

КОНЦЕПТУАЛЬНІ ОСНОВИ РОЗРОБКИ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ АЛГОРИТМІВ УПРАВЛІННЯ БРАГОРЕКТИФІКАЦІЙНОЮ УСТАНОВКОЮ

Д.О. Стеценко, аспірант

Я.В. Смітюх, кандидат технічних наук

Національний університет харчових технологій

У статті розглянуто брагоректифікаційну установку як об'єкт управління, що працює в умовах невизначеності. Проведено класифікацію невизначеностей та їх основну характеристику, а також вплив на якість регулювання. Запропоновано пояснення основних алгоритмів нечіткої логіки, таких як Мамдані, Цукамото. Обґрунтована доцільність вибору інтелектуальних алгоритмів нечітких регуляторів в спиртовій промисловості.

Невизначеність, брагоректифікаційна установка (БРУ), об'єкт управління, нечітка логіка, нечіткі підмножини.

З точки зору аналізу та синтезу систем автоматизованого управління (САУ), брагоректифікаційні установки (БРУ) спиртових заводів є складними об'єктами управління (ОУ), що характеризуються багатомірністю, багатозв'язністю та нестаціонарністю і розглядаються як об'єкти з послідовно-паралельною структурою [1].

Процеси брагоректифікації є багатовимірними, так їх стан характеризується трьома полями: полем концентрації, полем температури і полем тиску. Тобто процеси в колонах БРУ є процесами багатокомпонентної ректифікації [1].

Властивість багатозв'язності БРУ проявляється в складному взаємозв'язку управляючих параметрів та вихідних змінних стану [3]. Підтримка необхідних режимів роботи БРУ потребує врахування узгодженості

управління регулюємими змінними, оскільки зміна однієї вхідної величини в більшості випадків приводить до зміни всіх або декількох вихідних змінних. Така властивість відносить БРУ до класу багатозв'язних об'єктів управління. Виходячи з вказаної властивості при синтезі системи управління необхідно врахувати можливість виділення ведучих керуючих змінних технологічного процесу (ТП) ректифікації спирту (параметрів порядку) [3].

Мета досліджень – обґрунтовані концептуальні основи інтелектуальних алгоритмів управління брагоректифікаційною установкою.

Методика досліджень. Змінні, що однозначно визначають стан процесів, які проходять у брагоректифікаційних установках, діляться на вхідні (незалежні), які формують режими колон, і вихідні (залежні), які відображають стан об'єктів:

- збурення по вмісту спирту в живленні колон суттєво впливають на зміну температури, тиску, складу рідинної та парової фази в колонах. Компенсувати таке збурення можливо за рахунок зміни витрати пари на колони. Певною "позитивною" особливістю є те, що збурення по вмісту спирту в живленні колон змінюється порівняно повільно;

- збурення по температурі живлення колон, як і попередньо розглянуте, змінюється порівняно повільно, але все таки вносить суттєвий вплив на процеси брагоректифікації, тобто якщо живлення не нагріте до температури кипіння, то в зоні тарілки живлення збільшується конденсація парів, а в нижній частині колони рідинний потік.

Вказані зміни приводять до небажаних змін тиску в колоні та температури і в зв'язку з цим змін концентрації спирту та домішок в нижній частині колони. В такій ситуації необхідно змінювати витрату пари в колону, що суттєво погіршує економічні показники процесу брагоректифікації [1].

Як показала практика використання САУ БРУ в окремих випадках, за умов дотримання технологічного регламенту та ритмічної роботи ОУ, досягаються стабільно – якісні характеристики готового продукту.

Результати досліджень. Нестабільність роботи БРУ зумовлюється рядом невизначеностей, які виникають на ОУ [4] (рис 1).

