



УКРАЇНА

(19) UA (11) 63574 (13) U
(51) МПК
G01S 13/536 (2006.01)

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

видається під
відповідальність
власника
патенту

(54) СПОСІБ ВИМІРЮВАННЯ ДАЛЬНОСТІ ТА ДОПЛЕРІВСЬКОГО ЗСУВУ ЧАСТОТИ В РЛС З КВАЗІНЕПЕРЕРВНИМ ВИПРОМІНЮВАННЯМ

1

2

(21) u201103774

(22) 29.03.2011

(24) 10.10.2011

(46) 10.10.2011, Бюл.№ 19, 2011 р.

(72) ШРАЄВ ДМИТРО ВАЛЕНТИНОВИЧ, НІКІТІН МИКОЛА МИХАЙЛОВИЧ, СЛЮСАР ВАДИМ ІВАНОВИЧ, СОЛОЩЕВ ОЛЕГ МИКОЛАЙОВИЧ, ШАЦМАН ЛЕОНІД ГЕОРГІЄВИЧ, КОРОЛЬОВ МИКОЛА ОЛЕКСІЙОВИЧ, ВОЛОЩУК ІГОР ВІКТОРОВИЧ
(73) ТОВАРИСТВО З ОБМЕЖЕНОЮ ВІДПОВІДАЛЬНІСТЮ "СКАЙНЕТ LTD"

(57) Спосіб вимірювання дальності та доплерівського зсуву частоти в радіолокаційній станції (РЛС) з квазінеперервним випромінюванням, який полягає у тому, що для вимірювання координат цілей здійснюють зондування простору кількома пачками простих радіоімпульсів з різним періодом слідування сигналів, незмінним в межах пачки, величина якого не дозволяє однозначно вимірювати дальність до цілей в усьому заданому діапазоні, причому у масиві напруг прийнятих сигналів першого періоду зондування здійснюють послідовний пошук локального максимуму сигналу μ -ої цілі, при цьому з метою усунення неоднозначності вимірювання дальності для виявленого в масиві напруг прийнятих сигналів першої шпаруватості Q_1 локального максимуму з індексом по дальності $1l$, де l - номер стробу дальності, в якому виявлений локальний максимум, здійснюють послідовний перебір $\frac{ND_{max}}{Q_1}$ композицій індексів k дальності для кожної шпаруватості $\{Q_k\}_K$, де ND_{max} - число однозначних стробів дальності $L_{имп}$, що від-

повідає максимальній дальності дії РЛС D_{max} ($ND_{max} = D_{max} / L_{имп}$), причому кожна із зазначених композицій відповідає одному із стробів однозначної дальності матриці спостережень дальності $\{D_{kl}\}_{(K \times N_{D_{max}})}$ і є її вектором - стовпцем

$$\eta_l \begin{pmatrix} D_{1l} \\ D_{2l} \\ \dots \\ D_{kl} \end{pmatrix}, \text{ де } \eta_l - \text{індекс однозначного стробу дальності, і за отриманими номерами стробів визначають однозначну дальність } \mu\text{-ої цілі, який } \mathbf{вiдпiрiзняється} \text{ тим, що масив напруг прийнятих сигналів першого періоду зондування формують у чотири-$$

вимірному вигляді $\{U_{D_{D_1}, \beta_{\beta_1}, \epsilon_{\epsilon_1}, f_{f_1}}\}_{(N_{D_1} \times N_{\beta_1} \times N_{\epsilon_1} \times N_{f_1})}$,

де $N_D, N_\beta, N_\epsilon, N_{f_1}$ - кількість синтезованих вимірювальних каналів відповідно по координатах дальності, азимуту, куту місця та доплерівській частоті при зондуванні пачкою імпульсів зі шпаруватістю Q_1 (у періоді зондування Q_1), виявленому в даному масиві локальному максимуму прийнятого сигналу μ -ої цілі $U_{D_{1l}, \beta_{1\mu}, \epsilon_{1\mu}, f_{1m}}^{LM}$, ставлять у відповідність комбінацію індексів $D_{1l}, \beta_{1\mu}, \epsilon_{1\mu}, f_{1m}$ по координатах дальності, азимуту, куту місця та доплерівській частоті, при цьому логічна функція виявлення локального максимуму, що перевищує поріг виявлення $\Delta U_{ооб}$ для k -ої пачки імпульсів зі шпаруватістю Q_k , має вигляд:

$$R_{k\mu}(D_{kl}, \beta_{k\mu}, \epsilon_{k\mu}, f_{km}) = \begin{cases} \text{true, при } U_{D_{kl}, \beta_{k\mu}, \epsilon_{k\mu}, f_{km}}^{LM} \geq \Delta U_{ооб} \wedge \\ U_{D_{kl}, \beta_{k\mu}, \epsilon_{k\mu}, f_{km}}^{LM} \geq U_{D_{kl \pm v}, \beta_{k\mu \pm v}, \epsilon_{k\mu \pm v}, f_{km \pm v}}, \text{ де } v = \{0, 1\}, \\ \text{false.} \end{cases}$$

