

КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ

На правах рукопису

УДК 681.325

ПАНЧЕНКО Наталія Миколаївна

**СИНТЕЗ АЛГОРИТМІВ КЕРУВАННЯ
НА ОСНОВІ ПОДІЛЬНИХ ПЕРЕТВОРЕНЬ**

05.13.01 — управління в технічних системах

АВТОРЕФЕРАТ
дисертації на здобуття вченого ступеня
кандидата технічних наук

Київ — 1994

ДВ 30.934

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана на кафедрі технічної кібернетики Київського політехнічного інституту.

Науковий керівник: доктор технічних наук, професор
Костюк Всеволод Іванович

Наукові опоненти: доктор технічних наук, професор
Сильвестров Антон Миколайович,
Київський політехнічний інститут

кандидат технічних наук, с. н. с.
Никитенко Олег Васильович,
Інститут кібернетики АН України

Наукова організація: Науково-дослідний інститут авіаційної технології міністерства машинобудування, військово-промислового комплексу та конверсії України

Захист відбудеться « 31 » 10 1994 р. о 15 год.
на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 068.14.07 при Київському політехнічному інституті за адресою: 252056 Київ-56, пр. Перемоги, 37.

З дисертацією можна ознайомитися в науково-технічній бібліотеці Київського політехнічного інституту.

Автореферат розісланий « 23 » 9 1994 р.

ЛНБ ім. В. Стефаніка
АН України

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради

РОМАНЕНКО В. Д.

ЛНБ України ім. В. Стефаніка
00777750 (X)

АНОТАЦІЯ

Метою роботи є математичне обґрунтування алгоритмізації процедур синтезу локальних керувань багаторівневих систем і створення на його основі програмних засобів для процедур керування.

Основні завдання наукового дослідження:

- аналіз існуючих підходів та застосованого в них математичного апарату для розв'язання задач багаторівневого керування;

- оцінка принципових можливостей алгоритмізації процедур синтезу керувань в багаторівневих системах;

- аналіз існуючих математичних засобів теорії груп для надання опису системі "динамічна система-ЕОМ" у вигляді єдиної досліджуваної структури;

- розробка алгоритмічного і програмно-математичного забезпечення для синтезу неперервного керування через параметричне зображення складаючих його дискретних перетворень;

- розробка системи імітаційного моделювання дій багатозв'язних об'єктів для оцінки розробленого алгоритмічного забезпечення як критерія ефективності моделі керування.

Автор захищає такі результати:

1. Зображення структури функцій керування, що реалізуються багаторівневою системою, у вигляді графічної моделі.

2. Опис структури функцій керування математичними методами теорії груп.

3. Зображення моделі системи, що керується, у вигляді багатопараметричного перетворення, інваріантного відносно деякої групи керування.

4. Синтез локальних керувань на основі подільних перетворень.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Одним з напрямків розвитку сучасних технічних систем є розробка багаторівневого керування, мета якого становить забезпечення гнучкості застосовуваних керуючих алгоритмів.

В той же час розширення можливостей керуючих систем на основі засобів сучасної обчислювальної техніки визначило розвиток розподільних систем керування, орієнтованих на мікропроцесорні мережі. Це призвело до необхідності розробки нових і вдосконалення існуючих методів та засобів синтезу керування, орієнтованих на програмну реалізацію.

Однак, незважаючи на наявність численних теоретичних передумов до розвитку гнучких систем керування, питання синтезу неперервного керування динамічними об'єктами в реальному часі, незалежного від будь-яких перебудов в виконавчій частині системи, розроблені недостатньо. Це пояснюється необхідністю використання дискретно-неперервного математичного апарату для узгодження розроблених для верхніх рівней дискретних алгоритмів з алгоритмами неперервного керування інших рівней.

Особливу актуальність в цій області займає проблема алгоритмізації процедур синтезу локальних керувань при багаторівневій організації керуючої системи, якій і присвячена дисертаційна робота.

Теоретична цінність роботи полягає в тому, що:

- запропоновано підхід до синтезу керувань в децентралізованій системі, який має достатній ступінь незалежності від структури об'єкту досліджень, дозволяє реалізовувати процес керування в реальному часі для будь-якої неперервної траєкторії в фазовому просторі;

- розроблено методіку неперервного керування модулями децентралізованої системи через складання списків завдань для кожного з них.

Практична цінність роботи полягає в тому, що:

- розроблено алгоритм генерації змінних стану для процесу імітаційного моделювання маніпуляційних систем.

- результати, отримані в дисертаційній роботі, мають достатній ступінь незалежності від структури об'єкту дослідження і можуть бути використані для організації процесу керування в системах різного призначення.

Наукова новизна роботи полягає в тому, що :

- сформульована в теоретико-груповій постановці задача синтезу багаторівневого керування, для розв'язку якої застосований апарат інфінітезимальних перетворень;

- запропонована модель багаторівневого керування, яка являє собою многопараметричну локальну групу перетворень з зображенням вектора керування через розшарок дотичного простору, інваріантного відносно деякої керуючої групи;

- показано, що структура функцій керування в залежності від природи об'єкту (дискретність/неперервність), що керується, може бути описана дискретною групою з наданою множиною твірних та визначальних співвідношень або неперервною многопараметричною групою перетворень, параметрами якої є локальні керування; останні ж в своїй многостатності визна-

чають множину функцій керування;

- запропонована процедура вибору параметрів керуючих впливів на основі визначення необхідного векторного поля в заданій точці фазового простору для керування рухом системи;

- розроблено виключаючий сингулярність алгоритм синтезу локальних керувань при реалізації децентралізованою системою деякої функції керування.