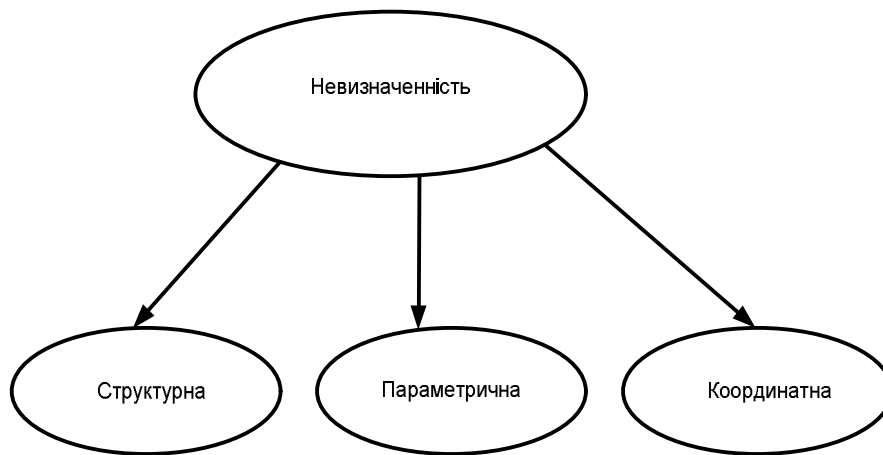


Рис. 1. Структурна схема невизначенностей присутніх на БРУ

Структурна невизначеність відображає неможливість задавання розмірностей моделі, що точно відповідає властивостям моделюємого об'єкта-оригіналу, т.т. порядку її диференціальних або різницевих рівнянь, розмірності простору станів. Її можна задати використанням у моделях ланок чистого запізнювання[4].

Параметрична невизначеність відображує неможливість точного задавання коефіцієнтів диференціальних (різницевих) рівнянь[4]. Її можна задати у вигляді діючих на канал неконтрольованих параметричних збурень.

Координатна невизначеність відображує неможливість одержання точних значень вимірюваних змінних (координат). Її можна задати у вигляді шумів вимірювання, що діють аддитивно вимірюваним змінним. Моделі шумів вимірювання часто представляють у вигляді гауссовського білого шуму або корельованих шумів з швидкопадаючою експонентною кореляційною характеристикою (функцією).

Невизначеності моделей вхідних впливів, пов'язані з неможливістю точного опису впливу середовища на ОУ, насамперед, через велику кількість і складність вимірювання впливів відображують введенням у модель еквівалентних неконтрольованих координатних збурень, аддитивних керуючим або керованим змінним (координатам) [4]. Велика кількість складових у неконтрольованих координатних збурюваннях і їхнє перетворення інерційними каналами об'єкта керування дозволяє часто прийняти модель впливів у вигляді випадкового гауссовського процесу. Широко використовувані при аналізі САУ

моделі вхідних впливів у вигляді східчастої зміни вхідних сигналів також є "захисною" реакцією практики на цю невизначеність. Східчастий вплив є найбільш несприятливим для САУ із всіх обмежених по величині вхідних впливів.

У реальних умовах властивості ОУ й координатних збурень є нестационарними, що вказує на наявність параметричних збурень, але виявлення й наступний контроль всіх причин нестационарності практично неможливий. Практично неможливо також зібрати статистичні дані про ці збурення. Для цього необхідно вирішити проблему поточної параметричної ідентифікації моделей і організації досить тривалих спостережень, тому що для "наших умов" спектральний склад параметричних збурень є значно більше низькочастотним у порівнянні зі спектральним складом координатних збурень. Це дозволяє прийняти гіпотезу (припущення) про сталість значень параметричних збурень на відрізках часу, довжина яких достатня для загасання перехідних процесів в САУ, викликаних координатними збуреннями й, виходить, квазістационарності властивостей каналів перетворення впливів ОУ на цих відрізках часу. Квазістационарність властивостей каналів ОУ дає можливість досліджувати САУ, як стационарну (з "замороженими" параметрами), але при цьому необхідно багаторазове повторення досліджень для різних значень коефіцієнтів [4].

Спектральний склад $\bar{f}_{нр}$ є набагато більше високочастотним, ніж спектральний склад $\bar{f}_{мо}$. Тими ж співвідношеннями можна охарактеризувати $\bar{f}_{кр}$ й $\bar{f}_{ко}$. Спектральний склад \bar{y}_p буде більше високочастотний, чим спектральний склад \bar{y}_o .

