

DOI: <https://doi.org/10.36910/6775-2524-0560-2023-52-18>

УДК 621.396.96

Павленко Андрій Васильович, магістр

Луцький національний технічний університет, м. Луцьк, Україна

## АМПЛІТУДНО-ЧАСТОТНА ХАРАКТЕРИСТИКА ТА ЕФЕКТИВНІСТЬ СИСТЕМИ СЕЛЕКЦІЇ РУХОМИХ ЦІЛЕЙ: АНАЛІЗ ТА МОДЕЛЮВАННЯ

**Павленко А.В. Амплітудно-частотна характеристика та ефективність системи селекції рухомих цілей: аналіз та моделювання.** Ця стаття присвячена дослідженню та аналізу впливу Амплітудно-Частотної Характеристики (АЧХ) на ефективність Системи Селекції Рухомих Цілей (СРЦ) в радіолокаційних системах. Досліджено теоретичні аспекти впливу параметрів АЧХ на здатність СРЦ відсіювати непотрібні сигнали та точно виявляти рухомі об'єкти. Представлено моделювання та аналіз динаміки системи СРЦ та впливу на неї режекторних фільтрів в MatLab, що дає можливість пояснити деякі динамічні ефекти. Використано інструмент чисельного моделювання динамічних систем MatLab, з допомогою якого побудовані графіки впливу режекторних фільтрів системи СРЦ. Проведено аналітичне дослідження систем СРЦ для пояснення динамічних ефектів, що виникають.

**Ключові слова:** амплітудно-частотна характеристика, система селекції рухомих цілей, радіолокаційна система.

**Pavlenko A.V. Amplitude-frequency characteristics and efficiency of the moving target selection system: analysis and modeling.** This article is devoted to the study and analysis of the effect of the Amplitude-Frequency Characteristics (AFC) on the effectiveness of the Moving Target Selection System (TSS) in radar systems. The theoretical aspects of the influence of frequency response parameters on the ability of SRC to screen out unnecessary signals and accurately detect moving objects have been investigated. Modeling and analysis of the dynamics of the SRC system and the influence of rejection filters on it in MatLab are presented, which makes it possible to explain some dynamic effects. The tool for numerical simulation of dynamic systems MatLab was used, with the help of which the graphs of the influence of rejection filters of the SRC system were constructed. An analytical study of SRC systems was carried out to explain the dynamic effects that arise.

**Keywords:** amplitude-frequency characteristic, system of selection of moving targets, radar system.

**Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок з важливими науковими і практичними завданнями.** Останнім часом дуже важливим стало швидко виявляти та знешкоджувати ворожі цілі. Для нормального функціонування системи, також важливо визначати та враховувати вплив різних факторів на її функціонування. Також не менш важливим є відрізняти фіктивні цілі від реальних, для цього потрібно враховувати інфрачервоне випромінювання, адже реагувати потрібно максимально швидко, а цілі схожі на реальні за всіма ознаками [2].

Використання результатів у авіації та в галузях проектування складних технічних систем з метою створення найбільш досконалих комплексів виявлення цілей, що мають широке застосування. [3]

**Аналіз останніх досліджень, у яких започатковано вирішення проблеми. В даній статті** [2] присутнє пояснення та вирішення проблеми, яку я описував вище. Для її вирішення використовується аналіз кінематики треку та зміну траєкторії потім пов'язуються сегменти треку до та після виявлення фальшивої цілі.

Ефективність перехоплювання цілі з проведеними моделюваннями, у яких враховується відстань, напрямок, швидкість цілі описані в даній роботі [4].

Методи уникнення перешкод для більш ефективного виявлення цілі описані в даній статті. Також дана стаття пропонує ефективні методи виявлення цілей враховуючи деякі фактори. [5]

**Дослідження систем СРЦ.** СРЦ (система селекції рухомих цілей) виконує важливу функцію виділення сигналів рухомих цілей з отриманих суміші сигналів, які містять перешкоди і шуми, інтерферуючі з ними у приймачі радіолокаційної системи (РЛС). Залежно від типу РЛС, СРЦ може мати різні задачі, такі як:

- Виявлення літаків на тлі місцевих об'єктів, хмар або інших природних та штучних перешкод (у випадку наземної РЛС).
- Виявлення низьких цілей з повітряних або космічних апаратів на тлі відбиття від поверхні Землі (у випадку бортової РЛС).
- Виявлення наземних транспортних засобів на тлі відбиття від нерухомих об'єктів і доріг (у випадку автомобільної РЛС).

