

ФОРМУВАННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СТРУКТУРИ СКЛАДНОЇ ТЕХНІЧНОЇ СИСТЕМИ

к.т.н. М.В. Грушенко, к.т.н. В.В. Косенко, к.т.н. М.І. Гіневський
(подав д.т.н., проф. Ю.В. Стасєв)

Запропоновано підхід до формування функціональної структури складної технічної системи, що враховує особливості технічних реалізацій окремих підсистем.

Вступ. При автоматизації штучно створюваних багатофункціональних процесів та систем, що функціонують в умовах, які є неповно дослідженими, широке застосування знайшла теорія проектування складних технічних систем (СТС) [1], що є багатоетапним процесом, який включає такі етапи як формування проблеми, постановка задачі, вибір та обґрунтування показників якості функціонування СТС, побудову логічної схеми (ЛС) системи, яка має можливість вибору різних варіантів, моделювання процесу функціонування СТС з метою визначення вибраних показників якості та проведення системних досліджень з метою вибору із області ефективних варіантів оптимального (можливо, раціонального або компромісного) варіанта побудови системи особою, що приймає рішення (ЛПР). При побудові ЛС СТС необхідно вирішити задачу формування можливих варіантів побудови системи, яка реалізується у вигляді наступних етапів [2]: опис потрібних функціональних якостей досліджуваної системи з метою побудови множини основних функцій СТС $F_S = \{f_{ij}\}$, $\text{card } F_S = n$; визначення множин різних альтернативних варіантів основних функцій СТС із F_S : $\forall f_i \in F_S \Rightarrow \exists V_i = \left\{ v_{i,j} \mid j = \overline{1, n_i} \right\}$, $n_i = \text{card } V_i$; визначення множин можливих, з точки зору виконання всіх вимагаємих функцій, варіантів побудови СТС, які можливо подати у вигляді ланцюжків довжини n , які містять один варіант реалізації кожної функції

$$V_S = \{u_S = \langle v_{1,\alpha_1}, \dots, v_{n,\alpha_n} \rangle\}; \quad \text{card } U_S = \prod_{i=1}^n n_i; \quad U_S = \bigtimes_{i=1}^n V_i.$$

Постановка задачі та мета дослідження. Одночасно з побудовою багатоваріантної функціональної структури СТС, що описується множиною V_S , необхідно розглянути питання технічної реалізації підсистем та елементів, характер внутрішніх зв'язків та зв'язків із зовнішнім середовищем, характер просторово-часової взаємодії. Найбільш просто дане питання вирішується

для гомогенних СТС [3], однак на практиці звичайно СТС складаються із різнотипних елементів або підсистем, тобто є гетерогенними. Для продовження системних досліджень необхідно провести аналіз можливостей технічної реалізації СТС і визначити: множину технічних елементів, що допускаються для побудови СТС: $T_S = \{t_k\}$, $\text{card } T_S = m$; множину різних модифікацій технічних елементів з T_S , допустимих при побудові СТС: $\forall t_k \in T_S \Rightarrow \exists W_k = \{w_{k,l} \mid l=1, m_k\}$, $m_k = \text{card } W_k$; загальну кількість можливих варіантів побудови СТС з врахуванням технічної реалізації.

Припустимо, що в СТС входять по одному варіанту кожної підсистеми, яка реалізує окрему функцію, а в кожний вибраний функціональний варіант можуть входити елементи того або іншого типу тільки однієї модифікації. Тоді можна визначити відображення ψ , яке враховує вигоди до технічної реалізації СТС:

$$\psi: U_S \rightarrow \prod_{k=1}^m \{W_k, R\}; \quad \psi(v_{i,\alpha_i}) = \langle (w_{1,\alpha_i,1}, q_{\alpha_i,1}), \dots, (w_{m,\alpha_i,m}, q_{\alpha_i,m,m}) \rangle,$$

де i – номер підсистеми, реалізований одним з альтернативних варіантів з номером α_i ; $q_{\alpha_i,k}$ – кількість фіксованих модифікацій технічного елемента з номером k , який вимагається для реалізації розглядаємої підсистеми.