Облік невизначеностей, з одного боку, ускладнює моделі, однак, одночасно дозволяє істотно спростити функції, що описують, за рахунок скорочення їхньої розмірності й спрощення процедури їхнього одержання [4].

Дати якісь загальні обґрунтовані оцінки співвідношення трудомісткості одержання моделей досить певних та істотно невизначених навряд чи можна. Однак практичний досвід показує, що в останньому випадку витрати всіх видів

ресурсів для одержання моделі значно менше. Головна перевага моделей з невизначеностями - якісно більш точний опис процесів з невизначеностями, що дозволяють більш точно оцінити потенційні можливості САУ, вибрати необхідні алгоритми керування, у тому числі алгоритми керування, що передбачають часткове, поточне розкриття невизначеностей, що присутні в складному ОУ такому як БРУ [1].

Для формування алгоритмів управління з урахуванням умов невизначеності доцільно використати апарат нечітких множин [2], що базується на основі якісного аналізу, а саме для їх побудови можуть бути використані такі алгоритми:

1. Алгоритм Мамдані:

Математично алгоритм Мамдані, для управління БРУ може бути описаний таким чином:

1. На етапі введення нечіткості знаходяться ступені істинності для передумов кожного правила:

$$A_1(x_0), A_2(x_0), B_1(x_0), B_2(x_0). \quad (1)$$

2. У процесі логічного виведення знаходяться рівні «відсічення» для передумов кожного з правил (з використанням операції \min):

$\alpha_1 = A_1(x_0) \wedge B_1(y_0)$, де через " \wedge " позначена операція логічного мінімуму (\min) [2]. $\alpha_2 = A_2(x_0) \wedge B_2(y_0)$

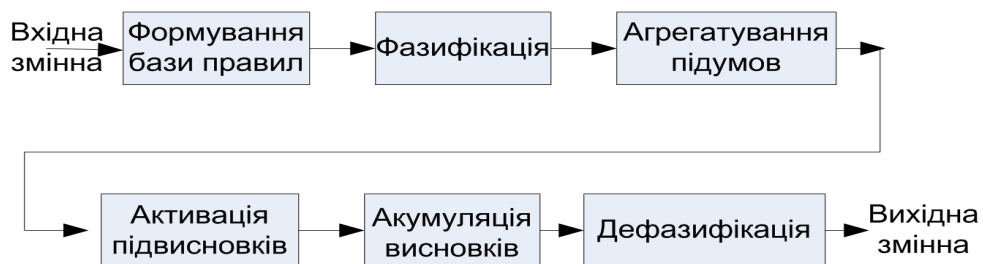


Рис. 2. Діаграма алгоритмів Мамдані

3. Знаходяться «відсічені» функції належності:

$$\begin{aligned} C_1' &= (\alpha_1 \wedge C_1(z)); \\ C_2' &= (\alpha_2 \wedge C_2(z)). \end{aligned} \quad (2)$$

4. Композиція (або інакше агрегація). Проводиться об'єднання знайдених усічених функцій з використанням операції \max (позначається як «

\vee »), що приводить до отримання нечіткої підмножини результату для змінної виходу із функцією належності:

$$\mu_{\Sigma}(z) = C(z) = C_1'(z) \vee C_2'(z) = (\alpha_1 \wedge C_1(z)) \vee (\alpha_2 \wedge C_2(z)). \quad (3)$$

5. Приведення до чіткості виконується методом центру тяжіння області.

2. Алгоритм Tsukamoto.

У цьому алгоритмі[2] передбачається, що функції $C_1(z), C_2(z)$ є монотонними.

1. Введення нечіткості виконується аналогічно, як в алгоритмі Mamdani.

