

УДК 628.517

Г.В. Пекуровський, О.В. Барабаш

Національний авіаційний університет, Київ

НАЛАШТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ПІД-РЕГУЛЯТОРА ПРИ СИНТЕЗІ АДАПТИВНОЇ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО УПРАВЛІННЯ АКТИВНОЮ КОМПЕНСАЦІЄЮ ВІБРАЦІЇ

В статті описується процес налаштування параметрів пропорційно-інтегрально-диференціального регулятора при синтезі адаптивної системи управління вібраційним навантаженням та показано приклад отриманих даних для консольної балки.

Ключові слова: адаптивна система управління, активні методи, ПІД-регулятор.

Вступ

Постановка завдання. Під час експлуатації озброєння та військової техніки актуальною проблемою є зниження небажаних акустичних шумів, що виникають внаслідок вібраційного навантаження та його перевипромінювання. Традиційні методи боротьби з шумом, такі як екранування, шумопоглинаючі поверхні, підсилення конструкції кожухів, тощо, широко застосовуються у всіх зразках озброєння та військової техніки. Але основною причиною акустичних шумів є вібрація елементів конструкцій, частин механізмів, що обертаються, тертя робочих поверхонь, тощо. Зниження вібраційного навантаження механізмів та машин за рахунок балансування, змащення, та інших методів дозволяє знизити рівень акустичного перевипромінювання.

Серед комплексу методів, що можуть бути застосовані для оптимізації акустичних характеристик, чільне місце займають активні методи, сутність яких полягає у вимірюванні вібрації панелі кожуха механізму, що випромінює акустичний шум, та впливі на дану панель штучного вібраційного поля для компенсації вібрації панелі. Однак, нелінійний характер змін параметрів вібрації авіаційних панелей вимагає проведення додаткових досліджень в сфері побудови системи управління при впровадженні активних методів – при чому такої системи управління, що матиме властивість пристосування до цих змін.

Незважаючи на те, що активні методи мають широкий вжиток в рамках задачі компенсації небажаного вібраційного або акустичного полів, досі наявна проблема адаптації автоматичної системи управління, побудованої на основі використання активних методів. Для забезпечення здатності побудованої системи до самоналаштування у відповідності до змін вхідних параметрів вібраційного навантаження обов'язкове використання адаптивного регулятора. Для забезпечення показників якості доцільно застосувати пропорційно-інтегрально-диференціальний регулятор (ПІД-регулятор). Проте, актуальним науковим за-

вданням є налаштування параметрів ПІД-регулятора для його ефективного використання в адаптивній системі активного зниження вібраційного навантаження авіаційних панелей під час їх експлуатації.

Аналіз досліджень і публікацій. Проблемі синтезу адаптивних систем управління, так само як і оптимізації акустичних характеристик об'єктів, що підвладні небажаному вібраційному збуренню, присвячено ряд публікацій як у вітчизняних, так і у іноземних виданнях. Фундаментальними дослідженнями являються [1, 2], які присвячено базовим засадам активного контролю та адаптивного управління. Серед робіт українських вчених варто виділити [3 – 5], кожна з яких торкається різних аспектів даної проблематики.

Основна частина

Налаштування параметрів ПІД-регулятора при синтезі адаптивної системи автоматичного управління

Вся процедура налаштування параметрів адаптивного регулятора здійснюється після ідентифікації параметрів математичної моделі об'єкта управління, в якості якого в даній задачі виступає авіаційна панель, що має вихідне вібраційне навантаження.

В якості регулятора системи управління прийнято рішення використовувати пропорційно-інтегрально-диференціальний регулятор (ПІД-регулятор) (рис. 1).

ПІД-регулятор – це пристрій у колі зворотного зв'язку, що використовується в системах автоматичного управління для формування сигналу управління. ПІД-регулятор формує сигнал управління, що є сумою трьох складових, перша з яких пропорційна вхідному сигналу, друга – інтеграл вхідного сигналу, третя – похідна вхідного сигналу.

Співвідношення сигналу вихідних даних і сигналу вхідних даних описується наступне:

$$y(t) = K_p \cdot e(t) + K_i \int_0^t e(t) dt + K_d \frac{de}{dt}, \quad (1)$$

де K_p , K_i , K_d – коефіцієнти підсилення, відповідно, пропорційного, інтегрального та диференціального блоків ПІД-регулятора.