а виявлення відбитого від μ -ої цілі сигналу здійснюють відповідно до логічного правила:

UA (19) 63574 (11) (13) U

$$R_{\mu}(D_{\mu}, \beta_{\mu}, \varepsilon_{\mu}, f_{\mu}) = R_{1\mu}(D_{1\mu}, \beta_{1\mu}, \varepsilon_{1\mu}, f_{1\mu}) \wedge R_{2\mu}(D_{2\mu}, \beta_{2\mu}, \varepsilon_{2\mu}, f_{2\mu}) \wedge \dots \wedge R_{k\mu}(D_{k\mu}, \beta_{k\mu}, \varepsilon_{k\mu}, f_{k\mu})$$

при цьому виявлення сигналу цілі можливо тільки при виконанні всіх логічних умов $R_{ji}(D_{ji}, \beta_{ji}, \varepsilon_{ji}, f_{jm})$, причому невиконання кожної k -ї умови дозволяє не перевіряти далі всі композиції, що включають набір індексів $D_{k\mu}, \beta_{k\mu}, \varepsilon_{k\mu}, f_{k\mu}$, скорочуючи загальний обсяг вибірки даних, що підлягає аналізу, причому усунення неоднозначності по доплерівському зсуву частоти аналогічно розв'язанню цієї задачі по дальності й засноване на використанні матриці спостережень по частоті $\{f_{km}\}_{(N_f \times M_f)}$, що являє собою множину векторів -

стовпців $z_m \begin{pmatrix} f_{1m} \\ f_{2m} \\ \dots \\ f_{km} \end{pmatrix}$, кожний з яких визначає індекс

z_m однозначної величини доплерівського зсуву частоти, у якій N_f - кількість частотних фільтрів, а M_f - кількість комбінацій індексів частотних фільтрів у періодах зондування з різною шпаруватістю, а при виконанні умови

$$U_{D_{k\mu}, \beta_{k\mu}, \varepsilon_{k\mu}, f_{k\mu}}^{LM} \geq \Delta U_{\text{ооб}} \wedge U_{D_{k\mu}, \beta_{k\mu}, \varepsilon_{k\mu}, f_{k\mu}}^{LM} \geq U_{D_{k\pm v}, \beta_{k\pm v}, \varepsilon_{k\pm v}, f_{k\pm v}}$$

фіксують відповідні композиції індексів $D_{k\mu}, \beta_{k\mu}, \varepsilon_{k\mu}, f_{k\mu}$ локальних максимумів у масивах напруг сигналів зондувань зі шпаруватістю Q_k , при цьому результати вимірювань азимута й кута місця розраховують за формулами:

$$\beta_{\mu} = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K (F_{\beta}(\beta_{k\mu}, \beta_{k\mu\partial}, U_{\beta_{k\mu}}, U_{\beta_{k\mu\partial}})),$$

$$\varepsilon_{\mu} = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K (F_{\varepsilon}(\varepsilon_{k\mu}, \varepsilon_{k\mu\partial}, U_{\varepsilon_{k\mu}}, U_{\varepsilon_{k\mu\partial}})),$$

де $F_{\beta}(\beta_{k\mu}, \beta_{k\mu\partial}, U_{\beta_{k\mu}}, U_{\beta_{k\mu\partial}})$, $F_{\varepsilon}(\varepsilon_{k\mu}, \varepsilon_{k\mu\partial}, U_{\varepsilon_{k\mu}}, U_{\varepsilon_{k\mu\partial}})$ - функції вимірювання азимута і кута місця по індексу основного k_{μ} та додаткового $k_{\mu\partial}$ каналів та їх напругах $U_{k\mu}, U_{k\mu\partial}$, як додатковий по кожній з вимірюваних координат вибирають сусідній канал

$$f_{\mu} = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K \left\{ z_m \begin{pmatrix} f_{1m} \\ f_{2m} \\ \dots \\ f_{km} \end{pmatrix} + F_f(f_{k\mu}, f_{k\mu\partial}, U_{k\mu}, U_{k\mu\partial}) \Delta f_k \right\},$$

