



УКРАЇНА

(19) UA (11) 79787 (13) C2
(51) МПК (2006)
G08G 5/00МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІОПИС
ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД

(54) СПОСІБ АВТОМАТИЧНОГО ВИРІВНЮВАННЯ ПОДОВЖНЬОЇ ОСІ ЛІТАЛЬНОГО АПАРАТА ВІДНОСНО ОСІ ЗЛІТНО-ПОСАДКОВОЇ СМУГИ

1

2

(21) 20041210295

(22) 14.12.2004

(24) 25.07.2007

(46) 25.07.2007, Бюл. № 11, 2007 р.

(72) Широков Ігор Борисович

(73) Широков Ігор Борисович

(56) SU 1718149 A1, 07.03.1992

SU 728735, 20.04.1980

SU 1505283 A1, 07.05.1993

SU 1833003 A1, 10.12.1995

RU 2153195 C1, 20.07.2000

RU 2154596 C2, 20.08.2000

JP 5081600, 02.04.1993

US 5638057 A, 10.06.1997

US 4208659, 17.06.1980

EP 0408193 B1, 28.12.1994

(57) Спосіб автоматичного вирівнювання подовжньої осі літального апарата відносно осі злітно-посадкової смуги (ЗПС), що включає випромінювання і прийом безперервних високочастотних коливань, який **відрізняється** тим, що спочатку в двох незалежних каналах генерують безперервні високочастотні коливання з двома різними, мало відмінними одна від одної частотами f_1 і f_2 , причому ці коливання через циркулятори подають на дві незалежні антени первинного випромінювання і вторинного прийому, які розташовують на площинах крил літального апарата, і первинно випромінюють у напрямі ЗПС, при цьому в площині ЗПС на її осі на деякій відстані одна від одної розташовують як мінімум дві антени первинного прийому і вторинного випромінювання для кожного ретранслятора окремо (антени ретрансляторів), при цьому безперервні високочастотні коливання з частотами f_1 і f_2 антенами кожного ретранслятора первинно приймають і подають на керовані фазообертачі відбивного типу для кожного ретранслятора окремо, фазовий зсув яких регулюють генераторами низької частоти з частотами F_1 , F_2 , F_3 і т. д. для кожного ретранслятора окремо, при цьому в первинно прийняті високочастотні коливання в кожному ретрансляторі вводять монотонно наростаючий фазовий зсув, при цьому трансформовані по

частоті безперервні високочастотні коливання антенами ретрансляторів повторно випромінюють у напрямі антен первинного випромінювання і вторинного прийому, які розташовують на площинах крил літального апарата, що рознесені в просторі, причому першим ретранслятором повторно випромінюють коливання з частотами $f_1^1 = f_1 + F_1$ і

$f_2^1 = f_2 + F_1$, другим ретранслятором повторно випромінюють коливання з частотами $f_1^2 = f_1 + F_2$ і

$f_2^2 = f_2 + F_2$, третім ретранслятором повторно випромінюють коливання з частотами $f_1^3 = f_1 + F_3$ і

$f_2^3 = f_2 + F_3$ і т.п., при цьому випромінювані ретрансляторами коливання антенами первинного випромінювання і вторинного прийому літального апарата приймають і через два циркулятори подають на два змішувачі в кожному каналі окремо, при цьому в змішувачах прийняті коливання змішують з початковими безперервними високочастотними коливаннями і виділяють комбінаційні низькочастотні складові різниці початкових і трансформованих по частоті високочастотних коливань, при цьому в тому каналі, де генерують високочастотні коливання з частотою f_1 , виділяють комбінаційні низькочастотні складові з частотами $F_1 = f_1^1 - f_1$, $F_2 = f_1^2 - f_1$, $F_3 = f_1^3 - f_1$, $F_n = f_1^n - f_1$, а в тому каналі, де генерують високочастотні коливання з частотою f_2 , виділяють комбінаційні низькочастотні складові з частотами $F_1 = f_2^1 - f_2$, $F_2 = f_2^2 - f_2$, $F_3 = f_2^3 - f_2$, $F_n = f_2^n - f_2$, при цьому виділені низькочастотні коливання з однаковими частотами попарно подають на фазометри, число яких вибирають рівним числу виділених низькочастотних коливань, при цьому на виході цих фазометрів виділяють сигнали, пропорційні різниці фаз між цими парами комбінаційних низькочастотних складових, які подають в систему автоматичного керування рухом літального апарата, при цьому,

(13) C2

(11) 79787

(19) UA

керуючи положенням літального апарата, підтримують сигнали на виході всіх фазометрів на нульовому рівні, забезпечуючи тим самим автомати-

чне поєднання подовжньої осі літального апарата з віссю ЗПС.

