

Автоматизована система регулювання технологічного процесу гомогенізації молока

Вінницький національний технічний університет

Анотація Жеребков В.В. Автоматизована система регулювання технологічного процесу гомогенізації молока. Магістерська кваліфікаційна робота зі спеціальності 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка, ОП – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка. Вінниця: ВНТУ, 2023.

В роботі запропоновано систему автоматизації гомогенізатора. Застосування системи дозволяє в реальному часі контролювати густину молока під час обробки. Цей чинник є важливим так, як гомогенізація є основою в технологічному процесі при переробці молока.

Розроблено лінеаризовану математичну модель торсіонного сенсора та зроблено аналіз математичних моделей електромеханічних перетворювачів енергії.

Ключові слова: гомогенізатор, частотний перетворювач, електропривод система керування.

ВСТУП

Актуальність роботи. У сучасних технологічних процесах виробництва молока одним із нормативних є гомогенізація. Цей процес полягає в подрібненні жирових кульок молока або молочного продукту (дисперсна фаза) і одночасному їх рівномірному розподілі в плазмі молочного продукту (дисперсна фаза). Гомогенізація застосовується як для переробки сировини для молочної промисловості (незбираного або знежиреного молока і вершків), яку планується направити на подальшу переробку, так і для переробки кінцевого молочного продукту.

Метою гомогенізації є механічна стабілізація дисперсної фази, запобігання процесам фазового поділу, тобто утворення кремового осаду на поверхні продукту. Цей процес вкрай неприйнятний для молочної промисловості, а в деяких її галузях навіть неприйнятний. При розшаруванні продукту збільшується швидкість його скисання, погіршуються (або припиняються) процеси тривалого дозрівання і бродіння при виробництві кисломолочних

продуктів, зменшується термін придатності отриманого продукту, що особливо важливо при зберіганні молочних консервів. Тому в таких випадках доцільно використовувати ротаційний метод з торсіометричним перетворювачем, який ґрунтується на визначенні кута закручування кручення, прямо пропорційного реологічним характеристикам речовини.

Приладобудівна промисловість інтенсивно розвивається в галузі розробки засобів контролю реологічних характеристик речовин. Створено сучасні методи та засоби дослідження реологічних характеристик, але кожна з них притаманна певній групі речовин. Практичне використання цих засобів вимагає значних витрат часу, якого часом не вистачає, а також спеціалізованого громіздкого і недешевого обладнання, яке є не у всіх лабораторіях, і низького ступеня автоматизації - використання кваліфікованого персоналу.

При контролі реологічних характеристик за допомогою ротаційного віскозиметра використовується такий відомий метод, як використання кручень з малою жорсткістю, оскільки легко визначити найменші зміни реологічних характеристик (за винятком залежності екстремальних і встановлені значення напруження зсуву від швидкості деформації, отримані методом $W = \text{const}$ на ротаційних віскозиметрах з м'якими крученнями, мають лише якісне значення і в деяких випадках можуть повністю спотворювати результати вимірювань. Серед виробників сучасних ротаційних віскозиметрів переважно іноземні виробники, зокрема HAAKE та Brookfield. У більшості з них покращення характеристик досягається за рахунок зменшення паразитних параметрів: тертя в механічній системі, нелінійності моментної характеристики, електромагнітних індукцій в електричному ланцюзі та підвищення таких параметрів, як коефіцієнт зниження датчиків і кількість розрядів електричного кола. Проблема вимірювання реологічних характеристик речовини є актуальною для широкого кола вимірювальних завдань, тому пошук нових методів, аналіз їх похибок і розробка засобів підвищення точності ротаційних віскозиметрів на основі фазочастотного методу є перспективним і має наукове та практичне значення.

Мета і завдання дослідження. Метою роботи є автоматизація технологічного процесу гомогенізації молока для підвищення його якості за рахунок зменшення похибки вимірювання густини, яка є інформативним параметром кола зворотного зв'язку привідного двигуна.

