

МОДЕЛЮВАННЯ РЕГУЛЬОВАНОГО ЕЛЕКТРОПРИВОДУ ЗМІШУВАЛЬНОЇ УСТАНОВКИ ЛІНІЇ ПРИГОТУВАННЯ БАГАТОКОМПОНЕНТНОЇ КОРМОСУМІШІ

Середин М. Ю.

Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка

Проведено аналіз режимів роботи електроприводу робочих машин в технологічних процесах приготування багатокомпонентних кормосумішей, запропоновано способи підвищення ефективності їх роботи, зниження енергоспоживання та зменшення експлуатаційних витрат. Розроблено імітаційну Simulink-модель частотно-регульованого електроприводу змішувальної установки.

Постановка проблеми. Аналіз систем приготування і роздачі кормів у зарубіжних країнах свідчить, що там застосовуються багатокомпонентні кормосуміші, а для їх приготування і роздачі використовуються переважно універсальні комбіновані машини, які забезпечують навантаження, подрібнення, дозування, змішування, транспортування і роздачу кормів. Максимальне зниження питомих витрат на приготування кормів і підвищення продуктивності забезпечуються насамперед на основі механізації кормоприготування збалансованих однорідних сумішей і їх нормованої видачі з урахуванням продуктивності тварин [1].

На підприємствах АПК для механічного змішування різних кормів, приготування отруєних принад і торфоперегнійних маси, знаходять застосування змішувальні машини з використанням електроприводу. Основною відмінною особливістю такого обладнання є часті і значні зміни навантаження на привідну частину, які ведуть до істотного перевитрати енергії.

Більшою мірою це проявляється на змішувачах з асинхронним електроприводом, який в силу своїх конструктивних особливостей має велику залежність ККД і коефіцієнта потужності від величини навантаження. Важливим резервом зниження енергоспоживання в таких машинах є оптимальне управління динамічними режимами з урахуванням мінливої навантаження.

Більшість змішувального обладнання містить допоміжні електроприводи (системи змащення, охолодження), режими роботи яких, як правило, не оптимізуються. Теоретичні дослідження показують, що при оптимальному управлінні зменшення витрат енергії в динамічних режимах може досягати від 10% до 30% в порівнянні з традиційним [2]. Крім того, при енергозберігаючому управлінні знижуються механічні та теплові навантаження, що веде до підвищення довговічності та безпеки експлуатації обладнання.

Одним з головних стримуючих факторів оптимального керування динамічними об'єктами є відсутність алгоритмів керуючих впливів, які можуть бути реалізовані на основі частотно-регульованого електроприводу.

Мета роботи. Розробка ефективного енергозберігаючого керування електроприводом в умовах постійно змінного навантаження та створення методів енергозберігаючого управління в АПК для покращення експлуатаційних характеристик електроприводу за рахунок зниження пікових навантажень, як в моменти пуску, так і при усуненні збурюючих впливів.

Основні матеріали досліджень. Після розгляду змішувального обладнання, особливостей його функціонування та аналізу енергетичних характеристик процесу змішування, виявлено, що для більшості змішувальних машин характерні часті і значні зміни навантаження на привідну частину, які є наслідком особливостей технологічного процесу. На рис.1, як приклад, наведено типову зміну навантаження на привідну частину змішувача.

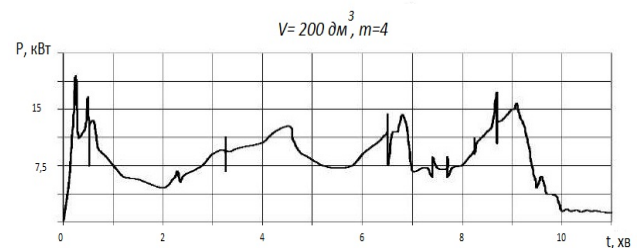


Рисунок 1 – Типова зміна споживання потужності змішувача за один цикл змішування (V_k - об'єм змішувальної камери; m - число завантажень інгредієнтів за цикл змішування)

Головним, з одного боку, недоліком розглянутого електроприводу є застарілий спосіб регулювання продуктивності (дросьельне регулювання подачі продукту), а з іншого – значним недоліком є неекономічний спосіб пуску двигуна (за допомогою пускових дроселів).

