

УДК 681.513.8

АЛГОРИТМИ КООРДИНАЦІЇ ПІДСИСТЕМ ТЕХНОЛОГІЧНИХ КОМПЛЕКСІВ З ВИКОРИСТАННЯМ ЕТАЛОННИХ МОДЕЛЕЙ

Д.А. Шумигай*
Контактний тел.: 093-762-41-78

А.П. Ладанюк
Доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри*
Контактний тел.: 067-729-46-77
E-mail: Ladanyuk@nuft.edu.ua
*Кафедра автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій
Національний університет харчових технологій
вул. Володимирська, 68, м. Київ, Україна, 01601

В статті розглядається підхід до вибору методу та алгоритму координації підсистем технологічних комплексів. Описані основні особливості процедур координації з використанням еталонних моделей в підсистемах.

Ключові слова: алгоритми координації, еталонна модель, підсистеми технологічного комплексу

В статье рассматривается подход к выбору метода и алгоритма координации подсистем технологических комплексов. Описаны основные особенности процедур координации с использованием эталонных моделей в подсистемах.

Ключевые слова: алгоритмы координации, эталонная модель, подсистемы технологического комплекса

The approach to the choice of the method and coordination algorithm of subsystems of technological complexes is considered. The main features of the coordination procedure with the use of reference model in the subsystems are described

Key words: coordination algorithm, reference model, subsystems of technological complex

Вступ

В системах автоматизації технологічних комплексів виникає об'єктивна необхідність узгодження (координації) функціонування окремих підсистем. З позиції системного аналізу координація може здійснюватись за рахунок прогнозування або узгодження взаємодії підсистем, що забезпечує виконання умови

$$E_{TK} = \sum_{i=1}^n E_i \rightarrow \max \quad (1)$$

де E_{TK} , E_i - відповідно ефективність технологічного комплексу та окремих підсистем, N - кількість підсистем.

Для багаторівневої технологічної системи міжрівнева та внутрішньорівнева координація відрізняється рівнем організації взаємодії [1]:

- координація за цілями. Система управління вищого рівня може встановлювати для підсистеми нижчого рівня цілі функціонування та показники, які її характеризують, із завданням їх кількісних значень на плановий період, тобто цільова функція підсистеми формується вищим рівнем;

- координація за обмеженнями. У цьому випадку на ряд параметрів у точках сполучення підсистем встановлюються обмеження системою управління вищого

рівня. Ці обмеження задаються з системних позицій і враховують цілі й обмеження підсистем;

- координація в часі (синхронізація роботи підсистем);
- координація за вхідними або вихідними параметрами.

Можна виділити також різні види координуючих впливів:

- інтегральна координація (слабка), коли для кожної підсистеми задається плановий показник K на певний період часу T і різні обмеження (нормативи) на матеріальні та енергетичні потоки:

$$\int_0^T [z(t) - z^*] dt \leq K \quad (2)$$

де $z(t), z^*$ - відповідно стан системи в момент часу t та оптимальний стан;

- чітка координація (жорстка), коли для координуючого параметра K в кожний момент часу виставляється вимога дотримання рівності $K(t) = K$;

- інтервальна координація, яка вимагає лише приналежності координуючого параметра до заданого інтервалу

$$K(t) \in [K_{min}, K_{max}] \quad (3)$$

- лінгвістична координація, при якій здійснюється видача нечітких координуючих впливів на при-

родній мові. Важливим питанням є і вибір принципу координації: прогнозованої взаємодії, збалансованої взаємодії, оціненої взаємодії, координуючий принцип навантажувального типу та координуючий принцип коаліційного типу. В переважній більшості систем управління технологічними комплексами відсутні підсистеми координації.

Постановка задачі

В статті розглядається підхід до вибору методу та алгоритму координації підсистем технологічних комплексів (ТК), які складаються з N підсистем, кожна з яких має значні матеріальні, енергетичні та інформаційні потоки (ТК цукрових, спиртових заводів та інш. з неперервною технологією).

Відомі в технічній літературі алгоритми та процедури координації не враховують змінюваних параметрів технологічних об'єктів, значних запізнювань в передачі сигналів, змінюваних умов та режимів роботи.

В сучасній теорії управління використовуються комплексні підходи, які направлені на підвищення ефективності процесів управління як окремими технологічними об'єктами, так і комплексами в цілому. Наприклад, ефективним є поєднання адаптивного та робастного управління, виконання умов інваріантності щодо основних збурень, а також координація роботи підсистем з урахуванням наведених можливостей та чинників. Таким чином доцільно розглянути системи автоматизації окремих технологічних об'єктів, які в подальшому об'єднуються в одну структуру з використанням інтелектуальних підходів. Одним з підходів до автоматизації ТК з координацією підсистем є використання еталонних моделей.