Для синхронізації роботи всіх систем РЛС використовується система виміру дальності (СВД), яка генерує синхронізаційні імпульси. [7]

СРЦ також відіграє важливу роль у захисті РЛС від пасивних перешкод і відбиття від місцевих об'єктів. У системі СРЦ сигнали, що походять від перешкод, компенсуються, щоб на

© Павленко А.В.

індикаторах СІД і СП (системи позиціонування) спостерігати лише позначки від рухомих цілей. Це дозволяє забезпечити більш точне і ефективне виявлення і відстеження цілей, що рухаються у РЛС. На рисунку 1 можна побачити складові компоненти управління СРЦ.



Рисунок 1 – Клавiші управління системи СРЦ

Для захисту РЛС від впливу пасивних перешкод і відбиття від місцевих предметів, як уже було сказано раніше, застосовується система селекції цілей, що рухаються (СРЦ). [9]

Система селекції цілей, що рухаються (СРЦ), є компонентом радіолокаційних систем, який відповідає за виділення сигналів від рухомих об'єктів з загального сигнального поля, що приймається радіолокаційним приймачем. Основною метою СРЦ є виявлення, відслідковування та ідентифікація рухомих цілей на тлі статичних об'єктів, шумів та перешкод.

Характеристики СРЦ:

1. Виявлення рухомих цілей: СРЦ здатна виявляти об'єкти, що рухаються, шляхом аналізу змін в ехо-сигналах, отриманих від радіолокаційного приймача.
2. Ідентифікація цілей: СРЦ може відрізнити рухомі цілі від статичних об'єктів та перешкод, шляхом аналізу параметрів їх руху, таких як швидкість, напрямок і зміна шляху.
3. Компенсація перешкод: СРЦ може використовувати алгоритми компенсації, які дозволяють виділити сигнали від рухомих цілей, компенсуючи ехо-сигнали від статичних об'єктів та перешкод.
4. Висока реакційність: СРЦ має високу швидкість реагування, що дозволяє швидко виявляти і відслідковувати рухомі цілі.

Переваги СРЦ:

- Забезпечує високу ефективність виявлення та відслідковування рухомих цілей.
- Допомогає уникнути помилкового виявлення статичних об'єктів та перешкод як цілей.
- Забезпечує збільшену надійність та точність визначення параметрів руху цілей.

Недоліки СРЦ:

- Вразливість до інтенсивних перешкод або сильного шуму, які можуть призвести до помилкового виявлення або втрати цілей.
- Обмежена можливість ідентифікації деяких типів рухомих цілей, особливо у випадках, коли вони мають низьку радіолокаційну сигнатуру.

Використання СРЦ:

- Авіаційна промисловість: СРЦ використовується для наведення літаків на цілі, виявлення повітряних цілей на фоні інших об'єктів та перешкод.
- Військові додатки: СРЦ застосовується для виявлення та відслідковування ворожих об'єктів, забезпечення безпеки в зоні радіолокаційного контролю.
- Автоматизовані системи безпеки: СРЦ може бути використана для виявлення рухомих цілей у системах контролю безпеки, наприклад, в системах відеоспостереження та системах раннього виявлення зіткнень на дорогах.

Застосування СРЦ залежить від конкретного контексту і вимог системи, де вона використовується. [1]

Алгоритм роботи системи селекції цілей, що рухаються (СРЦ), може включати наступні кроки:

1. Вхідний сигнал: СРЦ отримує вхідний сигнал від радіолокаційного приймача, який містить інформацію про ехо-сигнали, отримані від об'єктів у радіолокаційному полі.
2. Фільтрація і попереднє оброблення: Вхідний сигнал може бути підданий фільтрації і попередньому обробленню для виділення сигналів від рухомих цілей та приглушення шуму та перешкод.
3. Виявлення цілей: СРЦ використовує алгоритми виявлення, які аналізують відфільтрований сигнал для виявлення змін в ехо-сигналах, що свідчать про наявність рухомих цілей.
4. Відслідковування цілей: Якщо цілі виявлені, СРЦ застосовує алгоритми відслідковування для визначення параметрів руху цілей, таких як швидкість, напрямок і траєкторія.
5. Ідентифікація цілей: СРЦ може використовувати алгоритми ідентифікації, які дозволяють відрізнити цілі від статичних об'єктів та перешкод шляхом аналізу їхнього руху та інших характеристик.
6. Компенсація перешкод: Якщо виявлено перешкоди або статичні об'єкти, СРЦ може застосувати алгоритми компенсації, які дозволяють виділити сигнали від рухомих цілей, компенсуючи ехо-сигнали від перешкод.
7. Відображення результатів: Результати роботи СРЦ можуть бути відображені на індикаторах або передані до інших систем для подальшого аналізу та використання.