де Δf_k - ширина частотного фільтра для пачки з k -м періодом зондування;
 $F_f(f_{k\mu}, f_{k\mu\partial}, U_{k\mu}, U_{k\mu\partial})$ - функція вимірювання доплерівського зсуву частоти по індексу основного

з більшим значенням модуля напруги сигналу; однозначну дальність визначають за виразом:

$$D_{\mu} = \left[n_l \begin{pmatrix} D_{1l} \\ D_{2l} \\ \dots \\ D_{kl} \end{pmatrix} + \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K F_D(d_{k\mu}, d_{k\mu\partial}, U_{k\mu}, U_{k\mu\partial}) \right] L_{\text{имп}} -$$

функція вимірювання дальності по індексу основного $d_{k\mu}$ й додаткового $d_{k\mu\partial}$ каналів та їх напругах $U_{k\mu}, U_{k\mu\partial}$; а величину доплерівського зсуву частоти розраховують за формулою:

$d_{k\mu}$ й додаткового $d_{k\mu\partial}$ каналів і їх напругах $U_{k\mu}, U_{k\mu\partial}$.

Корисна модель належить до радіолокаційної техніки і може бути використана, наприклад, в радіолокаційних станціях (РЛС) з цифровими антенними решітками (ЦАР) для супроводження та ви-

мірювання параметрів руху цілей при застосуванні квазінеперервного випромінювання (КНВ).

Відомо, що режим КНВ має досить високу ефективність при роботі по цілях, що знаходяться на великих відстанях. Застосування режиму КНВ

дозволяє суттєво зменшити обсяги цифрових сигналних масивів, що підлягають обробці та аналізу при цифровій обробці сигналів [1-3]. Разом з тим, для режиму КНВ характерна поява неоднозначності у визначенні дальності й доплерівського зсуву частоти.

Всі відомі методи подолання зазначених неоднозначностей можна розділити на дві групи. Одну становлять методи кодування, що полягають у спеціальній модуляції фази або частоти зондувального сигналу від імпульсу до імпульсу або усередині імпульсу. Інша група методів заснована на усуненні неоднозначності вимірювання дальності й доплерівського зсуву частоти шляхом зміни періоду надходження простих радіоімпульсів у пачці [1, 2].

При однакових енергетичних співвідношеннях методи кодування, у порівнянні з методом зміни періоду надходження простих радіоімпульсів, дозволяють досягти більших точностей вимірювання й розрізнення по дальності. Однак до їхнього істотного недоліку слід віднести більш високу складність технічної реалізації [1, 3], що робить проблемним їхнє застосування при високочастотній дискретизації сигналів у реальному часі.

Застосування в РЛС когерентної спеціальної обробки пачок простих радіоімпульсів з різним періодом зондування забезпечує, у порівнянні зі звичайними РЛС, значно більш високі точності вимірювання й розрізнення за доплерівським зсувом частоти при прийнятних точності вимірювання й розрізнення по дальності [2].

Найбільш близьким за сутністю до корисної моделі, що заявляється, є спосіб вимірювання дальності в РЛС з квазінеперервним випромінюванням [3], який зокрема полягає у тому, що для вимірювання координат цілей здійснюють зондування простору кількома пачками простих радіоімпульсів з різним періодом слідування сигналів незмінним в межах пачки, величина якого не дозволяє однозначно вимірювати дальність цілей в усьому заданому діапазоні, у масиві напруг прийнятих сигналів першого періоду зондування здійснюють послідовний пошук локального максимуму сигналу μ -ої цілі; з метою усунення неоднозначності вимірювання дальності для виявленого в масиві напруг прийнятих сигналів першої шпаруватості Q_1 локального максимуму з індексом по дальності l_1 , де l - номер строга дальності, в якому виявлено локальний максимум, здійснюють послідовний перебір $\frac{N_{Dmax}}{Q_1}$ композицій індексів

k_l дальності для кожної шпаруватості $\{Q_k\}_K$, де

$$R_{k\mu}(D_{k\mu}, \beta_{k\mu}, \varepsilon_{k\mu}, f_{k\mu}) = \begin{cases} \text{true, при } U_{D_{k\mu}, \beta_{k\mu}, \varepsilon_{k\mu}, f_{k\mu}}^{LM} \geq \Delta U_{00b} \wedge \\ U_{D_{k\mu}, \beta_{k\mu}, \varepsilon_{k\mu}, f_{k\mu}}^{LM} \geq U_{D_{k\mu v}, \beta_{k\mu v}, \varepsilon_{k\mu v}, f_{k\mu v}} \text{, де } v = \{0, 1\}, \\ \text{false.} \end{cases} \quad (1)$$

