
подшипника, их сравнения для каждого кармана устанавливает связь особенностей геометрии подшипника и его силовых и энергетических характеристик.

Ключевые слова: математическая модель, гидростатический подшипник, ряд Фурье.

Demianenko S.

MATHEMATICAL MODEL TO DETERMINE THE RELATIONSHIP BETWEEN THE GEOMETRICAL PARAMETERS OF RADIAL HYDROSTATIC BEARING AND ITS ENERGY CHARACTERISTICS

The main provisions of the adjusted methodology of calculating the basic characteristics of the radial hydrostatic bearing are set out. The description of the bearing geometry in the form of the Fourier series of values of radial clearance in all sections of the bearing are implemented. The main hydraulic characteristics of the bearing were founded, their comparison to each pocket establishes a connection of the bearing geometry and its power and energy characteristics.

Keywords: mathematical model, hydrostatic bearing, Fourier series.

УДК 621.397

Кучерук Н.В.

ВИКОРИСТАННЯ ФУНКЦІЇ ЧУТЛИВОСТІ ДЛЯ ОКРУГЛЕННЯ КОЕФІЦІЄНТІВ ЦИФРОВОГО ФІЛЬТРА

У статті запропоновано шлях обчислення заданих значень згідно з вимогами до системи автоматизованого керування судна в умовах збурюючих факторів на основі функції чутливості цифрового фільтра. Це дає можливість визначити структуру цифрового фільтра з мінімальним значенням шуму та здійснити оптимальне округлення заданих значень.

Ключові слова: автоматизоване керування, цифровий фільтр, динамічний об'єкт, функція чутливості.

Постановка проблеми. На сьогоднішній день цифрові системи керування знайшли широке застосування в галузі водного транспорту при вирішенні завдань судноводіння, а також у комплексах, що забезпечують автоматизоване вимірювання ряду параметрів або координат безперервного динамічного об'єкта [1]. При цьому оцінка працездатності пристроїв і приладів судна та його стану залежить від впливу збурюючих факторів (як зовнішніх, так і внутрішніх) та результатів контролю складності поточних параметрів динамічного об'єкта [1, 2].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аналіз літератури [1, 2, 3] показав, що цифрові системи керування знаходять широке застосування в управлінні різноманітними технічними пристроями. Область застосування даних систем – управління різними електромеханічними та електромагнітними пристроями (датчики, приводи, регулятори тощо), системами телевимірювання і телекерування і т.д. В таких системах, зазвичай, є велика кількість різноманітних датчиків і перетворювачів інформації фізичних величин, таких як температура, тиск, витрата рідини, швидкість і т.п. Датчики перетворюють початкову фізичну величину в деяку параметричну величину цифрового виду. Відмінною особливістю цих систем є використання дискретних сигналів з певним рівнем квантування (за часом або за рівнем одночасно). Тому в структурі даних систем управління підвищується роль цифрових

фільтрів, за результатами яких може вироблятися певний управлінський вплив. При цьому важливість цифрових фільтрів підвищується в спеціалізованих системах управління в складних умовах експлуатації в реальному часі, де збій в системі автоматичного керування може призвести до трагічних наслідків.

Мета статті. Одним з недоліків цифрових фільтрів є вплив кінцевої розрядності спецобчислювачів [1]. Крім цього, цифрові фільтри схильні до шумів в АЦП (збільшуються похибки), викликаних кінцевим числом рівнів квантування (розрядність АЦП) і шуму округлення, викликаного кінцевою розрядністю [1,3]. При використанні рекурсивних фільтрів високих порядків накопичення шуму округлення може призвести до нестійкості роботи фільтра. Тому метою статті є можливість показати можливість обчислення заданих коефіцієнтів цифрового фільтра з допомогою округлення обчислюваної величини. Дане округлення можна здійснити від функції чутливості цифрового фільтра.

Виклад основного матеріалу. Синтез-передавальна функція коригувальних ланок цифрових систем проводиться на основі вимог до стійкості і якості процесу регулювання. Через кінцеве число розрядів електронної обчислювальної машини має місце округлення коефіцієнтів передавальної функції цифрового фільтра, що реалізує отримана в результаті синтезу коригуюча ланка. Коефіцієнти цифрового фільтра при цьому зазвичай округлюються без строгого обґрунтування. У кращому випадку після округлення оцінюють зміщення полюсів цифрового фільтра і визначають їх нове положення щодо межі стійкості [1].

