

УДК 621.396

І.М. Невмержицький, О.А. Малишев, В.М. Купрій, С.В. Бровченко

Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ КОМПЕНСАЦІЇ НЕСИНХРОННИХ ІМПУЛЬСНИХ ПЕРЕШКОД, ЩО ДІЮТЬ НА КОГЕРЕНТНО-ІМПУЛЬСНУ РЛС, КОМПЕНСАТОРОМ, ЯКИЙ РЕАЛІЗУЄ ПОДВІЙНЕ ДИСКРЕТНЕ ПЕРЕТВОРЕННЯ ХАРТЛІ

Стаття присвячена аналізу результатів візуально-імітаційного моделювання роботи компенсатора несинхронних імпульсних перешкод (НІП), алгоритм дії якого реалізує подвійне дискретне перетворення Хартлі (ДПХ). Оцінка ефективності роботи компенсатора НІП проводилась для випадку дії на когерентно-імпульсну РЛС несинхронних імпульсних перешкод, що уражають 1, 2 та 3 дискрета дальності однієї частотної пачки. Показано, що за рахунок повної компенсації впливу НІП («бланкування» відповідних квадратурних складових вхідного сигналу), відбувається зменшення модулів спектральної щільності цілі у визначених фазових фільтрах ДПХ. Для підвищення ефективності компенсації НІП запропоновано алгоритм відновлення (регенерації) відповідних складових вхідного сигналу після компенсації НІП за рахунок повторного ДПХ.

Ключові слова: візуально-імітаційне моделювання, компенсатор несинхронних імпульсних перешкод, перетворення Хартлі.

Вступ

Постановка проблеми. Аналіз та оцінка впливу несинхронних імпульсних перешкод на когерентно-імпульсну РЛС представляє інтерес, оскільки, як видно з рис. 1, вплив перешкод на РЛС проявляється в маскуванні дійсних цілей, зменшуючи ймовірність їх виявлення та точність супроводу операторами РЛС.

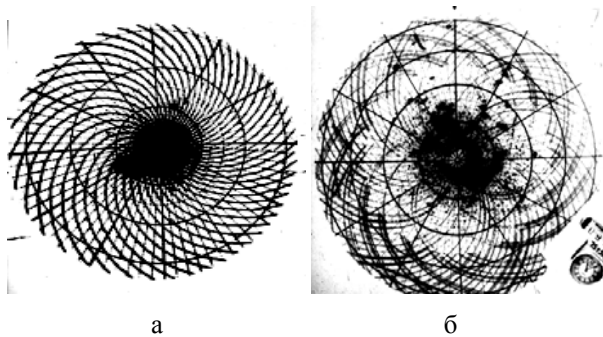


Рис. 1. Вплив однієї (а) та декількох (б) НІП

Також при дії НІП система автоматичного регулювання підсилення (АРП) приймача різко зменшує чутливість, внаслідок чого дальність виявлення цілей зменшується [1]. Важливим є і той факт, що при дії НІП, система підтримки постійного рівня хибних тривог автоматичного виявлювача піднімає поріг виявлення, при цьому дальність виявлення цілей також зменшується [1].

Як видно із зазначеного, при дії НІП погіршуються основні характеристики РЛС – максимальна дальність виявлення, точність супроводування цілей.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. В [2] показана можливість компенсації несинхронних імпульсних перешкод компенсатором НІП, алго-

ритм виявлення та компенсації перешкод якого реалізує подвійне дискретне перетворення Хартлі.

Аналіз результатів проведених досліджень показує, що для випадку компенсації НІП, яка уражає k -й дискрет дальності лише в одному періоді повторювання T_p , ефективність застосування компенсатора НІП, яка оцінювалась величиною зменшення модуля спектральної щільності цілі на виході системи СРЦ РЛС, становить 10-12,5%. Це свідчить про достатньо високу ефективність роботи компенсатора НІП. Однак, якщо кількість уражених дискрет дальності збільшується, ефективність застосування компенсатора НІП значно падає (для трьох уражених дискрет дальності спостерігається зменшення модуля спектральної щільності цілі на виході системи СРЦ РЛС до 37,5%). Таке зменшення модуля спектральної щільності цілі пояснюється насамперед тим, що за рахунок повної компенсації впливу НІП, компенсується і відповідна дискретна квадратурна складова вхідного сигналу. Рівень фону в ненульових фільтрах ДПХ, за рахунок повної компенсації впливу НІП також зростає [2].