Для досягнення цієї мети необхідно розв'язати такі задачі:

- Розробити метод та фазовий засіб вимірювання густини молока ротаційним віскозиметром;
- Розробити математичну модель вимірювального перетворення густини в двійковий код для його індикації та керування привідним двигуном;
- Розробити структурні та функціональні схеми засобу керування привідним двигуном з підвищеною точністю за рахунок вимірювання густини фазовим методом;

- Розробити методику експериментальних досліджень та інженерну методику проектування фазочастотного перетворювача .

Об'єкт дослідження - процес керування привідним двигуном з під-вищеною точністю за рахунок фазового методу вимірювання густини мо-лока;

Предмет дослідження – фазовий метод та засіб керування привід-ним двигуном, що реалізує вимірювання густини молока в процесі його гомогенізації.

Методи досліджень базуються на використанні математичного апа-рату теорії вимірювального перетворення, теорії фазочастотних вимірю-вань, теорії ймовірності, теорії цифрових автоматів, теорії електричних кіл, а також на використанні методів комп'ютерного моделювання цифро-вих схем та чисельних методів розв'язання нелінійних диференціальних рівнянь.

Наукова новизна одержаних результатів.

Отримав подальший розвиток фазовий метод вимірювання густини молока, в якому на відмінну від відомих інформативний параметр густина перетворюється в кут закручування протидійної пружини та кут зсуву фаз в торсіонному сенсори, що дозволило автоматизувати і забезпечити високу точність керування технологічного процесу гомогенізації молока.

Вдосконалено математичну модель процесу перетворення густини молока, в яку на відмінну від відомих додаткового введено рівняння пере-творення торсіонного сенсора, що дозволило підвищити точність вимірю-вання і як наслідок покращити якість готового продукту – вершкового ма-сла.

Практичне значення одержаних результатів.

Проаналізована послідовність перетворень інформативного параме-тра густини у двійковий код з наступною його індикацією на екрані моні-тора мікропроцесорної системи з одночасним перетворення цифро-аналоговим перетворювачем в числові значення аналогової напруги для керування привідним асинхронним двигуном.

Структурна схема пристрою керування процесом барботажу молока, основними складовими якого є: привідний асинхронний двигун, протидій-на пружина, торсіонний сенсор, мікропроцесорна система в якій аналогова величини різниці фаз перетворюється у бінарний код для індикації резуль-тату вимірювання та дискретного керування асинхронним приводом з ме-тою підвищення точності та досягнення високої якості вершкового масла.

Пристрій керування, якуй забезпечує вимірювання густини в діапа-зоні її зміни від до з відносною похиб-кою квантування, нормоване значення якої не перевищує .

Функція перетворення пристрою керування з торсіонним сенсором

Одним із методів вимірювання різниці фаз є її перетворення в інтервал часу.

Якщо ви будете перетворювати $\varphi_X \rightarrow t_X$ в кожному періоді

вимірюваної величини і квантувати цей часовий інтервал t_x імпульсами зразкової частоти f_0 , то матимемо цифровий фазометр миттєвих значень.

Принцип дії сучасних цифрових фазометрів миттєвих значень заснований на перетворенні різниці фаз φ_x двох періодичних сигналів однакової частоти в часовий інтервал t_x із наступним його квантуванням імпульсами частоти f_0 .

Структурну схему цифрового фазометра миттєвих значень наведено на рис.3.5, часові діаграми його роботи - на рис.3.6.

