



НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БІОРЕСУРСІВ І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ
УКРАЇНИ

"Енергетика і автоматика" науковий журнал

№1, 2009

ЗМІСТ

1. ОПТИМІЗАЦІЯ НАНОБІОКОНВЕРСІЙНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ НА
ОСНОВІ КОНЦЕПЦІЇ ДИСКРЕТНО-ІМПУЛЬСНОГО ВВОДУ
ЕНЕРГІЇ

Долинський А.А., Драганов Б.Х., Козирський В.В.

2. РОЗРАХУНОК ВИРОБІТКУ ЕНЕРГІЇ ТА ОБҐРУНТУВАННЯ
РЕГУЛЮВАЛЬНИХ ЯКОСТЕЙ ВІТРОЕЛЕКТРИЧНОГО
ЗАРЯДНОГО АГРЕГАТУ

Жоров В.І., Жоров С.В., Тимощук Д.В.

3. НАУКОВО-ТЕХНІЧНІ ПЕРЕДУМОВИ ЕЛЕКТРОСЕПАРУВАННЯ
НАСІННЄВИХ СУМІШЕЙ В ПЕРВИННОМУ НАСІННИЦТВІ

Іноземцев Г.Б., Паранюк В.О.

4. АНАЛІЗ БАЛАНСУ ПОТУЖНОСТІ КОМБІНОВАНОЇ
ЕЛЕКТРОВОДОПОСТАЧАЛЬНОЇ ВІТРОУСТАНОВКИ

Козирський В.В., Василенко В.В., Петренко А.В.

5. ІДЕНТИФІКАЦІЯ НЕЛІНІЙНИХ СИСТЕМ
НЕЙРОЕМУЛЯТОРАМИ

Корчемний М.О., Федорейко В.С.

6. МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ПРОЦЕСУ САМОЗАЙМАННЯ
ПИЛОВУГІЛЬНИХ СУМІШЕЙ З ВРАХУВАННЯМ РАДІАЦІЙНОЇ

УДК 681.5

**СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ
В СТРУКТУРІ КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНОГО УПРАВЛІННЯ
ТЕХНОЛОГІЧНИМИ КОМПЛЕКСАМИ
ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ**

Ладанюк А.П., д. т. н., професор, Луцька Н.М., к. т. н., Іващук В.В., к. т. н.
Національний університет харчових технологій

В роботі розглянуті особливості розробки комп'ютерно-інтегрованого управління харчових виробництв та систем автоматизації технологічних процесів. Розглядається процедура процесного моделювання як варіанта системної інтеграції комп'ютерно-інтегрованого управління.

В наш час все більше харчових виробництв почали впроваджувати комп'ютерно-інтегровані системи управління (КІСУ) виробництвом як багаторівневу інтегровану систему управління різними рівнями. Впровадження таких систем забезпечить перехід на суттєво новий рівень управління харчовими виробництвами, що в результаті дозволить підвищити якість вихідної продукції як основний показник функціонування харчових виробництв в умовах ринкової економіки.

Розробка КІСУ виробництва орієнтовано на покращення техніко-економічних показників: збільшення випуску продукції на існуючому обладнанні при наявних ресурсах; підтримання оптимальних режимів роботи; зменшення запасів матеріальних ресурсів, простоїв обладнання; прийняття рішень в умовах невизначеності; координація роботи підсистем. При цьому передбачається:

- підсилення взаємозв'язку між персоналом на різних рівнях виробництва;

- включення в систему управління не лише технологічних процесів а і інших взаємозв'язаних сфер – склади, енерго- та водопостачання, підсистеми технологічного та економічного моніторингу ...;

- інтенсифікація роботи автоматизованих систем, інтелектуалізація систем управління, синтез автоматизованих технологічних комплексів;
- можливість доступу з будь-якого місця за допомогою глобальної мережі;
- відкритість та адаптація до зміни умов роботи, врахування подальшого розширення КІСУ.

Як правило, виділяють різні види інтеграції КІСУ:

- функціональну, що забезпечує єдине та узгоджене виконання технологічних та виробничо-господарських функцій;
- організаційну, що дає можливість організувати необхідну взаємодію оперативно-технологічного персоналу на різних рівнях управління;
- програмну, що в умовах інтегрованого виробництва дозволяє використовувати взаємозв'язане програмне забезпечення;
- інформаційну, що заснована на комплексному підході до створення єдиної інформаційної бази даних для забезпечення інформаційної взаємодії всіх компонентів в системі управління виробництвом;
- технічну, що забезпечує створення єдиної структури «технологічний об'єкт <—> система управління» для збільшення ефективності функціонування цього автоматизованого комплексу.

