



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 54301

(13) A

(51) 7 G01S13/95

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІОПИС  
ДО ДЕКЛАРАЦІЙНОГО ПАТЕНТУ  
НА ВІНАХІДВидається під  
відповідальність  
власника  
патенту**(54) СПОСІБ ВИЗНАЧЕННЯ МАЛИХ РАДІАЛЬНИХ ШВИДКОСТЕЙ В КОГЕРЕНТНИХ РЛС І ПРИСТРІЙ  
ДЛЯ ЙОГО ЗДІЙСНЕННЯ**

1

2

(21) 2002075909

(22) 16 07 2002

(24) 17 02 2003

(72) Рогожкін Євген Васильович, Пуляєв Валерій  
Олександрович, Лізогуб Віталій Васильович(73) НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
"ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ"(57) 1 Спосіб визначення малих радіальних швидкостей в імпульсних когерентних РЛС зі спільною приймально-передавальною антеною, що включає випромінювання строго в одній фазі радіохвилі, прийом відбитого від об'єкта сигналу з переносом його на проміжну частоту, вимірювання фазового зсуву відбитого сигналу відносно зонduючого і обчислення радіальної швидкості по приросту фазового зсуву за інтервал часу, що дорівнює періоду повторення зонduючих імпульсів, який **відрізняється** тим, що значення швидкості обчислюють, використовуючи вираз

$$V_r = -\frac{1}{2} \frac{\Delta\varphi_n^\circ \lambda}{360^\circ nT}, \quad n = 1, 2, 3, \dots,$$

де  $V_r$  - радіальна швидкість об'єкта,  $\lambda$  - довжина робочої хвилі,  $T$  - період повторення зонduючих імпульсів,  $\Delta\varphi_n^\circ$  - приріст фазового зсуву у градусах за інтервал часу, що дорівнює  $nT$ , який визначають із умов

$$\Delta\varphi_n^\circ = \begin{cases} \varphi_{t+n} - \varphi_1, & |\varphi_{t+n} - \varphi_1| \leq 180^\circ \\ \varphi_{t+n} - \varphi_1 - 360^\circ, & \varphi_{t+n} - \varphi_1 \geq 180^\circ, \\ \varphi_{t+n} - \varphi_1 + 360^\circ, & \varphi_{t+n} - \varphi_1 \leq -180^\circ \end{cases}$$

Вінахід відноситься до радіолокації і може бути використаний в пристроях, що застосовуються при вимірах доплерівських зсувів, наприклад, при метеорних та іоносферних спостереженнях, а також у фазометрах

Відомо, що фазовий зсув прийнятого сигналу відносно випроміненого сигналу визначається відстанню до об'єкту і кількістю довжин хвиль, що

де  $\varphi_1$  - початковий результат вимірювання фазового зсуву,  $\varphi_{t+n}$  - фазовий зсув, виміряний через  $n$  періодів повторення зонduючих імпульсів, при цьому фазові зсуви  $\varphi_1$  та  $\varphi_{t+n}$  визначають за двома відліками напруг  $U(t)$  і  $U(t+t_q)$ , які на проміжній частоті  $f_0$  зв'язані рівнянням

$$\frac{U(t)}{U(t+t_q)} = \frac{\sin \varphi_1}{\sin(2\pi\Delta + \varphi_1)},$$

де  $t = t_q = t_{z,n}$  - радіолокаційна затримка,  $\Delta$  - фіксована частина періоду коливаний проміжної частоти, наприклад  $1/3, 1/4, 5/4$  і т.п.2 Пристрій для визначення малих радіальних швидкостей в когерентних РЛС, що включає антену, приймач, аналого-цифровий перетворювач (АЦП), зсувний реєстр, який **відрізняється** тим, що в нього додатково введені стробуючий каскад, формувач опитувальних імпульсів, постійну пам'ять, буферну пам'ять і ЕОМ, причому вихід антени з'єднаний з входом приймача, вихід приймача з'єднаний з входом АЦП і першим входом стробувального каскаду, другий вхід якого підключений до виходу формувача опитувальних імпульсів, вихід АЦП з'єднаний зі входом зсувного реєстру, вихід якого з'єднаний зі входом постійної пам'яті, вихід якої з'єднаний зі входом буферної пам'яті, вихід якої з'єднаний зі входом ЕОМвкладаються на цій відстані. При переміщенні об'єкту вздовж променя радіолокатора зі швидкістю  $V_r$  фазовий зсув безперервно змінюється, що призводить до доплерівського зсуву частоти