Використовуючи введені відображення, можна визначити множину всіх теоретично можливих технічних реалізацій СТС як $\langle U_S, \psi(U_S) \rangle$, причому загальна кількість таких варіантів (потужність множини) при заданих значеннях коефіцієнтів $q_{\alpha_i,k}$ дорівнює

$$N_\Sigma = \prod_{i=1}^n n_i \cdot \left(m \cdot \sum_{k=1}^m m_k \right)^m.$$

Таким чином, для більшості СТС значення N_Σ є настільки великим, що не дозволить при моделюванні системи призвести повний перебір всіх теоретично можливих варіантів технічної реалізації. Зменшимо значення N_Σ шляхом звуження області образів відображень ψ за допомогою критерію "практичної доцільності" [4]: із множини кортежів $\psi(v_{i,\alpha_i})$ виключаються нереалізовані технічно або важко реалізуємі варіанти, тобто розглядається нове відображення $\psi_{\text{пд}}$, таке, що $\psi_{\text{пд}}(v_{i,\alpha_i}) \subset \psi(v_{i,\alpha_i})$.

$$\text{Тоді } N_\Sigma = \prod_{i=1}^n (n_i \cdot \eta_i), \text{ де } \eta_i = \text{card}(\psi_{\text{пд}}(v_{i,\alpha_i})), \eta_i \ll \left(m \sum_{k=1}^m m_k \right)^m.$$

Для рішення задач, що стоять перед СТС, можуть бути використані різноманітні варіанти побудови системи, як за функціональним принци-

пом, так і з точки зору технічної реалізації. Тому задача вибору раціонального варіанта побудови СТС зводиться до задачі вибору функціональних підсистем та технічних засобів з урахуванням визначених зв'язків на основі вибраних оптимальних параметрів, що задовольняють описаним обмеженням. Відносно повний облік параметрів СТС, що визначають якісні характеристики її функціонування, призводить до невиправданого ускладнення критеріальних функцій. Тому далі визначимо множину векторів основних параметрів $Q = \{\bar{q} = (q_1, \dots, q_p)\}$, де p – число основних параметрів СТС та введемо на множині Q критеріальне відображення: $\xi: Q \rightarrow R^p$; $\xi(\bar{q}) = \bar{\xi}_q \in R^p$. При умові, що зовнішні умови, які впливають на функціонування СТС, відомі та фіксовані, векторний критерій $\bar{\xi}_q$ є функцією тільки проектних параметрів q_i . Тоді задача оптимального проектування зводиться до знаходження вектора $\bar{q}^{(opt)}$:

$$\bar{q}^{(opt)} \in \arg \operatorname{opt}_{\bar{q} \in Q} \xi(\bar{q}); \arg \operatorname{opt}_{\bar{q} \in Q} \xi(\bar{q}) = \left\{ \bar{q} \in Q \mid Q(\bar{q}) = \operatorname{opt}_{\bar{q} \in Q} \xi(\bar{q}) \right\}.$$

Обмеження, накладені на СТС, визначають область допустимих рішень $Q_d \subset Q$. Якщо $\bar{q}^{(opt)} \in Q_d$, то оптимальний варіант знайдено. В іншому випадку можливе використання метода Лагранжа, який припускає перетворення системи координат в просторі проектних параметрів з метою обліку обмежень у знову формуемій функції Лагранжа. Для цього вихідна критеріальна функція приводиться до канонічного вигляду [1] $\xi = \sum_{i=1}^p \alpha_i \gamma_i^2$, тобто визначається оператор переходу \tilde{Z} від $\bar{q} = (q_1, \dots, q_p)$ до $\bar{\gamma} = (\gamma_1, \dots, \gamma_p)$ з вектором особистих значень $\bar{\alpha} = (\alpha_1, \dots, \alpha_p)$ та множиною особистих векторів $V = \{v_{ij}\}$. Для кожного j -го обмеження будується лагранжیان

$$L(\bar{\gamma}, \bar{\lambda}) = \sum_{i=1}^p \alpha_i \gamma_i^2 + \lambda_j \left(\sum_{i=1}^p v_{ij} \cdot \gamma_i - q_j^{(0)} \right), \quad i, j \in \overline{1, p},$$