Винахід відноситься до області радіотехніки і може бути використаний при організації автоматичного приводу і посадки літального апарату на злітно-посадочну смугу (ЗПС).

Відомі способи приводу літальних апаратів, засновані на випромінюванні привідних маяків. Проте позиціонування літальних апаратів при цьому здійснюється амплітудними методами і на достатньо великих відстанях. Точність позиціонування при цьому виявляється невисокою.

Найближчим до передбачуваного винаходу відноситься Спосіб визначення кута приходу радіохвиль, заснований на вимірюванні різниці фаз між сигналами в двох рознесених точках простору, описаний в [А.С. №1718149 (СРСР) і опублікований в БВ №9, 07.03.1992 G01R29/08].

За цим способом визначення кута приходу радіохвиль спочатку в двох незалежних каналах генерують безперервні високочастотні коливання з двома різними, мало відмінними одна від одної частотами f_1 і f_2 . Ці коливання через циркулятори подають на дві незалежні антени первинного випромінювання і вторинного прийому і первинно випромінюють у напрямі третьої антени первинного прийому і вторинного випромінювання, де обидва ці безперервні високочастотні коливання первинно приймають і подають на керований фазообертач відбивного типу, фазовий зсув якого регулюють генератором низької частоти. При цьому в первинно прийнятні високочастотні коливання вводять монотонно зростаючий фазовий зсув. Трансформовані таким чином по частоті безперервні високочастотні коливання з частотами $f'_1 = f_1 + F$ і $f'_2 = f_2 + F$ повторно випромінюють у напрямі антен первинного випромінювання і вторинного прийому, що рознесені в просторі, де обидва ці повторно випромінювані коливання антенами первинного випромінювання і вторинного прийому повторно приймають і через два циркулятори подають на два змішувачі в кожному каналі окремо, при цьому в змішувачах прийняті коливання змішують з початковими безперервними високочастотними коливаннями і виділяють комбінаційні низькочастотні складові різниці початкових і трансформованих по частоті високочастотних коливань. В тому каналі, де генерують високочастотні коливання з частотою f_1 , виділяють комбінаційну низькочастотну складову з частотою $F = f'_1 - f_1$ а в тому каналі, де генерують високочастотні коливання з частотою f_2 , виділяють комбінаційну низькочастотну складову з частотою $F = f'_2 - f_2$, при цьому виділені низькочастотні коливання однакової частоти подають на фазометр, де вимірюють різницю фаз між цими двома комбінаційними низькочастотними складовими. На основі змряної різниці фаз і відомої відстані між антенами розраховують кут приходу радіохвиль по формулі:

$$\alpha = \arcsin\left(\frac{\Delta\varphi \cdot \lambda}{2 \cdot \pi \cdot d}\right),$$

де - $\Delta\varphi$ змряна різниця фаз; λ - довжина хвилі випромінювання; d - відстань між

приймальними антенами (база інтерферометра).

Розташовуючи антени первинного випромінювання і вторинного прийому на площинах крил літального апарату, а антену первинного прийому і вторинного випромінювання (антену ретранслятора) на ЗПС можна визначати курсовий кут літального апарату щодо напрямку на антену ретранслятора ЗПС. Вводячи сигнал фазометра в систему автоматичного управління рухом літального апарату і підтримуючи цей сигнал системою автоматичного регулювання на нульовому рівні, можна точно витримувати курсовий кут апарату, співпадаючий з напрямом на антену ретранслятора ЗПС. Просторовий розбіг між антенами інтерферометра можна встановлювати вільно, залежно від цілей і вирішуваних задач, оскільки ці антени не зв'язані між собою фазостабільними фідерами.

Цілком зрозуміло, що певний інтерес представляє визначення і підтримка необхідного курсового кута літального апарату відносно не точки розташування антени ретранслятора ЗПС, а осі ЗПС.