$$f_d = 2V_r/\lambda \quad (1)$$

Великі значення швидкостей спостерігаються на радіолокаторах огляду космічного простору, і відомі технічні рішення, які дозволяють виділяти

(19) UA (11) 54301 (13) A

значний доплерівський приріст. Для цього використовуються спектроаналізатори і фазові детектори. Фазові детектори порівнюють з опорною частотою частоту прийнятого сигналу після переносу його на проміжну, більш низьку, частоту. За отриманими біттями і виразом (1) знаходять швидкість об'єкту. Такі технічні рішення застосовують в РЛС з безперервним випромінюванням і в РЛС з імпульсними випромінюваннями і в РЛС з імпульсними випромінюваннями досить великої тривалості.

Задача виміру малих доплерівських зсувів (малих фазових приростів) виникає при вимірах швидкості дрейфу (переміщення під дією зовнішніх сил) іоносферної плазми або, наприклад, у метеорній і судовій радіолокації. В імпульсних РЛС період доплерівського приросту в цьому випадку є істотно меншим від тривалості зондуючого імпульсу, і для визначення радіальної швидкості об'єкту вимірюють приріст фазового зсуву від зонду до зонду, який для однозначного визначення знаку і величини швидкості принципово не повинен перевищувати  $180^\circ$ .

Відомий спосіб визначення радіальної швидкості описано в [1]. Він полягає у визначенні зсуву фаз між прийнятим і зондуючим сигналами за моментами переходу сигналів (прийнятого та опорного) із області мінусових значень в область плюсових з наступним знаходженням приросту зсуву фаз за період повторення зондуючих імпульсів. Вимірювальний тригер стає в положення '1' в момент, коли прийнятий синусоїдний сигнал із області негативних значень переходить у область позитивних. Тригер скидається в "0", коли в тому ж напрямку часову вісь перетинає опорний сигнал.

Недолік способу полягає в обмеженнях на розрізняльну спроможність за дальністю і в істотному апаратному ускладненні, бо точність вимірів тим є вища, чим є нижча проміжна частота, період коливач якої обмежений знизу тривалістю випроміненого імпульсу.

Найбільш близьким до способу, що пропонується - прототипом - є спосіб, який описано в [2]. Він заснований на обчисленні швидкості дрейфу плазми під час радіолокаційного зондування за результатами вимірів автокореляційної функції (АКФ) розсіяного іоносферою сигналу за допомогою РЛС зі спільною приймально-передавальною антеною. Прийнятий сигнал після переносу його на проміжну частоту з періодом коливач  $t_0$  перетворюють на цифровий код  $U(t)$  за допомогою аналого-цифрового перетворювача (АЦП), який працює за опитними імпульсами, що поступають із періодом

$$t_q = rt_0, \quad (2)$$

де  $r$  в загальному випадку - відношення чисел натурального ряду. Таке співвідношення дозволяє, наприклад, при  $r=1$  використовувати затримки, кратні  $t_0$ , і затримки, що відрізняються на чверть цього періоду. Тоді вимірюють

$$R(\tau) = \begin{cases} R_0(\tau_k) \cos(\omega_0 + \Omega)\tau_k, & \tau = \tau_k = kt_0, \quad \omega_0 = 2\pi/t_0 \\ R_0(\tau'_k) \cos(\omega_0 + \Omega)\tau'_k, & \tau'_k = \tau_k + t_0/4, \quad \Omega = 2\pi F_d \end{cases} \quad (3)$$

де оцінки АКФ знаходять за алгоритмами

$$R(\tau_k) = \sum_{i=d}^{d+1} U(t_i)U(t_i + \tau_k), \quad t_i = tq_i, \quad tq = t_0/4, \quad (4)$$

$$R(\tau'_k) = \sum_{i=d}^{d+1} U(t_i)U(t_i + \tau'_k)$$

Тут  $t_i$  - радіолокаційна затримка,  $f_d$  та  $t_{d+1}$  - відповідно початок і кінець висотного діапазону на радіолокаційній розгортці,  $R_0(\tau)$  - автокореляційна функція обвідної сигналу некогерентного розсіявання.

