

Література

1. Вібраційна машина для знезараження водних середовищ / А. І. Гордєєв, Н. О. Костюк : пат. на корисну модель 126495 Україна: МПК С02F 1/00, № u201810090 : заяв. 02.01.2018 : опубл. 28.08.2018, Бюл. № 12.

2. Вібраційна машина для знезаражування води та її очистки / А. І. Гордєєв, А. Л. Ганзюк, О. В. Кравчук, В. В. Кравчук, В. П. Нездоровін, Н. О. Костюк : пат. на корисну модель 140291 Україна : МПК С02F 9/00, № u201908456 : заяв. 17.07.2019 : опубл. 10.02.2020, Бюл. № 3.

КОРЕЛЯЦІЙНІ ВЛАСТИВОСТІ КОГЕРЕНТНИХ ПОСЛІДОВНОСТЕЙ ІМПУЛЬСІВ З ВНУТРІШНЬОЮ ЛІНІЙНОЮ ЧАСТОТНОЮ МОДУЛЯЦІЄЮ І НЕЛІНІЙНИМИ КРОКАМИ НОСІЙНОЇ

Чесановський І. І.¹, Ткачук А. В.²

*¹ Національна академія Державної прикордонної служби,
м. Хмельницький, ²Хмельницький національний університет
E-mail:¹chesanov.i@gmail.com, ²tkachukandriiv@gmail.com*

Одними з найвідоміших типів сигналів, які використовують в радіолокації, є когерентні послідовності імпульсів [1]. Кількість когерентних імпульсів в пакеті визначає доплерівську роздільну здатність сигналу. Часто в імпульсах використовують лінійну частотну модуляцію. Чим більша девіація частоти в імпульсі, тим вужчий центральний автокореляційний пік на виході узгодженого фільтра, тобто покращується роздільна здатність когерентного пакету імпульсів за просторовими координатами.

Для подальшого розширення спектру сигналу, а відтак і збільшення роздільної здатності в просторі, стали використовувати послідовності імпульсів з додатковою лінійною частотною модуляцією носійної імпульсів. Тобто носійна частота кожного імпульсу мінялась на певну сталу величину між сусідніми імпульсами. Це дає можливість отримувати сигнали з розширеним спектром використовуючи вузько-смугові компоненти радіолокаторів (рис. 1).

На рис. 1 зображена послідовність з восьми когерентних імпульсів з лінійною частотною модуляцією всередині кожного імпульсу і однаковими скачками частоти носійної між імпульсами. Подібні послідовності дають змогу значно звужити центральний автокореляційний пік.

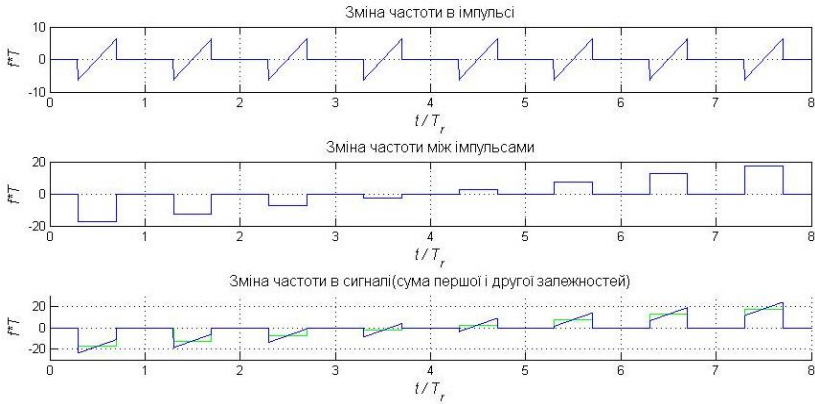


Рис. 1. Послідовність 8-ми імпульсів

На рис. 2 наведена послідовність з 32 когерентних імпульсів (а) і автокореляційна функція такої послідовності (б). Ліворуч можна побачити залежність фази послідовності від часу і зміну частоти послідовності.

Кожен імпульс має внутрішню лінійну частотну модуляцію з параметром $T \cdot B = 12.5$, де T – тривалість одного імпульсу, B – девіація ЛЧМ модуляції всередині імпульсу. Скачки носійної між імпульсами Δf сталі і відповідають умові $T \cdot \Delta f = 5$.

Основний недолік такого сигналу в тому, що поблизу центрального автокореляційного піку знаходяться бічні пелюстки, рівень найближчих з яких досягає $-13,5$ Дб від рівня центрального піка. Ці пелюстки значно погіршують роздільну здатність всієї послідовності імпульсів для слабких сигналів, головні піки автокореляцій яких знаходяться поруч із домінуючим піком.

Як показало моделювання [2], рівень прилеглих пелюсток автокореляції можливо значно зменшити застосувавши нелінійну частотну модуляцію носійної між імпульсами.

Для того, щоб задати нелінійні кроки частоти було обрано частотну залежність Прайса (неперервна лінія) рис. 3, яка була дискретизована 32 сходинками рівної тривалості. Причому висота цих сходинок вибиралась так, щоб неперервна крива проходила точно через центр дискретного відрізка. Потім значення частоти сходинки прирівнювалось кроку несучої відповідного за номером імпульсу.

В результаті було отримано послідовність імпульсів наведену, на рис. 4, а. Функція автокореляції послідовності зображена на рис. 4, б.

