

5. СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ПРОМИСЛОВИХ РОБОТІВ

У результаті вивчення даного розділу студенти повинні вміти:

- описати принципи класифікації систем керування ПР;
- сформулювати групи, на які можна розбити швидкодію ПР;
- сформулювати групи, на які можна розбити точність ПР;
- описати параметри, які визначають експлуатаційні можливості ПР;
- описати принципи класифікації систем програмного керування ПР;
- описати відмінності систем програмного керування ПР від верстатних;
- описати особливості циклової системи керування ПР на прикладі системи мікропроцесорного циклового пристрою (МПЦП);
- зображувати конфігурацію внутрішньої структури МПЦП для різних режимів.

5.1. Класифікація систем керування

ПР можуть класифікуватися відповідно до швидкодії і точності руху. Ці параметри характеризують систему керування ПР, динамічні властивості роботів – взаємозалежні. Швидкодія і точність ПР складається з їхніх значень для маніпуляторів і пристрою пересування. Головними і специфічними для робототехніки є швидкодія, точність та надійність маніпуляторів.

Швидкодію ПР загального застосування можна розбити на такі три групи [4]:

- низька, при лінійних швидкостях відповідно до окремих ступенів рухомості до 0,5 м/с;
- середня, при лінійних швидкостях понад 0,5 до 1 м/с;
- висока, при лінійних швидкостях понад 1 м/с.

Більшість сучасних роботів мають середню швидкодію і тільки 20% від їхньої загальної кількості – високу.

Цей параметр для більшості роботів визначає їхню продуктивність. Зазначена швидкодія сучасних роботів є недостатньою і потрібно її збільшити принаймні вдвічі.

Основні труднощі зв'язані при цьому з протиріччям відповідно до швидкодії та не менш важливого параметра – точності.

Найчастіше точність ПР характеризується абсолютною похибкою. Точність ПР загального застосування можна розбити на такі три групи [4]:

- низька, при лінійній похибці від 1 мм і вище;
- середня, від 0,1 до 1 мм;
- висока, менше за 0,1 мм.

Більшість ПР у світі мають середню точність. Однак існують ПР із точністю до одиниць мкн.

Розглянуті далі класифікаційні параметри характеризують технічний рівень ПР.

До них належать і розглянуті раніше параметри, що можуть мати кількісне визначення: швидкодія, точність, об'єм пам'яті, кількість каналів зв'язку із зовнішнім обладнанням. Однак якщо при використанні цих параметрів для класифікації ПР їх розбивають на класифікаційні групи (5 – відповідно до вантажопідйомності, 3 – точності і швидкості і т.п.), то порівняльну оцінку технічного рівня робота виконують виходячи з конкретних числових значень параметрів.

Іншими параметрами, якими характеризується технічний рівень роботів є надійність, кількість одночасно працюючих ступенів рухомості, час програмування, а також похідні від цих параметрів. Керування руху роботів відповідно до окремих ступенів рухомості може бути контурним і дискретним. Найпростішим варіантом дискретного керування є циклове, при якому кількість точок позиціонування відповідно до кожного ступеня рухомості мінімальна, тобто найчастіше обмежена двома (початковим і кінцевим) координатами.

До важливих параметрів систем керування роботів, що визначають їх експлуатаційні можливості, належать об'єм пам'яті пристроїв керування (ПрКР), типи і кількість каналів зв'язку із зовнішнім устаткуванням і з людиною-оператором, а також призначення і способи взаємодії з оператором.

Об'єм пам'яті ПрКР поряд із загальною оцінкою в Кбітах визначається ще найбільшою кількістю програм, що заносяться у пам'ять.

5.2. Системи програмного керування

Системи програмного керування (СПК) призначені для програмування роботи ПР, запам'ятовування програми керування, її збереження, відтворення, видачі керуючих команд, а також для контролю їхнього виконання. Під програмним керуванням розуміється зашифрована тим чи іншим способом інформація про послідовність і час виконання окремих керуючих команд робочого циклу, про просторове положення робочих органів ПР.

Системи програмного керування можна класифікувати [17]:

- за способом позиціонування.
- за способом керування:
 - а) розімкнуті;
 - б) зімкнені;
- за структурою:
 - а) з постійною структурою на базі спеціальних обчислень;
 - б) із змінною структурою на основі мікроконтролера;
 - в) із прямим керуванням від зовнішньої ЕОМ;
- за способами програмування.

У позиційних системах керування (СКР) задаються початкове і кінцеве положення робочих органів ПР. Розрізняють малоточкові та багато точкові позиційні СКР.

Малоточкові мають не більш 8–10 точок позиціонування.

Багатоточкові – до декількох сотень точок.