КІСУ як правило включає декілька рівнів управління, кількість яких визначається особливістю виробництва, наприклад для цукрового виробництва виділимо наступні:

- рівень управління технологічними процесами;
- рівень управління виробництвом;
- рівень технологічного архіву;
- організаційно-економічний рівень.

Розробка КІСУ харчовим виробництвом має свої особливості в порівнянні з іншими галузями промисловості, зокрема історично склалося, що автоматизація виробництва йшла двома паралельними шляхами — автоматизація технологічних процесів окремих цехів виробництва та

автоматизація організаційно-економічних відділів, тому, як правило, існують наступні недоліки на нижньому рівні:

- системи управління окремими технологічними відділеннями реалізовані на різній технічній та програмній базі;
- технологічні відділення не узгоджені між собою;
- перехід на інший режим роботи обладнання не автоматизований та виконується оператором;
- існують джерела наднормативних витрат, які практично важко визначити;
- складно проаналізувати роботу всього підприємства в цілому, так як відсутній централізований доступ до всіх поточних та історичних даних;
- параметри управління не підстроюються під постійні змінні системи;
- відсутня інформація про середні, максимальні, мінімальні та загальні витрати основного потоку всього підприємства.

Тому розробка КІСУ в першу чергу повинна усунути виділені недоліки на нижньому рівні управління за рахунок впровадження наступних підсистем:

- робастне та адаптивне управління, використання математичних моделей в контурах управління, оптимальна оцінка параметрів;
- використання методів лінійного та динамічного програмування, багатокритеріальної оптимізації;
- моделювання та оперативна ідентифікація складних об'єктів в системах оцінки їх стану, пошуку оптимальних режимів та прогнозування;
- ситуаційне управління, починаючи з виконання програми операції пуску/зупинки, переходу технологічних агрегатів з одного режиму на інший, і закінчуючи створенням підсистем з використанням методів штучного інтелекту, експертних систем, алгоритмів координації;
- розробка великих систем управління на основі топологічних моделей, дисипативних нелінійних методів;
- дослідження когнітивного виробничого простору та взаємозв'язку людина-машина.

При такому підході першочергового значення набуває формування та вибір критеріїв управління на рівних рівнях виробництва.

Наприклад, критерієм верхнього рівня управління можна прийняти прибуток підприємства. Для цукрового заводу прибуток на етапі його сезонної роботи ($\Delta\tau = \tau_2 - \tau_1$, год.) обчислюється за формулою [1]:

$$\Pi = \int_{\tau_1}^{\tau_2} (B \cdot C_0 + G_M \cdot C_M + G_{Ж} \cdot C_{Ж} - \sum_{i=1}^8 Z_i) \cdot d\tau, \quad (1)$$

де Π – прибуток, грн.; B – вихід товарного цукру, т/год; $C_0, C_M, C_{Ж}$ – оптова ціна цукру, меляси та жому відповідно, грн/т; $G_M, G_{Ж}$ – витрата меляси та жому відповідно, т/год; $\sum_{i=1}^8 Z_i$ – сумарні витрати, грн/год, що визначаються наступними величинами: Z_1 – витрати на сировину; Z_2 – витрати на допоміжні матеріали; Z_3 – витрати палива на добування пари; Z_4 – витрати палива на електроенергію; Z_5 – витрати на основну та додаткову заробітну плату; Z_6 – витрати на утримання та експлуатацію обладнання; Z_7 – цехові витрати; Z_8 – загальні витрати по заводу.

Для того, щоб прибуток був максимальний, необхідно мінімізувати сумарні витрати по стадіях виробництва, максимізувати вихід товарного цукру, витрати меляси та жому (оптові ціни на цукор, мелясу та жом вважаються постійними). Останнє веде до підвищення продуктивності виробництва. Отже, для одержання максимального прибутку необхідно мінімізувати Z_1, Z_2, Z_3, Z_4 по стадіях виробництва (Z_5, Z_6, Z_7, Z_8 – не залежать від умов протікання технологічних процесів виробництва).