З виразу (3), враховуючи, що  $\omega_0 t_0 = 2\pi$ , можна отримати,

$$R(\tau) = \begin{cases} R_0(\tau_k) \cos \Omega \tau_k, & \tau = \tau_k \\ -R_0(\tau'_k) \sin \Omega \tau'_k, & \tau = \tau'_k \end{cases} \quad (5)$$

Звідси обчислюють фазовий зсув, а потім доплерівський приріст і радіальну швидкість дрейфу, вважаючи, що

$$R_0(\tau_k) \equiv R_0(\tau'_k),$$

$$\Omega \tau_k = -\arctg(\rho), \quad \rho = R(\tau'_k)/R(\tau_k),$$

$$V_r = -\lambda \arctg(\rho) / 4\pi \tau_k \quad (6)$$

Слід зауважити, що специфіка розсіяного сигналу заключається в його випадковій фазі, тому кількість відліків  $l$  беруть максимально можливою, пов'язаною з інтервалом кореляції  $\tau_{\text{корр}}$  і тривалістю імпульсу  $T_{\text{и}}$ , що задається умовою

$$l \leq T_{\text{и}}, \quad \text{якщо } T_{\text{и}} < \tau_{\text{корр}},$$

$$l \leq \tau_{\text{корр}}, \quad \text{якщо } \tau_{\text{корр}} < T_{\text{и}}$$

Радіальну швидкість дискретного об'єкту (цілі) визначають по тим же алгоритмам. Різниця заключається в тому, що при  $r = 1/4$  у виразі (4) мінімальне значення  $l = 1$  і перший відлік  $U(t)$  роблять в інтервалі між переднім і заднім фронтами відбитого сигналу. Операцію повторюють в наступний період зондування. Набіг фази і швидкість визначають по виразу (6), в якому  $\Delta\phi = \Omega \tau_k = \Omega T$

$$V_r = -\frac{\lambda \Delta^0 \phi}{4\pi T} = -\frac{\lambda}{2} \frac{\Delta^0 \phi}{360^\circ T},$$

де  $T$  - період повторення зондуючих імпульсів.

Як буде показано нижче, два відліки, одержані з відомим інтервалом між ними (наприклад, чверть періоду несучої), уже мають інформацію про фазовий зсув, проте цю інформацію в способі-прототипі не використовують. Звідси впливає недолік способу для виконання кореляційної обробки при великих значеннях періоду повторення необхідне значне збільшення об'єму обладнання.

Аналогом технічного рішення, що пропонується, є пристрій для виміру швидкостей дрейфу метеорних слідів на основі цифрового імпульсного фазометру (ЦФ), який описаний в [3].

Особливістю ЦФ є схема фіксації фази відбитого радіоімпульсу, що виконана на кварцовому фільтрі. Фаза збуджуваних в цьому фільтрі коливань нав'язується високочастотним заповненням відбитого сигналу, що дозволяє виміряти її приріст за період повторення зондуючих імпульсів. Сигнал проходить через схему стробування, що усуває вплив імпульсних завад і шумів усього радіоприймального тракту. За винятком наведеної особливості ЦФ працює як фазометр з прямим перетворенням вимірюваного зсуву фаз у величину,

зручну для квантування [4]. Вимірювання проводиться в інтервалі між сусідніми відбитими імпульсами. Вихідним пристроєм ЦФ є високочастотний підсилювач, показники якого вводяться в ЕОМ, де накопичується числовий масив фазових зсувів. Подальша обробка всієї інформації проводиться на тій же ЕОМ.