У статті розглядаються два підходи, які дозволяють зробити цілеспрямоване округлення коефіцієнтів цифрового фільтра. Обидва підходи передбачають завдання вимог до чутливості, визначаються характеристиками цифрового фільтра або системи управління відносно до контрольованих варіантів коефіцієнтів цифрового фільтра [2, 3].

Нехай в результаті синтезу системи управління отримана передатна функція цифрового фільтра

$$D(z) = \frac{\sum_{j=0}^m a_j z^{-j}}{1 + \sum_{i=1}^n b_i z^{-i}} \quad (1)$$

де a_j, b_i – коефіцієнти, обчислені з високим ступенем точності.

Реалізація цифрового фільтра на електронних обчислювальних машинах схеми прямого програмування – округлюються коефіцієнти a_j, b_i .

Основний зміст першого з запропонованих способів відшукування округлення значень коефіцієнтів полягає в наступному.

Будемо округляти коефіцієнти цифрового фільтра на основі вимоги чутливості характеристики цифрового фільтра або системи управління, оцінювання чутливості за допомогою функції [3]

$$u_{1k} = \frac{\partial x}{\partial \alpha_k} \quad (2)$$

$$u_{2k} = \frac{\partial x}{\partial \ln \alpha_k} \quad (3)$$

$$u_{jk} = \frac{\partial \ln x}{\partial \ln \alpha_k} \quad (4)$$

де x – характеристика цифрового фільтра або системи управління (полюс фільтра, його частотні характеристики, перехідна функція системи, запас стійкості по амплітуді або по фазі і т.д.);

α_k – округляємо і коефіцієнт передавальної функції цифрового фільтра ($\alpha_k = a_j, k = j, j = 0, 1, 2, \dots, m, \alpha_k = b_i, k = i, i = 1, 2, \dots, n$).

Як правило, округлюються всі коефіцієнти цифрового фільтра. Тому введемо узагальнені функції чутливості U , які визначені виразами

$$U_1 = \sum_{k=1}^{m+n+1} \gamma_k u_{qk}^2 \quad (5)$$

$$U_2 = \sum_{k=1}^{m+n+1} \gamma_k |u_{qk}| \quad (6)$$

У співвідношеннях (5), (6) коефіцієнти γ_k є позитивні постійні числа, а $q = 1, 2$ або 3 .

На функції чутливості (2) ÷ (6) можна накласти умови

$$u_{qk} \leq \delta_{qk} \quad (7)$$

$$U_r \leq \delta_r \quad (8)$$

$$|u_{qk}| \leq \delta_{qk} \quad (9)$$

$$\delta_r^1 \leq U_r \leq \delta^n \quad (10)$$

де δ_{qk} , δ_r – прості числа, $r = 1$ чи 2 .

Умови (7)÷(10) і визначають цілеспрямованість дій при округленні коефіцієнтів цифрового фільтра.

Другий підхід визначення округлених значень коефіцієнтів передбачає використання методів пошуку екстремумів.

У цьому випадку як критерій оптимальності розглядається одна з узагальнених функцій чутливості (5), (6) і завдання полягає в пошуку її максимуму

$$I = \min_{\alpha_j, \delta_i} U \quad (11)$$

При обмеженнях, що накладаються на коефіцієнти цифрового фільтра

$$a_j' \leq a_j \leq a_j'', \quad (j = 0, 1, 2, \dots, m)$$

$$b_i' \leq b_i \leq b_i'', \quad (i = 0, 1, 2, \dots, n)$$

і додаткових вимогах до характеристик цифрового фільтра або системи керування.

