



ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) UA

(11) 109145

(13) C2

(51) МПК

G01S 13/92 (2006.01)

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД

(21) Номер заявки:	а 2013 01400	(72) Винахідник(и):	Сорочан Анатолій Григорович (UA), Харченко Володимир Петрович (UA)
(22) Дата подання заявки:	06.02.2013	(73) Власник(и):	НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ (НАУ), пр. Комарова, 1, м. Київ, 03680 (UA)
(24) Дата, з якої є чинними права на винахід:	27.07.2015	(56) Перелік документів, взятих до уваги експертизою:	UA 70379 C2; 15.10.2004 UA 40131 A; 16.07.2001 UA 40130 A; 16.07.2001 RU 2059973 C1; 10.05.1996 RU 2315333 C2; 20.01.2008
(41) Публікація відомостей про заявку:	11.08.2014, Бюл.№ 15		
(46) Публікація відомостей про видачу патенту:	27.07.2015, Бюл.№ 14		

(54) СПОСІБ ФАЗОВОГО ВИМІРЮВАННЯ РАДІАЛЬНОЇ ШВИДКОСТІ ТА ПРИСТРІЙ ДЛЯ ЙОГО ЗДІЙСНЕННЯ

(57) Реферат:

Група винаходів належить до радіотехніки. Спосіб фазового вимірювання радіальної швидкості, згідно з яким немодульоване височастотне коливання $u_r(t)$ з частотою f_0 ділиться на дві частини $u_r'(t)$ і $u_r''(t)$, перша частина коливань $u_r'(t)$ також ділиться на дві частини $u_{r1}'(t)$ і $u_{r2}'(t)$, коливання $u_{r1}'(t)$ за допомогою високостабільного коливання $u_{kr}(t)$ з частотою f_{kr} перетворюється вниз по частоті, отримуємо напругу $u_1(t)$ з частотою $(f_0 - f_{kr})$, друга частина $u_r''(t)$ коливання $u_r(t)$ після перетворення і посилення випромінюється в простір, коливання $u_r''(t)$, відбившись від рухомої цілі, набуває доплерівський зсув по частоті, відбите коливання приймається, перетворюється, підсилюється, в результаті отримуємо сигнал $u_c(t)$ з частотою $(f_0 \pm F_d)$. Коливання $u_{r2}'(t)$ з частотою f_0 затримується на постійну часу τ_0 , після чого перемножується з напругою $u_1(t)$ з частотою $(f_0 - f_{kr})$, з результату перемноження виділяється складова $u_1'(t)$ з різницевою частотою, яка дорівнює f_{kr} , сигнал $u_c(t)$ з частотою $(f_0 \pm F_d)$ ділиться на дві рівні частини $u_{c1}(t)$, $u_{c2}(t)$, сигнал $u_{c1}(t)$ за допомогою високостабільного коливання $u_{kr}(t)$ з частотою f_{kr} перетворюється вниз по частоті, отримуємо сигнал $u_{c1}'(t)$ з частотою $(f_0 \pm F_d - f_{kr})$, друга частина $u_{c2}(t)$ сигналу $u_c(t)$ з частотою $(f_0 \pm F_d)$ затримується на постійну часу τ_0 , після чого перемножується з напругою $u_{c1}'(t)$ з частотою $(f_0 \pm F_d - f_{kr})$, з результату перемноження виділяється складова $u_2'(t)$ з різницевою частотою, яка дорівнює f_{kr} , отримані коливання $u_1'(t)$ і сигнал $u_2'(t)$ порівнюються по фазі, з результату порівняння визначається фазовий зсув $(\pm 2\pi F_d \tau_0)$, який пропорційний радіальній швидкості руху цілі

UA 109145 C2

$V_r = \frac{C}{2f_0} F_d$. Пристрій фазового вимірювання радіальної швидкості містить передавач, до складу