Практичні та теоретичні результати роботи були використані:

- для розробки алгоритмічного і програмно-математичного забезпечення автоматичних систем керування гнучкими виробничими комплексами (за що автору було присуджено звання лауреата премії ім. М.Островського);

- в розробці інтерпретатора для підготовки технологічних циклів промислового робота "Електроніка НЦТМ-01" (впроваджено в учбовий процес Іжевського механічного інституту, Новгородського філіалу інституту підвищення кваліфікаціїробітників зв'язку) ;

- в розробці процедури вибору параметрів керуючих впливів в локальних мережах керування модулями гнучких автоматизованих виробництв механообробки (п/я А-3242 "Карат", м.Вишгород);

- в реалізації імітаційного моделювання просторових рухів роботів різної конфігурації при переміщенні схвату по заданій траєкторії.

Апробація роботи. Основні результати дисертаційної роботи доповідались на науково-технічному семінарі "Опыт организации ремонта и технического обеспечения станков с ЧПУ и робототехники" (Челябинськ, 1986), на V Всесоюзній нараді по

робототехнічним системам (Геленджик, 1990), на I-й Українській конференції з автоматичного керування (Київ, 1994), на засіданні кафедри технічної кібернетики КПІ.

Публікації. За темою дисертації опубліковано 7 наукових праць.

Структура роботи. Дисертація викладена на 157 сторінках машинописного тексту, складається з вступу, п'яти розділів, висновку, переліку використаної літератури з 95 найменувань та додатків. Ілюстрована 20 малюнками і схемами. В додатках 26 сторінок.

Перший розділ роботи присвячено аналізу досліджень та існуючих розв'язків проблем багаторівневого керування. Відзначено можливість застосування теорії неперервних груп перетворень для розробки методів і засобів синтезу неперервного керування через параметричне зображення складаючих його подільних перетворень.

У другому розділі розглянуті питання, пов'язані з можливістю зображення багаторівневого керування подільним перетворенням. Мова йде про перетворення вилучених на кожному рівні керувань в зв'язку з означеними функціями, які ці перетворення реалізують. Показано, що задача зображення такого перетворення полягає в знаходженні групи, яка його припускає.

У третьому розділі описано структуру функцій керування багатозв'язної системи та теоретико-груповий підхід синтезу цільової функції керування в децентралізованих структурах.

У четвертому розділі розглянуто питання визначення групи керування системою, побудови інфінітезимального перетворення динамічної підсистеми, а також способи реалізації ке-

рувань на основі подільних перетворень.

П'ятий розділ присвячений застосуванню запропонованого підходу до програмного керування просторовим переміщенням автоматизованих пристроїв. Розглянуто задачу керування просторовим рухом елементів маніпуляційної системи при використанні децентралізованої системи керування.

У висновку викладено основні результати, отримані в дисертаційній роботі.

Додаток включає розроблений на основі запропонованої в роботі процедури синтезу керувань пакет застосовних програм для керування і моделювання просторових рухів двох-, трьох- та чотирьохланкового робота, малюнки, ілюструючі процес імітаційного моделювання.

Особистий внесок дисертанта у розробку наукових результатів полягає в:

- науковому обґрунтуванні організації функцій, що реалізуються багаторівневою системою, у вигляді інформаційної структури, чию базу складає множина локальних керувань;

- обґрунтуванні можливості опису запропонованої структури дискретною або неперервною групою перетворень в залежності від природи елементів базової множини і зображенні на цій основі моделі об'єктів та процесів дискретно-неперервної природи у вигляді дискретної послідовності зміни станів об'єктів керування (моделювання);

- розробці моделі багаторівневого керування, яку визначає багатопараметрична локальна група перетворень з зображенням вектору керування через розшарування дотичного простору;

- розробці неперервного керування для підсистем нижнього

рівня при багаторівневій організації керуючої системи на основі багатопараметричного зображення подільного перетворення станів системи;

- розробці методики визначення аналітичної залежності функцій керування багаторівневої системи від реалізуючих їх локальних керувань, що покладено в основу процедури синтезу програмного керування розглядуваними системами.

Методи дослідження базуються на використанні основних результатів теорії автоматичного керування, теорії систем, графів, алгебраїчних структур та неперервних груп.

ЗМІСТ РОБОТИ.

Об'єктом дослідження розглянуто динамічну систему з g -вимірним вектором $U(t) = (u_1(t), \dots, u_g(t))$ керуючих впливів з множини припустимих значень $U = U_1 \times U_2 \times \dots \times U_g \subset \mathbb{R}^g$ та m -вимірним вектором $Y(t) = (y_1(t), \dots, y_m(t))$ вихідних сигналів з множини припустимих значень $Y = Y_1 \times Y_2 \times \dots \times Y_m \subset \mathbb{R}^m$. З врахуванням наведених множин цю систему можна описати відображенням

$$H: T \times U \rightarrow Y, \quad (1)$$

яке задає стан об'єкту в момент часу $t \in T$, де T - множина моментів часу $t > 0$, коли об'єкт стає під впливом керувань, що подіяли в момент $0 < \tau < t$.