#### Характеристики СРЦ:

- Ефективність: СРЦ здатна ефективно виявляти та відслідковувати рухомі цілі навіть у високозашумлених та перешкоджених середовищах.
- Швидкодія: СРЦ може працювати в режимі реального часу, забезпечуючи оперативну обробку та відображення інформації про рухомі цілі.
- Адаптивність: СРЦ може адаптуватися до змінних умов роботи та варіацій в радіолокаційному середовищі.
- Мінімальне втручання оператора: СРЦ здатна автоматично виявляти та відслідковувати цілі без значного втручання оператора.

Потрібно також пояснити відмінність основних термінів, які будуть зустрічатися в даній роботі. СРЦ (система селекції рухомих цілей) і СДЗ (система дистанційного зондування) - це різні терміни, які використовуються в різних контекстах і мають різні значення. Давайте розглянемо їх відмінності:

#### СРЦ (система селекції рухомих цілей):

- СРЦ використовується в контексті військових або авіаційних систем.
- Її основна функція - виявлення, відстеження та вибір рухомих цілей (наприклад, літаків, суден, ракет).
- СРЦ координує рух об'єктів, визначає їх місцезнаходження, відстежує їх рух і надає інформацію пілотам або операторам системи для подальшої обробки та виконання завдань.

#### СДЗ (система дистанційного зондування):

- СДЗ використовується в контексті дистанційного зондування Землі.
- Її основна функція - збір і аналіз даних, отриманих з дистанції від Землі (наприклад, за допомогою супутників або літальних апаратів).
- СДЗ дозволяє отримувати інформацію про різні параметри Землі, такі як клімат, поверхневі утворення, рельєф, водні ресурси, рослинність і т.д.

Отже, відмінність між СРЦ і СДЗ полягає у їх призначенні, контексті використання і цілях. СРЦ використовується для виявлення і вибору рухомих цілей у військових або авіаційних системах, тоді як СДЗ використовується для збору даних із дистанції для аналізу параметрів Землі.

Тумблер АМПЛ-СРЦ" (Тумблер Амплітуди Сигналу Системи селекції Рухомих Цілей) використовується для переключення станції (або системи) в режим СРЦ і активації режиму ВОБУЛЯЦІЇ (або вобулювання).

Система Дистанційного Зондування (СРЦ) використовується для виявлення об'єктів або перешкод на основі відображеного сигналу (відбитого від об'єкта) і його аналізу. Це може бути використано, наприклад, в радіолокаційних або радіолокаційно-навігаційних системах.

Режим ВОБУЛЯЦІЇ (вобулювання) включається, коли на індикаторах пошуку та дальності з'являються пасивні перешкоди (наприклад, ворожі радіолокаційні сигнали). В цьому режимі станція перестає активно вислати сигнал і переходить у пасивний режим спостереження та аналізу отриманих сигналів.

У режимі СРЦ включається режим вобуляції, який дозволяє оператору відокремити сигнали від рухомих цілей від суміші сигналів, що містять перешкоди. Оператор дальності, спостерігаючи на індикаторі перешкод, може коригувати положення ручки "ЧАСТОТА КОМПЕНСАЦІЇ" з метою досягнення повного зникнення перешкоди або максимального зменшення її щільності.

Таким чином, режим СРЦ з використанням вобуляції та регулюванням частоти компенсації дозволяє оператору ефективно управляти сигналами від рухомих цілей та зменшити вплив пасивних перешкод на роботу РЛС. На рисунках 2 і 3 можна побачити пасивні перешкоди.



Рисунок 2 – Вид пасивної перешкоди на екрані ПП до компенсації



Рисунок 3 – Вид пасивної перешкоди на екрані ПП після її компенсації

Система вторинних джерел живлення та система вентиляції відповідають за забезпечення роботи всіх вузлів та блоків радіолокаційної станції (РЛС). Вони забезпечують необхідну енергію для функціонування системи та відведення тепла, що виникає під час роботи.

Результатом роботи РЛС є визначення поточних координат повітряної цілі, таких як дальність (Д), азимут і кут місця ( $\epsilon$ ). Ці дані потім передаються до управлінсько-розподільного пункту (УРП) для подальшої обробки та використання.

Режими роботи РЛС включають:

1. Ручний пошук мети: Оператор вручну виконує пошук цілей на індикаторах РЛС та наводить антену на ціль.
2. Секторний пошук мети (СЕКТОРНИЙ ПОШУК): РЛС автоматично сканує певний сектор простору для виявлення цілей.
3. Круговий пошук мети (КРУГОВИЙ ПОШУК): РЛС виконує повний оберт антени навколо своєї вертикальної осі для виявлення цілей у всіх напрямках.