У СКР положення робочого органа ПР визначено в кожен момент часу. В електромеханічних контурних СКР геометрична інформація подана у вигляді фізичного аналога (положення упорів, настроювання часу). Інформація про час і послідовність виконання кроків програми (цикл роботи) може задаватися переналагоджуваними схемами релейної автоматики.

У циклових СКР команди циклу задаються у вигляді чисел, а геометрична інформація – упорами і підключенням відповідних вимикачів. Перебудова циклу при використанні внутрішніх комутаторів зводиться до установки перемикачів і т.п. у відповідні гнізда.

Системи програмного керування ПР мають такі відмінності від верстатних:

- програмування методом навчання;
- значна кількість входів–виходів для зв'язку з основним і допоміжним устаткуванням;
- додаткові модулі виміру показників стану механізмів ПР і параметрів зовнішнього середовища;
- модулі діагностики для реалізації функцій диспетчеризації і контролю роботи устаткування і пристроїв, приєднані до ПР;
- спеціальне математичне забезпечення;
- підвищені швидкості та значні переміщення робочих органів;
- величини дискретизації;
- наявність спеціалізованих циклів (завантаження–розвантаження устаткування);
- пізнавання і вимір зовнішніх об'єктів;
- адаптивне керування.

Для керування простими низькофункціональними ПР використовуються малоточкові циклові системи позиційного керування типу УЦМ.

Основний принцип циклового позиційного керування ПР полягає в позиціюванні маніпулятора ПР відповідно до упорів або дискретних датчиків.

Це визначає ряд характерних рис ПрКР, головні з яких такі:

- інформація про переміщення стосовно окремих ступенів рухомості задається за допомогою регульованих чи упорів датчиків положення;
- задане і фактичне положення ланок маніпулятора порівнюються у природному коді;
- при програмуванні технічна і технологічна інформація задаються в дискретному вигляді, вони визначають послідовність руху ланок маніпулятора, тривалість позиціювання і т.д.;
- керування ведеться за розімкнутим типом.

5.3. Циклові системи керування

Розглянемо циклову систему керування на прикладі системи МПЦП [18].

МПЦП призначений для циклового двопозиційного керування маніпуляторами та технологічним обладнанням. Дозволяє здійснювати циклове (за часовим, шляховим або сполучними принципами) та програмно-логічне керування.

МПЦП володіє такими функціями:

1) програмувальні:

- керування виходами на виконавчий пристрій;
- прийняття інформації, яка надходить від датчиків стану обладнання;
- формування витримки часу;
- керування лічильниками;
- звернення до підпрограм;
- організація умовних та безумовних переходів за програмою;
- зв'язок відповідно до інтерфейсу послідовної передачі інформації;

2) сервісні:

- редагування програм;
- тестовий контроль модулів;
- контроль робочих програм.

При введенні інформації з клавіатури пульта керування та виводу її на дисплей застосовується шістнадцятирічна система обчислення.

Дискретність завдання витримки часу – 0,1 с. МПЦП забезпечує світлову індикацію стану кожного входу та виходу.

Споживана потужність МПЦП – не більше 200 Вт.

Маса – не більше 18 кг.

Залежно від об'єму пам'яті робочих програм, кількості входів–виходів, наявності модуля послідовного інтерфейсу (МПІ) і типу корпусу випускаються різноманітні МПЦП (табл. 5.1).

Параметри сигналів зв'язку МПЦП із зовнішніми пристроями подані в табл. 5.2.

Структурна схема МПЦП наведена на рис. 5.1 [18].

Таблиця 5.1

Види МПЦП, що випускаються

Скорочене позначення	Тип корпусу	Об'єм пам'яті, Кбайт	Кількість входів	Кількість виходів	Наявність МПІ
МПЦП-1-32-1	Убудований	1	32	32	Нема
МПЦП-2-32-1	Приладовий	1	32	32	Нема
МПЦП-1-48-2	Убудований	2	48	48	Є
МПЦП-2-48-2	Приладовий	2	48	48	Є

Параметри сигналів зв'язку МПЦП

Параметр	Величина
Напруга вихідного комутуючого сигналу, В	20-30
Максимальний комутуючий струм, А	0,5
Високий рівень вхідного сигналу, В	20-30
Низький рівень вхідного сигналу, В	Не більше 5
Вхідний струм при напрузі 24 В, мА	13
Час реакції МПЦП на вхідний сигнал, мс	4
Довжина лінії зв'язку модуля МП, м	До 300

У склад МПЦП входять:

- система пам'яті, яка включає модуль пам'яті (МПМ) та модуль енергонезалежного запам'ятовуючого пристрою (МЕНЗП) – 512 байт;
- модуль процесора (МПР);
- система вводу–виводу, яка забезпечує за допомогою відповідних модулів зв'язок МПР з ПКР, що управляється ЕОМ вищого рангу та зовнішнім технологічним обладнанням;
- система електропостачання.

