

## АДАПТИВНА СИСТЕМА ВИМІРЮВАННЯ ІЗ ШИРОКОСМУГОВИМ ШУМОПОДІБНИМ СИГНАЛОМ

к.т.н. Б.О. Чумак, к.т.н. О.В. Дремлюга, І.Г. Лисаченко  
(подав д.т.н., проф. О.І. Стрелков)

*Пропонована двопетльова схема ФАПЧ, яка дозволяє підвищити імовірність захвату сигналу при обслуговуванні високоманеврених космічних апаратів. Даний ефект досягається за рахунок введення додаткової петлі ФАПЧ, в якій здійснюється зменшення робочої частоти в  $m$  разів.*

Управління об'єктом, що маневрує, за допомогою наземних сумісних радіотехнічних систем (СРТС) ракетно-космічних комплексів (РКК) є дуже складним завданням. При цьому на перший план виходить проблема первинного пошуку сигналу за частотно-часовим полем, а також подальший супровід об'єктів.

Пропонується структурна схема вимірювальних каналів некогерентної системи слідування за навігаційними параметрами при обслуговуванні об'єктів, що можуть рухатися з великим прискоренням. Дана схема наведена на рис. 1.

Оцінімо характеристики наведеної системи. Отже, ширина зони захвату для системи фазового автопідстроювання частоти (ФАПЧ) другого порядку астатизму визначається з виразу [1]:

$$\Delta\omega_3 = K \frac{\tau_1}{\tau_2} \sqrt{\frac{2\tau_2}{\tau_1} - 1}, \quad (1)$$

де  $K, \tau_1, \tau_2$  - параметри замкненої системи слідування.

Якщо прискорення об'єкта  $\ddot{\beta}$  рад/с<sup>2</sup> прагне збільшити початковий зсув з частоти, то максимальний початковий зсув з частоти, що дозволяє ще здійснити введення до синхронізму, буде дорівнювати

$$\Delta\omega_{\max} = \frac{\tau_1}{2\ddot{\beta}\tau_2^2} \cdot K^2. \quad (2)$$

Вирішити проблему зменшення початкового зсуву можна за рахунок поділення частоти вхідного сигналу приймача. При цьому використовується друге коло (петля) ФАПЧ.

Динаміка руху (маневреність об'єктів) суттєво впливає на надійність супроводження (рис. 2).

Отже, ефективна шумова смуга першого кола (петлі) ФАПЧ дорівнює [2]:

$$\Delta f_m = \frac{(K\tau_1^2 + \tau_2)}{4(K\tau_1\tau_2 + \tau_2)} \cdot K, \quad (3)$$

а нова зона захвату у двопетльовій системі буде складати

$$\Delta\omega_3^* = 0,5 \left[ 1 + \sqrt{1 - \frac{K_1}{m\tau_2\Delta f_m^2}} \right] \cdot \frac{K_1\Delta f_m}{\tau_2\ddot{\beta}}, \quad (4)$$

де  $m$  – коефіцієнт ділення частоти вхідного сигналу.

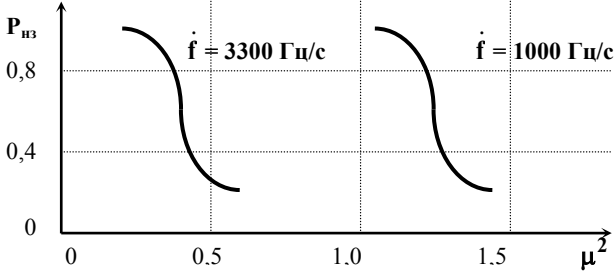


Рис.2. Імовірність безперервного слідкування

В режимі підстроювання частоти вираз (4) можна приблизно представити як

$$\Delta\omega_3^* = \Delta\omega_{\max} \left[ 1 + \sqrt{1 + \frac{1}{m}} \right] \cdot \frac{K_1}{K}. \quad (5)$$

Завдяки структурній адаптації дане технічне рішення дозволяє не тільки забезпечити широку смугу захвату системи ФАПЧ у режимі пошуку і швидкої зміни з частоти, але й забезпечити вузьку шумову смугу системи в режимі слідкування, що суттєво знижує вплив шумів, і як наслідок, імовірність безперервного слідкування (рис. 2).