Недолік цього пристрою - обмеження на використання коротких імпульсів, бо їх тривалість повинна дорівнювати сталій часу вузькосмугового кварцового фільтру. Звідси випливає і другий недолік - відсутність можливості вимірювати незначний приріст фази при малих швидкостях.

Пристроєм-прототипом для технічного рішення, що пропонується, є пристрій для визначення швидкості дрейфу іоносферної плазми [5].

У цьому пристрої прийнятий антеною некогерентно розсіяний сигнал переноситься в приймачі на проміжну частоту, знімається з кінцевого каскаду підсилювача проміжної частоти і подається до входу АЦП, в якому квантується з періодом квантування в чотири рази меншим, ніж період коливань проміжної частоти, і подається до входу зсувних реєстрів, затримується в них (час затримки  $\tau_k = k t_0$ ,  $\tau_k + 1 = (k + 1) t_0$ ,  $\tau'_k = \tau_k + t_0/4$ , відповідно, де  $k t_0$  складає приблизно половину тривалості імпульсу), у квадраторі і перемножувачах визначається значення оцінок АКФ, у накопичувачах суматора проводиться їх поступове сумування за період часу, що визначає блок, а арифметичний блок обчислює швидкість за формулою

$$V_r = - \frac{\lambda}{4\pi\tau_k} \arcsin \frac{4R(\tau_k)}{3R(\tau_k) + R(\tau'_k)}, \quad \Omega \ll \omega_0 \quad (7)$$

Такий алгоритм вимірів дозволяє в лінійному наближенні врахувати достатньо малі зміни обвідної розсіяного сигналу за час, що дорівнює періоду проміжної частоти.

Недолік пристрою-прототипу полягає в необхідності використання імпульсів великої тривалості і кореляційних вимірів при великих значеннях затримок. Але збільшення тривалості імпульсу веде до погіршення розрізняльної спроможності радіолокатора за дальністю і вимагає істотних об'ємів обладнання.

В основу винаходу, що пропонується, поставлена задача збільшення точності вимірів радіальних швидкостей в діапазоні доплерівських зсувів  $\pm 0.5T$ , включаючи виміри при значеннях радіальних швидкостей, близьких до нульових, без погіршення розрізняльної спроможності і за дальністю, і за швидкістю.

Вирішення цієї задачі досягається тим, що при розрахунках швидкості фазові зсуви перенесеного на проміжну частоту сигналу визначають за двома квантованими відліками  $U(t_1)$  і  $U(t_1 + \Delta t_0)$ , де  $\Delta$  - фіксована частина періоду коливань проміжної частоти (наприклад,  $1/3$ ,  $1/4$  або  $5/4$  і т.п.). Оскільки АЦП має обмежене число рівнів квантування, то фазові зсуви визначають за допомогою заздалегідь підготованої електронної таблиці, в яку занесені значення фазового зсуву в функції усіх можливих значень  $U(t_1)$  і  $U(t_1 + \Delta t_0)$ . Величину і знак радіальної швидкості визначають за приростом фазового зсуву від розгортки до розгортки. Для досягнення максимального розрізнення за швидкістю приріст

знаходять за різницею фазових зсувів між тими розгортками дальності з умовними номерами  $j$  та  $j + n$ , для яких ця різниця близька за модулем до  $180^\circ$ .

Сутність способу, що пропонується, є такою:

З періодом повторення радіоімпульсів  $T$  в напрямі на об'єкт випромінюється радіохвиля з довжиною  $\lambda$ . При цьому фазу сигналу, що випромінюється, строго прив'язано до початку розгортки дальності. Прийнятий сигнал після переносу його на проміжну частоту із періодом коливань  $t_0$  квантується за допомогою АЦП, принциповою особливістю якого є робота по опитним імпульсам, що поступають з періодом  $t_1$ . Принциповою вимогою є відсутність нелинійних спотворень, тому сигнал до входу АЦП подають прямо із кінцевого каскаду підсилювача проміжної частоти. В сучасних когерентних РЛС період коливань проміжної частоти і період квантування  $t_1$  пов'язані співвідношенням

$$t_q = n t_0 = \frac{m_1}{m_2} t_0, \quad (8)$$

де  $m_1$  і  $m_2$  - числа натурального ряду.