В даний час використовуються дві системи регульованих електроприводів змінного струму з безконтактними електродвигунами: асинхронний частотно-регульований електропривод (ЧРЕП), і синхронний ЧРЕП, на базі синхронного двигуна з постійними магнітами. Системи керування з індукторними двигунами знаходять обмежене застосування.

Електропривод з асинхронним короткозамкненим двигуном (АЕД) завдяки простоті конструкції двигуна і його масовому виробництві більш універсальний і може бути застосований в більшості галузей народного господарства, в тому числі і в АПК.

Враховуючи особливості виробництва та технічні параметри змішувача, з усіх можливих варіантів керування найбільш прийнятним є частотне регулювання частотою обертання електроприводу [3].

Провівши аналіз різних варіантів електроприводу, приходимо до висновку про доцільність застосування

у заданих умовах частотного регулювання, як економічно більш вигідного і зручного в реалізації способу керування роботою змішувача.

Швидкість обертання електромагнітного поля статора трифазних електродвигунів змінного струму, пропорційна частоті живильної мережі, що дозволяє регулювати їх швидкість плавним зміною частоти напруги статора [5].

Для дослідження було розроблено функціональну схему частотно-регульованого електропривода (рис.2) [4].

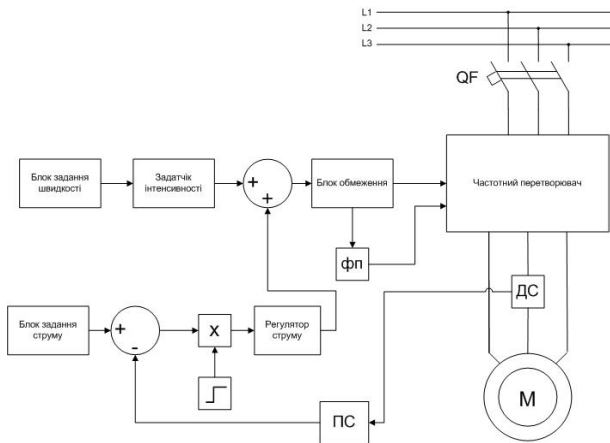


Рисунок 2 – Функціональна схема ЧРЕП змішувальної установки

Як видно із рис.2 електродвигун одержує живлення від перетворювача частоти, що перетворює напругу мережі з постійними параметрами (напругою і частотою) в напругу, параметри якої можна плавно змінювати за сигналом завдання. Блок завдання інтенсивності забезпечує плавний пуск двигуна з метою обмеження пускових струмів. Час пуску можна збільшити за допомогою зміни уставки блоку затримки, також забезпечує розгін двигуна при розімкнутій системі управління.

Після закінчення часу пуску починає працювати регулятор струму, який формує завдання за швидкістю обертання вала двигуна на основі завдання по частоті обертання і сигналу зворотного зв'язку, одержаного з датчика струму (ДС).

Для розробки алгоритмів керування АЕД використовуються рівняння рівноваги ЕРС в різних системах координат. Параметри двигуна відповідають Т-подібній схемі заміщення, втрати в сталі не враховуються.

У загальному вигляді, рівняння двигуна під обертається з довільною швидкістю $\omega_{\text{п}}$ системі координат мають вигляд:

$$\left. \begin{aligned} U_{s1} &= \frac{d\psi_{s1}}{dt} - \psi_{s2}\omega_k + R_s I_{s1} \\ U_{s2} &= \frac{d\psi_{s2}}{dt} - \psi_{s1}\omega_k + R_s I_{s2} \\ 0 &= \frac{d\psi_{r2}}{dt} - (\omega_k - p\omega)\psi_{r2} + R_r I_{r1} \\ 0 &= \frac{d\psi_{r2}}{dt} - (\omega_k - p\omega)\psi_{r2} + R_r I_{r1} \end{aligned} \right\} (1)$$

Рівняння електромагнітного моменту:

$$M_d = \frac{mp}{2} |\psi \cdot I_s|, \quad (2)$$

де m – число фаз,

p – число пар полюсів.

