

УДК 681.5.015

СИНТЕЗ ЕЛЕМЕНТНОЇ БАЗИ MES-СИСТЕМИ*Принь А., Синяк Ю.**Харківський національний автомобільно-дорожній університет*

Синтез елементної бази відноситься до задач функціонально-планувального проектування. Функції технологічного процесу визначають вхідні дані для вибору програмно-технічного забезпечення, що впливає на зручність, кількість робочих операцій, надійність функціонування. Прикладом можуть бути MES технологій (Manufacturing Execution System – система виконання виробництва), що поєднують розрізнені "шматочки автоматизації" технологічного процесу [1]. Використовуючи дані рівнів планування й контролю, MES-системи управляють поточною виробничою діяльністю відповідно до замовлень, вимог конструкторської й технологічної документації, станом устаткування, з метою максимальної ефективності й мінімальної вартості виконання технологічного процесу.

Аналіз публікацій [2] щодо проектування MES-систем показує, що принципи системного синтезу використовувалися не в повній мірі. Також не в повній мірі застосовано методи математичного моделювання та автоматизованого проектування, дискретного програмування, багатокритеріальної оцінки та оптимізації для вибору структури, її блоків, та елементів. Комплексним визначенням узгоджених значень показників, включаючи загальні показники ефективності управління, а також часткові показники структури, процесів функціонування інформації, можливо розробити якісний проект. Задача синтезу проектування MES-систем ускладнюється багатомірністю характеристик, які мають елементи СУ.

Загальне завдання синтезу MES-систем полягає у наступному. Відомо:

- множина типів MES-систем - $ПТК = \{ПТК^e\}, \overline{e=1, e'}$;
- множина видів у кожному типі MES-систем $ПТК^e = \{ПТК_n^e\}, \overline{n=1, n^e}$;

- множина різних елементів MES-систем $ES = \{ES^m\}, m=1, m';$
- множина різних типів елементів MES-систем $ES^m = \{ES_o^m\}, o=1, o';$
- множина різних видів у кожному типі елементів MES-систем $ES_o^m = \{ES_{ow}^m\}, w=1, w'.$

Введемо змінні $X_{en} = \{0;1\}$, де $X_{en} = 1$, якщо обрана MES-система e -го типу n -го виду, $X_{en} = 0$ у протилежному випадку; $\tilde{X}_{mow} = \{0;1\}$, де $\tilde{X}_{mow} = 1$, якщо m -й елемент СУ обраний o -го типу w -го виду, $\tilde{X}_{mow} = 0$ у протилежному випадку.

Необхідно визначити тип і вид MES-системи, елементів СУ за обраними критеріями і обмеженням.

Частковими критеріями можуть бути:

- мінімальна вартість:

$$C = \min \sum_{e=1}^{e'} \sum_{n=1}^{n'} X_{en} \left(\sum_{m=1}^{m'} \sum_{o=1}^{o'} \sum_{w=1}^{w'} C_{mow} \tilde{X}_{mow} \right), \quad (1)$$

де C_{mow} - вартість m -того елемента СУ o -того типу w -ого виду,

- максимальна надійність елементів СУ:

$$N = \max \sum_{e=1}^{e'} \sum_{n=1}^{n'} X_{en} \left(\sum_{m=1}^{m'} \sum_{o=1}^{o'} \sum_{w=1}^{w'} N_{mow} \tilde{X}_{mow} \right), \quad (2)$$

де N_{mow} - надійність m -го елемента СУ o -го типу w -ого виду.

Під надійністю розуміється наробіток на відмову елементів MES-системи.

Складові в дужках рівнянь (1) - (2) характеризують оцінку і вибір елементів - мікроконтролер (МК), модулі сполучення, виконавчі пристрої та вимірювальні перетворювачі, сенсори, що входять до складу MES-систем.

