

УДК 621.396.62: 621.396.96

**ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ПОТЕНЦІЙНИХ ХАРАКТЕРИСТИК
ЗОНДУВАЛЬНИХ СИГНАЛІВ З ВНУТРІШНЬОІМПУЛЬСНОЮ
ЧАСТОТНОЮ МОДУЛЯЦІЄЮ ДРУГОГО, ТРЕТЬОГО ТА
ЧЕТВЕРТОГО СТЕПЕНЯ**

Мрачковський О. Д., к.т.н., доцент

Реутська Ю. Ю., асистент

*Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна*

**COMPARATIVE ANALYSIS OF POTENTIAL CHARACTERISTICS OF
2nd DEGREE, 3^d DEGREE AND 4th DEGREE FREQUENCY
MODULATED PROBING SIGNALS**

Mrachkovskiy O. D., c.t.s., senior lecturer

Reutska Yu. Yu., assistant

*National technical university of Ukraine
“Kyiv Polytechnic Institute”, Kyiv, Ukraine*

Вступ

В [1, 2] зазначено, що незалежну оцінку дальності та швидкості цілі можуть забезпечити складні сигнали з класу імпульсних частотномодульованих (ЧМ) сигналів, що мають кнопкову діаграму невизначеності (ДН). Детальний аналіз імпульсного сигналу з квадратичною частотною модуляцією (ЧМ2) приведено в [2]. Проте розгляд імпульсних сигналів з третім та четвертим степенем ЧМ та порівняльний аналіз сигналів цього класу не проводився.

Постановка задачі

Дослідити спектральні та кореляційні характеристики імпульсних ЧМ сигналів з частотною модуляцією третього та четвертого степеня, визначити їх потенційні роздільні здатності за затримкою τ та доплерівською частотою f_d , зробити порівняльний аналіз імпульсних складних сигналів з різними степенями ЧМ.

**Дослідження потенційних характеристик імпульсних складних
сигналів ЧМ третього та четвертого степеня**

Аналітично сигнали з ЧМ третього та четвертого степеня можуть бути записані як:

$$s_1(t) = \text{rect}\left(\frac{t}{t_i}\right) \exp\left(\frac{j\pi\alpha t^4}{12}\right) \quad (1)$$

для сигналу третього степеня ЧМ (ЧМ3) та

$$s_2(t) = \text{rect}\left(\frac{t}{t_i}\right) \exp\left(\frac{j\pi\alpha t^5}{60}\right) \quad (2)$$

для сигналу четвертого степеня ЧМ (ЧМ4), де α — постійний коефіцієнт; t_i — тривалість зондувального сигналу, $\text{rect}\left(\frac{t}{t_i}\right)$ — прямокутна обвідна.

Функції ЧМ з такими сигналами, відповідно до формул 1 та 2 будуть мати вигляд $F_1(t) = \alpha|t|^3$ та $F_2(t) = \alpha|t|^4$ де $|t| \leq t_i$.

На основі побудованої функції невизначеності (ФН) сигналів $\chi(\tau, f_d)$ з різними степенями ЧМ розглянемо поведінку автокореляційної функції (АКФ) для сигналів із нелінійною внутрішньоімпульсною модуляцією – ЧМ2, ЧМ3 та ЧМ4 сигналів. Для зручності ці функції розміщені на одному графіку і виконані в однаковому масштабі (рис.1). Розрахунки виконувались для сигналів з частотою несучої $f_0 = 10$ кГц, тривалістю імпульсу $t_i = 1$ с, смугою частот $W = 50$ Гц та $f_d = 0$ Гц.

Усі три сигнали мають схожі характеристики. У АКФ ЧМ2 сигналу є два значних бічних пелюстка на рівні 0,35 від максимуму функції, у ЧМ3 сигналу на рівні 0,45 від максимуму функції, а у ЧМ4 – на рівні 0,55 від максимуму функції. Результат вказує на пріоритет у використанні сигналу з ЧМ2.

