

УДК 621.396.662.072.078

Комарова Л.О., к.ф.-м.н (Державний університет телекомунікацій)

Мешков С.І. (Военно-дипломатична академія Міноборони України)

Стец О.С., к.т.н. (ТОВ «АТРАКОМ»)

МЕТОДИКА СТРУКТУРНОГО СИНТЕЗУ МОДЕЛІ КОНТРОЛЬОВАНОГО ОБ'ЄКТА ЗА ДОПОМОГОЮ ДЕКОМПОЗИЦІЇ МОДЕЛІ

Комарова Л.О., Мешков С.І., Стец О.С. **Методика структурного синтезу моделі контрольованого об'єкта за допомогою декомпозиції моделі.** Досліджено актуальні проблеми визначення об'єкта управління для моделі системи управління (СУ). Запропоновано методику визначення об'єкта управління для моделі СУ TMN за допомогою декомпозиції моделі.

Ключові слова: система управління, методика, критерій, декомпозиція моделі, TMN

Комарова Л.А., Мешков С.І., Стец А.С. **Методика структурного синтезу моделі контролюемого об'єкта с помощью декомпозиции модели.** Исследованы актуальные проблемы определения объекта управления для модели системы управления (СУ). Предложена методика определения объекта управления для модели СУ TMN с помощью декомпозиции модели.

Ключевые слова: система управления, методика, критерий, декомпозиция модели, TMN

Komarova L.O., Mieshkov S.I., Stets O.S. **Methodology of structural synthesis of model of the controlled object for help decoupling to model.** The issues of the day of determination of object of management for the model of the system of management (SM) are investigational. Methodology of determination of management object is offered for the model of SM TMN by means of decoupling of model.

Keywords: system management, methodology, criterion, model decoupling, TMN

На відміну від систем автоматичного регулювання високоточні та якісні системи управління (СУ) працюють за складними критеріями якості, які дають змогу реалізувати в СУ оптимальний процес. Структура моделі об'єкта управління визначає вид і характер зв'язку між входами (X і U) і виходами (Y) моделі об'єкта [1].

В більшості випадків об'єкт розглядається як “чорний ящик”, про внутрішній склад якого нічого не відомо, і модель представляється багатополісником з невідомою структурою.

На стадії структурного синтезу моделі використовується додаткова інформація про об'єкт як про систему взаємодіючих елементів. Наприклад, такий об'єкт управління, як автоматична телефонна станція (АТС), являє собою систему взаємодіючих комутаційних пристроїв; технологічний процес – систему взаємодіючих операцій; організм – систему взаємодіючих органів; а колектив – систему взаємодіючих членів цього колективу і т.д.

Інформація про подібні структурні особливості об'єкта і є початковою для декомпозиції моделі об'єкта, тобто для “розщеплення” моделі на взаємодіючі елементи, що відображають складну багатоелементну структуру об'єкта.

Приклад такої декомпозиції показаний на Рис. 1, де модель із трьома входами й трьома виходами представлена п'ятьма більш простими елементами 1...5.

Зміст декомпозиції полягає в тому, щоб, скориставшись апріорними відомостями про структуру об'єкта, спростити задачу синтезу моделі. Це

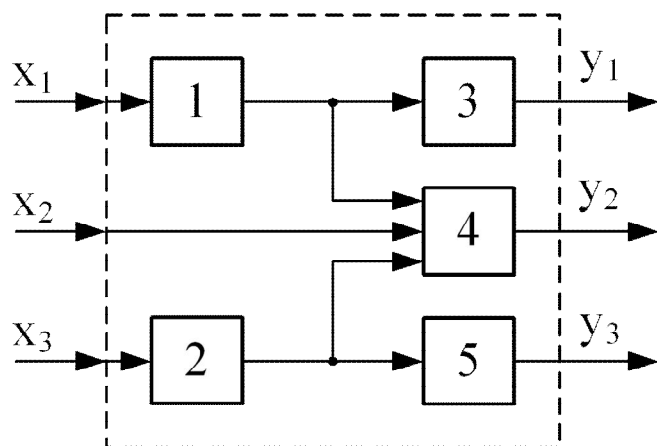


Рис.1. Приклад декомпозиції моделі

спрощення може йти по двох напрямках. З одного боку, кожний елемент декомпозиційної системи простіше первинної (не деком-позиційної) системи, що полегшує синтез моделі цього елемента та, в остаточному результаті, моделі всього об'єкта. З іншого боку, спростити задачу синтезу можна незалежно від складності елементів, зменшивши число входів-виходів кожного елемента в порівнянні з вихідним об'єктом моделі [2, 3].

