



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 55289

(13) A

(51) 7 G01S13/58

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС

ДО ДЕКЛАРАЦІЙНОГО ПАТЕНТУ
НА ВІНАХІДВИДАЄТЬСЯ ПІД
ВІДПОВІДАЛЬНІСТЬ
ВЛАСНИКА
ПАТЕНТУ

(54) ЦИФРОВИЙ СПОСІБ ВИМІРУ РАДІАЛЬНИХ ШВИДКОСТЕЙ ЦІЛЕЙ

1

2

(21) 2002108252

(22) 17 10 2002

(24) 17 03 2003

(46) 17 03 2003, Бюл. № 3, 2003 р.

(72) Головін Олексій Олександрович, Слюсар
Вадим Іванович(73) ЦЕНТРАЛЬНИЙ НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ
ІНСТИТУТ ОЗБРОЄННЯ ТА ВІЙСЬКОВОЇ
ТЕХНІКИ ЗБРОЙНИХ СИЛ УКРАЇНИ

(57) 1 Цифровий спосіб виміру радіальних швидкостей цілей, що полягає в періодичному випромінненні імпульсних сигналів, здійсненні над прийнятими луна-сигналами операції аналого-цифрового перетворення (АЦП), формуванні вимірювальної вибірки шляхом багаторазового відбору однойменних відліків цифрових напруг сигналів, отриманих у різні періоди випроміннення, здійсненні для виміру швидкості цілі зваженого підсумовування в межах сформованої зазначеним чином вимірювальної вибірки однойменних відліків сигналів, отриманих у різні періоди випроміннення, який відрізняється тим, що визначення швидкості цілі проводять шляхом виміру періодичного зсуву у часі сигналів з відомою огинаючою в сформованій вимірювальній вибірці, який виникає на протязі N зондувань внаслідок руху цілі

2 Спосіб за п. 1, який відрізняється тим, що визначення швидкості цілі здійснюють за виразом

$$V = \frac{d \cdot \Delta t \cdot c}{2T},$$

де T - період повторення зондувальних імпульсів, c - швидкість світла, d - періодичний зсув у часі сигналів в сформованій вимірювальній вибірці внаслідок руху цілі, оцінений в періодах дискретизації АЦП, Δt - період дискретизації АЦП

3 Спосіб за пп. 1, 2, який відрізняється тим, що операції аналого-цифрового перетворення луна-сигналів передують їх амплітудне детектування

4 Спосіб за пп. 1, 2, який відрізняється тим, що після операції аналого-цифрового перетворення луна-сигналів здійснюють їх цифрове детектування, наприклад, шляхом відкидання знакового розряду

5 Спосіб за пп. 3, 4, який відрізняється тим, що зважене підсумовування однойменних відліків сигналів, отриманих у різні періоди випроміннення, здійснюють за виразом

$$F = \frac{\left[\sum_{s=0}^{S-1} \left[U_{sz} \sum_{n=0}^{N-1} k(s + \tilde{z} - nd) \right] \right]^2}{\sum_{s=0}^{S-1} \left[\sum_{n=0}^{N-1} k(s + \tilde{z} - nd) \right]^2},$$

де N - кількість імпульсів у вибірці, S - протяжність вимірювальної вибірки у відліках АЦП, s - номер відліку АЦП, n - номер імпульсу, U_{sz} - напруга sn-го відліку АЦП, d - величина періодичного зсуву у часі сигналів в сформованій вимірювальній вибірці на протязі N зондувань внаслідок руху цілі,

$$k(s + z - nd) = \begin{cases} k(s + z - nd), & \text{при } nd \leq s + z < M + nd \\ 0, & \text{при } nd > s + z \geq M + nd \end{cases}$$

- нормована до свого максимуму дискретна функція огинаючої n-го імпульсу в s-m за номером відліку вимірювальної вибірки, M - тривалість імпульсів у періодах дискретизації АЦП,

z - зсув першого з задіяних для виміру відліків АЦП відносно останнього імпульсу в пачці,

причому оцінку величини періодичного зсуву імпульсів d здійснюють шляхом перебору можливих значень z та d з заданим кроком до досягнення функцією F максимуму максимуму