Користуючись рівняннями зв'язку та враховуючи, що вектор, до якого прив'язана система обертових координат, представлений тільки своїм модулем, можна скласти імітаційну модель установки.

Використовуючи прикладне програмне забезпечення (ППЗ) MatLAB із інструментом візуального моделювання Simulink [6], створено імітаційні математичні моделі системи регульованого електропривода змішувальної установки для дослідження статичних та динамічних режимів роботи з метою оптимізації їх енергетичних показників.

Розроблений алгоритм роботи реалізована у Simulink-моделі електропривода з асинхронним двигуном серії АИР71А6У2 (рис. 3).

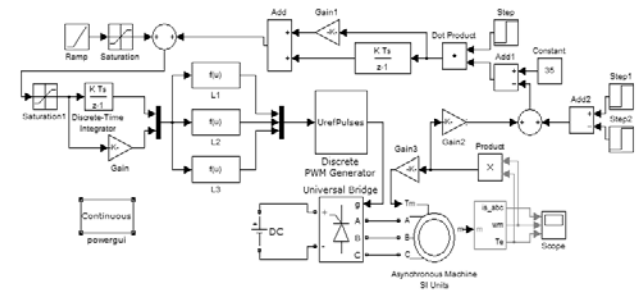


Рисунок 3 – Імітаційна Simulink-модель ЧРЕП змішувальної установки

У моделі ПЧ використаний інвертор з ШІМ на основі IGBT-транзисторів. Відмінною особливістю інвертора є не тільки можливість регулювання в ньому напруги і частоти від нуля до номінального значення, але й одержання форми вихідного струму, близької до синусоїдальної. Запропоноване технічне рішення дозволяє в таких системах забезпечити широкий діапазон регулювання кутової швидкості асинхронного двигуна і зменшити втрати в ньому від вищих гармонік напруг.

За допомогою розробленої моделі досліджено енергетичну ефективність ЧРЕП вказаної змішувальної установки із різними режимами роботи в порівнянні із електроприводом, що використовується.

Перехідні процеси, отримані в результаті моделювання, представлені на рис. 4.

Двигун розганяється до заданої оператором швидкості. Через секунди 0,5 с після початку пуску включається регулятор частоти обертання і вирівнює її на сталому рівні шляхом зменшення напруги і частоти живлячого струму двигуна.

Входами регулятора швидкості є задана і виміряна швидкість обертання. Через 1 с імітується подача в барабан змішувача першого компонента кормосуміші. У цей момент швидкість обертання зменшується на 6 % від заданої.

Динамічне відхилення становить 9,3 %. Вказане збурювання відпрацьовується системою за 0,2 с. Процес подачі компонентів повторюється в протягом кожних 0,5 с.

