

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/371486990>

# Основи проектування систем автоматизації

Book · June 2012

CITATIONS

0

READS

395

1 author:



Alexander Timinsky

Taras Shevchenko National University of Kyiv

17 PUBLICATIONS 48 CITATIONS

SEE PROFILE

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ

Київський національний університет  
будівництва і архітектури

А.П. Пух, О.Г. Тімінський, Л.Г. Соболевська, А.О. Вольтерс

# **ОСНОВИ ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦІЇ**

## **ПРОЕКТУВАННЯ ЛОКАЛЬНИХ СИСТЕМ АВТОМАТИКИ**

*Рекомендовано Міністерством освіти і науки,  
молоді та спорту України  
як навчальний посібник для студентів вищих  
навчальних закладів*

**Київ 2012**

УДК 681.326  
ББК 30.022  
П88

Рецензенти: *М.В. Мислович*, доктор технічних наук, професор, завідувач відділом Інституту електродинаміки НАН України  
*Ю.В. Триус*, доктор педагогічних наук, професор, проректор з науково-методичної роботи та інформатизації Черкаського національного університету ім. Богдана Хмельницького  
*Л.С. Червінський*, доктор технічних наук, професор, Директор навчально-наукового центру енергозабезпечення і автоматизації сільського господарства Національного аграрного університету

*Рекомендовано Міністерством освіти і науки України як навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів (лист Міністерства освіти і науки України, молоді та спорту України №1/11-8056 від 29.08.2011 р.).*

**Пух А.П., Тімінський О.Г., Соболевська Л.Г., Вольтерс А.О.**  
П88 Основи проектування систем автоматизації. Проектування локальних систем автоматики: Навчальний посібник. – К.: КНУБА, 2012. – 153 с.

ISBN

Розглянуто теоретичні основи проектування пристроїв і систем автоматики. Значну увагу приділено структурним одиницям і модулям автоматичних систем. Наведені математичні моделі процесів управління. Викладено основні прийоми і стандарти техніки розробки конструкторської документації.

Призначений для студентів напряму 6.050202 “Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані технології”.

УДК 681.326  
ББК 30.022

© А.П. Пух, О.Г. Тімінський, Л.Г. Соболевська, А.О. Вольтерс, 2012  
© КНУБА, 2012

## ЗМІСТ

|                                                                                                                         |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Вступ .....                                                                                                             | 5  |
| 1. ТЕОРІЯ ПРОЕКТУВАННЯ ПРИСТРОЇВ І СИСТЕМ<br>АВТОМАТИКИ .....                                                           | 8  |
| 1.1. Загальна структура системи автоматизованого<br>управління. Конструювання пристроїв управління ..                   | 8  |
| 1.2. Принципи конструювання пультів управління.<br>Розробка схем оперативної сигналізації .....                         | 18 |
| 1.3. Загальна характеристика і аналіз систем логіко-<br>програмного управління .....                                    | 26 |
| 1.4. Проектування імпульсних пристроїв управління .....                                                                 | 33 |
| 1.5. Проектування числоімпульсних пристроїв<br>управління .....                                                         | 38 |
| 1.6. Методика моделювання логічних пристроїв<br>управління .....                                                        | 45 |
| 1.7. Синтез електричних схем релейно-контактних<br>пристроїв управління .....                                           | 52 |
| 1.8. Функціональні модулі мікроелектронних логічних<br>пристроїв .....                                                  | 59 |
| 1.9. Проектування мікроелектронних логічних<br>пристроїв управління .....                                               | 70 |
| 1.10. Загальна характеристика і аналіз систем<br>автоматичного регулювання .....                                        | 77 |
| 1.11. Проектування пристроїв автоматичного<br>регулювання на базі уніфікованих блоків .....                             | 79 |
| 1.12. Принципи побудови локальної системи автоматики<br>з використанням пристроїв управління, що<br>програмуються ..... | 84 |
| 1.13. Резервування пристроїв автоматики. Визначення<br>показників технічної надійності .....                            | 90 |

|                                                                                                |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 1.14. Визначення показників експлуатаційної надійності пристроїв, що проектуються .....        | 98  |
| Запитання для самоконтролю .....                                                               | 104 |
| <br>2. ТЕХНІКА РОЗРОБКИ КОНСТРУКТОРСЬКОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ .....                                    | 107 |
| 2.1. Зміст і послідовність розробки конструкторської документації на пристрої автоматики ..... | 107 |
| 2.2. Літерно-цифрові і графічні позначення елементів в електричних схемах .....                | 113 |
| 2.3. Правила виконання електричних схем і електромонтажних креслень .....                      | 124 |
| 2.4. Зміст і правила виконання функціональних схем автоматизації .....                         | 130 |
| 2.5. Правила виконання схем з'єднань і підключення зовнішніх проводок .....                    | 139 |
| Запитання для самоконтролю .....                                                               | 146 |
| <br>АЛФАВІТНИЙ ПОКАЗЧИК .....                                                                  | 147 |
| <br>ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ .....                                                            | 150 |
| <br>СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ .....                                                                    | 152 |

## ВСТУП

Автоматизована система управління технологічним процесом (АСУТП) – це складний технічний комплекс, що створюється в результаті спільної праці спеціалістів з автоматики, обчислювальної техніки, приладобудування, технології та електроприводу. При цьому основне завдання, яке вирішують спеціалісти першого профілю, полягає у розробці локальних систем автоматики технологічного об'єкта управління. Такі системи можуть бути певними частинами АСУТП або використовуватися автономно. Тому у цьому навчальному посібнику розглянуті основи проектування двох типів локальних систем автоматики, а саме: логіко-програмного управління і автоматичного регулювання.

Для виділення локальних систем здійснюють декомпозицію технологічного процесу на цикли, які можуть мати автономне управління. При цьому кожен цикл реалізується шляхом повної або часткової автоматизації. У першому випадку система автоматики містить: датчики контролю станів об'єкта, виконавчі пристрої або механізми, пристрій управління. У другому випадку до її складу входить також пульт управління, на якому розташовують певні засоби відображення інформації і органи управління. Взаємодія різних частин локальної системи відображають на структурній або функціональній схемі автоматизації.

Основною функціональною частиною локальної системи автоматики є пристрій управління, що виробляє необхідні впливи на виконавчі механізми. Правила формування таких впливів називають алгоритмами управління. Існують два принципи реалізації алгоритмів управління – апаратна (схемна) реалізація і програмна реалізація. Відповідно до цього пристрої управління поділяються на апаратні і ті, що програмуються. В апаратних пристроях кожен алгоритм управління реалізується

за допомогою певної функціональної структури. У пристроях, що програмуються, для цієї мети використовують різноманітні програми, які реалізуються за допомогою стандартної функціональної структури.

Залежно від характеристик основних функціональних елементів, апаратні пристрої управління поділяються на релейно-контактні та мікроелектронні. Для побудови релейно-контактних пристроїв можна використовувати електромагнітні або герконові реле. Електромагнітні реле розташовують в уніфікованій шафі, яка являє собою монолітну конструкцію. Герконові реле і компоненти електронних схем встановлюють на друкованій платі у вигляді взаємозамінного пакету елементів – модулю. Певний набір таких модулів розташовують в уніфікованому блоці, що є складеною конструкцією.

Монолітну конструкцію слід використовувати при проектуванні одиничних або дослідних зразків виробу. В інших випадках пристрій має складену конструкцію, що забезпечує можливості уніфікації і роздільного резервування функціональних частин виробу. Для побудови такої конструкції можна також використовувати уніфіковані блоки, що входять до складу певного агрегатного комплексу.

Пристрої управління, що програмуються, розробляють на базі мікропроцесорних компонентів технічних засобів, які призначені для реалізації різноманітних законів регулювання або логічного управління. У цьому випадку проектування зводиться до вибору необхідних типових блоків комплексу і визначення зв'язків між ними.

Процес проектування пристрою управління у загальному вигляді складається з наступних етапів. У результаті аналізу технологічного об'єкта визначають вимоги до алгоритму функціонування пристрою і обирають засіб його реалізації. Потім розробляють необхідні електричні схеми і конструкції

виробу, а також здійснюють розрахунок показників надійності. За необхідністю передбачають постійне резервування його функціональних частин. На завершення розробляють конструкторську документацію, що вимагається для виготовлення і експлуатації пристрою.

Тому навчальний посібник з даної дисципліни містить дві частини з такими назвами.

1. Теорія проектування пристроїв і систем автоматики.
2. Техніка розробки конструкторської документації.

У першій частині розглядаються методи побудови загальної структури системи автоматизації, аналізу локальних систем, схемотехнічного проектування і конструювання типових пристроїв управління, а також пультів управління. Окрім того, вказані способи підвищення надійності функціонування пристроїв автоматики і порядок розрахунку її показників: імовірності відмов, коефіцієнта готовності до роботи і технічного ресурсу.

У другій частині надані загальні поняття щодо конструкторської документації, послідовності розробки і стандартах, що регламентують її оформлення. розглянуті правила виконання основних типів електричних схем автоматики (структурних, функціональних, принципів, з'єднань і підключень), а також електромонтажних креслень. При цьому особливу увагу приділено літерно-цифровим і графічним позначенням елементів релейно-контактних і мікроелектронних пристроїв управління. Окрім цього, наведені правила виконання функціональних схем автоматизації, а також схем з'єднань і підключень зовнішніх проводок.

За думкою авторів навчального посібника, така послідовність викладення матеріалу полегшить пошук необхідної інформації з проектування конкретного пристрою або визначеної системи автоматики.



# **1. ТЕОРІЯ ПРОЕКТУВАННЯ ПРИСТРОЇВ І СИСТЕМ АВТОМАТИКИ**

## **1.1. Загальна структура системи автоматизованого управління. Конструювання пристроїв управління**

При проектуванні пристроїв автоматики технологічний процес поділяють на складові частини (цикли), які можуть мати автономне управління. Для здійснення кожного циклу можна використовувати повну або часткову автоматизацію.

Повна автоматизація необхідна хоча б при одній з таких умов:

- 1) психофізіологічні можливості людини не достатні для управління даним процесом;
- 2) управління здійснюється в середовищі небезпечному для життя й здоров'я людини;
- 3) при управлінні об'єктом у критичних і аварійних ситуаціях.

При повній автоматизації контур управління має послідовну структуру, що містить три компоненти: інформаційний автомат (ІА), управляючий автомат (УА) і виконавчий пристрій (ВП). Причому, обидва автомати є умовними (не конструктивними) компонентами системи, що виконують необхідні функціональні операції.

При частковій автоматизації людина-оператор взаємодіє хоча б з одним з компонентів контуру управління. Розглянемо призначення автоматів і функції оператора в таких структурах.

ІА служить для збору й первинної обробки інформації про стан об'єкта управління. У результаті цього можуть формуватися два потоки контрольних сигналів: робочий і оперативний. Робочі сигнали подаються на входи УА, що виробляє за певними алгоритмами керуючі впливи на ВП. На підставі оперативних сигналів оператор змінює алгоритм роботи УА або стан ВП. Для виконання зазначених функцій оператор може обробляти

частину вхідної інформації й використовувати отримані директиви.

Різні варіанти взаємодії оператора з технічними засобами утворюють шість способів управління виконавчим пристроєм при частковій автоматизації (рис. 1.1).

Робота оператора характеризується високою завадостійкістю (1), можливістю сприйняття образів (2), розвинутою індуктивною логікою (3), високою гнучкістю перебудови (4), гарною здатністю до навчання (5) і можливістю розкриття невизначеностей (6) – дії при несподіваних ситуаціях.

Інформаційний автомат має високу чутливість (7) і швидкість обробки інформації (8). Управляючий автомат відрізняється стабільністю в роботі (9), високою швидкодією (10), чіткою дедуктивною логікою (11) і постійною готовністю (12).

Однак потенційні можливості реалізації зазначених якостей оператора й автоматів залежать від характеру розподілів функцій між ними. Тому кожен спосіб часткової автоматизації можна оцінювати кількісно певним набором нормованих значень часткових показників  $\{\alpha_1 \ \alpha_2 \ \alpha_3 \dots \alpha_{12}\} \dots$ . Тут показник  $\alpha_i$  характеризує ступінь використання  $i$ -ої якості оператора або автоматів у конкретній структурі управління (див. табл. 1.1). При сприятливих умовах реалізації цієї якості  $\alpha_i = 1$ , коли є обмежуючі фактори  $\alpha_i = 0,5$ . Якщо реалізація істотно ускладнена, то варто приймати  $\alpha_i = 0$ .

Залежно від особливостей виділеного циклу, необхідно вводити вагові коефіцієнти  $k_1 \dots k_{12}$  (у межах від 0 до 1), що визначають значимість відповідних часткових показників. Тоді оптимальний спосіб часткової автоматизації можна вибрати по максимальній величині комплексного показника якості:

$$Q = \sum_{i=1}^{12} k_i \alpha_i .$$

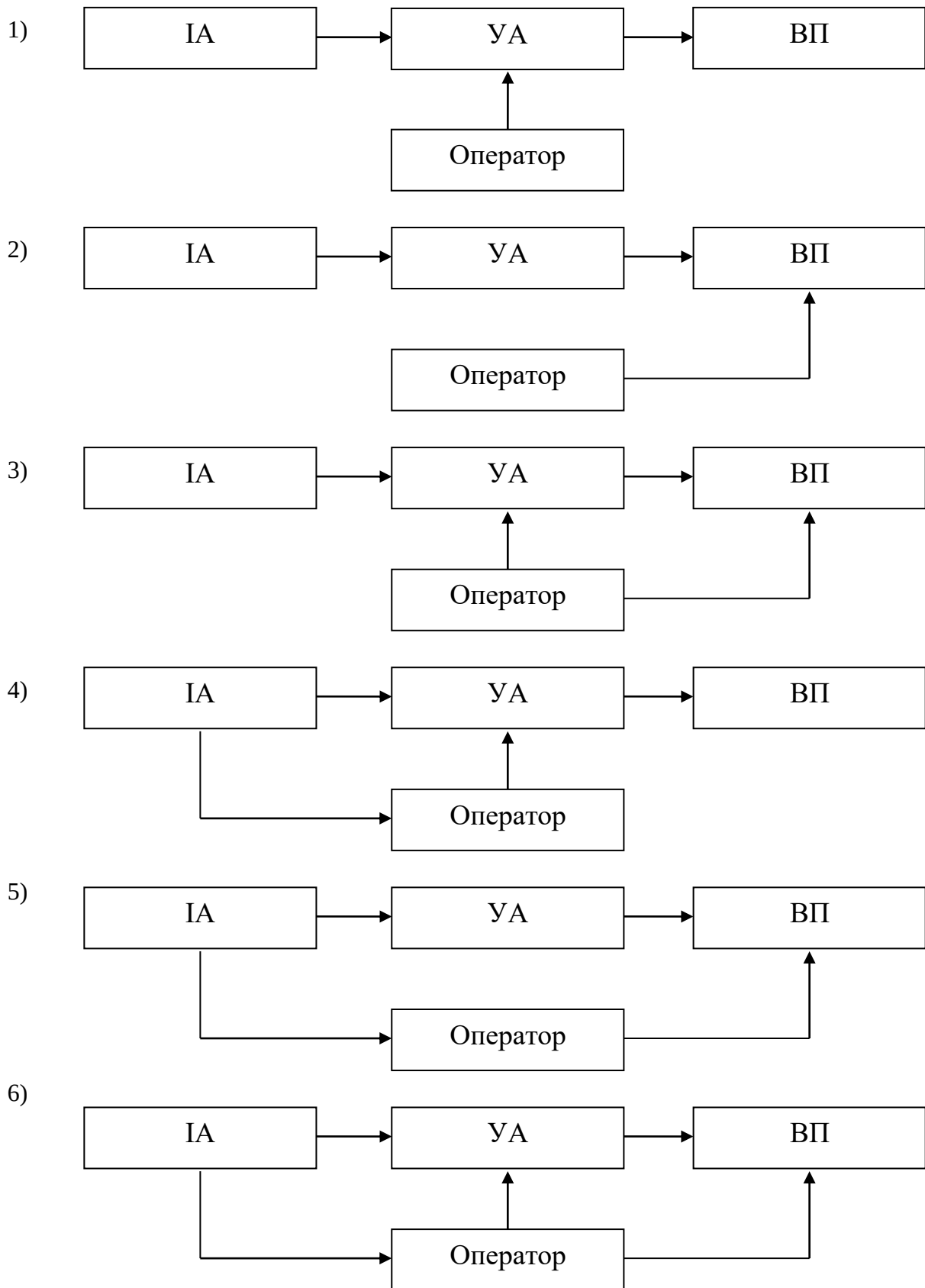


Рис. 1.1. Способи управління виконавчим пристроєм при частковій автоматизації

Структури управління, в яких не може бути реалізована якість, що має істотне значення для даного циклу, виключаються як не прийнятні.

Як приклад у табл. 1.1 наведено дані розрахунку показників якості для двох найбільш характерних способів часткової автоматизації (варіанти 3 і 4).

*Таблиця 1.1*

**Показники якості часткової автоматизації**

| Якість оператора<br>або автомата | $\alpha_i$    | $\alpha_i(3)$ | $\alpha_i(4)$ | $\kappa_i$ | $\kappa_i \alpha_i(3)$ | $\kappa_i \alpha_i(4)$ |
|----------------------------------|---------------|---------------|---------------|------------|------------------------|------------------------|
| Стійкість до<br>перешкод         | $\alpha_1$    | 1,0           | 0,5           | 0,0        | 0,0                    | 0,0                    |
| Сприйняття образів               | $\alpha_2$    | 1,0           | 0,5           | 1,0        | 1,0                    | 0,5                    |
| Індуктивна логіка                | $\alpha_3$    | 1,0           | 0,5           | 1,0        | 1,0                    | 0,5                    |
| Гнучкість<br>перебудови          | $\alpha_4$    | 1,0           | 0,5           | 0,5        | 0,5                    | 0,25                   |
| Здатність до<br>навчання         | $\alpha_5$    | 1,0           | 0,5           | 0,5        | 0,5                    | 0,25                   |
| Розкриття<br>невизначеностей     | $\alpha_6$    | 1,0           | 0,0           | 0,0        | 0,0                    | 0,0                    |
| Чутливість                       | $\alpha_7$    | 0,5           | 1,0           | 0,5        | 0,25                   | 0,5                    |
| Обробка інформації               | $\alpha_8$    | 0,5           | 1,0           | 1,0        | 0,5                    | 1,0                    |
| Стабільність роботи              | $\alpha_9$    | 0,5           | 1,0           | 0,5        | 0,25                   | 0,5                    |
| Швидкодія                        | $\alpha_{10}$ | 0,5           | 1,0           | 0,5        | 0,25                   | 0,5                    |
| Дедуктивна логіка                | $\alpha_{11}$ | 0,5           | 1,0           | 1,0        | 0,5                    | 1,0                    |
| Готовність до<br>роботи          | $\alpha_{12}$ | 0,5           | 1,0           | 1,0        | 0,5                    | 1,0                    |

Разом:  $Q_3 = 5,25$ ;  $Q_4 = 6,0$ .

Після вибору способів управління окремими виконавчими пристроями, складають загальну структуру автоматизованого управління даним технологічним процесом (рис. 1.2). При цьому

необхідно дати перелік контрольних сигналів робочого й оперативного потоків, указати умови формування керуючих впливів, а також описати характер прямих і непрямих оперативних впливів. На підставі такої інформації вибирають певні датчики й здійснюють необхідні перетворення їхніх сигналів, розробляють пристрої оперативної сигналізації і пристрої управління, конструюють пульт управління.

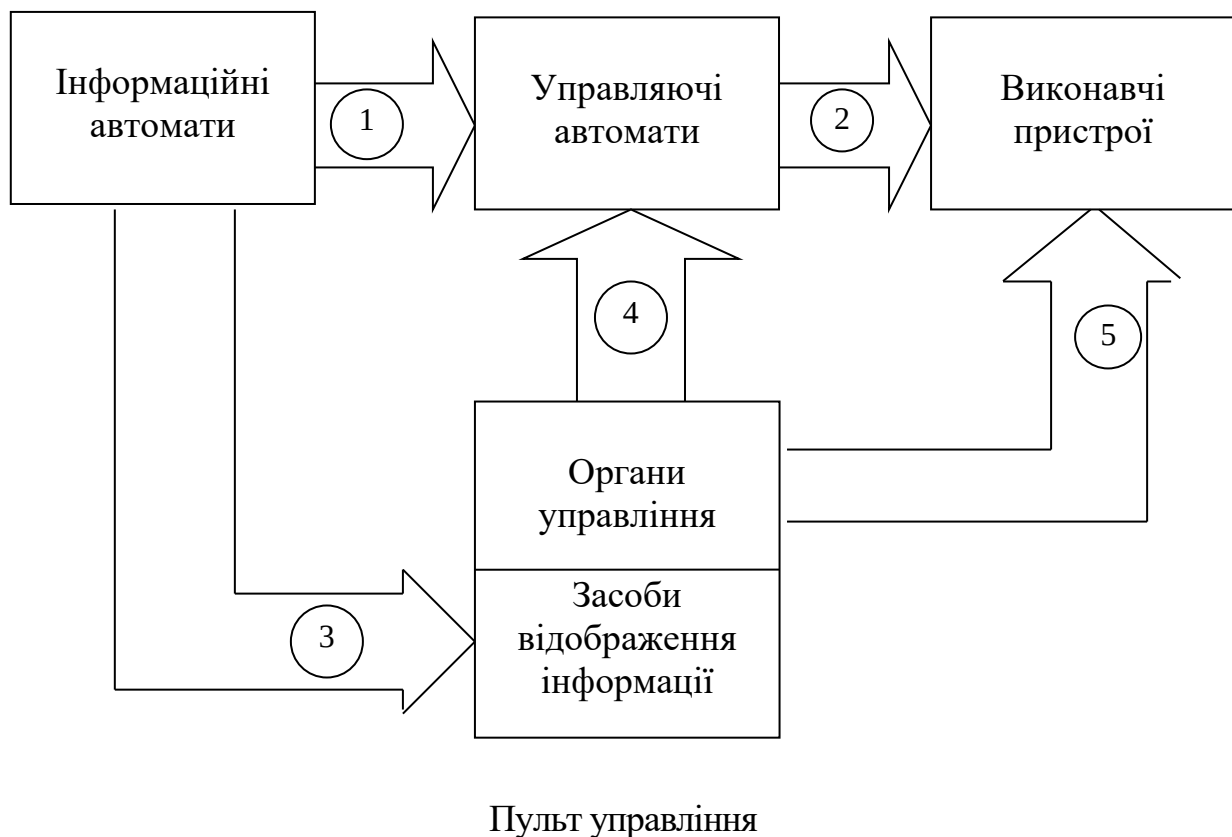


Рис. 1.2. Загальна структура системи автоматизованого управління:

1 – робочий потік контрольних сигналів; 2 – керуючі впливи; 3 – оперативний потік контрольних сигналів; 4 – непрямі оперативні впливи; 5 – прямі оперативні впливи

Пристрій управління проектують у вигляді конструкції, певні частини якої можна замінити в умовах експлуатації. Такі частини конструкції релейно-контактних пристроїв називають функціональними елементами, а мікроелектронних пристроїв –

функціональними вузлами. Вони можуть являти собою стандартні вироби (наприклад, реле часу) або монолітні блоки й модулі. При конструюванні керуючих пристроїв необхідно враховувати три основні вимоги: технологічність, ремонтопридатність і експлуатаційну надійність.

Технологічність – ступінь придатності конструкції до промислового виготовлення в заданій кількості з мінімальною собівартістю. Для цього в конструкції використовують раніше освоєні в даному виробництві вироби (прийнятність), а також набір обмеженого числа деталей і функціональних вузлів (типізація й уніфікація).

Ремонтотпридатність – пристосованість конструкції до відновлення пристрою автоматики після його відмови в роботі. Для цього в конструкції забезпечують можливості оперативної заміни функціональних вузлів, а також контролю їхньої працездатності за допомогою зовнішніх або вбудованих вимірювальних приладів.

Експлуатаційна надійність – стійкість конструкції до механічних впливів, впливу зовнішнього середовища, а також довговічність при роботі в заданому режимі. Для цього обмежують доступ до конструкції й здійснюють її герметизацію, а також застосовують резервування заміщенням функціональних вузлів з мінімальним технічним ресурсом.

Керуючі пристрої автоматики проектують на основі уніфікованих базових або типових конструкцій, які скорочено називають УБК і УТК.

УБК може являти собою уніфіковану шафу або блок, призначену для розміщення (установки) необхідного набору функціональних елементів або модулів певного типу.

Наприклад, уніфікована шафа автоматики має дві стійки кутового типу, в яких передбачений ряд круглих отворів для кріплення болтами поперечних рейок. На двох таких рейках

можна встановлювати кілька однотипних електромагнітних реле або іншу апаратуру (рис. 1.3).

Для виконання електромонтажу шафи використовують шини – це пучки гнучкого проводу, бандажованого по довжині. Кожну «горизонтальну» шину прокладають уздовж ряду функціональних елементів (ФЕ) і кріплять до нижньої рейки. Така шина служить для внутрішніх з'єднань між зазначеними елементами й підключення їх до клемника зовнішніх зв'язків, установленому на бічній стінці шафи. Всі зовні з'єднання здійснюють за допомогою «вертикальної» шини, яку кріплять до бічної стінки. Первинні провідники цієї шини підключають до вхідного клемника шафи, а кінцеві провідники – до клемника верхнього ярусу функціональних елементів.

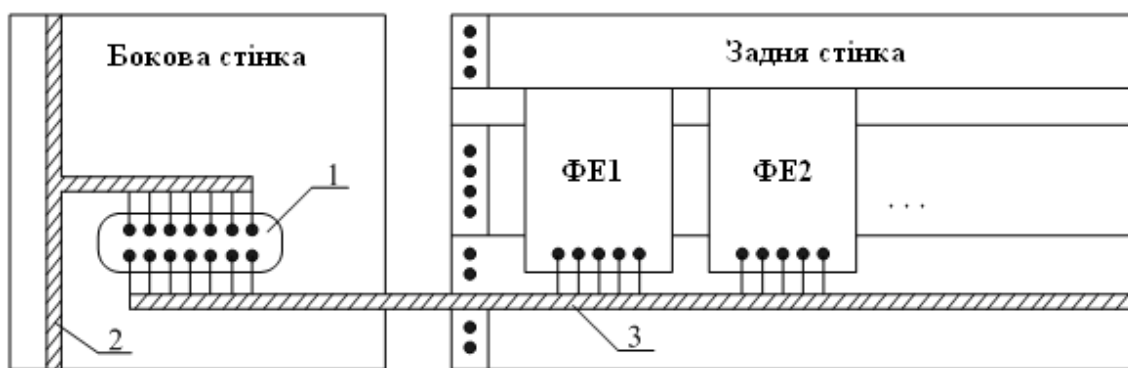


Рис. 1.3. Фрагмент компоновки функціональних елементів і шин зв'язку в уніфікованій шафі автоматики:

1 – клемник зовнішніх зв'язків; 2 – «вертикальна» шина;  
3 – «горизонтальна» шина

Іншим прикладом базової конструкції може служити уніфікований блок (рис. 1.4). Металеве шасі блока має поздовжнє вікно для розміщення «пакета» функціональних модулів. Кожен з них являє собою друковану плату з одностороннім монтажем елементів. У нижній частині плати є вилка штепсельного роз'єму, яка стикується з розеткою, встановленою на шасі. Модулі всовуються в касету по

направляючим вирізам у бокових колодках, виконаних з капрону. Зверху вони фіксуються профільною рейкою, яка кріпиться до шасі гвинтами. На рис. 1.4 зображення модулів виділені штрихом. Зовнішні електричні кола підключаються до блока за допомогою штепсельного роз'єму, вилка якого встановлена на задній стінці шасі. Для внутрішнього електромонтажу блока використовують дві шини, які прокладають вздовж розеток з обох боків.

Розглянемо основні принципи конструювання друкованих плат (ДП).

Друковані провідники – ділянки, струмопровідного покриття на ізоляційній підставі можуть бути отримані двома способами:

- 1) вибіркою металізацією (електрохімічний спосіб);
- 2) вибірним видаленням частини суцільного шару металізації (травлення фольгованого матеріалу).

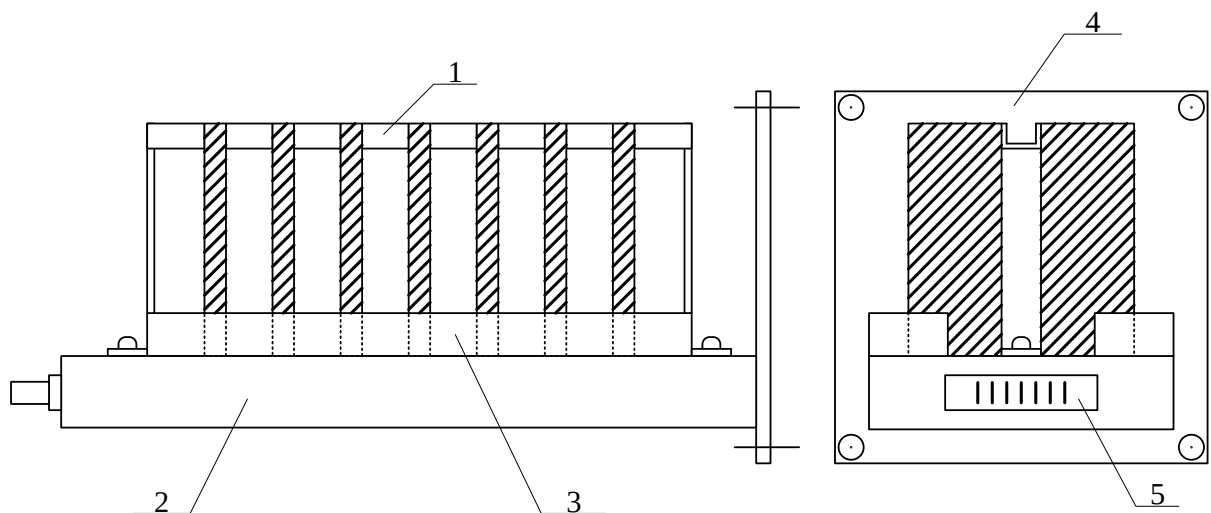


Рис. 1.4. Компонування функціональних модулів в уніфікованому блоці:

- 1 – профільна рейка; 2 – шасі; 3 – бічна колодка; 4 – лицьова панель;  
5 – вилка штепсельного роз'єму



Друковані провідники по можливості варто робити широкими, при цьому в провіднику ширше 5 мм передбачають щілинні, круглі або овальні вирізи, що знижують температурні деформації ДП.

ДП має бути квадратної або прямокутної форми, розміри сторін – кратними 2,5 мм (при  $L < 100$  мм), 5,0 мм (при  $L < 350$  мм), 10 мм (при  $L > 350$  мм), а співвідношення сторін – не більше 3:1. Товщина ДП має відповідати одному із чисел ряду: 0,8; 1,0; 1,5; 2,0 мм.

Обробку ДП і монтаж виконують по координатній сітці, основний крок – 2,5 мм. При цьому креслення ДП виконують у масштабах 1:1, 2:1 або 4:1. Для визначення розмірів лінії сітки нумерують.

Центри всіх отворів мають розташовуватися у вузлах координатної сітки. Діаметри монтажних отворів вибирають із ряду: 0,7; 0,9; 1,1; 1,3; 1,5 мм. Кожен монтажний отвір охоплює контактною площадкою в 2-3 рази більшою його діаметра.

Конструкція контактного вузла на ДП може бути виконана у вигляді двох варіантів: із запресованою втулкою або з пайкою в торці виводу.

Основний метод геометричного компонування мікросхем і інших елементів – площинний багаторядний. Мікросхеми зі штировими виводами мають встановлюватися з одного боку. При однобічному друкованому монтажі навісні елементи встановлюють впритул до поверхні ДП.

*Рознімні з'єднання* ДП здійснюються за допомогою спеціальних електричних з'єднувачів для друкованого монтажу. Такі з'єднувачі можуть бути навісними або торцевими. Торцеві з'єднувачі містять тільки розетки, гнізда яких контактують із провідними доріжками ДП, що мають зносостійке покриття. Навісні з'єднувачі складаються з вилки й розетки: вилка

кріпиться на ДП і її хвостовики припаюють до провідних доріжок у контактних вузлах.

УТК являє собою набір уніфікованих вузлів і деталей, що утворюють кілька конструктивних рівнів (рис. 1.5). Вироби нульового порядку – монтажні плати служать для побудови агрегатних модулів – типових елементів заміни, які потім поєднують у функціональні блоки. За допомогою виробів вищого рівня (стійка, шафа) можуть компонуватися керуючі пристрої, що мають ієрархічну конструкцію.

Конструкцію, що містить взаємозалежні *рознімні* частини називають складовою. Відповідно до їхнього виду, така конструкція може бути блоковою або модульній-модульній-блочно-модульною. Основне достоїнство складених конструкцій керуючих пристроїв – локалізація завершених функцій у певних конструктивних вузлах: блоках і модулях. Такий спосіб проектування називають «функціонально-вузловим методом». У результаті чого можна організувати виробництво виробу по незалежних циклах, крім того полегшується проведення ремонтних робіт.

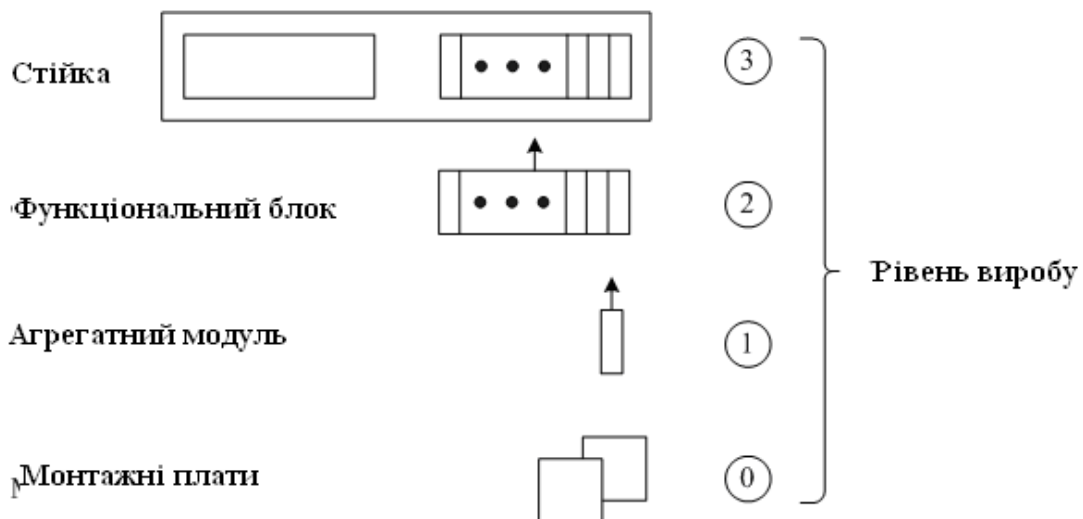


Рис. 1.5. Багаторівневий комплект виробів УТК

## 1.2. Принцип конструювання пультів управління.

### Розробка схем оперативної сигналізації

Пульт управління – пристрій , що містить органи управління (ОУ) і засоби відображення інформації (ЗВІ), необхідні операторові для виконання покладених на нього функцій у системі автоматизації.

При цьому використовують уніфіковані конструкції стаціонарних пультів двох типів (рис. 1.6): П (пульт) і ППП (пульт з похилою приставкою для приладів).

Конструкторську розробку взаємодії оператора із ЗВІ й ОУ виконують на основі рекомендацій інженерної психології (інженерно-психологічне конструювання). Ціль такого конструювання – зменшення ймовірності помилок оператора при виконанні своїх функцій. Це досягається за рахунок раціонального вибору ЗВІ й ОУ, їхнього оптимального компоновання на пульті управління , а також чіткої організації роботи оператора.



Рис 1.6. Уніфіковані конструкції пультів управління

Основні етапи діяльності оператора в системі автоматизації можна подати у вигляді структури, показаної на рис. 1.7.

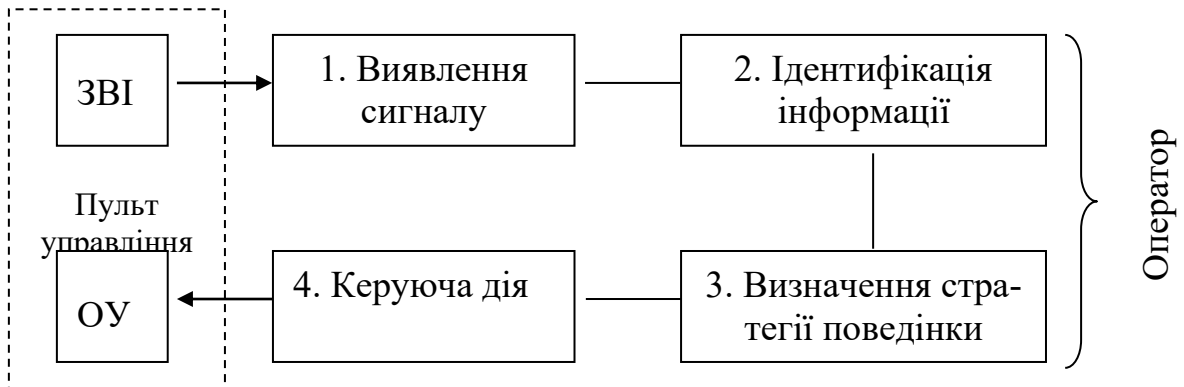


Рис 1.7. Структура взаємодії оператора з ОУ і ЗВІ

Помилки, що допускає оператор на етапах "1" і "4", як правило, обумовлені неправильним вибором або комбонуванням ЗВІ й ОУ. Причини помилок на етапах "2" і "3" – недоліки в організації роботи оператора, коли поставлені задачі не відповідають його можливостям. Варто враховувати, що кількість помилок, вчинених оператором збільшується, коли він працює на межі психофізіологічних можливостей. Однак характер діяльності оператора й обсяг виконуваної роботи мають бути достатніми для підтримки його активності.

Розглянемо характеристики ЗВІ, рекомендації з їх використання в системах автоматизації і комбонуванню на пультах управління (рис. 1.8).

Кольоровим кодам сигнальних лампочок надають такі значення:

- червоні спалахи – аварійні умови;
- янтарний колір – граничний стан;
- зелений колір – параметри процесу в межах допуску;

- білий колір – включення апаратури або агрегату (механізмів).

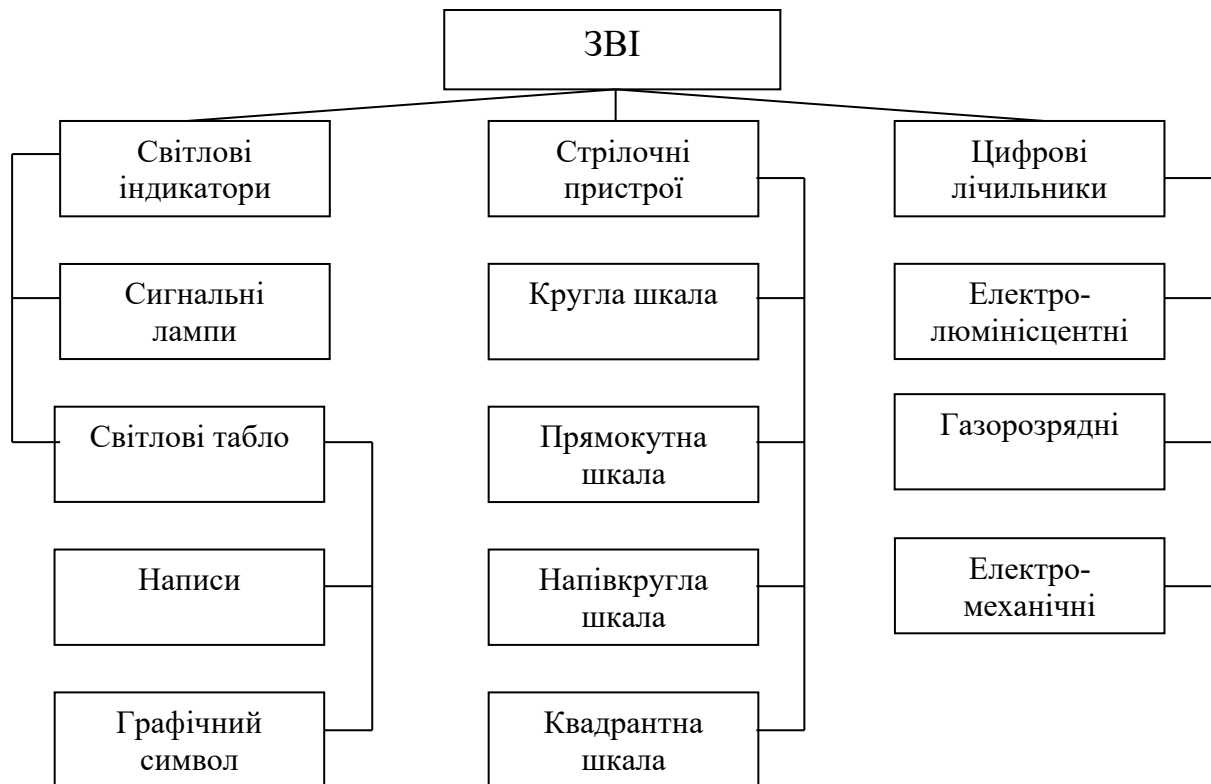


Рис 1.8. Класифікація ЗВІ систем автоматизації

Для залучення уваги оператора до істотних змін параметрів технологічного процесу або до небезпечних режимів роботи устаткування, необхідно використовувати звукову сигналізацію, що вимикається оператором за принципом "квитування".

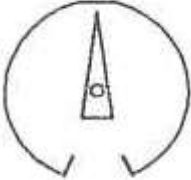
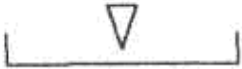
Стрілочні прилади рекомендується вибирати відповідно до їхнього функціонального призначення, зазначеному у табл. 1.2.

Стрілочні прилади варто розташовувати в центральній зоні панелі пульта П або на приладовій панелі пульта ППП. При цьому прилади, призначені для контролю різних

параметрів, мають чітку орієнтацію в межах панелі або розміщатися в зонах, виділених визначеним кольором.

