

УДК 331.264:519.85



П.Д. Федунець,
Одеський національний
політехнічний
університет
e-mail: fedunecp@ukr.net

СИСТЕМНА ІНТЕГРАЦІЯ СКЛАДОВИХ ЧАСТИН СТРАТЕГІЧНО ОПТИМАЛЬНОГО КЕРУВАННЯ ДИНАМІЧНИМ ОБ'ЄКТОМ

П.Д. Федунець Системна інтеграція складових частин стратегічно оптимального керування динамічним об'єктом. Відокремлені основні складові частини стратегічно оптимального керування динамічним об'єктом для їх цілеспрямованого об'єднання в напрямку визначення та подальшого використання стратегії оптимального керування

P.D. Fedunets. System integration of strategic optimization of management by a dynamic object..

Basic component parts are separated strategically optimal management a dynamic object for their purposeful association in direction of determination and further use strategically of optimal managem

Вступ. Проблема системної інтеграції складових частин будь-якої системи в одне ціле з метою отримання прояву синергії об'єднання у подальшому використанні системи є загальновідомою у тому розумінні, що її розв'язання потребує, як правило, значних зусиль великої кількості зацікавлених осіб у створенні системи. При цьому, як відомо, об'єднання в одне ціле його частин передбачає і пошук або ж створення цих частин, і визначення їх властивостей та відношень між ними, і підбір працівників для об'єднання частин в одне ціле, і планування їх роботи, і організацію співпраці в напрямку створення системи, і виконання планових завдань, і контроль виконання планових завдань, і своєчасного реагування на випадки невиконання планових завдань, і врахування ризиків можливого невиконання завдань, і забезпечення працівників знаряддями праці, планами та умовами їх виконання, і врахування потреби працівників у їжі, дахові над головою та у їх фінансовому забезпеченні, а також у відпочинку та у відновленні їх працездатності.

Однією із складових частин розв'язанні проблеми системної інтеграції складових частин в одне ціле є врахування постійно існуючих змін та обмежень доступу до ресурсів. Якщо ж йдеться мова про системну

© П.Д. Федунець, 2015

інтеграцію складових частин стратегічно оптимального керування динамічним об'єктом, тоді виникає потреба врахування і динаміки об'єкту, і створення системи керування динамічним об'єктом, і оптимізації керування у зв'язку з існуючими обмеженнями на доступ до об'єкту та на формування і реалізацію керуючих впливів на об'єкт керування.

Аналіз останніх досліджень та публікацій на обрану тему.

Проблема системної інтеграції складових частин системи в одне ціле виникає перед кожним дослідником під час створення будь-якої системи. Тому розв'язанням цієї проблеми займався майже кожен науковець. На обрану тему існує велика кількість друкованих видань таких авторів як Берталанфі Л.фон., Ешбі У.Р., Садовський В.Н., Фалб П, Атанс М., Понтрягін Л.В., Алексеев В.М., Тихомиров В.М., Фомін С.В. та інші [1-5].

Отримані ними результати є видатними і такими, що допускають використання в різних сферах людської діяльності. Разом з тим продовжують існувати проблеми системної інтеграції в нових умовах. Це стосується, у тому числі, і до застосування системної інтеграції в машинобудуванні.

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми

Проблеми системної інтеграції продовжує існувати, наприклад, для України, яка прагне до об'єднання з ЄС і рухається в цьому напрямку. Ця ж проблема продовжує існувати і під час розробки систем автоматизованого або автоматичного керування різними динамічними об'єктами. Залишається не до кінця розв'язаною і проблема оптимізації керування динамічними об'єктами.

Метою даної публікації є постановка проблеми системної інтеграції складових частин стратегічно оптимального керування динамічним об'єктом на основі відокремлення цих частин, а також на основі формулювання задачі стратегічно оптимального керування динамічним об'єктом та визначення методів її розв'язання.

Виклад основного матеріалу досліджень.

В якості основної складової частини стратегічно оптимального керування динамічним об'єктом розглядається математична модель стратегічно оптимального керування динамічним об'єктом, стан якого поетапно змінюється в залежності від використання того або ж іншого виконавчого механізму із числа допустимих впродовж одного із етапів управління. При цьому вважається відомим, що на кожному із N етапів стратегічно оптимального управління динаміка об'єкту задається векторним диференціальним рівнянням,

$$\dot{x} = f_k(t, x, u), \quad (1)$$

в якому вектор $x=(x_1, \dots, x_m)$ параметричних характеристик поточного стану об'єкту вважається залежним від вектору $u=(u_1, \dots, u_s)$ і векторної функції f_k , вигляд і значення якої визначаються задіяним виконавчим механізмом з номером k , обраним за потребою із резерву. До того ж вважається відомим, що на етапові з номером k існує можливість вибору одного із множини M_k резервних виконавчих механізмів одного і того ж призначення: $M_k=\{VM_1, \dots, VM_{sk}\}$.