якого входять генератор високої частоти, лінійний тракт, вихід якого є першим виходом передавача, другим виходом передавача є вихід генератора високої частоти, який також з'єднаний з входом лінійного тракту передавача, приймач, до складу якого входять лінійний тракт, перший змішувач, кварцовий генератор, друга лінія затримки, перший і другий смугові фільтри, перший і другий перемножувачі, вхід лінійного тракту є входом приймача, другий вихід передавача з'єднаний з першим входом першого змішувача, другий вхід якого з'єднаний з кварцовим генератором, вихід змішувача з'єднаний через перший смуговий фільтр з першим входом першого перемножувача, вихід другого смугового фільтра з'єднаний з першим входом другого перемножувача, другий вхід якого з'єднаний з другою лінією затримки. Введені перша лінія затримки, через яку перший вхід першого змішувача з'єднаний з другим входом першого перемножувача, другий змішувач, перший вхід якого з'єднаний з виходом лінійного тракту, другий вхід другого змішувача з'єднаний з кварцовим генератором, а вихід другого змішувача з'єднаний з другим смуговим фільтром, вхід другого змішувача через другу лінію затримки з'єднаний з другим входом другого перемножувача, вимірювач фази, перший і другий входи якого з'єднані відповідно з виходами першого і другого перемножувачів, вихід вимірювача фази є виходом пристрою. Група винаходів забезпечує підвищення точності вимірювань та можливість роботи в імпульсному режимі.

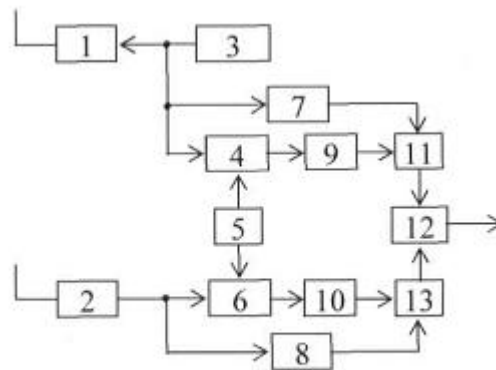


Fig. 1

Взаємозв'язана група винаходів належить до галузі радіотехніки і може бути застосована у радіолокації або радіоаеронавігації для керування рухом для вимірювання радіальної швидкості об'єкта.

Відомий доплерівський спосіб вимірювання швидкості цілі [1, 2], в якому високочастотне
 5 коливання $u_r(t) = U_0 \cos[2\pi f_0 t + \phi_r]$ з частотою f_0 випромінюється в напрямку на ціль. Частота сигналу, відбитого від рухомої цілі, $u_c(t) = U_c \cos[2\pi(f_0 + F_d)t + \phi_r]$, відрізняється від f_0 на доплерівський зсув F_d . Прийнятий сигнал $u_c(t)$ перемножується з високочастотним коливанням $u_r(t)$. З результату перемноження виділяється різницева комбінаційна складова з доплерівською частотою F_d , яка пропорційна радіальній швидкості V_r руху цілі і за допомогою

$$V_r = \frac{c}{2f_0} F_d$$

10 якої визначається радіальна швидкість як

Недоліком способу є низька точність вимірювання доплерівського зсуву частоти, неможливість роботи в імпульсному режимі.

Також відомий, вибраний як прототип, спосіб J-кореляційного вимірювання далькості [3], який містить сигнал, модульований по частоті гармонійним коливанням з частотою Ω , розгалуження цього сигналу на дві частини, одна з яких випромінюється в простір, друга затримується на регульовану калібровану часову затримку θ і зміщується по частоті на частоту гетеродина ω_r , після цього перемножується з відбитим сигналом, який одержав часову затримку τ в просторі, з результату перемноження на частоті ω_r виділяється сигнал взаємно кореляційної згортки, який розгалужується на дві рівні частини, одна з яких затримується на
 15 сталу часу τ_1 , після чого перемножується з другою частиною сигналу, з результату перемноження виділяється гармонійний сигнал з частотою Ω , рівень цього сигналу визначається різницевою часовою затримкою $(\theta - \tau)$, при встановленні значення регульованої затримки $\theta = \theta_0 = \tau$ рівень вихідного сигналу перетворюється в нуль, за значенням каліброваної затримки θ_0 знаходять далекість D розташування цілі.