Складність моделі як “чорного ящика” визначається чисельною мірою. В основі цієї міри покладено трудомісткість синтезу моделі, тобто витрати, які необхідні для створення моделі. Складність на стадії аналізу (стадії “чорного ящика”) повинна враховувати лише число входів n і виходів m моделі (для спрощення розрахунків управляємі й неуправляємі входи розрізнятись не будуть). Нехай складність має вигляд

$$L=L(n, m). \quad (1)$$

Щодо виду цієї функції можна сформулювати наступні вимоги. По-перше, вона повинна монотонно зростати по n і m . По-друге, число входів n , як правило, сильніше впливає на складність, чим число виходів. І останнє: цю функцію можна вважати адитивною, тобто якщо об'єкт складається з декількох g підсистем, то її складність дорівнює сумі складностей цих підсистем, тобто

$$L = \sum_{i=1}^g L_i, \quad (2)$$

де L_i – складність i -ї підсистеми первинного об'єкта. (при великому g це твердження невірне, тому що складна система не є сума своїх частин.

Вираз (2) не враховує труднощів, пов'язаних з поділом об'єкта на його складові. Всім цим вимогам задовольняє наступний вираз:

$$L = n^\gamma m, \quad (3)$$

де $\gamma > 1$, тому що число входів сильніше впливає на складність, ніж число виходів.

Величину γ варто визначати залежно від того, у скільки разів збільшується трудомісткість синтезу моделі при збільшенні числа її входів на одиницю. Нехай трудомісткість збільшилася в p разів, тоді з (3) маємо:

$$(n+1)^\gamma m = pn^\gamma m,$$

звідки легко одержати вираз для показника γ :

$$\gamma = \lg p / \lg(n + \frac{1}{n}). \quad (4)$$

Застосовуючи цю формулу для прикладу декомпозиції моделі, показаної на Рис. 1, одержуємо для первинної системи

$$L = 3^\gamma \cdot 3 = 3^{\gamma+1},$$

а для декомпозиційної

$$L_D = \sum_{i=1}^5 L_i = 1+1+1+3^\gamma + 1 = 4+3^\gamma.$$

Як видно, $L > L_D$ навіть при $\gamma = 1$, $L=9$, а $L_D=7$. При невідомому γ його можна вважати рівним одиниці, що дає явно занижену оцінку складності L .

Процес декомпозиції моделі можна розглядати як процес мінімізації її складності, тобто як рішення наступної мінімізаційної задачі:

$$L_D \rightarrow \min_{D \in \{D\}} \Rightarrow D^*, \quad (5)$$

де D – операція декомпозиції; $\{D\}$ – множина припустимих даним об'єктом декомпозицій; D^* – оптимальна декомпозиція, мінімізуюча складність L декомповованої системи.

Застосувавши формулу (3) до декомпозиції, що не опирається на апріорні відомості про структуру об'єкта на Рис. 2, одержуємо:

$$L_D = \sum_{i=1}^m L_i = \sum_{i=1}^m n^{\gamma} \cdot 1 = n^{\gamma} m,$$

тобто складність декомповованої системи не зменшилася в порівнянні з первинною L , тому що така декомпозиція відображає лише можливість подання векторної моделі $Y=F(X)$ у скалярній формі

$$y_i = f_i(X), i=1, \dots, m, \quad (6)$$

що не спрощує задачу.

Однак, якщо з апріорних відомостей про об'єкт відомо, що деякі виходи y_i в (6) не

залежать від деяких входів, то облік цієї інформації в процесі такої декомпозиції зменшує складність декомповованої системи, тобто $L_D < L$. В цьому випадку

$$L_D = \sum_{i=1}^m n_i^{\gamma},$$

тобто $L_D < L$, де n_i – число входів i -го елемента декомповованої моделі ($n_i \leq n$).

Приклад декомпозиції об'єкта на два різних елементи N різними способами показаний на Рис. 3. Це означає, що множина $\{D\}$ складається з N варіантів, причому для різних варіантів декомпозиції числа k і q приймають різні значення.