екстремуми якого визначаються із системи рівнянь:

$$\begin{cases} \frac{\partial L}{\partial \gamma_i} = 2\alpha_i \gamma_i + \lambda_j v_{ij} = 0; \\ \frac{\partial L}{\partial \lambda_j} = \sum_{i=1}^p v_{ij} \gamma_i - q_j^{(0)} = 0. \end{cases} \quad (1)$$

Рішення системи рівнянь (1) знаходиться в явному вигляді:

$$\gamma_i = -\frac{\lambda_j \cdot v_{ij}}{2\alpha_i} \Rightarrow \lambda_j \cdot \left(\sum_{i=1}^p v_{ij}^2 / \alpha_i \right) = -q_j^{(0)} \Rightarrow \tilde{\gamma}_i^{(j)} = -q_j^{(0)} / \sum_{k=1}^p \tilde{v}_{kj}^2 / \tilde{\alpha}_k,$$

де $\tilde{\gamma}_i^{(j)}$ – і-та координата j-ої точки; $\tilde{\alpha}_k = \alpha_k / \alpha_i$; $\tilde{v}_{kj} = v_{kj} / v_{ij}$.

Серед усіх отриманих умовно оптимальних точок $\tilde{\gamma}^{(j)}$ вибирається та, на якій критеріальна функція ξ досягає оптимального значення

$$\tilde{\gamma}^{(opt)} \in \arg \text{opt} \sum_{i=1}^p \alpha_i \left(\tilde{\gamma}_i^{(j)} \right)^2.$$

Висновок. Отже, перехід до старої системи координат здійснюється за допомогою оператора $\tilde{Z}^{-1} : \tilde{q}^{(opt)} = \tilde{Z}^{-1}(\tilde{\gamma}^{(opt)})$, а варіант сформованої функціональної структури СТС, яка відповідає одержаному вектору значень основних параметрів, з урахуванням вищеописаних вимог можна розглядати при проектуванні системи як оптимальний.

ЛІТЕРАТУРА

1. Саркисян С.А., Ахундов В.М., Минаев Э. *Большие технические системы.* – М.: Наука, 1977. – 350 с.
2. Дубов Ю.А., Травкин С.Н., Якимец В.Н. *Многокритериальные модели формирования и выбора вариантов системы.* – М.: Наука, 1986. – 285 с.
3. Чумаченко И.В., Косенко В.В. *Оптимизация алгоритмического обеспечения в задачах преобразования информации // Системы обработки информации.* – Х.: НАНУ, ПАНМ, ХВУ. – 2002. – Вып. 1(17). – С. 248 – 252.

Надійшла 6.08.2004

ГРУШЕНКО Михайло Вікторович, канд. техн. наук, начальник навчального відділу Харківського університету Повітряних Сил. В 1988 році закінчив Военну академію зв'язку. Область наукових інтересів – завадозахищеність авіаційних радіоліній.

КОСЕНКО Віктор Васильович, канд. техн. наук, начальник ІОЦ Харківського університету Повітряних Сил. У 1982 році закінчив Харківське ВВКІУ. Область наукових інтересів – управління процесами в інформаційних системах.

ГІНЕВСЬКИЙ Михайло Іванович, канд. техн. наук, ст. наук. співробітник, начальник ІОЦ Харківського військового університету. У 1969 році закінчив Харківське ВКІУ. Область наукових інтересів – обробка інформації.