Методика та результати дослідження

Для побудови структури управління використовується метод декомпозиції, що дозволяє розглядати ТК як сукупність підсистем. З точки зору задач управління в складі ТК існує оптимальна кількість підсистем: при збільшенні їх числа задача управління кожною підсистемою спрощується, але значно зростають витрати на координацію їх роботи. Для кожної з підсистем знаходяться оптимальні значення, вважаючи, що управління, оптимальне за критеріями ефективності для кожної з підсистем, є також оптимальним для ТК в цілому (1).

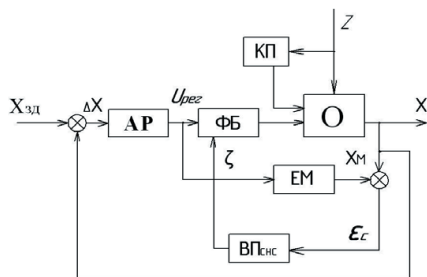


Рис. 1. Структура АСЕМ

Для технологічного об'єкта узагальнена структура адаптивної системи з еталонною моделлю (АСЕМ) вклю-

чає еталонну модель ЕМ в явному виді [2]. Вихід моделі X_м порівнюється з координатою X, а різниця між ними ε_с поступає на виконавчий пристрій самонастроювання ВПнс, на виході якого формується вектор параметрів ζ. Цей вектор використовується у функціональному блоці ФБ. АСЕМ функціонує так: сигнал автоматичного регулятора U_{рег} поступає на об'єкт через ФБ і на еталонну модель ЕМ. На розрахунковому режимі властивості об'єкта та еталонної моделі співпадають, тому X=X_м, а сигнал похибки ε_с=0. В цьому випадку коефіцієнт передачі ФБ дорівнює одиниці, і сигнал регулятора U_{рег} без змін поступає на вхід об'єкта. При зміні властивостей об'єкта X_м≠X, ε_с≠0 і вектор параметрів ζ поступає на ФБ, який змінює вихідний сигнал регулятора так, щоб повернути систему в початковий стан, коли X=X_м, ε_с=0. В таких системах додатково компенсується збурення Z, для чого вводитьься компенсуючий пристрій КП. Ця система використовується при невеликих розмірностях X.

Методи сучасної теорії управління використовують математичні моделі в координатах стану:

$$\begin{cases} \dot{x} = Ax + Bu \\ y = Cx \end{cases} \quad (4)$$

де x - координати стану; \dot{x} - похідна вектора координат стану; y - вектор вихідних змінних; u - керування; A, B, C - матриці.

Як правило, еталонні моделі використовуються в адаптивних системах, які мають невелику розмірність щодо векторів стану управління та виходів. Для задачі координації в межах ТК еталонними моделями можуть бути: передатні функції, диференціальні рівняння, частотні характеристики тощо. Наприклад [3]:

$$\begin{aligned} \dot{x}_{mi} &= A_{mi}x_{mi}(t) + B_{mi}r_i(t), \quad y_{mi} = L_i x_{mi}, \\ x_{mi}(t_0) &= x_{mi0}, \quad i = \overline{1, k}, \end{aligned} \quad (5)$$

де $x_{mi} \in R^{n_i}$, $r_i(t) \in R^{m_i}$; r_i(t) - вектори завдання, елементами котрих є частинно-неперервні обмежені функції; A_{mi} - гурвіцеві матриці; L_i=[1,0,...,0].

В задачах координації підсистем ТК використовуються ітераційні алгоритми, які дають можливість на кожній ітерації отримати покращений результат.

При технічній реалізації алгоритмів використовуються такі процедури [4]:

- рішення задачі координації повинно гарантувати розв'язок загальної задачі управління ТК в результаті розв'язання підзадач нижнього рівня, тому процедури координації необхідно визначати, виходячи із загальної мети та показників ефективності роботи ТК в цілому;

- для формування процедур координації необхідно мати адекватні математичні моделі підсистем, або використовувати процедури їх ідентифікації в умовах існуючих збурень;

- задача управління ТК в цілому є складною, і навіть за умов використання сучасних ЕОМ та обчислювальних мереж, часто доцільно отримувати часткові рішення в умовах дефіциту машинного часу. Це може бути проміжна ітерація, рішення на якій забезпечує суттєве підвищення ефективності роботи ТК. За цих умов в будь-якій точці допустимої області значень змінних необхідно визначити оцінки змінних взає-

модії підсистем в напрямку найбільшого зростання показника ефективності ТК.

Основними особливостями таких процедур координації є:

- на кожній ітерації передбачається найбільше зростання показника ефективності ТК в умовах урахування зв'язків між підсистемами;

- проміжні результати на кожній ітерації задовольняють існуючим обмеженням і можуть бути основою для визначення управлінь, які відповідають кращим значенням загального показника ефективності ТК в порівнянні з попередніми ітераціями;

- задача координації для ТК розв'язується на основі математичних моделей підсистем, тобто не потрібна складна та громіздка модель для ТК.

