

СИНТЕЗ ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ СТРУКТУР ГВС

Вступ

Сучасні гнучкі виробничі системи (ГВС) [1] реалізують основні напрямки науково-технічного прогресу в промисловості, серед яких найбільш вагомими є інтеграція управління, розробка та виготовлення виробів на сучасному рівні автоматизації виробничих процесів та удосконалення методів як організації виробництва, так і його підготовки. При цьому на перший план виходять такі показники як обґрунтованість капіталовкладень, вибору обладнання та ефективність проектування, при умові, що обґрунтована номенклатура об'єктів виробництва (ОВ), які підлягають виготовленню в умовах ГВС та визначені їх маршрути руху по робочих позиціях.

В більшості випадків ГВС формуються на базі дорогого обладнання з ЧПУ, промислових роботів та групових методів виробництва, що повинно передбачати моделювання та побудову оптимального руху ОВ на робочих позиціях. Результати такого моделювання повинні в подальшому використовуватись при проектуванні ГВС будь якого рівня, а також, в залежності від формування вихідної задачі, дозволяти визначати оптимальну структуру ГВС, яка забезпечує високу ступінь використання основного обладнання, або знаходити такий варіант, який забезпечує максимальне завантаження основного обладнання в умовах існуючої структури.

Однак при моделюванні ГВС виникає питання, яку абстрактну структуру вибрати в якості її моделі. Цей вибір визначається та обумовлюється наступними обставинами: об'ємом вихідної інформації про ГВС, що проектується; необхідним ступенем деталізації кінцевих результатів дослідження.

Все це визначає в цілому рівень абстракції при виборі структури ГВС. Необхідно мати на увазі, що на кожному етапі проектування ГВС є свій ступінь абстракції і кожний етап дає цілком визначені результати, які відповідають саме цьому етапу.

Кожен з етапів проектування ГВС по своєму важливий та по своєму специфічний. Однак, найбільша увага повинна бути спрямована на ранній етап проектування, бо тут формуються основні контури майбутньої системи. Крім того, на цьому етапі визначається доцільність побудови системи та шляхи забезпечення її якісних показників.

Особливістю раннього етапу проектування ГВС є обмеженість вихідної інформації про майбутню систему, яка зазвичай складається з інформації про номенклатуру ОВ, технологічних процесів їх виготовлення

та загальних вимог до ГВС. В таких умовах доцільно отримати максимум можливого з цієї інформації, що забезпечується побудовою організаційно-технологічної структури (ОТС) ГВС та інформацією, яка її складає.

Під ОТС ГВС розуміється організація системи з окремими гнучкими виробничими модулями (ГВМ) з їх взаємодією, які визначаються розподіленням функцій та цілей, які виконуються системою. Труднощі вирішення задач синтезу ОТС ГВС пов'язані з формалізацією вимог до системи та відсутністю інформації про можливі зміни ОВ, що пред'являє до ОТС додаткові вимоги структурної та технологічної гнучкості.

Таким чином, актуальність задачі синтезу ОТС обумовлена тим, що саме на цьому етапі закладаються рішення, які дозволять зменшити капітальні витрати, поліпшити організаційні показники та поліпшити використання виробничих площ, а при внесенні цієї задачі в контур автоматизованого проектування – не тільки покращити якість проекту але і його ефективність за рахунок інтенсифікації самого процесу проектування.

Аналіз попередніх досліджень

Стратегія синтезу ОТС ГВС на основі ГВМ і покриття цієї структури серійними модулями, раніше освоєними у виробництві, припускає переважне використання багатофункціонального обладнання з ЧПУ, що дозволяє мінімізувати ОТС ГВС та забезпечити її високі технологічні показники. Зважаючи на це, основним завданням синтезу ОТС ГВС є формування такої структури системи, в основі якої лежать ГВМ і всі етапи структурного синтезу якої спрямовані на забезпечення високих, якісних показників системи не за рахунок посилення вимог до її елементів, а за рахунок найбільш повного використання її структурних можливостей та можливостей ГВМ.

Очевидно, що для реалізації такого підходу необхідно спочатку визначити склад ГВМ, які реалізують в автоматичному режимі виготовлення виробів у відповідності до виробничої ситуації та закріпити за ними відповідні операції.

Отримані в роботі [2] основні структурні конфігурації, які мають специфічні властивості як з формальної точки зору, так і по суті їх ролі в формуванні ГВС і які можуть легко інтерпретуватися на графах та являють собою дуже розповсюджені в реальних умовах конфігурації ГВМ лягли в основу розробки методу структурного аналізу технологічних структур групових операцій [3], що забезпечує можливість визначення кількісного складу ГВМ та закріплення за ними відповідних операцій.