6 Спосіб за пп. 1, 2, який відрізняється тим, що операції аналого-цифрового перетворення луна-сигналів передують формування квадратурних складових сигналів шляхом аналогового перемноження прийнятого сигналу та опорного

7 Спосіб за пп. 1, 2, який відрізняється тим, що після аналого-цифрового перетворення луна-сигналів формують їх квадратурні складові у цифровому вигляді

8 Спосіб за п. 7, який відрізняється тим, що формування квадратурних складових сигналів здійснюють за допомогою дискретного перетворення Гільберта у режимі ковзаючого вікна над заданою кількістю відліків, яка залежить від порядку фільтра Гільберта

9 Спосіб за пп. 6 - 8, який відрізняється тим, що зважене підсумовування однойменних відліків сигналів, отриманих у різні періоди випроміннення, здійснюють за виразом

(13) A

(11) 55289

(19) UA

$$F_M = \frac{\left[\sum_{s=0}^{S-1} \left[U_{s\Sigma}^c \sum_{n=0}^{N-1} k^c(s + \tilde{z} - n\tilde{d}) \right] \right]^2}{\sum_{s=0}^{S-1} \left[\sum_{n=0}^{N-1} \left[k^c(s + \tilde{z} - n\tilde{d}) \right] \right]^2} +$$

$$\frac{\left[\sum_{s=0}^{S-1} \left[U_{s\Sigma}^s \sum_{n=0}^{N-1} k^s(s + \tilde{z} - n\tilde{d}) \right] \right]^2}{\sum_{s=0}^{S-1} \left[\sum_{n=0}^{N-1} \left[k^s(s + \tilde{z} - n\tilde{d}) \right] \right]^2} = \max,$$

де N - кількість імпульсів у вибірці, S - протяжність вимірювальної вибірки у відліках АЦП, s - номер відліку АЦП, n - номер імпульсу, U_{sn}^c , U_{sn}^s - квадратурні складові напруги sn -го відліку АЦП, d - величина періодичного зсуву у часі сигналів в

сформований вимірювальний вибірці на протязі N зондувань внаслідок руху цілі,

$$k^c(s)(s+z-n d) = \begin{cases} k^c(s)(s+z-n d) & \text{при } n d \leq s+z < M+n d \\ 0 & \text{при } n d > s+z \geq M+n d \end{cases}$$

- нормовані до свого максимуму дискретні функції огинаючої n -го імпульсу в косинусній та синусній квадратурах в s -м за номером відліку вимірювальної вибірки, M - тривалість імпульсів у періодах дискретизації АЦП,

z - зсув першого з задіяних для виміру відліків АЦП відносно останнього імпульсу в пачці, причому оцінку величини періодичного зсуву радіоімпульсів d здійснюють шляхом перебору можливих значень z та d з заданим кроком до досягнення функцією F_M максимуму максимуму

Винахід відноситься до галузі радіолокації і може бути застосований для виміру швидкості цілей при некогерентних зондуючих сигналах та при тривалому накопиченні когерентних відбитих імпульсів

Відома значна кількість способів виміру радіальних швидкостей цілей, що спираються на оцінку доплеровського зсуву частоти луна-сигналів в багатоканальному вимірювачі. Зокрема, сутність способу [1] полягає в застосуванні M частотних каналів з узгодженими фільтрами, частотне рознесення між якими вибирають, виходячи із заданої розрізняльної здатності зондувального сигналу за доплеровською частотою. Попередню оцінку частоти Доплера отримують за номером каналу (фільтра) з максимальною амплітудою вихідної напруги. Для підвищення точності оцінювання використовують напруги декількох частотних каналів, фіксуючи максимум огинаючої відгуків обраних частотних фільтрів.

Недоліком даного способу є необхідність встановлення чималої кількості фільтрів і детекторів огинаючої, що збільшує габарити апаратури а також обмеженість точності виміру.

Відомі способи виміру радіальної швидкості за допомогою відслідковуючого вимірювача дальності, зокрема [2]. Сутність даного способу полягає у вимірі дальності, що змінюється у часі, шляхом зняття сигналу неузгодженості з дискримінатора та подальшого його диференціювання. Недоліком даного способу є низька точність виміру при значних прискореннях цілей та зривах їх автоматичного супроводження.

