

<https://doi.org/10.31891/2219-9365-2022-72-4-13>

УДК 620.91

Петро ГОНЧАРУК
ПрАТ «Красилівський цукровий завод»
Валерій МАРТИНЮК
Хмельницький національний університет
<https://orcid.org/0000-0001-5758-4244>
Богдан ГОНЧАРУК
Хмельницький національний університет

МЕТОД ТА АВТОМАТИЗОВАНИЙ ЗАСІБ ВИМІРЮВАННЯ ГУСТИНИ РОЗЧИНУ ДЛЯ КОНТРОЛЮ ПРОЦЕСУ КРИСТАЛІЗАЦІЇ У ВАКУУМ-АПАРАТАХ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ ЦУКРУ

В роботі на основі проведеного аналізу методів вимірювання густини розчину для контролю процесу кристалізації у вакуум-апаратах при виробництві цукру визначено, що існуючі методи характеризуються недостатньою точністю та автоматизацією технологічного процесу. Запропоновано новий метод та автоматизований засіб вимірювання густини розчину для контролю процесу кристалізації у вакуум-апаратах при виробництві цукру, який характеризується високою точністю та можливістю автоматизації технологічного процесу. Пропонується не прямий метод вимірювання густини розчину, який полягає в вимірюванні висоти стовпа рідини двома різними способами: вимірювання висоти стовпа рідини манометричним методом та вимірювання висоти стовпа рідини ємнісним датчиком.

Keywords: метод вимірювання густини розчину, контроль процесу кристалізації, технологічний процес виробництва цукру.

Petro GONCHARUK
PJSC "Krasylivskyi Sugar Factory"
Valeriy MARTYNYUK, Bogdan GONCHARUK
Khmelnitskyi national university

METHOD AND AUTOMATED INSTRUMENT OF SOLUTION DENSITY MEASURING FOR CRYSTALLIZATION PROCESS CONTROL IN VACUUM- APPARATUS DURING SUGAR PRODUCTION

In the work, based on the analysis of the methods of measuring the density of the solution to control the crystallization process in vacuum-apparatus during sugar production, it was determined that the existing methods are characterized by insufficient accuracy and automation of the technological process. A new method and automated means of measuring the density of the solution for controlling the crystallization process in vacuum apparatus during sugar production is proposed, which is characterized by high accuracy and the possibility of automating the technological process. An indirect method of measuring the density of the solution is proposed, which consists in measuring the height of the liquid column in two different ways: measuring the height of the liquid column by the manometric method and measuring the height of the liquid column by a capacitive sensor.

Keywords: the method of measuring the density of the solution, the control of the crystallization process, the technological process of sugar production.

Постановка проблеми у загальному вигляді

та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями

Уварювання утфелів першого продукту проходить в вакуум-апаратах з природною або примусовою циркуляцією. Процес варки утфелю першої кристалізації поділяється на наступні стадії:

- набір вакууму (розрідження)
- попередній набір (наповнення вакуум-апарату сиропом вище рівня розташування нагрівальна камери);
- згушення;
- кристалоутворення (введення затравки);
- ріст кристалів;
- розкачка;
- уварювання;
- вивантаження;
- пропарка.

Алгоритм процесу уварювання утфелів показаний на рис. 1.

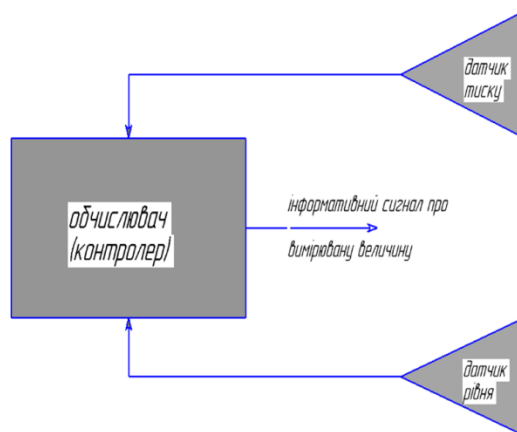
Традиційним методом на всіх етапах процесу отримання утфелю є періодичне введення у вакуум-апарат сиропу вихідного розчину (сиропу) – так звані «підкачки». «Підкачки», окрім дискретного режиму, можуть проводитись в режимі аналогового сигналу, в якому виконавчий пристрій подає сироп не порціями, а постійно, відслідковуючи заданий параметр – густину. Але таке технічне рішення з використанням

```
graph TD; Start([Початок]) --> Empty[Pорожній]; Empty --> Ready[Готовність]; Ready --> Vacuum[Набір вакууму]; Vacuum --> Product[Набір продукту]; Product --> Crystallization[Кристалотворення]; Crystallization --> Growth[Ріст]; Growth --> Curdling[Уварювання]; Curdling --> Unloading[Відвантаження]; Unloading --> Pressing[Пропарка]; Pressing --> End([Кінець]); Growth --> Packaging[Розкачка]; Packaging --> Curdling; Pressing --> End
```