25 Недоліком способу J-кореляційного вимірювання далькості є низька точність з якою можливо вимірювання радіальної швидкості, як приріст дальності за короткий інтервал часу, неможливість роботи в імпульсному режимі.

Відомий пристрій доплерівського способу вимірювання швидкості цілі [1, 2], що містить дві антени передавальну Ан.1 й приймальну Ан.2, генератор високої частоти, вхід якого з'єднаний з передавальною антеною Ан.1, а вихід з першим входом змішувач. Другий вхід змішувача з'єднаний з приймальною антеною. Вихід змішувача з'єднаний з гребінчастим фільтром, а його вихід з вимірювачем частоти. Вихід вимірювача є виходом пристрою.

В цьому пристрої точність вимірювання доплерівського зсуву частоти визначається смугою пропускання відповідного фільтра.

35 Відомий пристрій J-кореляційного вимірювання далькості [3] містить передавач, який складається з гетеродина низької частоти, частотний модулятор і лінійний тракт передавача, передавальну антену, генератор низької частоти з'єднаний з передавальною антеною через послідовно ввімкнені частотний модулятор і лінійний тракт передавача, приймач, який складається з приймальної антени, лінійного тракту приймача, регульованої каліброваної лінії затримки, змішувача, кварцового генератора, першого перемножувача, смугового фільтра, лінії затримки, другого перемножувача, вузькосмугового смугового фільтра і блока цифрової обробки. Приймальна антена з'єднана із блоком цифрової обробки, через послідовно ввімкнені лінійний тракт, перший вхід першого перемножувача, смуговий фільтр, другий перемножувач і вузькосмуговий смуговий фільтр. Вихід частотного модулятора з'єднаний з другим входом
 40 першого перемножувача через регульовану калібровану лінію затримки і перший вхід змішувача, другий вхід якого з'єднаний з кварцовим генератором. Перший вхід другого перемножувача з'єднаний з своїм другим входом через лінію затримки. Вихід блока цифрової обробки є виходом пристрою.

50 В цьому пристрої точність вимірювань радіальної швидкості знижена, так як визначається, як приріст дальності за деякий короткий інтервал часу, що є наслідком кількості необхідних вимірювань (початкова дальність, кінцева дальність, часовий інтервал на якому проводиться вимірювання).

В основу першого із групи винаходів поставлено задачу створення нового способу фазового вимірювання радіальної швидкості, в якому підвищується точність вимірювання радіальної швидкості, забезпечується можливість роботи в імпульсному режимі та селекцію рухомих цілей шляхом введення нових дій над сигналом, за допомогою яких значення частоти зонduючого і відбитого сигналів перетворюється в фазу. Різниця фаз цих сигналів визначає радіальну швидкість цілі, а наявність сигналу на рухомість цілі.

В основу другого із груп винаходів поставлено задачу створення нового пристрою фазового вимірювання радіальної швидкості, в якому за рахунок введення нових функціональних вузлів, зв'язків між ними забезпечується підвищення точності вимірювань та можливість роботи в імпульсному режимі.