Визначимо деяку підмножину $Y^0 \subseteq Y$ як область переважних значень вихідних сигналів. Тоді загальна постановка задачі синтезу полягає в тому, щоб вказати прообраз $H^{-1}(Y^0) \subset U$ множини Y^0 в просторі керувань U .

Один з напрямків розв'язку задачі синтезу полягає в тому, щоб:

1) здійснити поділ множини Y^0 на класи деяким відношенням еквівалентності (бажано отримати скінченне число класів); при цьому кожний клас визначає реакцію системи на характер обставин, які виникають в системі при розв'язуванні окремих задач і характеризуються визначеним завданням функцій, належачих цій множині. Як правило, вилучаються три таких класи (класи обставин):

N класу	Вид класу
1	$(y_i^{(1)}(t), \dots, y_m^{(1)}(t)) \in Y_0^{(1)}$
2	$(y_i^{(2)}(t), \dots, y_m^{(2)}(t)) \in Y_0^{(2)}$
3	$(y_i^{(3)}(t), \dots, y_m^{(3)}(t)) \in Y_0^{(3)}$
	при $Y_0^{(1)} \subseteq Y_0^{(2)} \subseteq Y_0^{(3)}$

де $Y_0^{(1)}$ - характеризує початковий стан і задається обмеженнями типу рівнянь, $Y_0^{(2)}$ - характеризує нормальне функціонування системи і задається набором аналітичних функцій в координатах простору станів, $Y_0^{(3)}$ - характеризує аварійний стан системи і задається обмеженнями типу нерівностей;

2) визначити відображення з простору керувань у простір класів локально (в околі фіксованого значення керувань) і глобально (на всьому просторі керувань);

3) визначити умови відтворення кожного з класів в просторі-прообразі, або в просторі керувань.

Тоді задача синтезу полягає в знаходженні такого закону змінювання керувань в просторі U , при якому з'являлися б лише бажані класи простору Y^0 . Як такий закон можна розглядати деякі перетворення керуючих впливів, послідовне виконання яких веде до реалізації означеної функції вибраного класу.

Зображення структури реалізуємих системою функцій.

Подібно до того, як про клас керуючих систем ведуть мову у зв'язку з означенням класом функцій, які реалізують ці системи, і задача синтезу керувань в цьому випадку полягає в тому, щоб по заданій функції з цього класу побудувати реалізуючу її керуючу систему (тобто схему і алгоритм функціонування), про перетворення керувань можна вести мову в зв'язку з означеними функціями, котрі ці перетворення реалізують, і задача зображення такого перетворення тоді полягає в тому, щоб знайти групу, його припускаючу. Зображення цієї групи задає структуру керування.

Показано, що всі функції, що реалізуються системою, утворюють структуру $\langle G, T \rangle$ керуючих функцій, графічним зображенням якої є мд-граф з множиною вершин $V(G)$ та частками V_1, \dots, V_L , де $V_L = T$ - множина локальних керувань.

Мд-граф структури функцій керування будується на основі початкового визначення глобальної функції керування для всієї системи в цілому та подальшого її "поділу" на вилучені на кожному рівні підсистеми.

Основою для побудови структури функцій керування та саме синтезу цих функцій є результат декомпозиції керуючої структури на окремі блоки (підсистеми).

Нехай кожна вершина графу позначає деяке перетворення, що припускається групою G_u : $G_u = \langle P, q \rangle$, де P - множина перетворень, q - операція суперпозиції. Тоді для кожного $p \in P$, що позначається деякою вершиною $v \in V(G)$, і кожної вершини $v' \in V(G)$ при $v \neq v'$ в повному мд-графі існує вершина, що позначає перетворення, створене в результаті суперпозиції перетворень, що позначаються вершинами v і v' відповідно. При-

чому в цьому випадку вірно:

$$1) (p_1 \circ p_2) * v = p_1 * (p_2 * v);$$

$$2) e * v = v;$$

де $p_1, p_2 \in P$, $e \in P$ - тотожне перетворення, $v \in V(G)$. З цього виходить, що між елементами групи $\langle P, q \rangle$ і множиною $V(G)$ вершин мд-графа визначено гомоморфізм

$$s: G \longrightarrow S(V),$$

де $S(V)$ - група автоморфізмів.

Тому група $\langle P, q \rangle$ діє на множині $V(G)$. Отже, мд-граф структури $\langle G, T \rangle$ є зображенням групи $\langle P, q \rangle$, яка в залежності від структури простору P може бути або дискретною, або неперервною.

Структура $\langle G, T \rangle$ функцій керування як модель системи, що керується. Нехай $p1: \langle P, q \rangle \rightarrow \langle G, T \rangle$ - зображення структури функцій керування системою, $p2: \langle P, q \rangle \rightarrow \langle H, D \rangle$ - зображення твірними та визначальними співвідношеннями.