Відомий спосіб виміру швидкості цілей "недоплеровським методом" [3]. Сутність способу полягає у випромінюванні двох коротких імпульсів у різні моменти часу і визначенні дальності до цілі у двох послідовних зондуваннях (D_1 та D_2). З урахуванням відомого часу між послітками імпульсів T , радіальну швидкість цілі визначають за формулою

$$V_r = \frac{D_1 - D_2}{T} \quad (1)$$

Проте, забезпечення високої точності виміру швидкості даним способом пов'язане з необхідністю досягнення значного відношення сигнал-шум для кожного з зондувань.

Серед відомих способів виміру швидкості цілей найбільш близьким за своєю сутністю до винаходу, що заявляється, є цифровий спосіб виміру швидкості шляхом оцінки регулярного доплеровського зсуву частоти відбитих сигналів [4].

Сутність операцій способа-прототипа полягає в періодичному випро-мінненні імпульсних сигналів, здійсненні над прийнятими луна-сигналами операції аналого-цифрового перетворення, формуванні вимірювальної вибірки шляхом багаторазового відбору однойменних відліків цифрових напруг сигналів, отриманих у різні періоди випромінювання, здійсненні для виміру швидкості цілі зваженого підсумовування в межах сформованої зазначеним чином вимірювальної вибірки однойменних відліків сигналів, отриманих у різні періоди випромінювання, причому зважене підсумовування виконується за допомогою дискретного перетворення Фур'є (ДПФ) з подальшим вибором частотних каналів, в яких амплітуда сигналу перевищила поріг виявлення, та оцінкою по ним доплеровського зсуву частоти за методом максимальної правдоподібності.

Зазначений спосіб-прототип дозволяє істотно підвищити точність виміру швидкості. Однак, спосіб-прототип потребує високої когерентності сигналів і втрачає свою точність при великих швидкостях цілей за умов тривалого накопичення сигналів цілей.

З урахуванням сказаного, технічне завдання, що вирішується заявленим винаходом, полягає в підвищенні точності виміру швидкості цілей шляхом застосування цифрового методу виміру періодичного зсуву у часі сигналів, який виникає внаслідок руху цілі на протязі багатьох зондувань.

Сутність заявленого винаходу полягає в

періодичному випромінненні імпульсних сигналів, здійсненні над прийнятими луна-сигналами операції аналого-цифрового перетворення, формуванні вимірювальної вибірки шляхом багаторазового відбору однойменних відліків цифрових напруг сигналів, отриманих у різні періоди випроміннення, здійсненні для виміру швидкості цілі зваженого підсумовування в межах сформованої зазначеним чином вимірювальної вибірки однойменних відліків сигналів, отриманих у різні періоди випроміннення, причому, на відміну від прототипу, заявлений спосіб відрізняється тим, що визначення швидкості цілі проводять шляхом виміру періодичного зсуву у часі сигналів з відомою огинаючою в сформованій вимірювальній вибірці, який виникає на протязі N зондувань внаслідок руху цілі

Визначення швидкості цілі здійснюють за виразом

$$V = \frac{d\Delta t c}{2T}, \quad (2)$$

де T - період повторення зондувальних імпульсів, c - швидкість світла, d - періодичний зсув у часі сигналів в сформованій вимірювальній вибірці внаслідок руху цілі, оцінений в періодах дискретизації АЦП, Δt - період дискретизації АЦП

Подальші варіанти конкретної реалізації заявленого способу різняться залежно від особливостей первинної обробки сигналів, а саме застосування для виміру швидкості цілей луна-сигналів у вигляді відео, чи радіоімпульсів

Так, один з варіантів заявленого способу може відрізнятися тим, що операції аналого-цифрового перетворення луна-сигналів передують їх амплітудне детектування. Інший варіант може передбачати виконання після операції аналого-цифрового перетворення луна-сигналів їх цифрового детектування, наприклад, шляхом відкидання знакового розряду