Таким чином, основою для структурного синтезу ОТС є перетворення у відповідності до прийнятої концепції системного технологічного проектування ГВС [4] її технологічної моделі [5], коли кожній сукупності виділених операцій відповідає адекватний ГВМ і устанавлюється визначена супорядність зв'язків між ними.

Мета роботи

Розробка автоматизованого методу синтезу ОТС ГВС, що забезпечує синтез таких структур, які є інваріантними до можливої зміни ОВ та таких, що допускають їх розширення без перебудови вихідної структури.

Матеріал і результати дослідження

Основними елементами організаційно-технологічних структур ГВС згідно з означенням є ГВМ $GM = \{gm_i\}, i = [1, N]$, які мають наступні властивості:

- за кожним ГВМ закріплена кінцева множина технологічних операцій

$$\begin{aligned} gm_1 &= (OP_{11}, OP_{12}) \\ \dots & \dots \\ gm_l &= (OP_{l1}, OP_{l2}) \\ \dots & \dots \\ gm_k &= (OP_{k1}, OP_{k2}, OP_{k3}) \quad , \\ \dots & \dots \\ gm_i &= (OP_{i1}, OP_{i2}, \dots, OP_{ij}) \\ gm_i &= \{OP_{ij}\}, j = [1, J] \end{aligned}$$

які здійснюють переведення i -го ОВ (o_i) з одного стану в інший стан;

- кожен gm_i може бути елементом ГАЛ, ГАД або ГАЦ.

Під ОТС ГВС будемо розуміти кінцеву множину взаємозв'язаних елементів $gm_i \in GM$, яка має наступні властивості:

- будь-який елемент $gm_i \in GM$ може бути “початковим”, тобто виконувати операції, які є початковими для того або іншого o_i , або кінцевими”, тобто виконувати операції, які є кінцевими для того або іншого ОВ;
- на множині GM повинні бути реалізовані всі технологічні процеси, які відповідають $O = \{o_i\}, i = [1, J]$ - множині ОВ, для яких будується ГВС;
- кожен $gm_i \in GM$ може бути задіяний в реалізації більш ніж одного технологічного процесу;
- реалізація множини ТП $T = \{T_i\}, i = [1, M]$ на множині GM дозволяє отримати множину $o_i \in O$;
- ОТС має потенційну надлишковість по відношенню до множини заданих ОВ, яка обмежується множиною gm_i та множинами $\{OP_i\} \in gm_i$;
- зв'язки між gm_i відображають їх сумісне функціонування для досягнення кінцевої мети.

Потенційна надлишковість – гнучкість ГВС, яка характеризується різноманітністю ТП, які мають реальний сенс і які можна реалізувати на заданій множині ГВМ (GM).

Визначимо на основі означених властивостей цілі синтезу ОТС ГВС. Очевидно, що основною ціллю всіх елементів, які складають ГВС є забезпечення випуску всієї множини ОВ O в означений термін. Різноманітність множини ОВ повинна бути наслідком структурної організації ГВМ в рамках відповідної ГВС. При цьому гнучкість такої структурної організації залежить від кількості ГВМ, складу закріплених за кожним з них технологічних операцій та відповідної структури взаємозв'язків між ними. Тоді задача синтезу ОТС ГВС зводиться до створення такої організації системи з окремих ГВМ з їх взаємодією, яка на заданому інтервалі часу забезпечує випуск означеної номенклатури ОВ, тобто ОТС, яка синтезується, повинна мати деяку надлишковість, яка враховує залежність множини O від поточного часу t .

Розглянемо основні критерії ефективності ОТС ГВС, до яких відносяться:

- мінімум переміщень ОВ в процесі їх виготовлення;
- максимальна надмірність, яка допускає гнучку структуру виробничої системи, побудованої на її основі.

Сформулюємо кожен з описаних критеріїв в термінах вхідних множин.

Маршрут руху i -го ОВ на множині GM у відповідності до заданого ТП його виготовлення є деякий кортеж

$$p_i = \langle gm_l^1, gm_k^2, \dots, gm_n^d \rangle,$$

де $\{l, k, \dots, n\} \in N$, а індекси $1, 2, \dots, d$ – вказують на порядок використання $gm_i \in GM$ в процесі виготовлення o_i . Очевидно, що $p_i \prec T_i$ в зв'язку з тим, що на одному gm_i може виконуватись декілька операцій.

Представимо даний маршрут, як кортеж зв'язків між gm_i , тобто

$$z_i = \langle z_{12}, z_{23}, \dots, z_{(d-1)d} \rangle.$$

Звідси можна отримати маршрут руху кожного o_i в рамках заданого технологічного процесу його виготовлення у вигляді

$$z_i(p_i) = \langle z_{12}^i, z_{23}^j, z_{34}^i, \dots, z_{(d-1)d}^k \rangle,$$

де верхній індекс показує напрям зв'язку (i – прямий, j – зворотній).