Для підвищення ефективності компенсації НІП в даній статті запропоновано алгоритм відновлення (регенерації) відповідних складових вхідного сигналу після компенсації НІП за рахунок повторного ДПХ. У цьому і полягає основна **мета даної статті**.

Оцінка ефективності запропонованого алгоритму проводилась шляхом візуально-імітаційного моделювання. Візуально-імітаційна модель створювалась з використанням пакету розширення Simulink системи MATLAB.

Виклад основного матеріалу

В основу методу придушення НІП, який застосовувався при розробці компенсатора, розглянутого в [2] покладений принцип “БЛАНКУВАННЯ”. Реа-

лізація цього принципу передбачала попереднє знання про час та місце ураження імпульсом НІП дискрету дальності.

Кількість дискрет дальності уражених імпульсами НІП може бути різною і залежить, як правило, від кількості джерел НІП та амплітудного і часового

розподілу їх імпульсних послідовностей [1]. Так на рис. 2 показано випадок пливу на когерентно-імпульсну РЛС одного джерела НІП. Як видно з рисунка, імпульсом НІП уражено k -й дискрет дальності у 3-му періоді повторювання T_n визначеної частотної пачки ($8 T_n$).

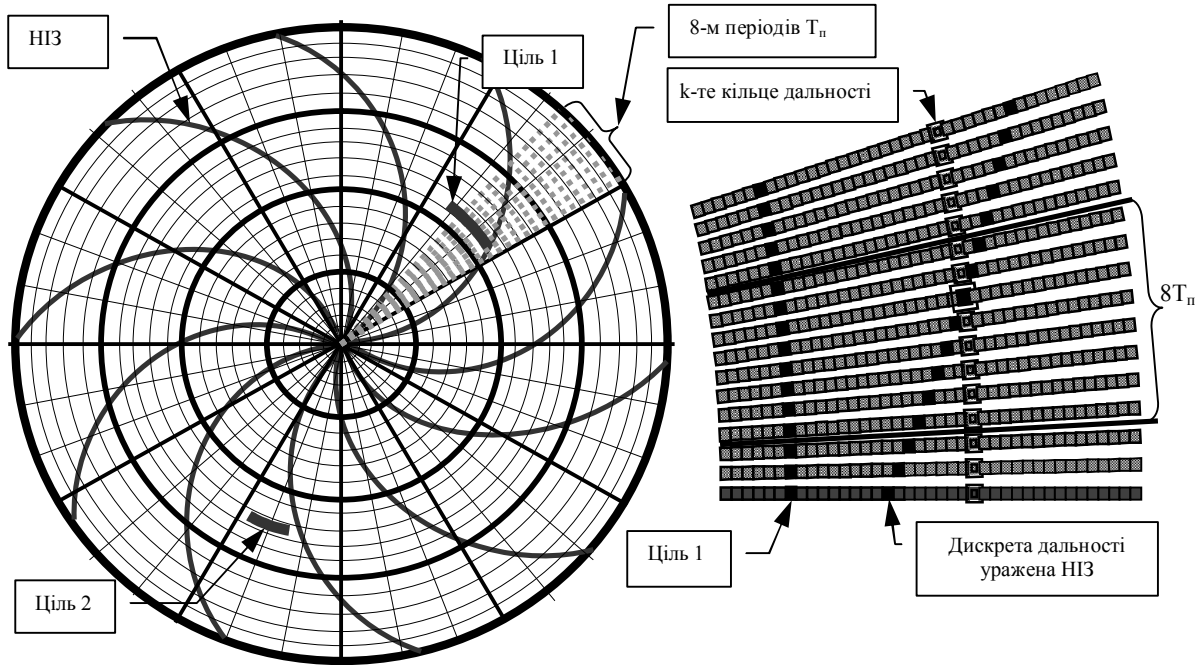


Рис.2. Вплив на РЛС одного джерела НІЗ

На рис. 3 показано випадок пливу на когерентно-імпульсну РЛС двох джерел НІП. Як видно з рисунка, імпульсами НІП 1 уражено k -й дискрет дальності у 3-му періоді повторювання T_n , а імпульсами НІП 2 уражено k -й дискрет дальності у 8-му періоді повторювання T_n .