4. Ручне наведення антени на ціль (НАВЕДЕННЯ): Оператор вручну наводить антену на ціль після виявлення.
5. Автоматичний супровід мети (АВТОМАТ): РЛС автоматично відстежує рух цілі після її виявлення і підтримує постійний зв'язок з нею.

Режими РЛС також можна поділити за способом обробки відлуння-сигналів на амплітудний і селекцію цілей, що рухаються (СРЦ). Режим СРЦ застосовується під час роботи в умовах пасивних перешкод, де важливим завданням є виділення сигналів рухомих цілей зі суміші перешкод та шумів, які приймаються приймачем РЛС.

Використання режиму СРЦ дозволяє покращити ефективність виявлення рухомих цілей та забезпечити більш точну інформацію про їх рух. Однак, цей режим може мати обмеження в виявленні дуже малих або швидких цілей, особливо в умовах великого шумового фону або наявності сильних перешкод

**1.2 Розрахунок потужності відображення.** При виявленні рухомих цілей у режимі СДЦ використовується доплерівський ефект, який полягає в зміщенні частоти несучого коливання сигналу відносно РЛС через рух цілі відносно станції. За умови одночасного прийому сигналів від рухомих цілей і пасивних перешкод, завдання СДЦ стає складнішим через велику потужність відображень від нерухомих об'єктів у малорухомих цілях (потужність пасивних перешкод), яка перевищує потужність сигналів рухомих цілей на 20-80 дБ і більше. Одним з основних критеріїв для розрізнення сигналів рухомих і нерухомих об'єктів є доплерівське зміщення частоти  $f$  несучого коливання. При наближенні або віддаленні рухомої цілі від РЛС, спостерігається зсув частоти сигналу. Цей доплерівський зсув може служити ознакою рухомості цілі та використовується для відрізнєння сигналів рухомих цілей від пасивних перешкод. Враховуючи велику різницю в спектрах сигналів і перешкод, СДЦ може вирішити завдання виявлення рухомих цілей лише при наявності достатньо виражених відмінностей між ними. Хоча СДЦ має свої обмеження і не завжди може ефективно розрізнити сигнали рухомих цілей і пасивних перешкод, вона все ж є важливим елементом системи виявлення та селекції цілей, що рухаються, допомагаючи покращити точність інформації про рухомі об'єкти в умовах перешкод та шуму.

Основою для розрізнення сигналів рухомих та нерухомих об'єктів, є доплерівське зміщення частоти  $f$  несучого коливання, при відображенні радіосигналу від цілі, що наближається або віддаляється по відношенню до РЛС (1) :

$$f_{\delta} = \frac{2V_r}{c} f_0 = \frac{2V_r}{\lambda}, \quad (1)$$

де  $V_r$  - радіальна швидкість мети відносно РЛС;  $f$  - несуча частота;  $\lambda$  - довжина хвилі РЛС;  $c$  - швидкість поширення радіохвилі.

На рисунку 4 зображено вигляд спектрів для виявлення пасивних перешкод.

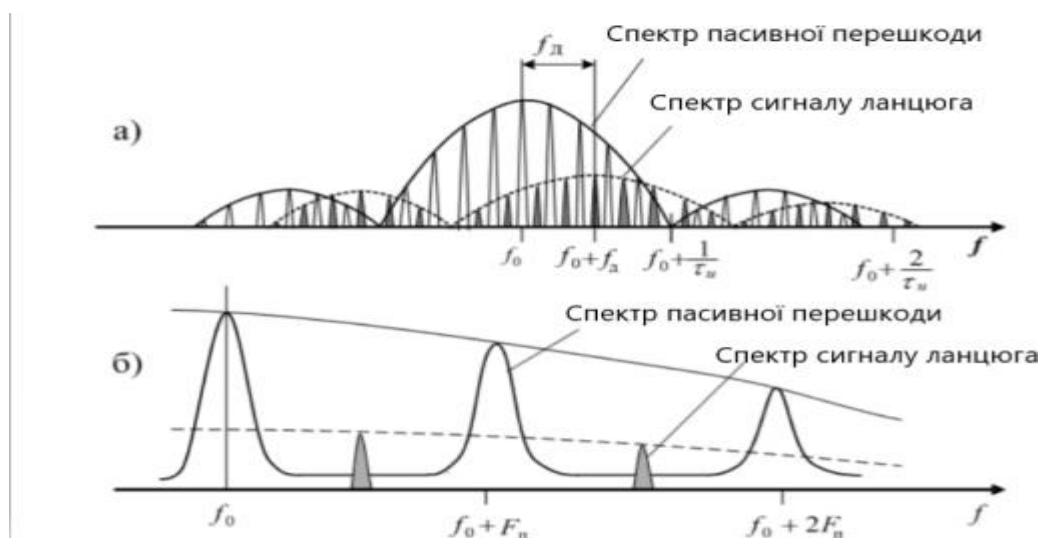


Рисунок 4а — загальний вигляд спектрів пасивної перешкоди і сигналу відбитого рухомою цілю для когерентних імпульсних РЛС з низькою частотою повторення зондуючих імпульсів  $F_p$ .