Таким чином, перший з сформованих критеріїв може бути представлений наступним чином:

$$\forall o_i \in O \left[z_i^j(p_i) \right] \rightarrow \min. \tag{1}$$

У відповідності до наведеного вище означення ОТС, її структура є сукупністю маршрутів множини ОВ, які пов'язані деякими відносинами. Тому, для досягнення гнучкості цієї структури при зміні множини ОВ, необхідно розширити в ній множину відносин, тобто множина зв'язків $Z_{OTC} = GM \cup O$, яка описує множину структурних побудов, які мають

реальний сенс і які можуть бути реалізовані на елементах ОТС, повинна бути більшою за множину зв'язків $Z_T = GM \cup T$, яка описує структурні побудови для множини технологічних процесів, які повинні бути реалізовані на заданій множині GM . Звідси другий критерій має вигляд

$$\forall_{o_i \in O} [Z_{OTC} \setminus Z_T] \rightarrow \max \quad (2)$$

Тоді задача синтезу ОТС ГВС може бути сформульована наступним чином: на множині GM синтезувати таку G_{OTC} , яка задовольняє визначеній моделі технологічної структури ГВС [5] та екстремальним значенням критеріїв (1), (2) при наступних обмеженнях:

- технологічні процеси виготовлення множини ОВ, які задаються відображенням \mathfrak{R}_T , відповідають орієнтованому графу технологічної структури ГВС [5], тобто

$$(\forall_{o_i \in O}) TS_{o_i} \subset TS_{\Gamma p_i},$$

де $TS_{\Gamma p_j}$ – модель технологічної структури ГВС у вигляді орієнтованого графа; $TS_{o_i} = \mathfrak{R}_T(T_i)$ – орієнтований граф, який має вид орієнтованого маршруту руху i -го ОВ по gm_i та відображає технологічний процес його виготовлення. Відображення \mathfrak{R}_T кожному елементу

$$T_i = (\{OP_{i_m}\}; \Pi_{i_j}),$$

де $\{OP_{i_m}\}$, $m = [1, M]$ – набір операцій, реалізація яких забезпечує отримання i -го ОВ; Π_{i_j} , $j = [1, j]$ – послідовність виконання цих операцій для i -го ОВ, ставить у відповідність множину елементів gm_i^d , $d = [1, D]$, які визначають місце ГВМ в технологічному процесі виготовлення i -го ОВ;

- послідовність використання ГВМ відповідає послідовності операцій в структурі технологічного процесу виготовлення ОВ, тобто

$$(\forall_{o_i \in O}) TS_{o_i} \subseteq TS_{T_i},$$

де TS_{T_i} – орієнтований граф маршрут руху i -го ОВ на рівні операцій ТП.

Висновки

Синтезована на основі запропонованого підходу ОТС ГВС може бути представлена у вигляді орієнтованого графа $G_{OTC} = (GM, Z)$, де GM – множина вершин (ГВМ), а Z – множина орієнтованих ребер (зв'язків між ГВМ), які визначені так, як це показано вище. Даний граф є зручною моделлю для вирішення динамічних, інформаційних та діагностичних задач при подальшому проектуванні ГВС.

Представляючи ОТС ГВС математичною моделлю у вигляді графа, ще не можливо нічого сказати про якісні показники ГВС. Для визначення таких показників необхідно розробити відповідні методики їх визначення, використання яких дозволить проводити аналіз отриманих ОТС ГВС.

Література

1. Гибкие производственные комплексы / Под ред. П.Н. Беянина, В.А. Лещенко, М. Машиностроение, 1984. – 384 с.

2. Ткач М.М. Визначення типових структурних компонент технологічних структур ГВС // Системні технології. Системне моделювання технологічних процесів: Збірн. наук. праць. - Вип. 2(55). – Дніпропетровськ, 2008. – С. 158-164.
3. Ткач М.М. Системно-структурний аналіз технологічних структур ГВС // Міжвідомчий науково-технічний збірник “Адаптивні системи автоматичного управління”. - Дніпропетровськ: ДНВП Системні технології, 2008. – Вип. 12(32). - С.140-144.
4. Ткач М.М. Основні концепції методології структурного системного аналізу і проектування ГВС // Міжвідомчий науково-технічний збірник “Адаптивні системи автоматичного управління”. - Дніпропетровськ: ДНВП Системні технології, 2003. – Вип. 6(26). - С.90-93.
5. Ткач М.М. Моделювання технологічних структур ГВС // Міжвідомчий науково-технічний збірник “Адаптивні системи автоматичного управління”. - Дніпропетровськ: ДНВП Системні технології, 2007. – Вип. 10(30). - С.142-151.

Получено 06.11.2008