



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 52459

(13) A

(51) G 05D 1/00

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІОПИС
ДО ДЕКЛАРАЦІЙНОГО ПАТЕНТУ
НА ВИНАХІДВИДАЄТЬСЯ ПІД
ВІДПОВІДАЛЬНІСТЬ
ВЛАСНИКА
ПАТЕНТУ

(54) ОДНОКАНАЛЬНИЙ САМОНАСТРОЮВАЛЬНИЙ АВТОПІЛОТ ДЛЯ ОБЕРТОВОЇ ПО КРЕНУ РАКЕТИ

1

2

(21) 2002064501

(22) 03 08 2002

(24) 16 12 2002

(46) 16 12 2002, Бюл. № 12, 2002 р.

(72) Семенов Леонід Антонович, Яковенко Петро
Олексійович, Доценко Борис Іванович, Кузьмін
В'ячеслав Павлович, Шепелев Юрій Іванович,
Косовенко Євген Вікторович(73) ДЕРЖАВНЕ КИЇВСЬКЕ КОНСТРУКТОРСЬКЕ
БЮРО "ЛУЧ"

(57) Одноканальний самонастроювальний автопілот для оберткової по крену ракети, що містить рульовий привід, прокоординатор, фазообертач, інтегратор, чотири згладжувальних фільтри, косинусний і синусний перетворювачі, суматор, два блоки перемноження нормованих сигналів, чотири амплітудних обмежувачі, який відрізняється тим,

що в автопілот введені моделюючий пристрій, що відтворює передатну функцію рульового приводу, фільтр низьких частот, віднімальний пристрій і підсилювач з регульованим коефіцієнтом підсилення, при цьому другий вихід фазообертача з'єднаний із входом моделюючого пристрою, вихід моделюючого пристрою з'єднаний із входом третього згладжувального фільтра, вихід інтегратора з'єднаний із входом фільтра низьких частот, вихід якого з'єднаний із входами косинусного і синусного перетворювачів, вихід прокоординатора підключений до входу віднімального пристрою, другий вхід якого підключений до виходу рульового приводу, вихід піднімального пристрою підключений до підсилювача з регульованим коефіцієнтом підсилення, вхід якого підключений до першого виходу фазообертача, а вихід до - входу рульового приводу

Винахід відноситься до систем керування і стабілізації літальних апаратів і може бути використаний в ракетах з одноканальним керуванням

Відома система керування оберткової щодо поздовжньої осі ракети, що здійснює керування в двох площинах при наявності одного кермового привода [1]. Для забезпечення її стійкості вводиться корекція за допомогою диференціальних ланок на пасивних чи активних елементах. Недоліком таких систем є обмежені можливості при виборі постійної часу диференціальних ланцюжків внаслідок виникнення додаткових шумів у контурі керування, що накладає жорсткі вимоги до швидкодії виконавчого рульового привода.

Відомі системи керування оберткової по крену ракети, в яких вводиться позитивний зсув фаз безпосередньо у вимірюваний кут крену ракети, який визначається прокоординатором [2, 3]. Недоліком такої системи керування є сталість фазового зсуву незалежно від частоти обертання ракети.

За прототип обраний двоканальний самонастроювальний автопілот оберткової по крену ракети, у якому за допомогою просторового фазообертача аналізуються промодульовані частотою обертання ракети керуючі гармонійні сигнали, що надходять з виходу прокоординатора на вхід фазообертача, і

сигнали з виходів рульових приводів. Різниця фаз керуючих сигналів і сигналів з виходів приводів використовується в автопілоті для корекції вхідних сигналів рульових приводів [4].

Недоліком даного автопілоту є обмеження області його застосування двоканальними системами керування.

Задачею пропонованого винаходу є розширення області застосування самонастроювального автопілоту в одноканальних системах керування оберткової по крену ракет і поліпшення характеристик контуру керування за рахунок корекції не тільки фази, але й амплітуди вхідного сигналу.