Модуль процесора здійснює збір, цифрову обробку та виведення інформації відповідно до виконавчої програми, що записана у перепрограмний постійно запам'ятовуючий пристрій (ППЗП) модуля пам'яті.

Виконавча програма (ВКП) є невід'ємною частиною МПЦП, недоступною для користувача. Її призначення – перетворення команд, які вводяться оператором з ПКР або надходять від керуючої програми (КрП) відповідно до послідовності кодів машинної мови мікропроцесора для реалізації цих команд.

КрП – програма, написана користувачем у кодах команд вхідної мови МПЦП, вона забезпечує поданий алгоритм роботи ПР і технологічного обладнання (ТО). Ця програма розміщується в МЕНЗП та зберігається при відключенні напруги завдяки використанню батарей елементів живлення.

Пульт керування спільно з модулем керування (МКР) складають технічні засоби спілкування оператора з МПЦП.

До пульта керування входять (рис. 5.2) клавіатура для введення команд і керування режимами роботи МПЦП, однорядковий дисплей, призначений для відображення інформації, що контролюється оператором, та індикатори режимів роботи.

Модуль керування забезпечує з'єднання клавіатури, індикації та пульта керування з внутрішньою магістраллю обміну інформацією МПЦП. Модулі вводу (МУВ) і виводу (МВИВ) дискретних сигналів призначені для зв'язку МПЦП із зовнішнім технологічним обладнанням (реле, датчиками стану обладнання, елементами сигналізації, виконавчими пристроями).

