sum_{n \neq c} \theta(\varepsilon - \|\vec{X}_c - \vec{X}_n\|),$$

де N – кількість багатовимірних векторів $\vec{X}_i = (X_i, X_{i-1}, \dots, X_{i-m+1})$. ε – відстань між точками X_i та X_n у m -вимірному фазовому просторі, θ – функція Хевісайда, $\|\bullet\|$ – норма у m -вимірному просторі.

Для скорочення часу розрахунку підпрограма обчислення кореляційного інтеграла була написана на мові Асемблера. При цьому кореляційна розмірність

$$D_\gamma(\epsilon, m) = \frac{\partial \log C(\epsilon, m)}{\partial \log \epsilon}$$

розраховувалась як тангенс кута нахилу апроксимаційної прямої, обчисленої за методом лінійної регресії.

Програма також реалізує перетворення сигналу $S(t)$; за Гільбертом

$$\tilde{S}(t) = \frac{1}{\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{S(\tau)}{t-\tau} d\tau,$$

що є складовою аналітичного сигналу $\tilde{S}(t) = S(t) + j\tilde{S}(t)$, і дає можливість визначити обвідну $A(t) = \sqrt{S^2(t) + \tilde{S}^2(t)}$ сигналу $S(t)$ та його частоту [5].

При аналізі атракторів, побудованих у координатах дійсної й уявної частин аналітичного сигналу, можна розглядати найменші їх деталі та наявність фрактальної структури. Програма створена таким чином, що вхідними даними підпрограм обрахунку можуть бути як початкові дані, так і результати будь-яких попередніх обчислень. Це дозволило оперативно проводити всебічний аналіз сигналів.

Для подальших досліджень формувались адитивні й мультиплікативні суміші детермінованих сигналів із широко і вузькосмуговими шумами (рис.1, а і б) при різних співвідношеннях сигнал/шум. Мультиплікація реалізувалася через модуляцію детермінованого сигналу широкосмуговим шумом. Тобто

$$S_M(t) = A_0 [1 + mS_{ш}(t)]S_d(t),$$

де A_0 – амплітуда детермінованого сигналу, $S_{ш}$ – широкосмуговий шумовий сигнал з нормованою одиничною амплітудою, $m=(0 \div 1)$ – коефіцієнт модуляції амплітуди.

Потім до цього сигналу адитивно домішувався вузькосмуговий шум (рис. 1, в, г). Співвідношення сигнал/шум при адитивному змішуванні визначалося через ефективні значення відповідних сигналів з урахуванням того, що сигнал аналізувався в смузі частот до 2500 Гц. Сигналами завад служили вихідні сигнали генераторів шуму, зібраних за схемами [6,7].

Дослідження цих сигналів проводилися комплексно. До уваги бралися осцилограми, спектри, перетворення Гільберта, автокореляційні функції, атрактори, поведінка кореляційного інтеграла та кореляційна розмірність.

При дослідженні кореляційного інтеграла встановлено, що його поведінка залежить від співвідношення сигнал/шум (рис. 2). На графіку можна чітко виділити дві ділянки (крива 2): круту, що відповідає випадковому сигналу $D_\gamma=13,34$, і

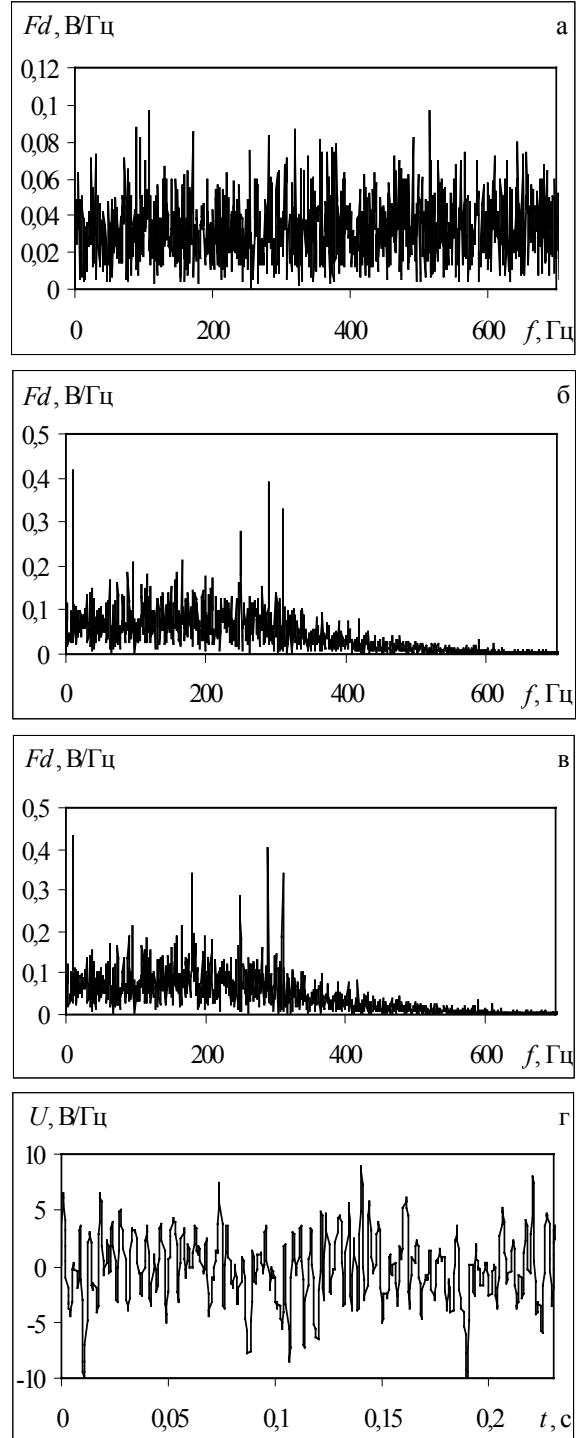


Рис. 1. Спектральні густини амплітуд: широкосмугового шуму (а); вузькосмугового шуму (б); суміші детермінованого сигналу мультиплікативно з широкосмуговим і адитивно із вузькосмуговим шумами (в); осцилограма такого сигналу (г).