Для пошуку мінімуму (11) можна використовувати як регулярні методи, так і статистичні [4]. Найпростішим регулярним методом пошуку глобального мінімуму є метод прямого перебору (метод сканування). Застосування цього методу виправдане тим, що коефіцієнти цифрового фільтра (1) з кінцевої довжини розрядної сітки обчислювальної машини можуть приймати лише дискретні значення. Однак, при великому порядку фільтра та широкому діапазоні зміни коефіцієнтів ефективність методу сканування знижується. Тому, при округленні великого числа коефіцієнтів слід використовувати статистичні методи або поєднання декількох методів (наприклад, на першому етапі статистичний пошук, а на останньому – метод перебору).

Якщо цифровий фільтр реалізується як схеми паралельного або послідовного програмування, то під α_k слід розуміти коефіцієнт передавальної функції відповідно прийнятим схемам програмування.

Вибір характеристик цифрового фільтра або система керування x , види функцій чутливості або параметрів γ, δ визначається конкретними вимогами до цифрового фільтру або системи управління. Так, в [5] показано, що в області частотних характеристик доцільно використовувати узагальнені функції чутливості (5), (6).

В узагальнених функціях чутливості (5), (6) особливий інтерес представляють функції U_2 , коли $\gamma_k = I, u_{qk}$ визначається виразом 4, а під x мається на увазі передавальна функція цифрового фільтра з коефіцієнтами α_k .

Відомо [6], що значення функції

$$U = \sum_{k=1}^{m+n+1} \left| \frac{\partial \ln x}{\partial \ln x_k} \right|$$

однозначно пов'язане з шумом округлення в цифровому фільтрі. Отже, ця функція дозволяє визначити структуру реалізації цифрового фільтра з мінімальними значеннями шумовизначення і здійснити оптимальне (у (11)) округлення коефіцієнтів цифрового фільтра вже для обраної структури реалізації.

Розглянуті підходи можуть бути використані для обґрунтованого вибору числа розрядів спецобчислювача.

Висновки і пропозиції. Розглянутий підхід щодо округлення значення в цифровому фільтрі в умовах шумів для систем автоматизованого керування з динамічними об'єктами, інваріантних до зовнішніх впливів за окремим критерієм якості дає можливість підвищити визначення параметрів для контролю координат динамічного об'єкта на основі підвищення функції чутливості для округлення коефіцієнтів цифрового фільтра.

ЛІТЕРАТУРА

1. Красовский Н. Н. Управление динамической системой / Н. Н. Красовский. М.: Наука, 1985. – 520 с.
2. Болтянский В. Г. Математические методы оптимального управления / В. Г. Болтянский – М.: Книга по требованию, 2012. – 408 с.
3. Специальные разделы теории управления. Оптимальное управление динамическими системами / Ю. Ю. Громов, Н. А. Земской, А. В. Лагутин, О. Г. Иванова, В. М. Тютюник. – Тамбов : Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2007. – 108 с.
4. Фельдбаум А. А. Основы теории оптимальных автоматических систем / А. А. Фельдбаум. – М.: Физматлит, 1963. – 552 с.
5. Ибрагимов Н. Х. Практический курс дифференциальных уравнений и математического моделирования. Классические и новые методы. Нелинейные математические модели. Симметрия и принципы инвариантности / Перевод с англ. И. С. Емельяновой. – Нижний Новгород: Издательство Нижегородского государственного университета, 2007. – 421с.

Кучерук Н.В.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ФУНКЦИИ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ ДЛЯ ОКРУГЛЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТОВ ЦИФРОВОГО ФИЛЬТРА

В статье предложен путь вычисления заданных значений в соответствии с требованиями к системе автоматизированного управления судном в условиях возмущающих факторов на основе функции чувствительности цифрового фильтра. Он дает возможность определить структуру цифрового фильтра с минимальным значением шума и осуществить оптимальное округление заданных значений.

Ключевые слова: автоматизированное управление, цифровой фильтр, динамичный объект, функция чувствительности.

Kucheruk N.

USE OF SENSITIVITY COEFFICIENTS FOR ROUNDING DIGITAL FILTER

This article proposes a way of calculating the set values according to requirements of system of automatic control of the vessel in the conditions of disturbing factors on the basis of functions of sensitivity of the digital filter. It gives the possibility to determine the structure of the digital filter with minimum noise and implement an optimal rounding of the given values.

Keywords: automation control, digital filter, dynamic object, sensitivity function.