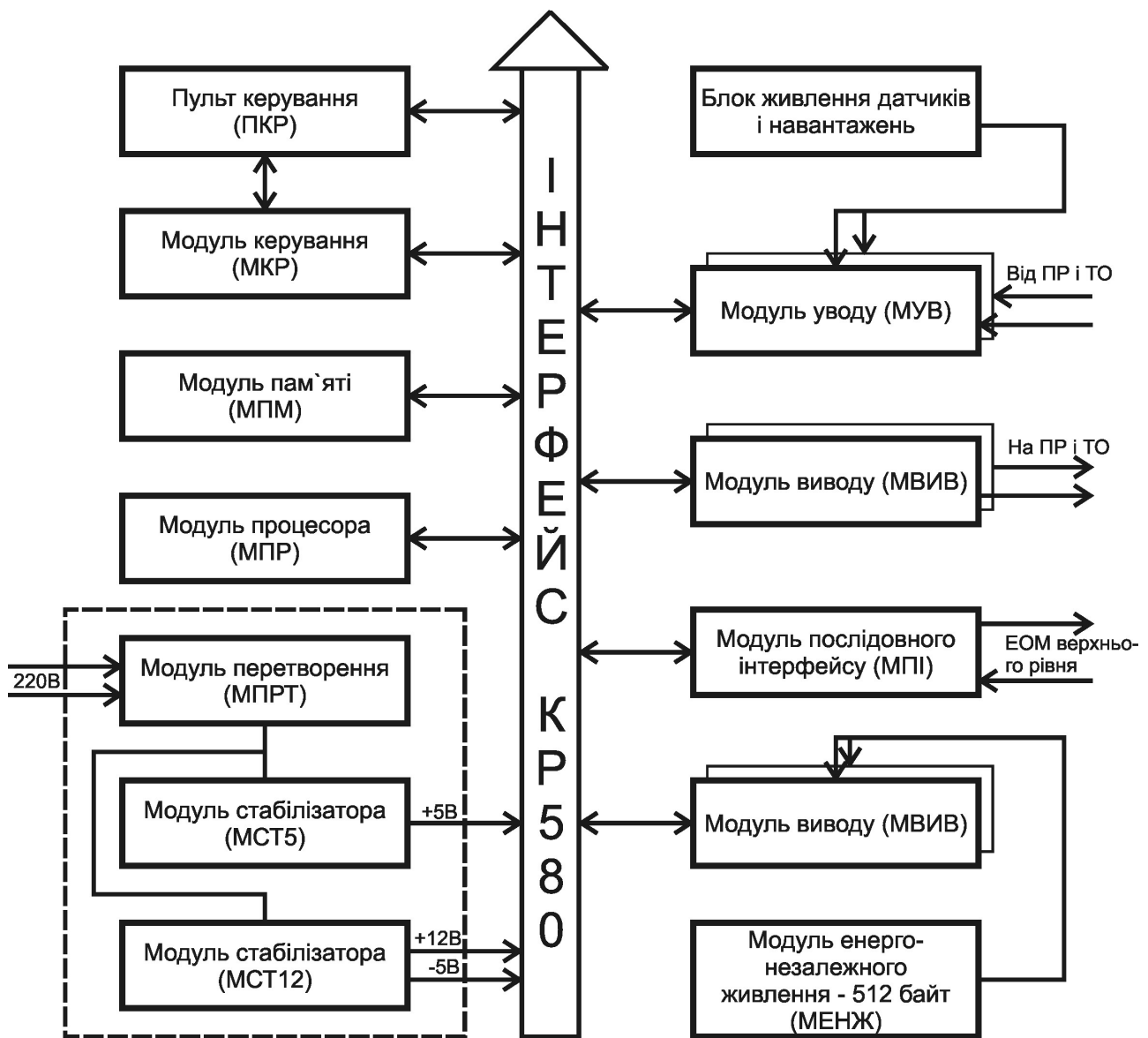


Рис. 5.1. Структурна схема МПЦП

5.4. Режими роботи циклової системи керування

У кожний поточний момент часу МПЦП може знаходитися в одному з таких режимів роботи: автоматичному (А), ручному (Р), кроковому (К), уводу програми (УП), перегляду програми (ПП), функціональної клавіатури [18].

Узагальнена конфігурація внутрішньої структури МПЦП для цих режимів подана на рис. 5.3.

Для зміни режимів роботи необхідно на ПУ натиснути клавішу Р та, не відпускаючи її, натиснути на ще одну клавішу відповідно до табл. 5.3. При цьому засвітиться один з п'яти індикаторів режиму роботи (рис. 5.2).

Режим роботи "Автоматичний" – основний і призначений для керування ПР та ТО відповідно до КрП, уведеної у МЕНЗП (рис. 5.4, а).

Для підвищення ефективності відлагодження КрП використовується режим роботи "Кроковий", у якому процесор здійснює вибірку із МЕНЗП та виконання чергової команди (рис. 5.4, б).