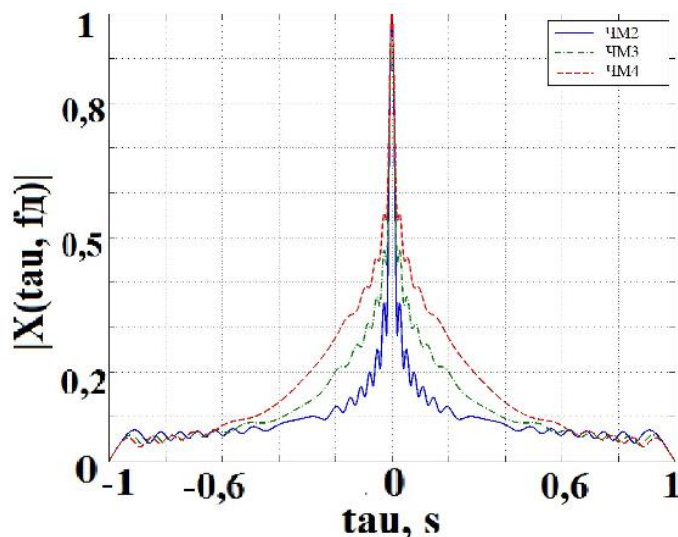


Рис.1. АКФ сигналів з ЧМ2, ЧМ3 та ЧМ4

випадку ЧМ3 та ЧМ4 сигналів, висота піків не суттєво менша, ніж у ЧМ2. У разі спостереження пари вихідних сигналів можливо отримати незалежну оцінку дальності та швидкості одиночної рухомої цілі, використовуючи

Після проведення дослідження взаємнокореляційної функції (ВКФ) відповідних трьох варіантів сигналів можна бачити, що на рівні 0,707 від максимуму з $f_d = 0,44$ Гц (рис. 2а) ВКФ в усіх трьох сигналах вже не мають бічних пелюстків. На рівні 0,5 з $f_d = 0,73$ Гц (рис. 2б) ВКФ сигналів з ЧМ3 та ЧМ4 роздвоюється так само, як і сигнал ЧМ2, але у

один канал обробки сигналу [2], тому краще спостереження нам дасть сигнал з ЧМ2.

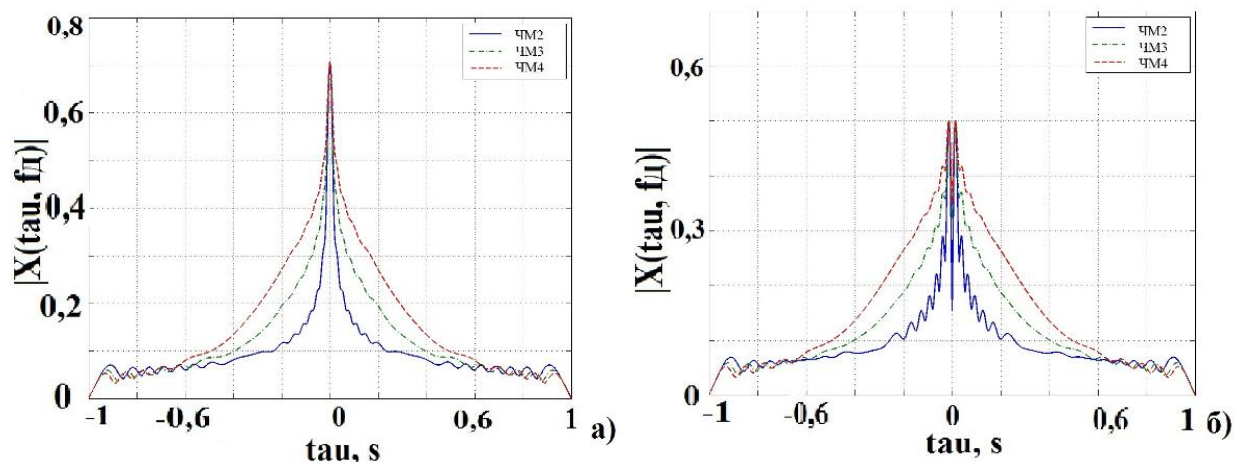


Рис. 2. ВКФ КВЧМ сигналів на рівнях 0.707 (а) та 0.5 (б) від максимуму

Як видно з рис. 3, після отримання рівнів п'єдесталу для трьох видів сигналів, рівень п'єдесталу також найменший у ЧМ2 сигналу, а найбільший — у ЧМ4.

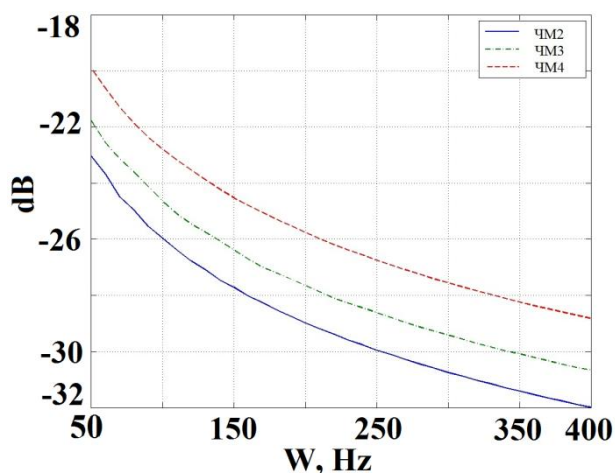


Рис. 3. Середній рівень п'єдесталу сигналів

КВ4 сигналу за формою дещо наближаються до кнопкової.