Область припустимих рішень при виборі MES-систем визначається обмеженнями:

- витрати на елементи MES-системи повинні бути не більш заданих

$$\sum_{e=1}^{e'} \sum_{n=1}^{n^e} X_{en} \left(\sum_{m=1}^{m'} \sum_{o=1}^{o^m} \sum_{w=1}^{w^o} C_{mow} \tilde{X}_{mow} \right) \leq C_3, \quad (3)$$

- надійність елементів MES-системи повинна бути не менш заданого

$$\sum_{o=1}^{o^m} \sum_{w=1}^{w^o} N_{mow} \tilde{X}_{mow} \geq N_3^m; \overline{m=1, m'}, \quad (4)$$

- з множини видів і типів MES-систем може бути обрано тільки один:

$$\sum_{e=1}^{e'} \sum_{n=1}^{n^e} X_{en} = 1; \quad (5)$$

- з множини видів і типів кожного елементу MES-системи може бути обраний тільки один:

$$\sum_{o=1}^{o'} \sum_{w=1}^{w^o} \tilde{X}_{mow} = 1; \quad \forall m = \overline{1, m'}. \quad (6)$$

Розроблена модель (1) - (6) відноситься до задач дискретного програмування з булевими змінними. Рішення в загальному виді представляє складність обчислень та можливість ідентифікації деяких характеристик тільки в процесі функціонування. Необхідно провести декомпозицію: визначення функцій та структури; оцінка і вибір елементів. Запропоновано моделі синтезу елементної бази MES-системи, що у відмінності від традиційних дають можливість вести функціонально-планувальне проектування з єдиних системних і критеріальних позицій. Критерії, обмеження для вибору контролеру MES-системи представлено на рис. 3.

Показники	Критерій	Обмеження
Обсяг Flash	$VF^{MK} = \max \sum_{o=1}^{o^1} \sum_{w=1}^{w^o} VF_{ow} \tilde{X}_{ow}$	$\sum_{o=1}^{o^1} \sum_{w=1}^{w^o} VF_{ow} \tilde{X}_{ow} \leq VF_3^{MK}$
Кількість робочих координат	$KP^{MK} = \max \sum_{o=1}^{o^1} \sum_{w=1}^{w^o} KP_{ow} \tilde{X}_{ow}$	$\sum_{o=1}^{o^1} \sum_{w=1}^{w^o} KP_{ow} \tilde{X}_{ow} \leq KP_3^{MK}$
Температурний діапазон роботи	$TD^{MK} = \max \sum_{o=1}^{o^1} \sum_{w=1}^{w^o} TD_{ow} \tilde{X}_{ow}$	$\sum_{o=1}^{o^1} \sum_{w=1}^{w^o} TD_{ow} \tilde{X}_{ow} \leq TD_3^{MK}$
Споживання енергії	$EN^{MK} = \min \sum_{o=1}^{o^1} \sum_{w=1}^{w^o} EN_{ow} \tilde{X}_{ow}$	$\sum_{o=1}^{o^1} \sum_{w=1}^{w^o} EN_{ow} \tilde{X}_{ow} \geq EN_3^{MK}$
Вартість	$C^{MK} = \min \sum_{o=1}^{o^1} \sum_{w=1}^{w^o} C_{ow} \tilde{X}_{ow}$	$\sum_{o=1}^{o^1} \sum_{w=1}^{w^o} C_{ow} \tilde{X}_{ow} \leq C_3^{MK}$

Рис. 3 – Критерії та обмеження вибору МК

Синтез елементної бази за запропонованими моделями дає можливість підвищити ефективність та оперативність прийняття рішень при проектуванні MES-систем за рахунок обґрунтованого вибору її елементів.

Література

- [1] Грешилов А.А. Математические методы принятия решений. Учебное пособие. – М.: МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2014. – 647 с.
- [2] Zhong, R. Y., Xu, X., Klotz, E., & Newman, S. T. Intelligent manufacturing in the context of industry 4.0: a review //Engineering. – 2017. – V. 3. – N. 5. – P. 616-630. DOI: <https://doi.org/10.1016/J.ENG.2017.05.015>
- [3] Kletti J. Manufacturing Execution System-MES. – Springer Science & Business Media, 2007, 272 p. ISBN 978-3-540-49744-8, DOI: 10.1007/978-3-540-49744-8.
- [4] Нефьодов Л.И. Обобщенная модель системного синтеза автоматической трансмиссии / Л.И. Нефьодов, А.А. Осьмачко, Восточно-Европейский журнал передовых технологий 6/4 (42) 2009 г., с. 10-14.