*Таблиця 1.2*

**Функціональне призначення стрілочних приладів**

| Тип пристрою                                                                        | Функціональне призначення                                                      |
|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|
|    | Контроль значення технологічного параметра в широкому діапазоні                |
|    | Контроль відхилення значення технологічного параметра від номінальної величини |
|  | Контроль значення величини технологічного параметра в заданих межах            |
|  | Контроль недопустимих змін величини технологічного параметра                   |

Світлові індикатори і цифрові лічильники, як правило, розташовують по периферії панелі пультів. Виключення складають тільки світлові табло, що представляють мнемосхему об'єкта управління, яку можна розташовувати в центральній зоні приладової панелі.

Органи управління рекомендується вибирати відповідно до їхнього функціонального призначення, зазначеним у табл. 1.3.

Таблиця 1.3

**Функціональне призначення органів управління**

| Назва ОУ                                      | Функціональне призначення                                              |
|-----------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|
| Кнопка управління                             | Формування команд «пуск-стоп», що визначають тривалість робочого циклу |
| Тумблер<br>двопозиційний з<br>самоповерненням | Короткочасне вмикання не<br>реверсивного механізму                     |
| Тумблер<br>трипозиційний з<br>самоповерненням | Короткочасне вмикання<br>реверсивного механізму                        |
| Ключ управління<br>універсальний              | Послідовне ввімкнення чи<br>зміна режимів роботи                       |
| Багатопозиційний<br>перемикач                 | Ступінчате регулювання<br>параметра                                    |
| Ручка управління                              | Плавне регулювання<br>параметра                                        |

Орган управління, призначений для регулювання визначеного параметра, слід розташовувати на панелі пульта в зоні приладу, що контролює значення цього параметра.

Порядок розташування інших ОУ залежить від типу пульта управління: при використанні пульта П їх розміщують по периферії панелі, а при використанні пульта ППП – у межах горизонтальної панелі. Такі ОУ мають компоуватися спільно зі світловими індикаторами, що відображають результати їхньої дії.

Для формування світлових і звукових сигналів, що одержує оператор, використовують типові схеми оперативної сигналізації. Залежно від характеру відображуваної інформації, така сигналізація може бути виробничою, технологічною або аварійною.

Виробнича сигналізація вказує стан (включений – відключений) агрегатів і механізмів, відносно розташування рухливих об'єктів або виробів, наявності матеріалів та ін.

Електрична схема контролю станів містить два функціональних елементи: релейне джерело інформації і світловий індикатор. При електродвигунному приводі механізму джерелом інформації може служити магнітний пускач, токове реле або датчик швидкості. У випадку електромагнітного приводу замість датчика швидкості використовують датчик витрати. Причому, тільки зазначені датчики є джерелами достовірної інформації.

Контроль відносного розташування може бути позиційним або у межах зони.

Розглянемо, як це здійснюється стосовно до виробу, довжина якого  $\ell$ .

Для позиційного контролю використовують два шляхових вимикачі (датчики), відстань між якими небагато менша довжини виробу. При цьому: елемент сигналізації включається за допомогою послідовно з'єднаних контактів датчиків. Якщо потрібно контролювати наявність виробу в зоні, обмеженої цими датчиками, то їхні контакти з'єднують паралельно.

Коли величина робочої зони  $L$  більше довжини виробу  $\ell$ , для сигналізації використовують релейно-контактну схему (рис. 1.9), що містить реле пам'яті  $X$ .

У цій схемі контакти  $S1$  і  $S2$  шляхових датчиків змінюють стан проміжних реле  $A$  і  $B$ . Вони забезпечують включення реле  $X$  при вході виробу в робочу зону і відключення – при виході з



зони. Послідовне коло контактів  $\alpha$  і  $\chi$  служить для включення індикатора HL, якщо виріб розташований між датчиками.

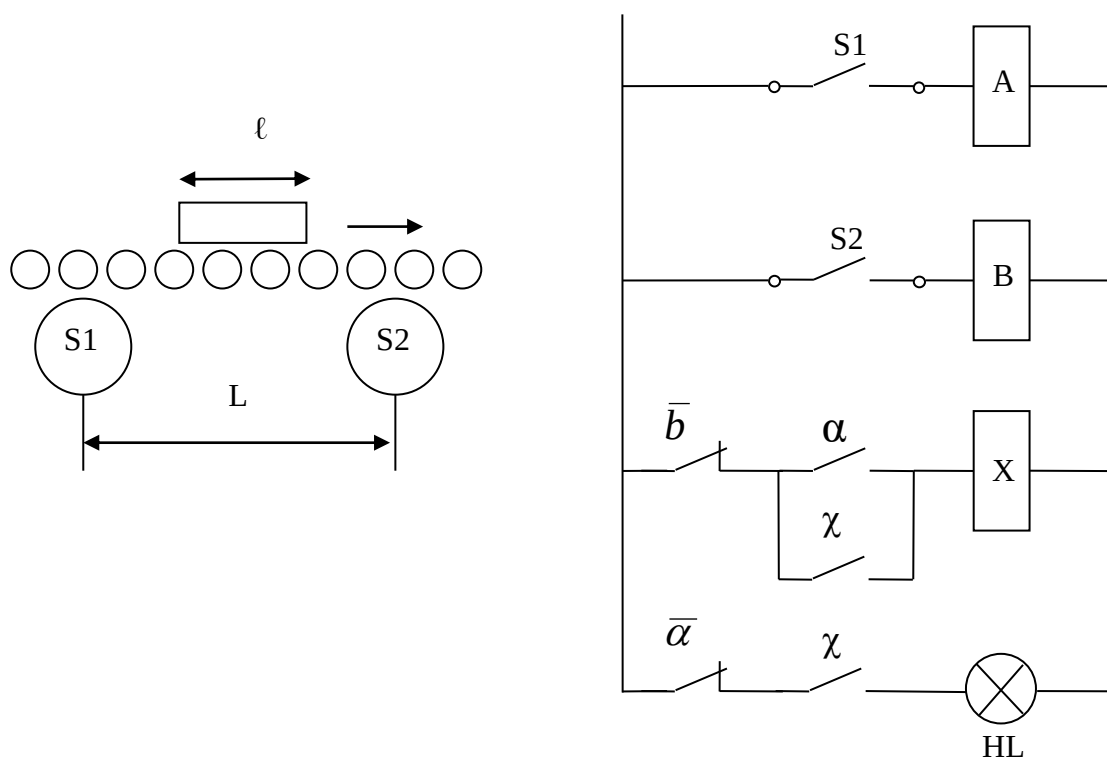


Рис. 1.9. Варіант схеми виробничої сигналізації

Технологічна сигналізація вказує на граничні значення (мінімальне і максимальне) нерегульованих технологічних параметрів. Для відновлення їхнього номінального значення потрібні визначені дії оператора. Тому електрична схема такої сигналізації має містити засоби, необхідні для залучення уваги оператора. Вони можуть бути звукові або візуальними, отже, можливо два способи побудови схем.

Як приклади, на рис. 1.10 показані варіанти схем технологічної сигналізації, де використовується спеціальний формувач імпульсів (ФІ). Вхідне коло ФІ з'єднаний зі світловими індикаторами HL1...HL4, а вихідне – з котушкою P1 поляризованого реле. Розглянемо принцип дії таких схем сигналізації.

При замиканні одного з контактів технологічних параметрів  $x_1...x_4$ , ФІ короткочасно підключає котушку P1 до шини живлення (ШЖ). У результаті цього в схемі "а" замикається коло живлення елемента звукової сигналізації НА, а в схемі "б" світлові індикатори HL1...HL4 переключаються на шину мигаючого світла (ШМС).

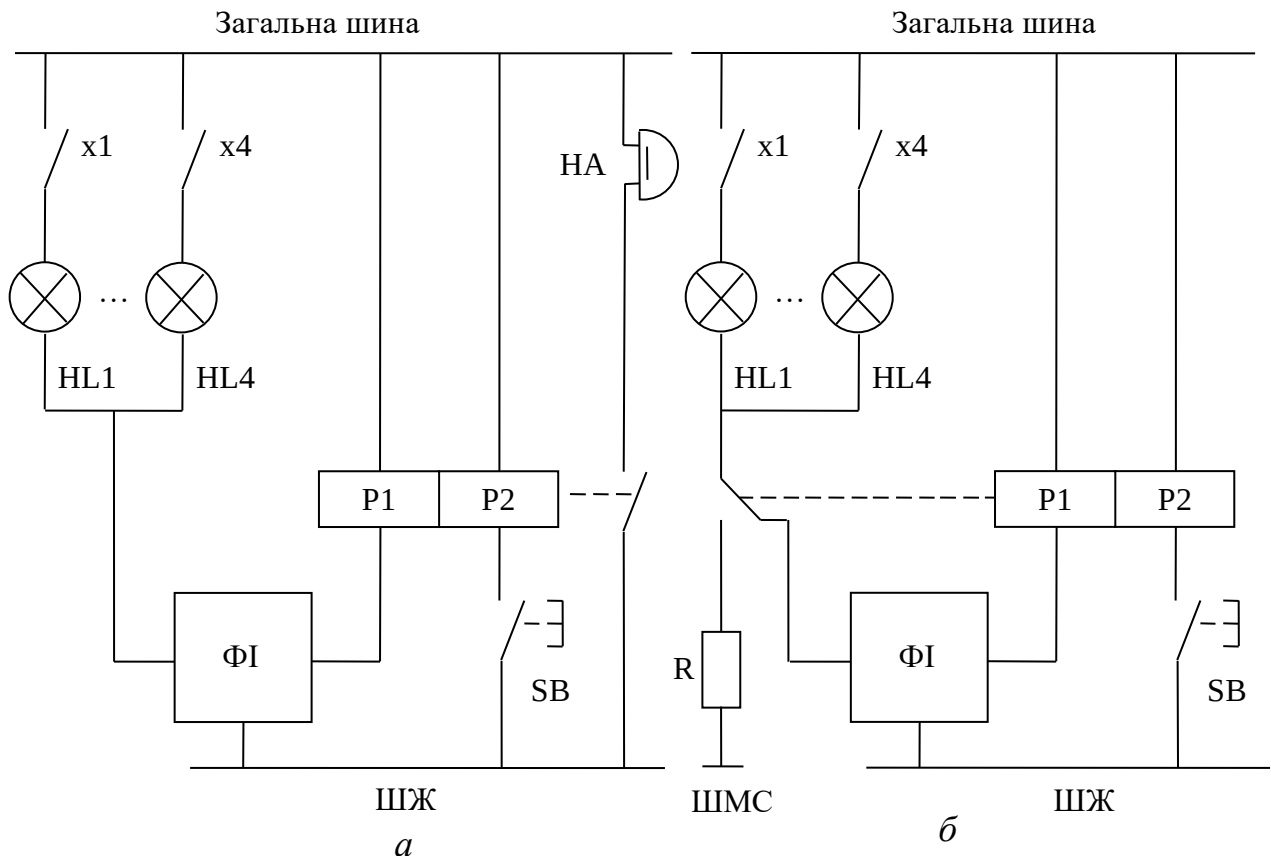


Рис. 1.10. Варіант схеми технологічної сигналізації

Коли оператор зафіксує відповідний сигнал, він натискає кнопку "квитування" SB. При цьому в котушці P2 протікає струм, внаслідок чого замикаючий або перемикаючий контакт реле встановлюється у вихідне положення, відключаючи НА або з'єднуючи HL1...HL4 із ШЖ.

Аварійна сигналізація вказує на невідповідність між значенням командного сигналу і станом виконавчого

механізму. У цьому випадку порушується робота локальної системи автоматики, що може призвести до небезпечних наслідків.

Значення дискретного командного сигналу, що виробляє мікроелектронний пристрій, варто контролювати за станом вихідної схеми сполучення. Для цього до підсилювача струму підключають додаткове герконове реле з перемикаючим контактом  $x$ . Цей контакт поєднують по логіці "Нерівнозначність" (рис. 1.11) з аналогічним контактом  $y$  датчика, що контролює стан виконавчого механізму. Тоді, при невідповідності між положеннями контактів  $x$  і  $y$ , включається світловий індикатор HL.

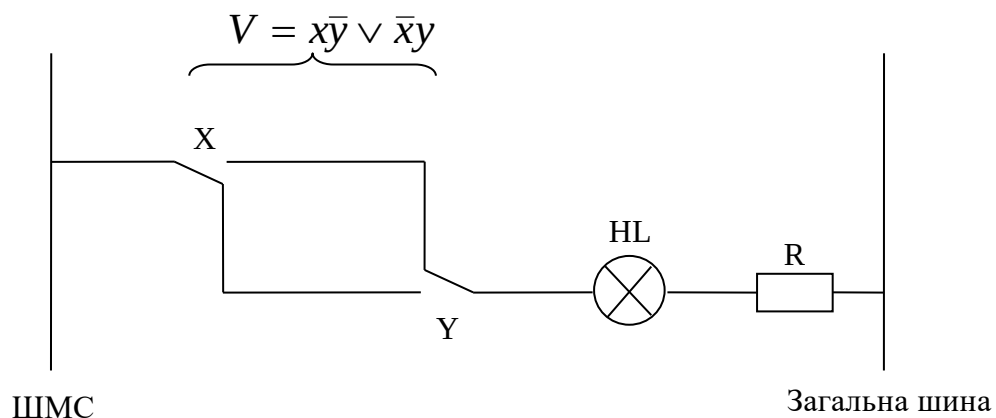


Рис. 1.11. Фрагмент схеми аварійної сигналізації

### 1.3. Загальна характеристика і аналіз систем логіко-програмного управління

Систему логіко-програмного управління можна характеризувати таким чином. Технологічний об'єкт (ТО) циклічної дії містить комплекс виконавчих механізмів (ВМ), призначених для виконання ряду робочих операцій, наприклад: переміщення і кантівки виробів; завантаження, транспортування і вивантаження матеріалів; зміни положення

затвора камери і термообробки виробів. Кожна операція здійснюється в результаті ввімкнення визначеного ВМ. Початок і закінчення цих операцій залежать від пускового елемента, релейних датчиків контролю стану ТО і елементів, що задають часові інтервали ( $\tau_1 \dots \tau_k$ ). На підставі цих чинників пристрій, що керує, виконує необхідні дії (включений – вимкнений) на ВМ, внаслідок чого забезпечується автоматичне виконання необхідних операцій в заданій послідовності.

Характерним прикладом об'єкта циклічної дії може служити комплекс устаткування, яке використовується для транспортування матеріалу самохідним візком (рис. 1.12). У цьому випадку система логіко-програмного управління містить три виконавчі механізми: завантаження  $Y_1$ , приводу візка  $M$  і вивантаження  $Y_2$ . Стан бункера візка контролюється датчиком верхнього рівня  $A$ . Положення візка в пункті завантаження контролюється шляховим датчиком  $B$ , а в пунктах вивантаження – датчиками  $C_1 \dots C_2$ . Шляхові датчики спрацьовують при дії на них пружного елемента 1. Пункт вивантаження матеріалу вибирає оператора за допомогою трипозиційного перемикача режимів роботи  $SA$ , а для запуску системи автоматики служить кнопка  $SB$ .

У даному ТО мають послідовно виконуватися такі робочі операції:

- 1) завантаження матеріалу з накопичувального бункера у візок (контролюється датчиком  $A$ );
- 2) рух візка вперед до пункту вивантаження (контролюється датчиком  $C_i$ );
- 3) вивантаження матеріалу з бункера візка (регламентується в часі –  $\tau$ );
- 4) рух візка назад у вихідний пункт (контролюється датчиком  $B$ ).

Найбільш наочно і точно роботу системи логіко-програмного керування відображає циклограма включення її функціональних елементів (рис. 1.13). На цій циклограмі показані інтервали включення пускового елемента, датчиків і періоди роботи виконавчих механізмів. Крім того, на ній вказують стани елементів, що задають інтервали затримок, які потрібно здійснювати для управління цими механізмами. Елементами, що задають, можуть бути модулі затримки (DL) або реле часу (КТ). В універсальних пристроях управління (ПУ) елементи, що задають, є складовими частинами їхньої електричної схеми. У спеціалізованих ПУ вони служать додатковими приставками до основної схеми.

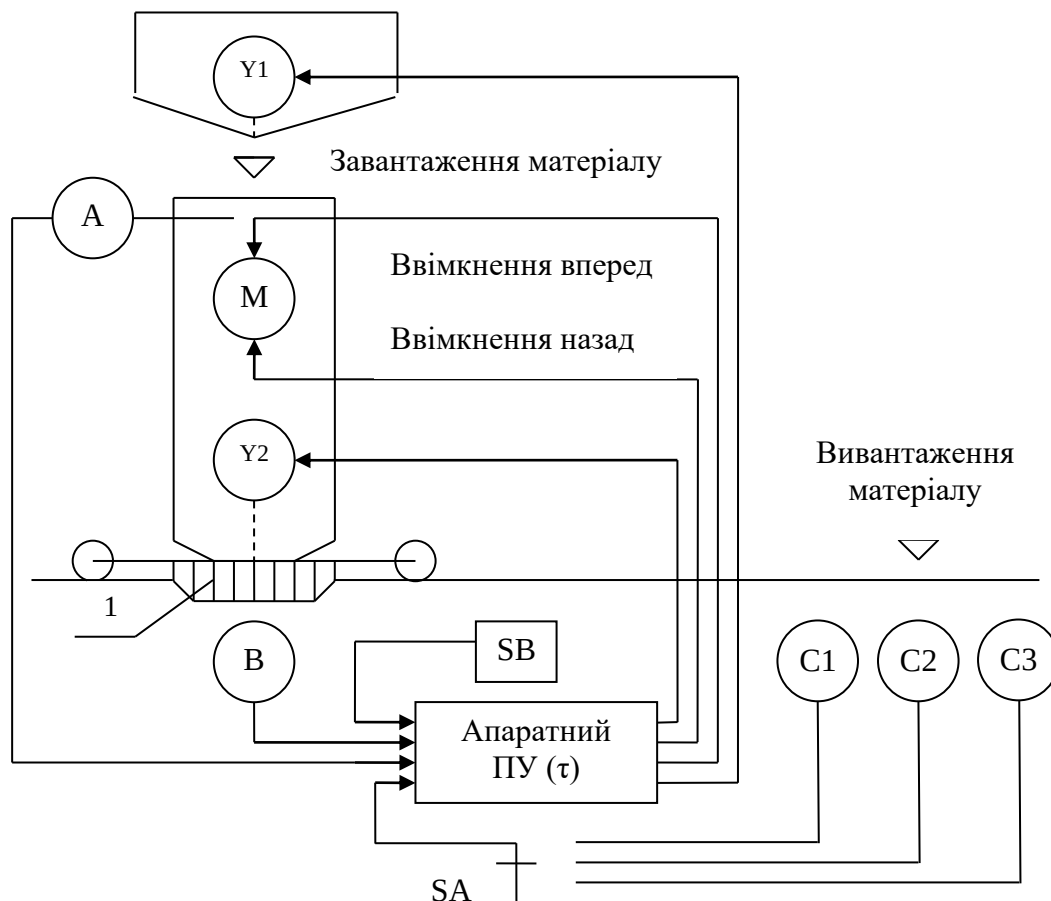


Рис. 1.12. Загальна структура системи логіко-програмного управління

Для побудови циклограми використовуються відносні одиниці часу – такти. Кожен такт характеризує визначений стан вхідних і елементів, що задають. Крім тактів, на рис. 1.13 наведені імпульси дискретних подій  $\psi$ , що фіксують зміну станів (ввімкнений – вимкнений) цих елементів. Імпульси, що відповідають початкові і закінченню кожної робочої операції, виділені колами.

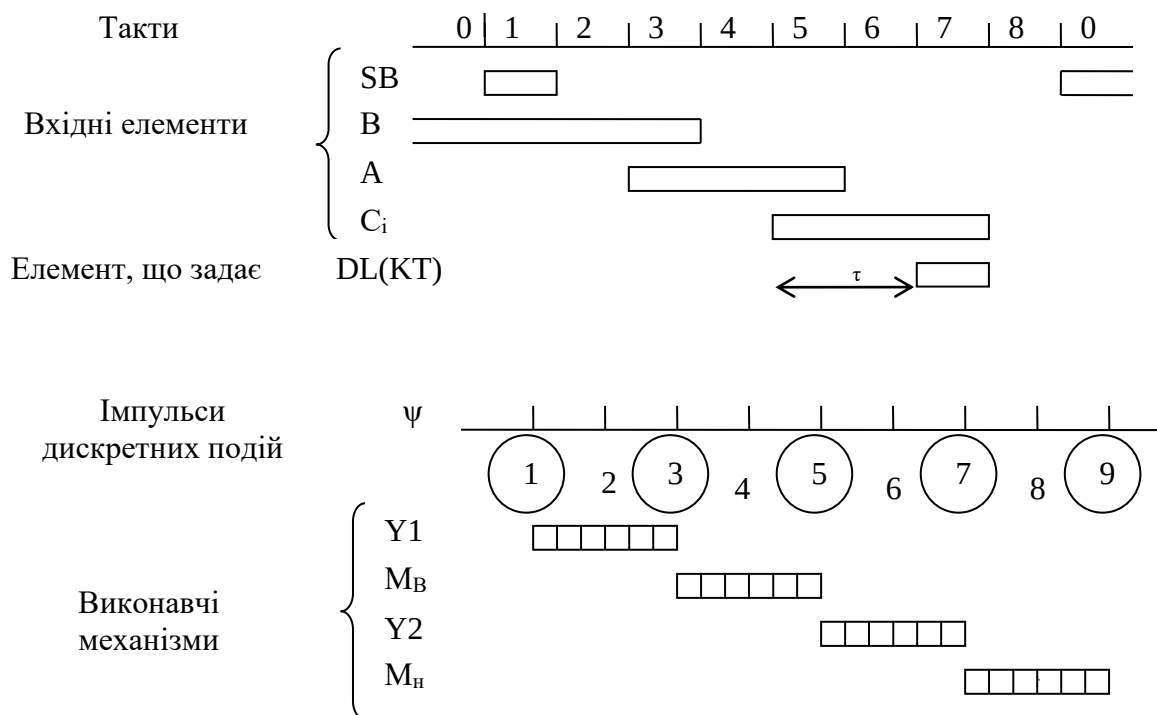


Рис. 1.13. Циклограма ввімкнення елементів системи автоматики

Як це видно з циклограми, період роботи кожного механізму можна характеризувати трьома методами:

- 1) по зміні стану визначених вхідних і елементів, що задають;
- 2) використовуючи номери визначених тактів циклограми;
- 3) залежно від розташування інтервалів включення визначених елементів.

Наприклад, механізм вивантаження  $Y_2$  працює в період між ввімкненнями датчика положення  $C_i$  і реле часу, у плинні 5-го і 6-го тактів циклограми, або коли інтервали ввімкнення зазначених елементів не збігаються в часі. Отже, в апаратних ПУ можна використовувати три способи формування періоду ввімкнення ВМ.

Характерні риси цих способів полягають у такому. У першому випадку використовуються імпульси, що відповідають визначеній парі дискретних подій (імпульсні ПУ). У другому випадку має значення кількість зазначених подій (числоімпульсні ПУ). У третьому випадку потрібна реалізація функцій булевої алгебри (логічні ПУ).

Слід зазначити, що логічні ПУ є універсальними пристроями, а імпульсні і числоімпульсні ПУ відносяться до виду спеціалізованих пристроїв.

Електричні схеми логічних ПУ розробляють на основі їхніх моделей. Дії, які необхідно виконувати при моделюванні таких пристроїв, можна знайти по циклограмі (рис. 1.13). З цією метою виділимо такі групи взаємозалежних елементів системи автоматики:  $Y_1 \{SB, A\}$ ,  $M_B \{A, C\}$  і  $Y_2 \{C, KT\}$ . Оскільки ввімкнення приводу візка назад може залежати від стану механізму  $Y_2$  або реле часу, то одержимо ще два можливих варіанти групування елементів:  $M_H \{Y_2, B\}$  або  $M_H \{KT, B\}$ . Надалі буде використаний перший варіант, що відрізняється від другого своєю автономністю і містить характерну функціональну залежність.

Тепер, необхідно знайти залежність періоду роботи виконавчого механізму від інтервалів ввімкнення елементів кожного із зазначених множин. Для цього зробимо декомпозицію циклограми відповідно до робочих операцій (рис. 1.14).

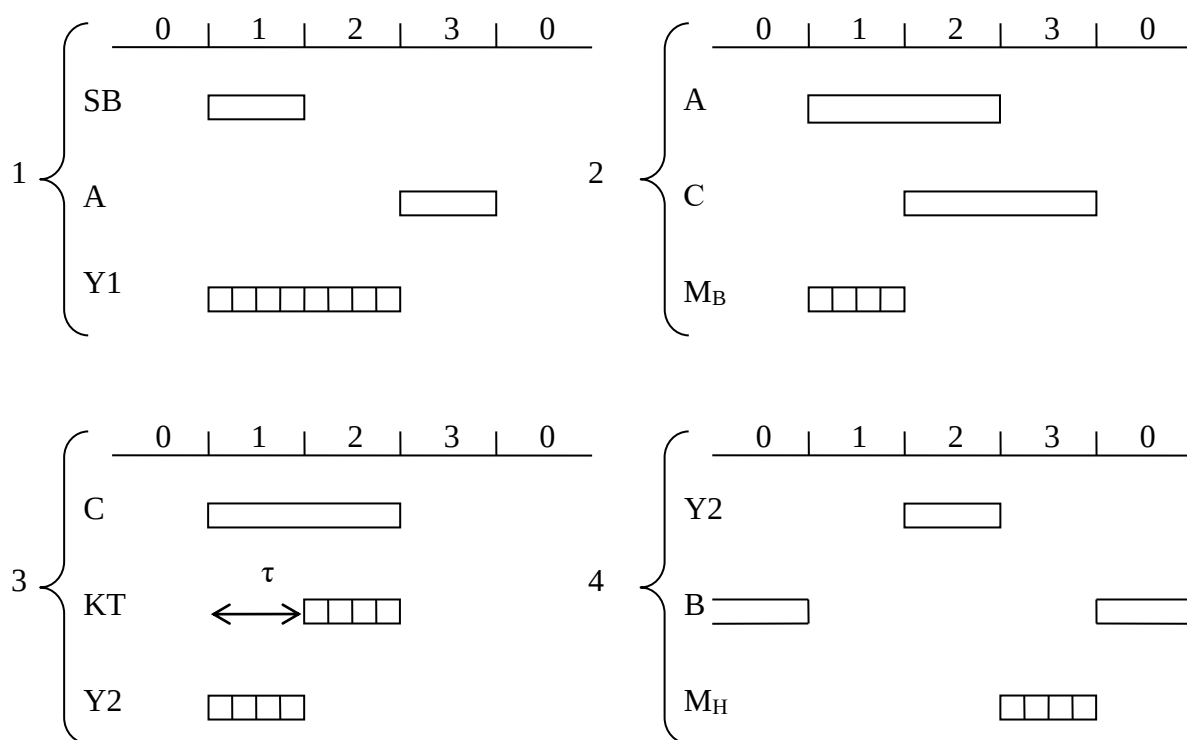


Рис. 1.14. Декомпозиція циклограми за робочими операціями

У результаті декомпозиції загальної циклограми, що містить дев'ять тактів (0...8), отримані чотири її фрагменти. При цьому кожен фрагмент розглядається незалежно, тому має автономну нумерацію тактів. Характерна риса цих фрагментів полягає в тому, що початок кожної операції визначається станом одного елемента, а закінчення залежить від іншого елемента. Їхнє істотне розходження полягає в часовому співвідношенні станів (ввімкнений – вимкнений) зазначених елементів.

На підставі аналізу фрагментів циклограми можна зробити наступний висновок. Для одержання періодів роботи виконавчих механізмів по заданих інтервалах включень визначених елементів, необхідно здійснювати такі дії:

1) зменшення тривалості інтервалу на величину затримки  $\tau$  (фрагмент 3);



2) віднімання від одного інтервалу частини, що збігається в часі з іншим інтервалом (фрагменти 2 і 3);

3) формування додаткового інтервалу за параметрами заданих інтервалів (фрагменти 1 і 4).

При логіко-програмному управлінні іншими технологічними об'єктами може з'явитися необхідність здійснювати так само наступні дії:

1) збільшення тривалості інтервалу на величину затримки  $\tau$ ;

2) додавання всіх частин двох інтервалів;

3) виділення тільки тієї частини, де два інтервали збігаються в часі.

Таким чином, загальний перелік дій, що можуть знадобитися в різних сполученнях для одержання періодів роботи виконавчих механізмів, містить шість пунктів.

Кожному графічному символу розглянутих фрагментів циклограми у релейно-контактному пристрої відповідає замкнутий стан визначеного контакту або кола схеми, а в мікроелектронному пристрої – активний період визначеного двійкового сигналу.

Тому має місце аналогія між діями з часовими інтервалами й електричними параметрами. Отже, отримані результати аналізу можна використовувати для моделювання процесів перетворень провідностей або сигналів. Такий спосіб аналогів залежно від елементної бази, що використовується для побудови електричної схеми, апаратний ПУ може бути релейно-контактним або мікроелектронним. Елементи релейно-контактного ПУ по своїй фізичній природі збігаються з елементами, що виробляють контрольного і керуючого впливу. У цьому випадку технічні засоби автоматики мають однорідну структуру, компоненти якого служать тільки для реалізації заданого алгоритму управління.

При використанні мікроелектронного ПУ технічні засоби автоматики мають не однорідну структуру. Тому потрібні додаткові компоненти (герконові реле і підсилювачі струму) для сполучення основних функціональних елементів з пусковим елементом, датчиками і ВМ реле часу.

Зв'язок мікроелектронного ПУ із зовнішніми елементами реалізують за допомогою типових схем (рис. 1.15), характерні риси яких полягають у наступному. При замиканні контакту вхідного елемента А спрацьовує герконове реле К1, у результаті чого пусковий або інформаційний сигнал буде мати нульове значення. Підсилювач струму, що включає герконове реле К2, відкривається при нульовому значенні командного сигналу V. Таким чином, активні періоди (скорочено а.п.) зазначених сигналів відповідають їхнім нульовим значенням. Це необхідно враховувати при синтезі композицій основних функціональних елементів, що перетворюють двійкові сигнали.

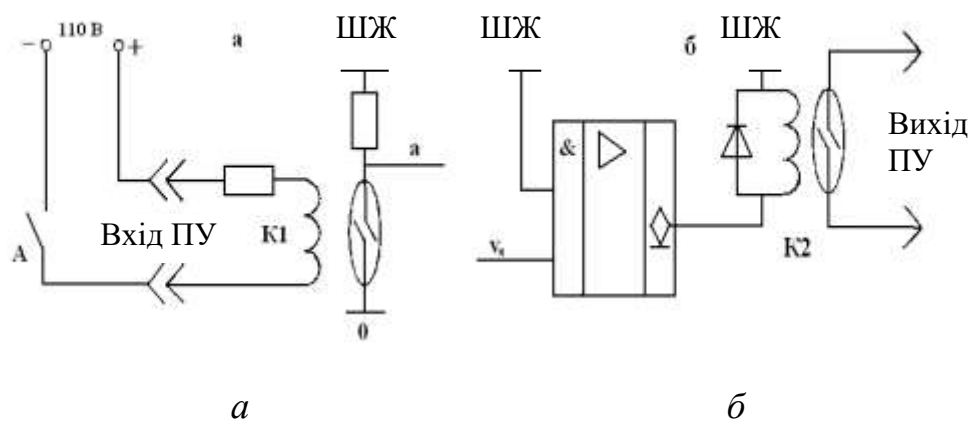


Рис. 1.15. З'єднання мікроелектронного ПУ із зовнішніми елементами:  
а – вхідна схема, б – вихідна схема

У вихідній схемі сполучення використовується підсилювач струму з вхідною логікою І, завдяки цьому можна поєднувати окремі композиції основних функціональних елементів. Така необхідність має місце, коли потрібно керувати

визначеними ВМ при різних умовах формування командних сигналів.

#### **1.4. Проектування імпульсних пристроїв управління**

Імпульсний ПУ служить для управління комплексом ВМ залежно від зміни станів вхідних елементів або елементів системи автоматики, що задають. Такий пристрій варто проектувати у вигляді набору уніфікованих модулів: релейно-контактних або мікроелектронних. При цьому кожен функціональний модуль містить елемент пам'яті, що виробляє керуючий вплив або командний сигнал. Активний стан елемента пам'яті відповідає періоду часу між визначеною парою дискретних подій.

Для побудови електричної схеми релейно-контактного імпульсного модуля (рис. 1.16) можна використовувати шість герконових реле, встановлених на друкованій платі.

У цій схемі керуючі впливи виробляє спеціальне вихідне реле  $V$ , контакт якого може працювати в силовому коло (величина струму до 1 А). Реле  $V$  включається і вимикається синхронно з реле пам'яті  $Z$ , для зміни стану якого служать імпульсні реле  $X$  і  $Y$ . Проміжні реле  $A$  і  $B$  забезпечують необхідний зв'язок імпульсних реле з контактами  $K1$  і  $K2$  визначених вхідних або елементів, що задають. Для налаштування зазначеного зв'язку служать перемички  $П1$  і  $П2$ , що встановлюють у гніздах комутаційного поля друкованої плати.

Для пояснення принципу дії схеми модуля на рис. 1.16 приведена часова діаграма провідностей контактів проміжних, імпульсних і вихідного реле. Ця діаграма відповідає циклограмі включення функціональних елементів  $K1$ ,  $K2$  і  $M$  конкретної

системи автоматики. Такий результат обумовлений налаштуванням схеми, що виконують на основі наступного правила: для спрацювання імпульсного реле на початку інтервалу включення визначеного функціонального елемента, у схемі необхідно використовувати замикаючий контакт проміжного реле, а для спрацювання наприкінці інтервалу – контакт, що розмикає. При цьому вхідне коло реле А з'єднують з контактом функціонального елемента, від якого залежить початок періоду роботи виконавчого механізму М.

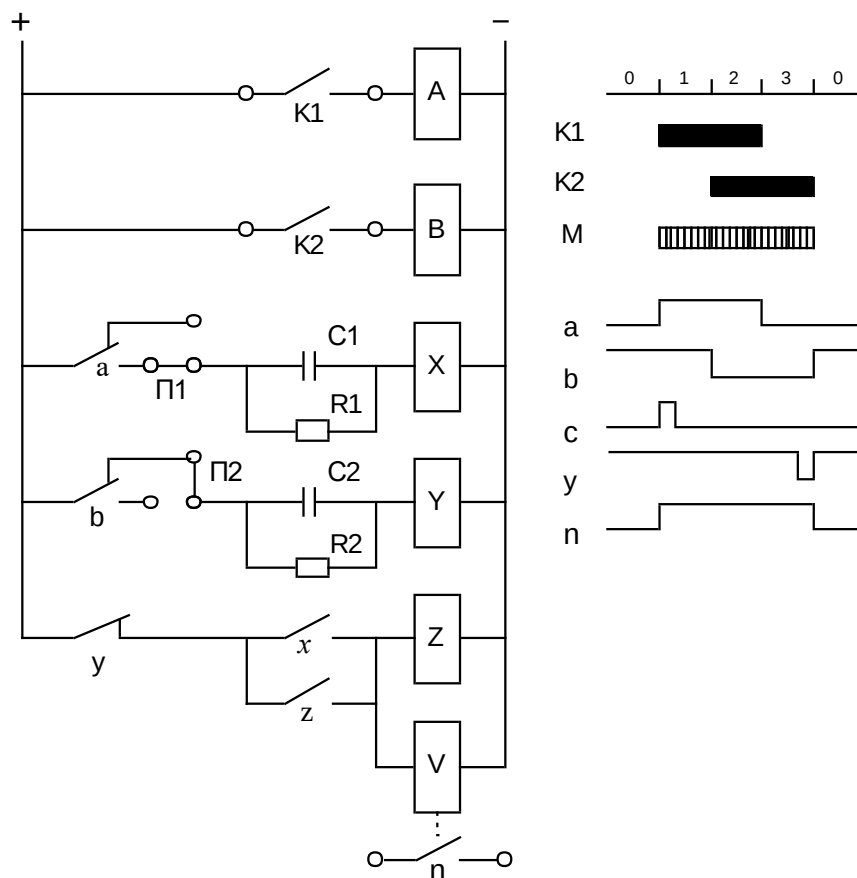


Рис. 1.16. Електрична схема релейно-контактного імпульсного модуля

Основні функціональні елементи електричної схеми мікроелектронного імпульсного модуля (рис. 1.17) – два інвертори, одновібратор і RS-тригер. Для їхнього підключення до зовнішніх елементів використовують вхідні герконові реле

А и В, а також вихідні елементи сполучення: підсилювач струму і герконове реле V.

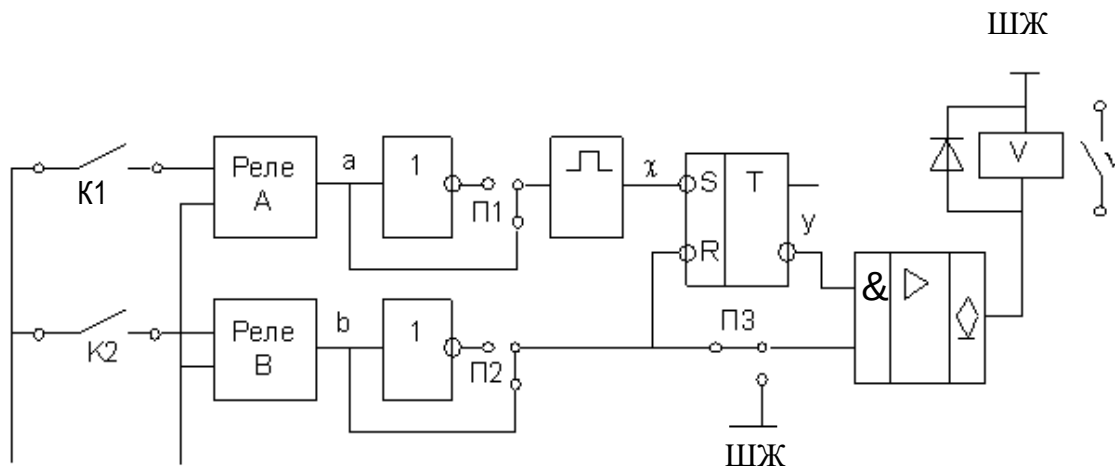


Рис. 1.17. Електрична схема мікроелектронного імпульсного модуля

Електрична схема даного модуля має дві ступені настройки: вхідну і вихідну. Вхідну настройку виконують за допомогою перемичок П1 і П2, а вихідну – за допомогою перемички П3. При цьому вхідне коло реле А з'єднують з контактом зовнішнього елемента, що визначає початок періоду роботи виконавчого механізму. Для того, щоб знайти необхідне положення зазначених перемичок можна використовувати таку методику.

На підставі заданої циклограми включення функціональних елементів системи автоматики, необхідно побудувати часову діаграму сигналів, що характеризують умови роботи одновібратора і тригера. При цьому варто враховувати, що одновібратор формує імпульс  $x$  при переході (1-0) його вхідного сигналу, а тригер переключається сигналами низького рівня (рис. 1.18). Якщо така діаграма не містить перетворених вхідних сигналів, то перемички П1 і П2 мають бути у вертикальному положенні (варіант "а"). У протилежному випадку визначені перемички необхідно

встановлювати в горизонтальному положенні. Наприклад, для реалізації умов роботи елементів модуля по варіанту "б", перемичка П2 має бути в горизонтальному положенні.

У результаті аналізу різних варіантів вхідного настроювання, можна зробити такий висновок: у схемі модуля інвертори служать для переключення тригера після розмикання контактів K1 і K2.

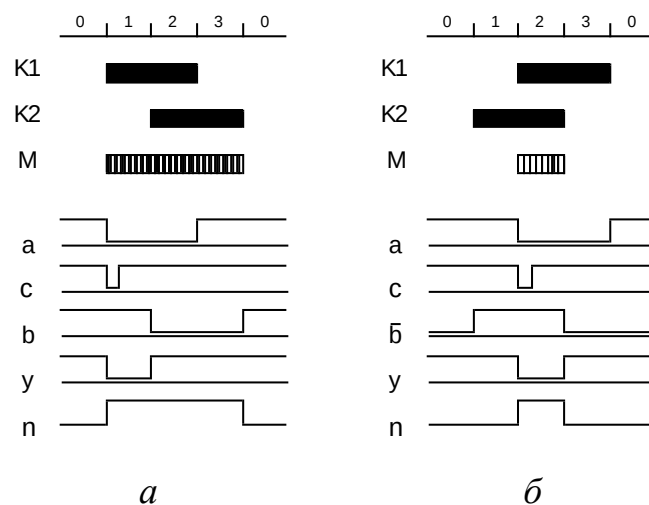


Рис. 1.18. Варіанти часових діаграм сигналів імпульсного модуля

Необхідне положення перемички П3 залежить від співвідношення активних періодів вихідного контакту  $\psi$  і сигналу  $\gamma$ . Якщо вони однакові, то для нейтралізації додаткового входу підсилювача струму перемичку встановлюють у вертикальне положення. Коли вони відрізняються по величині, необхідно використовувати зазначений вхід, тому перемичку встановлюють у горизонтальне положення. За таких умов роботи модуля період замикання контакту  $\psi$  формують два сигнали тригера: вихідний і вхідний.

Спроекований у такий спосіб імпульсний ПУ, являє собою складену конструкцію, що містить два блоки: основний і додатковий. В основному блоці встановлюють визначену

кількість однакових функціональних вузлів – імпульсних модулів. Для їхнього зв'язку із зовнішніми елементами і пристроями використовують уніфіковану схему електричних з'єднань. При цьому взаємодію двох модулів можна здійснювати шляхом паралельного або послідовного включення їхніх вихідних контактів.

У додатковому блоці розміщують джерело живлення імпульсних модулів, реле часу і проміжні реле, що служать для виявлення визначених логічних умов. Такі умови можуть обмежувати можливості спрацювання деяких модулів.

### **1.5. Проектування числоімпульсних пристроїв управління**

Числоімпульсний ПУ служить для централізованого управління комплексом виконавчих механізмів локальної системи автоматики. При цьому керуючі впливи виробляють залежно від номера дискретної події. Такими подіями вважаються будь-які зміни стану релейних датчиків або реле часу.

