

Синтез оптимальної системи стабілізації роботи гідротрансмісії зернозбирального комбайну

В статті приведений синтез оптимальної системи стабілізації роботи гідротрансмісії з метою створення автоматизованої системи управління швидкістю машин та агрегатів широкого класу на базі комбінованого принципу регулювання.

гідротрансмісія, автоматизована система, регулятор

В останні роки Україна декларує свою направленість як зернова країна, що підтверджується динамікою зростання рівня валових зборів. Це говорить про пріоритетність зернової спрямованості в господарюванні, та одночасно вимагає пошуку нових енергозберігаючих технологій для зниження собівартості продукції, підвищення її рівня рентабельності й одним з ключових питань при цьому є збирання врожаю. [1]

Нагальна потреба оновлення парку зернозбиральних комбайнів може бути вирішена вилученням коштів від зменшення втрат зерна за комбайном. Справжні втрати зерна за комбайном із 80%-ним вичерпанням ресурсу становлять 15-20%, замість допустимих 1,5%. Зменшивши ж втрати бодай на 1%, можна зібрати додаткових 450 тис.т зерна.

Швидкість зернозбирального комбайну при виконанні технологічного процесу є визначальним параметром як його продуктивності, так і рівня втрат зерна, який залежить від фактичної пропускної здатності, а значить, і від обраного режиму руху. [4]

При збільшеному зносі робочих органів та зі збільшенням робочих швидкостей втрати у комбайнів всіх типів досягають 9-14%.

Останнім часом світова тенденція розвитку зернозбиральної техніки спрямована на комп'ютеризацію комбайну та забезпечення його роботи в системі точного землеробства. Це дозволить не тільки впливати на вибір режимів роботи всіх попередніх польових сільськогосподарських агрегатів по вирощуванню зернових, але й оптимізувати режими роботи самого комбайну по критеріям максимум продуктивності та мінімум втрат зерна. [5]

Мета даних досліджень – підвищення ефективності процесу збирання зернових шляхом створення нових методів та засобів автоматизації процесу управління швидкістю руху комбайна для зменшення втрат зерна та підвищення коефіцієнту корисної дії.

Для досягнення поставленої мети проведений аналіз методів та систем управління швидкістю руху комбайну. Було з'ясовано, що на сьогодні найбільш перспективним напрямком створення нової техніки є використання безступеневих гідротрансмісій з електропропорційним керуванням. Якість роботи цих систем (як відомо з літературних джерел) на сучасному етапі визначається структурою та параметрами законів управління, реалізованими в мікропроцесорних системах.

Запропоновано вирішити задачу синтезу оптимальної робастної системи стохастичної стабілізації швидкості руху комбайна та визначити мінімально можливі межі втрат зерна за комбайном, які досягаються за рахунок підвищення якості стабілізації швидкості руху комбайну в реальних експлуатаційних умовах.

Характерною особливістю умов руху комбайну при збиранні врожаю є зміна навантаження на гідроприводі, що відбувається випадковим чином. Випадковість обумовлена коливаннями рельєфу поверхні поля, а також змінами маси бункера та роботою молотильного агрегату.

Рішення поставленої задачі виконувалось поетапно. На першому етапі в результаті дослідження динаміки гідротрансмісії було встановлено, що її структурна схема може бути представлена у вигляді послідовного з'єднання трьох взаємопов'язаних елементів: перший елемент з передаточною функцією $W1$ характеризує динаміку електропропорційного елемента управління, його входом є задане значення кута повороту рухомої шайби, а виходом – переміщення золотника. Другим елементом з передаточною функцією $W2$ є гідропривод рухомої шайби, а третім елементом – система насос-двигун. [3]

У відповідності з відомим алгоритмом ідентифікації об'єктів даного класу були визначені структура і параметри всіх вказаних складових.

Аналіз частотних характеристик був здійснений для двох варіантів конструкції, які відрізнялися розташуванням жиклеру діаметром 0,7 мм в корпусі насоса або в гідророзподілювачі відповідно. В діапазоні частот зміни положення важелю керування золотника від 0 до 0,5 рад/с динаміка обох варіантів гідротрансмісії співпадає, а в діапазоні від 0,5 рад/с до 10 рад/с гідротрансмісія у варіанті 2 близька до інтегруючої ланки, в той час, як у варіанті 1 наближається до коливальної ланки.

Порівняння спектральних щільностей дозволяє зробити висновок, що в діапазоні частот від 0 до 0,5 рад/с динаміка зміни збурень співпадає, а в подальшому інтенсивність збурень у другому варіанті перевищує перший варіант на 50 Дб.