В ФАПЧ для пошуку сигналу та вводу системи до режиму слідкування за частотою здійснюється відносно розширення смуги захвату приймача, це здійснюється шляхом поділення частоти гармонічного сигналу в  $m$  разів.

При цьому визначимо час переходу до режиму захвату в системі. Вираз для часу переходу до режиму захвату буде наступним [1]:

$$t = \frac{\Delta\omega^2\tau_2^2}{K^2\tau_1}. \quad (6)$$

При наявності прискорення  $\ddot{\beta}$  рад/с<sup>2</sup> буде наступним:

$$t_1 = \frac{\Delta\omega^2\tau_2^2}{K^2\tau_1} \left[ 1 + 2 \sum_{n=1}^{\infty} \left\{ \left( \frac{\Delta\omega\tau_2^2\ddot{\beta}}{K^2\tau_1} \right)^n \frac{1}{n+2} \right\} \right]. \quad (7)$$

Перший член цього виразу співпадає з виразом (6), а другий член є

збіжним при  $\ddot{\beta} < K^2 \tau_1 / (2\tau_2^2 \Delta\omega)$ , як наслідок  $t_1 > t$ .

Визначимо співвідношення прискорень  $\ddot{\beta}$  рад/с<sup>2</sup>, при яких визначена система і система без додаткової петлі ФАПЧ будуть працювати ефективно.

При цьому максимальні прискорення об'єктів, при яких обидві системи будуть працювати стійко, відносяться як

$$\frac{\ddot{\beta}}{\ddot{\beta}'} = \frac{\Delta\omega_D / \Delta t}{\Delta\omega'_D / \Delta t} = \frac{\frac{\omega_c}{C} (\dot{D}_1 - \dot{D}_2)}{\frac{\omega_c}{mC} (\dot{D}_1 - \dot{D}_2)} = m.$$

Таким чином, система з додатковою ФАПЧ буде працювати ефективно при прискореннях в  $m$  разів більших.

Визначимо тепер імовірність захвату сигналу в даній системі. Її можна визначити з кривих імовірності захвату [3]. Так, наприклад, при  $m = 2$  і відношенні сигнал/шум  $\mu = 14$  дБ знайдемо, що імовірність захвату сигналу в наведеному пристрої у порівнянні зі звичайною системою збільшиться з 20 % до 98 %. З точки зору забезпечення високої надійності виявлення сигналу й точності при вимірюваннях параметрів руху космічних апаратів (КА) дана система є перспективною для застосування в інформаційно-вимірювальних системах для управління рухом КА.

## ЛІТЕРАТУРА

1. S.A. Meer. Analysis of phase-locked loop acquisition a quase-stationary approach // IEEE. Internat'l. Conv. Rec. – 1966. – Pt. 7. – P. 85 - 106.
2. Клэппер Дж., Фрэнкл Дж. Системы фазовой и частотной автоподстройки частоты. – М.: Энергия, 1977. – 308 с.
3. Тузов Г.И. Выделение и обработка информации в доплеровских системах. – М.: Сов. радио, 1967. – 256 с.

Надійшла 12.07.2002

**ЧУМАК Борис Олександрович**, канд. техн. наук, доцент, провідний наук. співробітник наукового центру при ХВУ. Закінчив Харківське ВВКІУ в 1971 році. Галузь наукових інтересів – розробка та удосконалення інформаційно-вимірювальних систем для управління рухом літаючих об'єктів.

**ДРЕМЛЮГА Олександр Володимирович**, канд. техн. наук, начальник НДЛ наукового центру при ХВУ. Закінчив Харківське ВВКІУ в 1992 році. Галузь наукових інтересів – розробка та удосконалення інформаційно-вимірювальних систем для управління рухом літаючих об'єктів.

**ЛИСАЧЕНКО Ігор Григорович**, ад'юнкт ХВУ. Закінчив Харківське ВВКІУ в 1992 році. Галузь наукових інтересів – розробка та удосконалення інформаційно-вимірювальних систем для управління рухом літаючих об'єктів.