Рисунок 4б — фрагмент спектру.

Відбитий сигнал від рухомої цілі має певні зміни у порівнянні зі звичайним сигналом в радіолокаційних системах. При рухомій цілі імпульс сигналу зазнає деякої зміни, яка пов'язана зі швидкістю руху цілі.

1. **Частота несучої (доплерівський зсув частоти):** Частота сигналу, відбитого від рухомої цілі, змінюється на величину  $(1 + 2vr/c)$ , де  $v$  - швидкість цілі,  $c$  - швидкість світла. Це явище називається доплерівським зсувом частоти.

2. **Частота повторення (доплерівська зміна частоти повторення):** Частота повторення сигналу також змінюється у величину  $(1 + 2vr/c)$ . Це пов'язано зі зміною часу між імпульсами, відбитими від рухомої цілі.

3. **Тривалість імпульсу:** Тривалість імпульсу змінюється на зворотний коефіцієнт  $(1 + 2vr/c)$ . Це означає, що тривалість імпульсу відбитого сигналу від рухомої цілі буде коротшою порівняно з тривалістю імпульсу від нерухомої цілі.

Згідно з цим, для виявлення сигналів рухомої цілі можна використовувати будь-яку зміну з цих трьох параметрів: частоти несучої, частоти повторення або тривалості імпульсу. Це дозволяє системам радіолокації ефективно виявляти і визначати рухомі цілі в умовах змін.

У імпульсних РЛС, високочастотні коливання випромінюються під час тривалості зондуючого імпульсу. В решті періоду повторення ( $T_p$ -ти) ці коливання відсутні, і опорні коливання, необхідні для виявлення доплерівського збільшення частоти прийнятих імпульсів, створюються в системах СРЦ когерентним гетеродином. Ці системи називаються когерентно-імпульсними системами СДЦ з внутрішньою когерентністю. У системах СРЦ з зовнішньою когерентністю в якості опорних використовуються високочастотні коливання сигналів, відбитих від нерухомих об'єктів, розташованих в межах елемента дозволу (дозволеного об'єму), де знаходиться рухома ціль.[8]

Системи селекції рухомих цілей залежно від частоти повторення зондуючих імпульсів можуть бути розділені на різні типи:

- РЛС з низькою частотою повторення ( $F_p < 50$  кГц);
- РЛС з високою частотою повторення ( $F_p > 50$  кГц), також називають імпульсно-доплерівськими або квазінеперервними;
- РЛС з середньою частотою повторення ( $5$  кГц  $< F_p < 50$  кГц).

РЛС з низькою частотою повторення імпульсів мають великий інтервал однозначного вимірювання відстані та малий інтервал однозначного вимірювання швидкості. Імпульсно-доплерівські РЛС, навпаки, дозволяють вимірювати відстань в великому діапазоні, але мають малий інтервал однозначного вимірювання відстані (5 - 10 каналів). РЛС з середньою частотою повторення імпульсів не забезпечують однозначний вимір швидкості та відстані, але спільне використання декількох близьких середніх частот повторення дозволяє розширити ці діапазони.

Сучасні РЛС з системами селекції рухомих цілей можуть працювати з різними частотами повторення імпульсів, що дозволяє покращити ефективність виявлення і вимірювання рухомих цілей.

#### **Синтез черезперіодного компенсатора першого та другого порядку.**

Синтез черезперіодного компенсатора першого та другого порядку використовується для піддавання приглушенню пасивних перешкод. Простим інструментом при цьому є черезперіодний компенсатор (ЧПК), який здійснює віднімання сигналу на основі періодичності. В даному методі, відбиті сигнали, що отримуються протягом поточного періоду повторення, віднімаються від сигналів, які були затримані на час  $t_z$ , що дорівнює періоду повторення  $T_P$ .

Зазначений процес демонструє наступну концепцію: сигнали, які відбиваються від нерухомих об'єктів, залишаються практично незмінними між періодами повторення. Проте сигнали, відбиті від рухомих цілей, зазнають зсуву у часі між періодами повторення через їхню швидкість.

У ЧПК з використанням лінії затримки, відбиті сигнали з періоду повторення  $T_P$  затримуються на час  $t_z = T_P$ . При відніманні цих затриманих сигналів від відбитих сигналів поточного періоду повторення, ефективно підсилюється різниця між нерухомими та рухомими об'єктами. Таким чином, ЧПК дозволяє виділити рухомі об'єкти за рахунок виключення статичних сигналів, які залишаються майже незмінними між періодами повторення.