2. У процесі логічного виведення спочатку також знаходяться рівні «відсічення» для передумов кожного з правил, як і в алгоритмі Mamdani, тобто визначаються α_1 і α_2 , а потім розв'язанням рівнянь:

$$\alpha_1 = C_1(z_1) \text{ і } \alpha_2 = C_2(z_2)$$

визначаються чіткі значення (z_1 і z_2) для кожного початкового правила

3. У процесі дефазифікації визначається чітке значення змінної висновку (як зважене середнє z_1 і z_2):

$$z_0 = \frac{\alpha_1 z_1 + \alpha_2 z_2}{\alpha_1 + \alpha_2}, \quad (4)$$

або в загальному випадку для n правил згідно з дискретним варіантом методу центру тяжіння області (COM):

$$z_0 = \frac{\sum_{i=1}^n \alpha_i z_i}{\sum_{i=1}^n \alpha_i}. \quad (5)$$

3. Алгоритм Larsen'a

1. Введення нечіткості виконується також аналогічно, як в алгоритмі Mamdani;

2. Нечіткий висновок. Спочатку, аналогічно, як в алгоритмі Mamdani (рис 2), знаходяться значення: $\alpha_1 = A_1(x_0) \wedge B_1(y_0)$, $\alpha_2 = A_2(x_0) \wedge B_2(y_0)$, а потім визначаються окремі нечіткі підмножини:

$$\alpha_1(C_1(z)) \text{ і } \alpha_2(C_2(z)).$$

3. В алгоритмі Larsen'a нечітка імплікація моделюється з використанням оператора множення. Результуюча нечітка підмножина знаходиться за формулою:

$$\mu_{\Sigma}(z) = C(z) = (\alpha_1 C_1(z)) \vee (\alpha_2 C_2(z)) \quad (6)$$

або для загального випадку n правил визначаємо за формулою:

$$\mu_{\Sigma}(z) = C(z) = \bigvee_{i=1}^n (\alpha_i C_i(z)). \quad (7)$$

4. Приведення до чіткості проводиться з використанням одного з відомих методів, частіше за все аналогічно, як у раніше розглянутих алгоритмах, використовується метод центру тяжіння області [2].

Висновок

Такий підхід дозволить реалізувати гнучкі алгоритми з урахуванням різних видів невизначеності поведінки об'єкта управління. Та забезпечити реалізацію бажаних стратегій функціонування брагоректифікаційної установки.

Список літератури

1. Мандельштейн М.Л. Автоматические системы управления технологическим процессом брагоректификации / М.Л. Мандельштейн М.: Пищевая промышленность, 1975. – 240 с.
2. Кишенько В.Д. Интеллектуальные системы: Конспект лекцій з дисципліни «Интеллектуальные системы» для студ. специальностей / В.Д. Кишенько б. 092500 « Автоматизовані системи управління технологічними процесами».
3. Смітюх Я.В. Дослідження процесу брагоректифікації з позицій синергетичного підходу керування / Смітюх Я.В., Кишенько В.Д. Харчова промисловість.– 2004. – №3. – С.142.
4. Никифоров В.О., Слита О.В., Ушаков А.В. Интеллектуальное управление в условиях неопределенности. / В.О. Никифоров, О.В. Слита, А.В. Ушаков . Учебное пособие.СПб: СПбГУ ИТМО, 2011. – 226 с.

В статье рассмотрено брагоректификационную установку как объект, который функционирует в условиях неопределённости. Проведена классификация неопределенностей и их основную характеристику а также влияние на качество регулирования. Предложено объяснение основных алгоритмов нечеткой логики, как Мамдани, Цукамото. Обоснована целесообразность выбора интеллектуальных алгоритмов нечетких регуляторов в спиртовой промышленности.

Неопределенность, брагоректификационная установка (БРУ), объект управления, нечеткая логика, нечеткие подмножества.

In the article bragorektifikatsionnyu installation as an entity that operates in an environment of uncertainty. The classification of uncertainties and their main characteristics and the impact on the quality of regulation. An explanation of the basic algorithms of fuzzy logic, as Mamdani, Tsukamoto. The expediency of intelligent algorithms to choose the fuzzy controllers in the alcohol industry.

The uncertainty brahorektyfikatsiyna unit (BRU), facility management, fuzzy logic, fuzzy subsets.