Тоді

1) відмінним вершинам v_1 і v_2 множини $V(G)$ зображення $p1$ відповідають відмінні слова $K_1 = f(v_1)$ і $K_2 = f(v_2)$ зображення $p2$;

2) для кожного слова K зображення $p2$ можна знайти таку вершину v в мд-графі структури $\langle G, T \rangle$, що $K = f(v)$;

3) якщо $K_1 = f(v_1)$, $K_2 = f(v_2)$, $v_3 = z(v_1, v_2)$, то $f(v_3) = z'(K_1, K_2)$, або в більш компактному запису $f(z(v_1, v_2)) = z'(f(v_1), f(v_2))$.

Тому структура керуючих функцій може бути зображенням групи з наданою множиною твірних символів.

Нехай $X^\circ = f(X, A)$ - r -параметрична група Лі перетворень у векторних позначеннях, де $f = (f_1, \dots, f_n)$ - аналітичні

неперервні функції параметрів A , які задовольняють аксіомам групи. Тобто для кожного перетворення, що відповідає сукупності параметрів A , можна дібрати таку сукупність A^* , що $X^{**} = f(X^*, A^*) = f(f(X, A), A^*) = X$,

це позначає розв'язуваність змінних X через X^* .

Композицією двох перетворень $X^* = f(X, A)$ і $X^{**} = f(X^*, B)$ є деяке перетворення

$$X^{**} = f(X, C), \quad (2)$$

в якому параметрами вектору C є функції від A та B :

$$C = g(A_1, \dots, A_r; B_1, \dots, B_r).$$

Окрім цього, існує такий набір параметрів A , що

$$X^* = f(X, A) = X,$$

тобто перетворення тотожне.

Поставимо у відповідність означеному набору значень параметрів A кортеж R_1' , іншому набору параметрів B - кортеж R_2' і т.п. Тоді в структурі $\langle G, T \rangle$ можна знайти такий кортеж R_1' і кортеж R_j' , $i \neq j$, які визначають сукупність параметрів A і A^* відповідно. При цьому дія групи L_i з параметрами, позначеними R_j' , є зворотною до дії, позначеної R_i' . Аналогічно можна добрати такі R_k' , R_l' , R_m' , що позначені ними перетворення знаходяться в співвідношенні (2).

В цьому випадку конкатенація кортежів $R_l' \in R$, $l=1,2,\dots$ являє собою послідовність дій групи L_i при різних значеннях параметрів і може описувати деякі складні (складені) перетворення.

Отже, структура $\langle G, T \rangle$ може нести інформацію (бути моделлю) про дії неперервних або дискретних груп перетворень.

Формування структури $\langle G, T \rangle$, що припускається деякою групою перетворень виду (2), дає можливість утворення

послідовності дій над наданим об'єктом, застосовуючи дискретні або неперервні перетворення.

Завдання групи керування системою. Множина S рухів системи в фазовому просторі X визначається як група керування на многостатності простору станів X і розглядається як множина всіх скінченних послідовностей виду

$$s = ((u_1, i_1), \dots, (u_n, i_n)) \quad (3)$$

із значеннями з $R \times N$ та такими правилами скорочення послідовностей:

- 1) кожен член виду $(0, i)$ виключається,
- 2) якщо $i_j = i_{j+1}$, то члени (u_j, i_j) (u_{j+1}, i_{j+1}) замінюються на $(u_j + u_{j+1}, i_j)$.

Множина всіх нескорочуваних скінченних послідовностей виду (3) утворює групу керування $GU(N)$ з операцією конкатенації, побудовану на множині N . Елементи з GU називаються керуваннями.

Визначимо дію групи керування $GU(N)$ на многостатності M простору станів $X \in R^n$, $n \in N$ системи S відображеннями:

$$\mathcal{L}: GU(N) \times M \rightarrow M$$

з властивостями:

- 1) $\mathcal{L}(0, x) = x$, де $x = (x_1, \dots, x_n) \in M$;
- 2) $\mathcal{L}(s_1 s_2, x) = \mathcal{L}(s_1, (s_2, x))$, $x \in M$, $s_1, s_2 \in GU(N)$,
- 3) \mathcal{L} - неперервне відображення.

Наведене визначення задає динамічну полісистему \mathcal{L} , що керується групою $GU(N)$.

Інфінітезимальним перетворенням I динамічної полісистеми є сім'я векторних полів I (інфінітезимальних операторів)

$$I_j(x) = \frac{d}{du}((u, j), x) \Big|_{u=0} \frac{\partial}{\partial x_i}; i, j \in N$$

на M . Тоді

$$J_{u_1}^{j_1} \circ J_{u_2}^{j_2} \dots \circ J_{u_n}^{j_n}(X) = (u_1, j_1)(u_2, j_2) \dots (u_n, j_n) \cdot X \quad (4)$$

де $X = (x_1, \dots, x_n)$, $I = \{ I_j, j \in N \}$ - інфінітезимальне перетворення полісистеми, визначає динамічну полісистему з керуючою групою $GU(N)$.

Зображення керування через подільне перетворення.