Синтез ЧПК може бути здійснений першим та другим порядком, відповідно до складності обчислень та точності, яку ви хочете досягти (рисунок 5).

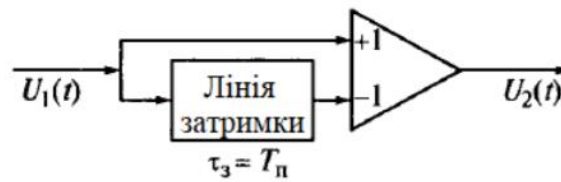


Рисунок 5 — Структурна схема черезперіодного компенсатора

Структурна схема черезперіодного компенсатора (ЧПК) включає компенсацію статичних амплітуд сигналів, що залишаються незмінними протягом періоду повторення, і розділення динамічних сигналів рухомих об'єктів. Ця схема використовує доплерівську частоту  $Fv$  для визначення різниці в фазі між рухомими та нерухомими об'єктами.

У цій схемі амплітуди статичних сигналів, які залишаються постійними, компенсуються, а сигнали від рухомих об'єктів, амплітуда яких змінюється з доплерівською частотою [6], з'єднуються на вході компенсуючого пристрою. В результаті на виході ЧПК отримуємо різницю амплітуд, яка визначається набігом фази за період повторення:

$$\Delta\varphi = 2\pi FvT_{\Pi} \quad (2)$$

Ця різниця амплітуд використовується для подальшого аналізу та ідентифікації рухомих об'єктів у радіолокаційних системах (рис.6).

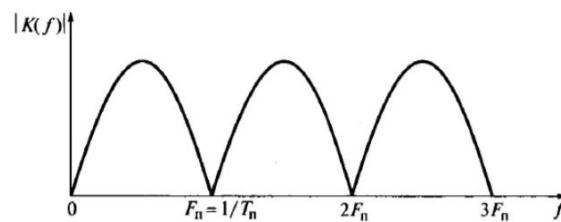


Рисунок 6 – Амплітудно частотна характеристика ЧПК

Цей черезперіодний компенсатор (ЧПК) можна розглядати як гребінчастий фільтр подавлення. Його функцію передачі можна записати у вигляді:

$$K(f) = 1 - e^{-j2\pi fT_{\Pi}} \quad (3)$$

Після множення та ділення цього виразу на  $2e^{-j\pi fT_{\Pi}}$ , отримуємо (4):

$$K(f) = 2e^{-j\pi fT_{\Pi}} e^{j\pi fT_{\Pi}} - e^{-j\pi fT_{\Pi}} 2j = 2je^{-j\pi fT_{\Pi}} \sin(\pi fT_{\Pi}). \quad (4)$$

Модуль функції передачі  $|K(f)|$ , який представляє амплітудно-частотну характеристику фільтру подавлення (5), визначається як:

$$\begin{aligned} |K(f)| &= 2|\sin(\pi fT_{\Pi})|, \\ \text{де } |je^{-j\pi fT_{\Pi}}| &= 1. \end{aligned} \quad (5)$$

Ця амплітудно-частотна характеристика дорівнює нулю на частотах, кратних  $F_{\Pi} = 1/T_{\Pi}$ . Це означає, що відбиті сигнали від нерухомих об'єктів будуть повністю приглушені, оскільки їх спектри мають лінії на цих частотах.

З цієї формули видно, що якщо сигнал від рухомої цілі має доплерівське зміщення частоти  $Fv = 2vr/\lambda$ , то він також буде приглушений фільтром. Це стає можливим завдяки тому, що швидкості цілей, рівні  $v_{сл} = nF_{\Pi}\lambda/2$ , стають "сліпими" для фільтра. Оптимальними умовами спостереження рухомої цілі є ті, де радіальні швидкості цілі, рівні  $v_{опт} = (2n + 1)/(4 F_{\Pi}\lambda)$ , є оптимальними.

#### Проектування системи для аналізу режекторного фільтру

В системі було проведення реалізація ряду функцій таких, як керування рухом повзунка, обчислення АЧХ режекторного фільтру, а також були реалізовані функції збереження графіка та відображення його на екрані монітора.

Готова система має вигляд (рисунок 7).