Для більш глибокого кількісного аналізу впливу на РЛС несинхронних імпульсних перешкод була створена візуально-імітаційна модель, яка імітувала відгуки від зондувальних імпульсів РЛС (однієї частотної пачки $8T_n$) для випадку дії на неї: одного, двох та трьох джерел НІП. Аналіз результатів візуально-імітаційного моделювання дав змогу зробити висновок, та підтвердити той факт, що кількість уражених імпульсами НІП дискрет дальності (однієї частотної пачки $8T_n$, k -го кільця дальності) залежить від кількості джерел НІП та амплітудного і часового розподілу їх імпульсних послідовностей. Для визначення часу ураження (номеру періоду повторювання T_n) імпульсом НІП дискрети дальності в [2] використовувався алгоритм виявлення, який реалізує подвійне дискретне перетворення Хартлі (рис. 4).

Для прикладу, на рис. 4 несинхронна імпульсна перешкода присутня у 2-му періоді повторювання визначеної частотної пачки ($8T_n$). Після першого ДПХ, як видно з рис. 3, НІП дає однаковий відгук у всіх 8-ми фазових фільтрах ДПХ. Повторна обробка спектру НІП за алгоритмом ДПХ дає відгук лише у

7-му фільтрі ДПХ. Таким чином, за номером фільтру другого ДПХ, модуль амплітуди якого максимальний, можна визначити період повторювання зондувальних імпульсів, серед відгуків яких була присутня імпульсна перешкода.

Використовуючи даний алгоритм були синтезовані структурні схеми компенсації НІП у частотній та часовій площині [2]. Дані схеми покладені в основу побудови візуально-імітаційних моделей компенсаторів НІП, що реалізують подвійне ДПХ. Для проведення експерименту на дослідження ефективності роботи даних компенсаторів використовувалась вже розроблена у [3] Simulink-модель блоку імітації вхідних сигналів, яка дає змогу імітувати дискретні значення двох квадратурних складових сигналів (це ехосигнали від цілей, підстиляючої поверхні та місцевих предметів, а також сигнали несинхронних імпульсних перешкод) з виходів АЦП (X_{ik} і Y_{ik}).

Проведені дослідження компенсаторів НІП в складній сигнально-перешкодовій обстановці (імітувався вплив декількох імпульсів НІП на одну частотну пачку зондувальних імпульсів) показали, що для випадку компенсації НІП що уражає k -й дискрет дальності в одному періоді повторювання T_n спостерігається зменшення модуля спектральної щільності цілі на 10%, а для випадку компенсації НІП що уражає k -й дискрет дальності у трьох періодах T_n - на 37,5%.

