

Системи управління технологічними процесами в умовах багатовекторності вимог

А.І. Жученко¹, Л.Д. Ярощук¹, Т.В. Макаров¹

Abstract – The article investigates problem of developing control systems under the influence of sustainable development and other concepts. The authors propose their own scheme of control systems. The working methods of such system are considered as an example of soda production. The conclusion on the feasibility of its use is made.

Ключові слова – Система управління, Сталій розвиток, Кальцинована сода, Аналіз ієрархій, Саати, SCADA.

I. ВСТУП

Сучасне суспільство підійшло до тієї стадії розвитку, коли постає необхідність враховувати прояви глобалізації у різних її аспектах: економічному, екологічному та соціальному. Це розглянуто, зокрема, в концепції сталого розвитку.

Задачею роботи є дослідження шляхів врахування вимог, які висунуто у нормативних, законодавчих та дорадчих документах різноманітних організацій при формуванні алгоритмів керування технологічними процесами.

II. ОСНОВНА ЧАСТИНА

Для дослідження поставлених задач доцільно використати приклад виробництва кальцинованої соди.

Відомо, що для нього характерні викиди шкідливих речовин в навколишнє середовище. Серед них – дистилерна суспензія (розчин хлоридів кальцію і натрію, гідроксиду і сульфату кальцію), аміак та двоокис вуглецю.

Сода дуже важлива для України, а це відповідає економічному напрямку сталого розвитку. Виробництво кальцинованої соди продукує багато викидів в довкілля, а це зачіпає екологічний вектор сталого розвитку. Соціальний напрямок сталого розвитку охоплює це виробництво, оскільки у місцях свого розташування заводи є чи не найголовнішими підприємствами населених пунктів. Вони забезпечують населення роботою. Тож добробут тамтешніх жителів залежить від добробуту підприємства. Отже, наш приклад тісно пов'язаний з усіма аспектами сталого розвитку.

Розглянемо викиди содового виробництва з позиції документів. Найперше слід послатися на Київський протокол до Рамкової конвенції про зміну клімату та Гетеборзький протокол про боротьбу з підкисленням, евтрофікацією та приземним озоном до Конвенції про трансграничне забруднення повітря на великі відстані. Інші документи [1] також підкреслюють необхідність зменшення викидів, поліпшення життя людей.

Застосування положень сталого розвитку при автоматизації може бути досягнуто створенням SCADA системи, де на верхньому рівні відбувається коригування завдань для регуляторів нижчого рівня на основі висновків із значень індексів сталого розвитку рівня виробництва чи підприємства та тенденцій зміни таких індексів. Індеси формуються з показників стану навколишнього середовища, що надходять з інформаційної підсистеми системи управління, а також з урахуванням економічної і соціальної доцільності. На відміну від традиційних систем, в цій особливе місце буде займати спеціальна база даних (БД).

На рис. 1 зображена схема послідовності дій на кожному етапі роботи системи управління.



Рис. 1. Схема послідовності дій у системі управління.

База даних в такій системі містить документи сталого розвитку (та інші, пов'язані з проблемою глобалізації завдань екології), нормативні акти підприємства тощо. Нові документи будуть доповнювати БД в міру їх надходження. Кожен документ належить до певного класу задач (соціальний, економічний або екологічний клас). Для кожного класу задач слід підібрати критерій оптимальності. Для содового виробництва, наприклад, економічно вигідним було б оптимальне використання енергетичних ресурсів, екологічно вигідним – зниження викидів шкідливих речовин, соціально вигідним – збільшення продуктивності виробництва (збільшить кількість і прибутки працівників). Якщо один і той же документ стосуватиметься різних класів, його можна

¹ Національний технічний університет України «КПІ», пр-т Перемоги, 37, Київ, 03056, УКРАЇНА, E-mail: vicleon@i.ua

розбити на декілька частин. Крім того, треба з'ясувати чинність кожного документа (у них може закінчитися термін дії, вони можуть бути затверджені міжнародними деклараціями, але не ратифіковані в Україні). Для розрахунків недіючі документи використовувати не слід.

Також у супервізорі може бути створена додаткова БД з даними технологічного регламенту та інформацією про стан параметрів виробництва. Така БД буде доцільна для реалізації диспетчеризації виробництва.