пологу $D_\gamma=1,035$, яка відповідає детермінованому сигналу. Було виявлено також, що при зміні співвідношення сигнал/шум, точка злому на графіку змінює своє положення. При його зменшенні вона рухається в сторону більших значень ϵ та кореляційного інтеграла. Тобто в такий спосіб можна оцінити рівень і кореляційну розмірність завади, але при цьому не вдається встановити характер її впливу (адитивний чи мультиплікативний). Цей ефект спостерігався при зміні співвідношення сигнал/шум від 1 до 500.

Поряд з цим, дослідження структури амплітудних спектрів F_d виявили, що в спектрі обвідної мультиплікативної суміші присутня спектральна складова на подвоєній частоті детермінованого сигналу. Для виявлення цієї спектральної складової було застосовано фільтр, пропускаючий верхні частоти (ФВЧ) зі змінною частотою зрізу f_B .

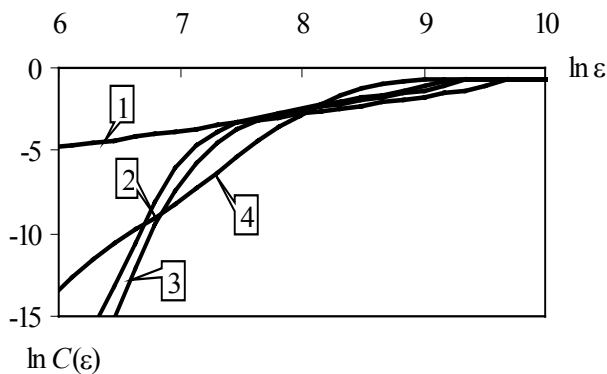


Рис. 2. Кореляційні інтеграли сигналів: детермінованого (1); промодульованого широкопasmовим шумом ($m=0,5$) (2); з адитивно домішаним вузькопasmовим шумом 3 і 4 (сигнал/шум 5 і 0,2).

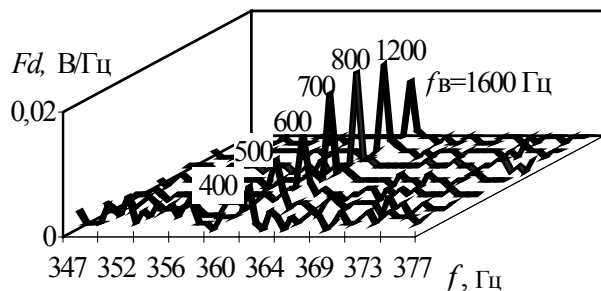


Рис. 3. Спектральні густини амплітуд обвідної сигналу (рис.1в,г) при різних частотах зрізу ФВЧ.

На рис.3 показано, що при збільшенні частоти зрізу амплітуди шумових складових швидко зменшувалися, а амплітуда складової, яка відповідає детермінованому сигналу, дещо зростала, тобто підвищувалося співвідношення сигнал/шум. При певній частоті зрізу (≈ 1200 Гц) вона досягає максимуму.

Отже, з проведених комплексних досліджень випливає, що наявність шумового сигналу в суміші із детермінованим, проявляється в ході кривої кореляційного інтеграла, а саме в зміні його нахилу, а точка його злому визначається співвідношенням сигнал/шум. Мультиплікативна завада може бути ідентифікована за результатами досліджень структури спектра обвідної на подвоєній частоті детермінованого сигналу.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Волгин Л.И. Линейные электрические преобразователи для измерительных приборов и систем. - М.: Сов. радио, 1971.
2. Харкевич А.А. Борьба с помехами. - М.: ГИФМЛ, 1963.
3. Дмитриев А.С., Кяргинский Б.Е., Максимов Н.А., Панас Н.А., Старков С.О. Перспектива создания прямо хаотических систем связи в радио- и СВЧ-диапазонах // Радиотехника. - 2000. - №3. - С.9-20.
4. Бучковський І.А., Горкавчук А.Г., Ломанець В.С., Максимяк П.П. Програмно-апаратний комплекс для дослідження процесів у динамічних системах // Науковий вісник Чернівецького університету. Фізика. Електроніка. - 1999. - Вип. 66. - С. 79-81.
5. Вакман Д. Е. Вайнштейн Л. А. Амплитуда, фаза, частота - основные понятия теории колебаний // Успехи физических наук. - 1977. - 123, №4. - С.657-682
6. Хоровиц П., Хилл У. Искусство схемотехники: В 3 т.: Пер. с англ. - 4-е изд., перераб. и доп. - М.: Мир, 1993. - Т. 2.
7. Бессонов А.А., Загашвили Ю.В., Маркелов А.С. Методы и средства идентификации динамических объектов. - Ленинград: Энергоиздат, 1989.