Так як прибуток виробництва визначається сумою економічних ефективностей функціонування окремих стадій виробництва, тобто сумою втрат та витрат кожної підсистеми технологічного комплексу, кількістю випущеної продукції, цінами на сировину, додаткові матеріали, паливо та цільовий продукт, то мінімізація локальних критеріїв оптимальності підсистем технологічного комплексу веде до максимізації прибутку та забезпечення необхідної якості напівпродукту на кожній стадії виробництва.

Після вибору критерію верхнього рівня визначають критерії для підсистем технологічних комплексів. Наприклад, у якості локальних критеріїв оптимізації можна розглянути наступні.

1. Інтегрально-квадратичний критерій:

$$I = \Delta x^T(t_k)G\Delta x(t_k) + \int_{t_0}^{t_k} (\Delta x^T(t)P\Delta x(t) + \Delta u^T(t)D\Delta u(t))dt, \quad (2)$$

де перша складова визначає відхилення реального стану системи від бажаного в кінцевий момент часу, друга – на всьому проміжку, а третя – мінімізацію енергетичних витрат. Матриці G , P , D – вагові матриці відповідних розмірностей, t_0 , t_k – початковий та кінцевий час регулювання.

2. Критерій максимальної швидкодії:

$$I = \int_0^T 1dt = T. \quad (3)$$

Для технологічних об'єктів харчової промисловості задача максимальної швидкодії постійно розв'язується при переході з одного режиму на інший та при змінюванні умов роботи.

3. Норма $\|H\|_2$.

$$\|H\|_2 = \sqrt{\frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \text{tr}[H^T(-j\omega)H(j\omega)]d\omega}. \quad (3)$$

де $H(s)$ – матрична передаточна функція від входу матриці збурень до матриці контрольованих виходів ($s = j\omega$), аналітична в правій півплощині ($\text{Re } s > 0$), $\text{tr}(\cdot)$ – слід відповідної матриці.

4. Норма $\|H\|_\infty$.

$$\|H\|_\infty = \max_{\omega \in [0, \infty)} \bar{\sigma}(\omega), \quad (4)$$

де $\bar{\sigma}(\omega)$ – максимальне сингулярне число матриці $H(j\omega)$ (корінь квадратний з максимального власного значення ермітової матриці $H(j\omega)^T H(j\omega)$).

Введення цього критерію обумовлене тим, щоб єдиним регулятором забезпечити стійкість замкненої системи не тільки для номінального (без

врахування помилок моделі) об'єкта, але й для будь-якого об'єкта, що належить до множини "збурених" об'єктів, яка задається класом невизначеності.

5. Критерій для задачі мінімізації вказаних норм для "зважених" передаточних матриць HS_1 , де S_1 – задана вагова матрична функція (наприклад, задачі середньо-квадратичного оптимального синтезу та синтезу гарантуючих регуляторів відповідно).

Зважена норма $\|HS_1\|_2$:

$$\|HS_1\|_2 = \sqrt{\frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \text{tr} [S^T(-j\omega)H^T(-j\omega)H(j\omega)S(j\omega)] d\omega}. \quad (5)$$

Зважена норма $\|HS_1\|_{\infty}$:

$$\|HS_1\|_{\infty} = \max_{\omega \in [0, \infty)} \bar{\sigma}_v(\omega), \quad (6)$$

де $\bar{\sigma}_v(\omega)$ – максимальне сингулярне число матриці $H(j\omega)S_1(j\omega)$.

Вагові функції дозволяють задати вимоги в частотній області до характеристик замкненої системи за якістю перехідних процесів та робастною стійкістю, що приводить до зменшення енергетичних витрат.

Вибір того чи іншого критерію управління обумовлений алгоритмом управління, особливостями об'єкта, режимом та умовами роботи підсистеми та технологічного комплексу в цілому.

Застосування багатовимірних регуляторів для технологічних об'єктів при дії інтенсивних випадкових збурень забезпечує ефективне управління у відповідності до вказаних критеріїв [2].

Останнім часом в технічній літературі з'явився термін «автоматизація (оптимізація) бізнес-процесів», що приводить до активного обговорення процесу формування структури та переходу до процесного управління. Процесний підхід на відміну від структурного дає можливість в реальному часі отримати узагальнені оцінки ефективності окремих стадій управління. Про ефективність застосування процесного підходу свідчить широке впровадження в останні роки MES-систем.