Нехай спершу є сигнал, зареєстрований на розгортці дальності із довільним номером  $j$ . За допомогою АЦП здійснюються два послідовних відліки

$$\begin{cases} U(t_1) = A(t_1) \sin[(\omega_0 + \Omega)t_1 + \phi] \\ U(t_1 + t_q) = A(t_1 + t_q) \sin[(\omega_0 + \Omega)(t_1 + t_q) + \phi] \end{cases},$$

(9)

де  $t_1$  - радіолокаційна затримка відповідно, наприклад, переднього фронту відбитого сигналу,  $A(t_1)$  - обвідна радіолокаційного сигналу,  $\omega_0 = 2\pi f$ ,  $\Omega$  - доплерівський приріст частоти, а  $\phi_1$  - фазовий зсув між зондуючим та прийнятим сигналами,  $-\pi \leq \phi_1 \leq \pi$ .

Для гармонічної функції два її значення  $y_0 = A \sin \phi$  і  $y_1 = A \sin(\phi + \alpha)$  при відомій і не кратній  $\pi$  величині  $\alpha$  однозначно визначають амплітуду  $A$  і фазовий кут  $\phi$ . При цьому значення кута  $\alpha$  може бути як меншим, ніж  $2\pi$ , так і більшим. Звідси випливає, що якщо у виразі (9) доплерівський приріст нехтовно малий, а радіолокаційна затримка  $t_1$  кратна періоду коливань проміжної частоти  $t_0$ , то при імпульсах прямокутної форми правильні значення фазового зсуву  $\Delta\phi^n$  можна отримати із виразу

$$\frac{U(t_1)}{U(t_1 + t_q)} = \frac{\sin \phi_1}{\sin(\omega_0 t_q + \phi_1)} \quad (10)$$

Наприклад, коли у співвідношенні (8)

$$t_q = \frac{4m+1}{4} t_0, \quad m = 0, 1, 2, \dots, \quad (11)$$

то

$$\phi_1 = \arctg[U(t_1) / U(t_1 + t_q)]$$

Нехай тепер імпульсний радіолокаційний сигнал від того ж об'єкту реєструється на розгортці дальності вдруге з умовним номером  $j+n$ . Знову здійснюють два відліки для тих же значень радіолокаційних затримок  $t_1$  і  $t_1 + t_q$  і знаходять  $\phi_{j+n}$ .

Якщо об'єкт перемістився за дальністю, то фазовий зсув зміниться, а за різницею можна визначити знак і величину швидкості.

$$V = -\frac{1}{2} \frac{\Delta\varphi_n^0 \lambda}{360 nT}, \quad \Delta\varphi_n^0 = \varphi_{j+n} - \varphi_j, \quad (12)$$

де  $\lambda$  - довжина робочої хвилі,  $T$  - період повторення зондуючих імпульсів радіолокатора

Якщо припустити, що фазові зсуви можуть приймати значення тільки в інтервалі  $\pm 180^\circ$ , то приріст фазового зсуву для формули (12) визначається із умови

$$\Delta\varphi_n^0 = \begin{cases} \varphi_{j+n} - \varphi_j, & |\varphi_{j+n} - \varphi_j| \leq 180^\circ \\ \varphi_{j+n} - \varphi_j - 360^\circ, & \varphi_{j+n} - \varphi_j \geq 180^\circ \\ \varphi_{j+n} - \varphi_j + 360^\circ, & \varphi_{j+n} - \varphi_j \leq -180^\circ \end{cases}$$