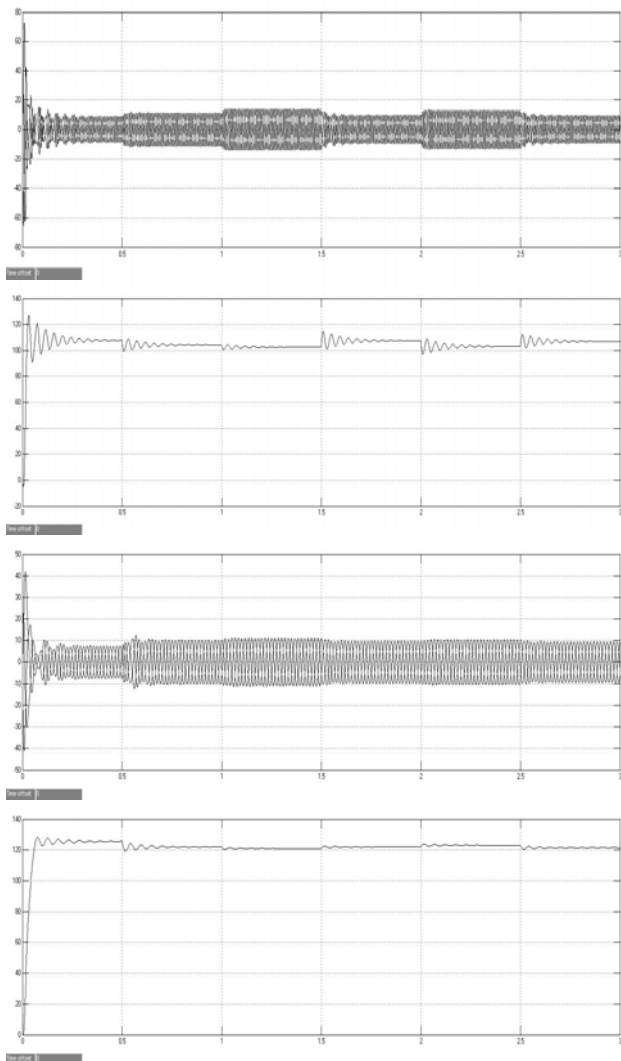


Рисунок 4 – Перехідні процеси, отримані в результаті моделювання

Представлені результати моделювання свідчать про можливість підвищення енергетичної ефективності частотного керування електроприводом у випадку застосування частотного способу регулювання в порівнянні із існуючими традиційними.

Висновок. Розроблено систему керування електроприводом змішувача для отримання багатокомпонентної кормосуміші. Вироблено моделювання електроприводу з частотним керуванням.

Розроблена і реалізована, за допомогою пакету програм MATLAB, система керування електроприводом змішувача з асинхронним двигуном.

Частотне керування двигунами змінного струму є економічно вигідним, оскільки воно дозволяє зберегти високий ККД двигуна, забезпечити, як рухові, так і гальмівні режими роботи, достатню жорсткість характеристик і, що найголовніше, дозволяє використовувати в якості приводного АЕД.

Крім того, реалізація запропонованого способу регулювання частоти обертання робочого органу змішувача дозволяє знизити на 17 % рівень енергоспоживання і одночасно зменшити експлуатаційні витрати.

Список використаних джерел

1. Белов М. П. Инжиниринг электроприводов и систем автоматизации: учебное пособие. / М. П. Белов, О. И. Зементов, А. Е. Козярук. – М.: Академия, 2006. – 324 с.
2. Терехов В. М. Системы управления электроприводов: учебник. / В. М. Терехов, О. И. Осипов – М.: Академия, 2005. – 241 с.
3. Браславский И. Я. Энергосберегающий асинхронный электропривод / И. Я. Браславский, З. Ш. Ишматов, В. Н. Поляков // Под ред. И.Я. Браславского. – М.: Academia, 2004. – 202 с.
4. Электроприводы переменного тока с частотным регулированием, Г. Г. Соколовский, – М.: Academia, 2006. – 251 с.
5. Колб А. А. Теория электроприводу: навчальний посібник / А. А. Колб, А. А. Колб. – Дніпропетровськ: НГУ, 2006. – 511 с.
6. Герман-Галкин С. Г. Компьютерное моделирование полупроводниковых систем в MATLAB 6.0. / С. Г. Герман-Галкин – СПб.: КОРОНА принт, 2001. – 320 с.

Аннотация

МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕГУЛИРУЕМОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА СМЕСИТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКИ ЛИНИИ ПРИГОТОВЛЕНИЯ МНОГОКОМПОНЕНТНОЙ КОРМОСМЕСИ

Середин М. Ю.

Проведен анализ режимов работы электропривода рабочих машин в технологических процессах приготовления многокомпонентных кормосмесей, предложены способы повышения эффективности их работы, снижения энергопотребления и уменьшения эксплуатационных расходов. Разработана имитационная Simulink-модель частотно-регулируемого электропривода смесительной установки.

Abstract

SIMULATION OF THE VARIABLE SPEED DRIVE MIXING PLANT LINE COOK A MULTI-COMPONENT FEED MIXTURES

M. Seredin

Analysis of the conditions and modes of operation in the technological process of the multi-fodder blends and suggests ways to improve their performance, reduce energy consumption and reduce operating costs. Also developed a simulation model of the Simulink-frequency-controlled electric mixing plant.