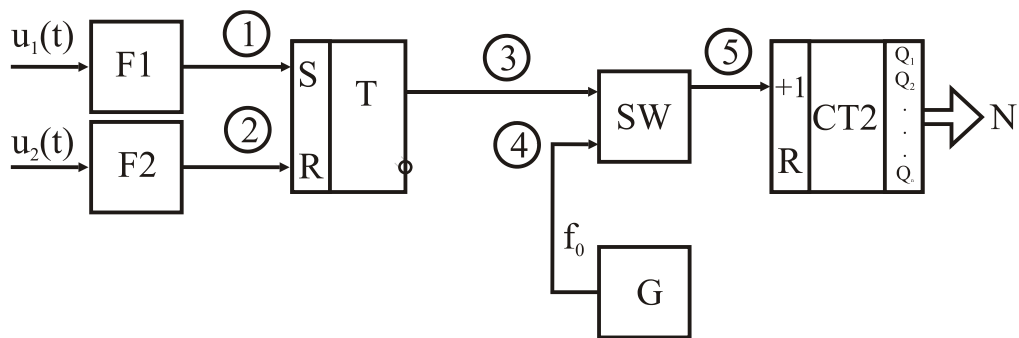


Рисунок 3.5

Основними елементами фазометра є два формувача F_1 і F_2 , RS - тригер, схема збігу SW, генератор G зразкової частоти, двійковий лічильник CT2.

Результати експериментальних досліджень

З метою оцінювання впливу кутової швидкості привідного асинхронного двигуна на якість барботажу молока проведено експериментальні дослідження похибок вимірювання кутової швидкості. В якості зразкового засобу вимірювання використано тахометричну установку УТ-05 – 60 з діапазоном відтворення частоти обертання 10–60000 об/хв і похибкою не більшою $\pm 0,05\%$ [144–147]. Структурна схема устаткування від вимірюваного значення частоти обертання наведена на рис. 3.10.