Даний пристрій варто проектувати у вигляді центрального функціонального вузла – синхронного автомата ДД, до якого може підключатися визначений набір вихідних модулів (рис. 1.19). Електрична схема синхронного автомата містить вхідні герконові реле (ГР), формувач тактових імпульсів (ФТІ), двійково-десятковий лічильник (ДДЛ), декадний селектор кодів (СК) і задавач тривалості циклу (ЗТЦ). Схема кожного вихідного модуля складається з трьох компонентів: селектора кодів, підсилювача струму (ПС) і вихідного ГР.

ФТІ виробляє імпульси  $\psi$  дискретних подій при кожній зміні значення одного з інформаційних сигналів  $a_1 \dots a_3$ . Ці

імпульси накопичує лічильник, у результаті чого утвориться код  $\{ y_1 y_2 y_4 y_8 \}$  номера визначеного стану ПУ-такту. Принцип дії числоімпульсних ПУ полягає в "жорсткому" програмуванні роботи ВМ по тактах (рис. 1.20). Така програма залежить від настройки селекторів СК1...СК4 вихідних модулів. Кожний з них виділяє конституенти "0", що формують а.п. визначеного командного сигналу в такий спосіб:  $V_1 = \overline{S_0}$ ,  $V_2 = \overline{S_1} \overline{S_2}$ ,  $V_3 = \overline{S_3} \overline{S_4}$ ,  $V_4 = \overline{S_5} \overline{S_6}$ .

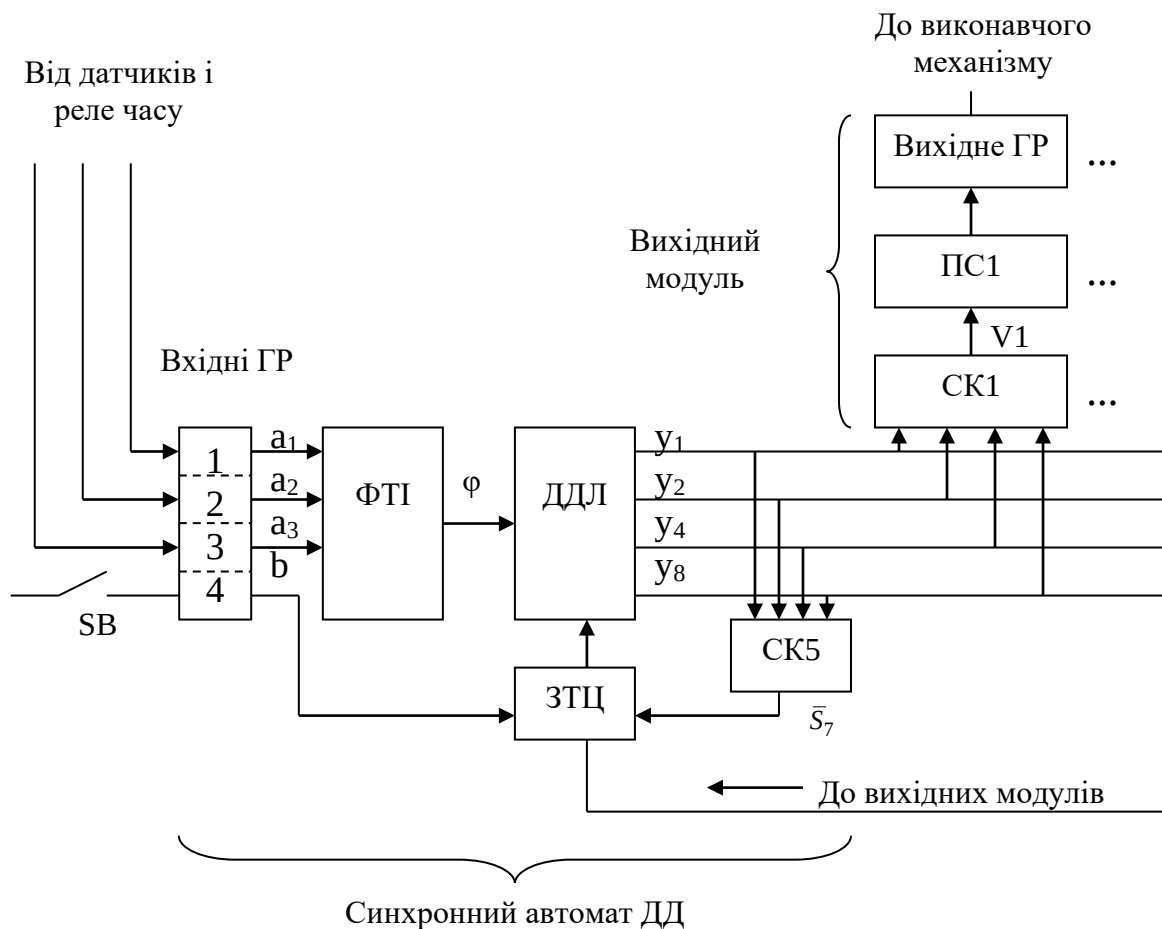
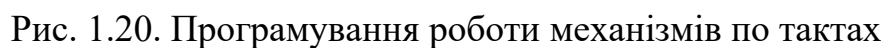


Рис. 1.19. Функціональна структура числоімпульсного ПУ

Селектор СК5 служить для виділення конституента  $\overline{S_7}$  перехідного такту, у результаті чого фіксується закінчення робочого циклу. При цьому вимикаються всі реле часу (КТ) системи автоматики.





40

вхід ЗТЦ надходить сигнал  $\overline{S_7}$ , що встановлює його в початкове положення.

Розглянемо можливі варіанти побудови електричних схем нестандартних функціональних частин числоімпурсного ПУ.

При синтезі схеми ФТІ необхідно враховувати таку особливість системи автоматики.

Кожен такт характеризується визначеним сполученням значень інформаційних сигналів  $\{a_1 a_2 a_3\}$  – вхідним кодом. Цей код може містити парне або непарне число одиниць (властивість коду). Після кожної дискретної події змінюється властивість вхідного коду. Якщо події не збігаються в часі, то завжди чергуються такти з парним і непарним числом одиниць. Тому зазначена схема може містити дві основні частини (рис. 1.21): перетворювач кодових комбінацій (КК) і спеціальний формувач імпульсів.

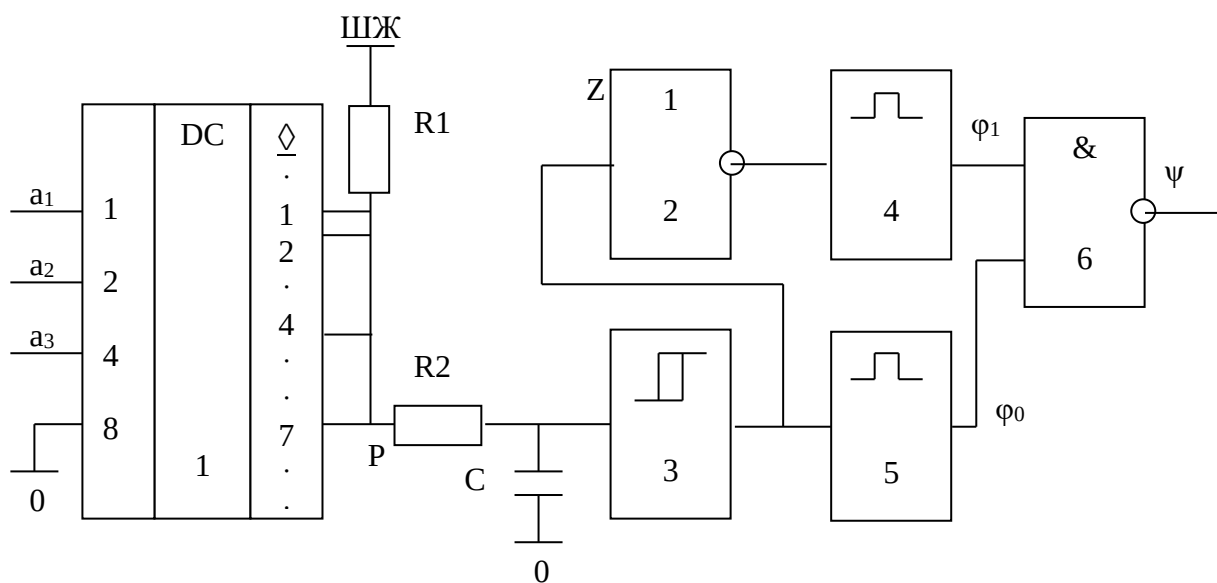


Рис. 1.21. Схема формування тактових імпульсів

Перетворювач КК виробляє проміжний сигнал  $p$ , значення якого залежить від числа одиниць у комбінації інформаційних сигналів  $\{a_1 a_2 a_3\}$ . Коли зазначене число непарне, сигнал  $p=0$ , а

при парному числі одиниць сигнал  $p=1$ . Найбільш просто, такі умови реалізуються за допомогою декадного дешифратора 1. При цьому в дешифраторі використовуються тільки три входи з ваговими коефіцієнтами 1, 2 і 4.

У даній схемі відкриті колекторні виходи 1, 2, 4 і 7 дешифратора, що відповідають вхідним кодам з непарним числом одиниць, поєднуються по логіці І. Тому при виявленні таких кодів сигнал  $p$  має низький рівень, а в інших випадках – високий рівень.

Формувач імпульсів містить інвертор 2, два одновібратори 4 і 5, а також логічний елемент 6 типу І-НЕ. Проміжний сигнал  $p$  передається на вхід формувача за допомогою RC-коло і порогового елемента. Це необхідно для придушення перешкод, обумовлених тремтінням контактів датчиків і реле часу. Одновібратор 4 спрацьовує при переході (0-1)  $p$ , а одновібратор 5 – при переході (1-0)  $p$ . Їхні вихідні сигнали  $\varphi_1$  і  $\varphi_2$  об'єднуються по логіці І-НЕ, у результаті чого формуються тактові імпульси з одиничним значенням а.п.

Схема кожного селектора кодів аналогічна розглянутій схемі перетворювача КК. Розходження між ними такі. У схемі СК використовуються всі входи і виходи дешифратора. Крім того, виходи дешифратора і загальний резистор з'єднуються між собою перемичками, встановленими на друкованій платі функціонального вузла або модуля.

На виходи дешифратора СК надходять сигнали  $\{Y_1Y_2Y_4Y_8\}$ , комбінації значень яких відповідають конституєнтам  $\overline{S_0} \dots \overline{S_9}$ . За допомогою визначених перемичок можна виділяти необхідний набір цих конституєнт. У результаті чого формується а.п. вихідного сигналу СК.

Робочий цикл числоімпульсного ПУ має починатися з нульового такту, мати визначену тривалість і захист від зовнішніх впливів. Такі вимоги реалізуються за допомогою

ЗТЦ, схема якого містить RS-тригер 1, підсилювач струму 2 і герконове реле К (рис. 1.22). При ввімкненні джерела живлення числоімпульсного ПУ, короткочасний сигнал С установлює тригер на "0". У цьому випадку відбувається обнуління лічильника тактових імпульсів і закривається підсилювач струму.

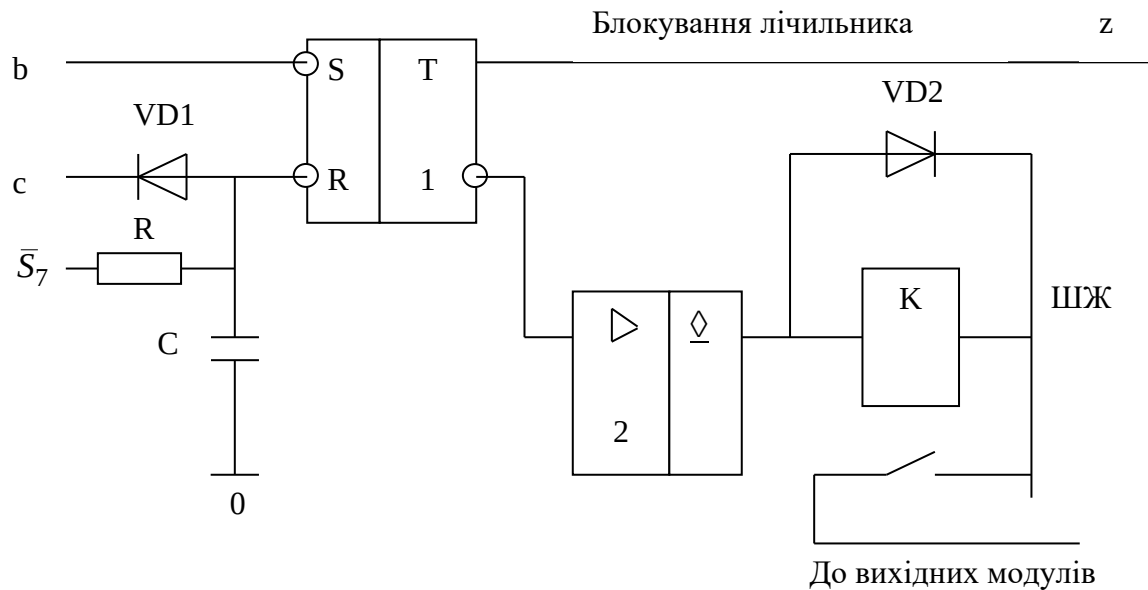


Рис. 1.22. Схема задавача тривалості циклу

Пусковий сигнал  $b$  переключає тригер на "1", при цьому дозволяється робота лічильника і відкривається підсилювач струму. У результаті чого спрацьовує реле К, що з'єднує керуючі кола вихідних модулів із шиною живлення. Коли синхронний автомат переходить у стан перехідного такту, тригер переключається у вихідне положення сигналом  $\bar{S}_7$ . Зв'язок тригера із селектором СК5 здійснюється через RC – коло, що забезпечує затримку в часі, необхідну для закінчення перехідних процесів у мікросхемі лічильника.

Числоімпульсний ПУ являє собою уніфікований пристрій, що характеризується обмеженою кількістю входів  $n$ , виходів  $m$

і робочих тактів  $k$ . Коли зазначені параметри достатні для управління технологічним циклом, такий пристрій працює автономно. При інших умовах можна організувати спільну роботу декількох уніфікованих пристроїв.

При автономній роботі число імпульсного ПУ розширення вхідних кіл можна здійснювати двома способами: об'єднанням контактів релейних датчиків по логіці АБО або по логіці "АБО, що виключає". Перший спосіб використовують тоді, коли замикання контактів не збігаються за часом. Такі контакти підключають паралельно до одного з входів пристрою. Другий спосіб застосовують для датчиків, замикання контактів яких збігаються у визначених інтервалах часу.

Якщо для програмного управління заданим об'єктом потрібне збільшення діапазону інших параметрів, то можна організувати спільну роботу кількох пристроїв.

Найбільш зручним способом спільного застосування є паралельна робота двох пристроїв. При цьому запуск пристроїв здійснюється одночасно, однак кожен з них обробляє тільки частину інформаційних сигналів, необхідних для управління визначеною групою виконавчих механізмів (рис. 1.23). Для розподілу функцій між зазначеними пристроями необхідно зробити декомпозицію циклограми. З цією метою, відповідно до послідовності роботи виконавчих механізмів, їх поділяють на дві групи. Потім, для кожної групи виділяють датчики, від яких залежать періоди роботи визначених механізмів.

Для розширення тільки вихідних кіл, при паралельній роботі число імпульсних ПУ кожен із датчиків підключається до визначеного входу першого і другого пристрою. Отже, їхні лічильники виробляють однакові коди номера такту. Однак у цих пристроях реалізуються алгоритми управління різними групами виконавчих механізмів.

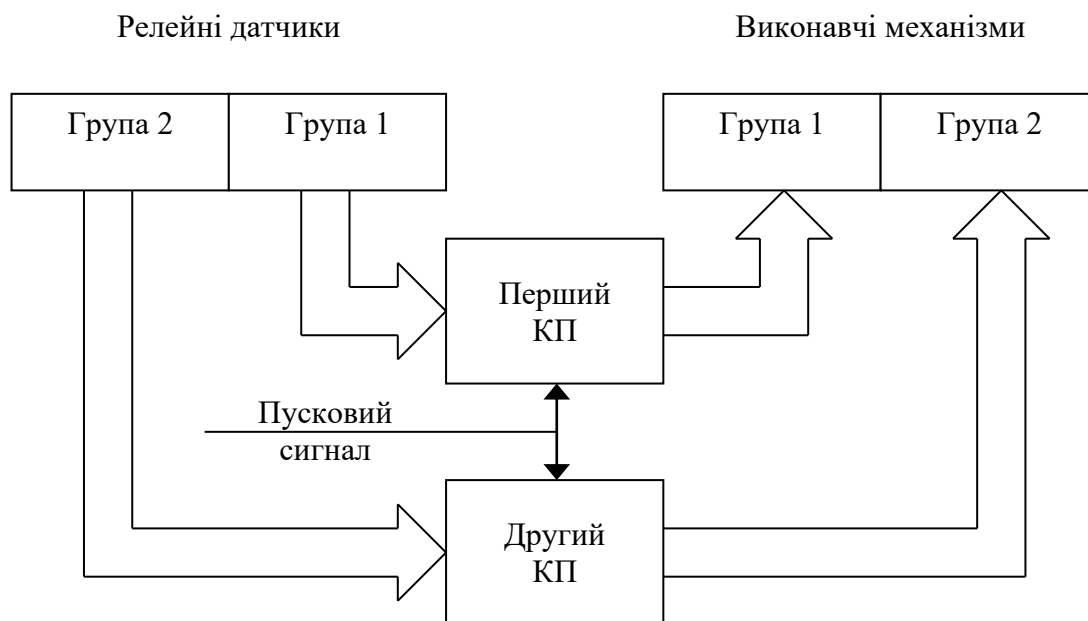


Рис. 1.23. Структурна схема паралельної роботи числоїмпульсних ПУ

Числоїмпульсний ПУ також відноситься до виду спеціалізованих пристроїв, тому має складену конструкцію, що містить основний і додатковий блоки.

До шасі основного блоку кріпиться гвинтами центральний функціональний вузол, що підключається до інших елементів за допомогою гнучкого кабелю. Крім того, в цьому блоці встановлюють визначену кількість (не більше за  $m$ ) вихідних модулів. Електромонтаж основного блока виконують за уніфікованою схемою з'єднань.

У додатковому блоці розміщують джерело живлення синхронного автомата і вихідних модулів, реле часу і проміжні реле, що забезпечують можливості об'єднання визначених контрольних впливів в один інформаційний канал.

На закінчення необхідно вказати на деякі особливості роботи реле часу разом з числоїмпульсним ПУ. Для запуску кожного реле часу використовують реле пам'яті, що може включатися при замиканні або розмиканні визначеного вхідного контакту. Усі реле часу даної системи автоматики

мають відключатися після закінчення робочого циклу. Реле пам'яті також розміщують у додатковому блоці.

### **1.6. Методика моделювання логічних пристроїв управління**

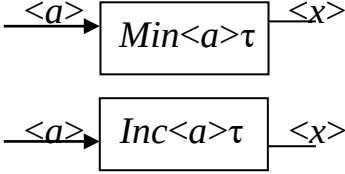
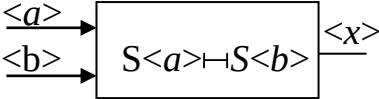
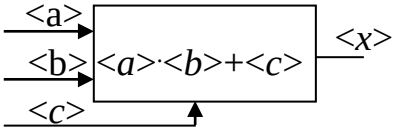
Електричну схему релейно-контактного або мікроелектронного логічного ПУ розробляють на основі його моделі. Така модель являє собою орієнтовану сітку спеціальних операторів, виконуючих певні дії з часовими інтервалами  $< >$ . У релейно-контактних пристроях кожен інтервал відповідає замкненому стану певного контакту або кола схеми. У мікроелектронних пристроях він відображає активний період визначеного двійкового сигналу схеми.

Всі дії з часовими інтервалами, які були вказані в п. 1.3, можна реалізувати за допомогою набору базових операторів (табл. 1.4). При цьому, для позначення операції зміни тривалості інтервалу будемо використовувати скорочення англійських слів Minify (зменшення) і Increase (збільшення). Параметри вхідних інтервалів будемо вказувати за допомогою початкових літер слів Start (початок) і Finish (закінчення). Об'єднувач інтервалів будемо характеризувати арифметичними діями, які він виконує з певними інтервалами.

Дії, виконані кожним оператором, наглядно відображаються за допомогою циклограми замикання контактів і кола схеми або активних періодів різних сигналів. Крім того, можна вказувати залежність між часовими інтервалами у вигляді відповідних рівнянь. Для перетворювачів тривалості інтервалу і формувача додаткового інтервалу це показано на рис. 1.24.

Таблиця 1.4

**Базові оператори моделей пристроїв управління**

| Назва оператора                   | Умовне позначення                                                                  | Дія, що виконується                                                                  |
|-----------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| Перетворювач тривалості інтервалу |   | Зменшення або збільшення вхідного інтервалу на величину $\tau$                       |
| Формувач додаткового інтервалу    |   | Виділення періоду, обмеженого початком вхідних інтервалів, які не співпадають у часі |
| Об'єднувач інтервалів             |  | Ділення, додавання і множення вхідних інтервалів                                     |

*Примітка.* При моделюванні ПУ, крім базових операторів, можна використовувати також похідні оператори, характеристики яких будуть розглянуті далі.

При іншому відносному положенні вхідних інтервалів  $\langle a \rangle$  та  $\langle b \rangle$ , функція формування додаткового інтервалу має ще три варіанти, які відповідають таким умовам:

- 1) Частина інтервалу  $\langle a \rangle$  співпадає у часі з інтервалом  $\langle b \rangle$ , тоді  $\langle x \rangle = S\langle \bar{a} \rangle \cup S\langle b \rangle$ ;
- 2) Частина інтервалу  $\langle b \rangle$  співпадає у часі з інтервалом  $\langle a \rangle$ , тоді  $\langle x \rangle = S\langle a \rangle \cup S\langle \bar{b} \rangle$ ;
- 3) Відповідні частини інтервалів  $\langle a \rangle$  та  $\langle b \rangle$  співпадають у часі, тоді  $\langle x \rangle = S\langle \bar{a} \rangle \cup S\langle \bar{b} \rangle$ .



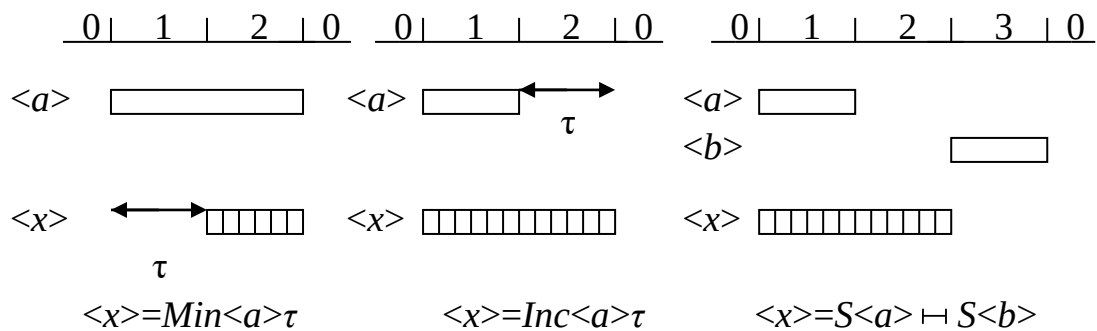


Рис. 1.24. Зміна тривалості інтервалу та формування додаткового інтервалу

При побудові моделей ПУ, як правило, використовують двовхідні або тривхідні об'єднувачі інтервалів. Розглянемо основні арифметичні дії, які виконує двовхідний оператор (рис. 1.25), де штриховими лініями виділені  $\langle \bar{a} \rangle$  та  $\langle \bar{b} \rangle$ .

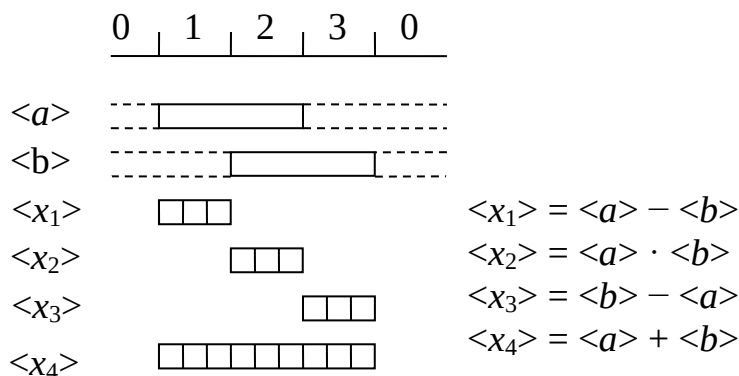


Рис. 1.25. Виконання арифметичних дій з двома інтервалами

На основі даної циклограми можна сформулювати такі правила:

1) при відніманні оператор виділяє частини зменшуваного інтервалу, які не співпадають у часі з інтервалом, що віднімається ;

2) при додаванні оператор виділяє всі частини інтервалів, що додаються;

3) при множенні оператор виділяє тільки частину, де інтервали співпадають у часі.

Інтервали  $\langle x_1 \rangle$  та  $\langle x_3 \rangle$  можна також отримати в результаті арифметичних дій множення:  $\langle x_1 \rangle = \langle a \rangle \cdot \langle \bar{b} \rangle$ ;  $\langle x_3 \rangle = \langle b \rangle \cdot \langle \bar{a} \rangle$ .

Звідки слідує основна властивість арифметичних операцій з часовими інтервалами: віднімання одного інтервалу від іншого еквівалентно їх множенню, при цьому інтервал, що віднімається, інвертується.

Таким чином, усі арифметичні операції з часовими інтервалами можна відображати за допомогою двох дій: додавання і множення. Проте дія віднімання інтервалів відрізняється своєю наочністю. Тому її потрібно використовувати як проміжну операцію. Потім, у відповідності з отриманими рівняннями, ця операція переходить до виду множення інтервалів.

Для формування інтервалу  $\langle x \rangle$ , який залежить від трьох вхідних інтервалів  $\langle a \rangle$ ,  $\langle b \rangle$  та  $\langle c \rangle$ , у більшості випадків існують дві послідовності необхідних арифметичних дій. При таких умовах можливі два еквівалентні способи об'єднання інтервалів, на основі яких обирають структуру певного фрагменту електричної схеми логічного ПУ.

Розглянемо елементарні композиції базових операторів, які використовують при моделюванні ПУ.

Елементарна композиція “Перетворювач тривалості – об'єднувач інтервалів” служить для формування часового інтервалу  $\langle u \rangle$ , тривалість якого відповідає величині  $\tau$ . Залежно від типу перетворювача тривалості, початок  $\langle u \rangle$  може співпадати з початком вхідного інтервалу  $\langle a \rangle$  або з його закінчення (рис. 1.26).

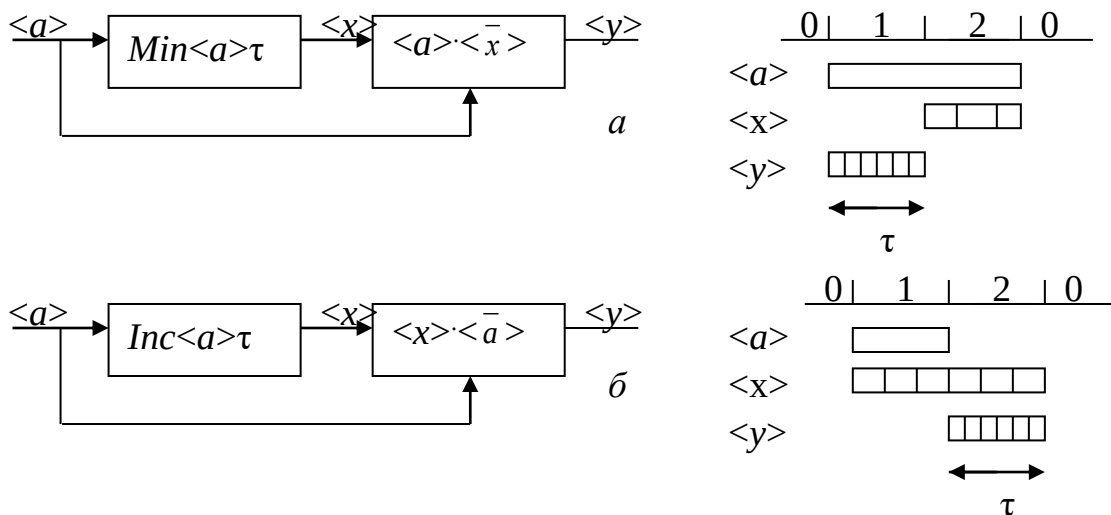


Рис. 1.26. Варіанти композиції “Перетворювач тривалості – об’єднувач інтервалів”

При використанні перетворювача тривалості типу *Min* (варіант *a*) процес формування інтервалу  $\langle y \rangle$  здійснюється у такій послідовності: у результаті зменшення тривалості вхідного інтервалу  $\langle a \rangle$  виходить проміжний інтервал  $\langle x \rangle$ , який потім віднімається від вхідного. У випадку використання перетворювача тривалості типу *Inc* (варіант *b*) проміжний інтервал отримуємо в результаті збільшення тривалості вхідного інтервалу, потім від інтервалу  $\langle x \rangle$  віднімається інтервал  $\langle a \rangle$ .

При моделюванні ПУ, розглянуті композиції базових операторів можна використовувати як похідні оператори перетворювача тривалості інтервалу (ПТІ), характеристики яких дані в табл. 1.5.

Елементарна композиція “Формувач додаткового інтервалу – об’єднувач інтервалів” служить для формування похідного інтервалу  $\langle y \rangle$ . При цьому можливі три схеми взаємодії вказаних операторів (рис. 1.27).

У всіх варіантах даної композиції вхідний оператор виконує однакові дії. Він виділяє період, обмежений початком вхідних інтервалів  $\langle a \rangle$  та  $\langle b \rangle$ , у результаті чого виробляється проміжних інтервал  $\langle x \rangle$ .

### Похідні оператори групи ПТІ

| Назва оператора                   | Умовне позначення                                                                                                                                                                                                                             | Дія, що виконується                                                                                 |
|-----------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Перетворювач тривалості інтервалу | $\begin{array}{c} \xrightarrow{\langle a \rangle} \boxed{S\langle a \rangle \tau} \xrightarrow{\quad} \langle y \rangle \\ \xrightarrow{\langle a \rangle} \boxed{F\langle a \rangle \tau} \xrightarrow{\quad} \langle y \rangle \end{array}$ | Формування на початку вхідного інтервалу або після його закінчення періоду, тривалість якого $\tau$ |

Вихідні оператори об'єднують цей інтервал з певними вхідними інтервалами. Наприклад, для формування інтервалу  $\langle y_1 \rangle$  потрібно знайти різницю  $\langle x \rangle - \langle a \rangle$  (варіант *a*). Інтервали  $\langle y_2 \rangle$  та  $\langle y_3 \rangle$  формуються шляхом складання інтервалу  $\langle b \rangle$  з інтервалом  $\langle x \rangle$  (варіант *б*) або з вказаною різницею (варіант *в*).

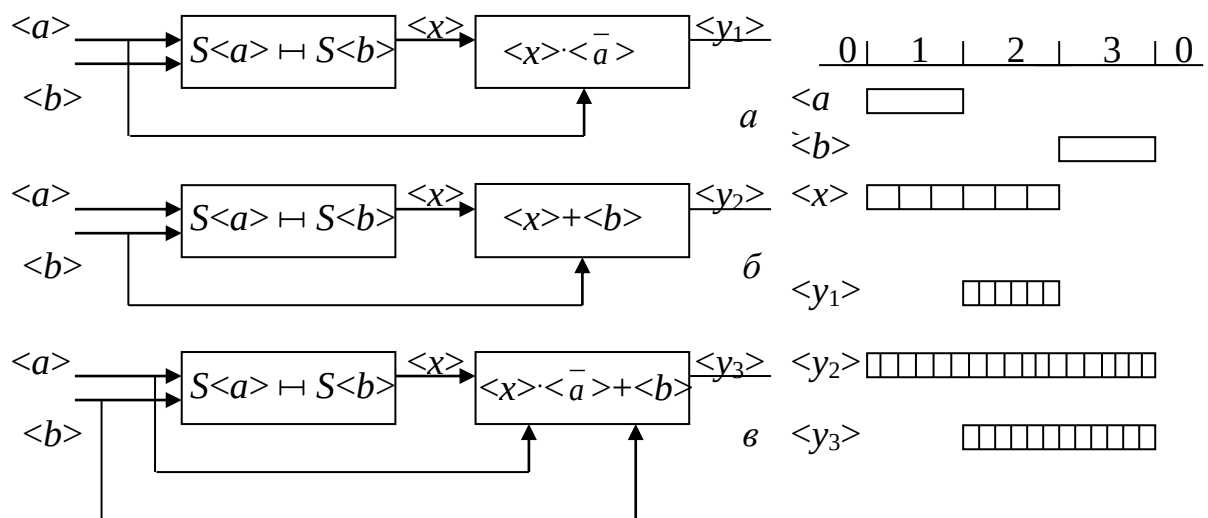
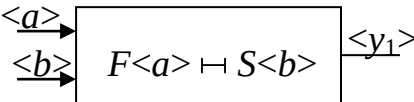
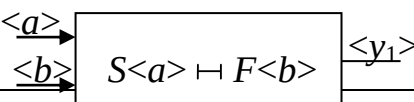
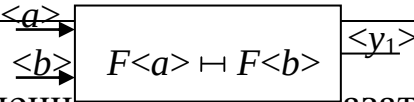


Рис. 1.27. Варіанти композиції “Формувач додаткового інтервалу – об’єднувач інтервалів”

При моделюванні ПУ розглянуті композиції базових операторів можна використовувати як похідні оператори формування додаткового інтервалу (ФДІ), характеристики яких дані в табл. 1.6.

Таблиця 1.6

### Похідні оператори групи ФДІ

| Назва оператора                | Умовне позначення                                                                   | Дія, що виконується                                                                                          |
|--------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Формувач додаткового інтервалу |    | Виділення періоду, що обмежений закінченням і початком інтервалів $\langle a \rangle$ та $\langle b \rangle$ |
|                                |    | Виділення періоду, що обмежений початком і закінченням інтервалів $\langle a \rangle$ та $\langle b \rangle$ |
|                                |  | Виділення періоду, що обмежений закінченням інтервалів $\langle a \rangle$ та $\langle b \rangle$            |

На завершення необхідно сказати, що кожному оператору моделі ПУ відповідає певний фізичний еквівалент його електричної схеми. Таким чином, у результаті моделювання можна знайти набір електричних компонентів та їхню взаємодію, необхідні для реалізації заданого алгоритму керування. Тому синтез такої схеми виконують у два етапи: спочатку будують модель ПУ, потім проводять заміщення її операторів.

### 1.7. Синтез електричних схем релейно-контактних пристроїв управління

Теоретичним обґрунтуванням електричної схеми релейно-контактного ПУ служить його модель, в якій використовуються тільки базові оператори. Вхідні інтервали такої моделі відповідають замкненому стану контактів: пускової кнопки –  $\langle s \rangle$ , датчиків верхнього рівня –  $\langle a \rangle$ , датчиків положення в

пункті розвантаження –  $\langle c \rangle$  і навантаження –  $\langle b \rangle$ . Вихідні інтервали характеризують замкнений стан контактів, що вмикають: механізм завантаження –  $\langle k_1 \rangle$ , привід візка (вперед) –  $\langle k_2 \rangle$ , механізм розвантаження –  $\langle k_3 \rangle$  і привід візка (назад) –  $\langle k_4 \rangle$ .

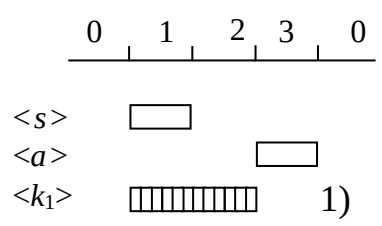
Побудову моделі ПУ здійснюють за фрагментами, які відносяться до певних робочих операцій технологічного циклу. Для цього використовують часткові циклограми замикання контактів. Кожну таку циклограму можна побудувати внаслідок аналізу заданих умов роботи відповідного механізму (див. рис. 1.14) і функціональних можливостей базових операторів.

Процес моделювання релейно-контактного ПУ поданий у табл. 1.7. У даному випадку часткові циклограми фрагментів 1 та 2 моделі містять тільки вхідні і вихідні інтервали. Це обумовлено тим, що для отримання інтервалів  $\langle k_1 \rangle$  і  $\langle k_2 \rangle$  потрібно використовувати по одному оператору. Часткові циклограми фрагментів 3 та 4 містять також проміжні інтервали  $\langle x_1 \rangle$  та  $\langle x_2 \rangle$ , оскільки тут потрібно використовувати по два оператори.

Рівняння, що наведені в табл. 1.7, служать аналітичними описами фрагментів моделі релейно-контактного ПУ, на основі чого складають її загальну структуру, як це показано на рис. 1.28.

Таблиця 1.7

### Відображення дій з часовими інтервалами

| Часткова<br>циклограма<br>замикання контактів                                       | Дії з часовими інтервалами          |                                                                      |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|
|                                                                                     | Змістовий вираз                     | Формальний вираз                                                     |
|  | Формування<br>додаткового інтервалу | $\langle k_1 \rangle = S\langle s \rangle \vdash S\langle a \rangle$ |

| Часткова циклограма<br>замикання контактів                                                           | Дії з часовими інтервалами                                                                                       |                                                                                                                                             |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                      | Змістовий вираз                                                                                                  | Формальний вираз                                                                                                                            |
| $\langle a \rangle$<br>$\langle c \rangle$<br>$\langle k_2 \rangle$<br>2)                            | Віднімання інтервалу $\langle c \rangle$ від інтервалу $\langle a \rangle$                                       | $\langle k_2 \rangle = \langle a \rangle - \langle c \rangle$                                                                               |
| $\langle c \rangle$<br>$\langle x_1 \rangle$<br>$\langle k_3 \rangle$<br>3)                          | Зменшення тривалості інтервалу; віднімання інтервалу $\langle x_1 \rangle$ від інтервалу $\langle c \rangle$     | $\langle x_1 \rangle = \text{Min} \langle c \rangle \tau,$<br>$\langle k_3 \rangle = \langle c \rangle - \langle x_1 \rangle$               |
| $\langle k_3 \rangle$<br>$\langle b \rangle$<br>$\langle x_2 \rangle$<br>$\langle k_4 \rangle$<br>4) | Формування додаткового інтервалу; віднімання інтервалу $\langle k_3 \rangle$ від інтервалу $\langle x_2 \rangle$ | $\langle x_2 \rangle = S \langle k_3 \rangle \vee S \langle b \rangle$<br>$\langle k_4 \rangle = \langle x_2 \rangle - \langle k_3 \rangle$ |

*Примітка.* Часові інтервали  $\langle x_1 \rangle$ ,  $\langle x_2 \rangle$  характеризують замкнений стан контактів проміжних реле.

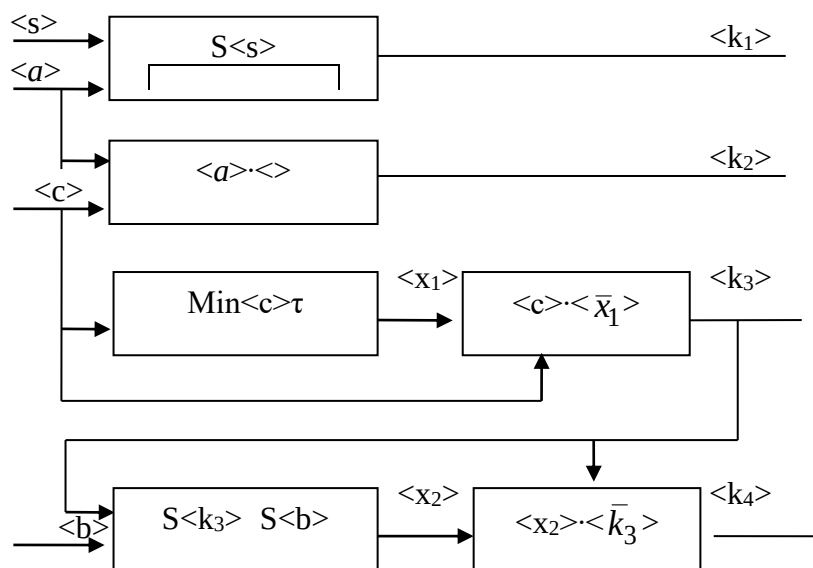


Рис. 1.28. Модель релейно-контактного ПУ

Розглянемо методику заміщення операторів моделі релейно-контактного ПУ їхніми фізичними еквівалентами.

Релейно-контактні схеми, що реалізують функції перетворювачів тривалості інтервалу, мають певну структуру (табл. 1.8). Для реалізації першої функції використовується замикаюча пара контактів реле  $X$ , які спрацьовують із затримкою  $\tau$  після замикання вхідного контакту  $a$ , тому заміщення вказаних перетворювачів можна здійснювати безпосередньо відповідно до даної таблиці.

Таблиця 1.8

**Реалізація функцій перетворення тривалості інтервалу**

| № | Функція перетворення тривалості інтервалу               | Еквівалентна електрична схема |                       |
|---|---------------------------------------------------------|-------------------------------|-----------------------|
|   |                                                         | Структура схеми               | Діаграма провідностей |
| 1 | $\langle x \rangle = \text{Min} \langle a \rangle \tau$ |                               |                       |
| 2 | $\langle x \rangle = \text{Inc} \langle a \rangle \tau$ |                               |                       |

Функція формування додаткового інтервалу реалізується за допомогою схеми (рис. 1.29), що містить реле пам'яті  $X$ , яке може працювати з пріоритетом “на вимикання” ( $a$ ) або “на вмикання” ( $b$ ). Такий пріоритет має значення, коли в результаті несправності в системі локальної автоматики, вимикаючий контакт  $b$  розмикається при замкнутому стані вмикаючого



контакту  $a$  схеми. Типову схему з пам'яттю обирають з урахуванням наслідків, які можуть бути при вказаній ситуації.