В основу винаходу поставлена задача автоматичного поєднання подовжньої осі літального апарату з віссю ЗПС. Вона розв'язується завдяки тому, що спочатку в двох незалежних каналах генерують безперервні високочастотні коливання з двома різними, мало відмінними одна від одної частотами f_1 і f_2 , причому ці коливання через циркулятори подають на дві незалежні антени первинного випромінювання і вторинного прийому, які розташовують на площинах крил літального апарату і первинно випромінюють у напрямі ЗПС, при цьому в площині ЗПС на її осі на деякій відстані одна від одної розташовують кілька, як мінімум дві, антени первинного прийому і вторинного випромінювання для кожного ретранслятора окремо (антени ретрансляторів), при цьому безперервні високочастотні коливання з частотами f_1 і f_2 антенами кожного ретранслятора первинно приймають і подають на керовані фазообертачі відбивного типу для кожного ретранслятора окремо, фазовий зсув яких регулюють генераторами низької частоти з частотами F_1 , F_2 , F_3 , і т.д. для кожного ретранслятора окремо, при цьому в первинно прийнятні високочастотні коливання в кожному ретрансляторі вводять монотонно наростаючий фазовий зсув, при цьому трансформовані по частоті безперервні високочастотні коливання антенами ретрансляторів повторно випромінюють у напрямі антен первинного випромінювання і вторинного прийому, які розташовують на площинах крил літального апа-

рату, що рознесені в просторі, причому першим ретранслятором вдруге випромінюють коливання з частотами $f_1^1=f_1+F_1$ і $f_2^1=f_2+F_1$, другим ретранслятором вдруге випромінюють коливання з частотами $f_1^2=f_1+F_2$ і $f_2^2=f_2+F_2$, третім ретранслятором вдруге випромінюють коливання з частотами $f_1^3=f_1+F_3$ і $f_2^3=f_2+F_3$ і т.д., при цьому вдруге випромінені ретрансляторами коливання антенами первинного випромінювання і вторинного прийому літального апарату повторно приймають і через два циркулятори подають на два змішувачі в кожному каналі окремо, при цьому в змішувачах прийняті коливання змішують з початковими безперервними високочастотними коливаннями і виділяють комбінаційні низькочастотні складові різниці початкових і трансформованих по частоті високочастотних коливань, при цьому в тому каналі, де генерують високочастотні коливання з частотою f_1 , виділяють комбінаційні низькочастотні складові з частотами, $F_1=f_1^1-f_1$, $F_2=f_1^2-f_1$, $F_3=f_1^3-f_1$ і т.д., а в тому каналі, де генерують високочастотні коливання з частотою f_2 , виділяють комбінаційні низькочастотні складові з частотами, $F_1=f_2^1-f_2$, $F_2=f_2^2-f_2$, $F_3=f_2^3-f_2$ і т.д. при цьому виділені низькочастотні коливання з однаковими частотами попарно подають на фазометри, число яких вибирають рівним числу виділених низькочастотних коливань, при цьому на виході цих фазометрів виділяють сигнали, пропорційні різниці фаз між цими парами комбінаційних низькочастотних складових, які подають в систему автоматичного управління рухом літального апарату, при цьому, управляючи положенням літального апарату, підтримують сигнали на виході всіх фазометрів на нульовому рівні, забезпечуючи тим самим автоматичне поєднання подовжньої осі літального апарату з віссю ЗПС.

Порівняння передбачуваного винаходу з вже відомими способами і прототипом показує, що спосіб, що заявляється, проявляє нові технічні властивості, що полягають в можливості автоматичного поєднання подовжньої осі літального апарату з віссю ЗПС.

Ці властивості передбачуваного винаходу є новими, оскільки в способі-прототипі через властиві йому недоліки, що полягають у виділенні тільки однієї низькочастотної комбінаційної складової в обох каналах інтерферометра, що виникає при прийомі сигналів тільки від одного ретранслятора, можливе вимірювання різниці фаз між цими комбінаційними низькочастотними складовими в обох каналах інтерферометра і, відповідно, визначення тільки кута приходу радіохвиль щодо точки розташування антени ретранслятора. В пропонованому способі автоматичного поєднання подовжньої осі літального апарату з віссю ЗПС, в первинно прийняті антенами кожного ретранслятора, які розташовані на осі ЗПС на деякій відстані один від одного, безперервні високочастотні коливання з частотами f_1 і f_2 від двох незалежних високочастотних генераторів, випромінені через дві незалежні, рознесені в просторі антени первинного випромінювання, які розташовують на площинах крил літального апарату, вводять монотонно наростаючий фазовий зсув в кожному ретрансляторі з своєю швидкістю, вводячи тим самим в початкові