В обох цих випадках, має місце застосування для виміру швидкості цілей луна-сигналів у вигляді відеоімпульсів. Тому подальший варіант операцій над ними відрізняється тим, що зважене підсумовування однойменних відліків сигналів, отриманих у різні періоди випроміннення, здійснюють за виразом

$$F = \frac{\left[\sum_{s=0}^{S-1} \left[U_{s\Sigma} k(s + \tilde{z} - n\tilde{d}) \right] \right]^2}{\sum_{s=0}^{S-1} \left[\sum_{n=0}^{N-1} \left[k(s + \tilde{z} - n\tilde{d}) \right] \right]^2}, \quad (3)$$

де N - кількість імпульсів у вибірці, S - протяжність вимірювальної вибірки у відліках АЦП,

s - номер відліку АЦП, n - номер імпульсу, $U_{s\Sigma}$ - сумарна напруга імпульсів, присутніх у s -му відліку АЦП, d - періодичний зсув у часі сигналів в сформованій вимірювальній вибірці внаслідок руху цілі, оцінений в періодах дискретизації АЦП,

$$k(s + z - nd) = \begin{cases} k(s + z - nd) & \text{при } nd \leq s + z < M + nd \\ 0, & \text{при } nd > s + z \geq M + nd \end{cases} \quad (4)$$

- нормована до свого максимуму дискретна функція огинаючої n -го імпульсу в s -м за номером

відлікові вимірювальної вибірки, M - тривалість імпульсів у періодах дискретизації АЦП, z - зсув першого з задіяних для виміру відліків АЦП відносно останнього імпульсу в пачці, оцінку величини періодичного зсуву імпульсів d здійснюють шляхом перебору можливих значень z та d з заданим кроком до досягнення функцією F (3) максимуму максимуму

Слід звернути увагу, що в заявленому способі зважене підсумовування однойменних відліків сигналів, отриманих у різні періоди випроміннювання, виконують за аналогією із синтезом нульового частотного фільтра в процедурі швидкого перетворення Фур'є, передбаченої способом-протоипом (фіг. 1), де d - періодичний зсув у часі сигналів в сформованій вимірювальній вибірці внаслідок руху цілі, оцінений в періодах дискретизації АЦП, z - зсув першого з задіяних для виміру відліків АЦП відносно останнього імпульсу в пачці

При цьому задаються лінійною моделлю руху цілі в межах інтервалу спостереження. Швидкість цілі вважають постійною. Фактори, що впливають на рух цілі, такі як її тип (балістична, аеродинамічна), можливості маневрування, точність керування, неоднорідність середовища, у який відбувається політ, не враховують

Припускають, що зазначені імпульси мають однакову, описувану аналітичною функцією, відому форму огинаючої, і на інтервалі прийому сигнальної пачки період їхнього повторення d залишається незмінним. Також вважають, що приймальний тракт вносить зневажливо малі нелінійні перекручування

У даній задачі в якості невідомих розглядають величини d та z . Для синтезу процедури їх знаходження було застосовано метод найменших квадратів [5]. Відповідна вихідна сума квадратів нев'язань усіх рівнянь системи мала вигляд

$$F = \sum_{s=0}^{S-1} \left\{ U_{s\Sigma} - \tilde{a} \sum_{n=0}^{N-1} k(s + z - nd) \right\}^2 \rightarrow \min, \quad (5)$$

де a - амплітуда сигналів

Функція нев'язок (5) на відміну від можливої альтернативи

$$F = \sum_{s=0}^{S-1} \sum_{n=0}^{N-1} \left\{ U_{sn} - \tilde{a} k(s + z - nd) \right\}^2 \rightarrow \min$$

дозволяє поліпшити відношення сигнал-шум і тим самим підвищити точність оцінювання швидкості

Мінімум F забезпечується при цілком визначеній оцінці $\tilde{a}$, яку знаходять шляхом диференціювання (5) по зазначеній невідомій і прирівнюванням до нуля її похідної

$$\tilde{a} = \frac{\sum_{s=0}^{S-1} \left[U_{s\Sigma} \sum_{n=0}^{N-1} k(s + \tilde{z} - n\tilde{d}) \right]}{\sum_{s=0}^{S-1} \left[\sum_{n=0}^{N-1} k(s + \tilde{z} - n\tilde{d}) \right]^2}, \quad (6)$$