Перша поставлена задача вирішується тим, що в способі фазового вимірювання радіальної швидкості, згідно з яким немодульоване високочастотне коливання $u_r(t)$ з частотою f_0 ділиться на дві частини $u_r'(t)$ і $u_r''(t)$, перша частина коливань $u_r'(t)$ також ділиться на дві частини $u_{r1}'(t)$ і $u_{r2}'(t)$, коливання $u_{r1}'(t)$ за допомогою високостабільного коливання $u_{kr}(t)$ з частотою f_{kr} перетворюється вниз по частоті, отримуємо напругу $u_1(t)$ з частотою $(f_0 - f_{kr})$, друга частина $u_r''(t)$ коливання $u_r(t)$ після перетворення і посилення випромінюється в простір, коливання $u_r''(t)$, відбившись від рухомої цілі, набуває доплерівський зсув по частоті, відбите коливання приймається, перетворюється, підсилюється в результаті отримуємо сигнал $u_c(t)$ з частотою $(f_0 \pm F_d)$. Згідно з винаходом коливання $u_{r2}'(t)$ з частотою f_0 затримується на постійну часу τ_0 , після чого перемножується з напругою $u_1(t)$ з частотою $(f_0 - f_{kr})$, з результату перемноження виділяється складова $u_1'(t)$ з різницевою частотою, яка дорівнює f_{kr} , сигнал $u_c(t)$ з частотою $(f_0 \pm F_d)$ ділиться на дві рівні частини $u_{c1}(t)$, $u_{c2}(t)$, сигнал $u_{c1}(t)$ за допомогою високостабільного коливання $u_{kr}(t)$ з частотою f_{kr} перетворюється вниз по частоті, отримуємо сигнал $u_{c1}'(t)$ з частотою $(f_0 \pm F_d - f_{kr})$, друга частина $u_{c2}(t)$ сигналу $u_c(t)$ з частотою $(f_0 \pm F_d)$ затримується на постійну часу τ_0 , після чого перемножується з напругою $u_{c1}'(t)$ з частотою $(f_0 \pm F_d - f_{kr})$, з результату перемноження виділяється складова $u_2'(t)$ з різницевою частотою, яка дорівнює f_{kr} , отримані коливання $u_1'(t)$ і сигнал $u_2'(t)$ порівнюються по фазі, з результату порівняння визначається фазовий зсув $(\pm 2\pi F_d \tau_0)$, який пропорційний радіальній швидкості руху цілі $V_r = \frac{c}{2f_0} F_d$. Проводиться перетворення частоти як зонduючого коливання, так і частоти відбитого сигналу від цілі в фазу з несучим високостабільним коливанням. В цьому разі фаза відбитого сигналу буде відрізнятися від фази опорного (зонduючого коливання) на величину, пропорційну доплерівському зсуву частоти.

Друга поставлена задача вирішується тим, що у пристрій фазового вимірювання радіальної швидкості, який містить передавач до складу якого входять генератор високої частоти, лінійний тракт, вихід якого є першим виходом передавача, другим виходом передавача є вихід генератора високої частоти, який також з'єднаний з входом лінійного тракту передавача, приймач до складу якого входять лінійний тракт, перший змішувач, кварцовий генератор, друга лінія затримки, перший і другий смугові фільтри, перший і другий перемножувачі, вхід лінійного тракту є входом приймача, другий вихід передавача з'єднаний з першим входом першого змішувача, другий вхід якого з'єднаний з кварцовим генератором, вихід змішувача з'єднаний через перший смуговий фільтр з першим входом першого перемножувача, вихід другого смугового фільтра з'єднаний з першим входом другого перемножувача, другий вхід якого з'єднаний з другою лінією затримки. Згідно з винаходом в нього введені перша лінія затримки, через яку перший вхід першого змішувача з'єднаний з другим входом першого перемножувача, другий змішувач, перший вхід якого з'єднаний з виходом лінійного тракту, другий вхід другого змішувача з'єднаний з кварцовим генератором, а вихід другого змішувача з'єднаний з другим смуговим фільтром, вхід другого змішувача через другу лінію затримки з'єднаний з другим входом другого перемножувача, вимірювач фази, перший і другий входи якого з'єднані

відповідно з виходами першого і другого перемножувачів, вихід вимірювача фази є виходом пристрою, згідно з винаходом, додатково введені другий змішувач, другий смуговий фільтр, друга лінія затримки, третій перемножувач, фазообертач і фільтр низьких частот. Крім цього, пристрій відрізняється наявністю нових зв'язків між ними.

5 Суть винаходу пояснюється кресленням, де приведена структурна схема запропонованого пристрою.