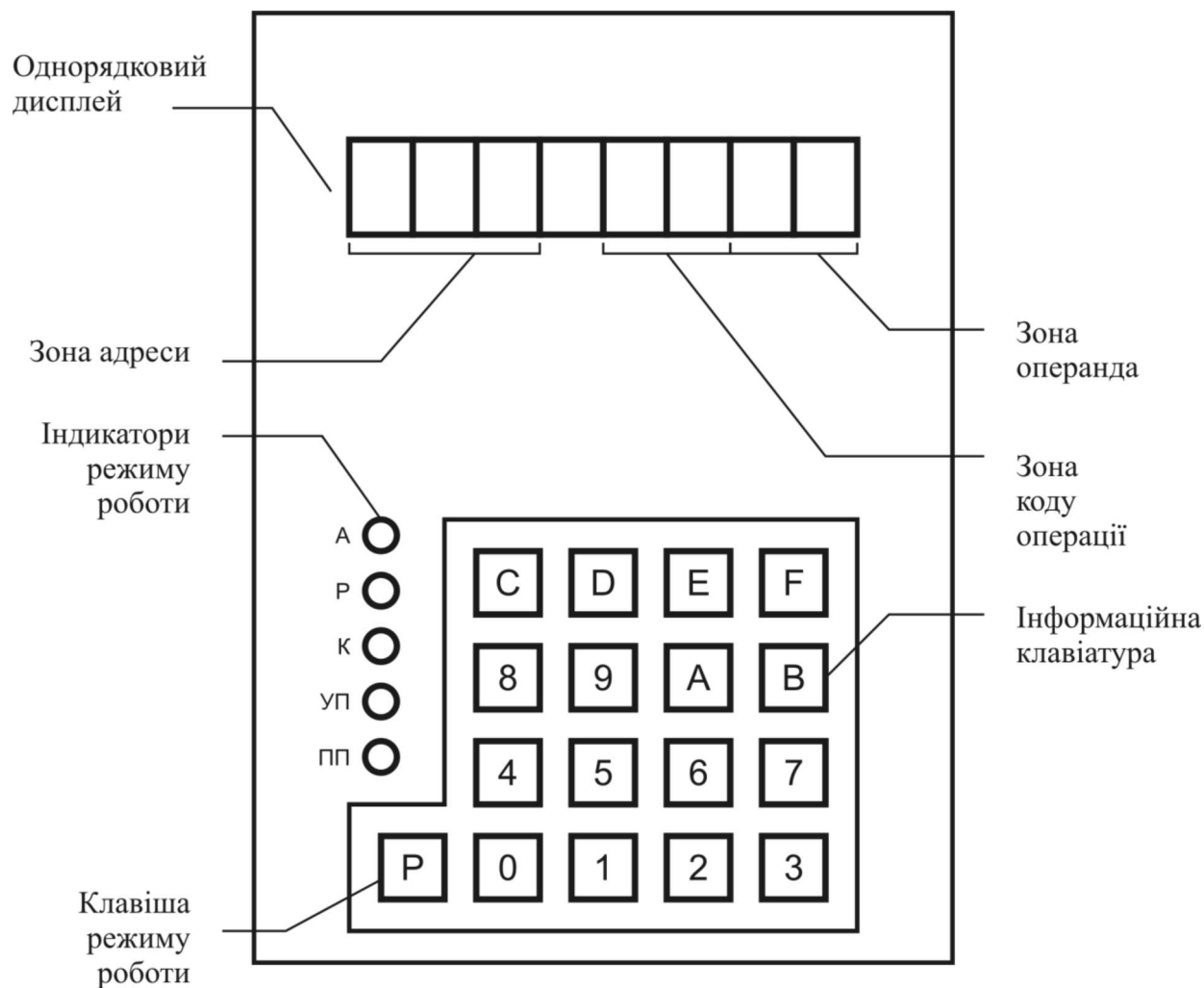


Рис. 5.2. Зовнішній вигляд пульта керування

У цьому режимі оператор має можливість здійснити виконання КрП у необхідному йому темпі. У паузах між виконанням команд процесор виводить на індикацію адресу (вміст лічильника команд) та вміст чарунки МЕНЗП, яка зберігає команду, що буде виконуватися на наступному кроці.

Режим “Увод програми” використовується для запису кодів команд керуючої програми в МЕНЗП (рис. 5.4, в). Необхідна команда набирається оператором на клавіатурі пульта керування.

При цьому процесор під дією ВКП зчитує коди натиснутих клавіш, формує з них код команди і пересилає його в МЕНЗП за адресою, визначеною лічильником команд.

По закінченні пересилки кожної команди вміст лічильника команд автоматично збільшується на одиницю. Інформація, яка вводиться спільно з поточним значенням лічильника команд, відображається на дисплеї пульта керування.

Режим “Перегляд програми” аналогічний режиму “Увод програми”, проте напрямок проходження інформації – протилежний (рис. 5.4, г).

Відповідно до адреси чарунки МЕНЗП, записаної у лічильнику команд, процесор зчитує інформацію з чарунки та виводить її на індикацію спільно з поточним значенням лічильника команд.