Структурою керуючих функцій визначається група з наданою множиною твірних, якою для розглядуваної системи є множина локальних керувань. Елементами цієї групи є деякі функції локальних керувань (функції керування), що викликають зміни станів розглядуваної системи, а її дія розглядається на мно- гостатності простору станів системи, що визначається відоб- раженням

$$\varphi : G_n \times M \longrightarrow M, \varphi(U, X) = \varphi_U(X) = Y, \\ U \in G ; X, Y \in M,$$

де G_n - n -вимірна локальна група Лі, $M \subset R^n$ - область n -вимірного евклідового простору. Причому відображення таке, що ви- конуються такі умови:

- 1) φ - неперервне відображення,
- 2) одиниці групи G відповідає тотожне відображення $\varphi_e(X) = X$ області M в себе і $\varphi_u(\varphi_s(X)) = \varphi_{us}(X)$, $u, s \in G$, $X \in M$, тобто суперпозиції параметрів відповідає суперпозиція перет- верень,
- 3) перетворення є тотожним лише при умові, що s є одиниця групи G

Якщо $U = (u_1, \dots, u_n)$ - координати n -вимірного евклідового простору R параметрів групи G , а (x_1, \dots, x_n) - координати в області M , то відображення області $M \subset R^n$ задається функціями

$$\varphi_i : G_n \times M \longrightarrow R,$$

$$x_i^* = \varphi_u^i(X) = \varphi_i(X, U) = \varphi_i(x_1, \dots, x_n, u_1, \dots, u_r). \quad (5)$$

Формально вказані вище властивості локальної групи перетворень дозволяють розглядати структуру керуючих функцій як многопараметричну групу диффеоморфізмів многостатності M - групу Лі. Керування реалізується за допомогою параметрів $U \in R^n$, які в своїй многостатності утворюють множину функцій керування.

Оскільки для системи, що керується, може бути визначена група керування, то систему S можна розглядати як гомоморфізм динамічної полісистеми. Отже, вирази (3) і (5) є гомоморфними зображеннями групи керування.

Зображення групи керування. Розглянуто динамічну полісистему з групою керування $GU(n)$, яка відповідає системі S , що керується, та може бути описана функціональною залежністю

$$F_i : x_i = f_i(u_1, \dots, u_r), \quad i=1, n \quad (6)$$

n -вимірного виходу от g -вимірного входу при $g \leq n$, тобто залежністю значень елементів вектору X стану системи від параметрів керування.

Ця динамічна полісистема визначається множиною базисних інфінітезимальних операторів:

$$\{ I_j : I_j = \sum_{i=1}^n \frac{\partial f_i}{\partial u_j} \Big|_{u_j=0} \frac{\partial}{\partial x_i} = \sum_{i=1}^n f_j^i \frac{\partial}{\partial x_i}, \quad j=1, r \}, \quad (7)$$

яка відповідно до (4) задає g -параметричне інфінітезимальне перетворення P системи S , що можна записати у вигляді:

$$P_i : x_i^* = x_i + \sum_j f_j^i \delta u_j, \quad (8)$$

оскільки це перетворення задається композицією

$$P_{u_1 \dots u_r} = P_{u_1} \circ \dots \circ P_{u_r} \quad (9)$$

з г однопараметричних відносно параметрів u_j перетворень P_{u_j} :

$$P_{u_j}: x_i^* = \varphi_i(X, U, u_j), \quad j=1, g, \quad i=1, n, \quad (10)$$

коже з яких визначається оператором I_j по параметру u_j .

Як результат композиції однопараметричних перетворень, P є "подільним" перетворенням і, виходячи з властивості локальної замкненості відносно множення, являє собою однопараметричне перетворення (10) із значенням вже одного параметра u_α :

$$u_\alpha = u_\alpha(u_1, \dots, u_g). \quad (11)$$

Отже, значення параметрів u_j , $j=1, g$ в процесі перетворення (9) станів системи зв'язані функціонально, а саме перетворення P є зображенням групи керування системою.

Для синтезу перетворення P визначається його інфінітезимальний оператор $I_\alpha = \xi_\alpha^1 \frac{\partial}{\partial x_1} + \dots + \xi_\alpha^n \frac{\partial}{\partial x_n}$ з невідомими координатами ξ_α^i , $i=1, n$, котрий, при умові його належності сім'ї $\{I_j\}$, зображується у вигляді

$$I_\alpha = \sum_k C^k I_k$$

з координатами $\xi_\alpha^i = \sum_k C^k \xi_k^i$. Значення ж керуючого параметра u_α зображується у вигляді

$$u_\alpha = \sum_k C^k u_k. \quad (12)$$

Оскільки однопараметрична неперервна група є абелевою і еквівалентна групі трансляцій $G: x^* = x + u_\theta$ на множині дійсних чисел $u_\theta \in]-\infty, \infty[$, то можна знайти такі u_1, \dots, u_g , що $u_\theta = \sum_j u_j$.

Тоді за умови (12)

$$u_k = C^k, \quad k=1, g. \quad (13)$$

В роботі показано, що завдання подільного перетворення може бути зведене до знаходження єдиного інфінітезимального оператора відносно деякого параметра. Цей оператор знахо-

диться з умови інваріантності многостатності, що задається функцією керування.