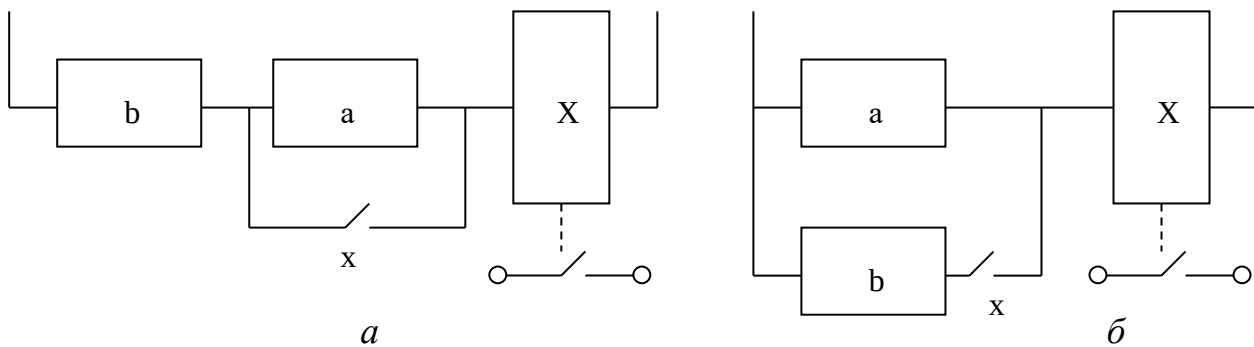


Рис. 1.29. Структура типових релейно-контактних схем з пам'яттю

У кожній з розглянутих схем вмикаючий і вимикаючий контакти можуть бути замикаючим і розмикаючим. Це залежить від функції формування додаткового інтервалу. За результатами аналізу реалізації різних варіантів такої функції, складена табл. 1.9, яку слід використовувати при заміщенні операторів формування додаткового інтервалу.

Таблиця 1.9

### Контакти типових схем формування додаткових інтервалів

| №<br>п/п | Варіант формування<br>додаткового<br>інтервалу                                 | Контакти типової схеми |            |
|----------|--------------------------------------------------------------------------------|------------------------|------------|
|          |                                                                                | Вмикаючий              | Вимикаючий |
| 1        | $\langle x \rangle = S\langle a \rangle \vdash S\langle \bar{b} \rangle$       |                        |            |
| 2        | $\langle x \rangle = S\langle \bar{a} \rangle \vdash S\langle \bar{b} \rangle$ |                        |            |
| 3        | $\langle x \rangle = S\langle a \rangle \vdash S\langle b \rangle$             |                        |            |
| 4        | $\langle x \rangle = \bar{S}\langle a \rangle \vdash S\langle b \rangle$       |                        |            |

Таким чином, електрична схема

реалізації певної функції формування додаткового інтервалу, може містити одне (варіанти 1 і 4) або два (варіант 2) проміжних реле, інвертуючи провідності вхідних контактів.

Функції об'єднання часових інтервалів реалізуються за допомогою комбінаційних схем, які відповідають певним рівнянням булевої алгебри, наприклад:  $x = (a \vee c)b$ . Для даного рівняння можна побудувати діаграму Венна, як це показано на рис. 1.30.

З іншого боку, між діаграмою Венна і циклограмою

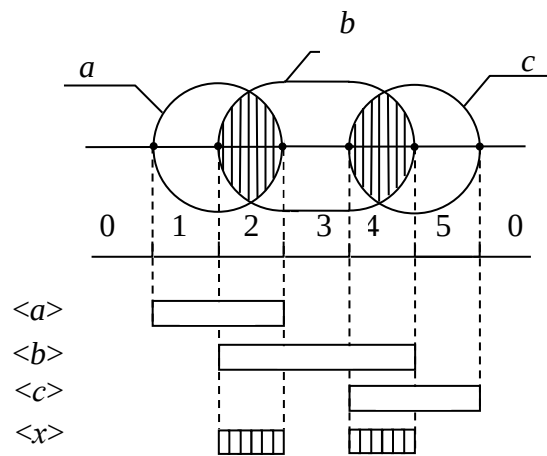


Рис. 1.30. Діаграма Венна і циклограма часових інтервалів

часових інтервалів, що відображають функцію їхнього об'єднання  $\langle x \rangle = (\langle a \rangle + \langle c \rangle) \cdot \langle b \rangle$ , існує повна аналогія: кожен інтервал графічно відповідає певній зоні діаграми. У результаті порівняння даної функції з вихідним рівнянням можна зробити такий висновок.

Релейно-контактні схеми, що еквівалентні об'єднувачам інтервалів, складають по рівнянням булевої алгебри, які відповідають функціям вказаних операторів. При цьому дії додавання часових інтервалів реалізуються шляхом паралельного з'єднання контактів, а дія множення — шляхом послідовного з'єднання. Для реалізації дії інвертування часового інтервалу використовують розмикаючий контакт проміжного реле.

У табл. 1.10 подані фрагменти електричної схеми релейно-контактного ПУ, які отримані відповідно до розглянутої методики заміщення операторів його моделі.

Таблиця 1.10

**Фрагменти електричної схеми релейно-контактного ПУ**

| Опис<br>фрагмента<br>моделі ПУ                                                                                                                          | Фрагмент<br>електричної схеми | Діаграма провідності<br>контактів |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|
| $\langle k_1 \rangle = S \langle s \rangle \vdash S \langle a \rangle$                                                                                  | 1)<br>                        |                                   |
| $\langle k_2 \rangle = \langle a \rangle \cdot \langle \bar{c} \rangle$                                                                                 | 2)<br>                        |                                   |
| $\langle x_1 \rangle = \text{Min} \langle c \rangle \tau,$<br>$\langle k_3 \rangle = \langle c \rangle \cdot \langle \bar{x}_1 \rangle$                 | 3)<br>                        |                                   |
| $\langle x_2 \rangle = S \langle k_3 \rangle \vdash S \langle b \rangle$<br>$\langle k_4 \rangle = \langle x_2 \rangle \cdot \langle \bar{k}_3 \rangle$ | 4)<br>                        |                                   |

При цьому, з метою спрощення схем, опущено зображення перемикача вибору пунктів вивантаження і вихідних контактів, що вмикають виконуючі механізми.

Для побудови електричної схеми ПУ необхідно об'єднати між собою певні її фрагменти відповідно до структури моделі (рис.1.28). До того ж, слід виключати повторення однакових контактів у різних частинах схеми. У даному випадку це стосується контактів *a* (фрагменти 1, 2) і контактів *c* (фрагменти 2, 3).

Аналіз розробленої електричної схеми виконують по діаграмам, що відображають процеси формування кожного керуючого впливу. Такі діаграми виконують на основі функціональних характеристик певних елементів схеми (див. табл. 1.9). Результати аналізу мають відповідати частковим циклограмам замикання контактів (табл. 1.7), на основі яких складена модель релейно-контактного ПУ.

### **1.8. Функціональні модулі мікроелектронних логічних пристроїв**

Для реалізації функцій операторів моделі ПУ або їхніх елементарних композицій в мікроелектронних пристроях слід використовувати модулі, що перебудовуються. Кожен з них має містити певний набір функціональних елементів, що розміщені на платі. Налаштування модуля виконується шляхом зміни структури його електричної схеми. Для цього служать перемички, які встановлюють у певні гнізда комутаційного поля плати друку.

На основі аналізу функціональних можливостей, ємності схеми, частоти застосування та умов спільного використання, можна рекомендувати три типи модулів:

- модуль декадних селекторів кодів (SLC);
- модуль елементарної пам'яті (MT);
- модуль накопичувача імпульсів (GnM).

У цьому випадку, символ функції кожного модуля складається з двох частин, які мають такі назви: SL – селектор, С – код, М – пам'ять, Т – тригер і Gn – серія імпульсів. У результаті накопичування певної серії імпульсів реалізується операція затримки – Del. При цьому останній модуль можна використовувати тільки спільно з першим.

Кожний модуль є певною функціональною частиною мікроелектронного ПУ. Вона відображається в електричній схемі пристрою у вигляді умовного позначення, що має форму прямокутника, що містить основне і додаткове поле. При цьому додаткове поле поділяють на зони за допомогою горизонтальних ліній. В основному полі розміщують символ функції модуля та його позиційне позначення в електричній схемі даного пристрою. У додатковому полі вказують функціональні призначення входів модуля.

Розглянемо можливі варіанти побудови електричних схем вказаних модулів, їхні режими роботи і методику настройки.

У мікроелектронних ПУ декадний селектор кодів можна використовувати у двох режимах роботи:

- контроль певних станів накопичувача імпульсів;
- виявлення певних логічних умов, які залежать від двох, трьох або чотирьох двійкових сигналів.

Для реалізації останньої функції схему селектора кодів (див. рис. 1.21) необхідно доповнити інвертором. Цей елемент підключається до входу “8” дешифратора за допомогою перемички. Таким чином, вказаний вхід даного модуля може бути прямим (при вимкненому інверторі) або інверсним. При певному значенні сигналу, що надходить на вхід “8” селектор блокується. Слід відмітити, що вхідне коло SLC безпосередньо зв'язана з відкритими колекторами дешифратора. Тому при з'єднанні таких кіл вихідні сигнали двох селекторів об'єднуються за допомогою логіки І.

Розглянемо особливості застосування декадних SLC в якості універсальних логічних перетворювачів.

Коли потребується виявляти логічні умови, які залежать від трьох сигналів ( $a$ ,  $b$  і  $c$ ), прямий вхід “8” об’єднують з нульовою шиною (рис. 1.31). Налаштування SLC здійснюється за допомогою таблиці істинності конкретності булевої функції  $y = F(a,b,c)$ , або за часовою діаграмою сигналів. Для цього необхідно знайти набір конститuentів “0”, які формують активний період сигналу  $y$ . У першому випадку номер кожної конститuentи визначають шляхом додавання вагових коефіцієнтів сигналів  $a$ ,  $b$  та  $c$ , що мають значення “1” в рядку з нульовим значенням сигналу  $y$ . У другому випадку виконують додавання вагових коефіцієнтів у такті, де сигнал  $y$  має нульове значення. Для прикладу, на рис. 1.31 наведені дані по налаштуванню SLC для реалізації булевої функції:  $y = ac \vee \bar{b}$ .

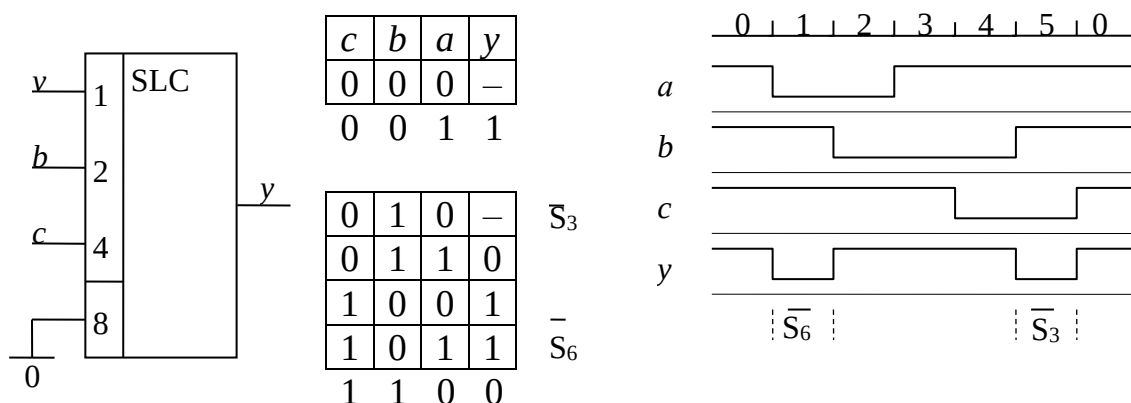


Рис. 1.31. Умовні позначення SLC і визначення параметрів його налагодження

Використовуючи два SLC з різною настройкою блокуючих входів, виконують будь-яке логічне перетворення чотирьох сигналів  $a...d$ . Це обумовлене теоремою розкладу булевої функції, на основі якої таблицю істинності функції  $z = f(a,b,c,d)$  можна поділити на дві частини. У результаті

отримаємо рівняння, що відображає задану залежність  $y$  кон'юнктивній формі:

$$z = (d \vee y_1) \cdot (\bar{d} \vee y_2),$$

де  $y_1$  та  $y_2$  – добуток конститuentів “0”, які визначаються за значеннями трьох змінних  $a$ ,  $b$  та  $c$ .

При використанні декадного SLC для виявлення логічних умов, які залежать від двох сигналів  $a$  і  $b$ , до нульової шини підключаються входи “4” і “8”.

Модуль елементарної пам'яті (MT) формує а.п. вихідного сигналу  $y$  з використанням RS – тригера, що має інверсні входи. У загальному вигляді, таке перетворення сигналів можна виразити булевою функцією:

$$y = F(\phi_1, \phi_0, p),$$

де  $\phi_1$  і  $\phi_0$  – сигнали, що перемикають тригер на “1” і “0”;

$p$  – проміжний сигнал, що характеризує стан інверсного виходу тригера.

Даний тригер нормально працює, якщо а.п. перемикаючих сигналів гнали, не співпадає у часі. Такій умові відповідає рівняння:  $\bar{\phi}_1 \bar{\phi}_0 = 0$ .

Можливі варіанти формування а.п. сигналу  $y$  за допомогою вказаного тригера показані на рис. 1.32.

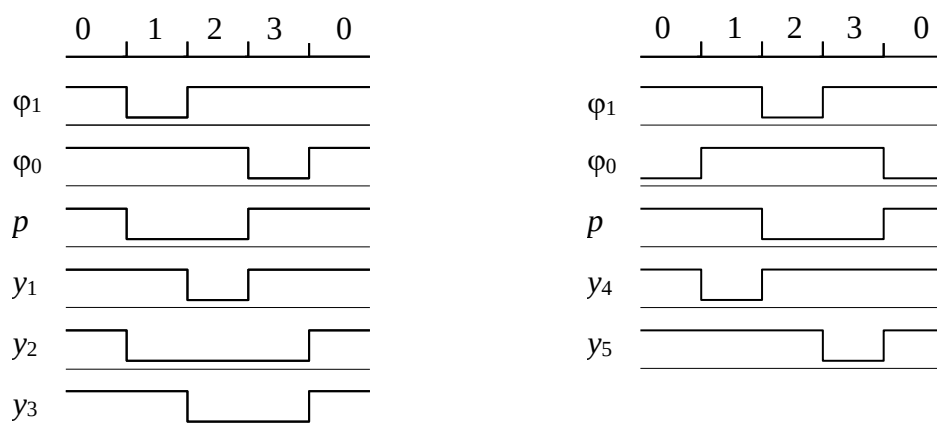


Рис. 1.32. Варіанти формування вихідних сигналів модуля пам'яті

Як видно з наведених діаграм, умови формування а.п. сигналів  $y_1$  і  $y_5$  однакові. Тому, для синтезу електричної схеми модуля пам'яті, необхідно знайти тільки чотири булеві функції. Розглянемо характерні особливості їхнього визначення.

А.п. вихідних сигналів  $y_1$  та  $y_4$  містяться у тактах 2 і 1 відповідних часових діаграм. Тривалість такту 2 залежить від параметрів сигналів  $\varphi_1$  і  $p$ , а такту 1 – від параметрів сигналів  $\varphi_0$  і  $p$ . Тому потрібні функції можна виразити у вигляді певних конституентів “0”:  $y_1 = \bar{\varphi}_1 \vee p$ ;  $y_4 = \bar{\varphi}_0 \vee \bar{p}$ .

Тривалість а.п. вихідного сигналу  $y_2$  відповідає нульовому значенню сигналів  $p$  або  $\varphi_0$ , а вихідного сигналу  $y_3$  – нульовому значенню сигналів  $y_1$  або  $\varphi_0$ . При таких умовах потрібні функції являються добутком вказаних пар сигналів:  $y_2 = p\varphi_0$ ;  $y_3 = y_1\varphi_0$ .

Якщо замінити в останньому рівнянні сигнал  $y_1$  логічною сумою  $(\bar{\varphi}_1 \vee p)$ , у результаті отримаємо наступний вираз:  $y_3 = (\bar{\varphi}_1 \vee p) \cdot \varphi_0$ .

На основі можливих варіантів булевої функції розробляють структуру вихідної логіки модуля пам'яті.

Таким чином, основними функціональними елементами електричної схеми модуля пам'яті (рис. 1.33) є: тригер 5, вхідні інвертори 2 і 3, а також елементи вихідної логіки 6...8. Крім того, вказана схема містить допоміжні елементи 1,4 і 9.

Допоміжні елементи служать для блокування сигналом  $x$  пам'яті (елемент 4) і виходу модуля (елемент 9). Це виконується при надходженні логічної “1” на один із входів вказаних елементів. За допомогою перемички П1 встановлюють значення сигналу  $x$ , при якому реалізується блокування. Перемичка П2 використовується для відключення блокування пам'яті.



За допомогою інверторів 2 і 3, що підключаються до входів тригера перемичками ПЗ і П4, забезпечується його нормальна робота при різних часових відношеннях а.п. інформаційних сигналів  $a$  та  $b$ . Елементи вихідної логіки служать для реалізації функцій формування а.п. сигналів  $y_1 \dots y_5$  таким чином: елемент 6 – сигнали  $y_1$  та  $y_5$ , елемент 7 – сигнал  $y_2$ , елементи 6 і 7 – сигнал  $y_3$ , елементи 7 і 8 – сигнал  $y_4$ . При підключенні до шини живлення одного з входів елемента 7, він використовується як “транзитний” елемент схеми. Отже, настройка основної частини електричної схеми модуля має два ступеня: вхідний і вихідний.

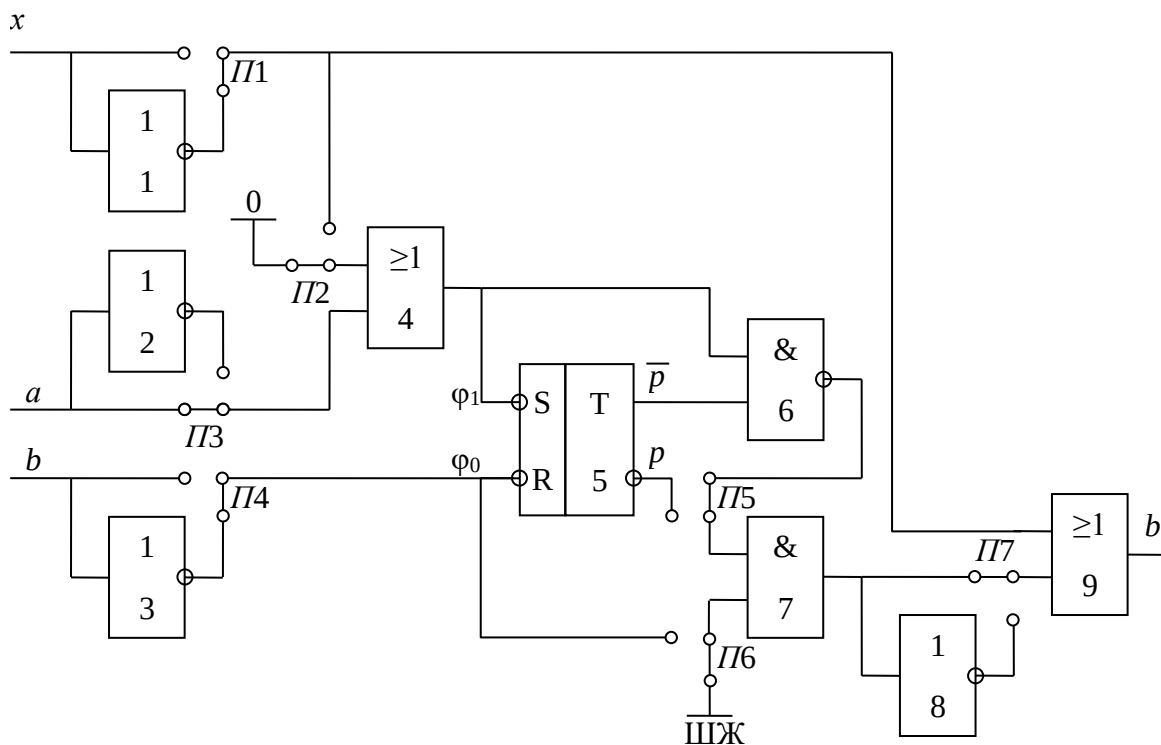


Рис. 1.33. Електрична схема модуля пам'яті

Вхідна настройка визначають у результаті порівняння часового співвідношення а.п. сигналів  $a$  та  $b$  за умови нормальної роботи тригера. Наприклад, для діаграми перетворення сигналів, вказаній на рис. 1.34,а, необхідно

порівняти два рівняння:  $\bar{a} \cdot b = 0$  і  $\bar{\varphi}_1 \cdot \bar{\varphi}_0 = 0$ . На основі чого можна зробити такий висновок:  $\varphi_1 = a$ ,  $\varphi_0 = \bar{b}$ .

Вихідна настройка схеми визначають на основі булевої функції, що відображає формування сигналу  $y$ . Для цього використовують часову діаграму сигналів  $\varphi_1$ ,  $\varphi_0$ ,  $p$  і  $y$  (рис. 1.34,б). Відповідно до даної діаграми, отримаємо наступний результат:  $y = \bar{\varphi}_1 \vee p$ .

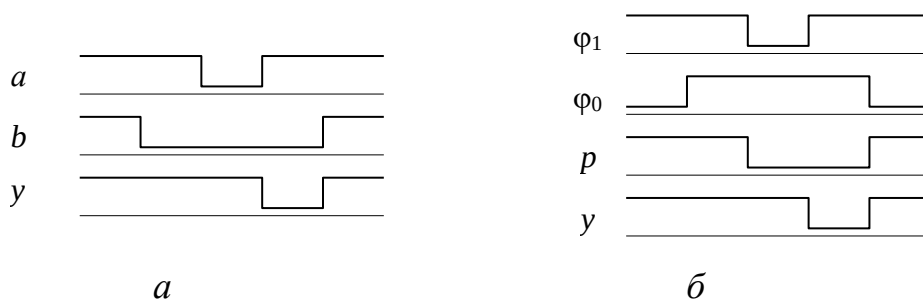


Рис. 1.34. Приклад часових діаграм модуля пам'яті

На рис. 1.35 показана настройка схеми модуля пам'яті для реалізації розглянутого приклада формування вихідного сигналу. Коли потрібно передавати на вихід схеми сигнал  $p$ , перемикач П5 встановлюють у горизонтальне положення.

Настройка інформаційних та входів блокування модуля слід вказувати в його умовному позначенні. Для виконання всіх видів настройки схеми можна використовувати таблицю, яка відображає положення перемичок на комутаційному полі модуля.

Кожна перемичка може бути встановлений в першому або у другому ряду поля. У даному прикладі перший ряд відповідає горизонтальному положенні перемички на електричній схемі, а другий ряд – вертикальному положенню.

Накопичувач імпульсів GnM, який використовується з двома декадними селекторами SLC(1) і SLC(2), є

універсальним перетворювачем з часовою затримкою (рис. 1.36). Основна частина схеми такого перетворювача (функціональні елементи 1...6) служить для формування сигналу  $\varphi$ , а.п. якого може бути менше чи більше а.п. вхідного сигналу  $a$  на величину  $\tau$ . Елементи 7 та 8 утворюють вихідну логіку перетворювача, що призначена для формування сигналу  $y$ , а.п. якого дорівнює величині  $\tau$ .

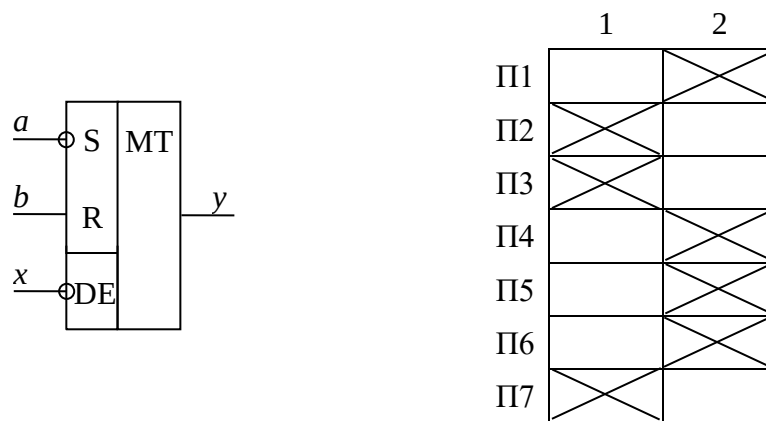


Рис. 1.35. Умовне позначення модуля пам'яті і таблиця настройки схеми

Основна частина електричної схеми перетворювача містить два селектора кодів SLC(1) та SLC(2), що підключені до виходів двійково-десяткових лічильників 3 і 4, які з'єднані послідовно. Виходи селекторів об'єднуються за логікою АБО за допомогою елемента 5. Тактовий вхід Т лічильника першої декади з'єднаний з генератором 2 серії імпульсів  $\psi_1$ , період повтору яких – 1с. Вхідний 1 та вихідний 6 інвертори служать для настройки режиму роботи перетворювача.

Розглянемо умови функціонування перетворювача коли перемички П1 і П2 встановлені в положенні, що вказане на рис. 1.36 (перший режим роботи).

У початковому стані схеми вихідний сигнал інвертора 1 має низький рівень, у результаті чого обнулюються лічильники і блокується генератор імпульсів. При цьому вихідні сигнали

селекторів кодів  $\overline{S}_5$  і  $\overline{S}_{10}$ , а також елемента 5 мають високий рівень.

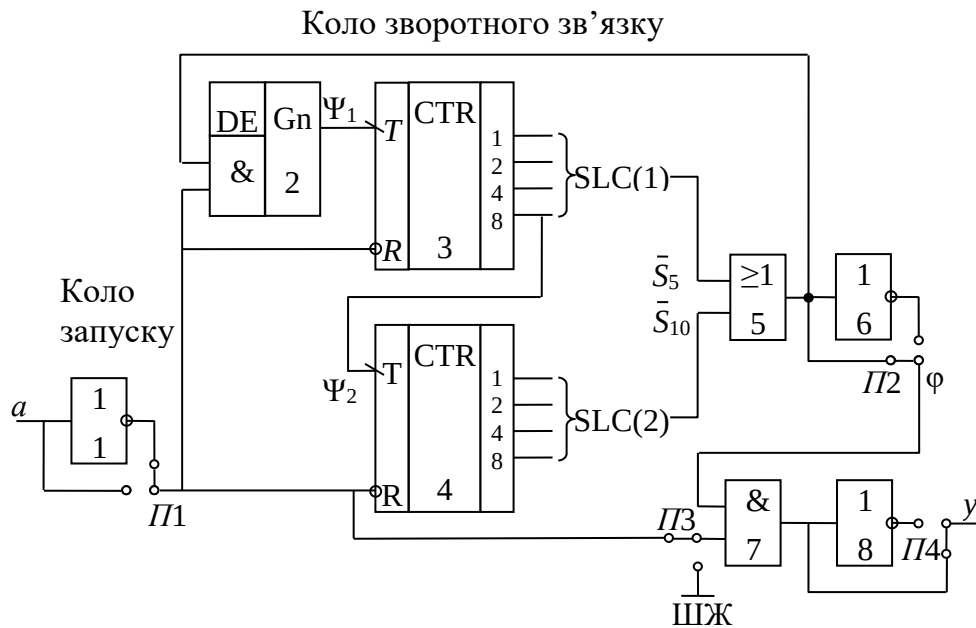


Рис. 1.36. Функціональна схема перетворювача з часовою затримкою

На початку а.п. вхідного сигналу  $a$  запускається генератор і дозволяється робота лічильників. Коли на вхід лічильника 3 надійде певна кількість імпульсів  $\psi_1$ , сигнали  $\overline{S}_5$  та  $\overline{S}_{10}$  будуть мати низький рівень. У цьому випадку знижується рівень сигналу  $\phi$  і генератор блокується по колу зворотного зв'язку. Після закінчення а.п. сигналу  $a$  елементи схеми встановлюються в початкове положення. Слід відмітити, що коло запуску не має принципового значення, а служить для стабілізації інтервалу між початком а.п. сигналу  $a$  та першим імпульсом генератора.

Таким чином, коли перетворювач працює в першому режимі, реалізується операція  $\text{Del}(1-0)a$ , у результаті чого зменшується тривалість а.п. вхідного сигналу на величину  $\tau$ . Значення цього параметра залежить від настройки селекторів кодів і може бути встановлене в межах від 1 с до 99 с.

Користуючись рис. 1.36, розглянемо умови функціонування перетворювача, якщо перемичка П1 встановлений горизонтально, а перемичка П2 – вертикально (другий режим роботи).

У даному прикладі при початковому стані схеми в лічильниках 3 і 5 зафіксовані коди п'яти одиниць і одного десятку. Тому проміжні сигнали  $\overline{S_5}$  і  $\overline{S_{10}}$  мають низький рівень, який передається елементом 5 у коло зворотного зв'язку, що блокує генератор. При цьому вихідний сигнал інвертора 6 має високий рівень.

На початку а.п. вхідного сигналу  $a$  лічильники обнулюються, внаслідок чого змінюються значення вихідних сигналів елементів 5 і 6. Після вказаного періоду запускається генератор, який працює до надходження на вхід лічильника 3 п'ятнадцяти імпульсів. Потім елементи схеми встановлюються в початкове положення.

Таким чином, коли перетворювач працює у другому режимі, реалізується операція  $\text{Del}(0-1)a$ , у результаті чого збільшується тривалість а.п. вхідного сигналу на величину  $\tau$ .

Вихідна логіка схеми перетворювача (елементи 7 і 8 на рис. 1.36), забезпечує два основних варіанта формування вихідних сигналів  $y_1$  і  $y_2$ . Налаштування вихідної логіки виконують за допомогою перемичок П2...П4 на основі певної часової діаграми сигналів  $a$ ,  $\varphi$  і вхідного сигналу  $y_1$  або  $y_2$  (рис. 1.37). Для цього необхідно знайти булеві функції, що відображають формування цих сигналів. У даному випадку такими функціями являються конституенти "0" для тактів 1 і 2 відповідних діаграм:  $y_1 = a \vee \overline{\varphi}$ ,  $y_2 = \overline{a} \vee \varphi$ .

На рис. 1.36 показана настройка перетворювача для формування сигналу  $y_1$ .



Рис. 1.37. Варіанти формування вихідних сигналів перетворювача

При формуванні сигналу  $y_2$  перемичка П1 також встановлюють у горизонтальне положення. Коли потрібно передавати на вихід схеми сигнал  $\phi$ , перемичка П3 встановлюють у вертикальне положення, а перемичка П4 – у горизонтальне. У цьому випадку елементи 7 і 8 використовують як “транзитні” елементи схеми. Для виконання потрібної настройки схеми перетворювача можна використовувати таблицю (рис. 1.38), де перший ряд відповідає горизонтальному положенню перемичок, а другий ряд – вертикальному.

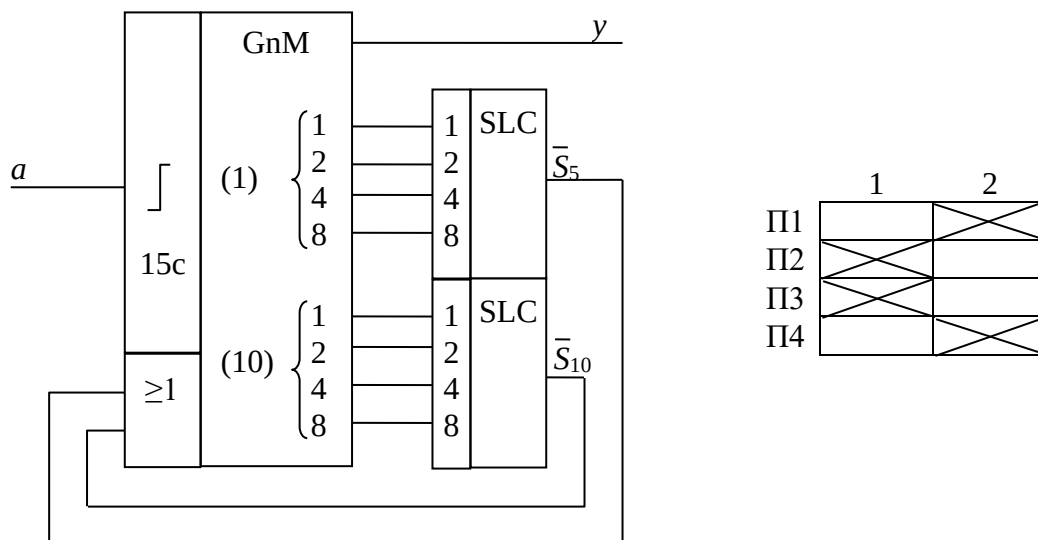


Рис. 1.38. Умовне позначення перетворювача з часовою затримкою і таблиця настройки GnM

На рис. 1.38 наведена схема взаємодії накопичувача імпульсів GnM з двома селекторами кодів SLC. У додатковому

полі умовного позначення  $GnM$  міститься мітка, яка відповідає операції  $Del(1-0)a$ . Коли схема перетворювача настроєна на виконання операції  $Del(1-0)a$ , використовують мітку  $\bar{1}$ . Цифра під вказаною міткою означає величину часової затримки, що реалізується.

У схемах модулів елементарної пам'яті і накопичувача імпульсів усі логічні операції реалізують у базисі 2 І-НЕ. При цьому слід використовувати схеми з пасивним виходом. У результаті з'єднання таких кіл двох модулів, їхні вихідні сигнали об'єднуються за логікою І.

### **1.9. Проектування мікроелектронних логічних пристроїв управління**

Мікроелектронний логічний ПУ використовується для управління комплексом ВМ залежно від інтервалів ввімкнення певних елементів системи автоматики. Такий пристрій слід проектувати у вигляді набору уніфікованих модулів: функціональних і допоміжних. Функціональні модулі перетворюють множину інформаційних сигналів у певні командні сигнали. За допомогою допоміжних модулів здійснюються зовнішні зв'язки логічного ПУ. Конкретний набір взаємодіючих функціональних модулів являє собою асинхронний автомат дискретної дії (ДД).

Теоретичною основою функціональної структури асинхронного автомату ДД служить його модель, де можна використовувати базові та похідні оператори. Вхідні інтервали такої моделі відповідають активному значенню інформаційних сигналів, кожен з яких залежить від певного функціонального елемента: пускової кнопки –  $\langle a_1 \rangle$ , датчика верхнього рівня –  $\langle a_2 \rangle$ , датчиків положення в пункті навантаження –  $\langle a_3 \rangle$  і розвантаження –  $\langle a_4 \rangle$ . Вихідні інтервали характеризують

активне значення командних сигналів, що забезпечують ввімкнення: механізму навантаження –  $\langle v_1 \rangle$ , приводу візка (вперед) –  $\langle v_2 \rangle$ , механізму розвантаження –  $\langle v_3 \rangle$  і приводу візка (назад) –  $\langle v_4 \rangle$ .

Побудову моделі здійснюють фрагментами, які відносяться до певних робочих операцій циклу транспортування матеріалу. Для цього використовують часткові циклограми а.п. інформаційних та командних сигналів ПУ. Кожну таку циклограму можна побудувати внаслідок аналізу заданих умов роботи відповідного механізму (див. рис. 1.14) та функціональних характеристик операторів.

Процес моделювання автомата ДД показаний в табл. 1.11. У даному випадку для отримання вихідних інтервалів  $\langle v_1 \rangle \dots \langle v_4 \rangle$  достатньо використовувати по одному оператору. При інших умовах роботи виконавчих механізмів може знадобитися два оператори. Тоді часткові циклограми а.п. сигналів містять також проміжний інтервал  $\langle x \rangle$ .

Наведені в табл. 1.11 рівняння є аналітичним описом фрагментів моделі автомата ДД, на основі чого складають її загальну структуру, як це показано на рис. 1.39.

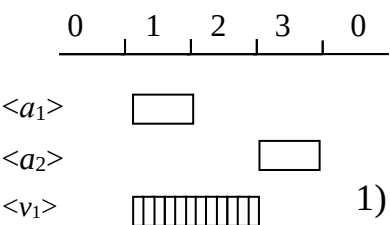
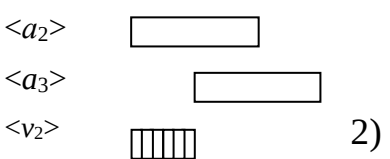
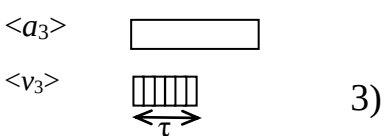
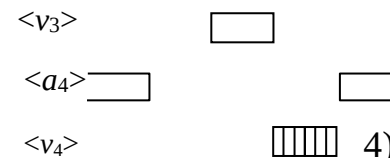
Розглянемо методику заміщення операторів моделі автомата ДД їхніми фізичними еквівалентами.

Кожен декадний селектор кодів (SLC) може виявляти певні логічні умови, які залежать від а.п. двох або трьох сигналів. Тому він являється фізичним еквівалентом двовхідного або тривхідного об'єднувача інтервалів. Налаштування SLC виконують за таблицею істинності або за часовою діаграмою його сигналів (див. рис. 1.31). Однак, у багатьох випадках це можна виконати в результаті аналізу простих рівнянь булевої алгебри, що еквівалентні певним функціям об'єднання інтервалів. Як приклад, розглянемо методику налаштування SLC для реалізації такої функції:  $\langle x \rangle = (\langle a \rangle + \langle c \rangle) \cdot \langle b \rangle$ .



Таблиця 1.11

## Відображення дій з часовими інтервалами

| Часткова циклограма<br>а.п. сигналів                                                | Дії з часовими інтервалами                                                                    |                                                                          |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                     | Змістовий вираз                                                                               | Формальний вираз                                                         |
|    | Формування<br>додаткового інтервалу                                                           | $\langle v_1 \rangle = S\langle a_1 \rangle \vdash S\langle a_2 \rangle$ |
|    | Віднімання інтервалу<br>$\langle a_3 \rangle$ від інтервалу<br>$\langle a_2 \rangle$          | $\langle v_2 \rangle = \langle a_2 \rangle \cdot \langle a_3 \rangle$    |
|   | Формування спочатку<br>інтервалу $\langle a_3 \rangle$<br>періоду, тривалість<br>якого $\tau$ | $\langle v_3 \rangle = S\langle a_3 \rangle \tau$                        |
|  | Формування<br>додаткового інтервалу                                                           | $\langle v_4 \rangle = F\langle v_3 \rangle \vdash S\langle a_4 \rangle$ |

Всі часові інтервали вказаної функції відповідають нульовим значенням вхідних і вихідного сигналів SLC. Тому для переходу до еквівалентного рівняння булевої алгебри необхідно використовувати принцип “негативної логіки”. У цьому випадку додавання інтервалів замінюється операцією І з двійковими сигналами, а множення інтервалів – операцією АБО. У результаті чого отримаємо наступне рівняння:  $x = ac \vee b$ , де  $a$  має ваговий коефіцієнт 1,  $b$  – 2 и  $c$  – 4.

Для настройки SLC потрібно знайти номери вхідних кодів (конституентів “0”), при яких  $ac \vee b = 0$ . Така умова

виконується при таких кодах:  $a = 0, b = 0, c = 0 (\overline{s_0})$ ;  $a = 1, b = 0, c = 0 (\overline{s_1})$  и  $a = 0, b = 0, c = 1 (\overline{s_4})$ .

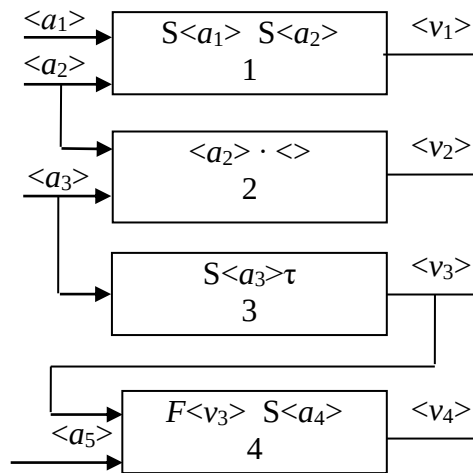


Рис. 1.39. Модель асинхронного автомата ДД

Модуль елементарної пам'яті (МТ) може виділяти інтервал між двома будь-якими змінами інформаційних сигналів, у межах якого вихідний сигнал  $y$  має активне значення. Причому логічне значення сигналу  $y$  не однозначно залежить від комбінацій значення інформаційних сигналів. Тому такий модуль являється фізичним еквівалентом будь-якого з варіантів базових та похідних операторів формування додаткового інтервалу. Для реалізації конкретної функції виконують вхідну та вихідну настройку МТ, використовуючи часові діаграми його сигналів (див. рис. 1.34). Залежно від настройки, модуль пам'яті може блокуватися при нульовому або одиничному значеннях сигналу  $x$ .

Модуль накопичувача імпульсів (GnM), з'єднаний з двома селекторами кодів (див. рис. 1.38), виробляє сигнал  $y$ , а.п. якого може бути більше або менше а.п. вхідного сигналу. Крім того, а.п. вихідного сигналу може відповідати величині затримки  $\tau$ . Тому вказана схема є фізичним еквівалентом будь-якого з варіантів базових та похідних операторів перетворення тривалості інтервалу. Для реалізації даної функції здійснюють

вхідну та вихідну настройку GnM за часовою діаграмою його сигналів (див. рис. 1.37).

Як це видно з рис. 1.39, у даному прикладі модель автомата ДД містить чотири оператори: базовий 1 та похідний 4 оператори формування додаткового інтервалу, оператор об'єднання інтервалів 2 та похідний оператор перетворення тривалості інтервалу 3. При цьому для заміщення оператора 3 необхідно два функціональних модуля (GnM і SLC), а для заміщення інших операторів потрібно по одному модулю. У результаті заміщення операторів моделі їхніми фізичними еквівалентами, складають функціональну схему автомата ДД (рис. 1.40).

В електричній схемі автомата ДД, для позиційного позначення функціональних модулів, використовується дволітерний код – UD. Перша літера вказує, що модуль є перетворювачем електричних величин в електричні. Друга літера пояснює його структуру, як логічного (цифрового) модуля.