Поставлена задача вирішується тим, що в двоканальний самонастроювальний автопілот для оберткової по крену ракети, що містить один рульовий привід, прокоординатор, фазообертач з чотирьох блоків перемноження з відповідними зв'язками, інтегратор, чотири згладжувальних фільтри, косинусний і синусний перетворювачі, суматор, два блоки перемноження нормованих сигналів, чотири амплітудних обмежувачі, при цьому перший вихід прокоординатора з'єднаний з першим і шостим входами фазообертача і з входом першого згладжувального фільтра, другий вихід прокоординатора з'єднаний з третім і восьмим

(13) A

(11) 52459

(19) UA

входами фазообертача і з входом другого згладжувального фільтра, перший вихід фазообертача з'єднаний із входом рульового привода, вихід рульового привода з'єднаний із входом четвертого згладжувального фільтра, вихід четвертого згладжувального фільтра з'єднаний із входом четвертого амплітудного обмежника, вихід четвертого амплітудного обмежника з'єднаний із другим входом другого блоку перемноження нормованих сигналів, вихід третього згладжувального фільтра з'єднаний із входом третього амплітудного обмежника, вихід третього амплітудного обмежника з'єднаний із другим входом першого блоку перемноження нормованих сигналів, вихід першого згладжувального фільтра з'єднаний із входом першого амплітудного обмежника, вихід першого амплітудного обмежника з'єднаний з першим входом першого блоку перемноження нормованих сигналів, вихід другого згладжувального фільтра з'єднаний із входом другого амплітудного обмежника, вихід другого амплітудного обмежника з'єднаний з першим входом другого блоку перемноження нормованих сигналів, вихід першого блоку перемноження нормованих сигналів з'єднаний з першим входом суматора, вихід другого блоку перемноження нормованих сигналів з'єднаний із другим входом суматора, вихід суматора з'єднаний із входом інтегратора, вихід косинусного перетворювача з'єднаний із другим і сьомим входами фазообертача, вихід синусного перетворювача з'єднаний з четвертим і п'ятим входами фазообертача, додатково введені моделюючий пристрій, що реалізує передатну функцію рульового привода, фільтр низьких частот, віднімальний пристрій і підсилювач з регульованим коефіцієнтом підсилення, при цьому другий вихід фазообертача з'єднаний із входом моделюючого пристрою, вихід моделюючого пристрою підключений до входу третього згладжувального фільтра, вихід інтегратора підключений до входу фільтра низьких частот, вихід фільтра низьких частот з'єднаний із входами косинусного і синусного перетворювачів, перший вихід прокоординатора з'єднаний з першим входом віднімального пристрою, другий вхід якого підключений до виходу рульового привода, вихід фазообертача підключений до підсилювача з регульованим коефіцієнтом підсилення, на вхід якого надходить сигнал з виходу віднімального пристрою, вихід якого підключений до керуючого входу рульового привода

Принцип роботи автопілоту складається в автоматичному вимірі фазового зсуву, внесеного приводом на частоті обертання ракети, повороті вектора вхідного керуючого сигналу на кут, протилежний вимірюваному, і зміні коефіцієнта підсилення системи в залежності від частоти обертання ракети

Функціональна схема одноканального самонастроювального автопілоту для обертОВОї по крену ракети представлена на фіг. 1. Схема функціонує таким чином

З виходу прокоординатора 1 на вхід фазообертача надходять два ортогональних гармонійних сигнали. На виходах фазообертача формуються гармонійні сигнали, що мають фазове випередження щодо вхідних сигналів. Таке випередження

фази вводиться для того, щоб з урахуванням фазового запізнювання, внесеного приводом 15, сумарний фазовий зсув щодо вихідних сигналів прокоординатора 1 був близьким до нуля. Для формування фазового випередження в автопілоті використовуються два блоки перемноження нормованих сигналів 21, 22 і суматор 20. На блоки перемноження нормованих сигналів 21, 22 через відповідні згладжувальні фільтри 7, 10, 25, 26 і амплітудні обмежники 14, 19, 23, 24 надходять перетворені вхідні сигнали керування, перетворений вихідний сигнал рульового привода 15 і вихідний сигнал моделюючого пристрою 18.

Якщо прямокутні сигнали з амплітудних обмежників 14, 19, 23, 24 замінити на синусоїдальні, то на виході суматора 20 утвориться сигнал

$$M = \sin \varphi_p \cos(\omega t - \varphi_p) - \cos \varphi_p \sin(\omega t - \varphi_p) = \sin\left(\frac{\varphi_p + \varphi_{mp}}{2}\right) \cos\left(\frac{\varphi_p - \varphi_{mp}}{2}\right) - \sin\left(\frac{\varphi_p - \varphi_{mp}}{2}\right) \cos\left(\frac{\varphi_p + \varphi_{mp}}{2}\right),$$