безперервні високочастотні коливання різний доплерівський зсув частоти $f_1^1=f_1+F_1$ і $f_2^1=f_2+F_1$; $f_1^2=f_1+F_2$, і $f_2^2=f_2+F_2$; $f_1^3=f_1+F_3$ і $f_2^3=f_2+F_3$ і т.д. кожним ретранслятором окремо, які потім перевипромінюють у напрямі антен первинного випромінювання літального апарату. Антенами літального апарату трансформовані по частоті безперервні високочастотні коливання повторно приймають, змішують з початковими високочастотними коливаннями і виділяють в обох каналах комбінаційні низькочастотні складові з однаковими парами частот Допплера, причому в тому каналі, де генерують коливання з частотою f_1 виділяють складові, $f_1^1-f_1=F_1$, $f_1^2-f_1=F_2$, $f_1^3-f_1=F_3$, і т.д., а в тому каналі, де генерують коливання з частотою f_2 виділяють складові $f_2^1-f_2=F_1$, $f_2^2-f_2=F_2$, $f_2^3-f_2=F_3$ і т.д. Після цього виділені низькочастотні складові з частотами, F_1 , F_2 , F_3 , і т.д. попарно подають на входи фазометрів, на виході яких виділяють сигнали, пропорційні різниці фаз низькочастотних комбінаційних складових. Виділені сигнали фазометрів подають в систему автоматичного управління положенням літального апарату, при цьому, управляючи положенням літального апарату, підтримують сигнали на виході всіх фазометрів на нульовому рівні, забезпечуючи тим самим автоматичне поєднання подовжньої осі літального апарату з віссю ЗПС.

Вказаний спосіб автоматичного поєднання подовжньої осі літального апарату з віссю ЗПС можна реалізувати за допомогою пристрою, приведенного на фігурі 1.

Пристрій автоматичного поєднання подовжньої осі літального апарату з віссю ЗПС містить генератори високочастотних коливань 1 і 2, Y-циркулятори 3 і 4, антени первинного випромінювання і вторинного прийому 5 і 6, змішувачі 7 і 8, вузькосмугові фільтри 9 і 10, 11 і 12, 13 і 14 і т.д., фазометри 15, 16, 17 і т.д., антени первинного прийому і вторинного випромінювання 18, 19, 20 і т.д., керовані фазообертачі відбивного типу 21, 22, 23 і т.д., низькочастотні генератори 24, 25, 26 і т.д., систему автоматичного управління положенням літального апарату 27.

Вихід генератора високочастотних коливань 1 сполучений з першим портом Y-циркулятора 3, другий порт якого сполучений з антеною первинного випромінювання і вторинного прийому 5, а третій порт Y-циркулятора 3 сполучений з входом змішувача 7, вихід якого сполучений з входами вузькосмугових фільтрів 9, 11, 13 і т.д., виходи яких сполучені з першими входами фазометрів 15, 16, 17 і т.д., причому вихід генератора високочастотних коливань 2 сполучений з першим портом Y-циркулятора 4, другий порт якого сполучений з антеною первинного випромінювання і вторинного прийому 6, а третій порт Y-циркулятора 4 сполучений з входом змішувача 8, вихід якого сполучений з входами вузькосмугових фільтрів 10, 12, 14 і т.д., виходи яких сполучені з другими входами фазометрів 15, 16, 17 і т.д., причому виходи фазометрів 15, 16, 17 і т.д. сполучені з входами системи автоматичного управління положенням літального апарату 27, при цьому антена первинного прийому і вторинного випромінювання 18 сполучена з сиг-

нальним входом керованого фазообертача відбивного типу 21, вхід управління якого сполучений з виходом низькочастотного генератора 24, при цьому антена первинного прийому і вторинного випромінювання 19 сполучена з сигнальним входом керованого фазообертача відбивного типу 22, вхід управління якого сполучений з виходом низькочастотного генератора 25, а антена первинного прийому і вторинного випромінювання 20 сполучена з сигнальним портом керованого фазообертача відбивного типу 23, вхід управління якого сполучений з виходом низькочастотного генератора 26.

