

УДК 004:621.391

СПЕКТРАЛЬНІ ГУСТИНИ ПОТУЖНОСТІ ЯК ФУНКЦІЯ ЧАСТОТИ ДЛЯ РІЗНИХ КОЛЬОРІВ ШУМУ(ЦИФРОВА СИСТЕМА ГЕНЕРАЦІЇ РОЖЕВОГО ШУМУ)

Пупловський Д.С.

Науковий керівник – д.т.н., проф. Литвинова Є.І.

Харківський національний університет радіоелектроніки
(61166, Харків, просп. Науки, 14, каф. Автоматизації проектування
обчислювальної техніки, тел. +38(057) 702-13-26

This paper investigates the power spectral density of different noise colors using a digital pink noise generation system. Power spectral density is an important characteristic for describing the spectral composition of a signal, which provides information on the distribution of signal energy depending on the frequency. A comparative analysis of the spectra of different colors of noise was carried out, which allows us to understand how they affect the power spectral density in different ways. This study can be useful for various fields of science and technology where different types of noise are used, for example, in audio engineering, telecommunications and other industries.

Шуми можуть викликати різноманітні спотворення та зменшення якості передачі сигналу. Кожен шум має власну спектральну густину, яка відображає розподіл енергії шуму по різних частотах та використовується для опису властивостей в сигналах та системах. Спектральний аналізатор розбиває сигнал на його складові частоти та вимірює енергію кожної з них. Аналіз випадкових сигналів знаходить використання в галузі радіотехніки та зв'язку. Існуючі методи оцінювання спектрів дискретизованих сигналів базуються на використанні швидкого перетворення Фур'є. Класичний підхід до цифрового спектрального аналізу сигналів дає можливість отримати достовірні оцінки для класу досліджуваних сигналів, що задовольняють умови стаціонарності, ергодичності та наявності масиву даних великого обсягу[1-3].

Цілі дослідження включають: 1) Дослідження різних кольорів шуму та їх характеристик, включаючи білий, рожевий, коричневий шуми та інші. 2) Вимірювання спектральних густин потужності для кожного кольору шуму та порівняння їх характеристик. 3) Аналіз особливостей генерації рожевого шуму та визначення його спектральних густин потужності. 4) Розуміння властивостей шуму та їх значення для розробки ефективних алгоритмів сигнальної обробки.

Задача. Розробка ефективного методу опису електронного шуму в електронних пристроях та комунікаційних системах, що дозволить розраховувати вплив шуму на якість сигналу, мінімізуючи його значення або піддавши фільтрації.

Рожевий шум характеризується тим, що спектральна густина потужності пропорційна до $1/f$, де f – частота. Формально, функція Фур'є рожевого шуму визначається наступним чином:

$$S(f) = K/f$$

де $S(f)$ – спектральна щільність потоку рожевого шуму, f – частота, K – константа, яка залежить від ширини смуги пропускання. Ця функція є інтегрованим відображенням рівномірного розподілу в діапазоні $[0, f_{\max}]$, де f_{\max} – максимальна частота в режимі реального часу. Для генерації рожевого шуму можна використовувати фільтр, що зменшує амплітуду шуму зі зростанням частоти. Після цього шум можна підвести до рівня рожевого шуму, де спектральна густина потужності буде розподілена згідно з $1/f$ законом. Це означає, що на низьких частотах шум має більшу потужність, ніж на високих. Для реалізації буде використана цифрова система генерації рожевого шуму, яка буде генерувати різні кольори шуму з різними спектральними розподілами потужності. Зокрема, будуть виміряні спектральні густини потужності для рожевого шуму на різних діапазонах частот і результати будуть порівнянні з іншими кольорами шуму. Для отримання згладжених і статистично стійких оцінок СГП (спектральна густина потужності) на кінцевому масиві відліків досліджуваного сигналу необхідно здійснювати згладжувальне оцінювання у часовому та частотному вимірі. Тому на першому етапі оброблення необхідно вхідний масив розділити на P сегментів по M відліків зі зсувом, що дорівнює B відліків між сусідніми сегментами. Підпоследовності $x_p(n)$ довжиною по M відліків зсунені одна відносно одної на B відліків, при цьому p -й сегмент пов'язано зі вхідним масивом $x(n)$ співвідношенням[4]:

$$x_p(n) = x[n + B(p - 1)]$$

Наукова новизна полягає в тому, що запропонований метод спектрального оцінювання випадкових сигналів базується на багатоетапному обробленні вибірок сигналу. На перших етапах оброблення формуються перекривні сегменти даних, що підлягають оптимальному віконному зважуванню. У подальшому виконується періодограмне оброблення зважених підпоследовностей. Наступний етап пов'язаний зі здійсненням корелограмного оброблення періодограм та отриманням зваженої автокореляційної оцінки. На останньому етапі за допомогою ШПФ (швидкого перетворення Фур'є) визначається оцінка СГП-сигналу.

Список використаних джерел:

1. Electronics Today International, November 1981 - Audio White Noise Generator Employs Digital Technique (original 3dB/octave filter component values)
2. IEC 60065, Annex C (Normative), Band-pass filter for wide-band noise measurement (extract from IEC 60268-1)
3. Бендат Дж. Прикладной анализ случайных данных : пер. с англ. / Дж. Бендат, А. Пирсол. — М. : Мир, 1989. — 540 с. — ISBN 5-03-001071-8.
4. Теорія сигналів уклад.: А.О. Попов. – Електронні текстові данні. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 268 с.