Настройка селекторів кодів модуля UD4 визначається за числом десятків (1) і одиниць (5), які містить величина часової затримки  $\tau$ . Налагодження модуля UD2 можна визначити на основі рівняння булевої алгебри  $v_2 = a_2 \vee \overline{a_3}$ , яке еквівалентне функції оператора 2 моделі автомата ДД. Для цього потрібно знайти номер вхідного коду, при якому  $a_2 \vee \overline{a_3} = 0$ . Така умова виконується, якщо  $a_2(1) = 0$  і  $a_3(2) = 1$  (в дужках вказані вагові коефіцієнти сигналів). Тому на комутаційному полі модуля необхідно встановити перемичку  $\overline{S_2}$ .

З метою настройки модулів UD1, UD3, UD5 необхідно для кожного з них побудувати часову діаграму вхідних, проміжного та вихідного сигналів (рис. 1.41). Це виконують на основі окремих циклограм а.п. сигналів (див. табл. 1.11) і структури електричних схем модулів.

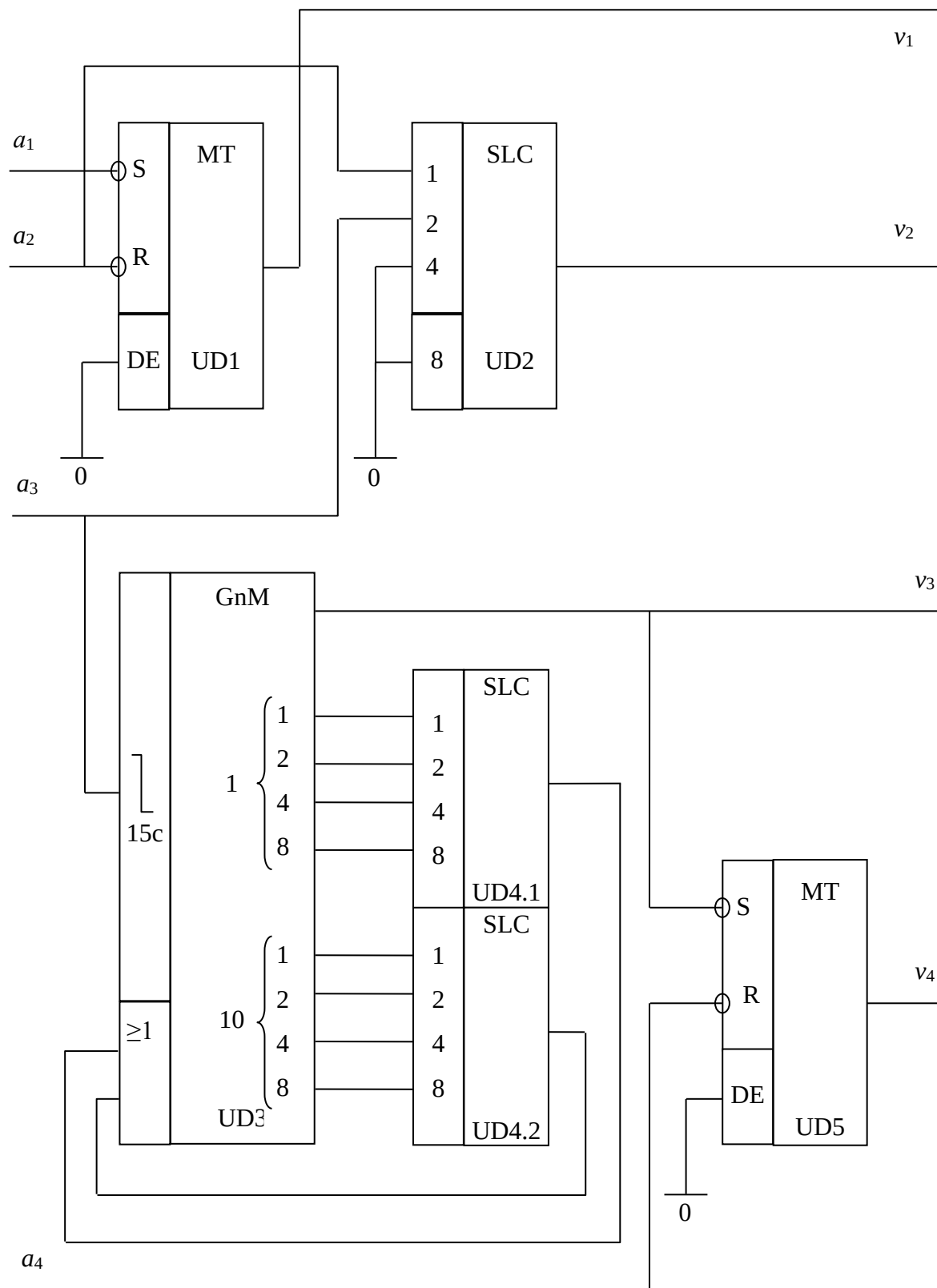


Рис. 1.40. Функціональна схема асинхронного автомата ДД

Для настройки модулів пам'яті UD1 і UD4 використовуються перемички П1...П7 (див. рис. 1.33). При

цьому положенні перемичок П1 і П2 визначають характер блокування модуля, перемичок П3 і П4 – зв’язок тригера з входами модуля, а перемичок П5...П7 – структуру вихідної логіки модуля.

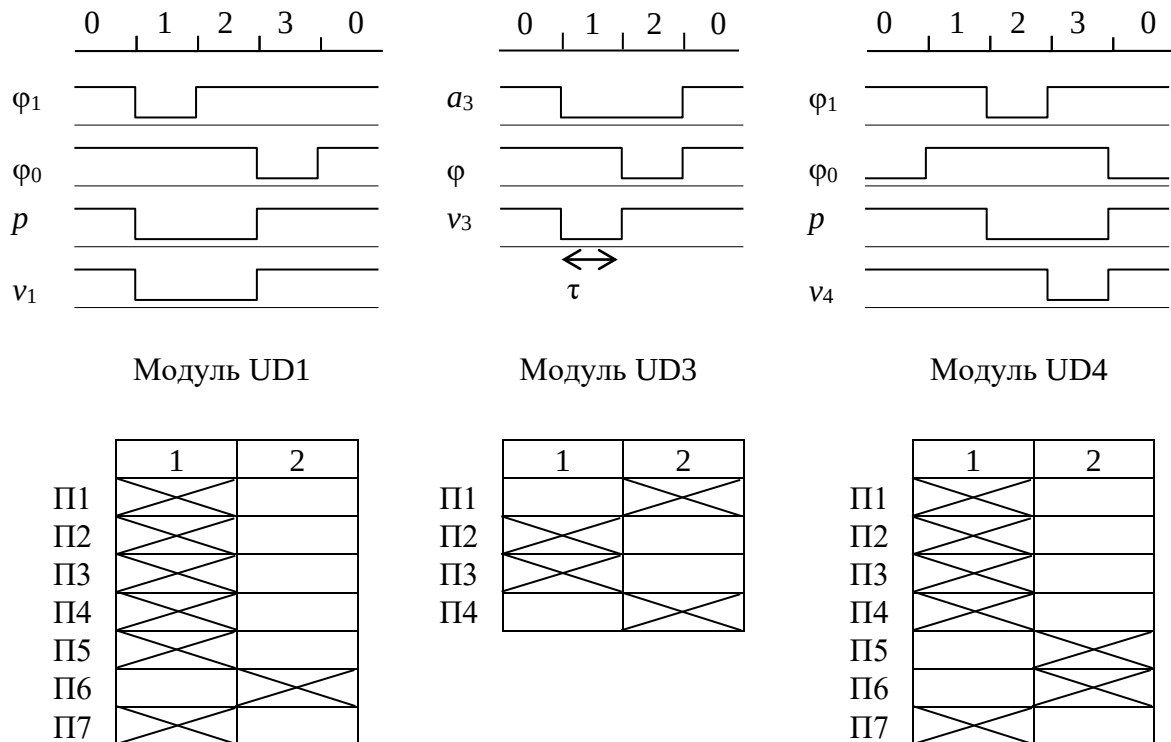


Рис. 1.41. Часові діаграми сигналів і таблиці настройки функціональних модулів

У схемі даного автомата ДД вказані модулі не блокуються, тому їхні перемички П1 і П2 слід встановити в положення 1. Крім того, з часткових циклограм а.п. сигналів 1 і 4 (див. табл. 1.11) видно, що пари вхідних інтервалів  $\langle a_1 \rangle$  та  $\langle a_2 \rangle$ , а також інтервалів  $\langle v_3 \rangle$  та  $\langle a_4 \rangle$  розділені у часі. Отже, потрібен безпосередній зв’язок тригерів з входами цих модулів, що забезпечується при встановленні перемичок П3 і П4 в положення 1.

Як це видно з часової діаграми сигналів модуля UD1, його вихідний сигнал  $v_1$  має відповідати значенню проміжного сигналу  $p$ . Для реалізації такої умови роботи схеми модуля,

перемикачі П5 і П7 встановлюють у положення 1, а перемичка П2 – у положення 2.

Як це видно з часової діаграми сигналів модуля UD4, а.п. його вихідного сигналу  $v_4$  розміщений в такті 3, тривалість якого залежить від параметрів сигналів  $\varphi_1$  і  $p$ . Тому булеву функцію  $v_4 = F(\varphi_1, p)$  можна уявити у вигляді конститuenta “0”:  $v_4 = \overline{\varphi_1} \vee p$ . Для реалізації такої функції в схемі модуля перемички П5 і П6 встановлюють у положення 2, а перемичку П7 – у положення 1.

Для настройки модуля накопичувача імпульсів UD3 служать перемички П1...П4 (див. рис. 1.36). При цьому положення перемичок П1 і П2 визначає співвідношення між а.п. вхідного  $a_3$  і проміжного  $\varphi$  сигналів, а перемичок П3 і П4 – структуру вихідної логіки модуля.

Як це видно з часової діаграми сигналів модуля UD3, а.п. його проміжного сигналу має бути менший а.п. вхідного сигналу. Для реалізації такого режиму роботи схеми модуля, перемичку П1 встановлюють у положення 2, а перемичку П2 – у положення 1. Крім того, відповідно до значення сигналів у такті 1 часової діаграми, можна записати булеву функцію:  $v_3 = a_3 \vee \overline{\varphi}$ . Для реалізації цієї функції перемичку П3 встановлюють у положення 1, а перемичку П4 – у положення 2.

### **1.10. Загальна характеристика і аналіз систем автоматичного регулювання**

Локальна система автоматичного регулювання (САР) служить для автоматичної стабілізації певного технологічного параметра або його програмного регулювання. Така система може бути одноконтурною або двоконтурною. Основними частинами одноконтурної системи є: датчик параметра, що регулюється, блок, що регулює, виконавчий пристрій –

пропорційний виконавчий механізм з регулюючим органом (рис. 1.42).

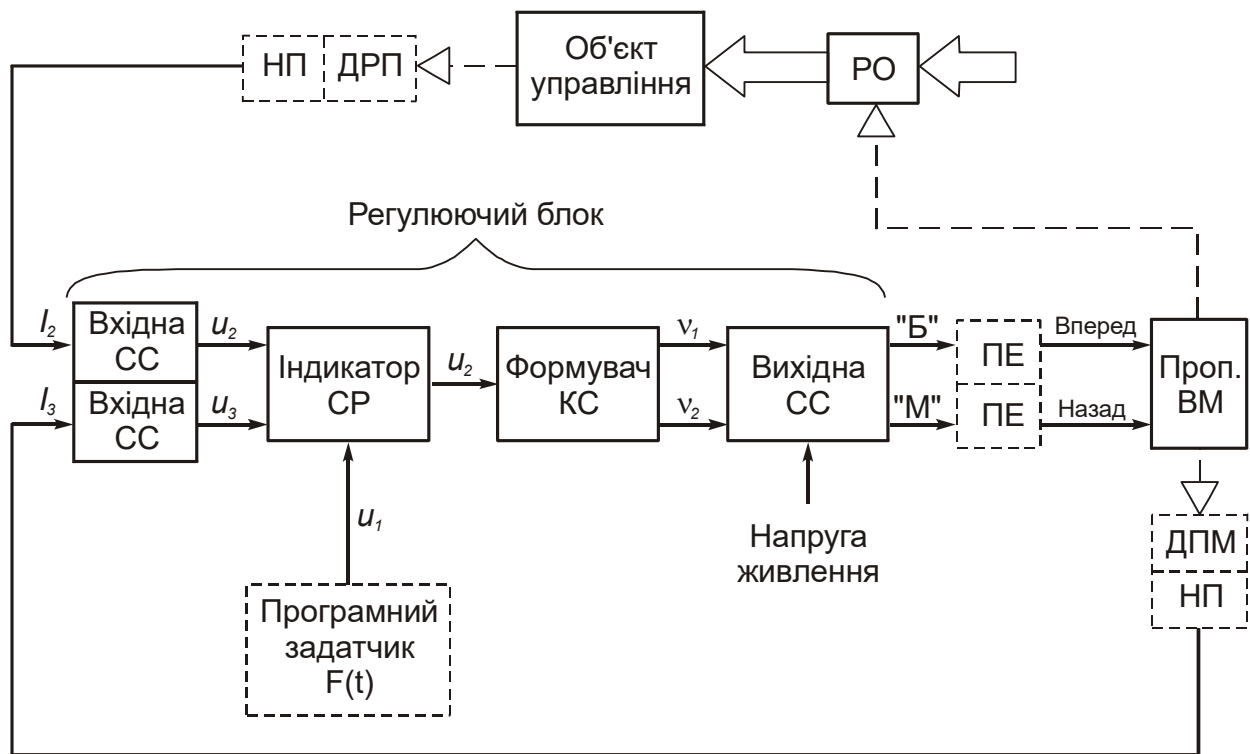


Рис.1.42. Структурна схема двоконтурної локальної САР

Регулюючий орган (РО) здійснює безпосередній вплив на об'єкт управління шляхом зміни кількості речовини або енергії. В якості РО використовують різноманітні заслонки, засувки, крани тощо. Виконавчий механізм (ВМ) встановлює РО у потрібне положення.

Пропорційні ВМ можуть здійснювати обертальний або поступальний рух РО. Такий виконавчий механізм вміщує електродвигун змінного струму (серводвигун), редуктор, кінцеві вимикачі та датчики положення вихідного вала або штока. У виконавчих механізмах малої потужності в якості серводвигуна використовують двофазні асинхронні двигуни, при великій потужності – трифазні двигуни.

Одноконтурна САР працює таким чином. Нормуючий перетворювач випрацьовує уніфікований струмовий сигнал  $I_2$ , величина якого відповідає значенню параметра, що

регулюється. Вхідна схема сполучення (СС) перетворює його на напругу  $U_2$ , що віднімається від потенційного сигналу завдання  $U_1$ , у результаті чого створюється сигнал розбіжності:  $U_e = U_1 - U_2$ .

При додатному значенні  $U_e$  випрацьовується командний сигнал  $V_1$ , а при від'ємному значенні – сигнал  $V_2$ . Ці сигнали включають коло “Більше” або “Менше” вихідної СС. У результаті чого напруга живлення подається на один з пускових елементів або безпосередньо на електродвигун ВМ, який включається вперед або назад. При цьому положення РО змінюється до тих пір, поки сигнал  $U_e$  не зменшиться до нуля (ідеальна система).

У двоконтурній САР використовується додатковий датчик положення ВМ, уніфікований струмовий сигнал якого  $I_3$  перетворюється на напругу  $U_3$ . Ця напруга теж віднімається від сигналу завдання  $U_1$ , тому сигнал розбіжності отримують так:

$$U_e = U_1 - (U_2 + U_3).$$

При додатному значенні  $U_e$  у результаті зміни положення ВМ з'являється прирощення  $\Delta U_3$ , що компенсує розбіжність, яка виникла. Потім, зі збільшенням сигналу  $U_2$  ВМ повертається в початковий стан і  $\Delta U_3$  зменшується до нуля.

При від'ємному значенні  $U_e$  сигнал  $U_3$  зменшується на величину  $\Delta U_3$ . В цьому випадку при зменшенні сигналу  $U_2$  система регулювання працює аналогічно описаному.

При програмному регулюванні сигнал  $U_1$  має змінюватися в часі відповідно до певної функції  $F(t)$ . Такий сигнал випрацьовує спеціальний блок – програмний задавач.

### **1.11. Проектування пристроїв автоматичного регулювання на базі уніфікованих блоків**

При проектуванні пристроїв АР використовують уніфіковані блоки, що входять до складу певного агрегатного



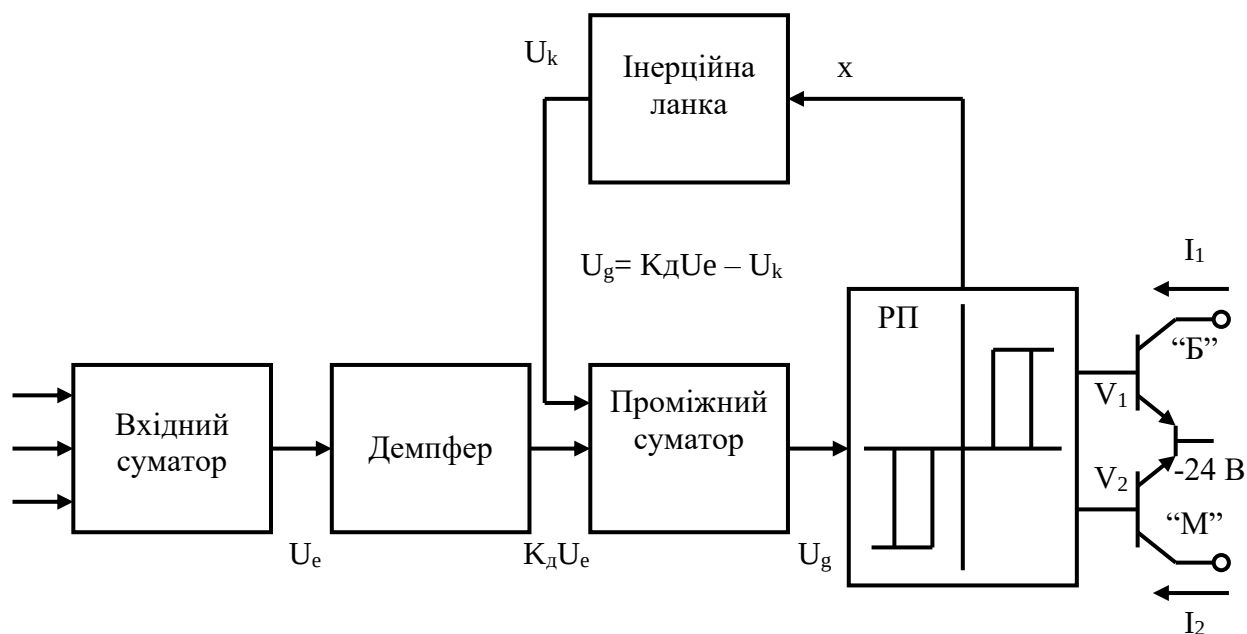
комплексу. Агрегатний комплекс – це сукупність виробів, взаємопов'язаних між собою згідно з функціональним призначенням або області застосування, конструкції, основним параметром і технічним даним. Як приклад, розглянемо склад і технічні характеристики агрегатного комплексу електричних засобів регулювання (АКЕЗР).

Уніфіковані блоки комплексу АКЕЗР розділяють на три групи: функціональні, регулюючі і оперативного управління. До першої групи відносяться блоки динамічного зв'язку, підсумування й сигналізації, обчислювальних операцій, нелінійних перетворень, а також селектування. До другої групи входять три модифікації регулюючих блоків, схеми яких мають певні розбіжності. Третя група містить блоки ручного керування, ручного задавача циклу та інтегруючого задавача.

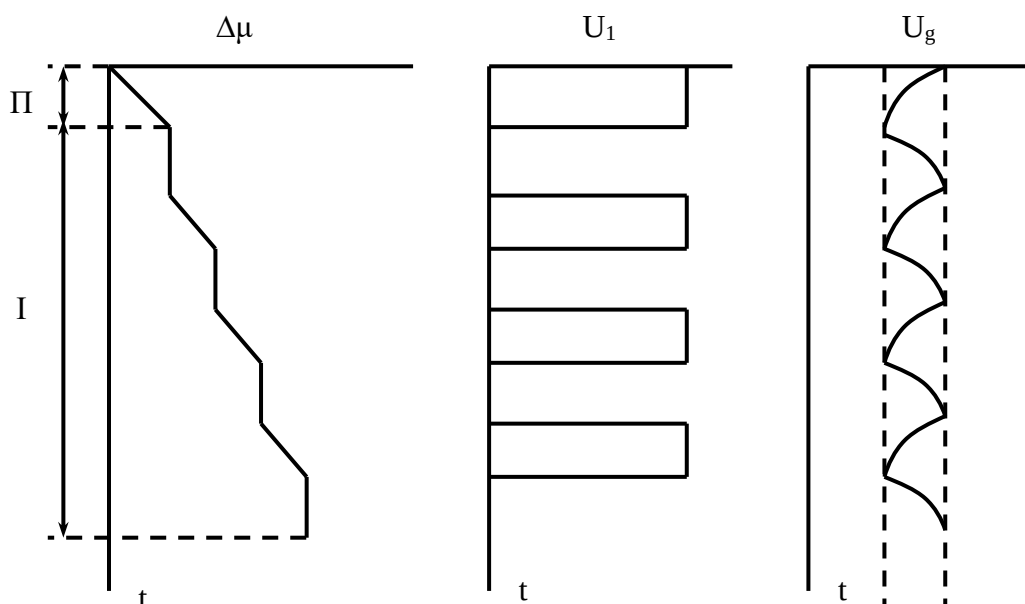
Основним пристроєм цього комплексу є регулюючий блок (РБ). Його електрична схема (рис. 1.43,а) має такі функціональні частини: вхідний суматор, демпфер, проміжний суматор, трипозиційний релейний перетворювач (РП), інерційна ланка від'ємного зворотного зв'язку та посилювачі струму VT1, VT2.

Вхідний суматор здійснює алгебраїчне додавання сигналів завдання і регульовного параметра, в результаті чого вироблюється сигнал розбіжності  $U_e$ . Демпфер послаблює дію імпульсних перешкод і посилює сигнал  $U_e$  у  $K_d$  разів.

Проміжний суматор здійснює алгебраїчне додавання сигналу  $K_d$ ,  $U_2$  і сигналу зворотного зв'язку  $U_k$ . При цьому формується аналоговий сигнал  $U_g$ , який перетворюється за допомогою РП у дискретний командний сигнал V1 або V2. Під дією цих сигналів відчиняється відповідний транзистор і з'являється струм у зовнішньому колі “Б” (більше) або “М” (менше).



*a*



*б*

Рис. 1.43. Структурна схема регулюючого блоку та часові діаграми сигналів:  
 $\Delta\mu$  – зміна положення регулюючого органа

Коли спрацює РП, на вхід інерційної ланки потрапляє дискретний сигнал  $x$ . Тому сигнал  $U_k$  починає плавно зменшуватись. При цьому сигнал  $U_g$  буде збільшуватись до тих пір, поки знову не спрацює РП.

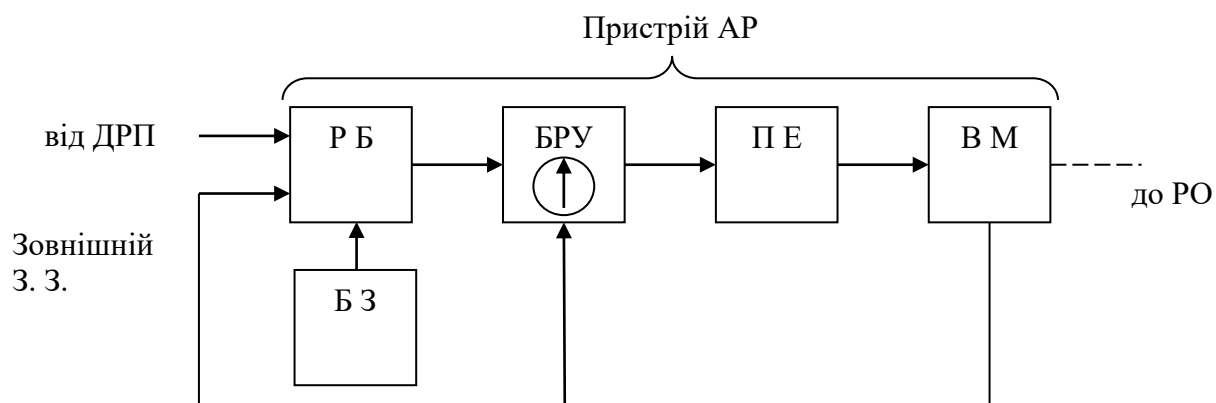
Часові діаграми сигналів РБ при стрибкоподібному вхідному впливі показані на рис. 1.43,б. Як видно з діаграми зміни командного сигналу V1, РБ формує на виході імпульси, що мають певну частоту. Інтегрування цих імпульсів за допомогою виконавчого механізму (ВМ) постійної швидкості дозволяє отримати закон ПІ-регулювання.

При вимиканні кола від'ємного зворотного зв'язку РБ являє собою релейний індикатор розбіжності. Такий режим роботи використовують для реалізацій трьох позиційного регулювання або закону П-регулювання (рис. 1.44,а).

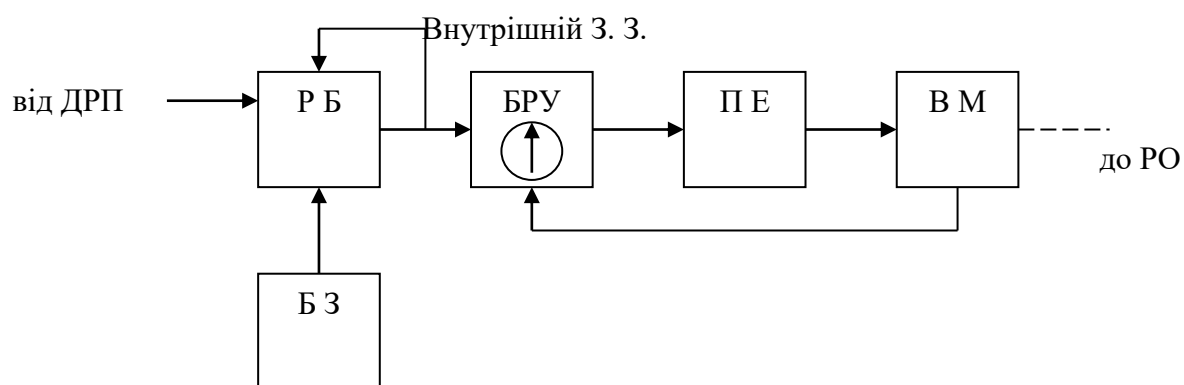
У другому випадку на входи РБ подаються три сигнали: від блока задавача (БЗ), від датчика параметра, що регулюється (ДПР), і від датчика положення ВМ (зовнішній зворотний зв'язок). Виходи РБ з'єднуються з пусковими елементами (ПЕ) через ключ блока ручного управління (БРУ). На панелі цього блока встановлено стрілочний показчик положення ВМ і дві кнопки: “Б” (більше) і “М” (менше). Ці кнопки використовуються для оперативного керування ВМ.

При реалізації закону ПІ-регулювання у схемі пристрою АР використовується лише внутрішній зворотний зв'язок РБ (рис. 1.44,б).

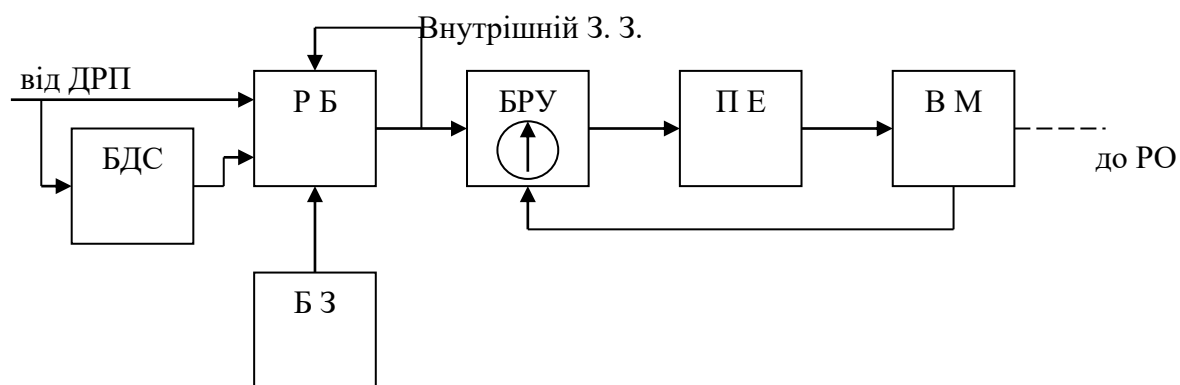
Для отримання закону ПІД-регулювання на вхід РБ подається додатковий сигнал від блока динамічного зв'язку (БДЗ), що працює в режимі диференційної ланки (рис. 1.44,в). Використовуючи уніфіковані блоки, по аналогії зі схемами, що розглядалися, можна розробити пристрої АР, що реалізують і інші закони регулювання.



*a*



*б*



*в*

Рис. 1.44. Схеми реалізації типових законів автоматичного регулювання: структурні схеми: *a* – ПІ-регулятора; *б* – ПІ-регулятора; *в* – ПІД-регулятора

### **1.12. Принципи побудови локальної системи автоматики з використанням пристроїв управління, що програмуються**

У проектах автоматизації широке застосування знаходять проектно-компоновані комплекти. У цьому випадку проектування обмежується вибором необхідних типових блоків комплекту і міжблочних зв'язків між ними. Особливості такого проектування локальної системи автоматики розглянемо на прикладі використання проектно-компонованих комплектів “Реміконт Р-100” (регулюючий мікроконтролер).

Склад комплекту “Реміконт Р-100” для конкретного об'єкта в проекті автоматизації обирається залежно від необхідних видів алгоритмів управління, кількості вихідних і вхідних сигналів. Повний комплект розрахований на 64 аналогових і 126 дискретних входів та 64 аналогових, 64 імпульсних і 126 дискретних виходів. Число алгоритмів управління – 25.

З комплектом можуть працювати будь-які датчики з уніфікованим токовим сигналом, наприклад, з силовою або магнітною компенсацією. Датчики з однократним перетворенням (термоелектричні термометри, термометри опору, диференціально-трансформаторні датчики) підключаються через нормуючі перетворювачі. Аналогові входи комплекту “Реміконт Р-100” мають гальванічну розв'язку.

На вхід комплекту “Реміконт Р-100” можуть подаватися дискретні сигнали у вигляді стабілізованої напруги 24 В постійного струму. Якщо у якості датчика використовується “сухий” контакт, послідовно з ним включається джерело напруги 24 В типу БПН-24, що входить до комплекту. Дискретні входи “Реміконт Р-100” також мають гальванічну розв'язку.

Сигнали, що надходять на вхід комплекту, перетворюються у цифрову форму і потім обробляються програмно в алгоритмічних блоках (алгоблоках). Вихідні сигнали алгоблоків перетворюються в аналогову, імпульсну або дискретну форму і надходять на вихідні кола “Реміконт Р-100”. Всі вихідні кола мають гальванічну розв’язку.

Аналогові виходи комплекту можуть використовуватися, зокрема, для управління пропорційним пневматичним (або гідравлічним) виконавчим механізмом. Між вихідними колами і механізмами у цьому випадку включаються стандартні блоки ручного управління, індикатори виходу і електропневматичні (електрогідравлічні) перетворювачі.

Імпульсні виходи “Реміконт Р-100” управляють електричними виконавчими механізмами постійної швидкості. Між вихідними колами і механізмами включаються стандартні блоки ручного управління і пускачі.

Дискретні виходи комплекту можуть управляти, зокрема, електромагнітними клапанами. Для управління потужними клапанами використовуються проміжні реле або пускачі. Вихідні дискретні, так само як і імпульсні, кола пасивні (типу “сухий контакт”), тому послідовно з реле або пускачем включається джерело живлення 24 В.

“Реміконт Р-100” має спеціальний дискретний вихід “відмова”, до якого можуть підключатися стандартні лампові індикатори, звукові сирени або блоки переключення резерву, наприклад, типу БПР-4, що входять до комплекту. Вихід “відмова”, так само як і дискретний вихід, є пасивним, тому послідовно з ним включається джерело живлення 24 В.

Основними елементами конструкції комплекту “Реміконт Р-100” є: шафа компонувальна звичайна або шафа компонувальна настінна, блочний каркас, панель колодок затискання.

Шафа звичайна розрахована на встановлення до чотирьох комплектів “Реміконт Р-100”, які вироблені у шафовому виконанні. Шафа має передні і задні двері і передбачає двостороннє обслуговування.

Шафа настінна розрахована на встановлення одного каркаса, в якому розташовуються всі елементи комплекту “Реміконт Р-100” у приладному виконанні за виключенням панелі оператора.

Блочний каркас має 23 відділення для розташування модулів. Із тильного боку блочного каркасу у два ряди по вертикалі встановлені 46 рознімань типу РПП-72. Ці рознімання об’єднані системою паралельних шин, що утворюють блочний цифровий інтерфейс контролера. З метою підвищення надійності кожний контакт рознімання дубльований. Інтерфейсна шина узгоджена за хвильовим опором за допомогою резисторів на платах, що закріплені на двох бокових сторонах блочного каркаса.

У блочний каркас вставляються модулі. Модуль складається з лицьової панелі і плати зі змонтованими електронними компонентами.

На лицьовій панелі модуля розташовуються індикаторні елементи, клавіші, ручки, за допомогою яких модуль встановлюється у гніздо блочного каркаса, а також гнізда прямокутних рознімань, через які модуль з’єднується з датчиками і виконавчими механізмами. З метою підвищення надійності кожний контакт лицьового рознімання дубльований.

На платі встановлені електронні компоненти — мікросхеми, транзистори, резистори тощо. Плата має два торцевих рознімання прямого контактування, за допомогою чого вона підключається до цифрового блочного інтерфейсу. Контактні площадки торцевого рознімання дубльовані.

Усі модулі конструктивно уніфіковані і мають крок 20 мм.  
У блочний каркас можна встановити до 23 модулів.

Із тильного боку блочного каркаса розташовується джерело живлення (рис. 1.45).

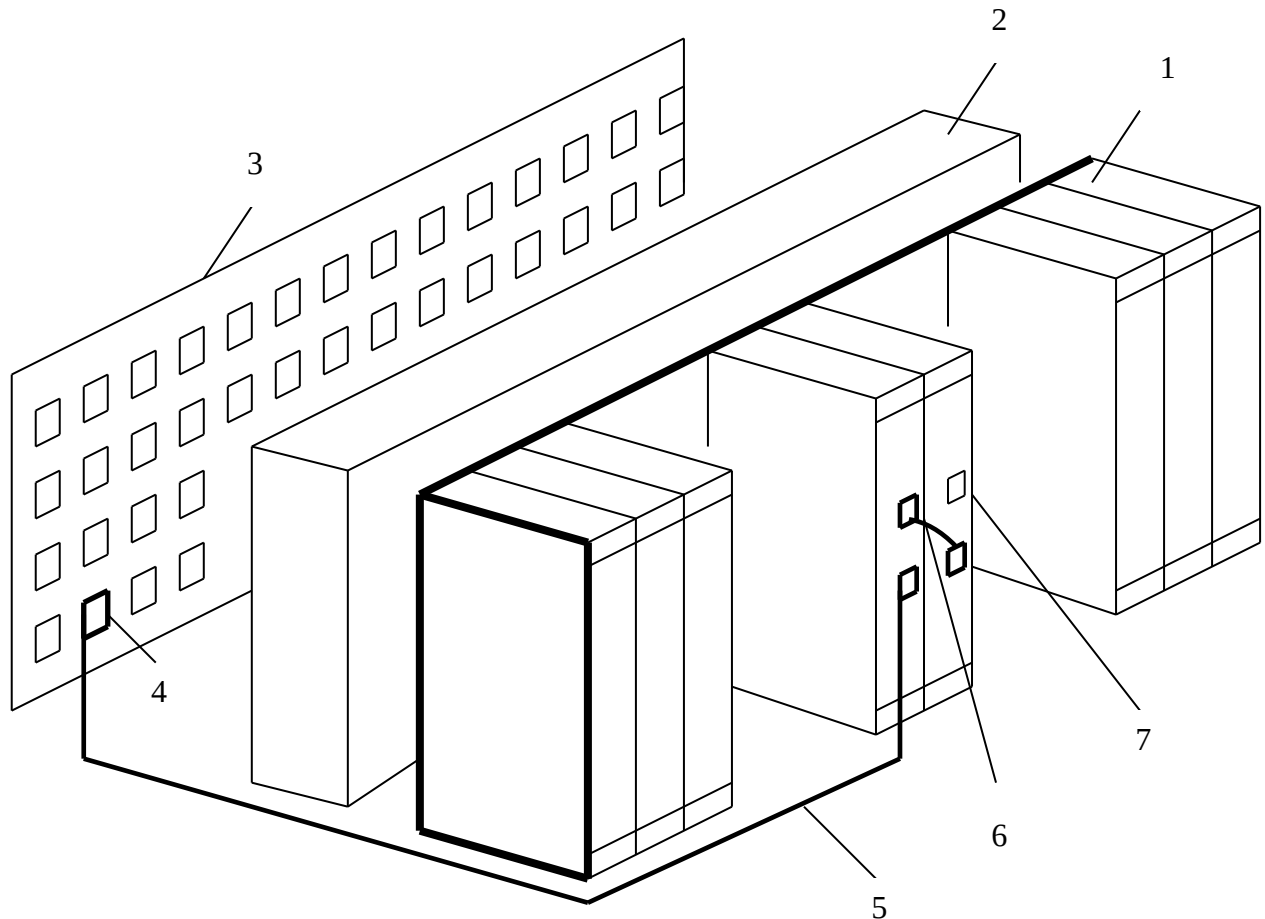


Рис. 1.45. Конструктивні елементи комплекту “Реміконт Р-100”

1 – блочний каркас з модулями; 2 – джерело живлення; 3 – задня панель з колодками затискання; 4 – зовнішній кабель; 5 – затискачево-модульний з’єднувач; 6 – міжмодульний з’єднувач; 7 – переднє рознімання модулю

Панель колодок затискання утворює задню стінку “Реміконт Р-100”. На панелі у чотири ряди по вертикалі встановлюються до 56 колодок затискань. До цих колодок, кожна з яких має вісім затискань, підключаються зовнішні кабельні зв’язки.



При розташуванні колодок на панелі у кожному вертикальному ряді розташовують колодки однієї групи.

Фізична структура комплексу “Реміконт Р-100” характеризує електричні зв’язки його окремих елементів.

Усі модулі комплексу, між якими здійснюється обмін цифровою інформацією, поєднані системою паралельних шин (внутрішнім інтерфейсом).

До цих модулів відносяться ПРЦ (процесор), ФРП, ПЗП (постійний запам’ятовуючий пристрій), ОЗП (оперативний запам’ятовуючий пристрій), АЦП (аналогово-цифровий перетворювач), ЦАП (цифро-аналоговий перетворювач), ДЦП (дискретно-цифровий перетворювач), ЦДП (цифро-дискретний перетворювач), ЦІП (цифро-імпульсний перетворювач), МСВ (модуль сигналізації відмов), МІН (модуль індикації) і УМ2 (употужнювач магістралі), що зображено на рис. 1.46.

Модулі гальванічної розв’язки – вхідний РГ1 і вихідний РГ2 не пов’язані з внутрішнім інтерфейсом і сполучаються із відповідними перетворювачами (АЦП і ЦАП) за допомогою звичайного кабельного з’єднання, по якому передається аналогова інформація.

Панель оператора (ПО), хоча і використовує цифрову інформацію, безпосередньо до інтерфейсу не підключається – між ПО і інтерфейсом включається модуль употужнювача магістралі УМ2.

Блок живлення БПС-2 і батарея сухих елементів БСЕЛ пов’язані зі спеціальними шинами, що надходять до інтерфейсу, до яких підключаються відповідні модулі “Реміконт Р-100”.

Модуль МСВ сигналізує про відмови контролера і дозволяє дистанційно передавати сигнал про відмову. Модуль МІН виконує сервісні функції. Він дозволяє за допомогою світло-діодів на вибір проводити індикацію сигналів на входах-виходах контролера. Блок вентиляторів покращує умови

теплообміну між модулями, блоком живлення і навколишнім середовищем. Батарея сухих елементів БСЕЛ використовується для збереження інформації при відключенні живлення.

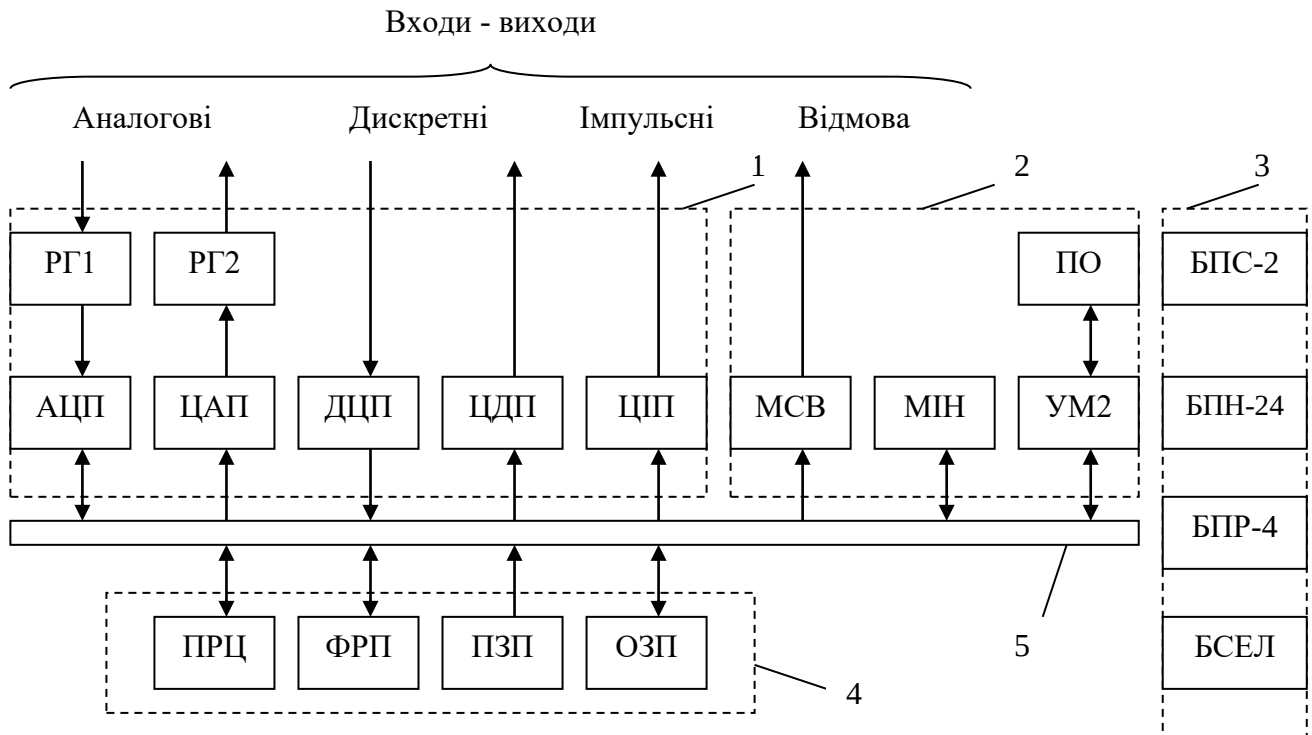


Рис. 1.46. Структурна схема комплексу “Реміконт Р-100”:

1 – пристрій зв’язку з об’єктом; 2 – пристрій зв’язку з оператором; 3 – пристрій живлення і переключення; 4 – мікропроцесорний блок; 5 – шина блочного інтерфейсного зв’язку

Після вибору складу комплексу “Реміконт Р-100” йому надають умовне позначення, шифр якого повністю визначає його склад (рис. 1.47)

При проектуванні мають виконуватися три умови:

- 1) сумарна кількість модулів РГ1, РГ2, АЦП, ЦАП, ДЦП, ЦПП, ЦДП має не перевищувати 14;
- 2) сумарна кількість модулів РГ1 і РГ2 має не перевищувати 5;
- 3) сумарна кількість блоків БПР-4 і БПН-24 має не перевищувати 8.