Отримані частотні характеристики склали основу для побудови диференційних рівнянь різних варіантів конструкцій гідротрансмісії як об'єкту управління.

Для варіанту 1 - це диференційне рівняння 2-го порядку, а для 2-го варіанту – диференційне рівняння 5-го порядку. При цьому змінювались і спектральні щільності збурень гідротрансмісії.

Задача синтезу полягала в тому, що по відомим поліномам M , P та спектральним щільностям збурень ψ знайти таку передаточну функцію W фізично реалізуемого регулятора, щоб замкнена система об'єкт-регулятор була стійкою, а функціонал якості, досягав мінімуму:

$$e = \langle x'Rx \rangle + \langle u'Cu \rangle + \langle \xi'\Lambda\xi \rangle + \langle \zeta'\Lambda\xi \rangle = \frac{1}{j} \int_{-j\infty}^{j\infty} \text{tr} [S'_{xx}R + S'_{uu}C + \Theta S'_{\zeta\zeta}\Lambda + \Lambda S'_{\zeta\zeta}\Theta] ds, \quad (1)$$

де S_{xx} - матриця спектральної щільності сигналу x ;

S_{uu} - матриця спектральної щільності сигналу u ;

$S_{\zeta\zeta}$ - матриця спектральної щільності сигналу ζ ;

R, C і Λ - вагові симетричні невід'ємно-визначені (одночасно не рівні нулю) поліноміальні аргументу $s = j\omega$ матриці відповідних розмірностей;

$\langle \rangle$ - знак математичного очікування;

"tr" - слід матриці;

"'" - знак транспонування.

Основу рішення поставленої задачі склав відомий алгоритм синтезу. При цьому початковими даними алгоритму є знайдені в результаті ідентифікації характеристики. [2]

Особливу увагу необхідно було звернути на спектральну щільність еквівалентного збурення $S\psi\psi$. Вона має дві складові: одна характеризує особливість виготовлення гідротрансмісії – Φ , а інша – експлуатаційні умови роботи комбайну ($S\psi1\psi1$). Підстановка отриманих даних в алгоритм синтезу дозволила знайти передаточні функції.

Аналіз динаміки регулятора показує, що він представляє собою послідовне з'єднання форсуючої ланки та фільтру.

Таким чином, для реалізації отриманої передаточної функції необхідно мати у складі системи стабілізації швидкості руху комбайну як мінімум два датчика: один – швидкості руху комбайну, другий – повздовжнього прискорення комбайну.

Для реалізації цифрової системи запропоноване різницеве рівняння

$$Y_{vih}[n] \cdot 0.021 = X_{vh}[n] - 1.39 \cdot X_{vh}[n-1] + 0.99 \cdot X_{vh}[n-2] - 0.84 X_{vh}[n-3] + 0.008 Y_{vih}[n-1] - 0.016 \cdot Y_{vih}[n-2] \quad (2)$$

та структурна схема регулятора:

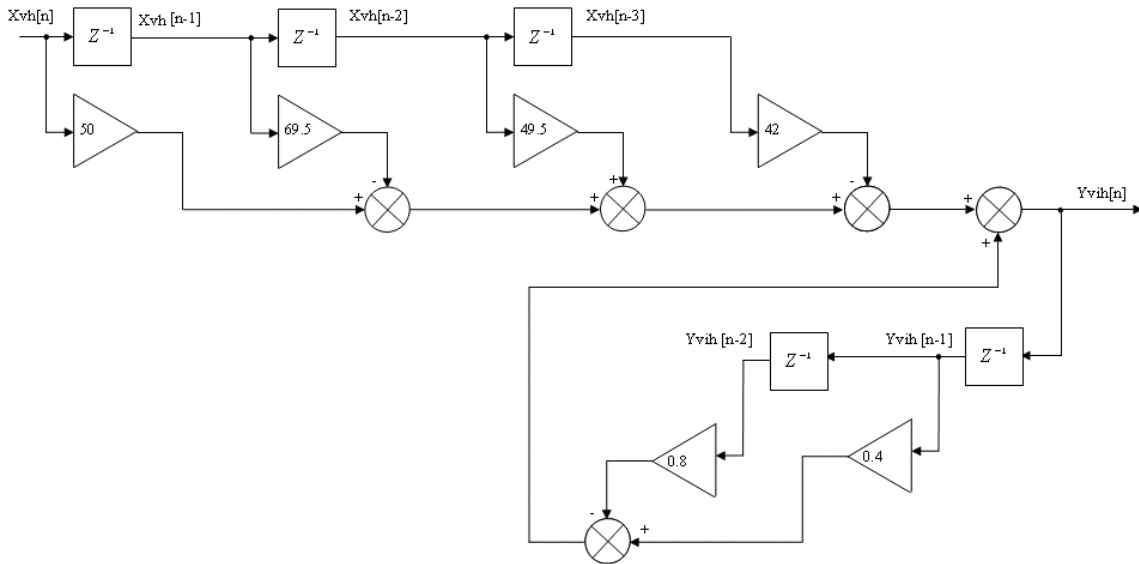


Рисунок 1-Структурна схема регулятора

Аналіз якості роботи системи показує, що дисперсія помилки стабілізації частоти обертання гідротрансмісії - 6,37 рад²/с², що складає приблизно 0,1% від номінальної частоти обертання гідромотору (рисунок 2).

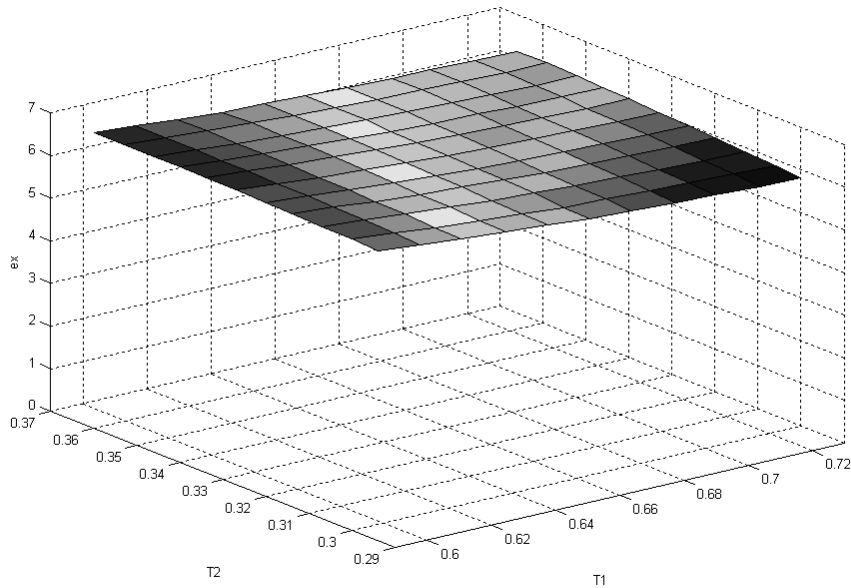


Рисунок 2 – Результат аналізу якості та робастності

Зміна якості стабілізації при зміні параметрів об'єкту регулювання в широких межах не перевищує 10%, що підтверджує робастність запропонованого регулятора.

Установка запропонованого регулятора дозволить привести втрати зерна до значення, обумовленого стандартами.

Список літератури

1. Іванишин В., Коваль С. Світовий ринок і напрямки розвитку конструкцій зернозбиральних комбайнів.// Техніка АПК. – 2006. - №6-7. - С.6-9.
2. Каліч В.М., Осадчий С.І., Віхрова М.С. Синтез оптимальної робастної системи стохастичної стабілізації гідротрансмісії зернозбирального комбайну /Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім.Петра Василенка. Випуск 57:Проблеми енергозбереження в АПК України. Том 2. -Харків: ХНТУСГ,2007.-262с.
3. Каліч В.М., Осадчий С.І., Віхрова М.С. Вплив конструктивних особливостей гідротрансмісії на її динамічні характеристики. Зб.наукових праць КНТУ.- Кіровоград, 2007.-С. 242-245.
4. Коваль С., Войтюк Д. Напрямки розвитку і особливості конструкцій зернозбиральних комбайнів// Техніка АПК. - 2007. - №7. - С.6-16.
5. Мельник Ю.Ф. Основні напрямки і завдання державної технічної політики в АПК. // Техніка АПК. - 2007. - №6. - С.6-7.

В статті представлено синтез оптимальної системи стабілізації роботи гідротрансмісії з метою створення автоматизованої системи управління швидкістю машин і агрегатів широкого класу на базі комбінованого принципу регулювання

In the article the synthesis of the optimum system of stabilization of work of gidrotransmission with the purpose of creation of the automated system of management by speed of machines and aggregates of wide class of the on a base combined principle of adjusting is presented