Для знаходження оцінок 2 і 3 можна перейти до модифікованої, згідно [5], функції правдоподібності. Для цього доданки, що входять у (5) зводять у квадрат і розкривають дужки

$$F = \sum_{s=0}^{S-1} \left[(U_{s\Sigma})^2 - 2\tilde{a} U_{s\Sigma} \sum_{n=0}^{N-1} k(s+\tilde{z}-n\tilde{d}) + \left[\tilde{a} \sum_{n=0}^{N-1} k(s+\tilde{z}-n\tilde{d}) \right]^2 \right] \quad (7)$$

Мінімізація F забезпечується при максимальному значенні доданку зі знаком "мінус" у виразі (7), тому модифікована функція правдоподібності з урахуванням отриманої оцінки (6) буде мати вигляд

$$F_M = \frac{\left[\sum_{s=0}^{S-1} \left[U_{s\Sigma} \sum_{n=0}^{N-1} k(s+\tilde{z}-n\tilde{d}) \right] \right]^2}{\sum_{s=0}^{S-1} \left[\sum_{n=0}^{N-1} k(s+\tilde{z}-n\tilde{d}) \right]^2} = \max \quad (8)$$

Як вже зазначалось, шукані оцінки $\tilde{d}$ і $\tilde{z}$ знаходять з (8) шляхом перебору з заданим кроком їхніх можливих значень до досягнення функцією F_M максимуму максимуму

Підставивши отримане значення $\tilde{d}$ у вираз (2), отримують точне значення радіальної швидкості цілі

У випадку застосування для виміру швидкості цілей луна-сигналів у вигляді радіоімпульсів варіант виконання заявленого способу може відрізнитись тим, що операції аналого-цифрового перетворення луна-сигналів передують формування квадратурних складових сигналів шляхом аналогового перемноження прийнятого сигналу та опорного. У цьому випадку після формування квадратурних складових сигналів здійснюють їх аналого-цифрове перетворення, а подальші операції над прийнятими сигналами виконують у цифровій формі

Інший варіант реалізації заявленого способу відрізняється тим, що після аналого-цифрового перетворення луна-сигналів формують їх квадратурні складові у цифровому вигляді. При цьому формування квадратурних складових сигналів може здійснюватись за допомогою дискретного перетворення Гільберта у режимі ковзаючого вікна над заданою кількістю відліків, яка залежить від порядку фільтра Гільберта

В усіх випадках, коли має місце застосування для виміру швидкості цілей луна-сигналів у вигляді радіоімпульсів, подальший варіант операцій заявленого способу відрізняється тим, що зважене підсумовування однойменних відліків сигналів, отриманих у різні періоди випромінювання, здійснюють за виразом

$$F = \frac{\left[\sum_{s=0}^{S-1} \left[U_{s\Sigma} \sum_{n=0}^{N-1} k^c(s+\tilde{z}-n\tilde{d}) \right] \right]^2}{\sum_{s=0}^{S-1} \left[\sum_{n=0}^{N-1} k^c(s+\tilde{z}-n\tilde{d}) \right]^2} + \frac{\left[\sum_{s=0}^{S-1} \left[U_{s\Sigma}^s \sum_{n=0}^{N-1} k^s(s+\tilde{z}-n\tilde{d}) \right] \right]^2}{\sum_{s=0}^{S-1} \left[\sum_{n=0}^{N-1} k^s(s+\tilde{z}-n\tilde{d}) \right]^2} \quad (9)$$

де N - кількість імпульсів у вибірці, S - протяжність вимірювальної вибірки у відліках АЦП,

s - номер відліку АЦП, n - номер імпульсу, $U_{s\Sigma}^c$ -

$U_{s\Sigma}^s$ - квадратурні складові сумарної напруги імпульсів, присутніх у s -му відліку АЦП, d -