Ітераційний алгоритм враховує попередні вимоги до процедур координації, працює таким чином:

- для кожної з підсистем визначається набір координат стану та змінних взаємодії довільно, виходячи з обмежень в межах технологічного режиму;

- незалежно одна від другої розв'язуються локальні задачі оптимізації підсистем з використанням даних, які отримано раніше. Передбачається, що для кожної з підсистем існує задача оптимізації зі своїми критеріями, моделями та обмеженнями;

- при існуючих обмеженнях та математичних моделях визначається функція ефективності для всього ТК;

- формується вектор змінних взаємодії підсистем;

- оцінюється функція ефективності ТК з отриманими значеннями змінних взаємодії підсистем;

- перевіряються умови зупинки процедур координації. Якщо

$$I_{TK}^{(n)} - I_{TK}^{(n-1)} \leq \epsilon \tag{6}$$

де n – крок ітерації, ϵ – константа, робота алгоритма припиняється;

- при невиконанні умови (6) здійснюється нова ітерація, в противному випадку змінні взаємодії підсистем вважаються оптимальними.

При розробці та реалізації алгоритмів координації для конкретних ТК виникає ряд додаткових особливостей та умов. Для прискорення процесу збіжності доцільно в кожній наступній ітерації крок змінних взаємодії зменшувати вдвічі.

Наведений алгоритм розроблено в припущенні, що для кожної з координуємих підсистем виконується умова:

$$\dim(U_i) \geq \dim(Y_i), \tag{7}$$

тобто кількість управляючих діянь більша кількості вихідних змінних взаємодії підсистем. Для різних ТК ця умова в загальному випадку не виконується (кількість управляючих діянь менша кількості вихідних змінних взаємодії підсистем). Це може призвести до того, що підзадачі нижнього рівня будуть некоординуємими відносно координатора, оскільки в цих підсистемах управління U_i буде однозначно визначатись вхідними та вихідними змінними.

Також ефективним засобом підвищення якості координації підсистем є використання функцій належності, що дає можливість уникнути обмежень, котрі виникають при класичних продукційних процесах. Для

кожного конкретного об'єкта задається своя функція належності. При цьому вона може приймати числові значення в діапазоні

$$0 \leq \mu_A(u_i) \leq 1 \tag{8}$$

Під нечіткою ціллю мається на увазі ціль, котру можна описати як нечітку множину у відповідному просторі. Нехай X – задана множина альтернатив. Тоді нечітка ціль, чи просто ціль, G буде визначатися фіксованою нечіткою множиною G в X . Так само нечітке обмеження, чи просто обмеження, C в просторі X визначається як деяка нечітка множина в X . І ціль, і обмеження розглядаються як нечіткі множини в просторі альтернатив; це дає можливість не робити між ними різниці при формуванні рішення.

Проблема прийняття рішення в нечітких умовах інтерпретується як комплексний вплив нечіткої цілі G та нечіткого обмеження C на вибір альтернатив і характеризується перетином $G \times C$, котрий і формує нечітку множину рішень D , тобто

$$D = G \times C \tag{9}$$

Функція належності для множин рішень задається відношенням

$$\mu_D(x) = \mu_G(x) \wedge \mu_C(x) \tag{10}$$

тобто

$$\mu_D(x) = \min(\mu_G(x), \mu_C(x)) \tag{11}$$

Висновок

Для умов технологічних комплексів неперервного типу показана можливість використання алгоритмів координації підсистем з еталонними моделями.

Для окремих підсистем алгоритми координації використовують адаптивні системи з еталонною моделлю. Для розв'язання задачі координації в межах ТК еталонна модель задається у вигляді залежностей координат стану управлінь та виходів. Для ТК неперервного типу алгоритми координації доцільно розробляти на основі апарату нечітких множин з використанням функцій належності.

Література

1. Алтуний, А.Е. Модели и алгоритмы принятия решений в нечетких условиях / А.Е. Алтуний, М.В. Семухин; Тюменский государственный университет. - Тюмень: ТГУ, 2000. - 352 с.
2. Ладанюк, А.П. Курс лекцій з дисципліни «Теорія автоматичного керування» / А.П. Ладанюк; Нац. університет харчових технологій. – Вінниця: Нова книга, 2004. – 184 с.
3. Паршева, Е.А. Адаптивное децентрализованное управление многосвязными объектами / Е.А. Паршева // Автоматика и телемеханика. – 2001. - №2. – С. 135-148.
4. Ладанюк, А.П. Основы системного анализа / А.П. Ладанюк; Нац. університет харчових технологій. – Вінниця: Нова книга, 2004. – 174 с.