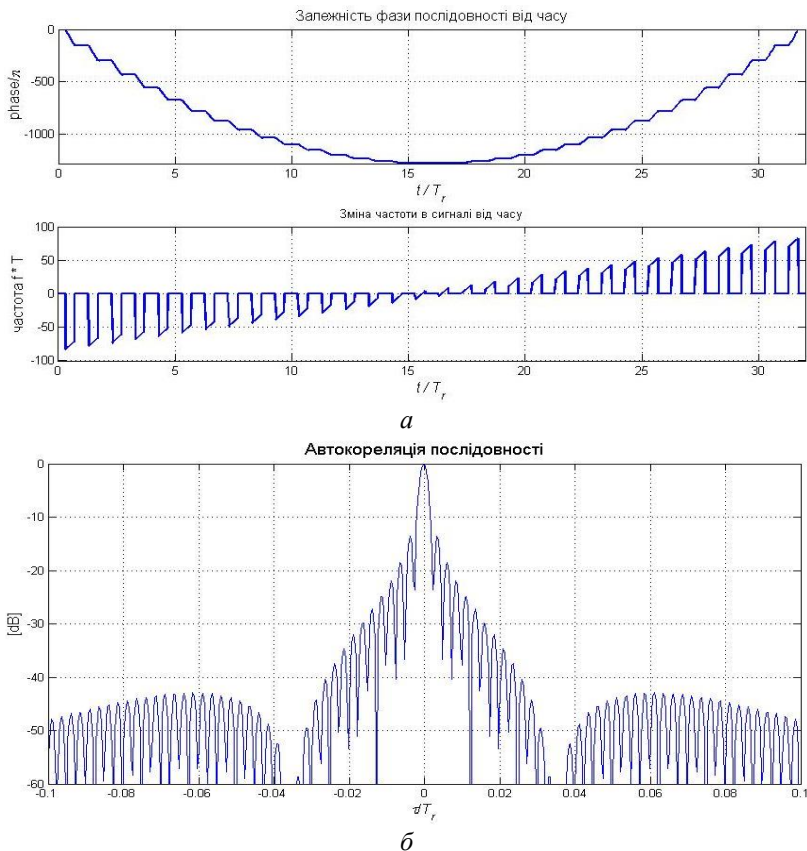


Рис. 2. Послідовність 32 імпульсів (а) і функція автокореляції (б)

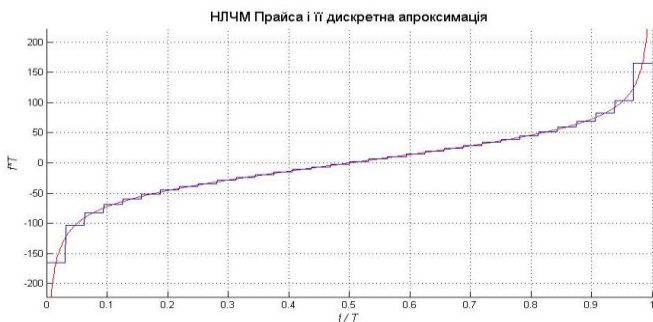


Рис. 3. Дискретизація функції Прайса (32 сходинки)

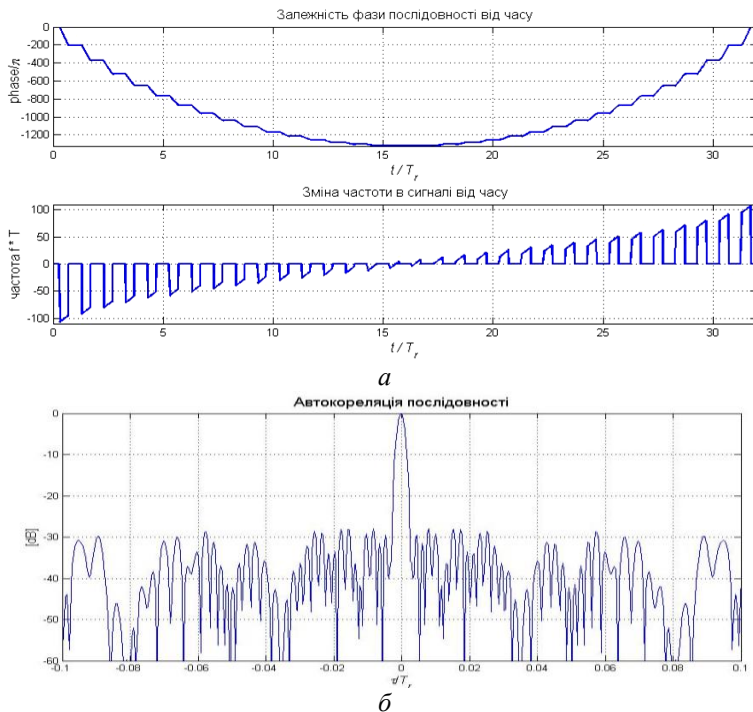


Рис. 4. Послідовність імпульсів з НЛЧМ (а) та функція автокореляції (б)

Як видно з порівняння рис. 4 з рис. 2, рівень прилеглих бокових пелюсток знизився від $-13,5$ Дб до -28 Дб, тобто приблизно на 14 Дб. До рівня -28 Дб піднялись більш віддалені пелюстки. Ширина автокореляційних піків однакова для обох послідовностей. Слід відмітити, що девіація частоти послідовності з нелінійними кроками більша, ніж для послідовності з лінійними кроками. Девіація збільшилась приблизно в $100/77.5 = 1,3$ рази для того, щоб отримати ту ж ширину автокореляційного піка. Це є типовим явищем для НЛЧМ сигналів.

Література

1. Levanon N. Radar Signals / N. Levanon, Eli Mozeson. New Jersey : John Wiley & Sons, 2004. – 411 p.
2. Синтез когерентних послідовностей імпульсів з лінійно-частотною модуляцією і нелінійними кроками носійної / І. І. Чесановський, А. В. Ткачук // Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. – Хмельницький : ХНУ, 2018. – № 6 (267). – С. 134–142.