Маючи на увазі те, що кількість рівнів квантування  $2N$  аналого-цифрового перетворювача є обмеженою, а відліки  $U(t_i)$  і  $U(t_i + t_d)$  - цілі числа від  $-N$  до  $N$ , то в способі, що пропонується, значне скорочення часу оперативної обробки фазового зсуву  $\varphi$  можна досягти за рахунок використання електронної таблиці. Ця таблиця за допомогою виразу (10) готується заздалегідь у вигляді двомірного масиву. Цей масив може бути занесеним у блок постійної пам'яті, який має вигляд пристрою, що легко програмується, і в який заздалегідь заносяться фазові зсуви. Під час роботи відліки  $U(t_i)$  і  $U(t_i + t_d)$ , подані до адресних входів пам'яті, викликають появу на її виході значення того фазового зсуву, який знаходиться на перетині значень цих відповідних квантованих відліків.

Робота за способом, що пропонується, полягає в наступному

Періодично і строго в одній фазі по відношенню до початку кожної розгортки дальності випромінюють радіохвилю в напрямку на об'єкт. Відбитий сигнал приймають і переносять на проміжну частоту. Безпосередньо із виходу кінцевого каскаду підсилювача на проміжній частоті, використовуючи АЦП, роблять два квантованих відліки з відомим інтервалом між ними. За допомогою блоку постійної пам'яті потім знаходять фазовий зсув. Операцію визначення фазового зсуву повторюють у кожній наступній розгортці дальності, поступово заповнюючи буферну пам'ять.

Радіальну швидкість руху об'єкту розраховують, виходячи з виразів (12, 13), вважаючи  $n=1$ , якщо приріст фазового зсуву  $\Delta\varphi$  по модулю за один період повторення виявляється близьким до  $180^\circ$ . Якщо ж його приріст за один період повторення виявляється істотно меншим  $180^\circ$ , то його уточнюють, відшукуючи в оперативній пам'яті фазові зсуви для значень  $n=2, 3, \dots$ , і, кінець кінцем, визначається той момент, коли  $\Delta\varphi$  по модулю виявляється найбільш близьким до  $180^\circ$ , а значить, і досягається найбільша розрізняльна спроможність виміру радіальної швидкості.

Для реалізації вищеописаного способу, базовим об'єктом якого є прототип, вибираємо схему, що містить антену 1, приймач 2, АЦП 3, стробуючий каскад 4, формувач опитних імпульсів 5, зсувний реєстр 6, постійну пам'ять 7, буферну пам'ять 8, ЕОМ 9.

Розглянемо роботу пристрою при визначенні радіальної швидкості. Відбитий сигнал приймають на антену 1 і переносять на проміжну частоту, пе-

ріод коливань якої дорівнює  $t_0$ . Безпосередньо з кінцевого каскаду підсилювача проміжної частоти приймача 2 сигнал подають на АЦП 3, робота якого контролюється стробуючим каскадом 4. Якщо сигнал перевищує поріг виявлення, то цей каскад відкривається, і з формувача 5 на АЦП починають надходити опитні імпульси. Період їх проходження складає непарне число інтервалів, рівних  $0,25t_0$ , і цей період вибирається, виходячи з швидкодії, що використовується в АЦП.

По кожному опитному імпульсу АЦП виробляє бінарні коди, що в порядку надходження заносяться у зсувний реєстр 6. У зсувному реєстрі, що виконує функції адресного реєстру для постійної пам'яті 7, водночас можуть зберігатися два коди. В постійній пам'яті, в яку заздалегідь занесені значення фазових зсувів для будь-якого коду від 0 до  $\pm N$ , кожна пара кодів сприймається як адреса ячейки, із якої свій фазовий зсув зчитується в буферну пам'ять 8. Таке зчитування і запам'ятовування фазового зсуву повторюється багатократно, поки існує відбитий сигнал. В наступній розгортці цей процес повторюється.

Після часу, наприклад, трохи більшого, ніж час для  $\eta$  розгорток, з буферної пам'яті дані зчитуються в ЕОМ 9 для відповідної обробки з метою обчислення радіальної швидкості з використанням формул (12, 13).