З погляду так званого процесного підходу, – виконання кожного окремого процесу спрямоване до наближення відповідної мети. Кожний процес описується власною технологією реалізації та вимогами до термінових дій.

При побудові процесної моделі будь-якої дійсної технології слід передбачати обмеження за керованими змінними процесу та необхідну кількість спостережних координат стану. Ці вимоги диктовані потребами до гнучкості діючої системи, адже будь-яка реальна система має власний рух, що часто залежить від зовнішніх термінових умов та порядку їх приведення до процесів. Таким чином, процесне управління можна визначити як систему діянь, що стосуються якості в термінах необхідних для забезпечення їх виконання та не стосуються складу кожного відокремленого процесу системи. Правильно побудована процесна модель не повинна мати обірваних зв'язків, тобто містити чітко детерміновані канали управління та визначення стану системи. Методика побудови процесної моделі повинна встановлювати нечутливі технологічні змінні, виявляти характер зв'язків та дубльовані(транзитні) координати стану. Кроки деталізації процесів можуть продовжуватись до визначення «власників процесу» – вузла який відповідає за результат виконання елементарної процедури.

В цілому етапи побудови процесної моделі можуть вкладатися у наступні кроки:

- Складання схеми системи, що представляє структуру та зв'язки об'єкта із зовнішнім оточенням;
- Складання схеми процесу, тобто визначення найбільш впливових технологічних змінних. Де відбувається ранжування процесів за порядком обслуговування (базовий, допоміжний та інші сервісні додатки);
- Складання схеми процесу за допомогою інструментів, що визначаються проекцією характеристик об'єкта (мета здійснення, перешкоди, споживачі процесу) на стандартизовані методики опису.

Серед інструментарію складання схем процесів найбільш популярними вважаються: низхідні блок-схеми, структурні схеми, схеми послідовностей операцій, схеми технологічного процесу, крос-функціональні блок-схеми.

В розрізі бізнес технологій кожна стадія супроводжується відповідним документообігом, балансом трудових та матеріальних ресурсів.

Перевагою процесного підходу до управління системою можна визначити організацію керування з урахуванням системних взаємодій множини процесів з позицій розподілу ресурсів для реалізації глобальної задачі.

Для оцінки визначеності процесів використовується стандартизована «Шкала зрілості» процесу [3], відповідно розрізняють: ідентифікований, керований, стандартизований кількісно певний та передбачуваний процеси. Шкала, відповідно до стандарту ISO/MEC 15504, дозволяє оцінити наскільки процес є визначеним для реалізації керування на ньому. Для присвоєння відповідного рівня зрілості процесу оцінюється міра володіння характерними атрибутами, які саме і визначають до якого рівня визначеності можна віднести процес.

Побудована схема процесів часто використовується для визначення вимог до ресурсів та корегування локальної мети (продуктового результату) процесу.

Оптимізація процесної моделі як і вибір критеріїв-спостерігачів відбувається в залежності від глобальної мети функціонування системи. Оскільки кожний процес відрізняється технологічними потребами (ресурсів, керування) та продуктовим результатом, – визначення загальної процедури оптимізації є неможливим і таким, що корегується в залежності від вимог існування системи.

Сучасні системи автоматизації виробництва відрізняються від традиційних тим, що в єдиній комп'ютерно-інтегрованій структурі реалізується управління технологічними процесами, технологічними комплексами, виробництвами та підприємствами.

Список літератури

1. *Сущенко Г.А.* Автоматизоване управління технологічним комплексом очистки дифузійного соку з урахуванням взаємодії підсистем: Автореферат дисертації кандидата технічних наук по напрямку 05.13.07.; К.: 1998.– 16с.
2. *Луцкая Н.Н., Ладанок А.П.* Использование оптимальных регуляторов для многомерных технологических объектов // Проблемы управления и информатики. – 2007. – № 2. – с. 56–63.
3. *Jalote P.* Software Project Management in Practice\ Addison Wesley, 2002, p. 288.

Аннотация

В работе рассмотрены особенности разработки компьютерно-интегрированного управления пищевых производств и систем автоматизации технологических процессов. Рассматривается процедура процессного моделирования как варианта системной интеграции компьютерно-интегрированного управления.

The summary

The features of development of computer-integrated management of food productions and systems of automation of technological processes are considered. Procedure of process design is examined as a variant of system integration of computer-integrated management.