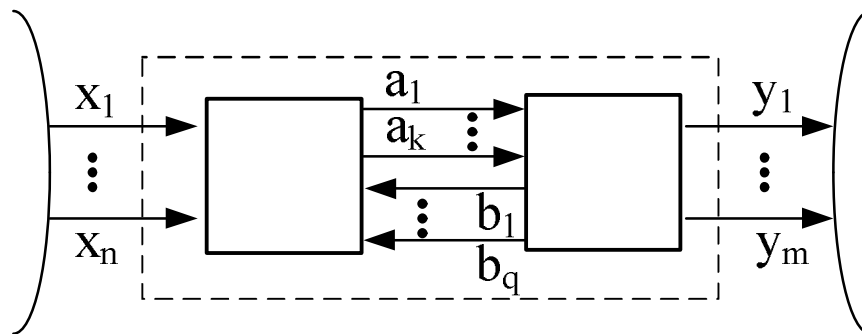


Рис. 3. Приклад декомпозиції на два елемента

Очевидно, що успішною декомпозицією варто вважати ту, у якій ці числа мінімальні. Дійсно, з (2) і (3) одержуємо для задачі

$$L(k, q) = (n + q)^{\gamma} k + k^{\gamma} (m + q) \rightarrow \min_{\{D\}} \Rightarrow D^*.$$

Оптимальною декомпозицією D^* з $\{D\}$ буде та, котра мінімізує $L(k, q)$.

Нехай D_i – i -а декомпозиція, що визначається двома числами:

$$D_i = \langle k_i, q_i \rangle, \quad i=1, \dots, N.$$

Рішення поставленої задачі має вигляд $D^*=D_l$, якщо

$$L(k_l, q_l) = \min_{i=1, \dots, N} \{L(k_i, q_i)\}.$$

Таким чином, ціль декомпозиції моделі складається у спрощенні наступного синтезу моделі об'єкта шляхом її “розщеплення” на більш прості елементи. Цей процес обов'язково повинен супроводжуватись з урахуванням апріорної інформації про структурні особливості об'єкта.

У результаті декомпозиції об'єкта на g елементів задача синтезу моделі об'єкта зводиться до g задач синтезу моделі кожного елемента, тобто до більш простих задач.

Процес декомпозиції можна (а іноді й доцільно) застосувати й до отриманих елементів, декомпозуючи їх на більш дрібні складові. Однак цей процес доцільно закінчувати на певній стадії, коли подальше дроблення об'єкта лише ускладнює задачу. На рис. 4,а показано залежність числа елементів і їхньої складності від рівня декомпозиції.

Зі збільшенням рівня декомпозиції складність кожного елемента зменшується не настільки інтенсивно, що й приводить до збільшення складності декомпозиційного об'єкта рис. 4,б. Оптимальна декомпозиція мінімізує складність декомпозиційної системи.

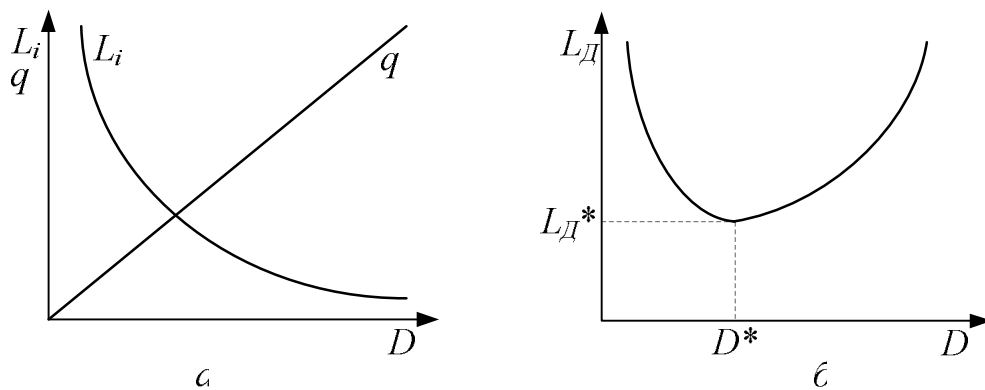


Рис. 4. Вплив рівня декомпозиції на складність елементів L_i та q – (а), та на складність декомпозиційного об'єкта – (б)

За допомогою декомпозиції первинний $(n \times m)$ -поліусник (“чорний ящик”) удається звести до набору більш простих “чорних шухлядок”, щоб на наступній стадії структурного синтезу визначити тільки їхню структуру. Сам по собі процес декомпозиції зводиться, таким чином, до визначення елементів об'єкта й установленню взаємозв'язку цих елементів в об'єкті.

Література

1. Стеклов В.К. Проекування телекомунікаційних мереж : підручник для ВНЗ / В.К. Стеклов, Л.Н. Беркман. – К.: Техніка, 2002. – 792 с.
2. Стеклов В.К. Оптимізація та моделювання пристроїв і систем зв'язку : підручник для ВНЗ / В.К. Стеклов, Л.Н. Беркман, Є.В. Кільчицький. – К.: Техніка, 2004. – 576 с.
3. Стеклов В.К. Теорія електричного зв'язку : підручник / В.К. Стеклов, Л.Н. Беркман. – К.: Техніка, 2006. – 548 с.