Пристрій, що реалізовує спосіб автоматичного поєднання подовжньої осі літального апарату з віссю ЗПС, працює таким чином. Високочастотні коливання з початковою амплітудою, частотою f_1 і початковою фазою φ_1

$$U_1 = U_{01} \cdot e^{j2\pi f_1 t + \varphi_1}$$

з виходу генератора високочастотних коливань 1 через циркулятор 3 поступають в антену первинного випромінювання і вторинного прийому 5. При цьому у напрямі антен первинного прийому 18, 19, 20 і т.д., які розташовують на осі ЗПС, випромінюють електромагнітну хвилю. Паралельно високочастотні коливання з початковою амплітудою U_{02} , частотою f_2 і початковою фазою φ_2 .

$$U_2 = U_{02} \cdot e^{j2\pi f_2 t + \varphi_2}$$

з виходу генератора високочастотних коливань 2 через циркулятор 4 поступає в антену первинного випромінювання і вторинного прийому 6. При цьому також у напрямі антен первинного прийому 18, 19, 20 і т.д. випромінюють електромагнітну хвилю.

Антенами первинного прийому 18, 19, 20 і т.д. обидві високочастотні електромагнітні хвилі уловлюють і далі високочастотні коливання з частотами f_1 і f_2 подають на сигнальні входи керованих фазообертачів відбивного типу 21, 22, 23 і т.д. Керовані фазообертачі 21, 22, 23 і т.д., реалізують монотонну зміну фази високочастотних коливань. При цьому, якщо за періоди, T_1 , T_2 , T_3 і т.д. низькочастотних управляючих сигналів, що поступають з виходів генераторів низької частоти 24, 25, 26 і т.д., реалізується в керованих фазообертачах 21, 22, 23 і т.д., зсув фаз обох високочастотних коливань від 0 до 2π , то можна говорити про зсув спектру обох високочастотних коливань на так звані частоти Допплера

$$\Omega_1 = \frac{2 \cdot \pi}{T_1} = 2 \cdot \pi \cdot F_1, \quad \Omega_2 = \frac{2 \cdot \pi}{T_2} = 2 \cdot \pi \cdot F_2,$$

$$\Omega_3 = \frac{2 \cdot \pi}{T_3} = 2 \cdot \pi \cdot F_3 \text{ і т.д.}$$

Трансформовані по частоті високочастотні коливання, що поступають на антени вторинного випромінювання 18, 19, 20 і т.д. мають вигляд

$$U_1' = U_{01}' \cdot e^{j[2\pi(f_1+F_1)t + k_1 \cdot x_1 + \varphi_{01} + \varphi_1]} \quad i$$

$$U_2' = U_{02}' \cdot e^{j[2\pi(f_2+F_1)t + k_2 \cdot x_2 + \varphi_{01} + \varphi_2]}$$

$$U_1'' = U_{01}'' \cdot e^{j[2\pi(f_1+F_2)t + k_1 \cdot x_3 + \varphi_{02} + \varphi_1]} \quad i$$

$$U_2'' = U_{02}'' \cdot e^{j[2\pi(f_2+F_2)t + k_2 \cdot x_4 + \varphi_{02} + \varphi_2]}$$

$$U_1^3 = U_{01}' \cdot e^{j[2\pi \cdot (f_1+F_3) \cdot t + k_1 \cdot x_5 + \varphi_{03} + \varphi_1]} \quad i$$

$$U_2^3 = U_{02}' \cdot e^{j[2\pi \cdot (f_2+F_3) \cdot t + k_2 \cdot x_6 + \varphi_{03} + \varphi_2]}$$

і т.д.

де, k_1 , k_2 - хвильові числа

$$k_1 = \frac{2 \cdot \pi \cdot f_1}{c}, \quad k_2 = \frac{2 \cdot \pi \cdot f_2}{c}$$

x_1 , x_2 , x_3 , x_4 , x_5 , x_6 , і т.д. - відстані між антенами 5-18, 6-18, 5-19, 6-19, 5-20, 6-20 і т.д. відповідно;

φ_{01} , φ_{02} , φ_{03} і т.д. - початкові фази коливань на виходах низькочастотних генераторів 24, 25, 26 і т.д.; U_{01}' , U_{02}' - амплітуди високочастотних коливань з урахуванням загасання на трасі розповсюдження радіохвиль, посилення антен і коефіцієнтів передачі всіх ланок пристрою. Для простоти представлення формул коефіцієнти передачі всіх ланок вибрані однаковими.