Для того, щоб підвищити точність вимірювань доплерівського зсуву частоти, забезпечити можливість роботи вимірювача в імпульсному режимі та роботи як селектора рухомої цілі в спосіб введені нові послідовності дій: з зондуючим коливанням $u_r(t)$ з частотою f_0 і відбитим від

10 цілі сигналом $u_c(t)$ з частотою $2\pi(f_0 \pm F_d)$ проводиться автокореляційна згортка на частоті допоміжного кварцового коливання f_{kr} . З зондуючого коливання отримують опорне гармонійне коливання $u_1(t) = U_1 \cos[2\pi f_{kr} t + 2\pi f_0 \tau_0 + \varphi_{kr}]$. З відбитого від цілі сигналу отримують сигнал $u_2(t) = U_c \cos[2\pi f_{kr} t + 2\pi f_0 \tau_0 \pm 2\pi F_d \tau_0 + \varphi_{kr}]$. Порівняння фази сигналу $u_2(t)$ з опорним коливанням $u_1(t)$ дозволяє визначити значення доплерівського зсуву частоти $\pm F_d$, значення якого

15 пропорційне радіальній швидкості цілі, тобто $V_r = \frac{c}{2f_0} F_d$.

На кресленні приведена структурна схема запропонованого пристрою, де 1, 2 - лінійні тракти; 3 - генератор високої частоти; 4 і 6 - перший і другий змішувачі; 5 - кварцовий генератор; 7, 8 - перша, друга лінії затримки; 9, 10 - перший та другий смугові фільтри; 11, 13 - перший, другий перемножувачі; 12 - визначник фази.

20 Пристрій відрізняється наявністю нових функціональних вузлів та зв'язків між ними, тобто додатково введені змішувач 6, лінія затримки 7, вимірювач фази 12, причому перший вхід першого змішувача 4 з'єднаний з виходом генератора високої частоти 3 передавача, перший вхід другого змішувача 6 з'єднаний з виходом лінійного тракту 2 приймача, другий вхід другого змішувача 6 з'єднаний з виходом кварцового генератора 5, вихід другого змішувача 6 з'єднаний з другим смуговим фільтром 10, вхід другої лінії затримки 8 з'єднаний з першим входом другого змішувача 6, виходи першого 11 і другого 13 перемножувачів з'єднані з відповідними входами вимірювача фази 12, вихід якого є виходом пристрою.

Пристрій працює таким чином:

Коливання високочастотного генератора 3 передавача

30 $u_r(t) = U_{r0} \cos[2\pi f_0 t + \varphi_0],$

де U_{r0} , f_0 і φ_0 - відповідно, амплітуда коливань, його частота і початкова фаза;

діляться на дві частини $u_r'(t)$ і $u_r''(t)$

$u_r'(t) = U_{r0} \cos[2\pi f_0 t + \varphi_0],$

$u_r''(t) = U_{r0} \cos[2\pi f_0 t + \varphi_0].$

35 Перша частина $u_r'(t)$ надходить у приймач. Друга частина коливань $u_r''(t)$ високочастотного генератора 3 надходить в лінійний тракт 1 передавача, де перетворюється, підсилюється і випромінюється в простір. Відбитий від рухомої цілі сигнал надходить на вхід лінійного тракту 2 приймача, де в результаті посилення, перетворення, аналогічного перетворенню в лінійному тракті (ЛТ) 1 передавача, дає виходу ЛТ сигнал

40 $u_c(t) = U_c \cos[2\pi(f_0 \pm F_d)t + \varphi_c],$

де U_c , $(f_0 \pm F_d)$ і φ_c - відповідно, амплітуда сигналу, його частота і фазовий зсув сигналу відбитого від цілі, який має випадкове значення.

Кожен з сигналів $u_c(t)$ і $u_r'(t)$ діляться на дві рівні частини $u_{c1}(t)$, $u_{c2}(t)$ і $u_{r1}(t)$, $u_{r2}(t)$. Перші частини сигналів $u_{c1}(t)$ і $u_{r1}(t)$ надходять на перші входи, відповідно, першого 11 і другого 13 перемножувачів після проходження, відповідно, першої лінії затримки 7 і другої лінії затримки 8, які здійснюють часову затримку на сталу часу τ_0 . Отримуємо

45 $u_r(t) = U_{r0} \cos[2\pi f_0(t + \tau_0) + \varphi_0];$

$$u_{c1}(t) = U_c \cos[2\pi(f_0 \pm F_d)(t + \tau_0) + \varphi_c].$$

Сигнал з виходу лінійного тракту 2 приймача $u_{c2}(t)$ і коливання $u_{r2}(t)$ надходять на перші входи, відповідно, змішувачів 6 і 4. На другі входи змішувачів 6 і 4 подається коливання $u_{kr}(t)$ від кварцового генератора 5, яке описується виразом

$$u_{kr}(t) = U_{kr} \cos[2\pi f_{kr} t + \varphi_{kr}],$$

де U_{kr} , f_{kr} і φ_{kr} - відповідно, амплітуда, частота і початкова фаза коливання.