Керування вважається стратегічно оптимальним у тому випадку, коли на кожному із етапів розгортки $u(t)$ у часі функції керування кількісні характеристики $J_0^k, J_1^k, \dots, J_{ks}^k$ якості ведення динамічних змін відповідають вимогам

$$J_0^k \rightarrow \min, J_1^k \leq 0, \dots, J_{ks}^k \leq 0, \quad (2)$$

де витратно-доходні зв'язки кількісних характеристик J_r з розгортанням у часі параметричних характеристик $x(t)$ і функції $u(t)$ мають вигляд

$$J_r^k = \int_{t_{k-1}}^{t_k} \varphi_r^k(t, x(t), u(t)) dt + \psi_r^k(t_{k-1}, t_k, x(t_{k-1}), x(t_k)).$$

Крім цього вектор x фазових координат і вектор u управління мають бути обмеженими у відповідності з вимогою (3)

$$x \in X \subseteq R^m, u \in U \subseteq \bar{U}. \quad (3)$$

При цьому обмеженнями (3) відтворюються практично існуючі вимоги до параметричних характеристик поточного стану об'єкту керування і керівних впливів на об'єкт.

Потрібно звернути увагу на те, що під знаком інтегралу зафіксовані темпи зростання доходів від діяльності системи з керуванням, а друга складова параметру J_r^k відтворює, умовно кажучи, інвестиційні вклади на початку кожного етапу керування і доходи від завершення відповідного етапу керування.

Додатково вважається відомим, що в моменти часу t_k відбувається практично миттєва зміна виконавчого механізму на основі вибору одного із готових до їх використання на першу вимогу центру керування.

Задача стратегічно оптимального керування має таке формулювання.

На основі наведеної інформації про зв'язки керування з керованим динамічним об'єктом знайти таку функцію $u(t)$ керування динамічним об'єктом (1) і залежність від часу $x(t)$ його параметричних характеристик з урахуванням обмежень (3) і права вибору виконавчого механізму в

кожний з моментів t_k часу, для якої виконуються умови (2) його стратегічної оптимальності.

Отриманий розв'язок $x^*(t), u^*(t)$ сформульованої задачі носить назву стратегічно оптимального керування. Відносно нього доведена теорема, яка носить назву необхідних умов стратегічної оптимальності керування. Вона має наступне формулювання.

Якщо $x^*(t), u^*(t)$ є стратегічно оптимальним процесом керування динамічним об'єктом (1), а векторні функції $f^r : G_r \times \tilde{U} \times \tilde{N}_g \rightarrow R^{n_x}$ і $\varphi_s^r : G_r \times \tilde{U} \times \tilde{N}_g \rightarrow R, s = 0, 1, \dots, k_r$, та їх частинні похідні по x неперервні в $G_r \times \tilde{U} \times \tilde{N}_g$ а функції $\psi_s^r : W_r \rightarrow R, s = 0, 1, \dots, k_r$, - неперервно диференційовані в W_r , де символами G_r, W_r позначені відкриті множини в просторах $R \times R^{n_x}$ та $R \times R^{n_x} \times R \times R^{n_x}$, а символами \tilde{U} та \tilde{N}_g топологічні простори керівних рішень,

тоді знайдеться послідовність множників Лагранжа

$$\lambda^r = (\lambda_0^r, \lambda_1^r, \dots, \lambda_{k_r}^r), p^r(\zeta) = (p_1^r(\zeta), \dots, p_{k_r}^r(\zeta)),$$

які для кожного $r=1, \dots, KI$ не дорівнюють одночасно нулю і такі, що

а) виконана умова узгодженості знаків

$$\lambda_s^r \geq 0; \quad (4)$$

б) виконані умови стаціонарності і принцип мінімуму для функції Лагранжа:

по $x(\cdot)$ умова стаціонарності $(L_{rx}(\zeta) = 0)$

$$-\frac{d}{dt} L_{rx}(\zeta) + L_{rx}(\zeta), \quad (5)$$

$$L_{rx}(\zeta) = (-1)^v \lambda_{k_r}, \quad v=0, 1, \dots, KI; \quad (6)$$

по $u(\cdot)$ принцип мінімуму в лагранжовій формі

$$\square L_{\square r}(\zeta) \cong L_{\square r}(\zeta, x(\zeta), (x'(\zeta)), u(\zeta), u_{r_s}(\zeta)), v, u_{r_s}(\zeta), (7)$$

або ж в гамільтоновій (понтрягінській) формі у вигляді принципу максимуму

$$H_r(\zeta) \equiv H_r(\zeta, x(\zeta), u(\zeta), u_{r_s}(\zeta), p(\zeta)) \equiv \max_{v \in \tilde{U}} [H_r(\zeta,]x(\zeta), v, u_{r_s}(\zeta), p(\zeta)); \quad (8)$$

при цьому функції $H_r(\zeta)$ неперервні на відрізкові і ця ж неперервність продовжується на кожен із наступних членів послідовності H_1, H_2, \dots, H_{k_r} ;

по t_r умови стаціонарності

$$L_{rt_k} = 0, \quad k=1, \dots, KI; \quad (9)$$

в) виконані умови доповнюючої не жорсткості

$$J_s^r(x(\cdot), u(\cdot), t_1(r-1), t_r) = 0, \quad s = 0, 1, \dots, k_r; \quad (10)$$

г) виконані умови мінімальності базових показників оптимальності

$$J_0^*(x(t), u(t), t_{r-1}, t_r) = \min_{v \in U} [J_0^*(x(\cdot), u(\cdot), v, t_{r-1}, t_r)]. \quad (11)$$

Відносно термінології та позначень функцій Лагранжа, Гамільтона та Понтрягіна і похідних відмітимо, що вони практично повністю повторюють позначення монографії [5] за виключенням додаткової прив'язки до етапів стратегічної оптимальності керування. Щодо доведення теореми відмітимо, що воно практично повністю повторює обґрунтування твердження, яке міститься у названій монографії.