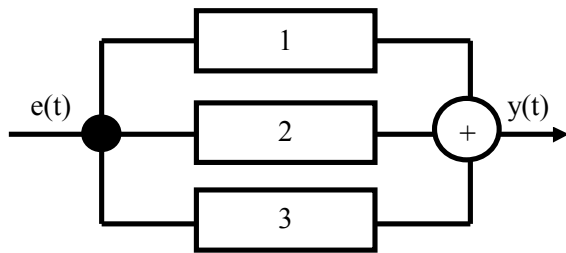


Рис. 1. Функціональна схема ПІД-регулятора:
1 – пропорційний блок; 2 – інтегральний блок;
3 – диференціальний блок; $e(t)$ – сигнал помилки;
 $y(t)$ – сигнал управління

На рис. 2 зображена структурна схема адаптивної системи автоматичного управління активною компенсацією вібрації, синтезованої із використанням ПІД-регулятора. Для обробки сигналів, що поступають на вхід аналого-цифрового перетворювача ЕОМ, а також для налаштування параметрів ПІД-регулятора та формування компенсуючих сигналів доцільно використовувати програмне забезпечення Matlab з доповненням візуально-електронного моделювання Simulink. Зображена схема має в своєму складі такі елементи: ОУ – об’єкт управління; Пс1, Пс2, Пс3 – підсилювачі низької частоти; ВД – вібродатчик; АЦП, ЦАП – персональний комп’ютер з аналого-цифровим перетворювачем (АЦП) на вході та цифро-аналоговим перетворювачем (ЦАП) на виході.

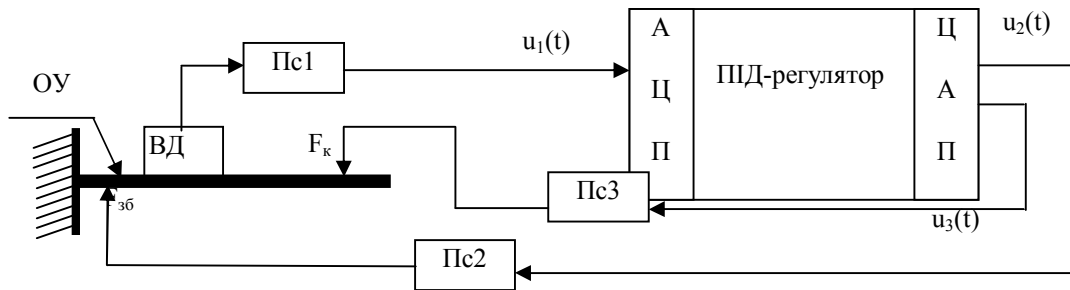


Рис. 2. Структурна схема стенду для моделювання і експериментального дослідження

На об’єкт дослідження впливають такі сили:

$F_{зб}$ – збуджуюча сила, що створюється виконавчим пристроєм та призначена для створення вібрації:

$$F_{зб} = F_{зб\max} \cdot \sin \omega t \quad (2)$$

F_k – компенсуюча сила, що створюється виконавчим пристроєм та призначена для компенсації вібрації:

$$F_k = F_{k\max} \cdot \sin(\omega t + \varphi_k) \quad (3)$$

Сигнал $u_1(t)$, який поступає на вхід АЦП оброб-

ляється в персональному комп’ютері для формування вихідного сигналу $u_3(t)$, що підключається на виконавчий пристрій для створення компенсуючої сили F_k . Цифрова обробка сигналів та створення сигналу управління на основі ПІД-регулятора виконується на моделюючому комплексі комп’ютера.

На рис. 3 зображено блок-схему ПІД-регулятора, реалізовану у візуальному середовищі програмування Simulink.