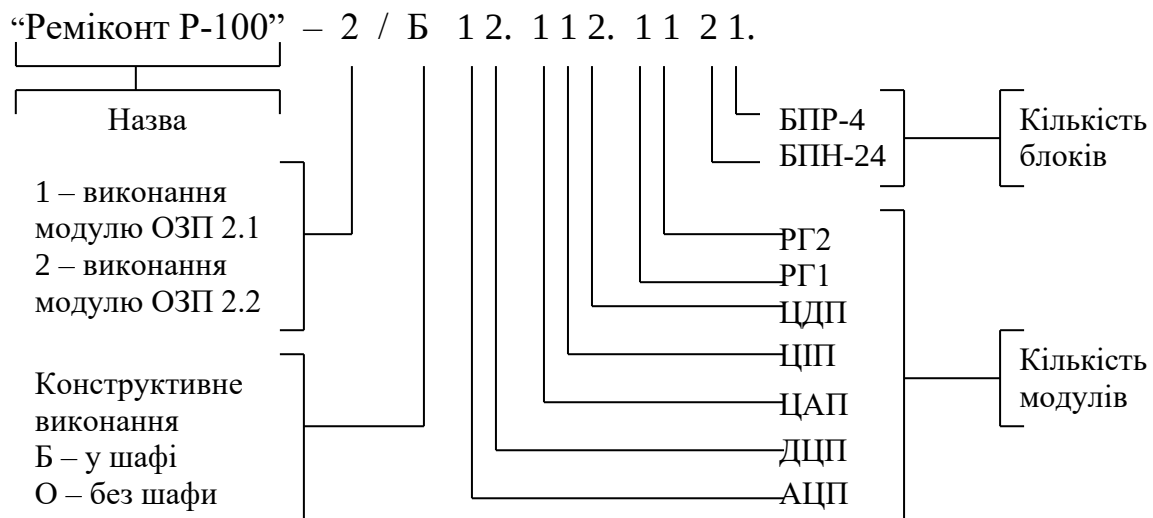


Рис. 1.47. Приклад умовного позначення комплекту “Реміконт Р-100” і схема його побудови

Для замовлення виготовлення “Реміконт Р-100” у проекті автоматизації розроблюється така документація: специфікація замовлення для шафи звичайної, структурна схема з’єднань, таблиця затискачево-модульних з’єднань, таблиця міжмодульних з’єднань, таблиця розташування модулів проектно-компонованого комплекту.

### 1.13. Резервування пристроїв автоматики.

#### Визначення показників технічної надійності

Однією з основних характеристик виробу, що проектується, є його надійність – здатність виконувати задані функції в певних умовах експлуатації. Для підвищення надійності пристроїв автоматики здійснюють їхнє резервування. При цьому можна використовувати постійне резервування або резервування заміщенням.

Для постійного резервування в електричну схему виробу включають надлишкові елементи або пристрої, що дублюють функції основних компонентів. Таке резервування

використовують, коли неприпустимі зупинки в роботі системи автоматики або коли при відмові певних компонентів можливі небезпечні наслідки.

Для резервування заміщенням у конструкції виробу передбачають можливості оперативної заміни певних компонентів. У цьому випадку зберігається технічний ресурс резервних компонентів. Але загальна надійність виробу знижується за рахунок додаткових роз'ємних з'єднань.

Розглянемо схеми постійного резервування реле (рис. 1.48), відмови яких можуть виникати через несправність котушки електромагніта, механізму його зв'язка з контактами або контактними колами. У результаті цього з'являється невідповідність між значенням провідності вхідного кола  $\phi$  і станом вихідного контакту  $x$ . Тут можливі такі варіанти: при  $\phi=1$  контакт  $x$  не замикається (обрив) або при  $\phi=0$  не розмикається (залипання).

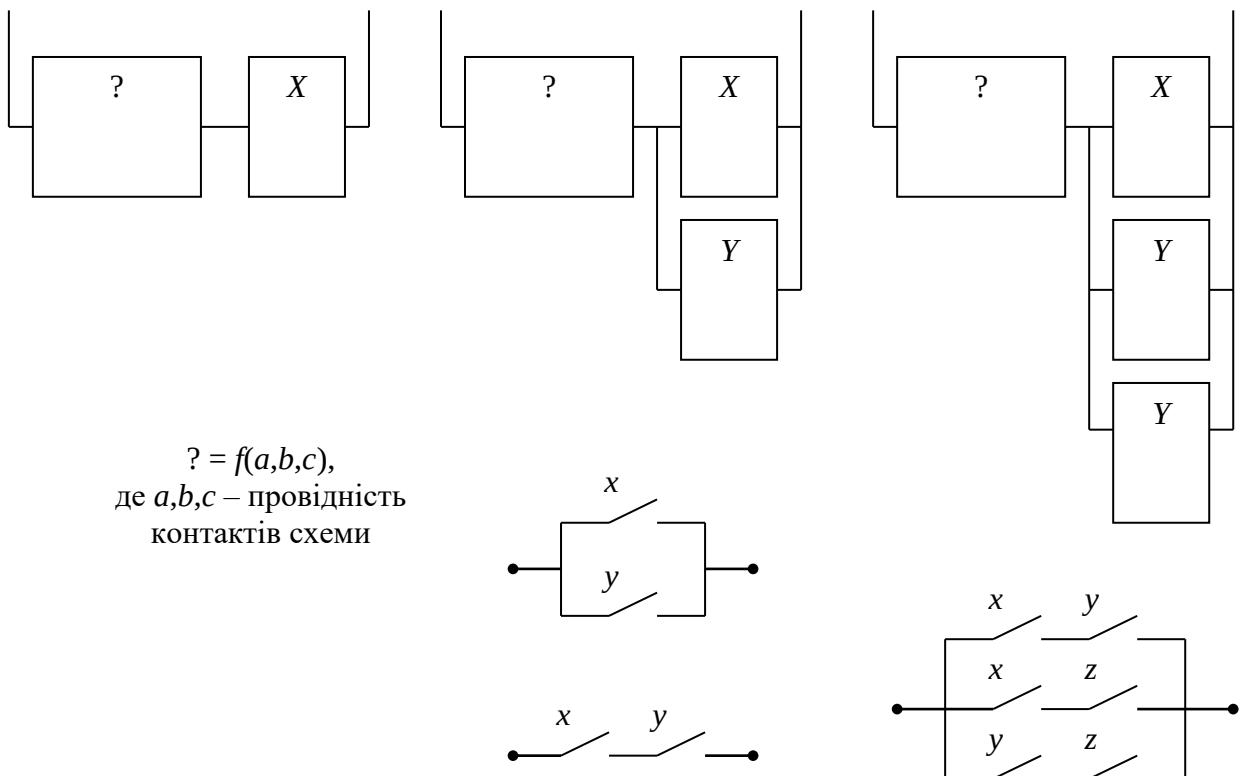


Рис. 1.48. Схеми постійного резервування реле

Якщо ймовірності вказаних подій  $q_0$  і  $q_3$  значно відрізняються за величиною, то контакт резервного реле  $Y$  з'єднують паралельно (при  $q_0 > q_3$ ) або послідовно (при  $q_0 < q_3$ ) з контактом реле  $X$ .

Коли ймовірності відмови  $q_0$  і  $q_3$  мають рівні величини, використовують схему мажоритарного резервування, яка містить три реле:  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$ . Різні пари контактів цих реле з'єднують послідовно, а їхні кола з'єднують за логікою АБО. Тому провідність вихідного кола схеми визначається рівнянням:

$$U = xy \vee xz \vee yz.$$

Це рівняння відповідає мажоритарній функції булевої алгебри, за допомогою якої виявляють значення більшості аргументів з множини  $x$ ,  $y$ ,  $z$ . Отже, в даній схемі вимагається робота тільки двох реле, а третє служить для виконання функцій того реле вказаної пари, що відмовило.

Основна перевага схеми мажоритарного резервування – можливість оперативного виявлення функціонального блока (ФБ), що відмовив. Цю перевагу використовують при резервуванні мікроелектронних пристроїв дискретної дії, що мають складену конструкцію (рис. 1.49). Тут вихідні сигнали  $x$ ,  $y$ ,  $z$  трьох однотипних блоків об'єднуються за допомогою кворум-елемента, що реалізує мажоритарну функцію.

Для виявлення несправного блока використовується індикатор відмов, що містить три автономних канали. У кожному з них здійснюється порівняння вихідного сигналу певного блока з сигналом  $U$ . Якщо значення цих сигналів не збігаються, то вмикається одна з сигнальних лампочок  $HL1...HL3$ .

Надійність пристроїв автоматики залежить від багатьох факторів, що відображають його технічну реалізацію або особливості експлуатації. Тому в інженерній практиці

використовують два поняття: технічна і експлуатаційна надійність. Для кількісної оцінки технічної надійності застосовують показники, які в основному залежать від функціональної структури і внутрішніх властивостей пристрою.

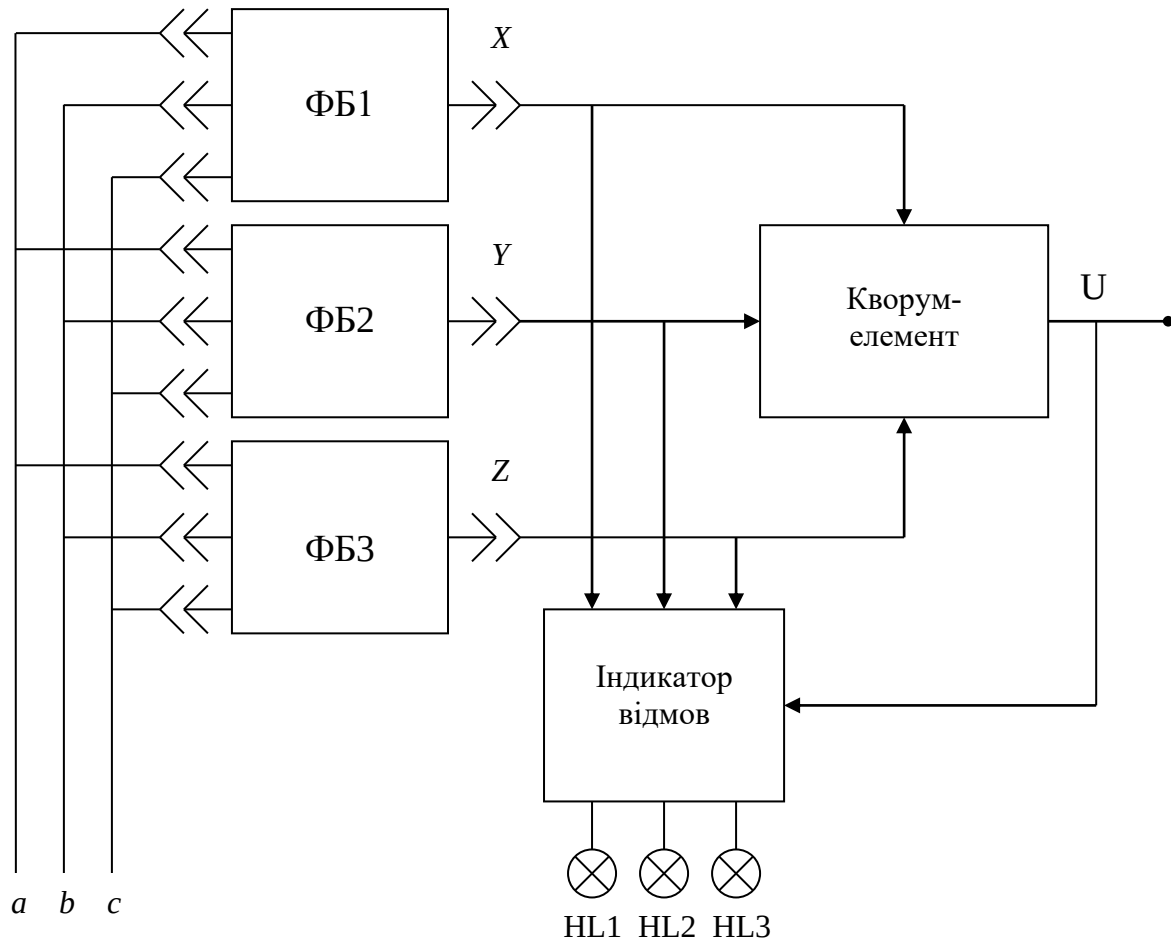


Рис.1.49. Схема постійного резервування функціональних блоків

При розрахунках показників технічної надійності використовують експоненціальний закон розподілення безперервної випадкової величини – напрацювання пристрою на відмову.

$$Q(t) = 1 - e^{-\Lambda t},$$

де  $\Lambda$  – параметр розподілення (інтенсивність відмов пристрою автоматики).

Функція  $Q(t)$  визначає ймовірність відмови пристрою в інтервалі часу від 0 до  $t$ . Ймовірність безвідмовної роботи в цьому інтервалі часу:

$$P(t) = 1 - Q(t) = e^{-\Lambda t}.$$

Третій показник технічної надійності – середній час напрацювання на відмову:

$$T_o = \int_0^{\infty} P(t) dt = \int_0^{\infty} e^{-\Lambda t} dt = \frac{1}{\Lambda}.$$

Таким чином, для розрахунку показників надійності пристрою автоматики необхідно знати інтенсивність його відмов. Якщо пристрій складається з  $m$  груп різного типу функціональних елементів у кількості  $n_1 \dots n_m$ , інтенсивність відмов яких  $\lambda_1 \dots \lambda_m$  відповідно, і не містить резервних елементів. тоді:

$$\Lambda = \sum_{i=1}^m n_i \lambda_i.$$

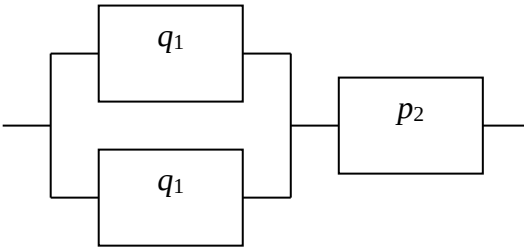
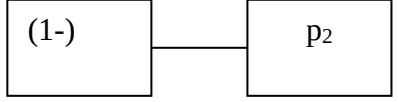
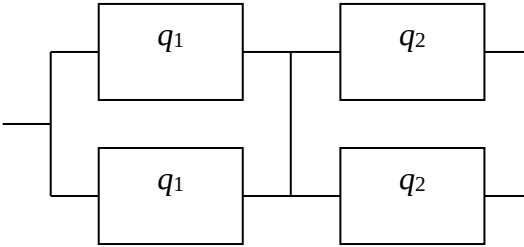
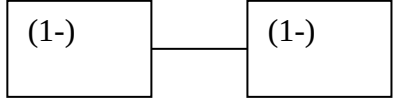
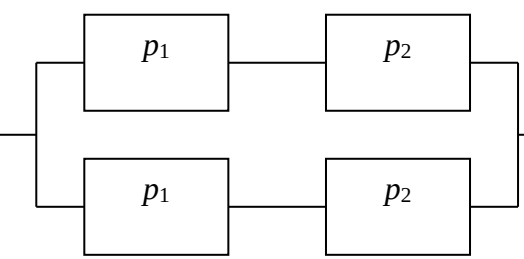
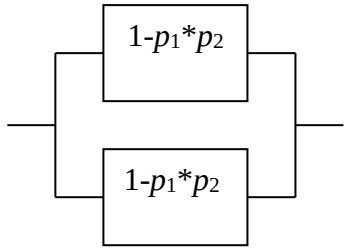
При визначенні технічної надійності пристрою автоматики, в якому передбачено резервування функціональних частин (елементів), використовують математичні моделі. Структурними компонентами таких моделей є ймовірності безвідмовної роботи  $p_i$  або відмов  $q_i$  зазначених частин. Їх зображують у вигляді прямокутників, з'єднаних між собою послідовно чи паралельно.

Послідовна структура моделі розрахунку надійності відповідає тій частині пристрою, де немає резервних елементів, а паралельна структура використовується там, де вони є. Процес розрахунку визначеного показника надійності ( $P$  або  $Q$  пристрою) може містити операції множення величин однорідних компонентів та еквівалентного перетворення структури математичної моделі. У табл. 1.12 показано, як це здійснюється для типових структур: при частковому (а),

роздільному (б) та загальному (в) резервуванні функціональних частин.

Таблиця 1.12

**Еквівалентні перетворення структури математичної моделі**

| Структура початкової моделі<br>розрахунку надійності                                          | Структура еквівалентної<br>моделі і розрахункова<br>формула                                                         |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>а)</p>    |  $P = (1 - q_1^2) P_2$            |
| <p>б)</p>   |  $P = (1 - q_1^2) * (1 - q_2^2)$ |
| <p>в)</p>  |  $Q = (1 - p_1 * p_2)^2$        |

Працездатність схеми мажоритарного резервування порушується при відмові двох функціональних блоків. Такі відмови можуть виникати в трьох комбінаціях: блоки 1-2, 1-3 або 2-3. Тому для визначення показників технічної надійності потрібно використовувати математичну модель, що містить три послідовні ланки (рис. 1.50,а).

У результаті відмови функціонального блока, на його виході встановлюється з однаковою ймовірністю сигнал низького (0) або високого (1) рівня. Якщо при відмові двох



блоків їхні вихідні сигнали приймають різне значення, то схема буде виділяти значення вихідного сигналу нормально працюючого блока.

Отже, тільки половина відмов певної пари функціональних блоків порушує працездатність схеми резервування. Тому ймовірність відмови кожної ланки початкової структури математичної моделі надійності необхідно зменшити в два рази. У результаті чого отримаємо кінцеву структуру, що наведена на рис. 1.50,б.

Відповідно до наведеної структури можна записати формули для розрахунку ймовірностей безвідмовної роботи  $P$  або відмови  $Q$  схеми мажоритарного резервування:

$$P = (1 - \frac{q^2}{2})^3; \quad Q = 1 - (1 - \frac{q^2}{2})^3,$$

де  $q$  – ймовірність відмови функціонального блока в певному інтервалі часу.

Ефективність схеми резервування означають за відношенням  $\frac{q}{Q}$ , яке залежить від величини  $q$  (рис. 1.50,в). На

діаграмі залежності  $\frac{q}{Q} = F(q)$  виділена штриховкою зона, в межах якої доцільно використовувати схему мажоритарного резервування. При цьому ймовірність відмови зменшується у декілька разів (від 2 до 10) у порівнянні з автономною роботою функціонального блока.

Оперативна заміна несправного блока можлива за умови постійної готовності резерву. У цьому випадку працездатність схеми резервування залежить тільки від однієї пари функціональних блоків. Тому для розрахунку параметрів надійності можна використовувати такі формули:

$$P = 1 - \frac{q^2}{2}; \quad Q = \frac{q^2}{2}.$$

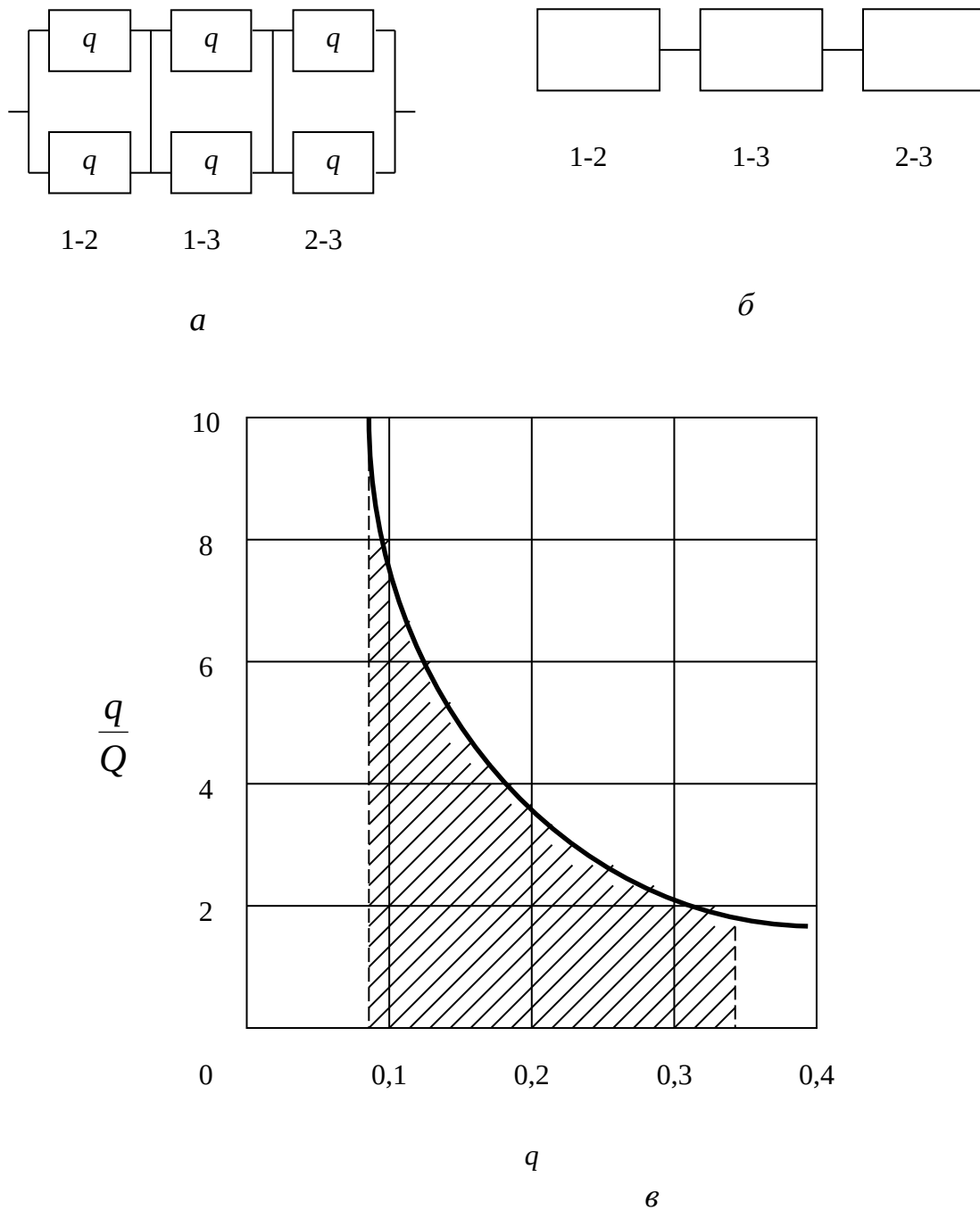


Рис. 1.50. Моделі розрахунку надійності та діаграма ефективності схеми мажоритарного резервування

Якщо для відновлення резерву потрібно виконати ремонт несправного блока, то ймовірність безвідмовної роботи схеми резервування означається так:

$$P = K_r \left(1 - \frac{q^2}{2}\right),$$

де  $K_r$  – коефіцієнт готовності до роботи резервного блока.

### 1.14. Визначення показників експлуатаційної надійності проєктованих пристроїв

Для кількісної оцінки експлуатаційної надійності проєктованого пристрою автоматики служать два показники: коефіцієнт готовності до роботи і технічний ресурс. Перший показник визначають для періоду експлуатації, коли мають місце тільки раптові відмовлення функціональних елементів, обумовлені прихованими дефектами і випадковими концентраціями навантажень. При визначенні другого показника враховують тільки поступові відмовлення, обумовлені зносом (старінням) елементів.

Раптові відмовлення періодично повторюються з інтервалом, що відповідає середньому часу справної роботи пристрою –  $T_0$ . Після кожного відмовлення виконується поточний ремонт (відновлення пристрою), середній час якого –  $T_B$ . Коефіцієнт готовності  $K_G$  показує ймовірність того, що даний пристрій буде виконувати свої функції в будь-який момент часу експлуатації. Його значення можна визначити в такий спосіб:

$$K_G = \frac{T_0}{T_0 + T_B}.$$

Розділивши чисельник і знаменник виразу для коефіцієнта готовності на величину  $T_0$  отримаємо таку рівність:

$$K_G = \frac{1}{1 + \Lambda T_B},$$

де  $\Lambda = \frac{1}{T_0}$  – інтенсивність відмовлень проєктованого пристрою.

З цієї рівності видно, що при постійній величині параметра  $\Lambda$ , значення коефіцієнта готовності залежить тільки від параметра  $T_B$ .

У загальному випадку параметр  $T_B$  складається з двох інтервалів часу: пошуку несправності і заміни компонента пристрою, що відмовив. Ці операції мають бути описані в експлуатаційному КД, що називають інструкцією з поточного ремонту. У ній указують перелік можливих дефектів виробу, методів їхнього усунення, а також використовуваних для цього засобів і матеріалів. Методика визначення параметра  $T_B$  залежить від конструктивних особливостей пристрою і способу локалізації несправності в системі автоматизації.

Параметр  $T_B$  має мінімальне значення, якщо проєктований пристрій автоматики містить  $m$  функціональних модулів з автономним контролем працездатності (рис. 1.51, а). Модулі об'єднані в загальну конструкцію за допомогою електричних рознімачів, при цьому час заміни кожного модуля складає величину  $\tau_3$ . У такому випадку справедлива рівність:

$$T_B = \tau_3.$$

Величина  $\tau_3$ , в основному, залежить від організації технічного обслуговування системи автоматизації і способу збереження запасного комплексу функціональних модулів.

Однак, не завжди можна реалізувати автономний контроль функціональних модулів. У цьому випадку для підвищення коефіцієнта готовності використовують індикатор контролю працездатності пристрою в цілому (рис. 1.51, б).

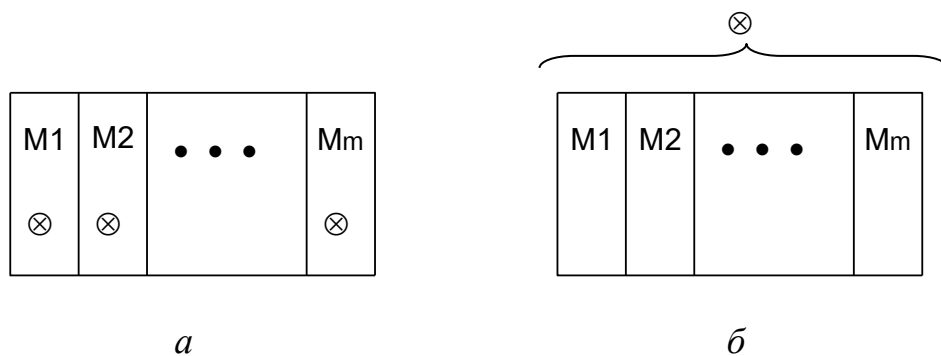


Рис. 1.51. Варіанти складеної конструкції пристрою автоматики

Пошук несправного модуля здійснюють почерговою заміною різних модулів до відновлення працездатності пристрою. Тоді середній час відновлення визначають так:

$$T_B = \frac{m \cdot \tau_3}{2}.$$

Якщо в системі автоматизації не передбачений контроль працездатності окремих пристроїв, то величина параметра  $T_B$  залежить також від часу пошуку несправного пристрою:

$$T_B = \tau_n + \frac{m \cdot \tau_3}{2}.$$

При цьому використовують методику перевірки пристроїв системи автоматики, що наведена на рис. 1.52.



Рис. 1.52. Методика перевірки пристроїв системи автоматики

На підставі даної структури, час пошуку несправного пристрою можна визначати так:

$$\tau_y = \tau_u + \frac{1}{2} \tau_k,$$

де  $\tau_u$  – середній час обробки інформації з локалізації порушеної функції;  $\tau_k$  – сумарний час контролю працездатності пристроїв автоматики.

При монолітній конструкції пристрій автоматики може містити  $m$  функціональних груп елементів з автономним контролем працездатності. Середній час їхнього відновлення характеризується величинами  $T_1, \dots, T_m$ , тоді значення параметра  $T_B$  визначають у такий спосіб:

$$T_B = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m T_j.$$

У цьому випадку має бути відома методика пошуку несправного елемента в межах кожної функціональної групи. Крім того, для скорочення часу відновлення пристрою, необхідно забезпечити легкий доступ до його елементів.

Для визначення несправності в електричній схемі конкретної функціональної частини пристрою автоматики застосовують універсальні вимірювальні прилади (тестер, переносний осцилоскоп та ін.). При цьому можна використовувати два методи виявлення елемента, що відмовив: середніх точок і поелементних перевірок.

Перший метод використовують при послідовній схемі взаємодії функціональних елементів (рис. 1.53,а). У цьому випадку необхідно зробити два виміри. Спочатку перевіряють сигнал у точці G2, у результаті чого визначають несправну частину схеми. Потім здійснюють контроль у середній точці (G1 або G2) цієї частини і виявляють елемент, що відмовив.

Другий метод можна використовувати при різних схемах взаємодії функціональних елементів (рис. 1.53,б). У цьому випадку для оптимізації пошуку несправності кожен елемент схеми характеризується двома відносними параметрами: частотою відмов  $\alpha_i$  і часом перевірки  $\tau_i$ . Черговість перевірки працездатності елементів визначають по зменшенні величини  $\frac{\alpha_i}{\tau_i}$ .

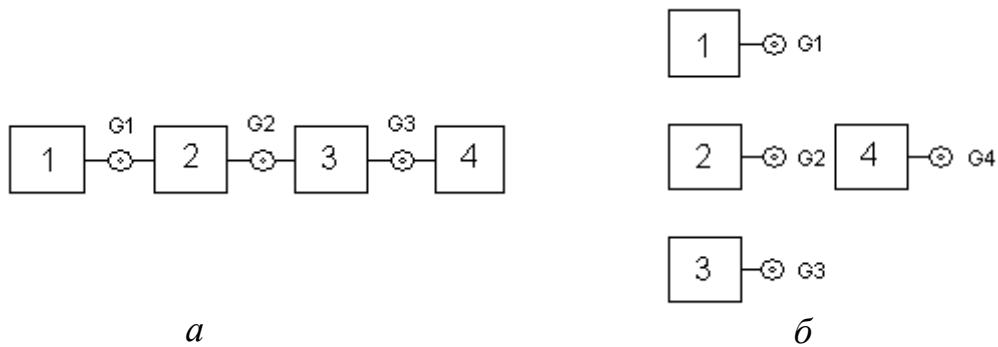


Рис. 1.53. Структура моделей пошуку елемента, що відмовив

Технічний ресурс – напрацювання пристрою автоматики від початку експлуатації до переходу в граничний стан обумовлене зносом (старінням) елементів. Такий стан можна характеризувати кількісно максимально припустимим значенням ймовірності відмови  $Q_{\max}$  проектованого виробу. При визначенні показників надійності електричних елементів у період зносу користуються статистичною функцією, що характеризує частоту (щільність) відмов  $f(t)$ . Ця функція являє собою відношення числа елементів, що відмовили, в одиницю часу до загального числа випробуваних елементів:

$$f(t) = \frac{1}{n} \frac{dn_0}{dt}.$$

Оскільки ймовірність відмовлень елементів  $q(t) = \frac{n_0}{n}$ , цю рівність можна записати так:

$$\frac{dq(t)}{dt} = f(t).$$

Після інтегрування даної рівності отримаємо наступний вираз:

$$q(t) = \int_0^t f(t) dt.$$

У період зносу відмовлення елементів досить точно описуються математично нормальним розподілом. При цьому

відмовлення групуються біля середнього значення довговічності елементів  $M$  із деяким стандартним відхиленням (дисперсією)  $\sigma^2$ . Якщо  $n$  число елементів, випробуваних на знос, а  $\tau_i$  – час справної роботи  $i$ -го елемента, тоді зазначені параметри визначаються за формулами:

$$M = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \tau_i ; \quad \sigma = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\tau_i - M)^2}.$$

При нормальному розподілі частота відмов елементів виражається такою функцією:

$$f(t) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{(t-M)^2}{2\sigma^2}}.$$

Якщо позначити  $\frac{t-M}{\sigma} = u$ , тоді  $\frac{dt}{\sigma} = du$  й інтеграл частоти

відмов можна представити у формі інтеграла Лапласа:

$$\int_0^t f(t)dt = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-u}^{+u} e^{-\frac{u^2}{2}} du = \Phi(u).$$

Отже, при проведенні розрахунків по надійності рекомендується користуватися даними, наведеними у табл. 1.13:

*Таблиця 1.13*

**Таблиця інтегрального нормального розподілу**

|           |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $\Phi(u)$ | 0.001 | 0.006 | 0.023 | 0.067 | 0.159 | 0.308 | 0.500 | 0.692 | 0.841 | 0.933 | 0.977 | 0.994 | 0.999 |
| $u$       | -3    | -2.5  | -2    | -1.5  | -1    | -0.5  | 0     | 0.5   | 1     | 1.5   | 2     | 2.5   | 3     |

Для визначення величини технічного ресурсу  $T_p$  можна застосовувати графоаналітичний метод, що полягає в наступному (рис. 1.54). На підставі зазначеної таблиці будується графік функції  $q(t)$ , дзеркальне відображення якого відповідає функції  $p(t)$  – ймовірності безвідмовної роботи елемента. Потім значення останньої зводяться в степінь  $n$  (група елементів, що обмежують технічний ресурс). У



результаті чого будується графік  $P(t)$  – ймовірності безвідмовної роботи проектованого виробу. По цьому графіку визначають величину  $T_p$  відповідно до рівності:

$$T_p = M - 1,33 \sigma.$$

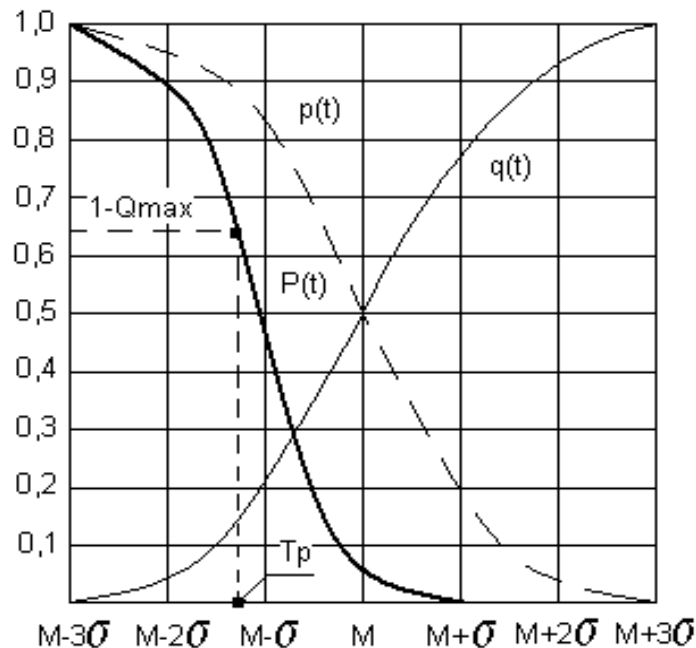


Рис. 1.54. Діаграма показників надійності у період зносу

При використанні в пристрої автоматики функціональних елементів різного типу, можливі такі варіанти розрахунку його технічного ресурсу:

- 1) за групою елементів з мінімальною середньою довговічністю;
- 2) за найбільш численною групою елементів.

### Запитання для самоконтролю

1. Характеризуйте можливі варіанти контуру управління при частковій автоматизації.
2. Як визначається комплексний показник якості кожного контуру управління?

3. Що повинна містити загальна структурна схема автоматизованого управління?
4. Вкажіть особливості проектування ПУ на основі уніфікованих базових конструкцій.
5. Як здійснюється проектування ПУ на основі уніфікованих типових конструкцій?
6. Характеризуйте етапи взаємодії оператора зі ЗВІ та ОУ; вкажіть можливі помилки в його роботі.
7. Які ЗВІ та ОУ розташовують на панелях пультів управління?
8. Які принципи використовують при розробці виробничої, технологічної і аварійної сигналізації?
9. Вкажіть приклад ТО циклічної дії і характеризуйте його роботу.
10. Характеризуйте можливі способи логіко-програмного управління виконавчими механізмами.
11. Які елементи містять схеми модулів релейно-контактного і мікроелектронного імпульсного пристрою управління?
12. У чому полягає принцип програмування роботи виконавчого механізму за тактами?
13. З яких елементів складається схема синхронного автомату числоімпульсного ПУ?
14. Як здійснюється паралельна робота число імпульсних ПУ?
15. Поясніть принципи циклового моделювання логічних ПУ.
16. Характеризуйте базові і похідні оператори моделей логічних ПУ.
17. Вкажіть релейно-контактні фізичні еквіваленти базових операторів.

18. Як здійснюється синтез схеми релейно-контактного ПУ?

19. Характеризуйте функціональні модулі, які використовують при проектуванні мікроелектронних логічних ПУ.

20. Опишіть методику настройки функціональних модулів для реалізації заданих умов роботи.

21. Як здійснюється синтез функціональної структури автомата ДД логічного ПУ?

22. Які функціональні елементи може містити локальна САР?

23. Поясніть розбіжності між перехідними процесами в одноконтурній і двоконтурній САР.

24. Поясніть структуру схеми і принцип роботи регулюючого блоку АКЕЗР.

25. Як реалізуються за допомогою уніфікованих блоків типові закони автоматичного регулювання?

26. Характеризуйте технічні можливості і конструкцію регулюючого мікроконтролера «Реміконт Р-100».

27. Які схеми використовуються для постійного резервування релейно-контактних і мікроелектронних пристроїв автоматики?

28. Опишіть методику визначення показників технічної надійності пристроїв автоматики.

29. Як здійснюється пошук пристрою або елементу системи автоматики, який відмовив?

30. Опишіть методику визначення коефіцієнту готовності до роботи пристрою автоматики.

31. Як можна визначити технічний ресурс пристрою автоматики, що проектується?

## **2. ТЕХНІКА РОЗРОБКИ КОНСТРУКТОРСЬКОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ**

### **2.1. Зміст і послідовність розробки конструкторської документації на пристрої автоматики**

При проектуванні технічних пристроїв використовують такі поняття: виріб, конструкція виробу, типи виробів і конструкторська документація.

Виробом називають будь-який предмет або набір предметів виробництва, що мають бути виготовлені підприємством (виробником). Під конструкцією виробу розуміють сукупність його властивостей, що характеризується складом його частин, їхнім призначенням, взаєморозташуванням і з'єднанням між собою.

З точки зору типу виробів, пристрої автоматики можуть бути збірними одиницями або комплексами. Збірна одиниця вміщує складові частини, які з'єднуються між собою на підприємстві-виробнику. Комплекс – це декілька збірних одиниць, не з'єднаних між собою на підприємстві-виробнику, але призначених для виконання взаємопов'язаних експлуатаційних функцій.

*Конструкторська документація (КД)* – графічні і текстові документи, що визначають склад і будову виробу, містять необхідні дані для його розробки, виготовлення, контролю, експлуатації та ремонту.

Розглянемо характеристики основних типів КД, яка відноситься до проектування пристроїв автоматики.

*Збірне креслення* – містить зображення збірної одиниці та інші дані, що необхідні для її виготовлення.

*Креслення загального виду* – визначає конструкцію виробу, взаємодію його складових частин і служить для пояснення принципу дії.

*Електромонтажне креслення* – містить зображення електричних і радіоелектронних виробів (елементів), що монтуються, електричних комунікацій між ними і дані, необхідні для їхнього монтажу.

*Електричні схеми* – показують у вигляді умовних зображень або позначень складові частини виробу і зв'язки між ними. Для пристроїв автоматики розробляють такі типи схем: структурні, функціональні, принципові, з'єднань і підключень.

*Пояснювальна записка* – містить опис конструкції і принципу дії виробу, що розроблюється, а також обґрунтування технічних і техніко-економічних рішень, що прийняті на даній стадії проектування.

*Проектування пристроїв автоматики* – процес пошуку конкретного рішення техніко-економічної задачі по створенню виробу, що задовольняє певному комплексу технічних вимог при мінімальних витратах. Мета проектування – розробка комплексу КД, що забезпечує можливість виготовлення, контролю, експлуатації та ремонту пристроїв. Такий комплекс називають робочою КД.

Початковим документом для проектування виробу є технічне завдання (ТЗ). Воно визначає призначення і показники якості виробу, техніко-економічні і спеціальні вимоги, а також обсяг, стадії розробки і склад КД. Процес проектування може складатися з чотирьох стадій: розробка технічної пропозиції, ескізного проекту, технічного проекту і робочої КД (рис. 2.1).

*Технічна пропозиція* – проектна КД, що містить техніко-економічне обґрунтування доцільності розробки виробу на основі аналізу ТЗ і опрацювання можливих варіантів конструкції виробу.

*Ескізний проект* – проектна КД, що містить принципові технічні рішення, які дають загальну уяву про будову і роботу виробу.

*Технічний проект* – проектна КД, що містить завершальні технічні рішення, що дають повну уяву про будову виробу і значення показників його якості.