Очевидно, що деякі документи мають більш важливий характер, а якісь технологічно неможливо виконати. Тобто, в систему управління слід закласти механізм визначення ступеня важливості кожного документа для конкретного виробництва. Постає питання про те, який критерій оптимальності використовувати. Автори пропонують використовувати метод аналізу ієрархій (метод Сааті). За допомогою залучених експертів складасмо матрицю парних порівнянь важливості кожного з документів:

$$A = (a_{ij})_{n \times n} = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{pmatrix}, \quad (1)$$

де A – матриця парних порівнянь, a_{ij} – елемент цієї матриці, який виражає собою число, що показує у скільки разів вага об'єкта A_i більше ваги об'єкта A_j .

Усі елементи матриці парних порівнянь A (1) повинні бути позитивні ($a_{ij} > 0$). Слід покласти всі діагональні елементи матриці рівними одиниці ($a_{ii} = 1$ для всіх номерів $i, j = 1, 2, \dots, n$), а всі елементи, розташовані нижче головної діагоналі, обчислити на основі властивості зворотної симетричності ($a_{ij} = 1/a_{ji}$ для всіх номерів $i, j = 1, 2, \dots, n$), використовуючи елементи, розташовані вище головної діагоналі, що отримані від експерта. Тоді від експерта необхідно отримати тільки результат порівняння об'єктів, що міститься в $n(n-1)/2$ елементах матриці A .

Для матриці A повинна виконуватися властивість сумісності. Як правило, вона виявляється не виконаною. Тому Т. Сааті, ввів спеціальний числовий показник, що називають індексом сумісності, який оцінює «ступінь невиконання» властивості сумісності:

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n-1}, \quad (2)$$

де CI – ступінь сумісності, λ_{\max} – максимальне власне значення матриці A .

Обробка експертної інформації передбачає забезпечення ступеня сумісності (2) для A не більше 0,1.

Далі, застосовуючи відповідні чисельні методи, обчислюється максимальне власне значення λ_{\max} матриці A (розраховується максимальний дійсний корінь алгебраїчного рівняння n -го ступеня $\det(A - \lambda E) = 0$), обчислюється власний вектор ω :

$$A\omega = \lambda_{\max} \omega. \quad (3)$$

Власне, ω (3) буде вектором ваг важливості документів.

Для зручності ваги нормують діленням кожної компоненти вектора на суму всіх компонент [2].

Пропонується задачу перетворити в багатокритеріальну через використання ваг, знайдених за методом Сааті. Для цього можна проводити розрахунок завдань для локальних регуляторів за кожним з критеріїв, після чого, множити ваговий коефіцієнт на отримане за відповідним критерієм оптимальності завдання. Далі підсумовуємо ці значення і отримуємо остаточне значення завдання.

У супервізорі за методом Сааті роблять розрахунок вагових коефіцієнтів для кожного класу задач. Ці коефіцієнти надходять в локальні контролери.

У локальних системах, згідно з розробленими для кожної системи критерієм оптимальності та обмежень, роблять розрахунок завдань для регуляторів окремо за кожним класом задач. Далі відбувається їх множення на відповідний ваговий коефіцієнт, отриманий від супервізора, і підсумовування. Отримане значення завдання відправляємо на регулятор, який виробляє керуючий вплив.

Можлива ситуація, коли для локальної системи не можна підібрати критерій оптимальності за всіма класами задач. Наприклад, завжди буде складно сформулювати критерій оптимальності та обмеження для соціальних задач. Експертні методи повинні допомогти і тут.

На етапі пуску та налагодження системи треба використати імітаційне моделювання, зокрема, подавати розраховане завдання не безпосередньо на регулятор, а на модель об'єкта управління. Для порівняння на ту ж модель доцільно подати завдання, розраховані для кожного класу задач окремо. При цьому проводиться порівняння якості роботи системи при різних способах отримання завдання. Така робота з імітаційної моделлю дає можливість перевірити систему на працездатність. Експерти при цьому отримують можливість переглянути, яким чином краще корегувати матрицю порівнянь важливості документів.

III. ВИСНОВОК

Згідно описаного вище способу не буде досягнуто виконання вимог кожного документа, якщо тільки він не виявиться абсолютно домінуючим або ж критерій для різних класів співпадуть. Буде досягнуто оптимальний варіант для багатокритеріальної задачі. Глобалізація економіки, технології та екології ставить перед суспільством саме такі задачі. Автори вважають, що запропонований підхід можна ефективно використовувати для впровадження концепції сталого розвитку та інших концепцій у реальне життя.

IV. ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

- [1] ООН и устойчивое развитие: <http://www.un.org/ru/development/sustainable/>.
[2] В. Д. Ногин, «Принятие решений при многих критериях» – СПб.: «ЮТАС», 2007.