N_{Dmax} - число однозначних стробів дальності $L_{имп}$, що відповідає максимальній дальності дії РЛС D_{max} ($N_{Dmax} = D_{max}/L_{имп}$), кожна із зазначених композицій відповідає одному зі стробів однозначної дальності матриці спостережень дальності $\{D_{kn}\}_{(K \times N_{Dmax})}$ і є її вектором - стовпцем

$$\eta_l \begin{pmatrix} D_{1l} \\ D_{2l} \\ \dots \\ D_{kl} \end{pmatrix}, \text{ де } \eta_l - \text{індекс однозначного строга дальності, за отриманими номерами стробів визначають однозначну дальність } \mu\text{-ої цілі.}$$

Недоліком способу-прототипу є неврахування ефекту неоднозначного вимірювання доплерівського зсуву частоти відбитих від цілей сигналів.

З урахуванням сказаного технічне завдання, що вирішується заявленою корисною моделлю, полягає у врахуванні ефекту неоднозначного вимірювання доплерівського зсуву частоти відбитих від цілей сигналів.

Очікуваний технічний результат від заявленої корисної моделі полягає у врахуванні ефекту неоднозначного вимірювання доплерівського зсуву частоти відбитих від цілей сигналів та забезпеченні однозначного вимірювання в РЛС дальності, доплерівського зсуву частоти і кутових координат.

Суть нововведень до корисної моделі порівняно з прототипом полягає у тому, що масив напруг прийнятих сигналів першого періоду зондування формують у чотиривимірному вигляді $\{U_{D_1, \beta_1, \varepsilon_1, f_1}\}_{(N_{D_1} \times N_{\beta_1} \times N_{\varepsilon_1} \times N_{f_1})}$, де

$N_{D_1}, N_{\beta_1}, N_{\varepsilon_1}, N_{f_1}$ - кількість синтезованих вимірювальних каналів відповідно за координатами дальності, азимуту, куту місця та доплерівській частоті при зондуванні пачкою імпульсів зі шпаруватістю Q_1 (у періоді зондування Q_1), виявленому в даному масиві локальному максимумі прийнятого сигналу μ -ої цілі $U_{D_{1\mu}, \beta_{1\mu}, \varepsilon_{1\mu}, f_{1\mu}}^{LM}$ став-

лять у відповідність комбінацію індексів $D_{1\mu}, \beta_{1\mu}, \varepsilon_{1\mu}, f_{1\mu}$ по координатах дальності, азимуту, куту місця та доплерівській частоті, логічна функція виявлення локального максимуму, що перевищує поріг виявлення ΔU_{00b} для k -ої пачки імпульсів зі шпаруватістю Q_k , має вид:

виявлення відбитого від μ -ої цілі сигналу здійснюють відповідно до логічного правила:

$$R_{\mu}(D_{\mu}, \beta_{\mu}, \varepsilon_{\mu}, f_{\mu}) = R_{1\mu}(D_{1\mu}, \beta_{1\mu}, \varepsilon_{1\mu}, f_{1\mu}) \wedge R_{2\mu}(D_{2\mu}, \beta_{2\mu}, \varepsilon_{2\mu}, f_{2\mu}) \wedge \dots \wedge R_{k\mu}(D_{k\mu}, \beta_{k\mu}, \varepsilon_{k\mu}, f_{k\mu}), \quad (2)$$

при цьому виявлення сигналу цілі можливо тільки при виконанні всіх логічних умов $R_{ji}(D_{ji}, \beta_{ji}, \varepsilon_{ji}, f_{jm})$:

невиконання кожної k -ї умови дозволяє не перевіряти далі всі композиції, що включають набір індексів $D_{kj}, \beta_{kj}, \varepsilon_{kj}, f_{km}$, скорочуючи загальний обсяг вибірки даних що підлягає аналізу,

усунення неоднозначності по доплерівському зсуву частоти аналогічно розв'язанню цієї задачі по дальності й засноване на використанні матриці спостережень по частоті $\{f_{km}\}_{(N_i \times M_i)}$, що представляє собою множину векторів - стовпців

$$z_m = \begin{pmatrix} f_{1m} \\ f_{2m} \\ \dots \\ f_{km} \end{pmatrix}, \text{ кожний з яких визначає індекс } z_m \text{ од-}$$