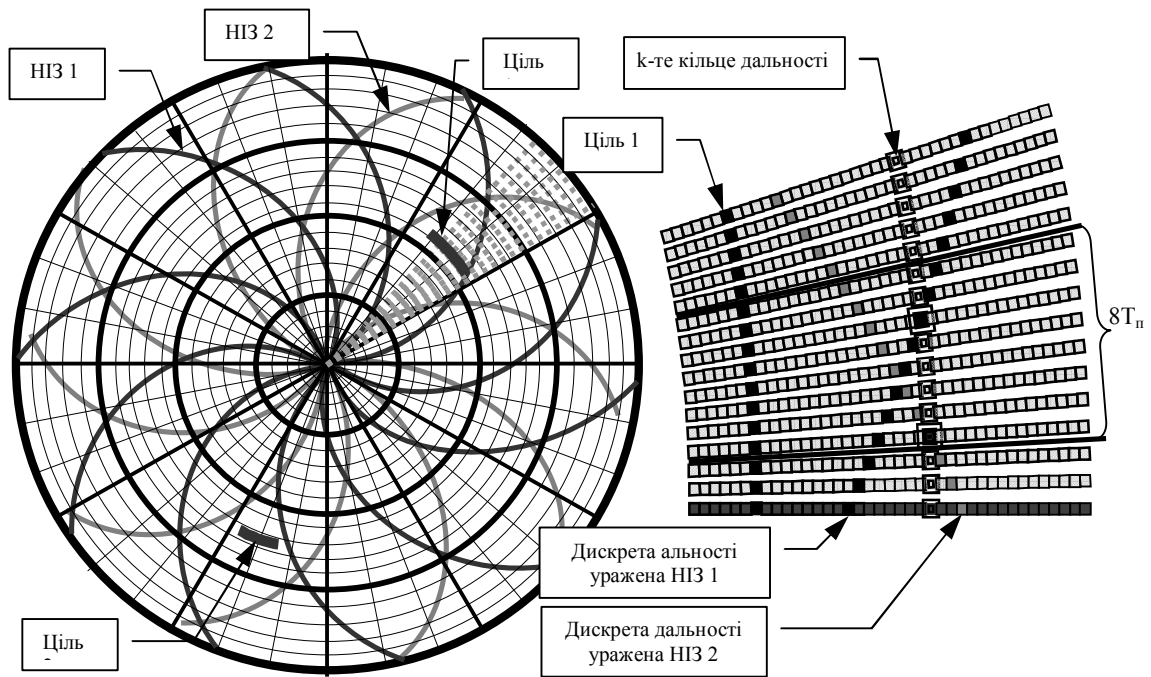


Рис. 3. Вплив на РЛС двох джерел НІЗ

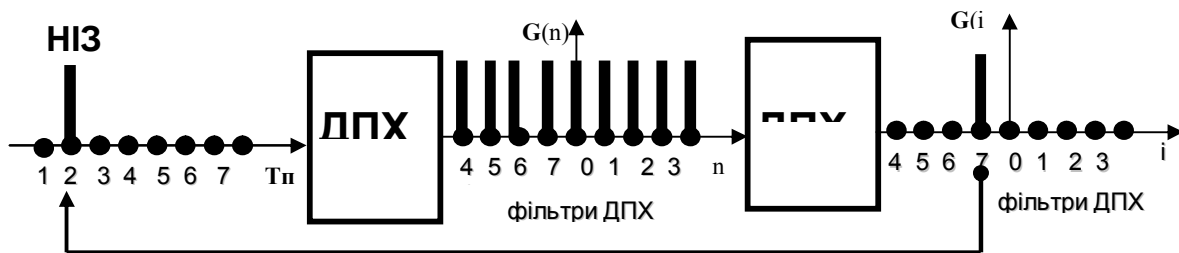


Рис. 4. Алгоритм виявлення часу ураження (номеру періоду повторювання T_p) імпульсом НІЗ дискрету дальності

Різка зменшення ефективності компенсації НІП (зменшення модулів спектральної щільності цілі) пояснюється насамперед тим, що за рахунок ефекту "бланкування", компенсується відповідна дискретна квадратурна складова вхідного сигналу, яка уражена НІП. Крім цього, за рахунок такої компенсації НІП зростає рівень фону в ненульових фільтрах ДПХ. Це особливо помітно за умови ураження k -го дискрету дальності у 3-х періодах T_p [2].

Для вирішення проблеми бланкування квадратурних складових сигналу в статті запропонований алгоритм регенерації в кепстральній площині. Аналізуючи кепст потужності на виході другого ДПХ після компенсації НІП можна помітити, що кепст потужності сигналів від цілі стає рівномірним з характерними "провалами" в тих фільтрах ДПХ, номери яких відповідають ураженим номерам періодів для визначеної частотної пакки.

Таким чином, регенеруючи кепст потужності за номером фільтра другого ДПХ, модуль амплітуди якого мінімальний (або дорівнює нулю), та повторно провівши ДПХ від кепстру, можна відновити спектр сигналу цілі.