Встановлений ізоморфізм подільного перетворення з групою керування та структурою функцій керування "означає ізоморфізм двох останніх: кожній вершині мд-графа структури функцій керування, що відповідає перетворенню станів відповідної підсистеми з k параметрами керування при реалізації деякої функції керування, відповідає k -вимірне подільне перетворення, реалізуюче цю функцію керування.

Перетворення функцій керування. Нехай $Y(X)$ - деяка неперервна функція, реалізація якої становить мету керування системою. Головна частина приросту функції керування $Y(X)$ при перетворенні T в точці $P=0$ визначається оператором $I = \sum_l I_l$:

$$dY(X) = I Y(X) \cdot dP \quad (14)$$

Аналогічно кожне нескінченно мале перетворення i -ої компоненти вектора X зв'язане із зміною параметрів перетворень співвідношенням

$$dx_i = \sum_l I_{li} x_l dp_l \quad (15)$$

Побудова групи керування. Розглянуто два можливих варіанти побудови групи керування:

1) зображення групи у вигляді системи лінійних рівнянь (8) та розв'язок цієї системи відносно шуканих керувань u_j . При сингулярних станах системи, що керується, такий підхід непридатний, оскільки в цих випадках система (8) не має розв'язків;

2) зображення групи керування у вигляді подільного перетворення, що дозволяє визначити функціональну залежність (11) локальних керувань одне від другого в процесі реалізації наданої функції керування. Подільне перетворення

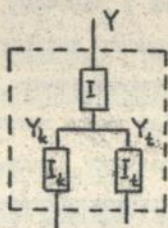
будується по означеній структурі функцій керування з застосуванням алгебри Лі.

Нехай в просторі $X = \{ X_k \times X_t : Y_k \subset X_k, Y_t \subset X_t \}$, де

$$X_k^* = f_k(X_k, X_t, u_k, u_t),$$

$$X_t^* = f_t(X_k, X_t, u_k, u_t),$$

u_k, u_t керуючі параметри, означена функція керування $Y = Y(Y_k, Y_t)$, яка являє собою інваріантну многостатність для оператора I. Це зображується наступним елементом структури функцій керування:



для якого визначена група керування $GU(2)$:

$$GU(2) = \{ (u_k, i_k), (u_t, i_t) \} ..$$

В роботі показано, що для наведеної структури значення пріоритетів керуючих параметрів визначаються як

$$\delta u_k = \frac{I_t Y}{V}, \quad u = - \frac{I_k Y}{V}, \quad (16)$$

де V - інваріант групи $GU(2)$.

В роботі описані можливі застосування наведеного підходу для організації керування системою в залежності від способів завдання функцій керування на прикладах керування маніпуляційними роботами. Їх результатом є розв'язок оберненої задачі кінематики у випадку, коли функція керування задає потрібну геометричну траєкторію руху, та синтез

оптимальних траєкторій, коли функція керування являє собою показник якості, що оптимізується.

Синтез алгоритмів розв'язування траєкторних задач.

Розглянуто розв'язування задачі керування просторовим переміщенням елементів ГВМ при розробці та використанні децентралізованих систем керування процесами маніпулювання (роботи, станки з ЧПУ).

З метою визначення положення (абсолютних координат) якогось технологічного модуля в робочому просторі устаткування, що керується, та отримання аналітичної залежності його абсолютних координат від узагальнених проводиться кінематичний аналіз системи. Для цього застосовується матричний метод, придатний для розрахунку будь-якої маніпуляційної системи з обертовими та поступальними ступенями рухомості.

Із одержаних в формі (6) залежностей визначається система операторів $\{I\}$, яка приводить до певної структури функцій керування, аналогічній наведеній вище. При наданій функції Y - геометричній траєкторії в просторі функціонування - визначаються значення узагальнених координат шляхом нагромадження їх інфінітезимальних приростів за формулами (16).

Синтез алгоритмів керування ГВМ в системі ГАВ. Розглянуто інформаційну структуру технологічного процесу дискретного характеру виробництва, яка означається на многостатності простору станів S - сукупності можливих станів заготовок, що характеризуються набором $X = (x_1, \dots, x_s)$ параметрів виробу після обробки на попередній операції. Операція s характеризується множиною P параметрів операції. По сукупності характеристик

$$P_j^i = \{ p_1, p_2, \dots, p_l \}$$

проводиться ідентифікація станів виробу. В цьому випадку множина S є тою, що містять елементи, ідентифікуючі різні комбінації характеристик на множині P .

Будь-яку операцію, яка переводить виріб із стану S_{i-1} в стан S_i , можна зобразити відображенням

$$f_i: S_{i-1} \times P \rightarrow S_i,$$

котре задає подільне перетворення

$$T_i: x_i^* = f_i(x_1, \dots, x_s, p_1, \dots, p_l), \quad (17)$$

враховуючи введені позначення. При такому підході маршрутна карта виробу зображується послідовністю точок в просторі S з координатами (x_1, \dots, x_s) . І розв'язок задачі про вибір необхідних параметрів операції p_1, \dots, p_l в (17), які б забезпечили наданий маршрут виробу, є алгоритмічною основою синтезу керування для технологічних модулів.

