

МЕТОД ДИСКРЕТИЗАЦІЇ ВУЗЬКОСМУГОВИХ СИГНАЛІВ

¹ Вінницький національний технічний університет

Анотація

У роботі представлено метод дискретизації вузькосмугових сигналів. Запропоновано процес дискретизації виконувати з урахуванням особливостей спектра амплітудно-імпульсно-модульованого сигналу. Встановлено, що мінімальна частота дискретизації вузькосмугових сигналів дорівнює подвоєній ширині спектра неперервного сигналу.

Ключові слова: вузькосмугові сигнали, дискретизація сигналів, амплітудно-імпульсна модуляція

Abstract

The paper presents a method of discretization of narrowband signals. It is proposed to carry out the discretization process taking into account the peculiarities of the spectrum of the amplitude-pulse-modulated signal. It was established that the minimum sampling frequency of narrowband signals is equal to twice the spectrum width of a continuous signal.

Keywords: narrowband signals, signal sampling, amplitude-pulse modulation

Вступ

У сучасних засобах передавання та оброблення інформації неперервні сигнали не обробляються безпосередньо, а зазнають дискретизації з метою подальшого їх перетворення у цифрову форму. Можливість передавання дискретизованих сигналів і неспотвореного їх відновлення базується на використанні теореми Котельникова-Шеннона. З точки зору технічної реалізації рівномірна дискретизація еквівалентна амплітудно-імпульсній модуляції (АІМ). Для модульовального сигналу, що займає смугу частот $f_L \dots f_H$, неспотворене відновлення неперервного сигналу можливе при виконанні умови [1]

$$f_s \geq (2,1 \dots 2,2) f_H, \quad (1)$$

де f_s – частота дискретизації.

При перетворенні вузькосмугових сигналів, для яких справедливе співвідношення

$$\frac{f_H}{f_L} < 2, \quad (2)$$

спостерігається штучне завищення частоти дискретизації. Тому виникає проблема оптимізації частоти дискретизації залежно від частотної смуги оброблюваних сигналів.

Метою даної роботи є розробка методу визначення мінімальної частоти дискретизації вузькосмугових сигналів, яка дозволить зменшити тактову частоту у групових трактах систем зв'язку.

Результати дослідження

Розглянемо особливості вибору мінімальної частоти дискретизації смугових сигналів, спектр яких обмежено не тільки зверху, але й знизу. Умови вибору частоти дискретизації можна записати у такому вигляді [2]

$$2 \frac{f_H}{n_m + 1} \leq f_s \leq 2 \frac{f_L}{n_m}. \quad (3)$$

Число n_m називають порядком субдискретизації. Якщо вузькосмуговий сигнал має смугу $\Delta f = f_H - f_L$, то субдискретизація цього сигналу можлива, якщо

$$\frac{f_L}{\Delta f} \geq n_m. \quad (4)$$

Значення n_m можуть бути лише цілими числами. Тому можна ввести коефіцієнт $l \geq n_m$, який обмежує порядок субдискретизації. Значення l можна отримати з (4)

$$l = \text{ent} \left[\frac{f_L}{\Delta f} \right], \quad (5)$$

де $\text{ent}[x]$ – ціла частина числа x .

При знаходженні порядку субдискретизації треба враховувати, що він знаходиться в межах $n_m = [1, l]$. Мінімальну частоту дискретизації вузькосмугового сигналу можна знайти, підставивши максимальне значення з (5) у ліву частину (3):

$$f_{s \min} = 2 \frac{f_H}{l+1}. \quad (6)$$

Аналізуючи вираз (6), неважко впевнитись, що мінімальне значення частоти дискретизації дорівнює подвоєній смузі спектра неперервного сигналу, тобто

$$f_{s \min} = 2\Delta f. \quad (7)$$

Цей вираз є справедливим тоді, коли відношення $f_L / \Delta f$ є цілим числом. Якщо $f_L / \Delta f$ – дробне число, то $f_{s \min} > 2\Delta f$.

На основі отриманих виразів, метод знаходження частоти дискретизації вузькосмугових сигналів, можна сформулювати у вигляді наступних кроків.

1. Неперервний сигнал перевіряється на вузькосмуговість згідно (2).
2. Визначається згідно (5) коефіцієнт l .
3. Обчислюються значення $2f_H / n_m + 1$ та $2f_L / n_m$ для всіх цілих значень n_m починаючи від 0 до l включно.
4. Виконується вибір частоти дискретизації діапазоні. Отримана частота повинна відповідати заданому n_m у межах від $2f_H / n_m + 1$ до $2f_L / n_m$. Кількість аналізованих діапазонів дорівнює $l + 1$.

Висновки

Згідно запропонованого методу процес дискретизації виконується з урахуванням особливостей спектра АІМ-сигналу. Встановлено, що мінімальна частота дискретизації вузькосмугових сигналів дорівнює подвоєній ширині спектра неперервного сигналу. Завдяки режиму субдискретизації вузькосмугових сигналів можна здійснити цифрове оброблення високочастотних сигналів без використання складних швидкодійних засобів. Для відновлення вузькосмугового сигналу з послідовності відліків, взятих з частотою субдискретизації можна використати фільтр зі смугою пропускання $f_L \dots f_H$.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Бортник Г.Г., Кичак В.М., Пунченко Н.О. Методи та пристрої оцінювання характеристик імпульсно-кодових модуляторів широкосмугових сигналів : монографія. Вінниця: ВНТУ, 2014. 147 с.
2. Бортник Г.Г., Васильківський М.В., Кичак В.М. Методи та засоби первинного цифрового оброблення радіосигналів : монографія. Вінниця: ВНТУ, 2016. 168 с.

Бортник Геннадій Григорович – канд. техн. наук, професор кафедри інфокомунікаційних систем і технологій, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: bgen88@gmail.com

Кирилюк Сергій Олександрович – аспірант кафедри інфокомунікаційних систем і технологій, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: kso1996.08@gmail.com

Bortnyk Gennadiy Grygorovych – Ph.D., Professor of the Department of Infocommunication Systems and Technologies, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: bgen88@gmail.com

Kyrylyuk Sergiy Olexandrovych – postgraduate of the Department of Infocommunication Systems and Technologies, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: kso1996.08@gmail.com