нозначної величини доплерівського зсуву частоти, у якій N_f - кількість частотних фільтрів, а M_f - кількість комбінацій індексів частотних фільтрів у періодах зондування з різною шпаруватістю, при виконанні умови

$$U_{D_{kj}, \beta_{kj}, \varepsilon_{kj}, f_{km}}^{LM} \geq \Delta U_{\text{обн}} \wedge U_{D_{kj}, \beta_{kj}, \varepsilon_{kj}, f_{km}}^{LM} \geq U_{D_{k\pm v}, \beta_{k\pm v}, \varepsilon_{k\pm v}, f_{k\pm v}},$$

фіксують відповідні композиції індексів $D_{kj}, \beta_{kj}, \varepsilon_{kj}, f_{km}$ локальних максимумів у масивах напруг сигналів зондувань зі шпаруватістю Q_k ,

результати вимірів азимута й кута місця розраховують за формулами:

$$\beta_{\mu} = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K (F_{\beta}(\beta_{k\mu}, \beta_{k\mu\partial}, U_{\beta_{k\mu}}, U_{\beta_{k\mu\partial}})),$$

$$\varepsilon_{\mu} = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K (F_{\varepsilon}(\varepsilon_{k\mu}, \varepsilon_{k\mu\partial}, U_{\varepsilon_{k\mu}}, U_{\varepsilon_{k\mu\partial}})),$$

де

$F_{\beta}(\beta_{k\mu}, \beta_{k\mu\partial}, U_{\beta_{k\mu}}, U_{\beta_{k\mu\partial}}) F_{\varepsilon}(\varepsilon_{k\mu}, \varepsilon_{k\mu\partial}, U_{\varepsilon_{k\mu}}, U_{\varepsilon_{k\mu\partial}})$ - функції вимірювання азимуту і кута місця по індексу основного k_{μ} та додаткового $k_{\mu\partial}$ каналів та їх напругах $U_{k\mu}, U_{k\mu\partial}$, у якості додаткового по кожній

з вимірюваних координат вибирають сусідній канал з більшим значенням модуля напруги сигналу; однозначну дальність визначають за виразом:

$$D_{\mu} = \left[\eta_1 \begin{pmatrix} D_{11} \\ D_{21} \\ \dots \\ D_{k1} \end{pmatrix} + \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K F_D(d_{k1}, d_{k1\partial}, U_{k1}, U_{k1\partial}) \right] L_{\text{имп}}$$

- функція вимірювання дальності по індексу основного d_{k1} й додаткового $d_{k1\partial}$ каналів та їх напругах $U_{k1}, U_{k1\partial}$;

величину доплерівського зсуву частоти розраховують за формулою:

$$f_{\mu} = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K \left\{ z_m \begin{pmatrix} f_{1m} \\ f_{2m} \\ \dots \\ f_{km} \end{pmatrix} + F_f(f_{km}, f_{km\partial}, U_{km}, U_{km\partial}) \Delta f_k \right\},$$

де Δf_k - ширина частотного фільтра для пачки з k -м періодом зондування,

$F_f(f_{km}, f_{km\partial}, U_{km}, U_{km\partial})$ - функція вимірювання доплерівського зсуву частоти по індексу основного d_{k1} й додаткового $d_{k1\partial}$ каналів і їх напругах $U_{k1}, U_{k1\partial}$.

Суттєвою відмінністю заявленого способу є застосування для розрахунку однозначної величини

доплерівського зсуву частоти матриці спостережень по частоті $\{f_{km}\}_{(N_i \times M_i)}$.

Суттєвою перевагою заявленого способу порівняно з прототипом є те, що запропонована послідовність операцій дозволяє:

у $\frac{N_D \max}{Q_1}$ раз, скоротити обсяг сигнального

масиву, що проглядають, за рахунок послідовно виконаного аналізу по пачках з різним періодом зондування, при цьому, якщо в першому зонду-

ванні сигнал не перевищує поріг виявлення, то з подальшого розгляду в матриці спостережень виключають відразу всі комбінації однозначних відстаней, пов'язані з даним індексом елемента сигнального масиву;

зменшити поріг виявлення $\Delta U_{обн}$ сигналів ці-

лей (до рівня $R_{клт} = 10^{-4}$ для кожного періоду повторення), при забезпеченні низького результуючого рівня хибної тривоги, обумовленого, у цьому випадку як добуток ймовірностей фіктивних тривог у кожному із зондувань;