На рис. 5 показано структурну схему одноканального компенсатора НІП, яка доповнена необхідними елементами, що дозволяють реалізувати алгоритм регенерації (відновлення) спектру сигналу після його ліфтрації в кепстральній площині.

Висновки

Завдяки використанню алгоритму регенерації (відновлення) спектру сигналу після його ліфтрації в кепстральній площині з'являється можливість значно підвищити ефективність компенсації імпульсних перешкод одноканальним компенсатором НІП, який реалізує для їх виявлення подвійне ДПХ, а для компенсації – принцип бланкування.

Список літератури

1. Сколник М.И. Справочник по радиолокации. Т. 2. Радиолокационные антенные устройства: пер. с англ. / М.И. Сколник. – М.: Сов. радио, 1977. – 250 с.
2. Невмержицький І.М. Візуально-імітаційне моделювання цифрового компенсатора несинхронних імпульсних перешкод, що реалізує подвійне дискретне перетворення Хартлі / І.М. Невмержицький, А.А. Гризо // Системи озброєння і військова техніка. – 2010. – № 4(24) – С. 141-145.

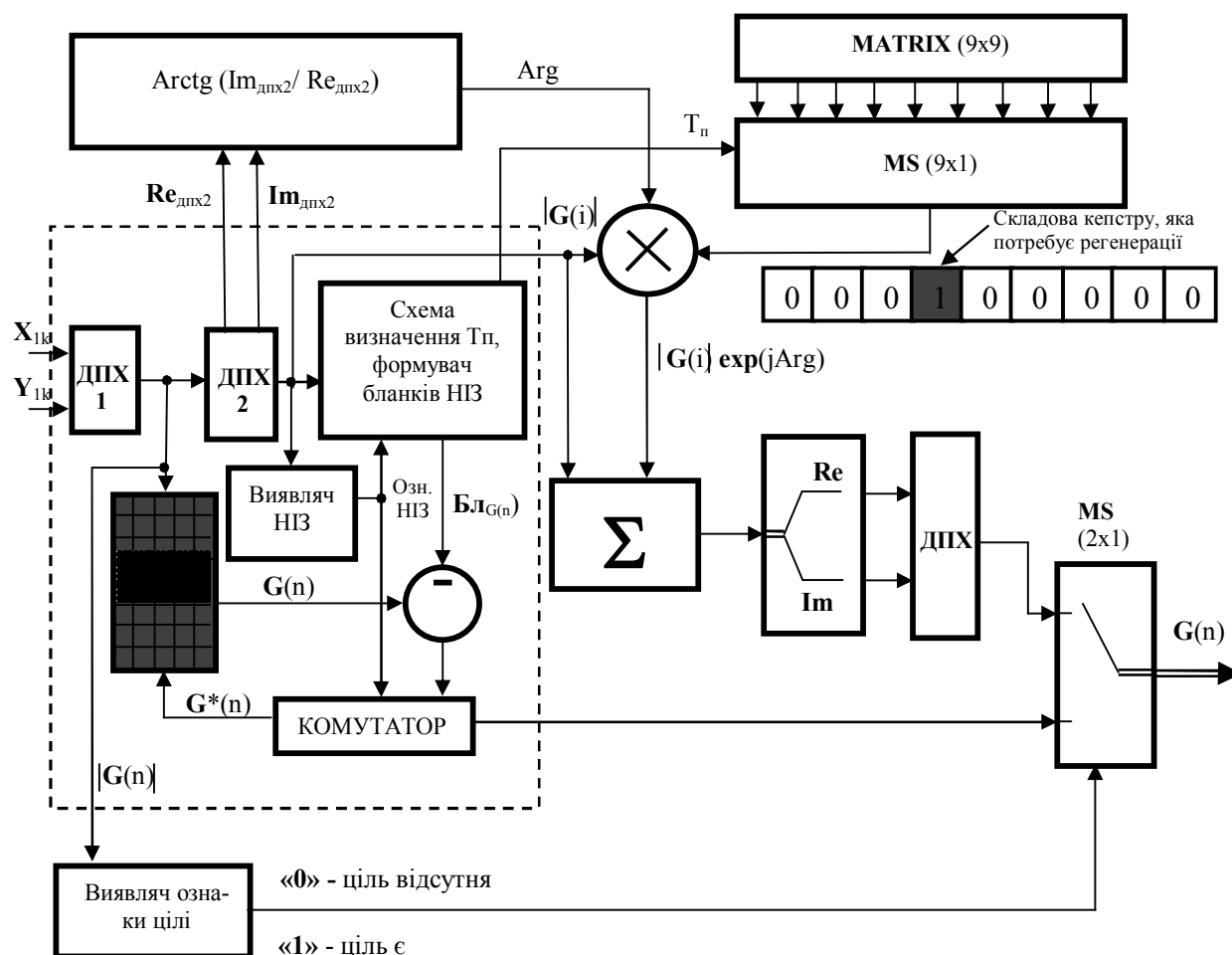


Рис. 5. Структурна схема одноканального компенсатора НІЗ, яка реалізує алгоритм регенерації в кепстральній площині

3. І.М. Невмержицький. Візуально-імітаційне моделювання цифрової системи СРЦ, що реалізує дискретне перетворення Хартлі / І.М. Невмержицький, А.А. Гризо, І.І. Калініченко, Р.Ю. Кліменко // Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України. – 2010. – № 2(4). – С. 137-140.

Надійшла до редколегії 11.05.2011

Рецензент: д-р техн. наук, доц. Р.Е. Пашенко, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ КОМПЕНСАЦИИ НЕСИНХРОННЫХ ИМПУЛЬСНЫХ ПОМЕХ, ДЕЙСТВУЮЩИХ НА КОГЕРЕНТНО ИМПУЛЬСНУЮ РЛС, КОМПЕНСАТОРОМ, КОТОРЫЙ РЕАЛИЗУЕТ ДВОЙНОЕ ДИСКРЕТНОЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ХАРТЛИ

І.М. Невмержицький, А.А. Малышев, В.Н. Купрій, С.В. Бровченко