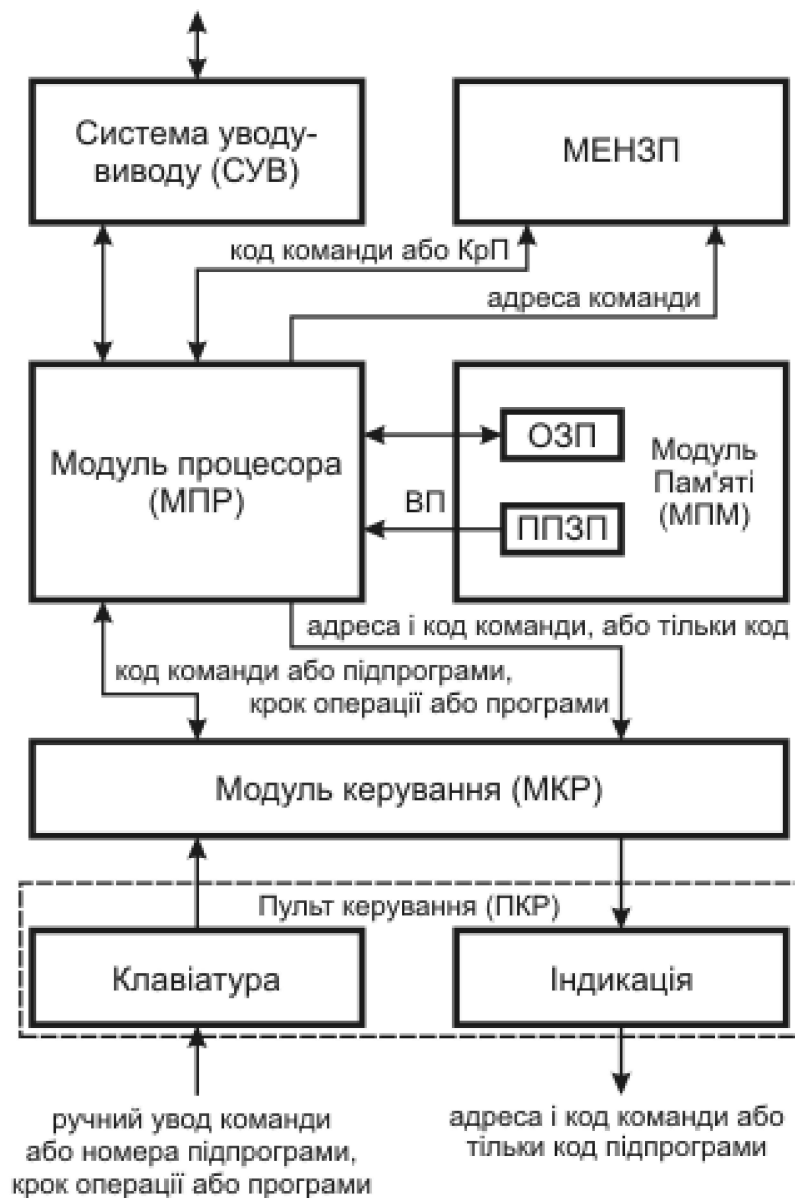


Рис. 5.3. Узагальнена конфігурація внутрішньої структури МПЦП

Таким чином, МЕНЗП є джерелом команд для процесора, вибірку яких він здійснює за адресою, що визначається лічильником команд. Цей режим використовується для контролю оператора над керуючою програмою, яка зберігається у пам'яті мікроконтролера.

У режимі “Ручний” процесор взаємодіє з пультом керування аналогічно тому, як у режимі “Увід програми” (рис. 5.5, а). Сформований код команди у цьому випадку не запам'ятовується в МЕНЗП, а виконується.

Режим керування “Функціональна клавіатура” є модифікацією режиму “Ручний” і спрощує керування маніпулятором при налагодженні РТК (рис. 5.5, б).

Режим “Функціональна клавіатура” дозволяє керувати маніпулятором, електромагніти пневморозподільників якого підключені до виходів 00–09.

Контроль за виконанням руху здійснюється датчиками, приєднаними до виходів 00–09.

Приклади перемикання режимів роботи МПЦП

Натискна клавiша	Індикація режиму роботи					Установлений режим роботи
	А	Р	К	УП	ПП	
“Скидання”	○	●	○	○	○	Ручний
P0	●	○	○	○	○	Автоматичний
P1	○	●	○	○	○	Ручний
P2	○	○	●	○	○	Кроковий
P3	○	○	○	●	○	Увід програми
P4	○	○	○	○	●	Перегляд програми вперед
P5	○	○	○	○	●	Перегляд програми назад
P6	○	○	●	○	○	Функціональна клавіатура маніпулятора 1
P7	○	○	●	○	○	Функціональна клавіатура маніпулятора 2
P8	○	○	○	○	●	Перегляд програми вперед

● – світлодіод увімкнений

○ – світлодіод вимкнений

Для роботи достатньо перейти у режим “Функціональна клавіатура” (табл. 5.3) і натискати клавiші відповідно табл. 5.4 (команди режиму “Функціональна клавіатура” 6, 7, 8, 9 у поданому маніпуляторі МП-9С не використовується у зв’язку з відсутністю 4-го та 5-го ступенів рухомості).

У цьому режимі інформаційні клавiші 0-В викликають з ППЗП підпрограми керування рухом маніпулятора.

Під час переходу в режим “Функціональна клавіатура” на однорядковому дисплеї ПУ з’явиться зображення „— — — F — 0 0”, де “—” позначає, що елемент погашений.

При натисненні кожної клавiші відповідно до табл. 5.4 на місці 2-го елемента коду операції з’явиться її значення.

Наприклад, при натисненні клавiші 2:

„— — — F 2 0 0”.

Після закінчення виконання відповідного руху цей елемент гасне, тобто з’являється початкове зображення.