збільшити в $N_{Qf} = \frac{1}{K} \prod_{k=2}^K Q_k$ раз діапазон ви-

мірюваних однозначних доплерівських зсувів частоти за рахунок одночасного виявлення й визначення по матрицях спостережень однозначних дальності й частоти Доплера, така можливість принципово не реалізована для способів з перерахуванням однозначної дальності по вимірюваній величині доплерівського зсуву частоти [1,3];

забезпечити високі, близькі до потенційно можливих, точності вимірювання координат за рахунок застосування спеціальних функцій (3) - (6) розрахунків значень по напругах у виявлених максимальних і додаткових сигнальних каналах.

Перевірка працездатності заявленого способу здійснювалась шляхом математичного моделювання за допомогою програми, розробленої у пакеті MathCad, у разі гаусовської моделі розподілу некорельованого шуму. Крім того, перевірка ефективності запропонованого способу супроводження цілей у режимі квазінеперервного випромінювання здійснена під час морських випробувань експериментальної радіолокаційної станції (РЛС) з цифровою антенною решіткою (ЦАР), описаною в [4]. До складу РЛС входять: приймальна система; передавальна система у складі рупорної антени та твердотільного підсилювача потужності; пристрій відображення інформації на базі комп'ютера. Приймальна система являє собою пасивну ЦАР, що утворена сукупністю підсистем, серед яких слід вказати [4]:

- антенну решітку з 16 лінійок по 4 вертикальних елементи друкованого типу кожна;
- 64-канальний приймальний надвисокочастотний (НВЧ) модуль із 128 квадратурними виходами сигналів проміжної частоти,
- модуль гетеродину та формування контрольного сигналу;
- 128-канальний модуль підсилювачів проміжної частоти;
- блок 128 цифрових приймальних модулів (ЦПМ) зі спецобчислювачем та синхронізатором.

Передавальний пристрій розташовувався на відстані до 6,5 м від приймальної антенної решітки.

Робота досліджуваної РЛС велася у секторах: 18 градусів за кутом місця та ± 30 градусів за азимутом - в режимі прийому сигналів; ± 15 градусів за кутом місця та ± 10 градусів за азимутом - в режимі зондування. При цьому передавач опромінював одразу весь зазначений сектор простору, а прийом відбитих сигналів відбувався одночасно з усіх напрямів в межах сектору роботи приймальної антенної решітки.

У ході проведених випробувань за допомогою РЛС з ЦАР спостерігалися й стійко супроводжувалися заявленим способом всі повітряні та надводні об'єкти, що перебували в означеному робочому секторі, на максимальній дальності, обумовленій прямою видимістю, зокрема: рухливі й нерухливі човни, вітрильні й моторні яхти, катери, судна й кораблі середньої й великої тоннажності. Наприклад, великий протичовновий корабель "Керч" супроводжувався до відстані 34,5 км [4].

Практична реалізація заявленого способу зводиться до застосування у приймачі інформаційного повідомлення цифрового сигнального процесора чи програмованих матриць логічних 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. В якості АЦП можуть застосовуватись мікросхеми фірми Analog Devices, Texas Instruments тощо.

Джерела інформації:

1. Трухачев А. А. Радиолокационные сигналы и их применения. - М.: Воениздат, 2005. - 320 с.
2. Справочник по радиолокации. / Под ред. М. Скольника. - Нью-Йорк, 1970. - Пер. с англ. (в четырех томах). - Т. 3. Радиолокационные устройства и системы. - М.: Сов. радио, 1979. - С. 377-383.
3. Многофункциональные радиолокационные системы: учеб. пособие для вузов/ П. И. Дудник, А. Р. Ильчук, Б. Г. Татарский; под ред. Б. Г. Татарского. - М: "Дрофа", 2007. - С. 123-130. - ПРОТОТИП.
4. Slyusar V. I., Nikitin N. N., Shatzman L. G., Korolev N. A., Solostchev O. N., Shraev D. V., Volostchuk I. V., Alesyn A. M., Bondarenko M. V., Grytzenko V. N., MalastchuK V. P. A Marine Testing's Result of Experimental Radar with 64 Channels Digital Antenna Array. //18th International Conference on Microwaves, Radar, and Wireless Communications (MIKON-2010) and 11th International Radar Symposium (IRS 2010). Conference Proceedings. - Vilnius, Lithuania, June 14 - 18, 2010. - Pp. 562-564. - www.slyusar.kiev.ua/MIKON_2010.pdf