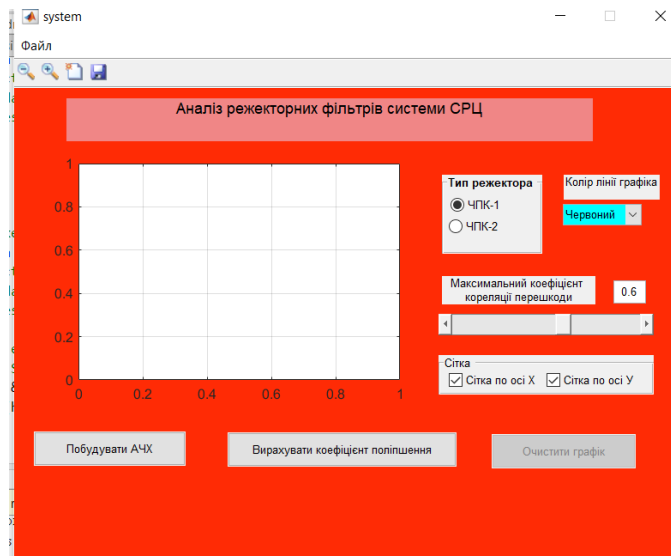


Рисунок 7 – Вигляд системи

У наведеному дослідженні буде проводитись побудова АЧХ ( амплітудно — частотної характеристики).

При виборі ЧПК - 2 та коефіцієнту кореляції 0,7, система має вигляд. Колір відтворення графіка лінії можна змінювати (червоний, синій, зелений) (рис.8).

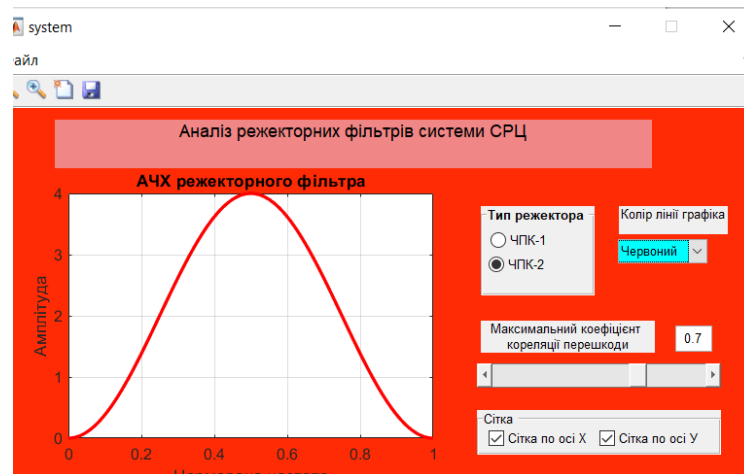


Рисунок 8 – Моделювання функції за вказаних умов

При виборі режиму Вирахування коефіцієнта поліпшення Моделювання графіка відображається в системі з коефіцієнтом поліпшення та коефіцієнтом міжперіодної кореляції. Для моделювання вказуємо коефіцієнт кореляції 0,93, ЧПК-1 (рис. 9).



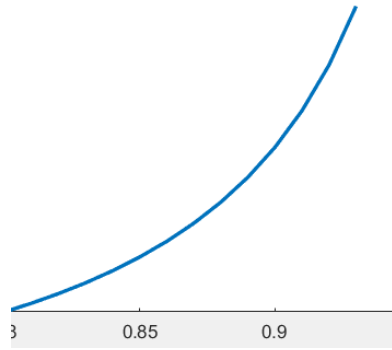


Рисунок 9 — Наведений графік при виборі відповідних умов

Реалізована функція збереження графіка та відкриття його в окремому файлі (рис. 10).

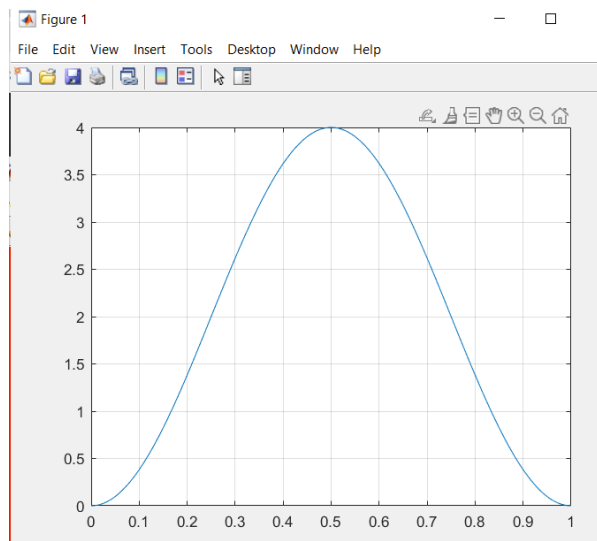


Рисунок 10— Реалізація функції зберігання та відкриття файлу

**Висновок.** При написанні роботи був проаналізований вплив різних факторів на систему селекції рухомих цілей, а саме який вплив на систему має режекторний фільтр. Власне основне призначення даного фільтра полягає в не пропусканні частот вказаного діапазону та в пропусканні частот всіх інших діапазонів.