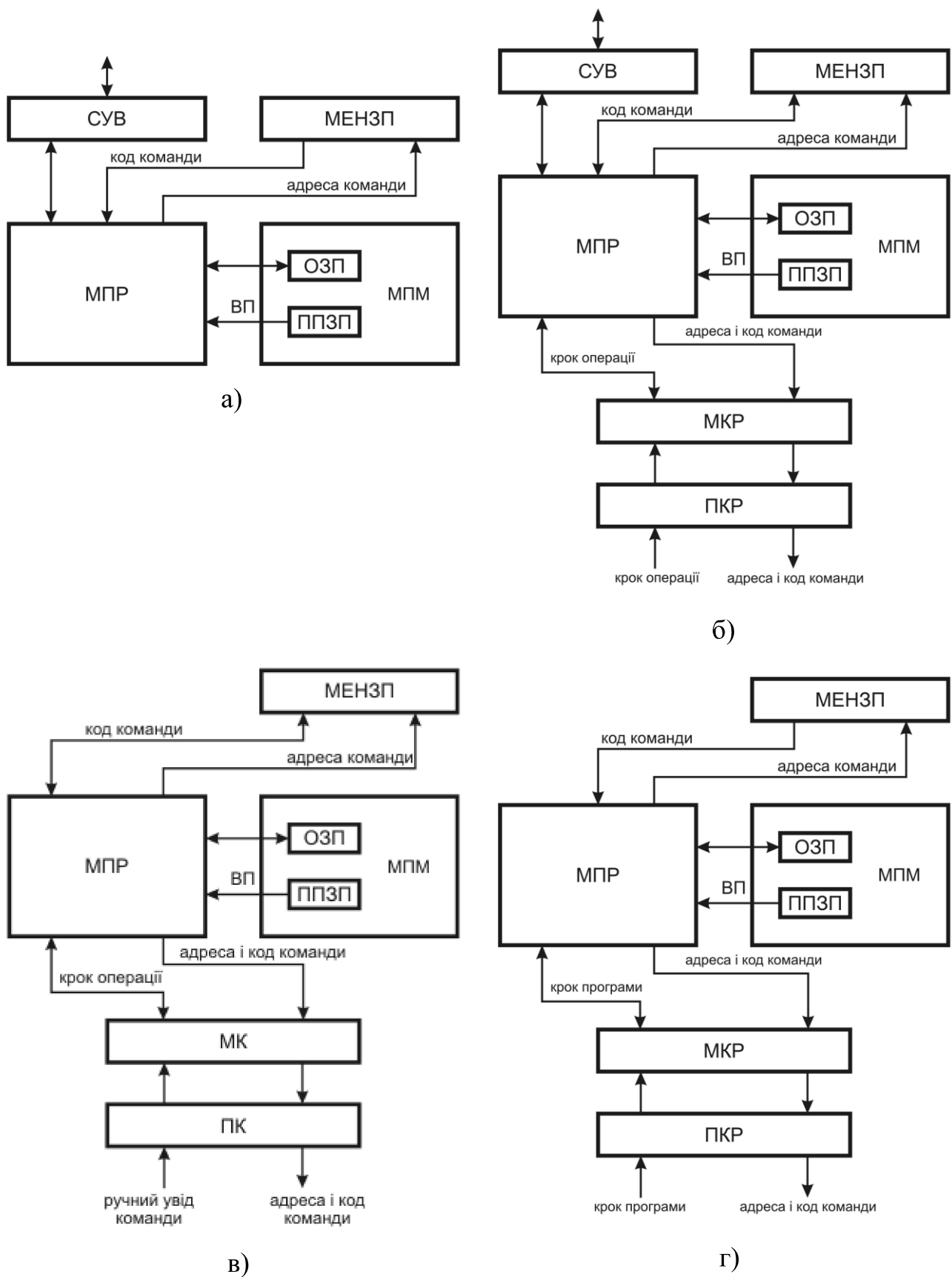


Рис. 5.4. Конфігурації внутрішньої структури МПСЦП для різних режимів роботи (а – автоматичний; б – кроковий; в – увід програми; г – перегляд програми)