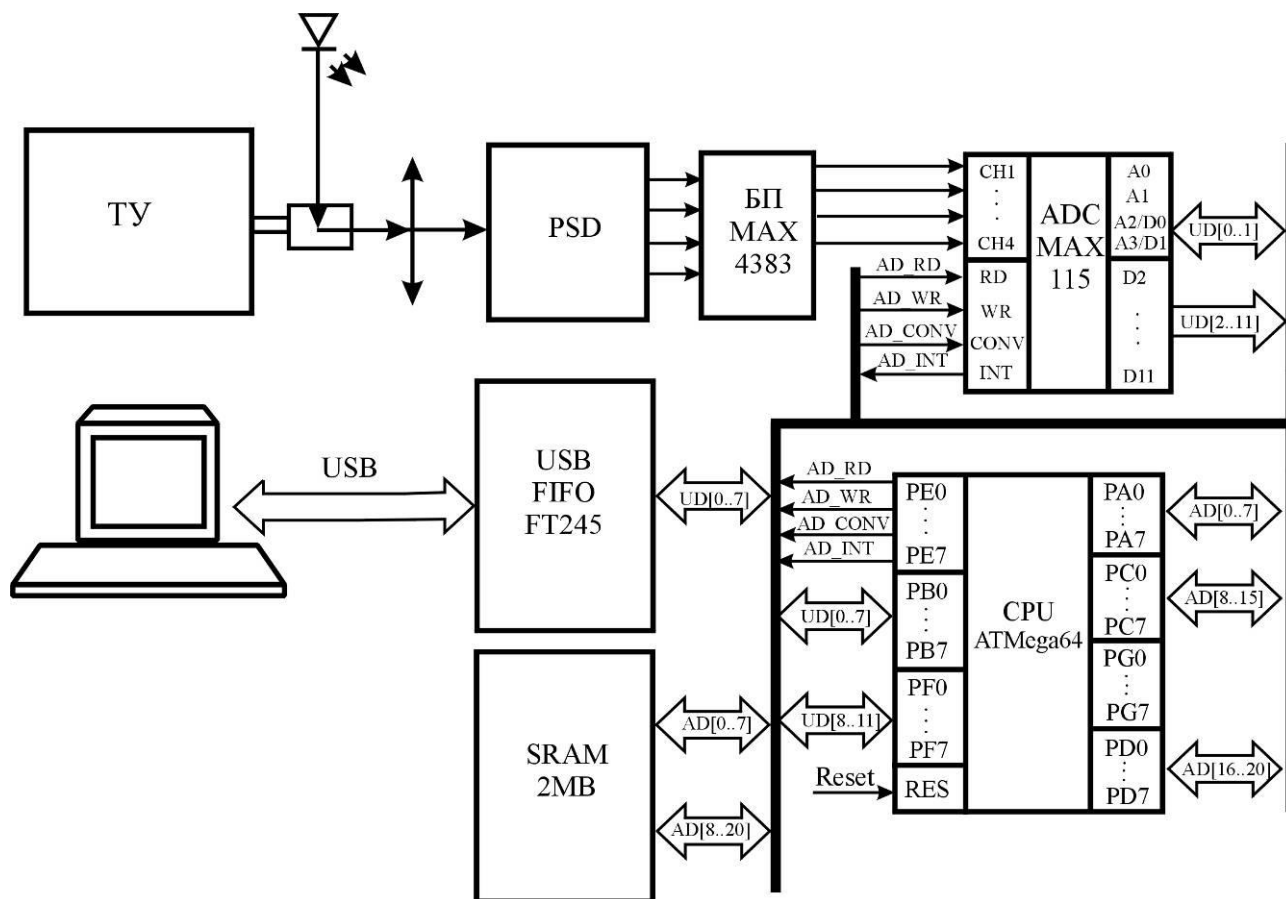


Рисунок 3.10 – Структурна схема для експериментальних досліджень частоти обертання привідного АД

Експериментальні дослідження проводились на частотах обертання 1350 об/хв, 1500 об/хв. (рис. 3.11).

Висновки:

1. Отримав подальший розвиток фазовий метод вимірювання густини молока і вершкового масла, в якому на відмінну від відомих інформативний параметр перетворюється в кут закручування протидійної пружини та кут зсуву фаз в торсіонному сенсорі, що дозволило автоматизувати і забезпечити високу точність керування технологічного процесу гомогенізації молока.
2. Вдосконалено математичну модель процесу перетворення густини молока, в яку на відмінну від відомих додатково введено рівняння перетворення торсіонного сенсора, що дозволило підвищити точність вимірювання і як наслідок покращити якість готового продукту – вершкового масла.
3. Проаналізовано послідовність перетворень інформативного параметра густоти у двійковий код з наступною його індикацією на екрані монітора мікропроцесорної системи з одночасним перетворення цифро-

- аналоговим перетворювачем в числові значення аналогової напруги для керування привідним асинхронним двигуном.
4. Розроблено структурну схему пристрою керування процесом барботажу молока, основними складовими якого є: привідний асинхронний двигун, протидійна пружина, торсіонний сенсор, мікропроцесорна система в якій аналогова величини різниці фаз перетворюється у бінарний код для індикації результату вимірювання та дискретного керування асинхронним приводом з метою підвищення точності та досягнення високої якості вершкового масла.
 5. Запропонований пристрій керування забезпечує вимірювання густини в діапазоні її зміни від $\rho_{\min} = 800 \left[\frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \right]$ до $\rho_{\max} = 1024 \left[\frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \right]$ з відносною похибкою квантування, нормоване значення якої не перевищує $\delta_{\text{кн}} \leq 0.25\%$.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Кухарчук В.В., Кучерук В.Ю., Поджаренко А.В. Аналіз динамічних властивостей тахометричних перетворювачів //Технічна електродинаміка. Тематичний випуск “Проблеми сучасної електротехніки”. Частина 1. – Київ.-2000.-С.103-107.
2. V.O.Podzharenko, V.V.Kuharchuk, V.Yu.Kucheruk, M.Y.Bilynska, L.P. Voitovich The analysis of dynamic properties of tachometer converters.// Pro-ceeding Int. Conf. on Modelling and Simulation MS’2001.- Lviv (Ukraine).- 2001.- P. 57-62.
3. Вейц В.Л. Динамика машинных агрегатов.-Л.: Машиностроение, 1969.-370с.
4. Кучерук В.Ю., Кухарчук В.В. Аналіз та практична реалізація мікропроцесорного засобу вимірювання кутової швидкості обертання електричних машин //Вісник Вінницького політехнічного інституту.-1995.-№2.- С.12-16.
5. Alexandrovitz A. Digital simulation of induction motor represented through space phasors. //Conf.Elec.and Electron. Eng. Is Israel, Tel-Aviv, Apr. 7-9.- 1987.- P76-80.