The flowchart illustrates the technological process for producing cheese curd (сирок) from milk. It begins with 'Початок' (Start) leading to 'Порожній' (Empty). The process then follows a sequence of steps: 'Готовність' (Ready), 'Набір вакууму' (Vacuum filling), 'Набір продукту' (Product filling), 'Кристалотворення' (Crystallization), 'Ріст' (Growth), 'Уварювання' (Curdling), 'Відвантаження' (Unloading), and 'Пропарка' (Pressing). The process concludes with 'Кінець' (End). There is a feedback loop from 'Ріст' (Growth) to 'Уварювання' (Curdling) via 'Розкачка' (Packaging).

Порівняльний метод вимірювання густини

Суть його полягає в вимірюванні висоти стовпа рідини двома різними методами: вимірювання висоти стовпа рідини манометричним методом, та вимірювання висоти стовпа рідини ємнісним датчиком. На рис. 2 зображено структурну схему вимірювання.



Вибирати датчик будемо з лінійки вітчизняного виробника «Сафір».

Максимальна висота утфелю в вакуум-апараті тобто максимальний рівень, який нам потрібно міряти складає 3м.

Максимальне розрідження в соковій камері вакуум-апарату становить не більше -98кПа.

Датчики тиску "Сафір М" (рис. 3) призначені для безперервного перетворення абсолютного, надлишкового, гідростатичного тисків, тиску-розрідження, розрідження, різниці тисків рідини та газів (у тому числі газоподібного кисню та кисневмісних сумішей) в уніфікований електричний сигнал постійного струму.



Рис. 3. «Сафір М» серії 5530

Через свою простоту, точність та надійність будемо підбирати датчик ємнісного типу фірми Dinel з лінійки CLM. Ємнісні вимірювачі рівня CLM призначені для безперервного вимірювання рівня рідких та сипких матеріалів у цистернах, резервуарах, силосах тощо. Вони складаються з корпусу з електронікою, що налаштовується, і вимірювального електрода. Електронний блок перетворює величину ємності сигнал по струму (4 ... 20 мА) або по напрузі (0 ... 10 В). Можна налаштувати чутливість, компенсувати початкову ємність та плавно змінювати коефіцієнт підсилення.

Обчислювачем, що визначає чисельне значення густини, може бути будь-який прилад з функцією суматора двох аналогових сигналів.

В конкретному випадку є доцільним функцію обчислення густини покласти на контролер, що управляє в цілому процесом варки вакуум-апарата при наявності в ньому достатньої кількості аналогових та дискретних входів-виходів та необхідної бібліотеки алгоритмів.

Таким вимогам відповідає вітчизняний контролер фірми «Мікрол» МІК-51, який успішно застосовується для автоматизації варки утфелів на Красилівському цукровому заводі.

Архітектура контролера МІК-51 описує інформаційну організацію контролера і характеризує його як ланку системи керування. Частина архітектурних елементів структури реалізована апаратно, частина - програмно.

Все програмне забезпечення, яке формує архітектуру, зашите в постійному пристрої, що запам'ятовує і користувачеві недоступно. Незалежно від того, як реалізовані елементи архітектури - апаратно або програмно - користувач може представляти контролер як виріб, в якому всі елементи реально існують у вигляді окремих вузлів. До складу архітектури контролера входить:

- апаратура вводу-виводу інформації (базової моделі і модулів розширення);
- апаратура оперативного керування і налаштування;
- апаратура інтерфейсного каналу;
- функціональні блоки;
- бібліотека функціональних блоків.

Підключення датчиків виконуються по типовій схемі для заданого інтервалу струму або напруги, яка зображена на рис. 4.

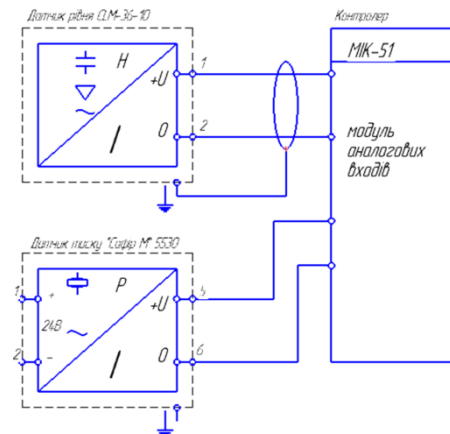


Рис. 4. Схема підключення датчиків до контролера МІК-51

На рис. 5 показано схему розміщення датчиків для вимірювання густини розчину, обов'язкова умова – розміщення датчика тиску та початку вимірювання рівня ємнісним датчиком повинні бути на одному рівні.