В результаті перетворення сигналів $u_{c2}(t)$ і $u_{r2}(t)$ за допомогою кварцового генератора на виходах змішувачів 6 і 4 отримуємо комбінаційні складові, які за допомогою смугових фільтрів 10 і 9 виділяють коливання з різницевою частотою, тобто отримуємо такі напруги

$$u_1(t) = U_1 \cos[2\pi(f_0 - f_{kr})t + \varphi_0 - \varphi_{kr}];$$

$$u_2(t) = U_c \cos[2\pi(f_0 \pm F_d)(t + \tau_0) + \varphi_c - \varphi_{kr}].$$

Отримані коливання $u_r(t)$, $u_1(t)$ і $u_{c1}(t)$, $u_2(t)$ перемножуються в перемножувачах 11 і 13. З результату перемноження виділяються складові з різницевою частотою. В результаті з виходу перемножувача 11 отримуємо опорне коливання, а з виходу перемножувача 13 - сигнальну напругу. Опорне коливання має вигляд

$$u_1'(t) = U_1' \cos[2\pi f_{kr} t + 2\pi f_0 \tau_0 + \varphi_{kr}].$$

Сигнальна напруга

$$u_2'(t) = U_c' \cos[2\pi f_{kr} t + 2\pi f_0 \tau_0 \pm 2\pi F_d \tau_0 + \varphi_{kr}].$$

При використанні як вимірювач фази 12 фазового детектора, опорне коливання піддається зсуву по фазі на $\frac{\pi}{2}$, в результаті отримуємо опорну напругу в вигляді

$$u_0(t) = U_1' \sin[2\pi f_{kr} t + 2\pi f_0 \tau_0 + \varphi_{kr}].$$

З результату перемноження $u_0(t)$ і $u_2'(t)$ фазовим детектором, фільтром низьких частот, який повинно включати на виході детектора, виділяється постійна складова

$$u_F(t) = U_c \sin(\pm 2\pi F_d \tau_0),$$

рівень якої в інтервалі значень фази $|\pm 2\pi F_d \tau_0| < \frac{\pi}{2}$ однозначно визначає доплерівський зсув

$$V_r = \frac{c}{2f_0} F_d.$$

частоти, а звідси, відповідно, і радіальну швидкість цілі

Джерела інформації:

1. Радіотехніка: Енциклопедичний навчальний довідник / [Белінський В.Т., Васюк Г.І., Вунтесмері В.С. и інш.]; за ред. Ю.Л. Мазора, Є.А. Мачуського, В.І. Правди. - К.: Вища школа, 1999. - 838 с.

2. Финкельштейн М.И. Основы радиолокации / Моисей Ионович Финкельштейн. - [2-е пере раб. и доп.] - М: Советское радио, 1973. - 536 с.

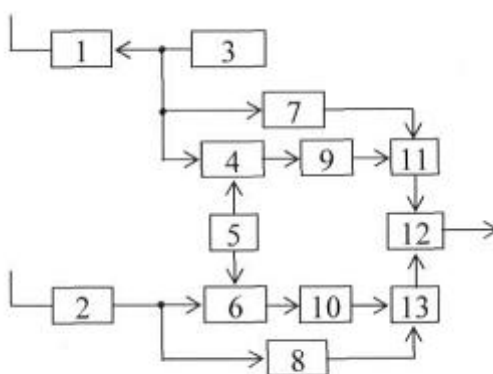
3. Патент 70379 Україна, G01S 13/34, G01S 13/40. J-кореляційний спосіб вимірювання дальності і пристрій, який його реалізує / Сорочан А.Г., Лігінов С.М., Литвиненко В.І. - № 2002010718; заявл. 29.01.2002; опубл. 15.10.2004, - Бюл. № 10.

ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

1. Спосіб фазового вимірювання радіальної швидкості, згідно з яким немодульоване високочастотне коливання $u_r(t)$ з частотою f_0 ділиться на дві частини $u_r'(t)$ і $u_r''(t)$, перша частина коливань $u_r'(t)$ також ділиться на дві частини $u_{r1}'(t)$ і $u_{r2}'(t)$, коливання $u_{r1}'(t)$ за допомогою високостабільного коливання $u_{kr}(t)$ з частотою f_{kr} перетворюється вниз по частоті, отримуємо напругу $u_1(t)$ з частотою $(f_0 - f_{kr})$, друга частина $u_r''(t)$ коливання $u_r(t)$ після перетворення і посилення випромінюється в простір, коливання $u_r''(t)$, відбившись від рухомої цілі, набуває доплерівський зсув по частоті, відбите коливання приймається, перетворюється,

підсилюється, в результаті отримуємо сигнал $u_c(t)$ з частотою $(f_0 \pm F_d)$, який відрізняється тим, що коливання $u_{r2}(t)$ з частотою f_0 затримується на постійну часу τ_0 , після чого перемножується з напругою $u_1(t)$ з частотою $(f_0 - f_{kr})$, з результату перемноження виділяється складова $u_1'(t)$ з різницевою частотою, яка дорівнює f_{kr} , сигнал $u_c(t)$ з частотою $(f_0 \pm F_d)$ ділиться на дві рівні частини $u_{c1}(t)$, $u_{c2}(t)$, сигнал $u_{c1}(t)$ за допомогою високостабільного коливання $u_{kr}(t)$ з частотою f_{kr} перетворюється вниз по частоті, отримуємо сигнал $u_{c1}'(t)$ з частотою $(f_0 \pm F_d - f_{kr})$, друга частина $u_{c2}(t)$ сигналу $u_c(t)$ з частотою $(f_0 \pm F_d)$ затримується на постійну часу τ_0 , після чого перемножується з напругою $u_{c1}'(t)$ з частотою $(f_0 \pm F_d - f_{kr})$, з результату перемноження виділяється складова $u_2'(t)$ з різницевою частотою, яка дорівнює f_{kr} , отримані коливання $u_1'(t)$ і сигнал $u_2'(t)$ порівнюються по фазі, з результату порівняння визначається фазовий зсув $(\pm 2\pi F_d \tau_0)$, який пропорційний радіальній швидкості руху цілі $V_r = \frac{c}{2f_0} F_d$.

2. Пристрій фазового вимірювання радіальної швидкості, який містить передавач, до складу якого входять генератор високої частоти, лінійний тракт, вихід якого є першим виходом передавача, другим виходом передавача є вихід генератора високої частоти, який також з'єднаний з входом лінійного тракту передавача, приймач, до складу якого входять лінійний тракт, перший змішувач, кварцовий генератор, друга лінія затримки, перший і другий смугові фільтри, перший і другий перемножувачі, вхід лінійного тракту є входом приймача, другий вихід передавача з'єднаний з першим входом першого змішувача, другий вхід якого з'єднаний з кварцовим генератором, вихід змішувача з'єднаний через перший смуговий фільтр з першим входом першого перемножувача, вихід другого смугового фільтра з'єднаний з першим входом другого перемножувача, другий вхід якого з'єднаний з другою лінією затримки, який відрізняється тим, що в нього введені перша лінія затримки, через яку перший вхід першого змішувача з'єднаний з другим входом першого перемножувача, другий змішувач, перший вхід якого з'єднаний з виходом лінійного тракту, другий вхід другого змішувача з'єднаний з кварцовим генератором, а вихід другого змішувача з'єднаний з другим смуговим фільтром, вхід другого змішувача через другу лінію затримки з'єднаний з другим входом другого перемножувача, вимірювач фази, перший і другий входи якого з'єднані відповідно з виходами першого і другого перемножувачів, вихід вимірювача фази є виходом пристрою.



Комп'ютерна верстка І. Скворцова

Державна служба інтелектуальної власності України, вул. Василя Липківського, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

ДП "Український інститут інтелектуальної власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601