Проаналізувавши ізокореляти ФН сигналів всіх трьох видів можна зробити наступні висновки. Сигнал з ЧМ2 в області сильної кореляції має ізокореляти ФН сигналу колоподібної форми, що дає можливість отримати незалежну оцінку дальності та швидкості цілі. Приблизно на рівні 0,5 від максимуму еліпси починають переходити у X – подібну форму, що можливо використати при одноканальній обробці рухомих одиночних цілей з одночасною незалежною оцінкою дальності та швидкості цілі [2].

Табл. 1.

Потенційні роздільні здатності сигналів

Рівні	0,9	0,707	0,5
Потенційні роздільні здатності сигналів ЧМ2, ЧМ3 та ЧМ4 за дальністю			
ЧМ2	$\frac{0,5}{W}$	$\frac{0,88}{W}$	$\frac{1,25}{W}$
ЧМ3	$\frac{0,54}{W}$	$\frac{0,96}{W}$	$\frac{1,5}{W}$
ЧМ4	$\frac{0,58}{W}$	$\frac{1,08}{W}$	$\frac{3,58}{W}$
Потенційні роздільні здатності сигналів ЧМ2, ЧМ3 та ЧМ4 за швидкістю			
ЧМ2, ЧМ3, ЧМ4	$\frac{0,5}{t_i}$	$\frac{0,88}{t_i}$	$\frac{1,2}{t_i}$

В області сильної кореляції сигналу з ЧМ3 діаграма невизначеності має майже форму кола, що дозволяє отримати одночасну і незалежну оцінку по дальності та швидкості. В цій же області зрізи ФН сигналу з ЧМ4 мають еліпсоїдну форму.

В області слабкої кореляції діаграма невизначеності сигналу з ЧМ3 має складну Ж-подібну форму із двома пелюстками ізокорелят, що нагадує ТЛЧМ сигнал [3], спостерігається пара вихідних сигналів, за якими теоретично можливо отримати незалежну оцінку дальності та швидкості цілі, використовуючи один канал обробки сигналу. Відстань між відгуками зондувального сигналу пропорційна швидкості цілі. Але у випадку присутності багатьох цілей, на екрані РЛС будуть відображені n-пар відгуків, і при цьому неможливо буде ідентифікувати до якої цілі буде належати вибрана пара відгуків. В сигналі з ЧМ4 в області слабкої кореляції діаграма невизначеності має складну форму (приблизно на рівні 0.5 від максимуму еліпси починають переходити у ромбовидну форму, а потім у прямокутну форму із боковими викидами біля вертикальної осі) із низькою роздільною здатністю, що ускладнює виявлення цілі.

Висновки

1. Збільшення степеня ЧМ не призводить до суттєвого збільшення піків роздвоєння взаємно кореляційної функції.
2. Рівень п'єдесталу сигналів росте зі збільшенням степеня ЧМ.

3. Потенційні роздільні здатності за дальністю сигналів погіршуються зі збільшенням степеня ЧМ.
4. Потенційні роздільні здатності за швидкістю сигналів зі збільшенням степеня ЧМ не змінюються.
5. Розглянуті ЧМ сигнали можуть бути використані в імпульсно – доплерівських радіолокаторах та гідролокаторах, в командно – телеметричних радіолокаційних та гідролокаційних системах, в гідроакустичних системах звукопідводного зв'язку.

Література

1. Мрачковський О. Д. Класифікація імпульсних зондувальних локаційних сигналів по виду діаграми невизначеності / О. Д. Мрачковський // Вісник НТУУ «КПІ», серія «Радіотехніка, радіоапаратобудування» — 2009. — № 39, — С. 40—46,
2. Мрачковський О. Д. Аналіз потенційних характеристик зондувального сигналу з квадратичною внутрішньоімпульсною частотною модуляцією / О. Д. Мрачковський, Ю. Ю. Реутська, В. С. Соловійов // Вісник НТУУ «КПІ», серія «Радіотехніка, радіоапаратобудування» — 2012. — № 51. — С. 68—76.
3. Мрачковський О. Д. Аналіз зондувального сигналу із трапецеїдальною внутрішньоімпульсною частотною модуляцією / О. Д. Мрачковський, Ю. Ю. Реутська, В. С. Соловійов // Вісник НТУУ «КПІ», серія «Радіотехніка, радіоапаратобудування» — 2012. — № 49. — С. 66—69.