Локальний контроллер ГВМ. Розглянуто модель системи керування ГВМ, що побудована на понятті оброблюючої системи, яка означається як пара $P = (L, I)$, де L - мова, I - інтерпретатор цієї мови. В такій моделі система керування складається з ієрархічно підпорядкованих систем, зв'язаних таким чином: на i -му рівні інформація, надана на мові L_i , транслюється інтерпретатором I_i в зображення на мові L_{i+1} наступної оброблюючої підсистеми (L_{i+1}, I_{i+1}) . При цьому інструкція мови L_i може транслюватися в декілька інструкцій мови L_{i+1} . Отже, має місце перетворення інформації з початкового зображення в зображення більш низького рівня, що виконується транслятором T , причому $T = \{ T_1, \dots, T_n \}$, де T_j , $j=1, n$ - транслятор j -го рівня.

В даній моделі програма на мові високого рівня

транлюється в зображення на проміжній мові. Програма на проміжній мові транлюється в коди керуючих сигналів на приводі складаючого ГВМ устаткування.

Такий підхід дозволяє зобразити програмне забезпечення модуля ГВМ у вигляді інформаційної керуючої структури $\langle G, M \rangle$ з базовою множиною $V(G)$ елементарних команд для складових частин модуля і множиною M інформаційних одиниць, якою є сукупність параметрів керування для виконання цих команд.

Реалізація такого підходу була виконана для розробки контролера робота, яким став інтерпретатор для технологічної підготовки робота.

ОСНОВНІ РЕЗУЛЬТАТИ РОБОТИ.

1. Запропоновано теоретико-груповий підхід до синтезу неперервного керування для систем нижнього рівня при багаторівневій організації на основі параметричного зображення складаючого неперервне керування подільного перетворення.

2. Запропоновано організацію функцій, що реалізуються багаторівневою системою, розглядати у вигляді інформаційної структури, базою якої є множина локальних керувань розглядуваної системи. Інформаційна структура, що задається як дія групи на многостатності простору станів системи, може бути описана перетвореннями групи керування, яка визначається на множині базових інфінітезимальних операторів.

3. Встановлено, що запропонована структура керуючих функцій може бути описана як дискретною, так і неперервною групою перетворювань, і в цьому зв'язку бути зображенням моделі об'єктів та процесів дискретно-неперервної природи у

вигляді дискретної послідовності зміни станів об'єктів керування (моделювання).

4. Розроблено методику визначення аналітичної залежності функцій керування багаторівневої системи від реалізуючих їх локальних керувань, що покладено в алгоритмічну основу виключаючої сингулярність процедури синтезу програмного керування розглядуваними системами.

5. Розроблено методику неперервного керування елементами децентралізованої структури на основі зображення керування, що синтезується, у вигляді співвідношення множин локальних керувань і дискретних моментів часу. Наведено алгоритм координації локальних керувань в децентралізованій системі.

6. Розроблено алгоритмічні та програмні засоби моделювання просторових переміщень при керуванні устаткуванням за допомогою систем децентралізованого типу.

7. На основі отриманих теоретичних результатів вирішені практичні задачі організації математичного забезпечення автоматизованих систем керування гнучкими виробничими комплексами, реалізації процедури вибору параметрів керуючих впливів в локальних мережах керування модулів гнучких автоматизованих виробництв, розроблено програмне забезпечення локального контролера гнучкого виробничого модуля, розроблено систему імітаційного моделювання для розв'язування траєкторних задач в системах програмного керування рухом автоматизованих пристроїв, які є елементами ГАВ і систем ЧПК.

Основний зміст дисертації опубліковано в таких роботах:

1. Коц А.П., Панченко Н.Н., Представление управления через разделяющиеся преобразования. "Автоматика", N3, 1990,

с.62-65.

2. Панченко Н.Н., Коц А.П. Алгоритм координации локальных управлений в децентрализованной системе. У зб.: "Вестник Киевск. политехн. ин-та. Техническая кибернетика", N16, 1992.

3. Панченко Н.Н., Савков М.В. Организация программного обеспечения загрузочного робота. У зб.: "Управление в производственных системах". Деп. в УкрНДІНТІ 19.06.86, N держ.рег. 1386-Ук.

4. Панченко Н.Н., Коц А.П. Управление роботом по заданной траектории конечного звена. Деп. в УкрНДІНТІ 19.06.89, N держ.рег. 1770-Ук, 1989.

5. Благоверный А.А., Панченко Н.Н., Юрченко Ю.П. Особенности алгоритмов программного управления механизмами промышленного робота. У зб.: "Материалы научно-технического семинара "Опыт организации ремонта и технического обеспечения станков с ЧПУ и робототехники", Челябинск, 1986 г."

6. Панченко Н.Н., Коц А.П. Организация децентрализованного управления манипулятором. У зб.: "Материалы 5-го Всесоюз. совещания по робототехн. системам. Тезисы докладов. Геленджик, октябрь 1990", ч.2, с.120-121.

7. Костюк В.І., Коц О.П., Панченко Н.М. Синтез программного керування в багатозв'язних системах. Матеріали І Української конференції з автоматичного керування "Автоматика - 94". Тези доповідей. Київ, травень 1994. Ч. I, с. 204.

Шульс

Panchenko N.N. The Control Algorithms Synthesis Based on the Dividing Transformations.