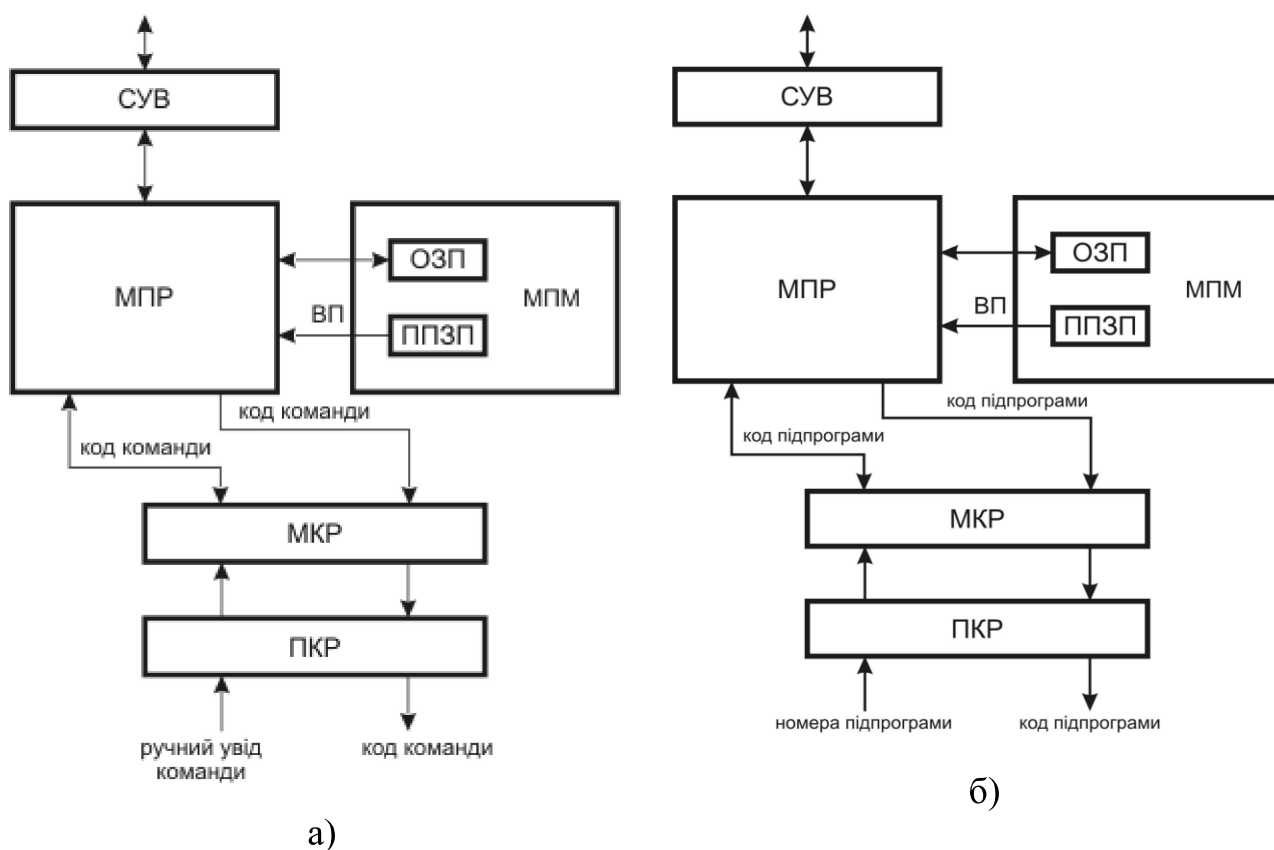


Рис. 5.5. Конфігурації внутрішньої структури МПЦП для режимів роботи „Ручний” (а) і „Функціональна клавіатура” (б)

Таблиця 5.4

Підключення датчиків та електромагнітів

Натискна клавіша	Умовне наймену- вання руху	Дія	Датчик (№ входу)	Електромагніт (№ виходу)
0	1-1	Переведення ступеня рухомості 1 у положення 1	x1(00)	y1(00)
1	1-2	Переведення ступеня рухомості 1 у положення 2	x2(01)	y2(01)
2	2-1	Переведення ступеня рухомості 2 у положення 1	x3(02)	y3(02)
3	2-2	Переведення ступеня рухомості 2 у положення 2	x4(03)	y4(03)
4	3-1	Переведення ступеня рухомості 3 у положення 1	x5(04)	y5(04)
5	3-2	Переведення ступеня рухомості 3 у положення 2	x6(05)	y6(05)
А	6-1	Розтиснення захоплювача	—	y7(06)
В	6-2	Стискування захоплювача	—	y7(06)

Висновки

У даному розділі розглянуті наведені нижче основні питання:

- класифікація систем керування ПР;
- системи програмного керування ПР;
- циклові системи керування ПР;
- режими роботи циклової системи керування.

Контрольні питання

1. На які групи відповідно до швидкодії можна розбити ПР?
2. На які групи відповідно до точності можна розбити ПР?
3. Які параметри системи керування визначають експлуатаційні можливості ПР?
4. Як класифікуються системи програмного керування ПР?
5. Які функції має система циклового керування МПЦП?
6. Які можна назвати основні характеристики МПЦП?
7. Які відомі виконання МПЦП?
8. Які вузли входять у склад МПЦП?
9. Який об'єм пам'яті МЕНЗП МПЦП?
10. Який об'єм пам'яті ППЗП МПЦП?
11. Який об'єм пам'яті ОЗП МПЦП?
12. Яка програма називається виконавчою?
13. Яка програма називається керуючою?
14. З яких елементів складається ПУ?
15. У яких режимах працює МПЦП?
16. Який вигляд має внутрішня структура МПЦП у кожному з режимів роботи?
17. Як змінити режим роботи МПЦП?
18. Чим характерний кожний з режимів роботи МПЦП?
19. Як працює МПЦП у режимі „Функціональна клавіатура”?
20. Які ступені рухомості будуть приведені в рух при натисканні клавіш 6–9 у режимі „Функціональна клавіатура”?