Антенами вторинного випромінювання 18, 19, 20 і т.д. (вони ж антени первинного прийому) ці трансформовані високочастотні коливання випромінюють у напрямі антен вторинного прийому 5 і 6 (вони ж антени первинного випромінювання). При цьому прийняті трансформовані високочастотні коливання через треті порти Y-циркуляторів 3 і 4 поступають в змішувачі 7 і 8, де одержують комбінаційні низькочастотні складові різниці початкових безперервних високочастотних коливань і трансформованих по частоті безперервних високочастотних коливань. При цьому в тому каналі, де генерувалися високочастотні коливання з частотою f_1 , одержують комбінаційні низькочастотні складові різниці трансформованих по частоті безперервних високочастотних коливань з частотами, $f_1^1=f_1+F_1$, $f_1^2=f_1+F_2$, $f_1^3=f_1+F_3$ і т.д. і початкових коливань з частотою f_1 , які відповідно дорівнюють $f_1^1-f_1=F_1$, $f_1^2-f_1=F_2$, $f_1^3-f_1=F_3$ і т.д., а в тому каналі, де генерують коливання з частотою f_2 , одержують комбінаційні низькочастотні складові різниці трансформованих по частоті безперервних високочастотних коливань з частотами, $f_2^1=f_2+F_1$, $f_2^2=f_2+F_2$, $f_2^3=f_2+F_3$ і т.д. і початкових коливань з частотою f_2 , які відповідно дорівнюють $f_2^1-f_2=F_1$, $f_2^2-f_2=F_2$, $f_2^3-f_2=F_3$. Вузкосмугові фільтри 9 і 10, 11 і 12, 13 і 14 і т.д. виділяють попарно коливання з однаковими частотами F_1 , F_2 , F_3 і т.д.

Таким чином, на виходах вузкосмугових фільтрів 9 і 10, 11 і 12, 13 і 14 і т.д. матимемо пари низькочастотних коливань з однаковими частотами, F_1 , F_2 , F_3 і т.д. і повними фазами, які визначаються такими співвідношеннями

$$\varphi_{11} = 2 \cdot \pi \cdot F_1 \cdot t + k_1 \cdot x_1 + \varphi_{01} + k_1^1 \cdot x_1 \quad i$$

$$\varphi_{21} = 2 \cdot \pi \cdot F_1 \cdot t + k_2 \cdot x_2 + \varphi_{01} + k_2^1 \cdot x_2$$

$$\varphi_{12} = 2 \cdot \pi \cdot F_2 \cdot t + k_1 \cdot x_3 + \varphi_{02} + k_1^2 \cdot x_3 \quad i$$

$$\varphi_{22} = 2 \cdot \pi \cdot F_2 \cdot t + k_2 \cdot x_4 + \varphi_{02} + k_2^2 \cdot x_4$$

$$\varphi_{13} = 2 \cdot \pi \cdot F_3 \cdot t + k_1 \cdot x_5 + \varphi_{03} + k_1^3 \cdot x_5 \quad i$$

$$\varphi_{23} = 2 \cdot \pi \cdot F_3 \cdot t + k_2 \cdot x_6 + \varphi_{03} + k_2^3 \cdot x_6$$

і т.д.

де, k_1^1 , k_1^2 , k_1^3 , k_2^1 , k_2^2 , k_2^3 , і т.д. - хвильові числа

$$k_1^1 = \frac{2 \cdot \pi \cdot (f_1 + F_1)}{c} \text{ і } k_2^1 = \frac{2 \cdot \pi \cdot (f_2 + F_1)}{c};$$

$$k_1^2 = \frac{2 \cdot \pi \cdot (f_1 + F_2)}{c} \text{ і } k_2^2 = \frac{2 \cdot \pi \cdot (f_2 + F_2)}{c};$$

$$k_1^3 = \frac{2 \cdot \pi \cdot (f_1 + F_3)}{c} \text{ і } k_2^3 = \frac{2 \cdot \pi \cdot (f_2 + F_3)}{c}$$

і т.д.

Як видно з приведених формул, у виразах для повної фази виділених комбінаційних низькочастотних складових відсутні значення початкової фази високочастотних коливань, оскільки вони віднімаються. Частоти початкових високочастотних коливань f_1 і f_2 вибирають мало відмінними одна від одної. З цієї причини $k_1 \approx k_2$.