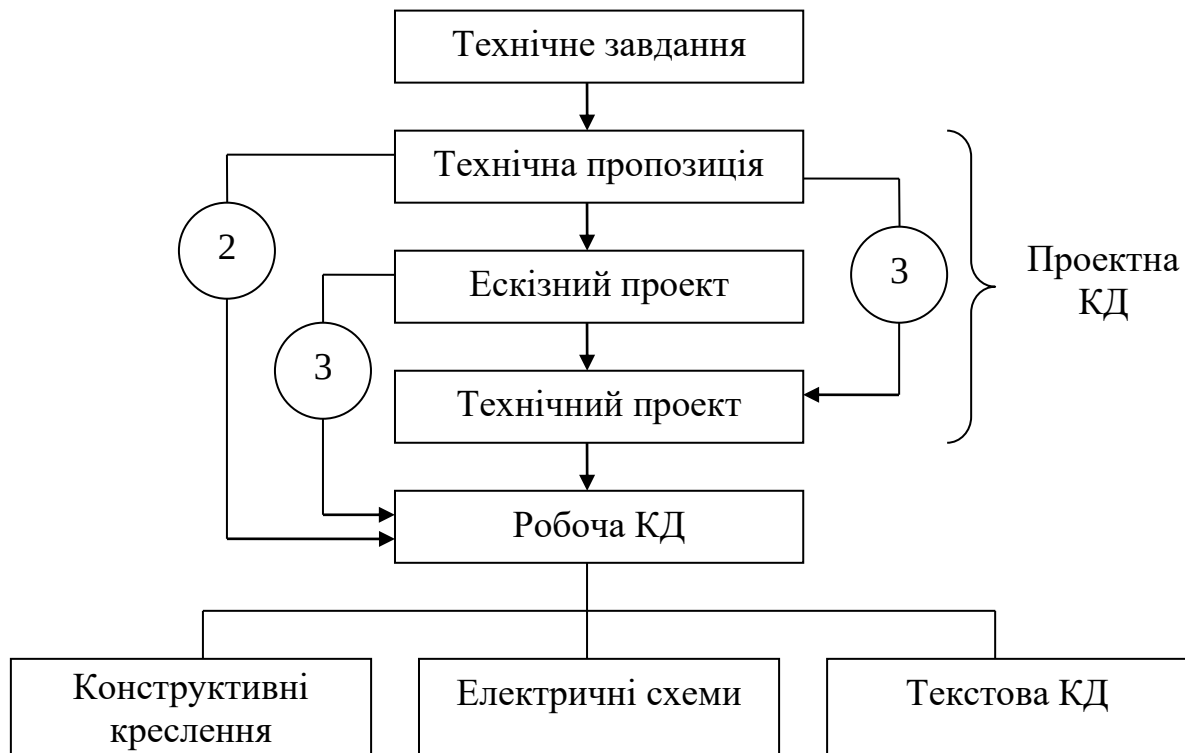


Рис. 2.1. Послідовність розробки конструкторської документації

*Примітка.* Цифри вказують число стадій процесу проектування

Найпростіший процес проектування пристрою містить тільки дві стадії: розробку технічної пропозиції і робочої КД. Окрім того, можливі два варіанти тристадійного проектування – з розробкою ескізного або технічного проекту. Послідовність розробки КД залежить від складності, складу і новизни пристрою, що проектується.

Пояснювальна записка (ПЗ) з проектування пристроїв автоматики у загальному випадку має складатися з таких розділів:

- 1) вступ (із зазначенням, на основі яких документів розроблений проект);
- 2) призначення і область застосування виробу, що проектується;
- 3) технічна характеристика;
- 4) опис і обґрунтування обраної конструкції;
- 5) розрахунки, що підтверджують працездатність і надійність конструкції;
- 6) опис організації робіт із застосуванням виробу, що розробляється;
- 7) очікувані техніко-економічні показники.

У ПЗ використовуються стандартні і загальноприйняті наукові терміни, визначення і позначення. При використанні специфічної термінології після основного тексту необхідно надати відповідні роз'яснення.

Структура ПЗ містить такі компоненти: текст, математичні формули, ілюстрації, таблиці і діаграми. Всі вказані компоненти мають порядкові номери у межах відповідного розділу ПЗ.

Кожен розділ починають з нового аркуша і, за необхідністю, поділяють на підрозділи. Розділ і підрозділ можуть складатися з одного або декількох пунктів. Назву розділу записують симетрично до тексту великими літерами, а підрозділу – з абзацу маленькими літерами.

Пункти нумеруються у межах розділу або підрозділу і починаються з абзацу. Пункти перерахувань, що містяться у тексті, позначають арабськими цифрами зі скобкою, які також записують з абзацу.

Кількість ілюстрацій має бути достатньою для пояснення представленого тексту. Ілюстрації можуть мати назву і пояснюючі дані (текст під рисунком), які розташовують відповідно над графічним зображенням і під ним. Якщо у тексті

документа є посилання на складові частини виробу, то на ілюстрації вказують номери їхніх позицій або використовують позиційні позначення електро- і радіоелементів.

На діаграмах зображають функціональну залежність змінних величин у прямокутній або полярній системі координат. При цьому початок відліку кутів має знаходитись на горизонтальній або вертикальній осі, а позитивний напрямок кутових координат – проти годинникової стрілки.

Координатні осі розділяють на графічні інтервали (шкали значень величини) сіткою, подільними штрихами або їхніми сполученнями. Поряд з діленнями сітки або подільними штрихами мають бути вказані відповідні числа (як правило, із зовнішнього боку). Осі координат, осі шкал, що обмежують поле діаграми, слід виконувати основною лінією ( $S$ ); лінії координат сітки і подільні штрихи – тонкою лінією ( $0,5S$ ); зображення функціональної залежності – товстою лінією ( $2S$ ).

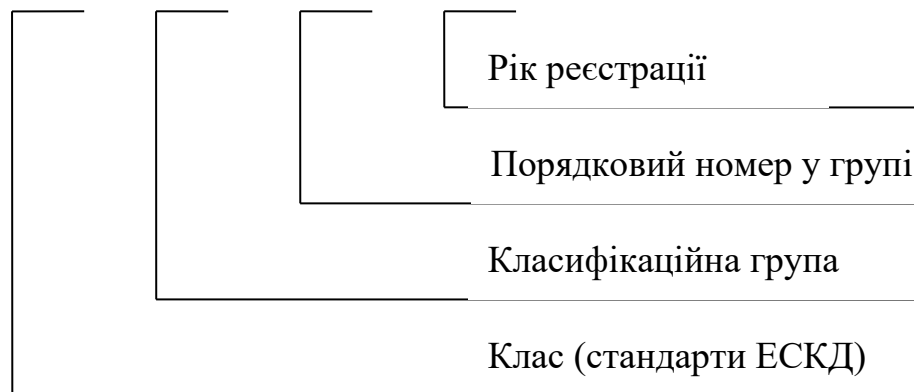
Змінні величини вказують символом, назвою або математичним виразом функціональної залежності, які звичайно розташовують біля середини шкали. Разом з назвою змінної величини після коми вказують одиниці виміру, наприклад, “Температура води, °C”.

Розробка КД регламентується комплексом ГОСТів, які входять до складу єдиної системи конструкторської документації (ЄСКД). Ці ГОСТи використовують в організаціях і на підприємствах СНД, тому їх називають міждержавними стандартами.

Позначення кожного стандарту містить 6 арабських цифр і 2 роздільних знаки:



ГОСТ        2.        5        03        -        90



Під час виконання конструктивних креслень пристроїв управління найсуттєвіше значення мають стандарти четвертої групи, що регламентують розробку виробів приладобудування:

- 1) ГОСТ 2.413-72. Правила виконання конструкторської документації виробів, що виготовляються із використанням електричного монтажу;
- 2) ГОСТ 2.414-75. Правила виконання креслень джгутів, кабелів і проводів;
- 3) ГОСТ 2.417-78. Правила виконання креслень друкованих плат.

При виконанні електричних схем пристроїв управління використовують стандарти сьомої групи, які регламентують зміст і побудову схем, а також умовні графічні позначення їхніх елементів:

- 1) ГОСТ 2.702-75. Правила виконання електричних схем;
- 2) ГОСТ 2.708-81. Правила виконання електричних схем цифрової техніки;
- 3) ГОСТ 2.710-81. Позначення літерно-цифрові в електричних схемах;
- 4) ГОСТ 2.730-73. Позначення умовні графічні в схемах. Прилади напівпровідникові;
- 5) ГОСТ 2.743-91. Позначення умовні графічні в схемах. Елементи цифрової техніки;

- 6) ГОСТ 2.755-87. Позначення умовні графічні в електричних схемах. Пристрої комутаційні і контактні з'єднання;
- 7) ГОСТ 2.759-82. Позначення умовні графічні в схемах. Елементи аналогової техніки.

Для полегшення орієнтації слід розбивати поле складного креслення або схеми на зони. У якості зони рекомендується використовувати формат А4 (210×297мм). При цьому відмітки зон наносять таким чином: по горизонталі – арабськими цифрами від правого до лівого боку; по вертикалі – великими літерами латинського алфавіту знизу доверху. Зони позначають сполученнями цифр і літер, наприклад 2А, 3В тощо.

Кожен лист КД має мати основний надпис, в якому надають позначення цього конструкторського документу. Окрім цього, він може містити назву виробу, що проектується, конструкторського документу, частини або розділу текстового КД, а також організації-виконавця.

Основний надпис розташовують у правому нижньому куті КД, а на листах формату А4 – вздовж короткого боку. Стандартом передбачені такі формати основних надписів:

- 1) для всіх листів графічних документів;
- 2) для першого або заголовного аркуша текстових документів;
- 3) для всіх наступних аркушів текстових документів.

## **2.2. Літерно-цифрові і графічні позначення елементів в електричних схемах**

Літерно-цифрові позначення призначені для запису у скороченій формі відомостей про виріб і його частини (пристрої, функціональні групи, елементи), посилань на відповідні розділи (підрозділи) у текстових документах і нанесення безпосередньо на вироби (маркування).

Для побудови позначень застосовують великі літери латинської абетки, арабські цифри і кваліфікуючі символи, які записують підряд без розривів. При цьому поєднання групи знаків окремих позначень, що мають самостійне смислове значення, розділяють чергуванням літери і цифри або крапкою.

Згідно з ГОСТ 2.710-81 при виконанні схем можна використовувати умовні позначення, що наведені в табл. 2.1.

*Таблиця 2.1*

**Умовні позначення на електричних схемах**

| Тип умовного позначення                    | Кваліфікуючий символ | Призначення умовного позначення                                          |
|--------------------------------------------|----------------------|--------------------------------------------------------------------------|
| Позначення пристрою                        | =                    | Вказує найбільш велику частину виробу, в яку входить даний елемент       |
| Позначення функціональної групи            | ≠                    | Те саме призначення                                                      |
| Конструктивне позначення                   | +                    | Вказує місце розташування елемента в конструкції                         |
| Позначення елемента (позиційне позначення) | —                    | Вказує тип елемента і його номер                                         |
| Позначення електричного контакту           | :                    | Вказує вивід елемента для електричного з'єднання з іншими елементами     |
| Адресне позначення                         | ( )                  | Вказує місце зображення елемента в КД або елемент, що сполучається з ним |

*Примітка.* Позначення елемента є обов'язковим, інші позначення — додатковими.

Позначення елемента (позиційне позначення) у загальному випадку складається з трьох частин, що вказують тип елемента, його номер і функцію. *Тип і номер є обов'язковою частиною позначення і мають бути надані всім елементам і пристроям об'єкта.* Зазначення функцій елемента не є обов'язковим. При рознесеному способі зображення до номера дозволяється додавати умовний номер частини елемента або пристрою, відділяючи його крапкою. Для позначення типа елементів (пристроїв) можна використовувати коди, що складаються з одної або двох літер.

Перша літера вказує належність елемента до певної групи, а друга літера коду – тип елемента у даній групі. Наведемо приклади:

- 1) В – перетворювачі неелектричних величин в електричні;  
ВК – тепловий датчик;
- 2) D – схеми інтегральні, мікро збірки;  
DD – логічний елемент;
- 3) Н – пристрої індикації і сигнальні;  
НЛ – прилад світлової сигналізації;
- 4) К – реле, контактори і пускачі;  
КТ – реле часу;
- 5) Р – прилади, вимірювальне обладнання;  
РС – лічильник імпульсів;
- 6) S – пристрої комутаційні в колах управління;  
SA – вимикач або перемикач;
- 7) V – прилади електровакуумні або напівпровідникові;  
VT – транзистор;
- 8) X – з'єднання контактні;  
ХТ – з'єднання розбірне;
- 9) Y – пристрої механічні з електромагнітним приводом;  
YA – електромагніт.

Найбільш повну інформацію про елементи електричних схем містить складене позначення (рис. 2.2), яке створюється шляхом послідовного запису позначень різних типів, що записані з кваліфікуючими символами. При цьому порядок запису позначень має відповідати вказаній на рисунку нумерації.

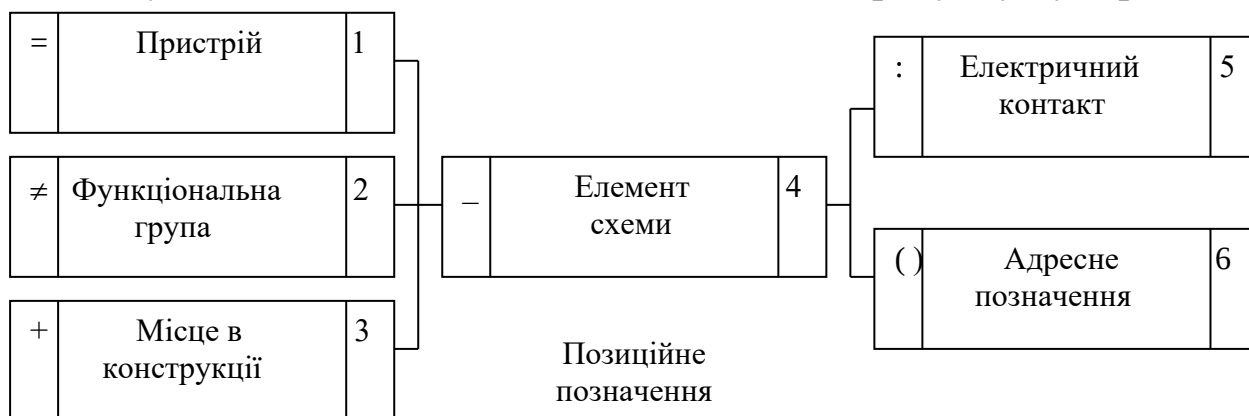


Рис. 2.2. Структура складених позначень

При побудові конструктивного позначення застосовують координатний, позиційний або координатно-позиційний методи. У першому випадку кожна частина позначення вказує одну координату пристрою або елемента в умовній системі координат, що прийнята для даної конструкції. У другому випадку позначення являє собою цифрове або літерне позначення, що надане даному місцю в конструкції (рис. 2.3).

При зазначенні місця зображення елемента в КД, адресне позначення може містити три частини: позначення документа, номер аркуша і його зону, наприклад: (ВЗ. 201 L01. 4А ).

При зазначенні елементів сполучення використовують складене позначення, яке може мати таку структуру: А5+3В–КТ1:4(+2А-DD6:8). Це означає, що контакт 4 реле часу КТ1, яке розташоване на місці 3В у пристрої А5, з'єднаний з контактом 8 мікросхеми DD6, яка розташована на місці 2А.

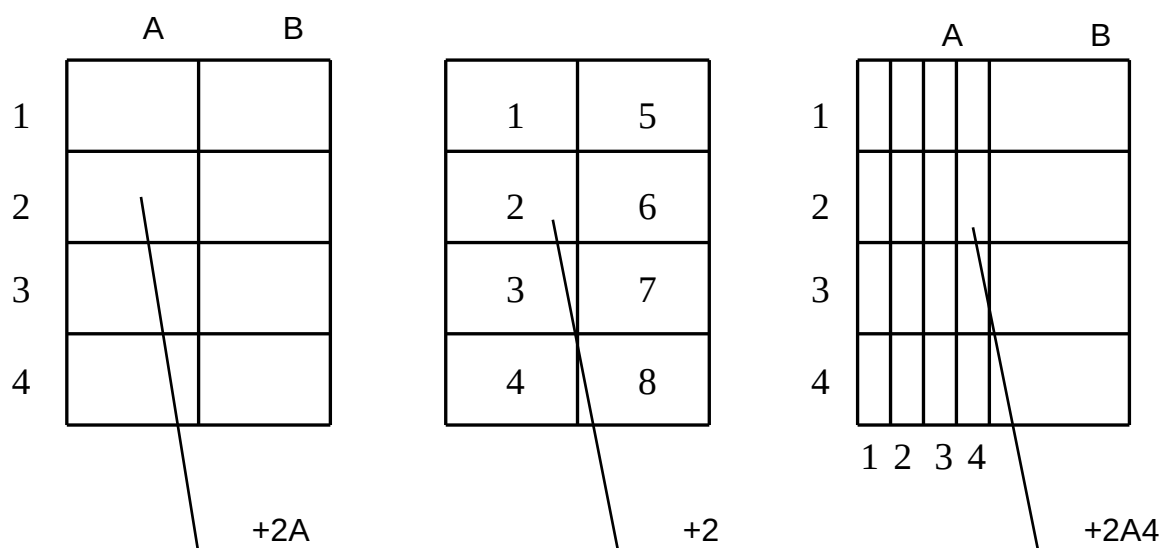


Рис. 2. 3. Способи конструктивних позначень

Умовні графічні позначення (УГП) елементів призначені для їхнього зображення в електричних схемах. При вивченні способів побудови УГП елементів автоматики слід поділяти їх на дві групи: 1) елементи релейно-контактних систем автоматики і 2) елементи мікроелектронних пристроїв управління.

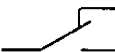
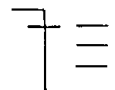
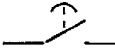
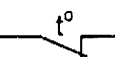
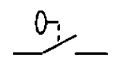
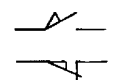
Релейно-контактні кола схем автоматики можуть містити контакти датчиків і комутаційних пристроїв, а також котушки комутаційних і електромеханічних пристроїв (електромагніти клапанів, гальм і муфт). Розглянемо правила зображення вказаних елементів на електричних схемах.

Контакти комутаційних пристроїв можуть бути замикаючими, розмикаючими або перемикаючими. При необхідності на контакт-деталях зображаються кваліфікуючі символи. Наприклад, контакти магнітних пускачів виділяються за допомогою напівкіл, контакти кінцевих або шляхових вимикачів – за допомогою прямокутних трикутників, контакти без само повернення – за допомогою кіл, автоматичне спрацювання контактів вказують за допомогою квадратів.

З метою ідентифікації елементів електричних схем використовують стандартні літерні коди. У табл. 2.2 наведені такі коди для найбільш характерних елементів схем автоматики.

*Таблиця 2.2*

**Умовні позначення контактів елементів схем автоматики**

| Назва елемента схем                                      | Умовне позначення |                                                                                       |
|----------------------------------------------------------|-------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                          | літерне           | графічне                                                                              |
| Контакт кнопки                                           | SB                |    |
| Контакт двопозиційного перемикача                        | SA                |    |
| Контакт багатопозиційного перемикача                     | SA                |    |
| Контакт замикаючий із затримкою, яка діє при спрацюванні | KT                |  |
| Термоконтакт розмикаючий                                 | SK                |  |
| Контакт поплавкового датчика рівня                       | SL                |  |
| Контакти кінцевого (шляхового) вимикача                  | SQ                |  |

Слід окремо розглянути позначення контактів перемикача зі складною комутацією. Можливо застосувати два основних способи графічної побудови такого перемикача (рис. 2.4). У першому випадку замкнення різних кіл вказують за допомогою контактних точок, які відповідають певним позиціям перемикача (рис. 2.4,а). У другому випадку для цього використовують таблицю включень (рис. 2.4,б).

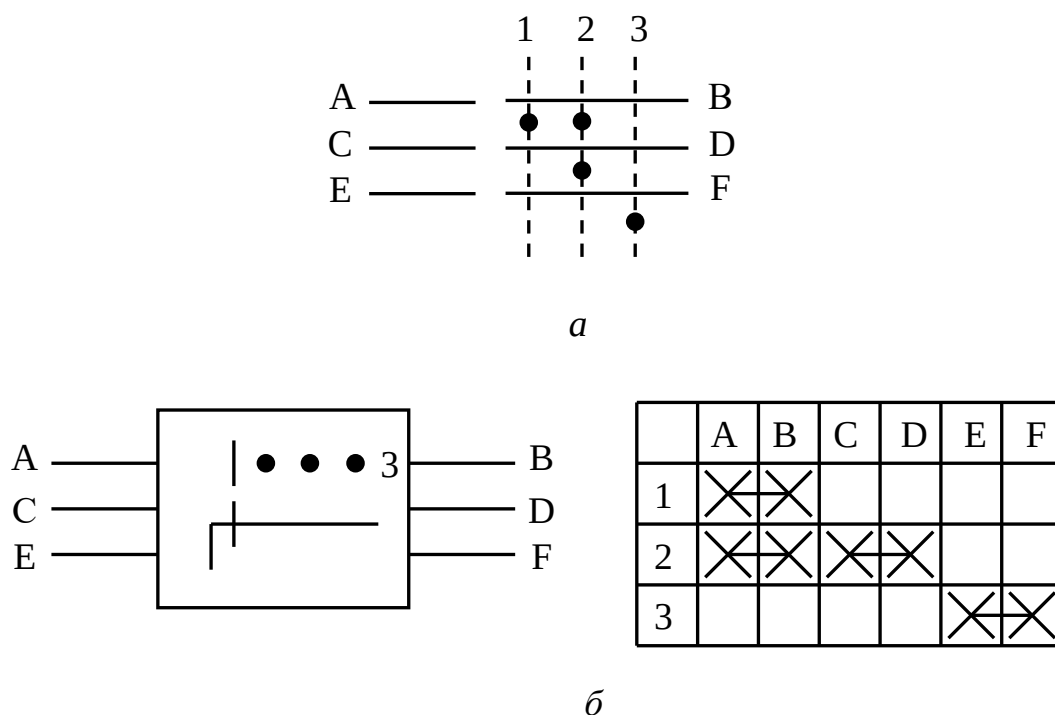


Рис. 2.4. Варіанти графічного позначення перемикача зі складною комутацією

Котушки комутаційних і електромеханічних пристроїв зображуються на принципових схемах у вигляді прямокутників (співвідношення сторін 1:2), що можуть мати додаткове поле. У це поле вписують символ, що указує функціональну належність пристрою. У табл. 2.3 надані умовні позначення котушок найбільш характерних пристроїв схем автоматики.

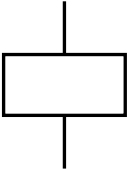
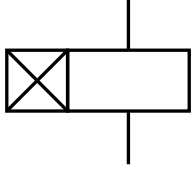
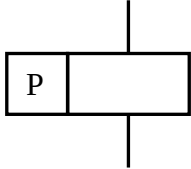
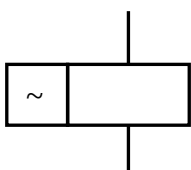
Електричні схеми мікроелектронних пристроїв автоматики можуть містити деякі елементи цифрової і аналогової техніки. УГП таких елементів мають форму прямокутника, що у загальному випадку містить основне поле і одне або два додаткових поля.

В основному полі розміщують позначення функцій елемента, його шифр (марку) і позиційне позначення в даній схемі. У додаткових полях розміщують мітки виводів елемента (входів і виходів).



Таблиця 2.3

**Умовні позначення котушок комутаційних і  
електромеханічних пристроїв**

| Назва<br>елемента схеми                           | Умовне позначення |                                                                                       |
|---------------------------------------------------|-------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                   | літерне           | графічне                                                                              |
| Магнітний пускач                                  | КМ                |    |
| Реле часу (із<br>затримкою при<br>спрацьовуванні) | КТ                |    |
| Поляризоване реле                                 | КР                |   |
| Електромагніт<br>змінного струму                  | УА                |  |

*Примітка.* Для графічного позначення реле часу, що працює з затримкою при спрацьовуванні і відпусканні, використовують символ І–І.

Виводи входів звичайно зображують ліворуч чи зверху УГП, а виводи виходів – праворуч чи знизу. При іншій орієнтації УГП напрямок передачі сигналів необхідно вказувати стрілками.

Геометричні розміри УГП елементів визначаються кількістю виводів та інформацією, яка розташовується усередині УГП. Однак, мінімальні розміри УГП обмежені вимогами мікрофільмування.

Виводи елементів цифрової техніки підрозділяються на інформаційні і функціональні (ті, що не несуть логічної інформації). Властивості виводів позначають за допомогою спеціальних показників (табл. 2.4).

Таблиця 2.4

**Показники інформаційних і функціональних виводів**

| Логічний<br>тип<br>виводу | Інформаційні виводи |           | Функціональні<br>виводи |
|---------------------------|---------------------|-----------|-------------------------|
|                           | статичні            | динамічні |                         |
| Прямий                    |                     |           |                         |
| Інверсний                 |                     |           |                         |

Функціональне призначення виводів елемента і його характерні риси позначають за допомогою міток, що утворюють із великих літер латинського алфавіту, арабських цифр і спеціальних знаків. При зображенні елементів у схемах пристроїв автоматики використовують такі мітки виводів: СТ – лічильний вхід; DE – вхід блокування; EX – розширення інформаційних входів; RES або R – вхід обнуління; SET або S – вхід встановлення логічної „1”; – відкритий вихід колектора; або – зміна вхідного сигналу, яка затримується у часі.

Аналогічно позначають функції, що виконуються елементами цифрової техніки. На рис. 2.5 наведені приклади УГП таких елементів:

- 1 – лічильник імпульсних сигналів;
- 2 – дешифратор двійкового коду з інверсними виходами;
- 3 – елемент затримки двійкового сигналу;
- 4 – елемент «АБО, що виключає» (згортка за модулем 2).

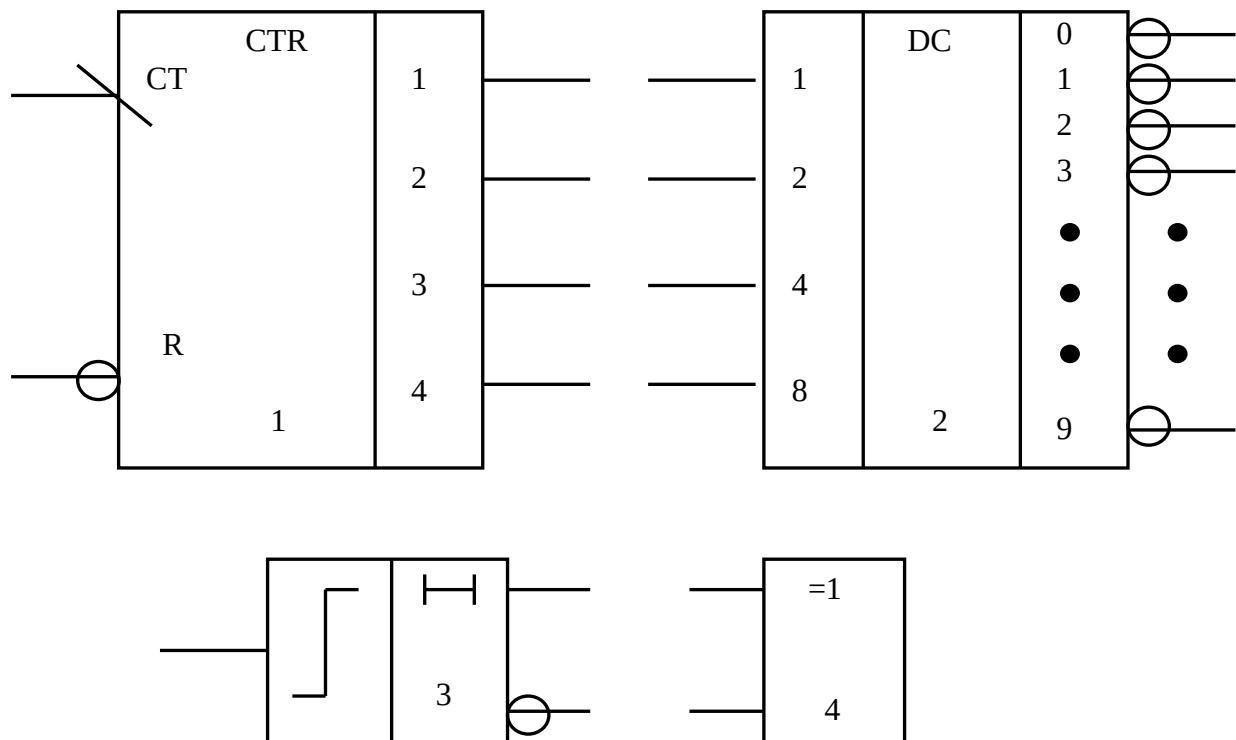


Рис. 2.5. Варіанти УГП елементів цифрової техніки

При цьому слід зазначити, що функцію затримки можна позначати сполученням латинських літер DEL, а функцію «АБО, що виключає» – сполученням літер EXOR. Крім того, якщо для позначення функції елемента і його виводів використовують не менше двох знаків, то поділ полів УГП лінією не є обов'язковим (див. позначення лічильника).

Входи елементів аналогової техніки можуть бути прямими або інверсними. Інверсні входи виділяють за допомогою покажчика (коло) чи мітки (знак мінус).

На інформаційні входи таких елементів можуть надходити аналогові ( $\Lambda$ ) і дискретні ( $\#$ ) сигнали. Для зазначення виду сигналу зображають відповідний символ над лінією виводу елемента.

У додаткових полях УГП підсилювачів, перетворювачів, комутаторів проставляють позначення вагових коефіцієнтів і аргументів функції.

Позначення функції, яка виконується елементом аналогової техніки, може вміщувати три частини:  $f \blacktriangleright m$ , де  $f$  – символ функції (сума, інтегрування, диференціювання тощо),  $\blacktriangleright$  – підсилювач,  $m$  – коефіцієнт підсилення. Якщо коефіцієнт підсилення є достатньо високим, то ставиться знак  $\infty$  чи літера М.

На рис. 2.6 наведені приклади УГП таких елементів:

- 1 – перетворювач аналогового сигналу в дискретний сигнал;
- 2 – електронний ключ (комутатор аналогового сигналу);
- 3 – дільник аналогових сигналів;
- 4 – інтегратор з колом керування дискретним сигналом.

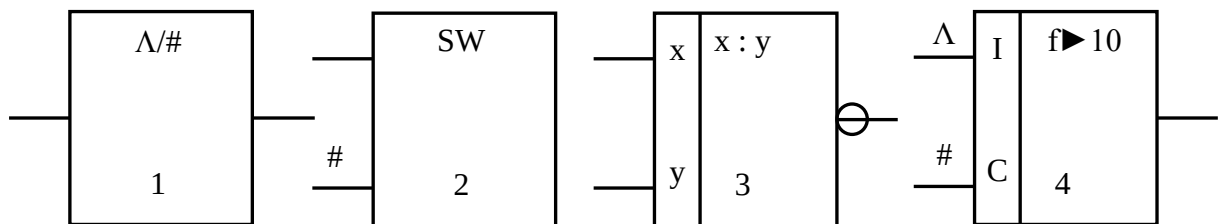


Рис. 2.6. Варіанти УГП елементів аналогової техніки

Слід зазначити також, що для позиційного позначення елементів цифрової техніки використовують літерний код DD, а для позначення елементів аналогової техніки – код DA.

## 2.3. Правила виконання електричних схем і електромонтажних креслень

Електричні схеми виробу, що проектується (збірної одиниці), можна класифікувати залежно від типу функціональних частин і способу відображення зв'язків між ними (табл. 2.5).

Таблиця 2.5

**Типи електричних схем виробу**

| Способи відображення зв'язків   | Функціональні частини схеми     |                               |                    |
|---------------------------------|---------------------------------|-------------------------------|--------------------|
|                                 | Електричні, електронні елементи | Функціональні групи елементів | Окремі пристрої    |
| Лінії умовних впливів           |                                 | Функціональна Код-Е2          | Структурна Код-Е1  |
| Лінії електричних з'єднань      | Принципова Код-Е3               |                               |                    |
| Провідники електричних з'єднань | З'єднань Код-Е4                 |                               | Підключення Код-Е5 |

*Структурну схему* виконують для виробу, який проектується у вигляді складеної конструкції, що містить декілька пристроїв (блоків, друкованих плат тощо). На схемі ці пристрої зображають прямокутниками, всередині яких записують їхню повну назву. Лінії взаємозв'язків мають стрілки (під кутом 60°), що вказують напрямок впливу.

*Функціональну схему* виконують для виробу з монолітною конструкцією, яка містить декілька груп елементів, що реалізують характерні функції (порівняння сигналів, логічне перетворення, розподіл сигналів тощо). На схемі ці групи

елементів зображають прямокутниками або у вигляді умовних графічних позначень.

Структурні і функціональні схеми призначені для загального ознайомлення з принципом побудови виробу, їх розробляють на етапах ескізного і технічного проектування.

*Принципова схема* містить повний склад елементів пристрою, а також усі електричні зв'язки між ними. Ця схема дає детальне уявлення про принципи роботи виробу. Вона є підставою для розробки схем з'єднань. Відповідно до принципів схем декількох пристроїв, що спільно виконують певні функції у виробі, складають схему підключення.

Усі елементи пристрою зображають у вигляді умовних графічних позначень (УГП), розташування яких визначається зручністю читання схеми, а також скороченням довжини ліній електричних зв'язків і кількості їхніх перетинів (рис. 2.7, *а*). На схемі допускається розміщувати пояснюючі надписи і вказувати в характерних точках величини струму, напруги, рівні сигналів тощо. Всі елементи, що зображені на схемі, мають літерно-цифрові позиційні позначення, відповідно до яких складають перелік елементів.

На *схемі з'єднань* зображають усі функціональні елементи і електромонтажні пристрої виробу, а також провода, джгути і кабелі, що забезпечують потрібні електричні зв'язки. Основними вузлами схеми є місця приєднання провідників – контакти функціональних елементів, монтажних плат, вимірювальних (контрольних) гнізд, колодок затискань (клемників) і роз'ємних з'єднань. Такі контакти зображають у вигляді кіл ( $d = 3 \text{ мм}$ ) і розташовують, як правило, відповідно до їх дійсного розташування у виробі (рис. 2.7, *б*).

На *схемі підключення* зображають кожен пристрій виробу у вигляді прямокутника або спрощеного зовнішнього обрису. Всередині контурів розташовують вхідні і вихідні елементи

(з'єднувачі, затискання, планки тощо) відповідно їхньому дійсному розташуванню. Показують проводи і кабелі зовнішніх електричних зв'язків, що підводяться до цих елементів (рис. 2.7, в).

На схемах з'єднань і підключення вказують засіб приєднання провідників до контактів функціональних елементів або електромонтажних виробів (рис. 2.7, г).

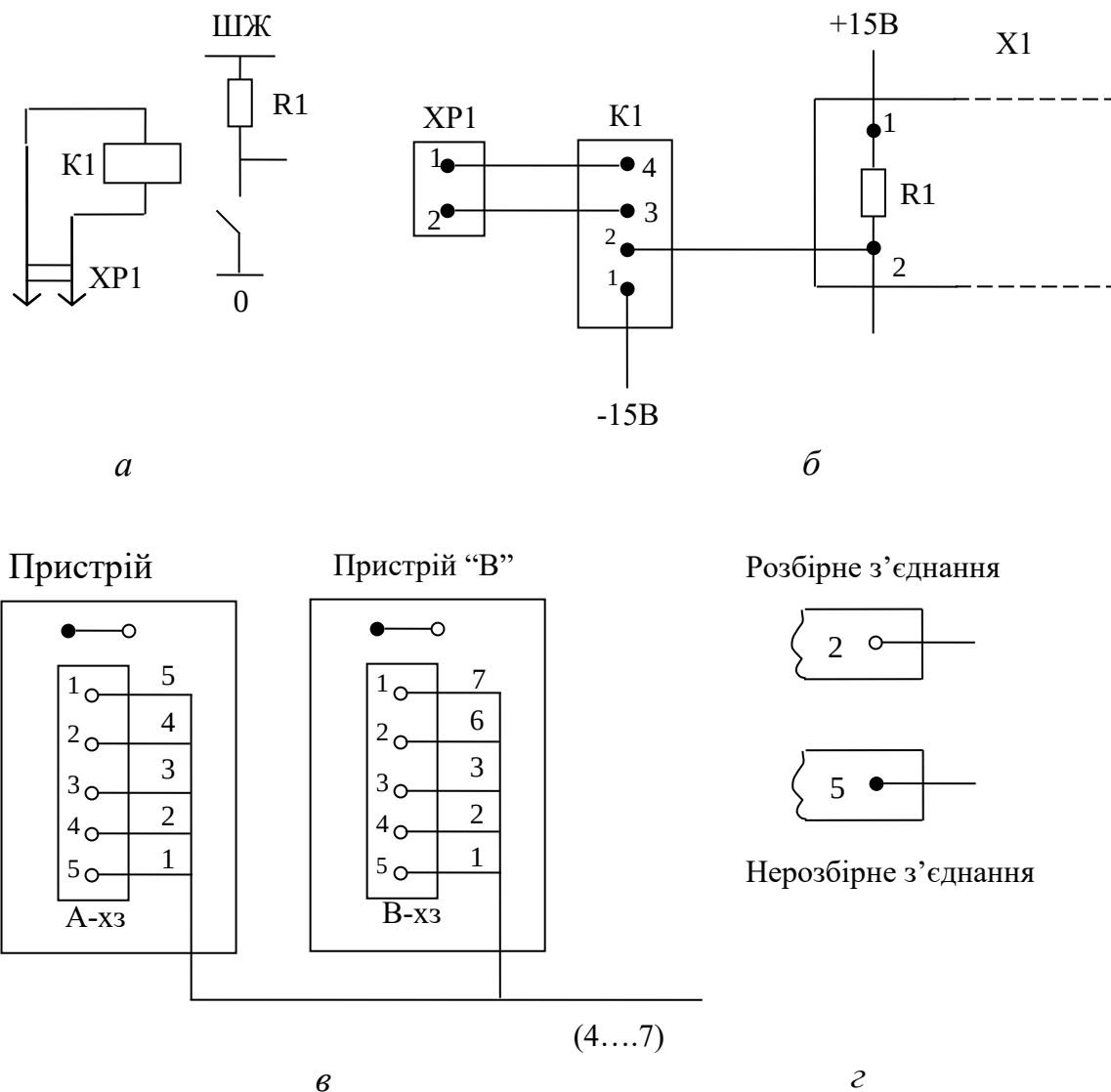


Рис. 2.7. Фрагменти електричних схем:

а- принципова схема; б- схема з'єднань; в- схема підключення;  
г- способи приєднання провідників

Електромонтажне креслення є найбільш повним конструкторським документом, на базі якого виконують внутрішній електромонтаж пристрою автоматики. На такому кресленні зображають (ГОСТ 2.413-72):

- складові частини, що встановлюються до електромонтажу (“обстановку”), – спрощено тонкими лініями;
- складові частини, що встановлюються при електромонтажі, і місця приєднання провідників, – основними лініями;
- розташування з’єднувальних проводів, джгутів і кабелів – відповідним маркуванням.

Якщо складова частина є елементом електричної принципової схеми виробу, то біля її зображення наносять відповідне позиційне позначення.

Електромонтажне креслення рекомендується виконувати у тому ж масштабі, що й креслення для механічної зборки. Якщо складові частини виробу розташовані на стінках, то їх зображають розвернутими у площині креслення.

При зображенні проводів, що розташовані поруч, дозволяється їхнє поєднання у загальну лінію. Згинання провідників у місцях злиття або розгалуження зображають під кутом  $45^\circ$  або  $90^\circ$ . Якщо необхідно відобразити взаємне розташування двох провідників, то лінію верхнього провідника згинають у місці перетину з нижнім.

Усі провідники мають цифрові позначення, що надані їм в електричній схемі з’єднань або в принциповій схемі. При відсутності вказаних позначень їх нумерують арабськими цифрами у межах таких груп: одиночні проводи, жили кабелю і проводи джгута.



Електричне з'єднання, що здійснюється пайкою або зварюванням, зображають точкою діаметром  $1,5...3S$ , де  $S$  – товщина суцільної основної лінії креслення.

У якості приклада, на рис. 2.8 показаний можливий варіант побудови електромонтажного креслення функціонального блока, складовими частинами якого є:

- вилка штепсельного роз'єму ХР1;
- монтажні плати Х1 і Х2, на яких встановлені резистори R1, ..., R5;
- числоімпульсне реле часу КТ1;
- герметизовані електромагнітні реле К1...К3.

Електричні з'єднання між вказаними виробами здійснюються за допомогою одного джгута. Номери його провідників вказані там, де добре видні місця їхніх приєднань.