величина періодичного зсуву у часі сигналів в сформованій вимірювальній вибірці на протязі N зондувань внаслідок руху цілі,

$$k^c(s)(s+z-nd) = \begin{cases} k^c(s)(s+z-nd), & \text{при } nd \leq s+z < M+nd \\ 0, & \text{при } nd > s+z \geq M+nd \end{cases}$$

(10)

- нормовані до свого максимуму дискретні функції огинаючої n -го імпульсу в косинусній та синусній квадратурах в s -м за номером відліку вимірювальної вибірки, M - тривалість імпульсів у періодах дискретизації АЦП, z - зсув першого з заданих для виміру відліків АЦП відносно останнього імпульсу в пачці, оцінку величини періодичного зсуву d радіоімпульсів здійснюють шляхом перебору можливих значень z та d з заданим кроком до досягнення функцією f_m (9) максимуму максимуму

Зазначений варіант виміру швидкості за допомогою луна-сигналів у вигляді радіоімпульсів є оптимальним з точки зору мінімізації середньоквадратичної похибки виміру. Підтвердженням тому є застосування для його синтезу методу найменших квадратів. Зокрема, вихідна сума квадратів нев'язань усіх рівнянь системи, яка застосовувалась для синтезу вимірювальної процедури, має вигляд

$$F = \sum_{s=0}^{S-1} \left\{ \left[U_{s\Sigma}^c - \tilde{a}^c \sum_{n=0}^{N-1} k^c(s+\tilde{z}-n\tilde{d}) \right]^2 + \left[U_{s\Sigma}^s - \tilde{a}^s \sum_{n=0}^{N-1} k^s(s+\tilde{z}-n\tilde{d}) \right]^2 \right\} \rightarrow \min \quad (11)$$

де a - амплітуда сигналів, $k^c(s)(s+z-nd)$ - дискретні функції огинаючої n імпульсу в квадратурах в s -м по номеру відліку вимірювальної вибірки, S - тривалість імпульсів у періодах дискретизації АЦП, s - номер відліку АЦП, N - кількість імпульсів у вибірці

Мінімум F (11) забезпечується при цілком визначених оцінках $\tilde{a}^c$ і $\tilde{a}^s$. Ці оцінки знаходять шляхом диференціювання (11) по зазначеним невідомим і прирівнюванням до нуля їхніх часткових похідних

$$\tilde{a}^c = \frac{\sum_{s=0}^{S-1} \left[U_{s\Sigma}^c \sum_{n=0}^{N-1} k^c(s+\tilde{z}-n\tilde{d}) \right]}{\sum_{s=0}^{S-1} \left[\sum_{n=0}^{N-1} k^c(s+\tilde{z}-n\tilde{d}) \right]^2}, \quad \tilde{a}^s = \frac{\sum_{s=0}^{S-1} \left[U_{s\Sigma}^s \sum_{n=0}^{N-1} k^s(s+\tilde{z}-n\tilde{d}) \right]}{\sum_{s=0}^{S-1} \left[\sum_{n=0}^{N-1} k^s(s+\tilde{z}-n\tilde{d}) \right]^2} \quad (12)$$

Для знаходження оцінок $\tilde{z}$ і $\tilde{d}$ можна перейти до модифікованої, згідно [5], функції правдоподібності. Для цього доданки, що входять у (11), зводять у квадрат і розкривають дужки

$$F = \sum_{s=0}^{S-1} \left\{ (U_{s\Sigma}^c)^2 - 2\tilde{a}^c U_{s\Sigma}^c \sum_{n=0}^{N-1} k^c(s+\tilde{z}-n\tilde{d}) + \left[\tilde{a}^c \sum_{n=0}^{N-1} k^c(s+\tilde{z}-n\tilde{d}) \right]^2 \right\} + \sum_{s=0}^{S-1} \left\{ (U_{s\Sigma}^s)^2 - 2\tilde{a}^s U_{s\Sigma}^s \sum_{n=0}^{N-1} k^s(s+\tilde{z}-n\tilde{d}) + \left[\tilde{a}^s \sum_{n=0}^{N-1} k^s(s+\tilde{z}-n\tilde{d}) \right]^2 \right\}$$

, (13)