Dissertation on a competition of the technical science candidate's degree of the speciality 5.13.01 - Technical System's Control. Kiev Polytechnical Institute, Kiev, 1994.

A scientific work consisting of 7 articles and containing theoretical researches of the group theory methods for multilevel control organization is defended. It has been ascertained that functions realized by multilevel system may be represented by information structure with basic multitude of the local controls and described by either discrete or continuous group depending on controlled object's properties.

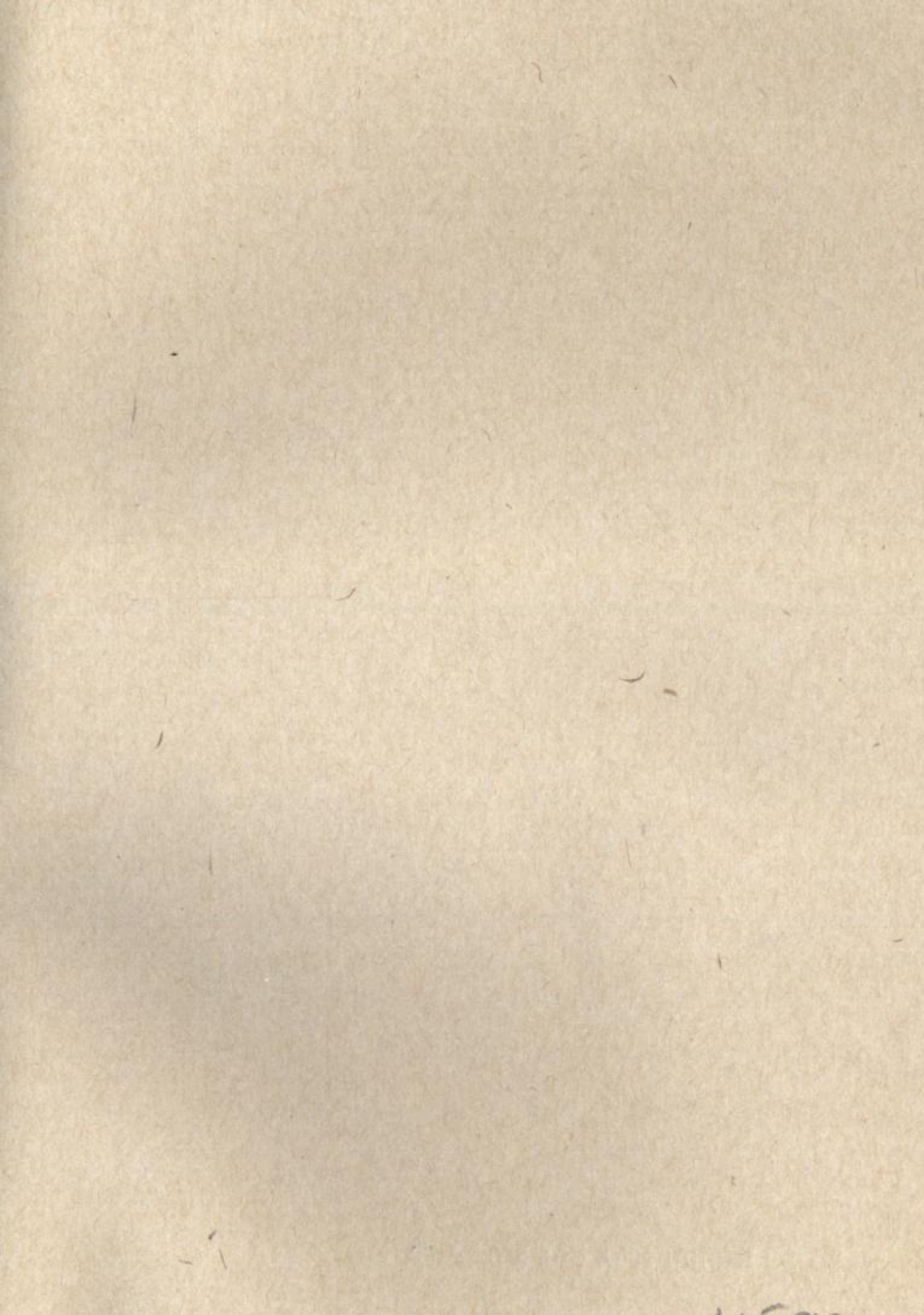
The multilevel control model has been proposed in form of the multiparameter group of dividing transformations with the control vector representation by a tangent dimension stratification

Панченко Н.Н. Синтез алгоритмов управления на основе разделяющихся преобразований. Диссертация на соиск. уч. степени канд. техн. наук по специальности 5.13.01 - управление в технических системах. Киевский политехнический институт, Киев, 1994.

Защищается 7 научных работ, которые содержат теоретические исследования математических методов теории групп для организации многоуровневого управления. Установлено, что реализуемые многоуровневой системой функции могут быть представлены информационной структурой с базовым множеством локальных управлений и описаны дискретной или непрерывной группой преобразований в зависимости от свойств управляемого объекта.

Предложена модель многоуровневого управления в виде многопараметрической локальной группы разделяющихся преобразований с представлением вектора управления через расслоение касательного пространства.

Ключові слова: багаторівневе керування, інформаційна структура, багатопараметричне перетворення.



AB 30.934