де φ_p - фазове запізнювання, внесене рульовим приводом,

φ_{mp} - фазове запізнювання, внесене моделюючим пристроєм

При достатній близькості фазочастотних характеристик привода 15 і моделюючого пристрою 18, коли $\varphi_p \gg \varphi_{mp}$, справедливо наближена рівність

$$M \approx \sin\left(\frac{\varphi_p + \varphi_{mp}}{2}\right).$$

Сигнал неузгодженості по фазі M надходить на вхід інтегратора 17, а вихідний сигнал інтегратора після фільтра низьких частот 16 подається на входи синусного 12 і косинусного 13 перетворювачів, виходи яких з'єднані з відповідними входами фазообертача, що і дозволяють зрушувати фазу вектора керуючого сигналу. Фільтр низьких частот 16 на виході інтегратора 17 дозволяє згладжувати гармонійну складову, викликану неідентичністю фазочастотних характеристик привода і моделюючого пристрою. Процес регулювання закінчується, коли сигнал на вході інтегратора 17 дорівнює нулю. Чим ближче фазочастотні характеристики рульового привода 15 і моделюючого пристрою 18, тим з більшою точністю коректується фазове зрушення (Помилка компенсації фазового зрушення виникає через неідентичність ФЧХ моделі і привода).

Для корекції амплітудної характеристики привода 15 в автопілоті застосований підсилювач з регульованим коефіцієнтом підсилення 11 і віднімальний пристрій 6, на один вхід якого надходить сигнал з прокоординатора 1, а на другий вхід - сигнал з виходу рульового привода 15.

Підсилювач з регульованим коефіцієнтом підсилення 11 дозволяє збільшити амплітуду сигналу, що надходить на вхід привода 15, забезпечуючи тим самим рівність амплітуд вихідного сигналу привода і сигналу з прокоординатора. Коефіцієнт підсилення регульованого підсилювача 11 визначається різницею вихідних сигналів прокоординатора 1 і рульового привода 15. Параметри інтегратора 17, амплітудних обмежників 14, 19, 23, 24, моделюючого пристрою 18 вибираються відповідно до параметрів рульового привода 15, виходячи з умов стійкості і якості регулювання контуру керування ракети. Параметри фільтра низьких частот

16 визначаються максимальним розходженням фазочастотних характеристик привода 15 і моделюючого пристрою 18 на частотах обертання ракети, при цьому величина фазового запізнювання буде обмежена у всьому діапазоні частот обертання ракети

Характерними ознаками винаходу є

- 1) використання електричного рульового привода як виконавчого органу автопілоту,
- 2) використання моделюючого пристрою, що реалізує передатну функцію рульового привода,
- 3) використання підсилювача з регульованим коефіцієнтом підсилення для збільшення амплітуди сигналу на вході привода,
- 4) використання фільтра низьких частот на виході інтегратора для згладжування гармонійної складової

У процесі проектування одноканального самонастроювального автопілоту для оберткової по крену ракети отримані наступні результати

- використання одного каналу рульового привода забезпечує керування, стабілізацію і наведення ракети на ціль,
- фазове запізнювання, внесені приводом у контур керування ракети не перевищує 8-Ю градусів при введенні в автопілот моделюючого пристрою,
- величина помилки компенсації фази за рахунок неідентичності фазочастотних характеристик привода і моделюючого пристрою не перевищує 5 - 6 градусів у всьому діапазоні кутових швидкостей обертання ракети,
- виключення одного рульового привода поліпшує в цілому габаритно-масові характеристики ракети,
- компенсація фазового запізнювання, внесе-

ного приводом, позволяв знизити вимоги до його динамічних характеристик

Як технічну реалізацію одноканального самонастроювального автопілоту для оберткової по крену ракети застосовані мікропроцесорний контролер і електричний рульовий привод. Структурна схема такого автопілоту приведена на фіг 2