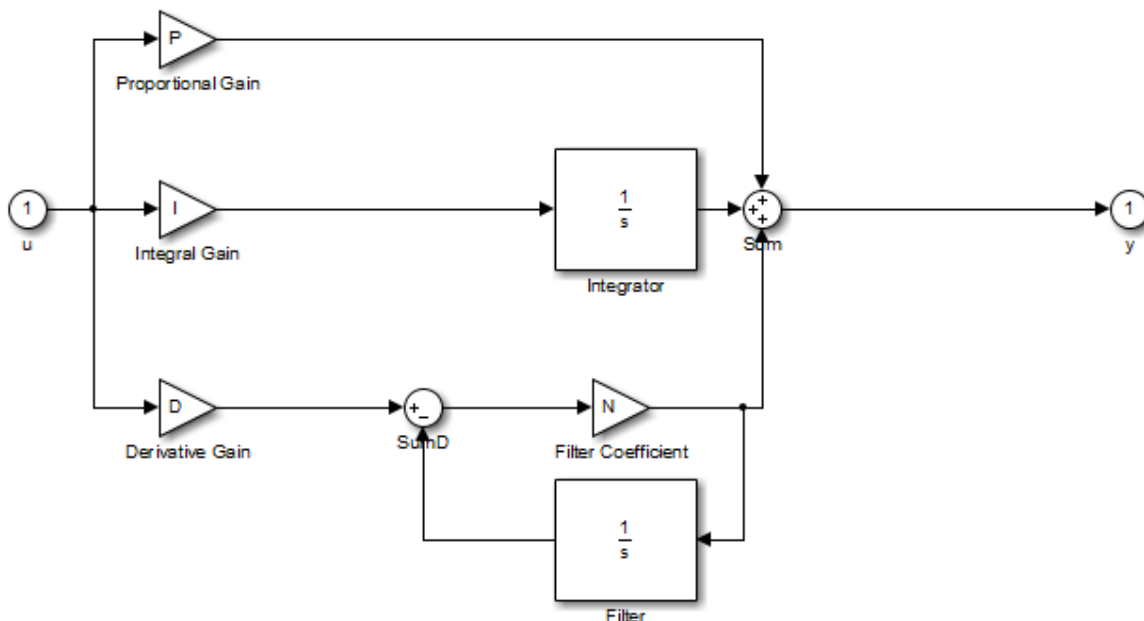


Рис. 3. Блок-схема ПІД-регулятора, реалізована у візуальному середовищі програмування Simulink

Бібліотека блоків Simulink має в своєму складі блок Discrete PID Controller, що дозволяє здійснювати управління на основі ПІД-регулятора. На рис. 4 зображено вікно налаштування блоку Discrete PID Controller.

У цьому вікні присутні поля Proportional (P), Integral (I), Derivative (D) для введення необхідних коефіцієнтів K_p , K_i , K_d , відповідно.

Оптимальними налаштуваннями ПІД-регулятора називаються налаштування, що відповідають мінімуму (або максимуму) якого-небудь показника якості. Найчастіше накладаються вимоги на час регулювання t_p .

Задача налаштування ПІД-регулятор зводиться до визначення оптимальних значень K_p , K_i і K_d , що відповідають показникам якості управління.