Окрім цього, частоти Допплера, F_1, F_2, F_3 , і т.д. вибирають багато менше частоти початкових високочастотних коливань f_1 і f_2 . З цієї причини, $k_1^1 \approx k_1, k_2^1 \approx k_1, k_1^2 \approx k_1, k_2^2 \approx k_2, k_1^3 \approx k_2, k_2^3 \approx k_2$ і т.д. В цьому випадку для різниці фаз комбінаційних низькочастотних коливань з однаковими частотами, F_1, F_2, F_3 , і т.д. на виходах вузькосмугових фільтрів 9 і 10, 11 і 12, 13 і 14 і т.д. можна записати

$$\Delta\varphi_1 = 2 \cdot k \cdot (x_1 - x_2),$$

$$\Delta\varphi_2 = 2 \cdot k \cdot (x_3 - x_4),$$

$$\Delta\varphi_3 = 2 \cdot k \cdot (x_5 - x_6),$$

і т.д.

$$\text{де } k \approx k_1 \approx k_2 \approx k_1^1 \approx k_1^2 \approx k_1^3 \approx k_2^1 \approx k_2^2 \approx k_2^3 \text{ і т.д.}$$

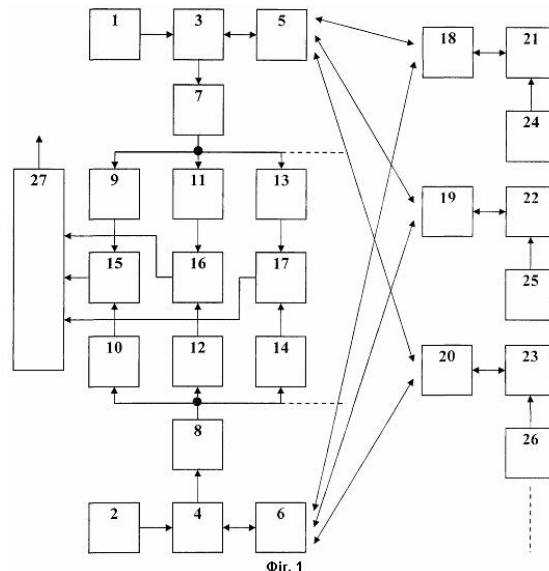
Таким чином, на виходах фазометрів 15, 16, 17 і т.д. матимемо сигнали, пропорційні різниці відстаней і зворотно пропорційні довжині хвилі в середовищі розповсюдження радіохвиль між антенами первинного випромінювання (вторинного прийому) 5 і 6 і первинного прийому (вторинного випромінювання) 18, 19, 20 і т.д. Ці різниці відста-

ней між антенами визначають взаємне положення антен літального апарату і антен ретрансляторів ЗПС. При цьому якщо подовжня вісь літального апарату співпадає з віссю ЗПС різниці відстаней, $x_1 - x_2, x_3 - x_4, x_5 - x_6$ і т.д. рівні нулю попарно, відповідно дорівнюють нулю сигнали на виходах всіх фазометрів 15, 16, 17 і т.д. Задача системи автоматичного управління положенням літального апарату 27 зводиться до того, щоб, аналізуючи сигнали на виходах фазометрів 15, 16, 17 і т.д., управляти положенням літального апарату так, щоб підтримувати сигнали на виході фазометрів 15, 16, 17 і т.д. на нульовому рівні.

Таким чином, одержують автоматичне поєднання подовжньої осі літального апарату з віссю ЗПС.

Народногосподарський ефект від використання передбачуваного винаходу пов'язаний з появою можливості автоматизувати процес приводу літального апарату при заході на посадку.

Інший аспект підвищення ефективності від використання передбачуваного винаходу пов'язаний з можливістю автоматизувати не тільки процес приводу літального апарату при заході на посадку, але і автоматизувати весь процес посадки. При цьому антени ретрансляторів ЗПС можна зробити не виступаючими, наприклад щілиними, і розташувати як по всій довжині ЗПС, так і за її межами, уздовж її осі. Самому процесу посадки літального апарату на ЗПС антени в цьому випадку заважати не будуть, проте при цьому з'являється можливість контролювати положення літального апарату при його русі уздовж всієї ЗПС аж до його повної зупинки.



Фиг. 1