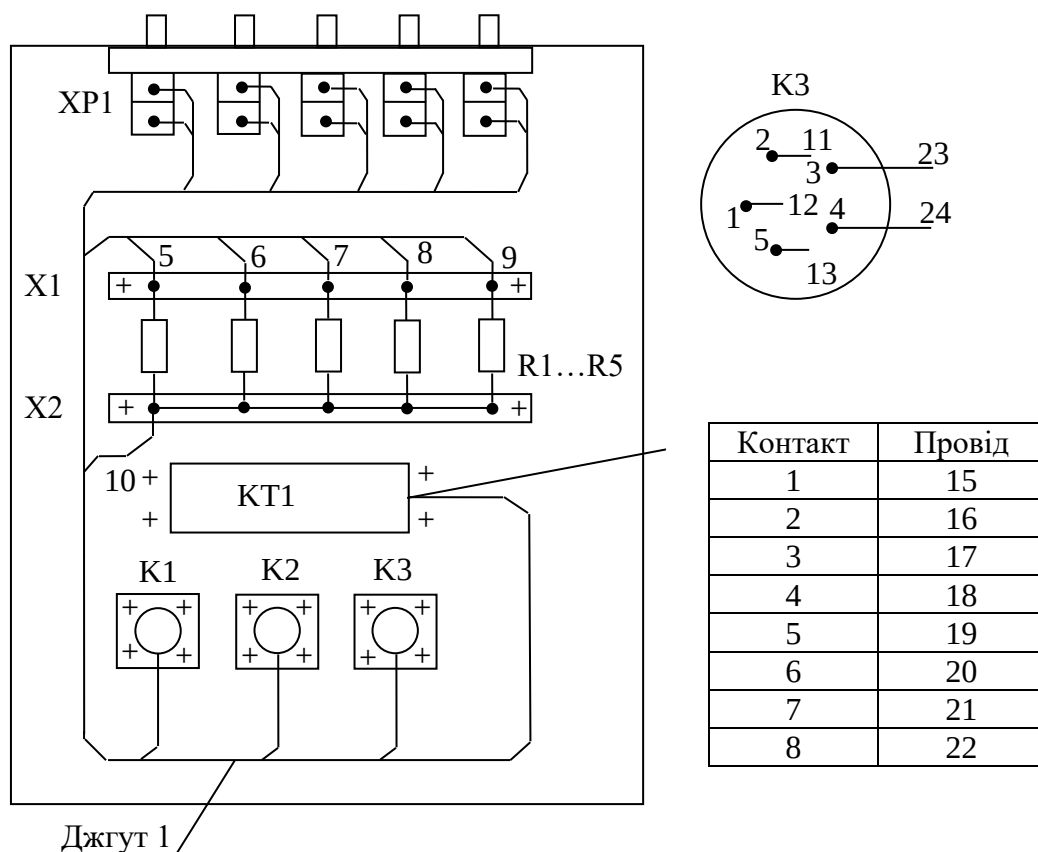


Рис.2.8. Приклад виконання електромонтажного креслення

*Примітка.* Зображення контактів вилки XP1 зміщене

Лінії, що зображають провідники, які під'єднуються до багатоконтактного виробу (наприклад, KT1), закінчуються біля його контуру. При цьому на кресленні розміщують таблицю з номерами контактів і позначеннями проводів. Або ж у контактів показують кінці ліній, що зображують проводи, що приєднуються, і вказують їх номери (наприклад, K3).

Адреси приєднань провідників і інші дані можна вказувати в таблиці з'єднань, яку наводять на електромонтажному кресленні (табл. 2.6).

Таблиця 2.6

**Приклад виконання таблиці з'єднань**

| Провідник | Звідки йде | Куди надходить | Довжина, см | Примітки |
|-----------|------------|----------------|-------------|----------|
|           |            | Джгут1         |             |          |
| 1         | ХР:1а      | К1:3           | 30          |          |
| 2         | ХР:1b      | К1:4           | 30          |          |
| 3         | ХР:2а      | К2:3           | 35          |          |
|           |            | (і т.д.)       |             |          |

Як видно з табл. 2.6, адреси приєднань провідників записують у вигляді дробу, у чисельнику якого вказують позиційне позначення елемента, а у знаменнику – номер його контакту.

#### **2.4. Зміст і правила виконання функціональних схем автоматизації**

Функціональні схеми автоматизації призначені для надання уявлення про структуру і основні функції системи автоматики. На них схематично-умовними зображеннями показують: технічне обладнання, комунікації, органи управління та засоби автоматизації.

Умовні графічні позначення на функціональних схемах автоматизації слід виконувати відповідно до ДСТУ Б А.2.4-8-95 «Умовні позначення елементів санітарно-технічних систем», який введений у дію з 01.07.1995 і розроблений на основі відповідного російського стандарту ГОСТ 21.205-93, який, у свою чергу, базується на стандарті ГОСТ 21.404-85.

Умовні графічні позначення зображуються з обов'язковими для виконання розмірами: основні прилади

автоматики виконують у вигляді кола діаметром 10 мм. Виключення складають:

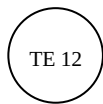


HL (світловий індикатор) – 8мм,



YA (електромагнітний клапан) і МА (електричний двигун) – по 5 мм.

Умовне графічне позначення (УГП) приладу поділяється на дві частини – верхню і нижню. У верхній частині графічного позначення розташовують позначення функції приладу. У нижній – його позиційний номер на схемі:



*Позначення функції приладу виконують за такими правилами:*

*Перша літера* вказує параметр технологічного процесу, з яким працює прилад. Основні параметри об'єктів і процесів автоматизації мають такі позначення:

Т – температура;

Р – тиск або вакуум;

F – витрата;

L – рівень;

D – щільність;

M – вологість;

A – концентрація речовини у розчині, повітрі, димових газах;

B – наявність факела в топках котлів і пічок;

K – час, часова програма;

G – розмір, положення, пересування;

S – швидкість, частота;

H – ручний вплив;

N – електроапаратура управління.

*Друга і наступні літери* (у позначенні приладу може бути декілька літер) визначають функціональну ознаку приладу (тобто функцію, яку прилад реалізує з параметром). Ці літери можуть мати такі значення:

Е – датчик (первинний перетворювач технологічного параметра);

Т – перетворювач для дистанційної передачі сигналу;

І – показ, індикація (для приладів індикації по місцю і на щитку);

У – цифрове перетворення сигналу (цифровий датчик, перетворювач);

Р – реєстрація (для самописців);

С – плавне регулювання (електронні регулятори);

S – релейні регулятори (для позиційного регулювання – включення, відключення, переключення обладнання);

А – сигналізація (для приладів, що мають контакти для включення світлової та звукової сигналізації).

Послідовність літер, що позначають функцію приладу (тобто друга і наступні літери), у складних приладах є такою: І, R, С, S, А. Наприклад, TIR – самописець, що фіксує температуру, FSA – сигналізатор витрати, FQIR – лічильник тощо.

*Друга літера, крім того,* може мати додаткове значення, яке уточнює величину, що вимірюється:

D – різниця, перепад (наприклад, тисків, температур);

F – співвідношення, доля (наприклад, для регулятора співвідношення витрат);

Q – інтегрування, сумування в часі (для лічильників витрати).

Наприклад, FFC – електронний регулятор співвідношення витрат, TDE – датчик різниці температур.

Прилади світлової і звукової сигналізації, а також електродвигуни необхідно позначати на схемах автоматизації так само, як і в принципових електричних схемах.

Позиційний номер приладів на схемах автоматизації слід виконувати арабськими цифрами за порядком номерів і поміщати в нижній частині графічного позначення приладу.

Виконання схем автоматизації слід починати із спрощеного зображення об'єкта автоматизації – технологічних апаратів, що входять у склад об'єкта; комунікацій – трубопроводів, повітроводів, димоходів, запірних і регулюючих органів, електродвигунів вентиляторів, димососів, насосів тощо.

Якщо позначення технологічних апаратів не стандартизовані, то їх слід приймати у відповідності з практикою проектування, за прикладами з літератури або проектної документації.

Функціональні схеми автоматизації будуються відповідно до завдання і вимог визначеного технологічного процесу наступним чином.

У випадку, коли не застосовується мікропроцесорна техніка, а регулювання здійснюється за допомогою релейних пристроїв або комбінаційних схем, аркуш умовно поділяють на дві частини. У верхній розташовується зображення технологічного процесу, у нижній – таблиця, що розбита на дві графи – “Прилади по місцю” і “Прилади на щитку автоматики”.

При необхідності, як виключення, таблиця може мати третій рядок під назвою “Прилади на пульті”.

Вимірювальні прилади, що призначені для оператора (які позначаються ТІ, РІ, ЛІ тощо), розташовуються безпосередньо на схемі технологічного процесу. На відміну від інших, ці прилади мають тільки один вивід, який з'єднується з технологічним обладнанням (трубою, агрегатом,

приміщеннях). Як виключення, вимірювачі можуть розміщуватися у першому рядку таблиці.

Датчики технологічних параметрів (ТЕ, МЕ, ФЕ тощо) зображаються на схемі технологічного процесу – там, де вони встановлюються.

Від датчиків сигнал надходить на регулятори, які зображуються на щитку автоматики. Вони бувають двох основних типів:

- *релейні*: встановлюють регулюючий орган тільки у фіксовані положення, наприклад, “Закрито” і “Відкрито” – позначаються TS, FS, AS тощо;

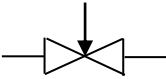
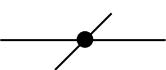
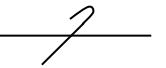
- *електронні*: можуть встановлювати регулюючий орган у проміжні положення і бувають пропорційними, пропорційно-інтегральними, пропорційно-інтегрально-диференційними і т.п. – позначаються TC, DC, LC тощо.

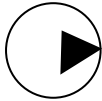
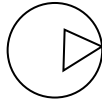
Регулятори передають сигнал на виконавчі механізми. Вони бувають трьох основних типів: електромагнітний клапан, електричний двигун і силовий електричний двигун – М.

Виконавчі механізми розташовують на схемі технологічного процесу біля відповідних регулюючих органів або агрегатів, умовні позначення яких наведені в табл. 2.7.

Таблиця 2.7

### УПГ типових елементів схем автоматизації

| Тип елемента схеми | Назва елемента схеми       | Графічне зображення                                                                   |
|--------------------|----------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| Регулюючий орган   | Клапан (вентиль) прохідний |  |
|                    | Засувка                    |  |
|                    | Заслінка вентиляційна      |  |
|                    | Шибер                      |  |

|                                      |            |                                                                                     |
|--------------------------------------|------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| Агрегат<br>технологічного<br>об'єкту | Насос      |  |
|                                      | Компресор  |  |
|                                      | Вентилятор |  |

*Примітка.* Роботу агрегатів забезпечують силові електричні двигуни.

Для сигналізації граничних значень параметрів застосовують сигналізатори (PSA, TSA, FSA тощо). Вони сприймають сигнал від датчиків і мають світлові індикатори для сигналізації про небезпечне значення параметрів. Сигналізатори зображаються на щитку автоматики.

Силовий електричний двигун М обов'язково має магнітний пускач та кнопки “Пуск” і “Стоп” по місцю і, бажано, тумблер на щитку автоматики. Всі лінії від приладів зводяться в єдину лінію управління, яка зображається на щитку. Прилади, що розташовуються на щитку, розділяються суцільною горизонтальною лінією по центру.



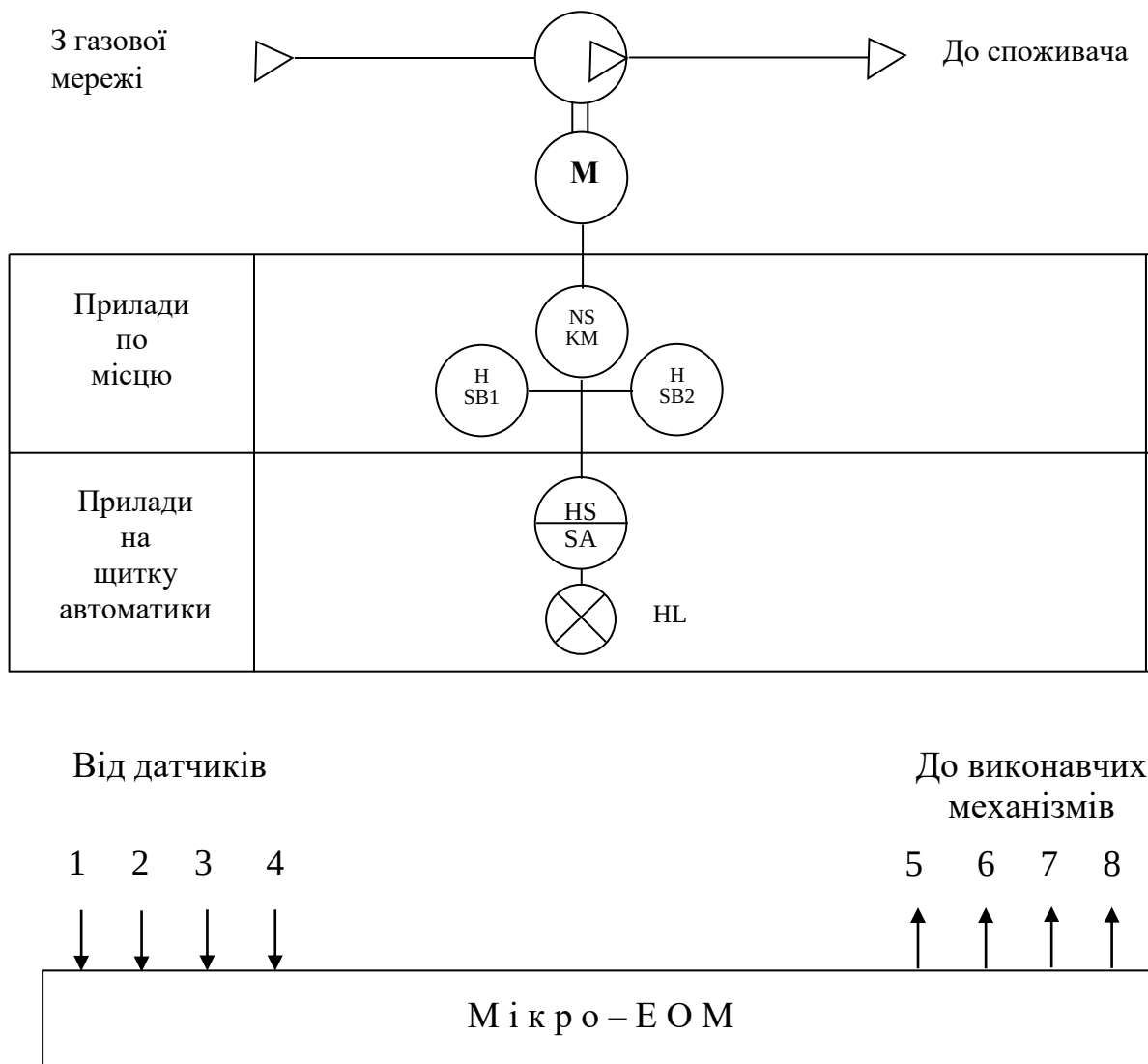


Рис. 2.9. Фрагменти функціональної схеми автоматизації

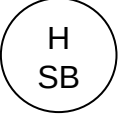
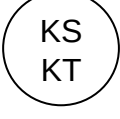
Лінії з'єднань на схемі мають бути вертикальними або горизонтальними, згинатися під прямим кутом і мати найменшу можливу кількість перетинів. Для цього в складних схемах роблять виноски. Виноски нумерують окремо від приладів цифрами 1.. N.

Мікроконтролери (мікро-ЕОМ) зображаються на схемі внизу, при цьому таблиця не малюється. Зліва на мікроЕОМ розташовують вводи від датчиків, справа – виводи на виконавчі механізми. Датчики, що пов'язані з мікроЕОМ, або є цифровими, або мають окремі цифрові перетворювачі. І

цифрові перетворювачі, і цифрові датчики на схемах позначаються однаково (ТҮ, FҮ, РҮ тощо).

Нумерація на схемах організовується таким чином. Всі прилади нумеруються наскрізно з лівого верхнього кута схеми в напрямку правого нижнього. Існують три основних методи нумерації – однією цифрою, комбінацією двох цифр, написаних через дефіс (у складних схемах, щоб позначити контури регулювання, або прилади, що належать до окремих об’єктів): 1–1, 1–2, 1–3, 2–1, 2–2 тощо, або комбінацією цифра-літера: 1а, 2а, 3а, 1б, 2б, 1в, 2в, 3в, 4в тощо. Існують прилади, що мають свій позиційний номер, що складається з літер і цифр. Цей позиційний номер вказують у нижній частині графічного зображення прилада:

Існують прилади, для позначення яких в електричних схемах використовують дволітерні коди. В схемах автоматизації вони нумеруються таким чином. У верхній частині УГП незмінним є позначення функції приладу: Н, НS, NS, KS, а в нижній – до специфічного коду додається номер. Наприклад:

|                                                                                     |                                    |
|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|
|  | Тумблер (перемикач) управління;    |
|  | Кнопка управління;                 |
|  | Магнітний пускач силового двигуна; |
|  | Програмний пристрій або реле часу. |

Також специфічне позиційне позначення мають: електромагнітні клапани YА1, ..., YА3; електродвигуни

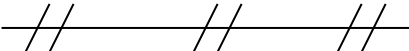
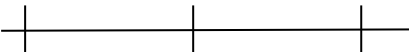
МА1, ..., МА3; світлові індикатори HL1, ..., HL3. Якщо прилад на схемі один, в літерному позначенні позиційного номера цифра не ставиться, наприклад, SB, KM, SA тощо.

Необхідно пам'ятати, що літерні позначення функціональних схем автоматизації та принципових електричних схем можуть не співпадати, наприклад, літери *K* и *T* в першому випадку позначають час і температуру, у другому – навпаки.

Міжнародні правила виконання функціональних схем автоматизації дещо відрізняються від вітчизняних. Наведемо особливості позначень на цих схемах відповідно до міжнародного стандарту S5.1-1984 (R1992).

1. Розміри позначень елементів схеми автоматизації не фіксовані.

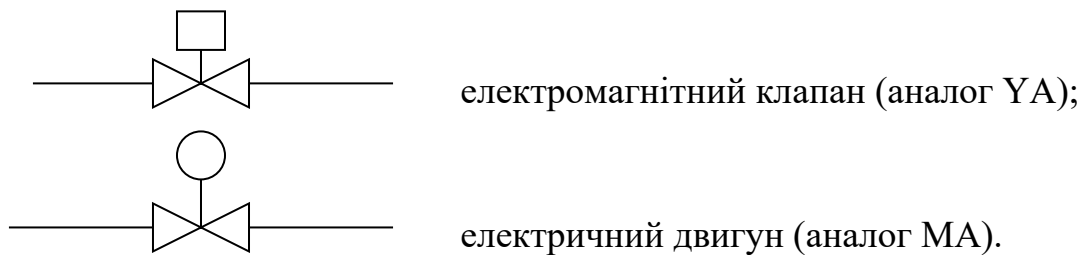
2. Для різних ліній управління використовуються різні позначення:

|                                                                                     |                              |
|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|
|  | зв'язок процесу або об'єкта; |
|  | пневматичний сигнал;         |
|  | електричний сигнал;          |
|  | гідравлічний сигнал.         |

3. Для функціональних елементів використовуються наступні позначення:

|                                                                                     |                                                                          |
|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|
|  | – позначення основних елементів;                                         |
|  | – позначення приладів, що здійснюють роздільну індикацію або управління; |
|  | – позначення приладів, що реалізують комп'ютерну функцію;                |
|  | – позначення приладів програмно-логічного управління.                    |

#### 4. Відмінності у позначенні виконавчих механізмів:



### 2.5. Правила виконання схем з'єднань і підключення зовнішніх проводок

Схема з'єднань зовнішніх проводок – це комбінована схема, на якій показуються електричні і трубні зв'язки між приладами і засобами автоматизації, що встановлюються на технологічному обладнанні, на щитках і поза щитками, також підключення проводок до приладів і щитків.

Схема підключення зовнішніх проводок виконується у вигляді окремого документа тільки за наявності одиничних багатосекційних або складених щитків, великої кількості з'єднувальних коробок, групових стійок приладів, коли підключення до них ускладнюють читання схеми з'єднань. Схему підключень можна не виконувати, якщо всі підключення можуть бути показаними на схемі з'єднань зовнішніх проводок.

За необхідності дозволяється виконувати схеми з'єднань і підключень на різних аркушах – окремо для електричних і окремо для трубних проводок.

Схеми з'єднань і підключень зовнішніх проводок виконують, використовуючи такі матеріали:

- функціональні схеми автоматизації технологічних процесів;
- принципові, електричні, пневматичні, гідравлічні схеми;

- експлуатаційну документацію на прилади і засоби автоматизації, що застосовуються в проекті;
- таблиці з'єднань і підключень проводок щитків і пультів;
- креслень розташування технологічного, санітарно-технічного, енергетичного, іншого обладнання і трубопроводів із відбірними і приймальними пристроями; а також будівельних креслень з усіма необхідними для прокладення зовнішніх проводок закладними і зварними конструкціями, тунелями, каналами тощо.

Схеми з'єднань і підключень виконують без дотримання масштабу на одному або декількох аркушах формату, не більше ніж А1.

Дійсне просторове розташування пристроїв і елементів схем або не враховується взагалі, або враховується наближено. На схемах має бути якнайменша кількість згинань і перетинань проводок.

Відстань між сусідніми паралельними проводками, а також між сусідніми зображеннями приладів і засобів автоматизації має бути не меншою за 3 мм.

При наявності у проекті систем автоматизації декількох аналогічних агрегатів (приміщень тощо) з постійними даними, загальними для усіх агрегатів, схеми виконують для одного агрегату (приміщення тощо), а в технічних вимогах (вказівках) надають відповідне пояснення.

Наприклад, схема виконана для агрегату 1 і застосовується для агрегатів 2 і 3 із зміною індексу у нумерації труб і кабелів відповідно на 2 і 3. У цьому випадку перелік елементів складають для одного агрегату.

При наявності агрегатів (приміщень) з однотипними зовнішніми проводками, що відрізняються тільки довжиною, схему з'єднань виконують тільки для одного агрегату

(приміщення) з таблицею застосовності для інших агрегатів, про що в технічних вимогах (вказівках) дають відповідне пояснення.

Наприклад, схема виконана для агрегату 1 і застосовується для агрегатів 2 і 3 із змінами відповідно таблиці застосовності. У цьому випадку перелік елементів також складають для одного агрегату.

Маркування жил кабелів і проводів на схемах з'єднань і підключень проставляють відповідно до принципових електричних схем.

Схеми у загальному випадку мають містити: первинні прилади, пульти, поза щитові прилади, групові установки приладів; зовнішні електричні і трубні проводки, захисне занулення систем автоматизації, технічні вимоги (вказівки), перелік елементів.

За необхідності схеми з'єднань можуть містити додаткову таблицю не стандартизованих умовних позначень і таблицю застосовності.

Первинні прилади. На схемах з'єднань у верхній частині креслення (при великій насиченості схеми – приладами зверху і знизу у дзеркальному зображенні) розміщують таблицю з пояснюючими надписами, як це показано на рис. 2.10.

Розбиття рядка таблиці “Назва параметра і місце відбору імпульсу” на заголовки і підзаголовки виконують довільно, за допомогою групування приладів або за параметрами, або за належністю до одного й того самого технологічного обладнання.

У рядок “Позиція” вносяться позиції приладів за схемою автоматизації і позиційні позначення електроапаратури, що вона має за електричними принциповими схемами. Для елементів систем автоматизації, що не мають самостійної позиції, вказують позицію приладу, до якого вони відносяться, наприклад, “до 1а”.

| Назва параметра і місце відбору імпульсу | Газохід після електрофільтрів | Температура          |               |               |               |               |               |               |               |        |      |
|------------------------------------------|-------------------------------|----------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|--------|------|
|                                          |                               | Поля електрофільтрів |               |               |               |               |               |               |               | Циклон |      |
|                                          |                               | 1                    |               | 2             |               | 3             |               | 4             |               | Кришка | Вхід |
|                                          |                               | Електрофільтр        | Електрофільтр | Електрофільтр | Електрофільтр | Електрофільтр | Електрофільтр | Електрофільтр | Електрофільтр |        |      |
|                                          |                               | 1                    | 2             | 1             | 2             | 1             | 2             | 1             | 2             |        |      |
| Познач. креслення установки              |                               | ТМ...                |               |               |               |               |               |               |               | ТМ...  |      |
| Позиція                                  | 5а                            | 7а                   | 7б            | 7в            | 7г            | 7д            | 7е            | 7ж            | 7з            | 12а    | 12б  |

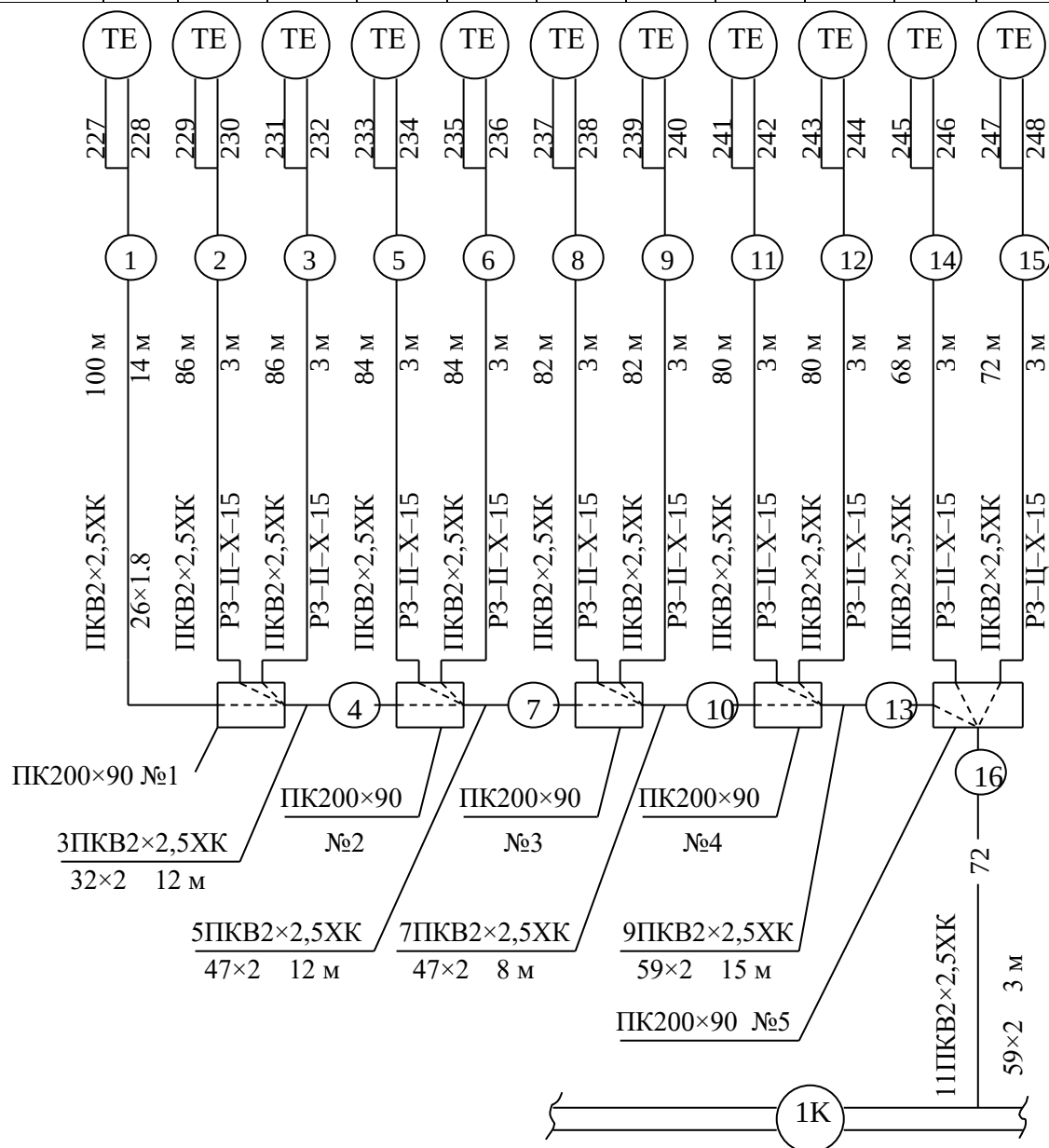


Рис. 2.10. Фрагмент схеми зовнішніх проводок із застосуванням проводів термоелектронних у захисних трубах і коробок протяжних

Під таблицею з пояснювальними надписами розташовують прилади і засоби автоматизації, що встановлюються безпосередньо на технологічному обладнанні і трубопроводах.

Для приладів, які не мають номерів електричних зовнішніх виводів (наприклад, перетворювачів термоелектричних, термоперетворювачів опору тощо), а також для пневматичних виконавчих механізмів використовують графічні умовні позначення, що використовуються для цих приладів на схемах автоматизації.

Датчики, виконавчі механізми та інші засоби автоматизації з електричними входами і виходами зображують монтажними символами згідно з інструкцією виробника. При цьому всередині символу вказують номери затискань і підключення до них жил кабелю або проводів. Маркування жил наносять поза монтажним символом.

*Зовнішні проводки.* Первинні і позащитові прилади, групові установки приладів, щити, пульти з'єднують між собою електричними і пневматичними кабелями, проводами і джгутами проводів, а також трубопроводами (імпульсними, командними, живлення тощо), які показують на схемах окремими суцільними лініями.

Для з'єднання і розгалуження електричних кабелів і пневмокабелів на схемах з'єднань показують відповідно електричні з'єднувальні коробки, а при прокладенні проводів у захисних трубках – протяжні коробки. Протяжні коробки зображають у вигляді прямокутника, всередині якого пунктиром наносять розгалуження джгутів проводу.

Пневматичні з'єднувальні коробки зображають у вигляді прямокутника. У місцях вводу одиночних труб показують переборочні з'єднувачі, а у місці вводу пневмокабеля – сальники. Типи з'єднувачів і сальників вказують на лініях-виносках.



Електричні з'єднувальні коробки зображають у вигляді прямокутника, всередині якого розташовують групи затискань з необхідною нумерацією і показують підключення до них жил кабелів (проводів) із відповідним маркуванням.

При застосуванні в проекті автоматизації великої кількості електричних з'єднувальних коробок рекомендують розробляти для них окремим документом схему підключення зовнішніх проводок. У цьому випадку з'єднувальні коробки на схемі з'єднань показують спрощено у вигляді прямокутника, без груп затискань і без сальників.

Біля графічних позначень з'єднувальних і протяжних коробок над полицею лінії-виноски вказують їхні позначення і порядковий номер. Під полицею лінії-виноски з'єднувальних коробок вказують позначення креслень їхньої установки.

Для кожної зовнішньої електричної проводки наводять її технічну характеристику:

- для проводів – марку, перетин і, за необхідністю, колір, а також довжину;
- для кабелів – марку, кількість і перетин жил і, за необхідністю, кількість зайнятих жил, а також довжину кабелів;
- для металорукава – тип і довжину;
- для труби – діаметр, товщину стінки і довжину.

Порядкові номери проводкам надають на схемі з'єднань зверху вниз (при розташуванні щитів, пультів знизу поля креслення), знизу вверху (при розташуванні щитів, пультів в середній частині креслення) і зліва направо.

Нумерація зовнішніх проводок має бути наскрізною у межах документа.

При виконанні схем на декількох листах або окремими документами кабелі, проводи, джгути проводів, труби, які повинні переходити з одного листа на інший, обривають. У місці обриву вказують позначення, що надане цій проводці

(номер кабелю, проводу, труби), і у скобках номер листа або позначення документа. На наступному листі або документі показують продовження проводки із посиланням на попередній і (або) наступний листи або документ.

Обриви зовнішніх проводок у межах одного листа або документа (коли ці проводки не переходять на інші листи або документи) завершують стрілками.

*Схеми підключень зовнішніх проводок.* Схеми підключень у загальному випадку мають містити: електричні з'єднувальні коробки, щити і пульти, технічні вимоги (вказівки).

Електричні з'єднувальні коробки і підключення до них зображаються так само, як і у схемах з'єднань. Відповідно до схеми з'єднань показують відрізки кабелів і труб з наданим їм на схемі з'єднань номером. Протилежні підключення відрізків кабелів і труб завершують фігурною скобкою і надають посилання на позначення схеми з'єднань (табл. 2.8).

*Таблиця 2.8*

**Таблиця з'єднань зовнішніх проводок**

| Кабель, джгут, труба | Напрямок |       | Напрямок за планами розташування | Кабель, провід            |            | Труба          |            | Креслення установки |
|----------------------|----------|-------|----------------------------------|---------------------------|------------|----------------|------------|---------------------|
|                      | звід-ки  | ку-ди |                                  | марка, число жил, перетин | довжина, м | марка, діаметр | довжина, м |                     |
|                      |          |       |                                  |                           |            |                |            |                     |

Зображення одиничних односекційних щитів і підключень до них виконують так само, як і на схемах з'єднань. Для багатосекційних і складених щитів кожен секцію або щит показують окремим прямокутником. При визначенні назви

щита додають номер секції або складеного щита і позначення таблиці підключення цієї секції або цього щита.

Технічні умови (вказівки) розташовують на першому листі схеми. Вони у загальному випадку мають містити:

- посилання на електричні (пневматичні) принципові схеми, на основі яких виконана схема;
- пояснення щодо використання схеми (за необхідністю).

### **Запитання для самоконтролю**

1. Надайте характеристику змісту КД і наведіть можливу послідовність її розробки.
2. Охарактеризуйте структуру ПЗ і наведіть правила виконання її компонентів.
3. Сформулюйте призначення і принцип побудови літерно-цифрових позначень елементів електричних схем.
4. Як зображують в електричних схемах релейно-контактні елементи?
5. Як зображують в електричних схемах елементи цифрової і аналогової техніки?
6. Сформулюйте характерні особливості електричних схем виробу, що має складену конструкцію.
7. Охарактеризуйте зміст електромонтажного креслення функціонального блоку.
8. Які УГП використовуються при виконанні функціональних схем автоматизації?
9. Сформулюйте правила виконання функціональних схем автоматизації.
10. Які особливості мають правила виконання функціональних схем згідно з міжнародним стандартом?
11. Характеризуйте зміст і структуру схем з'єднань зовнішніх проводок.
12. Наведіть правила виконання схем з'єднань зовнішніх проводок.

## АЛФАВІТНИЙ ПОКАЗЧИК

|                                 |                        |
|---------------------------------|------------------------|
| агрегатний комплекс             | 80                     |
| активний період                 | 32, 46, 61             |
| аналогово-цифровий перетворювач | 88                     |
| асинхронний автомат             | 70                     |
| виконавчий механізм             | 78                     |
| виконавчий пристрій             | 8, 77                  |
| відносні одиниці часу           | 29                     |
| герконове реле                  | 26, 33, 36, 43         |
| датчик параметра                | 77                     |
| датчик технологічних параметрів | 134                    |
| двійково-десятковий лічильник   | 38                     |
| декадний селектор               | 38                     |
| дискретно-цифровий перетворювач | 88                     |
| додатковий датчик положення     | 79                     |
| друковані провідники            | 15, 16                 |
| електрична схема                | 23, 24, 36, 38, 56, 80 |
| електромагнітні клапани         | 137                    |
| експлуатаційна надійність       | 13                     |
| імпульсні виходи                | 85                     |
| засоби відображення інформації  | 5, 12, 18              |
| задавач тривалості циклу        | 38                     |
| зовнішні проводки               | 143                    |
| керування пристроями автоматики | 13                     |
| інформаційний автомат           | 8, 9                   |
| магнітний пускач                | 25, 120, 135           |
| мікро контролери                | 136                    |
| модуль елементарної пам'яті     | 59, 62, 73             |

|                                      |                                                 |
|--------------------------------------|-------------------------------------------------|
| модуль сигналізації відмов           | 88                                              |
| модуль індикації                     | 88                                              |
| накопичувач імпульсів                | 65, 73                                          |
| нормуючий перетворювач               | 78                                              |
| оперативний запам'ятовуючий пристрій | 88                                              |
| органи управління                    | 5, 12, 18, 21, 130                              |
| панель оператора                     | 88                                              |
| пояснювальна записка                 | 108, 109                                        |
| постійний запам'ятовуючий пристрій   | 88                                              |
| преборочні з'єднувачі                | 143                                             |
| процесор                             | 88                                              |
| підсилювач струму                    | 33, 36, 43                                      |
| перетворювач тривалості інтервалу    | 47, 51                                          |
| принципова схема                     | 125                                             |
| пристрій управління                  | 5, 21                                           |
| пучки гнучкого проводу               | 14                                              |
| регулюючий блок                      | 80                                              |
| регулюючий орган                     | 78, 134                                         |
| реле часу                            | 28, 30, 33, 38, 39, 42, 45, 115, 116, 120, 128, |
| релейний перетворювач                | 80                                              |
| релейні регулятори                   | 132                                             |
| ремонтпридатність                    | 13                                              |
| світлові індикатори                  | 21, 25, 138                                     |
| сигналізатори                        | 135                                             |
| система автоматичного регулювання    | 77                                              |
| селектор кодів                       | 38, 60, 71                                      |
| схема з'єднань                       | 125, 139                                        |

|                                |                |
|--------------------------------|----------------|
| схема підключень               | 145            |
| схема сполучення               | 79             |
| технічне завдання              | 108, 109       |
| управляючий автомат            | 8, 9           |
| умовне графічне позначення     | 131            |
| употужнювач магістралі         | 88             |
| формував тактових імпульсів    | 38             |
| циклограма включення           | 28             |
| формував додаткового інтервалу | 47, 50, 51, 52 |
| формував імпульсів             | 24, 42         |
| формував тактових імпульсів    | 38             |
| цифрові датчики                | 137            |
| цифро-аналоговий перетворювач  | 88             |
| цифро-дискретний перетворювач  | 88             |
| цифро-імпульсний перетворювач  | 88             |
| часова діаграма                | 34, 77         |
| часова програма                | 131            |
| шина живлення                  | 25             |

## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

|       |   |                                                           |
|-------|---|-----------------------------------------------------------|
| АКЕЗР | — | агрегатний комплекс електричних засобів регулювання;      |
| а.п.  | — | активний період;                                          |
| АР    | — | автоматичне регулювання;                                  |
| АСУТП | — | автоматизована система управління технологічним процесом; |
| АЦП   | — | аналогово-цифровий перетворювач;                          |
| БДЗ   | — | блок динамічного зв'язку;                                 |
| БЗ    | — | блок задавача;                                            |
| БРУ   | — | блок ручного управління;                                  |
| ВМ    | — | виконавчий механізм;                                      |
| ВП    | — | виконавчий пристрій;                                      |
| ГР    | — | герконове реле;                                           |
| ДД    | — | дискретної дії;                                           |
| ДДЛ   | — | двійково-десятковий лічильник;                            |
| ДП    | — | друкована плата;                                          |
| ДПР   | — | датчик параметра, що регулюється;                         |
| ДЦП   | — | дискретно-цифровий перетворювач;                          |
| ЄСКД  | — | єдина система конструкторської документації;              |
| ЗВІ   | — | засоби відображення інформації;                           |
| ЗТЦ   | — | задавач тривалості циклу;                                 |
| ІА    | — | інформаційний автомат;                                    |
| КД    | — | конструкторський документ;                                |
| КК    | — | кодові комбінації;                                        |
| КП    | — | комутаційна плата;                                        |
| МСВ   | — | модуль сигналізації відмов;                               |
| МІН   | — | модуль індикації;                                         |
| ОЗП   | — | оперативний запам'ятовуючий пристрій;                     |
| ОУ    | — | органи управління;                                        |
| П     | — | пульт;                                                    |
| ПЗ    | — | пояснювальна записка;                                     |
| ПЗП   | — | постійний запам'ятовуючий пристрій;                       |
| ПО    | — | панель оператора;                                         |

|     |   |                                          |
|-----|---|------------------------------------------|
| ППП | — | пульт з похилою приставкою для приладів; |
| ПРЦ | — | процесор;                                |
| ПС  | — | підсилювач струму;                       |
| ПТІ | — | перетворювач тривалості інтервалу;       |
| ПУ  | — | пристрій управління;                     |
| РБ  | — | регулюючий блок;                         |
| РО  | — | регулюючий орган;                        |
| РП  | — | релейний перетворювач;                   |
| САР | — | система автоматичного регулювання;       |
| СК  | — | селектор кодів;                          |
| СС  | — | схема сполучення;                        |
| ТЗ  | — | технічне завдання;                       |
| ТО  | — | технологічний об'єкт;                    |
| УА  | — | управляючий автомат;                     |
| УБК | — | уніфікована базова конструкція;          |
| УГП | — | умовне графічне позначення;              |
| УМ  | — | употужнювач магістралі;                  |
| УТК | — | уніфікована типова конструкція;          |
| ФБ  | — | функціональний блок;                     |
| ФДІ | — | формувавч додаткового інтервалу;         |
| ФЕ  | — | функціональний елемент;                  |
| ФІ  | — | формувавч імпульсів;                     |
| ФТІ | — | формувавч тактових імпульсів;            |
| ЦАП | — | цифро-аналоговий перетворювач;           |
| ЦДП | — | цифро-дискретний перетворювач;           |
| ЦІП | — | цифро-імпульсний перетворювач;           |
| ШЖ  | — | шина живлення;                           |
| ШМС | — | шина мигаючого світла.                   |



## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. *Пух А.П., Тімінський О.Г.* Технічні засоби автоматизації: Конспект лекцій. – К.: КНУБА, 2002. – 60 с.
2. *Пух А.П., Тімінський О.Г.* Технічні засоби автоматизації. Мікроелектронні пристрої дискретної дії: Конспект лекцій. – К.: КНУБА, 2006. – 76 с.
3. *Пух А.П., Тімінський О.Г.* Проектування пристроїв та систем автоматики: Конспект лекцій. – К.: КНУБА, 2003. – 44 с.
4. *Пух А.П., Тімінський О.Г.* Проектування пристроїв та систем автоматики. Техніка розробки конструкторської документації: Конспект лекцій. – К.: КНУБА, 2004. – 44 с.
5. *Стеглов В.К.* Проектування систем автоматичного керування. – К.: Вища шк., 1995. – 231 с.
6. *Стенцель Й.І.* Математичне моделювання технологічних об'єктів керування. Навчальний посібник. – К.: ІСДО, 1993. – 328 с.

Навчальне видання

**ПУХ** Анатолій Петрович  
**ТІМІНСЬКИЙ** Олександр Георгійович  
**СОБОЛЕВСЬКА** Леся Георгіївна  
**ВОЛЬТЕРС** Андрій Олександрович

# **ОСНОВИ ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦІЇ**

## **ПРОЕКТУВАННЯ ЛОКАЛЬНИХ СИСТЕМ АВТОМАТИКИ**

Навчальний посібник

Редагування та коректура *О.К. Чаплигіної*  
Комп'ютерна верстка *О.В. Яворської*

Підписано до друку 2011. Формат 60x84<sub>1/16</sub>  
Папір офсетний. Гарнітура Таймс. Друк на різнографі.  
Ум. друк. арк. 8,60. Обл.-вид. арк. 9,25. Ум. фарбовідб. 75.  
Тираж прим. Вид. № 20/I-06. Зам. №

КНУБА, Повітрофлотський проспект, 31, Київ-680, 03680

Віддруковано в редакційно-видавничому відділі  
Київського національного університету будівництва і архітектури

Свідцтво про внесення до Державного реєстру суб'єктів  
видавничої справи ДК № 808 від 13.02.2002 р.