Стаття посвячена аналізу результатів візуально-імітаційного моделювання роботи компенсатора несинхронних імпульсних помех (НІП), алгоритм дій якого реалізує подвійне дискретне перетворення Хартлі (ДПХ). Оцінка ефективності роботи компенсатора проводилась для випадку дії на когерентно-імпульсну РЛС НІП, порождаючих 1, 2 і 3 дискретні дальності однієї частотної пачки. Показано, що за рахунок повної компенсації впливу НІП, відбувається зменшення модулів спектральної густоти цілі в певних фазових фільтрах ДПХ. Для підвищення ефективності компенсації запропоновано алгоритм регенерації відповідних складових вхідного сигналу після компенсації НІП за рахунок повторного ДПХ.

Ключевые слова: візуально-імітаційне моделювання, компенсатор несинхронних імпульсних помех, перетворення Хартлі

INCREASE OF EFFICIENCY OF INDEMNIFICATION OF THE NONSYNCHRONOUS PULSE HANDICAPES WORKING ON COHERENTLY PULSE RADAR STATION, THE EQUALISER WHICH REALIZES DOUBLE DISCRETE TRANSFORMATION HARTLI

I.M. Nevmerzhtsky, A.A. Malishev, V.N. Kuprii, S.V. Brovchenko

Article is devoted to the analysis of results visual - imitating modelling of work of the equaliser of nonsynchronous pulse handicapes which algorithm of action realizes double discrete transformation Hartli. The estimation of an overall performance of equaliser of nonsynchronous pulse handicapes was spent for a case of action on coherently pulse radar the nonsynchronous pulse handicapes amazing 1, 2 and 3 discrete of range of one frequency pack. It is shown, that due to full indemnification of influence equaliser of nonsynchronous pulse handicapes there is a reduction of modules of spectral density of the purpose in certain phase filters. For increase of efficiency of indemnification the algorithm of regeneration of corresponding components of an entrance signal after indemnification is offered due to repeated discrete transformation Hartli.

Keywords: visual - imitating modelling, the equaliser of nonsynchronous pulse handicapes, transformation Hartli.