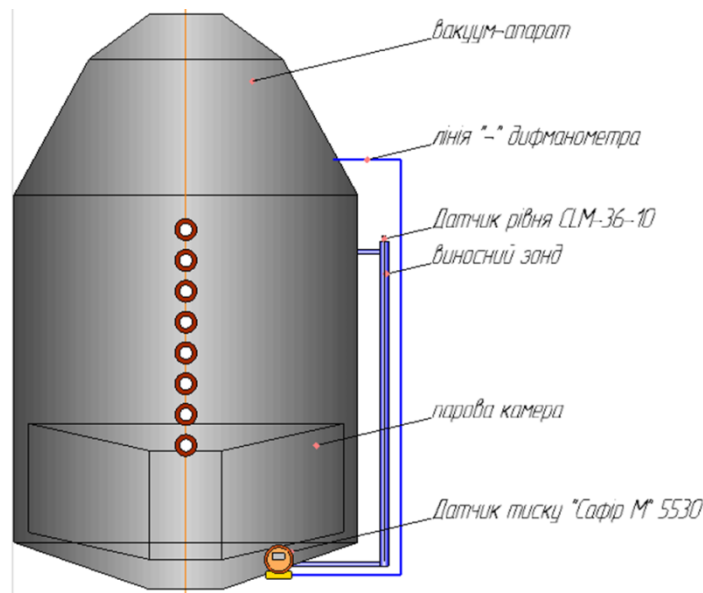


Рис. 5. Схема розміщення датчиків для вимірювання густини розчину

Висновки з даного дослідження і перспективи подальших розвідок у даному напрямі

Цукрове виробництво є одним з найбільш енергозатратних та складних. В умовах високої конкуренції сучасної дійсності на перший план виводять такі показники, як собівартість, якість, енергоспоживання, і диктують необхідність застосування останніх досягнень технології, теплотехніки, організації цукрового виробництва.

Автоматизація цукрової промисловості дозволяє забезпечити якісну, ефективну роботу всіх технологічних ділянок цукрового заводу лише за допомогою комплексного підходу до вирішення цього завдання.

Як правило, автоматизація різних об'єктів на кожному із цукрових заводів проводилася не одночасно, а поетапно в різні періоди часу, часом навіть у різні десятиліття. У результаті, на сучасному етапі, цукрові заводи найчастіше характеризуються наявністю роз'єднаних, не взаємодіючих між собою, різнорідних автоматизованих та інформаційних систем, оснащених технічною базою від різних виробників.

Уніфікація компонентів та блоків управління дозволяє зменшити витрачений час на розробку нового обладнання, його монтаж, встановлення на виробництво, навчання персоналу, пошук та ліквідацію несправностей та помилок.

Був проведений аналіз існуючих методів керування варкою утфелів з різними керуючими параметрами (густина, в'язкість, вміст сухих речовин) і використовуваних апаратних рішень.

В ході проведених досліджень запропоновано метод вимірювання густини утфелю, шляхом порівняння результатів вимірювань висоти стовпа утфелю в вакуум-апараті (рівня розчину) різними

методами, а саме датчиком тиску та ємнісним датчиком. Різниця сигналів датчиків являється функцією густини, яка в свою чергу, і є основним параметром керування процесом варки утфелю. Обґрунтована можливість використання вітчизняного контролера «МІК-51» для обробки сигналів датчиків рівня для видачі сигналу, що відповідає густині в заданих одиницях виміру. Також функціональні властивості даного контролера дозволяють керувати всім процесом варки утфелю.

Реалізація даного методу дозволить при співставних з іншими методами вимірювань точності значно зменшити вартість автоматизації, а також підвищити експлуатаційні характеристики такі як надійність, простота обслуговування, ремонтпридатність.

Література

1. Трегуб В.Г. Проектування систем автоматизації: навч. посібник / В.Г. Трегуб. - Київ: Ліра-К, 2014. – 342 с.
2. Оляньська С.П. Технологія цукрового виробництва: курс лекцій. - Київ: Національний університет харчових технологій, 2015. - 73 с.
4. Обладнання підприємств переробної та харчової промисловості. /За ред. І.С. Гулого Вінниця: Нова книга, 2001. 576с.

References

1. Trehub V.H. Proektuvannia system avtomatyzatsii: navch. posibnyk / V.H. Trehub. - Kyiv: Lira-K, 2014. – 342 s.
2. Olianska S.P. Tekhnolohiia tsukrovoho vyrobnytstva: kurs lektzii. - Kyiv: Natsionalnyi universytet kharchovykh tekhnolohii, 2015. - 73 s.
4. Obladnannia pidpriemstv pererobnoi ta kharchovoi promyslovosti. /Za red. I.S. Huloho Vinnytsia: Nova knyha, 2001. 576s.