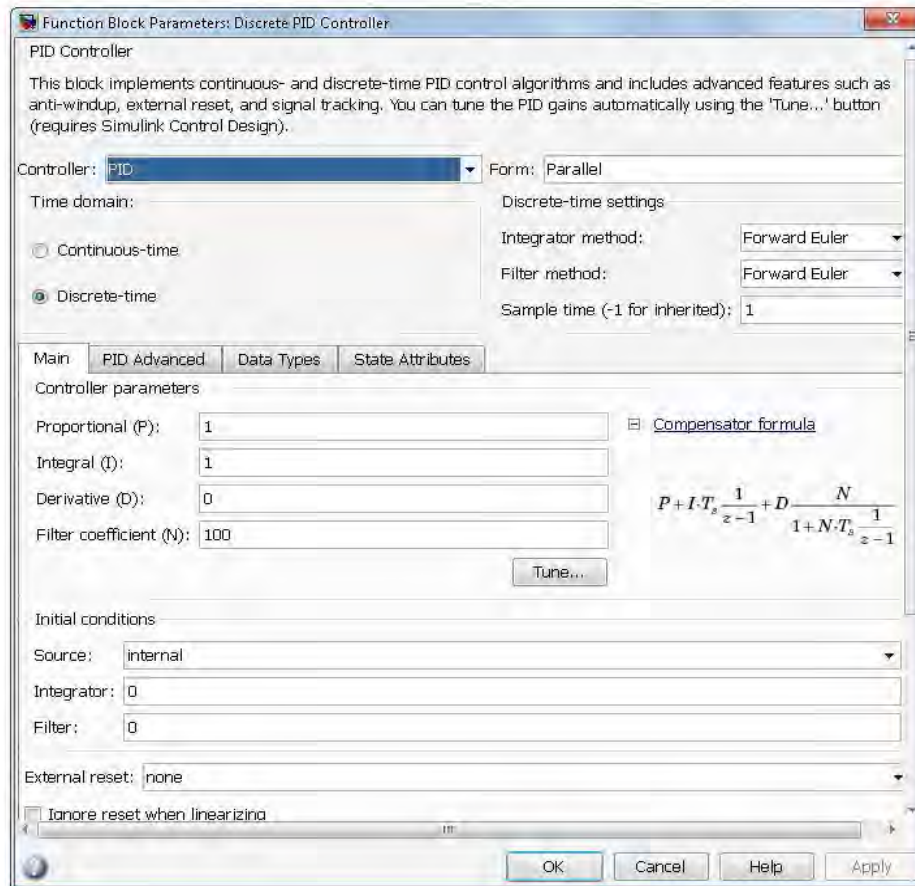


Рис. 4. Блок Discrete PID Controller та вікно його налаштування

Для отримання цих значень необхідно заздалегідь отримана передавальна функція об'єкта управління (модель об'єкта управління).

Отримавши її, стає можливим отримати оптимальні коефіцієнти стандартними програмними засобами Matlab.

Для модельного прикладу консольної балки довжиною 300 мм, на яку згідно рис. 2, діють F_{36} і F_k , чия модель було отримано експериментальним шляхом із високим показником достовірності 87,7%, отримані значення шуканих коефіцієнтів наступні:

$$K_p = 0,0053; K_i = 0,0051; K_d = -0,0127.$$

Висновки

В статті викладено методику налаштування параметрів ПІД-регулятора в адаптивній системі автоматичного управління активною компенсацією вібрації. Показано приклад отриманих параметрів ПІД-регулятора для консольної балки, яка була обрана в

якості модельного прикладу. Напрямок подальших досліджень в цій галузі полягає в проведенні ідентифікації параметрів математичної моделі та налаштування ПІД регулятора для більш складних об'єктів управління – пластини, пластини із ребрами жорсткості та авіаційної панелі. За рахунок застосування адаптивної системи активних методів зниження вібраційного навантаження можливе зниження акустичних шумів, які утворюються внаслідок перевипромінювання вібрації панелей кожухів зразків озброєння та військової техніки.

Список літератури

1. Vance J. VanDoren. *Techniques for Adaptive Control / Butterworth Heinemann, 2003. – 289 p.*
2. *Mechanical Vibration. Active and Passive Control / ISTE LTD, 2007. – 389 p.*
3. Семенов А.Д. *Идентификация объектов управления: уч. пособ. / А.Д. Семенов, Д.В. Артамонов, А.В. Брюхачев. – Пенза: Пенз. Гос. ун-т, 2003. – 215 с.*

4. Дідковський В.С. Основи акустичної екології: навч. посіб. / В.С. Дідковський, В.І. Токарев, О.І. Запорожець; за ред. В.С. Дідковського. – Кіровоград: Поліграфічно-видавничий центр ТОВ "Гемек ЛТД", 2002. – 520 с.

5. Барабаш О.В. Построение функционально-устойчивых распределенных информационных систем / О.В. Барабаш. – К.: НАОУ, 2004. – 226 с.

6. Барабаш О.В., Пекуровський Г.В. Елементи синтезу автоматичної системи зниження віброакустичного

навантаження на гнучких металевих пластинах / О.В. Барабаш, Г.В. Пекуровський // Мат-ли X міжнар. НТК "БЖДЛ – 2011": зб. наук. пр. – К.: НАУ, 2011. – С. 39-45.

Надійшла до редколегії 23.08.2012

Рецензент: д-р техн. наук, проф. В.І. Применко, Національний авіаційний університет, Київ.

НАСТРОЙКА ПАРАМЕТРОВ ПИД-РЕГУЛЯТОРА ПРИ СИНТЕЗЕ АДАПТИВНОЇ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ АКТИВНОЙ КОМПЕНСАЦИЕЙ ВИБРАЦИИ

Г.В. Пекуровский, О.В. Барабаш

В статье описывается процесс настройки параметров пропорционально-интегрально-дифференциального регулятора при синтезе адаптивной системы управления вибрационной нагрузкой и показан пример полученных данных для консольной балки.

Ключевые слова: адаптивная система управления, активные методы, ПИД-регулятор.

TUNING PID-CONTROLLER IN A PROCESS OF SYNTHESIS OF ADAPTIVE CONTROL SYSTEM OF REDUCTION OF VIBRATIONAL LOADING

G.V. Pekurovsky, O.M. Barabash

In this paper author describe the tuning of PID-controller in a process of synthesis of adaptive control system of reduction of vibrational loading. The example of obtained data for the console beam is given.

Keywords: adaptive control system, active methods, PID-controller.