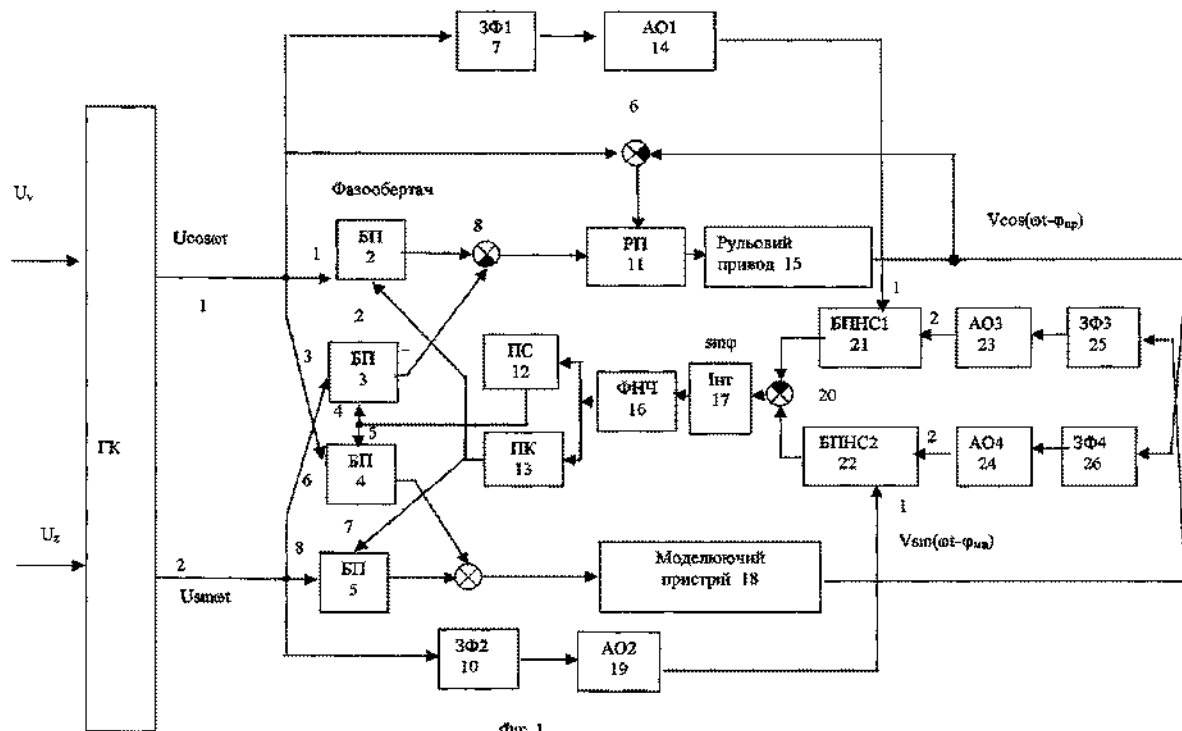
Аналогові гармонійні сигнали керування з виходу прокоординатора 1 надходять на входи аналого-цифрових перетворювачів 2, 3, де перетворюються в цифрові коди. Виходи аналого-цифрових перетворювачів підключені до входу мікропроцесорного контролера 4. До входу мікропроцесорного контролера також підключений вихід аналого-цифрового перетворювача 6, на вхід якого надходить сигнал з потенціометра зворотного зв'язку привода 7. Мікропроцесорний контролер 4 у цифровому виді реалізує функції фазообертача, моделюючого пристрою, інтегратора, згладжувальних фільтрів, амплітудних обмежників і інших пристроїв, описаних по фіг 1, і формує скоректований по фазі й амплітуді цифровий сигнал керування приводом 7, що подається на цифроаналоговий перетворювач 5, вихід якого підключений до аналоговому керуючому входу рульового привода

1 Вавилов Ю А, Румянцев Е А, Сучков А И "Вопросы теории одноканальной системы управления вращающихся ракет" Труды ВВИА им Жуковского, выпуск 939, 1961

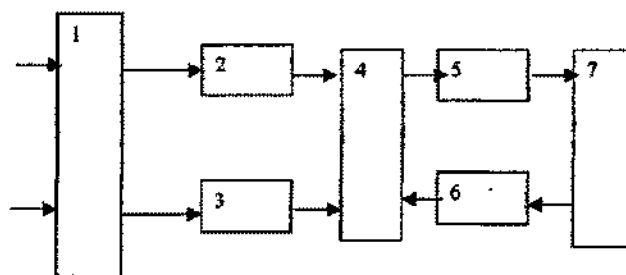
2 Ракета "Кобра", "Техника и оружие", М, № 4, 1996

3 Выстрел ЗУБК10-1 с управляемой ракетой 9М117 Техническое описание и инструкция по эксплуатации ЗУБК 10-1 00 00 000 ТО М, Военное издательство 1987

4 Патент Росии №2177170



Фиг 1



Фиг.2

ДП «Український інститут промислової власності» (Укрпатент)
вул. Сім'ї Хохлових, 15, м. Київ, 04119, Україна
(044) 456 – 20 – 90

ТОВ «Міжнародний науковий комітет»
вул. Артема, 77, м. Київ, 04050, Україна
(044) 216 – 32 – 71