Мінімізація F (13) забезпечується при максимальному значенні доданків зі знаком "мінус" у виразі (13), тому модифікована функція правдоподібності з урахуванням отриманих оцінок (12) буде мати вид

$$F_M = \frac{\left[\sum_{s=0}^{S-1} \left[U^s \sum_{n=0}^{N-1} k^s(s + \tilde{z} - n\tilde{d}) \right] \right]^2}{\sum_{s=0}^{S-1} \left[\sum_{n=0}^{N-1} [k^s(s + \tilde{z} - n\tilde{d})] \right]^2} + \frac{\left[\sum_{s=0}^{S-1} \left[U^s \sum_{n=0}^{N-1} k^s(s + \tilde{z} - n\tilde{d}) \right] \right]^2}{\sum_{s=0}^{S-1} \left[\sum_{n=0}^{N-1} [k^s(s + \tilde{z} - n\tilde{d})] \right]^2} = \max$$

, (14)

Шукані оцінки $\tilde{z}$ і $\tilde{d}$ знаходять з (14) шляхом перебору з заданим кроком їхніх можливих значень до досягнення функцією F_M максимуму максимуму

Підставивши отримане значення $\tilde{d}$ у вираз (2) отримують точне значення радіальної швидкості цілі

Практична реалізація заявленого способу зводиться до застосування цифрового сигнального процесора чи програмованих матриць попличних елементів, наприклад, від фірми Xilinx, за допомогою яких мають виконуватись передбачені

заявленим способом операції над отриманими в результаті аналого-цифрового перетворення відліками цифрових напруг сигналів. У якості АЦП можуть застосовуватись мікросхеми фірми Analog Devices

Джерела інформації

1 Кузьмін СЗ Цифровая радиолокация Введение в теорию - К "КВЦ" - 2002 - С 165

2 Бакут ПА, Большаков ИА, Герасимов БМ, Курикса АА, Репин ВГ, Тартаковский ГП, Широков ВВ Вопросы статистической теории радиолокации, т1 - М Советское радио, 1964 - 1080с

3 Свистов ВМ Радиолокационные сигналы и их обработка - М Советское радио, 1977 - 448 с

4 Кузьмін СЗ Цифровая радиолокация Введение в теорию - К "КВЦ" -2002 - С 123-130 - прототип

5 Варюхин ВА, Покровский ВИ, Сахно ВФ Модифицированная функция правдоподобия в задаче определения угловых координат с помощью антенной решетки Доклады АН СССР, 1983 - т 270 - №5 - С 1092-1094

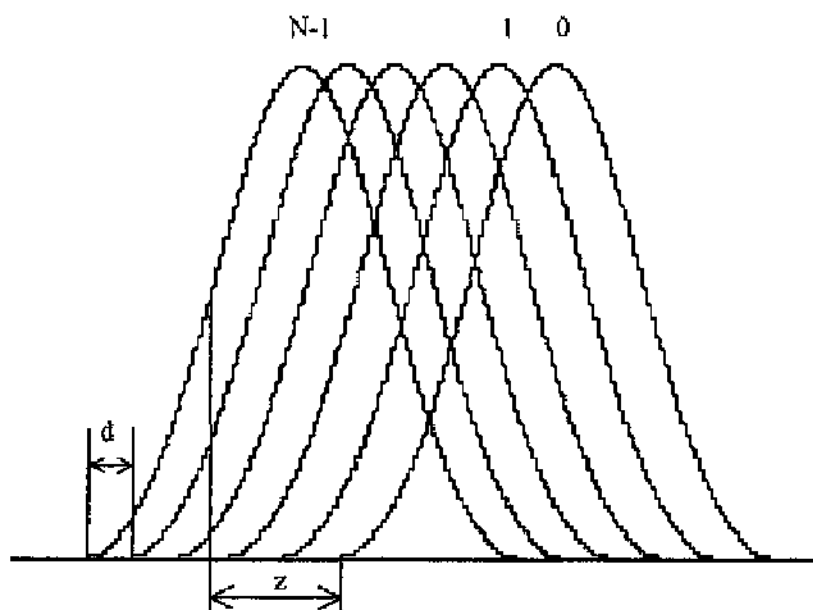


Fig.1