Для моделювання впливу я вибрав АЧХ, адже вона показує залежність вихідного сигналу або системи від частоти вхідного сигналу.

Моделювання відбувалося в двох режимах ЧПК-1 та ЧПК-2 та вказуванням відповідного коефіцієнта кореляції перешкоди.

При моделюванні систем стало зрозуміло, який вплив має режекторний фільтр на СРЦ.

#### Список бібліографічного опису

1. Юрковський Я. М. Удосконалення системи селекції рухомих цілей в сучасних радіолокаційних засобах контролю повітряного простору/ Я.М. Юрковський// Радіотехнічні поля, сигнали, апарати та системи: міжнар. наук.- техн. конф. 18–24лист. 2019р.: тези доп. — Київ, 2019. — С. 189–191 (date of access: 19.08.2023).
2. Track Segment Association in Target Selection for Interdiction Using a Single Passive Sensor / K. Yang et al. *IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems*. 2021. P. 1. URL: <https://doi.org/10.1109/taes.2021.3087813> (date of access: 18.08.2023).
3. Wang L., Wu B., Sun L. System Design Research on Airborne Radar of Wide Area GMTI Mode for Fopen Moving Target. *2019 6th Asia-Pacific Conference on Synthetic Aperture Radar (APSAR)*, Xiamen, China, 26–29 November 2019. 2019. URL: <https://doi.org/10.1109/apsar46974.2019.9048425> (date of access: 19.08.2023).
4. Dynamic Task Allocation Algorithm for Moving Targets Interception / D. Zhao et al. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics: Systems*. 2022. P. 1–13. URL: <https://doi.org/10.1109/tsmc.2022.3189479> (date of access: 18.08.2023).

5. A Novel Moving Target Detection Method Based on RPCA for SAR Systems / Y. Guo et al. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*. 2020. Vol. 58, no. 9. P. 6677–6690. URL: <https://doi.org/10.1109/tgrs.2020.2978496> (date of access: 19.08.2023).
6. Doppler Centroid Estimation for Ground Moving Target in Multichannel HRWS SAR System / Z. Zhang et al. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*. 2021. P. 1–5. URL: <https://doi.org/10.1109/lgrs.2021.3068403> (date of access: 20.08.2023).
7. Основні характеристики системи селекції рухомих цілей (СПЦ). *ni.biz.ua*. URL: [http://ni.biz.ua/16/16\\_2/16\\_20475\\_osnovni-harakteristiki-sistemi-selektcii-ruhomih-tsiley-srts.html](http://ni.biz.ua/16/16_2/16_20475_osnovni-harakteristiki-sistemi-selektcii-ruhomih-tsiley-srts.html) (дата звернення: 19.08.2023).
8. Основи радіолокації. *Grundlagen der Radartechnik*. URL: <https://www.radartutorial.eu/02.basics/rp07.uk.html> (дата звернення: 20.08.2023).
9. СЕЛЕКЦІЯ рухомих цілей (СДЦ). *um.co.ua*. URL: <http://um.co.ua/8/8-2/8-28909.html> (дата звернення: 20.08.2023).

#### References

1. Track Segment Association in Target Selection for Interdiction Using a Single Passive Sensor / K. Yang et al. *IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems*. 2021. P. 1. URL: <https://doi.org/10.1109/taes.2021.3087813> (date of access: 18.08.2023).
2. Wang L., Wu B., Sun L. System Design Research on Airborne Radar of Wide Area GMTI Mode for Fopen Moving Target. *2019 6th Asia-Pacific Conference on Synthetic Aperture Radar (APSAR)*, Xiamen, China, 26–29 November 2019. 2019. URL: <https://doi.org/10.1109/apsar46974.2019.9048425> (date of access: 19.08.2023).
3. Dynamic Task Allocation Algorithm for Moving Targets Interception / D. Zhao et al. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics: Systems*. 2022. P. 1–13. URL: <https://doi.org/10.1109/tsmc.2022.3189479> (date of access: 18.08.2023).
4. A Novel Moving Target Detection Method Based on RPCA for SAR Systems / Y. Guo et al. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*. 2020. Vol. 58, no. 9. P. 6677–6690. URL: <https://doi.org/10.1109/tgrs.2020.2978496> (date of access: 19.08.2023).
5. Doppler Centroid Estimation for Ground Moving Target in Multichannel HRWS SAR System / Z. Zhang et al. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*. 2021. P. 1–5. URL: <https://doi.org/10.1109/lgrs.2021.3068403> (date of access: 20.08.2023).