Опитні імпульси синхронізовані із запуском передавача, і їхнє розташування в кожній розгортці дальності однакове, що і забезпечує можливість виділити приріст фазового зсуву за період повторення зондуючих імпульсів. Значне підвищення заводо захищеності пристрою полягає у багатократному повторі опитних імпульсів із наступним усередненням. Це дозволяє потім за допомогою ЕОМ провести також і статистичну оцінку результатів вимірів, подібно до того, як це робиться у пристрої-аналозі.

Таким чином, розрізняльна спроможність в області малих доплерівських зсувів (об'єкт майже нерухомий) може бути, як це впливає із формули (12), істотно збільшена за рахунок збільшення значення  $n$ , що важливо відзначити, у протилежність від пристрою-прототипу - без погіршення розрізняльної спроможності за дальністю. Звідси випливає, що в технічному рішенні, що пропонується, розрізняльна спроможність вимірів визначається апаратурою обробки і принципово вища, ніж у відомих рішеннях. Цим визначається корисність рішення, що пропонується.

Використання постійної пам'яті істотно скорочує час визначення фазового зсуву. Ця обставина також дозволяє проводити виміри по декільком об'єктам, якщо вони не співпадають по дальності.

Якщо тривалість накопичування досить велика, то технічне рішення, що пропонується, шляхом виміру фазового зсуву на початку радіоімпульсу і перед його закінченням дозволяє вимірювати також і великі радіальні швидкості. При суміщенні таких вимірів з виміром фазового зсуву від розгортки до розгортки можна розширити діапазон вимірів доплерівських зсувів до величин, більших, ніж  $\pm 0,5T$ .

У порівнянні із базовим об'єктом рішення, що пропонується, окрім зазначених вище відзнак і

переваг, володіє ще рядом інших. Запропоноване рішення дозволяє знизити вимоги до стабільності амплітуди сигналу, тому що зміна його рівня відслідковується за рахунок розташованих поряд парних відліків. Ця обставина дозволяє також при установці додаткового вузькосмугового фільтру у каналі виміру швидкості істотно послабити вплив адитивних завад.

Внаслідок того, що у відомих способах відсутні означені відзнаки фазовий зсув визначають по двом відлікам синусоїдної напруги і по заздалегідь підготованим електронним таблицям, що істотно скорочує час визначення фазового зсуву, а приріст зсуву фаз знаходять в загальному випадку не по суміжним розгорткам дальності, то технічне рішення, що пропонується, відповідає критерію "істотні відзнаки".

Джерела інформації

1 Кашеев Б Л и др Исследования атмосферных динамических процессов в нижней термосфере и тропо-стратосфере в сб Метеорные исследования № 14, М, 1988, с 19 - 38

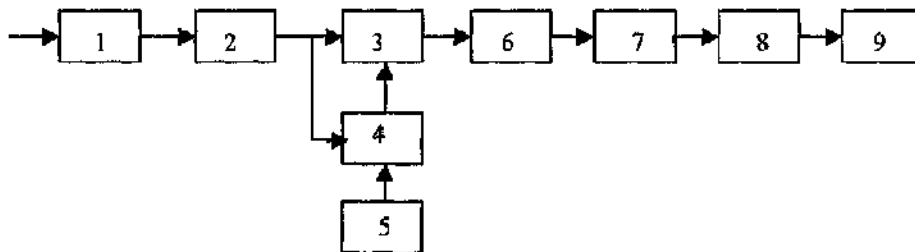
2 Рогожкин Е В Измерение параметров ионосферной плазмы по корреляционной функции сигнала некогерентного рассеяния В сб Ионосферные исследования № 27, М 1979, с 46 - 59,

3 Лизогуб В В Ветровой автомат Ш Первичная обработка сигналов В сб Радиотехника, вып 32 - Харьков, Высшая школа, из-во ХГУ, 1975, с 3 - 7

4 Смирнов П Т Цифровые фазометры Л Энергия, 1974

5 А с № 1503529 (СССР) Устройство определения скорости дрейфа ионосферной плазмы / Е В Рогожкин, В И Таран, В А Филоненко и др

*Вхідний  
сигнал*



Фіг.