Теоремою об'єднані в одне ціле перераховані частини стратегічно оптимального керування динамічним об'єктом і таким чином виконана частина його системної інтеграції. Логічним продовженням системної інтеграції є застосування необхідних ознак стратегічної оптимальності керування для отримання законів керування з подальшою реалізацією цих законів через використання технічних пристроїв, датчиків стану об'єкту керування, виконавчих механізмів, перетворювачів керівних рішень або вказівок у керівні впливи на виконавчі механізми, а також організація оберненого зв'язку датчиків стану об'єкту з керуючою частиною системи зі стратегічно оптимальним керуванням динамічним об'єктом. Крім цього системною інтеграцією складових частин має бути передбачена наявність зовнішніх збурень, які у загальному випадку надходять із зовнішнього оточення і не завжди передбачувано заважають виконувати призначення окремими частинами системи зі стратегічно оптимальним керуванням динамічним об'єктом.

Зупинимось на перерахуванні основних складових частин, які підлягають системній інтеграції при розробці стратегічно оптимального керування динамічним об'єктом, функціонування якого моделі (1). По-перше, це об'єкт керування (ОК), По-друге, це виконавчі механізми (ВМ), за допомогою яких реалізується керівний вплив на ОК. По-третє, це множина (МПР) приводів виконавчих механізмів. Основною складовою частиною системи стратегічно оптимального керування є керівний орган (КОРГ), основне призначення якого полягає в формуванні керівних впливів на ОК, які через приводи із множини МПР надходять до ОК за рахунок дії ВМ на нього. Крім названих складових частин відокремлюються множина (МДАТ) датчиків стану ОК і пристрій (ППЕР) передачі сигналів датчиків на елемент (ЕПОР) порівняння поточного стану ОК з наперед заданим формувачем (ФОРМ) заданого стану ОК. Вихід ЕПОР, який є також входом КОРГ, надходить до керівного органу, де відбувається аналіз відхилень, а також збурень та керівних вказівок від вищого контролюючого органу (ВКОРГ). Робота керівного

органу відбувається в умовах зовнішніх збурень, які зароджуються в джерелі (ДЖЗБ) збурень.

Якщо мати на увазі вище наведену модель (1)-(3), то передбачається, що ця модель відтворює і стан ОК, і формування керівних впливів, які мають властивість бути стратегічно оптимальними у вище наведеному розумінні і які через рівняння (1) мають кількісний зв'язок з параметричними характеристиками стану ОК, і обмеження (3) як на параметричні характеристики стану ОК, так і на керівні впливи.

Головне полягає в тому, що системна інтеграція передбачає об'єднання в одне ціле вище названих складових частин за допомогою відтворення існуючих зв'язків між названими частинами стратегічно оптимального керування динамічним об'єктом (1).

Для реалізації системної інтеграції залишається використати теорему для визначення залежності від часу керівних впливів, визначити їх і далі реалізувати усі залежності, про які йшла мова. На спрощених прикладах задача стратегічно оптимального керування розв'язана.

Висновки з даного дослідження і перспективи подальших розвідок у даному напрямку.

Перший висновок полягає в тому, що проблема системної інтеграції складових частин стратегічно оптимального керування динамічним об'єктом на основі відокремлення цих частин, а також на основі формулювання задачі стратегічно оптимального керування динамічним об'єктом та визначення методів її розв'язання сформульована і основні складові частини цього керування визначені.

Перспектива подальших розвідок у даному напрямку полягає в можливостях подальшого застосування ідеї стратегічної оптимізації керування не тільки динамічними об'єктами, а і довгостроковими та складними проектами.

Література

1. Bertalanffy L. von. General System Theory. // General Systems. Vol. I. 1956. P. 1–10.
2. Эшби У.Р. Принципы самоорганизации // Принципы самоорганизации / Перевод с англ.; под ред. А. Я. Лернера, М.: Мир, 1966, С. 314–343.
3. Лекторский В.А., Садовский В.Н. О принципах исследования систем (в связи с общей теорией систем Л. Бергаланфи // Вопросы философии. 1960. № 8. С. 67–79.
4. Атанс М. и Фалб П. Оптимальное управление. Москва, Изд. «Машиностроение». -1968. -763 с.
5. Алексеев В.М., Тихомиров В.М., Фомин С.В. Оптимальное управление .- М.Наука. Главная редакция физико-математической литературы. 1979. –с.

Надійшла до редакції 24.01.2015