References

1. Mrachkovskiy O.D. Klasyfikatsiia impulsnykh zonuvalnykh lokatsiinykh sygnaliv po vydu diagramy nevyznachenosti. Visnyk NTUU «KPI», seriia «Radiotekhnika, radioaparatabuduvannia», № 39, 2009, s. 40-46, UDK 621.
2. Mrachkovskiy O.D., Reutska Yu.Yu., Soloviov V.S. Analiz potentsiinykh kharakteristik zonuvalnogo sygnalu z kvadratychnoiu vnutrishnoimpulsnoiu chastotnoiu moduliatsiieiu. Visnyk NTUU «KPI», seriia «Radiotekhnika, radioaparatabuduvannia», № 51, 2012, s. 68-76, UDK 621.
3. Mrachkovskiy O.D., Reutska Yu.Yu., Soloviov V.S. Analiz zonuvalnogo sygnalu iz trapetseidalnoiu vnutrishnoimpulsnoiu chastotnoiu moduliatsiieiu. Visnyk NTUU «KPI», seriia «Radiotekhnika, radioaparatabuduvannia», № 49, 2012, s. 66-69, UDK 621.

Мрачковський О. Д., Реутська Ю. Ю. Порівняльний аналіз потенційних характеристик зондувальних сигналів з внутрішньоімпульсною частотною модуляцією другого, третього та четвертого степеня. Розглянуто особливості складних зондувальних сигналів із частотною модуляцією другого, третього та четвертого степеня. Зроблено порівняння автокореляційних функцій цих сигналів. Розглянуто особливості розщеплення взаємнокореляційної функції на два піки та наслідки цього ефекту. Проведено порівняння потенційних роздільних здатностей за дальністю та швидкістю цих сигналів. Зроблені висновки щодо зміни потенційних характеристик зондувальних сигналів зі збільшенням степені внутрішньоімпульсної частотної модуляції.

Ключові слова: частотна модуляція, потенційна роздільна здатність, кореляція.

Мрачковский О. Д., Реутская Ю. Ю. Сравнительный анализ потенциальных характеристик зондирующих сигналов с внутримпульсной частотной модуляцией

второй, третьей и четвертой степени. Рассмотрены особенности сложных зондирующих сигналов с частотной модуляцией второй, третьей и четвертой степени. Сделано сравнение автокорреляционных функций этих сигналов. Рассмотрены особенности расщепления взаимокорреляционной функции на два пика и последствия этого эффекта. Проведено сравнение потенциальных разрешающих способностей по дальности и скорости этих сигналов. Сделаны выводы относительно изменения потенциальных характеристик зондирующих сигналов с увеличением степени внутримпульсной частотной модуляции.

Ключевые слова: частотная модуляция, потенциальная разрешающая способность, корреляция.

Mrachkovskiy O. D., Reutska Yu. Yu. Comparative analysis of potential characteristics of 2nd degree, 3^d degree and 4th degree frequency modulated probing signals.

Introduction. Complicated signals with the button ambiguity function can provide the distance and speed of target independent estimation. These include the signal with the 2nd degree that has been carefully researched earlier.

Problem statement. The potential characteristics of 2nd degree, 3d degree and 4th degree frequency modulated probing signals are analyzed and compared.

Investigation of potential characteristics of 3d degree and 4th degree frequency modulated probing signals. Features of 2nd degree, 3d degree and 4th degree frequency modulated probing signals are considered. Comparison of these signals autocorrelation functions is held. Features of cross-correlation function splitting into two peaks and the consequences of this effect are considered. Comparison of potential range resolutions and potential resolutions of these signals speed are conducted. Dependence of the probing signals potential characteristics increasing the intra-frequency modulation degree is investigated.

Conclusions. Increasing the degree of frequency modulated does not result to a substantial increase in peak splitting cross-correlation function. Level pedestal signal grows and potential resolutions range of signals worsen with increasing degree of frequency modulated. Potential resolutions of signals speed are not changing increasing degree of frequency modulated.

Keywords: frequency modulation, potential resolution, correlation.